S. A. FOTIJEV

PABERI TEHNOLOOGIA LÜHIKURSUS

RK

„PEDAGOOGILINE KIRJANDUS"

ARH A-17221

PROF. S. FOTIJEV

PABERI TEHNOLOOGIA LÜHIKURSUS

RK
„PEDAGOOGILINE KIRJANDUS"
TALLINN 1948

Bibliotheca
Universitatis
Tartuensis
1949:757

13997

A- 17221

Tartu Ülikooli Raamatukogu
ARHIIVKOGU

I peatükk.

AJALUGU JA STATISTIKA.

Esmakordselt, nimelt meie ajaarvamise II saj. algul, valmistati paberit Hiinas. Teated paberivalmistamise tekkimise kohta ei ole küllaldaselt kindlad. Tavaliselt omistatakse paberi leiutamine hiina ülimlasele Tsai Lunile (m. a. j. 105. a.), kes kujundas välja paberivalmistamise tehnoloogilised alused, mis on muutumatul kujul säilinud kuni käesoleva ajani. Tsai Lun valmistas paberit mooruspuu koorest ja teistest kohalikkudest taimedest. Ta eraldas koorest kõvad, puitunud osad ja peenendas koore kiulise osa, mähi, vee juurdelisamisel kivist uhmris. Saadud „paberimassi" segas ta „ammutus-tõrres" suure hulga veega hästi läbi ja ammutas siis puitraamile pingutatud peene siidist sõela abil tõrrest teatud hulga paberimassi. Peale suurema osa vee äranõrgumist moodustus sõelale paberi poogen. Poogen paigutati sõelalt vildile, suruti pressiga üleliigne vesi välja ja kuivatati õhu käes. Valminud paberit siluti aluslaual silujatega ja lõigati siis määratud formaadi järgi. Peale kohalikkude taimede koore tarvitasid hiinlased juba meie ajaarvamise II sajandil paberi valmistamiseks ka kaltse. See paberivalmistamise viis on Hiinas säilinud kuni käesoleva ajani. Suur arv kodukäsitöölisi toodab suurepärast paberit käsitööstusliku meetodiga.

Mitme sajandi kestel hoidsid hiinlased paberivalmistamise saladuse endale. Ainult aegamisi, „keskmise kiirusega võib-olla 100 kilomeetrit 100 aastaga" tungis saladus naabermaadesse. Paber sai tuntuks Koreas III sajandil, Jaapanis VII sajandil. Araablased, vallutades Hiina läänepoolseid naabermaid, õppisid paberivalmistamist hiina sõjavangidelt.

On alust väita, et VIII sajandil valmistati paberit Samarkandis, mis neil aegadel kuulus araablastele. Samarkandist rändas paberivalmistamise oskus IX sajandi lõpul tolleaegsetesse araabia kultuuri keskustesse, Damaskusse ja Bagdadi, ning X sajandi algul Egiptusse. XI sajandil paber surus välja oma eelkäija, papiiruse, mille tarvitamine oli laialt levinud.

Egiptuses tarvitati paberivalmistamiseks kanepist köisi ja linaseid kaltse. Neid töödeldi ette lubjapiimaga ja pärast juba peenendati paberimassiks. Sellest ajast on paljude sajandite kestel vanad kantud kaltsud olnud põhiliseks ja peaaegu ainsaks paberivalmistamise kiudaineks.

Egiptusest ja Kesk-Aasiast tungis paberivalmistamine Vahemere kallastega piirnevatesse Euroopa naabermaadesse. Araablased, vallutades VII sajandil Hispaania, tõid sinna paberivalmistamise. XII sajandil oli see juba suurelt arenenud. Umbes samal ajal (XII sajandi algul) hakati paberit valmistama ka Itaalias. Hispaaniast ja Itaaliast tungis paberivalmistamine XII sajandil Prantsusmaale, XIV sajandil Saksamaale ja XV sajandil Inglismaale.

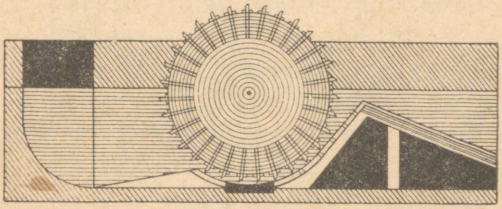
Sel ajal algab paberitootmise mehhaniseerimine, üleminek puhtkäsitöölt, poolkoduselt paberitootmiselt manufaktuur-tüüpi tootmisele, ühes veejõu rakendamisega. Paberimassi valmistamise käsiuhmri asendab aegamisi peenendamisseade (Itaalia, XIII sajand), mis kujutab endast pikka puidust või kivist küna temasse ülalt langevate

tampidega. Tampe tõstetakse horisontaalse pöörleva hammaspalgi abil, mille hambad haakuvad vastavatesse tampide hammastesse. Palgi paneb pöörlema vesiratas, mistõttu selleaegsed paberitööstuse ettevõtted said „paberiveskite" nimetuse.

XVI sajandil ehitati paberiveskid Ukrainasse, Leedusse ja Valge-Venesse.

Esimesed teated paberivalmistamise katsete kohta Venemaal kuuluvad aastaisse 1564—1576. Arenema hakkas paberitööstus alles Peeter I ajal: tema käsul ehitati rida paberiveskeid.

XVII sajandil (1640. a.) leiutati Hollandis massi-hollender (joon. 1), milles kiudaine jahvatatakse pöörleva „trumli" ja tema all asuva „liistu" nugade vahel. Selle leiutamise hoidsid hollandlased kaua saladuses.

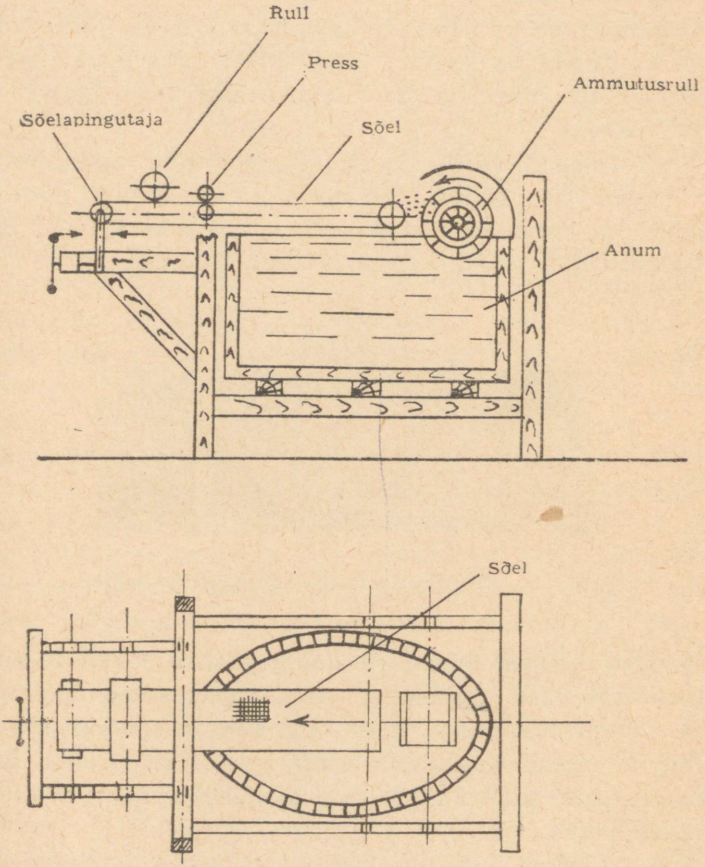


Joon. 1. Hollandis leiutatud massi-hollender.

Teistes maades ilmusid hollendrid alles XVIII sajandil. Aegamööda surus hollender peenendamisküna tarvituselt välja. Massi-hollender on oluliste konstruktsiooni muudatusteta tarvitusel käesoleva ajani; ta on ka praegu asendamatu seade paberimassi valmistamiseks, eriti kvaliteetpaberite jaoks.

XVIII sajandi lõpul, Prantsuse esimese kodanliku revolutsiooni ajal, suurenes paberi tarvitamine tugevasti. Sai

tuntavaks kvalifitseeritud tööliste terav puudus. See asjaolu sundis Prantsuse kodanikku, paberimanufaktuuri meistrit Louis Robert'i tegelema masina leiutamisega, mis võinuks asendada töölist — massiammutajat. 1799. aastal ta võttis patendi pidevat paberilaida (paberikangast) valmistavale masinale.



Joon. 2. Louis Robert'i paberimasin.

See masin (joon. 2), mis võttis enda alla kõigest 4,5 m^2 pinda, oligi nüüdisaegsete hiiglasuurte „iseammutavate" paberimasinate algkujuks. Ta koosnes põhiliselt kahe võlli vahele pingutatud liikuvast lõputust kootud vasksõelast. Sõelale juhiti tugevasti veega lahjendatud paberimass. Ülearune vesi voolas läbi sõela silmade ära ja kiududest moodustunud niiske lõputu paberilaid transporditi sõela poolt edasi. Sõela lõpul pressiti temast kahe valtsi vahel liigne vesi välja, võeti ta sõelalt maha ja juhiti edasi järgnevaks vee-eraldamiseks ning kuivatamiseks.

Oma leiutist teostada Louis Robert'il ei läinud korda. Ta suri 1828. a. suures vaesuses.

Esimese paberimasina ehitas mehaanik Donkin 1803. a. Inglismaal. Esmakordselt seati paberimasin üles Prantsusmaal 1815. a., Venemaal 1817. a., Saksamaal 1819. a., Ameerikas 1827. a. Euroopa maades hakkasid paberimasinad laialt levima XIX sajandi kolmekümnendates ja neljakümnendates aastates.

Paberitööstuses tekitas paberimasin revolutsiooni, kergendades üleminekut manufaktuurtüüpi väiketootmiselt suureviisilisele tehasetootmisele.

Peaaegu üheaegselt paberimasina leiutamisega tehti teine paberitootmisele tähtis avastus; 1807. a. pani Moritz Illig ette liimistada paber kampoliga (kolofooniumiga) otse paberimassis. Kuni Illigini liimistati paber lehtedena tärklisega või loomse liimiga. Illigi leiutis (nagu Louis Robert'i masingi), tunduvalt lihtsustades ja kergendadest paberi liimistamist, soodustas sellega suurtööstuse arengut.

Selliselt kujunesid XIX sajandi esimesel poolel põhilised tehnilised eeldused paberi suurtööstuse arenemiseks. Kuid seda arengut pidurdas paberivalmistamiseks kõlbliku kiudaine puudus. Kaltsud, mis mitmete sajandite kestel olid paberitööstuse põhiliseks tooraineks, ei suutnud rahuldada

tugevasti kasvanud nõudmist, sest nende saamise allikad olid piiratud. Tekkis tungiv vajadus asendada kaltsud enam levinud kiudainesega. Arvukad katsed sarnase ainese leidmiseks tehti juba XVIII sajandil. Neist peab nimetama õlgede kasutamist kollase pakkimispaberi ja papi valmistamiseks (1800. a. alates Prantsusmaal). Küsimuse lahendamine õnnestus alles XIX sajandi keskel. Seda tegid „mehaanilise puumassi" leiutaja Keller ja paljud „keemilise puumassi" ehk tselluloosi leiutajad.

1844. a. saksi kangur Friedrich Gottlieb Keller tegi ettepaneku valmistada paberi moodustamiseks kiulist massi, hõõrudes puitu pöörleval liivakivil. Kivi niisutati töötamise ajal veega. Esimestel katsetel tarvitas Keller harilikku käsikäia. Kelleri leiutise teostas praktiliselt esmakordselt insener Voelter. Ta konstrueeris masina puidu hõõrumiseks (nn. „defibrööri") ja ehitas esimese puumassivabriku. Samuti kui Louis Robert, ei saanud Friedrich Keller isiklikku kasu oma leiutisest. Ta suri vaesuses.

Mehaaniline puumass leidis paberivabrikutes ruttu kasutamist. Täielikult ta siiski ei võinud asendada kaltsu: tema kiud ei olnud küllalt tugevad, et ilma teise, tugevama kiu juurdelisamiseta moodustada paberit. Katsed tugeva kiu saamiseks algasid peaaegu üheaegselt puumassi leiutamisega.

1853. a. valmistas inglane Burgess esmakordselt õlgtselluloosi, keetes õlgi naatriumhüdroksüüdiga (NaOH) ja pleegitades saadud produkti kloorlubjaga. Veidi hiljem ta keetis leelismeetodil ka puutselluloosi.

Selle ajajärgu kohta suuremat tähtsust omas siiski puidust „sulfittselluloosi" saamine, mis osutus täiesti kõlblikuks asendama kaltse suuremas osas paberites. Esimene patent sulfittselluloosi valmistamiseks puidulaastude kalt-

siumbisulfitiga [Ca $(HSO_3)_2$] keetmise teel võeti ameerika keemiku Tilghmani poolt 1867. a. Sulfittselluloosi tootmise praktiline teostamine läks korda siiski alles 1874. a. rootsi inseneril Ekmanil; veidi hiljem saavutasid seda ka prof. Mitscherlich Saksamaal (1880. a.) ja insener Kellner Austrias (1872. a.). 1884. a. K. F. Dahl Danzigis sai esmakordselt puutselluloosi sulfaatmenetlusel.

Ülalloeteldud leiutised: Louis Robert'i paberimasin (1799. a.), paberi vaiguga liimistamine massis (Illig 1807. a.), mehaaniline puumass (Keller 1844. a.) ja naatrontselluloos (Burgess 1853. a.), sulfittselluloos (Tilghman 1867. a., Ekman 1874. a., Mitscherlich ja Kellner 1878. a.) ning sulfaattselluloos (Dahl 1884. a.) võimaldasid paberitööstusel XIX sajandi teisel poolel ja XX sajandi esimestel aastakümnetel areneda suureks tööstusharuks, millel on suur kultuuriline ja rahvamajanduslik tähtsus. See areng on kapitalistlikes maades läinud hüppeliselt, tagasilöökidega kriisiaastail ja tõusudega õitsenguaastail. Nii saavutas maailma paberi- ja papitoodang tööstuse õitsenguperioodil 1929. a. 23,5 miljonit tonni; kriisiaastaks 1932 ta langeb 18,3 milj. tonnini ja seejärel 1937. aastaks tõuseb uuesti 29,5 milj. tonnini, sellest paberit 20,5 milj. t ja pappi 9 milj. t. 1938. ja 1939. a. märgiti uut maailma paberitoodangu langust.

Tähtsamateks paberit ja pappi tootvateks maadeks on USA ja Kanada. Nende ühine toodang 1937. a. oli 15,6 milj. t, s. o. üle poole maailma kogutoodangust. Euroopas toodeti kõige rohkem paberit ja pappi Saksamaal (3,67 milj. t 1937. a.). Teiste Euroopa maade toodang on tunduvalt väiksem: Prantsusmaal 950 tuh. t (1936. a.), Itaalias — 511 tuh. t (1937. a.), Rootsis 979 tuh. t (1937. a.). Lõuna-Ameerika, Aasia, Aafrika ja Austraalia paberitoodang on

tähtsusetu. Erandiks on Jaapan: seal toodeti 1936. a. ligikaudu 814 tuh. t paberit.

Mis puutub nn. poolfabrikaatidesse, siis oli maailmatoodang 1937. a.: tselluloosi 14,6 milj. t, mehaanilist puumassi 9,7 milj. t, kokku 24,3 milj. t. Peale selle töödeldakse ümber paberiks ja papiks tunduv hulk makulatuuri (s. o. vana, kasutatud paberit). USA-s näiteks vana paberi ja papi teiskordne kasutamine paberivalmistamise kiudtoorainena ulatub 30—40%. Tarvitatakse samuti õlgi. Kaltsude osa paberitootmisel on käesoleval ajal tähtsusetu (ainult mõned protsendid).

Viimase kahe aastakümne jooksul on eriti kasvanud puutselluloosi tootmine. Teda kasutatakse nüüd mitte ainult paberiks: suured hulgad töödeldakse ümber kunstkiuks, plastmassiks, lakkideks, filmiks ja püssirohuks. Peamisteks tselluloosi tootjateks on jällegi USA ja Kanada (1937. a. ühine toodang oli 6,1 milj t); Euroopa maadest: Saksamaa (1,43 milj. t 1937. a.) ja Skandinaavia riigid (samal aastal Rootsi 2,8 milj. t, Norra 550 tuh. t ja Soome 1,47 milj. t). Aasia riikidest tootis suurema hulga tselluloosi Jaapan (450 tuh. t).

Tsaari Venemaal paberitööstus kiratses. Paberit toodeti peaasjalikult imporditud poolfabrikaatidest, oma tselluloosi- ja puumassitööstust ei olnud peaaegu olemas. Paberi toodang moodustas 1913. a. 217 tuh. t. Sõja, interventsiooni ja laostuse tõttu see arv langes kuni 40 tuh. tonnini (1921.—1922. a.), kuid juba taastamise perioodil NSV Liidu natsionaliseeritud paberitööstus ületas eel-sõjaaegse taseme, saavutades 1924/25. a. toodangu 233 tuh. tonni. Paberitööstuse kiire arenemine jätkus vanade ettevõtete rekonstrueerimise ja laiendamise ning peaasjalikult esimese ja teise stalinliku viisaastaku jooksul ehitatud paberitööstuse kombinaatide käikulaskmise tagajärjel. Nii

lasti käiku: 1928. a. Euroopa suurim ajalehepaberi kombinaat Balahnas ja Sjassi tselluloositehas, 1930. a. — Balahna papivabrik. Veidi hiljem, 1932. a., lasti käiku Kondopoga ajalehepaberi kombinaat ja Krasnovišeri kombinaat paberi nr. 1 tootmiseks. 1935. a. lasti käiku Solombali jõu-tselluloosi tehas. 1936. a. alustas tootmist grandioosne Kama kombinaat, mis on määratud trüki- ja kirjutuspaberi nr. 2 ning kunstsiidi valmistamiseks vajaliku kõrgekvaliteedilise tselluloosi tootmiseks. Tehniliste paberite tootmiseks sulfaattselluloosist lasti 1939. a. käiku Mariiski kombinaat ja Segeži kombinaat, mis toodab jõupaberit ja paberikotte tsemendi pakkimiseks. 1940.—1941. a. ehitati võimsad Arhangelski ja Solikamski tselluloositehased.

Mitmed suured tselluloositehased ja paberikombinaadid on veel ehituse ja käikulaskmise staadiumis.

Uute kombinaatide ehitamise ja vanades ettevõtetes (Sokolis, Okulovas, Gorki-nimel. ja t.) ülesseatud uute paberimasinate ning rekonstrueerimiste tõttu saavutas NSV Liidu paberi ja papi toodang juba 1935. a. 700 tuh. t.

Võimalused tselluloosi- ja paberitööstuse edasiseks arenemiseks on NSV Liidus kõige täielikumad. NSV Liit omab ⅓ maailma metsamassiividest. See tähendab, et põhilise toorainega, propsidega, on tööstus täielikult kindlustatud; peale selle annavad kolhooside põllud igal aastal miljoneid tonne õlgi. NSV Liidus on olemas rikkalikud kütteaine ressursid kivisöe, turba ja puude näol, mis kindlustavad mehaanilise puumassi tootmiseks suurtes hulkades vajatava energia ja tootmisauru küllaldase saamise tselluloosi keetmiseks ning paberi kuivatamiseks. NSV Liit omab suuri veerikkaid jõgesid, mis on odavaks ja kohaseks propside ning küttepuidu transporditeeks. Nad annavad ka küllaldasel määral tootmiseks vajalikku vett paberikombinaatidele. On olemas ka tselluloosi- ja paberitööstuse too-

danguks vajalikud kemikaalid: püriit, väävel ja lubjakivi sulfittselluloosi tarbeks; naatriumsulfaat sulfaatselluloosi tootmiseks, keedusool tselluloosi pleegitamisel vajaliku kloori saamiseks; kaoliin paberi raskendamiseks ning kampol paberi liimistamiseks jne.

II peatükk.

KALTSU-POOLMASSI VALMISTAMINE.

Sissejuhatus.

Paber on taimekiududest valmistatud vilditaoline moodustis. Ettevalmistava töötlemisega keemilisel või mehaanilisel teel saadud kiud peenendatakse ja nad paisuvad juurdelisatud vees; vajaduse korral saadud „mass" liimistatakse, raskendatakse ja värvitakse. Suure veehulgaga lahjendatult kallatakse see mass rappuvale sõelale, kus moodustub paberipoogen; liigne vesi voolab osalt maha, osalt imetakse imuritega ära ja eemaldatakse pressidega, kuna ülejääk aurustatakse; valmis paber silutakse, lõigatakse, sorditakse ja pakitakse.

Nende väheste sõnadega on kirjeldatud kogu paberivalmistamise skeem.

Taimede kiude, milledest on võimalik paberit valmistada, on väga palju. Praktilist tähtsust omavad nendest siiski võrdlemisi vähesed. Need on kõigepealt okaspuude ja mõningate lehtpuuliikide kiud (milledest, nagu juba teame, valmistatakse tselluloosi ja mehaanilist puumassi), samuti õle, lina, kanepi ja puuvilla kiud. Viimane on kõige iidsem paberivalmistamise aines. Õle- ning sellejärel puidukiud ilmusid paberitootmises alles umbes 100 a. tagasi. Kaltsukiudude osa on käesoleval ajal paberivalmistamiseks vajatavas üldises kiudainete hulgas tähtsusetu.

Paljude mitmesuguste paberisortide valmistamiseks on kaltsukiud siiski hädavajalik. Nende hulka kuuluvad: rahapaber, mis peab olema tugev, et mitte rebeneda ja murduda hoidmisel, väga õhuke ja tugev suitsupaber, hea filtreerimis- ja kuivatuspaber (nende jaoks on parimaks materjaliks puuvill), dokumendi-, kartograafiline, joonestus- ja paljud muud rahvamajanduses vajalikud paberid.

Paberiks ümbertöötamisel töödeldakse kaltse kõigepealt kuivalt (sortimine, puhastamine ning peenendamine) ja siis märjalt (leelisega keetmine, pesemine, poolmassiks jahvatamine ja kloorlubjaga pleegitamine). Saadud kaltsu „poolmass" edasiselt jahvatatakse „massiks", millest sageli puidu- või õlekiust paberimassiga segatult valmistatakse paberit.

Kaltsude mehaaniline puhastamine.

Paberivalmistamiseks tarvitatakse vanu kantud linaseid, kanepi- ja puuvillaseid kaltse, õmblusvabrikute jäätmeid (puuvillased, linased) ning viimasel ajal on hakatud tarvitama ka tugevasti luisi lina ja kanepi sugemisjäänuseid — lina ja kanepi esmase töötlemise jäätmeid.

Vanad kaltsud saabuvad „Sojusutili" (Союзутиль — üleliiduline kontorite võrk kasutamiskõlvuliste jäätmete kogumiseks) kaltsude vabrikusse. Siin kaltsud puhastatakse ja sorditakse nn. likviidseteks sortideks, millised on kõlblikud keemiliseks ümbertöötamiseks kaltsu-poolmassiks. Säärasel kujul kaltsud antakse üle paberivabrikutele edasiseks töötlemiseks.

Meil ja välismaal väljakujunenud ratsionaalne kaltsude kuiva puhastamise skeem on järgmine: 1) desinfektsioon, 2) esialgne tolmust puhastamine, 3) esialgne sortimine, 4) detailne sortimine ja puhastamine, 5) kaltsude vastuvõtmine, 6) peenendamine ja 7) kaltsude lõplik vabastamine tolmust.

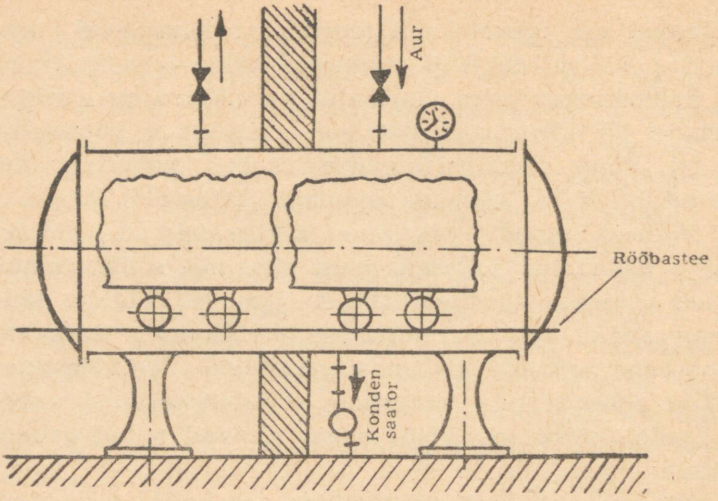
Esimesed viis operatsiooni teostatakse käesoleval ajal Sojusutili kaltsutööstustes, viimased kaks — paberivabrikute kaltsuosakondades. Sojusutili vabrikutes on esialgne sortimine (3) ühendatud detailse sortimise ja puhastamisega (4). Enne revolutsiooniaega saabus paberivabrikutesse harilikult nn. kaltsude kogumik. Selles olid mitmekesised kaltsud, sageli vabrikule mittevajalikud, näiteks paberiks kõlbmatud villased, must sits, mis sobib ainult mustaks pakkimis- ja fiiberpaberiks jpm. NSV Liidus nüüd maksmapandud kaltsude sortimine likviidseteks sortideks toimub enne kaltsude saabumist vabrikusse. See võimaldab kindlate paberisortide tootmisele spetsialiseerunud vabrikuil saada kaltse, mis kõige enam sobivad antud paberisortidele.

Kaltsud võivad ümbertöötamisele saabuda kohtadest, kus on nakkushaigusi. Selleks, et hoida töötajaid nakkusest, desinfitseeritakse kaltsud.

Kaltsude desinfitseerimist teostatakse harilikult auruga, silindrikujulises aparaadis, millel on kaks liigendpoltidega kinnitatud äratõstetavat kaant (joon. 3). Ühe tunni kestel hoitakse kaltsud 1,25 at aurusurve (120°) all. Soojuse kiirgamiskadude vähendamiseks on aparaadi välispind kaetud isolatsioonikihiga.

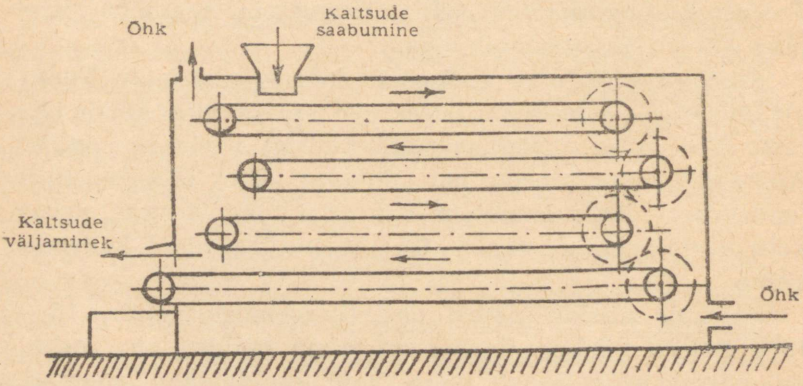
Kondensaat lahkub aparaadist läbi kondenspoti. Tunni aja möödumisel lastakse aurusurve erilise toru kaudu kiiresti langeda ja desinfitseeritud kaltsud võetakse välja. Aparaadi üldine tööaeg, nn. „täisring" ühes täitmise, tühjendamise ja auru langetamisega on 1 tund 30 min., aurukulu desinfitseerimiseks — 0,14 tonni ühe tonni kaltsude kohta.

Kaltsude niiskus pärast desinfitseerimist ulatub 16—18%. Sellise niiskuse juures on tolmu eraldamine raske, sellepärast tuleb kaltse enne tolmueraldavasse aparaati asetamist kuivatada. Kõige parem on seda teha konveier-



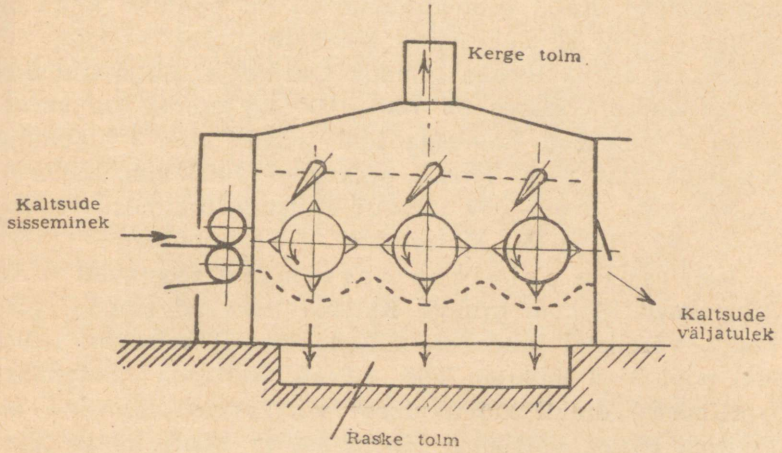
J o o n. 3. Kaltsude desinfitseerimise katel.

kuivatusaparaadis, 35°—40° soojendatud õhuga. Aparaat koosneb neljast 1 m laiusega ja 5 m pikkusega transportlindist, mis asetsevad metallist kambris üksteise peal (joon. 4). Lindid liiguvad vähese kiirusega (umbes 2 m minutis).



J o o n. 4. Desinfitseeritud kaltsude kuivatuskamber.

Kaltsud asetatakse ülemisele lindile, langevad sealt teisele lindile jne. Neljandalt lindilt liiguvad normaalse niiskuseni (6—8%) kuivatatud kaltsud automaatselt tolmueraldajasse. Kaltsude viibimise aeg aparaadis, mida reguleeritakse transportlintide kiiruse abil, on 8—10 min. Soojendatud õhk juhitakse aparaadi alumisse ossa ja liigub kaltsudele vastu. Veeaurudest niiskunud õhu imeb ventilaator ära aparaadi ülemisest osast. Kuivatamise aurukulu (surve 1,5 at) on 0,22 t ühe tonni kaltsude kohta; ühes desinfitseerimise ja kadudega — 0,4 t tonni kohta. Kaltsude töötlemise kergendamiseks eemaldatakse neist tolm, s. o. nad vabastatakse suurest mustusest, liivast ja tolmust. Pärast tolmu eraldamist on kaltsud juba enam korraldatud, mistõttu saavad nähtavamaks nende kude ja sort ning võõrkehad: nahatükid, nööbid, haagid jne. Selle tagajärjel on nüüd kergem neid puhastada ja sortida. Kõige sagedamini tarvitatav tolmueraldaja ehk drešer (joon. 5) koosneb tihedast raudkestast, milles asuvad 3—4 või roh-



Joon. 5. Drešer kaltsude vabastamiseks tolmust.

kem raudtrumlit; trumlite välispinnad on varustatud suurte hammastega. Samasugused trumli hammaste vahekohtadesse asetatud hambad on ka kesta ülemises osas. Trumlid tiirlevad ühes suunas, kuid erinevate kiirustega. Tööline laotab desinfitseeritud ja kuivatatud kaltsud lühikesele nahast sööttransportöörile.

Kindlaksmääratud vaheaegade järel liiguvad kaltsud automaatselt tolmueraldajasse. Siin klopitakse kaltse tugevasti pöörlevate löökhammaste abil, kusjuures raske mustus ja liiv langevad läbi võrgu masina all olevasse kambrisse (prügi koristatakse sealt perioodiliselt). Peene tolmu imeb ventilaator ära läbi kesta ülemises osas oleva võrgu ja surub toru kaudu tolmukambrisse, kuhu suurem osa jääb peatuma. Läbiklopitud kaltsud heidetakse välja perioodiliselt, iga 20—60 sekundi järel, tolmueraldaja otsas oleva automaatselt avaneva ukse kaudu. Siin nad asetatakse korvi ja kantakse esialgsele sortimisele. Tolmust vabastamisel eraldub kaltsudest ühes tolmuga ka kiude. Neid kasutatakse harilikult pakkimispaberi või papi valmistamiseks. Kaod tolmueraldamisel on puhtate kaltsude juures 1—2% ja määrdunud kaltsude juures 3—4%.

Gorkis asuva tehase „Gudok Oktjabrja" nelja trumliga drešer, mille võimsus on 700—1000 kg tunnis, on varustatud 4 pöörleva hambaga igal trumlil ning 4 liikumatu hambaga igas reas. Trumli pikkus — 1000 mm, läbimõõt — 535 mm, tiirude arv minutis kaltsude liikumise suunas on 70, 90, 70 ja 90. Jõutarvitus — 7,5 hobujõudu.

Kaltsude esialgse sortimise teostavad 6—8-liikmelised tööliste grupid. Kaltsud lamavad suurtel, pikkadel, võrelistel laudadel, millede kõrval seisavad mõlemal pool 3—4 töötajat. Töö seisab kaltsude jaotamises (sortimises) eraldi hunnikutesse või korvidesse. See on tükitöö. Pärast sortimise lõpetamist ja kontrollimist kaalutakse kaltsud ja viiakse lattu, kus neid hoitakse hunni-

kutes. Kaltsude esialgset sortimist on ratsionaalne teostada konveierlindil, mille mõlemal küljel, 1,5—2 m kaugusel üksteisest, seisavad sortijad. Igaüks nendest otsib välja mõned teatud kaltsusordid ja viskab kõrvalseisvatesse korvidesse. Sortija tööjõudlus on umbes 1000 kg kaltse vahetuses.

Esialgsel sortimisel liigitatakse linased kaltsud umbes järgmisteks sortideks: puhas pehme, puhas jäme, poolkore, nartsud; sits liigitatakse — puhas, poolmäärdunud ja määrdunud sits, punane sits, must sits jne. Kuna töö seisab ainult sortimises, ilma kaltsude eraldamiseta osadeks, võib edaspidisel detailsel sortimisel igast sordist veel mõningase hulga sorte välja eraldada, mis on väärtuse poolest lähedased.

Lõpliku sortimise ja puhastamise teevad naised umbes ruutmeetri-suurustel laudadel. Harilikult kaks säärast lauda ühendatakse ja töötajad seisavad üksteise vastas.

Laua peale on kinnitatud vikati tera, seljaga töötaja poole. Ümber laua seisavad kastid mitmesuguste kaltsusortide jaoks. Tööline eraldab tera abil kaltsude küljest nööbid, haagid, villase riide, nahatükikesed ja muud võõrkehad. Samuti lõikab töötaja vajaduse korral kaltsu osadeks, eraldades sitsi linasest või enam määrdunud kaltsu osa puhtast, kaabib tera abil mustuse maha jne. Seejärel heidetakse kaltsud kastidesse, iga sort eraldi. Lõiketera teritatakse töö ajal tahuga (pärast tööd käiatakse). Sortimise juures eriti eraldatakse valge paberi jaoks kõlbmatud kaltsud. Neid tarvitatakse pakkimispaberi ja katusepapi valmistamiseks.

Puuvillased kaltsud lähevad peamiselt filtreerimis- ja kuivatuspaberite, pärgamendi, fiiberpaberi ning kvaliteetsete trükipaberite jaoks, linased ja kanepised — tuge-

vate paberisortide: rahapaberi, kartograafilise, dokumendipaberi jm. jaoks. Toome linaste-kanepiste kaltsude, sitsi ning praagi sortide tabelid:

1. Linased-kanepised kaltsud

Pehme	Jäme	Poolkore	Kore puhas	Kore	Nartsud
Pehme sinine	Jäme sinine	Poolkore sinine	—	—	—
Paks pehme	Paks puhas	—	—	Paks kore	Paksud nartsud
Veorihmad	Poolpuuvillane puhas	—	—	—	Poolpuuvillane kore
—	Uus	—	—	Ääred	Peenmaterjal
—	Present, uus	—	—	—	Present, vana
Manilla kanep	Manilla köied	—	—	—	—

2. Sitsi kaltsud

—	Uus	Vana puhas	Poolmäärdunud	Määrdunud	Tume
—	—	Puuvillane punane	Indigo sinine	—	Must
—	Puuvillane, uus	—	Puuvillane, vana	Puuvillane, vateeritud	—

3. Kaltsu praak

Linane määrdunud (rasvunud)	—	—	Linane pehkinud	—	Linane, nahatükkidega
—	—	—	Kotiriie	—	Võrgud
Vateeritud	—	—	Suleriie	—	—
Poolvillane	—	—	Dšuut	—	Kalev
—	—	—	Tolm	—	Prügi

Nendes tabelites on väärtuse poolest lähedased sordid paigutatud vertikaalsetesse veergudesse: vasakus vertikaalses veerus on kõige kõrgemad sordid, äärmises paremas veerus — kõige madalamad sordid; teiste sõnadega, vasakult paremale kaltsude väärtus meie tabeli järgi alaneb.

Praagi hulka (tabel 3) satuvad kõik kaltsud, milledest ei ole võimalik või on kahjulik teha valget paberit. Näiteks, satuvad praagi hulka osaliselt kõrbenud kaltsud ja patjade riie, milles leidub sulgi. Keemilisel ümbertöötamisel niihästi suled kui ka söestunud kohad ei kao ja võivad prügi näol sattuda paberisse. Oleks ju võimalik sulgi välja noppida ja põlenud kohti välja lõigata, kuid see töö läheks liiga kalliks. Sellepärast eelistatakse sulgseid kaltse tarvitada pakkimispaberi jaoks. Poolvillane annaks keetmisel liiga suure kao, sest vill lahustub leelises, sellepärast lähevad villased kaltsud pakkimispaberiks keetmiseta ja pleegitamatult. Sama on maksev nahatükke sisaldavate, määrdunud linaste ja pehkinud kaltsude kohta. Keemilisel töötamisel annavad need sordid suure mustuse ja vähese tugevuse tõttu vähe kõlblikku kiudu. Võrgud on hea, puhas ja kõva materjal, kuid et niitide sõlmed on raskesti jahvatatavad, tuleb paber „muhkudega" — halvasti jahvatatud massi pesadega. Kotiriides on väga palju keemiliselt mitte mõjutatavaid linaluid.

Tabelis 1 on kõige rohkem sorte: esimeses reas kuus — kõige puhtamast pehmest lõuendist kuni tugevasti määrdunud ja tallatud nartsudeni. Teises, „sinises" reas, on esindajad ainult esimese kolme sordi jaoks: sinine pehme, jäme ja poolkore. Järgnevates sortides — puhtas koredas, koredas ja nartsudes on mustus niivõrd suur, et värvimata kaltse värvitud kaltsudest eraldada ei ole mõtet: eraldamisega ei ole võimalik lihtsustada järgnevat keemilist ümbertöötamist. Sellepärast satuvad sinine kore

ja puhas sinine kore samasse sorti esimese rea värvimata kaltsudega. Paksud nartsud on üheväärsed linaste nartsudega. Need on kõvad, tallatud kaltsud, kõlblikud kõvadeks, kuid veidi prügisteks paberiteks. Paksud koredad kaltsud sisaldavad linaluid, sellepärast on nad asetatud nartsude kõrvale. Sama on maksev ka poolvillase koreda (linane ja puuvillane niit) kohta. Vaatamata kõigele suhtelisele puhtusele on ta ühel tasemel nartsudega, sest ta allub raskelt keetmisele ja pleegitamisele.

Tabelis 2 on sortideks jaotamine läbi viidud olenevalt sitsi värvusest. Eri sordiks on eraldatud punane sits (kumatš), sest teda kasutatakse keetmiseta ja pleegitamatult roosade kuivatuspaberite tootmiseks; samuti indigosinine sits, mille värvust on soovitav alal hoida. Musta värvusega sits ei allu keemilisele ümbertöötamisele ja sellepärast kasutatakse teda musta pakkimispaberi ja fiiberpaberi tootmiseks. Ülejäänud kaltsud liigitatakse olenevalt kulumise ja mustuse määrast.

Paberivabrikutes, mis spetsiaalselt töötlevad puuvillaseid kaltse pärgamendiks ja sellega sarnanevateks paberiteks, on puuvillaste sortide arv märksa suurem.

Puhastatud ja sorditud kaltsud antakse k o n t r o l l l ä b i v a a t a m i s e l e. Harilikult on iga 15—20 sortija kohta üks vastuvõtja. Vastuvõtja vaatab teatud kaltsusordi läbi, eemaldab valesti sattunud tükid ja halva töö korral saadab kõik kaltsud tagasi uueks sortimiseks. Pärast vastuvõtmist kaalub kontoriametnik kaltsud ja märgib raamatusse, ära tähendades sordi ja sortija. Kaalutud kaltsud saadetakse sorditud kaltsude lattu, sealt neid võetakse hakkimisele.

Kaltsude ettevalmistaval ümbertöötamisel Sojusutili ettevõtetes saadakse kaltsude kogumikust standardsed „likviidsed" sordid, mis on kõlblikud vahetuks ümbertöötamiseks kaltsu poolmassiks ja millede väärtus on kind-

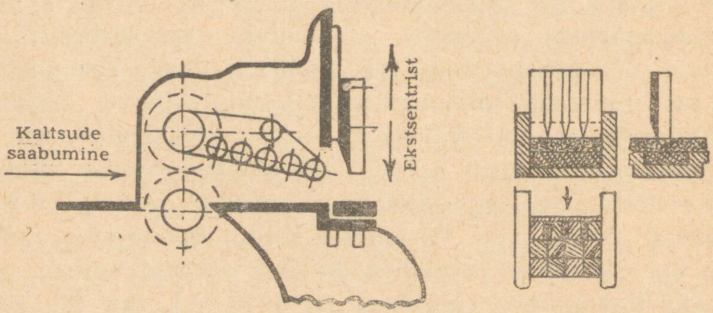
laks määratud KRK (Kergetööstuse Rahvakomissariaadi) standarditega. Nendest sortidest pakuvad paberitööstusele suuremat huvi järgmised: OCT (Общесоюзный стандарт — Üleliiduline standard) 38 706 — vanad puuvillased kaltsud nr. 500—524; OCT 38 711 — vanad linased-kanepised ja sorditud lõuendikaltsud nr. 233—257; OCT 38 712 — uued puuvillased jäätmed nr. 361—410 ja OCT 38 710 — uued linased-kanepised jäätmed nr. 201—226. Võrreldes vabriku sortidega on Sojusutili „likviidseid" kaltsusorte veidi laiendatud. Kaltsu praak ei ole erilisse OCT-i eraldatud, vaid on sisse võetud OCT 38 706 puuvillaste ja OCT 38 711 linaste-kanepiste kaltsude nomenklatuuri.

Sojusutili kaltsutööstuses on kaltsude esialgne sortimine ehk liigitamine ühendatud detailse sortimisega ja tera (vikati) abil puhastamisega. Drešerist tulevad kaltsud laialdasemateks sortideks jaotamatult otse sortijate laudadele, kus toimub kogu töö. Sellist kaltsude sortimisviisi ei saa nimetada ratsionaalseks; kahe erineva töövõtte ühendamine mõjub eitavalt niihästi töö väärtusele kui ka jõudlusele. Viimastel aastatel on stahhaanovlike töömeetodite tõttu sortijate tööjõudlus Sojusutili vabrikutes märgatavalt suurenenud. 8 tunniga sordib iga töötaja umbes 450 kg sitsikaltse ja umbes 800 kg linaseid kaltse ning praaki (Leningradi vabrik nr. 1, 1940. a.). Iga 10 sortija kohta on üks kontrollvastuvõtja. Kaltsude transportimiseks on eraldi kandjad. Nii on Sojusutili vabrikus nr. 1 120 sortija kohta 6 kandjat ja 16 töölist, kes toimetavad kaltsud vastuvõtmisele. Igal vastuvõtjal on peale selle üks äravedaja, kes annab kaltsud pakkimisele.

Sojusutili ladudest paberivabrikutesse toimetatud kaltsud harilikult alluvad läbivaatamisele, sortimisele, puhastamisele ja uuele kontroll-vastuvõtmisele. Samuti kui Sojusutili vabrikutes, on paberivabrikute kaltsuosakondades viimastel aastatel stahhaanovliku liikumise tõttu mär-

gata suuri saavutusi. Vabriku „Goznak" sortijate tööjõudlus on suurenenud 1½—2 korda. 1936. a. oli jõudlus 150—200 kg sitsi ja 300 kg linast kaltsu vahetuses (7 tundi). 1940. a. oli vabriku „Kommunaar" sortijate tööjõudlus 850 kg suuremõõdulist sitsi ja 1400 kg suuremõõdulist linast 8-tunnilise tööpäeva jooksul; Volodarski-nim. vabrikus (1940. a.) 400—680 kg vana sitsi, olenevalt suurusest, ning 830 kg linast 8 tunni jooksul.

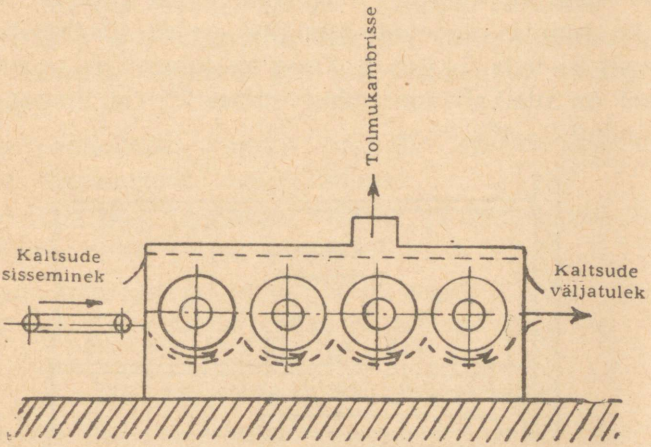
Sorteeritud kaltsud saadakse harilikult võrdlemisi suurte, mitmesugustes mõõdetes tükkide kujul. Edasiseks töötlemiseks on vajalik saada vähemas suuruses ja ühemõõdulisi kaltse. Varem lõigati kaltsud teradega (vikatitega) kämblasuurusteks tükkideks. Nüüd on töö mehhaniseeritud ja kaltsud peenendatakse nn. kaltsuhakkijaga.



Joon. 6. Giljotiin-kaltsuhakkija.

Kõige enam levinud on giljotiin-kaltsuhakkija, mida selliselt nimetatakse seetõttu, et tal on üks piki- ja kolm või viis põiknuga, mis ekstsentriku abil liiguvad juhtsoontes üles ja alla (joon. 6). Laskudes alla tinast või tsingist alusplaadile, raiuvad noad mitmekihiliselt etteantud kaltsude küljest ruudukujulised 4—5 sm suurused tükikesed. Masina produktiivsus 60—80 tiiru juures minutis on 300—600 kg tunnis, olenevalt masina laiusest ja põiknugade

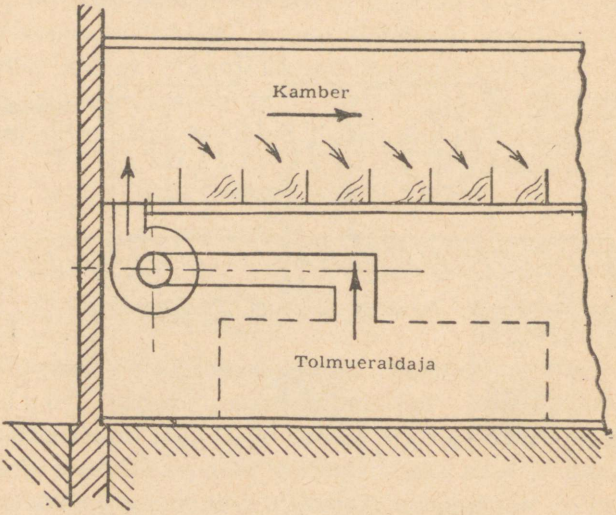
arvust. Jõutarvitus on 5—8 h.-j. Et kaltsude lõikamine toimub löökideta, saadakse sile lõik, vähe peenmaterjali ja tolmu. Masinat teenindab üks tööline, kes saadab kaltse toitevaltsidesse, ja mõned juurdekandjad.



Joon. 7. Hakitud kaltsude lõpp-puhastaja.

Peenendatud kaltsud antakse harilikult automaatselt transportlindi abil hakkimismasina juurest lõplikku tolmueraldajasse (joon. 7). Oma konstruktsioonilt see sarnaneb juba meile tuntud tolmueraldavale drešerile, ainult selle vahega, et kaltsude vähemate mõõdete tõttu trumlite ja hammaste konstruktsioon võib olla kergem. Ka ei tööta tolmueraldaja perioodiliselt nagu drešer, vaid pidevalt. Ta koosneb 4, 6 või 8 trumlist peente, pikkade hammastega, mis on paigutatud trumlile keermekujuliselt. Trumlite pikkus on 600 mm (suuremal mudelil 1000 mm). Samuti kui drešeril, on naabertrumlite tiirude arv erinev: 200 ja 230 minutis. Trumlid on paigutatud metallist kesta, millel ülemises ja alumises osas on võrgud. Liiv, nööpide jäänused ja muud raskemad kaltsudes leiduvad esemed klo-

pitakse hammastega välja ja langevad läbi võrgu masina alla. Kaltsudest väljaklopitud peene tolmu imeb ventilaator läbi ülemise võrgu ja surub torude kaudu tolmukambrisse. Tolmueraldaja produktiivsus 600 mm laiuse juures on 600—800 kg tunnis, 1000 mm laiuse juures 1000—1300 kg tunnis, olenevalt trumlite arvust; jõutarvitus on vastavalt 3—6 ja 5—8 h.-j. Kaod hakkimisel ja tolmueraldamisel on sitsikaltsude puhul umbes 2% ja linaste kaltsude puhul 3—4%.



Joon. 8. Tolmukamber.

Kaltsude mehaanilisel töötlemisel eraldub palju tolmu. Drešerist ja lõplikust tolmueraldajast eemaldatakse tolm nende masinate juures olevate ventilaatorite abil. Sortimisel, puhastamisel ja hakkimisel kaltsudest eralduva tolmu eemaldamiseks ehitatakse eriline ventilatsioon.

Moodsa juurdevoolu-äratõmbe ventilatsioonisüsteemi juures värske õhk, talvel soojendatud ruumi temperatuu-

rini ja niisutatud normaalse relatiivse niiskuseni (60—65%), surutakse ventilaatori abil ruumi lae alla riputatud torude kaudu. Tolmust rikutud õhu imeb ruumist teine ventilaator sortimislaudade võrede või ruumi alumises osas olevate eriliste avade kaudu. Sellejuures tekkiv vertikaalne ülalt alla suunatud õhuvool sunnib tolmu osakesed põrandale langema. Niiviisi värskendub ruumi õhk pidevalt.

Ventilatsiooniks vajalik õhuhulk arvestatakse 5—7-kordse õhuvahetuse alusel (tunnis).

Tolmune õhk juhitakse ruumist ja masinatest tolmukambrisse, mille ehitus selgub joon. 8.

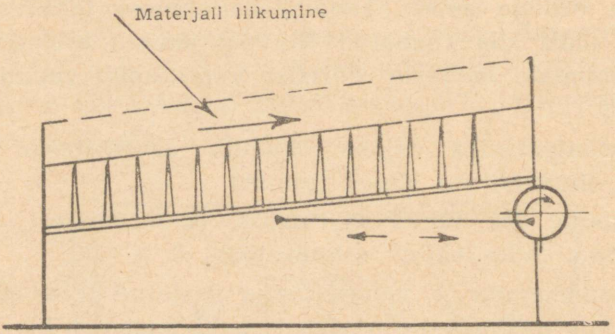
Mahalangenud ja vaheseintega peatatud tolm sisaldab kiudu, mis töödeldakse papiks ja pakkimispaberiks.

Takkude mehaaniline puhastamine.

Mõned paberivabrikud tarvitavad spetsiaalpaberite (näit. õhukese kopeerpaberi, suitsupaberi, rahapaberi) tootmiseks kanepi ja lina takku, mida saadakse lina ja kanepi esmase ümbertöötamise tehastest. Takud on prügised suure hulga linaluude tõttu, mis on lina või kanepi varte puitunud osade jäänused. Tekstiilkiududeks ümbertöötamisel eemaldub suurem osa luid leotatud varte murdmisega ja sugemisega. Jäänused soetakse välja käsitsi, linaharjadega või masinatega. Lina ja kanepi sugemisjäätmed, mis sisaldavad umbes võrdse hulga luid ja kiude, lähevad paberivabrikutesse takkude nime all. Kuna luud on keemiliselt raskesti töödeldavad ning sisse jäädes teeksid paberi prügiseks, eemaldatakse nad takkudest mehaanilisel teel.

Takkude mehaanilise puhastuse skeem on järgmine: ärapudenevad luud (s. o. luud, mis on mehaaniliselt segatud kiudude hulka) eraldatakse grušvitzi raputites; külge-

kuivanud luud, mis on tugevasti kiudude küljes, kaabitakse ning eraldatakse spetsiaalsel masinal KP 1; luude jäänused soetakse lõpuks välja nn. card-kraasimismasinatel.



Joon. 9. Grušvitzi raputi linaluude eraldamiseks.

Grušvitzi raputi (joon. 9) töötavaks osaks on nõelad; teravikkudega ülespoole suunatult ulatuvad nad läbi kallaka puitvõre. Nõelad on ühendatud rullidega, mida paneb kiikuma ekstsentrik. Nõelad viskavad kallakvõre alumisele osale asetatud takud üles, raputavad läbi ja ühtlasi viivad takud edasi. Luud langevad võre alla ja imetakse ventilaatori abil ära. Masina produktiivsus on 200 kg tunnis jõutarvitus 1½ h.-j. grušvitzi raputit teenindab üks inimene.

Masin KP1, millele juhitakse takud grušvitzi raputilt, kaabib kiududelt külgekuivanud luud ja raputab nad takkudest välja. Selleks kasutatakse, nagu grušvitzi raputiski, kiikuvaid nõelu, mis haaravad takku ülalt. Luud kaabib maha pöörlev trummel, millele on kinnitatud viis teraslatti. Söötevalts juhib takud trumli üht veerandit ümberhaaravale metallist plaadile. Plaadi vastu surutud takkudest möödumisel kaabivad teraslatid kiududelt luu

maha. Masina KP1 produktiivsus on umbes 120—150 kg tunnis, energia kulu 3—4 h.-j.

Paremate paberisortide jaoks on vajalik hoolikam takkude puhastamine luudest. Seda tehakse sugemisega kraasimismasinatel. Harilikult toimetatakse sugemist kahes järgus: esiteks nn. jämedamal ehk breaker-cardil, pärast peenemal ehk finisher-cardil. Breaker-card koosneb peamisest kraasimistrumlist, mis pöörleb kiirusega 125 tiiru min.; trumli silindriline pind on kaetud liistude külge kinnitatud terasnõeltega; edasi järgneb rida kraasimistrumli ümber asetatud vähemaid pöörlevaid valtse (samuti nõeltega välispinnal). Takkude möödumisel valtsidest soevad viimased oma nõeltega takkudest luud välja. Puhastatud kiud eemaldatakse kraasimistrumlilt nõeltega varustatud mahavõttevaltsi abil, surutakse kahe sileda valtsi vahelt läbi ja juhitakse kiulise lindi näol kogumiskarpidesse. Breaker-cardi jõudlus on umbes 180 kg kiudu tunnis, jõukulu — 2,5 h.-j. Masinat teenindavad kaks töölist.

Finisher-card erineb breaker-cardist väiksemate ja tihedamalt asetatud nõelte poolest. Teda peavad teenindama neli töölist.

Kraasimismasina abil on võimalik takku puhastada kuni 5—7% luu sisalduseni. Märgime, et kanepitakku on kergem puhastada kui linatakku.

Keetmine, pesemine ja poolmassi jahvatamine.

Pärast mehaanilist ettevalmistamist ja puhastamist Sojusutili ettevõttes ja paberivabriku kaltsuosakonnas toimub kaltsude täiendav keemiline ümbertöötamine vabriku poolmassi-osakonnas. Kaltse keedetakse leelisega, pestakse, jahvatatakse poolmassiks, pleegitatakse kloorlubjaga ja pestakse veega; pärast läbipesemist eraldub liigne vesi kurnamismahutites.

Peenendatud kaltsupraak, mis töötatakse ümber pakkimispaberiks ja katusepapiks, juhitakse otse paberivabriku „massiosakonda", mööda minnes poolmassi-osakonnast. Seal valmistatakse temast nn. massihollendrites paberimass. Samuti ei töödelda keemiliselt ümber punast ja musta sitsi, millede värvust on soovitav alal hoida.

Kaltsude keetmine leelisega on toodud paberitootmise praktikasse umbes sada aastat tagasi. Sinnamaani kaltse niisutati hunnikutes veega ja lasti osaliselt pehkida, see kergendas järgnevat kaltsude puhastamist ja ümbertöötamist.

Pärast mehaanilist puhastamist sisaldavad kaltsud, olenevalt sordist, suuremal või vähemal hulgal mustust ja rasva ning looduslikke „inkruste" (pektiinaineid ja ligniini, mis mustavad kaltse keemiliselt ja annavad halli värvuse) ning võivad olla värvunud. Keetmise eesmärgiks on eemaldada kaltsudest mustus, sulatada rasvad, võimaluse piirides kaotada värvus ja valmistada inkruste ette kloorlubja mõjule pleegitamisel. Leelise mõjumisel rasvadele tekib seep, mis kujutab endast rasvahapete naatriumi- või kaltsiumisoola. Seep võtab mustuse kaltsudest endaga kaasa. Keetmisel leelis veidi nõrgendab kaltsude kunstlikku värvust ja osaliselt hävitab inkruste.

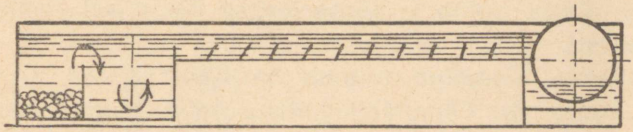
Kaltse keedetakse kateldes rõhu all; keetmiseks tarvitatakse põletatud lupja, naatriumhüdroksüüdi, harva ka kaltsineeritud soodat.

Lupja (CaO) saadakse lubjakivi ($CaCO_3$) põletamisel ahjudes; lubjakivi laguneb, eraldades süsihappegaasi $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$. Olenevalt kaltsude mustuse määrast tarvitatakse 8—15% lupja (kaltsude hulga suhtes). Seismisel imab lubi õhust süsihappegaasi ja muutub lubjakiviks, mis keetmisel ainult prügistab kaltse. Hea lubi sisaldab umbes 85% CaO, harilik lubi märksa vähem (60—65%). Vajalise mõju saavutamiseks tuleb sellepärast

keetmiseks lupja võtta umbes poolteisekordne hulk ülaltoodust.

Lubi lahustub vees halvasti, sellepärast toimetatakse keetmist lubjapiimaga. Ainult väike osa lupja ($^1/_{40}$ — $^1/_{50}$) on lahustunud olekus; ülejäänud osa lahustub sedamööda, kuidas CaO ühineb rasvaga, moodustades vees mittelahustuva kaltsiumseebi. Seetõttu jääb leelise kontsentratsioon keetmisel püsivaks ja võrdlemisi nõrgaks.

Lubjapiim vähendab hästi kaltsude kunstlikku värvust ja pehmendab inkrusteerivaid aineid, valmistades neid pleegitamiseks ette; CaO vähese lahustumise tõttu vees on tema hävitav mõju kiule märksa nõrgem kui teistel kangetel leelistel (näit. naatriumhüdroksüüdil). Lubjapiima puuduseks on kaltsude mustumise võimalus lubjas leiduva liiva ja prügi ning keetmisel tekkiva lahustumatu lubjaseebi tõttu.



Joon. 10. Aparaat lubjapiima valmistamiseks.

Lihtne lubjapiima valmistamise seadeldis on skemaatiliselt kujutatud joonisel 10. Ta koosneb raudkastist (mahtuvus 1 m^3), mis on kahe vaheseina abil jaotatud kolmeks osaks. 100—300 kg lupja asetatakse esimesse ossa ja kustutatakse seal vähese veega. Saadakse nn. lubjataigen. Siis avatakse veekraan teatud arvu pööreteni ja segatakse lubjataigen mõla abil veega. Saadud lubjapiim voolab üle esimese vaheseina kasti teise ossa ja sealt järgmise vaheseina alumisss osas oleva avause kaudu kolmandasse ossa. Sellejuures raskem mustus (kivid, jäme liiv) peatub

kasti esimeses osas ja kergem (oksad, õled) teises osas. Järgnevalt juhitakse lubjapiim liivapüüdjasse (renn põikvaheseintega, mis peavad kinni põhja settinud kergema liiva) ja lõpuks filtreeritakse läbi aeglaselt pöörleva tiheda vasest trummelsõela. Puhastatud lubjapiim, kontsentratsiooniga 80—100 g CaO ühes liitris, juhitakse tagavaramahutisse või keedukatlasse. Paljudes vabrikutes toimub lubjapiima valmistamine mehaanilise segisti abil.

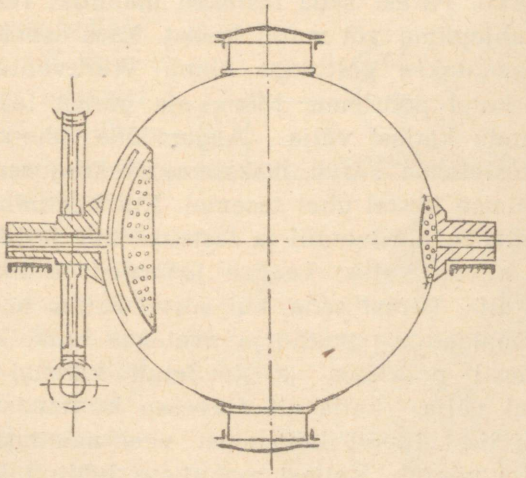
Naatriumhüdroksüüd NaOH (kaustitseeritud sooda) on väga mõjuv leelis. Ettevaatamatul käsitamisel ta võib rikkuda kiudu. Veega annab NaOH läbipaistva puhta lahuse ja rasvaga moodustab vees lahustuva seebi. Selles on tema paremus, võrreldes lubjaga. Olenevalt sordist lisatakse sajale osale kaltsudele 1—5 osa kaustitseeritud soodat. Määrdunud ja linaluid sisaldavate kaltsude puhul lisatakse lubjapiimale sageli 1—2% kaustitseeritud soodat.

Kaltsineeritud sooda Na_2CO_3 on nõrk leelis, teda tarvitatakse ainult puhta ja nõrga kaltsu keetmisel (umbes 3% kaltsudest).

Kaltsude keetmine toimub harilikult 3,5—4 at (150—157°) surve all. Olenevalt kaltsusordist kõigub keetmise vältus 4—5 kuni 10—12 tunnini. Puhast sitsi keedetakse näiteks 5 tundi 5% lubjaga; pehmet ja jämedat puhast linast kaltsu — 6 tundi 6% CaO-ga; samasuguseid siniseid kaltse samuti 6 tundi, kuid 8% lubjaga, 6% asemel, koredat kaltsu 8 tundi 8% lubjaga; nartse 10 tundi 10% lubjaga jne. Katla tööaeg on eeltoodust 2—3 tunni võrra pikem (40—60 min. on vaja katla täitmiseks, sama palju tühjendamiseks ning auru ja leelise väljalaskmiseks). Puhtamate linase ja sitsikaltsu sortide puhul on kadu keetmisel 8—10%, määrdunud, jämedate ja tugevavärviliste kaltsude puhul — 15—20%. Auru kulub keetmisel 80—115 kg 100 kg kaltsude kohta. Kui katel isoleerida asbesti ja poolmassi kihiga, väheneb aurukulu 25%.

Käesoleval ajal kasutatakse kaltsude keetmiseks harilikult kuulikujulisi pöörlevaid katlaid. Nende paremuseks võrreldes horisontaalsete silindriliste pöörlevate kateldega on: väiksem välispind ühe ja sama mahu juures, järelikult vähemad soojuse kiirgamiskaod; õhemad seinad ja kergem kaal, ning lõpuks energilisem kaltsude segamine keetmisel (mitte ainult katla pöörlemise suunas, vaid ka perpendikulaarselt pöörlemisele). Toome tabeli põhiandmetega kuulikujuliste katelde kohta:

Katla läbimõõt mm	2400	2700	3000
Mahtuvus m^3	7,2	10,3	14,1
Seinte paksus mm	13	14	16
Kaal kg	6000	7500	8600
Kaltsude täitekaal kg	1000	1500	2000
Leelise täitemaht l	2000	3000	4000
Tiirude arv minutis	¾	⅔	½
Jõutarvitus h.-j.	1,25	1,50	2,0



Joon. 11. Kaltsukeedukatel.

Katlad (joon. 11) valmistatakse 13—16 mm paksusest plaatrauast. Nad on keevitatud või needistatud, kumerate

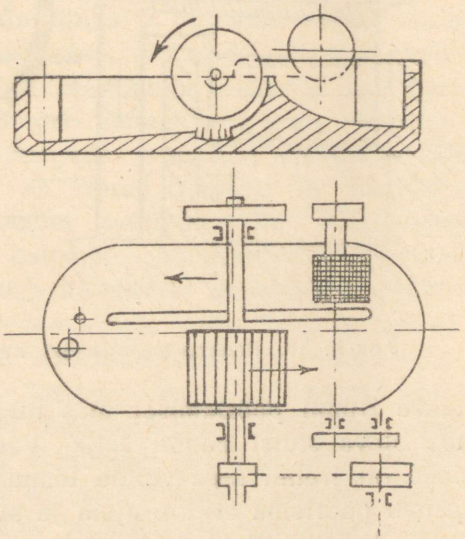
terastappidega. Katlal on üks või kaks 600 mm läbimõõduga luuki kaltsude ja leelisega täitmiseks ning tühjendamiseks, kraan leelise väljalaskmiseks, auru sisselaskestuts ühes ventiiliga ühe tapi juures ja auru ning leelise väljalaske-stuts teise tapi juures, manomeeter ning kaitseventiil. Auru sisselaske- ning auru ja leelise väljalaskekohtadel on katla sees torude ummistumise vältimiseks kaitsesõelad. Mõnikord kinnitatakse katla sisepinnale vardad kaltsude paremaks segamiseks. Katlad pannakse pöörlema kahekordse hammasratasülekande abil üldiselt transmissioonvõllilt.

Kaltsudega täitmiseks pööratakse katla luuk ülespoole, laes oleva täitmisava kohale. Sellesse avasse asetatakse lehter, mille kaudu toimub kottidest võetavate kaalutud kaltsudega täitmine. Täitmise lõpul tööline surub kaltsud katlas kokku. Pärast seda lastakse mahutist renni kaudu katlasse lubjapiima või muud leelist, kaas asetatakse luugile ja tõmmatakse poltidega kinni. Auruventiili avades pannakse katel pöörlema. Mõne aja pärast lastakse õhk kraani kaudu katlast välja. Aegamööda, ühe-kahe tunni jooksul, tõstetakse surve maksimaalse kõrguseni ja hoitakse keetmise kestel ühel tasemel. Kui keetmine on lõpetatud, suletakse auruventiil ja lastakse aur ja leelis väljalasketoru kaudu välja. Leelise jäänused lastakse kraani abil katla alla. Pärast seda, kui surve katlas on langenud nullini, eemaldatakse poldid ja avatakse luuk. Katel pannakse uuesti pöörlema ja keedetud kaltsud langevad vähehaaval välja, katla all olevasse kurnamismahutisse, milles võrelisel luugil kaltsudest veel mõningane hulk leelist välja nõrgub. Katlast mahutisse juhitud kaltsud on siiski veel leelisega läbi imbunud; neil on tumepruun värvus ja spetsiifiline (keedetud kaltsude) lõhn. Leelise lõplik eemaldamine kaltsudest on võimalik ainult veega läbipesemise abil.

Keeduosakond töötab ööpäev läbi. Vahetuses (8 tundi) töötab üks vanem keetja mõnede abilistega, olenevalt keetude arvust ja kaltsude täitmise ja tühjendamise mehhaniseerimise määrast. Seoses stahhaanovliku liikumisega on töö produktiivsus keeduosakondades märgatavalt suurenenud. Sellele on kaasa aidanud mõningad organisatsioonilised abinõud, näiteks leelise lahjendamise ja lubjapiima puhastamise protsessi mehhaniseerimine ja üleviimine eraldi ruumi jne.

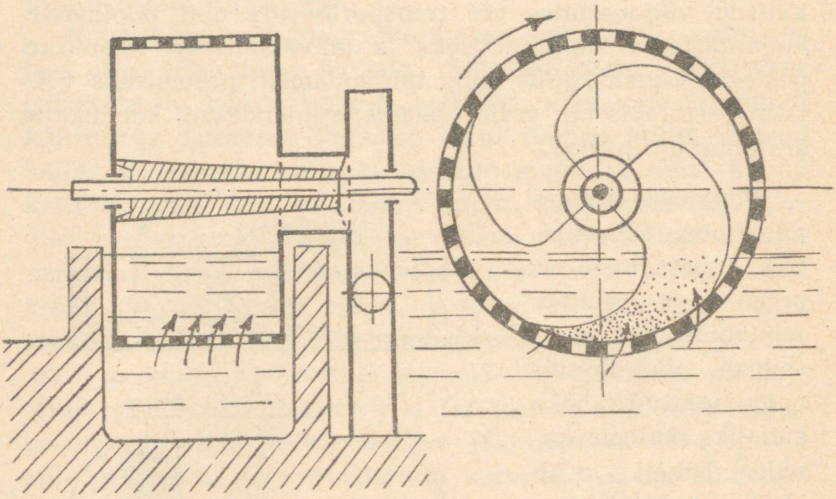
Katla all olevast kurnamismahutist juhitakse keedetud kaltsud vagonettides või transportööride abil poolmassi-hollendritesse läbipesemiseks ja jahvatamiseks. Mõnikord pestakse kaltse katlas enne tühjendamist; pesemiseks võetakse vett, mis on eraldi paagis soojendatud keedukatla äratöötanud auruga.

Poolmassi-hollender (joon. 12) kujutab endast ovaalset malm- või raudbetoonvanni, mis on sisemise pikivaheseinaga jaotatud kaheks kanaliks. Laiema kanali põhjal asub „küngas". Künka kohale on asetatud „hollendri trummel" terasnugadega, mis on asetatud trumli silindrilisele pinnale, paralleelselt teljele. Trumli all künka jalal on alusliist,



Joon. 12. Poolmassi-hollender kaltsude pesemiseks ja eeljahvatamiseks.

mis koosneb trumli nugadele 1½—2° nurga all asetatud nugade kimbust. Kaltsude jahvatamine toimub pöörleva trumli nugade ja alusliistu nugade vahel. Vanni kitsamasse kanalisse on asetatud „pesemise" trummel. Tema ehitus selgub joonisest 13. Ta koosneb kahest võllile asetatud kettast, millede vahele on kinnitatud 4 vaskplekist koppa. Trumli silindriline pind on kaetud hõreda vaskvõrguga ja selle peale asetatud tiheda võrguga. Töötamise ajal on trummel peaaegu pooleni pestavates kaltsudes. Läbi võrgu tungiv must vesi haaratakse koppadesse, tõste-



Joon. 13. Poolmassi-hollendri kaltsupesemise trummel.

takse trumli pöörlemisel üles ning voolab trumlist kettas oleva stutsi kaudu välja. Vee paremaks äravoolamiseks on trumli sees võllile tõmmatud puitkoonus. Trumli paneb pöörlema eriline ajam ja ta on varustatud ülestõstmise ja allalaskmise seadmega. Vanni põhjal, hollendri trumli ees, asub nn. liivapüüdja, mis kujutab endast

hõreda võrguga kaetud põiksüvendit. Läbi võrgu langevad liiv ja kaltsudesse jäänud rasked metallosakesed. Kõrval on kitsas võrguga katmata või ainult hõreda võrega kaetud süvend raskete esemete püüdmiseks, mis ei mahu läbi liivapüüdja võrgu. Hollendri trummel on pritsmete kaitseks kaetud puidust kupliga.

Toome kahe, oma mahtuvuse poolest enamtarvitatava poolmassi-hollendri kohta põhiandmed:

Maht l	4500	6000
Täide 5% kontsentratsiooni juures kg	225	300
Nugade trumli läbimõõt ja laius mm	1350/1250	1500/1400
Trumli nugade arv ja paksus (mm)	72/10	80/10
Alusliistu nugade arv ja paksus (mm)	15/8	15/8
Pesemistrumli läbimõõt ja laius mm	1000/700	1245/800
Nugade trumli tiirude arv minutis	120	108
Jõutarvitus h.-j.	25—35	30—50

Töötamise alustamisel täidetakse poolmassi-hollender veega. Veepinna küllaldase kõrguse juures viskavad hollendri trumli noad vee üle künka ja hollendri vannis tekib vee liikumine ümber keskseina. Hollendri täitmisel kaltsudega haaratakse kaltsud veevooluga kaasa ja nad hakkavad ühes veega hollendri vannis ringlema. Pesemistrummel lastakse alla, nugade trummel tõstetakse töö alguses sellevõrra üles, et trumli nugade ja alusliistu nugade vahele jääks umbes sentimeetriline vahe ning järelikult ei toimuks kaltsude jahvatamist. Hollendri vanni tulev vesi eemaldab kaltsudest mustleelise (sellele aitavad kaasa trumli nugade löögid kaltsudele) ja lahkub läbi pesemistrumli võrgu. Kui tunni-poolteise pärast roiskvesi muutub puhtamaks, lastakse nugade trummel veidi madalamale: algab kaltsu peenendamine tükkideks ning üksikuteks niitideks, mis võimaldab paremat läbipesemist. Lõpuks, kui roiskvesi on muutunud täiesti puhtaks, tõstetakse pesemistrummel üles ja katkestatakse värske vee juurdeandmine. Pesemine on lõppenud. Jahvatamist jätkatakse veel mõne aja kestel, seejuures lastakse nugade

trummel ikka madalamale ja madalamale, ehk nagu öeldakse — „lastakse liistule"; nii jätkatakse, kuni on saadud vajaliku kvaliteediga poolmass.

Poolmassi jahvatamise eesmärgiks on lahutada kude niitideks, millest ta on kootud, ning niidid kiududeks, millest nad on kedratud. See toimub trumli ja liistu nugade vahel. Massi jahvatamisel, nagu tagapool näeme, toimub edasine kiu peenendamine (põigiti läbilõikamine ja lõhestamine peenteks kiukesteks — „fibrillideks"). Poolmassi jahvatamisel seda ei tohi aga juhtuda, sest väikesed ja peened kiud rikneksid järgneval pleegitamisel kloori mõjul kergemini, sellega suureneks kiu kadu ja kiud nõrgeneks.

Kontrollitakse poolmassi jahvatist harilikult mõlaga, mis lastakse hollendrisse ja siis tõstetakse poolmassist horisontaalses seisangus välja, ning hinnatakse silmaga mõla küljel rippuvate kiudude pikkust. Keskmise poolmassi kiu pikkus on 25—35 mm, pika poolmassi — 50 mm ja rohkem.

Poolmassi-hollendri tööring, s. o. aeg ühest täitmisest teiseni, oleneb kaltsude sordist ja hollendri mõõdetest. Näiteks on 4,5 m^3 mahuga hollendri tööring sitsi jaoks 3—4 tundi, linaste kaltsude jaoks 5—6 tundi; 6 m^3 hollendri tööring on puuvillaste kaltsude jaoks 5—6 tundi, linaste jaoks 6 tundi. Pikakiulise linase poolmassi jaoks on hollendri tööring 1,5—2 tunni võrra lühem. Läbipesemise vältus on 2—3 tundi (olenevalt kaltsude mustusest), kaod pesemisel umbes 10%. Pesemisel kulub vett umbes 400 m^3 ühe tonni kaltsude kohta. Normaalselt on hollendri täide 1 m^3 mahule 50—60 kg keetmiseks antud kaltse; 20—25% kao puhul keetmisel ja pesemisel vastab see 3,5—4% kontsentratsioonile hollendris. Energia kulu pesemiseks ja poolmassiks jahvatamiseks on 200—450 kWh ühe tonni kaltsude kohta: puuvillastele kaltsu-

dele ja pikale poolmassile vähem, jämedatele linastele kaltsudele ja lühikesele poolmassile rohkem.

Samuti kui keeduosakond, töötab poolmassi-osakond 24 tundi ööpäevas, ainult mõnepäevaste seisakutega aastas. Vahetuses (8 tundi) töötavad harilikult üks vanem hollendrijuht ja mõned abid, olenevalt hollendrite arvust ja kaltsudega täitmise mehhaniseerimisest.

Kaltsu-poolmassi pleegitamine.

Vaatamata leelisega keetmisele ja põhjalikule veega läbipesemisele, on kaltsu-poolmassil hall värvus, temasse võivad jääda linaluud ja temas on alati inkrustide (ligniini jm.) jäänuseid. Pleegitamise eesmärgiks on hävitada poolmassi värvivad ained ja teha teda kõlblikuks valge paberi jaoks. Peale selle hävivad pleegitamisel osaliselt linaluud ja inkrustid, saadakse keemiliselt puhtam ja püsivam kiud, mis on kõlblik kauaaegseks hoidmiseks määratud paberite jaoks.

Kaltsu-poolmassi pleegitamine toimub kloorlubja või kaltsiumhüpokloriti lahusega nn. pleegitamishollendrites, mis sarnanevad poolmassi-hollendritega, kuid on suurema mahuga ning hollendri nugade trumli asemel on varustatud labidatega trumliga. Kloor- ehk pleegitamislubi, mille valem on $CaCl_2O$, on üheaegselt soolhappe (HCl) ja alakloorishappe (HClO) kaltsiumisool. Suuremat tähtsust omab pleegitamisel alakloorishape; ta eraldub pleegitamishollendris kloorlubjast õhus leiduva süsihappegaasi mõjul:

$$2CaCl_2O + H_2O + CO_2 = 2HClO + CaCO_3 + CaCl_2$$

või vee mõjul kloorlubjale (nn. hüdrolüüs):

$$2CaCl_2O + 2H_2O = 2HClO + Ca(OH)_2 + CaCl_2.$$

Viimasel juhul saadakse alakloorishapet väga vähe, kuid sedamööda, kuidas teda pleegitamisel ära tarvita-

takse, uueneb tema hulk hüdrolüüsi tõttu. Alakloorishape (HClO) on väga nõrk. Ta laguneb kergesti ($HClO \rightarrow HCl + O$), eraldades soolhapet ja hapnikku, mis eraldumise momendil omab suurt hapendamisvõimet. Põhiliseks reaktsiooniks kaltsupoolmassi pleegitamisel on niisiis massi värvivate orgaaniliste ainete ja inkrustide hapendamine alakloorishappe hapnikuga. Peale selle leidub pleegitamishollendris alati mõningane, võrdlemisi vähene hulk kloori, mis tekib soolhappe ja alakloorishappe vastastikuse toime tagajärjel, milliseid, nagu nägime, alati leidub pleegitamislahuses:

$$HCl + HClO \rightleftarrows Cl_2 + H_2O.$$

Kloori mõjumisel inkrusteerivatele ainetele (ligniin) tekivad kollased produktid, mis on vees halvasti lahustuvad. Nende värvuse kaotamiseks on vajalik täiendav hapendamine alakloorishappe hapnikuga.

Mida happelisem on pleegitamislahus, seda rohkem on temas kloori. Määrdunud kaltsude pleegitamisel väävelhappe (H_2SO_4) juurdelisamisega (mida sageli tehakse) suureneb kloorlubja kulu niihästi poolmassi suurema mustuse kui ka klooriproduktide hapendamiseks mineva pleegitamislubja lisakulu tõttu. Samal ajal kiirendab happe juurdelisamine pleegitamist, sest mineraalhape eraldab kloorlubjast alakloorishapet energilisemalt kui süsihappegaas:

$$CaCl_2O + H_2SO_4 = HClO + HCl + CaSO_4.$$

Vastupidi, leelise juurdelisamisel pleegitamine aeglustub. Leeline neutraliseerib vees lahustunud süsihappegaasi ja see ei eralda kloorlubjast alakloorishapet. Viimane tekib leelisvannis ainult vee mõjul kloorlubjale, s. o. hüdrolüüsi tõttu, mis toimub aga väga pikkamööda.

P l e e g i t a m i s l a h u s valmistatakse kloorlubja lahustamisega vees või lubjapiima klooritamisega. Kloorlubi tuuakse paberivabrikutesse 400—500 kg raskustes puittünnides. Ta on peaaegu valge, kollaka varjundiga pulber,

mis tugevasti lõhnab kloori järele. Ta sisaldab umbes 35% „aktiivset kloori", mida määratakse kindlaks kloorlubja tiitrimisega arseenishappega, kusjuures indikaatoriks on joodtärklise paber. Sellejuures arseenishape hapendub alakloorishappe hapnikuga arseenhappeks. Kloorlubi laguneb kergesti, eriti valguse käes, samuti soojas ja niiskes kohas hoidmisel. Sellepärast on vaja kloorlubja tünne hoida kuivas ja jahedas ruumis.

Pleegitamiseks valmistatakse kloorlubja 5% lahus kangusega 4,5—5° Bé, 15—17 g aktiivse kloori sisaldusega liitris. Mõningase hulga CaO lisanduse tõttu omavad kloorlubja lahused leelisreaktsiooni. Valguse käes ja segamisel laguneb kloorlubja lahus kergesti, sellepärast tuleb teda hoida puutumatult poolpimedas ruumis. Kloorlubja lahuse valmistamine on üks kõige ebameeldivamaid ja tervisele kahjulikumaid töid paberivabrikus. Eralduv kloor mõjub tugevasti inimese organismile. Töid püütakse sellepärast mehhaniseerida. Kirjeldame meie vabrikutes sagedasti kasutatavat talitusviisi. Betoonvannis vee sees pöörlevasse võrelisse raudtrumlisse asetatakse osalt avatud kloorlubja tünn. Vesi uhub tünnist kloorlubja pikkamööda välja. Sogane vedelik juhitakse vannist segistisse, lahjendatakse veega kuni 4,5—5° Bé ja segatakse paremaks lahustamiseks kolm kuni neli tundi. Jättes segisti 3—4 tunniks seisma, kallatakse selginud lahus ettevaatlikult tagavarabasseini. Segamisbasseini jäänud sete segatakse teiskordselt veega, selginud nõrk lahus eraldatakse ja kasutatakse uue kloorlubja hulga lahustamiseks. Sellist sette läbitöötamist korratakse kaks-kolm korda, mille järel lahustumata pära juhitakse erilisse basseini ja aeg-ajalt eemaldatakse vabriku piiridest.

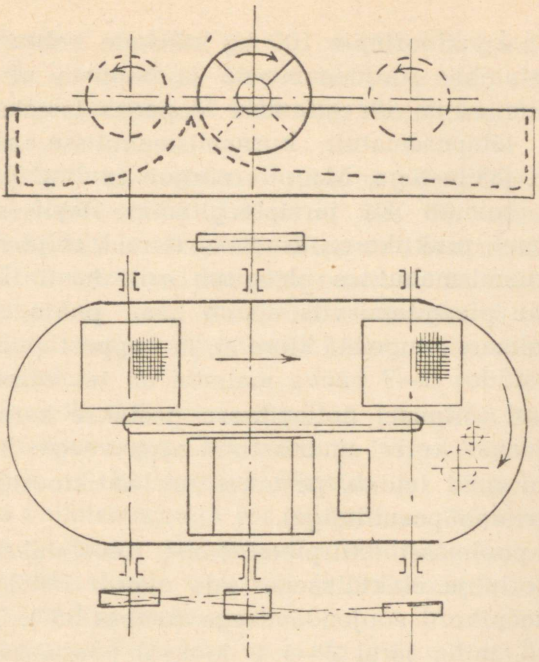
Samuti valmistatakse pleegitamislahus, klooritades lubjapiima gaasilise klooriga:

$$2Ca(OH)_2 + 2Cl_2 = Ca(ClO)_2 + CaCl_2 + 2H_2O.$$

Siin on pleegitavaks aineks kaltsiumhüpoklorit $Ca(ClO)_2$, s. o. alakloorishappe kaltsiumsool. Klooritamine püütakse läbi viia külmas, sest kõrgendatud temperatuuri juures (üle 35°) tekivad alakloorishapu kaltsiumi asemel kloorhappe $Ca(ClO_3)_2$ ja perkloorhappe $Ca(ClO_4)_2$ kaltsiumisoolad, mis ei eralda pleegitamisel hapnikku. Klooritamiseks kasutatakse vedelat kloori, mis tuuakse paberivabrikutesse balloonides (sisaldavad 27—45 kg kloori). Sellist pleegitamislahuse valmistamisviisi tarvitatakse rohkem tselluloositehastes, kus kloori tarvitatakse märksa rohkem kui paberivabrikutes. Vedel kloor tuuakse tselluloositehastesse kuni 15 t kloori mahutavate tsisternvagunitega.

Olenevalt tootmisvõimest töötab kloorilahustamise osakonnas üks või mitu inimest, ühes, kahes või kolmes vahetuses ööpäevas. Nagu juba öeldud, on vanades seadetes töötingimused äärmiselt ebasoodsad; uutes on kahjulikud tööd mehhaniseeritud.

Kaltsu-poolmassi pleegitamine toimub pleegitamishollendrites; neisse lastakse poolmassi-hollendritest pestud ja jahvatatud poolmass. Kuna pleegitatud poolmass pleegitamishollendritest harilikult isevooluga liigub kurnamismahutitesse ja seal vabaneb pleegitamisleelisest, asetatakse pleegitamishollendrid teisele korrusele. Pleegitamishollendri ehitus selgub joonisest 18. Ta sarnaneb poolmassi hollendrile ja kujutab endast samuti ovaalse kujuga lamedat vanni. Pikisein ei ulatu vanni otsadeni, jaotades ta kahte ossa. Ühes osas on „küngas", mille kohale on asetatud pöörlev võll labadega, mis viskavad poolmassi üle künka. Teises osas asub üks või kaks pesemistrumlit. Hollendri vann on harilikult raudbetoonist. Tsirkulatsiooniratas valmistatakse puidust labadega ja malmist või pronksist kodaratega. Rauast võll kaetakse vaskmantliga, et kaitsta teda kloori mõju eest. Ratas on kaetud puidust kupliga. Harilik hollendri mahutavus on 10 kuni 20 m^3;



Joonis 18. Pleegitamishollender.

5—6% kontsentratsiooni juures ta mahutab 600—1200 kg abs. kuiva poolmassi. See vastab poolele või kogu poolmassi hulgale, mis saadakse ühest katlakeedust. Ratas teeb 12—15 pööret minutis, jõutarvitus on 6—12 h.-j. Peale säärase hollendri tarvitatakse kaltsude pleegitamiseks ka propeller-hollendreid; poolmass liigub neis keskseina otsale asetatud propelleri abil. Need hollendrid võivad töötada veidi suurema (6—8%) poolmassi kontsentratsiooniga.

On olemas kaks peamist kaltsu-poolmassi pleegitamisviisi: aeglane ja kiire.

Aeglast pleegitamist teostatakse võrdlemisi vähese kloorlubja hulgaga: sitsi jaoks 1—3 kg ja linaste kaltsude

jaoks 3—5 kg kloorlupja 100 kg kaltsude kohta. Pleegitamine teostatakse soojendamiseta ja happeta ning kestab 12 ja enam tundi. Pleegitamise lõppedes lastakse kaltsupoolmass läbipesematult kurnamismahutisse, s. o. ühes kloorlubja jäänustega. Mahutis nõrgub ta 2—3 päeva kestel. Siin toimub ka järelpleegitamine leelises leiduva kloori toimel; praktika on kindlaks teinud, et järelpleegitamisel kurnamismahutites pleegitub eriti hästi linaluu.

Aeglane pleegitamisviis annab hea, puhta ja valge kaltsu-poolmassi, tugeva, kloorist ja happest puudutamata kiuga. Säilides 6—7 päeva mahutis on tal värske osooni lõhn. Massi täitmisel hollendrisse pestakse sarnast poolmassi vajaduse korral umbes tund aega veega; kloori jäänused, kui neid leidub, pestakse nn. antiklooriga (harilikult naatriumhüposulfiidiga).

Kaltsu-poolmassi kiirpleegitamist teostatakse vastuoksa, kloorlubja üleküllusega, mis ulatub 100%, happega (H_2SO_4), mõnikord soojendamisega (umbes 35°). Ta kestab 4—5 tundi, mille järel 2—4 t. jooksul poolmass pestakse veega hoolsasti läbi. Kloori jäänused neutraliseeritakse antiklooriga ja poolmass lastakse kurnamismahutisse. Järelpleegitamist kurnamismahutis järelikult ei toimu. Hoidmisel muutub poolmass juba 2—3 päeva pärast kollaseks; kiud on kloori ja happe poolt puudutatud ning on sellepärast nõrgemad kui aeglasel pleegitamisel. Kiirpleegitamist tarvitatakse ainult seal, kus pleegitamisosakond on vabriku kitsaks kohaks. Suuremas osas vabrikutes tarvitatakse kahe siin kirjeldatu vahelmist pleegitamist: see kestab 7—9 tundi (olenevalt kaltsu sordist) ja veidi suurema klooritarvitamisega kui aeglasel pleegitamisel; pleegitamist teostatakse soojendamiseta ning hapet lisatakse ainult tugevasti määrdunud ja linaluudega kaltsude puhul.

Pleegitamiskaod linaste ja puuvillaste kaltsude paremate sortide puhul on 2—3%; heledavärviliste linaste ja

sitsi keskmiste sortide puhul 4—5%; tumedavärviliste jämedate ja linaluudega linaste kaltsude ning sitsi puhul 6—8%. Energiakulu on 50 kWh ühe tonni pleegitatud poolmassi kohta.

Töö pleegitamisosakonnas toimub harilikult kolmes vahetuses, ööpäev läbi. Töötavad üks või mitu inimest (vanem pleegitaja ja abilised), olenevalt osakonna tootmisvõimest. Töötingimused on siin paremad kui kloorilahustamise osakonnas, kuid siiski mitte rahuldavad, sest pleegitamishollendritest eraldub veel kloori. Hea ventilatsioon on hädavajalik.

Stahhaanovlik liikumine avaldub pleegitamisosakondades töö paremas organiseerimises ja tihendamises abioperatsioonidega — hollendrite täitmise ja tühjendamisega, reaktiivide valmistamisega jne. Samuti on hakatud rohkem tähelepanu pöörama pleegitamise kontrollimisele; see on tõstnud produktsiooni väärtust ja vähendanud kemikaalide kulu ning kiu kadu.

Vee eemaldamine pleegitatud poolmassist toimub nn. kurnamismahutites, milledesse poolmass lastakse pleegitamishollendritest. Umbes 300 mm läbimõõduga tühjendamistorustikud on harilikult valmistatud vasest või keraamilistest torudest. Torustikud on nõnda asetatud, et iga hollendrit oleks võimalik tühjendada mitmesse kurnamismahutisse. Mahutid ehitatakse esimesele korrusele pleegitamishollendrite alla ning arvestatakse 6—8-päevaseks poolmassi tagavaraks. Nad valmistatakse tellistest või raudbetoonist, ligikaudsete mõõtudega: pikkus umbes 6 m, laius 3 m, kõrgus 3,5—4 m.

Kurnamismahuti põrand on ehitatud kallakusega keskele, kus asub äravoolu-renn. Põrand kaetakse filtreerivate keraamiliste plaatidega, milledel on koonuselised avaused läbimõõduga 1 mm lamedal pealispinnal ning läbimõõduga 3 mm alumisel õõnespinnal. Plaadid asetatakse mahuti põh-

jale nõnda, et põranda ja õõnsate plaadipindade vahele kujuneks rida kallakrennisid mahuti pikuti seinte juurest keskele, äravoolurenni poole. Kurnamismahutisse lastud pleegitatud poolmass kuivab nõrgudes aegamööda kuni 15—20% abs. kuivaine sisalduseni. Siis laaditakse poolmass vagonettidesse ja antakse tõstuki abil massihollendrite juurde.

Töö kurnamismahutite tühjendamisel loetakse raskeks poolmassi niiskuse tõttu. Sellepärast tarvitatakse mõnikord vee eemaldamiseks pleegitatud poolmassist pika sõelaga masinat, mis kujutab endast paberimasina lihtsustatud märgosa.

III peatükk.

PABERIMASSI VALMISTAMINE.

Sissejuhatus.

Kõige tähtsamaks staadiumiks paberivalmistamise protsessis on nn. massi jahvatamine. Mitmesugused kiudained asetatakse kindlas vahekorras hollendrisse, mis peenendab nad vajaliku jahvatuse astmeni (kraadini). Vajaduse korral liimistatakse mass kampoliga, „raskendatakse" kaoliiniga ja värvitakse.

Peale kaltsu-poolmassi, mis läheb ainult erilisteks paremasordilisteks paberiteks, tarvitatakse ka teisi kiudaineid, mitmesuguseid tselluloosi ja puumassi sorte.

Käesoleval ajal tarvitatakse paberitootmiseks kõige laiemalt kuusepuidu sulfittselluloosi (mida saadakse keetes rõhu all nn. „keeduhappega" keetmisel, mis kujutab endast kaltsiumbisulfiidi ja väävlishappegaasi vesilahust). Mitmesugustes vahekordades puumassiga valmistatakse temast nüüd rõhuv enamus paberisorte. Tselluloos saabub paberivabrikutesse mitmesugusel kujul: kuival kujul — lehtedena, normaalse niisukusega 12%, rullides 70% niiskusega ja vedelal kujul 94—97% veega. Teda tarvitatakse pleegitamata kujul ja pleegitatult. Pleegitamata tselluloos on tume, tuhmi tinase varjundiga; Ostwaldi fotomeetri järgi on tal 50—60% valget värvust, ülejäänu on must. Pleegitatud tselluloos on valge, veidi kollaka varjundiga

(Ostwaldi järgi 80—90% valget värvust). Pleegitatud tselluloosi tarvitatakse pärast erilist täiendavat ümbertöötamist ka kunstsiidi, plastmasside, lakkide ja püssirohu valmistamiseks.

Haava- (ja papli-) puidu sulfittselluloosi tarvitatakse märksa harvemini, sest ta ei ole küllalt tugev enamiku paberisortide valmistamiseks; ka on tema tootmine piiratud kohase haavapuidu mitteküllaldaste tagavaradega.

Viimasel ajal tarvitatakse ikka laiemalt sulfaattselluloosi (männist ja kuusest), mida saadakse okaspuidu keetmisel kateldes rõhu all naatriumhüdroksüüdi ja naatriumsulfiidi lahusega. Paberitööstusse saabub ta samuti lehtedes, rullides ja vedelal kujul. Pleegitamata, pruunikas-kollase värvusega, on määratud tugevaks pakkimispaberiks, koti-, elektriisolatsiooni- jm. paberiteks; pleegitatu läheb trükipaberiteks, immutavaiks paberiteks, milledest valmistatakse pärgamenti ja fiibrit, filtreerimispaberiks jm.

Enamik massilisi paberisorte valmistatakse kasutades mehaanilist (kuuse) puumassi. Seda saadakse puidu hõõrumisel pöörleval silindrilisel liivakivil, vee juuresolekul. See materjal asub tähtsuselt kuusepuidu sulfittselluloosi järel teisel kohal. Mehaanilist puumassi tarvitatakse nagu tselluloosigi lehtedes 12% veesisaldusega, märjalt pakkides 70% veesisaldusega ja vedelal kujul 3—6% abs. kuiva kiu sisaldusega. See mass on selleks küllaldaselt tugev, et vähese (umbes $^1/_5$ osa) tselluloosi lisandiga moodustada paberilaida, mis valmistamisel kiirekäigulisel paberimasinal ei rebene. Puumassil on kollakas värvus, kuid ta on heledam kui pleegitamata sulfittselluloos. Teda tarvitatakse tselluloosiga segatult ajalehe-, trüki- ja paljude muude paberite valmistamiseks.

Peale valge puumassi tarvitatakse, olgugi vähemal määral, ka pruuni puumassi. Seda saadakse läbiaurutatud

puidust. Ta on valgest puumassist tugevam ja läheb vastupidava pakkimispaberi ja pruuni papi valmistamiseks.

Haava puumass paistab silma oma valevusega. Teda tarvitatakse kuuse puumassist märksa harvemini (peaasjalikult trüki-, kuivatus- ja mõnedeks teisteks paberiteks).

Peale puutselluloosi tarvitatakse ka rukki-, nisu- ja kaeraõlgedest leelisega katlas rõhu all keedetud õlgtselluloosi. Pärast pleegitamist on sellel väga valge värvus, kuid tema kiud on lühikesed. Teda tarvitatakse paremate trüki- ja kirjutuspaberite sortideks. Tugevuse tõstmiseks lisatakse talle kuni 50% pleegitatud kuusepuu sulfittselluloosi. Õlgtselluloosi valmistamisel on põhiliseks raskuseks küllaldase hulga kohedate õlgede muretsemine tehasesse. Eemuseks võrreldes puutselluloosiga on kõikjal leiduv ja iga aasta uuendatav tooraine. Kollase pakkimispaberi ja kollase papi valmistamiseks tarvitatakse õlgi nende loomulikul kujul. Neid keedetakse ainult kergelt auruga või lubjapiimaga.

Madalamasordiliste trükipaberite, pakkimispaberite, papi jm. valmistamiseks tarvitatakse edukalt makulatuuri. See on vana, kasutatud paber: vanad raamatud, ajalehed, täiskirjutatud vihikud, vanad kontoriraamatud, raudteepiletid, formulaarid, mitmesugused jäätmed jne. Välismaal, eriti USA-s kasutatakse vana paber väga täielikult korduvaks ümbertöötamiseks (kuni 40% kogu kiudainest). NSV Liidus on makulatuuri kogumine ja paberiks ümbertöötamine hakanud tugevasti arenema alles viimastel aastatel. Olenevalt kiudaine koostisest, trüki iseloomust, kirjast, mustusest ja värvusest, jaguneb sorditud ostumakulatuur, vastavalt kehtivale standardile, järgmisteks sortideks: S_1 — valge, kaltsudest ja tselluloosist, trükita, S_2 — valge, puumassiga, trükita, S_3 — valge, igasuguse koostisega, kerge trükiga, S_4 — valge, igasuguse koostisega,

tekstitrükiga, S_5 — värviline, S_6 — pakkimispaber, S_7 — hülsid.

Paberivabrikutes on tegemist veel nn. paberi ringpraagiga, s. o. rebenditega paberimasinalt, jäänuste ja rebenditega masinatelt, milledel viimistellakse (silutakse, lõigatakse) paberit, rebenenud ja muljutud poognatega vabriku sortimisosakonnast, „pakk-kambrist". Nimetatud praaki kasutatakse harilikult ära sama paberisordi valmistamiseks, millest ta on saadud.

Peale eelloeteldud kiudainete kasutatakse Prantsusmaal ja Inglismaal paberivalmistamiseks laialdaselt leeliskeedu ja pleegitamise abil aafrika rohust „espartost" saadud tselluloosi. See tselluloos on omadustelt lähedane õlgtselluloosile.

Sellised oleksid kõik need vähesed kiudained, mida tarvitatakse käesoleval ajal paberivalmistamiseks. Muide, paberit võib teha väga paljudest teistest, mõnikord kõige ootamatuist taimekiududest (näit. turbast, kartulipealsetest, mõningatest vetikaliikidest jm.).

Loetletud poolfabrikaatidest läheb kõige kallimaks linase ja puuvillase kaltsu-poolmassi valmistamine; edasi järgneb pleegitatud õlg- ja puutselluloos; pleegitamata sulfit- ja sulfaattselluloos on odavam. Kõige odavam kiudaine on valge puumass ja lõpuks makulatuur.

Peale taimekiudude tarvitatakse mõnedeks spetsiaalpaberiteks villa ja asbestkiudu.

Oma paberipraak ja makulatuur jahvatatakse harilikult kollerveskis enne massihollendrisse asetamist. Samuti jahvatatakse selles kuiv puumass ja mõnikord ka lehttselluloos. Eriti määrdunud ostumakulatuur puhastatakse kuivalt mustusest ja tolmust. Säärast puhastust teostatakse kas pöörlevates sõel-tolmueraldajates, ventilaatori abil kerge tolmu äraimemisega, või mitmevõllilistes drešerites.

Makulatuuri puhastamist igasugustest võõrainetest

(laastud, traat, klambrid, kivid, kirjalakk, kummi, kaltsud jne.) toimetatakse käsitsi sortimisel.

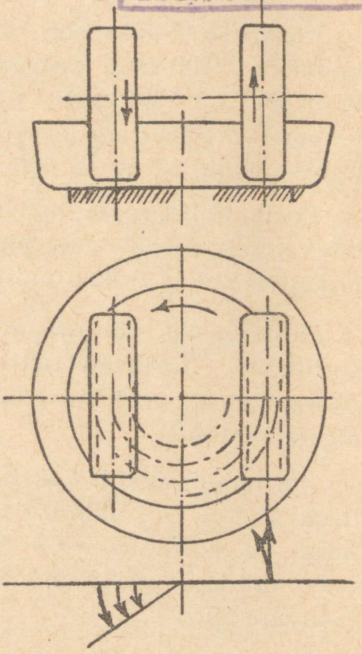
Ühtlasi eraldatakse koosolevad erisordid ärakäristamisega või lõikamisega, näiteks köide eraldatakse raamatu sisust, nahk ja riie köitmest, paksud köited rebitakse osadeks.

Trüki- ja kirjutuspaberi makulatuur keedetakse ettevalmistamiseks harilikkudes kuulikujulistes pöörlevates kateldes veega. Värvide ning rasvade seebistamiseks teostatakse keetmist mõnikord soodaga.

Makulatuuriga täitmiseks, keetmiseks ning tühjendamiseks on vaja kõigest 3 tundi.

Ex bibl. univ. Tart.

Trükivärviga kaetud makulatuuri keetmiseks vajatakse pikemat aega. Keedetud makulatuur antakse sageli otse massihollendrisse — peenendamiseta kollerveskis või praagiveskis. Keetmata makulatuuri jaoks on aga selline peenendamine tingimata nõutav.



Joon. 15. Kollerveski paberipraagi jahvatamiseks.

Kollerveski koosneb kolmest kivist (joon. 15): üks — liikumatu, harilikult graniidist — lamab malmanuma põhjal, kaks ülejäänut on liivakivist või laavast ning veerevad esimesel kivil ümber vertikaaltelje. Ole-

nevalt anumasse asetatud aine hulgast võivad liikuvad kivid alumisel kivil vähem või rohkem kerkida. Paberipraak söödetakse järk-järgult kollerveskisse. Siin niisutatakse teda veega kuni 75% niiskuseni. Jahvatamine kestab 1½—2 tundi. Peale selle lõppu avatakse anuma põhjas siiber ning jahvatatud praak lastakse vagonetti. Praak kraabitakse vanni ava juurde erilise kaabitsaga, mis pöörleb ühes kividega. Sääraseid kaabitsaid on kollerveskis kaks, nende põhiline otstarve on juhtida praak kivide alla. Jahvatamisel rulluvad kivid rõhuvad oma raskusega niiske praagi puruks ning telje ümber pööreldes hõõruvad praagi kivide vahel peeneks.

Keskmise suurusega kollerveskil on liikumatu kivi läbimõõt 2200 mm, paksus — 400 mm; pöörlevate kivide läbimõõt — 1800 mm, paksus — 550 mm. Tiirude arv ümber vertikaaltelje — 12 minutis. Jõutarvitus — 25 hobusejõudu, täide — 400—500 kg kiudainet.

Peale kollerveski tarvitatakse praagi ja makulatuuri ettevalmistamiseks veel pideva töötamisega seadmeid (nn. praagiveskid ja erilise ehitusega hollendrid).

Kollerveskis või praagiveskis jahvatatud makulatuur sorditakse. Sortimise sihiks on makulatuuri puhastamine võõrkehadest, eriti kui enne peenendamist ei teostatud esialgset sortimist.

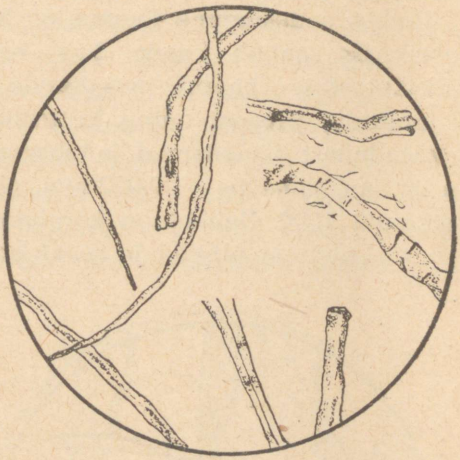
Sortimine sünnib kas lamedatel õõtsuvatel 10 mm aukudega sõeltel, või silindrilises pöörlevas sõeltrumlis. Jahvatatud ja sorditud 75% niiskusega makulatuur antakse vagonettidega või pneumaatilisel teel hollendritesse või tagavara-silosse.

Peatume nüüd veidi üksikasjalisemalt põhiliste paberikiudude ehitusel ja omadustel. See on vajalik, et selgesti mõista, mis toimub kiudainetega jah-

vatamisel, ning ette kujutada kiudude käitumist paberi moodustamisel.

Linakiudu saadakse linavarrest, milles põhilise puidukoe (linaluu) kõrval on abs. kuiva kaalu järgi 15—20% linakiudu. Lina leotatakse, et vabastada teda kleepivatest ainetest. Pärast kuivatamist lina lõugutatakse, ropsitakse ning soetakse linaluude eraldamiseks. Paberivabrikutesse saabub lina peaasjalikult vana kantud riide näol, s. o. kaltsudena.

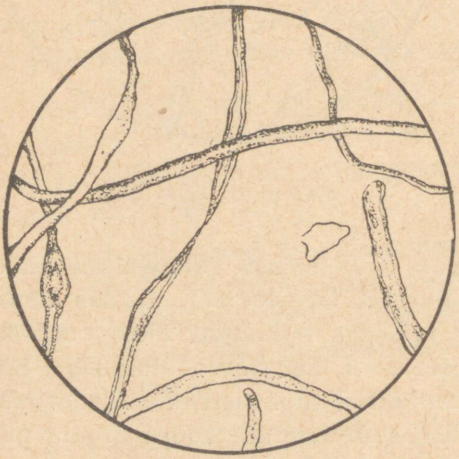
Linakiud (joon. 16), kui teda vaadelda läbi mikroskoobi, kujutab endast ümmarguse lõikega paksuseinalist ja kitsa kanaliga (⅓ kogu kiu laiusest) pikka, peenikest, teravaotsalist torukest. Kiul leiduvad iseloomulised nihked ja sõlmed on arvatavasti tekkinud esialgse mehaanilise ümbertöötamise tagajärjel. Paksude seinte tõttu on linakiud väga tugev, samuti kui temast valmistatud paber. Loomuliku linakiu pikkus on 30—40 mm, paksus umbes 0,02 mm, pikkuse suhe laiusega ligikaudu 2000; kuna kiu pikkus paberis on kõigest 2—3 mm, harva ulatudes 4 mm-ni, tuleb linakiudu jahvatamisel tugevasti lühendada. Vaadeldes linakiudu tugevasti suurendatult, võib märgata pikikriipse, sest paralleelselt kiu teljele asetuvad väga peened



Joon. 16. Lina kiud.

kiukesed, fibrillid. Kiu rebenemisel fibrillid annavad kiu otsadele narmastatud kuju. Eraldunud fibrille võib märgata ka mõnes kohas piki kiudu. Toores linakiud on halli värvusega. Keemilise koostise poolest on ta peaaegu puhas tselluloos, umbes 85% rakukoe (keemiliselt puhta tselluloosi) sisaldusega. Linakiu ümbertöötamise tõttu riide valmistamisel ning paberivabrikus rakukoe sisaldus pleegitatud kaltsu-poolmassis ulatub 95—98%. Kaltsu-poolmassist valmistatud paberid on sellepärast vastupidavad ilmastiku mõjudele ning pikaealised.

Umbes samasugune loomus on k a n e p i k i u l. Paberivabrikusse saabub kanep kas esialgse ümbertöötamise vabrikutest toorkanepi ja takkude näol või vanade köite ja nööride, present- ning kotiriide näol. Kanepikiud on linakiududest jämedamad ja lühemad. Kiu keskmine pikkus on 20 mm, jämedus — 0,022 mm, pikkuse suhe jämedusega ligikaudu 1000. Seinad on kalgimad ja nõrgemad, neil on samuti kui linal nihked ja põiktriibud. Fibrillid on asetatud piki kiudu. Kiudude otsad on tömbimad kui linal, mõnikord haralised. Paberivabrikutes võetakse kanepikiud põhjalikule mehaanilisele ja keemilisele ümbertöötamisele. Kohasel jahvatamisel saadakse temast väga tugevaid ja püsivaid pabereid.



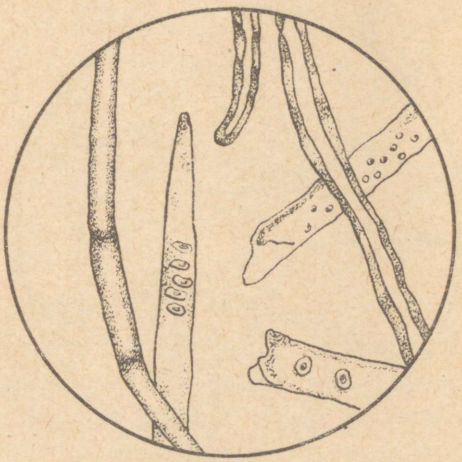
J o o n. 17. Puuvilla kiud.

Puuvillakiul (joon. 17) on umbes samasu-

gune pikkus kui linakiul, kuid ta on veidi jämedam. Pikkus ulatub kuni 50 mm, laius 0,012—0,040 mm; pikkuse suhe laiusega on ligikaudu 1500. Kiu üks ots on terav, teine, millega ta on seemne külge kasvanud, on harilikult käristatud. Kiu seinad on õhukesed, kanal lai (⅔ kogu kiu laiusest). Põiklõige on lame, mistõttu kiul on linditaoline kuju.

Mikroskoobiga vaadeldes on näha kiu paindekohad, mida ei ole lina ja teistel kiududel. Puuvillakiu seinad koosnevad kiutelje suhtes umbes 45° nurga all spiraalselt asetatud fibrillidest. Sellepärast ei ole tema pinnal üksikuid eraldunud kiukesi (nagu linal) ja rebenemisel on otsad siledad. Toores puuvillakiud on valge värvusega ja erineb suure (umbes 95%) rakukoe sisaldusega ning tugevusega, vaatamata õhukestele seintele. Paberivabrikutesse tuuakse puuvillakiud peaasjalikult vanade, kantud, sageli kunstlikkude värvidega tugevasti värvitud kaltsude näol. Mõnel juhul ta saabub puuvilla mehaanilise ümbertöötamise jäätmetena peenikese toore kiu näol (nn. linter ja delint).

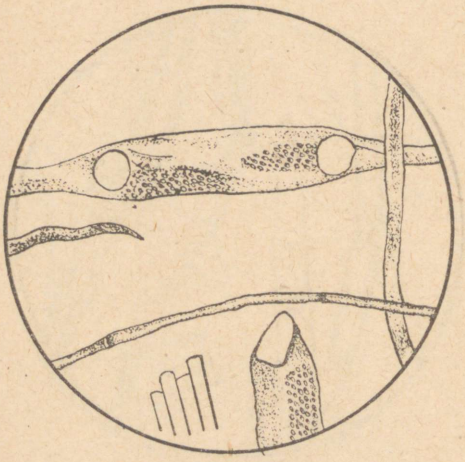
Kuuse- ning männipuidust sulfit- ja sulfaattselluloosi kiud (joon. 18) on lina ja puuvilla kiududest märksa lühemad. Nende pikkus harva küünib üle 3—4 mm, laius ületab umbes kahekordselt kaltsukiu-



Joon. 18. Puutselluloosi kiud.

dude laiuse, kõikudes 0,03—0,07 mm (keskmiselt 0,05 mm). Kevadel puus tekkinud kiud on lühemad ja laiemad, ümardatud otstega, õhukeste seintega ning laia kanaliga, puuvillale sarnanevalt lindikujulised. Suvised kiud on pikemad ja peenemad, seinad on neil paksemad, kanal kitsam ja otsad teravad. Nende põiklõige on ümmargune. Pikkuse ja laiuse suhe on kevadistel kiududel 70—90, suvistel 90—120. Okaspuidus on suviseid kiude 15—30%, kevadisi 70—85%. Puidukiudude väliskihis on fibrillid asetatud kiu teljele risti, sisekihis paralleelselt teljele.

Tselluloosikiu keemiline puhtus oleneb läbikeetmise astmest ja pleegitamisest. Rakukudet on temas märksa vähem (umbes 82—85%) kui kaltsu-poolmassi kiududes. Tselluloosikiust valmistatud paber on sellepärast vähem püsiv ja paneb ilmastiku mõjudele halvemini vastu kui kaltsupaber. Tselluloosipaber on kaltsupaberist nõrgem, rebeneb ja murdub kergemini.

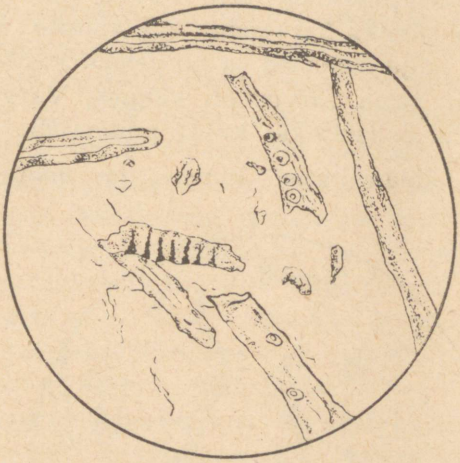


Joon. 19. Lehtpuutselluloosi kiud.

Lehtpuutselluloosi kiud (joon. 19) on okaspuu kiududest märksa lühemad. Jämeduselt on nad kaltsukiududega võrdsed. Lehtpuuliikidest tarvitatakse paberitootmiseks kõige sagedamini haaba. Tema kiudude pikkus on 1—1½ mm ja laius ligikaudu 0,03 mm; pikkuse

suhe laiusega on 35. Põiklõige on ümmargune, kanal kitsas, seinad paksud. Lehtpuutselluloosi kiud ei ole tugeva paberi moodustamiseks küllalt pikad, sellepärast tarvitatakse neid harilikult segatult teiste, pikemate kiududega (näit. okaspuu-tselluloosiga). Peale pikkade ja peente kiudude on lehtpuuliikides veel laiad, lühikesed ja õhukeseseinalised, mitmesuguse kujuga ja mitmekesiste pooridega nn. mahlatorukesed. Nende torukeste järgi võib mikroskoobis üht lehtpuuliiki eraldada teisest. Keemilise puhtuse poolest lehtpuutselluloosi kiud ei erine palju okaspuutselluloosi kiududest.

Kuusepuidust vee juuresolekul kivil hõõrumise tagajärjel saadud valge puumassi kiududel (joon. 20) on teine iseloom kui keemilisel teel valmistatud tselluloosikiududel. Puidu keemilisel ümbertöötamisel lahustuvad kiude üksteisega liitvad inkrustid, kiud eralduvad tervetena; mehaanilisel hõõrumisel kivi teravad osakesed rebivad kiu puidu küljest. Saadakse jämedaid kiudude kimbukesi, terveid ning purukspigistatud kiude, sasitud otsadega osaliselt purustatud ning osadeks lõigatud kiude ja vormitut puru (kiudude rebendeid ja lima). Jäme kiud sorditakse välja ning töödeldakse eraldi. Järelejäänud puumass koos-

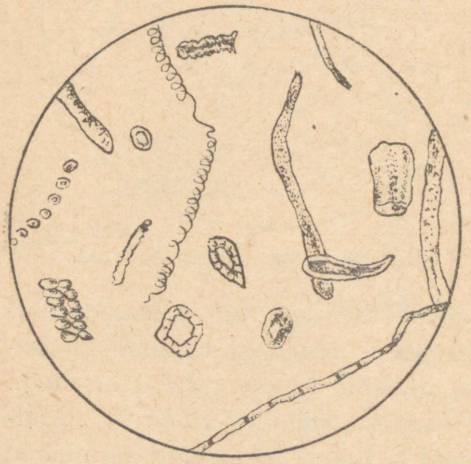


Joon. 20. Valge puumassi kiud.

neb umbes 20—25% pikast kiust ja 30—50% peenainest, ülejääk on keskmine kiud. Harilikult paberimoodustamise protsessis lisatakse mehaanilisele puumassile tugevamat kuusepuidu sulfittselluloosi kiudu. See ühes puumassi pikkade ja keskmiste kiududega moodustab just kui võrgu, mille vahed täituvad peenainega. Keemilise koostise poolest valge puumass palju ei erine kuusepuidust: temas on samuti 45—50% rakukudet, ülejäänud osa on peaaegu tervikuna inkrustid. Suure puumassi sisaldusega paber on väga ebapüsiv. Valguse käes ta juba mõne päeva pärast koltub ja sellejärel laguneb.

Lehtpuu-liike, eriti haaba, tarvitatakse mehaaniliseks puumassiks harvemini kui kuuske. Haava puumassi kiud on palju lühemad ja nõrgemad kuuse puumassi kiududest, kuid tema värvus on valgem. Värvuse tõttu teda mõnel juhul eelistatakse kuuse puumassile.

Läbiaurutatud kuuse- ja männipuidust valmistatud pruuni puumassi kiud tuletavad oma iseloomult meelde tselluloosi kiudu. Neid tarvitatakse tugeva pakkimispaberi ja papi valmistamiseks.



Joon. 21. Õle kiud.

Kõrsviljade — rukki, nisu, kaera jm. õlgede kiud (joon. 21) on oma mõõdetelt lähedased haavapuidu kiududele: pikkus 0,5—2,0 mm, laius 0,010—0,020 mm (nad on

peenemad ja pikemad haava kiududest). Pikkuse suunas on kiududel jämedamaid kohti. Kiudude põiklõige on ümmargune, kanal kitsas, seinad paksud, otsad teravad. Peale selliste kiudude on õles palju muid osiseid: rõngas- ja spiraalsed torukesed, mitmesuguse kujuga õhukeseseinalised rakud ja lõpuks mitmekesised saetaolised soomused, millede järgi eraldatakse kõrsviljade kiude üksteisest. Nimetatud rakud ja torukesed, täites paberi moodustamisel kiudude vahed, raskendavad vee eemaldamist. Nagu juba öeldud, töödeldakse õlgtselluloos paberiks pikema ja tugevama, harilikult pleegitatud sulfittselluloosi kiuga segatult.

Hollendritesse asetatavate mitmesuguste kiudainete kaaluhulkade suhet nimetatakse paberi koostiseks. Näiteks eraldatakse kultuursordid — kirjutus- ja trükipaberid — numbritega. Kirjutus- ja trükipaberid nr. 0 koosnevad 25% kaltsukiust ja 75% pleegitatud tselluloosist; paberid nr. 1 koosnevad 100% pleegitatud tselluloosist; nr. 2 — 50% pleegitatud tselluloosist ja 50% puumassist; nr. 3 — 35% pleegitamata tselluloosist ja 65% puumassist; ajalehepaber — 25% pleegitamata tselluloosist ja 75% puumassist. Paremas joonestuspaberis on 75% kaltsukiudu ja 25% tselluloosi. Rahapaberis — 100% lina- ja puuvillakiudu. Kõige õhemas kondensaatoripaberis — 100% linakiudu või 100% sulfaattselluloosi. Suitsupaberis — 50% linakiudu ja 50% pleegitatud tselluloosi. Kuivatuspaberis — 70% puuvillakiudu ja 30% haava puumassi. Filtreerimispaberis — 100% puuvillakiudu. Elektriisolatsioon-kaablipaberites — 100% sulfaattselluloosi.

Edaspidisel kirjeldamisel me näeme, et mitmesuguste paberite selline koostis ei ole juhuslik, vaid on esmajoones tingitud nõudeist, mida esitatakse paberile. Omadustelt sobib puuvillakiud kõige paremini paberiteks, milledelt nõutakse head imemise või vedeliku läbilaskmise võimet, näit. tinti imavaks kuivatuspaberiks ja vedelikku ruttu

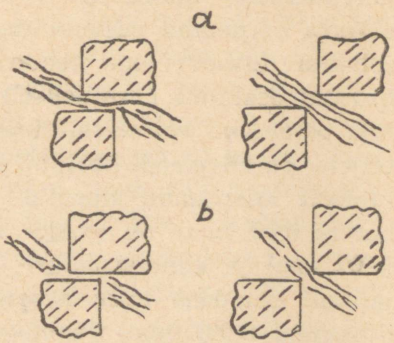
läbilaskvaks filtreerimispaberiks. Linakiud sobib juhul, kui paber peab olema tugev, nagu näiteks rahapaber, suitsu-, kondensaatori- jm. paberid. Puumass on lubatud paberites, millede kestvuse kohta ei esitata erilisi nõudeid. Ajalehepaber näiteks võib säilida ainult mõned päevad, sellepärast pannakse temasse suurim hulk puumassi: 75% meil ja kuni 90% välismaal. Vastupidi, paberid nr. 1 ja nr. 0 peavad kolletamatult pikemat aega alal hoiduma, seetõttu ei lubata neisse isegi puumassi jälgi. Paberid nr. 2 ja 3 on vahepealsed: kirjutuspaberist nr. 2 valmistatakse eriti õpilasvihikud, trükipaber nr. 2 läheb ajakirjadeks ja massilisteks väljaanneteks, trükipaber nr. 3 mitmesugusteks brošüürideks. Pleegitatud tselluloosi tarvitatakse juhtudel, kui on tähtis paberi valge värvus, pleegitamata — kui värvus ei ole oluline. Pleegitamata sulfittselluloosi ei sobi segada pleegitatuga, selle tagajärjel halveneb tunduvalt paberi värvus; paberi hinna vähendamiseks on õigem pleegitatud tselluloosile juurde lisada mehaanilist puumassi (nimelt seda ongi tehtud kirjutus- ja trükipaberis nr. 2).

Massi jahvatamine.

Massi jahvatamist teostatakse hollendrites trumli ja alusliistu nugade vahel. Jahvatamisel kiud katkevad, nad lõigatakse läbi, pigistatakse puruks ja lõhastatatakse fibrillideks. Katkemine ja lõikamine („sõre" jahvatus) toimub trumli ja alusliistu nugade äärte vahel (joon. 22 b), purustamine ja lõhastamine („rasvane" jahvatus) toimub nugade pealispindade vahel (joon. 22 a). Nugade esimesena nimetatud tegevus ainult lühendab kiudude pikkust, teine muudab nende loomust sügavamalt. Jahvatamisel imavad taimekiud vett ja paisuvad seda enam, mida rohkem nad on muljutud ning fibrillideks jagunenud.

Vees paisudes suureneb kiu laius 20—30%, pikkus väheneb veidi. Kiud muutuvad pehmeks ja plastiliseks, muudavad kergesti oma kuju ning asetust ja seetõttu moodustavad üksteisega hästi läbi põimudes tugeva tiheda paberi.

Sõre jahvatis annab paberimasina sõelal koheda, vett kergesti läbilaskva ning veest kergesti vabaneva paberi; rasvase jahvatise puhul saadakse fibrillide ja lima tõttu tihe ja sile, hästi vildistunud kiududega tugev paber. Paberimasina sõelal laseb see vett halvasti läbi ja raskelt vabaneb veest. Olenevalt kiu pikkusest võib jahvatis olla pikk või lühike. Sellepärast võib eritleda nelja põhilist jahvatise liiki: sõre — pikk ja lühike, rasvane — pikk ja lühike. Lühike kiud jaotub ühtlaselt paberimasina sõelal, annab tasase, hea „läbipaistega", kuid mitteküllaldase tugevusega paberi. Pikk kiud jaotub sõelal halvemini, annab ebatasase pinna ja „pilvise läbipaistega", kuid selle eest tugeva paberi. Muidugi ei ole üheski paberimassis ainult lühikesed või ainult pikad kiud. Kiud on olemas mitmesuguses pikkuses; rääkides lühikesest või pikast massist, peame silmas antud massi keskmist kiupikkust.



Joon. 22. Trumli ja alusliistu nugade asetus rasvasel (a) ja sõredal (b) jahvatamisel.

Peale nimetatud nelja jahvatise põhitüübi on olemas suur hulk vahepealseid jahvatise liike. Harilikult on sõredas massis tunduva hulga jahvatamisel puudutamata kiudude kõrval veidi fibrille ja lima; rasvases leidub fibrillide ja lima hulgas ka terveid kiude. Peale selle leidub rasva-

ses paberimassis lõhastatud otsadega kiude ning kiu pinnalt eraldunud fibrillide ja lima tükikestega, jahvatamisel osaliselt puudutatud kiude.

Taimekiud, milledest valmistatakse paberit, ei käitu jahvatamisel ühtlaselt. Lina- ja kanepikiud annavad märksa kergemini rasvase massi kui puuvillakiud. See on seletatav erinevustega nende ehituses. Linal ja kanepil on fibrillid asetatud paralleelselt teljele piki kiudu, puuvillal nad põimuvad spiraalselt ümber kiu. On loomulik, et kiu teljele paralleelsed fibrillid kergemini eralduvad kui spiraalselt keerdunud fibrillid. Linakiud (läbimõõduga ligikaudu 0,02 mm) on parim materjal õhukesteks suitsu- (0,02 mm) ja kondensaatori- (0,01 mm) paberiteks. Peaasjalikult omaduse tõttu kergesti fibrillideks (läbimõõduga ligikaudu 0,001 mm) jaguneda, saadakse hästi läbipõimunud fibrillidest moodustatud tihe ja tugev paber.

Täpselt samuti on kanep parim rahapaberi kiud, sest peale oma loomuliku tugevuse ja keemilise puhtuse on temal omadus anda paberimasina sõelal tugevaks, tihedaks paberiks põimuvaid fibrille. Vastuoksa sobib puuvill kõige enam kuivatus- ja filtreerimispaberiteks peaasjalikult paberikiudude vahesid täitvate fibrillide vähese moodustamisvõime tõttu. Need osakesed takistavad tindi imbumist kuivatuspaberisse ja pooride täitumist tindiga, samuti takistavad nad vedeliku tungimist läbi filtreerimispaberi pooride.

Nagu eespool tähendatud, asuvad okaspuutselluloosi kiududes fibrillid kahes kihis: väliskihis keerduvad nad kiu ümber peaaegu perpendikulaarselt teljele, sisekihis asuvad teljega paralleelselt. Sellepärast ei anna okaspuukiud rasvasel jahvatamisel fibrille, vaid lagunevad limatükikesteks. Terveks jäänud kiudude pinnad ja otsad limastuvad. Masina sõelal läbi põimudes nad haakuvad konarlustega üksteise külge, limatükikesed täidavad kiudude vahed, ja

nii saadakse paberimasina sõelal ja kuivatamisosal vett halvasti äraandev paber. Kuivamisel lima liidab kiud; saadud paber, nn. asepärgament (pleegitamata sulfittselluloosist) ja pärgamiin (pleegitatud sulfittselluloosist) erineb teistest oma läbipaistvuse ja tiheduse poolest. See paber ei lase vett ning rasva läbi, teda tarvitatakse sellepärast laialdaselt rasvasaaduste pakkimiseks. Pärgamiin on ülihea materjal joonestuste kopeerpaberiks (pauspaberiks).

Lehtpuutselluloosi harilikult ei jahvatata, sest tema kiud on selletagi väikesed ja ei anna küllalt tugevat paberit. Paberi moodustamisel on need kiud „täiteaineks". Nad täidavad vahed pikemate ja tugevamate okaspuutselluloosi kiudude vahel, või harvemini, kaltsukiudude vahel.

Õlgtselluloosi kiude jahvatatakse kaunis tugevasti, kuid ei hakita, sest nad on niigi lühikesed. Õlgtselluloos, kiudude vahesid täitvate rohkearvuliste rakkude ja torukeste tõttu annab rasvase massi; teda kasutatakse pikema ja tugevama kiuga segatult.

Samuti kui lehtpuutselluloosi, ei jahvatata hollendrites ka puumassi; teda valmistatakse vajalise jahvatamisastmeni ette defibrööril ja loetakse valminuks pärast pindude ja jämedate kiudude eraldamist sortijal.

Massihollender sarnaneb poolmassi-hollendrile. Nende konstruktsiooni erinevused on tingitud neile esitatavatest erinevatest nõuetest. Poolmassi-hollendrit kasutatakse kaltsude läbipesemiseks ja poolmassini peenendamiseks. Kaltsude pesemine ei nõua paksu täidet; vastuoksa, vedela täitega on läbipesemise tulemus parem kui paksu täitega. Samuti teostatakse poolmassi jahvatamist edukalt vedela täitega. Paks täide võib olla koguni kahjulik, sest nagu edaspidi näeme, ta soodustab kiudude lõhastumist fibrillideks, mis aga poolmassis on lubamatu. Harilik abs. kuivaine kontsentratsioon poolmassi-hollendris on ligikaudu 4%, mõnikord isegi väiksem. Selle kont-

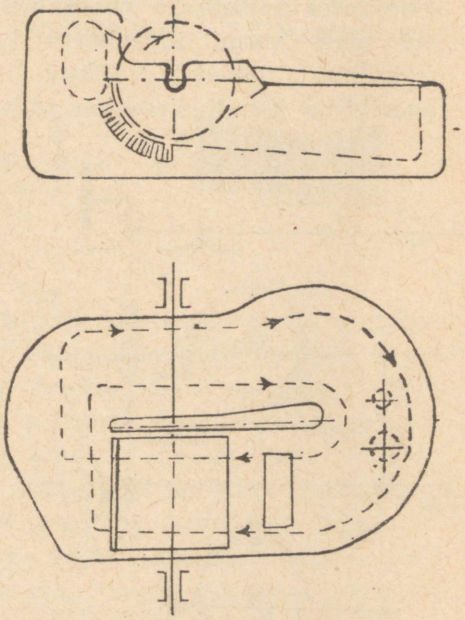
sentratsiooni juures liigub poolmass kergesti hollendri vannis. Vanni konstruktsioonile ja poolmassi-hollendri mehhanismile sellepärast erilisi nõudeid ei esitata.

Massihollendri töö on märksa keerulisem ja mitmekesisem. Vana kõnekäänd „paber valmistatakse hollendris" on paljudel juhtudel õige ka meie päevil. Väga paljude paberite väärtusele on hollendri jahvatamisel otsustav tähtsus. Siia kuuluvad esijärjekorras kõrge kvaliteediga kaltsupaberid (nendega me oleme juba osaliselt tutvunud) ja tehnilised spetsiaalpaberid, näiteks sulfaatselluloosist valmistatud isoleerivad kaabli-, telefoni- ja kondensaatoripaberid; 100% sulfittselluloosist pärgamiin ja asepärgament; 100% pleegitatud sulfittselluloosist fotopaber ja paljud teised. Ainult väga väheseid paberi massilisi sorte valmistatakse praegu hollendrite abita (näit. ajalehe-, trüki- nr. 3, kotijõupaber). Nendeks paberiteks ei valmistata kiudu ette hollendrites, vaid pidevalt töötavates koonusveskites. Nendega meie tutvume edaspidi.

Massihollendrites valmistatakse väga piiratud arvust kiudainetest kõige mitmekesisemate paberite jaoks paberimassi. Sellejuures kiud harilikult peavad olema märksa peenemad kui kaltsupoolmassi valmistamisel; väga sagedasti kiud lõhastatakse tugevasti fibrillideks. Kõik see esitab massihollendri konstruktsioonile palju suuremaid nõudeid kui poolmassi-hollendrile. 6—8% abs. kuiva aine kontsentratsiooniga tiheda paberimassi kiire edasiliikumise ja hea läbisegamise soodustamiseks peab hollendri vann olema täiuslikuma kujuga. Valjud nõuded esitatakse ka künka konstruktsioonile. Hollendri trumli allalaskmine liistule peab olema täpsem ning võimaldama peenreguleerimist jms.

Kirjeldame näitena moodsat Rochali-nimelise tehase massihollendrit PMB5 (joon. 23). Hollendri mahutavus on 5 m^3. Nugade trumli läbimõõt 1300 mm, laius 1300 mm;

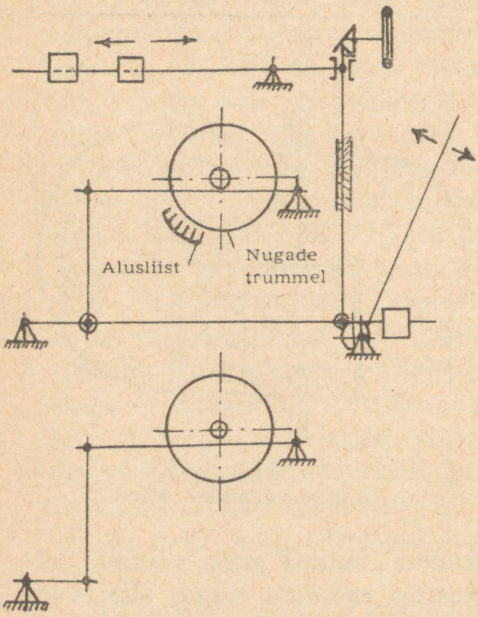
sellel on 90 tk. 7 mm paksust nuga ja ta teeb 155 tiiru minutis. Alusliistul on 40 tk. 4 mm paksust nuga. Kiudainetäide hollendrisse 7% kontsentratsiooni juures võrdub 350 kg, jõutarvitus ligikaudu 65 h.-j. Hollendri vannil on lühendatud tagumine osa viltuse välisseinaga. Esisein on kujundatud raadiusega, mis on suurem kui vanni pool laiust. See võimaldab hollendri tagasiviiva kanali välisseina sujuvalt painutada. Kesksein jaotab hollendri kaheks, laiuselt mittevõrdseks kanaliks; laiem, milles asuvad hollendri trummel ja alusliist, on töötav kanal, kitsam on tagasiviiv kanal. Keskseina esiots on ümardatud ja käänatud paralleelselt kitsama kanali välisseina poole. See on tehtud massi paremaks läbisegamiseks ja sujuvamaks pööramiseks üleminekul tagasiviivast kanalist töökanalisse. Küngas asub hollendri trumli lähedal, mille tõttu ei teki siin paljudele teistele hollendri konstruktsioonidele omast „surnud ruumi", milles mass peatub. Sellel otstarbel ei ole lai alusliist asetatud trumli alla, vaid künkale. Viimane on veidi kõrgem hollendri trumli teljest, võimaldades vanni tagasiviivale kanalile anda suure-



Joon. 23. Rochali-nimelise tehase massi-hollender PMB.

mat põhjakallakust, kergendades ja kiirendades sellega paksu massi edasiliikumist hollendris. Põiklõikes on vanni kanalite põhi tugevasti ümardatud, see kaotab massi peatumise nurkades (vanade hollendrite harilik pahe).

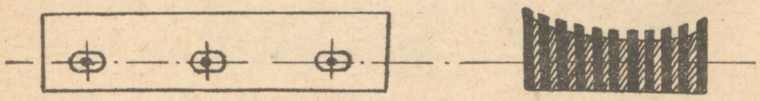
Lõpuks, selle konstruktsiooniga hollendrid segavad massi ülihästi läbi. Saavutatakse seda sellega, et trumli tiirlemisega üle künka visatud mass põrkab tagasi hollendri trumlit katva betoonkummi viltuselt tagaseinalt. Sellejuures paisatakse keskseina lähedal trumli poole liikuv mass vanni tagasiviiva kanali välisseina juurde, välisseina lähedal liikuv mass aga paisatakse tagasiviiva kanali siseseina juurde. Endistes hollendrites selline põiksegamine puudus ja keskseina lähedal liikuv mass (lühemat teed kaudu) sattus sagedamini trumli alla ning teda jahvatati rohkem kui välisseina ääres pikemat teed kaudu liikuvat massi, mille tõttu saadi ebaühtlane jahvatis. Hollendris PMB on trumli ette paigutatud kallakvahesein, mis takistab trumli esiosa kattumist massiga. Praktika näitab, et see lihtne seade vähendab jahvatamiseks vajalist energiakulu 15—20%, trumlinugade vähe-



Joon. 24. PMB hollendri kaaluseade trumli allalaskmise reguleerimiseks.

ma hõõrumise tõttu massi vastu. Hollender on varustatud nn. kaaluseadmega (joon. 24), mis võimaldab kangile asetatud raskuse lihtsa edasiliigutamisega tõsta nugadetrumlit, reguleerides sellega trumlinugade survet alusliistu nugadele.

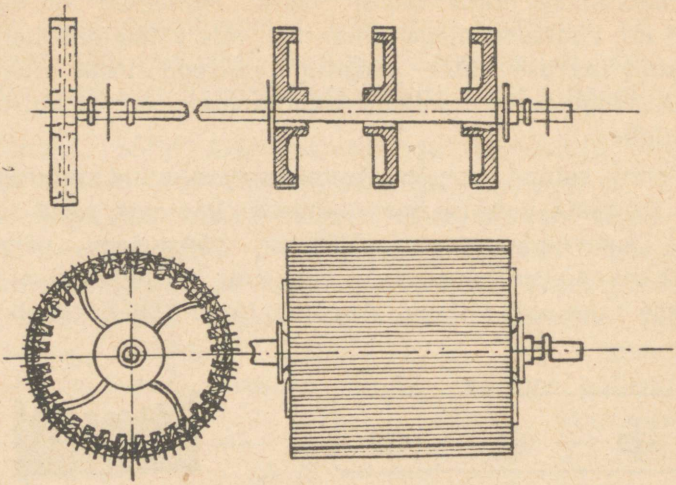
Vanni seinad ja põhi valmistatakse nüüd raudbetoonist. Suurema puhtuse saavutamiseks kaetakse need seestpoolt kahvelplaatidega. Vähema väärtusega paberite puhul pinnad silutakse, s. o. tsemendi juurdelisamisel hõõrutakse raua abil läikeni. Alusliist (joon. 25) koosneb pol-



Joon. 25. Hollendri alusliist.

tidega kokkutõmmatud nugade ja nende vahele asetatud puitliistude kimbust. Liist asetatakse malmkarpi, mis on müüritud hollendri põhja, künka jalale, või nagu PMB hollendris, künkale. Nugade trumli konstruktsioon selgub joonisest 26. Ta koosneb kolmest malmkettast, millede välispinnal on sisselõiked. Kettad on asetatud terasvõllile. Väljalõigetesse asetatakse noad ja kiilutakse puitkiiludega kinni. Peale selle on trumli mõlemal küljel noad kinnitatud kahe raudvitsaga; need aetakse kuumalt nugade ja malmketaste väljalõigetesse; jahtudes seovad vitsad noad üksteisega ja ketastega kõvasti kokku. Trumli küljed on kaetud vasklehtedega, millede külge kruvitakse kaks nelinurkse lõikega painutatud latti. Need eemaldavad trumli külgede ja vanni seinte vahele sattuva massi.

Trumli- ja liistunoad valmistatakse terasest, paremate paberisortide tootmisel pronksist. Liistunugade paksus on



Joon. 26. Hollendri nugade'rummel.

3—4 mm, trumlinugadel 6—8 ja 10 mm (olenevalt trumli mõõdetest). Varemalt tehti nugadele lõikeäärad, mis vähendasid noa töötava pinna laiuse 2—3 mm-ni.

Massihollendrid valmistatakse nüüd mahutavusega 5, 6 ja 8 m^3, isegi 12—16 m^3; vanades vabrikutes leidub veel hollendreid mahutavusega 2—3 m^3.

Nagu juba teame, toimub jahvatamise protsess hollendri trumli- ja liistunugade vahel. Iseloomustavaks sõredale jahvatamisele on lõikav toime noa äärte vahel, rasvasele — muljumine ja hõõrumine nugade pealispindade vahel.

Hollendri lõikavat toimet iseloomustatakse „lõigete pikkusega sekundis" ehk lühendatult „meeterlõigetega". Iga pöördega üks hollendri trumlinuga, möödudes r_l (nugade arv liistul) liistunoast, sooritab r_l lõiget; r_t (nugade arv trumlil) trumlinuge seega r_t korda rohkem, s. o. $r_l \times r_t$ lõiget. Kui trummel teeb n pööret minutis, siis

lõigete arv sekundis võrdub $\frac{r_l \times r_t \times n}{60}$ See arv ei iseloomusta hollendri lõikevõimet küllaldaselt, mis oleneb ka nugade pikkusest: mida pikem nuga, seda enam kiude temale mahub. Sellepärast lõplik avaldis saadakse lõigete arvu korrutamisel nugade pikkusega l meetrites. Seega on lõigete pikkus sekundis ehk meetrilõiked $L = \frac{r_l \times r_t \times n \times l}{60}$ 1.

Hollendri purukslitsuva ja fibrilleeriva, ehk nagu vahel valesti öeldakse „hüdrateeriva" võime Q iseloomustamiseks on sellesse avaldisse vajalik võtta trumli- ja liistunugade paksus S_t ja S_l, mis määravad nugade pinna.

Saame avaldise $Q = \frac{l \times r_t \times S_t \times r_l \times S_l \times n}{60}$ 2.

Meie poolt eespool läbiarutatud 5 m³ mahutavusega hollendril PMB5 on: $l = 1{,}3$ m, $r_t = 90$, $r_l = 40$, $n = 155$, $S_t = 0{,}7$ sm, $S_l = 0{,}4$ sm.

Meeterlõiked $L' = \frac{1.3 \times 90 \times 40 \times 155}{60} = 12090.$

Hüdrateeriv võime $Q' = \frac{1{,}3 \times 90 \times 0{,}7 \times 40 \times 155}{60} = 3392.$

Koostades samasugused avaldised (L'' ja Q'') mõne teise hollendri kohta ja neid ülalsaadutega võrreldes, võib otsustada kahe hollendri suhtelise produktiivsuse üle. Võrreldes hollendri PMB5 hüdrateeriva võime Q' suhet meeterlõigetega $L' - \frac{Q'}{L'} = 0{,}28$ teise hollendri sama suhtega (Q'' : L''), võib otsustada, kumb kahest hollendrist on kõlblikum rasvaseks ja kumb sõredaks massi jahvatamiseks. Kui Q'' : L'' on suurem kui Q' : L', võrdudes näiteks 0,40, on teine hollender rasvaseks jahvatamiseks kõlblikum kui esimene jne.

Järgmine tähtis mõiste, millega meil on vajalik tutvuda, on nn. jahvatamise pind F ja jahvatamise surve P. Me teame, et trumlinoad ja liistunoad ei ole üksteise suh-

tes paralleelsed, vaid on paigutatud väikese 1½—2° nurga all. Niisugune paigutus tehakse selleks, et nugade lõikav tegevus toimuks ühtlaselt, nagu käärides, ja et trumli allalaskmisel tema noad ei satuks liistunugade vahedesse. Seega trumlinoad lõikuvad liistunugade teatud nurga α all. Üksteise vastu puutuvad nad diagonaalseid pindu mööda. Nende pindade summa moodustabki nn. jahvatamise pinna. Ta väljendatakse järgmise valemiga:

$$F=\frac{S_l \times l \times r_l \times S_t \times \cos\alpha}{t} \qquad 3.$$

milles t on nn. trumlinugade samm, s. o. kahe naabernoa ühepoolsete äärte vahekaugus. Jahvatamise pinna valemit võib kas välja tuua analüütilisel teel, või saada geomeetriliselt (liistu teatud mastaabis välja joonistades ja temale trumlinuge projekteerides). Toome selle valemi välja lihtsustatud meetodiga, väikese arutluse kaasabil. Kui trumlil oleks ühtlane silindriline pind ilma nugadeta, siis allalaskmisel ta puutuks kokku liistu pinnaga, mis võrdub liistunugade pinnale, s. o. $l \times Sl \times r_l$ kuid et trumli pind ei ole pidev, vaid katkendlik, koosnedes nugade pindadest ja nendevahelistest tühjadest kohtadest, on tegelik kokkupuutumispind ülalarvestatust väiksem. Silmanähtavalt on ta nii mitu korda väiksem, kui mitu korda katkendlik pind on väiksem pidevast pinnast, s. o. $S_t : t$ korda; t on trumli nugade samm ja S_t — noa paksus. Järelikult:

$$F=\frac{l \times Sl \times r_l \times S_t}{t} \qquad 3^1.$$

See valem on välja toodud eeldusel, et trumli- ja liistunoad on paralleelsed. Tegelikult on nende vahel väike nurk α. Viies valemisse 3^1 vastava täpsustamise $\cos\alpha$ näol, saame avaldise 3, mis arvuliselt väga vähe erineb meie lihtsustatud valemist. Jahvatamise pind arves-

tatakse sm^2, hollendril PMB5 sammu t = 4,5 sm juures ta võrdub: $F = \frac{0,4 \times 130 \times 40 \times 0,7}{4,5} = 320\ sm^2$.

Suurim jahvatamise surve võrdub hollendri trumli raskusele, jagatud jahvatamise pinnaga. Teda väljendatakse kg/sm^2. Trumli kaalu juures 3770 kg on jahvatamise suurim surve hollendris PMB5 võrdne $P = \frac{3770}{320} = 12\ kg/sm^2$.

Praktiliselt on surve palju väiksem. Samas hollendris PMB5 ta muutub trumlit tasakaalustava kaaluseadme tõttu, olenevalt raskuse asukohast, 0-st kuni 7 kg/sm^2. Kõige sagedamini töötatakse nõrga kiu puhul survega 1—2 kg/sm^2, tugeva kiu puhul survega 3—7 kg/sm^2.

Kiu hakkimist sõredaks jahvatiseks teostatakse väikese trumli ja alusliistu nugade vahelise kaugusega (0,1 mm) ja suure survega, kammimine rasvaseks jahvatiseks toimub tõstetud hollendri trumliga (0,5—1,0 mm) ja vähese survega.

Jahvatamisele mõjub samuti massi kontsentratsioon hollendris. Paks kontsentratsioon 7—8% abs. kuivainega on rasvasele jahvatamisele vastavam; sellejuures on trumli- ja liistunugade vahel rohkem kiude kui vedelal täitmisel, hollendri trumli raskus jaotub suurele arvule kiududele ja surve igale üksikule kiule on vähem kui vedela täite puhul. Vähene, 4—5% kontsentratsioon on sõredaks jahvatamiseks parem. Kui näiteks 5 m^3 mahutavusega hollendrisse harilikult täidetakse 350 kg abs. kuiva kiudu ja see hulk vastab 7% kontsentratsioonile, on parem hea kuivatus- või filtreerimispaberi valmistamisel jätta hollender ⅓ võrra täitmata, s. t. asetada temasse umbes 250 kg kiudu. Kontsentratsioon on siis 5%. Et sõredaks jahvatamiseks on vaja vähe aega (ainult 1,5—2 tundi), ei ole karta hollendrite osakonna tootmisvõime vähenemist alakoormatuse tõttu.

Tähtis on samuti trumli- ja alusliistunugade paksus. Eelnevast on selge, et õhukesed ja lõikeäärega varustatud noad on kõlblikumad sõredaks jahvatamiseks, laiad lõikeääreta noad aga rasvaseks jahvatamiseks. Asepärgamendi ja pärgamiini jaoks tarvitatakse sageli poorsest laavast laie kivinuge.

Massi jahvatamiseks hollendris kulub palju energiat. Energia kulub mitte ainult otseseks jahvatamise protsessiks, s. o. kiudude rebestamiseks, lõikamiseks, muljumiseks ning lõhastamiseks, vaid ka takistuste ületamiseks massi liikumisel hollendris ja trumli pöörlemisel massis. Esimene, kasulik energia kulu, on seda suurem, mida raskemini kiud on jahvatatavad ja mida suuremat survet tuleb sellejuures tarvitada. Teine osa energia kulust, mis on seotud massi liikumisega hollendris, on antud hollendri jaoks muutumatu. Sellepärast hollendri kasutegur, s. o. energia kasuliku kulu suhe kogu kulule on tugeva kiu jahvatamisel suurem kui nõrga kiu jahvatamisel. Näiteks, kaltsudest paberimassi valmistamisel ulatub see 50—60%, tselluloosi puhul väheneb sageli 10—20%-ni. Järelikult kulutatakse praegusaja hollendris isegi tugeva kiu puhul tunduv hulk energiat ebatootlikult.

Me juba märkisime, et mitmesugused, omadustelt erinevad paberid saadakse vähestest kiudainetest. See on võimalik kohase jahvatamise tõttu.

Raske on anda mingeid üldisi juhiseid massi jahvatamise läbiviimiseks. Eelnevast me teame, et jahvatamine koosneb kahest põhilisest operatsioonist: kiu enamast või vähemast lühendamisest ning hakkimisest (hollendri trummel peab olema alla lastud ehk nagu öeldakse „alusliistule lastud", trumli- ja liistunugade vahekaugus — umbes 0,01mm) ja lõhastamisest ehk kiudude kammimisest fibrillideks ja limaks (trummel on tõstetud 0,6—0,8 mm, n. ö. „kergitatud"). Meie poolt kirjeldatud uues PMB hollendris

saavutatakse kiu hakkimine 5—7 kg/sm² jahvatamise surve juures, kammimine saavutatakse survel 1—2 kg/sm². Sõredal jahvatamisel on ülekaalus suurem või väiksem kiudude hakkimine, kammimist peaaegu ei ole. Rasvasel jahvatamisel on peatähtsus kiudude kammimisel, hakkimine on kõrvalise tähtsusega. Jahvatamise aeg on sõredal jahvatamisel märksa lühem, saavutades maksimumi rasvasel jahvatamisel. Puuvilla-poolmassist kuivatuspaberi mass jahvatatakse näiteks 1½—2 tunniga, linasest poolmassist — suitsupaberiks 20—22 tunniga ning õhukeseks kondensaatori-paberiks koguni kuni 40 ja enam tunniga.

Hollendri täitmisel materjaliga tõstetakse harilikult nugadetrummel mõned millimeetrid alusliistust kõrgemale, et noad saaksid kaltsupoolmassi tükke või tselluloosi lehti haarata ja vähemateks tükkideks purustada. Sellejärel lastakse kiu hakkimiseks (kiu lühendamiseks) trummel pikkamööda alusliistule; pärast soovitud kiupikkuse saavutamist tõstetakse trummel pikema või lühema kestusega kammimiseks veidi üles.

Paberimassi komplitseeritud koostise puhul asetatakse hollendrisse kõigepealt tugevam materjal (näit. linane poolmass), see lühendatakse teatud pikkuseni, samaaegselt sünnib pidev hollendritrumli allalaskmine. Sellejärel tõstetakse trummel üles ja hollendrisse asetatakse nõrgem materjal (näit. puuvilla-poolmass või tselluloos). Edasi järgneb uuesti pidev, kuid veidi kiirendatud trumli allalaskmine ja kiu hakkimine vajaliku pikkuseni; sellejärel trumli kergitamine ja kiu kammimine kergitatud trumliga. Harilikult asetatakse kollerveskis ettejahvatatud paberi ringpraak hollendrisse jahvatamise lõpu eel.

Enamikus paberivabrikutes tarvitatakse nn. jaotatud täitmist. Kaltsupoolmass jahvatatakse ühes hollendris, tselluloos teises. Jahvatamise lõpetamisel segatakse ained, mõnikord erilises suure mahutavusega segamishollendris,

veidi järeljahvatades. Jaotatud täitmisel kasutatakse töö algusest peale materjaliga täielikult täidetud hollendrite mahutavus paremini ära. Ka on võimalik iga aine jahvatamine kohase režiimiga, teiste ainete ülejahvatamise või alajahvatamise riisikota.

Toome mõnede paberisortide jahvatamisrežiimi kirjelduse. 100%-lisest puuvilla-poolmassist fiibripaber peab hästi vedelikke imama, jahvatis peab sellepärast olema väga sõre (20—25° Schopper-Riegleri järgi)[2]. Poolmassiga täitmine 3—3,5% abs. kuivaine kontsentratsioonini teostatakse tõstetud trumliga. Täitmise lõpetamisel lastakse trummel kohe alla, kiude jahvatatakse määratud pikkuse saavutamiseni ja valmis mass lastakse kammimatult segamisbasseini.

Õhukene 18 g/m² parafineerimise aluspaber 33% linakiust ja 66% pleegitatud tselluloosist peab olema rasvaselt jahvatatud (75—80° Schopper-Riegleri järgi). Jahvatamist teostatakse 6—7% kontsentratsiooniga ja j a o t a t u d täitmisega. Kaltsu-poolmass jahvatatakse 80—85°.

Täitmise järel lastakse trummel ½ tunniks alusliistule, siis järgneb 1½—2 tundi kestev hakkimine allalastud trumliga; pärast seda kergitatakse trumlit veidi ja 2½—3 tunni kestel kammitakse jämedalt, siis tõstetakse trummel veel 3—3½-tunniseks peeneks kammimiseks. Kogu jahvatamine kestab 8 tundi.

Tselluloos jahvatatakse 70—75° Schopper-Riegleri järgi. Täitmisele järgneb vähene trumli allalaskmine ja jäme kammimine 2½ tunni kestel. Selle järel hollendri trummel veidi kergitatakse 3½-tunniseks peeneks kammimiseks. Kogu jahvatamine kestab 6 tundi.

Litograafiapaber nr. 1, kaaluga 120 g/m², valmistatakse 100%-lisest pleegitatud tselluloosist. Jahvatis peab olema 42—45° Schopper-Riegleri järgi. Massi kontsentratsioon hollendris on 5½—6%. Pärast täitmist lastakse trummel

kammimiseks kergelt alusliistule (20—30 min.). Selle järel lastakse trummel järk-järgult alla ning lõpupoole kergitatakse kammimiseks (20 min.) uuesti. Hollendri tööaeg on umbes 3 tundi.

Läbipaistev pärgamiinpaber joonestuseks kaaluga 40 g/m² valmistatakse 100%-lisest poolpleegitatud sulfittselluloosist. Jahvatis on rasvane, 70—75° Schopper-Riegleri järgi. Jahvatamise aeg 6—7% kontsentratsiooni juures on terasnugade puhul 6 tundi, kivinugade puhul 4 tundi. Tselluloosiga täitmise järel lastakse trummel 1½ tunni jooksul järk-järgult alla, siis tehakse ½ tundi jämedat kammimist; trummel tõstetakse 3-tunniseks peeneks kammimiseks uuesti veidi üles.

Massi jahvatamise kontrollimine nõuab hollendrijuhilt suuri kogemusi. Selle kontrollimise subjektiivne iseloom ei kindlusta sageli õigeid näitajaid.

Hollendri trumli alusliistule laskmise määra üle otsustatakse kõla järgi. Nõrk heli tekib vähesel allalaskmisel (kammimisel); tugev undav hääl tekib tugeval allalaskmisel (hakkimisel). Paremaks kuulatamiseks asetab hollendrijuht puitkepi otsa hollendri trumli võlli laagrile ja teise otsa oma kõrva juurde.

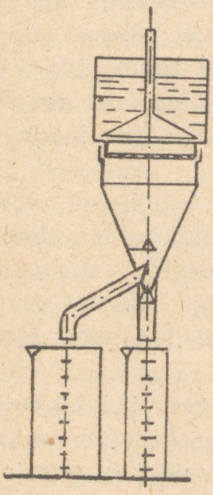
Käesoleval ajal kasutatakse mõnikord trumli- ja alusliistu-nugade vahelise kauguse määramiseks erilist näitajat, mis on ühendatud trumli laagriga kangide süsteemi abil ja näitab laagri tõusmist ning vajumist. Näitaja osuti märgib numbrilaual nugade vahekauguse sajandikkudes millimeetrites.

Ülalkirjeldatud PMB hollendriga töötades ei juhinduta trumli- ja liistunugade vahekaugusest (see kujuneb automaatselt, olenevalt jahvatamise survest), vaid jahvatamise survet näitavast raskuse asukohast kangil.

Jahvatise pikkuse teeb kindlaks hollendrijuht hollendrist võetud ja käes kuivaks surutud massi vaatle-

misel. Selleks otstarbeks kasutatakse ka õhukest metalljoonlauda. Joonlaud vajutatakse massi ja tõstetakse hollendrist kiiresti välja: joonlaua ülemisele äärele jäänud kiudude pikkuse järgi võib otsustada jahvatise iseloomu üle.

Mõnedes vabrikutes määratakse jahvatise pikkus kahe raudkopsiku abil. Hollendrijuht võtab veidi massi mitmest kohast hollendrist, saades keskmise proovi. Võetud massi segab ta suurema veehulgaga, valades seda veekraani all ühest kopsikust teise. Kopsiku tumedal tagapõhjal, samuti ümbervalatava massi joas nähtu alusel määrab ta jahvatise iseloomu. Pikad kiud jaotuvad vees ebaühtlaselt, pilvedena; mida lühem kiud, seda ühtlasem on jagunemine. Kopsikuid kasutatakse ka jahvatamise lõpul, enne massi väljalaskmist, et veenduda sõlmede puudumises.



Joon. 27. Schopper-Riegleri jahvatusastme määramise aparaat.

Massi sõredus ja rasvasus määratakse käega katsumisel. Mida rasvasem mass, seda enam ta käe kokkusurumisel sõrmede vahel libiseb.

Paberivabrikutes on laialt levinud Schopper-Riegleri aparaat nn. jahvatuskraadi (-astme) määramiseks (joon. 27.) Aparaat koosneb kahest osast: silindrilisest, sõelpõhjaga ülemisest ning koonilisest alumisest, millel on kaks toru, üks neist lehtri all, teine küljel. Hollendrist võetud 2 g massi (arvestatakse abs. kuiva ainet) segatakse ühe liitri veega ja kallatakse aparaati. Rasvane mass laseb vett halvasti läbi ja peaaegu kogu veehulk voolab ära läbi alumise toru. Vastuoksa, sõre mass annab vee ruttu

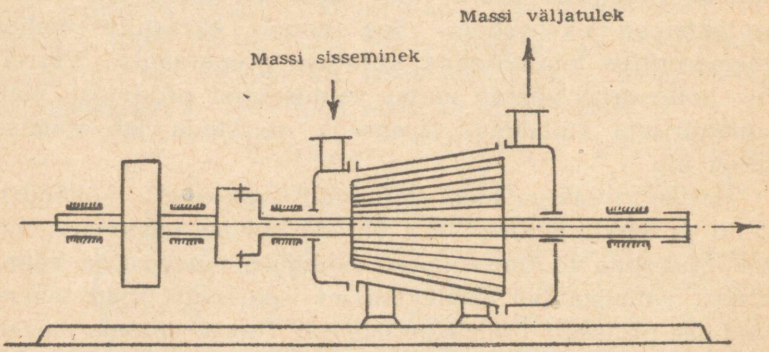
ära, see täidab aparaadi koonilise osa ja voolab ära suuremalt jaolt läbi küljetoru.

Jahvatuskraadi üle otsustatakse alumisest torust väljavoolanud veehulga järgi: mida rohkem seda on, seda rasvasem on mass. Jahvatuskraad loetakse toru all olevalt vahejaotustega silindrilt: 20—30°, Schopper-Riegleri järgi on sõre mass, 70—80° Schopper-Riegleri järgi — rasvane. Jahvatise üldist iseloomu (kiudude pikkus, nende lõhastumine fibrillideks ja lima) on hea vaadelda mikroskoobi abil, mida juba ammugi tarvitatakse selleks otstarbeks vabrikute laboratooriumides. Hollendriosakondades kasutatakse praegusel ajal Promy aparaadi nime all tuntud projektsioon-mikroskoopi. See annab ekraanile umbes ühemeetrilise läbimõõduga kujutuse preparaadist. Võrreldes hollendrist võetud massi valmismassi prooviga, võib hollendrijuht küllaldase täpsusega otsustada jahvatamise käigu üle.

Hollendriosakondades töötavad vanemad hollendrijuhid ja nende abilised. Nii ühtede kui ka teiste arv oleneb osakonna tootmisvõimest, hollendrite arvust ja võimsusest, valmistatava produktsiooni iseloomust ning tehnoloogilise protsessi organiseerimisest. Toome näitena mõned andmed ühe vabriku kohta, millel on kolme paberimasina jaoks 21 hollendrit. Esimese, albumipabereid valmistava masina jaoks on eraldatud kuus hollendrit à 3 m^3, teise jaoks (pärgamiin ja telefonipaber) — kuus hollendrit à 4 m^3 ning kaks basaltnugadega hollendrit, kolmandal masinal (kopeerpaber) on kuus hollendrit à 3,5 m^3 ning üks basaltnugadega — 4,2 m^3. Osakonnas töötab vahetuses kolm vanemat hollendrijuhti ja nende abilist. Vanemad hollendrijuhid teostavad jahvatamist, tõstavad ja langetavad hollendri trumlit, jälgivad massi omadusi ja abiliste tööd. Abilised toimetavad hollendrite juurde tselluloosi, puumassi ja jahvatatud praaki, täidavad hollendreid ja

tühjendavad massist; kaltsu-poolmassi ja pleegitatud tselluloosi annavad kurnamismahutitest hollendrite juurde eri töölised. Esimesele masinale annab iga hollender neli täidet vahetuses, teisele — ühest kuni kolmeni ja kolmandale — ühe.

Jordani koonusveski. Me teame, et juba üle 100 aasta valmistatakse paberit pidevalt töötaval paberimasinal. Kuni seniajani aga jahvatatakse paberimassi perioodiliselt töötavas hollendris; see raskendab paberivabrikute ehitamist ja ekspluateerimist.

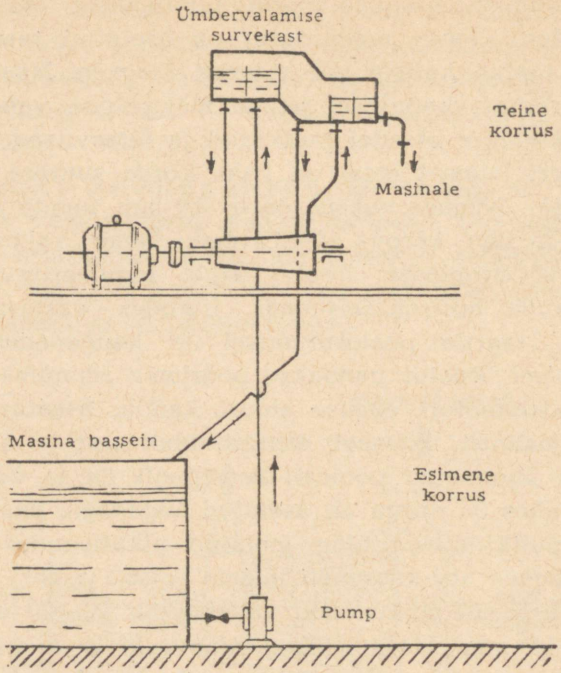


Joon. 28. Jordani koonusveski paberimassi jahvatamiseks.

1858. a. leiutas ameeriklane Jordan massi pidevalt jahvatava koonusveski. See on leidnud laialdaselt kasutamist paberivabrikutes. Veski ehitus on selge joonisest 28. Pöörlev kooniline trummel (rootor) on välispinnal varustatud trumli telje suunas asetatud nugadega. Veski teisel osal, liikumatul kestal (staator), on sisepinnal samuti noad, mis on asetatud 3—4° nurga all rootori nugade suhtes. 3—4% kontsentratsiooniga paberimass tuleb veskisse trumli kitsama otsa poolt ja väljub jahvatatult laiema otsa poolt.

Massi liikumist kiirendab rootori pöörlemisel tekkiv tsentrifugaaljõud. Õõnes malmrootor on asetatud terasvõllile; viimane toetub kahele või kolmele laagrile. Noad kinnitatakse rootori koonilisel pinnal malmribide vahele. Selleks on koonuse otsadel puitkiilud ja terasvitsad. Nugade arv rootori laiemal otsal on kaks korda suurem kui kitsamal otsal. Nugade paksus on 6—10 mm, nende vahekaugus 10—33 mm, kõrgus 10—15 mm. Noad valmistatakse terasest või pronksist. Rootor võib reguleeritava laagri tõttu liikuda horisontaalsuunas, liikudes vastasnugadele lähemale laagrile pealesurumisel ja kaugenedes laagri vabastamisel. Rootor pannakse pöörlema rihmülekande või otse elektrimootori elastse siduri kaudu. Staator, samuti valatud malmist, koosneb kahest, alumisest ja ülemisest, poltidega ühendatud poolest. Seestpoolt on ta varustatud teljele umbes 3° nurga all asetatud nugadega, mis on kinnitatud puitkiiludega ning jaotatud pikutisuunas gruppidesse. Nugade arv suureneb laiema otsa poole. Nugade paksus on 6—10 mm, nende vahekaugus 10—20 mm, kõrgus 10—15 mm. Mass läbib jordanveski 2—5 sekundiga, jahvatise kraad sureneb sellejuures 2—7° võrra. Schopper-Riegleri järgi. Sõreda jahvatise saamiseks on vajalikud: vedelam (2—3%) kontsentratsioon, rootori suur allalaskmine ja õhukesed noad; rasvase jahvatise saamiseks aga on vajalikud: paks kontsentratsioon (3—4%), rootori vähene allalaskmine ja paksud noad. NSV Liidus ehitatakse jordanveskeid neljas suuruses. Kõige võimsamal on rootori pikkus 1225 mm ja läbimõõt 500/1070 mm, tiirude arv minutis 365; tootmisvõime on paremate paberisortide valmistamisel kuni 32 t/24 t., keskmiste — 100—200 t./24 t.; jõutarvitus — 300 h.-j.

Jordanveskit tarvitatakse kõige sagedamini paberimasina ees (joon. 29) hollendrites juba jahvatatud massi tasandamiseks (rafineerimiseks).



Joon. 29. Koonusveski asetus paberimasina juures.

Mõnikord tarvitatakse teda ka hollendrites ligikaudu $^{3}/_{4}$ jahvatatud paberimassi järeljahvatamiseks. See võimaldab vabriku ehitamisel vähendada suuremas ettevõttes mitmekümnele ulatuvat hollendrite arvu ning samuti hoonete mõõteid, vanades vabrikutes aga suurendada hollendrite osakonna produktiivsust. Mõnel juhul tarvitatakse hollendri asemel koonusveskit kogu massi jahvatamise protsessis. Täiesti otstarbekohane on näiteks jahvatada tselluloosi ajalehepaberi jaoks ainult jordanveskis. Puumass, nagu teame, võib jääda jahvatamata. Mõlemad kiudained, millede kontsentratsioon on erilistes regulaatorites

reguleeritud, segatakse automaatselt ajalehepaberile vajalises vahekorras. Sulfaattselluloosi, nn. jõutselluloosi jahvatamine kotipaberiks toimub samuti jordanveskites; tselluloos läbib seejuures mitu (5—6) torustikkude kaudu üksteisega järjestikku ühendatud veskit.

Viimaste aastate katsed lubavad eeldada veskite laiemat kasutamist ning täielikku loobumist massi jahvatamisest hollendrites paljude massiliste paberisortide valmistamisel.

Paberi liimistamine, täitmine ja värvimine.

P a b e r i l i i m i s t a m i n e. Pabereid võib jaotada liimistatud, poolliimistatud ja liimistamata pabereiks. Liimistatakse post-, kirjutus- ja kõik need paberid, milledele kirjutatakse tindiga. Tint ei tohi tungida liimistatud lehe vastasküljele ning laiali valguda lehe pinnal. Samuti liimistatakse ka pabereid, mida on vaja kaitsta niiskuse ja vee mõju eest, näit. head pakkimispaberit (et ei punduks vihma käes), fotopaberit (et ei laguneks ülesvõtte ilmutamisel) jne. Ei või liimistada niisuguseid pabereid nagu kuivatuspaber, filtreerimispaber, pabereid fiibri ja pärgamendi valmistamiseks: need peavad vedelikku imama või oma pooridest läbi laskma.

Tinti imades kuivatab kuivatuspaber lehe ja võimaldab seda edasikirjutamiseks pöörata; filtreerimispaber laseb endast vedeliku läbi ja peatab kõva sette, lahutades niiviisi kaks ainet; pärgamentpaberit töödeldakse kange väävelhappega, fiiberpaberit — tsinkkloriidi lahusega, mille järel nad pestakse hoolikalt veega läbi. Hea paber pärgamendi ja fiibri jaoks peab hästi ja kiiresti nimetatud reaktiive endasse imama ja veega hästi läbipestav olema. Lõpuks omab rida pabereid vahepealset asendit: neid liimistatakse, kuid mitte tugevasti. Poolliimistatud paberite

hulka tuleb kõigepealt arvata trüki- ja sügavtrükipaberid, nad peavad hästi trükivärvi imama, kuid värv ei tohi laiali valguda ega lehe vastasküljele tungida.

Varemalt liimistati paberipind loomse liimiga või tärklisega. Valmis paberileht kasteti liimi lahusesse, võeti siis välja ja kuivatati. Pinna liimistamine on tarvitatav ka praegu mõnede spetsiaalpaberite juures. Wattmani joonistuspaber näiteks liimistatakse lehtedena želatiini lahuses, raha- ja kaardipaber juhitakse läbi liimi lahuse lõputu lindina ning kuivatatakse siis sooja õhuga. Pinnaliimistamisega paber mitte üksnes ei liimistu, vaid muutub ka märksa tugevamaks.

Umbes 130 aastat tagasi leiutas Illig paberimassi liimistamise kampoliga. See liimistamise menetlus on peaaegu samal kujul tarvitatav tänapäevani.

Kampolit (ehk harpeust) toodetakse männipuu sisseraiumisel saadavast vaigust. Vaiku destilleeritakse veeauruga, misjuures tärpentiin eemaldatakse aparaadist, kondenseeritakse jahutajas ning kogutakse eraldi nõusse. Destilleerimisnõusse jääb kampol. Teisel menetlusel eraldatakse kampol bensiini abil vaigustest männikändudest.

Kampol ei lahustu ega märgu vees. Tema tähtsamaks koosteosaks on ühealuseline abietiinhape ($C_{20}H_{30}O_2$ või $C_{19}H_{20}CO_2H$), mis leelisega annab vees lahustuva naatriumiseebi ($C_{19}H_{20}CO_2Na$). Vabrikus keedetakse kampolit kateldes kaltsineeritud (Na_2CO_3) või kaustitseeritud (NaOH) soodaga. Sooda lahustatakse soojas vees ja järk-järgult väikeste tükkidena lisatakse kampolit. Soodat võetakse hulgal, mis ei ole kampoli täielikuks seebistamiseks küllaldane, sellepärast sisaldab saadav liim mõne protsendi (25—30%) nn. vaba vaiku. Praktika on näidanud, et säärane, Kasimir Wusteri poolt möödunud sajandi kuuekümnendates aastates esildatud liim liimistab paremini kui Illigi täielikult seebistatud kampolit sisaldav „pruun" liim.

Keedetud liim lahjendatakse veega selliselt, et 1 liitri kohta tuleks 18—20 g kampolit. Praegu eelistatakse liimi lahjendamist vajalise kontsentratsioonini teostada erilise auruinjektori abil. Selles segatakse liim veega ja soojendatakse auru abil kuni 70°. Selle järel juhitakse segu külmavee mahutisse. Saadud „kampolipiim", selliselt nimetatud tema valge värvuse tõttu, hoitakse anumates.

Paberimassi liimistamist teostatakse enamasti hollendrites. Esiteks antakse mõõteanumast kampolipiima hulgal, milles kampoli sisaldus täielisel liimistamisel moodustaks kiu kaalust 3—4% ja osalisel liimistamisel 1—1½%. Pärast seda kui liim on massiga hästi segunenud, lisatakse hollendrisse umbes poolteisekordne hulk väävelhaput savimulda $Al_2(SO_4)_3$ — maarjast. Maarjas eraldab kampoliseebist kampoli väikeste osakeste näol, mis koos liimis leiduva vaba vaiguga sadestuvad kiududele.

Maarjast lahustatakse ettevalmistavalt vees, tinaga kaetud puidust paagis, umbes kontsentratsioonini 100 g 1 liitris; tinatorude kaudu juhitakse lahus hollendrite osakonnas asuvatesse mõõteanumatesse ning antakse nendest vajalisel hulgal hollendritesse.

Jaotatud täitmisel teostatakse liimistamist segamismahutis.

Paberi liimistamise protsess lõpeb paberimasina kuivatussilindritel. Kampoli osakesed sulavad ühtlasemalt ja jaotuvad tihedamalt paberikiududele.

Peale kampolliimi valmistamise kuuma menetluse on olemas veel nn. külm menetlus. Sellel menetlusel lahustatakse kampol (kohe vajalise kontsentratsioonini) külmas naatriumhüdroksüüdi lahuses. Saadakse täielikult seebistatud kampoliga pruun liim. Meie vabrikute praktika on näidanud, et paberid liimistuvad külma liimiga halvemini kui kuumal menetlusel valmistatud liimiga.

Liimistamise parendamiseks lisatakse mõnedes vabriku-

tes kampolliimile loomset liimi või parafiini. On olemas meetodeid 90% vaba vaiguga peenelt hajutatud liimi valmistamiseks.

Liimistamise aste määratakse joonsule abil normaalse tindiga, millega tõmmatakse paberilehele rida ¼, ½, ¾, 1 mm jne. laiusega jooni. Liimistamine loetakse heaks, kui 1 mm laiune joon ei tungi lehe vastasküljele ja ei valgu laiali.

P a b e r i t ä i t m i n e. Paberi täitmise all mõistetakse paberimassile mõningate mineraalainete, kõige sagedamini kaoliini lisandamist. Põletamise ning hõõgutamisega määratav paberi tuhasisaldus suureneb sellejuures.

Kalli kiudaine asendamisel odava mineraalainega oli eelrevolutsiooniaegse paberitäitmise sihiks peaasjalikult paberihinna vähendamine. Kuna paberit kaaluga müüdi, oli säärane asendamine vabrikandile kasulik. Nüüd on täitmise sihiks paberi väärtuse tõstmine ja temale vajalikkude omaduste andmine. Kaoliin on kaltsu-poolmassist ja pleegitatud tselluloosist valgem, sellepärast muudab tema lisandamine paberi värvuse paremaks. Kaoliini terakesed on kiust märksa vähemad; paberilehes kiududevahelisi poore täites teevad nad pinna siledamaks ning viimistlemisel paremini läigetvõtvaks. Selline paber on täiteta paberist trükikõlblikum. Pealegi muutub paber kaoliini tõttu pehmemaks, mis samuti soodustab trükkimist. Täitmisel on ka puudusi, nimelt väheneb paberi tugevus. Sellepärast näiteks paberimasinal suure kiirusega valmistatavasse ajalehepaberisse kaoliini harilikult ei lisata. Samuti halveneb liimistumine, sundides kaoliini hulka kirjutuspaberites vähendama.

Harilikku, enam või vähem värvilist savi võib tarvitada paberites, milledelt ei nõuta väga head valgedust. Kipsi tarvitatakse ainult mõnedes paremasordilistes paberites.

Eelrevolutsiooniaegsele Venemaale veeti kaoliini Inglismaalt. Nüüd saavad meie paberivabrikud seda Ukrainast, seal töödeldakse mitmes kohas avastatud suuri kaoliini lademeid. Leidub kaoliini lademeid ka Uuralis. Kaoliin sisaldab mõningase hulga liiva, millest vabastamine toimub „uhetamisega" (veega loksutamisega ja läbi lamedate rennide juhtimisega, millede põhjale setib liiv). Puhastatud kaoliinist eemaldatakse vesi filterpressides.

Harilikult saavad paberivabrikud puhastatud kaoliini. Massihollendrisse asetatakse kaoliin veesuspensiooni näol 150—200 g abs. kuivaine sisaldusega liitris. Suspensiooni valmistatakse mitut tüüpi mehaanilistes segistites, asetades neisse teatud hulga kaoliini ja vett. Et kaoliin põhjale ei sadestuks, hoitakse teda segamisbasseinides. Hollendrite osakonda lastakse kaoliin torude kaudu ning juhitakse läbi mõõteanuma hollendritesse.

Paberi moodustamise juures läheb masinal osa kaoliini ühes lahjendusveega sõela alla. Hollendrisse asetatud kaoliinist jääb paberisse 40—60%. Sissejäämise protsent on seda suurem, mida paksem on paber ja rasvasem jahvatis.

Liimistatud paberid peavad rohkem kaoliini kinni kui liimistamata paberid. Hollendrisse asetatud väga suure kaoliinihulga juures pidamisvõime halveneb. Paberis oleva kaoliini hulka võib määrata lehekese põletamise ja hõõgutamisega ning saadud tuha kaalumisega. Kirjutuspaberites peab standardi kohaselt olema 8% tuhka, trükipaberites mitte alla 12—14%. Mõnedesse paberitesse, näit. rahapaberisse ei ole kaoliini lisandamine lubatud, sest ta vähendab paberi tugevust. Trükkimiseks vajalik pehmus saavutatakse puuvillakiu juurdelisamisega. Samadel kaalutlustel ei lisandata kaoliini kartograafilistesse paberitesse. Kaoliini ei või tarvitada filtreerimis- ja kuivatuspaberites, samuti paberites fiibri ja pärgamendi jaoks, sest täites kiu-

dudevahelisi poore halvendaks kaoliin paberite imamisvõimet.

Paberi nüanssimine ja värvimine. Loomulikud kiudained: kaltsu-poolmass, pleegitatud tselluloos ja puumass on kollaka varjundiga; pleegitamata tselluloos on tumedama värvusega. Paberi värvuse lähendamiseks valgele nüansitakse paberimassi hollendrites mineraal- ja peamiselt orgaaniliste värvidega. Kollane varjund hävitatakse sinise värviga, kasutades mineraalvärvi ultramariini (igapäevases elus teda nimetatakse sineks) või orgaanilisi värve — ultramariini ja teisi. Kuna mass omandab seejuures roheka varjundi, lisatakse peale sinise värvi veel punast, näit. orgaanilisi värve — rodamiini, safraniini jne. Niisugust valge paberi nüanssimist teostatakse harilikult vastavalt antud proovile, uuele sordile üleminekul, enne paberimasina käivitamist.

Meister koostab paberimassi nüanssimise retsepti katseliste andmete alusel, arvesse võttes kiudainete muudatusi.

Pärast värvi asetamist ühte hollendrisse valmistatakse massist käsisõelal proovi „ammutis", mida pressitakse, kuivatatakse ja silutakse. Meister võrdleb „ammutist" paberiprooviga ja vastavalt parandab värvi hollendris. Kui „ammutis" on proovist punasem, lisatakse hollendrisse sinist värvi, kui sinisem, siis punast värvi. Tehakse uus ammutis, võrreldakse prooviga ja parandatakse jälle värvi. Nii tehakse, kuni massi värvus on võimalikult lähedane proovile. Paberi värvus parandatakse lõplikult peale paberimasina käivitamist.

Valge paberi tooni kontrolli ja parandamist teostatakse ka paberimasina töötamise ajal iga paberirulli mahavõtmisel, eriti aga uue hollendri sisu segamisbasseinidesse laskmisel. Varjundi muutumine võib tekkida ainete värvuse muutumise tõttu ja paljudel muudel põhjustel. Kui valminud paberipartiis on mitu värvivarjundit, teeb see keeru-

liseks ja raskendab sortimist: paber tuleb korraldada varjundite järgi. Kirju raamat mitmevarjundiliste lehtedega avaldab väga ebameeldivat muljet.

Paberi nüanssimine nõuab suuri kogemusi ja head nägemist. Paberi õieti värvimiseks on vajalik hästi eraldada värvivarjundeid, milleks iga silm aga ei ole kohane.

Umbes samuti teostatakse värviliste kuulutuse-, kaane-, manufaktuuri- jt. paberite värvimist. Endastmõistetavalt lisatakse sellistele paberitele hollendrisse värve palju rohkem.

Paberi nüanssimiseks ja värvimiseks tarvitatakse peaasjalikult orgaanilisi aniliinvärve. Need jaotatakse aluselisteks, otsesteks ja happelisteks. Enam tarvitatavad on aluselised värvid, mis hästi sobivad tselluloosi ja puumassi kiududele. Happelised värvid nõuavad söövitamist maarjaga, sellepärast on nad kõlblikud peaasjalikult liimistatud paberitele. Otsesed värvid sobivad hästi tselluloosi kiududele, halvasti puumassi kiududele.

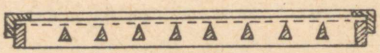
Värvid lahustatakse puhtas kuumas vees nõutava kontsentratsioonini ja kallatakse läbi sõela paberimassi hulka.

IV peatükk.

PABERI VALMISTAMINE JA VIIMISTLEMINE.

Sissejuhatus.

Nagu me juba teame, valmistati paberit mitme sajandi jooksul käsitsi. Louis Robert'i geniaalne leiutis — masin lõputu paberilaia valmistamiseks — hakkas levima alles möödunud sajandi 20—30-ndail aastatel. Kuid see masin tõrjus varsti välja käsitsi paberivalmistamise, missugune viis on säilinud praegu ainult üksikuis kohtades mõningate erisortide valmistamisel, nagu parima joonestuspaberi, kõrge väärtusega kunstilise vesimärkidega rahapaberi ja mõningate muude sortide valmistamisel.



Joon. 30. Ammutamise vorm paberipoogna valmistamiseks

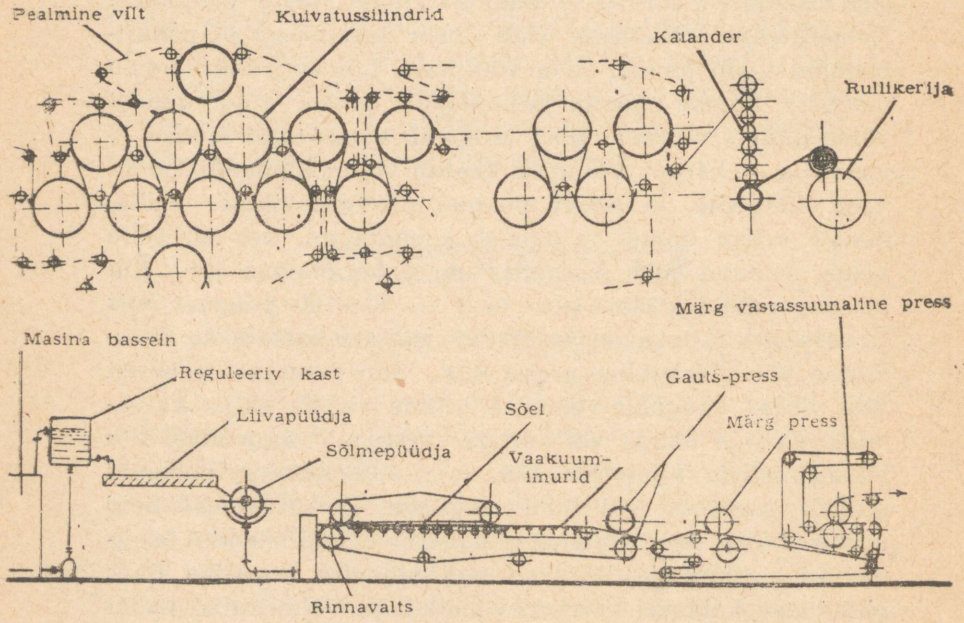
Käsitsi valmistamine toimub käesoleval ajal järgmiselt. Veega tugevasti lahjendatud paberimass tuleb massitõrrest puhastajasse — lamedasse kasti, mille põhi on varustatud kitsaste piludega. Siin peatuvad sõlmed, mis ei pääse piludest läbi. Pärast seda läheb mass nn. segamistõrde, mille maht on 1—1,5 m^3, mis on varustatud mehaanilise segajaga massi segamiseks. Ammutaja tõstab ammutamisvormiga ühe paberipoogna kujundamiseks vajaliku hulga

massi (joonis 30). Vorm kujutab endast puust raami, mille peale on pingule tõmmatud tihe sõel. Paindumise ärahoidmiseks toetub sõel puust liistudele, millede ülemised servad on teravaks hööveldatud; liistud ei takista vee äravoolamist. Vormile pannakse peale neljakandiline raam, mis koos vormiga kujutab endast sõelapõhjaga väikest kasti. Raami kõrgus määrab selle massi hulga, mida on võimalik ammutada massitõrrest. Ammutanud massi, tööline raputab vormi horisontaalses seisundis mitmes suunas, et mass jaotuks ühtlaselt sõelal ja et kiud omavahel põimuksid. Üleliigne vesi aga voolab seejuures tõrde tagasi. Paksu paberi valmistamisel imetakse vesi poognast välja erilise seadeldise abil. „Vesimärgiga" paberi valmistamisel õmmeldakse traadiga sõelale või surutakse templiga kumer muster või joonis. Kumeratesse kohtadesse jääb õhem kiht massi ja paberipoognal tekib joonis, mida võib näha hoides paberit vastu valgust. Pärast poogna kujundamist ja vee äranõrgumist võtab tööline vormilt raami ja annab vormi teise töölise — vanutaja — kätte. Vanutaja keerab vormi kummuli, poognaga allapoole, ja paneb poogna niiskele vildile. Vabanenud vormi annab ta tagasi ammutajale, kes on selle ajaga jõudnud juba vormida uue paberipoogna jne. Kui on kogunenud küllalt suur virn — 50—100 poognat, mis üksteisest viltidega on eraldatud, siis see asetatakse keermelise või hüdraulilise pressi alla. Siin surutakse paberist vesi välja. Poognad võetakse viltide vahelt välja, kuivatatakse sooja õhuga või auruga seestpoolt soojendatavate malmsilindrite pindadel. Kui vaja, liimistatakse poognad pinnalt, asetades nad liimi lahusesse ja kuivatades neid uuesti. Pärast seda asetatakse paberipoognad siledate tsinkplaatide vahele ja lastakse nad silumise otstarbel ühes plaatidega kalandri valtside vahelt läbi. Valmistatud paber sorditakse.

Masinaga valmistamine. Paberimasin oluliselt vaid kordab käsitsi valmistamise operatsioone samas järjekorras, kuid katkestamatult ja automaatselt, inimkäte abita. Inimese osa piirdub masina töö jälgimisega, selle reguleerimisega ning abitööde sooritamisega masina eest hoolitsemise alal, peaasjalikult tema seisu ajal. Tugevasti veega lahjendatud paberimass läheb masinasse ühest otsast ja väljub mõne minuti pärast teisest otsast valmis paberi lõputu lindina.

Enne kui asuda paberimasina üksikute osade detailsele kirjeldamisele, anname lühikese ja skemaatilise kirjelduse tema üldehitusest (joonis 31).

Suurima voolavuse saavutamiseks lahjendatakse valmis paberimass veega 3—3,5% kontsentratsioonini ja juhitakse



Joon. 31. Paberimasina skemaatiline kujutis.

hollendritest torude kaudu tagavara-segamisbasseini. Sealt ta pumbatakse kolvi- või tsentrifugaalpumbaga masinabasseini, kust ta juhitakse reguleerivasse ülevoolukasti; massi ülejääk valgub tagasi masinabasseini. Raskemate mustuste puhastamise eesmärgil läheb teatud hulk paberimassi reguleeritava siibri kaudu ülevoolukastist liivapüüdjasse. Liivapüüdja alguses mass lahjendatakse nn. ringveega (s. o. paberimasina sõelal olevast massist äravoolanud veega) ½—1% abs. kuivaine kontsentratsioonini. Liivapüüdja kujutab enesest pikka ja laia lamedat renni, mis on varustatud põikvaheseintega, mille taga peatuvad vedelast massist aeglasel voolamisel sadestunud liiv ja muud rasked osakesed. Liivapüüdjast kandub mass silindrilisse sõlmepüüdjasse — kitsaste piludega (0,3—0,8 mm) trumlile. Piludest pääsevad vabalt läbi kiud ja vesi, kuid sõlmekesed jäävad peatuma ja uhutakse pärast pritstoru veega erilisse künasse.

Puhastatud paberimass voolab sõlmepüüdjast paberimasina liikuvale lõputule sõelale. Sõel on pingule tõmmatud horisontaalses asendis kahe põhivaltsi vahele ja hoitakse ülal nende vahel asetsevate väikeste valtside poolt, moodustades nõndanimetatud sõelalaua. Paberimass kandub sõelale kogu tema laiuses ühtlase vooluna esimese nõndanimetatud rinnavaltsi juures. Et mass ei voolaks kõrvale (sõela algul on mass veel vedel ja liikuv), on sõel mõlemast küljest piiratud kahe äärerihmaga. Need on sõelal asuvad jämedad kummist lõputud rihmad, mis liiguvad koos sõelaga. Massi ühtlasemaks jaotamiseks ja kiudude paremaks läbipõimumiseks pannakse sõel eri aparaadi — raputaja — abil rappuma perpendikulaarselt tema liikumise suunale. Vesi voolab ära sõela avauste kaudu ja tekkiv paberilaid vabaneb järk-järgult veest.

Sõelalaua teisel poolel on sõela ülemise osa alla asetatud imurkastid, milledest paber üle liigub ja mis paberist

vee välja imevad. Sõelalaua lõpul läheb paberilaid läbi nõndanimetatud gautš-pressi kahe valtsi vahelt, kus temast vesi välja pigistatakse 15—20% abs. kuivaine kontsentratsioonini. Edaspidine vee eemaldamine paberist toimub kahe või kolme järjestikku asetatud märgpressi abil. Iga press koosneb kahest teineteisele asetatud valtsist. Valtside vahelt käib läbi lõputu vilt, mis annab märga ja seepärast veel nõrka paberilaida pressilt pressile. Kolmanda pressi järel ulatub paberi kuivus 30—40%, s. o. ühe osa kuivaine peale jääb paberisse umbes kaks osa vett. See vesi eemaldatakse paberist paberimasina nõndanimetatud kuivatisosas kuumendamise ja väljaaurutamise abil. Kuivatisosa koosneb kahest horisontaalsest reast õõnsaist kuivatussilindritest, mis on asetatud üksteise kohale male korras. Paberilaid liigub kord-korralt mööda kõiki kuivatussilindreid, olles nende vastu surutud lõputu vildiga. Igasse kuivatussilindrisse juhitakse õõnsa tapi kaudu auru, mis silindri seinu kuumendab. Paber kuumeneb järk-järgult ja kuivatisosa lõpuni aurab vesi välja, kusjuures vett jääb paberisse kuni 5%; see on veidi vähem paberi normaalsest niiskusest tavalistes atmosfäärilistes tingimustes (6—7%). Kuiv kuumendatud paber jahutatakse kuivatisosa lõpul silindrilisel jahutajal, millesse juhitakse külm vesi. Seejärel teda silutakse kalandril. Kalander koosneb mitmest üksteise peal asuvast malmvaltsist. Paberilaid liigub nende vahelt läbi ülalt alla. Saanud kalandril nõndanimetatud masina-sileduse, paber keeratakse rulli rullaparaadil; kui rull on saavutanud määratud läbimõõdu, võetakse ta masinalt ära ja antakse edasi viimistlemisseadmetele.

Selline on nüüdisaegse paberimasina skeem, milles, nagu me näeme, tegelikult pole ühtki uut tehnoloogilist operatsiooni, võrreldes käsitsi valmistamisega. Kuid masinaga valmistamisel toimuvad üksikud tehnoloogilised protsessid pidevalt ja automaatselt; just tänu sellele suure-

nesid viimase sajandi jooksul nii masina mõõted, - - Louis Robert'i masin võttis enda alla vaid 4,5 m^2 pinna —, kui ka tootlikkus.

Nüüdisaegne moodne paberi ja papi valmistamise masin toodab ööpäeva jooksul 150 ja eriseadeldisel kuni 400 tonni. Ta võtab enda alla pinna pikkusega üle 100 m, laiusega ligikaudu 15 m; tavaliselt ta paikneb kahel korrusel kõrgusega 5+10 m; tema sõel ja kõik paljuarvulised valtsid ja silindrid liiguvad kiirusega üle 300—400, mõningatel juhtudel aga ka 600 m minutis. Säärane masin kaalub tuhandeid tonne ja maksab miljoneid rublasid.

P a b e r i m a s i n a m ä r g o s a. Paberimasin jaguneb kahte suurde ossa. Märgosa, mis oma nimetuse on saanud vee rohkuse tõttu, millega kaasas käivad temal toimuvad tehnoloogilised protsessid paberi valmistamisel, algab masinabasseinist paberimassi jaoks ja lõpeb viimase märgpressiga. Kuivatisosa — esimesest kuivatissilindrist kuni rullimisaparaadini. Paberimasina ajam ja paberimasinate saali ventilatsioon kujutavad endast iseseisvaid, tihti ulatuslikke ja keerukaid seadeldisi.

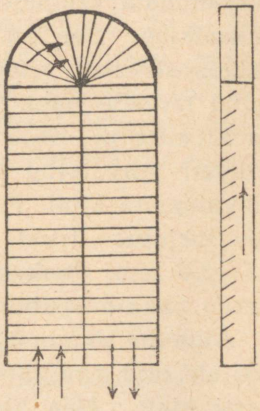
Masinabassein mahutab tagavarana paberimassi 1½—2-tunniliseks masina tööks. Koos tagavara-massibasseiniga hollendrite all ta on nagu vahelüliks perioodiliselt töötavate hollendrite ja pidevalt töötava paberimasina vahel. Basseini mahu puhul 30—40—50 m^3 ehitatakse paberimassi segamiseks horisontaalvõll labadega. Suuremate mõõdetega basseinid, 100—150 m^3, ehitatakse propeller-hollendrite tüübi järgi (lk. 39). Massi kontsentratsioon masinabasseinis, nagu meie juba teame, on 3—3½% abs. kuivainet.

Valmis paberilt nõutakse, et tema 1 m^2 kaal oleks ühtlane ja jääks püsima kogu paberivalmistamise aja kestel. Näiteks meil kehtivate standardite järgi valmistatakse ajalehepaberi raskusega 50 g/m^2, trükipaber nr. 3 — 60 g/m^2, kirjutuspaber nr. 1 — 60—65 g/m^2, paberossipaber — 16 g/m^2

jne. Selle raskuse kõikumised on lubatavad vähesel määral, tavaliselt ±5%. Et 1 m² paberikaal ei muutuks, on vaja kahte tingimust: paberimasinale peab igal antud hetkel tulema täiesti kindel, ühesugune hulk paberimassi ja masina kiirus seejuures peab jääma püsivaks. Et paberimassi kaaluline hulk püsiks ühesugusena, on vajalik tema püsiv kontsentratsioon (s. o. abs. kuivaine sisaldus liitris) ja masina peale tuleva massi ühesugune maht. Kontsentratsiooni püsivust on võimalik saavutada mitmel viisil; üks lihtsamaid viise on — iga kord tagavarabasseini määratud hulga (3—4) hollendrite sisu laskmine ja selle lahjendamine veega ühe ja sama märgini basseini seinal. Praegusel ajal kasutatakse uutes paberivabrikutes seks otstarbeks täiuslikumaid meetodeid, nimelt kontsentratsiooni automaatseid reguleerijaid. Masinale tuleva massi mahu püsivus saavutatakse massi ühesuguse tasapinnaga reguleerivas ülevoolukastis, kuhu mass pumbatakse masinabasseinist.

Poolfabrikaatidest (kaltsupoolmass, tselluloos ja puumass) koosnevasse paberimassi võib sattuda koos täiteainetega, kaoliiniga ja muuga teatud hulk liiva ja muud raskemat mustust. Kui liiv jääb paberimassi, siis rikub ta masinal presside kalandrit ja muid valtse; paberist välja langedes jätavad liivaterad sellesse auke. Paberisse jäänud liivaterad takistavad trükimasinate ja muude tööpinkide tööd. Seepärast on vajalik paberimassi vabastada liivast enne, kui see masinale satub. Seda tehakse liivapüüdjas. Eelnevalt on siiski vaja massi lahjendada, kuna 3—3½% kontsentratsiooni juures liivaterad ei sadestu. Seda lahjendamist on ka vaja massi puhastamiseks sõlmepüüdjas ja tema kujundamiseks paberimasina sõelal. Lahjendamine on seda suurem, mida õhem on paber ja sõredam mass. Ajalehepaberi jaoks kaaluga 50 g/m² on massi kontsentratsioon sõela eel umbes 0,6%, paberossipaberi

puhul kaaluga 16 g/m² — 0,3%, paksu trükipaberi puhul kaaluga 100 g/m² — umbes 1%. Vahel lahjendatakse massi värske veega, kuid sagedamini veega, mis paberist on välja nõrgunud paberimasina sõelal, s. o. ringveega. See vesi sisaldab peeni kiudusid, kaoliini osakesi, liimi, aga ka sõelast läbiläinud värvaineid. Tänu ringvee kasutamisele, hoitakse kokku materjale, mis muidu äravoolava veega oleksid jooksnud jõkke; samuti väheneb ka jõevee roiskumine äravoolava vee läbi. Massi lahjendatakse segamiskastis, mis enamasti paikneb liivapüüdja algul. Moodsatele suurtele masinatele seatakse üles segamispump, millesse toru kaudu voolab mass reguleerivast paagist ja ka isevoolul ringvesi paberimasina sõelalt; pump seatakse üles esimesele korrusele allapoole sõelaosa.



Joon. 32. Liivapüüdja paberimassi puhastamiseks.

Lahjendatud paberimass kandub liivapüüdjale (joon. 32). Liivapüüdja umbkaudsed mõõted on: pikkus 5 m ümber, laius 2,0—2,5 m ja sügavus 300—400 mm. Ta on jagatud pikuti kaheks või kolmeks käiguks. Põhja peal on põigiti vaheseinad, kaldega massi liikumise suunale. Massi liikumise kiirus liivapüüdjas on 9—12 m minutis. Üle vaheseinte äärte voolava kihi kõrgus on 60—150 mm. Liivapüüdja on vajalik kõrgemasordiliste paberite valmistamisel, eriti kui nende koostises on kaltsupoolmassi, milles alati võib olla sinnajäänud metalliprügi. Ajalehepaberi masinale ja masinale trükipaberi nr. 3 valmistamiseks liivapüüdjat ei asetata, kuna nende masinate suure tootlikkuse juures peaks liivapüüdja tohutult suur olema. Vii-

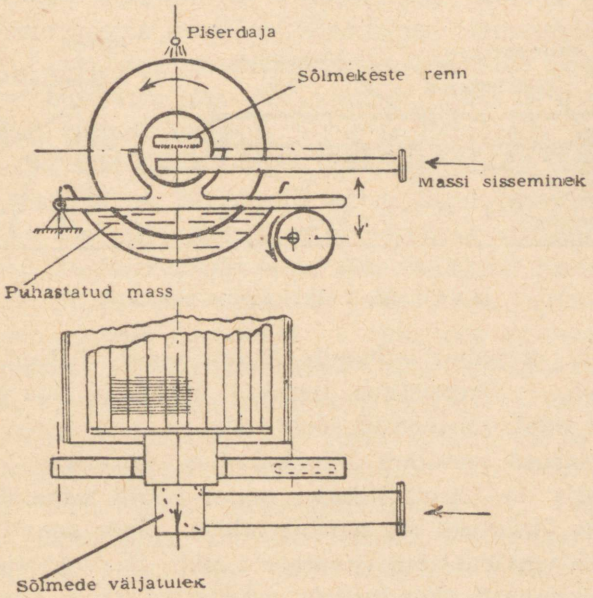
mastel aastatel on suure leviku osaliseks saanud aparaadid massi puhastamiseks raskeist mustustest. Neis aparaatides eralduvad rasked osakesed mitte raskustungi, vaid tsentrifugaaljõu mõjul. Neid nimetatakse erkensaatoriteks ja vortraapideks.

Pärast kirjeldatud puhastust raskeist mustustest liivapüüdjail puhastatakse paberimass sõlmedest ja peeneksjahvatamata kiududest nõndanimetatud sõlmepüüdjas ehk puhastajas. See on vajalik, kuna muidu sõlmed jääksid valmispaberisse tompude, prügi ja kalandritel laialipigistatud täppide näol. Sõlmepüüdja põhiliseks tööelemendiks on kitsaste piludega — vahedega — pronksplaadid, mida läbivad jahvatatud kiud ja vesi, kuid ei läbi sõlmed ja jahvatamata kiud. Pilude laius sõltub paberi sordist. Tavalise kirjutus-, trüki- ja ajalehepaberi jaoks ta võrdub 0,5—0,6 mm, õhukesele paberossipaberile 0,3 mm ümber, paksu pakkimispaberile ja papile — 1 mm ja enam.

Algmine sõlmepüüdja kujutas endast lamedat kasti, mille põhjale olid kinnitatud piludega pronksplaadid. Mass lasti kasti ülalt. Hea kiud ja vesi läksid piludest läbi; kasti põhja peatama jäänud sõlmed riisuti aeg-ajalt ära käsitsi. Teguvõime kõvendamiseks pandi kast rappuma valtsile kinnitatud nokkade abil. Lameda puhastaja tootlikkus on väga väike ja seepärast praegusel ajal seda peaaegu ei kasutata. Enam täiuslik silindriline sõlmepüüdja on leiutatud 1860. a. Wandeli poolt. Wandeli sõlmepüüdja (joon. 33) kujutab endast pronksist õõnsat silindrit pikkusega 2—2,5 m ja läbimõõduga 800 mm, laiade kaeladega, mis toetuvad kahele kangile ja mida paneb rappuma nokkadega varustatud valts, tehes 500—600 raputust minutis. Samal ajal silinder pöörleb aeglaselt. Mass juhitakse silindrisse vask-torusid kaudu. Hea kiud läheb ühes veega silindri seest pilude kaudu malmist künasse, milles pöörleb sõlmepüüdja; sõlmed jäävad kinni piludesse ja uhu-

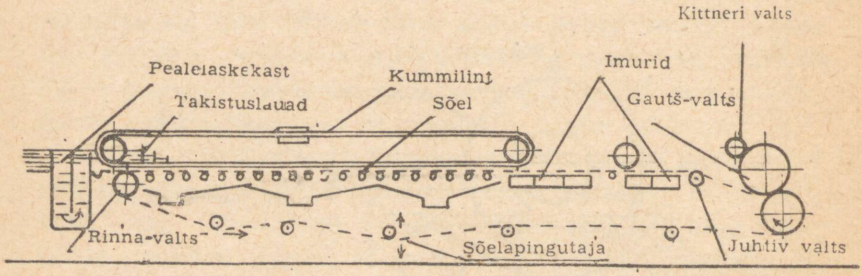
takse ära silindri pöörlemisel väljaspool sõlmepüüdja kohal asetseva pritstoruga renni, mis läbib kaela silindri sisemuses. Sõlmepüüdja tootlikkus pilude 0,5—0,6 mm puhul on 8—10 tonni paberit 24 tunni jooksul. Kitsamate või laiemate pilude puhul tootlikkus väheneb või suureneb. Sõlmepüüdja pööramiseks ja raputamiseks kulub 1—1½ hobujõudu.

Wandeli sõlmepüüdjat kasutatakse ka praegusel ajal, eriti kõrgemasordiliste paberite valmistamisel. Tema puuduseks on võrdlemisi väike tootlikkus, seepärast nüüdisaegsete kiirekäiguliste masinate jaoks, milliste tootlikkus on 60—100 ja enam tonni 24 tunni jooksul, Wandeli sõlmepüüdjat enam ei kasutata. Tema vähene tootlikkus on sele-



Joon. 33. Wandeli sõlmepüüdja paberimassi puhastamiseks sõlmedest ja jahvatamata kiududest.

tatav võrdlemisi väheste mõõdetega, samuti ka sellega, et töötab ligikaudu üks neljandik osa trumli silindrilisest pinnast. Seepärast nüüdisaegsetel võimsatel sõlmepüüdjatel, tootlikkusega 40—60 tonni paberit 24 tunni jooksul, on läbimõõt märgatavalt suurem — umbes 1200 mm ja peale selle on trummel peaaegu täiesti paigutatud massi sisse, mistõttu töötab ¾ selle silindrilisest pinnast. Trummel pöörleb rahulikult, mass aga surutakse selle pilude kaudu küna võnkuvate seintega väljast sissepoole. Liivapüüdjas ja sõlmepüüdjas puhastatud ja hästi veega lahjendatud paberimass suundub paberimasina sõelale. Sõelalaud (joon. 34) on paberimasina põhiline osa. Siin kujuneb



Joon. 34. Paberimasina sõelaosa.

paberileht ja paber vabaneb liigsest veest. Paljud paberi omadused — läbipaistvus, tugevus, ühtlus ja rida teisi — sõltuvad tunduval määral sõela tööst.

Paberimass suundub sõlmepüüdjast survekasti, mille ülesandeks on kiirelt liikuva massi voolu vähendada ja teha seda ühtlaseks üle masina laiuse. Seda saavutatakse kastis rea vertikaalsete vaheseinte abil. Survekastist mass valgub kummist ühenduslinti mööda vasksele rinnaplaadile, mis on rinnavaltsi ees kinnitatud sõelalaua raamile, ja siit edasi kummist põlle mööda kandub sõelale. Massi

nivoo kõrgus survekastis määrab sõela peale väljatuleva massi kiiruse.

Paberimasina sõel kujutab endast vasktraadist kootud lõputut lõuendit, pikkusega 14 kuni 30 m, laiusega alates 1,7 m vanadel kitsastel masinatel kuni 6 m ja enam nüüdisaja kiirekäigulistel masinatel. Kõige sagedamini kasutatakse sõelu nr. 60—70 endise arvestuse järgi või nr. 22—28 uue arvestuse järgi (numbri suurus vastab lõime niitide arvule sõela laiusel 1" kohta vanal arvestusel ja 1 sm peale uuel arvestusel). Õhukeste paberossipaberite jaoks kasutatakse sõelu nr. 90—100, paksu papi jaoks nr. 30—40. Sõela lõim (pikuti niidid) tehakse fosforisisaldusega pronkstraadist, kude (põigiti niit) — valgevasest. Sõel õmmeldakse kokku vaskniidiga; viimasel ajal õmblus keevitatakse. Sõela kestus on alates 2 nädalast kiirmasinatel kuni ühe kuuni tavalistel masinatel, mille järel seda tuleb vahetada. Sõel hoitakse ülal rea valtside abil, milledest on tähtsamad: rinnavalts sõela algul ja gautšvalts — lõpul. Gautš-valtsi abil sünnib sõela edasiliikumine. Rinnavaltsile järgneb 20 — 30 registervaltsi; need hoiavad sõela ülal selles sõelalaua osas, kus paberimass sisaldab veel palju vett. Registervaltsid asetatakse tavaliselt esmalt üksteisele ligistikku, aga edaspidi massi kihi vähenemisel ikka enam eemale üksteisest. Gautši eel paindub sõel suunamisvaltsi abil horisontaalseisundist veidi kallakasse asendisse. Masina teenindamise poolel oleva valtsi ühte laagrit võib paigutada edasi ja tagasi (pikuti sõelaosa suunas). Laagri edasipaigutamisel läheb sõel üle masina ajami poolele; laagri tagasipaigutamisel ta, vastuoksa, jookseb teenindamise poolele. Selliselt on suunamisvaltsi abil võimalik hoida õiget sõela seisundit masina laiusel. Uutel masinatel toimub sõela juhtimine automaatselt. Alumises osas liigub sõel üle mitme (4—5) sõelavaltsi, milledest üks samal ajal on sõela pingutavaks valtsiks; uutel

masinatel on selle valtsi laagrid kinnitatud raskustega varustatud kangidele või vedrudele, mille tõttu sõel omandab vetruva pinge. Kõik loeteldud valtsid, peale gautši alumise valtsi, pannakse liikuma sõela abil. Nende valtside ehitus on järgmine: vaskkattega — viimasel ajal ka kummist kattega — ületõmmatud terastoru otsadesse on sisse pressitud malmist puksid, viimased on varustatud terasest tappidega.

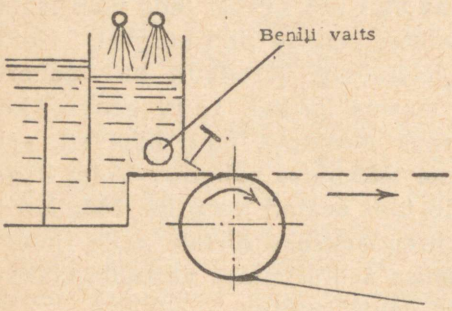
Vedel paberimass voolab kummist põlle kaudu sõelale põiklattide juurde. Lattide alt läbiläinud mass voolab kahe äärerihma vahel, mis ei lase seda kõrvale maha voolata. Samuti kui ääreraam käsitsi vormil määrab paberilehe formaadi, määravad äärerihmad masinal paberilaia laiuse. Need kujutavad enesest ruudulise läbilõikega lõputuid kummist rihmu mõõtelt umbes 40 × 40 mm. Need rihmad on sõelaosa algul asetatud kitsastele vaskratastele, milledel on ääreservad; rattad on kinnitatud formaatvankri kahele pikergusele raamile selliselt, et neid võib käsirattakese abil seada üksteisele lähemale või kaugemale, vastavalt valmistatava paberi laiusele. Teiselt poolt (esimese imuri juures) hoitakse äärerihmad ülal kahe laia sileda trumli abil, mille peal nad võivad vabalt liikuda paberi formaadi muutumise puhul. Äärerihmad oma alumise poolega lamavad sõelal ja pannakse sellega liikuma. Rinnavaltsi juures äärerihmad läbivad vaskkünasid, mis on varustatud pritsidega rihmade külge kinnijäänud kiudude ärauhtmiseks. Formaatvankri pikiraamide külge on kinnitatud kaks või kolm põiklatti. Iga latt koosneb kahest osast, mis sõela keskosas lähevad üksteise taha; need lähenevad või kaugenevad paberi formaadi muutumisel ja on omavahel kinnitatud kruvidega. Latid oma alumise äärega on sõelast veidi kõrgemal; nad paisutavad massi teatud kõrguseni ja sunnivad teda läbi minema tekkinud kitsast pilust kiirusega, mis on veidi vähem sõela kiirusest. Massi

niisugune kiirus on vajalik selleks, et hoida paberilaia paksust pikuti ühtlasena, ilma et tekiks põigiti õhemaid ja paksemaid vööndeid. Pilu kõrgus esimeselt latilt kuni kolmandani väheneb järk-järgult. Kahe vertikaalse seadmiskruvi abil äärtes ja ühe abil lati keskel teda võib lasta tõusta ja alla laskuda, muutes sellega pilu kõrgust. Neid kruvisid kasutatakse ka massikihi, järelikult ka paberi paksuse reguleerimiseks masina laiusel. Latid peavad ka vahtu kinni ja ei lase seda masinale, ning hoiavad sel viisil ära täppide ja aukude tekkimise paberile. Vahu kaotamiseks on lattide kohale üles seatud veeprits. Mõnikord antakse massi liikumise kiirendamiseks sõelale kalle rinnavaltsilt gautši poole; liikumise aeglustamist, vastuoksa, saavutatakse sõela tõstmisega gautši poole.

Nüüdisaegsetel kiirekäigulistel masinatel, mis töötavad kiirusega 300—400 ja enam meetrit minutis, lattide abil ei saavutata vajalikku massi kiirust, mispärast kirjeldatud ehitis on asendatud nõndanimetatud kõrgsurvekastiga (joon 35). Mass kandub kogu laiuses reguleeritava pilu kaudu vahetult paberimasina sõelale vajaliku kiirusega, mis on sõltuv massi kõrgusest kastis. Massi ühtlasemaks jaotamiseks kastis on pilu ees auklik pöörlev valts. Lõputud, ühes sõelaga liikuvad äärerihmad on siin asendatud liikumatute puuliistudega, mis on varustatud sõela poolel kummist ribadega.

Rinnavaltsi ja registervaltsi laagrid, samuti ka formaatvanker lattidega ja äärerihmadega on kinnitatud horisontaalsetele sõelalaua äärelattidele, mis toetuvad vertikaalsetele liigendiga varustatud tugedele. See võimaldab kogu sõelalaua esimest jagu rinnavaltsist kuni imuriteni hoida pidevas horisontaalses raputuses. Võngete arv on 140—300 minutis, amplituud aga 6—10 mm rinnavaltsi ja 0 mm imurite juures, kus äärelatid ühinevad liikumatute liigendtugedega. Raputust teostatakse eri mehhanismiga, mis või-

maldab masinat peatamata muuta võngete arvu ja amplituudi. See asendab ammutaja vastavaid liikumisi käsitsi valmistamisel ja on vajalik massi ühtlaseks jaotamiseks masina laiusel ja kiudude omavaheliseks paremaks põimumiseks. Peale selle kiired löögid, mis on suunatud põigiti sõelale, perpendikulaarselt selle liikumisele, sunnivad kiudusid, mis püüavad aseneda pikuti massi liikumist, osaliselt põigiti pöörduma. Tänu sellele võrdsustub paberi tugevus piki- kui ka põikisuunas.



Joon. 35. Kõrgesurvekast.

Siiski on masinapaberite tugevus pikutisuunas suurem kui põigiti, kuna aga käsitsi valmistatud paberitel on see ühtlane mõlemas suunas. Rasvane mass nõuab pikka ja harva raputust. Sõre — lühikest ja sagedat.

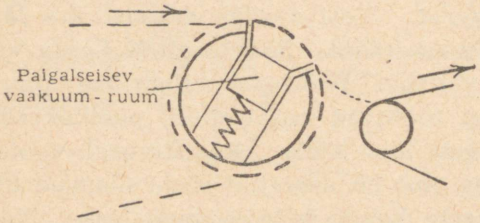
Nüüdisaegsed kiirekäigulised ja laiad masinad ajalehepaberi ja trükipaberi nr. 3 valmistamiseks ei oma raputust, kuna see teeks sõelalaua konstruktsiooni komplitseerituks. Ka praktika näitab, et neid pabereid võib valmistada ilma raputuseta küllalt rahuldavas kvaliteedis. Kuid kiirekäigulistel (200—300 m/minutis) ja laiadel masinatel paberite nr. 1 ja nr. 2 valmistamisel, milledelt nõutakse head läbipaistvust ja ühtlasemat tugevust piki- ja põikisuunas, raputus on vajalik. Harilik raputusvõngete arv, kuni 300 minutis, ei ole paberimasina suure kiiruse juures küllaldane. Seepärast omavad uued raputajad võngete arvu 400—800 minutis; mõnedel juhtudel amplituud ulatub 15 mm-ni.

Kummist põll, mille kaudu paberimass voolab survekastist

paberimasina sõelale, ulatub tavaliselt peaaegu kuni viimase latini. See katab säärasel korral sõela tema algul ja takistab vee äravoolu massist tema avauste kaudu. Seetõttu võib mass raputuse mõjul ühtlaselt jaotuda masina laiusel, kiud vildistuvad ja pöörduvad pikiseisundist põikiseisundisse.

Lehe kujundamine jätkub veel mõnda aega peale massi väljatulekut lattide alt. Samasuguselt algab ka intensiivne vee eemaldamine massist. Vesi voolab massist ära läbi sõela silmade raskustungi mõjul. Sellele aitab kaasa vee kleepumine registervaltside pöörleva silindrilise pinna külge, mistõttu valtsid töötavad kui iseliiki pumbakesed, mis imevad massist vett läbi sõela. Registerosal voolav vesi langeb rennidesse, mis on asetatud sõela ülemise osa alla ja koguneb viimaste kaudu pumba-anumatesse. Vesi eemaldub massist registervaltsidel abs. kuivaine kontsentratsioonilt 1—½% kuni kontsentratsioonini 3—4%. Tekkinud paberilaiast edaspidiseks vee eemaldamiseks kasutatakse imureid või teisiti nimetatud imurkaste. Imur kujutab endast pikka puust või metallist kasti, mille ülemine osa, mis sõelaga kokku puutub, on suletud aukliku pöökpuust lauaga või ka pikerguste lõhedega varustatud plaatidega. Kasti mõlemal otsal on liikuvad vaheseinad. Need seatakse paberi äärte alla ja nad moodustavad kasti sees suletud ruumi. Siit pumba abil kõrvaldatakse — imetakse vesi, mis on tulnud kasti läbi sõela paberilaiast, aga ka õhk, mis on tunginud läbi paberi. Vaheseinte ja imuri puust seinte vahel asuvad vahed, nõndanimetatud taskud, täidetakse vahede tihendamiseks pidevalt veega kraanide abil. Imurid asetsevad sõela ülemise lõuendi all liikumatuil malmist alustel, registervaltside ja gautšvaltsi vahel. Sõltuvalt masina kiirusest, samuti ka töödeldava paberimassi rasvasusest on masinatel 3—4 ja kuni 5—7 imurit. Vaakuum imurites muutub esimesest viimase poole

(sõela käigu suunas) umbes 0,5 kuni 3 m veesammast. Esimestes imurites ta tekib harilikult baromeetrilise hõreduse arvel väljaviivas torus, mille alumine ots ulatub veekanalisse. Viimased imurid on ühendatud märgõhu-pumbaga. Hõredust imurites reguleeritakse väljaviivatele torudele paigutatud kraanide abil. Imuritel eemaldatakse paberilaiast vesi abs. kuivaine 8—12% kontsentratsioonini.



Joon. 36. Imev gautš-valts niiske paberilaia pressimiseks.

Selleks, et paberi ülemisele poolele anda siledamat pinda, peale esimest ja teist imurit seatakse sõelale kerge võreline valts, mis on kaetud traadist sõelaga — tasandajaga (nn. egutöör). Pööreldes massikihi mõjul ta oma raskusega tasandab paberi pinda. Kui sellele valtsile teha traadist muster või see sisse suruda templiga, siis jäävad paberile vesimärgid, samuti kui käsitsi valmistamisel.

Edaspidine vee eemaldamine paberilaiast toimub vee väljasurumise teel kahe gautš-pressi valtsi vahel.

Masina gautš-press koosneb kahest valtsist. Alumine — vasest kattega — haaratakse ümber sõelast ja paneb viimase liikvele; pealmine, suurema läbimõõduga valts, on kaetud paksu ja elastilise villase koetud või vanutatud sukaga — manšooniga. Ülemine valts lamab alumisel ja on veidi sõela poole tagasi nihutatud; seepärast surutakse paber tema vastu sõelaga enne, kui ta pääseb valtside vahele. Tänu sellele, samuti ka manšooni elastsusele surutakse toorest paberilaiast vesi välja järk-järgult, üha suu-

reneva rõhumisega, mille tõttu valtsid toorest paberit puruks ei litsu. Ülemise valtsi omakaalu surumist suurendatakse raskustega, mis suruvad valtsi kaeltele kangide süsteemi kaudu. Šaaber on selleks, et välja pigistada manšoonist sinnaimbunud vett ja ka ära võtta selle külge kleepunud massi osakesi. Varemalt tarvitati selleks lauda, mis oli raskustega surutud vastu manšooni, praegu tavaliselt kasutatakse kummiga kaetud Kittneri valtsi. Manšoonilt selle külge ülekantud mass kõrvaldatakse kalevisse mähitud puust latiga, viimaselt mass langeb vaskkünasse ja voolab veega ära kõrvale. Kittneri valtsi ette manšooni peale paigutatakse lame või silindriline pöörlev hari. See kraasib üles manšooni karvad ja päästab lahti külgehakanud massi osakesed. Harja ees ja taga asuvad pritstorud. Manšooni tööiga on umbes üks kuu, mille järel teda vahetatakse. Nüüdisaegsetel kiirekäigulistel masinatel seatakse gautš-pressi asemele imev gautš-valts (joon. 36). Imev gautš-valts koosneb auklikust pöörlevast pronks-kerest, milles asub liikumatu imev kamber. Vett niiskest paberilaiast ei pigistata välja kahe valtsi vahel nagu tavalise gautši juures, vaid vesi imetakse sisekambrisse läbi sõela ja aukliku kere. Selle tõttu võib paber imurgautšile peale tulla märjemana kui tavalisele, ilma riisikota, et ülemine valts ta puruks litsuks. See on väga tähtis kiirekäiguliste masinate juures (250 m minutis ja enam), kuna vesi ei suuda paberilaiast eemalduda registervaltside osas ja imurites. Vee eemaldamine gautš-valtsil suurendab abs. kuivaine sisaldust paberis 8—10%-lt 15—18%-le.

Äärerihmadega kokkupuutuvad paberilaia ääred on alati veidi ebatasased ja niiskemad kui kogu paberilaid. Seepärast hakkavad nad kergesti külge ülemise gautš-valtsi manšoonile, mille tulemusena paber rebeneb. Et seda vältida, asetatakse sõela mõlemale küljele enne viimast

imurit kaks pritsi (nn. lõikajad). Peen terav veejuga lõikab ära kitsad (10—12 mm) paberiribad. Nüüdisaegsetel masinatel langevad ka ribad erilisse segajasse ja pumbatakse sealt tagasi masinabasseini.

Paberimasina töötamise ajal ummistuvad sõela silmad peente kiududega, kaoliiniga, kampoli osakestega ja peale selle hakkavad sõela külge paberiääred, rebenemise puhul ka paberilaid. Sõela puhastamiseks seatakse selle alumisse ossa, kõrvuti sõela valtsiga, pritstorud. Samasugune prits, samuti ka šaaber, seatakse ka rinnavaltsile.

Kirjeldatud ehitusega sõelaosa, s. o. lame sõellaud, on paberipoognat kujundava masinaosa levinenuim tüüp. Mõningate spetsiaalpaberite valmistamiseks kasutatakse sõeltrumleid, mis on leidnud laialdast kohaldamist kartongi valmistamisel (v. lk. 173).

Vesi, mis paberist registervaltsidel ära voolab ja imurite poolt ära imetakse, sisaldab peenkiudu, kaoliini- ja kampoliosakesi, ja ka maarjast. Teda pole otstarbekohane lasta jõkke, seda enam, et ta reostaks vett. Seepärast, nagu meie teame, seda nõndanimetatud ringvett kasutatakse uuesti massi lahjendamiseks, mis kandub masinabasseinist liivapüüdjale. Registervaltside vesi on umbes kaks korda rikkam kiude poolest kui imurite vesi. Esimest kasutatakse esmajärjekorras, lisandades imurite vett vaid puuduse korral. Ringvee ülejääk juhitakse vahel hollendrite täiteks ja massi vedeldamiseks nende tühjendamisel, kuid enamjaolt kiudude püüdjasse. Pritstorude veed, mis on vaesed kiudude poolest, satuvad sõela-alusesse betoonvanni ja juhitakse harilikult jõkke.

Praegusel ajal kasutatakse kiudude püüdmiseks paberivabrikust äravoolavatest vetest mitut tüüpi püüdjaid.

Sadestisepüüdjad töötavad raskustungi põhimõttel. Laialdaselt on levinud püüdjad, mis on ehitatud kummuli-

keeratud koonuse kujul. Need töötavad pidevalt. Äravoolav vesi läheb püüdja keskossa, kiud sadestuvad põhja ja väljuvad püüdjast pudruna. Selgunud vesi voolab ära üle püüdja ülemiste äärte. Sadestisepüüdja maht on arvestatud 1½-tunnilise vee hulga jaoks. Kiududest püütakse siin kinni umbes 85%, ülejäänud hulk läheb selgunud veega jõkke. Sadestisepüüdjate puuduseks on osa kiudude üleskerkimine veest koos õhumullidega.

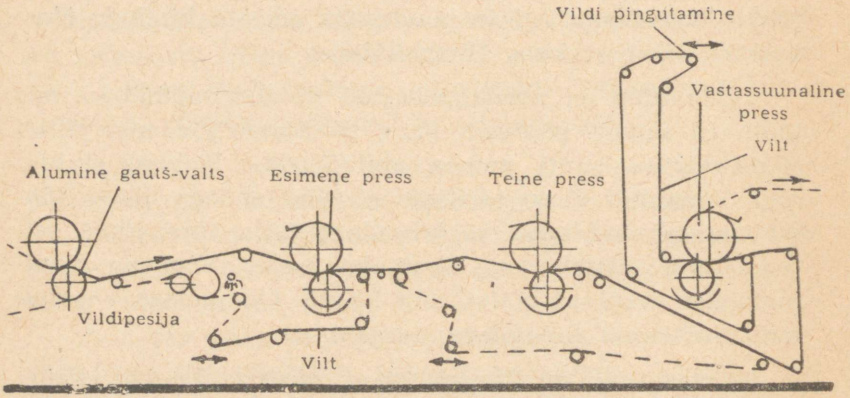
Teine tüüp on nõndanimetatud flotatsioonpüüdjad, mis töötavad samuti pidevalt. Enne püüdjasse jõudmist täitub töötanud vesi eri pumba abil õhuga. Püüdjas eralduvad õhumullid veest ja tõstavad kiud endaga ühes. Kiududega segatud mass voolab üle püüdja ääre, kuna selgunud vesi väljub selle alumisest osast. Kiudude kinnipüüdmise protsent ulatub siin 95-ni. On olemas vaakuumiga töötavaid flotatsioonpüüdjaid.

Kolmas tüüp on filter-püüdjad. Neid ehitatakse kahel kujul. Vanem neist on võreline puust trummel, mis on üle tõmmatud lõputu vildiga ja pöörleb vannis. Töötanud vesi filtreerub vildi kaudu trumli sisemusse ja väljub selle otstest. Kiud eemaldatakse vildilt valtsiga ja kogunevad künasse. Kiudude kinnipüüdmine ületab siin harva 80—85%. Teine liik filterpüüdjaid on vaakuum-tüüpi. Selline püüdja on tiheda pronksist sõelaga ületõmmatud auklik metallist trummel, milles pumbaga või baromeetrilise toruga luuakse vaakuum. Trummel pöörleb vannis, kuhu suundub töötanud vesi. Vesi imbub vaakuumi mõjul läbi sõela, kuid kiud kogunevad trumli pinnale ja kõrvaldatakse sealt valtsiga. Kiudude kinnipüüdmise protsent ulatub 95—98-ni.

Ülalkirjeldatud püüdjaist kõige täiuslikumaiks loetakse praegusel ajal lahtist tüüpi flotatsioonilisi ja vaakuum-tüüpi filtreerivaid püüdjaid. Need tõrjuvad järk-

järgult välja muud tüüpi püüdjad nii välismaal kui ka NSV Liidus.

P a b e r i m a s i n a p r e s s i o s a. Paberilaid sisaldab pärast gautš-valtsi 15—18% abs. kuivainet ja 85—82% vett. Edaspidine vee eemaldamine temast toimub pressi-



J o o n. 37. Paberimasina pressiosa skeem.

osas, mis tavaliselt koosneb kolmest nõndanimetatud märgpressist (joon. 37). Press koosneb kahest valtsist: ülemisest ja alumisest, nende vahel on lõputu vilt; press saab liikumise alumiselt valtsilt, mis on ühendatud ajamiga. Kaks esimest pressi on otsesed: paber läheb neist läbi pealmise küljega vastu siledat valtsi. Kolmas press on väga sageli pöördeline — paber teeb sellesse sisseminekuu eel pöörde ja läheb alumise küljega vastu siledat valtsi. Seejuures silutakse ebatasasused ja esimese kahe pressi viltide jäljendid, nõndanimetatud markeering. Pressi ülemine valts tehakse harilikult graniidist, rauast südamikuga, harvemini malmist. Kogemused näitavad, et graniidist valtsile kleepub paber vähem külge kui malmist valtsile. Siin mängib suurt osa graniidi poorsus. Poo-

rides leiduv õhk surutakse paberi pressimisel kokku, ja pärast paisudes surub ta paberi valtsi küljest lahti. Pressi alumine valts kaetakse kummiga, et vähendada ülemise valtsi erisurvet paberile. Kummist kihi muljunemise tõttu puutuvad valtsid kokku mitte joont-pidi, vaid teatud pinnal, mis on seda suurem, mida pehmem on kumm, kuid surve pinna ühikule vastavalt väheneb. Esimese pressi jaoks võetakse pehmem kumm, teise jaoks kõvem ja kolmanda jaoks veel kõvem. Alumine valts paindub keskel oma raskuse ja ülemise valtsi surve mõjul ja eemaldub ülemisest valtsist. Kuid paberi ühtlasemaks pressimiseks peavad valtsid tihedalt üksteise ligi olema kogu oma pikkusel. Seepärast alumine valts bombeeritakse, s. t. tema läbimõõt keskel tehakse veidi suurem kui otstes. Kuna alumise valtsi surumine, järelikult ka tema paindumine suureneb esimesest pressist kolmanda poole, siis vastavalt sellele suureneb ka valtside bombeerimine. Komplitseeritud kangide abil koormatakse ülemise valtsi mõlemad tapid raskustega, millede arvu võib muuta surumise reguleerimise otstarbel. Tavaliselt töötab esimene press survega umbes 20—25 kg 1 sm valtsi pikkuse kohta, teine — 25—30 kg ja kolmas — 30—35 kg. Praegusel ajal toimub uutel masinatel surve ülemise pressi-valtsi tappidele kokkusurutud õhuga pneumaatilise silindri kaudu. See võimaldab täpselt manomeetri järgi reguleerida ja arvestada survet. Märgpressi ülemine valts on veidi tagasi nihutatud, nagu gautšilgi, mille tõttu paber esmalt surutakse vastu ülemise valtsi silindrilist pinda ja alles pärast satub valtside vahemikku. Valtside sellises seisundis antakse surve paberile edasi enam järk-järguliselt kui siis, kui valtsid oleksid asetatud vertikaalselt üksteise kohale. Ülemise valtsi pinna puhastamiseks seatakse terasest, pronksist või kautšukist õhuke šaaber (kaabits). Alumise valtsi all asub küna paberist väljapressitud vee ärajuhtimiseks.

Igal pressil on oma nõndanimetatud märg vilt. Viltide ülesanne on transportida gautš-valtsi juurest esimese pressi juurde ja siis teise ja kolmanda pressi juurde toorest ja veel nõrka paberit. Peale selle, pehme ja küllalt paks vilt pehmendab valtside surumist paberile. Märgade viltide 1 m^2 kaal kõigub 500 kuni 700—800 g piires. Esimese pressi jaoks, mis võrdlemisi väikese rõhumise all paberist suurima hulga vett välja pigistab, valitakse vett hästi läbilaskev õhuke ja hõre vilt. Teise, eriti aga kolmanda pressi jaoks võetakse paksemad, tihedamad ja tugevamad vildid, kuna need satuvad suurema surve alla ja peavad enesest võrdlemisi väikesi veekogusid läbi laskma. Esimese pressi vilt haarab viltijuhtivat valtsi gautši alumise valtsi juures, siis tõuseb teise valtsi juurde ja seda ümber haarates laskub veidi esimese pressi valtsi poole. See puudutab ülemist valtsi, nagu me juba tähendasime, enne alumise valtsiga kokkupuutumise kohta. Pressist läbi minnes liigub esimene vilt peaaegu horisontaalselt teise pressi vildi suunas, ja haaranud ümber kolmanda viltijuhtiva valtsi, laskub järsult alla. Esimese vildi alumisel harul on mitu viltijuhtivat valtsi, üks neist, kahe liikuva laagriga, on määratud vildi pingutamiseks, kuid teine, ühe liikuva laagriga, — vildi juhtimiseks. Peale selle on olemas üks valts kahe kumera spiraaliga pinnal, mis lähevad lahku keskkohast valtsi otste poole. See valts kõrvaldab vildilt voldid. Teise pressi vilt erineb esimese omast sellega, et ulatub ühe oma silmusega kaugele kolmanda pressi alla. Kolmanda pressi vilt tõuseb vertikaalselt ja pöördub pärast horisontaalsesse suunda paberi liikumise suunas. Nende presside mõlemad vildid, samuti nagu esimese pressi vilt, omavad vildi veo valtse, vilti pingutavat ja vilti juhtivat valtsi.

Vildid töö juures täituvad aeg-ajalt peente kiududega, kampoli osakestega ja kaoliiniga, nende karv kulub ära.

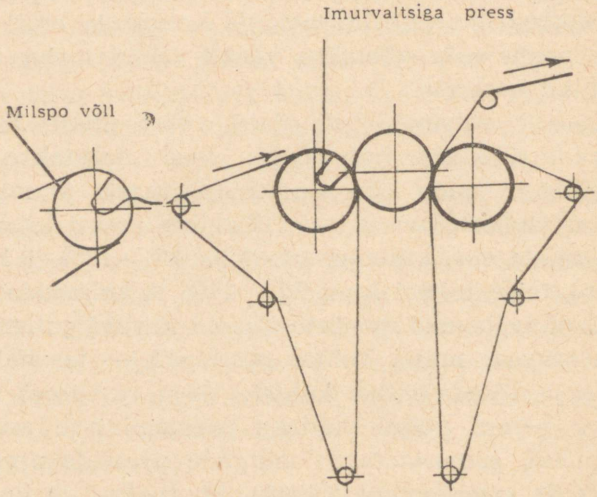
Et pikendada vildi töötamise aega, pestakse teda masina töötamise ajal vildipesijas. Esimesel pressil kohaldatakse sagedamini vildipesijat kahe valtsiga (ülemine malmist ja alumine kaetud kummiga), võimsa pritsveega nende ees. Prits peseb vilti, aga valtsid pigistavad sellest välja mustunud vee. Vildipesija asub vildi alumisel harul enne ülemist pöörangut. Kasutatakse ka vildi imur-pesijat — pikerguse piluga toru. Pilu asetub vastu vilti, kusjuures mustustega vesi imetakse vildist välja pilu kaudu. Teise ja kolmanda pressi vildid mustuvad vähemal määral. Kolmandat pressi vildipesijaga ei varustata. Teisele pressile pannakse sageli Vikery vildipesija. See on põiki vilti liikuv kahekordne düüs: ühe avause läbi tuleva tugeva kuumavee joaga pestakse vilt, teise avause kaudu imetakse vildist välja mustunud vesi.

Vildi tööiga oleneb peaasjalikult paberimasina kiirusest: iga on seda lühem, mida kiiremini liiguvad vildid ja mida enam läheb nendest üle paberit. Esimese pressi vilt töötab umbes ühe nädala, teise ja kolmanda oma kuni 2 nädalat; peale seda võetakse vanad vildid maha ja pannakse uued asemele.

Pressiosas vabaneb paberilaid veest kuni 30—36%, vahel kuni 40% abs. kuivaineni: vesi surutakse välja seda pahemini, mida kiiremini töötab masin ja mida rasvasem on ümbertöötatav mass. Esimese pressi toimel tõuseb paberilaia abs. kuivaine sisaldus 15 — 18%-st kuni 24 — 28%-ni, teise toimel kuni 26 — 34% ja kolmanda toimel 30—38%-ni (vähemad numbrid käivad kiirekäiguliste masinate ja rasvase massi kohta, suuremad — tasakäiguliste masinate ja sõreda massi kohta). Väga rasvasest massist koosneva paberi puhul, näiteks pärgamiini ja asepärgamendi puhul, suurendatakse märgade presside arvu kuni 4—6; sõreda massi puhul, näiteks filterpaberi ja kuivatuspaberi tootmisel, võib piirduda ka kahe pressiga.

Kiirekäigulistel masinatel (275 — 325 m/minutis) ehitatakse esimese pressi alumine valts imurvaltsina. Väga suure kiiruse korral (350 — 425 m/minutis) asetatakse imurvalts ka teisele pressile. Tavalistel pressidel oleks sääraste kiiruste juures võimata töötada, sest et paber, jõudmata küllaldaselt veest vabaneda sõelaosas, oleks surutud pressidel puruks. Viimase aja väga tähtis täiendus on imurpressi alumise aukliku pronksist valtsi katmine kummiga. See võimaldab vett paberist eemaldada mitte ainult imemisega, vaid lubab ka ülemist valtsi peale suruda, riskimata paberilaida puruks litsumast.

Mõni aasta tagasi leiutati Ameerikas nõndanimetatud kaksikpress, mis asendab kogu paberimasina pressiosa. See (joon. 38) koosneb kolmest valtsist, mis on tihedalt asetatud üksteise kõrvale. Paber satub gautšist esimese valtsi vildile, liigub ühes viimasega esimese ja teise valtsi vahelt läbi, pöördub ümber teise valtsi ja tõuseb teise



Joon. 38. Märg kaksikvalts.

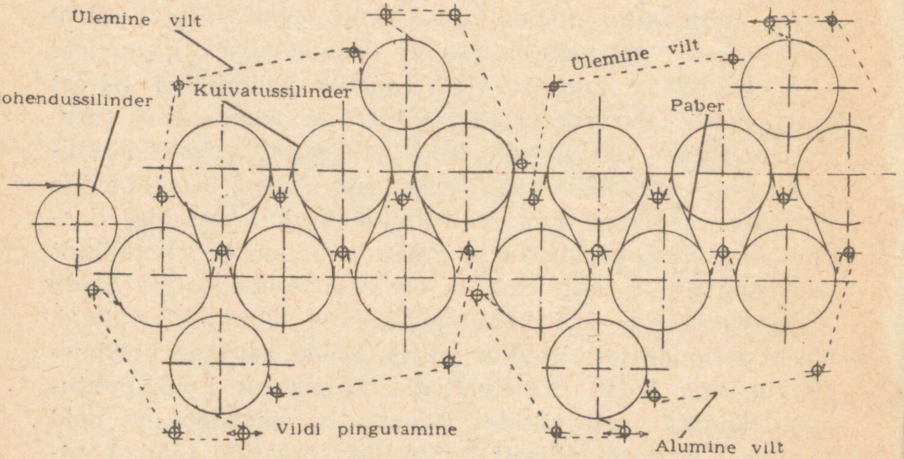
valtsi ja kolmanda valtsi vildi vahelt üles; vildi pealt juhitakse paber kuivatamisele. Esimene valts ja vahel ka kolmas ehitatakse sagedasti imurvaltsidena. Kaksikpressi põhiliseks paremuseks on paberimasina pressiosa pikkuse tunduv lühenemine.

Viimasel ajal on hakatud ikka enam ja enam tarvitusele võtma ammu tuntud ilma vildita ja kahe valtsiga o f s e t p r e s s i — üks valts kummist ja teine poleeritud malmist. See seatakse üles pressiosa lõpul tavalise kolmanda või kaksikpressi järele. Ofsetpressi ülesandeks ei ole niivõrd vee väljasurumine, kuivõrd paberipinna tasandamine ja sõeltest tekkinud jäljendite kustutamine.

Paberimasina kuivatusosa.

Eelnevast me teame, et peale vee eemaldamist märgpressidel jääb paberisse 60 — 70% vett: rasvase massi ja kiirekäiguliste masinate juures — enam, sõreda massi ja tasakäiguliste masinate puhul — vähem; näiteks ajalehepaberil, mida valmistatakse kiirusega 360 — 420 m. minutis, on normaalne niiskus kuivatusosa ees 69 — 70%; paksu suulisepaberi või pakkimispaberi valmistamisel, kus kiirus ei ületa 100 m minutis, võib veehulk paberilaias pärast märgpresse olla 60% ja vähem. Peale mehaanilist surumist paberisse jäänud vesi eemaldatakse paberimasina kuivatusosas aurutamise abil. Paberist vee eemaldamine kuivatusosas läheb tunduvalt kallimaks kui pressidel. Seepärast on vaja püüda välja pressida pressidel võimalikult suuremat hulka vett. Selleks on vaja täiesti korras hoida kogu pressiosa, eriti kummiga kaetud alumised valtsid. Vaja perioodiliselt lihvida valtse, hoida sarnane bombeerimine, mis tagab pressivaltside normaalse kokkupuutumise, jälgida märgviltide seisukorda, õigeaegselt neid vahetada ja perioodiliselt kontrollida presside tööd, kontrollides paberi niiskust kuivatusosa eel.

Kuivatusosa praegusel paberimasinal koosneb tavaliselt kahest horisontaalsest reast kuivatussilindreist, mida kuumendatakse seest auruga. Silindrid on paigutatud malekorras (joon. 39). Paberilaid satub pöördepressilt nõndanimetatud juhtimissilindrile, mis on tavaliselt vähema läbimõõduga kui kuivatussilindrid. Juhtimissilindri ümber käinud paberilaid liigub edasi kuivatusosa esimesele alumisele silindrile. Siit ta tõuseb esimesele ülemisele silindrile, edasi langeb alla teisele alumisele silindrile jne., ümber haarates siksakiliselt kõik silindrid. Paberi läbiviimise hõlbustamiseks masina käikulaskmisel ja paberilaia rebenemisel, samuti ka tihedamaks paberi ligisurumiseks kuivatussilindrite kuumale pinnale kasutatakse nõndanimetatud kuivatusvilte. Tehakse vahet ülemiste viltide — silindrite ülemise rea jaoks — ja alumiste viltide vahel — alumise rea jaoks. Vilt hõlmab kuivatussilindreid umbes poole ringi ulatuses, liigub koos nendega grupi viimase silindrini ja tuleb tagasi esimese



Joon. 39. Paberimasina kuivatusosa skeem.

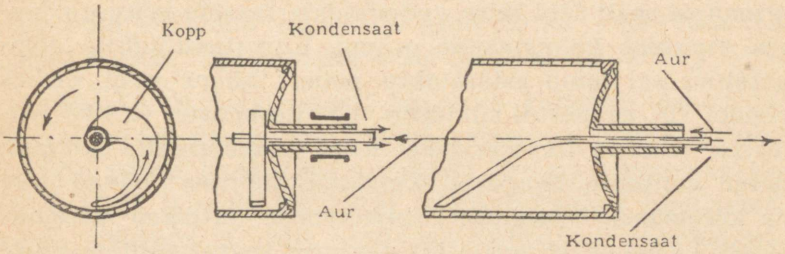
silindri juurde. Kuivatussilindrite arv grupis, mis on ümber haaratud ühest vildist, on väga mitmesugune: alates ühest kuivatussilindrist masinatel, mis valmistavad eripaberite sorte, kuni 20 ja enam silindrini kiirekäigulisel ajalehemasinal. Kuivatusvildid niiskuvad kokkupuutumisest märja paberiga, samuti ka vildi poorides kondenseeruvatest vee aurudest, mida paberist eemaldatakse. Seepärast tagasiteel grupi esimese silindri juurde kuivatatakse kuivatusvilti vildikuivatussilindril. Vildikuivatussilindrite pind tavaliselt võrdub 25—30%-le paberikuivatuse silindrite pinnast. Kui näiteks grupis, mida teenindab üks vilt, on 4 silindrit läbimõõduga 1,5 m, siis seatakse üles üks vildikuivataja sama läbimõõduga jne. Kuivatusvildid, samuti kui pressivildid, hoitakse ülal ja suunatakse vildivaltsidega, mille hulgas on vilti pingutav ja vilti juhtiv valts. Esimesel liiguvad mõlema otsa laagrid edasi üheaegselt kahe pika kruvi abil, teisel on üks liikumatu ja üks liikuv laager. Vildi vetruva pingutuse otstarbel omab üks vildi valtse laagreid, mis asuvad raskustega varustatud kangidel või vedrudel.

Paberi kuivatamiseks kasutatakse tavaliselt pakse villaseid vilte kaaluga 1 m^2 — 3000 — 3500 g. Need kui ka pressivildid valmistatakse lõputu kangana määratud pikkusega, mis on vajalik silindrite antud grupile. Nende laius võrdub kuivatussilindri pikkusele. Töötavad kuivatusvildid paberimasinal 3 kuni 6 ja enam kuud, sõltuvalt töötingimustest. Pikema aja nad peavad vastu kuivatusosa lõpul, kus paber on kuivem ja auru vähem; kuivatuse algul ja keskel, kus on niiske paber ja tugev auramine, nad kuluvad kiiremini. Peale villaste viltide kasutatakse paberi kuivatuseks ka puuvillaseid kokkuõmmeldud vilte, kaaluga umbes 1700 g/m^2. Neid seatakse tavaliselt kiirkäigulistele paberimasinatele suure arvu silindritega ühes grupis; sel

juhul muutub villane vilt väga raskeks ja teda on raske masinale peale tõmmata. Puuvillaste kuivatusviltide väärtuseks on nende suhteline odavus ja pealetõmbamise hõlpsus: uus vilt nõelutakse vana vildi otsa külge, mis on põigiti lahti lõigatud, ja tõmmatakse vana vildiga järk-järgult masina aeglasel liikumisel üle kõigi silindrite ning selle järel nõelutakse kokku. Puuvillaste viltide puuduseks on see, et nad jätavad jäljendi (markeeringu) paberi niiskele laiale. Puuvillased vildid kuluvad kaks-kolm korda kiiremini kui villased. Viimasel ajal on kasutamist leidnud kuivatusvildid asbestkiudude seguga, mis on silmapaistvad oma töötamise kestusega.

Kuivatussilindrid valatakse malmist. Nende normaalne läbimõõt on 1,5 m, pikkus 100—150 mm võrra suurem paberi laiusest pärast kolmandat pressi; seinte paksus on 25 mm. Silindri mõlemale otsale kinnitatakse poltide abil malmist kaaned; viimased on varustatud tappidega, mille abil nad seatakse masina raamil leiduvatesse laagritesse. Silindri sisemuse ülevaatuseks on ühel kaanel (teenindamispoolsel küljel) poltidega kinnitatav luuk. Tapp ajamipoolses küljes tehakse veidi pikem, et sellele asetada ühte silindrit teisega ühendavat hammasratast. Tapp tehakse õõnes; sellele kinnitatakse eriline pea auru sissetoomiseks ja silindrist kondenseerunud vee ärajuhtimiseks. Igal silindril on terasest šaaber, mis puhastab silindri pinda ja hoiab ära rebenemise puhul paberi pealekerimise sellele. Silindrisse aurutoov toru ulatub tavaliselt silindri vastaspoolse otsani: aur jaguneb silindris ühtlaselt torus leiduvate väikeste avauste kaudu. Kondensaat eemaldatakse silindrist kopa või sifooni abil (näidatud joon. 40). Sifoonid üsna tihti murduvad, mis kutsub esile tööseisakuid masina remontimise otstarbel. Kopad omakorda, ka tigukarbikujulises täiustatud vormis, kõlbavad vaid teatud masina kiiruseni; suure kiiruse puhul

kasvab tsentrifugaaljõud sel määral, et takistab vee väljavoolamist silindrist. Seepärast pannakse kiirekäigulistele masinatele tavaliselt sifoonid. Kondensaadi õigeaegne ja võimalikult täielik eemaldamine silindrist on väga tähtis,



Joon. 40. Kopp (vasakult) ja sifoon (paremalt) kuivatussilindrist kondensaadi eemaldamiseks.

sest kondensaadi isegi õhuke kiht silindri siseseinal halvendab märgatavalt soojuse ülekannet. Selle tulemusena väheneb kuivatusosa jõudlus ja langeb silindri seinte temperatuur, mis rikub kuivatuse ettenähtud režiimi. Kuivatussilindrist vesi läheb läbi kondenspoti, mis laseb läbi vett, kuid ei lase läbi auru; kogutud kondensaat pumbatakse tagasi jõujaama katelde toitmiseks.

Paberi kuivatuseks tarvitatakse auru rõhuga 2—2,5 at. Aur tuuakse kuivatusossa peaaurujuhtme kaudu ja jaotatakse kuivatussilindritesse. Auruandmist reguleeritakse ventiiliga peajuhtmel, samuti ka ventiilidega üksikute silindrite jaotusjuhtmetel. Ventiilid jaotusjuhtmetel seatakse nõnda, et silindrite temperatuur järk-järgult suureneb, alates 40—50° esimesel juhtimissilindril kuni 90—100° ja enam viimastel silindritel.

Nüüdisaegsetel kiirekäigulistel masinatel tarvitatakse grupiviisi auru jaotamist kuivatussilindritesse. Algul tuleb aur ühtlase survega viimaste silindrite gruppi, paberi käigu

järgi arvates. Siin osa aurust kondenseerub ja annab oma soojuse paberile. Kondenseerumata auru ja kondensaadi segu läheb silindrist vee-eraldajasse. Eraldunud vesi juhitakse läbi kondenspoti koondtorustikku. Kuivatatud aur veidi alanenud survega läheb teise (keskmisse) silindrite gruppi ja sealt läbi teise vee-eraldaja masina märgosa juures asuvasse kolmandasse gruppi. Kuivatussilindrite temperatuur sel juhul määratakse paberi käigu järgi umbes nõnda: 70° esimestel silindritel, 85° keskmistel ja 100° viimastel (masina forsseerimisel need temperatuurid kõrgendatud surumise tagajärjel kuivatussilindrites võivad olla ka kõrgemad). Niisuguse aurujaotamise süsteemi paremus seisab ka selles, et aur ei jää peatuma kuivatussilindritesse. See soodustab õhu eemaldamist silindritest, vähemgi õhu lisand aurus mõjub aga eriti kahjulikult kuivatusele.

Kuivatusosa algul märg paberilaid ainult soojeneb. Siis algab vee aurumine, mis on kõige intensiivsem kuivatusosa keskel. Kuivatuse lõpuks aurumine järk-järgult väheneb, mis on seletatav halva soojusüleandmisega silindri malmist seinast peaaegu kuivale paberile.

Paberimasina kuivatusosale auruga antud soojus tuleb osaliselt tagasi jõujaama ühes kuuma kondensaadiga kuivatussilindritest. Muust osast soojuse põhiline hulk kulub ära paberi soojendamiseks ja sellest vee aurutamiseks. Seda soojuse kulu võib arvata kasulikuks. Teatud hulk soojust läheb kaotsi paberiga ja vildiga katmata kuivatussilindri seinte ja kaante kaudu kiirgamise ja konvektsiooni tagajärjel. See soojus loetakse kadunuks, kuigi selle arvel soojeneb masinat ümbritsev õhk (see on vajalik paberimasinate saali ventilatsiooniks ja paberist väljaauranud veeaurude eemaldamiseks saalist). Tähendatud soojuse kadu moodustab tavaliselt ⅓ soojuse üldkulust. Järelikult kuivatuse kasulikkuse koefitsient, võr-

dudes soojuse kasuliku kulu ja kogukulu suhtega, moodustab $\frac{1-1/3}{1} = 2/3$, ehk 66—67%. Auru kulu paberi kuivatamiseks sõltub peaasjalikult viimase niiskusest enne kuivatust ja moodustab keskmiselt 3—3,5 kg auru 1 kg paberi kohta. 1 m² kuivatussilindrite pinda, mis on kaetud paberiga, võib aurutada tunnis 10 kuni 20 kg vett, sõltuvalt paberi sordist, aga forsseerimisel ka kuni 24—26 kg.

Järk-järgult kuivatusosal kuivades kahaneb paberilaid laiuses 3—6% võrra, aga rasvase jahvatuse juures koguni 8—12% võrra. Seda tuleb arvestada masina konstrueerimisel ja sõela laiuse määramisel. Märgosal paber, vastuoksa, venib pikkuses 5—10%, sõltuvalt jahvatuse rasvasusest. Seda tuleb arvesse võtta üksikute masinaosade suhteliste kiiruste valikul. Sõel näiteks peab liikuma 5—10% võrra aeglasemalt kuivatusosast.

Võrdlemisi väikese kiiruse juures (kuni 150 m/minutis) masina käikulaskmisel juhitakse paberit käsitsi kuivatussilindritele. Kirjeldatud konstruktsiooniga kuivatusosa juures, millel puuduvad paberiveo valtsid, on see töö märgatavalt hõlbustatud võrreldes kuivatuse endise ehitusega, kus paberilaid tuli kuivatussilindrite vahedest läbi viia üle nõndanimetatud paberiveovaltside. Kuid masinate kiiruste juures üle 200 m/minutis on paberi käsitsi läbiviimine masinast peaaegu võimatu. Sellistel juhtudel kasutatakse tavaliselt kahekordset Sheahan'i köiekest; kuivatusosa algul see haarab oma harude vahele paberi otsa ja veab seda kõiki silindreid mööda.

Kirjeldatud kuivatusprotsessis soojus antakse üle paberile kokkupuutumisega kuivatussilindrite kuuma pinnaga. Papi ja tselluloospapi valmistamisel kasutatakse kõrvuti sellega õhukuivatust, mis sünnib erilise konstruktsiooniga kapis. Suurema leviku on viimasel ajal saanud Flekt-

fabrikeni süsteemi kuivatus. See on suletud pikk kapp mitme horisontaalse rulltüüpi transportööriga. Tselluloosilaid tuleb pikkamisi ülemisele transportöörile, käib mõne korra edasi-tagasi järgmisi transportööre mööda ja väljub kapist alumiselt transportöörilt. Oma teekonnal ta soojeneb ringleva kuuma õhuga. Flekt-fabrikeni kuivatuse paremused võrreldes silindritel kuivatusega on: väiksem auru erikulu, hügieenilisemad töötingimused, sest niiskuse väljaauramine toimub kinnises kapis, ja lõpuks madalam kuivatuse temperatuur, mis hästi mõjub tselluloosi kvaliteedile. Mõningal määral on leviku saanud vaakuumkuivatus. Siin on tavaline kuivatusosa asetatud hermeetiliselt suletud malmplaatidest kambrisse, kuhu õhku ja veeauru äraimeva pumba abil luuakse kuni 94—96% vaakuum. Nendes tingimustes toimub intensiivne auramine juba 30—35° juures. Kuivatussilindrite arv väheneb seejuures peaaegu kahekordselt, termiline kasukraad kasvab kuni 93—95%, ja auru kulu vastavalt väheneb; langeb ära vajadus ruumide ventilatsiooniks ja töö tingimused muutuvad hügieenilisemaks kui tavalise kuivatuse juures.

Kuivatusosa läbikäinud paber sisaldab 5—8% vett. Ta on kuumendatud kuni 80—90° ja edaspidise töötamise eel on soovitav teda jahutada. See toimub jahutajas, milleks sagedamini kasutatakse ühte või kahte vasega kaetud malmist silindrit. Silindrid jahutatakse seestpoolt veega. Paberi läbiviimise hõlbustamiseks asetatakse niisugused jahutussilindrid ühistesse viltidesse kahe viimase kuivatusgrupiga (ülemine ja alumine).

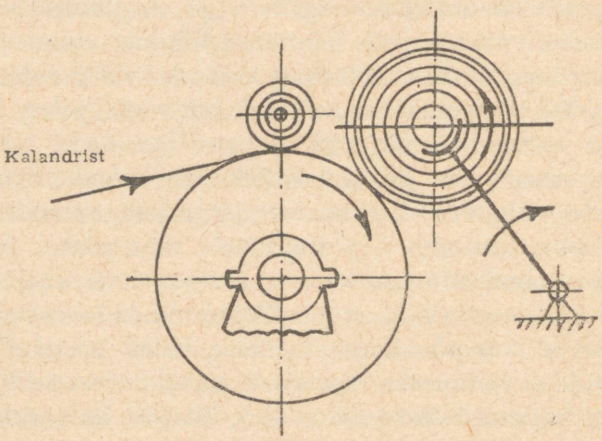
Jahutajas jahtunud paberilaid juhitakse kalandritele, mida teisiti nimetatakse silujateks. Paber saab seejuures nõndanimetatud masina-sileduse või läike. Kalander kujutab endast vertikaalset patareid, mis koosneb 3—8 malmist

valatud valtsist ja mis asuvad üksteise peal. Alumine valts, läbimõõdult kõige suurem, on bombeeritud, et vältida paindumist sellel lamavate ülemiste valtside raskusest. Ta on asetatud liikumatuile laagritele ja on ühendatud ajamiga. Teistel valtsidel, mis pannakse liikuma alumise valtsi kaudu, on laagrid, mis libisevad kalandri vertikaalses raamistikus. Tasakäigulistel masinatel juhitakse paber käsitsi ülemisest valtsist läbi. Kiirekäigulistel masinatel juhitakse ta kokkusurutud õhu joa abil kallak-renni kaudu kahe ülemise valtsi vahele. Paber haarab järgmised kalandri valtsid ülalt alla, alistudes üha suuremale rõhumisele, ja tuleb soovitud astmeni silutuna kahe alumise valtsi vahelt välja. Valtside enda survet on võimalik suurendada raskustega, mis mõjuvad kangide kaudu ülemise valtsi laagritele. Paberi sileduse tõstmiseks seatakse vahel üksteise kõrvale üles kaks kalandrit. Paber, mis on esimesest kalandrist läbi käinud, juhitakse teise.

Kalendri valtsidel on terasest šaabrid, mis puhastavad valtside pinda ja takistavad paberi kerimist nendele. Hõõrumisest valtsid soojenevad. Alumisi valtse võib jahutada düüsidest juhitud külma õhuga. Seda kasutatakse mitmes kohas valtsi paksuse reguleerimiseks. Eriti tähtis on see rullpaberi (trüki- ja ajalehepaberi) valmistamisel, nende rullid peavad olema keritud laitmatult ja ühtlaselt, ilma pehmete ja kõvemate vööndideta. Pehme vöönd rullis tekib selles kohas, kus paber on õhem. Kui kalandri valtse jahutada õhuga selles kohas, nende paksus veidi väheneb, vastavalt väheneb valtsi rõhumine paberile, viimase paksus suureneb ja pehme vöönd rullil kaob. Kalandri valtse on aeg-ajalt vaja reguleerida ja lihvimispingil lihvida.

Paberilaid, läbinud kalendrid, keritakse rulli rullaparaadil. Kaasaegsetel paberimasinatel kasutatakse sagedasti väga lihtsa konstruktsiooniga rullaparaati. See

koosneb malmist trumlist läbimõõduga umbes 1,5 m, mis pöörleb alalise ringkiirusega ajami kaudu; selle kiirus on võrdne paberilaia kiirusele (joon. 41). Trumli ülemisel

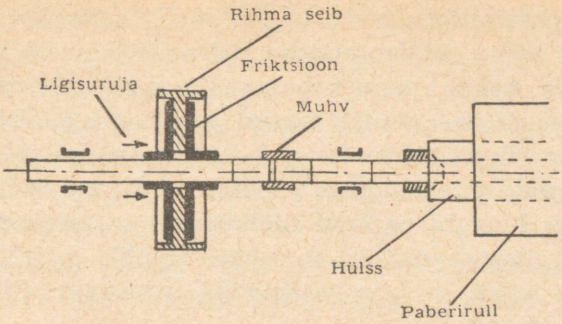


Joon. 41. Rullaparaat paberi kerimiseks.

silindrilisel pinnal asub raske raudvalts, nõndanimetatud tambuur, läbimõõduga 350—600 mm (sõltuvalt masina laiusest). Paberilaid juhitakse õhudüüsiga kalandrilt trumli ja tambuuri vahele ja hõõrumise tagajärjel keritakse tambuurile. Saadakse tihe ja ühtlaselt keritud rull. Töötava tambuuri kõrvale on rullaparaadi trumlile paigutatud tagavaratambuur. Sellele juhitakse paber pärast esimese rulli kerimise lõpetamist. Keritud rull võetakse kraana abil rullaparaadilt maha ja suunatakse viimistlemismasinaile edasiseks töötlemiseks; selle asemele pannakse teine tagavaratambuur jne.

Vanadel paberimasinatel kasutatakse tavaliselt nelja vardaga friktsioontüüpi rullaparaati (joon. 42).

Paberilaid keritakse puust või rauast kestale. Kest on asetatud kandilisele raudvardale ja kinnitatud sellele koo-



Joon. 42. Friktsioon-rullaparaat.

nusekujuliste malmist otsapuksidega, mis on varustatud kinnitamiskruvidega. Varras oma kahe treitud kaelaga lamab rullmasina tugedele kinnitatud laagritel. Varrast võib liikuva siduri abil ühendada ajami võlliga, mille laagrid on kinnitatud kahele lisatoele. Võllile on asetatud friktsioonsidur — kaks ketast, millest üks võib liikuda telje suunas. Nende ketaste vahel asub võllile vabalt paigutatud rihmaseibi kettakujuline kere. Rihmaseib pöörleb ajami rihma kaudu nõnda, et tema tiirude arv on veidi suurem kui hülsi suurim tiirude arv. Hülss pannakse ringlema friktsioonsiduri abil. Vajalikku tiirude arvu vähenemist saavutatakse paberilaia pingutamise abil. Tänu siduri ketaste hõõrumisele vastu rihmaratta keret pidurdub tiirlemisele kaasahaaratud hülss seejuures automaatselt. Otsekohe pärast paberi juhtimist hülsile, kui keritava paberi rulli läbimõõt on veel väike, peab hülss tegema suure arvu tiirusid, sest ainult sel tingimusel võrdub paberirulli ringkiirus paberilaia kiirusega masinal. Paberirulli läbimõõdu suurenemisel selle tiirude arv üha väheneb. Siis suureneb libisemine alalise kiirusega pöörleva rihmaratta kere ja võlli peale kinnitatud ketaste vahel. Friktsioonsiduri surumise astet regu-

leeritakse käsirattaga vedru kaudu, mis liikuvat ketast surub rihmarulli vastu. Et suurendada hõõrumist ketaste ja rihmaratta kere vahel, pannakse sinna vahele paksust vildist rõngad (sageli — gautši vanast manšoonist). Friktsioonrullaparaat nõuab töötamise ajal alalist järelevalvet, perioodilisi ülevaatusi ja rõngaste vahetamist. Konstruktiivselt on see hoopis komplitseeritum ülalkirjeldatud ameerika tüüpi trummel-rullaparaadist ja on vähe kõlblik kiirekäiguliste masinate jaoks. Uutele masinatele friktsioon-rullaparaate asetatakse harva.

Paberimasinate ruumi ventilatsioon.

Kuivatusosas aurab paberilaidadest välja suur hulk vett ja paberimasinat ümbritsev õhk läheb küllalt kuumaks. Sellejuures tekib paberimasinate ruumis kuum ja niiske atmosfäär, mis takistab tööd masina juures. Seepärast ehitatakse praegusel ajal siia alati võimas imevsurve tüüpi ventilatsiooniseade, värske õhu juurdetoomisega ruumi ja kuumenenud niiske õhu ärajuhtimisega ruumist. See on vajalik selleks, et vee äraauramine paberist toimuks normaalselt; masinaruumi niiskes õhus on see takistatud.

Mida soojem on õhk, seda enam võib ta sisaldada vee aurusid. Näiteks 40° juures võib 1 kg kuiva õhku imada 50 g vett, 20° juures — 15 g, 0° juures — 4 g ja —20° juures ainult 1 g. Värske õhk tuleb ruumi suvel temperatuuriga umbes 20°. 65% suhtelise niiskuse juures sisaldab 1 kg kuiva õhku 10 g vett. Õhk soojeneb masinaruumis kuni 40° ja läheb ruumist ära 80% niiskusega, sisaldades juba 40 g vett 1 kg kohta. Nii siis 1 kg õhku imab ja viib ära masinaruumist 40 — 10 = 30 g vett, mis on paberist välja auranud. Teades valmistatavast paberist 1 tunni jooksul äraaurava vee hulka, võib arvutada veeaurude eemal-

damiseks vajaliku õhu hulga. Talvel tuleb värsket õhku täiendavalt soojendada auruga kalorifeeris. Õhk tuuakse ruumi ventilaatoriga ja eemaldatakse ruumist tõmbetoru või ekshaustori kaudu. Et talvel auru kokku hoida värske õhu täiendavaks soojendamiseks, nüüdisaegsetes suurtes käitistes soojendatakse värsket õhku erilistes soojusvaheldajates äratöötanud niiske õhu soojuse arvel.

Töö masina juures. Tööliste brigaad paberimasina juures koosneb masinajuhist, kuivatajast, rullijast ja pressil töötajast.

Paberimasinajuht on brigaadi juhataja. Tema vastutab paberi väljatöötamise ja kvaliteedi eest, masina korrashoiu ja riietuse eest. Tema juhib masina käikulaskmist ja seismapanekut, samuti ka sõela, manšooni ning pressi- ja kuivatusviltide vahetust. Tema jälgib vahetult segamisbasseinide, liivapüüdja, puhastajate, masina sõelaosa, märgpresside ning massi-, ringvee- ja õhupumpade töötamist. Masina käikulaskmisel reguleerib paberimasina juht massi, ring- ja värske vee andmist, masina kiirust; kohandab ja reguleerib imurite tööd, gautši ja märgpresside surumist, paberi pingsust presside vahel; kohandab käikulaskmisel ja kontrollib masina käigu ajal paberi formaati ning paberi 1 m^2 kaalu. Masina seismapanekul suleb massi ja vee juurdevoolu; laseb välja liigse massi sõlmepüüdjaist, survekastist ja mujalt püüdmisseadeldisse, peseb sõela ja jätab selle seisma. Paberimasina juht jälgib ka masina osade ja riietuse korrashoidu, korratuste märkamisel teatab nendest vahetusmeistrile. Tema teeb sissekandeid raamatusse masina töö ja vajalike remontide kohta ja võtab osa remonditud masinaosade vastuvõtust. Töötamise ajal peab paberimasina juht sidet hollendrite vanemaga või defibreerijaga, informeerides neid paberimassi kvaliteedi ja hulga üle masina basseinides.

Masinajuhi töö on mitmekesine, vastutusrikas ja kõrgesti kvalifitseeritud; see nõuab erilist väljaõpet ja kestvat praktilist kogemust. Kondrovi vabriku paberimasinajuht I. K. Pronin sai stahhaanovliku liikumise initsiaatoriks paberitööstuses, milline liikumine on ümber lükanud vanad paberimasinate, defibrööride ja keedukatelde toodangu normid ja on üles seadnud uued normid, mis vanu kaugelt ületavad.

Kuivataja on masinajuhi abi. Tema jälgib paberimasina kuivatusosa töötamist alates esimesest kuivatussilindrist kuni rullaparaadini, paberi kuivatamist ja selle normaalset niiskust rullaparaadil. Olles seotud kehtiva kuivatusrežiimiga, ta reguleerib auru juurdetulekut kuivatussilindritesse, samuti ka üldisesse magistraali. Tema jälgib kondenspottide korrashoidu ja tööd, kuivatussilindrite õlikannude seisukorda ja laagreid, reguleerib kuivatusviltide käiku ja seisukorda, jälgib paberi kvaliteeti ja teadustab märgatud defektidest masinajuhile. Enne masina käikulaskmist kuivataja avab ja soojendab silindreid; seismajätmisel vaatab need üle, et neisse ei jääks kondensvett. Tema jälgib paberi kerimise korralikkust ja kontrollib rullija tööd, masina käikulaskmisel aga ja paberi rebenemisel juhib koos rullijaga paberit kuivatussilindritele, kalandrile ja rullaparaadile. Masina seisakutel kuivataja võtab osa masina riietuse vahetamisest, vaatab üle ja vahetab tihendused kuivatussilindrite aurutopendites.

Rullija on kuivataja abi ja töötab tema järelevalve all. Ta jälgib rullimisaparaadi tööd ja korrashoidu, reguleerib paberi pingsust ja kerimist hülssidele või tambuuridele; ta võtab ära paberirullid rullaparaadilt ja paigutab need määratud kohale; koos kuivatajaga ta asetab hülsid või tambuurid rullaparaadile ja juhib nende peale paberi, puhastab šaabrid kuivatussilindritel ja kalandril. Masina seismajät-

misel rullija võtab osa masina riietuse vahetamisest, võtab lahti ja vahetab rõngad friktsioon-rullaparaadil. Masina käikulaskmisel ja paberi rebenemisel ta koos kuivatajaga juhib paberit kuivatussilindritele, kalandrile ja rullaparaadile.

Pressija allub vahenditult paberimasina juhile ja töötab tema järelevalvel. Suunamisvaltside abil ta reguleerib sõela ja pressiviltide liikumist, juhib niite, mis hoiavad ära paberi rebenemist pressidel, puhastab presside šaabreid praagist. Masina seismajätmisel pressija võtab osa masina riietuse vahetamisest, käikulaskmisel aga juhib paberit gautšil ja pressidel. Pressijaks on tavaliselt noortööline; paljudele noortele töölistele on see töö esimeseks, kus nad aeg-ajalt harjuvad paberimasinaga ja kodunevad sellega.

Paberimasina ajam.

Paberimasina sõelaosa pannakse liikuma gautš-pressi alumise valtsi abil, millel on eraldi ajam. Märg-pressid lastakse käiku samuti alumiste valtside abil, igal valtsil on omaette ajam. Paberikuivatussilindrid — iga ülemine grupp ja vastavad alumised grupid — on omavahel ühendatud silindrite tappidele asetatud suurte hammasratastega; mõlemad grupid pannakse liikuma väikese veohammasratta abil, mis on ühendatud ühe suure hammasrattaga. Vildikuivatajatel ei ole ajamit ja neid paneb pöörlema kuivatusvilt. Kalandri valtse paneb pöörlema alumise valtsi hõõrumine; viimane on ühendatud ajamiga. Rullmasinal on eri ajam.

Paberimasina ajamile esitatakse väga tõsised nõuded. Esimene ja põhiline nõue on ühtlane ja alaline kiirus tööajal. See on vajalik 1 m^2 paberikaalu ühtluseks. Sõelale tuleva massi alalise koguse ja vahelduva kiiruse juures

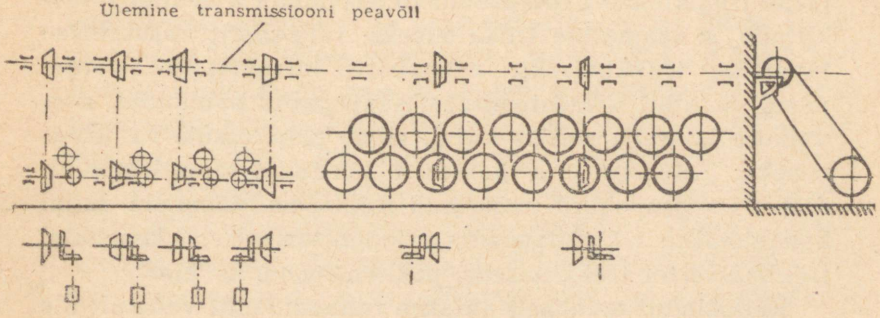
paberi kaal hakkaks kõikuma: vähenema kiiruse suurenemisel ja suurenema selle vähenemisel. Teine oluline nõue on masina töökiiruse muutmise võimalus teatud piires, näiteks alates 150—450 m/minutis ajalehe paberile, s. o. suhtes 1 : 3, või alates 50—250 m/minutis (1 : 5) trüki- ja kirjutuspaberitele nr. 1. Paberimasina tootlikkus määratakse sõela- ja kuivatusosa võimsusega. Sõelal võib paberimassi teatud hulgast vett eemaldada ja kuivatusosal läbi kuivatada teatud hulka paberit, mis ei ole sõltuv masina kiirusest. Seepärast õhemaid pabereid valmistatakse suurema kiiruse juures, pakse — vähema juures. Nii siis sõltuvuses toodetavate paberite sortimendist masina töötamiskiirus peab muutuma teatud piires. Vähima ja suurima kiiruse suhet 1 : 3 loetakse küllaldaseks ajalehepaberi masinale; 1 : 6 — kõrgesordilisi kaltsupabereid valmistavale masinale. Mõnigatel juhtudel nõutakse isegi suhet 1 : 10.

Lõpuks viimane nõue on paberimasina mitmesuguste osade kiiruse reguleerimise võimalus üksteise suhtes võrdlemisi kitsastes piirides. Me teame, et paberilaid tugevasti venib välja märgpressidel ja veidi tõmbub kokku pikkuses kuivatusosal. Seepärast peab esimese pressi ringkiirus olema umbes 2—2,5% võrra suurem gautši kiirusest, teisel pressil 1,5—2% võrra enam esimesest pressist, kolmandal pressil 1—1,5% võrra enam teisest pressist ja esimesel kuivatusgrupil — 1% võrra suurem kolmandast pressist. Kuivatusosal on olukord vastupidine: teine kuivatusgrupp peab liikuma aeglasemalt kui esimene, kolmas — aeglasemalt kui teine jne. Paberi väljavenimine ja kokkutõmbumine sõltub mitmesugustest tingimustest, peaasjalikult paberimassi jahvatuse astmest. Rasvasest massist paber tõmbub kokku pikuti ja põigiti kuivatusosas ja venib rohkem välja pressidel kui paber sõredast massist. Paberimasinal valmistatakse tihti mitmesuguseid pabereid. Peale selle, ühe ja

sama paberi valmistamisel massi rasvasus võib veidi muutuda. Seepärast ei saa määrata lõplikult kindlaks alalist suhet paberimasina mitmesuguste osade kiiruste vahel: üksikute masinaosade ajam peab andma võimalust reguleerida iga üksiku osa kiirust teatud piirides.

Praegusel ajal käivitatakse paberimasinaid tavaliselt alalise voolu mootoriga, mille tiirude arvu, nagu teada, on võimalik reguleerida küllalt laiades piires. Sel viisil täidetakse teine nõue paberimasina ajami suhtes kiiruse muutmise võimaluse kohta piirides 1 : 3, 1 : 6 jne.

Et vabrikutes tavaliselt kasutatakse vahelduvat kolmefaasilist voolu, siis alalise voolu mootori kasutamiseks võetakse tarvitusele Leonardi süsteemi voolumuundaja. See koosneb kolmefaasilise voolu mootorist ühel teljel alalise voolu dünamoga ja ergutajaga. Alalise voolu mootor paneb rihmülekandega pöörlema peatransmissiooni võlli, mis on paralleelne masina teljele. Sellelt antakse rihmülekande ja kooniliste reduktorite kaudu liikumine edasi masina üksikutele osadele (joon. 43). Kasutatakse ka otse- ja tagasi-



Joon. 43. Paberimasina ajami skeem.

lülituse süsteemi. Üksikute paberimasina osade kiiruse suhet saavutatakse laiade kooniliste paaris rihmarataste

abil, mille koonused on suunatud vastupidiselt üksteisele. Igast paarist rihmarattaist üks asub peatransmissiooni võllil, teine — masinaosa ajamil. Liigutades kitsast rihma vastava kahvli abil paremale või vasemale, on võimalik muuta masinaosa kiirust ±6—8% piires.

Kõige täiuslikumaks ajamiks peetakse praegusel ajal mitmemootorilist elektriajamit üksikute alalisvoolu mootoritega iga masinaosa jaoks: sõela, esimese pressi, teise pressi jne. tarvis. Sel juhul saavutatakse kiiruste reguleerimist elektri abil.

Paberimasina abiseadistik (segamisbasseinid, sõlmepüüdjad, massipumbad, ringvee- ja imurite pumbad jm.) töötavad alalise kiirusega ja käivitatakse seepärast kolmefaasilise mootori abil.

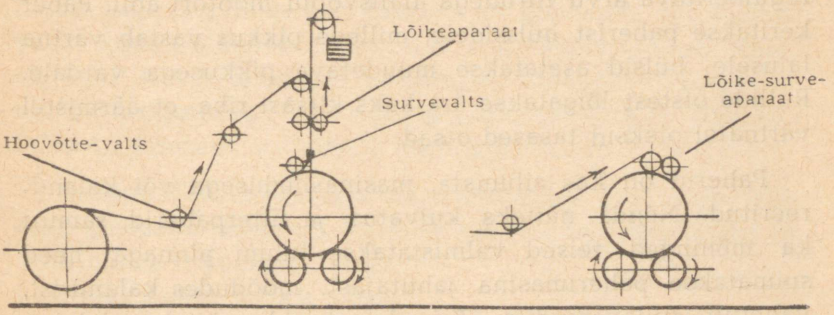
Paberi viimistlemine ja katsetamine.

Paberid jagunevad rull- ja poogenpaberiteks. Rullpabereid teatud laiusega paberihülsile keritud laia kujul kasutatakse trükikodades rotatsioontrükimasinatel ajalehtede, ajakirjade ja raamatute trükkimiseks; rullpaberit kasutatakse tapeetide trükkimiseks; rullpaberit kohaldatakse pärgamendi ja fiibri valmistamiseks; suulispaber bobiinides, s. o. väikese laiusega rullide kujul, läheb paberosside valmistamiseks. Telegraafi- ja kassalint keritakse samuti bobiinidesse. Poogenpaberit määratud formaadis poognate kujul kohaldatakse kirjutamiseks, joonestamiseks, lamedatel trükimasinatel trükkimiseks, pakkimispaberiks jne.

Rullpaberid tavaliselt antakse rullaparaadilt vahetult üle pikutilõikamismasinale või bobiinimasinale; siin lõigatakse paber määratud laiusega ja määratud läbimõõduga rullideks või bobiinideks, milles paberilaid on määratud pikkusega. Rullid ja bobiinid pakitakse paksu pakkimispaberisse.

Rullid, mis on määratud poogenpaberiks, lähevad rull-aparaadilt nõndanimetatud käärimasinasse, kus paberilaid lõigatakse nugadega pikuti ja põigiti määratud formaadiga poognateks. Paberipoognad sorditakse ja loetakse üle. Poognatest moodustatakse riis, riisist — virnad, mis pakitakse pakkimispaberisse ja puust raamide vahele.

Tavalise konstruktsiooniga pikutilõikamismasina skeem on kujutatud joonisel 44. Tambuurilt mahakeritud paberi-



Joon. 44. Pikutilõikamisemasin, vasakul vana ja paremal uus konstruktsioon.

laid haarab õgvendaja ja kaks paberiveovaltsi, läheb lõikeaparaadist läbi, tehes ringi ümber survevaltsi, ja kerib end rullile. Rull lamab masina kahel põhikande-valtsil. Üks kandevalts käivitatakse ajamiga. Teine valts on ühendatud esimesega rihm- või hammasratas-ülekande abil ja tema kiirus on veidi suurem (1% võrra) esimese valtsi kiirusest, mille tõttu saavutatakse paberi pingsam kerimine. Lõikeaparaat omab paaris ketasnuge ja töötab kääride põhimõttel. Lõikeaparaat koos survevaltsiga on üles riputatud kahel Galli ketil, mis on visatud üle raami ülemises osas asuva ploki ja on tasakaalustatud raskustega. Uutel masinatel on üksikud ketasnoad (joon. 44). Paber juhitakse vahetult survevaltsile, lõigatakse sellel nugadega läbi ja keri-

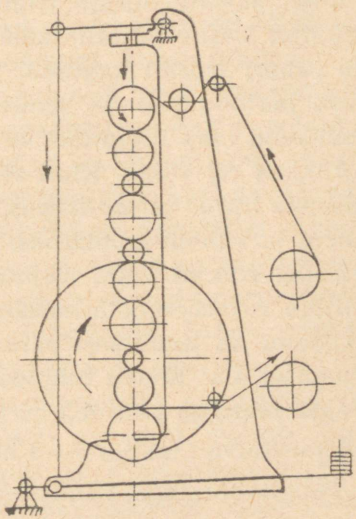
takse värtnatele. Lõikeaparaat seatakse tihti üles kohe pärast paberimasina rullmasinat. See peab jõudma töödelda kogu paberi, mis on valmistatud paberimasinal. Kuid lõikemasinat tuleb tihti peatada, et vahetada tambuure, ära võtta keritud värtnaid, ära tõmmata praakpaberit ja kinni liimida otsi. Seepärast peab lõikemasina kiirus olema 2—2,2 korda suurem paberimasina kiirusest. Ajalehe paberi juures on see 800—1200 ja enam meetrit minutis. Masin käivitatakse reguleeritava arvu tiirudega alalisvoolu mootori abil. Paber keritakse paberist hülssidele, millede pikkus vastab värtna laiusele; hülsid asetatakse muudetava pikkusega vardale. Rullide otstest lõigatakse ära kaks kitsast riba, et äärmistel värtnatel oleksid tasased otsad.

Paberid on kas silumata, masinasiledusega või kalandreeritud. Nõnda näiteks kuivatus- ja filterpaberid, samuti ka mõningad teised valmistatakse tuhmi pinnaga: need suunatakse paberimasina jahutajast, möödudes kalandrist, vahetult rullaparaadile. Teised paberid, näiteks ajaleheja trükipaber nr. 3, omavad masinasiledust, s. o. lastakse läbi paberimasinate kalandritest. Kirjutus- ja trükipaberid nr. 1 ja nr. 2 ja paljud muud valmistatakse läikelise ehk glasseeritud pinnaga. Selleks otstarbeks kalandreeritakse neid täiendavalt nõndanimetatud superkalandritel. Superkalander on kujutatud joonisel 45. Ta koosneb 8—10 (kuni 16) üksteise peal asuvast valtsist, vahelduvalt malmist ja paberist. Paber juhitakse ülemise valtsi kaudu ja käib ülalt alla malmist ja paberist valtside vahelt läbi, olles järkjärgult üha suurema surve all. Silutud paber tuleb kalandrist välja kahe alumise valtsi vahelt ja kerib end rullile. Malmist valtside pind lihvitakse hoolikalt. Paberist valtsid koostatakse terasvardale asetatud üksikutest paksust eripaberist sõõridest, selle paberi koostisse kuulub vill. Valtsid pressitakse tugevasti erikonstruktsiooniga hüdraulilisel

pressil, treitakse treipingil ja lihvitakse. Vastu malmist valtsi olev paberi külg saab suurema läike. Sellepärast, et läige oleks mõlemal poolel ühtlane, asetatakse kalandri keskele kõrvuti kaks paberist valtsi. Valtside surumist paberile valtside enda kaalu poolt suurendatakse raskustega, mis kangide kaudu mõjuvad ülemise valtsi tappidele. Alumine valts lamab liikumatuil laagritel, ülemiste valtside laagrid libisevad kalandri püstraami juhtimispindadel. Superkalander käivitatakse alt kolmanda või viienda valtsi kaudu alalisvoolu mootori abil. Superkalandri kiirus on kuni 300 ja isegi 600 m/minutis. Kalandrile on vajalik mootor võimsusega 100—150 ja enam hobujõudu, sõltuvalt kalandri laiusest, valtside arvust ja kiirusest.

Kalandrid valmistatakse tavaliselt sama töötamise laiusega kui paberimasinad. Parema sileduse saavutamiseks on otstarbekas paberit enne kalandreerimist mõnda aega seista lasta. Ülalkirjeldatud lõikemasinatele läheb tavaliselt juba kalandreeritud paber.

Paberi lõikamiseks poognateks tarvitatakse kahte tüüpi käärimasinaid: giljotiin- ja trummel- (teisiti rotatsioon-) tüüpi. Mõlemal käärimasinal toimub paberi pikuti lõikamine ühesuguse aparaadiga, mis koosneb kahest võllist, milledele on asetatud ümmargused noad (uutel rotatsioonkäärimasinatel noad



Joon. 45. Superkalander paberi glasseerimiseks.

on asetatud eraldi hoidjatesse nagu lõikemasinal). Rullidelt läheb paber, korraga 6—12 laida, nugade vahelt läbi ja lõigatakse pikuti läbi.

Seade põigiti lõikamiseks on mõlemat tüüpi käärimasinatel hoopis erinev. Giljotiin-käärimasinal on liikumatu nuga, millele perioodiliselt laskub kääride sarnaselt teine, liikuv nuga. Paber kandub nugadevahelisse vahemikku samuti perioodiliselt erilise konstruktsiooniga isehaaraja abil 15 kuni 30 korda minutis. Rotatsioonilisel käärimasinal on põigiti liikuv nuga kinnitatud pöörlevale trumlile. Paber 6—12-laiases koguses läheb liikumatu noa ja pöörleva trumli vahelt läbi pidevalt ja lõigatakse iga trumli tiiruga põigiti läbi.

Trummel-käärimasinad on juba ammu tuntud: nad olid esimesed leiutamise aja järgi. Kuid endised konstruktsioonid olid ebaküllaldase lõiketäpsusega, ja möödunud sajandi 90-ndail aastatel tõrjuti trummel-käärimasin välja tol ajal leiutatud Verny giljotiin-käärimasinaga. See käärimasin lõikab paberi täpselt formaadi järgi. Verny käärimasinad töötavad perioodiliselt ja nende tootlikkus ei ole suur. Nad rahuldasid oma ülesannet täiesti, seni kui paberimasinate tootlikkus oli väike. Kuid sel määral, mil suurenes paberimasinate kiirus ja tootlikkus, Verny käärimasinad muutusid vähem ja vähem kõlblikuks. Meie sajandi 20-ndail aastatel olid nad kõikjal välja tõrjutud pidevalt töötavate, kõrgetootlike rotatsioonkäärimasinatega. Nende masinate konstruktsioon on tunduvalt parenenud ja nende töö täpsus on praegusel ajal täiesti rahuldav. Trummel-käärimasinad ehitatakse laiusega kuni 4,5 m, kiirusega kuni 100 m 1 minutis; nad tarvitavad umbes 7—8 hobujõudu.

Paberivabrikute viimistlemisosakondades on palju teisi vähemaid ja spetsiaalseid masinaid: bobiinilõikemasin — suulise- ja telegraafipaberi, kassalindi ja tikupaberi jaoks;

masinad paberossipaberi jaoks; mitmesugused erilised kalandrid: joonistuspaberi, papi, poogenpaberi, paberossipaberi jaoks; diagonaalsed käärimasinad ümbrikupaberi, vesimärkidega paberi jaoks; kahetrumlilised masinad paberi lõikamiseks kahes erinevas formaadis; masinad rull- ja poogenpaberi pakkimiseks; mitmesugust tüüpi riisidesselõikurid; lineerimismasinad; masinad vihikute painutamiseks ja õmblemiseks jm.

Paberi katsetamine.

Paberimasinal paberi valmistamisel teda perioodiliselt katsetatakse, et kontrollida ta kvaliteeti ja õigeaegselt parandada tööd tehnilistest nõuetest ja standarditest kõrvalekaldumise puhul. Seejuures paberi kvaliteedi põhilist kontrolli masina juures teostab paberimasina juht, samuti ka vahetusmeister, enam keerukaid kvaliteedi määramisi toimetab laboratooriumis laborant ja teatab need tulemused tootmispersonaalile. Kõige sagedamini kontrollitakse 1 m^2 paberi kaalu. Selleks võetakse proovid igalt rullaparaadil keritud rullilt, mõnikord ka sagedamini. Kaalu määramiseks on kang- ehk nõndanimetatud kvadrantkaalud. Teatud šablooni järgi väljarebitud paberilehe järgi kaal näitab kohe 1 m^2 kaalu. Kõiki pabereid perioodiliselt kontrollib vahetusmeister ja laborant. Vahetusmeister jälgib paberi varjundit või värvust, võrreldes paberimasinalt võetud proove mustritega, mille järgi tuleb paberit valmistada. Paberi liimistamist kontrollitakse tsehhis, tõmmates sulega proovile neli ristlevat joont. Laboratooriumis täpsemaks kontrolliks tõmmatakse gradueeritud joonsulega paberile tindiga jooni paksusega ¼ mm, ½ mm, ¾ mm jne. kuni 2 mm. Kirjutuspaberite küllaldaseks liimistamiseks loetakse liimistamine, mille juures 1 mm laiune joon ei lähe läbi paberi teisele

küljele ja ei valgu laiali paberi esiküljel. Paberi tuhasisaldus määratakse laboratooriumis, põletades ja kuumendades pabeririba tiiglis. Paberi kiulist koostist kontrollitakse mikroskoobi abil, ära lugedes mitmesuguseid kiudusid. Paberi tugevuse kontrollimiseks on erilised Schopperi aparaadid, milledel määratakse vastupidavust rebenemisele ja murdumisele. Esimeses aparaadis, dünamomeetris, pigistatakse pabeririba laiusega 15 mm ja pikkusega 180 mm otsi pidi kahe klemmi vahele, üks neist on kinnitatud statiivi külge liikumatult, kuid teine — liikuv — koormatakse järk-järgult üha suureneva raskusega. Teatud koormuse juures riba katkeb; vastav raskus nimetatakse rebenemisraskuseks. Paberi vastupidavust rebenemisele on hakatud iseloomustama nõndanimetatud rebenemispikkusega. See on pikkus, mille juures pabeririba rebeneb omast raskusest. See saadakse jagades rebenemisraskust riba jooksva meetri raskusega. Tavaliselt paberi rebenemispikkus on 3000—5000 m piires; mõningate nõrgemate paberite juures see väheneb kuni 1500—2000 m, eriti tugevate juures aga suureneb kuni 8000—10 000 m. Sama dünamomeeter näitab ka paberi venivust, mis tavaliselt moodustab 2—3%. Teisel aparaadil kinnitatakse pabeririba laiusega 15 mm ja pikkusega 100 mm kahe horisontaalse klemmi vahele, mis on pingule tõmmatud vedrudega, mille tõmbejõud võrdub 1 kg. Oma keskosas on riba paigutatud plaati lõigatud pilusse; plaat liigub edasi-tagasi perpendikulaarselt ribale. Selle tulemusena riba vaheldumisi paindub ja pärast teatud arvu kaksipidi paindumisi murdub; see arv iseloomustab paberi tugevust murdumisele. Kirjutuspaberite jaoks on see 6—8, ajalehepaberi jaoks 1—2, kotipaberi juures väljendub see arv tuhandetes. Paberi tugevust tuleb katsetada määratud suhtelise õhuniiskuse, nimelt 65% juures. Õhu niiskuse suurenemisel veesisaldus paberis (5—8%) suureneb, mille tagajärjel rebene-

mispikkus langeb, kuid vastupidavus murdumisele, vastupidi, suureneb; teiste sõnadega, niiskem paber rebeneb kergemini ja murdub raskemini.

Sõltuvalt otstarbest pabereid katsetatakse mitmel viisil. Nii näiteks kuivatuspaberitel määratakse nende imemisvõime, filter-paberitel — filtreerimisvõime; trükipabereid katsetatakse läbipaistmatuse suhtes, isolatsioonipabereid läbilöögi pinge suhtes; pärgamiini ja pärgamenti rasva läbitungimatuse suhtes; ajalehe-, trüki- ja kirjutuspaberitel määratakse läike tugevus jne.

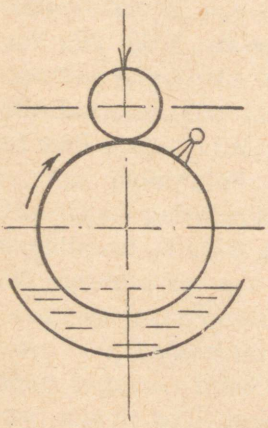
V peatükk.

PUUMASSI TOOTMINE.

Sissejuhatus.

Puumassi tootmismenetluse leiutaja saksi kangur Friedrich Gottlieb Keller (1844. a.) valmistas esimese puumassi käsikäia abil, surudes puuhalgu vastu käiakivi ja vändates viimast künas vee sees.

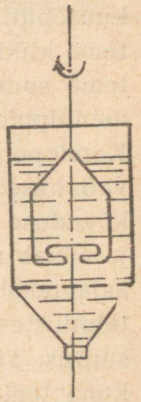
See tootmise skeem — pöörlev silindriline kivi, mille vastu surutakse puuhalgu ja mida niisutatakse veega — on näidatud joon. 46. See skeem on säilinud tänapäevani kõigi tuntud defibrööride konstruktsioonide juures.



Joon. 46. Defibreerimise skeem.

Mehaaniline puumass kujutab endast segu, milles tervete kiudude kõrval esinevad lömastatud ja narmastunud otstega kiud; osakesteks katkilõigatud, osaliselt lömastatud kiud; fibrillid, s. o. pikuti lõhastatud kiud; vormitu peenaine: kiudude tükikesed ja killukesed ning lima; peale selle leidub puumassis teatud osa jämedaid kiukimbukesi. Puumass on valamiseks enam ette valmistatud kui tselluloos ja teda ei ole tarvis hollendrites jahvatada. Puu-

massi jahvatustaste oleneb peenaine hulgast ja võrdub mitte enam kui 40—70 kraadile Schopper-Riegleri järgi. Puumass sisaldab 30—50% peenainet, 5—10% jämedaid kiude, muu osa langeb pikkadele ja keskmistele kiududele. Paberivalmistamisel lisatakse mehaanilisele puumassile harilikult juurde kõvemaid tselluloosi kiude. Viimased ühes pikkade ja keskmiste puumassi kiududega moodustavad just kui paberilehe raamistiku, mida täidetakse peenainega. Paberi rebenemispikkus suureneb peenaine sisalduse suurenemisega, kuid samal ajal mass muutub „rasvasemaks", mistõttu paberimasina sõela peal vee eraldamine temast on raskendatud. Suurimaid nõudmisi seatakse üles puumassi kohta, millest valmistatakse ajalehepaberit, kuna viimane sisaldab võrdlemisi vähe tselluloosi ja teda valmistatakse kiirjooksumasinatel. Säärasel korral peab puumass olema pikakiuline ja tugev, kuid ühtlasi ta peab paberimasina sõelal hästi vabanema veest. Niisuguse massi valmistamiseks vajatakse palju energiat. Trükipaberi nr. 3 tootmisel võib puumass olla veidi nõrgema kvaliteediga, sest trükipabereid valmistatakse suurema tselluloosi sisaldusega ja väiksemate kiiruste juures kui ajalehepaberit. Üldiselt aga igal üksikul juhul võivad nõudmised puumassi kvaliteedi suhtes märksa erineda ja sõltuvad lõppsaaduste omadustest. Kvaliteedi kontrollimiseks tarvitatakse meil juba tuntud Schopper-Riegleri aparaati jahvatusastme määramiseks ja Hurumi aparaati kiudude eraldamiseks nende suuruse järgi (fraktsioonimiseks). Hurumi aparaat (joon. 47) kujutab endast silindrilist nõu, mille põhja on asetatud kahekordne sõel ja mis on varustatud segajaga. Veega tugevasti lahjendatud massi



Joon. 47. Hurumi aparaat puumassi fraktsioonilise kiukoostise määramiseks.

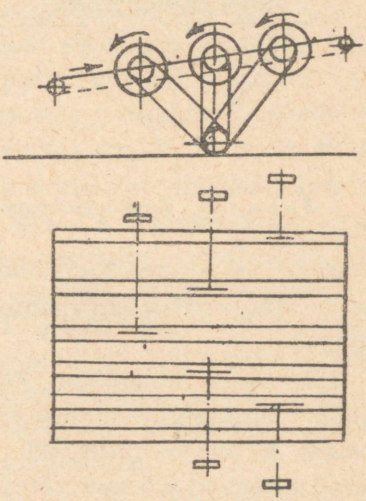
proov asetatakse nõusse ja segatakse; jämedad kiud peatuvad esimesel 0,5 mm ∅ aukudega sõelal, pikad ja keskmised peatuvad teisel sõelal — nr. 65, jahutaoline peenaine määratakse jäägina. Puumassi kiudude omaduste määramiseks tarvitatakse ka mikroskoopi ja Promy aparaati. Käitisoludes tarvitatakse ka veel raamiga varustatud sinist klaasi, mille peal vaadeldakse veega tugevasti lahjendatud massi proovi. Klaasi tumedal pinnal on laastukesed ja üksikud kiukesed hästi nähtavad. Puumassi rebenevust ja murdu määratakse meile juba tuntud Schopperi aparaatide abil, milleks käsitsi valmistatakse massist vastavad proovid.

Puidu ettevalmistamine.

Puumassi valmistamiseks tarvitatakse kõige sagedamini kuusepuitu, harvemalt kasutatakse selleks haaba, kuna tema kiud on liiga lühikesed; mändi loetakse mittesobivaks tema suure vaigusisalduse tõttu. Kuid katsed valmistada männipuidust valget puumassi on edukalt läbi viidud meie Kondopoga kombinaadis. Puumassi valmistamisel tekitavad oksad suuri raskusi, sest okste ümber asuv puit oma kõvaduse ja vaigurikkuse tõttu kiustub kivi toimel halvasti ja nõuab rohkem energiat ning annab palju peenainet. Neid asjaolusid arvesse võttes määratakse puidu vastuvõtmise tehnilistes tingimustes kindlaks lubatud okste arv ja nende suurus. Tihe ja kitsaste aastaringidega puit on eelistatud, kuna tema sisaldab rohkem peeni ja pikki sügiskiude kui hõre ja laiade aastaringidega puit. Värske niiske puidu kiustamine sünnib kergemalt kui kuiva ja temast saadakse pikemaid ja peenemaid kiude. Mädanenud puidu tarvitamine ei ole üldse lubatav, kuna ta mitte ainult ei vähenda puumassi väljatulekut puidust ja kiu tugevust, vaid prügistab ka massi. Nõndanimetatud sinistunud ja pruunistunud puidu tarvitamine ei ole soovitav; nad rikuvad massi värvust.

Enne difibreerimist peavad propsid olema puhastatud koorest ja mähist, sest nende tumedavärvilised osakesed risustavad massi. Pealeselle peavad propsid olema saetud halgudeks, mille pikkus vastab defibrööri kivi laiusele. Parvetatud puit tavaliselt lõigatakse tükkideks kohe jõest väljavõtmise juures, tarvitades selleks mitmeid ketassaage, nn. „slešereid". Pärast seda vabastatakse lõigatud halud koorest erilistes pöörlevates trumlites ja transporditakse puidu laoplatsile, kus nad hoitakse suurtes hunnikutes kuni nende edasitoimetamiseni puumassivabrikusse. Propsid ja palgid hoitakse sagedasti ka hoolikalt laotud riitades; sel juhul nad saetakse ja kooritakse (nugadega varustatud koorimismasinatel) enne nende etteandmist defibrööri peale.

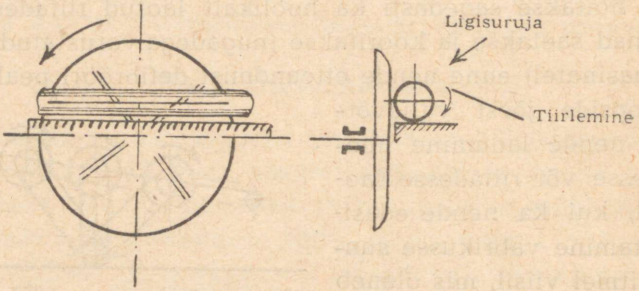
Propside jõest väljavõtmine, nende ladumine hunnikutesse või riitadesse laoplatsil, kui ka nende edasitoimetamine vabrikusse sünnib mitmel viisil, mis oleneb vabriku võimsusest, toodangu liigist ja kohalikkudest tingimustest. Siin meie nende küsimuste juures ei hakka peatuma.



Joon. 48. Slešer paberipuidu tükeldamiseks.

„Slešer" (joon. 48) koosneb mitmest ketassaest, mis on paigutatud kergelt kallutatud lauale. Palgid satuvad saagide ette lõputute, aeglaselt liikuvate veokettide abil, pärast saagimist aga kukuvad laualt vastavale transportöörile. Saagide läbimõõt on 1500 mm, nende paksus 6 mm, tiirude arv — 750 minutis; iga saag tarvitab 12 h.-j.,

veoketid aga ligikaudu 6 h.-j. Saekettad on asetatud üksikutele võllidele, mida käivitatakse rihmade abil ühiselt transmissioonilt. Saagide arv oleneb palkide ja saetavate halgude pikkusest. 6—7 m pikkade palkide saagimiseks harilikult piisab 5 saest, et saada viis 1,25 m pikkusega halgu ja üks määramata pikkusega jupp. Saagide omavaheline vahe veokettide suunas on 1200—1800 mm. Slešeri toodang on väga suur ja küünib kuni 250—300 m^3 puitu tunnis; tema teenindamiseks aga on vaja ainult kahte töölist. Väik-



Joon. 49. Nugadega varustatud koorimismasina skeem.

semates vabrikutes tarvitatakse slešeri asemel kas horisontaalse või vertikaalse raamistiku sisse monteeritud pendelsaage.

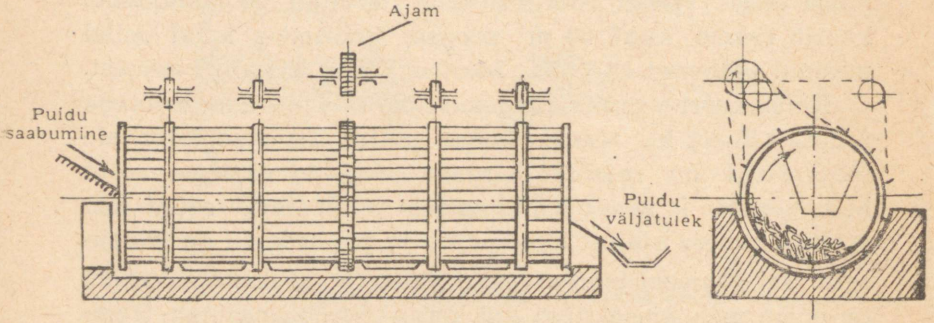
Lihtsaim nugadega varustatud ketas-koorimismasin (joon. 49) kujutab endast püstasendisse paigutatud metallketast; ketta läbimõõt 800 mm, nugade arv 2—4, nende terad ulatuvad 0,5 mm võrra üle ketta pinna. Ketas on asetatud horisontaalsele võllile ja teeb ligikaudu 1000 tiiru minutis. Halud asetatakse ketta ette lauale, käsitsi surutakse vastu ketast ja ühtlasi käsitsi pööratakse halgu ümber. Noad lõikavad halu küljest laastu, mis läbi ketta avauste satub teisele poole. Selline koorimismasin tarvitab 3 hobu-

jõudu ja töötab tunnis läbi 2 m³ propse. Koorimise juures läheb kaduma 7—8% puitu. Kirjeldatud koorimismasin on väga hädaohtlik töölise kätele ja tema toodang väike. Seetõttu tarvitatakse säärast masinat harva, seda enam, et on olemas mehhaniseeritumaid ja suurema tootmisvõimega ketas-koorimismasinaid. Suurimat tunnustust nende seast on leidnud Freski masin, milles props surutakse ketta vastu teravikkudega varustatud rulli abil. Ajami abil tiirlev rull pöörab propsi viimase telje ümber ning ühtlasi oma ja propsi telje ebaparalleelsuse tõttu lükkab propsi piki kettapinda edasi. Freski koorimismasin tarvitab 20 hobujõudu, koorib tunnis kuni 20 m³ propse; koorimise kaod sellel masinal ulatuvad 12—15%. Masina juures töötab 3 inimest.

Ketas-koorimismasinate noad kõrvaldavad ühes koorega propsi küljest ka teatud hulga puitu. Trummel-koorijate tööprotsess on rajatud märgade propside üksteise vastu hõõrdumisele ja nende hõõrdumisele vastu trumli seinu; siin eraldub propsi küljest ainult koor ja puidu kadu on tähtsusetu. Sel põhjusel ning arvesse võttes, et trummel-koorijad on enam mehhaniseeritud kui ketas-koorimismasinad, trummel-koorijad on leidnud võrdlemisi suurt tarvitamist. Nad leiavad rakendamist harilikult parvetatud puidu koorimisel, kus jõest väljavõetud propsid pärast tükeldamist slešeril juhitakse kohe trumlitesse. Viimastel aastatel on ehitatud trumleid, milles kooritakse koguni terveid palke. Nagu me juba märkisime, transporditakse kooritud propsid vabriku laoplatsile, kus neid hoitakse hunnikutes.

Trummel-koorija kere (joon. 50) on kokku needitud eriliselt profileeritud raudlattidest, mille ümardatud ribid on pööratud trumli sisse. Need ribid soodustavad propside hõõrdumist vastu trumli seina, kuid samal ajal peaaegu ei vigasta puitu. Trummel on riputatud raamistiku talade külge ja pannakse keerlema keti abil, mis haarab trumli

peale ja transmissiooni võllile asetatud hammasrattaid. Trumli alumine osa on paigutatud veega täidetud künasse. Ketassaagidel tükeldatud puit söödetakse transportööri abil trumlisse selle otsseina kaudu; omavahelise ja trumli seina vastu hõõrdumise tõttu puit vabaneb koorest ja satub trumli vastaspoolsest otsast teise transportööri peale. Puudulikult kooritud puit sorditakse välja ja juhitakse kallutatud transportööri abil teiskordseks koorimiseks trumlisse tagasi. Koor langeb trumli ribide vahelt künasse.



Joon. 50. Trummel-koorija.

Trummel-koorija, mille pikkus on 13,7 m ja läbimõõt 3,7 m, teeb 6 tiiru minutis, tarvitab 150 hobujõudu ja koorib tunnis 72 m^3 puitu. Kaod koosnevad ainult koorest ja metsas kirvega eelkooritud puidu juures moodustavad ligikaudu 3%. Nelja sellise trumli juures töötab 2—3 töölist.

Defibreerimise protsess.

Kuni 1914.—1916. a. imperialistliku sõjani nii meil kui ka välismaal tarvitati puumassi tootmisel peaaegu eranditult

loomulikke kive, mis koosnesid peamiselt omavahel loomuliku tsementeeriva ainega seotud kvartsi teradest. Sääraste kivide leiukohti ei esine sagedasti. Suurema menu osaliseks said saksamaa liivakivid, millede leiukoht asub Pirna linna lähedal. 20-ndates aastates avastati heade liivakivide leiukoht Ukraina NSV-s. Kuid seoses puumassi tööstuse arenemisega, defibrööride jõutarvituse ja tootmisvõime suurendamisega muutus üha raskemaks vastavate mõõdetega loomulikkude kivide hankimine.

Veel käesoleva sajandi algul ilmusid kunstlikud liivateradest ja portlandtsemendist koosnevad kvarts-tsementkivid. Sääraste kivide valmistamiseks vajalik liiv sõelutakse sõeltel, et saada teri suurusega 0,2 kuni 0,5 mm ja suuremaid, vastavalt soovitud kivi teralisusele. Terad segatakse tsemendiga (ligikaudu 20%) ja veega ning mass tambitakse silindrilisse malmvormi. Odavuse mõttes valmistatakse kivi südamik betoonist ja armeeritakse rauaga. Võlli jaoks jäetakse keskele avaus. Valge puupapi valmistamiseks tarvitatakse kive, mille terade keskmine suurus võrdub 0,5 ja 0,4 mm; puumassi valmistamiseks ajalehe- ja trükipaberi jaoks on terade suurus 0,3 mm. NSV Liidu puumassi-vabrikutes tarvitati omal ajal ohtrasti saksa päritoluga mitmeid sorte „herkules"-kive. Alates 1932. a. kvarts-tsementkive, mille kvaliteet ületab välismaa omi, valmistab NSV Liidu tehas „Uralski almaz" („Uurali teemant") ja Leningradis defibröörkivide tsehh Gorki-nimelises paberivabrikus. Kunstlikud kivid, samuti kui loomulikudki, on hästi vastupidavad surve jõududele, kuid märgatavalt halvemalt tõmbele ja paindele. Neid asjaolusid, nagu seda meie hiljem näeme, tuleb defibrööri konstrueerimisel arvesse võtta. Töötamise tagajärjel kivi silindriline pind aegajalt kulub ja kivi esialgne läbimõõt väheneb ligikaudu 250—300 mm

võrra, esialgsest mõõdust — 1500 mm — 1250 mm peale; 3—4 kuu pärast tuleb kivi vahetada.

Nii kunstlikud kui ka loomulikud kivid nõuavad hoolsat käsitamist. Pärast valmistamist nad peavad mitu kuud lamama laos, et tsement kivineks. Kivid hoitakse ruumis, mille temperatuur on ühtlane ja püsib üle 0°. Järsud temperatuuri muutumised mõjuvad kivile halvasti. Selle tõttu peab uue kivi käikulaskmisel tema koormatust avariide vältimise eesmärgil tõstma aeglaselt, umbkaudselt kahe päeva jooksul. Töö lõpetamisel peab samuti järk-järgult, ligikaudu 40—60 minuti jooksul, vähendama temperatuuri. Jämedateraliste kivide pealt võib saada rohkem puumassi ja vähem tarvitada energiat ühe tonni massi tootmiseks, kuid selle juures saadakse jämedamaid kiude. Vastupidiselt aga, peeneteralise kivi toodang on väiksem ja energia erikulu suurem, kuid massi kvaliteet kõrgem. Töötamise ajal muutub kivi silindriline pind siledamaks, mille tõttu tema toodang langeb ja saadakse peenemat massi kui harilikult. Selle nähte vältimiseks tuleb kivi töötavat pinda perioodiliselt raiuda või teritada, mis sünnib erilise rulli abil. Käesoleval ajal tarvitatakse kivi teritamiseks kõige sagedamini spiraalset teritamisrulli. Säärase rulli silindrilise pinna peale on treitud spiraalsed, teravate äärtega sooned. Teritamise otstarbel surutakse rull vastu kivi silindrilist pinda ja hüdraulilise silindri abil liigutatakse teritamisaparaadi supordiga rulli paralleelselt kivi teljele sellise kiirusega, et kivi pind kattuks ühtlaste täketega. Kivi tuleb teritada mitu korda ööpäeva jooksul, vastavalt kivi kõvadusele, töödeldava puumassi omadustele ja teenindava personaali kogemustele. Õigest teritamisest oleneb suuresti massi kvaliteet, defibrööri toodang ja energia kulutus. Pärast teritamist kivi toodang kohe suureneb, vastavalt sellele langeb jõutarvitus, kuid kiud muutuvad jämedamaks (selle vältimiseks silu-

takse kivi pinda sagedasti, lihvides teda kergelt tellisega). Töötamise ajal nürineb kivi pidevalt (täkked silutakse tasasemaks) ja sel määral väheneb tema toodang, suureneb jõutarvitus, kuid massi kvaliteet tõuseb.

Umbes 15 aastat tagasi ilmusid Põhja-Ameerika Ühendriikides keraamilised kivid, mis oma kvaliteedi poolest ületavad kvarts-tsementkive. Nende kivide töötav pind koosneb üksikutest segmentidest. Kivi, mille läbimõõt on 1,5 m ja laius 1,3 m, omab neid laiusel kuus ja ringjoonel kuusteist. Segmendi terad koosnevad korundist (Al_2O_3) või karborundist (SiC) ja on omavahel ühendatud keraamilise sideainega (viimane koosneb savist, põldpaost ja liivast). Kivi keskmine osa on betoonist. Kivi valmistamisel segatakse ettevalmistatud sideaine teradega ja vormitakse vähese vee juurdelisamisel. Vormidest väljavõetud segmendid põletatakse ahjus 1350° temperatuuri juures; sellejuures sideaine sulab, ümbritseb tihedalt terad ja pärast jahtumist ühendab neid tugevasti omavahel. Kivi kujundamisel segmendid ühendatakse omavahel ja betoonist südamikuga tsemendi seguga, mis liiva asemel sisaldab korundi, ja samuti raudrõngastega, mis paigutatakse kahe kõrvalasuva segmendirea õnaratesse. Keraamilised kivid on vastupidavamad survele, tõmbele ja paindele kui kvarts-tsementkivid. Nende peamiseks paremuseks on suur vastupidavus defibreerimisel. Keraamiline kivi kulub töötamisel märksa vähem ja teda tuleb väga harva teritada, ligikaudu kord nädalas. Keraamiline kivi töötab 4—5 aastat. Kivi kõvaduse tõttu võib temal teostada defibreerimist suurema survega ja suurema ringkiirusega kui kvarts-tsementkividel.

Puit surutakse vastu defibrööri kivi teatud jõuga, mis võib kindlais piires kõikuda. Paljude teadlaste poolt teostatud uurimiste ning praktiliste kogemuste põhjal on teada, et puidusurve suurenemisega kivile suureneb defibrööri

tootmisvõime, energia erikulu (kWh/1 t massile) väheneb, massi kvaliteet langeb.

Sama on maksev ka kivi ringkiiruse kohta, mille suurenemisel tõuseb defibrööri toodang ja väheneb energia erikulu, massi kvaliteet aga veidi halveneb. Kuid meie vabrikute kogemused näitavad, et massi kvaliteedi langemist suurendatud defibreerimise surve juures on võimalik vältida, kui tarvitada sagedamat ja kergemat kivi teritamist.

Käesoleval ajal puidusurve töötava defibrööri kivile võrdub 1,3—1,5 ja enam kg/sm² ja kivi ringkiirus on selle juures 18—20 m/sek. Aastat 45—55 tagasi moodustas normaalne surve kivile vaid kümnendikke kilogramme ja kivi kiirus ei ületanud 8—12 m/sek. Võib ilma liialduseta ütelda, et kuni viimase ajani on puumassi tööstuse areng sündinud surve ja kivikiiruse pideva suurendamise arvel. See just võimaldas erilise defibrööri gabariitmõõdete suurendamiseta tõsta tema toodangut 1—2 tonni pealt 20—30 tonnile ööpäeva kohta, defibrööri mootori võimsust aga 50—100 hobujõu pealt kuni 1000—2000 h.-j. Paralleelselt toodangu suurenemisega tõusis puumassi kvaliteet. Viimase asjaolu tõttu on nüüdisaja paberivabrikud kiirjooksumasinatel — kuni 400 m/min. — suutelised valmistama ajalehepaberit, mille kompositsioonis esineb 85 ja rohkem protsenti puumassi. Aastat 35 tagasi puumassi halva kvaliteedi tõttu oldi sunnitud ajalehepaberisse lisama üle 40% tselluloosi. Vastasel korral saadi juba 130—150 m/min. kiiruse juures palju rebet ja praaki. Nagu meie edaspidi näeme, on puumassi kvaliteedi paranemine seletatav üleminekuga nõndanimetatud külmalt defibreerimiselt kuumale.

Nüüdisaja defibröör, mille toodang ööpäevas on 20—25 tonni ja jõutarvitus ligikaudu 1000 h.-j., on varustatud kiviga, mille läbimõõt on 1500 mm ja laius 1350 mm. Kivi teeb ligikaudu 250 tiiru minutis, vastav ringkiirus selle juu-

res on 20 m/sek. Kunstlike kvarts-tsementkivide edaspidisele kiiruse (ja surve) tõstmisele seab piiri nende kivide mitteküllaldane tugevus (eriti tõmbejõudude suhtes); kiiruse suurenemisel suureneb ühtlasi tsentrifugaaljõud ja kivi võib puruneda. Selles suhtes on kunstlikud keraamilised kivid oma suurendatud tugevuse tõttu märgatavalt paremas olukorras kui kvarts-tsement- ja loomulikud kivid. Mõnes vabrikus töötavad keraamilised kivid ringkiirusega üle 30 m/sek. Arvesse võttes, et defibrööri tootmisvõime kasvab proportsionaalselt ringkiiruse suurenemisega, siis keraamilise kivi ringkiiruse suurendamise võimalusel on väga suur tähtsus. Mis puutub defibreerimise surve tõstmisse, siis siin nähtavasti tuleb olla ettevaatlikum. Asi seisab selles, et suurendatud surve mõjub massi kvaliteedile halvemalt kui ringkiiruse suurendamine. Balahna kombinaat töötas mitme aasta jooksul defibreerimise survega 1,3 kg/sm², tootes sel ajal ühe defibrööriga 16—17 tonni massi ööpäevas. Alles 1936. a., seoses stahhaanovliku liikumisega, suurendati survet kivile kuni 1,5 kg/sm², mistõttu defibrööri toodang tõusis 19—20 tonnile ööpäevas; massi kvaliteet sellejuures ei langenud, kuna samal ajal mindi üle sagedamale ja kergemale kivi teritamisele. Üldiselt aga on surve mõju massi kvaliteedile küllalt suur. Okulovi kombinaat, mille paberimasinad töötavad väiksemate kiirustega kui Balahna omad, leidis samal 1936. a. võimaluse suurendada defibreerimise survet kuni 1,75 kg/sm², tõstes sellejuures kivi toodangut kuni 26 tonnini ööpäeva kohta ja valmistades massi kirjutus- ja trükipaberite jaoks.

Puumassi tootmine kujutab endast ühte suurimat energiattarvitavat tootmisharu. Võib lugeda, et ühe tonni õhukuiva puumassi tootmiseks vajatakse keskmiselt 800—900 kilovatttundi energiat (paberi tootmiseks ligikaudu 500 kWh/t ja tselluloosi tootmisel 250 kWh/t). Kuid sellest suurest energia

hulgast, mille maksumus ületab 50% puumassi omahinnast, ainult tähtsuseta osa, mis võrdub murdosa protsendiga, kulutatakse otseselt kiudude eraldamiseks puidust, nende lõhastamiseks, lahtihõõrumiseks, lõmastamiseks ja peenendamiseks. Defibrööri kasutegur on väga väike. Suurim energia hulk läheb üle soojusse, mille arvel soojeneb defibrööri kivi, puit, toodetud puumass ja kiviuhtumise vesi.

Väikesevõimelised Voelteri defibröörid (1860. a., 50 hobujõudu) töötasid väikese defibreerimise survega ja suure veehulgaga. Puit ja kivi soojenesid vähesel määral ja puumass väljus kivi alt 15—20° temperatuuriga ning ligikaudu 1—1½% kontsentratsiooniga; defibrööride tootmisvõime suurenemisega (peamiselt defibreerimise surve arvel) tõusis soojuseks ülemineva energia hulk. Samal ajal vähenes kivi uhtumiseks vajalik pritsvee hulk ja mass hakkas tugevasti soojenema. Kuid vähese vee tõttu kivi uhtus halvasti. Selle vältimiseks paigutati kivi all asuvasse künasse vahelauad, mille abil paisutati massipinda; selle tagajärjel tiirles kivi alumine osa massi sees. Sel viisil levis möödunud sajandi 90-ndais aastates esiti Ameerikas ja pärast Euroopas nõndanimetatud kuum defibreerimise protsess. Massi temperatuur kivi all tõusis kuni 60—70° ja tema kontsentratsioon kuni 4—5%-le. Edaspidised kogemused näitasid, et kuum defibreerimise protsess omab palju paremusi võrreldes külma protsessiga. Peamiseks paremuseks oli tunduvalt kõrgem puumassi kvaliteet, mis täielikult kompenseeris massi teatud halvenemise defibreerimise surve tõstmise tagajärjel. Hakati saama pikakiulist, hästi lõhastatud (fibrillitud) ja vähese laastukeste ja kiukimbukeste sisaldusega puumassi.

Vähese niisutusvee hulga tõttu kuumeneb puit, mõnede andmete kohaselt kuni 120°-ni. Sellejuures pehmenevad inkrusteerivad puidukiude kokkuliimivad ained; kiud eralduvad üksteisest kergemalt. On koguni võimalik, et vee

keemise tõttu, millega puit on läbi imbunud, tekivad kiudude vahel aurud, mis kisuvad kiukesed üksteisest lahti ja soodustavad sellega fibrillimise protsessi. Me juba tähendasime, et ainult kuum defibreerimise protsess andis võimaluse valmistada säärase kvaliteediga puumassi, et 360—425 m/min. kiiruse juures oli võimalik valmistada 75 ja koguni 85% puumassi sisaldusega ajalehepaberit. Käesoleval ajal varustatakse defibröörid aparaatidega, mis automaatselt reguleerivad kivi alt väljuva massi temperatuuri ja hoiavad viimase ühel tasemel; sellega saadakse ühtlase kvaliteediga mass.

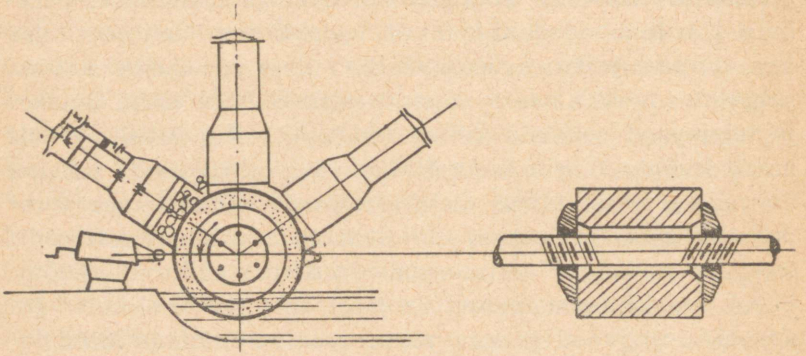
Kuuma defibreerimise menetluse puuduseks tuleb lugeda halba kiviuhtumist vähese pritsvee tagajärjel. Vaatamata sellele, et kivi alumine osa asub massi sees, ei ole tema pind defibreerimise piirkonnas siiski küllalt puhas. Seda asjaolu silmas pidades tekkis umbes 15 aastat tagasi õige mõte ühendada kuuma ja külma defibreerimise menetluste paremused ja luua nõndanimetatud vedel-kuum defibreerimise viis, juhtides pritstorudesse värske külma vee asemel kuuma ringvett. Neid katseid teostati mitmes NSV Liidu tehases ja tulemused osutusid küllalt edukaks. Tunduvalt tõusis massi kvaliteet, eriti tema ühtlus. See on seletatav sellega, et vedela massi puhul on kivi töötava pinna temperatuur defibreerimise piirkonnas ühtlasem. Samuti tõusis defibrööri toodang ja langes defibreerimise energia erikulu. Töötamisel vedel-kuuma menetluse järgi on vaja täielikult ära kasutada ringveed ja viia värske vee tarvitamine miinimumini. Ringvete temperatuur hoitakse 45—55° piirides, mida on suvel kergem teostada kui talvel. Massi kontsentratsiooni kivi all hoitakse ligikaudu 2% piirides, tema temperatuuri 65—75 ja enam kraadi. Soojuse kadude piiramiseks tuleb isoleerida kõik massi- ja veetorud ning kanalid.

Defibröörid.

Esimestes Voelteri ja hiljem Voithi defibröörides suruti puit kivi vastu kruvi või raskuse abil, mis omakorda mõjus pressi rõhumisplaadile. Möödunud sajandi 90-ndais aastates ilmusid kolme- ja neljapressilised hüdraulilised defibröörid, milles pressi rõhumisplaadid liiguvad hüdrauliliste silindrite mõjutusel. Selliseid defibrööre leidub paljudes vanemates vabrikutes; täiendatud ja viimistletud konstruktsiooniga ehitatakse neid ka käesoleval ajal.

Kolme pressiga hüdrauliline defibröör on kujutatud joon. 51. Defibrööri kivi on paigutatud kahele laagrile toetuvale horisontaalsele terasvõllile ja on kinnitatud viimase peale kahe terasseibi abil.

Seibid on varustatud parem- ja vasakpoolse keermetisega ning on asetatud selliselt, et nad töötamise ajal end suruvad



Joon. 51. Hüdrauliline defibröör.

tugevasti vastu kivi. Neljakandilised malmist pressikarbid, milledesse paigutatakse puit, on kinnitatud defibrööri kere külgseintele nelja pika kruvi abil. Sel määral mil kivi kulub, võib mutrite abil karpe nihutada kivile lähemale.

See on vajalik, et takistada jämedate laastude ja puidutükkide sattumist kivi ja karbiseinte vahelisse pilusse. Pressikarbi alumised ribid on valmistatud kammikujulistena, et läbi lasta karbis tekkinud massi. Pressikarbi külge on kinnitatud hüdrauliline silinder, mille kolvi vars on ühendatud pressi rõhumisplaadiga ja mis omakorda surub puidu vastu kivi. Vee jaotamine hüdraulilise silindri kolvi ühele või teisele poolele sünnib kolmekäigulise kraani abil. Puidu rõhumiseks vastu kivi seatakse kraan nõnda, et vesi satub silindri ülemisse ossa ja voolab välja tema alumisest osast. Pressi rõhumisplaadi vastupidiseks liikumiseks pööratakse kraan teisele poole, sellejuures vesi satub silindri alumisse ossa ja väljub ülemisest. Rõhumisplaat lükatakse kivi poole veega, mis tuleb kõrgesurve torustikust (8—10 at), eemaldatakse aga madalsurve veega (3—4 at). Silindris äratarvitatud vesi juhitakse välja kolmanda torustiku kaudu. Defibrööri taha, tema alumisse ossa, ja presside vahele on paigutatud pritstorud, milledest juhitakse kivile uhtumise vesi. Ühtlasi sinna alumisse ossa on paigutatud kiviteritamise aparaat. Kivi all asuv betoonist küna on varustatud paisutamise vaheseinaga; selle tõttu tiirleb kivi alumine osa töötamise ajal massi sees, mis, nagu meil juba teada, on vajalik kivi uhtumiseks kuuma defibreerimise protsessi juures.

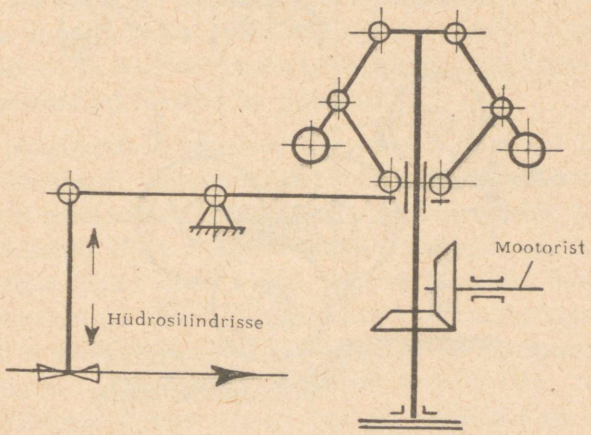
Hüdraulilisi kolme- ja neljapressilisi defibrööre ehitatakse 0,5, 0,6 ja 1,0 m pika puidu jaoks. Nende kivide läbimõõt on 1,3, 1,4 ja 1,5 m, laius — 40—80 mm võrra suurem kui puidu pikkus. Kivi tiirude arv on 150—250 minutis, mis vastab 10—18 m/sek. ringkiirusele. Defibreerimise erisurve kivile on 0,5—0,9 kg/sm^2. Sääraste defibrööride tootmisvõime on 4—5 kuni 8—15 tonni 24 tunni jooksul; jõutarvitus vastavalt 250—300 ja 500—1000 hobujõudu.

Hüdrauliliste silindrite töötamiseks vajalik vesi saadakse erilisest akumulaator-seadistikust.

Selle tähtsamaks osaks on nn. akumulaator, mis kujutab endast püstasendisse paigutatud, vaheseinaga kaheks osaks jaotatud raudsilindrit. Väike kolvipump surub vee akumulaatori alumisse ossa, kust 5—10 at survele reguleeritud redutseerimisventiili kaudu satub akumulaatori ülemisse ossa. 3—4 at survele reguleeritud kaitseventiili kaudu voolab üleliigne vesi akumulaatori ülemisest osast pumbakaevu. Niisugusel korral koguneb alumisse ossa kõrgesurve vesi, ülemisse aga madalsurve vesi. Kõrgesurve veetorustik, mille kaudu pannakse töötama defibrööri hüdraulilised pressid, on ühendatud akumulaatori alumise osaga, madalsurve torustik aga ülemise osaga. Silindrites äratöötatud vesi juhitakse eritorustiku kaudu tagasi pumbakaevu. Üks akumulaator-seadistik teenindab harilikult mitut defibröörі.

Selleks, et ühe pressi täitmise ajal hoida defibröörі toodangut endisel tasemel ja täielikult ära kasutada jõumasina võimet, suurendatakse teiste presside survet automaat-regulaatori abil. Pressidega varustatud defibrööre käivitatakse sagedasti veeturbiinidega või aurumasinatega. Säärastel kordadel tarvitatakse tavaliselt tsentrifugaal-regulaatoreid (joon. 52), mida käivitatakse rihm-ülekande abil transmissiooni või defibröörі võllilt. Ühe pressi väljalülimise korral tööst jõumasina koormatus väheneb; jõumasin ning temaga ühendatud defibröör ja tsentrifugaal-regulaator hakkavad tiirlema kiiremalt. Tsentrifugaaljõu suurenemise tõttu eemalduvad regulaatori kuulid ja tõstavad liigendite abil üles regulaatori võlli peal asuva muhvikese. See avab kangide abil kõrgesurve veetoru sisse ehitatud klapi, mille tõttu teistele töötavaile hüdraulilistele pressisilindritele voolab rohkem vett. Vesi surub tugevamalt silindrite kolbidele ja puit surutakse tugevamalt vastu kivi kui kõigi töötavate

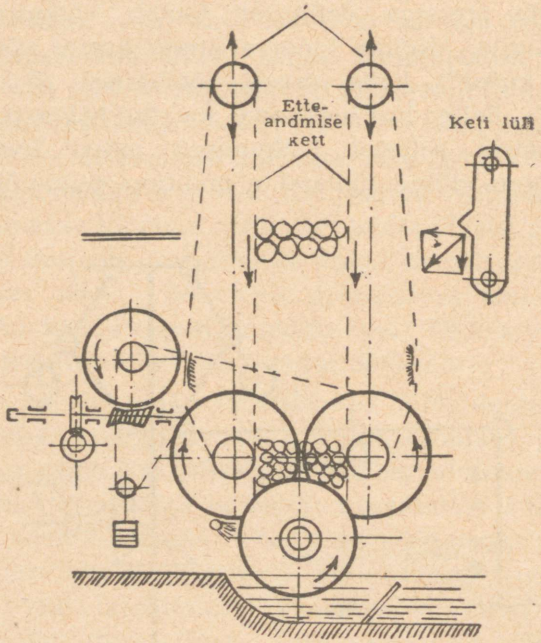
silindrite korral. Selle tagajärjel tõuseb kivi koormatus normaalsele tasemele ja jõumasina tiirud langevad endistesse piiridesse. Peale pressi täitmise lõpetamist lülitakse ta tööle. Kivi koormatus tõuseb, jõumasin hakkab tiirlema aeglasemalt ja regulaator töötab vastupidises suunas. Järelikult mitme pressiga defibröör töötab kõikuva puidusurvega kivile. Kolme töötava pressi korral võrdub erisurve 1,0 kg/sm^2, kahe pressi töötamisel tõuseb kuni 1,5 kg/sm^2. Eeltoodust me teame, kuivõrd halvasti mõjuvad defibreerimisel sellised kõikumised massi kvaliteedile. Presside perioodiline töötamine muutuva puidurõhumisega



Joon. 52. Tsentrifugaal-regulaator hüdraulilisele defibröörile.

kivile ja selle tagajärjel ebaühtlane puumassi kvaliteet on hüdrauliliste pressidega varustatud defibrööride tõsiseks puuduseks. See asjaolu on ammu teada nii puumassi tootjatele kui ka masinaehitajatele. Kuid alles 1922. a. läks Voithi masinaehitustehasel korda konstrueerida ühepressiline pideva tööprotsessiga defibröör, milles puit surutakse

pidevalt kivile. Puidu pidevat etteandmist kivile saavutas Voith sellega, et võttis tarvitusele erilise lülikonstruktsiooniga ketid. Voithi kettdefibrööri skeem on näidatud joon. 53. 1500 mm läbimõõduga ja 1350 mm lai kivi tiirleb



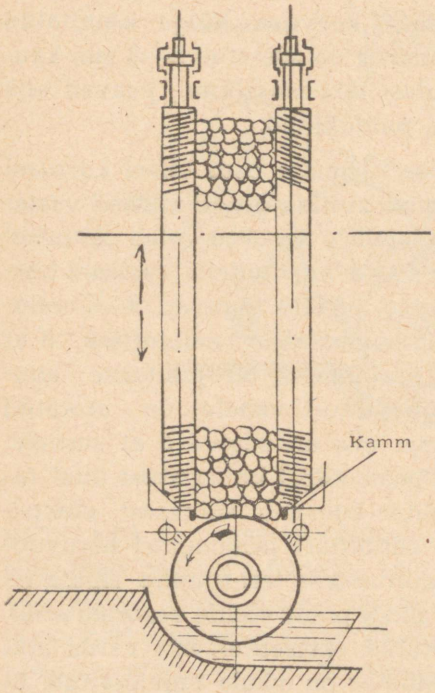
Joon. 53. Pideva töötamisega kettdefibröör.

võllil, võll on otsesidurdatud 1000 kW elektrimootoriga. Võll teeb 245 tiiru minutis, mis vastab kivi ringkiirusele 19,5 m/sek. Neli erilise ajami kaudu käivitatavat ketti (kaks kivi kummalgi silindrilisel poolel) rõhuvad enda vahel kokkusurutud puidusamba vastu kivi. Defibrööri alumine osa on varustatud liikumatu malmkaevusega, ülemine aga — liikuva raudkaevusega. Ülemine osa on paigutatud alu-

mise sisse ja ripub alumise, liikumatu kaevuse külge kinnitatud neljal kruvil. Etteandmise kettide ajam on kinnitatud alumise kaevuse külge; ainult kaks suurt hammasratast ja alumised ketirattad on kinnitatud liikuva kaevuse alumise osa külge. Et võimaldada sisemisele kaevusele vaba liikumist, on suured hammasrattad ja ajami veoratas omavahel ühendatud lõputu Galli keti abil, mis pingutamise otstarbeks on varustatud raskustega. Sel määral, mille võrra kulub defibrööri kivi, lastakse sisemine kaevus kivile lähemale; see sünnib ülaltähendatud neljale kruvile paigutatud mutrite abil, mida käivitatakse erilise mootoriga. Sellejuures väheneb kivi ja alumise kaevuse külge kinnitatud kammide vaheline pilu. Kammid on asetatud 2—3 mm kaugusele kivist ja lasevad endast läbi massikiud, peavad aga kinni jämedamad laastud ja puidukillud.

Puit paigutatakse kaevuse ülemisse ossa teisel korrusel asuva rõdu pealt. Etteandmise kettide lülide mõõted vastavad puidu keskmistele mõõdetele. Seetõttu tuleb täitmisel äärmised halud välja valida vastavalt lülidele; vastasel korral ei juhita puitu õieti kivile. Ketid liiguvad 5—6-hobujõulise õlimootori abil. Õli pumbatakse mootorisse 8 at surve all erilisest anumast; äratöötatud õli juhitakse anumasse tagasi. Pumba ja õlimootori vahele on asetatud eriline õlireguleerimise klapp, mis on seatud 5 at survele. Klapi ülesandeks on hoida peamootori koormatust ühel tasemel — ühtlasena. Regulaator koosneb väikesest elektrimootorist, mida toidetakse defibrööri peamootori haruvooluga. Mootori tiirlemist pidurdatakse teraslindile riputatud raskusega; teraslint haarab ühelt poolt võllile asetatud seibi. Teiselt poolt on võllile asetatud ekstsenter, mis varda abil on ühendatud õliklapiga. Mootor on nõnda reguleeritud, et peamootori koormatuse suurenemisel, järelikult ka voolutugevuse suurenemisel regulaatori mootori toiteharus vii-

mane veidi pöördub ja suleb õlitorustiku klapi. Selle tagajärjel langevad õlimootori tiirud, puitu etteandvate kettide kiirus väheneb, peamootori koormatus väheneb. Vastupidiselt, kui mingil põhjusel puidu etteandmine kivile on takistatud, järelikult langeb ka kivi ja peamootori koormatus, siis läbib nii peamootorit kui ka regulaatori mootorit nõrgem vool. Raskuse mõjul regulaatori mootor pöördub teisele poole ja avab rohkem õlitorustiku klapi. Õli juurdevool mootorisse suureneb, mootor tiirleb kiiremini; siis suureneb puidu liikumise kiirus kivile ja peamootori koormatus stabiliseerub normaalsel tasemel.



Joon. 54. Pideva töötamisega kruvidefibröör.

Voithi defibrööri puuduseks tuleb lugeda tema kettide komplitseeritud ajamit ja kettide tugevat kulumist, mis tekitavad tunduvaid raskusi defibrööri ekspluateerimisel.

Pidevalt töötava defibrööri idee, mille lahendas Voith, osutus niivõrd aktuaalseks, et juba kohe leidis paljusid jäljendajaid.

Mitmest ilmunud konstruktsioonist leidis suurimat levimist kruvide abil pidevalt töötav Nenzeli defibröör. Analoogilisi defibrööre ehitab NSV Liidus Rochali-nimeline tehas. Kruvi-defibröörile (joon. 54) on kettide asemel mon-

teeritud neli kruvi, kaks defibrööri kummalgi poolel; kruvidele on peale lõigatud kolmnurkne keermetis; kruvi läbimõõt on ligikaudu 300 mm, pikkus 4500 mm. Kruvid pöörlevad tiguajami abil, mida käivitab 15 kW elektrimootor; tiguajam ja mootor on paigutatud kaevuse ülemisele plaadile. Puit antakse kaevuse ülemisse ossa teisel korrusel asuvalt rõdult. Kruvide keermetised lõikuvad puidu sisse ja suruvad puidusamba aeglaselt kivi vastu.

Kruvi-defibröör on oma konstruktsiooni poolest märksa lihtsam kett-defibröörist ja tehnoloogilisest küljest ei jää viimasest maha; tema ei vaja erilist puidu väljasortimist kaevuse täitmisel. Neil põhjustel on kruvi-defibröör leidnud suurt rakendamist nii välismaal kui ka NSV Liidu tehastes.

Nagu me juba tähendasime, töötavad pideva protsessiga defibröörid ühtlasema puidurõhumisega kivile kui hüdraulilised. Selle tõttu annavad nad ühtlasema kvaliteediga puumassi. Peale selle püsivalt töötaval defibrööril valmistatud puumass sisaldab vähem jämedaid kiude, kimbukesi ja laastukesi kui hüdraulilise defibrööri mass. Hüdrauliline defibröör annab ligikaudu 20% jämedat kiudu, pidevalt töötav aga ainult 4—6%. See on seletatav asjaoluga, et ühepressilise pidevalt töötava defibrööri hõõrumispind on pikem kui kolme- ja neljapressilisel defibrööril; esimesel juhul võrdub hõõrumispinna pikkus 1000 mm, teisel aga ligikaudu 300—400 mm. Püsivalt töötavas defibrööris tekkinud jämedamad puidu osad võivad täiendavalt peenenduda pikemal kivi hõõrumispinnal, kui see on võimalik hüdraulilise defibrööri juures.

Kuid ei maksa siiski arvata, et pideva tööprotsessiga defibröörid on lõplikult välja tõrjunud mitmepressilised hüdraulilised. Vastupidi, selleks et edukalt võistelda pidevalt töötavate defibröörídega, olid hüdrauliliste defibröörídе ehitajad sunnitud viimistlema viimaste konstrukt-

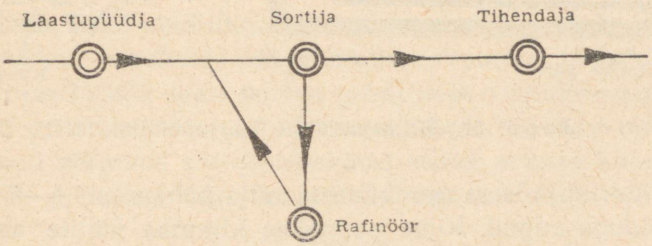
sioone. Selle tulemusena ilmusid välismaal: MIAG-i neljapressiline hüdrauliline defibröör pika hõõrumispinnaga ja kaksik-pressidega; võimas Montague kahepressiline hüdrauliline defibröör, mille mõlemad pressid on varustatud väikese puidu eeltäite kambriga; lõpuks Kamyri kahepressiline hüdrauliline pidevalt töötav defibröör. Peale selle veel tänapäevani tarvitatakse 1906. a. ilmunud kahepressilist magasin-defibröri, automaatse puidutäitmisega suurest (12-tunnilise tagavaraga) magasinist. Kuid kõiki neid konstruktsioone me siin ei hakka kirjeldama.

Tööjõu organiseerimine defibreerimisosakonnas oleneb kohalikkudest oludest: agregaatide arvust, puidu etteandmise mehhaniseerimisest jne. Ühes suures puumassi-vabrikus, milles on üles seatud kaheksateist kett-defibröri ja mille toodang moodustab 350 tonni õhukuiva puumassi ööpäevas, töötavad vahetuses: 1 vanem defibreerija, 2 abilist, 1 noorem abiline, 6 täitjat ja 4 puidu etteandjat, 6 inimest transportööridel ja peale nende sortimisosakonnas 2 sortijat ja 2 abilist, kokku 24 inimest (30-ne asemel, kes töötasid enne stahhaanovlikku liikumist). Vanem defibreerija jälgib defibreerimise protsessi ja reguleerib seda, tehes vastavaid korraldusi abilistele. Abilised teritavad kive ja kontrollivad puumassi kvaliteeti; noorem abiline puhastab defibröride all asuvaid laastupüüdjate sõelu.

Puumassi sortimine.

Defibröri kivi alt valguv puumass sisaldab peale esimese sordi kiu, mis on kõlblik paberi või papi valmistamiseks, mitmemõõtelisi laaste (alates tulitikust kuni halu pikkuseni), samuti ka kahest, kolmest ja enamast kiust koosnevaid kimpe. Sellepärast enne, kui puumassi tarvitada paberi valmistamiseks, tuleb temast eraldada laastukesed ja kiudude

kimbud. Jämedaid laaste leidub puumassis võrdlemisi vähe, ¼ kuni 1%, neid loetakse toodangu jäätmeteks ja harilikult põletatakse aurukatelde kolletes. Kiudude kimpe ja laastukesi leidub märksa rohkem; vastavalt defibreerimise protsessile ja massi sortimisele neid saadakse 4 kuni 20%. Harilikult neid peenendatakse täiendavalt ja ainult pärast seda tarvitatakse paberi või papi valmistamiseks.



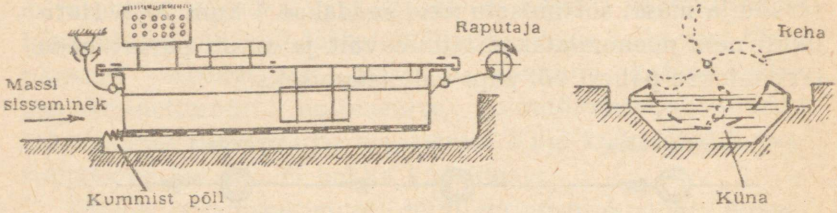
Joon. 55. Puumassi sortimise skeem.

Puumassi sortimise skeem on kujutatud joon. 55.

Defibrööri kivi alt valgunud puumass lahjendatakse ringveega kuni 1—0,5% kontsentratsioonini ja juhitakse siis kõigepealt laastupüüdjasse, mis kujutab endast plekist sõela (aukude läbimõõt 6—8 mm). Siin eraldatakse temast laastud. Puhastatud mass juhitakse pumbaga sortijatesse, mille sõelte peal (aukude läbimõõt 1,5—1,6 mm) uue vee lisamisel eraldatakse temast „rafineeritav" mass. Rafineeritav mass jookseb tagavara-anumasse ja sealt rafinööridesse, kus teda täiendavalt peenendatakse ja kust juhitakse enne sortijaid tagasi massi peavoolusse. Sortijates puhastatud mass juhitakse edasi tihendajatesse (paksendajatesse), kus peene sõela nr. 60 peal temast eraldatakse suurem osa vett. 4—6%-le tihendatud mass kogutakse tagavarabasseini.

Kirjeldame nüüd puumassi sortimise masinaid. On olemas palju mitmesüsteemilisi laastupüüdjaid. NSV

Liidu vabrikutes on nendest kõige rohkem tarvitusele võetud nõndanimetatud mitme väljaga laastupüüdja, automaatse laastude väljatõstmise seadeldisega (joon. 56). Tema koos-



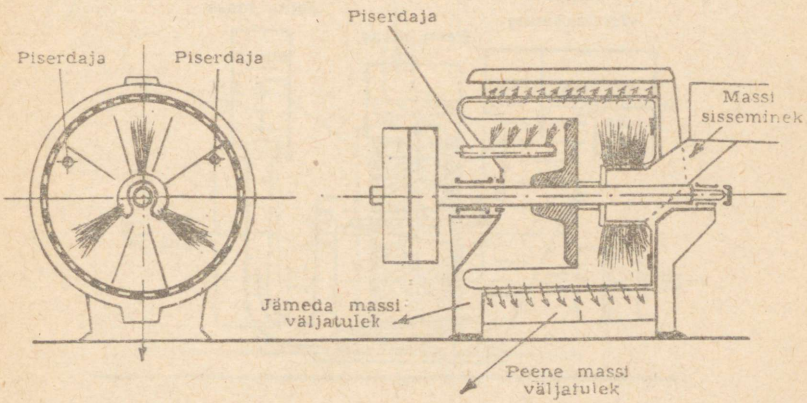
Joon. 56. Mitmeväljaline laastupüüdja.

neb silindrikujulisest raudkünast, mille põhjas on 4—6 mm läbimõõduga augud. Küna pannakse kiikuma võllile asetatud ekstsentri abil. Mass satub jaotamistorust künasse kummist põlle kaudu. Esimese sordi mass ühes rafineeritava massiga läbib küna põhjas asuva sõela ja satub pumba ette asetatud kogumisnõusse. Küna põhja peatuma jäänud laastud riisutakse sealt välja painutatud terasrehadega, mille otstele on asetatud terasharjad; rehad tiirlevad aeglaselt (0,5—1,5 tiiru/min.) piki küna asetatud võllil. Rehade ja laastude külge liibunud kiud uhutakse tagasi künasse pritstorudest juhitud veejugade abil. Vastavalt toodangu suurusele omab 2 m laiune laastupüüdja kahte, kolme või nelja sektsiooni („välja"), igaüks ligikaudu 1250 mm pikk, igal sektsioonil on omaette reha. Kahe sektsiooniga laastupüüdja tootmisvõime võrdub 40 t/ööpäevas, tarvitades sealjuures 5 h.-j.; kolme väljaga — 60 t/ööpäevas 6 h.-j. juures ja nelja väljaga — 80 t/ööpäevas 8 h.-j. juures.

Puumassi sortimiseks, s. t. esimese sordi eraldamiseks rafineeritavast massist, tarvitatakse kõige sagedamini kahte liiki sortijaid, nn. tsentrifugaalsortijat ja läbijooksu-sortijat.

Tsentrifugaalsortija (joon. 57) omab silindrilist sõela, millel on 1,5—1,6 mm läbimõõduga augud.

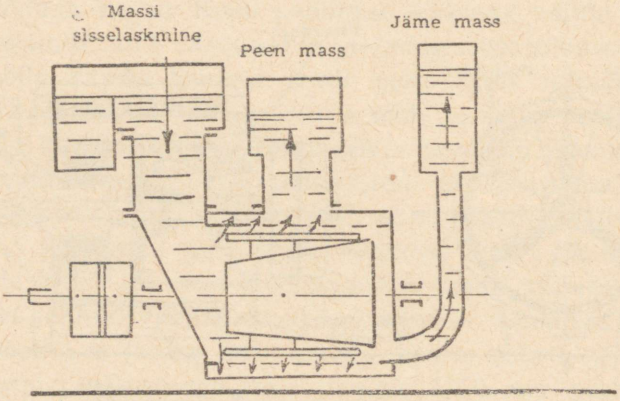
Sõela sees tiirleb tiibadega varustatud võll. Massi juurdevoolutoru paigutamiseks on tiibade keskmised osad vastavalt välja lõigatud. 1 : 300 kontsentratsiooniga mass satub teatud rõhumise all sortijasse torusse sisselõigatud kolme pilu kaudu. Tiivad teevad 150 tiiru/min., löövad vastu massi jugasid ja viskavad massi läbi sõela. Sellejuures satuvad head kiud ühes suurema veehulgaga sõela ja sortija väliskere vahelisse rõngakujulisse ruumi. Jämedad kiud peatuvad sõela sees; sortija teises osas uhutakse nende küljest, pritstorudest juhitud veejugadega, liibunud peenmass, ja nad väljuvad sortija otsseinas asuva avause kaudu. Hea mass juhitakse rõngakujulisest ruumist välja väliskeres



Joon. 57. Puumassi tsentrifugaalsortija.

asuva ülemise või alumise avause kaudu. Tsentrifugaalsortija tootmisvõime on 10—35 tonni ööpäevas, jõutarvitus sellejuures 25—30 hobujõudu. Tsentrifugaalsortija tiibade tugevate löökide tagajärjel jämedad kiukimbukesed, laastukesed, samuti juhusliku päritoluga puru (näiteks koore

osakesed) purunevad, osaliselt läbivad sõela ja prügistavad hea massi. See nähe on suureks paheks tsentrifugaalsortijate konstruktsioonis. Sel põhjusel tarvitatakse tema asemel käesoleval ajal sagedasti nõndanimetatud läbijooksu-tüüpi sortijat, lühendatult APMEW (loe apmju). Selle sortija (joon. 58) silindrilises sõelas tiirleb (250 t/min.) tühi kooniline trummel, mille pinnal asub kuus kitsast laba. Mass jookseb jaotamiskünast laia vooluna trumli kitsama otsa poolt sortija sõela sisse. Sortimata massi voolusurve mõjul suurem osa esimese sordi massi läbib sõela ja satub sõela ja väliskere rõngakujulisse ruumi. Hea mass jookseb sortija väliskere ülemisele osale kinnitatud lühikese toru kaudu



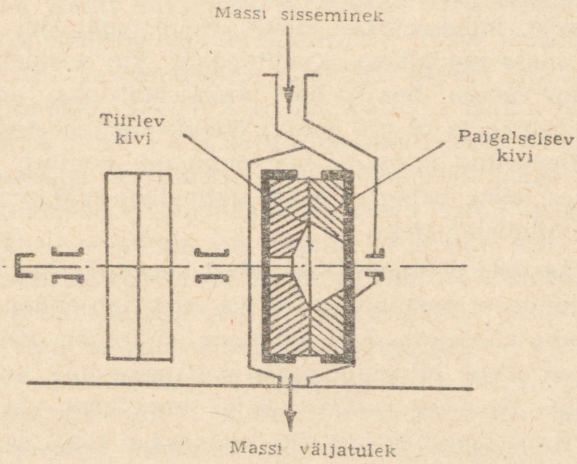
Joon. 58. Sortija APMEW.

kogumiskünasse, milles massi pind seisab 300—400 mm võrra madalamal kui sortimata massi pind sissejooksul. Tiirlevate labade ülesandeks on puhastada sõela sisemist pinda. Rafineeritav mass ühes mõninga hulga esimese sordiga jookseb

vastaspoolsest otsseinast kolmandasse künasse — teise sordi massi künasse.

Läbivoolu-tüüpi sortija, võrdlemisi väikeste mõõdete juures, sordib 40—50 tonni massi ööpäevas, tarvitades 30 h.-j., s. t. et tema kulutab energiat tootlikumalt ja ökonoomsemalt kui tsentrifugaalsortija. Tema erinevuseks on, et jämeda massiga viiakse kaasa suur hulk head massi; sellepärast peab enne rafineerimist jämedat massi teiskordselt sortima.

R a f i n ö ö r i tähtsamaks osaks osutub kaks silindrilist kivi (üks paigalseisev ja teine tiirlev), millede rõngakujulises vahes peenendatakse jäme mass. Käesoleval ajal on suurima leviku osaliseks saanud horisontaalvõlliga rafi-



J o o n. 59. Rafinöör jämeda puumassi peenendamiseks.

nöör (joon. 59). See koosneb malmkerest, mille ühele küljele on kruvitud kaas ühes viimasele kinnitatud kiviga, teisel küljel asub võllile paigutatud tiirlev kivi. Jäme 3% kontsentratsiooniga puumass juhitakse pumba abil paigal-

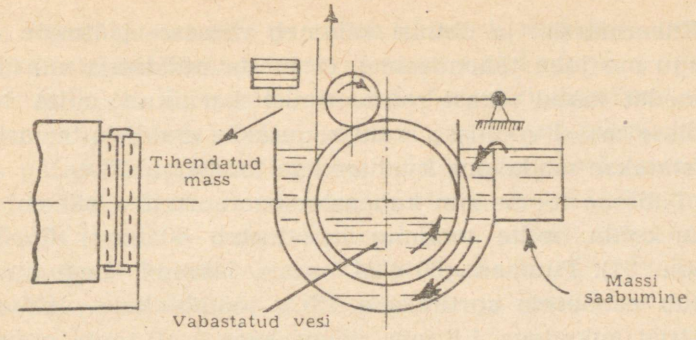
seisva kivi tsentrumisse, satub sealt kahe kivi vahelisse rõngakujulisse ruumi, peenendatakse seal ja väljub rafinööri kere alumisest osast.

Rafinöörile osutuvad sobivamaiks poorsed basalt-laavast kivid. Massi paremaks jaotamiseks rõngakujulises ruumis kaetakse kivide töötavad pinnad soontega, millede sügavus ja laius väheneb pidevalt tsentrumist välis-ääreni. Tiirlevat kivi võib suruda vastu paigalseisvat.

Rafinöör, mille kivide läbimõõt on 1500 mm, peenendab 24 tunni jooksul 3—4 tonni jämedat massi, tarvitades 60—100 h.-j., s. t. osutub väikese produktiivsusega ja suure energia erikulutusega masinaks. Rafinööris lõigatakse jämedad kiud ja laastukesed tükikesteks, lömastatakse ja hõõrutakse lahti, pikad kiud aga, mis ei ole välja uhutud jämedast massist, lühendatakse ainult. Selle tagajärjel on rafineeritud mass madalama kvaliteediga kui esimese sordi pikakiuline mass; hea paberi valmistamiseks, eriti kiirjooksu-masinal, ta ei ole sobiv. Nüüdisaja tehastes eraldatakse rafineeritud mass üldisest puumassi voolust ja juhitakse ühes teiste paberivabriku jäätmetega pakkimispaberi või papi valmistamiseks.

Et puhastada puumassi laastudest laastupüüdjas ja jämedatest kiududest sortijas, on tarvis teda lahjendada suure veehulgaga. Säärane lahjendamine suureneb veel pritstorude vee arvel, mida juhitakse sortijasse hea kiu väljauhtumiseks jämedast massist. Selle tagajärjel väljub hea mass sortijast lahjendatuna üks kolmesaja kuni üks neljasaja vastu, mis tekitab raskusi tema edaspidisel tarvitamisel ja transportimisel. Sellepärast teda tihendatakse 2—6% kontsentratsioonile, millele vastab lahjendamine 1 : 50 kuni 1 : 16.

T i h e n d a j a (joon. 60) koosneb tiirlevast ribitrumlist, mille silindriline pind on kaetud hõreda — nr. 5 sõelaga,



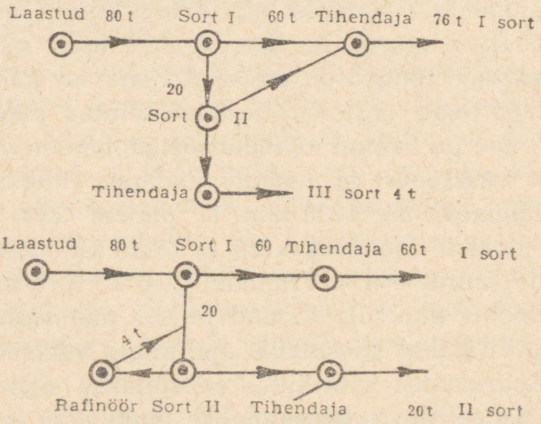
Joon. 60. Puumassi tihendaja.

viimane aga üle tõmmatud tiheda — nr. 60 kootud sõelaga. Trummel asub künas, millesse jookseb vedel puumass. Vesi valgub läbi sõelte silindrisse ja jookseb välja viimase otsast. 1—2% kontsentratsioonile tihendatud mass jookseb välja sissejooksule vastaspoolsest tihendaja otsast. Kui on tarvis massi tihendada 3—4%, siis paigutatakse trumli peale vildiga kaetud valts. Valts surub massikihist vee välja. Valts kattub massiga ja viimane eraldatakse sealt puust kaabitsa abil. Et puumass ei valguks läbi tiirleva trumli otste ja küna seinte vaheliste pilude, on trumli otsadesse sisse treitud rõngad; sellised rõngad on asetatud vastavalt ka küna sisemistesse seintesse. Tiirlevate ja küna seintes paigalseisvate rõngaste vahe on kaetud nn. bandaažiga, mis on valmistatud õhukesest vasklehest ja kaetud vildiga. Tihendaja, mille trumli läbimõõt on 1250 mm ja pikkus 3000 mm, võib 24 tunni jooksul tihendada kuni 12 tonni puumassi — tarvitades selle juures 4 h.-j. Trummel teeb 12 tiiru minutis.

Meie poolt (lk. 161) toodud lihtsat puumassi sortimise skeemi tarvitatakse käesoleval ajal ainult väiksemates vabrikutes. Suuremates vabrikutes eelistatakse ajakohasemaid skeeme, kahe- ja kolmeastmelise puumassi sortimisega. Sellega saavutatakse edukam hea kiu eraldamine jämedast

rafineermassist ja ühtlasi väheneb viimase jäätmete hulk. Nagu me juba tähendasime, ei juhita nüüdisaja vabrikutes jämedat massi pärast rafineerimist harilikult mitte tagasi üldisse massi voolusse, vaid kogutakse eraldi ja temast valmistatakse madalama kvaliteediga toodangu liike.

Näitena toome siin kaheastmelise sortimise skeemi vabriku kohta, mille toodang moodustab 80 tonni ööpäevas (joon. 61). Puumass, 80 t/24 tunnis, läbinud laastupüüdjad, satub esimesele sortimisele. Siin töötab kaks läbivoolusortijat aukudega 1,8 mm, võimsusega á 50 tonni puumassi ööpäevas. Sortijast saadud 60 tonni puhastatud massi juhitakse tihendajatesse, 20 tonni jämedat massi aga ühes peenkiu seguga — teiskordseks sortimiseks tsentrifugaalsortijasse, mille aukude läbimõõt on 1,5 mm ja võimsus 30 tonni ööpäevas. Massi edaspidist liikumist pärast teiskordset sortimist võib juhtida kahe variandi kohaselt. Esimese variandi korral sorditud mass pärast teist astet — 16 t/24 tunnis — liidetakse esimesest sortimisest saadud



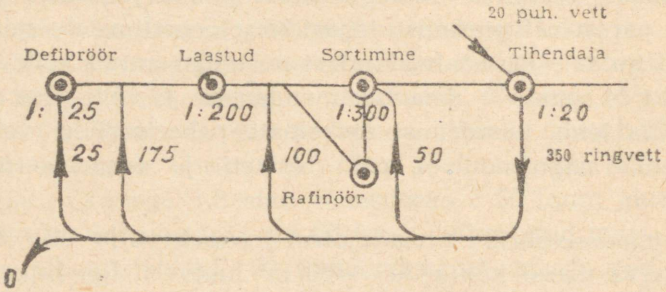
Joon. 61. Puumassi kaheastmelise sortimise skeem.

puhta massi peavoolule ja satub ühiste tihendajate peale. Teisel sortimisel saadud jäme mass — 4 t/24 tunnis — juhitakse rafinööri ja sealt kombinaadi pakkimispaberi valmistamise osakonda. Teise variandi juures juhitakse jäme mass pärast rafineerimist tagasi teisele sortimisele mineva massi hulka. Pärast teiskordset sortimist satub kõik mass — 20 t/24 tunnis — omaette tihendajasse ja võib teise sordi massina leida kasutamist raskemate paberisortide valmistamiseks, nagu suulise-, paki-, etiketi- ja muud sarnased paberid.

Puumassivabriku tihendajatest jookseb välja ühe tonni õhukuiva massi kohta 300—400 m^3 heitvett. Iga liiter sellist vett sisaldab ligikaudu 0,3 grammi kiude, mis on läbinud tihendajate sõelad. See hulk moodustab 9—12% vabriku toodangust. Sellise kiuhulga juhtimine roiskvetega jõkke oleks suureks kaotuseks vabrikule. Peale selle peened kiud reostavad jõe vett. Sel põhjusel, samuti ka värske vee kokkuhoiu mõttes, kõik tihendajate heitveed kasutatakse uuesti, juhtides neid värske vee asemel massi lahjendamiseks, mis sünnib sortimise protsessi ajal mitmes staadiumis, samuti ka pritstorude veeks.

Joonisel 62 on kujutatud lihtsustatud r i n g v e e k a s u t a m i s e skeem; veehulk on antud m^3-tes ühe tonni puumassi kohta. Massi peavoolus, defibröörist kuni tihendajani, on vastavates kohtades antud lahjendamise määrad. Me näeme, et 350 m^3 ringveest, mis jookseb välja tihendajast, 25 m^3 tarvitatakse kivi uhtumiseks, mis annab massile kivi all 4%-lise kontsentratsiooni. Massi lahjendamiseks enne laastupüüdjat 0,5% kontsentratsioonile tarvitatakse 175 m^3 ja lahjendamiseks enne sortijat 0,33% kontsentratsioonile — 100 m^3. Ülejäänud 50 m^3 ringvett kasutatakse sortija pritstorudes. Tihendajate sõelad uhutakse värske veega, et vältida nende ummistumist ringvee tarvitamise

korral. Seda värske vee hulka on soovitav vähendada võimaluse piirides, et vältida ringvee lahjendamist ja selle jahutamist. Seda arvesse võttes suletakse mõnes vabrikus



Joon. 62. Ringvee kasutamise skeem puumassi tootmisel.

pritstorud ja sõelad uhutakse ainult perioodiliselt jugatorude abil. Nagu skeemist kergesti näha, ei jätku sel juhul ringvett. Paljudes kombinaatides kaetakse selle puudujääke paberimasina sõelaaluse ringveega.

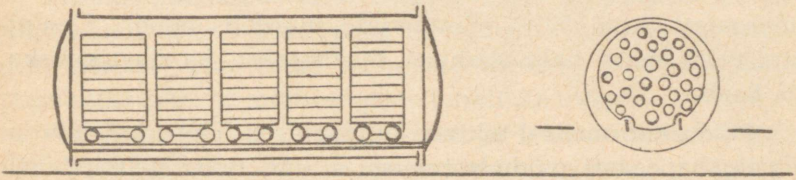
Kirjeldatud ringvee skeemi kasutamise korral viiakse kiudude kaod puumassi-vabrikus nullile. Selle skeemi puuduseks on vetikute, bakterite ja seente paljunemine vees, mille tagajärjel torud ummistuvad ja mass mustub. Selle vältimiseks tuleb torusid perioodiliselt puhastada. Paljudes vabrikutes tarvitatakse torude ummistuste vältimiseks ringvee kloreerimist.

Pruuni puumassi valmistamine. P a p p.

1865. a. leiutas Moritz Berend menetluse puumassi valmistamiseks puidust, mida aurutati katlas teatud surve all. Saadi pikakiulist omaduste poolest tselluloosikiule lähedat puumassi. Paberimasinas saadi temast mingisuguse teise kiu juurdelisamiseta tugevat paberit. 80-ndate aastate algusest

hakkas aurutatud puidust pruuni massi valmistamine hoogsalt levima. See mass leidis tarvitamist peamiselt pakkimispaberite ja pruuni papi (kartongi) valmistamisel.

Puidu aurutamist teostatakse püst- või horisontaalsetes malmkateldes. Kõige sagedamalt tarvitatakse lamavaid raudkatlaid, mille sisemised seinad on kaetud vaskplekiga, et takistada seinte söövitamist aurutamise ajal tekkinud äädik -ja sipelgahappe poolt. Katel täidetakse kas käsitsi, ladudes puitu tihedalt katla sisse, või rullikute abil, mis lükatakse rööbastelt katlasse. Säärane katel on kujutatud joon 63. 2,2 m läbimõõduga ja 6,1 m pika katla maht võrdub 23 m^3; temasse mahub 5 rullikut, igas rullikus 3 m^3 puitu.



Joon. 63. Puidu aurutamise katel.

Rullikutega täitmisel lüheneb märksa katla töötsükkel, kuna katla täitmine ja tühjendamine sünnib kiiremini kui käsitsi täitmisel, pealegi on töötamise tingimused kergemad kui teisel puhul: kuuma puidu käsitsi väljavõtmine on äärmiselt raske töö. Rullikutega täitmise puuduseks tuleb lugeda mittetäielikku katlamahu ärakasutamist.

Puidu aurutamiseks tarvitatakse 4—5 at survega auru. Aurutamine vältab 4—8 tundi, olenevalt aurutatud puidu ja temast saadava massi soovitud värvusest. Väiksema surve juures saadakse valgemat puitu, kuid samal ajal nõrgemat paberit. Katel varustatakse auru sisse- ja väljalaske ventiiliga, kaitseklapiga, manomeetriga, kondensaadi väljalask-

mise ventiiliga ja õhu väljalaske kraaniga. Iga tonni õhukuiva puumassi aurutamiseks tarvitatakse 0,5 tonni auru; puidu kadu aurutamisel moodustab 4—15%.

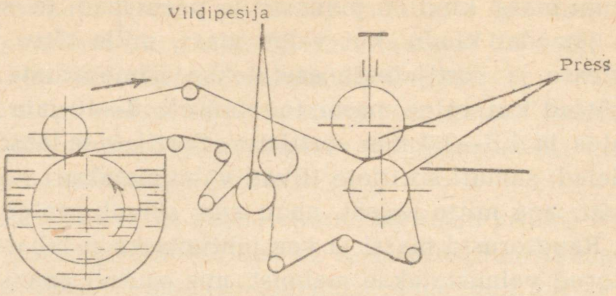
Pruuni puumassi valmistamine aurutatud puidust ei erine põhijoontes valge massi valmistamisest. Peatume ainult tema erinevuste juures.

Silmas pidades, et saadav puumass omab pruuni värvust, ei olda puidu kvaliteedi kui ka tema ettevalmistamise suhtes nii nõudlik. Lubatakse tarvitada sinistunud kui ka pruunistunud puitu; koorimist võib teostada lihtsamalt. Pruuni massi valmistamiseks tarvitatakse, samuti kui valge juures, peamiselt kuusepuitu. Kuid arvesse võttes, et aurutamise ajal osaliselt kaovad vaigu halvad omadused, on lubatud märgatav (kuni 50%) männipuidu juurdelisamine. Samuti kui valge massi valmistamisel, tarvitatakse ka siberikuuske ja haaba.

Puidu aurutamisel tekivad orgaanilised happed, äädik- ja sipelgahape, mis puidu uhtumisel ei kõrvaldu täielikult. Sel põhjusel on tarvis kaitsta mõnd defibrööri kohta happekindla materjaliga ja on soovitav tarvitada hapete toimele vastupidavaid kive. Harilikkude kvarts-tsementkivide iga on siin alla kahte kuud, 3—4 kuu asemel valge massi saamisel. Inkrusteerivad ained keetmisel osaliselt lagunevad, mille tõttu defibreerimisel kiud eralduvad üksteisest kergemini. See asjaolu võimaldab tarvitada jämedamate teradega kive ja teritamisel katta kivi jämedamate täketega kui valge massi defibreerimisel. Pruuni puumassi valmistamisel on defibrööri tootmisvõime suurem ja energia erikulutus väiksem kui valge massi juures. Ühe tonni pruuni massi valmistamiseks tarvitatakse keskmiselt 700 kWh energiat, kuna valge massi juures 900 kWh. Arvesse võttes, et ringvesi omab happelist reaktsiooni, tarvitatakse defibreerimisel värsket vett.

Pruuni massi kiud on pikemad ja peenemad; ta sisaldab vähem jämedat kiudu kui valge mass, mille tõttu laastupüüdjatesse ja sortijatesse asetatakse jämedamate aukudega sõelad kui valge massi toootmisel: 8—10 mm laastupüüdjates ja 1,8—2,0 mm sortijates. Sortijate ja laastupüüdjate sõelad, samuti sortijate tiivad valmistatakse vasest ja pronksist, aga mitte rauast, nagu see sünnib valge massi juures. Raudtorusid massi ja vee juhtimiseks ei lubata tarvitada; torud valmistatakse malmist, mis osutub enam vastupidavaks happelisele vedelikule, ja koguni vasestki. Pruuni massi valmistamisel ringvett ei kasutata sel määral, kui see sünnib valge puumassi tootmisel.

Pruuni puumassi tarvitatakse väga laialdaselt p a p i valmistamiseks. Selline papp on palju tugevam kui valgest massist valmistatud papp ja ta on eriti sobiv karpide, raamatukaante ja mitmesuguste tehniliste toodete valmistamiseks. Papi paksus ületab 0,3 mm ja tema ruutmeetri kaal ületab 250 grammi. Pruuni papi valmistamiseks määratud puumass on sõredam kui paberi valmistamisel — 25—40 Schopper-Riegleri kraadi; paksu papi jaoks tarvitatakse kõige sõredamat massi, õhukese jaoks rasvasemat. Defibrööri kivid valmistatakse jämedateralised (0,8—0,9 mm) ja teritatakse jämedahambaliste rullidega (nr. 4—6). Defibrööri tootmisvõime kivi juures, mille läbimõõt on 1500 mm ja laius 1350 mm, küünib kuni 30 tonnini ja enam ööpäevas. Pappi valmistatakse nõndanimetatud p a p i m a s i n a l (joon. 64). See kujutab endast tihendajat, mida on täiendatud lõputu vildiga ja pressiga. Vilt võtab silindri sõela pealt õhukese puumassi kihi (50—90 g/m²) ja viib selle kahevaltsilise pressi vahele, kus puumassist surutakse välja teatud osa vett. Pärast sisaldab pressi mass 25—30% absoluutselt kuiva ainet. Massi kiht katab ülemist valtsi, nn. formaat-valtsi, kuni on saadud soovitav papi paksus. Pärast seda tõmbab



Joon. 64. Papivalmistamise masin.

tööline kiire liigutusega puu- või luunoaga piki formaatvaltsi soont, lõigates sel viisil katki papi, ja asetab moodustatud lehe pressi ette paigutatud kallutatud lauale. Lehe tavaline suurus on 1000 × 1000 mm või 700 × 740 mm. Laualt viiakse lehed hüdraulilise pressi peale. Siin kogutakse nad riisidesse ja iga 60—70 mm tagant asetatakse lehtede vahele 1,5—2 mm paks raudplekk. Pressi abil surutakse papist välja vesi; pärast pressimist sisaldavad lehed 40—50% absoluutselt kuiva ainet. Edasi kuivatatakse papp (kuni 8—10% niiskuse sisalduseni) kuivatussilindril, surudes teda vastu viimast vildi abil. Kuid sagedamini kuivatatakse pappi kuuma õhu abil erilistes kamber- või kanalkuivatites. Kambrites, mille pikkus on 20 ja enam meetrit, liiguvad transportööri lõputu keti külge vertikaalselt riputatud papilehed aeglaselt vastassuunas kuumale õhule. Märg papp riputatakse transportööri kettide külge pidevalt kambri ühes otsas ja võetakse maha riputitelt kambri teises otsas. Kuivatatud papp silutakse erilises kalandris kahe terasvaltsi vahel, lõigatakse nõutavasse formaati, sorditakse paksuse järgi ja lõpuks pakitakse.

Papimasin, mille silindri läbimõõt on 1250 mm, laius 2400 mm, annab ööpäeva jooksul 3—5 tonni pappi, vildi-

kiirus selle juures on 18—20 m/min. ja jõutarvitus 5 hobujõudu.

Papimasina peamiseks puuduseks on tema väike tootmisvõime. Suurtes papivabrikutes peab üles seadma kümneid papimasinaid ja omama palju töölisi papi mahavõtmiseks formaatvaltsidelt, pressimiseks, riputamiseks ja mahavõtmiseks kuivatites jne. Neil põhjustel eelistatakse õhemat pappi — kartongi (kaaluga 250—500 g/m²) — valmistada lõputu lindi kujul mitmesilindriliste papimasinate abil. Selline masin koosneb 6—8-st silindrilisest sõelast. Pikk, lõputu vilt võtab iga silindri sõela pealt järjekordse puumassi kihi. Moodustatud mitmekordne (6—8 kihti) papp ühes vildiga läbib eelpressid, gautšpressi, neli kahevaltsilist märga pressi, kuivatusosa, mis koosneb kahele korrusele asetatud silindritest, kalandri ja käärimasina, kus papp lõigatakse pikuti ja raiutakse põiki lehtedeks. Säärane papimasin erineb paberimasinast peamiselt oma sõelaosas, kus ühe pika lõputu sõela asemel leidub mitu survevaltsiga sõelasilindrit ja pikk vilt. Masin, papi laiuse juures 4,2 m, valmistab 24 tunni jooksul kuni 70—80 tonni pappi, s. t. tema asendab ligikaudu 20 papimasinat.

Pappi valmistatakse ka mitmest muust materjalist: kaltsudest, makulatuurist, õlgedest ja muust. Mitmesilindrilise masinaga on võimalik valmistada mitmekihilist pappi, mille kihid võivad erineda kompositsiooni poolest.

Pooltooraine jahvatamise protsess hollendrites papivalmistamiseks määratud massi saamiseks põhimõtteliselt ei erine massi jahvatamisest, mis läheb paberi valmistamiseks, ja varieerub olenevalt massi kompositsioonist ja nendest tingimustest, mis seatakse üles jahvatise kvaliteedi suhtes.

Hollendrites valmistatud mass juhitakse segamisbasseinidesse, 3—4% kontsentratsiooniga tavaliste papi sortide valmistamisel (raamatuköitmise, karbipapp) ja 1,5—2% eri-

pappide korral (matriits-, presspan-, ja teised). Segamisbasseinidest mass satub lamedatesse või silindrilistesse sõlmepüüdjatesse ja sealt papimasina malmkünasse.

Papi kujundamine sünnib ka tavalistel paberimasinatel; vahe seisab ainult selles, et papi kujundamisel on hariliku sõela peale asetatud veel teine valtsidel liikuv sõel, mille tõttu kahe sõela vahel vesi pressitakse intensiivsemalt välja. Selliste masinate peal on võimalik valmistada pappi kaaluga 600 kuni 1200 g/m².

Katusepapp ja õlgpapp kaaluga kuni 600 g/m² valmistatakse tavaliselt ühesõelalisel paberimasinal.

Kõrgeväärtuslikumad papi ja kartongi sordid valmistatakse mitmest paberi või papi kihist liimimise teel. Liimimine sünnib erilistel liimimismasinatel. Parimaid, valgeid liimitud pappe nimetatakse bristolkartongiks. Liimitud papi erikaal reeglipäraselt on suurem kui pressitud papi erikaal.

Pappi iseloomustatakse numbritega, mõnel juhul aga paksuse järgi.

Papi number saadakse jagades papi ühe ruutmeetri kaalu (grammides) 100-ga. Näiteks papp nr. 6 vastab 600 g/m²-le; nr. 20 — 2000 g/m²-le jne.

Mõned eripapi sordid (näiteks elektripresspan) iseloomustatakse paksusega; viimisteldud papi paksus väljendatakse millimeetrites.

VI peatükk.

SULFITTSELLULOOSI TOOTMINE.

Sissejuhatus.

Sulfittselluloosi valmistatakse puidust, keetes viimast bisulfitkaltsiumi $Ca(HSO^3)_2$ lahuses, s. t. hapemenetlusel. Sulfaattselluloosi valmistatakse leelismenetlusel, keetes puitu naatriumhüdroksüüdi lahuses (NaOH), millele on lisatud naatriumsulfiidi (Na_2S). Oma valge värvuse tõttu leiab sulfittselluloos suurt tarvitamist pleegitamata ja pleegitatud kujul mitmekesiste paberite valmistamisel, muuseas ka nn. kultuursortide tootmisel (kirjutus- ja trükipaberid). Pärast pleegitamist, mõnel juhul ka pärast täiendavat keemilist puhastamist, sulfittselluloosi tarvitatakse kunstsiidi, lakkide, plastiliste masside ja püssirohu valmistamiseks. Pleegitamata sulfaattselluloosi värvus on pruun-kollakas, mille tõttu teda tarvitatakse peamiselt mitmesuguste tehniliste paberite tootmisel, nagu: koti-, pakkimis-, isolatsioonipaberi ja teiste sarnaste sortide valmistamisel. Tema pleegitamine ei teostu kergelt.

Ainult viimasel ajal, uute pleegitamise meetodite rakendamise tõttu, on läinud korda teda pleegitada ja saada valget, pehmet ja vedelikke sisseimavat tselluloosi. Nüüd tarvitatakse pleegitatud sulfaattselluloosi suure eduga pärga-

mendi, kirjutus- ja filtreerimispaberi ning teiste kõrgeväärtuslike paberisortide valmistamisel.

Sulfittselluloos on leiutatud 1867. a. ameerika keemiku Tilghman'i poolt. Tööstuslikus ulatuses tootis teda esimesena rootslane Ekmann alles 1874. a. Sulfittselluloosi tootmisprotsesside arendamiseks on palju ära teinud saksa professor Mitscherlich (patent 1874. a. ja esimene tehas 1880. a.) ja austria keemik doktor Kellner (tehas 1880. a.). Tselluloosi tootmine leelismenetlusel oli leiutatud 20 a. võrra varem (Burgess, 1853. a.). Tselluloosi tootmine on nüüd arenenud suureks tööstusalaks. Maailma tselluloosi toodangust langeb ⅓ sulfaattselluloosile ja ⅔ sulfittselluloosile.

Sulfittselluloosi tehase tähtsamaks osakonnaks (tsehhiks) on keeduosakond. Tema määrab tehase tootmisvõime, samuti kui paberivabrikus tähtsamaks agregaadiks on paberimasin. Puiduosakonnast vastavalt ettevalmistatud puit (kooritud ja laastudeks raiutud) transporditakse keedukatlasse. Happeosakonnast pumbatakse keeduhape, jõujaamast antakse aur. Katlas kaltsiumbisulfitiga keedetud laastud annavad tselluloosi. Selles protsessis ligikaudu 50% puidust lahustub happes ja juhitakse ühes heitleelisega katlast välja. Endistel aegadel ei osatud sulfitleelist kasutada ja see juhiti ühes tehase roiskveega jõkke või merre. Käesoleval ajal temast valmistatakse rida väärtuslikke aineid (nagu: etüülalkoholi, parkimisekstrakti, pagari- ja loomasööda-pärmi ja muud). Keetmise ajal, katla kuumendamise tagajärjel, eraldub sulfithappest vääveldioksüüdgaas (SO_2). Surve tõusmise vältimiseks üle lubatava piiri lastakse SO_2 katlast välja. See gaas juhitakse tehase regenereerimisosakonda, kus teda kasutatakse sulfithappe kanguse tõstmiseks. Pärast keetmist pestakse mass veega, et vabastada teda leelise jääkidest, ja juhitakse sortimisosakonda, kus massist eraldatakse läbikeetmata

oksakesed, liiv ja teised mustused. Tarbekorral pleegitatakse puhastatud mass p l e e k i m i s o s a k o n n a s ja lõpuks k u i v a t u s o s a k o n n a s temast kujundatakse papp.

Sulfittselluloosi tehnoloogilisi tootmisprotsesse me kirjeldame järgmises järjestuses: puidu ettevalmistamine, happe valmistamine, tselluloosi keetmine, vääveldioksüüdi (SO_2) regenereerimine ja heitleelise kasutamine, tselluloosimassi sortimine ja papi kujundamine.

Puidu ettevalmistamine.

Sulfittselluloosi tootmiseks tarvitatakse peamiselt kuusepuitu. Kuusk kasvab NSV Liidu Euroopa-osa, Uurali ja Siberi põhjapoolsetes oblastites. Tarvitatakse ka kuusele omaduste poolest lähedal seisvat siberikuuske (pihtat—kasvab Siberis ja Kaukaasias). Mänd, mis samuti kasvab põhjapoolseis laiuskraadides, ei ole kohane sulfittselluloosi keetmiseks, kuna ta sisaldab palju vaiku. Mändi kasutatakse suure eduga sulfaattselluloosi valmistamiseks. Lehtpuudest on leidnud piiratud kasutamist haab ja pappel. Pappel, mis kasvab üsna kiiresti, võib omada tähtsust nende metsavaeseis rajoones asuvate tehaste suhtes, kuhu puitu tuleb transportida kaugelt. Peale haava ja papli, eriti välismaal, hakati viimase aastakümne jooksul tselluloosi tootmiseks laialt tarvitama pöögipuitu, valmistades temast peamiselt viskoostselluloosi.

Tselluloositööstus ei ole puidu kvaliteedi suhtes nii nõudlik kui puumassitööstus. Oksad, mis puumassi tootmisel on väga kahjulikud (nad suurendavad jõukulutust defibreerimisel ja annavad sealjuures peene, pudeva kiu), oma rikkaliku vaigu sisalduse ja oma tiheda struktuuri tõttu ei lagune

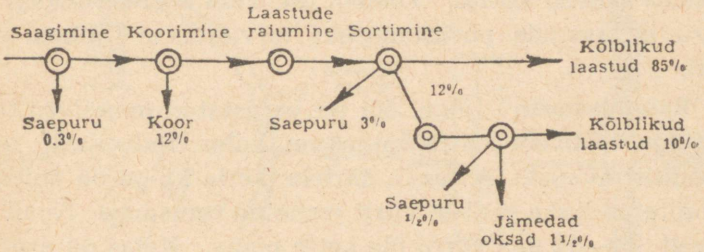
keetmisel. Massi sortimisel oksad eraldatakse, töödeldakse eraldi ja nn. oksamassi tarvitatakse pakkimispaberi ja papi valmistamisel. Puumassi tootmisel välditakse sinistunud ja pruunistunud puidu tarvitamist, kuna see ei taga nõutavat massi valget värvust. Tselluloosi tootmisel see nähe ei evi erilist tähtsust: tselluloosipuidus sinisus on lubatud piiramata arvul; on lubatud puidu pruunistus, kui viimane ei kujuta endast mädanemist. Mädanenud puidu tarvitamine ei ole lubatud, sest selline puit prügistab hea massi. Samuti ei ole lubatud nn. tubaka-, kõdunenud ja sissekasvanud oksad. Koorimise juures tuleb puit hoolsasti puhastada tubakaokstest, mädanikust, vaigupesadest ja suurtest okstest.

Tselluloositööstus hindab tihedat, kitsaste aastaringidega puitu. Temast saadakse (arvutatult 1 m^3 puidu kohta) rohkem tselluloosi kui kobedast, laiade aastaringidega puidust. Peale selle kitsaringiline puit sisaldab rohkem pikka, peent ja tugevat sügiskiudu kui laiaringiline. Lõpuks, sügiskiud on keemilise koosseisu poolest puhtamad kui kevadel kasvanud kiud; see asjaolu on tähtis eriti kõrgeväärtusliku tselluloosi valmistamisel.

Tselluloosi tootmiseks on soovitav tarvitada laoplatsidel hoitud puitu, mille niiskuse sisaldus on ühtlane. Ülesuve hoitud parvetatud puidu normaalseks niiskuseks võib lugeda 30—35% ja raudteel saabunud — 20—25%. Küllalt kange keeduhappe korral on võimalik keeta head tselluloosi ka säärasest puidust, mis on välja võetud jõest ja mis sisaldab 50—60% niiskust. Kõige tähtsam nõue puidu kvaliteedi suhtes on ühtlane niiskus. Segatud laastudest, millest osa on kuivi (20—25% niiskust) ja osa märgi (50—55%), ei ole võimalik keeta ühtlast head tselluloosi.

Keetmiseks vajalikkude laastude ettevalmistamise skeem on toodud joon. 65. 6—7 meetri pikkused palgid saetakse

edaspidise töötlemise hõlbustamiseks 2—2,5 m pikkusteks tükkideks — propsideks, vabastatakse koorest ja raiutakse vastavas masinas laastudeks. Laastud satuvad sortimissõelte peale, kus nendest eraldatakse saepuru (ligikaudu 3%) ja jämedad oksad (ligikaudu 1—2%). Väljasõelutud saepuru ühes koortega ja palkide lõikamisel saadud saepuruga transporditakse katlamajja ja põletatakse seal aurukatelde kolletes. Jämedad laastud juhitakse järelpurustajasse, nn. desintegraatorisse, ning sorditakse uuesti. Viimase sortimise juu-



Joon. 65. Puidu ettevalmistamise skeem.

res saadakse ligikaudu 10% häid keetmiseks kõlblikke laaste, mis juhitakse esimesel sortimisel saadud heade laastude sekka; saepuru (5%) ja jämedad oksad (1,2%) — katlamajja. Keetmiseks kõlblikud laastud transporditakse keedukatelde peal asuvatesse silodesse.

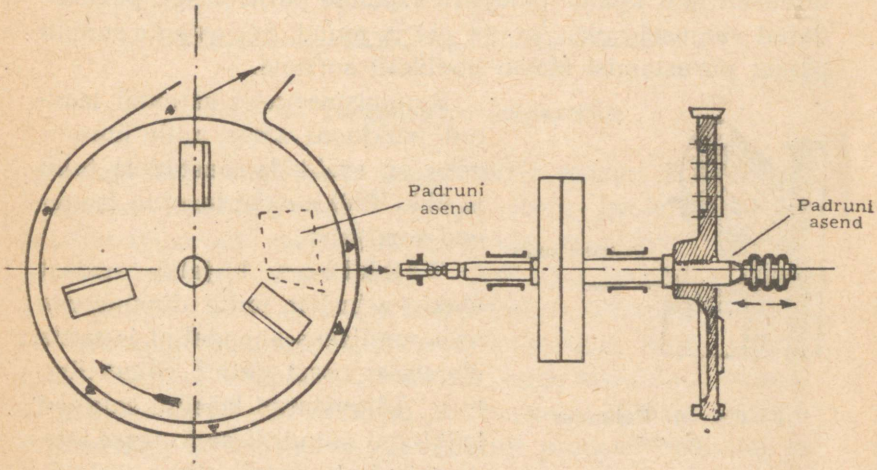
Palkide saagimise ja puidu koorimise küsimused on kirjeldatud peatükis „Puumassi tootmine", mille tõttu me neid siin käsitlema ei hakka. Suurtes kombinaatides lõigatakse palgid tükkideks eriliste põiksaagimismasinate abil („slešerid"), väiksemates käitistes tarvitatakse selleks pendelsaage. Puidu koorimine sünnib kas nugadega varustatud ketasmasinatel, mis ühes koorega kõrvaldavad ka osa puitu, või koorimistrumlites, mis kõrvaldavad ainult koore; mõlemast masinast väljunud puit nõuab järelkoorimist. Seda teosta-

takse käsitsi liimeistritega või väikeste rippuvate freeseritüüpi koorijate abil.

Kirjeldatud skeemi võiks nimetada otstarbekohaseks puidu ettevalmistamise skeemiks. Väiksemates käitistes esinevad sagedasti lihtsustatud skeemid. Raiumismasinast juhitakse kõik laastud järelpurustajasse ja sorditakse pärast seda. Sel juhul peenendatakse mitte ainult jämedad, vaid ka keetmiseks juba kõlblikud laastud. Selle tagajärjel satuvad keedukatlasse ebaühtlasemad laastud kui otstarbekohase skeemi korral. Pealegi tekib sel korral rohkem saepuru ja laastude purustamiseks tarvitatakse rohkem energiat.

Raiumismasin [1] (joon. 66) on varustatud massiivse teraskettaga, läbimõõt 2,8 m, milles on kolm radiaalset, neljakandilist avaust. Avauste äärtele, ketta külge on poltidega kinnitatud kolm erilisel viisil teritatud terasnuga. Noad ulatuvad 10—12 mm võrra üle ketta pinna. Ketas on asetatud tugevale võllile ja tiirleb ajami abil, tehes ligikaudu 175 tiiru minutis. Ketta ette on asetatud malmist sööterenn, mille kallakus horisontaalpinna suhtes moodustab umbes 45° nurga ja ühtlasi on paigutatud teatud nurga all masinavõlli suhtes. Sööterenni viltuse asendi tõttu lõigustatakse puit terava nurga all oma telje suhtes, mille tagajärjel jõutarvitus raiumisel on väiksem, kui see oleks puidu täisnurkse asetuse juures. Peale selle suureneb lõikude pind, mille kaudu keetmisel hape tungib puidusse. Renni alumise osa külge on kinnitatud paigalpüsiv vastasnuga (joon. 67), mis asub minimaalses kauguses (1 mm) kettale paigutatud liikuvate nugade lõikepinnast, et tagada propsi sujuvat libisemist ja vältida propsi hüplemist raiumisel. Propside lõigustamine ja lõikude peenendamine laastudeks sünnib järgmiselt: propsi ots toetub kettale, liikuv nuga raiub otsast kettataolise lõigu, mille paksus võrdub noa väljaulatusega

masina kettast; noa teritatud serv juhib lõigu läbi neljakandilise avause ketta teisele poolele; sellejuures lõik paindub ja murdub tükkideks puukiudude järgi. Sellele järgneb laastude purustamine, mida teostavad liikuvale kettale kinnitatud labidad.

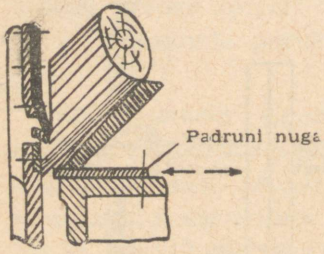


Joon. 66. Raiumismasin.

Raiumismasina ketas on ümbritsetud plekist kattega, mille ülemises osas on vastav avaus ja mille kaudu laastud juhitakse sortijatesse. Katte alumisse ossa kogunenud laastud juhitakse sealt eelmisse väljuvasse torusse ketta külge kinnitatud labidate mõjul.

Raiumismasin, mille ketta läbimõõt on 2800 mm ja mis teeb 175 tiiru min., lõigustab tunnis 35 m^3 propse ja tarvitab selle juures 150 hobujõudu. On ka teisi masinaid, suurema ja ka väiksema tootmivsõimega. Viimasel ajal on tarvitusele võetud kaheksa ja enam lõikenoaga varustatud raiumismasinad.

Keetmiseks kõlblikkude laastude mõõted on: 18—20×10—30×2—3 mm. Selliseid laaste saadakse 80—85%. Peale selle annab masin veel 12—17% jämedaid laaste, viimaste seas ligikaudu 1% oksi ja 3—4% saepuru. Jämedad laastud imbuvad happega läbi aeglasemalt kui normaalse mõõtega laastud ja sel põhjusel neid ei suudeta ühtlaselt läbi keeta. Saepuru sisaldab palju prügi: peenendatud vaiguseid oksi, koore osi ja muud. See asjaolu sunnib pärast purustamist laaste hoolikalt sortima.



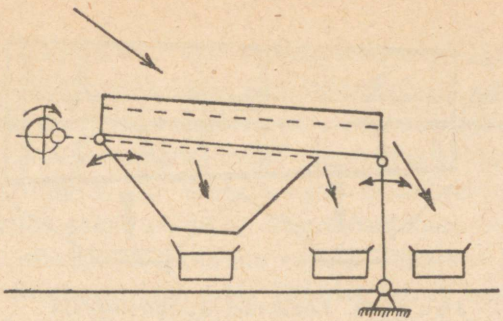
Joon. 67. Raiumise skeem.

Raiumismasinast satuvad laastud tsüklooni sisse, mille ülesandeks on eraldada laastudest tolm ja õhk. Tsükloonist laastud langevad sortijasse.

Tsükloon kujutab endast plekist silindrit, mille alumine osa on kooniliseks ahendatud ja mille ülemisest osast väljub silindriline toru. Lõigustatud laastud satuvad tsüklooni silindrilisse keresse tangentsiaalselt tema pinna suhtes, langevad alla ja kukuvad koonilise osa alumisest avausest sortijasse. Tolmune õhk aga väljub püsttoru kaudu välisõhku.

Tuntakse kahte tüüpi laastusortijaid: tasapinnalisi (lameda põhjaga) rappuvaid ja trummelsortijaid. Tasapinnaline sortija on kujutatud joon. 68.

Madalasse puitkasti on kinnitatud kaks sõela: ülemine, varustatud 30×30 mm aukudega, laseb läbi kõlblikud head laastud ja puru, sõelub välja aga jämedad laastud, alumine sõel, aukudega 5×5 mm, eraldab kõlblikkudest laastudest saepuru. Sõelad on asetatud 10° kallakusega horisontaalpinna suhtes. Kasti alumine osa toetub kahele liigenditega varustatud toele. Kasti ülemine osa on ühendatud eks-

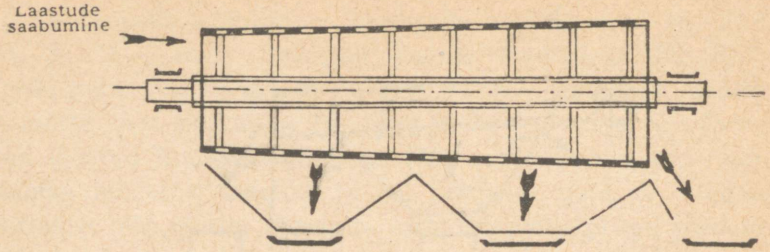


Joon. 68. Tasapinnaline laastusortija.

tsentriga, mis paneb kasti energiliselt rappuma. Tsükloonist langevad laastud sortija ülemise sõela peale, jämedad laastud libisevad mööda sõela pinda ja satuvad teisest otsast linttransportööri peale. Kõlblikud laastud satuvad alumise sõela pealt teisele transportöörile. Mõlemast sõelast läbikukkunud saepuru satub aga kolmanda transportööri peale. Selline tasapinnaline sortija, mille laius on 2200 mm, ülemise sõela pikkus 2800 mm ja alumise — 2100 mm, sordib tunnis kuni 20 m^3 laaste (arvestatult propside mahule) ja tarvitab sealjuures 3,5 hobujõudu.

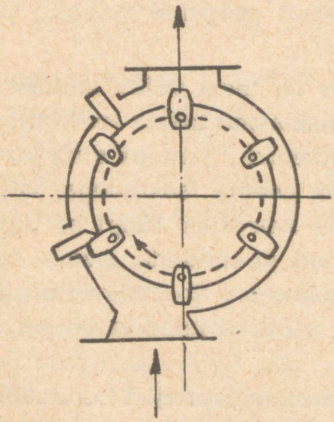
Tasapinnalise sortija puuduseks on tema väike läbilaskmise võime (mille tõttu ühe raiumismasina kohta tuleb üles seada kaks sortijat), sagedane ekstsentrite remont ning ülemise ja alumise sõela ummistumine peente laastudega, vaiguga ja saepuruga. Tasapinnaline ameerika tüüpi sortija, mille sõelad on tugevasti kallutatud ja millede peale on asetatud põikvaheliistud, on kahekordse tootmisvõimega, võrreldes ülalkirjeldatud sortijaga, kuid ka tema omab palju puudusi.

Viimasel ajal on laialt levinud trummelsortijad (joon. 69). See sortija kujutab endast aeglaselt tiirlevat koonilist, sõelaga varustatud trumlit. Esimeses, kitsamas osas on



Joon. 69. Laastude trummelsortija.

sõel varustatud väikeste aukudega (8 mm ∅), laiemas osas aga suuremate aukudega (30 mm ∅). Laastud satuvad tsükloonist trumli kitsamasse kaela, kus eraldub saepuru; kõlblikud laastud kukuvad läbi trumli sõela teises osas, kuna jämedad laastud väljuvad trumli laiast kaelast. Sortija, mille läbimõõt on 2100/2700 mm ja pikkus 8000 mm, laseb läbi tunnis 35 m^3 propsidest lõigustatud laaste; tema tiirude arv on 15 minutis ja jõutarvitus 3 hobujõudu. Trummelsortija heaks omaduseks on tema rahulik töötamine, sõelapinna puhtus (aukudes peatunud laastukesed ja muu prügi kukub alla trumli sisemusse) ja küllalt kõrge läbilaskevõime. Puuduseks tuleb lugeda tema suuri gabariit-mõõteid.



Joon. 70. Lombari desintegraator.

Jämedad laastud juhitakse täiendavaks purustamiseks Lombari desintegraatorisse (joon. 70). See desintegraator koosneb terasvõllist ja viimasele paigutatud 21 kettast, mis on asetatud üksteisest 20 mm kaugusele, moodustades sellega endast trumli. Kettad on

omavahel ühendatud kuue varda abil, mis läbistavad esimesi nende välisserva osas. Ketastevahelises ruumis on varraste peale asetatud vabalt rippuvad teraslööginuiad. Trumli tiirlemisel asetuvad lööginuiad tsentrifugaaljõu mõjul radiaalselt. Trummel on ümbritsetud massiivse malmkerega, mille sisemise seina külge on kinnitatud kaks rida terasnuge, mis on paigutatud lööginuiade vahele. Jämedad laastud juhitakse desintegraatorisse selle ülemise lehtri kaudu, satuvad väliskere ja trumli vahelisse rõngakujulisse ruumi, purustatakse siin liikuvate nuiade ja paigalseisvate nugade vahel ja väljuvad kere alumisest osast. Selles protsessis nuiad lõhestavad ainult jämedaid laaste; kui löök satub oksa pihta, nihkuvad nuiad oma asendist ja oksad jäävad terveks.

Desintegraatori trummel teeb umbes 1000 tiiru/min.; tema läbilaskevõime on 15—35 m^3 propse tunnis, jõutarvitus 10—20 hobujõudu.

Keetmiseks väljasorditud kõlblikud laastud transporditakse tagavara-silodesse, mis kujutavad endast neljakandilisi lehtritaolisi hoidlaid. Silod valmistatakse raudbetoonist, rauast, harva ka puidust. Harilikult nad asuvad otse keedukatelde peal. Viimasel ajal silod paigutatakse puidu- ja keeduosakonna vahel asuvasse eri ruumi. Sellise paigutamise paremuseks on keeduosakonna lihtsam ehitusviis; seinad ja postid sel korral on vähem koormatud.

Puiduosakonnast laastud transporditakse silodesse kas linttransportööri pneumaatilise suruõhu või koppadega varustatud elevaatori abil. Linttransportöör liigub kas horisontaalses või kergelt kallutatud (kuni 22°) asendis, elevaator aga vertikaalses suunas.

Linttransportöör koosneb lõputust kummirihmast, laiusega 300 kuni 800 mm ja enam; rihm libiseb rullidel kiirusega 1,5—2,0 m/sek. Laastud lamavad rihmal kihina, mille laius võrdub 0,9 rihma laiusega, ning kõrgus võrdub ligi-

kaudu $^1/_{12}$ rihma laiusega; laastukihi ristlõike pindala võrdub $^2/_3$ laiust korrutatud kõrgusega. 1 m^3 laaste sisaldab keskmiselt 0,35 tihumeetrit puitu (propse); 1 m^3 laastude transportimine tunnis 100 meetri kaugusele tarvitab ligikaudu $^1/_{20}$ hobujõudu.

Elevaator koosneb lõputust rihmast või kettidest, mis liiguvad vertikaalselt 0,8—1,5 meetri kiirusega sekundis. Rihm haarab elevaatori ülemises ja alumises osas vastavaid seibe, ketid aga vastavaid hammasrattaid. Rihma või kettide külge on kinnitatud kopad (kannud), mille kaugus üksteisest on 0,3—0,5 m. 200 mm laiale rihmale paigutatud kopp haarab 1,2 liitrit laaste; 300 mm — 2,5 liitrit. 1 m^3 laastude tõstmiseks tunnis 10 m kõrgusele vajatakse $^1/_{50}$ hobujõudu.

Nüüdisaja tehastes eelistatakse laaste transportida 18—20° kallakusega linttransportööri abil. Sellise transportimis-seadistiku soetamise kulud on harilikult suuremad kui horisontaalse ja vertikaalse seadistiku üldkulud, kuid selle eest on selline transportlint ekspluateerimisel kindlam kui elevaator, mille juures võivad esineda avariid.

Happe valmistamine.

Nõndanimetatud „sulfithape" kujutab endast kaltsiumbisulfiti $Ca(HSO_3)_2$ vesilahust, mis sisaldab teatud hulga vaba vääveldioksüüdi SO_2. Sulfithappe koostist võib väljendada järgmise valemiga: $CaSo_3 + H_2SO_3 + SO_2$.

Siin monosulfitis ehk väävlishappelubjas ($CaSo_3$) leiduvat SO_2 nimetatakse „seotud SO_2". Väävlishappes (H_2SO_3) ja vees lahustatud SO_2 nimetatakse „vabaks SO_2. Seotud ja vaba SO_2 summat nimetatakse „kogu SO_2" (ka „üld-SO_2"). Kogu SO_2 hulk happes määratakse nn. titreerimise teel, tarvitades selleks tärklist ja joodilahust; vaba SO_2 hulk määratakse samuti titreerimisega, tarvitades seejuures naatriumhüdroksüüdi ja fenoolftaleini lahuseid. Seotud SO_2 mää-

ratakse aritmeetiliselt lahutades kogu SO_2-st vaba SO_2 (kogu SO_2 miinus vaba SO_2 võrdub seotud SO_2-le). Lubja (CaO) hulka määratakse molekulaarraskuste vahekorra alusel: CaO—56 ja SO_2—64. Näiteks juhul kui seotud $SO_2 = 1{,}2\%$, siis hape sisaldab $\frac{1{,}2 \times 56}{64} = 1{,}05\%$ lupja (CaO).

Sulfithappe koostist iseloomustatakse tavaliselt kogu SO_2 ja lubja sisaldusega, kusjuures need arvud väljendatakse %%-des. Kui on teada need kaks arvu, siis on alati võimalik kindlaks määrata seotud ja vaba SO_2 hulk, SO_2 hulk bisulfitis (mis koosseisu valemi kohaselt on kaks korda suurem seotud SO_2 hulgast) ning samuti vaba ja kogu SO_2 vahekord, teiste sõnadega — on võimalik määrata täieline happe kvalitatiivne ja kvantitatiivne koostis.

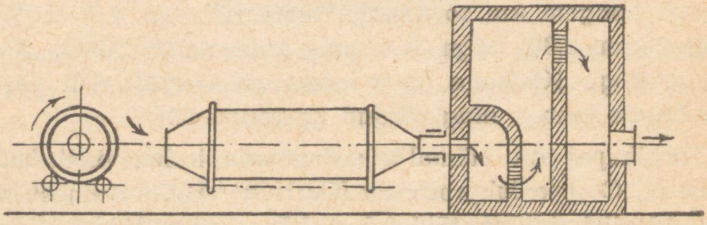
Tehase oludes on tegemist kahe sulfithappega: tornihappega (saadakse tehase happeosakonnast) ja keeduhappega, mida saadakse tornihappest pärast seda, kui ta on rikastunud keedukatlast väljapuhutud gaasidega. Tavaline tornihape sisaldab 3,0—3,2% kogu SO_2 ja 1,0—1,2% CaO; vaba SO_2 ja kogu SO_2 suhe on 56—50%. Normaalselt on keeduhape kangem kui tornihape; tema sisaldab 4,5—5,0% ja koguni kuni 8,0% kogu SO_2, ning umbes 0,9% CaO. Vaba SO_2 ja kogu SO_2 suhe on märgatavalt kõrgem, kui see oli tornihappe juures, ning võrdub ligikaudu 80%.

Tornihapet on võimalik valmistada kahel viisil: lubjakivist ($CaCo_3$) ja lubjapiimast [$Ca(HO)_2 + H_2O$]. Esimese valmistamisviisi juures täidetakse kõrge torn lubjakividega, millede peale juhitakse ülalt vihma näol vett. Torni alumisse ossa juhitakse vääveldioksüüdi — SO_2. Vesi imab endasse SO_2, mille tagajärjel tekib väävlishape (H_2SO_3); viimane, uhtudes lubjakive, lahustab neid. Tekkinud „sulfithape" valgub torni alumisse ossa, kuna väävelhappe toimel lubjakivist tekkinud süsihappegaas (CO_2) väljub torni ülemisest

otsast välisõhku. Teise valmistamisviisi juures vääveldioksüüd (SO_2) juhitakse lubjapiima sisse. Viimane imab endasse SO_2 ja selle tagajärjel saadakse sulfithape.

Toore sulfithappe valmistamiseks on vaja mõlemal juhul esialgu saada vääveldioksüüdgaasi. Seetõttu me algame kirjeldamist vääveldioksüüdi valmistamisega ja selle puhastamisega ning pärast seda peatume üksikasjaliselt sulfithappe valmistamise juures.

Vääveldioksüüdgaasi valmistamine ja puhastamine. Sulfithappe valmistamiseks vajalikku vääveldioksüüdi saadakse väävlist (S) või püriidist — väävelrauamaagist — (FeS_2). Suurem osa NSV Liidu tselluloositehaseid tarvitab püriiti. Ainult uuemad tehased on projekteeritud väävli tarvitamisele. Kuni viimase aastakümneni NSV Liidus väävlit ei toodetud. Enne revolutsiooni imporditi väävlit Sitsiiliast. Ainult hiljuti avastati loodusliku väävli rikkalikud lademed Kesk-Aasias ja Volga ääres, Kuibõševi linna lähedal; peale selle ilmus väävel, mida saadakse kunstlikul teel vasesulatamise tehastes, väljuvate gaaside puhastamise tagajärjel.



Joon. 71. Pöörlev väävliahi.

Väävel põleb õhus või hapnikus, moodustades vääveldioksüüdi järgmise reaktsiooni järgi: $S + O_2 = SO_2$. Siinjuures üks molekul hapnikku (O_2) annab ühe molekuli vääveldioksüüdi (SO_2). Kuna aga keemia põhilise seaduse

kohaselt molekulide mahud gaasjas olekus on võrdsed, siis ka vääveldioksüüdi maht võrdub põletamiseks tarvitatud hapniku mahuga. Mahuliselt õhk koosneb 79% lämmastikust ja 21% hapnikust, järelikult juhul kui kõik õhus leiduv hapnik on ära tarvitatud väävli põletamisel, siis tekkinud gaas sisaldab 79% lämmastikku ja 21% vääveldioksüüdi. Tegelikult on tavaliste väävliahjude gaasid palju vaesemad vääveldioksüüdi sisalduse poolest ja viimase % kõigub 12—14 vahel; sel korral põlemisel moodustatud gaas sisaldab: 79% lämmastikku, 7—9% hapnikku ja 14—12% vääveldioksüüdi. Alles hiljuti läks korda konstrueerida sarnane ahi, mille gaaside koostis on lähedane teoreetilisele hulgale, s. o. 19—20% SO_2.

Meil ja välismaal levinud pöörlev väävlipõletamise ahi on kujutatud joonisel 71. Ahi koosneb malm- või raudsilindrist, millle läbimõõt on 1,25 m, pikkus 3 m. Silinder tiirleb aeglaselt (1—½ tiiru minutis) rullide peal vastava ajami abil. Silindri otstele on kinnitatud kaks koonust: esimene, mille kitsas otsas asub väävlisööteukseke ühes õhu reguleerimise avaustega ja tagumine — varustatud kaelaga, mille kaudu gaasid juhitakse järelpõlemise kambrisse. Kamber kujutab endast väljastpoolt raudkestaga ümbritsetud ja seest šamottkividega vooderdatud silindrit; kahe sõelalise vaheseina abil on kamber jaotatud kolme ossa. Väävel söödetakse ahju eelnimetatud uksekese kaudu, sulab seal (sulamise temperatuur 115°), valgub silindri keres laiali, tõstetakse pöörlemisel seinaga üles ning põleb kogu silindripinna ulatuses. Kuumad gaasid (800°) väljudes ahjust satuvad järelpõlemise kambrisse, mille ülesandeks on ära põletada ahjust ühes gaasidega lendav nn. sublimeerunud väävel. Nimetatud mõõdetega ahjus võib põletada ööpäeva jooksul 5 tonni väävlit; jõutarvitus 2—2,5 hobujõudu. Täiuslikum ajakohane väävliahi töötab naftapihusti põhimõttel;

vedel, sulatatud väävel puhutakse ahju ühes õhuga, kus ta põleb udustatud (pihustatud) olekus. Sel viisil saavutatakse täieline väävli ja õhu segumine ning järelikult täielikum põlemine; me juba tähendasime, et säärase ahju gaaside kangus on 19—20% SO_2. Selline ahi valmistatakse paigalseisva horisontaalse raudsilindrina, seest vooderdatud ja varustatud mitme põikvaheseinaga, mis soodustavad gaaside segumist. Säärase ahju tootmisvõime küünib 20—30 tonni väävli põletamiseks 24 tunni jooksul.

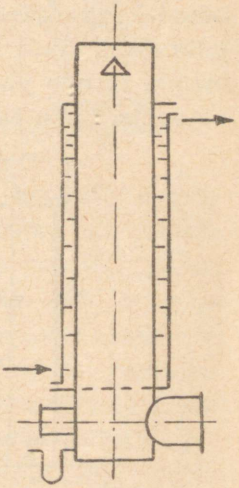
Väävliahju gaasis leidub peale vääveldioksüüdi, lämmastiku ja hapniku alati väikesel määral (ligikaudu 0,2%) SO_2 hapnemise tagajärjel tekkinud vääveltrioksüüdi (SO_3). Kunstliku väävli põletamisel saadud gaasis võib leiduda seleen (Se) ja teisi mustusi.

Enne kui väävliahjust väljunud gaase juhtida lubjakiviga täidetud torni, tuleb neid jahutada ja hoolikalt puhastada võõrollustest. Jahutamine on vajalik, et vääveldioksüüd edukalt absorbeeruks (imuks) vees ja sulfiithappes, kuna on teada, et mida soojem vesi või hape, seda vähem absorbeerub nendes SO_2. Gaaside puhastamine on vajalik, et vältida happe reostamist ja aparatuuri mustumist.

Väävliahjust väljunud gaasid juhitakse lühikese malmtoru kaudu pesemisaparaati, pestakse seal veega, kusjuures nad veidi jahtuvad. P e s e m i s a p a r a a t kujutab endast laia püstasendisse paigutatud toru, mille ülemisse ossa juhitakse gaas ja pritsitakse sisse vesi. Vesi niisutab tolmukübemed, imeb endasse ahnelt vääveltrioksüüdi (SO_3) ja valgub muda kujul aparaadi alumisse ossa. Puhastatud ja veidi jahutatud gaas satub siis tinatoru kaudu veejahutajasse, kus jahtub kuni 30—35°. Lihtsaim ajakohane jahutaja koosneb tinatorudest, mille välispindadel voolab vesi ning sisemust läbib gaas. Jahutajast satuvad gaasid ekshaustorisse, mille ülesandeks on imeda gaasid väävli-

ahjust läbi torude, pesemisaparaadi ja jahutaja ning suruda need läbi torni.

Dorenfeldt'i pesemisaparaat (joon. 72) kujutab endast tinatoru läbimõõduga 1000 mm, kõrgusega 3,5 m. Väljastpoolt on toru ümbritsetud raudkestaga, mille läbimõõt on 1400 mm. Gaasid satuvad aparaadi ülemisse ossa temperatuuriga umbes 400°. Vesi pritsitakse aparaati tinutatud pronks-düüsi kaudu. Vesi niisutab tolmu osakesed, imeb endasse SO_3 ning väljub alumisest osast painutatud ja veelukuga varustatud tinatoru kaudu. Samal ajal vesi jahutab gaasid 100—150°-le ja soojeneb ise kuni 50—60°. Aparaadist väljuva musta vee temperatuuri tuleb hoida võimalikult kõrgel, kuna vastasel korral vesi imab endasse palju vääveldioksüüdi (SO_2), mis läheb roiskveega kaotsi.



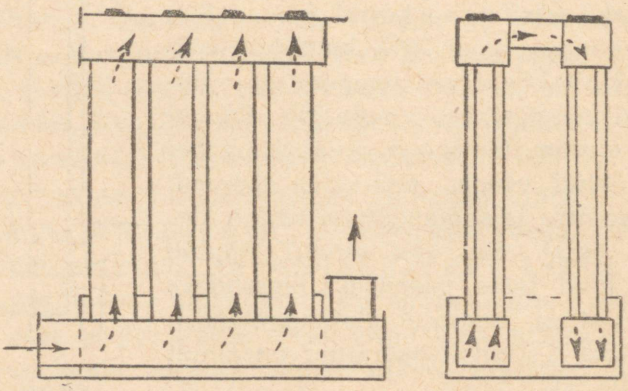
Joon. 72. Dorenfeldti pesemisaparaat.

Lohaka käsitamise korral võivad SO_2 kaod küündida kuni 25%, kuna normaalselt, küllalt kõrge vee temperatuuri juures nad moodustavad ainult 3%. Rõngakujuline ruum tinatoru ja väliskesta vahel on täidetud veega, mis satub aparaadi alumisse ossa ja soojendatuna väljub ülemisest osast. See vesi samuti jahutab gaase, kuid tema peamiseks ülesandeks on takistada tinatoru ülekuumutamist, kuna tina sulamistemperatuur on ainult veidi üle 300°.

Dorenfeldt'i aparaat on küllaldane, et pesta ja jahutada kaheteistkümnetonnise ahju gaasid. Kahekümne viie tonnise ahju jaoks seatakse üles kaks säärast pesemisaparaati. Pesemisaparaadid tuleb üles seada väävliahju lähedale, et kiiremini ära jahutada

gaase. Asi seisab nimelt selles, et 400—500° temperatuuri juures tolmu ja mustuse toimel SO_2 moondub kiiresti SO_3-ks, kuna aga 100—200° juures see hapnikuga rikastumine sünnib märksa vähemal määral.

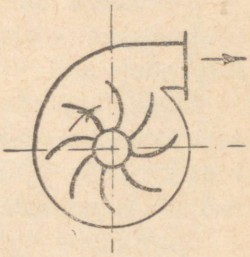
Pesemisaparaadist satuvad gaasid tinatoru kaudu pinnajahutajasse, mis on valmistatud samuti seatinast. Käesoleval ajal tarvitatakse kõige sagedamini Lurgi „niisutavat" neljakandilistest püsttorudest koosnevat jahutajat (joon. 73). Jahutajast satuvad gaasid horisontaalsesse neljakandilisse karpi, kust torude kaudu tõusevad ülemisse kogumistorusse. Viimasest satuvad gaasid lühikeste ühendustorude kaudu paralleelsesse kambrisse, siit valguvad alumisse kogumiskarpi ja lõpuks väljuvad püsttorukese kaudu jahutajast. Vesi niisutab mõlemat ülemist karpi, nõrgub mööda torude püstseinu alla ja väljub roiskvee torustikku betoonist küna kaudu, millele toetub jahutaja alumine osa.



Joon. 73. Lurgi jahutaja.

Ülemistes karpides asetsevad iga torupaari vastas äravõetavad veelukkudega varustatud puhastamisluugid. Alumised karbid on varustatud kondensaadi ärajuhtimiseks sifoontoruga ja puhastamisluukidega.

Normaalne Lurgi jahutaja, pinnaga 80 m^2, on küllaldane kaheteistkümnetonnise ahju jaoks. Gaaside jahutamine nii selles kui ka teistes veenõrgumise põhimõttel konstrueeritud jahutajates sünnib mitte ainult jahutaja seintega kokkupuutuva vee soojendamise arvel, vaid ka õhukese kihina püsttoru seinte kaudu allanõrguva vee auramise arvel.



Joon. 74.
Gaasi ekshaustor.

Gaaside imemiseks läbi väävliahju, pesemisaparaadi, jahutaja ja ühendustorude ning nende surumiseks läbi torni tarvitatakse ekshaustorit ehk ventilaatorit (joon. 74), mis on konstrueeritud tsentrifugaalpumpade põhimõttel. Gaas suundub ekshaustori keskpunkti, kus kiiresti tiirlevale võllile (1500 tiiru min.) asetatud tiibade mõjul juhitakse survetorusse. Väävliahju, pesemisaparaadi, jahutaja ja vastavate torustikkude takistuste võitmiseks on vaja saavutada ekshaustoriga hõredust, mis võrdub umbes 40—50 mm veesambaga. Torni takistuse võitmiseks on vajalik, olenevalt torni suurusest ja selle puhtusest, 50—100 ja kuni 150 mm veesamba surve. Tavaline ekshaustor saavutab 200—300 mm veesamba survet, mis on küllaldane. Ekshaustor on üks tähtsamaid happeosakonna agregaate; kui see rikki läheb, jääb kogu osakond seisma — väävliahjud, tornid ja muud. Selle tõttu tema konstruktsioon ja materjal peavad olema küllalt kindlad. Ekshaustori kere valatakse kõvast tinast. Terasest võll ja tiivad kaetakse tinaga; kuna aga ekshaustor töötab niiskes vääveldioksüüdi ja vääveltrioksüüdi keskkonnas, mis veega annavad väävelhappe, siis aja jooksul võll ja tiivad sööbuvad. Kõiki neid asjaolusid arvesse võttes seatakse tavaliselt töötava ekshaustori kõrvale teine tagavara-ekshaustor.

Ekshaustorid ehitatakse võimsusega 5000—10 000 m^3 gaasi tunnis. Ekshaustor võimsusega 7500 m^3/tunnis on varustatud sisseimemise toruga, mille läbimõõt on 400 mm, ja survetoruga — 320 mm; 1450 tiiru juures minutis saavutab selline ekshaustor 300 mm veesamba surve ja nõuab käivitamiseks 16 hobujõudu.

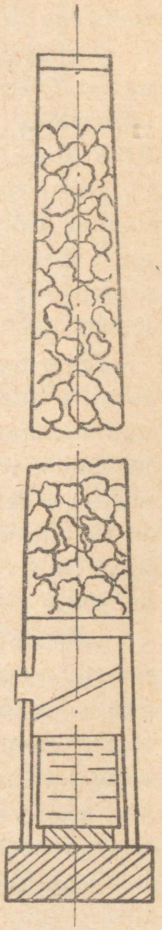
Me teame juba, et on kaks menetlusviisi sulfithappe valmistamiseks: lubjakivi (ka tornimenetluseks nimetatud) ja lubjapiima abil.

Enam levinud on t o r n i-s ü s t e e m, kuna see on lihtsam lubjapiima-menetlusest; sel korral ei ole vaja põletada lubjakivi ($CaCO_3$), et saada lupja (CaO), ei ole tarvis valmistada ja puhastada lubjapiima.

Sulfithappe valmistamine tornis nõuab küllalt puhast, 95—97% $CaCO_3$ sisaldusega lubjakivi, seega järelikult mitte üle 3—5% kõrvalolluseid (liiv, savi ja muud). Vastasel korral ühes happega allavalguv praht ummistab kivide vahed ja teeb normaalse ekspluateerimise võimatuks. Ses suhtes on lubjapiima-menetlus vähem nõudlik, kuna enne absorptsiooniaparaati juhtimist on võimalik lubjapiima puhastada mustusest.

M i t s c h e r l i c h i t o r n, mis tänapäevani on laialt levinud sulfithappe valmistamiseks, kujutab endast kõrget (30—40 m) puidust toru: selle läbimõõt alumises osas on 2,5—3,0 m, ülemine on aga 0,5 m võrra väiksem. 5 m kõrgusele, arvates torni põhjast, on asetatud tugev puidust rest, mille peale paigutatakse peasuurused lubjakivi tükid; torni tavaline lubjakividega täitmise kõrgus on 28—30 m. Puhastatud ja jahutatud väävliahju gaas, 8—10% SO_2 sisaldusega, juhitakse torni alumisse ossa. Vesi pumbatakse toru kaudu torni ülemisse ossa, kust teda juhitakse ühtlaselt kogu torni põiklõikele. Vesi, valgudes kivide vahelt alla, absorbeerib (imeb) endasse küllastuseni vääveldioksüüdi. Moodustatud

väävlishape lahustab lubjakive. Süsihappegaas ühes teiste gaasijäänustega väljub torni otsast välisõhku. Hape valgub torni alumisse ossa, kust ta pumbatakse tagavaraanumatesse. Kuna gaas sisaldab SO_2 kõige rohkem torni alumises osas, siis siin sünnib intensiivne lubjakivi lagunemine. Ülemised kivikihid vajuvad järk-järgult allapoole. Selle allavajumise soodustamiseks ongi torn ehitatud kergelt koonusekujulisena. Järelikult töötamise ajal väheneb lubjakivi kiht tornis pidevalt. Selle tõttu SO_2 imumine vees halveneb, SO_2 kaod välisõhku aga suurenevad. Töötamise algul väljuvad gaasid sisaldavad ainult 0,02—0,03% SO_2, 6—10 päeva pärast, kui kivid on 5—6 m võrra vajunud ja nende kihikõrgus on 28 meetrilt vähenenud 23—22 meetrile, kaod välisõhku suurenevad kuni 0,2—0,3% SO_2. See hulk moodustab juba ligi 3% torni juhitud SO_2. Lahustatud lubjakivist tekkinud muda ummistab järk-järgult kivide vahed, see takistab gaaside liikumist ja muudab ekshaustori töö pingeliseks. Ollakse sunnitud katkestama töö ja asuma torni pesemisele ja täitmisele lubjakividega. Torni pesemine sünnib torni ülemisse ossa juhitud tugeva veejoa abil; kivid tõstetakse üles tõstukiga ja asetatakse torni selle ülemises osas asuvate avauste kaudu.



Joon. 75. Mitscherlichi torn sulfithappe valmistamiseks

Olenevalt tehase toodangust ehitatakse kõrvuti mitu torni (3—8); see võimaldab puhastada ja täita kividega 1—2 torni sel ajal, kui teised töötavad. Tornid ümbritse-

takse sõrestik-ehitisega, et paigutada treppe, tõstukit ja rõdusid remontimiseks ja teenindamiseks. Teenindamise hõlbustamiseks ümbritsetakse alumine ja ülemine korrus seintega ja kaetakse katusega.

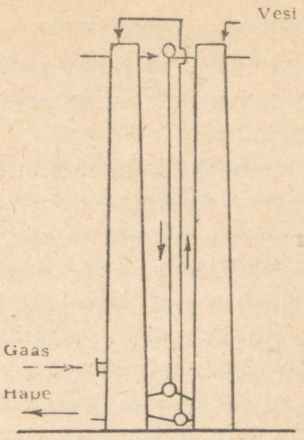
Tornid ehitatakse männi plankudest; need töötavad 8—10 aastat. Olenevalt läbimõõdust on Mitscherlichi torni tootmisvõime 400—600 m^3 hapet ööpäeva jooksul, happe kangus — 3,0% kogu SO_2.

Torni töö järelevalve seisab selles, et happeosakonna vanem tööline teatud ajavahemikkudel (kord tunnis) võtab igast tornist happe proovi ja määrab selle erikaalu Baumé areomeetri abil. Vastavalt areomeetri näitamisele ta reguleerib tornis mööda kive alla nõrguva vee juurdevoolu.

Peale torni töö kontrollimise on sama töölise ülesandeks tornide tööle rakendamine ja nende seismajätmine, tornide ümberlülimine, tornide puhastustööde järelevalve, happe juhtimine tagavara-mahutitesse ja regenereerimisosakonda, mahutite seisukorra ja nende happe hulga järelevalve, saadud ja tarvitatud happehulga arvestamine jne. Torustikkude ja aparatuuri vigastuste korral tungivad gaas ja hape ruumidesse, mille tõttu tööline peab olema varustatud gaasimaskiga.

Mitscherlichi torni põhiline puudus — perioodiline töötamisviis on küllalt edukalt kõrvaldatud Jenseni kaksiktornis. See kujutab endast just kui pooleks lõigatud Mitscherlichi torni. Gaasid satuvad esimese torni alumisse ossa, läbivad selle, laskuvad toru kaudu alla, satuvad teise torni ja väljuvad ülalt välisõhku. Vesi juhitakse teise torni ülemisse otsa, tema absorbeerib endasse vääveldioksüüdi jäägid ja nõrga happe kujul (0,1—1,5% kogu SO_2) pumbatakse ta esimesse torni; selle torni alumisse ossa kogub torni hape. Igapäev muudetakse gaaside ja vee suunda: lahjahappe torn töötab kui kangehappe torn ja ümberpöördult. Et üldine kivikihi kõrgus kahes tornis on väga suur (ligi 50 m), SO_2 kaod

välisõhku on tähtsusetud ja gaasid väljuvad küllalt puhtana. Sellistel tingimustel on võimalik lubjakivi paigutada lahjahappe torni selle töötamise ajal, ilma et riskeeritaks mürgituda vääveldioksüüdi gaasiga: esimesel päeval paigutatakse kivi teise torni, teisel päeval esimesse torni jne. Järelikult Jenseni torn töötab alati täielikukivikihi kõrgusega. Torne pestakse kordamööda: ühe torni pesemise ajal teine töötab, samuti kui Mitscherlichi torn.



Joon. 76.
Jenseni kaksiktorn

Torni ehitamiseks Jensen tarvitas puidu asemel raudbetooni happekindla sisemise vooderdamisega. Säärasel korral sõrestikulist ehitist tornide ümber ei ole vaja püstitada. Torni alumise osa läbimõõt on ligikaudu 3,0 m, kõrgus 30—35 m. Seadistik, mis koosneb kahest sellisest tornist, toodab 24 tunni jooksul kuni 1000 m^3 hapet ja on küllaldane tehasele, mille tootmisvõime on 150 tonni tselluloosi ööpäevas.

Lubjapiima-menetlusel valmistatakse sulfithapet NSV Liidus ainult kolmes tehases. Nendes on üles seatud pidevalt töötavad, mitmekorruselised O. K. Gilleri tornid põiklõikega 2 × 2 m, kõrgusega 10 m. Lubjapiim valgub korruste kaudu ülalt alla, gaasid tõusevad temale vastu ja läbivad piimakihi kaks korda igal korrusel. Hape koguneb torni alumisse ossa, gaasid ühes SO_2 jälgedega imetakse ülemisel korrusel mitmeastmelise ventilaatori abil välja. Torni tootmisvõime on 600 m^3 24 tunni jooksul. Ekshaustor nõuab võrdlemisi suurt võimsust — 75 hobujõudu. See on seletatav suure takistusega, mille peab võitma gaas, kui ta

läbib lubjapiima kihid torni kõigil korrustel. Suure keerukuse tõttu, võrreldes esimese menetlusega, leiab lubjapiimamenetlus harva rakendamist, vaatamata happe kõrgele kvaliteedile.

Enne kui üle minna tselluloosi tootmise põhilise protsessi — keetmise juurde, ütleme mõned sõnad auru kohta ja nende nõuete kohta, mida temale esitatakse keetmisel.

Käesoleval ajal keetmist ei teostata mitte katlamajast võetud värske auruga, vaid turbiinist võetud äratöötanud auruga. Värske aur, 32—46 at survega ja ülekuumendusega kuni 450°, juhitakse turbiini kõrgesurve astmesse. Jättes siia osa oma soojusest, mis muutub vastavaks mehaaniliseks energiaks, aur väljub survega 8 at ja ülekuumendusega ligikaudu 250°. Sulfittselluloosi keetmist teostatakse ligikaudu 6 at surve all; suurim lubatud auru ülekuumendus keedukatlasse sattumisel on 210°. Selle tõttu tuleb auru enne keedukatlasse sattumist niisutada vee sissepritsimise teel aurutorusse. Vesi aurub aurusoojuse arvel ja aur jahtub soovitud temperatuurini. Teatud auru ülesurve on vajalik takistuste võitmiseks auru liikumisel torustikus ja tema sattumisel keedukatlasse.

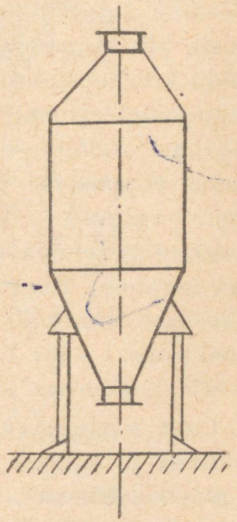
Sulfittselluloosi keetmine.

Mitscherlich (1875. a.) keetis oma tselluloosi nn. „tuima" auruga; aur ei sattunud otse katlasse, vaid katlasse paigutatud seatinast usstorusse. Kellner keetis tselluloosi värske („ägeda") auruga: aur sattus otse katlasse. Oma lihtsuse tõttu on viimane meetod, mida tuntakse tööstuses „Ritter-Kellneri" keetmismenetluse nime all, laialt levinud tselluloosi tootmisel. Edaspidi me käsitleme Ritter-Kellneri keetmismenetlust.

Käesoleval ajal teostatakse sulfittselluloosi keetmist p ü s t k a t l a s (joon. 77), mille keskmine osa on silindri-

kujuline, ülemine ja alumine osa aga koonilised. Tavalise katla suurus on 130 m^3 ja enam (kuni 300—350 m^3). Katel mahuga 280 m^3, mis on üles seatud mitmes NSV Liidu uuemas tehases, on 6 m läbimõõduga ja 15 m kõrge. See vastab 4—5-korruselise maja kõrgusele. Keedukatlad arvestatakse 6 at töösurvele. Nad on kokku needistatud suurtest raudplaatidest paksusega 25—35 mm. Kuna sulfithape söövitab rauda, siis katla sisemised seinad kaetakse happekindla voodriga. NSV Liidus on kõige enam levinud nn. Kupka vooder. See koosneb erilisest betoonikihist (selle koostis on: tsementi — 60%, happekindlat šamotti: happekindlast savist valmistatud tambitud tellist — 32%, raudlaaste — 8%), paksusega 100—150 mm, ja 35 mm paksusega happekindlaist keraamilistest plaatidest. Plaatide vahed täidetakse happekindla kitiga, mis on valmistatud seatinadioksüüdi (PbO — „tinaläige") ja glütseriini segust või andesiidist ja vesiklaasist. Hoolsa järelevalve ja õigeaegse remondi korral võib selline vooder püsida 10 aastat.

Kõik teised katla osad, mis puutuvad kokku happega või keetmisel tekkinud gaasidega, peavad olema kaetud või valmistatud happekindlast materjalist. Näiteks ülemise täiteavause luugi alumine osa kaetakse seatinast või pronksist plaadiga. Katla alumine kael, kuhu juhitakse hape ja aur ning mille kaudu tühjendatakse katelt, valmistatakse happekindlast pronksist või happekindlast terasest. Samuti valmistatakse happekindlast metallist kõik stutsid, millede



Joon. 77. Sulfittselluloosi keedukatel.

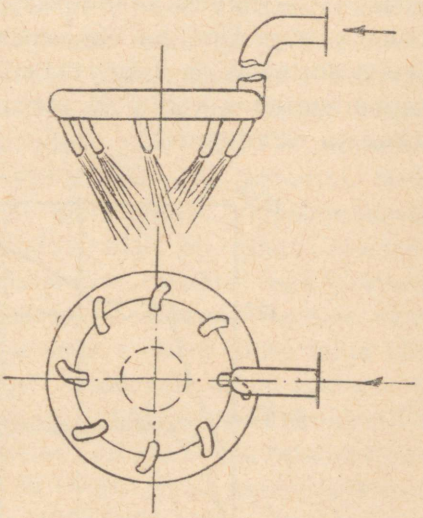
kaudu juhitakse katlasse hape ja aur ja millede kaudu puhutakse välja gaasid, samuti auru-, happe- ja gaasiventiilid ja -torustikud; sõelad, mis takistavad torude ummistumist tselluloosimassiga, ja muu katla armatuur. Happekindel pronks sisaldab peale punase vase veel sea- ja inglistina (kokku 15—20%), kuid ei tohi sisaldada tsinki. Sellist pronksi võib ainult tingimuslikult lugeda happekindlaks: praktiliselt tuleb aga pronksist armatuuri sagedasti vahetada. Sulfithappe ja vääveldioksüüdi mõjudele peab palju edukamalt vastu happekindel teras; sobivamaks loetakse V4A-tüüpi terast, mis sisaldab 18% kroomi, 8% niklit ja 2—3% molübdeeni.

K u u s e p u i t, mida peamiselt tarvitatakse sulfittselluloosi keetmiseks, sisaldab, arvutatult absoluutselt kuivale puidule, 50—53% rakukudet (keemiliselt puhast tselluloosi), 28—30% ligniini ja 16—18% hemitselluloosi (pool-tselluloosi), 3% langeb tuha, vaigu ja muu arvele. Kõigist neist puidu koosteosadest on rakukude kõige vastupidavam mitmesugustele keemilistele mõjutustele. Keetmise ajal ta säilib peaaegu täielikult. Vastupidi viimasele kujutab ligniin endast ebapüsivat, kergelt muudetavat ainet. Tema laguneb koguni valguse ja õhu mõjul (seetõttu näiteks $^3/_4$ puumassist koosnev ajalehepaber muutub valguse mõjul kollakaks ja hiljem laguneb). Keetmise ajal läheb peaaegu kõik ligniin üle lahusesse. Sõltuvalt läbikeetmise intensiivsusest jääb tselluloosi sisse 1 kuni 6% ligniini: 5—6% nn. kõvas tselluloosis, 3—4% keskmises ja 1—2% pehmes.

Oma vastupidavuse poolest omavad hemitselluloosid rakukoe ja ligniini vahepealset tugevust. Suurem osa neist laguneb keetmisel. Tselluloosi sisse jääb neid 3 kuni 8%. Üldiselt saadakse 100-st kuusepuidu osast 45—52 osa sulfittselluloosi: 50—52% kõva, 48% keskmist ja 46% pehmet tselluloosi.

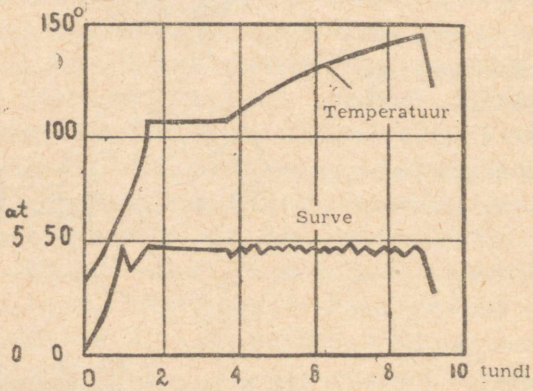
Sulfittselluloosi keedetakse keeduhappega, mis sisaldab 5—6% kogu SO_2 ja 0,8—0,9% CaO. Keetmise aeg on, olenevalt läbikeetmise astmest, 8—12 tundi; lõplik temperatuur — 140—150° C. Kogu selle aja vältel säilitatakse 5—6 at surve, milleks soojendamisel tekkinud gaase tuleb katlast välja puhuda. Keetmise tööprotsesside järjestus on järgmine: katla täitmine laastudega, happe sissepumpamine, katla sisu soojendamine kuni 110° (nn. sissekeetmine või „kupatamine"), katla „seismine" 110° juures laastude läbiimbumise võimaldamiseks happega, „päriskeetmine" kuni 140—150°, surve vähendamine ja katla tühjendamine.

Laastud juhitakse silodest katlasse kas isevoolu teel, kui silod asuvad keedukatelde peal, või transportlindi abil, kui nad asuvad puidu- ja keeduosakonna vahelises eri ruumis. Täitmine vältab 30—60 minutit ja rohkem, olenevalt katla suurusest ja laastude niiskusest. Niisked laastud surutakse silos kokku ja nad valguvad halvasti katlasse. Transportlindi korral sõltub täitmise aeg lindi tootmisvõimest. Üldiselt püütakse täitmise aega lühendada, et tõsta tehase toodangut. Selliselt silost või transportlindist juhitud laastud lebavad katlas kohedalt. Nende ladumise tihedus on umbkaudselt kaks korda väik-



Joon. 78.
N. N. Balkovi laastutihendaja.

sem riitadesse laotud propside tihedusest, s. t. 0,34—0,35 tihumeetrit puitu keedukatla 1 m³ kohta. Mida tihedamalt on laotud laastud, seda suurem hulk neid mahub keedukatlasse ja seda suurem on tselluloosi väljatulek katlast. Selleks tarvitatakse nn. laastutihendajaid. NSV Liidu tehastes on laialt levinud N. N. Balkovi aurutihendaja (joon. 78), mis koosneb düüsidega varustatud rõngakujulisest torust. Laastutihendaja paigutatakse katla täiteavause peale. Düüsidest suure kiirusega väljuv aur haarab endaga kaasa silodest valguvad laastud ja soodustab nende tihedamat paigutamist katlasse. Tihendaja suurendab laastude ladumise tihedust ja tselluloosi enamsaaki 20—35% võrra. Laaste on võimalik tihendada ka õhujugade abil, kuid õhutihendaja (Freski süsteem) on konstruktiivselt komplitseeritum, tema ekspluateerimine kallim ja ebamugavam, kui see on aurutihendaja tarvitamisel.



Joon. 79. Temperatuuri ja surve kõverad sulfittselluloosi keetmisel.

Pärast seda kui katel on täidetud laastudega, kuid vahel ka enne täitmise lõppu, hakatakse pumpama katla alumisse ossa keeduhapet. Viimane tõuseb pidevalt kõrgemale, täidab

laastudevahelise ruumi, imbub laastudesse ja surub katla ülemise kaela kaudu katlast õhu välja. Pumpamine lõpetatakse, kui happe pind asub 1 — 1,5 m võrra allpool ülemist kaant. Olenevalt katla suurusest ja pumba võimest vältab happe pumpamine 20—30 minutit. Seda vältust, samuti kui laastudega täitmise aega, püütakse võimalust mööda lühendada.

Pärast katla täitmist laastudega ja happega suletakse ülemine kaas ja alumises kaelas asuva stutsi kaudu juhitakse katlasse aur. Temperatuur ja surve katlas tõusevad (joon 79). Kui surve on tõusnud 5—6 atmosfäärini, avatakse 10—20 minutiks ülemise kaela peal asuv ventiil, et katlast välja puhuda laastudest eraldunud õhku ja teatud hulka SO_2, seda protsessi nimetatakse „gaasitamiseks". Sel ajal temperatuur katlas võrdub 60—80°. Surve katlas langeb 0,5—0,75 at võrra ja tõuseb hiljem pidevalt 5—6 atmosfäärini; ühtlasi tõuseb temperatuur 105—110 kraadini. Seda keetmise esimest perioodi nimetatakse sissekeetmiseks („kupatamiseks"). Sissekeetmise ajal ei toimu peaaegu mingisuguseid keemilisi reaktsioone, mistõttu see protsess tuleb läbi viia võimalikult kiiresti. Seda enam on see vajalik, et laastud imavad endisse seda rohkem hapet, mida kõrgem temperatuur on viimasel. Olenevalt katla mahust ja happe algtemperatuurist (30—40°), vältab sissekeetmine 1,5, 2 ja 3 tundi. Kuna sissekeetmise ajal katla sisu tuleb soojendada 30° pealt 110°-ni, s. o. 80° võrra, teise keetmisperioodi ajal aga ainult 30—40° võrra (110° kuni 140°), siis sissekeetmisel tarvitatakse ligikaudu ⅔ kogu keetmiseks vajalikku auruhulka. Piiratud ja auru tippkoormatustele mittekohandatud jõujaama võimsuse korral ollakse sagedasti sunnitud pikendama sissekeetmise vältust.

Laastude läbiimbumine happega 105—110° temperatuuri juures on keetmise protsessis väga tähtis periood. Sellest

peamiselt oleneb tselluloosi kvaliteet ja läbikeetmata osade hulk. Niisked laastud, 45—50% niiskuse sisaldusega, samuti ka väga kuivad (10—15% niiskust) imbuvad happega halvemalt läbi kui normaalsed laastud 30—35% niiskuse sisaldusega; jämedad laastud halvemalt kui väiksemamõõtelised. Mida kangem hape, seda kiiremini toimub laastude läbiimbumine. Sõltuvalt tingimustest vältab imbumine ½ tunnist kuni 2 ja 2½ tunnini. Ühtlase tselluloosi ja võimalikult väiksema läbikeetmata hulga saamiseks peab katelt täitma võrdmõõteliste ja ühtlast niiskust sisaldavate laastudega. Pärast seda kui laastud on happega läbi imbunud, algab keetmine; sõltuvalt olukordadest vältab see 4—6 tundi. Keetmise ajal tõuseb katla temperatuur aeglaselt 105—110° pealt kuni lõputemperatuurini (140—150°); keetmine sünnib veel teatud aja (½—1 tund) lõputemperatuuri juures ja katkeb selle kiire langetamisega. Katla pideva temperatuuri tõstmiseks, et vältida selle juures surve tõusmist üle lubatava 5—6 at, tuleb katla ülemisest osast välja puhuda sinna kogunenud gaasid (õhu jäägid laastudest, SO_2, teatud hulk auru ja keetmise lõpul — süsihappegaasi). Väljapuhutavad gaasid viivad endaga katlast kaasa ka teatud hulga hapet. Imbumise lõpul laastud tihenevad, vajuvad veidi allapoole ja katla ülemine osa on siis täidetud ainult happega. Mõnes tehases lastakse enne temperatuuri tõstmist erilise külgventiili kaudu üleliigne hape katlast välja. Seal kus puudub sarnane ventiil, võib üleliigset hapet välja lasta alumise leelisestutsi kaudu. Üleliigse happe väljalaskmise tagajärjel suureneb katla ülemises osas gaaside maht ning edaspidiste gaasitamistega heidetakse katlast välja kuivad gaasid happe kaotuseta. Käesoleval ajal eelistatakse gaasitamist teostada pidevalt, avades ventiili ainult niipalju, et surve katlas ei tõuseks üle 5—6 at.

Mõnes tehases ei tõsteta keetmise ajal temperatuuri pide-

valt, vaid astmeliselt: 110° pealt hüppega kuni 120°, siis katkestatakse keetmine 2—3 tunniks, tõstetakse 130° peale, jälle peatutakse jne. Iga temperatuuri tõstmise eel tehakse sügav gaasitamine, millejuures surve langeb 1,5—2 at võrra. Vanade, ebaõige kujuga lamedate põhjadega katelde juures on selline keetmise moodus otstarbekohane, et kiire temperatuuri tõstmise juures auruga läbi segada keedetavat massi.

Mida kõrgem on keetmise temperatuur, seda lühem keetmise aeg, kuid seda väiksem on tselluloosi saak puidust ja seda halvem tema kvaliteet. Neil põhjustel püütakse kõrgekvaliteedilise tselluloosi tootmisel lõpetada keetmine 140—142° juures. Küllalt kange keeduhappe toimel see õnnestub erilise keetmisaja pikenduseta. Uued tehased, kange keeduhappe valmistamise võimalustega (8,0% kogu SO_2), peavad olema suutelised tselluloosi valmis keetma 9 tunniga. Keetmise lõputemperatuur võib sel korral olla 130 ja koguni 125°.

Keetmise protsessi kontrollitakse termomeetri ja manomeetri abil. Nüüdisaja tehastes kantakse nende näitamised automaatselt diagrammile, millele on enne pliiatsiga peale kantud programmilised temperatuuri ja surve kõverad. Keetmise ajal jälgitakse, et aparaadi sulg libiseks pliiatsijoone peal. Uued tehased varustatakse aparaatidega, mis automaatselt reguleerivad keetmise protsessi: väljapuhuventiil sulgub või avaneb automaatselt, sõltuvalt katla survest; auruventiil aga — sõltuvalt temperatuurist.

Peale nimetatud kontrollimiste analüüsitakse keetmise protsessi vältel leelist, mida võetakse katlast erilise kraani kaudu. Leelises määratakse kogu SO_2 protsent (titreerides joodiga), samuti jälgitakse leelise värvust, mis protsessi ajal helekollasest muutub tumepruuniks. Olenevalt läbikeetmise astmest sisaldab leelis keetmise lõpul 0,1—0,2% kogu SO_2 pehme tselluloosi valmistamisel ja 0,3—0,4% kõva

tselluloosi korral. Keetmine lõpetatakse selle „tiitri" ja leelise värvuse kindlakstegemisega. Mõnes tehases kontrollitakse keetmist tselluloosi proovide abil, mida võetakse kätlast läbi erilise seadeldise.

Täitmisel tugevasti tihendatud laastud takistavad katlas tulise keeduhappe loomulikku ringvoolu. Selle tagajärjel kujunevad mitmesugustes kohtades erinevad temperatuurilised tingimused. Tagajärjena saadakse ebaühtlane tselluloos, mille läbikeetmata hulk küünib 10—15 ja enam %, normaalse 2—3% asemel. Seetõttu on laastude tihendamisel üle 20% vajalik tekitada katlas k u n s t l i k k u t s i r k u l a t s i o o n i pumba abil. Tselluloositööstuses on selline tsirkulatsioon ammu tuntud. Sulfittselluloosi tootmisel on kuuma happe agressiivne toime harilikkudele metallidele (raud, malm, vask ja happekindel pronks) suur, mistõttu kunstlik tsirkulatsioon leidis rakendamist alles pärast happekindla terase leiutamist. On olemas palju kunstliku tsirkulatsiooni süsteeme. Mõnes neist võetakse hape katla alumisest osast ja juhitakse pumba abil katla ülemisse ossa, teistes aga vastupidi. On olemas süsteeme, mis ühes happega sunnivad tsirkuleerima katla ülemisest osast kaasavõetud gaasid. Käesoleval ajal ei saa veel ütelda, missugune süsteem nendest on parem. Kahtlematult aga kujutab endast kunstlik tsirkulatsioon efektiivset vahendit võitluses läbikeetmata hulkade ja tselluloosi ebaühtluse vähendamiseks.

Me mäletame, et Mitscherlich keetis oma tselluloosi tuima auruga katlasse paigutatud usstoru abil. See keetmisviis oli väga puudulik: keetmise aeg venis liiga pikaks, kuna võimata oli katlasse paigutada suurt torustikku, torude remondi tõttu tuli keetmist sagedasti katkestada jne. Kuid säärane keetmismenetlus evis ühtlasi ka palju voorusi. Kondenseerunud aur ei lahjendanud hapet (nagu Kellneri keetmisprotsessi juures), kondensaati võis torustikust juh-

tida tagasi katlamajja, säästes soojust ja värsket vett. Kuna aurul ei olnud vajadust keedukatlas võita SO_2 gaasi ja õhu survet (nagu see sünnib Ritter-Kellneri menetluses), siis võis rahulduda 4 at aurusurvega — 8 at asemel. Kõiki neid Mitscherlichi keetmismenetluse voorusi kasutatakse nüüd uuesti, rakendades happe soojendamiseks väljapoole katelt asetatud ja otstarbekohaselt konstrueeritud võimast s o o j e n d a j a t (kalorisaatorit). Säärast soojendajat kasutatakse edukalt mõnes kunstliku ringvooluga süsteemis. Pumba abil imetakse keedukatlast hape ja läbi soojendaja surutakse katlasse tagasi. Vähendatud aurusurve tõttu produtseerib turbiin sel juhul rohkem heit-energiat. Kondensaadiga lahjendamata leelist on võimalik hõlpsamalt ära kasutada, seda loetakse aga käesoleval ajal sunduslikuks. Kondensaadi tagastamine katlamajja on tänapäeva kõrgesurve aurukatelde juures eriti tähtis, kuna sellised katlad vajavad toitmiseks eriti puhast vett.

Keedukatla tühjendamine. Käesoleval ajal on tarvitusel kaks katlatühjendamise moodust. Ühe mooduse kohaselt paisatakse keedetud tselluloos katlast surve all erilisse kinnisse kurnamis- ehk nõrgumismahutisse. Teise mooduse kohaselt juhitakse mass pärast auru ja leelise väljalaskmist ning pärast pesemist veega katlast ühes teiskordse pesuveega lahtisse kurnamismahutisse. Esimest moodust nimetatakse paiskamiseks (ka väljapuhumiseks), teist — väljapesemiseks.

Paiskamise mooduse juures alandatakse esiti katla surve 5—6 at pealt 2—3 at-ni, milleks avatakse gaaside väljalaskeventiil. Gaasid ja aurud väljuvad katlast happeregenereerimise mahutisse. Siis avatakse katla alumises kaelas asuv siiber ja vastava toru kaudu tselluloosimass paiskub k u r n m a h u t i s s e . Viimane kujutab endast kinnist ruumi, mille maht on ligikaudu 1½—2 korda suurem keedukatla

mahust. Mahuti on varustatud kahekordse kurnamispõhjaga, mille läbi nõrgub leelis ja pesuvesi. Paiskamisel tselluloosi massist eraldunud aurud ja gaasid juhitakse erilise tõmbetoru kaudu välisõhku. Enne massi paiskamist kallatakse kurnmahuti põrandale teatud kiht vett, et pehmendada massi löögitugevust. Mahuti ülemises osas juhitakse paiskamise avause ette tugevad veejoad, millede ülesandeks on soodustada paiskamisel eraldunud aurude kondenseerumist. Kurnmahuti valmistatakse neljakandilisena, raudbetoonist seintega; happe toime vältimiseks kaitstakse seinad puitvoodriga; põrand on kahekordne, alumine — umbne, ülemine — plankudest või happekindlatest keraamilistest plaatidest — on varustatud peente aukudega. Mõnel juhul valmistatakse säärane mahuti silindrikujulisena.

Tselluloosi paiskamine sünnib väga kiirelt — 8—10 min. jooksul — ka suurimatest keedukateldest. Selles seisab tema peamine paremus võrreldes väljapesemise moodusega. Samal ajal laastukesed, sattudes katlast, kus nad asusid 2—3 at surve all ja 120—130° temperatuuri juures, kurnmahutisse, milles on välisõhu surve ja kus järelikult temperatuur ei või tõusta üle 100°, — purunevad veeaurude mõjul kiududeks. Need aurud tekivad laastukeste sees oleva ja surve ning järelikult temperatuuri langemise tõttu vabaneva soojuse mõjul. Säärasel korral purunevad mitte ainult pehmed läbikeedetud laastukesed, vaid ka kõvad läbikeetmata osakesed ja väiksemad oksad, mille tagajärjel tselluloos mustub peene puruga.

Tselluloosi väljapesemisel katlast seda nähet ei esine: katlasurve langetatakse pidevalt ning tselluloosimass satub kurnmahutisse veega pestuna ja jahtununa. Sel põhjusel on väljapestud tselluloos puhtam, sisaldab vähem puru kui väljapaisatud tselluloosimass. Väljapesemise mooduse puuduseks on tema pikem protsessi vältus, mis on tingitud

lisaoperatsioonidest, milliseid paiskamise meetodi juures ei ole. Algul lastakse ülemise gaasitamis- stutsi kaudu katlast välja gaasid ja aur, kuni surve katlas on täielikult langenud. Samal ajal alumise stutsi kaudu lastakse välja leelis. Edasi avatakse katla ülemises osas asuv veeventiil, et kondenseerida katlas auru jäägid. Pärast seda võib juba avada ülemise kaane. Läbipesemiseks täidetakse katel veega. Pärast seda, kui vesi on välja jooksnud, täidetakse katel veel kord veega, avatakse alumine kaas ning tselluloosimass, pehmete, läbikeedetud, kuid oma kuju säilitanud laastukeste näol, juhitakse horisontaaltoru või betoonist küna kaudu lahtisse kurnmahutisse. „Päris väljapesemine" sünnib väga kiirelt (samuti kui paiskaminegi), kuid ülalkirjeldatud operatsioonid vältavad 2—3 tundi ja pikendavad sellega vastavalt keedukatla töötsüklit. Sel põhjusel ongi väljapesemise mooduse juures keeduosakonna tootmisvõime väiksem kui paiskamise protsessi korral. Suurem osa NSV Liidu ja teiste maade tehaseid töötab paiskamise meetodil.

Töö organiseerimine keeduosakonnas.

Harilikult kaks töölist teenindab keeduosakonnas 2—4 katelt. 6—10 katla korral suureneb tööliste arv kuni kolmeneljani: vanem keetja, keetja ja kaks tema abilist, üks nendest — katla täitja. Keetja töö on kvalifitseeritud ja vastutusrikas, nõuab erialalist väljaõpet ja suuri kogemusi; keetja abi töö nõuab keskmist kvalifikatsiooni. Keetja teostab keetmist ettekirjutatud režiimi kohaselt. Tema jälgib katla täitmist, katla temperatuuri ja survet, võtab leelise proove ja titreerib neid; vastavalt jälgimiste ja titreerimiste tulemustele ta reguleerib auru sissevoolu, teostab gaasitamisi, määrab kindlaks keetmise lõpu. Tema kõrvaldab ja parandab keetmise ajal ilmsiks tulnud ebanormaalsused, kontrollib katla seisukorda pärast tühjendamist, annab teateid va-

jalikkude remontide kohta, kontrollib kurnmahutite seisukorda enne katla tühjendamist. Tema vastutab tselluloosi saagi hulga ja kvaliteedi eest ja samuti katelde ning kurnmahutite seisukorra eest. Tavaliselt juhib keetja ühtlasi regenereerimise ja keeduhappe valmistamise protsesse.

Keetja töötab meistri järelevalve all enam või vähem iseseisvalt, vastavalt töö organiseerimise iseloomule tehases. Keetja abi täidab katelt laastudega ja happega, keetja juhiste kohaselt avab katla ülemise kaane, avab ja suleb auru- ja gaasitamisventiilid ning tühjendamissiibri, vaatab järele ja valmistab ette kurnmahutid massi väljalaskmiseks jne. Tema töötab keetja järelevalvel. Tehastes, kus on üles seatud mitu katelt, asub vanema keetja töökoht hoone keskmisel korrusel, kuhu on koondatud keetmise protsessi kontrollimine ja selle juhtimine; keetja töökoht asub alumisel ja abilise töökoht ülemisel korrusel. Peale tootmistööliste töötab keeduosakonnas remonttööde brigaad: üks või kaks müürseppa keedukatelde voodrite jooksva- ja kapitaalremondi teostamisel, üks või kaks tinakeevitajat torude parandamisel, mõned lukksepad armatuuride vahetamisel ja remontimisel.

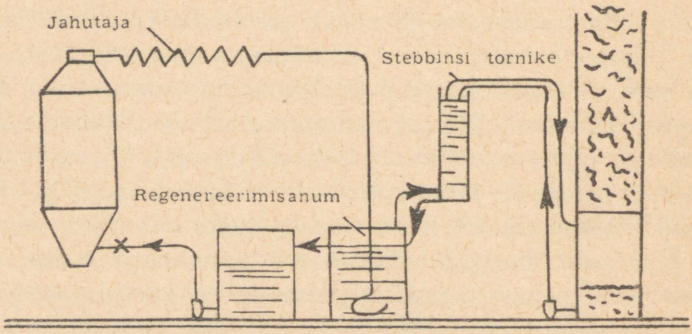
SO_2 regenereerimine ja leelise ärakasutamine.

V ä l j a p u h u t u d g a a s i d e r e g e n e r e e r i m i n e. Me teame, et keetmise ajal peab katla ülemisest osast välja laskma gaase, kuna vastasel korral võib surve katlas tõusta üle lubatud normi. Puhutiste produkt koosneb õhust, vääveldioksüüdist, aurust (vähesel määral), süsihappegaasist ja nendega mehaaniliselt kaasaviidud leelisest. Õhk eraldub laastudest nende soojendamise ja läbiimbumise ajal happega. Õhku eraldub seda rohkem, mida kuivemad on laastud, s. t. mida vähem nende urbed on täidetud veega. Kui

on teada kiuseina (1,5) ja puidu (0,4) erikaal, siis võib hõlpsasti välja arvutada laastudest vabaneva õhuhulga. 200 m^3 mahuga katlast vabaneb keetmise protsessi vältel ligikaudu 30 m^3 õhku. Õhu hapnik muudab väävlishappe väävelhappeks, mis omakorda lubjaga moodustab kipsi. Gaasitamise produktidega väljub siis ainult lämmastik. Väävelditoksüüd eraldub sulfithappest viimase pideva soojendamise ajal katlas. Arvesse võttes, et tselluloosi keetmiseks on vajalik teatud kindel hulk sulfithapet — kaltsiumbisulfitit — (ümberarvestatult väävli peale ligikaudu 10%) ja kõik liigne vääveldioksüüd eraldatakse gaasitamistel, siis SO_2 hulk väljapuhumiste produktides on seda suurem, mida kangem on hape. 200 m^3 mahuga katlast gaasitatakse keetmise ajal ligikaudu 900 m^3 vääveldioksüüdi ja veidi väiksem hulk veeauru, kui hape sisaldab 4,5% kogu SO_2. Eraldunud süsihappegaasi hulk võrdub ligikaudu 1½% lahustatud puiduosa kaaluga. Gaasid viivad endaga kaasa ligikaudu 20% leelist (katlasse pumbatud kogu happehulgast). Keetmise algul eraldub õhk ja teatud hulk vääveldioksüüdi; süsihappegaas eraldub keetmise lõpus. SO_2 eraldub peamiselt alates 110—120° ja kõrgema temperatuuri juures.

Gaasitamise produktidest tööstusele kõige tähtsam ja hinnatavam on SO_2 ja mehaaniliselt kaasakistud leelis. Regenereerimisosakonna tähtsaimaks ülesandeks on võimalikult täiuslikult „kinni püüda" SO_2 ja leelis. See hoiab ära õhu mürgistamise ja vähendab väävli kadu. Tähtsaim on aga see asjaolu, et regenereerimine võimaldab tõsta keeduhappe kangust. Me teame aga, et sellel on väga suur tähtsus keetmise protsessi kiirustamisel ja laastude läbiimbumisel. Uuemates seadistes kasutatakse ära ka gaasitamise produktide soojust, soojendades sellega keeduhapet. See vähendab keetmiseks vajalikku auruhulka ja kiirendab mõnel määral ka keetmise protsessi.

„Külma" regenereerimise skeem (s. o. regenereerimine ilma gaasitamise produktides sisaldava soojuse kasutamiseta) on kujutatud joon. 80. Katlast ventiili kaudu väljapuhutud gaasid satuvad jahutajasse, kus nende temperatuur langeb kuni 35—40° peale. Jahtunud gaasitamise produktid satuvad happega täidetud regenereerimisanumasse. Happes absorbeerumata gaasid läbivad nüüd väikese puitklotsidega täidetud puidust Stebbinsi tornikese



Joon. 80. SO_2 külma regeneerimise skeem sulfittselluloosi keetmisel.

(läbimõõt — 1,5 m, kõrgus — 5 m), ja sööstavad vastu mööda klotse voolavale värskele happele. SO_2 jäägid juhitakse tinatoru kaudu happetorni. Siin nad lõplikult absorbeeruvad lubjakivide pealt allanõrguvas vees. Tornihappe ringlemise järjekord külma regenereerimismenetluse juures on järgmine: happetorni alumisest osast võetud hape pumbatakse Stebbinsi absorbeerimistornikese ülemisse ossa. Sealt ta valgub klotside vahelt alla, vastassuunas gaasitamise produktidele.

Teatud määral vääveldioksüüdiga absorbeeritud hape satub regenereerimisanumasse, kus lõplikult rikastub SO_2-ga ja anuma ülemises osas asuva toru kaudu voolab keedu-

happe tagavaranõusse. Viimasest hape pumbatakse perioodiliselt keedukatlasse.

Kirjeldatud regenereerimise süsteem on edukalt rakendatud mitmes NSV Liidu tehases. Tema head töötulemused on tingitud regenereerimisanumas asuva happe alalisest ja küllalt kõrgest pinnast ja samuti pidevast koosseisu uuendamisest Stebbinsi tornikest läbiva värske happe juurdevoolu tõttu. Kõik need asjaolud tagavad hea SO_2 absorbeerimise. Regenereerimise kui ka happe tagavara anumad valmistatakse harilikult puidust, tõrrekujulistena (150—200 m^3 mahutavusega) ja ümbritsetakse raudvitstega. Gaasijahutajad valmistati endistel aegadel seatinatorudest (läbimõõt 75—100 mm, seina paksus 10 mm) ja need paigutati betoonist künadesse, milles vesi voolas vastassuunas gaasidele. Käesoleval ajal valmistatakse jahutajad kui ka gaasitamise torud happekindlast terasest. See materjal osutus töötamisel parimaks.

Külma regenereerimise protsessi kohaselt jahutatud gaasitamise produktidest vabanenud soojus läheb jahutusveega kaotsi, kuna viimane juhitakse jõkke (või merre). Otstarbekohasem on seda soojust ära kasutada happe soojendamiseks, see säästab auru kulu ja ühtlasi lühendab keetmise aega. Kogemused näitavad, et gaasitamise produktide (gaasid, veeaurud ja leelis) soojuse arvel võib tõsta happe temperatuuri 20—25° võrra. Sel korral auru kulu ühe tonni tselluloosi keetmiseks väheneb 0,3 tonni võrra ja keetmise aeg 30—40 minuti võrra. Kuuma regenereerimise protsessi korral langeb jahutaja kirjeldatud skeemist välja ja gaasitamise produktid satuvad otse regenereerimisanumasse. Võttes aga arvesse, et kuuma regenereerimise korral happe temperatuur tõuseb 50—60° peale, millejuures eraldub SO_2, siis regenereerimise nõu peab olema hermeetiliselt suletud ja arvestatud 2—3 at rõhumi-

sele. Teiste sõnadega, see mahuti peab olema valmistatud rauast ja varustatud sisemise happekindla voodriga ning happekindla armatuuriga (ventiilid, stutsid jne.). Me teame, et alles viimasel ajal ilmusid materjalid, mis on küllalt kindlad ja vastupidavad selleks otstarbeks. Järelikult on nüüd juba võimalik konstrueerida ja ehitada rahuldavalt töötavat kuuma regenereerimise seadistikku. On teada mitu sarnast omavahel konkureerivat regenereerimise süsteemi. Selles väikeses raamatus meil ei ole võimalik neid kirjeldada.

20-ndate aastate lõpus võeti tehases „Sokol" tarvitusele nn. leelise ülelaskmise moodus, et veelgi tõsta keeduhappe temperatuuri ja kiirendada keetmise protsessi. Ülelaskmine seisab selles, et katlast, mille temperatuur on tõusnud 120—130°, osa leelist (25—30%) surutakse teise laastudega täidetud ja keetmiseks ettevalmistatud katlasse. Selle arvel tõuseb keeduhappe temperatuur teises katlas täiendavalt ligikaudu 25° võrra, s. t. et tema temperatuur enne keetmise protsessi küünib juba 70—75°. Auru sääst sel juhul, ühes gaasitamise produktide soojuse ärakasutamisega, moodustab 0,70—0,75 tonni ühe tonni õhukuiva tselluloosi kohta. Ülaltähendatud leelise ülelaskmist võib teostada ka regenereerimismahutisse ja mitte otseselt katlasse.

Silmas pidades, et kuuma regenereerimise meetodi juures peale auru kokkuhoiu lüheneb ka keetmise aeg, siis osutub kasulikuks edaspidine keeduhappe temperatuuri tõstmine regenereerimismahutis auru abil kuni 80° ja koguni 100°. Uutes ettevõtetes ja mõnes NSV Liidu tehases seatakse üles torudest koostatud pinnakuumendajad, millede juures hape asjatult ei lahjendu kondensaadiga. Pärast keedukatla täitmist happega happepump töötab edasi, hape aga voolab gaasitamisstutsi kaudu tagasi regenereerimismahutisse. See keeduhappe tsirkulatsioon katla ja regene-

reerimismahuti vahel kestab, kuni laastud soojenevad 80—100°-ni ja kuni nad imbuvad hästi happega läbi. Sõltuvalt peamiselt laastude niiskusest vajatakse selleks protsessiks ⅓ kuni 2 tundi (kuiva laastu juures vähem, niiske juures rohkem).

L e e l i s e ä r a k a s u t a m i n e. Me teame (v. lk. 202), et keetmise ajal ligi pool puidu orgaanilist ollust läheb üle lahusesse. Ligniin, mida kuusepuit sisaldab 30% ümber, lahustub peaaegu täielikult, moodustades kaltsiumbisulfitiga lignosulfoonhappe. Hemitselluloosidest suurim osa laguneb ja läheb üle suhkruteks. Kõige vastupidavam kiuosa — rakukude — ehkki muutub keetmisel, kuid läheb üle lahusesse ainult väikesel määral. Keetmise lõpul sisaldab sulfitleelis 10—12% absoluutselt kuiva ainet, millest 6,5—7% langeb lignosulfoonhappele ja 2,0—2,5% suhkrutele.

Peale selle leidub leelises väävlishappe jääke ja väikesel määral väävelhapet. Lubi on jaotatud hapete vahel ja moodustab viimastega soole. Heitleelis (äratöötanud leelis) omab tumepruuni värvust ja väävlishappe lõhna ning tugevahappelist reaktsiooni (pH = 2 — 2,5). Keedu lõpus jääb ühe tonni tselluloosi kohta 9—10m³ leelist. Sellest hulgast on ligikaudu 50% imbunud tselluloosi massisse, teine osa täidab massivahesid. Järelikult võib vabalt välja voolata ainult 5—5,5 m³ leelist ühe tonni tselluloosi kohta. Ülejäänud leelis tuleb massist välja pesta. Arvesse võttes, et veega pesemisel leelis tugevasti lahjeneb (mis raskendab tema edaspidist kasutamist), siis viimasel ajal pestakse keedetud tselluloosi esiti lahjaleelisega ja pärast veega. Sarnasel juhul on võimalik ära kasutada ligikaudu ⅔—¾ orgaanilist ainet, mis keetmise ajal läks üle lahusesse (⅓—¼ läheb ühes pesuveega kaotsi). Katla väljapesemise mooduse korral valgub leelis tagavaramahutisse, tselluloos pestakse aga katlas. Väljapuhumise mooduse juures, et vältida leelise

lahjendamist veega, ei valata kurnmahuti põhja vett, vaid leelist, ja väljapuhutavasse massi juhitakse vee asemel samuti leelis; tselluloosi pesemine teostub kurnmahutis.

Heitleelise kasutamise küsimusega tegelesid juba sulfittselluloosi tootmise leiutajad: Tilghman, Ekman ja Mitscherlich. Sellest ajast on leelise kasutamise küsimuse kohta kogunenud tuhandeid patente ja laialdane kirjandus. Kuid tänapäevani ei ole see küsimus leidnud täielikku lahendamist. See on seletatav peamiselt meie puudulike teadmistega ligniini — sulfittselluloosi leelise olulisema osa — keemia alal. Veel tänapäevani juhitakse paljudes Euroopa ja Ameerika tehastes heitleelis ühes roiskvetega jõkke või merre. See muudab vee joogikõlbmatuks, samuti ka kõlbmatuks tööstuslikeks ja majanduslikeks otstarveteks ja hävitab kalu.

Vaatleme lühidalt sulfitleelise kasutamise menetlusi.

Alates 1910. a. kasutatakse suhkrut sisaldav leelise osa etüülalkoholi valmistamiseks. Leelis sisaldab 2,5% suhkruid, millest ligikaudu ⅔ võib käärida pärmi toimel, eraldades süsihappegaasi, ja muutuda piirituseks:

$$C_6H_{12}O_6 = 2\ C_2H_5OH + 2\ CO_2.$$

Teine osa ehkki ei anna piiritust, kuid on kasutatav pärmi valmistamise algaineks. Selle tõttu võib sulfitleelist kasutada pagari- ja loomasööda-pärmi valmistamiseks.

Toome sulfitpiirituse tootmise skeemi. Kuum heitleelis pumbatakse tagavaramahutist koonilise põhjaga varustatud neutraliseerimisanumasse. Siin lisatakse temale lupja (CaO) ja tambitud lubjakivi ($CaCO_3$). Mõne aja vältel leelist segatakse õhuga. Antakse võimalus osadel sadestuda, selgunud leelis juhitakse aga jahutustorni, kus tema temperatuur langeb 30—35° peale (see temperatuur on käärimiseks sobivaim). Jahutustornis nõrgub leelis

restide kaudu ülalt alla, vastassuunas temale juhitakse aga õhk; osa veest aurub, järelejäänud leelis aga jahtub nõutava temperatuurini. Nüüd juhitakse leelis käärimisosakonda, kus ta läbib ülalt alla kaks puidulaastudega täidetud anumat. Laastude peale on enne seda kasvatatud pärm. Säärasel korral käärimine teostub pidevalt, kusjuures üks ja sama pärm on tarvitamiskõlblik mitme kuu jooksul. Saadud meski juhitakse piiritusosakonda: seal rektifikatsioonikolonnides eraldatakse temast piiritus. Piirituse saak on ligikaudu 60 liitrit 1 tonni õhukuiva tselluloosi kohta.

Kolonni alumisest osast väljuv heitmeski sisaldab endas kogu käärimiseks kõlbmatu lignosulfoonhappe ja suhkru. Heitmeski juhtimine jõkke on sama kahjulik kui heitleelise juhtimine.

Lignosulfoonhappe ratsionaalseks kasutamiseks on esitatud väga palju ettepanekuid. Nendest on praktilist rakendamist leidnud järgmised: parkimisekstrakti valmistamine; leelise kasutamine brikettide liimistamiseks, valatiskärnide valmistamiseks ja teede kastmiseks; leelise põletamine aurukatelde kolletes. Peatume lühidalt nende meetodite juures.

Veel Mitscherlich tegi (1874. a.) ettepaneku kasutada heitleelist nahaparkimiseks, kuid Euroopa riikides see menetlus ei leidnud rakendamist. NSV Liidus hakati sulfitparkainega tegelema 1924.—25. a., seoses imporditavate parkimisekstraktide puudusega. Sulfitekstrakti tootmiseks meil on ehitatud kolm tehast. Tootmine seisab leelise neutraliseerimises soodaga ja aurutamises kuni 50% kontsentratsioonini, et hõlbustada transporti. Aurutamine sünnib mitmesarjalises happekindlast metallist valmistatud aurutamisseadeldises. Tihendatud leelist tarvitatakse parkimiseks, segades teda õige parkainega.

Sulfitleelisel on liimistavaid omadusi, mille tõttu teda püütakse tarvitada brikettide valmistamisel söetolmust, turba

jäänustest, tselluloositehase puidujäätmetest jne. Sel juhul peale liimistamise omaduste kasutatakse ära ühtlasi leelise küteväärtus. Menetluse puuduseks on leelise suur hügroskoopsus, mille tõttu temast valmistatud briketid lagunevad vihma käes.

Sulfitleelis on leidnud laialdast kasutamist valukodades. Siin kasutatakse teda kärnide vormimisel, mida tarvitatakse vajalike tühjuste saamiseks metallvalatistes. Leelis asendab edukalt dekstriini, linaseemneõli ja teisi defitsiitseid aineid. Sulfitparkaine tootmiseks ehitatud tehased on praegu täielikult koormatud sulfitekstrakti valmistamisega suurte masinaehitustehaste valamisosakondade nõudmiste rahuldamiseks. Sulfitparkaine on aga nüüd asendatud äsja leiutatud uute kodumaa päritoluga parkimisvahenditega.

Skandinaavia riikides leiab sulfitleelis suurt kasutamist olemasolevate ja uute ehitatavate teede tolmukattena. Siin kasutatakse ära ka tema liimistavaid omadusi.

Sulfitleelisest võib teha tinti, trükivärvi, gaasitorbikute sütt, kondiitritööstuse vaniliini ja muid kasulikke saadusi. Kuid vaevalt osutuks kasulikuks kõike leelist ära kasutada nimetatud saaduste valmistamiseks. Erilist tähtsust omab selle tõttu sulfitleelise põletamine. Selle küsimusega tegeldakse juba ammu, kuid ainult viimastel aastatel avanevad väljavaated tema otstarbekohaseks lahendamiseks. Arvesse võttes, et leelist peab esiti tihendama umbkaudu 50% kontsentratsioonile, siis kogu asja tuum seisab selles, et leelise põletamisest saadud soojust jätkuks mitte ainult leelise tihendamiseks, vaid ka kõigi teiste tihendamisega seotud kulude katteks, nagu seadistiku amortisatsioon, tema remont ja teenindamine. See on võimalik keerulise, mitmest aurutajast koosneva ja happekindlast terasest valmistatud aparatuuri kasutamisel. Siin peab samuti mainima ameeriklase Paulsoni seadistikku, kus leelisest väljaaurutatud auru

kasutatakse tselluloosi keetmiseks, tihendatud leelis aga põletatakse aurukatla küttekoldes, mille auru kasutatakse omakorda leelise aurutamiseks (tihendamiseks). 1930/31. a. oli analoogiline ettepanek tehtud NSV Liidu ins. Tšuvikovski ja Ljahhovetski poolt.

Tselluloosi sortimine ja kuivatamine.

Keedetud ja pestud tselluloos juhitakse sortimisosakonda. Siin sorditakse temast välja oksad, läbikeetmata osakesed, pinnud, „tikud", puru, eraldatakse liiv ja teised mineraalosakesed. Enne kui asuda tselluloosi sortimise skeemi ja aparatuuri kirjeldamisele, me vaatleme tselluloosi väljavõtmise viise kurnmahutist ja massi edasitoimetamise viise sortimisosakonda. Käesoleval ajal juhitakse tselluloos sortimisosakonda peaaegu eranditult hüdraulilisel teel. Pärast seda kui tselluloosimassi kontsentratsioon, nõrgumise tõttu kurnmahutis, on saavutanud 15—18% tiheduse, lahjendatakse teda tugeva veejoaga, mis juhitakse kurnmahutissē selle laes või seinas asuva avause kaudu. Tugevasti lahjendatud mass, kontsentratsiooniga 1—1½%, valgub mahuti põhja kaudu väljajooksu-torusse ja satub sealt s e g a j a s s e (s e p a r a a t o r i s s e). Siit surutakse tselluloosi mass tsentrifugaalpumbaga sortimisosakonna ülemisele korrusele. Selle mooduse eemuseks on tema lihtsus. Üsna suureks puuduseks on aga ebaühtlane, kõikuv massi kontsentratsioon: kord paksem, kord lahjem. See asjaolu aga häirib sortimisosakonna tööd. Ühtlasema kontsentratsiooniga massi võib saada sel teel, kui pumba ette ehitada suur massisegamise küüp, mille mahutavus on nii suur, et pump võiks tema tagavaral töötada ½ kuni 1 tund. Kurnamismahuti kuiv tühjendamise moodus seisab selles, et mass võetakse mahutist välja erilise mehaanilise transportseadistiku, nn. b a-

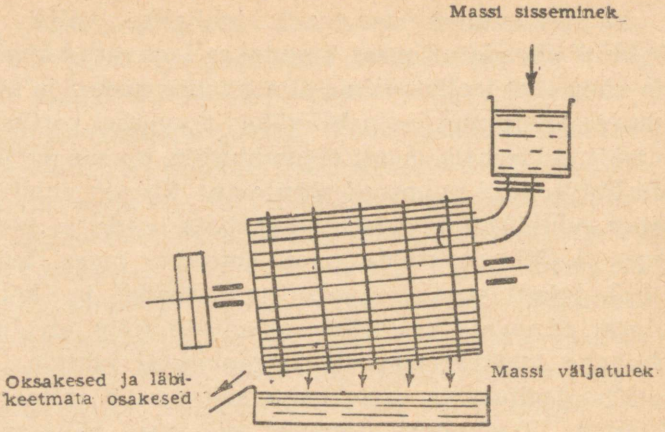
geri abil. See moodus annab parimaid tulemusi, kuid leiab harva rakendamist, kuna tänapäevani ei leidu veel küllalt kindla ehitusviisiga bagerit.

Sortimisosakonda juhitud tselluloosimass sisaldab peale normaalselt läbikeedetud puhta kiu: läbikeetmata oksi, läbikeetmata laaste (2—3%), liiva (satub puidusse viimase hoidmisel laoplatsidel), keedukatla voodri tükikesi, kipsi, kipsistunud suuremaid ja väiksemaid oksi (ligikaudu 0,5%), läbikeetmata kiude ja pinnukesi, mis tekivad suuremate läbikeetmata osade purunemisel (1—2%), koore osakesi, süsi, veemustust ja muud. Enne kui tselluloosimass papi kujundamiseks satub kuivatusmasinasse, tuleb temast eraldada võimalikult kõik ülaltähendatud mustus. Kurnmahutite juures asuvast segamisküübist juhitakse 1—1½% kontsentratsiooniga mass tsentrifugaalpumba abil sortimisosakonda, kus ta kõigepealt satub *oksapüüdjasse*. Siin lahjendatakse ta veega 0,5% kontsentratsioonini (1 : 200). Ehitusviisilt ja töö iseloomu poolest ei erine oksapüüdjad palju puumassi laastusortijatest. Kõlblik hea kiud, peen puru ning suurem osa vett lähevad läbi sortija trumli piludest (4—6 mm laiad) või aukudest. Oksad ja jämedad läbikeetmata osad peatuvad sõelal ja langevad välja sissejooksule vastaspoolsest otsast. Okstest vabastatud mass lahjendatakse uuesti veega kuni 0,3—0,35% kontsentratsioonini ja juhitakse *liivaeraldajasse* (põikliistudega varustatud laia renni). Mass jookseb liivapüüdjas aeglaselt, mille tõttu liiv ja teised rasked mustuse osad langevad põhja, kus peatuvad liistude vahel. Puhastatud mass läheb nüüd nn. *peensortimisele*; siin eraldatakse massist pinnukesed ja muu peen puru, mis toimub kas kitsaste piludega (0,3—0,2 mm) varustatud tasapinnaliste plaatide või ümmarguste sõelte (augud ∅ 1,6 mm) peal. Puhastatud mass satub nüüd *veeeraldajasse* (paksendajasse, tihendajasse), kus temast peene

sõela kaudu suurem osa vett juhitakse välja, kuna 3—4½%-ni tihendatud mass kogutakse tagavara-küüpi.

Me näeme, et tselluloosimassi sortimise skeem ja selleks tarvitatav aparatuur erineb vähe puumassi sortimisest. Vaatamata suuremale massi ebapuhtusele, on see sortimine koguni lihtsam kui puumassi sortimine. See on ühelt poolt seletatav suhteliselt vähese läbikeetmata osade ja pindude hulgaga (3—5%) võrreldes rafineeritava massi hulgaga (6—10%), teiselt poolt, väljasorditud osade ja kõlbliku tselluloosi erinevate keemiliste omaduste tõttu ei ole otstarbekohane läbikeetmata osi ja pinnukesi juhtida tagasi puhastatud tselluloosi sisse, nagu see sünnib rafineeritud puumassiga. Tselluloosi tootmisel ei satu väljasorditud oksad ja pinnud puhastatud tselluloosi sisse, vaid neid töödeldakse eraldi, valmistades nendest pappi ja pakkimispaberit. Paberitööstuse kombinaatides lisatakse tselluloosi okstele puumassiosakonnast rafineerimismassi ja paberivabriku osakonna ringveest kinnipüütud kiudu.

Okste eraldamist tselluloosist teostatakse sagedasti Finckh'i-tüübilise oksasortija abil (joon. 81), mis on lihtsa ehitusviisiga ja töötamiskindel. See kujutab endast kergelt kallutatud sõelataolist trumlit, mille silindriline pind on valmistatud neljakandilistest pronksvarrastest; varrastevahelised pilud — 2,5 — 3 mm. Trummel on kinnitatud mõlemas otsas asuvate kodarate abil terasvõllile ja tiirleb rihmülekande abil, tehes 25—30 tiiru min. Tselluloosimass, lahjendatud veega kuni 0,5—0,4% kontsentr. (see vastab 200—250-le veeosale 1 kiuosa kohta), satub toru kaudu trumli sisemusse: kõlblik kiud ühes suurema vee hulgaga läbib pilud ja satub sortija alla paigutatud künasse. Oksad ja läbikeetmata osad, millest uhtumise teel vabastatakse nende külge liibunud tselluloosi kiud, väljuvad trumli teisest otsast transportööri peale. Sortija, mille trumli läbimõõt on



Joon. 81. Finckh'i oksapüüdja.

1000 mm ja pikkus 1500 mm, on võimeline puhastama 20 tonni tselluloosi 24 tunni jooksul, tarvitades 2 hobujõudu.

NSV Liidu tehastes tarvitatakse ka ameerika Haugh'i tüüpi oksasortijat. See on veidi keerulisema konstruktsiooniga, kuid põhimõttelt ei erine Finckh'i sortijast. Tema olulisemaks osaks on kaheksakandiline trummel, millel on ümargused augud ∅ 6—10 mm, tema tootmisvõime on ligikaudu 30 tonni / 24 t.

Vaatamata kõigile puudustele, millest peamiseks on suur pindala tarvidus, on liivapüüdja veel käesoleva ajani üks vajalikumaid tselluloosi sortimisosakonna seadiseid. Tema ülesandeks on tselluloosimassi puhastamine raskest mustusest. Liivapüüdja töötab raskustungi mõju põhimõttel; raskemad osad tugevasti veega lahjendatud massist langevad aeglase vee liikumise ajal liivapüüdja põhja. Alguses langevad osakesed teatud kiirendusega, kuid mõne hetke pärast (murdosa sekundit) jääb langemise kiirus veehõõrumise takistuse tõttu püsivaks. Stockes'i seaduse

kohaselt väikeste osade (suurusega kuni 0,01 mm) langemise kiirus on võrdeline läbimõõdu ruuduga, näiteks läbimõõdu suurenemisel kahekordselt suureneb osakese langemise kiirus neljakordselt. Ta on samuti võrdeline osakese ja vee erikaalu vahega; liivatera, mille erikaal on 2,8, langeb kiiremalt kui samamõõduline kipsistunud oksake, mille erikaal on 1,5, ja nimelt 3,6 korda [(2,8—1):(1,5—1,0)=3,6]. Lõpuks, osakese langemise kiirus on pöördvõrdeline vee sitkusele; massi 25°-lise temperatuuri juures (sitkus = 0,9) langeb osake 1,3 : 0,9 = 1,5 korda kiiremalt kui 10° juures (sitkus = 1,3). Suuremate osade langemise kiirus on võrdeline tema läbimõõdu ruutjuurele, s. t. 4-kordsel mõõdete suurenemisel suureneb osakese kiirus ainult 2 korda. Nende andmete ja ka tegelikkude mõõtmiste najal on koostatud alljärgnev tabel mitmesuguste terade langemise kiiruse (mm/sek.) kohta.

Osakeste nimetus	Langemise kiirus mm/sek. Tera suurus mm:				
	0,01	0,05	0,10	0,25	2,0
Liiva terad	0,15	1,5	5,0	25	150
Kipsistunud ja läbikeetmata osakesed	—	—	2,5	12	75
Puhtad oksakesed	—	—	1,7	8	50
Läbikeetmata osakesed	—	—	1,25	6	38
Kiud	—	—	0,04	0,1	0,3

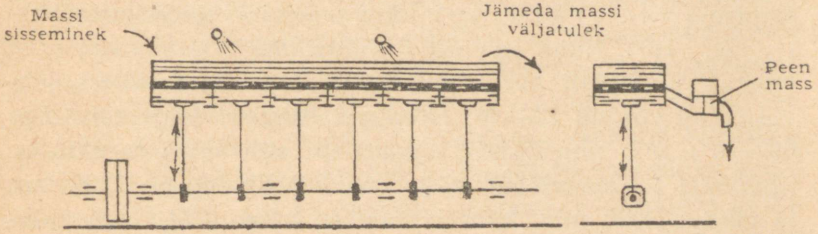
Mass liigub liivapüüdjas kiirusega 15—18 m/min. ehk 250—300 mm/sek. ja läbib 20 m pikkuse liivapüüdja 20 000 : 250 = 80 sekundi vältel. Kui liikuva veekihi kõrgus (s. t. tema kõrgus põikliistude peal) on 120 mm, siis kõik osakesed, mille langemise kiirus ületab 120 : 80 = 1,5 mm, jõuavad vajuda liivapüüdja põhja ja kogunevad liistude vahele. Vastavalt tabelis toodud andmeile leiame, et liivapüüdjas eralduvad kõik liivaterakesed alates 0,05 mm mõõ-

duga, samuti oksad üle 0,1 mm ja läbikeetmata osad üle 0,15 mm. Kiud liivapüüdjas ei eraldu. Järelikult me näeme, et küllaldaste mõõdetega liivapüüdja võib töötada heade tagajärgedega.

250-kordsel massi lahjendamisel (kontsentr. 0,4%) iga toodetud tonni tselluloosi kohta jookseb ööpäevas üle liivapüüdja 250 m^3 vett, s. t. $250 : (24 \times 60) = 0{,}174$ m^3/sek. 120 mm kihikõrguse ja 20 m liivapüüdja pikkuse juures tema laius (ühe tonni ööpäevase toodangu kohta) võrdub $0{,}174 : (120 \times 20) = 0{,}073$ m. Liivapüüdja pind ühe tonni ööpäeva toodangu kohta võrdub siis $0{,}073 \times 20 = 1{,}5$ m^2. Tehases, mille toodang on 100 tonni ööpäevas, tuleb üles seada liivapüüdja, mille pind võrdub $1{,}5 \times 100 = 150$ m^2, ta võib sel juhul olla 20 m pikk ja 7,5 m lai, või 15 m pikk ja 10 m lai jne. Kui oletada, et pikkus võrdub 15 m, siis mass läbib liivapüüdja $15\,000 : 250 = 60$ sekundi ja mitte 80 sek. jooksul, nagu meie enne arvutasime. Järelikult massi kõrgus ei või olla üle $60 \times 1{,}5 = 90$ mm, endise 120 mm asemel, kui püüdja pikkus oli 20 m. Kuid tema laius on nüüd suurem: 10 m endise 7,5 asemel. Lõpptulemusena jääb puhastamise tagajärg mõlemal juhul võrdseks. Tegelikult ehitatakse kõrgeväärtusliku tselluloosi valmistamiseks liivapüüdja pinnaga 2,25 m^2 ja madalama kvaliteedi korral 1,5 m^2 iga ööpäeva jooksul toodetava tonni tselluloosi kohta. Liivapüüdja renni laius on tavaliselt 1,5 ja mitte üle 2 m. Põikliistude kõrgus on 200—500 mm, nende vahe — kaks korda suurem. Küna kõrgus üle liistude on 250—300 mm. Tselluloosi tootmisel, mida tarvitatakse ajalehepaberi valmistamiseks, liivapüüdjat tavaliselt ei ehitata.

Tselluloosi peensortimiseks on peale juba kirjeldatud puumassi sortijate, eriti kõrgeväärtuslike tselluloosi sortide valmistamisel laialt levinud nn. piludega sortijad. Säärased sortijad on varustatud kitsaste piludega, mille laius on

0,2—0,3 mm. Kõige sagedamini tarvitatakse membraansortijat. See kujutab endast (joon. 82) piklikku, kahekordse kerge kallakpõhjaga kasti: ülemine põhi on kaetud pronksplaatidega (1100 × 300 mm), mis on varustatud 0,2—0,3 mm laiade piludega. Plaatide-alune ruum on jaotatud 6-de ossa ja selle põhi on valmistatud kummist membraanidest. Need membraanid pannakse võnkuma (500 korda minutis) püstvarraste abil, mis toetuvad võllile asetatud ekstritele ja mille teine ots on kinnitatud membraani külge. Harilikult ühendatakse 3—4 membraansortijat järjestikku. Lahjendatud mass voolab üle plaatide küna kaudu, mis on moodus-



Joon. 82. Membraansortija.

tatud sortija ülemisest osast. Membraani liikumisel alla vesi ja peened kiud läbivad pilud, satuvad plaadi ja membraani vahelisse ruumi ja väljuvad sealt sortija külgseinas asuvate aukude kaudu piki sortijat asetatud renni sisse. Membraani liikumisel üles massi vool tõukab välja piludesse kinnijäänud pinnud. Jämedad kiud valguvad ühes veega mööda plaate sortija lõppossa. Sortija tootmisvõime on 4—5 tonni 24 tunni jooksul, jõutarvitus 2,5—3,0 hobujõudu. Membraansortijate puuduseks on nende väike tootmisvõime ja suured gabariitmõõted. Need pahed aga kompenseeritakse sortimise puhtusega, mille tõttu nad on laialt levinud uuemates NSV Liidu tehastes.

Vaatamata sellele, et tselluloosi sortimine on lihtsam kui puumassi samasugune protsess, kuna esimesel juhul väljasorditud ebapuhtus küünib 1,5—2%, teisel juhul aga 6—10%, tarvitatakse suurtes tehastes ikkagi kahe- ja kolmeastmelist tselluloosi sortimist. Esimeses astmes seatakse üles läbivoolusortijad, millest jämedad osad juhitakse teise astmesse. Madalakvaliteedilise tselluloosi tootmiseks seatakse teises astmes üles tsentrifugaalsortijad, kõrgekvaliteetse tootmiseks aga membraansortijad. Teises astmes väljasorditud jäägid tarvitatakse pakkimispaberi valmistamiseks.

Sorditud tselluloosi tihendamiseks tarvitatakse samasuguseid v e e-e r a l d a j a i d kui puumassi tihendamiseksk (v. lk. 167). Kuna aga vee eraldamine tseluloosimassist teostub tunduvalt kergemini kui puumassist (esimese jahvatusaste võrdub 12—16° Schopper-Riegleri järgi, teise aga 60—70°), siis tihendajate jõudlus on siin suurem; näiteks, tihendaja tootmisvõime, mille trumli läbimõõt on 1250 mm ja pikkus 3000 mm, küünib kuni 40 tonnini 24 tunni jooksul, 11,5 tonni asemel puumassi tihendamisel.

Samuti kui puumassi tootmise juures, on tingimata vajalik ka tselluloosi sortimisosakonnas ära kasutada tihendajatest väljavoolanud vett, kuid täieline ringvee ärakasutamine siin ei ole võimalik, sest vesi on rikutud happelise leelisega. Selle tõttu piirdutakse tavaliselt 60—80% ringvee kasutamisega, uuendades seda osaliselt värskega. Ringvee kasutamise otstarve on samasugune kui puumassi tootmiselgi: kiukao vähendamine, värske vee kokkuhoid, jõevee väiksem reostamine leelisega jne. Ringvesi juhitakse harilikult massi lahjendamiseks oksasortijasse ja liivapüüdjasse; tema jääke kasutatakse sagedasti tselluloosi pesemiseks kurnmahutis. Värske vesi voolab sortijate ja vee-eraldajate pritstorudesse. Küllalt korralikul ringvee ärakasutā-

misel ja kiudaine sadestamisel vastavates püüdjates (filtrid) on üldine kiudaine kadu sortimisosakonnas tähtsusetu — küünides ainult mõne sajandiku %-ni kogu toodangust Peale selle läheb 0,2—0,3% kiudu kaotsi tselluloosi väljapuhumisel ja pesemisel kurnmahutis ning ligikaudu 0,5% kuivatusmasinas, papi kujundamisel. Üldine kiukadu moodustab seega 0,8—0,9% kogu toodangust.

T ö ö j õ u o r g a n i s e e r i m i n e sortimisosakonnas oleneb suurel määral kohalikkudest oludest, aparatuuri rohkusest ja selle paigutamisest, osakonna enda asetusest antud tehases jne. Tavaliselt ka suurtes tehastes töötab selles osakonnas üks vanem tööline ja 1—2 abilist. Abilised jälgivad oksapüüdjate, liivapüüdjate, sortijate ja tihendajate töötamist, reguleerivad sortijate ja muude aparaatide koormatust, juurde- ja äravoolava massi kontsentratsiooni, vee survet pritstorudes, kontrollivad sortimise puhtust, väljasorditud jäätmete hulka ja iseloomu, jälgivad kuivatusmasina ja pleegitamisosakonna segamisküüpides oleva massi kõrgust. Ühtlasi nad hoolitsevad aparaatide korraliku töötamise ja remondi eest, vahetavad masinate riietust (sortijate sõelu üks kord kuus ja vee-eraldajate sõelu kord 3 kuu tagant), pesevad iga kuue päeva tagant liivapüüdjat. Vanem tööline vastutab osakonna töötamise eest, tema tootmisvõime ja toodangu kvaliteedi eest, peab sidet kurnamismahutite ning pleegitamis- ja kuivatusosakonna vahel.

Pärast tihendajaid juhitakse tselluloosimass 1—3% kontsentratsiooniga sortimisosakonnast pleegitamisosakonda või juhul kui teda valmistatakse pleegitamatult, kuiva või märga tselluloosimasinasse. Kuivatamismasinat tarvitatakse sel juhul, kui tselluloosi saadetakse väljapoole. Kui tselluloosi tarvitatakse kombinaadi enda vajaduste rahuldamiseks, siis piirdutakse tema tihendamisega vee-eraldajates.

T s e l l u l o o s i k u i v a t a m i s e m a s i n, tavaliselt

tselluloosimasinaks nimetatud („presspaat"), kujutab endast lihtsustatud paberimasinat. Tselluloosimass juhitakse masina juures asuvast massiküübist survekasti ja sellest, peale lahjendamist kuni 1% kontsentr., masina sõela peale. Tselluloosipapi kujundamiseks tarvitatakse fosforpronkssõela nr. 22—26, mille pikkus on 20 m ja enam, laius 1,6 — 2,5 — 4,2 m (oleneb toodangust). Sõel liigub kiirusega 20—40 m/min; 1 m^2 papi kaal on 400—600 g. Samuti kui paberivalmistamis-masinas, järgnevad registervaltsidele imurkastid ja nendele tavaliselt harilik gautš-press, suurematel masinatel aga viimane on varustatud imuriga. Mass satub sõelale hariliku formeerimisseadeldise kaudu, kuid uutes masinates survekastist, mis võimaldab täpselt reguleerida papi paksust kogu sõela laiusel. Tselluloosimasinad harilikult ei ole varustatud raputusseadeldisega. Siiski on viimastel aastatel ehitatud mõni masin säärase seadeldisega. Presside osa koosneb 3—4 märjast hariliku konstruktsiooniga pressist. Vildid on siin paksemad ja harvemad kui paberimasinas. Pressid töötavad kahe-kolmekordselt tugevama survega (50—80 kg/sm) kui paberimasina pressid. Enne viimast pressi sagedasti seatakse üles kuivatamissilinder. See võimaldab paremat vee-eraldamist: sooja vee sitkus on väiksem ja selle tõttu tema väljapressimine on kergem kui külma vee juures. Pärast viimast pressi papp sisaldab 40—45% absoluutselt kuiva ainet. Peale hariliku kuivatuseosa, mis on varustatud kahe- ja kolmekordselt üksteise peale asetatud kuivatussilindriga, tarvitatakse ka Flekt-Fabrikeni süsteemi horisontaalsete transportööridega varustatud õhukuivatajaid ja samuti Mintoni vaakuumkuivatajat. Harilik kuivatusosa töötab viltideta, sest paks papp haarab küllalt tihedalt kuivatussilindrite pindu. Papiotsa läbiviimine silindrite vahelt ei tee erilisi raskusi. Tselluloosipapi normaalseks niiskuseks loetakse 12%. Juhul kui niiskus on suurem või

väiksem, siis toodanguhulga määramisel, tarvitajatele saatmisel jne. tehakse vastav ümberarvestus.

Masina lõpus asub lõikamisseadeldis (käärimasin), selle abil tselluloosipapp lõigatakse pikuti ja raiutakse põiki lehtedeks, mille tavalised mõõdud on 800 × 1000 mm.

Lehed pakitakse pallidesse, ümbritsetakse kolmanda sordi tselluloosi lehtedega ja seotakse traadiga. Tarbekorral jääb tselluloosi kuivatamine ära ja märg papp keritakse rullidesse pärast viimast pressi.

Tselluloosi pleegitamine.

Pleegitamata sulfittselluloosi värvus on hall, ebameeldiva tina läikega. Puhtvalgete paberite valmistamiseks ta ei kõlba. Samuti ei kõlba ta keemiliseks ümbertöötamiseks kunstsiidi ja teiste toodete valmistamisel, kuna sisaldab veel palju ligniini. Selle tõttu pleegitatakse (valastatakse) valgete paberite valmistamiseks määratud sulfittselluloosi kloorlubjaga.

II peatükis, kaltsu-poolmassi valmistamise protsesside kirjeldamisel, me valgustasime küllalt üksikasjaliselt (lk. 39) pleegitamise protsessi põhialuseid ja üheastmelist pleegitamist poolmassi hollendrites. Seetõttu on vaja siin ainult lühidalt tutvuda suurtes käitistes rakendamist leidva ajakohase pleegitamisega.

Lihtne pleegitamine leiab praegu aset ainult väikestes tehastes, mille tootmisvõime ei ületa 20—30 tonni ööpäevas. See on seletatav suure kloorihulga tarvidusega (12% pehme ja 18% keskmise kõvadusega tselluloosi juures) ning pleegitatud tselluloosi madala kvaliteediga, mille kiud lihtsa pleegitamise juures on osaliselt nõrgestatud. Kiudude osalise purunemise tõttu ta ei kõlba kõvade paberite valmistamiseks.

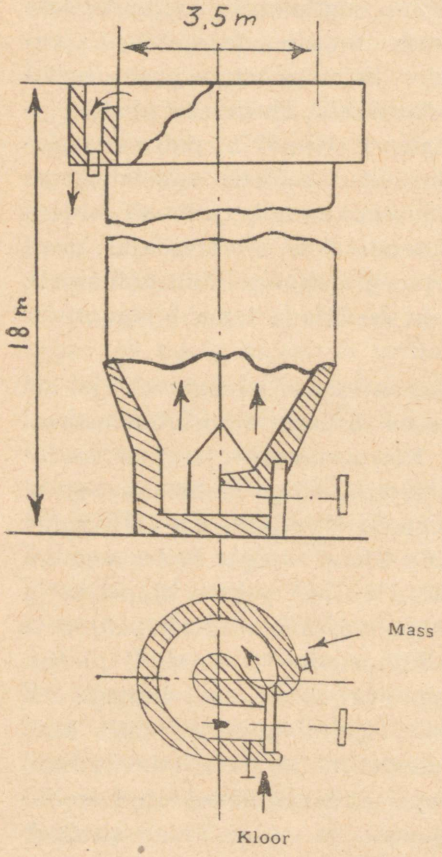
Samuti ei kõlba ta keemiliseks ümbertöötamiseks, kuna sisaldab vähe (84—85%) püsivat nn. alfa-tselluloosi, mis ei lahustu 18%-ses naatriumhüdroksüüdi lahuses. Seetõttu on suurtele tehastele kohustuslik kahe-astmeline pleegitamine. Siin lisatakse tselluloosimassile esiti ainult ligikaudu 50% sellest kloorlubja hulgast, mida tarvitatakse ühe-astmelise pleegitamise juures. Selle lubja hulgaga pleegitatakse, kuni kloor on kadunud; pärast seda pestakse tselluloos veega ja lõpetatakse pleegitamine tarviliku hulga kloorlubja lisamisega. Selle menetluse paremuseks on kloorlubja kokkuhoid (ligikaudu 20% võrra) ja pleegitatud tselluloosi kõrge kvaliteet. Kloorlubja säästmine on tingitud sellest, et lihtsa pleegitamise juures teda tarvitatakse mitte ainult inkrusteerunud (lubjasooladega kivistunud), kiudude külge jäänud osade lahustamiseks, vaid ka lahustatud inkrustide edaspidiseks hapendamiseks. Vahepealse pesemisega aga poolpleegitatud tselluloosist kõrvaldatakse lahustunud inkrustid ja lõplikul pleegitamisel nende peale kloorlupja enam ei raisata. Tselluloosi hea kvaliteet (tema suur kõvadus, kunstsiidi tootmisel temast valmistatud lahuste kõrge sitkus ning kõrgendatud alfatselluloosi hulk — 87—88%) on seletatav soolhappe kõrvaldamisega kiu küljest vahepesemise ajal. Soolhape ($HClO = HCl + O$) tekib pleegitamise protsessi ajal ja pidevalt neutraliseerib leelist, kuna protsessi algul kloorlubja lahuses leidub teatud hulk CaO. Lihtsa pleegitamise korral protsess lõpeb neutraalses keskkonnas, kus alakloorishape eriti tugevalt mõjutab selleks ajaks juba ligniinist vabastatud kiudu. Kui aga soolhape kõrvaldatakse vahepealse pesemisega, siis pärast kloorlubja juurdelisamist lõpp-pleegitamine toimub uuesti leeliseses keskkonnas. Me teame aga, et alakloorishape eraldub sel korral väga aeglaselt. Tagajärjena kiud säilitab tugevuse, sitkuse ja püsiva alfatselluloosi. Mõnel juhul, kõrge-

väärtusliku tselluloosi tootmisel, lisatakse pleegitamise ajal naatriumhüdroksüüdi (NaOH), kuid see abinõu pikendab pleegitamise protsessi.

Kaheastmelist pleegitamist on võimalik läbi viia meile juba tuntud pleegitamishollendrites, kasutades vahepesemiseks pesemistrumlit. Pleegitamine sünnib siin 7—8% massi kontsentratsiooni juures; lõpp-pleegitamisel soojendatakse massi kuni 30—35%. Nüüdisaja tehastes teostatakse pleegitamise astmed eri aparaatides. Esimese astme juures tarvitatakse sagedasti kõrget raudbetoonist Thorne torni. Pleegitamine sünnib selles paksu massi (16—18%) pideva voolamise ajal ülalt alla; mass on segatud pleegitamislahusega. Tornist satub mass pesemisnõusse, kus teda pidevalt lahjendatakse veega. Edasi mass tihendatakse vee-eraldajas, must vesi aga valgub välja. Lõpp-pleegitamine sünnib hollendris, kus massi kontsentratsioon on 7—8% ja tema temperatuur 30—35°.

Täiuslikumaid tagajärgi saavutatakse käesoleval ajal sel teel, et pleegitamise esimeses astmes kloorlubja asemel tarvitatakse vedelat kloori. Kloreerimisele järgneb tselluloosi pesemine veega, läbitöötamine nõrga leelislahusega, et kõrvaldada kloreerimisel tekkinud jäänused, siis teiskordne pesemine ja lõpp-pleegitamine kloorlubjaga. Selle meetodi paremuseks on energiline, kuid ühtlasi pehme kloori mõju tselluloosile. See meetod võimaldab mitte ainult pehme ja keskmise, vaid ka kõva tselluloosi (6—7% ligniini) pleegitamist. Kloreerimisel ja järgneval töötlemisel lubjaga või naatriumhüdroksüüdiga suurim ligniini hulk lahustub, kuid kiud (rakukude) jääb puutumata. Selle tõttu ettevaatlikul lõpp-pleegitamisel kloorlubjaga saadakse pleegitatud tselluloosi, mis omab suurt tugevust ja sitkust ning sisaldab 89—90% alfatselluloosi. Ta on kõlblik kõrge kvaliteediga paberi valmistamiseks kui ka ümbertöötamiseks kunstsii-

diks ja teisteks saadusteks. Kloori tarvitus kaheastmelise pleegitamise ja vahepealse leelisega ümbertöötamise juures on 30—40% võrra väiksem kui hariliku üheastmelise protsessi juures. Esimeses astmes tarvitatakse kloreerimiseks ligikaudu ⅔ kogu kloorihulka, teises astmes — lõpp-pleegitamiseks — kloorlubja kujul ligikaudu ⅓; leelise tarvitus aga moodustab ligikaudu 1% tselluloosi hulgast.



Joon. 83. Kamyr-süsteemi torn tselluloosi pidevaks pleegitamiseks.

Illustreerimiseks kirjeldame pideva töötsükliga mitmeastmelise Kamyr-süsteemi pleegitamise skeemi, mida sagedasti tarvitatakse käesoleval ajal. Sorditud ja kuni 3,5% tihendatud pleegitamata tselluloos satub toru kaudu kõrge torni (läbimõõt — 3,5 m ja kõrgus — 18 m, vt. joon. 83) alumisse ossa paigutatud tugevajõulise tsentrifugaalpumba peale. Pumba ees juhitakse torni kloorgaasi. Pump segab intensiivselt kloori massiga: segu tõuseb aeglaselt, 60—80 minuti jooksul, torni kaudu üles. Selle aja jooksul jõuab kloor täielikult reageerida tselluloosiga. Torni ülemisest otsast mass satub pesemi-

seks kahe järjestikku töötava vaakuumkurna peale, neist aga 10%-se konsentratsiooniga samasuguse torni alumisse ossa, kus lisatakse leelislahust. Mass läbib leelistorni kolme tunni jooksul. Sellest ajast piisab, et küllaldaselt lahustada klooriollused.

Edasi leelis eraldatakse vaakuumkurnades, tema jäljed uhutakse välja pesemistornis, mass tihendatakse ja lõpuks pleegitatakse 7—8% kontsentratsiooni ja 30—40° temperatuuri juures kloorlubjaga. Lõpp-pleegitamine kloorlubjaga sünnib samasugustes tornides kui kloreerimine ja kestab 10 tundi. Pärast pesemist tselluloos töödeldakse veel ühes tornis lahja klooriga (kuni 0,1%) või väävlishappega. Seda operatsiooni nimetatakse *stabiliseerimiseks*. Tema ülesandeks on järelpleegitada kius asuvad inkrusteeritud osakesed ja sellega kinnitada tselluloosi valget värvust. 150 tonni telluloosi pleegitamiseks 24 tunni jooksul on vaja 8 torni: kaks kloreerimiseks, üks ümbertöötamiseks leelisega, üks pesemiseks, kolm lõpp-pleegitamiseks ja üks stabiliseerimiseks. Samuti on vajalikud vaakuum-kurnad, pumbad, mahutid pleegitamata ja pleegitatud tselluloosi jaoks.

Vaakuumkurn kujutab endast massiga täidetud vanni asetatud aeglaselt tiirlevat trumlit. Tema silindri pind on kaetud peene vasksõelaga. Sõela all asuvad eraldatud kambrikesed, mis massisse sattumisel automaatselt ühendatakse vaakuumiga. Vaakuumi saavutatakse kas vastava pumba või nn. baromeetrilise toru abil, mille alumine ots on asetatud vette. Silindri pinnale tekkinud massikiht eraldatakse pidevalt kaabitsa abil. Käesoleval ajal on vaakuumkurnad leidnud suurt kasutamist pleegitamisosakonnas vee eraldamisel ja tselluloosi pesemisel. Neid tarvitatakse samuti sortimisosakonnas. Survevaltside pealepaigutamisega on võimalik vaakuumkurnas tihendada massi kuni 25%.

Vaakuumkurna võime küünib 100 tonnini 24 tunni jooksul, tema kurnamispind on 20 m^2.

Tööliste arv pleegitamisosakonnas, samuti kui teisteski nüüdisaja tselluloositehaste osakondades, on väike. Näiteks pleegitamisosakonnas, mis on varustatud kahe Thorne torniga esimeses astmes ja viie hollendriga teises astmes (à 150 m^3), töötab vahetuses ainult kolm inimest. Üks nendest tegeleb tornide juures. Tema ülesandeks on valvata pleegitamata ja pleegitatud tselluloosi vee- eraldajate ja tigupresside töötamise järele, jälgida massi kontsentratsiooni ja torni täitmist, kloorilahuse kangust esimese ja teise astme segajates ja massi temperatuuri, reguleerida tornist väljapestava massi väljajooksu. Ühtlasi hoolitseb ta seadistiku korrasoleku ja selle õigeaegse remondi eest. Teine tööline reguleerib hollendrite täitmist, jälgib pleegitamise protsessi, peseb pleegitatud massi ja juhib selle küüpidesse, reguleerib pleegitatud tselluloosi tihendajate ja kurnade ning sortijate tööd; tema hoolitseb kogu selle aparatuuri korrasoleku eest. Kolmandaks tööliseks on vanem pleegitaja. Tema juhib kogu osakonna tööd ja peab sidet sortimis-, kuivatamis- ja klooriosakonnaga.

Pleegitatud tselluloos, mis on saadud kaheastmelisest pleegitamisest, on kõlblik paljude paberisortide jaoks. Teda töötatakse ümber kunstsiidiks. Kuid teatud juhtudel nõutakse veel kõrgeväärtuslikumat puutselluloosi, mis omaduste poolest on lähedane puuvillale (puhastatud olekus võib puuvilla lugeda keemiliselt puhtaks tselluloosi rakukoeks). Säärast tselluloosi on võimalik valmistada kirjeldatud kaheastmelise pleegitamise skeemi kohaselt, kloreerides esimeses astmes ja asendades kloreeritud tselluloosi „leelistamist" naatriumhüdroksüüdi ümbertöötamisega. Sellist ümbertöötamist teostatakse 5—10% naatriumhüdroksüüdi hulgaga (arvestatult tselluloosi kaalule) 60—80° tempera-

tuuri juures või surve all 120—135° juures ja lõpptulemusena saadakse nn. vääristatud tselluloos, mis esimesel juhul sisaldab 92—93%, teisel juhul aga 95—96% alfatselluloosi. Säärane tselluloos asendab paberis kaltsukiudu ja teda võib ümbertöötamisel tarvitada kõige väärtuslikumate keemiliste saaduste valmistamiseks.

VII peatükk.

SULFAATTSELLULOOSI TOOTMINE.

Sissejuhatus.

Sulfaattselluloosi valmistatakse puidust, keetes seda naatriumhüdroksüüdi (NaOH) ja naatriumsulfiidi (Na_2S) lahuses. Keetmise tingimused erinevad siin tunduvalt sulfittselluloosi keetmisest. Sulfittselluloosi keetmine lõpetatakse 140—150° temperatuuri juures, sulfaattselluloosi keetmine aga ligikaudu 165—175° juures. Surve katlas on vastavalt 5—6 at. ja ligikaudu 7,5—8,5 at. Sulfittselluloosi keetmise aeg on 8—10 tundi, sulfaattselluloosi — 3—5 tundi.

Naatronmenetlusel (NaOH lahusega) valmistasid puutselluloosi esimestena Watt ja Burgess 1853.—1856. a.; esimene tehas ehitati Ameerikas 1860. a., s. t. 20 aastat varem, kui Mitscherlich Saksamaal ja Kellner Austrias lasksid käiku oma esimesed sulfittselluloosi-tehased. Naatronmenetlus levis Ameerikast Inglismaale ja sealt 70-ndais aastais Saksamaale ja Rootsi. Tselluloosi valmistamisel naatronmenetluse järgi saadakse suurim hulk keetmiseks vajalikku naatriumhüdroksüüdi läbitöötatud leelise regenereerimisest (uuendamisest) ja ainult kaod asendatakse soodaga. 80-ndate aastate algul tegi Dahl ettepaneku naatriumhüdroksüüdi asemel tarvitada selleks naatriumsulfaati — glaubrisoola (Na_2SO_4), millest regenereerimise protsessil tekib naatrium-

sulfiid (Na_2S); viimane reageerib samuti inkrusteeritud ollustega.

Pruuni värvuse ja suhteliselt raskelt teostatava pleegitamise tõttu leidis sulfaattselluloos esialgu ainult piiratud tarvitamist ja tema toodang ei küündinud sulfittselluloosi toodanguni, vaatamata et viimase tootmisviis avastati hiljem. 1913. a. moodustas sulfaattselluloosi toodang ainult 13% ülemaailmlisest puutselluloosi produktsioonist. Kuid pärast maailmasõda (1914.—1918. a.) hakkas sulfaattselluloosi toodang tõusma. 1929. a. toodeti juba 25% sulfaattselluloosi kogu sulfit- ja sulfaattselluloosi toodangust. 1936. a. toodeti 4 miljonit tonni sulfaat- ja ligikaudu 10 milj. tonni sulfittselluloosi. Sulfaattselluloosi kiire areng on teatud määral seletatav kuusepuidu tagavarade kahanemisega Ameerikas, Rootsis ja teistes maades. Need tagavarad neelas üha suurenev sulfittselluloositööstus, millele kuusepuit on peamiseks tooraineks. Männipuitu, mis oma rikkalikuma vaigusisalduse poolest on kohane ainult keetmiseks leelisega, leidub veel rohkel määral. Peale selle, sulfaattselluloosi kasutamise piirid on viimasel ajal märksa laienenud. Pleegitamatult tarvitatakse teda laialdaselt koti-, kaabli-, telefoni-, kondensaatoripaberi ja teiste sarnaste paberisortide valmistamiseks. Uuemate pleegitamismenetluste rakendamisega saadud pleegitatud sulfaattselluloosi tarvitatakse kõrgeväärtuslike paberisortide valmistamiseks, nagu: trüki-, pärgament-, kuivatus- ja filtreerimispaber ja muud sarnased sordid.

Sulfaattselluloosi tootmise skeem erineb vähe sulfittselluloosi tootmise skeemist. Keeduosakond kujutab endast ka siin tehase tähtsamat osakonda, kuhu puiduosakonnast transporditakse laastud, regenereerimisosakonnast pumbatakse „valgeleelis" ja katlamajast juhitakse aur.

Keedetud tselluloos satub katlast pesemisosakonda, kus temast hoolikalt „pestakse" välja äratöötanud, nn. mustleelis; viimane juhitakse tehase regenereerimisosakonda, kus ta uuendatakse. Pestud tselluloosimass juhitakse sortimisosakonda ja sealt kuivatusmasinale — papi kujundamiseks. Samuti kui sulfittselluloosi keetmisel gaasitatakse katelt ka sulfaattselluloosi keetmisel. Gaasitamise produktid — tärpentiin ning mõnel juhul ka puupiiritus (metüülalkohol)— puhastatakse mustusest ja lisandeist.

Sellest kirjeldusest selgub, et sulfaattselluloosi tootmisel saadud gaasitamise produkte kasutatakse kõrvalsaaduste valmistamiseks, kuna äratöötanud leelis juhitakse regenereerimisosakonda naatriumsulfiidi valmistamiseks. Sulfittselluloosi tootmisel see sünnib vastupidiselt: kõrvalproduktid saadakse heitleelisest ja gaasitamise produkt SO_2 kasutatakse keeduleelise kõvendamiseks.

Sulfaattselluloositehase p u i d u o s a k o n d ei erine kuigi palju sulfittselluloosi tehase vastavast osakonnast. Palgid saetakse samuti 2—3 m propsideks, kooritakse ja lõigustatakse raiumismasinal laastudeks. Laastud sorditakse, jämedamad purustatakse täiendavalt desintegraatoris, kõlblikud laastud aga transporditakse keedukatelde peal asuvatesse silodesse ja sealt kateldesse. Erinevus seisab aga tooraines. Sulfaattselluloosi tootmiseks on lubatud tarvitada kuusepuidu kõrval ka männipuitu, vaatamata viimase vaigurikkusele, sest keetmisel vaik lahustub kergesti leelises. Peale selle tarvitatakse ka saeveskite jäätmeid — pindu ja servi. Pinnad tekivad palkide saagimisel laudadeks, servad — laudade servamisel. Väga sagedasti need jäätmed lihtsalt põletatakse. Nende jäätmete kasutamine tselluloosi tootmiseks, selle asemel et tarvitada neid kütuks, omab rahvamajanduses suurt tähtsust. Sulfittselluloosi valmistamiseks ei saa kasutada pindu ja servi, kuna nende küljest ei ole kõr-

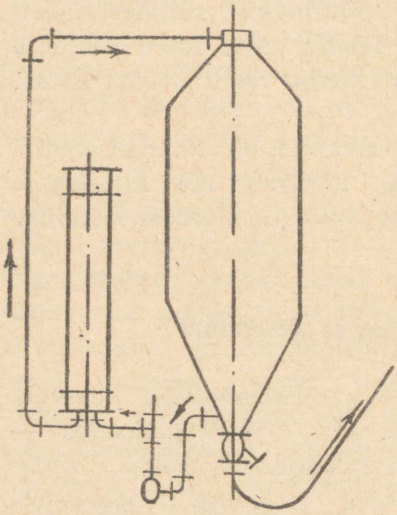
valdatud koor ja mähk. Pleegitamata sulfaattselluloosi valmistamisel ei olda aga puidu kvaliteedi suhtes nii nõudlik, kuna tumedavärvilised mähi osakesed ei paista eriti silma tumepruuni sulfaatpapi pinnal. Selle tõttu on otstarbekohane siin ära kasutada saeveskite jäätmeid. Kuid samal ajal nn. kaablipaberi valmistamiseks peab puit olema eriti hoolikalt puhastatud koorest ja mähist, kuna iga võõrosake kujutab paberis nõrga koha, millest elektrivool võib „läbi lüüa". Selle tõttu ei saa sääraste paberite valmistamiseks tarvitada pindu ja servi. Saeveskite jäätmete purustamiseks tarvitatakse vastava sööteseadeldisega varustatud raiumismasinaid. Sööteseadeldis koosneb pöörlevaist rullidest; need suruvad pindade ja servade kimbu vastu renni põhja ja samal ajal pöörlemisega juhivad kimbu vastu masina ketast — nugade alla.

Keeduleelise valmistamise osakond on tihedalt seotud mustleelise regenereerimisega, mistõttu me kirjeldame teda hiljem, nüüd aga vaatleme sulfaattselluloosi keetmise protsessi.

Tselluloosi keetmine ja pesemine.

Käesoleval ajal teostatakse sulfaattselluloosi keetmist peaaegu eranditult paigalseisvates — statsionaarsetes — püstkateldes, mis on varustatud aparatuuriga leelise sundusliku tsirkulatsiooni teostamiseks ja leelise temperatuuri tõstmiseks (joon. 84). Katlad on arvestatud ja ehitatud 12—13 at töösurvele. Katla maht on 75 kuni 160 m^3. Katla keskmine osa on silindrikujuline, ülemine osa koonuse kujuline, mille ülemine nurk võrdub 90°, alumine osa samuti kooniline, kuid ahendatud 60° nurga all; katla kõrguse ja läbimõõdu suhe on 3—3,5. Selline katla vorm on sobivaim täitmise ja tühjendamise operatsioonide teostamiseks. Kat-

lad valmistatakse raudplaatidest, mille paksus küünib 35 mm.; plaadid ühendatakse omavahel kas neetimise või keevitamise teel. Keevitatud katelde paremuseks on nende tihedus, kuna needistatud katlad esimestel aastatel harilikult lekivad ja nende neetõmblusi tuleb sagedasti üle temmida. Kuna leelis peaaegu ei mõju rauale, siis kateldel puudub sisemine vooder. Soojuskadude piiramiseks kaetakse katel väljastpoolt vastava isolatsiooni kihiga. Joon. 84 on kujutatud keedukatel, mis on varustatud Morterudi süsteemi leelise tsirkulatsiooni seadistikuga.



Joon. 84. Sulfaattselluloosi keedukatel.

Pump imeb leelise katla alumisest osast ja surub läbi soojendaja suurema leelisehulga katla ülemisse ossa ning väiksema osa — alumisse ossa. Pump on valitud sellise võimega, et ta on suuteline kogu katla leelise täielikult ümber pumpama kaheksa korda tunnis. Leelise soojendamine väljastpoolt omab siin veel suuremat tähtsust kui sulfittselluloosi keetmisel. Asi seisab selles, et leelist tuleb regenereerimisel aurutada ning sel põhjusel oleks ebaratsionaalne teda lahjendada auru kondensaadiga.

Naatriumsulfiid reageerib keetmise ajal veega järgmise valemi kohaselt: $Na_2S + H_2O = NaOH + NaSH$. Moodustatud naatriumhüdroksüüd (NaOH) neutraliseerib keetmisel tekkinud ligniinhappe grupid ja naatriumhüdrosulfiid

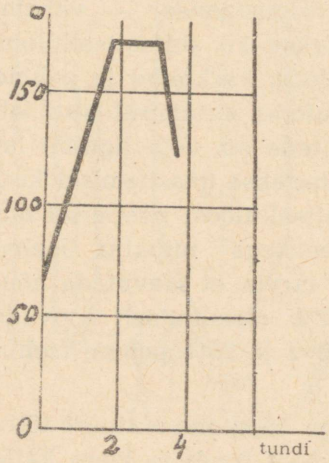
(NaSH) ühineb ebakindlalt fenoolgruppidega. Keeduleelis, mida tavaliselt nimetatakse „valgeleeliseks", koosneb peamiselt naatriumhüdroksüüdist ja naatriumsulfiidist, nende omavaheline suhe on 3 : 1 kuni 4 : 1. Naatriumsulfiidi lisamisega keeduleelisse saadakse katlast 10—12% võrra rohkem tselluloosi ja kõvemat kiudu kui keetmisel puhta leelisega (naatronmenetlusel).

Peale valgeleelise pumbatakse katlasse veel äratöötanud mustleelist: 30—40% kogu leelise hulgast pleegitatava ja 45—50% jõutselluloosi valmistamisel. Selle lisamise arvel väheneb regenereeritava leelise hulk ja tõuseb äratöötanud leelise kangus. Näiteks jõutselluloosi tootmisel, mida tarvitatakse kotipaberi valmistamiseks, pumbatakse mustleelist rohkem; pleegitatava tselluloosi valmistamisel — vähem. Samuti kui sulfittselluloos liigitatakse ka sulfaattselluloos kõvaduse järgi: kõva — jõutselluloos, keskmine ja pehme —pleegitatav tselluloos. Sulfittselluloosi keetmisel sisaldab keeduhape alati SO_2 rohkem, kui teda on vaja ligniini lahustamiseks, ja suur hulk SO_2 puhutakse gaasitamisel katlast välja. Vastupidi sellele sulfaattselluloosi keetmisel antakse katlasse ühes valgeleelisega niipalju leelist ($NaOH + Na_2S$), kui palju on seda tarvis, et saavutada nõutav läbikeetmise aste: näiteks 22% absoluutselt kuivade puude kaalust keskmise, 20% kõva ja 25% pehme tselluloosi saamiseks.

Me juba tähendasime, et kõrge lõpptemperatuuri tõttu sulfaattselluloosi keetmine vältab 3—4 tundi ja kogu katla ringkäik ühes täitmisega ja tühjendamisega teostub 6—7 tunni jooksul, s. t. märgatavalt kiiremini kui sulfittselluloosi keetmisel. Selle tõttu on võimalik võrdlemisi väikese katlaga toota suur hulk tselluloosi. Sissekeetmine kuni 165—175° lõpptemperatuuri saavutamiseks vältab 1½—2 tundi, edaspidine keetmine lõpptemperatuuri ja 7,5—8,5 at surve

juures — 1½—2 tundi, lõpuks surve alandamine kuni 4 at teostatakse 1 tunni jooksul. Katla tühjendamine sünnib 30—40 minuti jooksul. Näitlik keetmise graafik on toodud joon. 85. Tarvitatakse ka graafikuid, mille järgi temperatuuri tõus sünnib aeglasemalt, kuid ilma seisatamiseta lõpptemperatuuri juures.

Temperatuuri tõstmise ajal 3-e ja 8-a at surve juures puhutakse gaasitamisega katlast välja tärpentiin ja puupiiritus. Viimased ühes veeaurudega juhitakse jahutajasse — kondensaatorisse ja sellest destilleerimisaparaati, kus kergem tärpentiin eraldub raskemast metüülalkoholi (CH_3OH) vesilahusest. Gaasitamise ajal eralduvad ka halvasti lõhnavad väävelühendid: merkoptan (SH_3SH) ja teised.



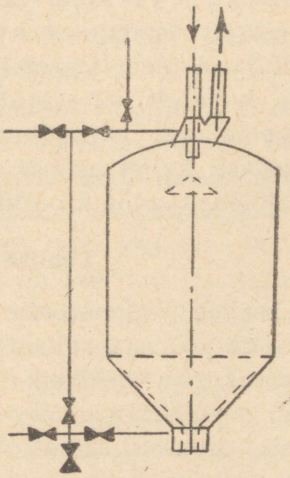
Joon. 85. Temperatuuri kõver sulfaattselluloosi keetmisel.

Tehase eri osakonnas eraldatakse tärpentiinist hoolikalt kõik lisandid. Gaasitamise ajal kondenseerunud produktid, mis sisaldavad ka puupiiritust, juhitakse enamasti roiskvetesse.

Tselluloosi pesemise peamiseks ülesandeks on saada võimalikult kangemat ja võimalikult suuremal hulgal mustleelist, et viimasest regenereerimisosakonnas tagasi saada naatriumi (Na). See eesmärk saavutatakse küllalt hästi tselluloosi süstemaatilise pesemisega difusööridest. Difusöör (joon. 86) kujutab endast silindrilist mahutit, mis on valmistatud raudplekist, arvestatud 4 at töösurvele ja varustatud kahekordse põhjaga. Difusööri maht on veidi väiksem keedukatla mahust. Keedukatlast puhutakse tselluloosimass ühes mustleelisega difusööri. Viimase ülemisse

ossa surutakse teisest difusöörist lahja mustleelis, viimane surub pidevalt välja difusööri alumisse põhja asetatud sõela läbi kange 14—15° Bé mustleelise. See leelis kogutakse tagavara-reservuaari, kust teda kasutatakse keetmiseks. Kui väljasurutava leelise kangus on langenud 12—14° Bé, juhitakse järgnev osa mustleelist (kuni selle kangus on langenud 4—5 Baumé kraadini) regenereerimisosakonda; selle leelise keskmine kangus on 10° Bé.

Ülejäänud mustleelis (5° Bé kuni 0° Bé) surutakse esimesest difusöörist kolmanda difusööri ülemisse ossa, mis selleks ajaks on täidetud uuest keedust. Esimeses difusööris mustleelisest vabastatud tselluloosimass pestakse veega; leelise kadu sellejuures moodustab normaalselt 1—2%. Pärast pesemist juhitakse mass difusöörist viimase all asuvasse segamisküüpi. Kogu pesemise protsess difusööris kestab 15—18 tundi. Harilikult iga keedukatla kohta seatakse üles 3 difusööri. Näiteks kahe keedukatla kohta naaberruumis seatakse ringjoones üles kuus difusööri. Torustikud on asetatud nõnda, et igast keedukatlast võib massi puhuda mistahes difusööri. Difusöörid on omavahel ühendatud ringikujuliste torustikkudega leeliste ning sooja ja külma vee jaoks; need torustikud asuvad hoone kolmandal korrusel, difusööride ülemiste kaelte peal. Tselluloosi pesemist difusöörides juhitakse kolmandalt korruselt, kuhu on koondatud kõik ventiilid ja vajalik aparatuur. See juhtimine nõuab tööliselt kõrget kvalifikatsiooni.



Joon. 86. Difusöör tselluloosi pesemiseks.

Mõnes tehases ei teostata tselluloosi pesemist mitte difusööride vaid vaakuumfiltrites. See menetlus, vaatamata tema meelitavusele, omab praktiliselt palju puudusi leelise vahutamise tõttu, mis on tingitud naatriumseebi olemisest leelises. Selle tõttu see menetlus ei ole leidnud suurt rakendamist.

Tselluloosi sortimine, kuivatamine ja pleegitamine.

Sulfaattselluloosi-tehase sortimis- ja kuivatamisosakonnad ei erine millegagi sulfittselluloosi-tehase samasugustest osakondadest. Pestud tselluloosimass pumbatakse difusööride all asuvast segamisbasseinist oksasortijatesse, kust satub peensortimisele ja sealt tihendajatesse. Kõrgekvaliteedilise tselluloosi tootmisel, näiteks iseoleerimispaberite ja pleegitatava tselluloosi valmistamiseks, on soovitav juhtida mass üle liivapüüdja. Teatud juhtudel jahvatatakse sorditud tihendatud massi enne papi kujundamist kollerkividel, koonusveskites või kangveskites. Leitakse, et sellise töötlemise tagajärjel tselluloosi kvaliteet tunduvalt tõuseb. Sulfaattselluloosi pleegitamist teostatakse mitmeastmelise menetluse kohaselt, kloreerides teda esimeses astmes (lk. 232). Jõutselluloosi pleegitamisel teostatakse kloreerimist ka sagedasti kahes astmes vahepealse töötlemisega leelisega; järelpleegitamine kloorlubjaga sünnib samuti kahes astmes.

Leelise regenereerimine.

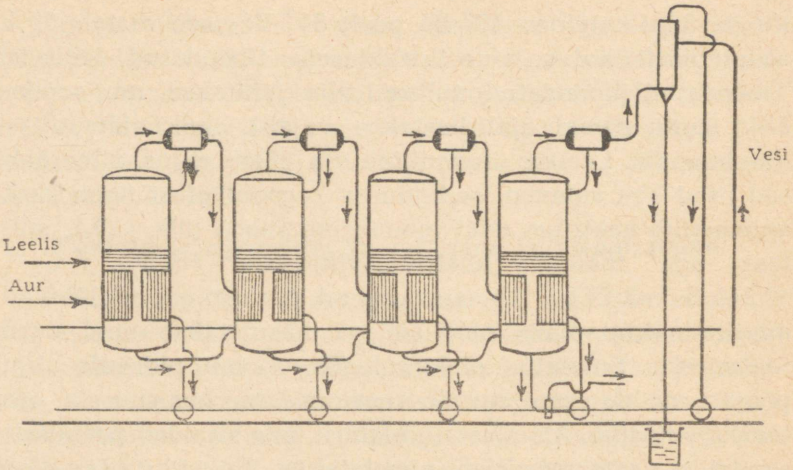
Leelise regenereerimine on keerulisim ja vastutusrikkaim protsess sulfaattselluloosi-tehases. Nii regenereerimisosakonna seadistik kui ka töö protsessid on viimasel ajal märksa ratsionaliseeritud. Siin kirjeldame regenereerimise protsessi säärasel kujul, kuidas tema teostub nüüdisaja tehastes.

Kõigepealt mustleelis aurutatakse mitmesarjalistes vaa-

kuum-tüüpi kateldes 10° Bé pealt 35° Bé; see vastab 50% absoluutselt kuiva aine sisaldusele tihendatud leelises. Tihendatud (koondatud) tuline leelis juhitakse nn. soodaahju, kuhu samal ajal lisatakse vajalik hulk sulfaati — glaubrisoola. Leelise orgaaniline osa põleb ahjus, mineraalsed osad aga sulavad; sellejuures orgaanilistest ühenditest vabanenud naatrium (Na) moodustab sooda (Na_2CO_3), sulfaat aga taandub naatriumsulfiidisse: $Na_2SO_4 + C_2 = = NA_2S + 2\ CO_2$. Ahjust väljuvad kuumad gaasid läbivad aurukatla küttepinna ning sellega kasutatakse neid auru tootmiseks. Sulatatud olekus leelis voolab pidevalt ahju põhjast mööda renni suurde veeanumasse, kus suurem osa temast lahustub. Moodustatud lahust, mis sisaldab peamiselt soodat ja naatriumsulfiidi, nimetatakse t o o r l e e l i s e k s (ka soodaleeliseks ja „roheliseks" leeliseks). Edasi toorleelis kaustitseeritakse, s. t. töödeldakse põletatud lubjaga, mille tagajärjel sooda muutub naatriumhüdroksüüdiks: $Na_2CO_3 + + Ca(OH)_2 = 2NaOH + CaCO_3$.

Selgunud kaustitseeritud lahust, mis sisaldab peamiselt NaOH ja Na_2S, nimetatakse „valgeleeliseks".

Mustleelise aurutamine (tihendamine) 10° Bé (13% abs. kuiva ainet) pealt kuni 35° Bé (50% abs. kuiva ainet) sünnib kolme- või neljasarjalistes vaakuum-aurutusseadistikes. Säärane Robert'i süsteemi seadistik, soojenduspinnaga á 800 m², on kujutatud joon. 87. Iga sari kujutab endast silindrilist püstkatelt, mille läbimõõt on 2400 mm. ja kõrgus 6200 mm. Tema alumisse ossa, kahe põhja vahele, on paigutatud 2200 soojendamistorukest, läbimõõduga 30—33 mm, pikkusega 1500 mm; keskmises osas asub tsirkulatsioonitoru, läbimõõduga 400 mm. Katla ülemine osa kujutab auru ruumi. Erilises pinnasoojendajas värske auruga ettesoojendatud mustleelis juhitakse pumba abil esimesse sarja. Selles ta tsirkuleerib, laskudes mööda jämedat toru alla ja tõustes



Joon. 87. Robert'i neljasarjaline aurutusseadistik.

üles peente torude kaudu, ning osaliselt aurub. 2 at survega ja 118° temperatuuriga värske aur satub torudevahelisse ruumi ja soojendab leelist. Teatud määral tihendatud leelis satub edaspidiseks tihendamiseks teise sarja. Teise sarja soojendamiseks kasutatakse esimeses sarjas mustleelise lahusest tekkinud auru, nn. utmisauru („mahla" aur); selle auru surve on veidi madalam kui värske auru surve. Utmisaur väljub laia toru kaudu esimese sarja aururuumist ja satub separaatorisse, kus temast eraldub kaasakistud leelis, ja sealt edasi teise sarja torudevahelisse ruumi. Samuti töötab kolmas ja neljas sari: kolmandas tihendatakse leelis teise sarja utmisauruga, neljandas — kolmanda sarja auruga. Surved ja temperatuurid sarjades järk-järgult langevad. Neljas sari töötab juba vaakuumi all, mille hõredus võrdub 650 mm elavhõbeda samba kõrgusega. Utmisaur, mille temperatuur on 53°, satub nüüd baromeetrilisse segamiskondensaatorisse, kus muutub vedelikuks temasse pihustite abil sissepritsitud vee toimel. Kondensaat ja vesi voola-

vad kõrge (10 m) toru kaudu roiskvee torsutikku, õhk ja gaasid aga imetakse kondensaatorist välja vaakuumpumba abil. Tihendatud leelis neljandast sarjast imetakse välja pumba abil. Mõnes tehases teda tihendatakse veel nn. lõppsarjas (finisheris), mis ehituse poolest ei erine aurutussarjast; lõppsarja soojendamiseks tarvitatakse 5—6 at survega värsket auru. Leelis on siin juba paks ja väheliikuv, mistõttu lõppsarjas leelise tsirkulatsiooni saavutamiseks peab tarvitama pumpa. Sarjade torudevahelistes ruumides kondenseerunud aur juhitakse välja kondenspottide — veelahutajate — abil. Vaakuumi all töötavatest sarjadest imetakse kondensvesi välja pumba abil. Värske auru kondensvesi esimesest sarjast kui ka lõppsarjast juhitakse katlamajja aurukatelde toitmiseks; utmisaurust tekkinud kondensvett, mis sisaldab leelise jääke, võib kasutada kaustitseerimisel tekkinud jäätmete, nn. m e e s a pesemiseks.

Sarjad ehitatakse võrdsete soojenduspindadega. Ühelt ruutmeetrilt soojenduspinnalt aurub tunnis keskmiselt 9—10 kg vett. Üks kg värsket auru aurutab keskmiselt 3 kg vett. Arvesse võttes, et mustleelis aurutusaparaatides tugevasti vahustub, mis raskendab tööprotsessi, siis enne juhtimist aurutusaparaatidesse lastakse teda selgida ja kõrvaldatakse tema pinnale kerkinud seep.

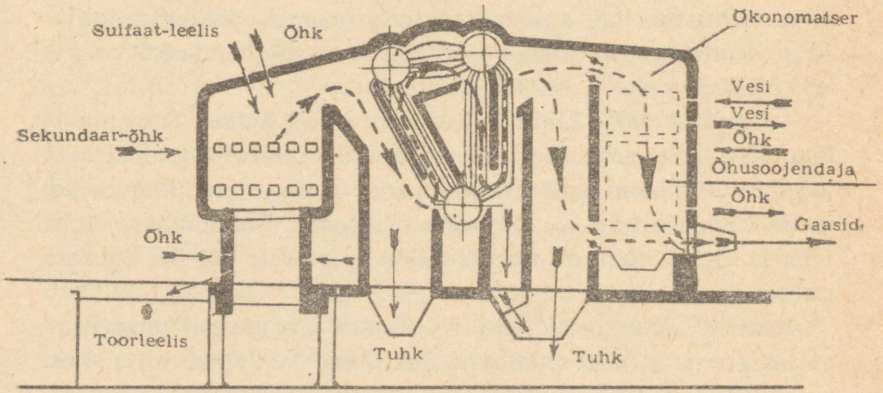
Uuemates NSV Liidu tehastes on üles seatud Scotti süsteemi aurutusaparaadid, mis erinevad Robert'i omadest sellega, et ühe laia tsirkulatsioontoru asemel on paigutatud soojendamistorude vahele mitu väiksema läbimõõduga toru. 1 m^2 soojenduspinnalt aurub selles aparaadis 12—15 kg vett tunnis.

Kuni 35° Bé tihendatud mustleelis kogutakse tagavaraanumasse ja sellest pumbaga juhitakse Wagneri ahju, kus ta lõplikult kuivab ja põleb. Seejuures mineraalsed ollused, mida leelises leidub ligikaudu ⅓ viimase kaalust, sulavad.

Mustleelise orgaanilistes ühendites leiduv naatriumoksüüd (Na_2O), põlemisel tekkinud süsihappegaasi (SO_2) mõjutusel, moodustab sooda (Na_2CO_3); ahjulisatud sulfaat (Na_2SO_4) aga süsiniku juuresolekul (saadud samadest orgaanilistest ühenditest) taandub naatriumsulfiidiks: $Na_2SO_4 + C_2 = Na_2S + 2CO_2$. Sulatis valgub ahjust veega täidetud anumasse, kus ta lahustub.

Wagneri ahi, suuteline ära põletama 24 tunni jooksul 30 tonni tselluloosi tootmisel saadud mustleelise hulga, on kujutatud joon. 88. Ta koosneb kahest silindrilisest osast: alumisest läbimõõduga 3650 mm ja kõrgusega 1830 mm ning ülemisest läbimõõduga 4270 mm ja kõrgusega 4270 mm. Alumine silinder kujutab endast sulatamisahju, mille sisemised seinad on valmistatud talkkividest („rasvakivid") ja mis on vastupidavad sulatatud leelise mõjutustele. Ülemine silinder kujutab endast põlemisruumi ja on vooderdatud šamottkividega. Ahju ülemine võlv on ekraneeritud aurukatla veetorudega. Leelis satub ahju selle ülemise võlvi sisse asetatud pihusti kaudu.

Põlemiseks vajalik õhk juhitakse nelja puhuri abil alu-



Joon. 88. Wagneri ahi mustleelise põletamiseks.

misse ossa; peale selle juhitakse gaaside lõplikuks põletamiseks ahju ülemisse ossa nn. sekundäärõhk (teiskordne ehk lisaõhk), mis satub sinna kahe rea avauste kaudu. Ahju temperatuur on 1000—1100°. Jahvatatud ja sõelutud sulfaat antakse ahju küljepealt, sinnaasetatud puhuri kaudu. Ahju külge on liidetud kolme trumliga varustatud Stirlingi aurukatel, mille küttepind on 400 m². Ühe tonni toodetud tselluloosi kohta saadakse 4 tonni auru. 250° kuumad gaasid juhitakse ventilaatori abil katlast nn. skraberisse, kus gaasidest eraldatakse ahjust kaasakistud sulfaadi peened osad ja leelise pritsmed. Skraberisse juhitud vesi küllastub pidevalt leelisega ja juhitakse siis aurutamiseks. Mõnes tehases tarvitatakse gaaside puhastamiseks skraberi asemel elektrifiltrit.

Võimsam ja täiuslikum ahi (150 t tselluloosi 24 tunnis) mustleelise põletamiseks on konstrueeritud ameeriklase Tomlinsoni poolt. Tema ahi ei kujuta endast eelkollet, nagu see on Wagneri ahju juures, vaid on asetatud otse aurukatla alla, mille tõttu kasutatakse katlas mitte ainult gaaside, vaid ka kiirgamise soojust. Kõik katla ja ahju seinad on ekraneeritud veetorudega. Enne sattumist ahju sulfaat segatakse mustleelisega; see asjaolu vähendab sulfaadi kaasakiskumist väljuvate gaaside poolt. Ühe tonni tselluloosi kohta Tomlinsoni ahi annab 4,5 tonni auru.

Vanemates tehastes tarvitati ühe ahjuagregaadi asemel mitut aparaati, milles leelise tihendamise, kuivatamise ja sulatamise protsessid teostati eraldatult. Selline seadistik koosnes ketasaurutajast, revolver- ja sulatamisahjust. Selliseid viimasel ajal täiendatud seadistikke tarvitatakse mõnes tehases, kuid meie nende juure ei peatu.

Ahjus sulaolekusse muudetud leelis voolab sealt veega täidetud anumasse, kus suurem osa temast lahustub. Saadud toorleelis sisaldab soodat (Na_2CO_3), naatriumsulfiidi (Na_2S),

sulfaadi jääke (Na_2SO_4) ja muud. Ta on keetmiseks vähe kõlblik, kuna sooda on keemiliselt vähe aktiivne. Sellepärast toorleelist kaustitseeritakse põletatud lubjaga (CaO). Kaustitseerimisel sooda (Na_2CO_3) muutub naatriumhüdroksüüdiks ehk kaustiliseks soodaks (NaOH). See reaktsioon toimub valemi järgi $Na_2CO + Ca(OH)_2 = 2NaOH + CaCO_3$. Toorleelises, mille kangus on 20—25° Bé ja temperatuur 100°, 85—95% soodat muutub naatriumhüdroksüüdiks ning järelikult saadud valgeleelis sisaldab 10—15% mitteaktiivset soodat.

Kaustitseerimist teostatakse erilistes segamisseadeldistega varustatud raudanumates — segistites. Segisti täidetakse toorleelisega ja anuma ülemise osa külge kinnitatud erilisse traadist punutud korvi paigutatakse põletatud lubi. Leelis kuumendatakse auruga kuni 100°. Keetmine vältab ligikaudu 1½ tundi, siis jäetakse segamisseadeldis seisma ja lastakse tekkinud kriidil sadestuda põhja. Selleks on vaja 4—6 tundi. Pärast sadestumist eraldatakse (dekanteeritakse) ettevaatlikult selgunud kangeleelis tagavara-anumasse, valatakse segistisse lahjaleelist, segatakse ja antakse uuesti sadestuda 4—6 tunni jooksul; selgunud leelis eraldatakse ja juhitakse samasse nõusse, kuhu on paigutatud esimene kangeleelis; saadud segu tarvitatakse kui valgeleelist tselluloosi keetmisel. Siis valatakse segistisse kuuma vett, segatakse ja antakse sadestuda 2½—4 tunni jooksul. Selgunud vedelikku tarvitatakse kui lahjaleelist teises segistis. Anuma põhja sadestunud mustus juhitakse erilisse segistisse, kust pumbatakse edasi pesemiseks vaakuum-filtrisse. Pesuvesi juhitakse sulatise lahustamiseks.

Mõnikord ei teostata sadestamist mitte segistites, vaid erilistes selgitajates. Uuemates, võimsamates tehastes teostatakse kaustitseerimist Dorri menetlusel pidevalt suurtes anumates, milles toor- ja valgeleelise selgimise prot-

sessid sünnivad pidevalt ja mitte perioodiliselt, nagu see teostub harilikes segistites.

Kaustitseerimise jäätmetest kogunevad aja jooksul terved meesa mäed, mille kõrvaldamine tehasest ei ole nii lihtne. Neil põhjustel suurtes tehastes põletatakse meesa pikkades tiirlevates ahjudes ja selle protsessi tagajärjel saadakse uuesti põletatud lubi.

Sulfaattselluloosi tootmisel on vältimatud teatud leelise kaod, mis, nagu me juba tähendasime, uuendatakse sulfaadi juurdelisamisega. Leelise kaod esinevad keedukatelde gaasitamisel, tselluloosi väljapaiskamisel katlast, massi pesemisel difusöörides ja regenereerimise protsessis. Normaalse õige töörežiimi juures need kaod ei ületa 15%.

VIII peatükk.

ÕLGPOOLMASS JA ÕLGTSELLULOOS.

Sissejuhatus.

Kõrsvilja õlgi (rukis, nisu jne.) hakati tarvitama pakkimispaberi ja papi valmistamiseks XVIII sajandi keskpaiku, seega märksa varemini kui puitu. 1854. a. tegi Mellier ettepaneku valmistada õlgedest leelismenetlusel pleegitatud tselluloosi. XIX sajandi esimese kolme veerandi jooksul moodustasid õled paberivalmistamisel tunduva osa kogu kiudainete bilansist. 1880. a., s. t. 35 aastat pärast puumassi tootmismenetluse leiutamist ja 5 aastat pärast esimest sulfittselluloosi-tehase käikulaskmist Ekmani poolt, — aastal kui Mitscherlich ja Ritter-Kellner ehitasid tselluloositehaseid — õlgede osa moodustas veel 45% kogu paberi kiudainest; puidu osa võrdus tol ajal 10% kogu kiudainete hulgast. Alates sellest ajast langeb õlgede osatähtsus pidevalt; XIX sajandi lõpul nende hulk moodustab ainult 30% kogu bilansist, 1925. a. — 10% ja käesoleval ajal ainult ligikaudu — 5%.

Pakkimispaberi ja papi valmistamine õlgpoolmassist, samuti õlgtselluloosi tootmine arenes peamiselt nendes maades, mis ei omanud kohapeal puitu. Nii näiteks Hollandis valmistati 1935. a. 260 tuh. tonni õlgpoolmassi (pakkimispaberile) ja -tselluloosi. Prantsusmaal toodeti aastas

ligikaudu 100 tuh. tonni õlgpoolmassi; samal maal ja ka Inglismaal on arenenud pleegitatud tselluloosi tootmine aafrika taimest espartost (halfa heinast), mis omaduste ja struktuuri poolest on õle lähedane. Inglismaal valmistati espartost aastas ligikaudu 200 tuh. tonni tselluloosi, Itaalias umbes 50 tuh. tonni õlgpaberit ja -pappi, Saksamaal umbes 60 tuh. tonni õlgtselluloosi ja samapalju õlgpoolmassi. Põhja-Ameerika Ühendriikides, Jaapanis, Tšiilis ja Argentiinas tarvitatakse samuti õlgi paberi ja papi valmistamiseks. NSV Liidus, vaatamata suurtele õlgede hulkadele Ukrainas, Põhja-Kaukaasias ja Kesk-Volgaäärsetes maaalades, ning vaatamata nende rajoonide metsavaesusele, on õlgede tarvitamine pakkimispaberi, papi ja tselluloosi valmistamiseks veel väga nõrgalt arenenud.

Õlgede ümbertöötamise tööstuse organiseerimise põhiliseks raskuseks on õlgede kogumine ja õlgede transportimine tehasesse. Tänu põllumajanduse kollektiviseerimisele ja suurte sovhooside asutamisele on esimene küsimus NSV Liidus käesoleval ajal lahendatud jaatavalt. Õlgede kohevuse tõttu on nende transportimine kaugemale raskendatud. Kuhjatud olekus kaalub 1 m^3 õlgi 50 kg, pressitud kujul (pallides) aga 125 kg. Raudteevagunisse on võimalik paigutada ainult 5—6 tonni õlgi. Ka autotransport on halvasti kasutatav. Nende asjaolude tõttu on esitatud ettepanekuid ümber töötada õled väiksemate seadistikkude abil kohapeal, kolhoosides ja sovhoosides, õlgpoolmassiks ja transportida viimane paberivabrikutesse brikettides, umbes 50% niiskuse sisaldusega. NSV Liidu metsavaestes rajoonides ei ole oma paberit ning viimane tuuakse sinna kaugematest metsarikastest oblastitest, mille tõttu õlgede ümbertöötamise küsimus NSV Liidus, vaatamata tema suurtele puidu tagavaradele, omab suurt tähtsust. Õlgede eeliseks võrreldes puiduga on nende iga-aastane

taastuvus. Õlgede tagavarad, mida hinnatakse NSV Liidus miljonitele tonnidele, on praktiliselt ammutamatud ja nad võivad saada baasiks võimsale paberitööstusele.

Oma koestiku poolest õled erinevad märksa puidust. Õlekõrs omab õhukesi seinu (0,2—0,3 mm). Pikkuses on kõrs jaotatud põikseintega — sõlmedega ehk põlvedega, mis moodustavad 7—8% kõrre kaalust. Kõrre seinad on kaetud kõva epidermisega. Kiudude pikkus võrdub 0,5—1,5 mm, paksus 0,01—0,02 mm. Suur arv peeni kanaleid raskendab õlgtselluloosi pesemist ja veest vabastamist.

Keemilise koostise poolest õled erinevad märksa okaspuidust. Õled sisaldavad 23—25% ligniini (28—30% asemel kuusepuidus), 35% rakukiude (42% asemel) ja 25—30% hemitselluloosi (12% asemel okaspuidus). Keetmise ajal üle poole hemitselluloosi jääb tselluloosi sisse. Õled sisaldavad samuti märksa rohkem tuhka kui puit: 5—8% 0,5% asemel; tuhk sisaldab palju siliitsiumi (ränimulda).

P o o l m a s s i t o o t m i s e l pakkimispaberiks ja papiks õlgede lõigud (hekslid) keedetakse lubjaga (10% CaO õlgede kaalust) pöörlevas kuulkatlas samuti, kui see sünnib kaltsude keetmisel: auru surve katlas võrdub 3—4 at ja keetmise aeg vältab 3—4 tundi. Keedetud õled jahvatatakse kollerkividel ja pärast seda hollendrites. Poolmassi saak moodustab 65—75% õlgede kaalust; auru kulu keetmisel on umbes 0,5 tonni ühe tonni õlgede kohta. Pakkimispaber valmistatakse tavalisel iseammutajal paberimasinal, papp aga papimasinatel või pika sõelaga paberimasinal.

Õ l g t s e l l u l o o s i valmistatakse käesoleval ajal nii leelis-menetlusel kui ka sulfaat-menetlusel. Õlgede keetmine sulfit-menetlusel ei ole teostatav nende suure räni-happe sisalduse tõttu. Võrreldes puhtleelis-menetlusega omab sulfaat-menetlus õlgede keetmisel samu paremusi kui

puutselluloosi keetmiselgi, s. t. tselluloosi kvaliteet ja ka tema saak on kõrgem.

Õlgtselluloosi tootmise skeem sulfaatmenetlusel on peajoontes samasugune kui puutselluloosi tootmise skeem. Õled lõigustatakse masinas tükkideks pikkusega 20—40 mm. Saadud „hekslid" puhastatakse tolmust, sõlmedest, teradest ja muust purust ning juhitakse keedukatlasse. Õled keedetakse leelisega 3—4 tunni vältel 5—6 at surve all. Katlast väljavõetud tselluloos pestakse, et saada tagasi suurem hulk kulutatud kemikaale. Saadud mustleelis tihendatakse mitmesarjalistes vaakuum-aparaatides ja põletatakse. Sulatatud leelis lahustatakse ja kaustitseeritakse. Pestud tselluloosimass puhastatakse (sorditakse) ja pleegitatakse kloorlubjaga pleegitamishollendris.

Peatume lühidalt nendel tootmise momentidel, mis erinevad puu-sulfaattselluloosi tootmisest.

Õlgede ettevalmistamine.

Hekslimasin koosneb tiirlevast kettast, millele on kinnitatud 4—5 kõverdatud nuga. Õled juhitakse ketta ette kahe transportlindi abil. Enne lõigustamist surutakse õled tugevasti kokku raskusega või vedruga varustatud ülemise transportööri viimase valtsi abil. NSV Liidus ehitatava hekslimasina ketta läbimõõt võrdub 1300 mm ja see omab 4 nuga. Selline masin lõigustab tunnis 1200 kg õlgi, tarvitab 4,5 hobujõudu; ketas teeb 230—250 tiiru minutis.

Hekslid juhitakse masinast harilikult ventilaatori abil tsüklooni, kus ühes õhuga eraldub nendest tolm ja muu kergem mustus. Tsükloonist hekslid kukuvad raputussõela peale. Siin eralduvad hekslitest sõlmed, terad ja muu puru, mis kukub sõela alla. Sõela otsast allavalguvad hekslid haaratakse ventilaatori õhuvooluga ja juhitakse torude kaudu

keeduosakonnas asuvatesse salvedesse. Sellejuures eralduvad hekslitest raskemad osad: sõlmed, terad ja muu. Üldine kadu õlelõigustamise osakonnas moodustab 4—7% kogu õlgede kaalust.

Silmas pidades õlelõigustamise osakonna suurt tuleohtlikkust, ehitatakse see tavaliselt 150—200 m kaugusele tehase hoonetest. Suure tolmu hulga sisalduse tõttu hekslites peab lõigustamisosakond olema varustatud hea ventilatsiooniga.

Tselluloosi keetmine ja pesemine.

Õlgtselluloosi keetmine sünnib tavaliselt pöörlevates kuulkateldes, samasugustes kus sünnib kaltsudegi keetmine, kuid veidi suuremate mõõdetega, mahuga 8—15 m^3 ja koguni kuni 30 m^3. Katlad on arvutatud 5—6 at töösurvele. Nende katelde heaks omaduseks on see asjaolu, et nad vajavad väiksemaid leelise hulke: kõigest 25—35% katla mahust, kuna statsionaarsed, paigalseisvad katlad vajavad 50—70% leelist; pealegi pöörlemise tagajärjel mass seguneb nendes kateldes hästi. Katse keeta õlgi sundtsirkulatsiooniga varustatud statsionaarses katlas ebaõnnestus; läbikeedetud peen õlgmass ummistab pumba imemisavause sõela, mille tagajärjel katkeb leelise tsirkulatsioon.

Hekslitega täitmisel juhitakse samal ajal katlasse ka valgeleelist, mille kangus on 11—12° Bé. Iga katla m^3 mahutab 140—150 kg heksleid. Leelise hulk, arvutatult NaOH-le, moodustab 12—15% õlgede abs. kuivast kaalust; sellest 3—4% langeb väävlisnaatriumile. Järelikult õlgede keetmisel kulutatakse märksa vähem leelist kui okaspuidu keetmisel (25% NaOH). Tavaliselt mustleelist katlasse ei juhita. Keetmise lõpul temperatuur küünib 155—160°-ni,

puidu keetmise juures aga 160—167°. Katla täieline töötsükkel võrdub 5—6 tunnile; ¾ — 1 tund — täitmine, 20—30 minutit — sissekeetmine (kupatamine) kuni lõpptemperatuurini, 3—3½ tundi — keetmine, ¾ tundi — surve langetamine ja ¼ tundi — katla tühjendamine.

Siit selgub, et õlgtselluloosi keetmine toimub märksa kergemates tingimustes kui puutselluloosi keetmine. See on tingitud õhukeseseinalise õlekõrre füüsilisest struktuurist ja samuti õlgligniini suuremast reaktsioonivõimest, kui see on puuligniinil.

Nimetatud asjaolud andsid võimaluse ehitada seadistiku, mille abil võib p i d e v a l t keeta õlgtselluloosi. Prof. L. P. Žerebov'i menetlusel töödeldakse õle hekslid 2 tunni jooksul kuuma leelisega (70—90°) ja pärast seda surutakse pumbaga vertikaalse „mitraljöösi" alumisse ossa, kus neid kuumutatakse auruga (12 at) kuni 185°-ni; läbides mitraljöösi tselluloos puhutakse pidevalt tsüklooni, kust satub segistisse ja sealt edasi vaakuumfiltrisse. Lõuna-Ameerikas rakendatakse õlgtselluloosi pidevaks keetmiseks teistsugust seadistikku, mis töötab De la Rosa menetlusel. See kujutab endast pikka horisontaalset väikese läbimõõduga pöörlevat katelt, mis on ümbritsetud silindrilise kerega. Kolvipumbaga surutakse ühest otsast katlasse leelisega läbiimmutatud hekslid ja samal ajal erilise pumbaga lisaleelis. Katel soojendatakse tuima auruga, mis juhitakse katla ja väliskere rõngakujulisse ruumi. Keedetud tselluloos väljub pidevalt katla teisest otsast ja satub pressi vahele, kus temast surutakse välja mustleelis. Kirjanduse andmeil töötab Ameerikas mitu tehast De la Rosa menetlusel. Selle seadistiku abil on võimalik keeta ka puitu. Happekindlast materjalist valmistatud De la Rosa katlas on võimalik pidevalt keeta ka sulfittselluloosi.

Õlgtselluloosi pesemist, vastandina puutselluloosi pese-

misele, mis sünnib difusöörides, teostatakse katla all asuvas kurnamismahutis. See on seletatav õlgtselluloosi suurema „rasvasusega" (16—20° Schopper-Riegleri järgi 10—12° asemel puutselluloosi puhul) ja on tingitud õlekõrre peenetorulisest struktuurist. Kogemused näitavad, et pesemise efektiivse tulemuse saavutamiseks massi kõrgus kurnamismahutis ei tohi ületada 0,5 m, millele vastab 18 m^2 kurnamismahuti põrandapinda ühe tonni tselluloosi kohta. Selle arvutuse alusel ehitatud difusöörid oleksid liiga mahukad ja kallid. Kurnamismahutid ehitatakse kõrgusega 1 m; „vale" põhi ehitatakse raudplekist ja varustatakse 1,5—3,0 mm läbimõõduga kooniliste aukudega. Pesemine sünnib astmeliselt; esiti imetakse pumbaga läbi augustatud plekkpõranda tselluloosist välja kange mustleelis (harilikult seda tarvitatakse massi väljapesemiseks katlast); siis valatakse kurnamismahutisse nõrka leelist ja jätkatakse pumpamist. Leelised kangusega üle 3—5% juhitakse regenereerimiseks. Edasi pestakse tselluloos veega ja sellejuures saadud nõrk leelis kasutatakse ära esimeseks pesemiseks. Lõpuks pestakse tselluloosi veel kord veega, juhtides roiskveed kanalisatsiooni. Õlgtselluloosi pesemise vältus on piiratud katla töötsükliga, s. t. võib kesta ainult 5—6 tundi. Selle asjaolu tõttu on siin ka leelise kaod märksa suuremad kui puutselluloosi pesemisel difusöörides.

Õlgtselluloosi pesemist teostatakse ka kahes-kolmes astmes vaakuumfiltrites. Et siin vahutamine puudub, mis takistab puutselluloosi pesemist, toimub pesemine siin edukalt.

Õlgtselluloosi puhastamine ja pleegitamine.

Õlgtselluloos juhitakse puhastamis- (sortimis-) osakonda tavaliselt hüdraulilisel teel, samuti kui sulfittselluloosi.

Tema puhastamine, samuti selleks otstarbeks kasutatav aparatuur, ei erine kuigipalju puutselluloosi puhastamisest. Jämedal sortimisel väljasõelutud jäägid (läbikeetmata umbrohud jne.) moodustavad mustunud õlgede puhul kuni 10%. Neid kasutatakse pakkimispaberi valmistamiseks. Tihendajate roiskvesi sisaldab palju peent kiudu. Suurte kadude vältimiseks on vaja teda võimalikult täielikumalt ära kasutada massi pesemiseks kurnamismahutites, lahjendamiseks sortijate ees, pritsimistorudes jne.

Õlgtselluloosi tarvitatakse ainult pleegitatud kujul. Tavaliselt pärast pleegitamist töödeldakse teda rafinööride (lk. 165), et lahutada kiududeks pleegitamishollendris tekkinud rullikesed. Õlgtselluloosi pleegitamist teostatakse hollendrites samuti, kui see sünnib kaltsu-poolmassi pleegitamisel (lk. 39).

Leelise regenereerimine.

Leelise regenereerimine õlgtselluloosi tootmisel erineb vähe leelise regenereerimisest puutselluloosi tootmisel. Leelised aurutatakse mitmesarjalistes vaakuum-aparaatides (lk. 246). Kuna õlgtselluloosi leelised sisaldavad palju siliitsiumi (SiO_2)[1], siis ollakse sunnitud sarjade torusid sagedasti puhastama, mille tõttu harilikult üks sari on tegevuseta — puhastamisel; kuid teiselt poolt puudub vahutamine, mis puutselluloosi tootmisel tekitab suuri raskusi; õlgtselluloosi tehaste tootmisvõimed tavaliselt ei ole suured (20—30 tonni ööpäevas). Selle tõttu Wagneri ja Tomlinsoni ahje, mis on laialt levinud puutselluloosi tootmisel, leeliste

[1] SiO_2 on väga halb soojuse ülekandja, mille tõttu ka kõige õhemad kihid takistavad soojuse edasiandmist ja tekitavad suuri soojuse kadusid. Aurukateldes põhjustavad SiO_2 kihid plekkide pragunemisi. Tõlkija.

põletamiseks siin ei ole tarvitatud. Mitmesarjalises vaakuum-aparaadis 20—25° Bé-le tihendatud leelis satub ketasaurutajasse, kus tiheneb kuni 35° Bé (50% abs. kuiva ainet). Edasi ta satub revolverahju, kus leelisest lõplikult aurub vesi ja osaliselt põlevad ära orgaanilised ained; põlemise jäänused satuvad sulatamisahju, kuhu lisatakse sulfaati. Siin põlevad lõplikult ära orgaanilised ained, mineraal-osad aga sulavad, kusjuures toimuvad vajalikud reaktsioonid väävlisnaatriumi ja sooda moodustamiseks. Ketasaurutaja omab kaht-kolme rootorit läbimõõduga 2400 mm, laiusega 2400 mm. Iga rootor koosneb ühisele võllile asetatud 35 kettast. Ajami abil rootorid tiirlevad (8—9 tiiru minutis) vannis, kuhu pidevalt valgub vaakuum-aparaadist tihendatud leelis. Leelis kleepub ketaste pindadele, tõuseb nendega vedelikust üles ja tiheneb revolverahjust väljuvate kuumade gaaside toimel. 30—35 Baumé kraadile tihendatud leelis juhitakse kas isevoolu teel või pumba abil revolverahju. Viimane kujutab endast ajami abil aeglaselt pöörlevat (1½ tiiru minutis) raudsilindrit läbimõõduga 2400 mm, pikkusega 5000—6000 mm; silindri sisemised seinad on vooderdatud šamottkividega ja nimelt koonusekujuliselt, et kergendada leelise liikumist. Pidevalt tihenev leelis liigub mööda silindri seinu vastassuunas sulatamisahjust väljuvatele kuumadele gaasidele. Kuivatatud leelis osaliselt söestub revolverahju lõpus ja kukub sealt kõrvalolevasse sulatamisahju või otseselt ahju. Sulatamisahi kujutab endast neljakandilist või ümmargust telliskividest kambrit, mille sisemised seinad on kaetud leeliskindlate talkkividega („rasvakivid"). Revolverahjust väljuvad põlemisjäänused segatakse vajaliku sulfaadi hulgaga ja juhitakse perioodiliselt sulatamisahju selle ülemises võlvis asuva avause kaudu. Juhul kui põlemisjäänused satuvad ahju pidevalt, sulfaat antakse sinna eraldi. Sama avause kaudu visatakse

ahju puitu juhul, kui leeliste jäänuste orgaaniliste ainete põlemissoojust siin ei jätku mineraalosade sulatamiseks. Õhk juhitakse ahju veega jahutatavate puhurite (tuuletobide) kaudu. Kuum vedel sulatis, mis sisaldab peamiselt soodat (Na_2CO_3) ja väävlisnaatriumi (Na_2S), voolab ahjust välja erilise avause kaudu. Vanemates käitistes sulatis voolas ahjust renni kaudu ja sattus malmplaatidele, kust ta tardunud kujul toimetati kaustitseerimisele. Sulatis lahustatakse vees ja töödeldakse lubjaga, samuti kui toorleelis puutselluloosi tootmisel (lk. 252). Uuemates käitistes voolab vedel sulatis ahjust otse veega täidetud lahustamismahutisse.

Õlgtselluloosi tootmisel on leelise kaod suhteliselt suuremad kui puutselluloosi juures. Regenereerimise protsent siin ei ületa 60—70%, 85—88% vastu puutselluloosi valmistamisel.

Õlgtselluloosi tootmine kloorleelis-menetlusel.

Ligniini eraldamist taimekudedest tselluloosi saamise otstarbel on võimalik teostada väga paljude kemikaalide abil, kuid praktiliselt peale sulfit- ja sulfaatmenetluse viimase 20 aasta jooksul on rakendamist leidnud ainult Pomilio kloorleelis-menetlus. Selle menetluse rakendamisega toodetakse tselluloosi õlgedest, espartost ja teistest rohttaimedest. Teda võib saada ka lehtpuidust. Pomilio menetlusel töötavad mõned tehased Itaalias, Argentiinas, Tšiilis, Lõuna-Aafrikas ja Jaava saarel. Pidev tselluloosi tootmise viis kloorleelis-menetlusel on NSV Liidus läbi töötatud ins. N. A. Rosenbergeri poolt.

Tselluloosi tootmine kloorleelis-menetlusel koosneb järgmistest operatsioonidest: 1. Taime tooraine töötlemine raudtornis lahja (1—2%) leelisega 70—90° juures 1—2 tunni

vältel. 2. Pestud ja kuni 25% abs. kuiva ainele pressitud materjali töötlemine kloorgaasiga 1½ tunni jooksul hermeetiliselt suletud tornis. 3. Kloreeritud materjali töötlemine leelisega pesemishollendris tekkinud kloorligniini eemaldamise otstarbel. 4. Pleegitamine kloorlubjaga.

Õlgedest toodetud tselluloos on puhta valge värvusega ning ei jää maha sulfittselluloosist. Tema saak võrdub 43—45%. Naatriumhüdroksüüdi tarvitatakse keetmiseks 8% tselluloosi kaalust ja kloorligniini ekstraheerimiseks (eemaldamiseks) — 4%; kloori kulu moodustab 52%. Kloorleelismenetlus võib osutuda eriti ökonoomseks seal, kus on kasutada odav keedusool ja energia, mis on vajalikud kloori ja naatriumhüdroksüüdi valmistamiseks elektrolüütilisel teel.

SISUKORD

I PEATÜKK.

Lk.
Ajalugu ja statistika 3

II PEATÜKK.

Kaltsu-poolmassi valmistamine.

Sissejuhatus 13
Kaltsude mehaaniline puhastamine 14
Takkude mehaaniline puhastamine 27
Keetmine, pesemine ja poolmassi jahvatamine 29
Kaltsu-poolmassi pleegitamine 39

III PEATÜKK.

Paberimassi valmistamine.

Sissejuhatus 47
Massi jahvatamine 60
Paberi liimistamine, täitmine ja värvimine 81

IV PEATÜKK.

Paberi valmistamine ja viimistlemine.

Sissejuhatus 88
Paberimasina märgosa 93
Paberimasina kuivatusosa 113
Paberimasinate ruumi ventilatsioon. Töö masina juures 124
Paberimasina ajam 127
Paberi viimistlemine ja katsetamine 130

V PEATÜKK.

Puumassi tootmine.

Lk.

Sissejuhatus 138
Puidu ettevalmistamine 140
Defibreerimise protsess 144
Defibröörid 152
Puumassi sortimine 160
Pruuni puumassi valmistamine. Papp 170

VI PEATÜKK.

Sulfittselluloosi tootmine.

Sissejuhatus 177
Puidu ettevalmistamine 179
Happe valmistamine 188
Sulfittselluloosi keetmine 200
SO_2 regenereerimine ja leelise ärakasutamine 212
Tselluloosi sortimine ja kuivatamine 221
Tselluloosi pleegitamine 231

VII PEATÜKK.

Sulfaattselluloosi tootmine.

Sissejuhatus 238
Tselluloosi keetmine ja pesemine 241
Tselluloosi sortimine, kuivatamine ja pleegitamine 246
Leelise regenereerimine 246

VIII PEATÜKK.

Õlgpoolmass ja õlgtselluloos.

Sissejuhatus 254
Õlgede ettevalmistamine 257
Tselluloosi keetmine ja pesemine 258
Õlgtselluloosi puhastamine ja pleegitamine 260
Leelise regenereerimine 261
Õlgtselluloosi tootmine kloorleelis-menetlusel 263

Tõlkinud K. Veelma ja R. Järv.

Vastutav toimetaja A. Koni.

Keeleline toimetaja J. Pedari.

Ladumisele antud 22. IV 1948. Trükkimisele antud 24. VII 1948. Trükiarv 2500. Paber 56x79, 1/16. Trükipoognaid 16,75. Arvutuspoognaid 14,5. Trükitähti trükipoognas 34625 MB-06392. Tellimise nr. 1443. Trükikoda „Kommunist", Tallinn, Pikk tän. 2.

На эстонском языке.
С. Фотиев. Краткий курс технологии бумаги.

Rbl. 6.50

A A
17221
13997

TÜ RAAMATUKOGU
1 0300 00456036 5