

S. SVERDLOV

MÖÖBLITÖÖSTUSES

KASUTATAVAD

KARBAMIID-

VAIKLIIMID

EESTI NSV MINISTRITE NÕUKOGU
RIIKLIK TEADUSLIK TEHNILINE KOMITEE
TALLINN 1961

A-23660 II

S. SVERDLOV

MÖÖBLITÖÖSTUSES
KASUTATAVAD
KARBAMIIDVAIKLIIMID

2

1961

EESTI NSV MINISTRITE NÕUKOGU
RIIKLIK TEADUSLIK-TEHNILINE KOMITEE

TALLINN 1961

SISSEJUHATUS

Viimastel aastatel on mööblitööstuses kindlalt tootmispraktikasse juurdunud sünteetiliste liimide kasutamine. Nerte liimide kasutamisel on liimimis- ja vineerimisprotsessid mitu korda tootlikumad kui kollageensete liimide (kondi- ja nahaliimide) kasutamisel, liimühenduse tugevus aga märksa suurem. Sünteetilised vaikliimid võimaldavad liimimist ja vineerimist mehhaniseerida ning ühtlasi alandada nende protsesside maksumust. Eriti suured võimalused avanevad sünteetiliste liimide kasutamisel liimimisel kõrgetel temperatuuridel (100° ja üle selle), mis kiirendab vaikliimide kõvenemist. Auruga, kuuma veega või elektriga kuumutatavate hüdrauliliste presside kõrval leiavad viimasel ajal laialdast kasutamist ka vineerimisseadmed, mis töötavad elektri-kontaktkuumutusega ja kõrgsagedusvoolude kuumutusega.

Kiireltkõvenevate vaikliimide, nagu näiteks vaigud M-70, KMΦ jt., väljatootamine võimaldab lühendada vineerimisprotsessi kestust 30—40 sekundini, millega saab võimalikuks vineerimise mehhaniseerimine.

Vaikliimide kasutusele võtmine võimaldas luua täiesti uusi puidutöötlemisharusid, nagu puitlaastplaatide valmistamine, puitkiudplastikute, vineerplastikute ja armeeritud plastikute valmistamine jne. Ainuüksi puitlaastplaatide toodang ulatub 1965. aastaks 3,5 miljoni kuupmeetriini.

Sünteetiliste vaikliimide laialdane kasutamine mööblitööstuses on üheks mööblitööstuse tehnilise taseme ja tööviljakuse tõusu, omahinna alandamise ja väljalastava toodangu kvaliteedi parandamise vahendiks.

Paljust sünteetiliste liimide liikidest on tänapäeval mööblitööstusele eriti tähtsad liimid karbamiidformaldehüüdvaikudest ehk karbamiidvaikudest. Karbamiidvaikudel on väärtuslikud tehnilised omadused, eeskätt nende suur kõvenemiskiirus, aga järelikult ka suur liimimiskiirus. Nii näiteks võib kihilist puitu tavalistel tingimustel liimida karbamiidvaikudega 2—2,5 korda kiiremini kui fenoolformaldehüüdvaikudega ja 15—20 korda kiiremini kui kollageensete liimidega. Karbamiidvaikudega liimitud esemed on mehhaaniliselt tugevad, kindlad halli-

tuse ja bakterite kahjuliku toime vastu ja rahuldava veekindlusega. Teiste puidu liimimiseks kasutatavate ainetega võrreldes on karbamiidvaikude eeliseks ka nende värvusetus.

Käesoleval ajal on karbamiidvaigud võetud kasutusele meie maa suurimates vineeritehastes (Ust-Ižorski, Volga, Manturovi, Riia jt. vineerikombinaatides) ja enamikus mööblivabrikutes. 1960. aastal valmistati ligikaudu 600 000 kuupmeetrit vineeri karbamiidvaikude abil. Seoses sellega on enamikus vineeri- ja mööblivabrikutes ehitatud seadmed vaikude ja nendest liimi valmistamiseks*.

Karbamiidvaikude tootmise edasiseks laiendamiseks on praktiliselt ammendamatud võimalused. Nagu teada, on karbamiidvaigud karbamiidi ja formaldehüüdi kondensatsiooniproduktid. Karbamiidi sünteesitakse süsihappegaasist ja ammoniaagist, formaliini (formaldehüüdi vesilahust) aga metüülalkoholist, mida omakorda saadakse kas süsinikoksüüdist ja vesinikust või ka puidu kuivdestillatsioonil.

Käesoleva brošüüri eesmärgiks on tutvustada puidutöötlemistööstuse töotajaid eesrindlikes mööblitööstusettevõtetes kasutatavate karbamiidvaikude tootmismeetoditega ning valgustada mõningaid nende tootmistehnoloogia ja kasutamise küsimusi.

* Eesti NSV-s valmistab karbamiidvaike ETKVL keemiakombinaat «Orto». Suurt karbamiidvaikude tööstust projekteeritakse Kiviõli Põlevkivi- ja Keemiakombinaadi juurde. Tallinna Vineeri- ja Mööblivabriku rekonstrueerimise plaanis on ette nähtud karbamiidvaikude tsehi asutamine.

1. Üldandmeid karbamiidvaikude kondensatsioonist

Liimivate omadustega karbamiidformaldehüüdvaigud (karbamiidvaigud) tekivad karbamiidi ja formaldehüüdi omavahelise reaktsiooni tulemusena, mis kulgeb koos vee eraldumisega. Selliseid vee eraldumisega toimuvaid reaktsioone nimetatakse kondensatsioonireaktsioonideks. Kondensatsiooniproductide omadused sõltuvad protsessi läbiviimise tingimustest — lähtematerjalide omavahelisest suhtest, vesinikuioonide kontsentratsioonist (pH), temperatuurist, kondensatsiooni kestusest ja kondensatsiooniproductide edasise töötlemise tingimustest.

Vaikude moodustumise kondensatsioonireaktsioon kulgeb väga keerukalt: algul tekivad primaarsed kondensatsiooniproductid — monometüloolkarbamiid ja dimetüloolkarbamiid, mis edasisel kondensatsioonil metüloolkarbamiidi hüdroksüülrühmade reageerimisel amiidrühmade vesinikuga moodustavad lineaarse struktuuriga ühendeid, mis omakorda edasisel kondensatsioonil moodustavad keerukaid, kõrgmolekulaarseid ruumilise ehitusega vaigutaolisi ühendeid.

Nagu juba märgitud, sõltuvad saadava vaigu omadused ja kvaliteet eeskätt lähteainete — karbamiidi ja formaldehüüdi — vahekorrrast.

Mööblitööstuses kasutatavate liimivate omadustega vaikude valmistamiseks võetakse karbamiidi ja formaldehüüdi, sõltuvalt valmistatava vaigu liigist, moolisuhetes 1:1,5 kuni 1:2. Tabelis 1 on toodud peamised retseptid kõige laialdasemalt kasutatavate karbamiidvaikude valmistamiseks.

Enamkasutatavate karbamiidvaikude retseptid

Tabel 1

Koostisosad	Lähteained kaaluosades							
	Mittevaakuumeeritud vaigud		Vaakuumeeritud vaigud					
	MΦC-1	M-2	MΦC-1	M-3	M-4	M-60	MΦ-17	M-70
Karbamiid	100	100	100	100	100	100	100	100
Formaliin, 40%	200	200	200	200	216	222	270,2	266
Naatriumhüdroksüüd, 40%	0,4—	2	1—2	2	0,005	0,5	0,0012	0,2—
	—0,8							—0,7
Urotropiin	—	—	—	—	7,5	—	—	—
Dietüleenglükool	—	—	—	—	—	—	50	—
Tsinkkloriid, 50%	—	—	—	—	1,75	—	—	—

2. Karbamiidvaikude liigid ja nende iseloomustus

Mööblitööstuses kasutatavate karbamiidvaikude iseloomustavateks omadusteks on nende hea adhesioon puiduga ja suhteliselt kiire kõvenemine termilisel mõjutamisel.

Karbamiidvaike võib liimidena kasutada kas vedelate või siirupitaoliste lahustena, kelmetena, vahustatud massidena, pastakujuliselt või ka pulbrilistena.

Vedelad vaigud jaotatakse sõltuvalt nendes olevast kuivaine kontsentratsioonist — **mittevaakuumeerituteks** (kontsentratsioon 45—50%) ja **vaakuumeerituteks** (kontsentratsioon 55—70% ja rohkem).

Enamkasutatavate karbamiidvaikude iseloomustus on toodud tabelis 2.

Tabel 2
Enamkasutatavate karbamiidvaikude omadused

Näitajad	Mittevaakuumeeritud vaigud		Vaakuumeeritud vaigud					
	MΦC-1	M-2	MΦC-1	M-3	M-4	M-60	MΦ-17	M-70
Kontsentratsioon, %	44—51	45—50	55—60	55—70	60	60±2	70±5	67—70
Viskoossus viskosimeetri B3-4 järgi, min.	1,5—2	pasta	2—6	2—7	2—6	1,5—3	2—6	1—6
Vaba formaldehüüdi sisaldus, %	kuni 4	kuni 6	2—3	2—3	kuni 4	3—4	kuni 8	2—5
Kõvenemiskiirus, sek.	60—120	90—180	45—90	60—120	45—60	45—65	90—120	30—40
Refraktsioonikoeffitsient	1,418—1,435	1,418—1,434	1,440—1,456	1,443—1,475	1,440—1,450	1,475—1,500	1,445—1,460	1,470—1,480
pH	7—7,5	7,5—9	7,5—8	7—7,5	5,5—6,5	kuni 7	kuni 8	6—7

Eristatakse kuumaltkõvenevaid karbamiidformaldehüüdvaike, mis kõvenevad kõrge temperatuuri toimel, ja külmtkõvenevaid vaike, mis kõvenevad tavalisel temperatuuril. Eristatakse ka veekindlaid ja kõrgendatud veekindlusega karbamiidvaike.

Mööblitööstuses kasutatakse peaaegu kõiki ülal loetletud karbamiidvaikude liike. Kõrvuti vaakuumeeritud vaikudega, mida kasutatakse kuumaks vineerimiseks kuumutusplaatidega varustatud hüdraulilistes pressides, kasutatakse karbamiidvaike laialdaselt vineerimiseks ka külmt pitskruidude, liimiklambrite ja mehhaaniliste presside abil. Üha tähtsamat osa hakkavad

etendama madala kontsentratsiooniga mittevaakuumeeritud vaigud, mida kasutatakse immutus- ja sideainetena peenestatud puidust mööbliplaatide valmistamisel.

Kiireltkõvenevate vaikude kasutamiseiga on võetud kasutusele uued, suure tootlikkusega tehnoloogilised protsessid mööbli-detailide ja -sõlmede liimimiseks kuumutamisel kõrgsagedusvooludega, elektrikontakt-kuumutuse abil jt. Vastavalt üksikute karbamiidvaikude liikide omadustele projekteeritakse automaat- ja poolautomaatliinid mööblidetailide vineerimiseks, kusjuures valitakse tööütm, mis vastab vaigu kõvenemiskiirusele.

3. Karbamiidvaikude üldomadused

Vaigu liigi õigeiks valikuks vastavalt kasutuselale ja kõigi tema omaduste parimaks kasutamiseks on vaja teada liimivate vaikude põhilisi omadusi. Järgnevalt on lühidalt esitatud vaikude tähtsamad omadused, mis on ühised kõikidele liikidele.

Kõikide karbamiidvaikude liikide iseloomustavaks omaduseks on nende termoreaktiivsus, s. t. omadus kas kõrge temperatuuri või kõvendavat toimet omavate ainete (kõvendajate) toimel, aga samuti nende kahe faktori üheaegsel toimel üle minna pöördu-matusse, tahkesse olekusse. See omadus ongi aluseks karbamiidvaikude kui liimainete kasutamisel.

Liimivaid karbamiidvaikude iseloomustavad järgmised omadused: viskoossus, eluiga, kõvenemisaeg ja kuivainesisaldus (kontsentratsioon).

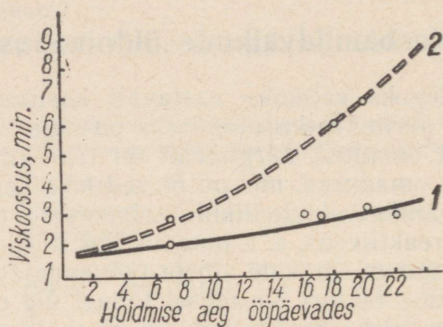
Viskoossus. Viskoossus on üheks põhiliseks omaduseks, mis määrab karbamiidvaikude kasutusvõimalused. Väikese viskoossusega vaigud tungivad kiiresti puidu pooridesse, sellega aga väheneb liimühenduse tugevus. Liiga viskoosseid vaikude on aga raske kanda liimitavale pinnale ning nende kasutamisel tekib liimühenduses paks, vähese tugevusega liimikiht.

Normaalse viskoossusega karbamiidvaikude saadakse nende valmistamisel vahelduva happelisusega keskkonnas. Märgata-valt mõjuvad vaikude viskoossusele vaikude säilitamise aeg ja säilitamiskeskkonna temperatuur. Säilitamisprotsessis toimuvad vaikudes füüsikalised-keemilised muutused ja vaigu viskoossus muutub seda suuremaks, mida kauem ta seisab. Vaikude viskoossus suureneb samuti temperatuuri mõjul. Mida madalam on ümbritseva keskkonna temperatuur, seda aeglasemalt kulgeb säilitamisel vaigu viskoossuse suurenemine, seepärast tuleb vaikude säilitada võimalikult madalal temperatuuril (vt. joon. 1).

Aeg, mille vältel vaik on kõlblik kasutamiseks, määrab tema eluea. Vaigu elueaks nimetatakse aega alates kindla koguse kõvendaja sisseviimisest vaiku kuni vaigu želatiniseerumiseni.

Tööstuses on kõvendajatest kõige laialdasemalt kasutamist leidnud ammooniumkloriid ja oblikhape. Nad kiirendavad vaigu kõvenemisprotsessi, kuna nende mõjul alaneb keskkonna pH, suureneb vesinikuioonide kontsentratsioon ning luuakse soodsad tingimused kondensatsiooniprotsessi kiirendamiseks.

Vaigu elueale avaldab suurt mõju kõvendaja iseloom ja hulk. Normaalse töö kindlustamiseks vineerimisel ning mööblidetailide ja -sõlmede liimimisel on vaja õigesti määrata vaigule lisandatava kõvendaja kogus. Näiteks mõjub ammooniumkloriidi liig (üle 3%) vineerimisele ja liimimisele kõrgel temperatuuril negatiivselt.



1. Säilitamistemperatuuri mõju 60-protsendilise kontsentratsiooniga karbamiidvaigu viskoossusele:
 1 — säilitamistemperatuur 5—11° C; 2 — säilitamistemperatuur 18—20° C.

On kindlaks tehtud, et toodete vineerimisel kuumutusplaati-dega varustatud hüdrauliliste presside abil võib lisatava ammooniumkloriidi kogus, olenevalt keskkonna pH-st, kõikuda järgmistes piirides:

vaigu pH — 7,5—8; 6,5—7,0; 6,0—6,5;
 ammooniumkloriidi kogus, % — 1—1,5; 0,5—0,8; 0,4—0,5.

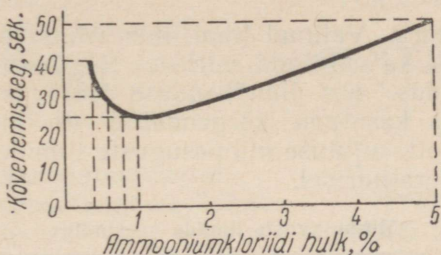
Et vältida vaigu viskoossuse liigset suurenemist tema kasutamise protsessis, lisatakse ammooniumkloriid (või mõni teine kõvendaja) vaigule tema kasutamise käigus.

Kõvenemisaeg. Karbamiidliimide kõvenemisprotsess on võrdlemisi keerukas ja seda ei ole veel küllaldaselt määratletud. Siiski on kõvenemisprotsessi kohta kogutud hulgaliselt eksperimentaalseid andmeid, mis on võimaldanud välja selgitada mitmeid, suurt praktilist tähtsust omavaid seaduspärasusi, mida saab kasutada vineerimise ja liimimise kõrge tootlikkusega meetodite rakendamisel.

Kõvenemisaegaks nimetatakse ajavahemikku vaigule kind-

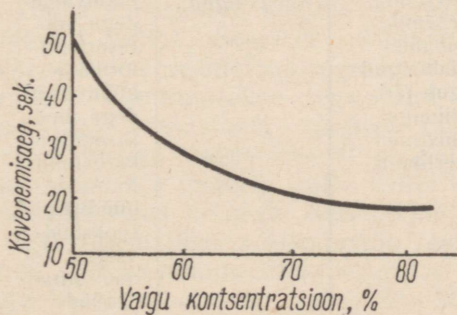
laksmääratud ammooniumkloriidi koguse lisamisest kuni vaigu täieliku kõvenemiseni keeva vesivanni temperatuuril (ligikaudu 100°).

On kindlaks tehtud, et mida väiksem on karbamiidvaigu kõvenemisaeg, seda kiiremini ta liimib puitu. Kõvenemisaega



2. 60-protsendilise karbamiidvaigu kõvenemisaja sõltuvus ammooniumkloriidi hulgast.

võib muuta ja reguleerida kõvendaja koguste muutmise ja vastavate temperatuuride kasutamise teel, samuti kindlatest tingimustest kinnipidamisega vaigu valmistamisel. Viimase meetodiga tutvume edaspidi kiiresti kõvenevate vaikude kirjeldamisel.



3. Karbamiidformaldehüdvaigu kõvenemisaja sõltuvus kontsentratsioonist.

Vineeri ja Mööbli Teadusliku Uurimise Keskinstituudis (ЦНИИФМ) läbiviidud uurimised näitasid, et kõvendaja koguse suurendamisel kõvenemisaeg väheneb.

Nagu nähtub joonisest 2, väheneb tugeva liimühenduse saamiseks vajalik aeg kuni ammooniumkloriidi koguse suurendamiseni 1,0 protsendini, edasisel ammooniumkloriidi koguse suurendamisel hakkab kõvenemisaeg aga märgatavalt suurenema. Seetõttu halvendab ammooniumkloriidi lisamine vaigule suuremas kui 2-protsendilises koguses vaigu kõvenemistingimusi puidu liimimisel, mistõttu kõvendaja koguse suurendamisega ei või liialdada.

Eriti suurt mõju vaigu kõvenemisajale avaldab vaigus olevate kuivainete kogus, s. t. tema kontsentratsioon. Nii väheneb liimimisaeg vaigu kontsentratsiooni suurenemisel 50-lt protsendilt 70 protsendini kahe ja poole kordselt. Kontsentratsiooni edasisel suurenemisel jääb vaigu kõvenemisaeg praktiliselt samaks (joon. 3).

Veekindlus. Valinud liimi, mis rahuldab küll tootmise nõudeid, on vaja ka selgitada, millistes tingimustes hakkab töötama liimühendus. Kui liimühenduse töötamistingimused on rasked, on vaja kasutada kõrgendatud veekindlusega liime. Tabel 3 annab ettekujutuse mitmesuguste liimide veekindlusest erinevatel temperatuuridel.

Tabel 3

Mitmesuguste liimide veekindlus

Vees mitte-püsivad	Vees püsivad temperatuuril 20°	Vees püsivad temperatuuril 70°	Vees hästi püsivad temperatuuril 100°	Täielikult püsivad keevas vees
Vesiklaas, tärklisliimid, dekstriinliimid, želatiinliimid, soja-liimid, albumiinliimid, kaseiinliimid	Bituumenid, tselluloos-esterliimid, karbamiid-formaldehüüdvaigud segus tärklisliimiga, polüvinüül-esterliimid	Karbamiid-formaldehüüdvaigud	Melamiin-formaldehüüdvaikudega või resortsiin-formaldehüüdvaikudega modifitseeritud karbamiid-formaldehüüdvaigud, epoksüüdvaigud, fenoolformaldehüüdvaigud	Melamiin-formaldehüüdvaigud, resortsiin-formaldehüüdvaigud, fenoolformaldehüüdvaigud

Kõrgendatud veekindlust nõutakse liimidel, mis on määratud atmosfääritingimuses töötavate esemete liimimiseks. Kõrgendatud veekindlusega liime kasutatakse laevaehituses, lennukiehituses, eriotstarbelise vineertaara ja teiste vedelike või niiskete ainete hoidmiseks määratud mahutite ehitamisel. Kõige raskemateks eksploatatsioonitingimusteks liimühendustele on kõrge temperatuuriga ja suure niiskusesisaldusega keskkonna mõju (esineb näiteks troopikatingimustes). Tööks sellistes tingimustes on tingimata vajalik, et liimühendus oleks püsiv kuumas või isegi keevas vees. Kui on vajalik ainult väike veekindlus, lisatakse karbamiidliimile suurtes kogustes tärklisliim või rukijahu (saksa ja inglise retseptid).

4. Liimvaikude valmistamine

Karbamiidvaikude valmistamiseks kasutatakse järgmisi materjale:

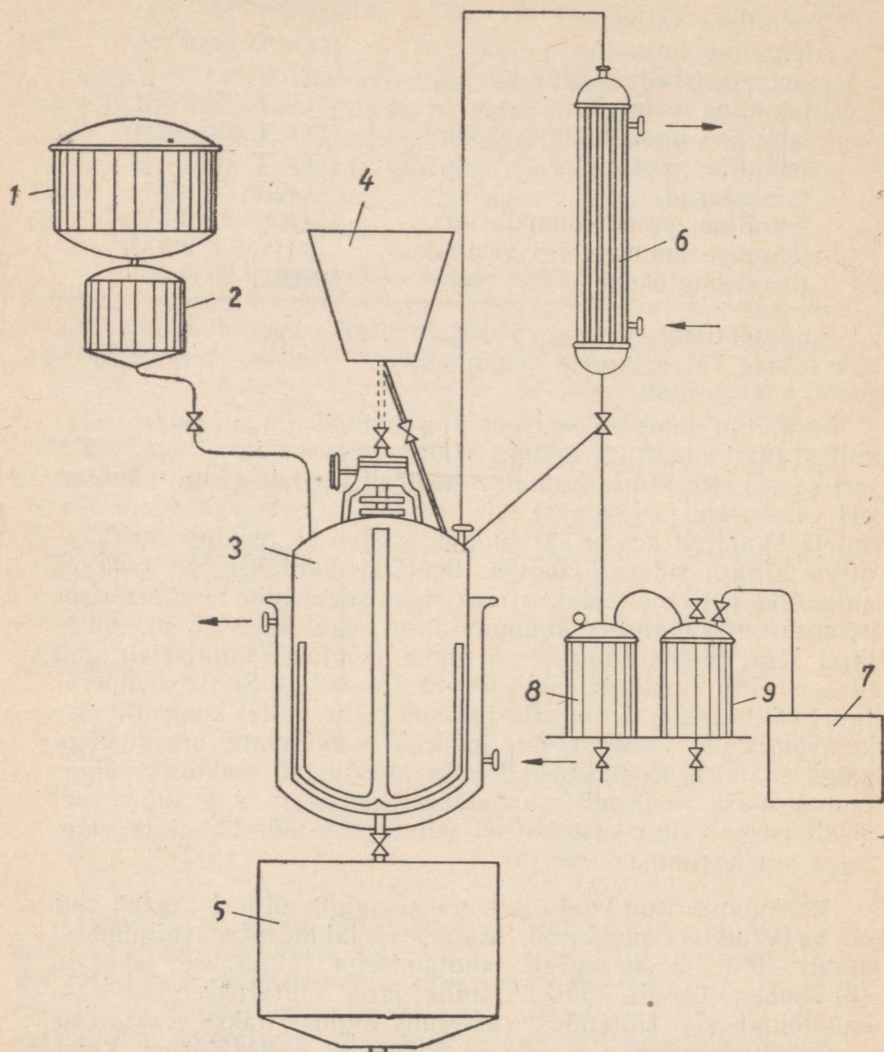
tehniline karbamiid	(ГОСТ 2081-57)
tehniline formaliin	(ГОСТ 1625-54)
ümberkristalliseeritud või	
tehniline melamiin	(ГОСТ 7579-55)
tehniline naatriumhüdrosiid	(ГОСТ 2263-43)
tehniline urotropiin	(ГОСТ 1381-42)
tsinkkloriid	(ГОСТ 7345-55)
tehniline ammooniumkloriid	(ГОСТ 2210-51)
tehnilise ammoniaagi vesilahus	(ГОСТ 9-57)
dietüleenglükool	(ТУМХП 2009-49)

Puidutöötlemistööstuses kasutatavate karbamiidvaikude kõikide liikide valmistamise tehnoloogiline protsess toimub üldjoontes järgmiselt.

Formaliin pumbatakse tsentrifugaalpumbaga survepaaki (1), millest ta suundub isevooluga mõõtanumasse (2) ja sealt reaktorisse (3). Reaktoris formaliin neutraliseeritakse kuni nõutava pH väärtuseni ja lisatakse siis reaktorisse eelnevalt peenendatud ja kaalutud kogus karbamiidi, kusjuures reaktori mehhaaniline segaja pidevalt töötab. Seejärel juhitakse aur reaktori aurusärki ja soojendatakse reaktsioonisegu kuni nõutava temperatuurini. Tavaliselt kuumutatakse segu kuni 55°-ni, mille järel segu temperatuur reaktsiooni soojuse tagajärjel juba ilma edasise kuumutamisetä tõuseb 75—80°-ni. Sellist temperatuuri säilitatakse teatud aja jooksul, mille vältel kontrollitakse keskkonna pH väärtust, mis määrab soovitatavate omadustega vaigu saamise. Reaktsiooni lõpuks moodustub reaktoris vaigutaoline mass, mida mittevaakuumeeritud vaigu, s. t. suure veesisaldusega vaigu kasutamisel jahutatakse 20—25°-ni ja valatakse siis kogumisnõusse (5).

Vaakuumeeritud vaigu, s. t. sellise vaigu, millest enamik vett on vaakuumis eemaldatud, saamiseks jahutatakse vaigumassi ainult 70°-ni ja üheaegselt jahutamisega lülitatakse jahutaja (6) ümber otsesele toimele, mille järel lülitatakse sisse vaakuumump (7). Hõrendust süsteemis reguleeritakse reaktorisse monteeritud kraani abil, mis on ühenduses atmosfääriga. Kohe, kui lõpeb vaigumassi vahutamine, suletakse kraan ja süsteemis tekitatakse maksimaalselt võimalik vaakuum (jäärkõhk 210—160 mm elavhõbedasammast). Vaigu vaakuumkuivatus viiakse läbi temperatuuril 60—70°. Rõhkude vahe tõttu suunduvad vaakuumkuivatusel vee ja formaldehüüdi aurud reaktorist kondensaatorisse (6), mis on ühenduses vaakuumpumbaga (7), seejärel aga kondensaadi kogumisnõusse (8, 9). Selliselt eralda-

takse vaigumassist kindel kogus vett, saades nõutava viskoosusega ja kontsentratsiooniga vaigu. Saadud vaik jahutatakse 20—25°-ni ja kallatakse siis kogumisnõusse.



4. Karbamiidvaikude valmistamise seadme skeem.

Käesoleval ajal on mööblitööstuses kõige laialdasemat kasutamist leidnud karbamiidvaigud MΦ-17, MΦC-1, M-4, M-60, M-70.

Järgnevalt vaatleme nende vaikude valmistamise tehnoloogilisi iseärasusi ja nende omadusi.

Vaik MΦ-17. Kõige laialdasemat kasutamist leidnud karbamiidvaiguks on vaik MΦ-17, mille koosseis töötati välja Moskva Plastmasside Teadusliku Uurimise Instituudis (НИИПМ).

Vaigu MΦ-17 valmistamisel, erinevalt teistest karbamiidvaikude liikidest, karbamiidi ja formaldehüüdi kondensatsioonil saadav produkt plastifitseeritakse, lisades selleks vaigumasile plastifikaatorit dietüleenglükooli.

Vaiku MΦ-17 valmistatakse järgmise retsepti järgi:

karbamiid	—	100	kaaluosa
formaliin, 40%	—	270,2	„
ammoniaagi 25%-line vesilahus	—	10	„
dietüleenglükool, 100%	—	50	„

Kondensatsiooniprotsess viiakse läbi muutuva happelisusega keskkonnas, kusjuures algul kondensatsioon toimub happelises keskkonnas, seejärel aga happelisust vähendatakse ja reaktsioon lõpetatakse neutraalses või nõrgalt leeliselises keskkonnas.

Dietüleenglükool lisatakse vaigumassile pärast vaakuumkuivatust, kusjuures see lõpetatakse, kui massi refraktsioonikoefitsient on 1,475—1,500. Massi kuumutatakse 85—100°-ni ja lastakse seista 45 minutit. Saadud produkti viskoossus peab olema 20—120° piires (Ford-Engleri järgi). Juhul, kui viskoossus on väiksem kui 20°, lastakse vaik veel 10—15 minutit seista, mille järel ta jahutatakse 25°-ni. Vaigu reaktsiooni reguleeritakse ammoniaagi vesilahuse lisamisega kuni pH väärtuseni 7 ja kaldatakse seejärel vaik reaktorist välja.

Vaiku MΦ-17 säilitatakse temperatuuril mitte üle 25°, kusjuures on vaigu garanteeritud säilimisaeg 4 kuud. Peale neljakuulist säilitamist tuleb enne vaigu kasutamist kontrollida tema kõlblikkust.

Vaigu MΦ-17 omadused on järgmised:

välimus	—	ühtlane, valge või helepruuni värvusega viskoosne vedelik;
pH	—	6,5—8,0;
viskoossus Ford-Engleri järgi	—	mitte väiksem kui 30°;
kuivainesisaldus	—	mitte vähem kui 70%;
eluiiga	—	mitte rohkem kui 4 tundi;
segunevus veega	—	vaik ei tohi koaguleeruda, kui segada 2 kaaluosa vaiku ühe kaaluosa veega;
kõvenemisaeg 1% ammoniumkloriidi lisamisel	—	90—120 sek.;
refraktsioonikoefitsient	—	1,475—1,500.

Liimi K-17 valmistamine. Vaigu MΦ-17 kasutamisel liimimiseks ja vineerimiseks külmenetlusel kasutatakse kõvendajana oblikhapet, kuumenetlusel aga ammooniumkloriidi. Täiteaineks on tavaliselt puidujahu.

Liim külmenetluseks koosneb järgmistest koostisosadest:

vaik MΦ-17	— 100	kaaluosa
oblikhappe lahus, 10%	— kuni 28	„
puidujahu	— 3	„

Oblikhappe täpne kogus määratakse katseliselt. Selle liimi eluiga on 1—2 tundi.

Kuumalt kasutatava liimi retsept:

vaik MΦ-17	— 100	kaaluosa
ammooniumkloriid	— 1—2	„
puidujahu	— 3	„

Liimi eluiga on umbes 8 tundi.

Poorse puidu vineerimisel soovitatakse täiteainena kasutada puidujahu asemel rukkijahu 3—10%-lises koguses, kusjuures rukkijahu kogus nendes piirides sõltub vaigu viskoossusest.

Andmed karbamiidvaikliimi K-17 liimivate omaduste kohta on toodud tabelis 4.

Tabel 4

Karbamiidvaikliimi K-17 liimivad omadused (ЦНИИФМ andmeil)

Toote nimetus	Liimimise menetlus	Keskmine nihketugevus, kg/cm ²	
		kuivalt	pärast 24 t. vees hoidmist
4-millimeetriline 3-kihiline vineer	külm	23	20
vineeritud puitlaastplaadid	kuum	33	16

Vaik M-4. Vaiku M-4 saadakse karbamiidvaikude kondensatsiooni üldise tehnoloogilise skeemi kohaselt.

Vaigu M-4 retsept:

karbamiid	— 100	kaaluosa
formaliin, 40%	— 216	„
urotropiin	— 7,5	„
tsinkkloriid	— 1,75	„
naatriumhüdrosüüd	—	lisandatakse formaliinile 40%-lise vesilahusena kuni pH väärtuseni 7,0—7,5

Urotropiin ja tsinkkloriid annavad keskkonnale vajaliku happelisuse ja muudavad seda vajalikus suunas.

Vaigu M-4 valmistamise protsess koosneb kolmest staadiumist. Esimeses staadiumis moodustuvad primaarsed kondensatsiooniproduktid, teises staadiumis kulgeb nõrgalt leeliselises keskkonnas edasine kondensatsiooniprotsess. Kolmanda staadiumina viiakse läbi kondensatsiooniprodukti osaline veest vabastamine, eemaldades vett umbes 15% ulatuses vaigu kaalust. Valminud vaik jahutatakse kuni 20°-ni ja kallatakse kogumisnõudesse.

Vaigu M-4 säilimisaeg on 2—4 nädalat.

Vaigu M-4 omadused on järgmised:

pH	— 6,5—5,5
viskoossus B3-4 järgi, sek.	— 40—60
kuivainesisaldus, %	— 55—60
kõvenemisaeg, sek.	— 50—60
refraktsioonikoefitsient	— 1,440—1,450

Vaigu M-4 tähtsaimaks tehniliseks omaduseks on tema hea adhesioonivõime puidule. Teda kasutatakse mööbli, muusikaariistade, televiisorikastide jne. valmistamisel.

Andmed vaigu M-4 liimivate omaduste kohta (ЦНИИФМ andmeil) on toodud tabelis 5.

Vaigu M-4 liimivad omadused

Tabel 5

Toote nimetus	Kõvendaja	Nihketugevus, kg/cm ²	
		kuivalt	pärast 24-tunnilist vees hoidmist
1. Külmmenetlus:			
5-millimeetriline 3-kihiline vineer, vineeritud 1,5 mm paksuse kasešpooniga	piimhape	25—27	—
4-millimeetriline 3-kihiline vineer	„	22	26
5-millimeetriline 5-kihiline vineer	„	29	22
10-millimeetriline 7-kihiline vineer	„	23	19
40-millimeetrilised 32-kihilised plaadid	„	113	—
painutatud liimitud detailid	„	93	65—78
männilauad, paksusega 70 mm	„	80	44
2. Kuummenetlus:			
4-millimeetriline vineer, vineeritud 1,5 mm paksuse kasešpooniga	ammooniumkloriid	24	—
4-millimeetriline 3-kihiline vineer	„	22	20
Sama	piimhape	27	22
Sama	petrooleumi kontakt	21	18

Liimi retsept on järgmine:

	külmmenetluseks	kuummenetluseks
vaik M-4	100 kaaluosa	100 kaaluosa
piimhape (40%)	3—5 kaaluosa	—
ammooniumkloriid	—	0,5—1,0 kaaluosa

Vaigud MΦC-1 ja M-3. Vaigud MΦC-1 ja M-3 saadakse karbamiidi ja formaldehüüdi kondenseerimisel leeliselises keskkonnas.

Vaigu MΦC-1 retsept:

karbamiid	— 100	kaaluosa
formaliin, 40%	-- 200	„
naatriumhüdrosüüd, 40%	— 1,0—1,75	„

Kondensatsiooniprodukt vabastatakse osaliselt veest vaakuumis 55—60%-lise kontsentratsiooniga vaigu saamiseni. Valminud vaik jahutatakse 25°-ni ja kallatakse kogumisnõudesse.

Vaigu MΦC-1 omadused:

välimus	—	pastataoline ühtlane valge või kollaka värvusega mass
pH	—	7,5—8,0
kuivainesisaldus, %	—	55—60
vaba formaldehüüdi sisaldus, %	—	mitte rohkem kui 3,5
kõvenemisaeg 1% ammooniumkloriidi lisamisel, sek.	—	70—90
refraktsioonikoefitsient	—	1,440—1,456

Liimi retsept on järgmine:

vaik MΦC-1	— 100	kaaluosa
ammooniumkloriid	— 0,8—1,0	„

Andmed vaigu MΦC-1 liimivate omaduste kohta (ЦНИИФМ andmeil) on toodud tabelis 6.

Tabel 6

Vaigu MΦC-1 liimivad omadused

Vineeri näidised	Nihketugevus, kg/cm ²		
	keskmine	minimaalne	maksimaalne
kuivalt	24	16	38
pärast 24-tunnilist vees hoidmist	24	17	38

Vaigu MΦC-1 säilimisaeg ei ületa 5 päeva. Liimi eluiga on umbes 8 tundi.

Vaigud M-48 ja M-60. Need vaigud saadakse karbamiidi ja formaldehüüdi kondensatsioonil, kui keskkonna pH muutub piirides 7,5—8,0-st kuni 6,0-ni.

Vaikude M-48 ja M-60 retsept on järgmine:

karbamiid	— 100	kaaluosa
formaliin, 40%	— 216	„
ammooniumkloriid	— 0,005—0,020	„
naatriumhüdrosüüd, 40%	— 0,2—0,5	„

Vaikude kondensatsioonil viiakse karbamiid reaktorisse kahe annusena. Sellega saavutatakse kondensatsioonireaktsiooni täielik kulgemine ja vaba formaldehüüdi väike hulk vaigus. Nii näiteks sisaldab karbamiidi ühekordsel reaktsioonisegusse viimisel saadav vaik 1,3% vaba formaldehüüdi, kahe annusena lisatava karbamiidi puhul saadav vaik aga ainult 0,8%.

Peale karbamiidvaikude kondensatsioonile järgnevat tavalist reaktsioonisegu kuumutamist peab segu pH väärtuseks olema 6,5. Lisades vähesel hulgal ammooniumkloriidi, alandatakse segu pH väärtust kuni 6,0-ni, mille järel kondensatsiooni jätkatakse temperatuuril 80° kuni reaktsioonimassi vaigustumiseni. Seejärel lastakse segu üks tund seista temperatuuril 80° ja jahutatakse siis 70°-ni. Sellega lõpebki mittevaakuumeeritud vaigu M-48 valmistamisprotsess.

Et saada vaiku M-60, mis peab sisaldama 60% kuivaineid, kuivatatakse vaiku M-48 vaakuumis temperatuuril 60—65° ja jääkrõhul 100—60 mm elavhõbedasammast. Sellega eraldatakse 17—20% (lähteainete kaalust) veest. Saadud vaik jahutatakse 20—25°-ni ja kallatakse kogumisnõusse.

Vaigu M-48 omadused on järgmised:

välimus	— väikese viskoossusega, kergelt sogane, valge värvusega vedelik
pH	— 6,0—7,0
kuivainesisaldus, %	— 48±3
vaba formaldehüüdi sisaldus, %	— mitte rohkem kui 3,5
viskoossus B ₃₋₄ järgi, sek.	— 13—20
säilimisaeg temperatuuril 20°	— 10—12 kuud

Vaiku M-48 kasutatakse 0,5—1,0% ammooniumkloriidi lisamisega liimina puitlaastplaatide, mööblikilpide ja teiste puidujäätmetest kuumpressimisel saadavate toodete valmistamiseks.

Vaigu M-60 omadused on järgmised:

välimus	— piimvalge või nõrgalt kollaka tooniga kergelt voolav vedelik
pH	— 6,0—7,0
viskoossus B3-4 järgi, min.	— 1,5—3,0
vaba formaldehüüdi sisaldus, %	— mitte rohkem kui 3,5
kuivainesisaldus, %	— 60±2
kõvenemisaeg, sek.	— 50—65
refraktsioonikoefitsient	— 1,445—1,460
säilimisaeg temperatuuril 20°	— 2—3 kuud

Vaiku M-60 kasutatakse mööbli liimimiseks ja vineerimiseks, puitlaastplaatide valmistamiseks, tiseriplaatide valmistamiseks, mööblilikpide valmistamiseks, detailide liimimiseks konveieritel tööriitmiga 25—30 sekundit, detailide liimimiseks kõrgsagedusväljas, hinnaliste puiduliikide špooni liimimiseks lindita servliimimise masinal jne.

Liimi M-60 retsept on järgmine:

	külmmenetluseks		kuummenetluseks (kaaluosades)	
	I	II	I	II
vaik M-60	100	100	100	100
ammooniumkloriid	—	—	4	0,5—1,0
piimhape	5—6	—	—	—
urotropiin	—	—	0,4	—

Külmmenetlusliimi M-60 eluiga on 4—5 tundi, kuummenetlusliimil 7—10 tundi.

Andmed liimiga M-60 liimitud detailide tugevuse kohta on toodud tabelis 7.

Tabel 7

Liimiga M-60 liimitud detailide tugevus (ЦНИИФМ andmeil)

Toode	Liimimis- menetlus	Kõvendaja	Nihketugevus, kg/cm ²	
			kuivalt	pärast 24-tunnist vees holdmist
4-millimeetriline 3-kihiline vineer	kuum	ammoonium- kloriid	24	26
20-millimeetriline tiseri- plaat, vineeritud 1,15 mm paksuse kasešpooniga	„	„	32	27
25 mm paksused männi- lauad	kuumutatud kõrgsage- dusvooluga	„	67	55
4-millimeetriline 3-kihiline vineer	külm	piimhape	30	24
4-mm 3-kihiline vineer	„	ammoonium- kloriid ja urotropiin	24	26

Vaik M-2. Vaigu M-2 iseärasuseks on tema valmistamise äärmine lihtsus, seetõttu võib teda valmistada väikestes kogustes primitiivsete abinõudega — ämbris, tunnisis, kastrulis jne.

Vaigu M-2 retsept:

karbamiid	—	100	kaaluosa
formaliin, 40%	--	200	„
naatriumhüdrosiid, 40%	—	3	„

Vaigu M-2 valmistamiseks valatakse formaliin ja naatriumhüdrosiid nõusse ja segatakse 5 minuti jooksul. Seejärel lisatakse pideval segamisel peenestatud karbamiid. Algul lahuse temperatuur langeb 5—10°-ni, seejärel aga reaktsiooni soojuse tagajärjel tõuseb 43—45°-ni ja segu muutub sogaseks. Mõne aja pärast segu hakkab tihestuma. Vaik loetakse valminuks, kui segu omandab rõõsa koore taolise konsistentsi.

Vaigu M-2 eluiga on 5—6 päeva, teda kasutatakse vineerimiseks ja špooni liimimiseks kuummenetlusel lindita servliimimise masinal.

Liimi valmistamiseks lisatakse vaigule 2% ammooniumkloriidi.

5. Täiteained karbamiidvaikliimidele

Koos sünteetiliste liimide tarbimise suurenemisega muutub üha aktuaalsemaks nende valmistamiseks kasutatavate toorainete ratsionaalne kasutamine. Üheks materjalide kokkuhoidliku kasutamise teeks on niinimetatud konsistentsete täiteainetega liimide valmistamine.

Ühelt poolt võimaldab täiteainete kasutamine tarvitada madalama kontsentratsiooniga liime, teiselt poolt aga parandab liimide konsistentsi, mis omab suurt tähtsust liimimisprotsessides. Liimi konsistentsist sõltub tema pinnale jaotumise iseloom, sellest aga omakorda liimühenduse tugevus ja teised liimimist iseloomustavad näitajad.

Üheks teguriks, mis määrab liimide konsistentsi, on nende kontsentratsioon. Madala kontsentratsiooniga liimid on tavaliselt vedelad ja tungivad kergesti puidu pooridesse. Selle tulemusena väheneb liimi hulk liimühenduses, mis mõjub liimühenduse tugevusele. Tungides puidu pooridesse, võib vedel liim tungida ka puidu esiküljele ja kutsuda esile plekkide tekkimist. Täiteainete lisamine sellisesse liimi vähendab lahustaja vaba hulka, suurendab liimi kuivainete sisaldust ja tõstab liimi viskoossust, võimaldades seega vältida ülalloeletud puudusi.

Kõige efektiivsemalt saab täiteaineid kasutada mittevaaku-meeritud karbamiidformaldehüüdvaikude puhul, lisades täiteained juba lähtematerjalide — karbamiidi ja formaliini hulka.

Täiteainetena kasutatakse oma keemiliselt koostiselt väga mitmesuguseid aineid nii orgaanilise päritoluga — tärklis, valke, tselluloosi jt. — kui ka mineraalse päritoluga — kriiti, kaoliini jt. Eri maades kasutatakse erinevaid täiteaineid. Nii näiteks kasutatakse Saksa Demokraatlikus Vabariigis täiteainena mööblidetdetailide vineerimiseks tarvitatava karbamiidformaldehüüdvaigu puhul tärklis, viies teda segusse umbes 10% -lises koguses. Tšehhoslovakkias kasutatakse peamiste täiteainetena tärklis, puidujahu, rukkijahu, aga ka mineraalset täiteainet — kriiti. Täiteaineid kasutatakse 10—15% -listes kogustes.

Nõukogude Liidu puidutöötlemistööstuses omavad suurimat tähtsust orgaanilised täiteained: valgupärm, sojajahu, riitsinusjahu, seahernejahu, puidujahu, ligniin, rukkijahu. Mõned nendest, nagu sojajahu, riitsinusjahu ja rukkijahu on niinimetatud aktiivsed täiteained, mis ka ise omavad teatud määral liimivaid omadusi. Valgupärmil, ligniinil ja puidujahul puhtal kujul liimivaid omadusi ei ole, kuid ka need, nn. «inertsed» täiteained, mõjutavad liimimisprotsessi soodustavalt. Selle põhjuseks on nende omadus kondensatsiooniproductide vesilahustes paisuda, absorbeerides seejuures vett. Sellega väheneb vaba vee hulk vaigu massis. Mida suurem on täiteaine peensusaste, seda paremini ta paisub.

Kiulist struktuuri omavad täiteained (puidujahu jt.) vähendavad liimiühenduse kahanemist, mis karbamiidvaikude kasutamisel on eriti tähtis.

Täiteainete kasutamisel saadakse häid tulemusi ainult siis, kui neid lisatakse vaikudele rangelt kindlaksmääratud koguses, mis ei ületa lubatud maksimumkogust.

Täiteained on tavaliselt sellisteks produktideks, mida saadakse jääkproduktidena mitmesugustest tööstusharudest.

S o j a j a h u valmistatakse sojaõlikookidest, mida omakorda saadakse pärast õli eraldamist sojaseemnetest nende pressimisel. Ta sisaldab 40—42% valkaineid.

R i i t s i n u s j a h u valmistatakse riitsinusõlikookidest, mida saadakse õli eraldamisel riitsinusseemnetest nende pressimisel. Ta sisaldab umbes 40% valkaineid.

S e a h e r n e j a h u saadakse seaherneste peenestamisel. Ta sisaldab umbes 30% valkaineid ja kuni 53% tärklis.

L i g n i i n on puidu hüdrolüüsitööstuse kõrvalprodukt.

V a l g u p ä r m i kasvatatakse kunstlikult hüdrolüüsitehaste ja sulfitpiirituse tehaste kõrvalproduktina. Kuiv valgupärm sisaldab vähemalt 35% valke.

Täiteainetega karbamiidvaikude valmistamise retseptid on toodud tabelis 8.

Tabel 8

Täiteainetega karbamiidvaikude valmistamine (retseptid ЦНИИФМ andmeil)

Retseptid	Vaigu koostis kaaluosades			
	Karbamiid	Formaliin, 40%	Naatriumhüdrosüüd, ümberarvutatuna 100%-liseks	Täiteained
1	100	200—220	0,5—0,8	Vaigupärm 12—32
2	100	200—220	0,4—0,6	Sojajahu 9—20
3	100	200—220	0,8—2,0	Ligniin 30—60

Reaktsioonisegu kuumutatakse 50—55°-ni. Seejärel segu temperatuur viiakse 25—40 minuti jooksul 80°-ni ja hoitakse sellel temperatuuril üks tund. Kondensatsiooni sellel staadiumil peab segu pH olema retseptide 1 ja 2 puhul 6,5, retsepti 3 puhul suurem kui 7,0. pH väärtust reguleeritakse 40%-lise naatriumhüdrosüüdi vähese koguse lisamisega, mis tõstab pH väärtust, või ammooniumkloriidi lisamisega, mis vähendab pH väärtust. Peale pH nõutava väärtuse saavutamist jätkatakse kondensatsiooni 80°-sel temperatuuril 1—2 tunni vältel. Saadav vaik jahutatakse 20—25°-ni ja kallatakse kogumisnõusse.

Vaigu omadused on järgmised:

kuivainete sisaldus	— 49—57%
retseptide 1 ja 2 järgi valmistatud vaigu pH	— 6—7
retsepti 3 järgi valmistatud vaigu pH	— 7,5—8,5

Enne liimimist lisatakse täiteainetega karbamiidvaigule kõvendajaid, tavaliselt ammooniumkloriidi, mille kogus määratakse sõltuvalt vaigu pH väärtusest (vt. tabel 9).

Tabel 9

Lisatava ammooniumkloriidi kogus sõltuvalt pH väärtusest

Vaigu pH	Ammooniumkloriidi kogus, %
6,0	0,7
6,5	0,8
7,0	1,0
rohkem kui 7,0	2,0

Täiteainetega karbamiidvaikude kasutamine võimaldab liimi valmistamisel kokku hoida kuni 15% materjale, tema kasutamisel saadakse aga täiesti küllaldane liimühenduse tugevus.

Andmed täiteainetega karbamiidvaikliimide liimivate omaduste kohta (ЦНИИФМ andmeil) on toodud tabelis 10.

Tabel 10

Täiteainetega karbamiidvaikliimide liimivad omadused

Liim	Täiteaine	Nihketugevus 4-millimeetrilisel kolmekihilisel vineeril, kg/cm ²					
		kuivalt			pärast 24-tunnist vees hoidmist		
Karbamiidformaldehüüdvaik, kontsentratsiooniga 48%	Sojajahu, 3% vaigu kaalust	keskm.	min.	maks.	keskm.	min.	maks.
		33	23	48	23,8	19	28
"	Puidujahu, 3% vaigu kaalust	23,7	15	34	28	22	33
"	Ligniini, 10% vaigu kaalust	22,6	16	28	27,5	22	35
"	Valgupärm, 8–10% vaigu kaalust	26	21	32	23	17	39

Peale ülaltoodud meetodi kasutatakse laialdaselt ka täiteaine lisamist otseselt liimile enne selle kasutamist. Peale puidujahu, mida soovitatakse kasutada liimi K-17 ja mõningate teiste liimide valmistamiseks, kasutatakse nii kodumaistes mööblitööstustes kui ka välismaal täiteainena edukalt ka rukkijahu. Lisatava rukkijahu kogused on väga mitmesugused: nii näiteks lisatakse Tšehhoslovakkias vaigule «Umakol» kuni 70% rukkijahu, Saksa Demokraatlikus Vabariigis aga vaigule «Kauriit» 50—100% rukkijahu või 200% ja isegi rohkem tärklis. Tärgklise kasutamine põhineb tema omadusel vees tursuda ja temperatuuril 70° kliisterduda, mille tõttu ta moodustab liimiva massi. Kliisterdamisprotsess on pöördumatu ja liimivad omadused säilivad ka külmal tärgkliselahusel.

Täiteaine lisamine suurendab liimi viskoossust ja teda tuleb lahjendada veega. Vee lisamine aga vähendab vaigu ja kõvendaja kontsentratsiooni ning suurendab sellega liimi eluiga, ühtlasi nõuab aga kokkupressimisaja pikendamist. Tabelis 11 on toodud andmed, mis näitavad täiteainete ja kõvendajate hulga mõju elueale, kokkupressimisajale ja liimühenduse tugevusele. Andmed on võetud inglise kirjandusallikatest.

Täiteainete ja kõvendajate hulga mõju liimi elueale, kokkupressimis-
ajale ja liimühenduse tugevusele

Näitaja nimetus	Täiteaine kogus liimis, %			
	0	25	50	100
Eluiga tundides järgmiste kõvendajate kasutamisel:				
A	9	12	18	—
B	2,50	3,0	8	30
C	0,75	1,5	4	12
Kokkupressimisaeg (min.) temperatuuril 25° järgmiste kõvendajate kasutamisel:				
A	4	6	10	—
B	1	3	6	8
C	1	2	4	8
Liimühenduse tugevus Inglismaa standardite järgi:				
kuivalt	100	97	91	84
märjalt	80	65	44	—

Nõukogude Liidu mööblitööstuses lisatakse vaigule rukkijahu, sõltuvalt vaigu viskoossusest, 3—10% ulatuses vaigu kaalust. Täiteainet võib lisada ka otse liimile. Selleks lisatakse vaigule pideval segamisel retseptuarne kogus rukkijahu ja segu segatakse hoolikalt 10 min. vältel. Seejärel lisatakse liimile nõutava viskoossuse saamiseks vajalik kogus vett ja segatakse segu veel 10—15 minutit kuni ühtlase massi moodustumiseni. Seejärel lisatakse vajalik kogus kõvendajat.

Täiteainete lisamine parandab mitte ainult liimide kolloidstruktuuri, vaid avaldab ka positiivset mõju liimi elueale ja viskoossusele ning vähendab liimi tungimist liimitava eseme pinnale.

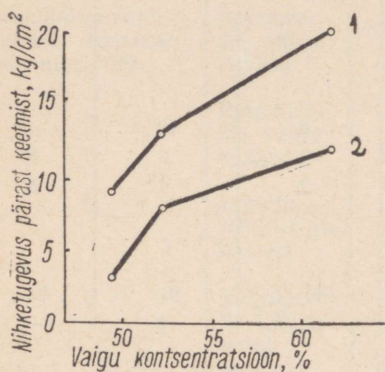
6. Kõrgendatud veekindlusega karbamiidliimid

Puittoodetel, mis on liimitud karbamiidliimidega, on hea mehhaaniline tugevus, bioloogiline püsivus ja suur veekindlus külma suhtes. Seevastu on need tooted ebapüsivad kuuma vee (üle 70°) toimele, samuti ümbritseva keskkonna kõrgele temperatuurile.

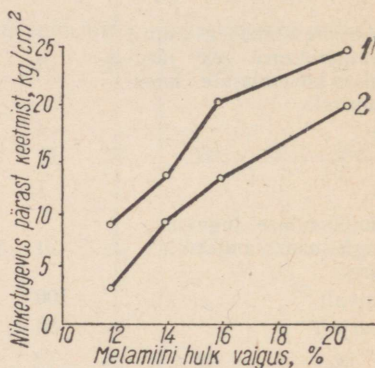
Et tõsta karbamiidvaikude vee- ja kuumuskindlust, modifitseeritakse neid sageli melamiiniga. Modifitseeritud vaigu val-

mistamiseks viiakse läbi karbamiidi ja melamiini üheaegne kondensatsioon formaldehüdiga. Vineeri ja Mööbli Teadusliku Uurimise Keskinstituudis (ЦНИИФМ) läbiviidud uurimised on näidanud, et üheks otsustavaks teguriks, mis määrab vaigu veekindluse, on tema kontsentratsioon. Teiste tingimuste võrdsuse juures tõuseb karbamiid-melamiinformaldehüüdvaikudega saadav liimühenduse püsivus keeva vee toimele kooskõlas vaigus olevate kuivainete protsendi suurenemisega.

Joonisel 5 on näha, kuidas sõltuvalt vaigu kontsentratsioonist muutub 3-kihilise 4-millimeetrilise vineeri liimühenduse tugevus peale ühetunnilist keetmist vees.



5. Liimitud vineeri tugevuse sõltuvus vaigu kontsentratsioonist (pärast vees keetmist):
1 — keskmiselt; 2 — minimaalselt.



6. Liimitud vineeri tugevuse sõltuvus melamiinisaldusest vaigus (pärast vees keetmist):
1 — keskmiselt; 2 — minimaalselt.

Suurt mõju vaigu veekindlusele avaldab melamiini hulk kondensatsiooniprotsessi lähteproduktis. 3-kordse 4-millimeetrilise vineeri liimühenduse püsivust keevas vees sõltuvalt melamiini hulgast kondensatsiooniprotsessi lähteproduktis on iseloomustatud joonisel 6.

Vineeri ja Mööbli Teadusliku Uurimise Keskinstituudis läbiviidud uurimiste tulemusena on välja töötatud menetlus 60%-lise kontsentratsiooniga karbamiid-melamiinformaldehüüdvaigu MMC saamiseks.

V a i k MMC. Vaigu MMC retsept:

karbamiid	—	100 kaaluosa
melamiin	—	66 „
formaliin, 40%	—	322 „

Vaigu valmistamiseks kasutatakse tavalist karbamiidvaikude tootmiseks rakendatavat sisseseadet (vt. joon. 4). Konden-

satsiooniprotsessil saadav vaigutaoline mass jahutatakse 70°-ni ja kuivatatakse siis vaakuumis temperatuuril 60—65° ja jääkrõhuga 160 mm elavhõbedasammast.

Et saada 60%-lise kontsentratsiooniga vaiku, eraldatakse vaakuumkuivatuse abil 13—15% vett, arvestades lähteainete kaalust. Pärast vaakuumkuivatust vaiku jahutatakse 25°-ni ja kallatakse kogumisnõusse.

Vaigu MMC omadused on järgmised:

välimus	—	ühtlane, siirupitaolise konsistentsiga, helehall või kollakas vedelik
pH	—	6,5—7,5
viskoossus B3-4 järgi, min.	—	1,5—4
kuivainesisaldus, %	—	60 ± 2
vaba formaldehüüdi sisaldus, %	—	0,5—1,5
refraktsioonikoefitsient	—	1,475—1,480

Vaiku MMC külmas vees ei lahustu, lahustub aga osaliselt kuumas vees. Temperatuuril 20° on vaigu säilimisaeg 3—4 kuud.

Liimi valmistamiseks vajalik kõvendaja kogus määratakse vastavalt vaigu pH väärtusele.

Vaigu pH väärtus	Ammooniumkloriidi kogus, %
6,0—6,4	0,5
6,5—6,9	0,7
7,0—7,5	1,0

Ammooniumkloriidi liig mõjub negatiivselt liimühenduse veekindlusele. Näiteks 5% ammoniumkloriidi lisamisel vaigule ei ole liimühendus enam vastupidav keevale veele.

Et ammoniumkloriid vaiguga paremini seguneks, on otstarbekohane lisada teda vaigule 20%-lise kontsentratsiooniga vesilahusena, mis on eelnevalt soojendatud 50—70°-ni.

Liimühenduse tugevus vaigu kulu juures 100—120 g/cm² on Vineeri ja Mööbli Teadusliku Uurimise Keskinstituudi andmeil igati rahuldav (vt. tabel 12).

Tabel 12

Vaigu MMC liimühenduse tugevus

Vaigu kulu, g/cm ²	Nihketugevus kihilisele puidule, kg/cm ²								
	Kuivalt			Pärast 24 t. vees hoidmist			Pärast 1 t. vees keetmist		
	keskm.	min.	maks.	keskm.	min.	maks.	keskm.	min.	maks.
80	21	11	31	23	17	30	15	12	20
100	21,5	16	27	26	19	40	17	10	25
120	26,5	19	37	26,5	19	34	20,5	15	30
140	26	17	33	28	21	37	22	13	28

7. Karbamiidvaigud kiirliimimiseks ja -vineerimiseks

Mööblidetailide ja -sõlmede liimimisprotsesside automatiseerimine nõudis selliste vaikude väljatöötamist, mille kõvenemisaeg oleks mõõdetav sekunditega.

Liimimis- ja vineerimisprotsesside intensiivistamine kuumutamisel kõrgsagedusvooludega nõudis heade dielektriliste omadustega, kiiresti kõvenevaid vaike.

Sellised kõrge tootlikkusega, kiiresti kuivavad vaigud töötati välja Nõukogude Liidu teaduslike asutuste poolt ja rakendati tootmisesse eesrindlikes mööblitööstustes.

Vaatleme põhilisi tegureid, mis mõjutavad vaikude kõvenemisaega. Kõige rohkem levinud kodu- ning välismaiste vaiguliikide uurimisel selgitati kõvenemisaegade sõltuvus vaigu kõvenemistemperatuurist (vt. tabel 13).

Tabel 13

Vaikude kõvenemisaegade sõltuvus temperatuurist (ЦНИИФМ andmeil)

Temperatuur C°	Vaigu kõvenemisaeg				
	MФC-1	M-3	M-4	«Umakol» (Tšehhoslovakkia)	«Bartrev» (Inglismaa)
20	24 t.	20 t.	20 t.	10 m.	70 m.
30	5 t.	5 t.	4 t. 30 m.	6 m. 22 s.	30 m.
40	1 t. 30 m.	1 t.	4 t. 30 m.	2 m. 36 s.	14 m.
50	30 m.	40 m.	40 m.	1 m. 45 s.	4 m. 50 s.
60	13 m.	19 m.	19 m. 30 s.	1 m. 08 s.	2 m. 45 s.
70	5 m. 25 s.	9 m. 15 s.	9 m. 15 s.	58 s.	1 m. 42 s.
80	2 m. 55 s.	4 m.	4 m.	45 s.	1 m. 26 s.
90	1 m. 52 s.	2 m. 30 s.	2 m. 30 s.	39 s.	1 m.
100	55 s.	1 m. 20 s.	1 m. 20 s.	31 s.	45 s.

Kiiresti kõvenevate vaikude kasutamine temperatuuridel 100—140° võimaldab kokkupressimisaega märgatavalt lühendada. Nii näiteks on vaiguga M-70 liimitud detailide vajalik kokkupressimisaeg kuumutusplaatidega pressidel ainult 3 minutit 8—10 minuti asemel, mis on vajalik vaiguga MФ-17 liimitud detailide kokkupressimiseks.

Kuumutamine kõrgsagedusvooludega võimaldab aga lühendada kokkupressimisaega 14—15 sekundini.

Vineeri ja Mööbli Teadusliku Uurimise Keskinstituudis läbi viidud uurimised selgitasid, et märgatavat mõju vaikude kõvenemisele avaldavad lähteainete (karbamiidi ja formaldehüüdi) omavaheline vahekord ja vaigu kondensatsioonitingimused. Suurima kõvenemiskiirusega vaik saadakse karbamiidi ja formaldehüüdi moolsuhtel 1 : 2. Seda põhjendatakse asjaoluga, et selise suhte puhul toimub kondensatsiooniprotsess sügavamalt ja tekib suur kogus karbamiidi dimetüülooliühendeid, mis edasi temperatuuri ja kõvendaja mõjul väga kiirelt kõvenevad.

Vaigu kõvenemiskiirusele avaldab suurt mõju ka kuivainete sisaldus vaigus, s. o. vaigu kontsentratsioon. Mida suurem on vaigu kontsentratsioon, seda kiiremini ta kõveneb. Võib oletada, et kõrge kontsentratsiooniga vaigu kiire kõvenemine on tingitud enne vaigu enese kõvenemist liimikihis toimuvale vee eraldumisele kuuluva aja suhtelisest lühidusest.

Nagu juba ülalpool märgitud, avaldavad vaigu kõvenemisaiale mõju ka kondensatsioonitingimused. Nii näiteks vaigud MΦ-17 ja M-70, millel on ühesugune kontsentratsioon, kuid mis on saadud erinevatel kondensatsioonitingimustel, on erineva kõvenemisajaga. Vaigud kiirliimimiseks valmistatakse tavaliselt muutuva pH väärtusega keskkonnas läbiviidaval kondensatsiooniprotsessil, nagu seda kirjeldatakse edaspidi, vaigu M-70 kirjelduses.

Kõvenemiskiiruse järgi võib karbamiidvaike reastada järgnevalt (kõvenemisaja piknemise järjekorras):

M-70 → M-60 → M-4 → MΦC-1 → MΦ-17

Kui vineerimisel elektrikontaktkuumutuse kasutamisega on liimi K-17 kasutamisel vajalik kokkupressimisaeg 3—5 minutit, siis vaigu M-70 kasutamisel on see ainult 1—1,5 minutit.

V a i k M-70. Vaigu M-70 kiire kõvenemine, eriti elektrikontaktkuumutuse ja kõrgsagedusvoolude kasutamisel, on asetanud ta ühele esikohtadest kiirliimimiseks ja -vineerimiseks kasutatavate liimide hulgas.

Seda vaiku valmistatakse tavalise karbamiidvaikude tootmise tehnoloogia kohaselt, kusjuures kondensatsioon viiakse läbi keskkonnas, mille pH väärtus muutub 7,5—8-st (nõrgalt leeline keskond) kuni 4,5—6-ni (nõrgalt happeline keskond).

Vaigu M-70 retsept:

karbamiid	— 100	kaaluosa
formaliin, 40%	— 266	„
naatriumhüdrosiid, 40%	— 0,2—0,7	„

Vaigu valmistamiseks viiakse reaktorisse formaliin ja lisatakse pideval segamisel naatriumhüdrosiidi lahus, viies segu pH väärtuse 7,5—8,0-ni. Seejärel lisatakse 75 protsenti retseptis ettenähtud karbamiidkogusest. Segu kuumutatakse 25—40 minuti kestel kuni temperatuurini 80° ja hoitakse sel temperatuuril üks tund. Seejärel lisatakse ülejäänud kogus karbamiidi ja säilitatakse segu temperatuuri (80°) veel 30 minuti jooksul, mille järel võetakse proov segu pH määramiseks, mis peab olema piirides 6,3—6,5. Nüüd lisatakse segule pideval segamisel 5—10 ml ammooniumkloriidi küllastatud lahust, millega segu pH viiakse (vastavalt soovitavale kõvenemiskiirusele) 4,5—6,0-ni. Mida väiksem on segu pH väärtus sellel kondensatsioonietapil, seda kiiremini kõveneb liimimisel valmis vaik.

Peale ammoniumkloriidi lisamist hoitakse segu temperatuuril 80° veel 30 min. jooksul, siis aga viiakse segu pH vähese koguse naatriumhüdrosüüdi 40%-lise lahuse lisamisega kuni 6,0-ni ning jätkatakse kondensatsiooni 80° juures veel 30 minutit. Tekkiv vaigutaoline produkt jahutatakse 70°-ni ning kuivatatakse siis vaakuumis jääkrõhul 110—60 mm elavhõbedasammast kuni 70%-lise kontsentratsiooniga vaigu saamiseni. Valminud vaik jahutatakse 25°-ni ja kallatakse kogumisnõudesse.

Vaigu M-70 omadused on järgmised:

pH	—	6,0—7,0
viskoossus B ₃₋₄ järgi, min.	—	1,0—6,0
vaba formaldehüüdi sisaldus, %	—	2—5
kuivainete sisaldus, %	—	67—70
kõvenemisaeg, sek.	—	30—40
refraktsioonikoefitsient	—	1,470—1,480
säilimisaeg temperatuuril 20°	—	kuni 3 kuud

Vaiku M-70 kasutatakse peamiselt kiirliimimisel ja -vineerimisel, eriti elektrikontaktkuumutuse ja kõrgsagedusvoolude kasutamisel.

Liimi valmistamiseks vaigust M-70 kasutatakse kõvendajana ammoniumkloriidi, kusjuures seda lisatakse 1-protsendilises koguses. Liimi eluiga on ainult 1—2 tundi, mistõttu liimi tuleb valmistada väikestes kogustes otseselt liimimiskohal.

Liimimisel elektrikontaktkuumutamiseks kasutatakse järgmist tehnoloogilist režiimi:

liimi viskoossus B ₃₋₄ järgi, min.	—	1—5
liimi kulu, g/m ²	—	110—130
aeg liimi pealekandmisest kuni detailide surve alla asetamiseni, min.	—	mitte rohkem kui 30
aeg detailide surve alla asetamisest kuni vajaliku rõhu saavutamiseni, min.	—	mitte rohkem kui 1
surveaeg, min.	—	1—1,5
erirõhk, kg/cm ²	—	10—12
temperatuur, °C	—	110
puidu niiskus, %	—	8 ± 2

Liimimiseks ilma kuumutamisetä valmistatakse liim järgnevate retsetide kohaselt:

	I	II	III
	(kaaluosades)		
vaik M-70	100	100	100
ammooniumkloriid	4	1	1
urotropiin	0,4	—	—
karbamiid	—	—	3

Liimile võib lisada ka ühe kuni kahe protsendi ulatuses täiteaineid — puidujahu, kaoliini, kipsi jt.

Liimimisel ilma kuumutamiseta kasutatakse järgmist tehnoloogilist režiimi:

liimi viskoossus B3-4 järgi, min.	— 1—3
liimi kulu, g/m ²	— 200—250
aeg liimi pealekandmisest kuni detailide surve alla asetamiseni, min.	— mitte rohkem kui 20
rõhk, kg/cm ²	— 5—10
surveaeg, tundides	— 2—3
säilitamisaeg peale pressimist (enne liimühenduse töötamise algust), tundides	— mitte vähem kui 4
puidu niiskus, %	— 8 ± 2

Andmed vaiguga M-70 liimitud detailide liimühenduse tugevuse kohta on toodud tabelis 14.

Tabel 14

Vaiguga M-70 liimitud detailide tugevus (ЦНИИФМ andmeil)

Toode	Liimimis-meetod	Kõvendaja	Nihketugevuse keskmine piir, kg/cm ²	
			kuivalt	peale 24-tunnilist vees hoidmist
4-millimeetriline 3-kihiline vineer	kuum	ammooniumkloriid	25	29
30-millimeetriline tiseriplaat, vineeritud 1,5-millimeetrilise kasešpooniga	„	„	30	29
kaselauad	kuumutamise kõrgsagedusvooluga	„	90	65
4-millimeetriline 3-kihiline vineer	külm	ammooniumkloriid ja urotropiin	23	27
25-millimeetrilised okaspuulauad	„	„	53	60

V a i k MΦ. Vaik MΦ on lähteaineks liimi KMΦ valmistamisel, mis kõveneb eriti kiiresti, sealjuures ka külmalt.

Liimi KMΦ koostis töötati välja Arhangelski administratiivmajandusrajooni Puidu Mehaanilise Töötlemise Teadusliku Uurimise Keskinstituudi poolt (ЦНИИМОД). Ta koosneb kahest liimitavatele pindadele eraldi kantavast komponendist — karbamiidvaigust MΦ ja kõvendajast — oblikhappe 10%-lisest lahusest.

Vaik MΦ on karbamiidi ja formaldehüüdi kondensatsiooni produkt, mis saadakse kondensatsiooniprotsessi läbiviimisel happeliste ja leeliseliste katalüsaatorite juuresolekul. Ta on valge või pruunika värvusega mass, mis sisaldab vähemalt 52% kuivaineid.

Vaigu MΦ retsept:

karbamiid	— 120,0	kg
formaliin, 37%	— 324,16	„
naatriumhüdrosüüd (2-normaalne lahus)	— 1010,0	ml
väävelhape (2-normaalne lahus)	— 950,0	„
naatriumhüdrosüüd (2-normaalne lahus)	— 750,0	„

Kondensatsioon viiakse läbi algul leeliselises keskkonnas, mille pH väärtus on 9,6—10,0. Peale formaldehüüdi määramist, mille sisaldus reaktsioonisegus peab olema 6,5—8% piirides, muudetakse keskkonna pH väärtuseni 5,2—5,4, lisades väävelhapet 2-normaalse lahusega.

Lõppstaadiumis viiakse kondensatsioon läbi keskkonnas pH väärtusega 7,5—7,8. Sellele järgneb vaakuumkuivatus kuni 52% kontsentratsiooniga vaigu saamiseni.

Vaigu MΦ omadused on järgmised:

viskoossus Ostwaldi järgi, santipuaasides	— 540—660
pH	— 7,5—7,8
erikaal	— 1,210—1,226
refraktsioonikoefitsient 25° juures	— 1,433—1,441
vaba formaldehüüdi sisaldus, %	— 4—7
polümerisatsiooni aeg, sek.	— 160±15
kuivainesisaldus, %	— 52±1

Karbamiidliimide tavaliste kasutusmeetodite puhul segatakse vaik ja kõvendaja kindlates kogustes ühtlaseks seguks ja saadakse nii liim, mille eluiga on tavaliselt 2—6 tundi. Sama pikk on ka liimühenduse kõvenemisaeg külmalt liimides.

Liimi KMΦ puhul kasutatakse aga vaigu ja kõvendaja eraldi pinnale kandmist. Selleks kantakse liimitavale pinnale kõvendaja (kas otseselt enne liimimist või kuni ööpäev enne liimimist), teisele pinnale aga vaik. Pärast liimitavate pindade ühendamist hoitakse neid ilma kuumutamata surve all 5—7 minutit.

Teiste, tavaliselt külmlüimimisel kasutatavate liimide puhul (kaseiinliim, karbamiidliimid jt.) on detailide surve all hoidmise ajaks 2—4 tundi. Seega võimaldab liimi KMΦ kasutamine põhjalikult muuta külmlüimimise tehnoloogiat ning liimimisprotsessi tohutult kiirendada. Liimi KMΦ suureks eeliseks on ka tema praktiliselt piiramatult eluiga.

Liimitava puidu optimaalseks niiskusesisalduseks liimi KMΦ kasutamisel loetakse 10%, lubatakse aga kasutada puitu kuni 14%-lise niiskusega.

Vineerimisel kuumades pressides kasutatakse vaiku МФ segatuna kõvendajaga, kusjuures 100 kaaluosa vaigu kohta võetakse 5 kaaluosa 2-protsendilist oblikhappe lahust. Sellise liimi praktiline eluiga on 30 tundi, liimimistemperatuur peab olema 60—70°.

Liimi КМФ katsetati ka liimimisel kõrgsagedusvooluga. Parimaid tulemusi liimühenduse tugevuse seisukohalt saadi, kui liimühendust hoiti kõrgsagedusvooluga kuumutatavas pressis 45 sekundi vältel. Sel juhul oli liimühenduse tugevus 2—4 tunni pärast võrdne puidu (männi) tugevusega.

V a i k УкрНИИМОД-У. Vaik УкрНИИМОД-У töötati välja Ukraina NSV Puidu Mehaanilise Töötlemise Teadusliku Uurimise Instituudi (УкрНИИМОД) poolt. See vaik, analoogiliselt vaigule МФ, on määratud puidu külmliidimiseks. Kirjanduse andmeil kõveneb liimühendus vaigu УкрНИИМОД-У kasutamisel külmliidimisel 1 tunni jooksul, seega 3—4 korda kiiremini kui tavaliste liimide kasutamisel.

Vaigu retsept on järgmine (arvestatuna 3-tonnilisele reaktorile):

formaldehüüd — ümberarvutatuna 100%-lisele,	
kasutades 45%-list formaliini	— 2000 kg
karbamiid	— 1000 „
naatriumhüdroksüüd (2-normaalne lahus)	— 40—60 l
väävelhape (2-normaalne lahus)	— 20—40 „

Vaigu kondensatsioon viiakse läbi analoogiliselt vaigule МФ muutuva pH väärtusega keskkonnas. Vaigu jahutamise ajal hoitakse vaigu pH leelise lisamisega kõrgemal kui 6,0, seejärel aga tõstetakse leelise lisamisega algul 7,0-ni ning lõpuks 7,4—8,0-ni. Vaigu säilitamisaeg on kuni 6 kuud. Kuna säilitamisel vaik kihistub, tuleb teda enne tarvitamist hoolikalt segada.

V a i k «Bartrev». Ust-Ižorski vineerikombinaadis kasutatakse puitlaastplaatide valmistamiseks sideainena kiiresti kõvenevat vaiku «Bartrev». Seda vaiku valmistatakse otseselt kombinaadis. Tema valmistamise tehnoloogia on analoogiline vaigule МФ.

Vaigu «Bartrev» omadused on järgmised:

refraktsioonikoefitsient	— 1,462—1,465
erikaal	— 1,255—1,265
viskoossus 20° juures, santipuaasides	— 240—310
polümerisatsiooniaeg, leituna standardse kõvendajaga УФ 547, sek.	— 110 ± 10
vaba formaldehüüdi sisaldus, %	— 4,5—7,0
pH	— 7,5—7,8
kuivainesisaldus, %	— 61 ± 1

Vaba formaldehüüdi sisalduse vähendamiseks vaiku modifitseeritakse, milleks 115-le kaaluosale 66% -lise kontsentratsiooniga vaigule lisatakse 20 kaaluosa karbamiidi, mis on segatud 20 kaaluosa veega. Saadavat segu hoitakse temperatuuril 40° 4 tundi. Selle aja jooksul ühineb karbamiid vaba formaldehüüdiga ja selle hulk langeb 0,3—0,4 protsendini. Modifitseeritud vaigu kontsentratsioon on 52%.

Tähtsat osa vaigu «Bartrev» kasutamisel etendavad kõvendajad, milleks kasutatakse standardseid aineid УФ-547 ja УФ-540. УФ-547 koosneb 5,9 kaaluosast triammooniumtsitraadist ja 94,1 kaaluosast veest. Vaik ja kõvendaja segatakse hoolikalt segunõus, kuhu nende lisamine toimub vajalikes annustes pidevalt. Puitlaastplaatide valmistamiseks lisatakse laastudele 7% sideainet. Plaatide veekindluse tõstmiseks lisatakse segusse ka sulatatud parafiini, koguses 1—1,5% absoluutkuiva puidu kaalust. Parafiini sulatamiseks kasutatakse seadet, mis koosneb kahest kuuma veega kuumendatavast paagist ja kaheastmelisest filtrist. Sulatatud parafiin piserdatakse puitmassile 200°-ni kuumendatud õhuga töötava pihusti abil.

Kombinaadi poolt toodetavate puitlaastplaatide füüsikalismehhaanilised näitajad on järgmised:

mahukaal	— 0,65—0,75 g/cm ³
paksus	— 19 mm
paindetugevus 24 tunni järel	— 170 kg/cm ²
elastsusmodul	— 14000 kg/cm ²
survetugevus	— 180 kg/cm ²
tõmbetugevus tõmbele	
paralleelselt pinnaga	— 82 kg/cm ²
niiskusesisaldus	— 6—8%
kaaluline veeimavus 24 tunni järel	— 35%
mahuline veeimavus 24 tunni järel	— 15%

8. Liimimine kuumutamisel kõrgsagedusvooluga

Elektrivälja kõrgsagedusvoolude kasutamine soojuse tekitamiseks ei ole uudne moodus, arstid kasutavad seda meetodit juba ammu inimkeha üksikute osade temperatuuri diatermiliseks tõstmiseks. Analoogiliselt hakati seda meetodit kasutama ka liimikihi kuumutamiseks puidu liimimisel, eesmärgiga kiirendada liimi kõvenemist. Esimesed katsed puidu kuumutamiseks kõrgsagedusvooludega tehti Nõukogude Liidus N. S. Seljugini poolt.

Puidu kuumutamiseks on olemas kaks meetodit — soojuse juurdeviimine väljastpoolt ja tema genereerimine puidu sees. Esimesel juhul rajaneb puidu kuumutamine tema soojusjuhtivusele. Kuna aga puidu soojusjuhtivus on väike, on vaja luua suur

temperatuuride vahe kuumutatava puidu ja teda ümbritseva keskkonna vahel, mis märgatavalt pikendab kuumutusprotsessi. Teine meetod seisneb selles, et puit asetatakse kahe elektroodi vahele, millest lastakse läbi kõrgsagedusvoolu, seilega elektrienergia muutub soojusenergiaks ja kuumutatav materjal kuumeneb kogu ristlõikepinnas absoluutselt ühtlaselt, mis on eriti oluline pakside detailide liimimisel.

Kuumutamist kõrgsagedusvooludega soovitatakse kasutada massiivsete detailide ja sõlmede liimimisel, painutatud detailide liimimisel ja puitlaastplaatide valmistamisel. Eriti efektiivne on kuumutamine kõrgsagedusvooludega painutatud-liimitud detailide tootmiseks plokk-meetodil (näiteks tooli tagumiste jalgäde ja sarja valmistamisel jne.).

Kõrgsagedusvoolude kasutamine liimimisel mitmetes ettevõtetes tõestas selle meetodi vaieldamatuid eeliseid (liimimistsükli lühenemine, protsessi mehhaniseerimise võimalused, tootmispinna vabanemine). Kuumutamiseks vajalike generaatorite tüübi küsimust uuriti teaduslikes instituutides ja projekteerimisorganisatsioonides, kus jõuti järeldusele, et on vaja kahte tüüpi generaatoreid ja nimelt:

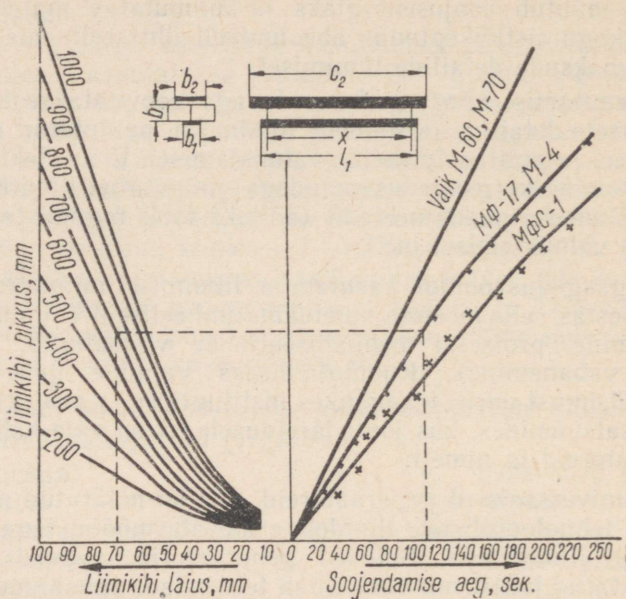
1) universaalseid generaatoreid, mis on määratud mitmesugustele tehnoloogilistele liinidele erinevate mõõtmetega mööblidetailide liimimiseks. Sellised generaatorid peavad omama sisseehitatud lülitiit, mis võimaldab teenindada vaheldumisi kahte pressi. Universaalsete generaatorite soovitavaks võimsuseks oleks 2, 3, 5, 8, 15 kilovatti, suurte pindade (puitlaastplaadid jt.) jaoks aga 30 ja 50 kilovatti;

2) spetsiaalseid generaatoreid, mis on määratud poolautomaatliinide üksikute pinkide teenindamiseks. Selline generaator peab töötama ainult ühel sagedusel. Mitmete instituutide, samuti aga ka välismaa praktika näitab, et puidu liimimiseks kõrgsagedusvooludega on sobivaim sagedus 5—15 megaherti.

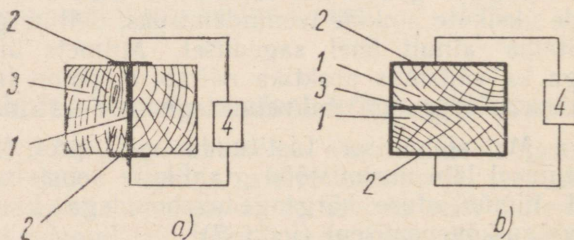
Moskva Metsatehnilises Instituudis viidi prof. M. N. Tšulitski juhtimisel läbi uurimistööd graafikute koostamiseks, mis määravad liimühenduse kõrgsagedusvooludega kuumutamise aja kuni vaigu kõvenemiseni (joon. 7).

Puidu liimimine kuumutamisel kõrgsagedusvooludega on juurutatud Leningradi Halturini-nimelises Mööblivabrikus. Agregaat liimimiseks koosneb generaatorist АГЕ-3Б ja vabrikus spetsiaalselt konstrueeritud pneumaatilisest pressist. Töö toimub tsehhis õhutemperatuuril 18—24° ja relatiivsel niiskusel 50—65%. Puidu niiskus ei tohi ületada 10 protsenti (niiske puit neelab dielektrilisel kuumutamisel intensiivselt energiat, mistõttu liimühenduse kõvenemisaeg märgatavalt kasvab). Liimimiseks kasutatakse vaiku M-70 viskoossusega 40—90° (ΦЭ-36

järgi), kuivainete sisaldusega 65—69% ja pH väärtusega 6,0—6,5. Kõvendajana lisatakse vaigule 1—2% (sõltuvalt vaigu viskoossusest ja tema pH väärtusest) ammooniumkloriidi. Liim kantakse liimitavale pinnale kas ühest või kahest küljest. Liimi-



7. Graafik liimühenduse kuumutusaja määramiseks kõrgsagedusvooluväljas männiprusside liimimisel.



8. Elektroodide asetuse skeem kuumutamisel kõrgsagedusvooluga: a) risti liimikihile; b) paralleelselt liimikihile. 1 — puit; 2 — elektroodid; 3 — liimühendus; 4 — kõrgsagedusgeneraator.

kiht peab olema ühtlane, liimi väljajooksud detailide äärtelt pühitakse ära tamponiga. Liimikihi pealekandmise ajast kuni kokkusurumise alguseni ei tohi detail seista rohkem kui 10 minutit.

Detailide surve all hoidmise aeg määratakse sõltuvalt liimitavate detailide pinnast vastavalt skeemile, mis on välja töötatud sama tehase laboratooriumi poolt.

Detailide surve all hoidmise aega generaatori ЛГЕ-3Б kasutamisel võib praktilisteks töödeks küllaldase täpsusega määrata ka tehase laboratooriumi poolt koostatud valemite järgi. Liimimis skeemile, mis on kujutatud joonisel 8-a, omab valem sellist kuju:

$$T = 0,075 \cdot S \cdot A, \text{ kus}$$

T on pressimise aeg sekundites,

S — liimitava pinna suurus ruutsentimeetrites,

A — elektroodi laius (0,8—1,2 cm).

Liimimisel skeemi järgi, mis on kujutatud joonisel 8-b, omab valem sellist kuju:

$$T = \frac{C \cdot t \cdot g \cdot 60}{860 \cdot N \cdot \eta}, \text{ kus}$$

T on pressimise aeg sekundites,

C — puidu ja liimi keskmine erisoojusmahtuvus (0,45—0,55),

t — vaigu M-70 liimikihi temperatuur (115—130°),

d — puidu ja liimi kaal kilogrammides,

N — generaatori võimsus kilovattides,

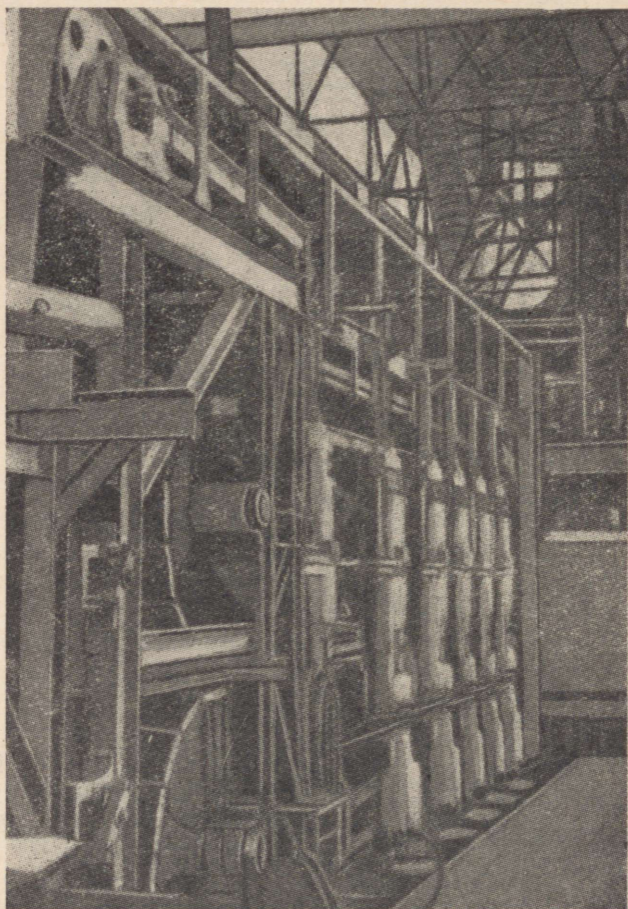
η — kasutegur, mis sõltub soojuskadudest ümbritsevasse keskkonda,

860 — töö soojuslik ekvivalent.

1955. aastal alustati Nõukogude Liidus tehniliste teaduste doktori professor A. B. Gubenko üldjuhtimisel pideva liimimisprotsessi uurimist, kusjuures kasutati kuumutamist kõrgsagedusvooludega pidevalt liikuva konveieri tingimuses. Ust-Ižorski vineerikombinaadis juurutati pidev puitlaastplaatide valmistamise protsess Bartrevi meetodil puitlaastude lindi eelneval kuumutamisel (kuni 70°) kõrgsagedusvooludega. See viidi läbi puitlaastudest lindi liikumisega läbi kõrgsageduskuumutaja, mis koosneb kolmest iseseisvast generaatorist, igaüks võimsusega 40 kilovatti ja sagedusega 18 megaherti. Ülemised alumiiniumelektroodid kindlustavad puitlaastlindi ühtlase kuumenemise kogu tema laiuses. Alumise elektroodi ülesandeid täidab teraslint, mis ühtlasi kannab puitlaastude massi.

Bartrevi press koosneb kahest teineteise peale monteeritud ketist, mis kannavad šarniiridega ühendatud kuumutusplaatide.

Kaks trumlitele asetatud teraslinti liiguvad survetsoonis koos kuumutusplaatidega. Elektrilised kuumutuselemendid on kinnitatud kuumutusplaatidele koos voolu vastuvõtivate elementidega, releedega, transformaatoritega ja termostaatidega. Pressi igal



9. Bartrevi pressi üldvaade.

kuumutusplaadil on termostaat koos lülitiga temperatuuri reguleerimiseks $140\text{--}145^\circ$ piirides.

Bartrevi pressi on üksikasjaliselt kirjeldatud erialases kirjanduses, seetõttu piirdume informatsiooniga, mis annab ettekujutuse ühest kõige kaasaegsemast meetodist kõrgsagedusvoolude kasutamisel puidutööstuses.

9. Vahustatud vaikliimid

Viimasel ajal on puidutöötlemise tehastes hakatud laialdaselt kasutama vahustatud karbamiidvaike. Vaikude vahustamise peamiseks eesmärgiks on nende ökonoomsem kasutamine. Vahustamisel vaigud absorbeeruvad õhku ja selle tulemusena nende maht suureneb 3—4 korda. See võimaldab vaikliime tavaliste liimivaltside abil pinnale kanda tunduvalt õhema kihina kui vahustamata vaikude puhul. Kui näiteks tavalist vaikliimi kulub pinna katmisel 200—250 g/m², siis vahustatud vaikude kulu on, tänu nende mahukaalu vähenemisele, ainult 100—110 g/m².

Vaigu väiksema kulu juures likvideerib vahustatud vaikude kasutamine veel ühe karbamiidvaikude puuduse, mis avaldub eriti vineerimisel, sest karbamiidvaikudel on omadus tungida läbi vineerikihi selle esiküljele, moodustades seal liimiplekke. Vaigu vahustamine vähendab tema imuvust puidu pooridesse ja väldib seega liimiplekkide tekkimise vineeritud detaili esiküljel.

Karbamiidvaikude vahustamiseks võib vahumoodustajatena kasutada albumiini, hüdrolüüsunud verevalku, saponiini või sünteetilist ainet saponaali. Tavaliselt kasutatakse albumiini.

Kasutatava albumiini kogus sõltub vahustatava vaigu liigist. Nii lisatakse vaikude MΦC-1, M-60 ja M-70 vahustamiseks 0,2—0,5%, vaikude MΦ-17 ja M-4 vahustamiseks aga kuni 1% albumiini.

Karbamiidvaikude vahustamine on juurutatud mitmetes Nõukogude Liidu vineeri- ja mööblitööstustes. Mitmetüübilistest seadmetest, mida vaikude vahustamiseks kasutatakse, on mööblitööstustes kasutamisel ratsionaalseima konstruktsiooniga Rostovi Uritski-nimelises Mööblivabrikus väljatöötatud aparaat, mida järgnevalt kirjeldame. Aparaaadi juurutamisel selgus, et vaigud MΦ-17 ja M-4 vahustuvad atmosfäärirõhul halvasti ja nende vaht on ebapüsiv. Seetõttu hakati neid vahustama 2—3 atmosfäärilise rõhu all, millega vaikude maht suurenes 3—4 korda ja vaht oli püsiv 6—8 tunni vältel. Selleks suunati aparaati suruõhku.

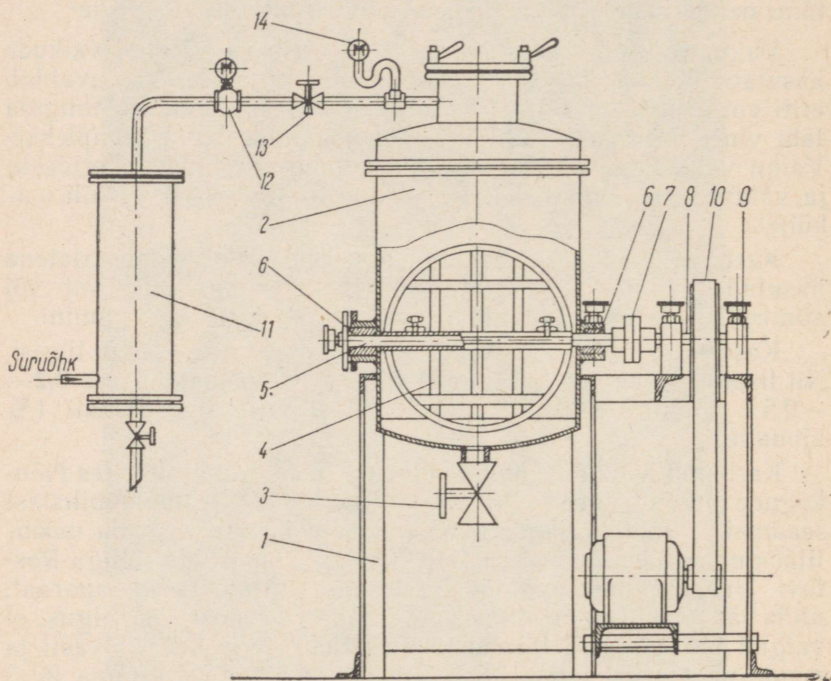
Vahustamiseks asetatakse vaik MΦ-17 vahustajasse kuni selle täitumiseni segaja telje tasemeni, lisatakse siis albumiin (0,5—1% vaigu kogusest) ja ammooniumkloriid (1% vaigu kogusest) ja suletakse vahustaja hermeetiliselt. Seejärel lülitatakse käiku segaja (250 pööret minutis) ja avatakse suruõhuventiil. Vahustumine toimub rõhul 2,5 atmosfääri 20 minuti jooksul, mille järel liim lastakse vahustajast välja vahustajas oleva rõhu toimel läbi väljavoolukraani.

Saadakse liim, mille mahukaal on 0,3—0,4 g/cm³ ja mis on kergesti pinnale kantav koguses 100 g/m².

Vahustaja (joon. 10) on väga lihtsa ehitusega ja teda võib valmistada iga vabriku remondi-mehaanikatsehhi jõududega.

Vahustajal on keevitatud alus 1, millele on kinnitatud paak 2, mis on arvestatud rõhule kuni 6 atmosfääri ja millel on hermeetiliselt suletav luuk komponentide sisseviimiseks ning kraan 3 diameetriga 35—50 mm vahustatud vaigu väljalaskmiseks.

Paaki on monteeritud segaja 4, mis koosneb neljast poolmarast, võretatud tiivikust, mis on keevitatud segaja võlli ümbritseva toru külge. Võll 5 liigub tihenduskarpidega varustatud



10. Seade liimi vahustamiseks.

laagritel 6. Tihenduskarpide ülesandeks on takistada liimi sattumist laagritesse. Segaja võll on ketasmuhvide abil ühendatud vedava võlliga 8, mis pöörleb laagrites 9 ja kannab rihmaratast 10, mis omakorda on rihma abil ühendatud 1,7-kilovatise elektrimootori võlliga.

Suruõhk juhitakse vahustajasse läbi õli- ja vee-eraldaja 11, mis on täidetud vildi või vatiga ning aktiveeritud sõega. Rõhu reguleerimiseks on olemas reductor 12. Suruõhk lastakse vahustaja paaki (peale hermeetilise luugi sulgemist) läbi kolmekäigulise kraani 13, mida kasutatakse ka suruõhu väljalaskmiseks enne paagi avamist, mida võib teha manomeetri 14 nullnäidul.

Vahustatud liimi K-17 kasutatakse mööblilikilpide vineerimiseks.

Vahustatud liimi võib kasutada ka sideainena puitlaastplaatide valmistamiseks, millega ligi kahekordselt vähendatakse liimi kulu.

Vahustatud liimiga liimimise tehnoloogia praktiliselt ei erine tavalise vaiguliimiga liimimise tehnoloogiast.

Uritski-nimelises vabrikus läbiviidud katsed liimühenduste tugevuse määramiseks näitasid, et vahustatud liimiga K-17 saadakse sama tugev ühendus kui vahustamata liimiga (vt. tabel 15).

Tabel 15

Liimühenduse tugevus vahustatud ja vahustamata liimi kasutamisel

Liim	Vineeri paksus, mm	Nihketugevus*, kg/cm ²					
		kuivalt			peale 24-tunnilist vees hoidmist		
		keskm.	min.	maks.	keskm.	min.	maks.
Vahustatud	4	33,3	21	45	11,8	9	16
Vahustatud	5	31,8	19	44	9,6	5	14
Vahustamata	4	33,4	15	41	15,6	9	18
Vahustamata	5	20,8	9	32	8	5	11

Vahustatud liimi kasutamine mööblitööstuses annab suurt tehnilis-ökonomilist efekti. Ilma liimühenduse tugevuse nõrgendamiseta väheneb vahustatud liimi kasutamisel liimikulu 40—50% võrra ja väheneb praak liimi läbitungimisest.

10. Pulbrikujulised karbamiidvaigud

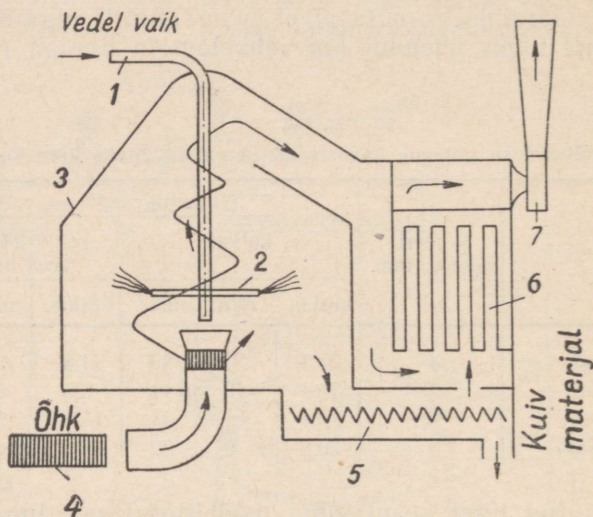
Nagu teada, alluvad karbamiidvaigud säilitamisel isegi toatemperatuuril edasisele kondensatsiooniprotsessile, kaotades sellega oma liimiva toime — nad «vananevad». Karbamiidvaikude stabiilsuse tõstmiseks kuivatatakse neid kindlate tingimustel, saades nii pulbrikujulisi karbamiidvaike. Peale suurema stabiilsuse on pulbrikujuliste karbamiidvaikude eeliseks ka nende transportimise hõlpsus ja nendest liimide valmistamise tehnoloogia lihtsus. Pulbrikujuliste karbamiidvaikude puuduseks on laialdasel tarbimisel aga nende suhteliselt kõrge hind.

Pulbrikujulisi karbamiidvaike saadakse vaikude tolmukujulisel kuivatamisel nn. tolmkuivatis. Tolmukujuline kuivatamis-

* Igal üksikul juhul katsetati 30 näidist.

protsess seisneb vedela vaigu pihustamises tema pisimateks osadeks ja selle järgnevas kuivatamises kindlal temperatuuril kas kuuma õhu, ülekuumendatud auru või heitgaaside voolus.

Sõltuvalt vaigu pihustamise protsessi iseloomust eristatakse tsentrifugaalset, mehaanilist ja pneumaatilist pihustamist. Tsentrifugaalse pihustusseadmega kuivati skeem on toodud joonisel 11.



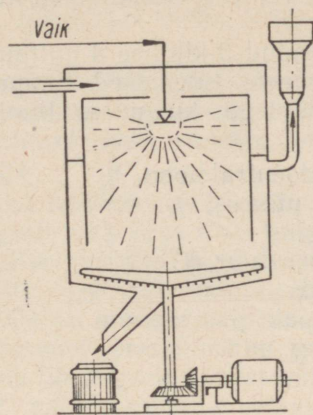
11. Tsentrifugaalpihustiga kuivati skeem:
 1 — toru vedela vaigu juhtimiseks kuivatisse;
 2 — ketas vaigu pihustamiseks; 3 — kuivatuskamber; 4 — kalorifeer õhu soojendamiseks; 5 — transportöör kuiva pulbri väljaviiamiseks kuivatuskambrist; 6 — filter pulbri-
 tolmude kinnipüüdmiseks; 7 — ventilaator.

Pihustustsooni (kamber 3) suubub läbi kalorifeeri kuum õhk, niiskuse aurumise tagajärjel kuivavad pihustatud vaiguosakesed kiiresti ja langevad kuivatuskambri põrandale. Kuiv pulber satub transportöörile ja viiakse kambrit välja. Töötanud õhk läbib filtri 6 ja imetakse ventilaatoriga 7 kambrit välja.

Joonisel 12 on toodud pulbrikujulise karbamiidvaigu valmistamise skeem, kus vaigu pihustamine toimub düüsi abil. Valmis karbamiidvaik pumbatakse reaktorist suure rõhu all düüsi ning düüsi avast väljudes pihustub väikesteks osadeks. Pihustatud produkt muutub pulbriks kuivatuskambri suunduva kuuma õhujoa toimel.

Pneumaatiline pihustamine toimub pneumaatilistes pihustites, mis asetsevad suruõhu või auru liikumisele paralleelselt või ka risti pihustatava vedelikuga.

Pulbrikujulised karbamiidvaigud on suure disperssusega valged pulbrid. Nende suure hügroskoopsuse ning madala temperatuurikindluse tõttu ei või neid hoida lahtises taaras niiskes ja soojas keskkonnas. Soojuse mõjul nad tihkestuvad, lähevad



12. Pulbrilise vaigu tootmis-
seadme skeem (pihustusmeetod).

tükkidesse, niiskes keskkonnas aga muutuvad vedelaks. Seetõttu tuleb neid hoida tihedalt suletud taaras kuivas ruumis (suhteline õhuniiskus 65—70%) temperatuuril alla 20°.

Pulbrikujulised karbamiidvaigud peavad vastama järgmistele nõuetele:

niiskusesisaldus, %	— kuni 5
lahustuvas vees, temperatuuril 18—20°	— täielik
vesilahuse pH	— mitte alla 7,0
vesilahuse eluiga (ilma kõvendajata), ööpäevades	— mitte alla 2
liimi eluiga, tundides	— 2—8 (olenevalt koostisest)

Liimilahused valmistatakse pulbrikujulistest vaikudest segajaga varustatud reaktoris, segades temperatuuril 20—22° vastavad hulgad vaiku ja vett. Tavaliselt valmistatakse 55—60%-lise kontsentratsiooniga lahused. Esimesena asetatakse reaktorisse vesi, seejärel lisatakse segaja pideval töötamisel vaik. Segajal lastakse töötada kuni pulbri lõpliku lahustumiseni ja ühtlase massi moodustumiseni.

Kui on vaja valmistada väike kogus liimi käsitsi, lisatakse algul 100-le kaaluosale pulbrile vett ligikaudu 60% vee arvestuslikust üldkogusest ja segatakse kuni pulbri tihkestuste kadumiseni. Seejärel lisatakse ülejäänud kogus vett.

Vaigu vesilahusele lisatakse kõvendaja, mille järel liim on kasutamiseks valmis.

Pulbrikujuliste vaikude liimivad omadused ei erine sama kontsentratsiooniga vedelate vaakumeeritud vaikude omadustest.

Tabelis 16 on toodud 3-kihilise 4-millimeetrilise kasevineeri liimimise tugevuskatsete tulemused liimimisel pulbrikujuliste vaikude mitmete liikidega, kusjuures liimimistingimused olid järgmised:

liimide kontsentratsioon, %	— 60
lõikešpoo niiskus, %	— 8—10
liimikulu, g/m ²	— 100
pressi temperatuur, °C	— 135—140
rõhk, kg/cm ²	— 18
pressitava paki paksus, mm	— 18
pressimisaeg, min.	— 5,5

Tabel 16

Pulbrikujuliste karbamiidvaikliimide liimivad omadused (ЦНИИФМ andmeil)

Pulbrikujulise vaikliimi liik	Nihketugevus, kg/cm ²					
	kuivalt			peale 24-tunnilist vees hoidmist		
	keskm.	min.	maks.	keskm.	min.	maks.
M-70	22,4	16	29	22,5	13	30,5
M-48	21	17	24	21	17,5	24
Bitl. nr. 36 (Inglismaa)	19	15	26	16,5	11	23

Pulbrikujulistest vaikudest valmistatud liimidega võib puitu liimida ka külmalt.

11. Võimalikud vead liimimisel karbamiidvaikudega ja nende vältimine

Kõige sagedamini esinevateks vigadeks karbamiidvaikudega liimimisel ja vineerimisel on nõrga liimühenduse tekkimine, selle lahtilöömine, nurkade ja äärte halb liimimine, mullid vineeritud detailide pindadel, liimi tungimine liimitava detaili pinnale.

Enamikul juhtudel on need vead tingitud liimimise tehnoloogia rikkumisest. Vigade tekkimise põhjuste kindlakstegemisel on aga esmalt vaja veenduda vaigu kvaliteetsuses, liimi valmistamise õigsuses ja liimimisel kasutatavate seadmete korrasolekus.

1. Nõrk liimühendus ja liimitud detailide lahtikuivamine tekib eeskätt suure niiskusesisaldusega (üle 10%) puidu kasutamisel. Kahjuks ei pöörata sellele tegurile tööstustes sageli vajalikku tähelepanu, mispärast niiske puidu tõttu esineb sageli massiliselt praaki.

Mitteküllaldane, aga ka liialt paks liimikiht võib samuti esile kutsuda nõrga liimühenduse tekkimise: esimesel juhul liimiva aine vähesuse tõttu, teisel juhul seetõttu, et paks liimikiht on ise väikese tugevusega.

Nõrga liimühenduse tekkimise põhjuseks võib olla ka vineeritavate detailide liigselt pikk pressidele asetamise aeg, mis on seotud nende pikaajalise viibimisega pressi kuumadel plaatidel ilma rõhuta, mille tõttu liim võib enneaegselt kas osaliselt või täielikult kõveneda. Sellise olukorra vältimiseks on neil juhtudel, kui detailide asetamist pressidele ei saa mehhaniseerida, soovitatav pressi laadida üheaegselt kahest küljest. Igal juhul on vajalik vineeritavad pakid asetada eelnevalt jahutatud vahelõhetele. Sellest reeglist mittekindipidamine põhjustab tööstustes sageli massilisi praak-liimühendusi.

Üheks nõrkade liimühenduste tekkimise põhjuseks on pressimisel ka detailide halb valik nende paksuse järgi. Õhemad detailid surutakse seejuures halvasti kokku ja nendevaheliste liimitavate pindade vahel ei teki vajalikku kontakti. Selline viga tehakse sageli mööblitööstustes halvasti kalibreeritud detailide vineerimisel vedelate või kelmekujuliste karbamiidliimidega.

2. Halb liitumine vineeritavate detailide äärtel tekib, kui pakke enne pressidesse asetamist hoitakse kokkupanduna pikema aja vältel (mitu tundi). Sel juhul liim detailide äärtel võib osaliselt kuivada, mistõttu ei teki küllalt tugevat liimühendust. Samuti võib äärte halba liitumist põhjustada aurupressi plaatide äärte kulumine või vineeritavate detailide ebäühtlane paksus (keskel paksem kui äärtel), mistõttu kokkupressimisel ei saavutata äärtel tugeva liimühenduse saamiseks vajalikku kontakti. Ka pressimisele liiga kiiresti järgnev detailide edasine töötlemine võib põhjustada vineeri äärte lahtilöömist.

Samadel põhjustel, kui vineeritud detailide äärte ebarahuldav kokkuliitumine tekib nõrk liimühendus ka vineeritud detailide nurkades.

3. Mullid vineeritud detailide pindadel (s. o. špoon kooldub lahti vineeritud detailist) tekivad kas puidu suurest niiskusesisaldusest või liimi suurest kogusest antud kohas.

4. Kõige sagedamini esinevaks veaks mööblitööstuste praktikas on liimi tungimine liimitava eseme pinnale. See tekib liimi tungimisel temperatuuri ja rõhu toimel puidu pooridesse, mistõttu liimitud pinna vastaspinnale võivad tekkida edasisel töötlemisel kõrvaldamatud liimiplekid. Selle vea põhjustajateks on niiske špooni kasutamine või liiga suure koguse vedela liimi pinnale kandmine.

Et vältida liimi läbitungimist, soovitatakse:

kuivatada liimikiht lahtises olekus (kohe pärast liimi pealekandmist), vähendada 1 m²-le kantava liimi kogust, kasutada vahustatud karbamiidliime, lisada liimidele täiteaineid, kokkupressimisel ettenähtud rõhku mitte ületada.

12. Karbamiidvaikude kasutamise majanduslik efektiivsus

Karbamiidvaikude kasutamine mööblitööstuses kollageensete liimide asemel võimaldab saavutada suurt majanduslikku efekti.

Lähtudes kollageensetele liimidele kehtestatud kulunormidest, maksab 1 m² pinna vineerimine nendega 0,31 rubla.

1 kg vaigu МФ-17 väljalaskehind on 0,37 rubla, kulunorm ühele ruutmeetrile 160 g. Järelikult maksab 1 m² pinna vineerimine 0,06 rubla ja ökonoomia karbamiidvaikude kasutamisel moodustab igalt ruutmeetrilt vineeritavalt pinnalt 0,25 rubla. Vahustatud liimide kasutamine on veel efektiivsem. Nii on liimi maksumus vineerimisel vahustatud liimiga K-17 ligikaudu 75% väiksem kui kollageensete liimide kasutamisel.

Karbamiidvaikude kasutamisega ei saada mitte ainult märgatavat ökonoomiat, vaid tõuseb ka seadmete tootlikkus, paraneb üldine töökultuur. Karbamiidliimide kasutamine loob laialdased võimalused kõrge tootlikkusega protsesside kasutuselevõtmiseks puidu liimimisel ja vineerimisel, võimaldab neid protsesse mehhaniseerida ja automatiseerida.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Р. З. Темкина, Г. П. Плотникова, Р. А. Миркович. Клеящие карбамидные смолы для мебельной промышленности. Москва, 1959.
2. А. Г. Забродкин. Карбамидные смолы и их применение в деревообрабатывающей промышленности. Москва, 1957.
3. Г. Н. Плотникова, А. В. Устинович. Применение вспененного клея К-17. ЦБТИ. Москва, 1957.
4. Олдржих Паар. Фанерование в гидравлических прессах. Перевод с чешского. Гослесбумиздат, 1959.
5. Р. З. Темкина, Г. П. Плотникова, Р. А. Миркович. Наполнители для клеящих карбамидных смол и белковых клеев. Москва, 1958.
6. Конструкционные клеи. Перевод с английского Г. С. Кончевского под редакцией проф. Н. Н. Чулицкого. Гослесбумиздат, 1959.
7. «Деревообрабатывающая промышленность», 1958 г. №№ 10, 11, 1959 г. №№ 1, 2, 5, 6, 7, 9.
8. Инструкция по приготовлению и применению карбамидного клея КМФ. ЦНИИМОД, Архангельск, 1959.
9. Технологический процесс изготовления мочевино-формальдегидной смолы «УкрНИИМОД-У». Временная инструкция. УкрНИИМОД, Киев, 1959.

SISUKORD

Sissejuhatus	3
1. Üldandmeid karbamiidvaikude kondensatsioonist	5
2. Karbamiidvaikude liigid ja nende iseloomustus	6
3. Karbamiidvaikude üldomadused	7
4. Liimvaikude valmistamine	11
5. Täiteained karbamiidvaikliimidele	19
6. Kõrgendatud veekindlusega karbamiidliimid	23
7. Karbamiidliimid kiirliimimiseks ja -vineerimiseks	26
8. Liimimine kuumutamisel kõrgsagedusvooludega	32
9. Vahustatud vaikliimid	37
10. Pulbrikujulised karbamiidvaigud	39
11. Võimalikud vead liimimisel karbamiidvaikudega ja nende vältimine	42
12. Karbamiidvaikude kasutamise majanduslik efektiivsus	44
Kasutatud kirjandus	45

Toimetaja **J. Hüsse**
Tehniline toimetaja **H. Laos**
Korrektor **E. Järve**

Trükkimisele antud 11. II. 1961. a. Paber 60×92, $\frac{1}{16}$. Trükipoognaid 3. Arvutuspoognaid 2,72. Tiraaž 300. MB-00375. Tellimuse nr. 2846.

Trükikoda «Bolševik», Viljandi, V. Kingissepa t. 31

Hind 14 kop.

3—10

Hind 14 kop.

A-23660
II

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00366697 3