

MASINA-ELEMENDID

E. SOONVALDI

toimetusel



III

H. KULDMA

NEETLITED

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS

17-18551
ÜLDTOIMETAJA
E. SOONVALD
STALINI PREEMIA LAUREAAT

MASINA-ELEMENDID

III

H. KULDMA

NEETLITED



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1950

SISUKORD

	Lk.
I. Neetliite iseloom ja kujundamine	5
1. Neet ja neetliide	5
2. Neetide liigitus, parameetrid ja normid	5
3. Neetimise tehnoloogiast	12
4. Neetide töötamise tingimused õmbluses	19
5. Neetõmbluste klassifikatsioon	22
II. Tugevneedistus	24
1. Kasutatavad materjalid ja üldised juhised	24
2. Tugevõmbluse parameetrid	26
3. Painde mõju õmbluses	31
4. Õmbluse tugevustegur ja selle suurendamise võimalusi	32
5. Õmbluse arvutus ristlõike järgi	34
6. Tugevõmblustes kasutatavaid norme	35
III. Tugev-tiheneedistus	40
1. Kasutatavad materjalid ja üldised juhised	40
2. Siserõhu all töötava silindri seina paksus	43
3. Tugev-tiheõmbluse arvutus	45
4. Tugev-tiheõmbluste mitmesuguseid konstruktiivseid kujundusi ja mõõteid	51
IV. Tiheneedistus	58
1. Üldised alused tiheõmbluste konstrueerimisel	58
2. Reservuaaride arvutus	58
3. Tiheneedistuste konstruktiivne kujundamine	64
V. Masinaosade needistus	67
VI. Needistus kergemetallkonstruktsioonides	70

Kasutatud tähised.

- σ_b — katketugevus (üldiselt)
 σ_{bl} — lõiketugevus
 σ_{bt} — tõmbetugevus
 σ_c — roomavuspiir
 σ_T — voolavuspiir
 σ_p — paindepinge
 σ_{ps} — pindsurvepinge
 σ_t — tõmbepinge
 δ — suhteline pikenemine, liidetava elemendi paksus
 δ_1 — lapi paksus
 φ — õmbluse tugevustegur
 ξ — libisemise eritakistus
 C — õmbluse karakteristika
 d — needi läbimõõt
 e — needi kaugus elemendi servast (jõu mõjumise suunas)
 e_1 — neediridade vahekaugus " " "
 e_2 — needi kaugus lapi servast " " "
 f — hõõrdetegur
 F — ristlõike pindala
 l — needi pikkus
 M — moment
 p — rõhk
 R — lubatav pinge
 R_l — lubatav lõikepinge
 R_{ps} — lubatav pindsurvepinge
 R_s — lubatav survepinge
 R_t — lubatav tõmbepinge
 t — needi samm
 W — vastupidavusmoment

I. NEETLIITE ISELOOM JA KUJUNDAMINE.

1. Neet ja neetliide.

Neetimisel saadud ühendus, neetliide, kuulub mittelahutatavate liidete hulka, teda ei saa lahutada ilma liite-elemente purustamata. Needistus leiab laialdast kasutamist nii masinaehituses (katlaehitus, mitmesuguste reservuaaride ehitus jne.) kui ka ehitusalastes metallkonstruktsioonides. Kuigi viimastel aastakümnetel keevitamise arenemise ja sellest tulenevalt ka tema suure leviku tõttu on paljude neetkonstruktsioonide asemel võetud kasutamisele keevituskonstruktsioonid, on neetimine paljudes konstruktsioonides jäänud siiski kindlaks ja asendamatuks ühendusviisiks.

Neet (joon. 1) on element, mis koosneb tavaliselt silindrilisest, ühest otsast veidi peenemast **needivarvast** ja vastasotsas asuvast **needipeast** (algpea). Neet pistetakse külmas või kuumendatud olekus liidetavate osade kohakuti asuvatest aukudest läbi ja tugistades algpead, moodustatakse needivarva vabast otsast kas löökide või surve toimele nn. **lõpp-pea**.

Neetide materjali valikul tuleb silmas pidada liidetavate osade materjalide füüsikalisi ja tehnoloogilisi omadusi. Nii võib näiteks liites kasutatud materjalide erinevate joonpaisumistegurite tõttu neetliide muutuda temperatuuri mõjul lõdvaks. Erinevate materjalide kasutamisel võivad materjalide kokkupuutel vedelikega tekkida galvaanilised voolud, mis põhjustavad sageli liidetavate elementide sööbimisi ja vigastusi.

2. Neetide liigitus, parameetrid ja normid.

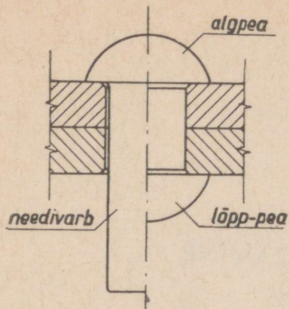
Neete võime jagada nende kuju ja kasutamisala järgi kolme liiki:

- a) peened needid, täisvarvalised;
- b) peened needid, õõnesvarvalised (ka piston-needid);
- c) jämedad needid.

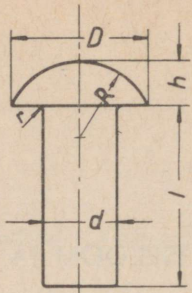
Kahe esimese liigi neete tarvitatakse peaaesjalikult tööstuse eriharudes: kerges ja vähemal määral ka keskmises masinaehituses, peenmehaanikas, elektrotehnikas, lennukiehituses jne., kuna kolmanda liigi needid leiavad laialdast kasutamist masinaehituses ja ehitusalastes metallkonstruktsioonides.

a) **Täisvarvalised peened needid** on valmistatud kas terasest või värvilistest metallidest (vask, alumiinium, nende sulamid jne.). Nende välist kuju iseloomustab suhteliselt suure läbimõõduga pea, mis võib olla kujundatud ümarpeana (joon. 2), peitpeana (joon. 3), poolpeitpeana (joon. 4), lamepeana (joon. 5) või koonilisena (joon. 6).

Tabelis 1 on toodud terasest täisvarvaliste peente ümarpeaneetide



Joon. 1.

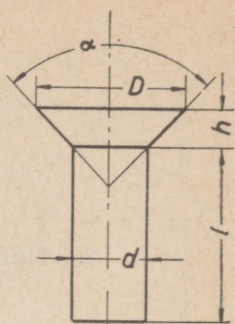


$$D \approx 1,8d$$

$$h \approx 0,6d$$

$$R = d$$

Joon. 2.

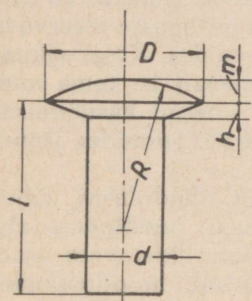


$$D \approx 2,0d$$

$$h \approx 0,5d$$

$$\alpha = 90^\circ$$

Joon. 3.



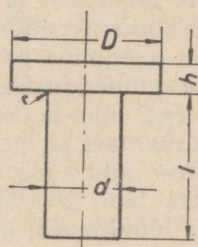
$$D \approx 2,1d$$

$$h \approx 0,2d$$

$$m \approx 0,3d$$

$$R = 2,0d$$

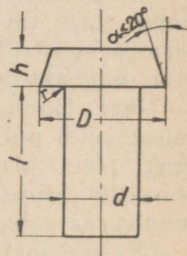
Joon. 4.



$$D \approx 2,0d$$

$$h \approx 0,4d$$

Joon. 5.



$$D \approx 1,7d$$

$$h \approx 0,5d$$

Joon. 6.

mõõdet GOCT 1187-41 järgi (joon. 2). Tabelis 2 on antud peitpeaga (joon. 3, GOCT 1195-41) ja tabelis 3 poolpeitpeaga (plekitöö-) (joon. 4, GOCT 1190-41) peente neetide mõõdet.

b) **Õõnesvarvalised peened needid** jagatakse harilikult kolme alaliiki:

1) õõnesvarvalised äärikuta needid (joon. 7), mille otsad peale torukujulise needi auku asetamist kergelt laiali või ka laiali ja alla surutakse. Nimetatud tüüpi neete kasutatakse ainult juhul, kui liite elementidele mõjuvad tähtsusetud, väiksed jõud (isoleerplaadid, bakeliitpapp, fiiber jne.);

2) äärikutega õõnesvarvalised needid (joon. 8), mida kasutatakse metallide või isoleermaterjalide juures, kui elementidele mõjuvad juba veidi suuremad jõud;

3) tagasipööratud äärtega õõnesvarvalised needid (joon. 9), mida kasutatakse pehmete materjalide (nahk, tekstiil) ühendamisel. Needi otste tagasipööratud ääred on tugevasti surutud materjali sisse.

Kui on vajalik asetada neet isoleeritult, näit. transformatori plekkide ühendamisel, siis ümbritsetakse neet isoleerivast materjalist püksiga, kuna metallist seibi A alla asetatakse veel isoleermaterjalist seib B (joon. 10).

Tabel 1.

d	1	(1,2) ¹	1,4	(1,7)	2	(2,3)	2,6	3	3,5	4	5	6	7	8
D	1,8	2,1	2,5	3	3,5	4	4,6	5,3	6,3	7,1	8,8	11,0	12,8	14
h	0,6	0,7	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,1	2,4	3	3,6	4,2	4,8
$R \approx$	1	1,2	1,4	1,6	1,9	2,2	2,5	2,9	3,4	3,8	4,7	6	7	7,5
$r \leq$	ei normita											0,4	0,4	0,4
l	(2)–6	(3)–8	(3)–10	(3)–12	(3)–14	(3)–16	(5)–20	6–20	8–24	8–(28)	8–35	10–(42)	14–50	16–60

Tabel 2.

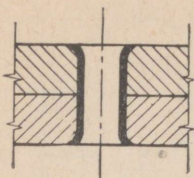
d	1	(1,2)	1,4	(1,7)	2	(2,3)	2,6	3	(3,5)	4	5	6	7	8
D	2	2,4	2,8	3,5	4	4,5	5,2	6	7,1	8	10	11,2	12,6	14,4
h	0,5	0,6	0,7	0,9	1	1,2	1,3	1,5	1,8	2	2,5	2,6	2,8	3,2
α	90°													
l	(3)–6	(4)–8	(4)–10	(5)–12	(5)–14	6–16	6–18	8–20	10–24	10–(28)	12–35	14–42	16–50	18–60

Tabel 3.

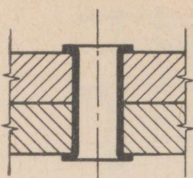
d	2	2,3	2,6	3	3,5	4	5	6	7
D	4,5	5,2	5,8	6,4	7,4	8,2	10,2	12	14
h	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,9	1,0	1,2
m	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,4	1,7	2,0
$R \approx$	4,2	4,8	5,4	6	7	8	10	12	14
l	4–6	5–7	6–8	7–9	8–10	9–12	10–16	14–26	12–28

Peitpea nurk ei ole normitud

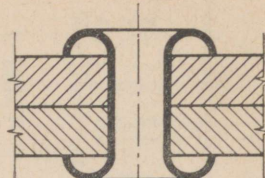
¹ Sulgudes antud mõõteid (ka kõikides järgmistes tabelites) ei soovitata kasutada.



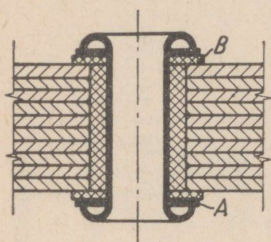
Joon. 7.



Joon. 8.



Joon. 9.



Joon. 10.

c) Jämedad needid moodustavad masinaehituses enamlevinenuma needitüübi. Needide materjalina kasutatakse terasemarke ГOCT 499-41 järgi, martäänterast Ст. 2 ja Ст. 3 ГOCT 380-41 (rühm A) järgi ja terasemarke „10“ ja „15“ ГOCT B-1050-41 järgi. Vähemvastutusrikastes kohtades võib tellija ja valmistaja vahelisel kokkuleppel neete valmistada ka terasemarkidest М. Ст. 0 ГOCT 502-41 ja Ст. 0с ГOCT 380-41 (rühm A).

Jämedad needid võime jagada nende pea kuju järgi järgmistesse peamistesse liikidesse:

ümarpeaneet, mille pea kuju, sõltuvalt kasutamise otstarbest, on kujundatud erinevalt raudkonstruktsioonide ja katlaehituse jaoks (mõõted on toodud vastavate osade käsitlemise juures);

peitpeaneet (joon. 11), mille mõõted on toodud ГOCT 1195-41 järgi tabelis 4; nurga α suurus on oleb needitavate elementide paksusest: detaili paksuse vähenemisel tuleb needi ja detaili vahelise pindsurve vähendamiseks suurendada nurka α ;

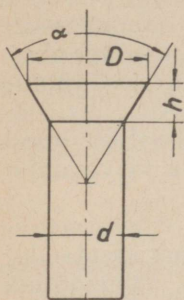
Tabel 4.

d	10	(11,5)	13	16	19	22	25	28	31	34	37
D	16	18,5	20,5	24,5	30	35	39,5	39,5	44	48	52,5
h	4	4,6	5	7,5	9,5	11	12,5	14	15,5	17	18,5
α		75°			60°				45°		
l	20-75	24-75	26-100	26-100	32-150	40-180	52-180	58-180	65-180	70-200	75-200

poolpeitpeaneet (joon. 12), mille mõõted on toodud ГOCT 1192-41 järgi tabelis nr. 5.

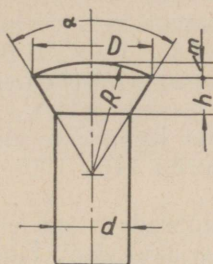
Tabel 5.

d	6	8	10	13	16	19	22	25	28	31	34	37
D	11,2	14,4	16	20,5	24,5	30	35	39,5	39,5	44	48	52,5
h	2,6	3,2	4	5	7,5	9,5	11	12,5	14	15,5	17	18,5
m	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5
α		90°		75°		60°				45°		
$R \approx$	16	16	17	22	28	34	40	46	42	46	50	56
l	12-26	18-60	18-75	18-100	24-100	24-150	28-210	40-210	55-180	55-180	70-200	75-200



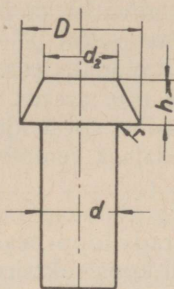
$\alpha = 75^\circ 60^\circ 45^\circ$
$D \approx 1,6d \ 1,6d \ 1,4d$
$h \approx 0,4d \ 0,5d \ 0,5d$

Joon. 11.



$\alpha = 90^\circ 75^\circ 60^\circ 45^\circ$
$D \approx 1,8d \ 1,6d \ 1,4d$
$h \approx 0,4d \ 0,5d$
$m \approx 0,2d$
$R \approx 1,7d \ 1,8d \ 1,5d$

Joon. 12.

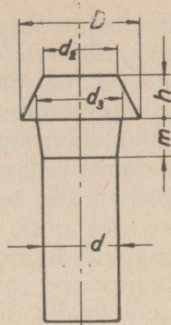


$$D \approx 1,6d$$

$$d_2 \approx 1,0d$$

$$h \approx 0,6d$$

Joon. 13.



$$D \approx 1,6d$$

$$h \approx 0,6d$$

$$m \approx 0,5d$$

$$d_2 \approx 1,0d$$

$$d_3 \approx 1,1d$$

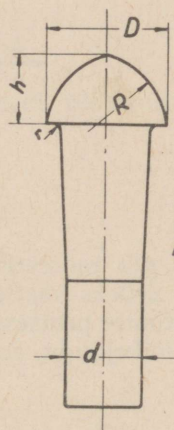
Joon. 14.

Joonistel 13, 14 ja 15 on kujutatud veel järjekorras koonilise peaga (ГОСТ 1193-41), peitosaga koonilise peaga (ГОСТ 1194-41) ja kõrgendatud peaga koonilise varvaga needid, kusjuures on antud ka pea kuju mõõdet needi läbimõõdu kui parameetri kaudu. Koonilise peaga neete ГОСТ 1193-41 kasuta-

takse peamiselt vedurite tulepesade neetimisel, kus antud pea kuju on, võrreldes hariliku ümarpeaneediga, põlemisele vastupidavam, ja neete ГОСТ 1194-41 järgi laevaehituses, kus neetid on eriti nõutav suurem pea tugevus. Kõrgendatud peaga koonilise varvaga neete kasu-

tatakse juhtudel, kus needitavate plekkide kogupaksus δ , võrreldes needivarva läbimõõduga d , on suhteliselt suur (näiteks kui needimaterjali Ст. 2 või Ст. 3 puhul $\delta \geq 4,5 d$), millest tingitult ei ole hariliku kujuga needivarva puhul tagatud neediaugu tihe täitumine.

Täiesti eriliigi neete moodustavad nn. laengneedid (joon. 16). Siin toimub lõpp-pea moodustamine needivarva lõpposas asuva lõhkeaine-

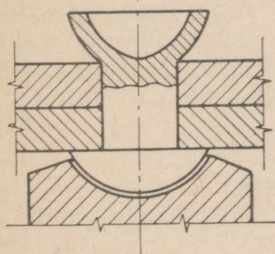
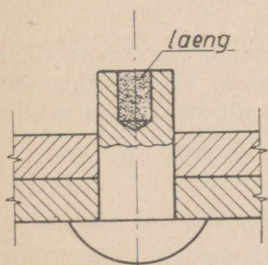


$$D \approx 1,6d$$

$$h \approx 0,9d$$

$$R \approx 1,1d$$

Joon. 15.

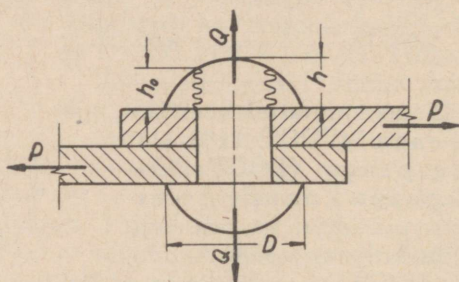


Joon. 16.

laengu plahvatuse teel, mis põhjustab liidetavast materjalist väljaulatuva osa plastilise deformatsiooni. Seejuures tekib kausikujuline lõpp-pea, mille diameeter, võrreldes needivarva diameetriga, on suurenenud (terasneetidel 15%, alumiiniumsulamite puhul 25–30%). Lõpp-pea moodustamine algab kohe liidetava elemendi pinnalt (vt. joonis), mistõttu on ka kindlustatud elementide omavaheline tihe asetus.

Plahvatuse tekitamiseks soojendatakse laengneete algeapoolsest otsast erilise elektrilise soojendajaga temperatuurini 116–120° C, mis saavutatakse 1–2 sekundi jooksul.

Nimetatud neete kasutatakse neis kohtades, kus ei ole ligipääsmatuse tõttu võimalik moodustada lõpp-pead harilikul viisil. Hulgaliselt kasutatakse laengneete kergemetall-konstruksioonides väikeste needi läbimõõtude puhul (lennukiehitus jms.). Suuremate läbimõõtude korral ei ole aga mõjuvatele jõududele vastava tugeva liite tekkimine lõpp-pea erikuju tõttu kindlustatud.



Joon. 17.

Needi pea teoreetilised mõõted võime arvutada needi töötamise tingimustest. Selleks vaatleme neetõmbluse ühte neeti (joon. 17). Tähistades Q -ga neetimise protsessis needis tekkinud teljesuunalist jõudu ja P -ga needile mõjuvat löikejõudu, saame seose nimetatud jõudude vahel:

$$Qf \approx P, \quad (1)$$

kus f on needitavate plekkide vaheline hõõrdetegur.

Võrrand (1) tõstab esile ka nõude, et neet, või täpsemalt — neetimisel needivarvas tekkinud jõud peaks suruma needitud elemente nii tugevalt kokku, et tekkiv hõõrdejõud Qf oleks suurem jõust P või piirjuhul vähemalt võrdne jõuga P .

Võrrandist (1) saame Q suuruse:

$$Q = \frac{P}{f} \quad (2)$$

ja nüüd võime needi läbimõõdu d määrata tingimusest

$$Q = \frac{P}{f} = \frac{\pi d^2}{4} R_t, \quad (3)$$

kus R_t on needi lubatav tõmbepinge.

Tegelikult ei ole aga hõõrdetegur f neetõmblustes küllaldaselt täpselt määratav. Samuti ei ole õige arvutada needi ristlõiget lõikele, kuna mitmed neetimisega kaasuvad ebatäpsused moonutavad puhtlõike olukorda.

Praktiliselt võetakse siiski aluseks, et neetõmblusele mõjuv jõud P tekitab needi lõikele ligilähedase olukorra. Seega, kui tähistada needi lubatavat lõikepinget R_t -iga, saame:

$$P \approx \frac{\pi d^2}{4} R_t \quad (4)$$

Võttes tingimuslikult $R_t = R_t$ ja võrreldes võrrandeid (3) ja (4), ilmneb, et $P \approx Q$, s. t., et needi teljesuunalise jõu Q alumiseks piirväärtuseks on needi deformeeriv ristsuunaline jõud P .

Mitmete katsetulemuste põhjal on ka selgunud, et neetõmbluses needi mehaanilised omadused tõusevad ja lubatava lõikepinge R_t väärtus läheneb lubatava tõmpepinge R_t väärtusele. Katseandmete järgi on saadud needi materjali tõmbetugevuse σ_{bt} ja lõiketugevuse σ_{bl} vahel keskmised vahekorrad piirides

$$\sigma_{bl} = (0,85 - 1,12) \sigma_{bt}$$

mis annab küllaldase aluse lugeda võrdseks suurused R_t ja R_t .

Jõud Q mõjul:

- 1) needivarb on tõmmatud (tõmme),
- 2) needi pea aluspind on surutud (pindsurve) ja
- 3) needi pea püüab eralduda varvast (lõige).

Toodud mõjusid arvestades võime kirjutada needi töötamistingimusi iseloomustavad võrrandid (tähisted jooniselt 17):

needivarb tõmbele:

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} R_t; \quad (5)$$

needi pea aluspind pindsurvele:

$$Q = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) R_{ps}; \quad (6)$$

needi pea lõikele:

$$Q = \pi d h_o R_t. \quad (7)$$

Kõrvutades võrrandid (5) ja (6),

$$\frac{\pi d^2}{4} R_t = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) R_{ps},$$

saame, garanteerides needi võrdtugevuse mõlema deformatsiooni suhtes, määrata needi läbimõõdu kui parameetri kaudu pea läbimõõdu.

Võttes $R_{ps} = (1,0 - 1,5) R_t$, saame:

$$R_{ps} = R_t \text{ puhul } D \approx 1,41 d \quad (8)$$

$$\text{ja } R_{ps} = 1,5 R_t \text{ puhul } D \approx 1,28 d. \quad (8-a)$$

Võrranditest (5) ja (7) tuleneb, et:

$$\frac{\pi d^2}{4} R_t = \pi d h_o R_t$$

ja võttes $R_l \approx 0,8R_t$, saame:

$$h_o \approx 0,31d \text{ ja}$$

$$h \approx 0,35d.$$

(9)

Praktikas võetakse aga need väärtused teatud varuga, mistõttu suurused D ja h on ka normides määratud siinleitust suurematena.

3. Neetimise tehnoloogiast.

Neetõmbluse kvaliteet on peale sobiva materjali valiku veel suurel määral ka kogu neetimisprotsessi ettevalmistamise ja teostamise viisist, eeskätt neediaugu kujundamisest ja neetimismenetlusest. Seetõttu olgu allpool lühidalt peatatud ka neetimise üksikute võtete juures.

a) **Aukude kujundamine.** Neediaugud moodustatakse kas stantsimise või puurimise teel. Suurtehastes, kus tavaliselt on olemas suure võimsusega stantsimisseadmed (automaat-speisserid, -dublikaatorid jms.), kasutatakse stantsimist väga laias ulatuses.

Stantsimine on puurimisega võrreldes tunduvalt odavam, kuid eeldab sealjuures sitket liidetavate elementide materjali. Nimelt tekivad stantsimisel materjali pinnas voolavuspiiri ületavad pinged, misjuures materjali pind muutub hapraks ja kõvaks; ka võivad sageli tekkida augu pinnal peened praod, mis vähendavad materjali tugevust. Toodud puudusi on võimalik kõrvaldada augu järelpuurimise või hõõritsemisega, mille juures materjali vigastatud kiht eemaldatakse. Kasutades järelpuurimist või hõõritsemist on võimalik ka stantsimisel tekkinud stantsimise suunas kooniliselt laienevale augule anda silindriline kuju. Pinna mehaanilisi omadusi võib taastada ka lõõmutamise teel. Stantsimisel tekkiv kraat augu servas tuleb enne needi auku asetamist kõrvaldada.

Aukude stantsimine on piiratud pleki paksusega ning on eeldab suure võimsusest ja vastupidavusest. Tavaliselt on pleki materjali CT. 3 puhul piiriks pleki paksus 24 mm, kusjuures keskmiseks matriitsi eaks arvestatakse 4000—4500 ja templil 2000—2500 augu stantsimist.

Puurimismenetlus mõjub palju vähem materjali omadustele ja võimaldab täpsemat tööd, eriti sel puhul, kui kokkukuuluvate aukude puurimine teostatakse ühiselt (suure seinapaksusega katelde, metallkonstruktsioonide tähtsamate sõlmpunktide jms. neetimisel). Väiksemate katelde puhul puuritakse augud tavaliselt plekkide painutamata olukorras, kusjuures augu läbimõõt valitakse 1—2 mm väiksem nõutavast, peale painutamist hõõritsetakse augud vajalikku mõõtu.

Aukude kujundamise suhteline odavus saavutatakse aga sel viisil, et algul stantsitakse auk, mille läbimõõt on 3—4 mm väiksem nõutavast ja mis siis hiljem puuritakse nõutava läbimõõduni.

Tuleb märkida, et väikesed praod augu seinas võivad tekkida ka puurimisel ja hõõritsemisel — nüride tööriistade kasutamise tagajärjel.

b) **Külm- ja kuumneetimine.** Needi lõpp-pea moodustamise, s. o. tegeliku neetimise kvaliteedist on liite üksikute detailide töötamise ühtlus ja kogu liite tugevus. Seetõttu tuleb seda osa kogu neetimise protsessist

lugea kõige vastutusrikkamaks. Needi lõpp-pea kujundatakse needivarva külmas või kuni helepunase hõõgvärvuse ni kuumutatud olekus. Vastavalt sellele nimetatakse neetimist kas külm- või kuumneetimiseks. Võib esineda ka seganeetimine, kus needivarb kuumendatakse ainult lõpp-peapoolsest otsast.

Neetimise kvaliteedi peamisteks näitajateks on neediaugu needivarvaga täitumise aste ja needis tekkiv teljesuunaline jõud.

Kuumas olekus on lõpp-pea moodustamine kergem ja materjalile kahjulikke mõjusid ei esine. Kuna needi jahtumisel tekitavad needivarvas tunde- vad piki-pinged, surutakse liidetud elemendid tugevasti kokku, see suurendab nendevahelist hõõrdumist.

Kuumneetimiseks kuumutatakse neete ääsil või erilistes koksi, gaasi, õli või elektriga köetavates kuumutusahjudes temperatuurini 1000-1100 (1150) °C. Neetimise protsess peab olema lõpetatud temperatuuril umbes 450—500° C, kuna madalamatel temperatuuridel (350—400° C) kaotab neet juba oma plastilisuse. Veel madalamal temperatuuril neetimisel (nn. sinihapruse piirkonnas, 250—300° C) võivad needis tekkida praod. Neediaugu absoluutset täitumist ei ole kuumneetimisel võimalik saavutada, kuna jahtumisel tekib needi läbimõõdu vähenemine umbes 0,6—0,7%.

Külmneetimist kasutatakse praegusel ajal veel piiratud ulatuses. Külmalt needitakse peamiselt väikesemõõdulisi neete. Nii on näiteks praegu kujunenud külmneetimise kasutamise piiriks masinaehituses needi läbimõõt 10 mm, ehitusalastes konstruktsioonides 13 mm, dekoratiivsetes liidetes üle selle.

Põhimõttelisi takistusi külmneetimise kasutamiseks ka suuremate needi- läbimõõtude puhul ei ole; küsimus laheneb ühest küljest suurema võimusega neetimiseadmete ja teisest küljest plastilisemate ja kvaliteetsemate materjalide kasutamisele võtmisega. Sealjuures võimaldab külmneetimine saavutada aga igal juhul neediaugu paremat täitumist.

Kergemetallsulamite neetimise puhul on eriti soovitatav kasutada külmneetimist, kuna liidetavate osade kuumenemisel nad sageli muutuvad vähem tugevaks. Parendatud kergemetallsulamitest neete, nagu Al-Cu-Mg-rühm, tuleb üldreeglina enne neetimist kuumutada, kuna nende materjal ajajooksul iseenesest kõveneb ja selle tõttu se pistamine ei ole võimalik.

c) **Käsitsi- ja masinneetimine.** Olenevalt neetimismenetlusest võime jagada neetimise käsitsi- ja masinneetimiseks.

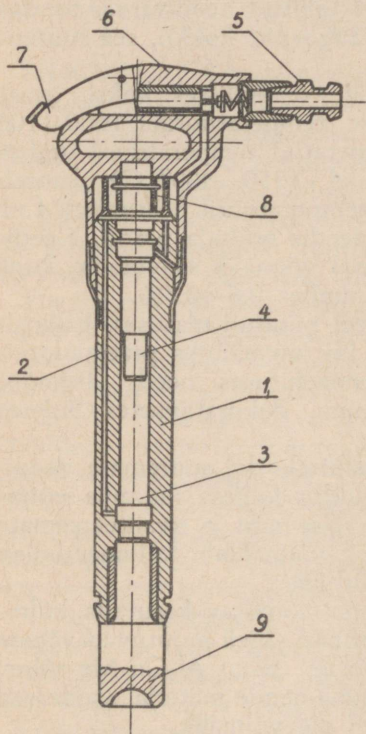
Käsitsineetimisel toetatakse needi algepead ja kasutades sobiva- kujulist, needi lõpp-pea vajalikust kujust tingitud vahepealset vormi, moodustatakse löökide abil lõpp-pea.

Neetimine „käsitsi“ selle sõna otseses mõttes, s.o. vasarate abil, on kaotanud tänapäeval praktilise tähtsuse, — kasutamist võiks ta leida veel vaid üksikjuhtudel väikestes remonditöökohtades.

Laialdast kasutamist on aga leidnud neetimisel pneumaatiliselt käitatavad vasarad, mis tunduvalt kiirendavad tööprotsessi löökide sageduse arvel.

Suruõhuvasara kasutamisel toetatakse kuumendatud neet toega, mille pneumaatiliselt käitatav silinder surub needi algepea tihedalt needitava elemendi vastu.

Suruõhuvasar (joon. 18) koosneb järgmistest tähtsamatest osadest kere, löögiseade, siiber ja käepide koos lülitiga. Suruõhuvasara keres 1 asuvad õhukanalid 2 ja silinder 3, milles liigub kolb 4, mis on ühtlasi ka löökrauks. Suruõhk juhitakse nipli 5 kaudu käepidemesse 6. Vajutades lülile 7, ühendatakse siibriseade 8 suruõhuga; suruõhk pääseb silindri ülemisse ossa, kus ta paneb liikuma löökraua 4, mis suure kiirusega annab löögi vormile 9. Löökraua liikudes alla sulguvad kanalid, mis juhtisid suruõhku silindri ülemisse ossa. Peale löögi sooritamist avaneb kanal silindri alumises osas ja löökraud liigub tagasi, surudes silindri ülemisse ossa jäänud õhu välja.



Joon. 18.

Suruõhuga neetimine toimub tavaliselt rõhul 5,5—6,0 at, kusjuures löökide arv minutis on 800—1400.

Pneumaatiliselt käitatuva tugi kujutab endast pneumaatilist pressi, mille kolbi on kinnitatud needi algpead toetav tugiosa. Suurte paksuste ($\geq 4,5 d$) neetimisel suruõhuvasaraga tuleb kasutada pneumaatilist lööke-andvat tuge või teostada neetimine kahe suruõhuvasara abil. Nimetatud juhul, kus harilikult kasutatakse joonisel 15 kujutatud kõrgendatud peaga neete, on vajalik hästi teostada kogu needi kuumutamine, tugevamini aga needi kõrgendatud algpea poolsest otsast. Niisugusel viisil võib saavutada täiesti rahuldava tugevusega liite veel needitavate elementide kogupaksuse puhul kuni 7d (needi materjal harilik — Cr. 2 või Cr. 3).

Masinneetimine toimub kas hüdrauliliselt, suruõhuga või eelmistest kombineeritult käitavate survemenetlusel töötavate neetimismasinatega, kusjuures harilikult U-kujulise raami alumine haru on kujundatud sobivana algpea toetamiseks. Masin võib olla riputatav kraanadele ja seega mitte-

kohtkindel. Mittekohtkindla masina lõugade asetus on kas vertikaalne või horisontaalne, kusjuures läbilaskevõime on viimasel juhul suurem.

Kohtkindla masina lõuad asuvad vertikaalselt ning kogu masina vertikaalliikumine toimub hüdraulilise või pneumaatilise tõsteseadme abil. Kohtkindla masina läbilaskevõime on kuni 4000 neeti 8-tunnisel tööpäeval, kuna mittekohtkindlal masinal see arv kõigub 500—1500 piirides.

Survemenetlusel saadud neetliidetal on võrreldes löökmenetlusel saadutega ühtlasem kvaliteet. Survemenetlus aga tingib ka suuremat tähelepanu neetimise läbiviimisel. Oluline on needi õige temperatuuri ja augu suurusele sobiva surve valik, samuti ka hoidumine liiga pikkadest needivarbadest, mis põhjustaksid ülemäärase surve tekkimist augu seinale. Suur surve omakorda võib veel suurendada ka seal juhuslikult leiduvaid pragusid.

Hapra materjali (näit. malm) neetimine masinatega on takistatud, kuna habras materjal võib puruneda.

Katsed on näidanud, et neetimissurve suurendamine ei mõjuta mingil viisil needi teljesuunalise jõu Q suurenemist. Viimastel aegadel on jäänud keskmise neetimissurve väärtuse $P \geq 10 F$ juurde, kus F on needivarva ristlõike pindala cm^2 -tes ja P — masina survejõud tonnides. Külmneetimisel võetakse survejõu suuruseks $P \geq 25 F$ tonni.

Et liidetavaid elemente tugevalt kokku suruda, ja et needi materjal surve all ei tungiks liidetavate elementide vahele, on suuremad neetimismasinad varustatud liidetavate elementide kokkusurumiseks erilise surverõngaga, mis enne templi tööerakendamist erilise kolviga alla pressitakse (joon. 19).

Pärast needi lõpp-pea kujundamist tuleb hoida neet veel mõni aeg neetimissurve all, kuna vastasel juhul needitavate elementide reaktsiooni tagajärjel tekiks veel kuuma needi kahjulik pikenemine.

Kogemuste põhjal on välja kujunenud allpool toodud reeglid:

1) Neetide asetamist õmblusse ei ole soovitatav teostada järjestikku, vaid algul tuleksid asetada needid harvalt montaaž-poltide (-neetide) vahele. Neetide järjestikku asetamisel võib tekkida aukude nihkumine teineteise suhtes ja ka liidetavate plekkide väljakummumine.

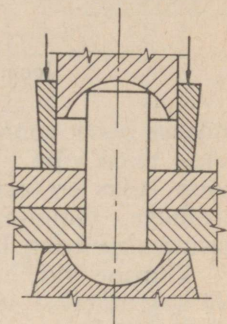
2) Neetimisel on vajalik hoolitseda soojuse õige ärajuhtimise eest. Ka selleks on soovitatav teostada neetimist läbisegi; soojust on võimalik ära juhtida ka vormi ja alustoe jahutamise teel. Soojuse kontsentratsiooni puhul võib tekkida kohalik materjali ülekuumenemine, mille tagajärjel deformeeritud osade vastupidavus väheneb.

3) Ei ole soovitatav teostada plekkide neetimist paksusega üle 4,5 needi läbimõõdu.

4) Neet tuleb jätta pärast lõpp-pea moodustamist neetimismasina surve alla veel nii mitmeks sekundiks, kui suur on needivarva läbimõõt millimeetrites. Viimane reegel on väga ligikaudne, kuna masina seisuaega on siin võimalik veelgi lühendada; viimasel ajal loetakse küllaldaseks hoida alal neetimissurvet näit. Ct. 3-st konstruktsioonide puhul mitte vähem kui 4 sekundit ja margi ЦПК kasutamisel mitte vähem kui 10 sekundit.

Võrreldes masinneetimist ja neetimist suruõhuvasaraga, tuleb rõhutada, et suruõhuvasara kasutamine annab väiksema tootlikkuse ja on vähem ökonoomne. Peale selle oleneb liite kvaliteet siin suurel määral neetija kvalifikatsioonist. Kuid on kohti, kus masin suruõhuvasarat ei suuda asendada — peaaegu igas konstruktsioonis on sõlmi, mille neetimine masinaga ei ole ligipääsematuse tõttu võimalik. Siit tuleneb ka ülesanne konstruktorile — vähendada miinimumini niisuguste masinale mitteliligipääsevate neetide arvu konstruktsioonis.

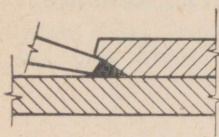
d) **Temmimine.** Kui neetõmblus peab olema tihe (reservuaarid, katlad jne), siis kasutatakse tiheduse saavutamiseks peale mitmesuguste tihendusmaterjalide, nagu asbestpapp, tõrvapaber, riie, mennikvõrk jt., temmimist.



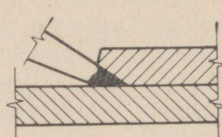
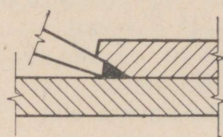
Joon. 19.

Temmimise operatsioon teostatakse kahe järjestikuse võttega: algul lüüakse pleki serva ligikaudu 3 mm sügavune sooneke, millele järgnevalt soonekesest allpool asuv materjal lüüakse alumise pleki vastu.

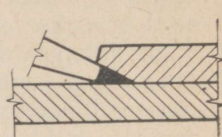
Joonisel 20 on kujutatud viis, kus kasutatakse ühte teravaservalist temm-meislit. Asetades temm-meisli nüri nurgaga alumise pleki poole,



Joon. 20.

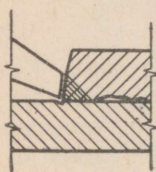


Joon. 21.



lüüakse sisse sooneke ning siis, pöörates temm-meislit 180° võrra, teostatakse teine võtte. Teise viisi puhul (joon. 21) kasutatakse aga kummagi võtte jaoks eri kujulist temm-meislit: sooneke moodustatakse ümara otsprofiiliga temm-meisliga, kuna materjali serva lõplikuks kinnilöömiseks kasutatakse teist, lamedaotsalist (nüri) temm-meislit.

Viimane viis, võrreldes esimesega, tagab temmimisel mitmeid paremusi. Nii saavutatakse selle viisi juures liite sügavam tihendamine, kusjuures nüri temm-meisli kasutamine tagab õmbluses väiksema pingete kontsentratsiooni. Samuti ei ole temmimise käigus võimalik tekitada vigastusi alusplekile, mis sageli esinevad esimese viisi juures (joon. 22).



Joon. 22.

Minimaalseks temmitava pleki paksuseks loetakse 4,5—5 mm. Temmimise hõlbustamiseks tuleb temmitava pleki serv lõigata libajaks nurga $70-75^\circ$ all (kalle $\approx 1:4 - 1:3$) (joon. 23).

Temmimine võib toimuda kas „käsitsi“ või ka suruõhuvasara abil.

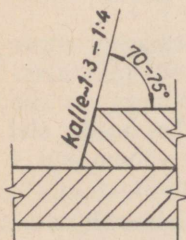
Et temmimisel ei tekiks temmitava pleki vetrumine, ega ka ühe koha temmimisel naaberkohtade lahtipaindumine, on vajalik hoiduda suurest neetide omavahelisest kaugusest, samuti ei tohi neetõmblus asuda liiga kaugel pleki servast.

Olenevalt konstruktsiooni tähtsusest, iseloomust ja tehnilistest võimalustest, teostatakse temmimine kas liite ühel või mõlemal poolel.

Tihti temmitakse ka needipead. Eeskujuliku needistuse puhul ei tohiks aga needipeade temmimine olla vajalik, kuna needipea tihe liibumine peaks olema tagatud juba neetimisprotsessiga.

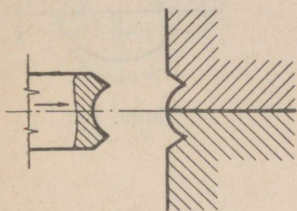
Lahtiseks muutunud neetide järeltemmimine ei ole lubatud, vaid niisugused needid tulevad asendada uutega, kuna temmimine ei suuda kunagi asendada kuumalt asetatud neetide poolt tekitatud plekkidevahelist libisemistakistust.

Samuti ei ole lubatav teostada temmimist juhul, kui temmitav seade on rõhu all. Sel juhul kutsub ebatihedate kohtade temmimine tavaliselt temmitava koha läheduses esile uusi ja suuremaid õmbluse ebatihedusi.

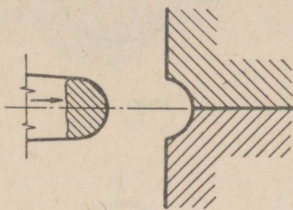


Joon. 23.

Ei ole soovitatav teostada ka õmbluse nn. „pingutamist“ erikujulise temm-meisliga, mis tekitab liitekohal metalli kihti sisselõike (joon. 24). Kui niisugune „pingutamine“ on tõesti vajalik, siis tuleb kasutada ümarakujulise otsaga temm-meislit (joon. 25), kuna see kahjustab materjali vähem.



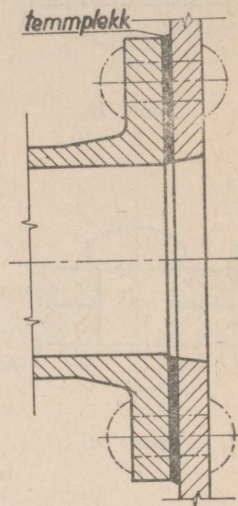
Joon. 24.



Joon. 25.

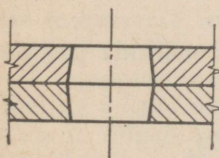
Teostatud tõmbeproovid neljatahuliste proovikahadega on näidanud, et teravate sisselõigete puhul kohalikud pinged servades ületavad 5-kordselt kogu ristlõike keskmise pinge ja ümmarguste sisselõigete puhul ainult 2,12-kordselt.

Malmosade ühendamisel (mitmesugused jätkud, äärikud jms.) toimub tihendamine vaheasetatud pehmest rauast või vasest temmpleki abil, mis temmitakse peale neetimist (joon. 26).

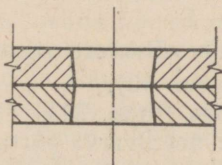


Joon. 26.

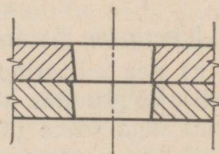
e) Defektid neetimisel. Elementide liitmisel tuleb suurt tähelepanu osutada õigele märkimisele ja ka otsesele neetimisprotsessile. Peale neetimist halvasti istuvad needid tehakse kindlaks kerge vasaralöögiga needi lõpp-peale. Kui seejuures on märgata needi algpea liikumist või kuulub õõnsat kõla, siis tuleb niisugune neet kui kõlbmatu ümber vahetada. Vahetamisele kuuluvad ka needid, millel välisel vaatluse leidub defekte.



Joon. 27.

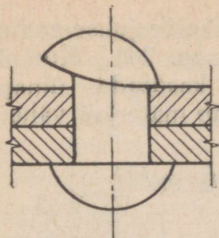


Joon. 28.

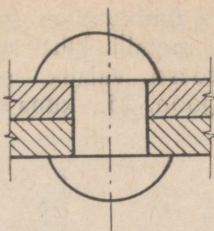


Joon. 29.

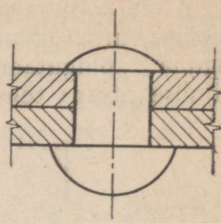
Stantsitud aukudega detailide liitmisel võib aukude kohakuti asetamisel ilmnedu aukude ebaühtlane profiil kolmel kujul (joon. 27, 28 ja 29). Toodud kombinatsioonidest tuleb lugeda paremaks joonisel 28 kujutatut, kuna antud juhul auku surutud neet surub augu seinad silindrilisemaks. Joonisel 27 kujutatud augu profiili puhul muutub neet vaadikujulisemaks, kuna joonise 29 kohaselt on needil täiesti moonutatud kuju.



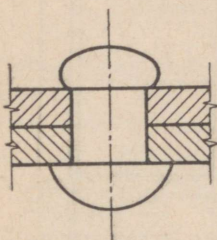
Joon. 30.



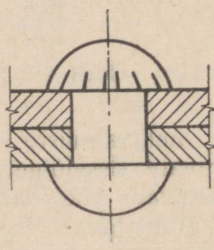
Joon. 31.



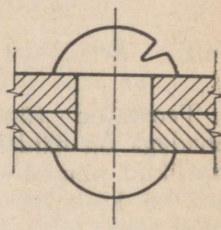
Joon. 32.



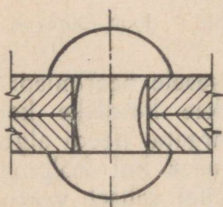
Joon. 33.



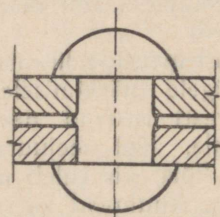
Joon. 34.



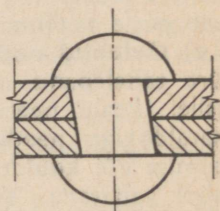
Joon. 35.



Joon. 36.



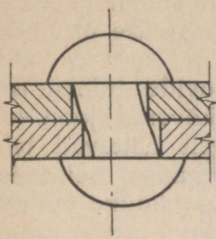
Joon. 37.



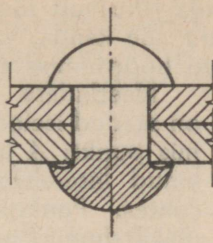
Joon. 38.

Neetamise protsessil tekkida võivad vigadest tuleks märkida järgmisi :

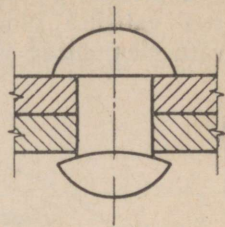
- a) pea mittetihe asetus (joon. 30),
- b) külgsuunas nihutatud pea (joon. 31),
- c) liiga väike pea lühikese needivarva tõttu (joon. 32),
- d) lõpuni surumata pea lühikese needivarva tõttu (joon. 33),
- e) pragunenud servad liigsest kuumutamisest või needi halvast materjalist tingituna (joon. 34),
- f) sisselõiked peas või pea ümbruses (joon. 35),
- g) needi läbimõõt on väiksem augu läbimõödust (joon. 36) ja neet ei täida auku täis, on paindunud,
- h) liidetavad elemendid ei asu küllalt tihedalt koos (joon. 37),
- i) viltu asetatud neet (joon. 38),
- j) augud ei asu plekkides kohakuti (joon. 39),
- k) seenekujuline algpea (joon. 40),



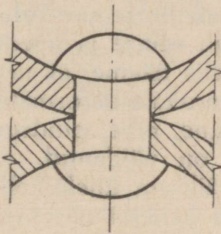
Joon. 39.



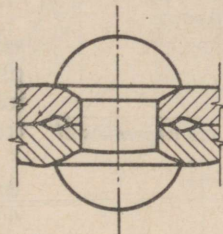
Joon. 40.



Joon. 41.



Joon. 42.



Joon. 43.

l) ebatihedalt asuv algpea, tingitud valmistamisest kulunud stantsil (joon. 41),

m) plekkide lahtipaindumine liigse surve tagajärjel needile (joon. 42),

n) plekkide väljakummumine liigse surve tagajärjel needile (joon. 43).

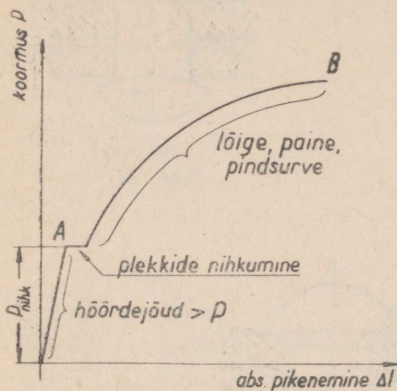
Needitavate elementide materjalis toimuvad kuumneetamise protsessil mitmed muudatused, mis halvendavad tema mehaanilisi omadusi. Nii saab liidetav element needi lõpp-pea ümbruses kohaliku kuumenduse osaliseks, samuti ka augu seinad. Kõrgete survete puhul nimetatud kohtades allub metall plastilisele deformatsioonile. Peale selle mõjub iga needi poolt augu ümbruses esile kutsutud pleki kuumenemine ka naaberaukudele ja tingib nende muutumise ovaalsemaks. Mida keerukam on neetõmblus, seda suuremad ja keerukamad on ka kuumenemise mõjud ja kutsuvad esile täiendavaid temperatuurseid pingeid ja jäävaid deformatsioone.

Kokku võttes näeme, et neetamise protsessi läbiviimine on väga vastustusrikas ja nõuab suurt hoolt. Teisest küljest aga ei ole võimalik paljusid neetõmblusele mõjuvaid faktoreid arvutustes täpselt määrata. Seetõttu tuleb alati meeles pidada, et hiljemtoodud neetkonstruktsioonide arvutused sisaldavad mitmel pool ligikaudsusi ja on vägagi tingimuslikud.

4. Neetide töötamise tingimused õmbluses.

Kuumneetamise puhul tekivad needivarvas jahtumisel tunduvalt piki- jõud, mis liidetavaid elemente tugevasti teineteise vastu surudes omakorda suuri hõõrdejõude tekitavad. Needi läbimõõt väheneb nii temperatuuri alanemise kui ka pikijõudude mõjul. On selge, et neetimisel kuumalt auku

tihedalt täitev needivarb ei suuda jahtunult jõude augu külgsinna ja needivarva vahelise pindsurve kaudu üle kanda, vaid jõud kantakse üle liidetavate elementide vahel tekkinud hõõrdumise teel.

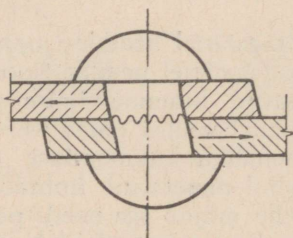


Joon. 44.

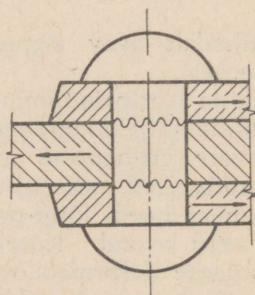
Neetliidete tõmbeproovide tulemusena on saadud iseloomulikud kõverad (joon. 44), mis punkti A juures selgelt näitavad tekkinud liite-elementide nihkumist teineteise suhtes. Punktist A alates toimub jõudude ülekandumine juba needivarva kaudu, needivarb töötab paindele (joon. 45 ja 46), kuni punktis B toimub purunemine lõike tagajärjel libisemispinnal.

Kuna peale libisemise tuleb arvesse võtta veel ka augu seinte ja needivarva vaheline pindsurve, siis näeme, et neet on allutatud küllaltki keerukale deformatsiooniolukorrale (tõmme, paine, nihe, pindsurve).

Katsed on näidanud, et painde mõju on kõige väiksem ühelõikelisel needil (joon. 45), suurem kahelõikelisel (joon. 46) ja veel suurem kahelõikelisel peitpeaga needil.



Joon. 45.



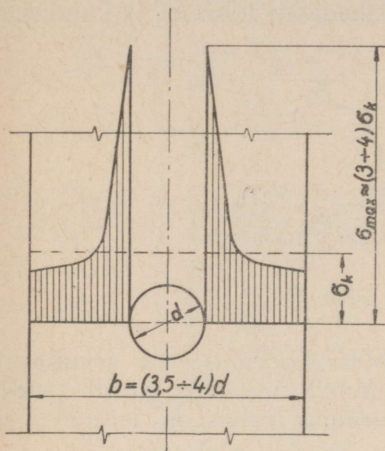
Joon. 46.

Mis puutub hõõrdejõu suurusesse olenevalt needivarva pikkusest, siis on katsetega kindlaks tehtud, et hõõrdejõud suureneb küll needivarva pikkuse suurenedes, kuid liiga pikkade needivarvade puhul (ümärpeaneetide puhul $> 4,5d$ ja peitpeaneetidel $> 5d$) needivarvad nõtkuvad külgsuunas läbi ja ühendus muutub ebakindlaks. Toodud pikkustest alates on otsustavam kasutada poltliiteid.

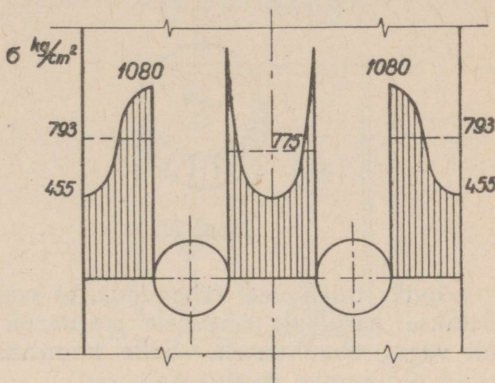
Ülaltoodu näitab, et laialt praktiseeritav needi arvutus ainult lõikele on küllaltki tingimuslik. Ka needitavates elementides tekivad neetõmbluse ümbruses mitmed muudatused, mis mõjuvad pingete jaotusele. Nimetatud muudatused on tingitud nii needi aukude kui ka neetide poolt ülekantavate jõudude mõjust.

Katselised andmed on näidanud, et aukude mõju isotroopsest materjalis ribas kutsub esile tõmbepingete ebaühtlase jaotuse (joon. 47), kusjuure

suurimad pinged, mis ületavad nõrgestatud ristlõikele taandatud keskmise pinge 3—4 kordselt, asetsevad augu äärel. Augu mõju pingete jagunemisele on märgata ristisuunas jõule umbes 3,5—4 needi läbimõõdu ulatuses.



Joon. 47.



Joon. 48.

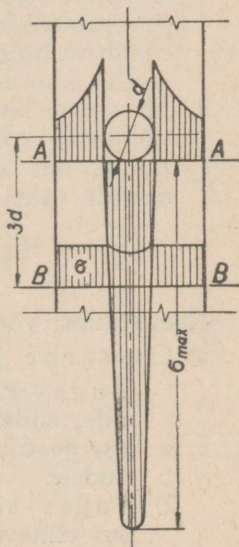
Niisugune pinge jaotus esineb seni, kuni pinged ei ületa materjali elastsuspiiri. Peale elastsuspiiri ületamist pinged ei kasva enam võrdeliselt deformatsioonidele, vaid aeglasemalt. Peale voolavuspiiri ületamist katkeb ülepingete kasvamine pingestatud tsoonis, kuna lähedalasuvad seni vähempingestatud osad hakkavad pingeid vastu võtma. Seega ebaühtlane pingejaotus väheneb ja materjali katkemine toimub nõrgestatud ristlõikes keskmise pinge juures, mis on ligilähedane materjali tõmbetugevusele.

Kahe auguga ribas on pingete asetuse sarnane eeltoodud näitega, kuid on märgata aukude vastastikust mõju (joon. 48).

Needivarbade poolt ülekantavad jõud, mis mõjuvad peaaegu keskendatud koormusena, tekitavad liideta-vates elementides, tingituna kitsast needivarva ja augu seina vahelisest kokkupuutepinnast, suuri kohalikke pingeid.

Tekkiv pingete asetuse on toodud joonisel 49. Katsed on näidanud, et suurim pinge σ_{max} lõikes A—A (puutepind augule) ületab ligikaudu 9-kordselt kogu ristlõike keskmise pinge. Ristlõikes B—B, augu tsentrist ligikaudu $3d$ kaugusel, jaotub pinge σ aga juba peaaegu ühtlaselt.

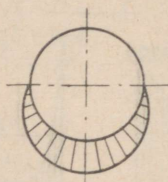
Suured kohalikud pinged isenesest ei ole neetõmbeluse tugevusele hädaohtlikud, kuid III koormusühul võivad esile kutsuda augu seintes rekristalli-



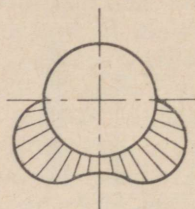
Joon. 49.

satsiooni, sest metall töötab nimetatud kohtades tihti pingeolukordades, mis ületavad proportsionaalsuse ja isegi voolavuspiiri.

Needivarva kaudu mõjuva koormuse jaotust augu seinal kujutati pike-mat aega joonisel 50 toodud skeemi kohaselt. Hilisemad katsed aga on näidanud, et koormuse jaotumine toimub ligilähedaselt joonisel 51 kujutatud skeemile.



Joon. 50.



Joon. 51.

Lõpuks tuleb veel tähendada, et neetõmbuse koormus, mis arvutustes võetakse harilikult ühtlaselt jaotuvana üksikutele neetidele, jaotub tegelikult vägagi ebaühtlaselt. Selle koormuse jaotumise kohta on leitud järgmised olulisemad seaduspärasused.

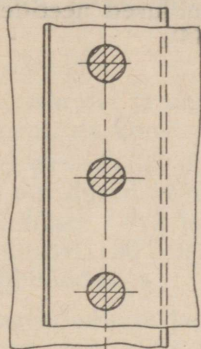
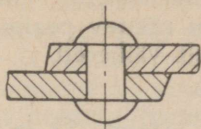
1. Äärmised neetide read on rohkem koormatud keskmiste ridade vähemkoormatuse arvel.
2. Koormuse jaotumise ebaühtlus neetide ridades kasvab needi sammu suurenemisega.
3. Pingete ligikaudsel suurusel $400\text{--}600\text{ kg/cm}^2$ ületatakse tavaliselt hõõrdejõud liidetavate elementide vahel ja tekivad elementide esialgsed nihked, mille suurus, olenevalt neetimise kvaliteedist, ulatub ligikaudu $0,001\text{--}0,01\text{ mm}$ -ni; edasi toimub koormuse ülekandmine juba otsese kokkupuutumise teel needivarva kaudu. Mida rohkem nüüd neetõmbus koormuse mõjul deformerub, seda ühtlasemalt jaotub koormus üksikute neetide vahel.
4. Niisugune koormuse ühtlustumine on aga suure tähtsusega, kuna ta põhjustab kõikide neetide samaaegse katkemise. Seega koormuste puhul, mis on lähedased õmbuse katkejõule, jõudude jaotumine neetide vahel on lähedane meie arvutuse alustingimustele.

5. Neetõmbuste klassifikatsioon.

Neetõmbusi võime liigitada mitmelt seisukohalt.

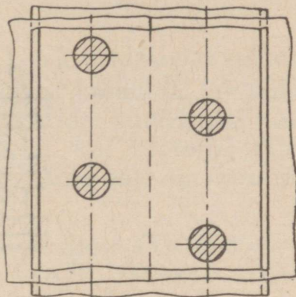
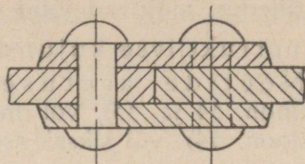
a) Otstarbe järgi:

- 1) Tugevõmbus, mida kasutatakse paljude metallkonstruktsioonide, sildade, talade, sõrestikkude, sammaste jne. valmistamisel, kus neetõmbus peab suutma vastu pidada ainult mõjuvatele jõududele.
- 2) Tugev-tiheõmbus, mis leiab kasutamist konstruktsioonides, kus esinevad suured jõud ja kus samaaegselt on nõutav ka liite tihedus (katlad, autoklaavid, retsiপিঁদি, akumulaatorid jne.).



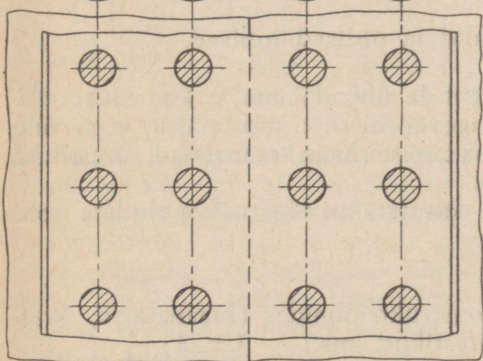
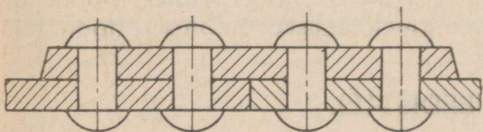
ridade arv $n=1$
 needi lõikele töötavate
 pindade arv $z=1$

Joon. 52.



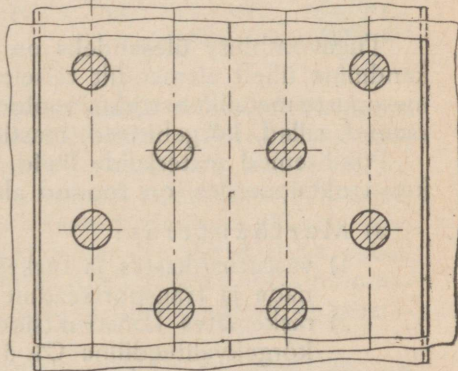
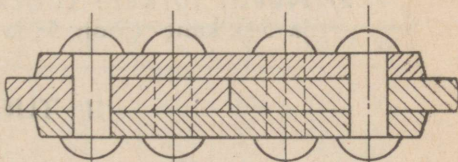
$n=1$
 $z=2$

Joon. 53.



$n=2$
 $z=1$

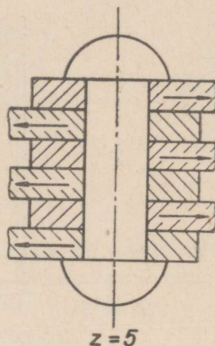
Joon. 54.



$n=2$
 $z=2$

Joon. 55.

- 3) Tiheõmblus, mida kasutatakse reservuaaride, mitmesuguste gaasijuhtmete jne. valmistamisel, kus on nõutav peamiselt seadme tihedus, mõjuvad jõud on aga suhteliselt väikesed.
- b) Konstruktiivse kujundamise järgi:
- 1) Neetide asetuse järgi: ühe- (joon. 52 ja 53), kahe- (joon. 54 ja 55), või mitmerealised õmblused paralleelse (joon. 54) või siksak-asetusega (joon. 55).



Joon. 56.

- 2) Liitekohta tüübi järgi: ülekatte- (joon. 52), ühepoolsed lapp- (joon. 54) ja kahepoolsed lappõmblused (joon. 53 ja 55).
- 3) Needi lõikele töötavate pindade järgi: ühe- (joon. 52 ja 54), kahe- (joon. 53 ja 55) ja mitmelõikelised õmblused (joon. 56).

II. TUGEVNEEDISTUS.

1. Kasutatavad materjalid ja üldised juhised.

Tugevõmbluse ülesandeks on elementide ühendamise ja koormuse ülekandmine ühelt elemendilt teisele. Tugevneeditust kasutatakse väga mitmesuguste metallkonstruktsioonide valmistamisel, nagu kraanatalad, sõrestikud, raamid, sillad, kõrgehitised, mastid jne.

Põhilisemad materjalide liigid, mida kasutatakse tööstuslike ehitiste neetkonstruktsioonides, on toodud allpool.

a) Martäänteras:

- 1) vastutusrikastes ja rasketes konstruktsioonides (kraanatalad, kraanade ja transportseadmete sõrestikud jms.) — Ct. 3;
- 2) raskemates konstruktsioonides tingituna ökonoomsuse nõuetest — kõrgekvaliteediline Ct. 5;
- 3) vähevastutusrikastes osades lubatakse tarvitada madalamakvaliteedilisi marke — Ct. 3 madalamakvaliteediline, Ct. 2 madalamakvaliteediline ja Ct. 1 madalamakvaliteediline;
- 4) valtsidele, šarniiride voodreina — Ct. 3 ja Ct. 5.

Üldiselt võib raudkonstruktsioonides materjalina kasutada martään-, bessemer- ja toomas-teraseid, mis vastavad normile ГОСТ 380—41 (rühm A).¹

Bessemer- ja toomas-teraseid on lubatud kasutada juhul, kui elementidele ei mõju dünaamiline koormus.

Ehituslikes konstruktsioonides kasutatakse terasemarke Ст. Ос, Ст. 2 ja Ст.3, kusjuures Ст.2 ja Ст.3 leiavad kasutamist vastutusrikkamates kohtades.

b) Terasvalu:

- 1) balanssiiridel ja alustugedel — Ст. 2,
- 2) kergemates konstruktsioonides — Ст.2 madalamakvaliteediline.

c) Markeerimata materjali lubatakse kasutada, kui tema mehhanilised omadused võrduvad väliste defektide puudumisel madalamakvaliteediliste Ст.2 ja Ст.3 omadega ja kui materjal talub külma paindeproovi 180° ümber varda, mille läbimõõt on võrdne proovikeha läbimõõduga.

Needid tugevõmbluse jaoks valmistatakse terasest ГОСТ 499—41 järgi, martään-terasest markidest Ст.2 ja Ст.3 ГОСТ 380—41 (rühm A) ja terasemarkidest „10“ ja „15“ ГОСТ В 1050-41.

Kokkuleppel valmistaja ja tellija vahel võib vähevastutusrikkastes õmblustes kasutada neete ka martäänterasest М.Ст. О ГОСТ 502-41 ja Ст. Ос ГОСТ 380—41 (rühm A).

Tugevõmblustes kasutatavate ümarpeanetide mõõted on antud ГОСТ 1187-41 järgi tabelis 6 (tähisted jooniselt 2).

Tabel 6.

<i>d</i>	10	(11,5)	13	16	19	22	25	28	31	34	37
<i>D</i>	16	19	21	25	30	35	40	45	50	55	60
<i>h</i>	6	7	8	9,5	11	13	15	17	19	21	23
<i>R</i> ≈	9	10	12,5	13	16	18	21	23,5	26	28,5	31
<i>r</i> ≤	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5
<i>l</i>	16—85	20—90	22—100	26—110	(32)—150	(38)—180	(52)—180	55— —180	55— —180	70— —200	75— —200

Needitud konstruktsioonide dimensioneerimisel tuleb erilist rõhku panna suurimatele koormustele ja nende mõjumisviisile. Katusekandjates ja paljudes teistes ehitusalastes konstruktsioonides esinev koormus on alalise iseloomuga; seevastu näiteks kraanade dimensioneerimisel tuleb arvestada muutuvaid pingeid, mis kõiguvad harilikult omakaalust tingitud alumise piirväärtuse ja lasti tõstmisel-allalaskmisel tekkiva ülemise piirväärtuse vahel. Üksikute varraste ja nende neetide arvutamisel tuleb arvesse võtta nii omakaalust ja kasulikust koormusest kui ka tuule- ja lumerõhust ning inertsjõududest tekkivad koormused.

Paljudes masina osades (nagu needitud kangid, balanssiirid jne.) esinevad aga pidevalt suuna poolest vahelduvad jõud.

¹ Наркомстрой, Указания по проектированию и применению стальных конструкций в условиях военного времени (У-28-42).

2. Tugevõmbluse parameetrid.

Neetide asetuse mingi sõlme nii piki- kui ka ristõmblustes määrab hari-likult sõlme konstruktiivne kujundamine. Seejuures tuleb silmas pidada õmbluse suurimat lihtsust ja püüda vältida neetide erisugust sammu ja läbimõõtu. Õmbluse lihtsustamise püüet kas liite-elementide pikendamise või lappide arvel toob aga kaasa kaalu suurenemise.

Neetliite arvutus võib toimuda needi arvutuse teel lõikele. Suurim ühe needi poolt üleantav jõud, needi töötades lõikele, oleks:

$$P_{1l} = n \frac{\pi d^2}{4} R_l, \quad (10)$$

kus

n on lõikepindade arv,

d — needi läbimõõt (võetakse arvutustes võrdseks augu läbimõõduga) ja

R_l — lubatav lõikepinge; $R_l = (0,8—1,0) R_t$,

kus R_t on lubatav tõmbepinge.

Suurim ühe needi poolt üleantav jõud, needi töötades pindsurvele, oleks:

$$P_{1ps} = d\delta R_{ps}, \quad (11)$$

kus

δ on kõige õhema needitava elemendi paksus ja

R_{ps} — lubatav pindsurvepinge; $R_{ps} = (1,75—2,0) R_t$.

Eeldustel, et mõjuvad jõud jaotuvad neetidele võrdselt, et pinged jaotuvad liidetavate elementide vahel ühtlaselt ja et jõudude jaotumine lappidele toimub võrdeliselt lappide ristlõigetega pindaladega, võime leida vajaliku neetide arvu z sõlmes, kui sõlmele mõjub jõud Q_t tonni. Sõlme poolt üleantav suurim jõud

$$Q_t \cdot 1000 = z \frac{\pi d^2}{4} R_l n. \quad (12)$$

Võttes lubatavaks lõikepingeks $R_l = 650 \text{ kg/cm}^2$, saame vajaliku neetide arvu ühelõikelise õmbluse puhul ($n = 1$):

$$z_1 = \frac{Q_t \cdot 1000}{\frac{\pi d^2}{4} R_l n} = \frac{Q_t \cdot 1000}{\frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot 650 \cdot 1} \approx \frac{2Q_t}{d^2}; \quad (13)$$

kahelõikelise õmbluse puhul ($n = 2$):

$$z_2 = \frac{Q_t \cdot 1000}{\frac{\pi d^2}{4} R_l n} = \frac{Q_t \cdot 1000}{\frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot 650 \cdot 2} \approx \frac{Q_t}{d^2}. \quad (14)$$

Näide. Leida vajalik ühelõikeliste neetide arv sõlmes, kui sõlmele mõjub jõud $Q = 7500 \text{ kg}$ ja kasutatavate neetide läbimõõt (augu järgi) on $d = 23 \text{ mm}$. Vajalik neetide arv:

$$z = \frac{2Q_t}{d^2} = \frac{2 \cdot 7,5}{2,3^2} = 2,84.$$

Võtame neetide arvuks $z = 3$.

Õmbluse mõõdete määramine toimub samuti lihtsalt: needi samm t ja needi kaugus elemendi servast e väljendatakse needi läbimõõdu d kui parameetri kaudu. Allpool leiamegi suurused t ja e üherealisele ülekatte-õmblusele, mis on kujutatud joonisel 57.

Toodud õmbluse katkemine võib toimuda:

- 1) üheaegselt kõikide neetide katkemisest (lõige);
- 2) pleki katkemisest neetide joonel;
- 3) pleki katkemisest pindades AB ja CD (lõige), kui kaugus e on liiga väike;
- 4) liigest pindsurvest augu seinale.

Õmbluse katkemine ei toimu, kui õmblus suudab kõikidele nimetatud deformatsioonidele vastu pidada. Õigesti arvatud õmblus peab olema võrdvastupidav kõigi nimetatud deformatsioonide suhtes.

Kui tähistada P -ga kogu õmblusele mõjuvat jõudu ja z -iga needisammude arvu õmbluses, siis ühele needile, samuti ka sammulaiusele ribale mõjuv jõud oleks:

$$P_1 = \frac{P}{z}.$$

Ülaltoodud katkemistingimuste kohta koostame võrrandid (tähised joonisel 57), kusjuures lubatavate pingete eraldamiseks on pleki puhul kasutatud ülakoma ('):

- 1) neet lõikele:

$$P_1 = \frac{\pi d^2}{4} R'_i; \quad (15)$$

- 2) kahe needi vaheline plekk tõmbele:

$$P_1 = (t - d) \delta R'_i; \quad (16)$$

- 3) pinnad AB ja CD lõikele:

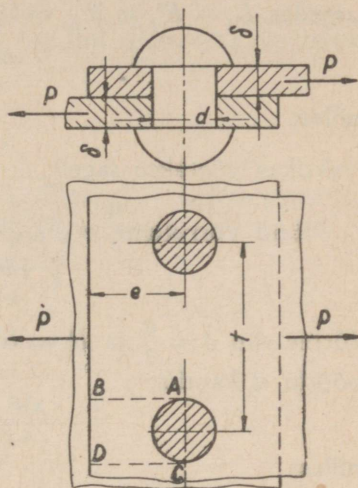
$$P_1 = 2 \left(e - \frac{d}{2} \right) \delta R'_i; \quad (17)$$

siin lõikele töötav pikkus $\left(e - \frac{d}{2} \right)$ on võetud tegelikust väiksem — tekki vigi on suhteliselt väike ja suurendab tugevustagavara;

4) augu ja needi kokkupuutepind pindsurvele, kusjuures on oletatud, et surve jaguneb ühtlaselt kogu augu seinaprojektsiooni ulatuses:

$$P_1 = d \delta R'_{ps}. \quad (18)$$

¹ R'_{ps} valitakse selle materjali järgi, millele on lubatav väiksem pindsurvepinge (siin tavaliselt plekk).



Joon. 57.

Võrrutame võrrandite (15) ja (18) paremad pooled:

$$\frac{\pi d^2}{4} R_l = d \delta R'_{ps}. \quad (19)$$

Lugedes $R_l = R'_t$ ja $R'_{ps} = 1,5 R'_t$, saame võrduse kujus

$$\frac{\pi d^2}{4} R'_t = d \delta \cdot 1,5 R'_t,$$

millest

$$d = 1,91 \delta. \quad (20)$$

Praktikas võetakse sageli

$$d = 2 \delta. \quad (20-a)$$

Nüüd võrrutame võrrandite (15) ja (16) paremad pooled:

$$\frac{\pi d^2}{4} R_l = (t-d) \delta R'_t. \quad (21)$$

Võttes siin $\delta = \frac{d}{2}$ ja $R_l = R'_t$, saame väljendada needi sammu t läbimõõdu d kaudu:

$$\frac{\pi d^2}{4} R'_t = (t-d) \frac{d}{2} R'_t,$$

millest

$$t = 2,57 d. \quad (22)$$

Tavaliselt võetakse

$$t = 3 d. \quad (22-a)$$

Võrrutades samuti võrrandite (15) ja (17) paremad pooled, saame:

$$\frac{\pi d^2}{4} R_l = 2 \left(e - \frac{d}{2} \right) \delta R'_t. \quad (23)$$

Võttes $R'_t = 0,8 R_l$ ja $\delta = \frac{d}{2}$, saame augu telje teoreetilise kauguse e liidetava elemendi servast:

$$\frac{\pi d^2}{4} R_l = 2 \left(e - \frac{d}{2} \right) \frac{d}{2} \cdot 0,8 R_l; \\ e = 1,48 d. \quad (24)$$

Praktikas võetakse:

puuritud aukude puhul

$$e \geq 1,5 d \quad (24-a)$$

ja stantsitud aukude puhul

$$e \geq (2-2,5) d. \quad (24-b)$$

Neetõmblust iseloomustava suurusena on kasutamisel nn. õmbluse tugevustegur φ , mis on neetõmbluse liidetava elemendi aukudega nõrgestatud ristlõike tõmbetugevuse suhe tema nõrgestamata ristlõike tõmbetugevusega:

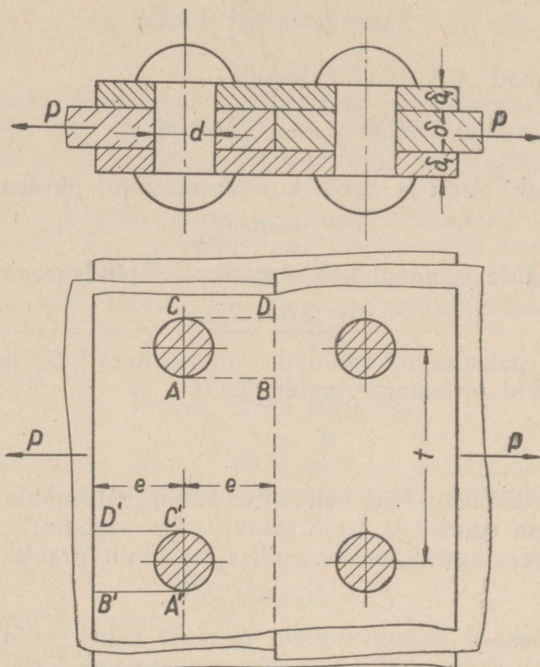
$$\varphi = \frac{(t-d) \delta R'_t}{t \delta R'_t} = \frac{t-d}{t}. \quad (25)$$

Suurus φ on alati väiksem ühest ja õmblus on tugevuse seisukohalt seda paremini projekteeritud, mida suurem on φ .

Vaadeldud õmbelse (joon. 57) puhul saaksime $t = 2,57 d$ juures:

$$\varphi = \frac{2,57 d - d}{2,57 d} = 0,61.$$

Praktikas esinevad φ väärtused kõiguvad toodud üherealise ülekateõmbelse juures piirides $\varphi = 0,45 - 0,57$.



Joon. 58.

Toodud õmbelse puhul saaksime suurima teoreetilise õmbelse tugevusteguri vahekorra $d = 2,5 \delta$ juures, mille puhul $\varphi = 0,66$.

Järgnevas leiame veel parameetrid üherealisele kahepoolsele lappõmbelsele (joon. 58).

Ühe sammu laiussele ribale mõjuv jõud oleks jällegi

$$P_1 = \frac{P}{z},$$

kus z on sammude arv õmbleses.

Koostame purunemistingimusi iseloomustavad võrrandid:

1) neet lõikele (kahelõikeline õmblus):

$$P_1 = 2 \cdot \frac{\pi d^2}{4} R_i \quad (26)$$

2) plekk neetide joonel tõmbele :

$$P_1 = (t - d)\delta R'_t; \quad (27)$$

3) kaks lappi neetide joonel tõmbele :

$$P_1 = 2(t - d)\delta_1 R'_t; \quad (28)$$

4) needitava pleki pinnad AB ja CD lõikele :

$$P_1 = \left(e - \frac{d}{2}\right) 2 \delta R'_t; \quad (29)$$

5) lappide pinnad $A'B'$ ja $C'D'$ lõikele :

$$P_1 = \left(e - \frac{d}{2}\right) 4 \delta_1 R'_t; \quad (30)$$

6) liidetava pleki augu ja needi kokkupuutepind pindsurvele :

$$P_1 = d\delta R'_{ps}; \quad (31)$$

7) lappide aukude ja needi kokkupuutepind pindsurvele :

$$s = 2 d \delta_1 R'_{ps}. \quad (32)$$

Nüüd võime lapi paksuse δ_1 avaldada võrranditest (27) ja (28) (kui lapid ja needitavad plekid on samast materjalist) :

$$\delta_1 = \frac{\delta}{2}. \quad (33)$$

Kuna plekid avaldavad risti valtsimise suunaga tõmbele nõrgemat vastupanu kui valtsimise suunas ja lapid jäävad väga sagedasti töötama tõmbele just risti valtsimise suunaga, siis võetakse harilikult praktikas

$$\delta_1 = (0,6 - 0,75) \delta. \quad (33-a)$$

Needi läbimõõdu ja liidetava pleki paksuse suhte võime leida võrranditest (26) ja (31), kasutades lubatavate pingete vahel samu suhteid nagu eeltoodud ülekatteõmbluse parameetrite leidmisel :

$$2 \cdot \frac{\pi d^2}{4} R_t = d \delta R'_{ps} = d \delta \cdot 1,5 R'_t,$$

kust

$$d \approx \delta. \quad (34)$$

Kuna tingimuse (34) järgi kujuneks needi läbimõõt tema pikkusega võrreldes liiga väikeseks, mis ei kindlusta küllaldast plekkide kokkusuurumist, valitakse needi läbimõõt praktikas piirides

$$d = (1,5 - 1,75) \delta. \quad (34-a)$$

Neetide sammu t saame võrrandeist (26) ja (27) :

$$2 \cdot \frac{\pi d^2}{4} R_t = (t - d) \delta R'_t,$$

kust

$$d = 1,5 \delta \text{ puhul } t = 3,36d \quad (35)$$

ja

$$d = 1,75\delta \text{ puhul } t = 3,75d. \quad (35-a)$$

Õmbluse kauguse e pleki servast saame võrranditest (26) ja (29):

$$2 \cdot \frac{\pi d^2}{4} R_t = \left(e - \frac{d}{2} \right) 2 \delta R_t',$$

millest $d = 1,5 \delta$ puhul $e = 1,97d$ (36)

ja $d = 1,75 \delta$ puhul $e = 2,22d$. (36-a)

Õmbluse tugevustegur:

$$d = 1,5 \delta \text{ puhul } \varphi = 0,7;$$

$$d = 1,75 \delta \text{ puhul } \varphi = 0,73.$$

Analoogiliselt kahe siinesitatud õmbluse liigi parameetrite leidmisega, võib leida ka parameetrid kõikide teiste erinevate õmbluste liikide jaoks. Siinjuures tuleb eeldada, et koormus jaguneb õmbluse üksikute ridade vahel võrdselt.

Nagu nähtub tulemustest, nõrgestavad kahelõikelised õmblused liidetavaid plekke vähem kui ühelõikelised. Peale selle kandub kahelõikelises õmbluses mõjuv jõud ühelt plekilt teisele paremini üle, kuna mõjuvad jõud asuvad ühel sirgel. Ühelõikelise õmbluse puhul esineb aga lisapinge plekis painde ning neetides — tõmbe mõjul.

3. Painde mõju õmbluses.

Ülekatteõmbluse juures (joon. 59) tekitavad plekkidele mõjuvad välisjõud P jõupaari $P \cdot \delta$. Paindepinge suuruseks needitavate plekkide materjalis kujuneb:

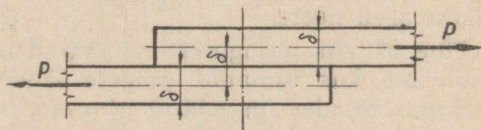
$$\sigma_p = \frac{M}{W} = \frac{P \delta}{\frac{1}{6}(t-d)\delta^2} = \frac{6P}{(t-d)\delta} = 6\sigma_t. \quad (37)$$

Kui hinnata kohalikke pingeid aukude äärtes suurusega $2,5\sigma_t$, oleks kogu pinge aukude joonel:

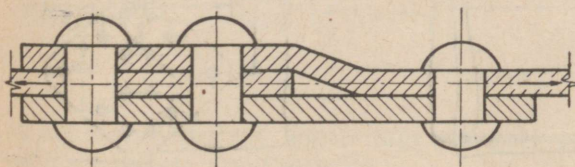
$$2,5\sigma_t + 6\sigma_t = 8,5\sigma_t. \quad (38)$$

Tegelikult on need pinged aga väiksemad. Hõõrdumine needitud plekkide vahel vähendab neid pingeid niivõrd, et neid ei arvestata.

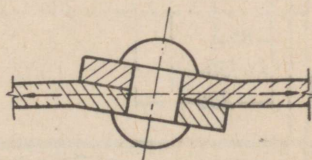
Vaatamata toodud puudustele, leiavad ühelõikelised õmblused oma lihtsuse tõttu praktikas laialdast kasutamist.



Joon. 59.



Joon. 60.



Joon. 61.

Et vabaneda painde mõjust, kasutatakse ka joonistel 60 ja 61 esitatud konstruktsioone. Mõlema konstruktsiooni puhul, nii lisaapiga ülekatteõmblusel kui ka painutatud õmblusel, on jõupaari $P \cdot \delta$ mõju muutunud nulliks, kuna mõjuvad jõud on viidud ühele sirgele.

4. Õmbluse tugevustegur ja selle suurendamise võimalusi.

Nagu eespool märgitud, väljendas õmbluse tugevustegur neetidega nõrgestatud ristlõike tugevuse suhet pleki nõrgestamata ristlõike tugevusega, seega φ iseloomustab pleki nõrgestuse suurust õmbluse kohas.

Et plekk oleks võrdtugev nii õmbluse joonel kui ka nõrgestamata osas, oleks vajalik suurendada õmbluse joonel pleki paksust. Pleki valmistamise seisukohast on see aga võimatu. Seetõttu on vajalik, kuigi metalli otstarbeka kasutamise seisukohalt mitte õigustatud, kasutada plekki, mille paksume kogu ulatuses määrab nõrgestatud ristlõike vajalik paksus.

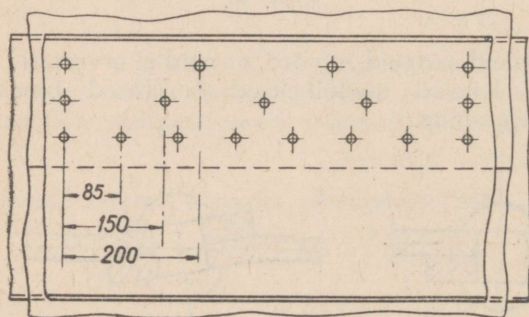
Et saavutada kokkuhoidu metallis, oleks vaja viia pleki nõrgestus miinimumini, see tähendab, lähendada õmbluse tugevustegurit ühele.

Levinenumate õmbluste tugevusteguri väärtus osutub suhteliselt väga madalaks ($\varphi = 0,45 - 0,85$). Kui viia läbi arvutus tugevustegurite leidmiseks mitmerealistes õmblustes, siis selgub, et üksikutes ridades on erinevad nii pinged kui ka φ väärtused.

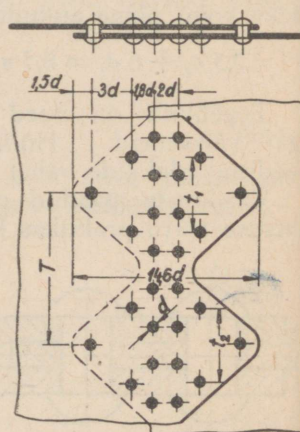
Elmainitu juhtis uurijaid mõttele, luua õmbluse konstruktsioon suurema tugevusteguri väärtusega, kusjuures ka tugevustegurid oleksid mitmerealise õmbluse kõikide ridades võrdsed.

Kuna esimene neetide rida nõrgestab plekki kõige enam ja tugevusteguri väärtus läheneb seda rohkem ühele, mida suurem on samm antud augu läbimõõdu juures, tuleks püüda kasutada esimeses reas võimalikult väikest arvu neete.

Ühe näitena niisugusest nn. võrdtugevast õmblusest, kus sammud pingete lähendamiseks üksikutes ridades on valitud erinevad, on toodud joonis 62.



Joon. 62.



Joon. 63.

Nõukogude Liidus on selline ülesanne väga edukalt lahendatud. Tugevustegurite väärtuse üldiseks tõstmiseks nende võrdustamise teel õmbluse kõikides ridades, mille resultaadina saavutatakse ökonoomsem metalli kasutamine, on esitatud uut tüüpi, nn. optimaal-võrdtugevad õmblused (OCT 23062—40). Näidetena optimaal-võrdtugevatest õmblustest on toodud joonised 63 ja 64. Tugevusteguri arvutamine toimub sel juhul järgmise võrrandi järgi:

$$\varphi = \frac{t-d}{t} + \frac{z \frac{\pi d^2}{4} R_t + A}{T \delta R_t} \approx \text{const}, \quad (39)$$

kus

t on minimaalne samm;

T — välimise rea samm, maksimaalne;

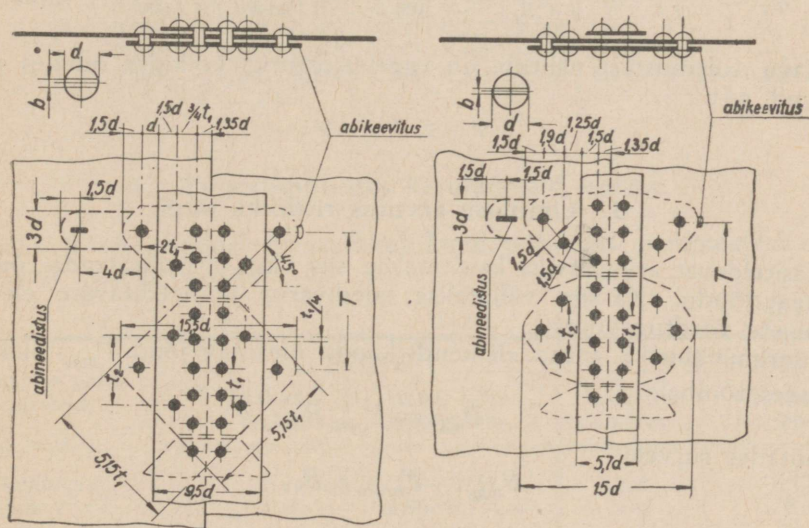
δ — pleki paksus;

z — neetide arv, mis töötab löikele samaaegselt pleki katkemisega sammu T ulatuses;

R_t — pleki lubatav tõmbepinge;

R_l — neetide lubatav löikepinge;

A — abikeevituse või -needistuse (kui niisugune õmbluse juures esineb) vastupanu sammu T ulatuses; viimane määratakse tingimusega $A \approx d \delta R_t$.



Joon. 64.

Niisugune arvutusviis annab tugevusteguri φ väärtused kuni 1,0. Selgituseks lahendame arvulise näite¹.

¹ Добровольский, В. А. Детали машин, 1945.

Näide. Arvutada joonisel 63 toodud õmbluse (ilma abikeevituse ja -needistuse) tugevustegurid φ , kui $T = 418$ mm, $t_2 = 209$ mm, $t_1 = 104,5$ mm, $d = 29$ mm, $\delta = 19$ mm, $R_t = 844$ kg/cm² ja $R_l = 675$ kg/cm².

Määrates tugevusteguri φ harilikul viisil, saame:

$$\varphi_3 = \frac{T-d}{d} = \frac{418-29}{418} = 0,930;$$

$$\varphi_2 = \frac{t_2-d}{t_2} = \frac{209-29}{209} = 0,861;$$

$$\varphi_1 = \frac{t_1-d}{t_1} = \frac{104,5-29}{104,5} = 0,722.$$

OCT 23062—40 järgi saame vastavalt:

$$\varphi_3 = \frac{T-d}{d} = \frac{418-29}{418} = 0,930;$$

$$\varphi_2 = \frac{t_2-d}{t_2} + \frac{\pi d^2}{4} \frac{R_l}{T \delta R_t} = \frac{209-29}{209} + \frac{6,6 \cdot 675}{41,8 \cdot 1,9 \cdot 844} = 0,928;$$

$$\varphi_1 = \frac{t_1-d}{t_1} + \frac{z \pi d^2}{4} \frac{R_l}{T \delta R_t} = \frac{104,5-29}{104,5} + \frac{3 \cdot 6,6 \cdot 675}{41,8 \cdot 1,9 \cdot 844} = 0,922.$$

Nagu tulemustest nähtub, on tugevustegurid kõikides ridades peaaegu võrdsed, s. t.

$$\varphi_1 \approx \varphi_2 \approx \varphi_3.$$

5. Õmbluse arvutus ristlõike järgi.

Käsiteldavat arvutusviisi kasutatakse siis, kui ei ole teada õmblusele mõjuvat jõudu. Ka siin väljutakse needivarva ja needitavate elementide ristlõigete võrdtugevusest.

Suurim võimalik antud elemendi kaudu üleantav jõud P_{max} oleks: töötades tõmbele

$$P_{max} = F_{neto} R_0 \quad (40)$$

ja töötades survele

$$P_{max} = F_{bruto} \psi_0 R_0, \quad (41)$$

kus

F on töötava ristlõike pindala,

R_0 — lubatav normaalpinge elemendis ja

ψ_0 — tegur, mis võtab arvesse R_0 vähenemist nõtkemõjul.

Neetide arvu, millest igaüks võtab vastu jõu P_1 , saame võrrandist

$$z = \frac{P_{max}}{P_1}.$$

Võttes P_1 väärtuse võrrandist (10) ja võttes $R_l = 0,8 R_t$, saame tõm-
matud elemendi puhul:

$$z = \frac{F_{neto} R_0}{n \frac{\pi d^2}{4} 0,8 R_0} = \frac{1}{n} \cdot \frac{1}{0,2 \pi d^2} F_{neto} = \frac{1}{n} \mu_1 F_{neto} \quad (42)$$

ja surutud elemendi puhul:

$$z = \frac{1}{n} \mu_1 F_{bruto} \psi_0. \quad (43)$$

Augu seinä arvutamisel pindsurvele saame (kui $R_{ps} = 2 R_l$):

$$z = \frac{F_{neto} R_0}{2 d \delta R_0} = \frac{1}{2 d \delta} F_{neto} = \mu_2 F_{neto}. \quad (44)$$

Kasutatavamate d ja δ suuruste (millimeetrites) jaoks on toodud μ_1 ja μ_2 väärtused tabelis 7.

Tabel 7.

d	μ_1	μ_2 , kui $\delta =$									
		8	9	10	11	12	13	14	15	16	
17	0,551	0,368	0,327	0,294	0,267	—	—	—	—	—	
20	0,398	0,313	0,278	0,250	0,227	0,208	—	—	—	—	
23	0,301	0,272	0,242	0,217	0,198	0,181	0,167	0,155	—	—	
26	0,235	0,240	0,214	0,192	0,175	0,160	0,148	0,137	0,128	0,120	

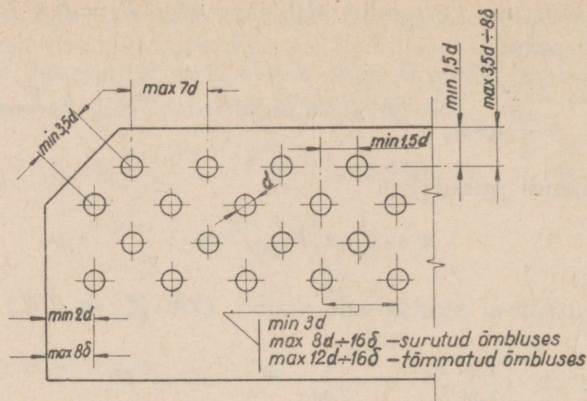
6. Tugevõmblustes kasutatavaid norme.

Tabelis 8 on toodud ülevaatlikul kujul põhilised parameetrid enam-
kasutatavate õmbluste jaoks.

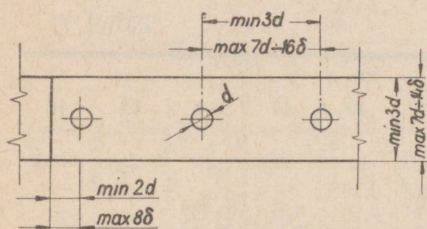
Tabel 8.

Õmbluse para- meetrid	Üherealine		Kaherealine sik-sak	
	Ülekatte- õmblus	Kahepoolne lappõmblus	Ülekatte- õmblus	Kahepoolne lappõmblus
Needi läbimõõt d	2δ	$(1,5-1,75) \delta$	2δ	$1,5 \delta$
Needi samm t	$3 d$	$(3,36-3,75) d$	$4 d$	$6 d$
Needi kaugus pleki ser- vast e	$1,5 d$	$(1,97-2,22) d$	$1,5 d$	$1,5 d$
Ridade vahe e_1	—	—	$2 d$	$2 d$
φ (teoreetiline)	0,67	0,7—0,74	0,75	0,84

Toodud suurused on kohased puuritud aukude puhul. Joonistel 65 ja
66 on antud tugevõmbluse parameetrite jaoks tähtsamad piirväärtused.



Joon. 65.



Joon. 66.

Üldiselt on metallkonstruktsioonides üles seatud järgmised piirid (vt. joon. 65 ja 66):

surutud elementide puhul $t = (3 - 8)d$;
 tõmmatud elementide puhul $t = (3 - 12)d$;
 äärmises reas (kui puudub
 eriline ääris)

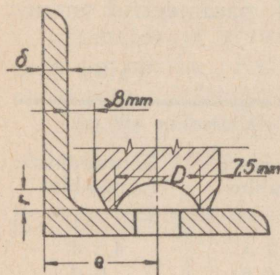
$$t_{max} = 7d;$$

liitekohtades

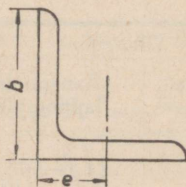
$$t_{max} = 8d.$$

Kui δ on kõige õhema liidetava pleki paksus, siis

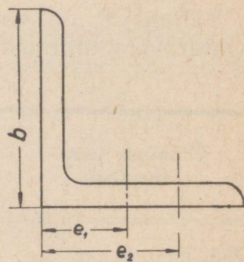
$$t_{max} = 16 \delta.$$



Joon. 67.



Joon. 68.



Joon. 69.

Neetide asendi nurkterastes võib määrata tabelite 9 ja 10 kohaselt. Toodud tabelite koostamisel on arvesse võetud ka vajalikku vaba ruumi needistuse teostamiseks (joon. 67). Suuruse e võib määrata ka valemi järgi:

$$e \geq 0,5 D + \delta + 8 \text{ mm.} \quad (45)$$

Tabel 9.

Üherealised õmblused (joon. 68)		
<i>b</i> mm	<i>e</i> mm	<i>d</i> ¹ mm
50	30	17
60	35	20
65	35	20
75	38	20
75	40	23
90	40	20
90	43	23
90	45	26
100	43	20
100	45	23
100	48	26

¹ *d* on needi arvutusläbimõõt.

Tabel 10.

Kaherealised õmblused (joon. 69)			
<i>b</i> mm	<i>e</i> ₁ mm	<i>e</i> ₂ mm	<i>d</i> ¹ mm
120	45	80	20
120	48	85	23
120	50	80	26
140	48	100	20
140	50	95	23
140	53	90	26
150	58	120	20
150	53	115	23
150	58	110	26

¹ *d* on needi arvutusläbimõõt.

Mis puutub tugevõmbluse neetides lubatavatesse pingetesse, siis võib, nii palju kui neid ei piira ega määra erilised eeskirjad, võtta lubatavad pinged lubatava tõmbepinge suhtes järgmises vahekorras:

1) stantsitud ja järelpuuritud aukude puhul:

$$\begin{aligned} \text{lõikepinge } R_t &= (0,8-0,9) R_t, \\ \text{pindsurvepinge } R_{ps} &= 2 R_t; \end{aligned}$$

2) stantsitud, kuid järelpuurimata aukude puhul:

$$\begin{aligned} \text{lõikepinge } R_t &= (0,67-0,70) R_t, \\ \text{pindsurvepinge } R_{ps} &= 1,7 R_t. \end{aligned}$$

Juhtudel, kui tugevõmblus projekteeritakse tööstuslikes seadmetes või ehitistes, tuleb kasutada norme vastavate eeskirjade kohaselt.

Orienteerumiseks on toodud lubatavate pingete suuruse kohta tabelid 11 ja 12. Tabelis 11 on toodud lubatavad pinged tugevõmbluse neetides vastavalt Ehituse RK Tehnilistele Tingimustele (TY) 1944. aastast, arvestades ainult põhikoormusi, ja tabelis 12 OCT 4539 järgi lubatavad pinged II klassi seadmete kohta (harilikud kapitaalsed seadmed ja ehitised, arvestatud kestvusega üle 40 aasta).

Tabel 11.

Lubatavad pinged tugevõmbluse neetidele kg/cm ²		
Tingimused	Konstruktsiooni materjal	
	Cr. Oc ja Cr. 2	Cr. 3
Deformatsioon		
Lõige { <i>B</i>	1400	1400
	1000	1000
Pindsurve { <i>B</i>	2800	3200
	2400	2800
Katkemine pea juures	900	900

Märkus: *B* — puuritud või stantsitud ja järelpuuritud aukude puhul,
C — stantsitud järelpuurimata aukude puhul.

Tabel 12.

Objekt	Deformatsioon	Materjalid ja nende lubatavad pinged kg/cm ²						
		Cr. 3		Cr. 5 par.		Eriteras		Ülemineku- tegur
		1400	1700	1750	2100	2100	2500	
Põhikonstruktsioon	lõige	1050	1270	1300	1570	1570	1880	0,75
Needid tugevõmbluses	lõige							
	<i>B</i>	1100	1360	1400	1680	1680	2000	0,80
	<i>C</i>	950	1180	—	—	—	—	0,67
	pindsurve							
	<i>B</i>	2800	3400	3500	4200	4200	5000	2,00
	<i>C</i>	2400	2900	—	—	—	—	1,70
	katkemine pea juures							
	<i>B ja C</i>	840	1020	1050	1260	1260	1500	0,60

Tabelis 13 on toodud tegurid lubatavate pingete arvutamiseks olenevalt ehitise (seadme) klassist (OCT 4534 järgi):

Tabel 13.

	Ehitiste klass				
	Väljaspool klasse	I	II	III	IV
Lubatavate pingete suhteline tegur	Erilisel kokkuleppel kõrgemate organitega	0,8—1,0	1,0	1,0—1,25	1,25—1,67

Märkused:

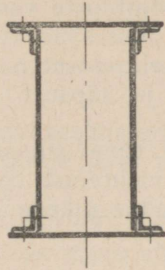
- 1) Ehitised väljaspool klasse — erandliku ja ajaloolise tähtsusega monumentaalsed ehitised ja nende masinad, arvestatav teenistuse iga üle 100 aasta.
- 2) Ehitised, I klass — eriti vastutusrikkad ehitised ja seadmed — üksikud tööstuslikud ehitised ja seadmed; kunstlikud raudteede ja veetranspordi ehitised.
- 3) Ehitised, II klass — harilikud kapitaalsed ehitised ja seadmed harilikes majanduslikes ehitistes — vabrikutes-tehastes, transpordis, kaevandustes jne. — teenistuse iga üle 40 aasta.
- 4) Ehitised, III klass — kergemat tüüpi ehitised ja seadmed, mis esinevad massilises ehitustegevuses — arvestatav teenistuse iga alla 40 aasta.
- 5) Ehitised, IV klass — ajutised ehitised ja seadmed ja igasugused insenertehnilised seadmed, arvestatav teenistuse iga 5—10 aastat.

Joonistel 70—75 on kujutatud üksikud konstruktiivsed näited tugev-needistuse kasutamisest.

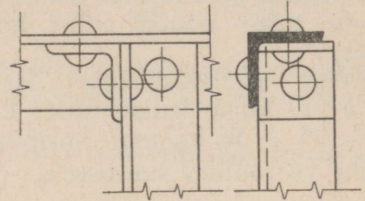
Nii on joonistel 70 ja 71 kujutatud needitud metallkandjad, mis oma rist-
lõike kuju tõttu on väga sobivad paindemomentide vastuvõtmiseks; joo-
nised 72—74 kujutavad mitmesuguste profiileraste omavahelist kinnita-
mist, kuna joonisel 75 on kujutatud 2,5 t tõstejõuga kraana noka sõrestiku
üks sõlmpunkte.



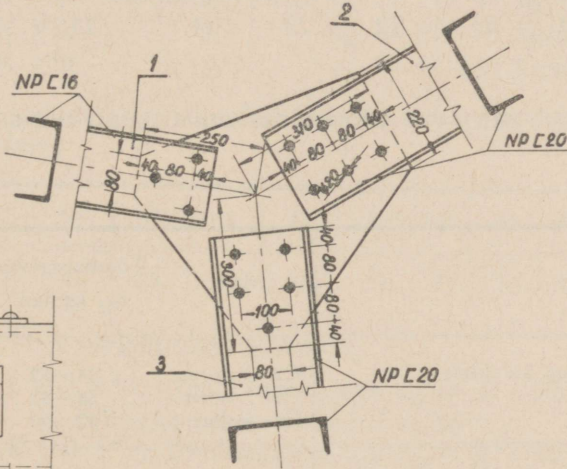
Joon. 70.



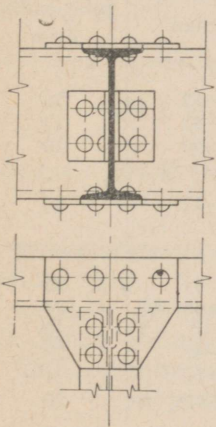
Joon. 71.



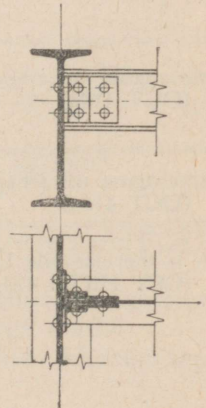
Joon. 72.



Joon. 75.



Joon. 73.



Joon. 74.

III. TUGEV-TIHENEEDISTUS.

1. Kasutatavad materjalid ja üldised juhised.

Tugev-tiheõmbluse ülesandeks on anda õmblusele peale suure tugevuse veel ka küllaldane tihedus — hermeetilisus.

Tugev-tiheneedistust kasutatakse mitmesuguste rõhu all töötavate seadmete, nagu aurukatlad, reservuaarid, mitmesugused kogujad jne. ehitamisel.

Sellelaadiliste seadmete tähtsus, neetõmbluste vastutusrikkus ja võimalikud suured õnnetused avariide puhul kohustavad tugev-tiheõmbluste projekteerimisel eriti täpselt kinni pidama kehtivatest normidest ja eeskirjadest. Samuti tuleb nõuda erilist hoolikust ja täpsust neetimisprotsessi läbiviimisel.

Kõige laiaulatuslikumalt kasutatakse tugev-tiheneedistust katlaehituses. ТУ и Н¹ lubab katlaehituses kasutada valuterast tõmbetugevusega piirides $\sigma_{bt} = 35 - 56 \text{ kg/mm}^2$, kusjuures suhteline pikenemine δ_{min} peab vastama tabelis 14 toodud suurustele.

Tabel 14.

$\sigma_{bt} \text{ kg/mm}^2$	≥ 46	45	44	43	42	41—37	36	35
$\delta_{min} \text{ } \%$	20	21	22	23	24	25	26	27

Katlaehituses kasutatavatest erimarkidest on toodud ülevaade tabelis 15.

Tabel 15.

	Mark	Tõmbetugevus $\sigma_{bt} \text{ kg/mm}^2$	Suhteline pikenemine $\delta \text{ } \%$
Mitmesuguse otstarbega kateltele (OCT 4133)	Ст. 2 norm.	34—42	26
	Ст. 3 norm.	38—45	22
	Ст. 4 norm.	42—50	20
Mitmesuguse otstarbega katelde kolletele (OCT 4134)	Ст. 2 tüüpi	33—42	26
Jõe- ja merelaevade kateltele ja kolletele (OCT НКТП 4034)	Ст. 3ТC	38—41	25
		üle 41 kuni 43	24
	Ст. 4Т	" 43 " 45	23
		41—48	23
		47—52	21
Ст. 5K	üle 52 kuni 56	20	

¹ Технические условия и нормы.

Tabel 15 (järg).

	Mark	Tõmbetugevus σ_{bt} kg/mm ²	Suhteline pikenemine δ %
Vedurite kolletele ja kateldele (ГОСТ 399—41)	Ст. 3Т	üle 36 kuni 38	26
		" 38 " 40	25
		" 40 " 42	24
		" 42 " 46	23
	Ст. 3К	38—40	24
		üle 40 kuni 42	23
		" 42 " 44	22
		" 44	21

Katlaehituseks kasutatavate materjalide jaotus Üleliiduliste Soojustehniliste Kongresside Büroo¹ normide järgi on toodud punktis 3 Главкотлотурбо-пром'i meetodika juures.

Ст. 1 ($\sigma_{bt} = 30-40$ kg/mm², $\delta = 28\%$) leiab katlaehituses kasutamist ainult ankur- ja sidepoltide materjalina.

Kõrgrõhukatelde ($p > 22$ atü) ehituses kasutatakse:

1) süsinikterast järgmistest markidest:

K VI, tõmbetugevusega $\sigma_{bt} = 34-44$ kg/mm²,

K VII, " $\sigma_{bt} = 41-50$ kg/mm²,

K VIII, " $\sigma_{bt} = 47-60$ kg/mm²,

kusjuures toodud teraste suhteline pikenemine peab vastama tabelis 16 toodud normidele;

Tabel 16.

σ_{bt} kg/mm ²	35	36	37	41	43	44	45	46	47	50	56	60
δ %	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16

2) nikkelterast markidest:

KH I (Ni 3%), tõmbetugevusega $\sigma_{bt} = 41-50$ kg/mm²
ja suhtelise pikenemisega $\delta = 16\%$;

KH II (Ni 5%), tõmbetugevusega $\sigma_{bt} = 47-60$ kg/mm²
ja suhtelise pikenemisega $\delta = 15\%$.

Neetide materjalina tugev-tiheneedistuses kasutatakse teraseid ГОСТ 499—41 järgi.

Kateldes rõhuga alla 22 atü tuleb Üleliiduliste Soojustehniliste Kongresside Büroo normide kohaselt kasutada järgmiste omadustega marke:

Ст. 2, tõmbetugevusega $\sigma_{bt} = 33-42$ kg/mm², suhtelise pikenemisega $\delta = 25\%$;

¹ Бюро всесоюзных теплотехнических съездов.

Cr. 3, tõmbetugevusega $\sigma_{bt} = 37-45 \text{ kg/mm}^2$, suhtelise piknemisega $\delta = 22\%$;

kateldes rõhuga üle 22 atü tuleb kasutada neetide materjalina samuti marke Cr. 2 ja Cr. 3.

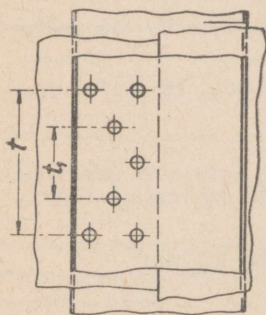
Tugev-tiheõmbluses kasutatavate ümarpeaneetide mõõted on toodud ГОСТ 1191-41 järgi tabelis 17 (tähised jooniselt 2).

Tabel 17.

<i>d</i>	10	(11,5)	13	16	19	22	25	28	31	34	37
<i>D</i>	17	21	24	29	34	39	44	50	55	60	65
<i>h</i>	6	8	9	10	12	14	16	18	20	22	24
<i>R</i> ≈	9	11	12,5	15,5	18	20,5	23	26	29	32	34
<i>r</i> ≤	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5
<i>l</i>	16-85	20-90	22-100	26-110	32-150	38-180	52-180	55-180	55-180	70-200	75-200

Tugev-tiheõmbluse projekteerimisel võetakse harilikult esimese neetide rea sammuks $t \leq 8\delta$, kuna vastasel juhul sirgeservaliste plekkide puhul ei ole temmimisega saavutatav õmbluse tihedus enam küllaldane.

Õmbluste hea töötamise ja ühtlase tugevuse saavutamise eelduseks on õmbluse võrdtugevus kõikides ridades pleki vähima nõrgestamise juures. See tingimus eeldab õmbluste kasutamist, kus neetide arvud ridades erinevad ja esimeses (välimises) reas on needi samm suurem (joon. 76), kus kahepoolse lappõmbluse lapid on erineva suurusega või kus õmblus on hoopis erineva konstruktsiooniga — nn. optimaal-võrdtugev õmblus (vt. joon. 64).



Joon. 76.

Kuna äärmises reas kasutatav suurem samm ei kindlusta igakord enam vajaliku tiheduse saavutamist, kujundatakse sageli pleki serv kõverjoonelisena — lainestatuna (vt. joon. 63).

Arvutuste juures sageli tehtavad oletused, et õmbluse tugevus on tingitud ainult plekkidevahelisest hõõrdumisest, et koormus jaotub võrdselt kõikidele neetidele ja et koormus pleki ristlõikes väheneb iga reaga, on ainult osaliselt põhjendatud. Samuti on teada, et kõrgete temperatuuride piirkonnas töötavates õmblustes on needid sageli seisukorras, kus nende pinge on lähedane materjali voolavuspiirile. See matemaatilisel teel täpselt mittemääratav õmbluse seisukord tingib tugevtiheda neetõmbluse arvutamisel empiiriliste ja poolempiiriliste võrrandite ja normide kasutamist.

Libisemistakistuse kindlaksmääramine harilikult arutluse kaudu hõõrdejõu suuruse kohta ei ole rakendatav. Tehes lihtsa arvutuse needi teljesuunalise jõu suuruse kohta temperatuuri muutumisel $\Delta t = 100^\circ$ võrra, saame pinge needivarvas, mille materjali elastsusmoodul $E = 2 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$,

$$\sigma = \alpha E \Delta t = 0,000012 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 100 = 2400 \text{ kg/cm}^2,$$

mis juba asub kasutatud materjali voolavuspiiri lähedal. Samal ajal on ka needi pea ja liidetavad materjalid elastsete deformatsioonide mõju piirkonnas.

Kuna ka hõõrdetegurite kohta niisuguste kõrgete pindsurvepingete puhul, kus needitavate materjalide pealispinnad tugevalt teineteise sisse tungivad, ei ole täpseid uurimistulemusi, siis ei ole korrutis Qf (needi teljesuunaline jõud \times hõõrdetegur = hõõrdejõud) määratav.

Bach kasutas hõõrdejõu suuruse määramiseks katselist teed. Määrates jõu Q_{kr} , mille juures tekib neetliites esimene libisemine, ja leides selle jõu suuruse needi ristlõike ühe pinnaühiku kohta, saame eritakistuse libisemisele ehk nn. libisemise eritakistuse:

$$\xi = \frac{Q_{kr}}{\frac{\pi d^2}{4} z} \quad (46)$$

kus z on neetide arv liites.

Mitmete autorite poolt leitud ξ väärtused, olenevalt ka neetimise kvaliteedist, kõiguvad suurtes piirides ($\xi = 125-3000 \text{ kg/cm}^2$).

Tuleb märkida, et libisemise eritakistus tõuseb needi pikkuse suurenemisega kuni teatud piirini; needid pikkusega $l > (3-4)d$ nõtkuvad neetimisel aga arvatavasti läbi ja osutavad seetõttu nõrgemat vastupanu. Samuti tõuseb libisemise eritakistus ka needi läbimõõdu suurenemisel; masinneedistuse puhul on ξ suurem kui käsitsineeditusel.

Katsed on ka näidanud, et libisemise eritakistus ei suurene vastavalt neetide ridade arvule ja et välimised neetide read on rohkem koormatud.

Samuti osutavad mitmelõikelised needid vähem vastupanu, kui seda eeldab lõikepindade arv. Seega tuleks mitmelõikelistele neetidele valida suhteliselt madalamad lubatavad koormused.

Praktiliste arvutuste juures on soovitatav kasutada tabelis 18 toodud libisemise eritakistuste keskmisi suurusi:

Tabel 18.

Õmbluse tüüp	$\xi \text{ kg/cm}^2$	Õmbluse tüüp	$\xi \text{ kg/cm}^2$
ühelõikeline:		kahelõikeline:	
üherealine ülekatteõmblus	700	üherealine kahepoolne lappõmblus	1200
kaherealine "	650	kaherealine " "	1150
kolmerealine "	600	kolmerealine " "	1100

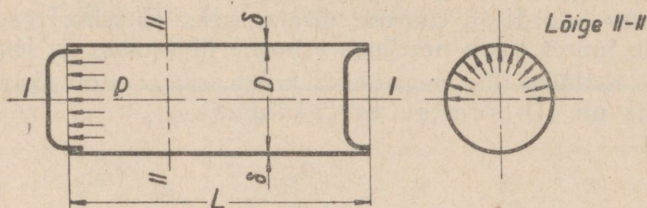
2. Siserõhu all töötava silindri seina paksus.

Joonisel 77 kujutatud silinder, milles valitseb ülerõhk $p \text{ kg/cm}^2$, võib puruneda piki moodustajaid tasapinnas $I-I$ või ka pinnas $II-II$, mis asub risti silindri teljega.

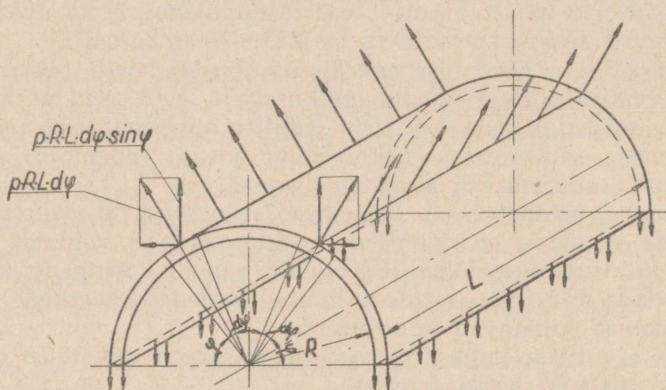
Rõhumine elementaarpinnakesele $Rd_\varphi L$ (joon. 78) oleks $pRd_\varphi L$, kus d_φ on elementaarne nurk. Rõhumise vertikaalkomponendi suurus on $pRLd_\varphi \sin \varphi$.

Kogu jõud, mille tagajärjel silinder puruneb piki moodustajaid, on seega:

$$P = \int_0^{\pi} p R L \sin \varphi \, d\varphi = 2 p R L = p D L, \quad (47)$$



Joon. 77.



Joon. 78.

Pinna suurus millele mõjub leitud jõud P , on $2F = 2L\delta$, kus δ on silindri seina paksus.

Silindri tugevusvõrrandi saame järgmisel kujul:

$$P = 2FR_t \quad \text{ehk} \quad pDL = 2L\delta R_t,$$

millest leiame seina vajaliku teoreetilise paksuse δ :

$$\delta = \frac{pD}{2 R_t}. \quad (48)$$

Vaatleme nüüd ka silindri purunemise võimalust ristlõikes $II-II$, mille pind $F \approx \pi D\delta$. Silindris teljesuunaliselt mõjuva jõu suuruseks on

$$P = \frac{\pi D^2}{4} p.$$

Seega saame tugevusvõrrandi kujus:

$$\frac{\pi D^2}{4} p = \pi D \delta R_t;$$

siit seinapaksus

$$\delta = \frac{D p}{4 R_t} \quad (49)$$

Leitud seinapaksuse võrranditest (48) ja (49) näeme, et sama seinapaksuse δ juures pinge ristlõikes $I-I$ on kaks korda suurem kui ristlõikes $II-II$. See tähendab aga seda, et pikiõmblustes on koormus kaks korda suurem kui ristõmblustes.

Üleminekul teoreetiliselt seinapaksuselt tegelikule, tuleb võrrandit (48) täiendada ja tuua sisse parandusliige.

Võrrand kujuneb sel puhul järgmiseks:

$$\delta = \frac{D p n}{2 \sigma_{bt} \varphi} + c, \quad (50)$$

kus

σ_{bt} on materjali tõmbetugevus,

n — katla materjali varutegur ($R_t = \frac{\sigma_{bt}}{n}$).

φ — õmbluse tugevustegur,

c — roostetavuse ja kuluvuse tõttu antud lisa, tavaliselt
 $c = 1-3$ mm.

Suurused σ_{bt} , n ja φ valitakse ettekirjutatud andmete ja juhendite alusel.

Sageli leiab arvutuste lähtealusena kasutamist ka nn. õmbluse karakteristik, mis väljendab pikiõmbluse ühele jooksvale sentimeetrile mõjuvat koormust kg:

$$C = \frac{D p}{2} \text{ kg/cm}. \quad (51)$$

3. Tugev-tiheõmbluse arvutus.

a. Tugev-tiheõmbluse arvutuse meetoodika Главкотлотурбопром'i järgi.¹

ÜLDISED ALUSED.

Lubatavad pinged õmbluste arvutusel valitakse olenevalt detaili seinatemperatuurist t° tema tööolukorras:

1. juhul, kui $t < 250^\circ$, normid põhinevad metalli tõmbetugevusel σ_{bt} normaalsel temperatuuril,
2. juhul, kui $t = 250-350^\circ$ — voolavuspiiril σ_p^t vastaval temperatuuril,
3. juhul, kui $t > 350^\circ$ — roomavuspiiril σ_c^t vastaval temperatuuril.

Metalli mehaaniliste omaduste põhisuurused ja lubatavad pinged võetakse järgmiselt:

¹ Добровольский, В. А., Детали машин, 1945, lk. 121—124.

1. Suurus σ_{bt} peab võrduma valitava terasesordi minimaalse σ_{bt} suurusega.

2. Suurus σ_T^t tuleb võtta metallurgiatehaste garanteeritud andmete järgi; kui need puuduvad, siis võtta süsinikterastele minimaalsete suuruste $\sigma_{bt} = 38 \text{ kg/mm}^2$ ja $\sigma_{bt} = 45 \text{ kg/mm}^2$ puhul andmed tabelist 19.

Tabel 19.

Teras	Voolavuspiir σ_T^t kg/mm ² temperatuuri $t^\circ \text{C}$ juures:				
	250°	275°	300°	325°	350°
$\sigma_{bt} = 38 \text{ kg/mm}^2$	17,0	16,0	15,0	14,0	13,0
$\sigma_{bt} = 45 \text{ kg/mm}^2$	19,5	18,5	17,5	16,5	13,5

3. Kui sein seestpoolt puutub kokku auruga, mille $t > 350^\circ$ ja väljastpoolt ei puutu kokku mingi uhtuva keskkonnaga, on soovitatav lubada pingeid, mille suurus võrdub pingetega, mis kutsuvad roomavusel 100 000-s tunnis esile 1% -lise jääva deformatsiooni, jagatud: 1,10–1,20-le — kahepoolse lappõmbluse puhul, kui neediridade arv on suurem ühest, ja 1,15–1,25-le — üherealise kahepoolse lappõmbluse puhul.

Lubatavate pingete suurused ja roomavuspiirid tulevad võtta terasetootja-tehase andmetest; nende puudumisel võib kasutada süsinikterase $\sigma_{bt} = 38 \text{ kg/mm}^2$ ja $\sigma_{bt} = 45 \text{ kg/cm}^2$ jaoks tabeli 20 andmeid.

Tabel 20.

Seina temperatuur $t^\circ \text{C}$	Karakteristikad			
	Lubatavad pinged kg/cm ²			
	Üherealised kahepoolsed lappõmblused, kus ühel lapil on 1 rida, teisel 2 rida neete		Kahepoolsed lappõmblused, kus neediridade arv on suurem ühest	
	Juht B		Juht B	
	teras $\sigma_{bt} = 38 \text{ kg/mm}^2$	teras $\sigma_{bt} = 45 \text{ kg/mm}^2$	teras $\sigma_{bt} = 38 \text{ kg/mm}^2$	teras $\sigma_{bt} = 45 \text{ kg/mm}^2$
350	650	700	690	740
375	620	665	650	700
400	570	610	600	640
425	500	535	530	570
450	430	460	450	480

4. Varutegurid n_{bt} ja n_T^t lubatavate pingete arvutamiseks tuleb võtta tabelist 21.

Tabel 21.

Juht	Õmbluse tüüp	Varutegurid	
		n_{bt}	n_T^t
A	Ülekatte- või ühepoolne lappõmblus	4,75	—
B	Kahepoolne lappõmblus: üherealine või kui ühel lapil on 1 rida, teisel 2 rida neete (samuti ka keevisõmblus)	4,25	2,00
B	Kahepoolne lappõmblus, kus neediridade arv on suurem ühest (samuti ka ühest tükist valtsitud trumlite puhul, kui seinad on avadega nõrgestamata)	4,00	1,90

5. Lubatavad pinged tulevad määrata järgmiselt:

a) detailide arvutamisel, mille seinad seest on kokkupuutes veega või küllastatud auruga, mille $t \leq 250^\circ$, ja välisseinad ei ole kokkupuutes uhtuva keskkonnaga:

$$R_t = \frac{\sigma_{bt}}{n_{bt}};$$

b) seinte puhul, mis siseküljelt on kokkupuutes veega või auruga, mille $t = 250^\circ$, ja mis on hästi isoleeritud välise keskkonna mõjust, valitakse järgnevate valemite abil saadud väiksem R_t suurus:

$$R_t = \frac{\sigma_{bt}}{n_{bt}} \text{ ja } R_t = \frac{\sigma_T^t}{n_T^t};$$

c) süsinikterasest neetide lubatav lõikepinge määratakse:

$$R_t = 0,2 \sigma_{bt} \text{ — kui seina temperatuur } t \leq 250^\circ;$$

$$R_t = 0,4 \sigma_T^t \text{ — kui seina temperatuur } t = 250\text{—}350^\circ;$$

d) libisemise eritakistus tuleb valida olenevalt õmbluse tüübist tabelist 18.

6. Valitava õmbluse tüübi eeldatavad tugevustegurid tuleb valida esialgsetes arvutustes tabeli 22 kohaselt:

Tabel 22.

Õ m b l u s e t ü ü p	φ
Üherealine ülekatteõmblus	0,60
Kaherealine ülekatteõmblus	0,70
Kolmerealine ülekatteõmblus	0,75
Üherealine kahepoolne lappõmblus	0,70
Kaherealine kahepoolne lappõmblus	0,75
Kolmerealine kahepoolne sirgeääreline lappõmblus	0,82

7. Ülekatteline pikiõmblus on lubatud sisemise töörohuni kuni $p = 7,0 \text{ kg/cm}^2$ ja trumli sisemise läbimõõduni $D \leq 700 \text{ mm}$. Terasel kasu-

tamisel, mille tõmbetugevus $\sigma_{bt} \geq 44 \text{ kg/mm}^2$, on pikiõmblused lubatud ainult kahepoolsete lappõmblustena.

Plekkide paksuse $\delta > 12,5 \text{ mm}$ puhul pikiõmblused peavad olema vähemalt kaherealised.

8. Juhul, kui kateldel aururõhuga kuni $p = 22 \text{ kg/cm}^2$ on trumlite tugevde keskjoonte vahe suurem kui 6 m, ja kateldel rõhuga $p > 22 \text{ kg/cm}^2$ suurem kui 7 m, tuleb teostada kontrollarvutus paindepinge leidmiseks seinas. Seejuures kontrollarvutusel lähtutakse järgmistest reeglitest.

Summaarne pinge siserõhust ja paindest peab rahuldama võrratust

$$\sigma_p + \sigma_t \leq R_t + \sigma_1, \quad (52)$$

kus

σ_p on paindepinge,

σ_t — pinge siserõhust telje suunas, määratud võrrandist

$$\delta = \frac{D p}{4 R_t \varphi} + c,$$

R_t — lubatav pinge plekis, määratud varemtoodud moodusel,

σ_1 — lisa, võetud järgmiselt:

$$\sigma_1 = 2 \text{ kg/mm}^2 \text{ — rõhkude puhul } p \leq 22 \text{ kg/cm}^2,$$

$$\sigma_1 = 3 \text{ kg/mm}^2 \text{ — rõhkude puhul } p > 22 \text{ kg/cm}^2.$$

Kui võrratus (52) ei ole rahuldatud, tuleb suurendada seina paksust δ . See kontrollarvutus teostatakse trumli kõige enam nõrgestatud koha kohta.

9. Kooskõlas Üleliiduliste Soojustehniliste Kongresside Büroo normidega (standardite projektid nr. 556 ja nr. 557) jagatakse katelde kere materjal kolme marki, mille iseloomustused on toodud tabelis 23.

Tabel 23.

Terase mark	Tõmbe-tugevus σ_{bt} kg/mm ²	Suhteline pikene-mine δ %	Materjali kasutamine
Cr. 2	33—42	25	Detailidele, mis alluvad leegi mõjule (leektorud, tulekarbid jne.).
Cr. 3	37—45	22	Plekid, mis alluvad äärestamisele ja stantsimisele (põhjad, kinnitused katla sees jne.).
Cr. 4	42—50	20	Plekid, mis ei allu leegi mõjule (kered, trumlid, suitsugarbid jne.).

ÕMBLUSE ARVUTUSKAIK.

Kooskõlas ülaltoodud normidega viiakse tugev-tiheõmbluse arvutus läbi järgmiselt:

1. Rakendades antud suurusi D ja p , määratakse alguses õmbluse tüüp.

Märkus: Esialgseks orienteerumiseks võib soovitada põhimisi tüüpe olenevalt õmbluse karakteristikast C (tabel 24).

Tabel 24.

$C = \frac{Dp}{2}$ kg/cm	kuni 500	350—950	450—1350	350—950	450—1350	450—1650	450—2300
Õmblused	Ühelõikelised			Kahelõikelised			
Neediridade arv	1	2	3	1	2	2, laiendatud sammuga	3

2. Kooskõlas õmbluse tüübiga määratakse tõenäoline tugevustegur φ (tabel 22), valitakse plekkide tugevusvarud (tabel 21) ja lubatavad pinged plekkidele (R_t) ja neetidele (R_l).

3. Määratakse pleki paksus δ ja olenevalt δ -st ka needi läbimõõt d ning õmbluse teised parameetrid (samm, skeem jne.).

4. Tehakse kontrollarvutus vajaliku neetide hulga kohta ühe sammu ulatuses, väljudes neetide lõikele töötamise tingimustest, neile lubatavast pingest.

Seda kontrolli on soovitatav teostada võrrandi

$$z = \frac{(t - \beta d) \delta R_t}{F \alpha R_l} \quad (53)$$

järgi, kus

R_t on pleki lubatav tõmbepinge;

R_l — neetide lubatav lõikepinge;

β — ühe rea neetide arv ühe sammu ulatuses;

α — kahelõikeliste neetide ristlõigete ebaühtlase töö tegur, mille suurus võrdub:

1,0 — ühelõikelistel neetidel;

1,85 — kahelõikelistel neetidel;

$F = \frac{\pi d^2}{4}$ — needi ristlõike pindala (augu järgi);

$t = \frac{d}{1 - \varphi}$ — ülekatteõmblusel, samuti ka ühe- ja kaherealisel kahepoolisel lappõmblusel;

$t = \frac{2d}{1 - \varphi}$ — kolmerealisel kahepoolisel lappõmblusel.

5. Teostatakse kontrollarvutus vajaliku neetide arvu kohta, väljudes tiheduse tingimustest, kasutades võrrandeid:

$$\left. \begin{aligned} z &= \frac{D p t}{2 F \xi} \text{ — pikiõmblusel,} \\ z &= \frac{D p t}{4 F \xi} \text{ — ristõmblusel,} \end{aligned} \right\} (54)$$

kus

ξ on libisemise eritakistus (tabel 18).

Märkus: Võrrandites esinevad: D ja t — cm, p — kg/cm², ξ — kg/cm²,
 F — cm².

Kui õmblus ja tema mõõted on valitud õigesti, siis neetide arv z , määratuna tiheduse tingimusest, ei tohi olla suurem neetide arvust, mis on määratud neetide löiketugevuse tingimusest.

Märkus: Variandina olgu toodud veel järgmine tee:

1. Määrame toodud meetodil δ , d ja t ning valmistame õmbluse skitsi;
2. Kontrollime esialgselt määratud φ sobivust skitsi õmblusega.
3. Määrame koormused, mille võtavad vastu needid sammu ulatuses:

$$Q_1 = \frac{D p}{2} t_1 \text{ — pikiõmblusel,}$$

$$Q_2 = \frac{D p}{4} t_2 \text{ — ristõmblusel.}$$

4. Arvutame ξ kg/cm² järgmise võrrandi järgi:

$$\xi = \frac{Q}{\alpha z \frac{\pi d^2}{4}}$$

kus

Q on koormus ühe sammu ulatuses (Q_1 või Q_2),

z — löikele töötavate neetide arv,

$\alpha = 0,9\text{--}0,93$ — löikele töötavate neetide koormuse ebaühtluse tegur.

Kui ξ vastab nõudeile (tabel 18), on õmblus sobiv.

b. Optimaal-võrdtugev õmblus OCT 23062-40.

Kuna kogu optimaal-võrdtugeva õmbluse arvutuse meetodika mahutamine ei kuulu käesoleva väljaande raamidesse, piirdume ainult põhiliste erinevuste märkimisega.

Erinevusena toodud Главкотлотурбопром'i meetodikast näeb OCT 23062-40 ette järgmisi võimalusi tugevtiheda õmbluse kasutamisel.

1. On lubatud kasutada ülekatteõmblusi kateldel, mille läbimõõt $D > 700$ mm ja rõhk $p > 7$ kg/cm²; kuuerealist ülekatteõmblust on näiteks lubatud kasutada ka katla karakteristika $\frac{Dp}{2} = 2300$ kg/cm puhul.

2. On lubatud kasutada ülekatteõmblusi ka pleki paksuse $\delta > 20$ mm puhul, s. t., kui esineb suhteliselt suur paindemoment.

3. On lubatud kasutada raskeid ja keerukaid õmblusi, nagu kuuerealine ülekatteõmblus, neljarealine kahepoolne lappõmblus erineva suurusega lappidega jne. (vt. joon. 63 ja 64).

4. Varutegur tõmbetugevuse suhtes valitakse:

$n = 4,5$ — kõikidel ülekatteõmblustel;

$n = 4,1$ — üherealistel kahepoolsetel lappõmblustel;

$n = 4,0$ — kõikidel ülejäänud kahepoolsetel lappõmblustel.

Tabelis 25 on toodud optimaal-võrdtugevate õmbluste tähtsamad parameetrid, sealst selguvad ka nende erinevused tavalistest õmblustest.

Tabel 25.

Õmblused	P a r a m e e t r i d			
	Samm t	d/δ	φ keskm.	φ max
A. Ülekatteõmblus				
1-realine	(2,23— 3,18) d	1,57—2,91	0,62	0,683
2 "	(2,74— 4,41) d	1,36—2,27	0,70	0,773
3 "	(4,49— 5,68) d	1,21—1,73	0,80	0,824
4 "	(5,71— 7,73) d	0,94—1,44	0,85	0,871
6 "	(13,70—15,00) d	1,11—1,61	0,93	0,933
B. Kahepoolne lappõmblus				
1-realine	(2,74— 4,41) d	1,36—2,27	0,700	0,773
2 "	(5,71— 7,73) d	0,94—1,44	0,850	0,871
3 "	(11,00—13,00) d	0,90—1,27	0,917	0,923
4 "	(20,00—25,00) d	0,80—1,18	0,955	0,960

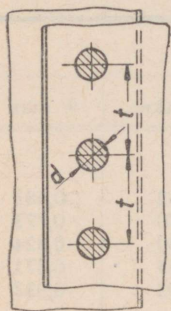
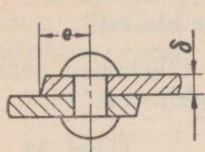
4. Tugev-tiheõmbluste mitmesuguseid konstruktiivseid kujundusi ja mõõteid.

Kogemuste ja paljude katsete alusel on välja kujunenud mitmed tugev-tiheõmbluste konstruktsioonid, mille valiku esialgse lähtealusena võime kasutada õmbluse karakteristikat [võrrand (51)]. Toodud koondtabelist 26 nähtub, et vastavalt karakteristikale on võimalik valida mitme erineva konstruktsiooniga õmbluse vahel. Lõpliku otsuse õmbluse sobivuse kohta võime langetada alles pärast õmbluste kontrollarvutust tugevusele ja tihedusele.

Samuti tuleb õmbluse valikul lähtuda selle majanduslikkusest. Lappõmbluse valmistamine on küll kallim (lappide valmistamine, suurem neetide arv), kuid kahepoolses lappõmbluses ei esine paindemomenti, mistõttu võime valida väiksema varuteguri (vt. ka tabel 21) ja seoses sellega ka õhema pleki ja väiksema needi läbimõõdu.

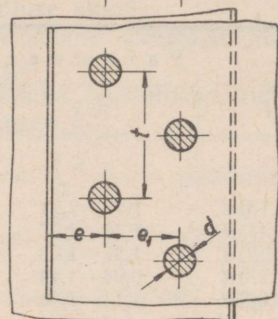
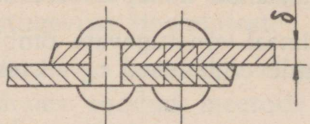
Tugev-tiheõmbluse konstrueerimise juures tuleb erilist tähelepanu pöörata kohtadele, kus liituvad samaaegselt mitu plekki (piki- ja ristõmbluse liitekohad). Astmelisusest hoidumiseks, seega plekkide tiheda asetuse saavutamiseks, kasutatakse joonisel 87 näidatud võtteid. Näidatud kuju saavutatakse kas plekkide sepistamisega (a) või freesimisega (b). Materjali omaduste säilitamise seisukohalt tuleks eelistada viimast moodust (b), sest

sepistamine, mis on seotud materjali kohaliku kuumendamisega, põhjustab kohalike temperatuursete pingete tekkimist.



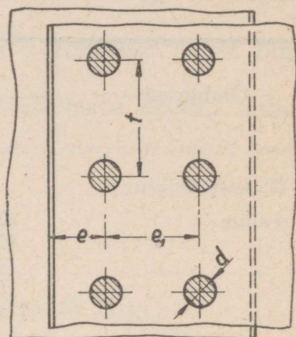
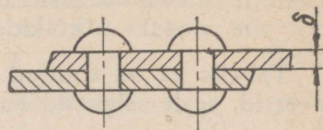
$$C \leq 500 \text{ kg/cm}$$

Joon. 79.



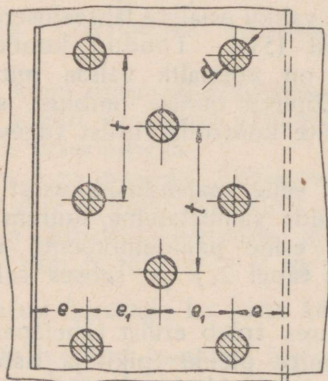
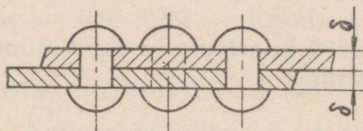
$$C = 350 + 950 \text{ kg/cm}$$

Joon. 80.



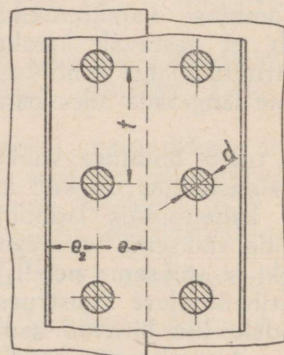
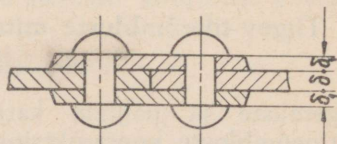
$$C = 350 - 950 \text{ kg/cm}$$

Joon. 81.



$$C = 450 - 1350 \text{ kg/cm}$$

Joon. 82.

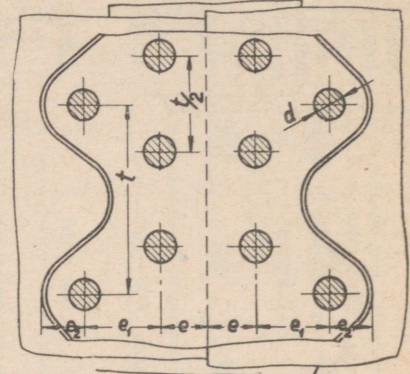
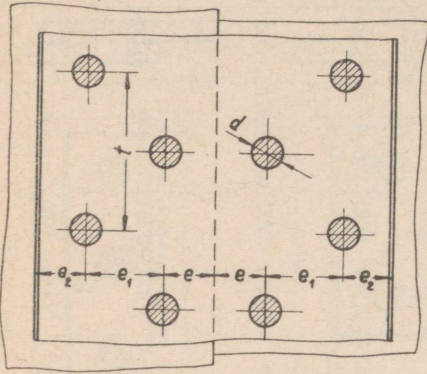
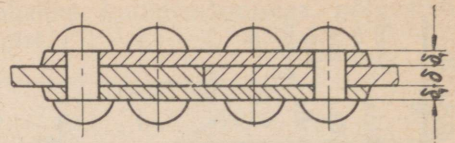
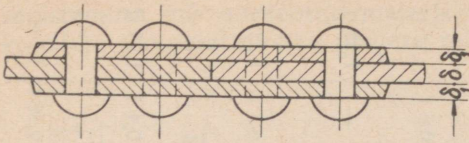


$$C = 350 - 950 \text{ kg/cm}$$

Joon. 83.

Tabel 26.

Õmbluse kuju	$C = \frac{Dp}{2}$ kg/cm	Needi läbimõõt d mm	Needi samm t mm	Sammu ulatusel lõikele tõõtivate neetide arv z	Tegur a	Tugevus- tegur φ	Libisemise eritakistus ξ kg/cm ²	Lapi paksus δ_1	Needi kaugus elemendi servast e	Rida- de vahe e_1	Needi kaugus lapi servast e_2
Üherealine ülekatte- (joon. 79)	≤ 500	$\delta + 8$	$2d + 8$	1	1	0,56—0,60	600—700	—	$1,5d$	—	—
Kaherealine siksak- ülekatte- (joon. 80)	350—950	$\delta + 8$	$2,6d + 15$	2	1	0,70	600—650	—	$1,5d$	$0,6t$	—
Kaherealine paralleel- ülekatte- (joon. 81)	350—950	$\delta + (7-8)$	$2,6d + 10$	2	1	0,67	500—650	—	$1,5d$	$0,8t$	—
Kolmerealine siksak- ülekatte- (joon. 82)	450—1350	$\delta + (6-8)$	$3d + 22$	3	1	0,75	550—600	—	$1,5d$	$0,5t$	—
Üherealine kahepool- ne lapp- (joon. 83)	350—950	$\delta + (6-7)$	$2,6d + 10$	1	1,85	0,67—0,70	2(500—600)	$(0,6-0,7)\delta$	$1,5d$	—	$1,35d$
Kaherealine kahepool- ne siksak-lapp- (joon. 84)	450—1350	$\delta + (5-6)$	$3,5d + 15$	2	1,85	0,75	2(475—575)	$(0,6-0,7)\delta$	$1,5d$	$0,5t$	$1,35d$
Kaherealine kahepool- ne lainestatud ääre- ga siksak-lapp- (joon. 85)	450—1650	$\delta + (5-6)$	$5d + 15$	3	1,85	0,82	2(475—575)	$0,8\delta$	$1,5d$	$0,4t$	$1,35d$
Kolmerealine kahe- poolne siksak-lapp- (joon. 86)	450—2300	$\delta + 5$	$6d + 20$	5	1,85	0,85	2(450—550)	$0,8\delta$	$1,5d$	$0,38t$	$1,5d$

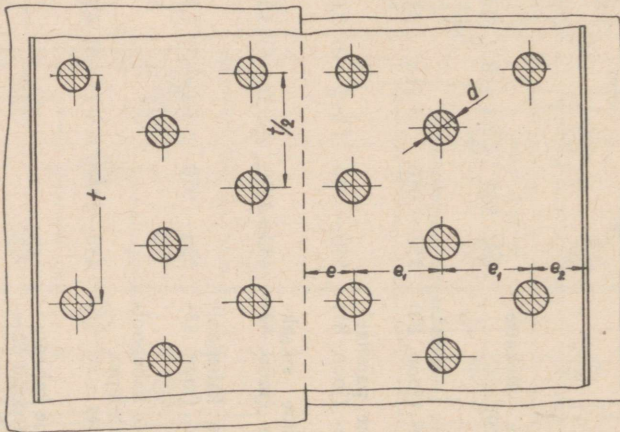
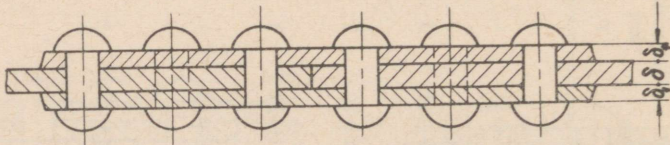


$C = 450 - 1350 \text{ kg/cm}$

$C = 450 - 1650 \text{ kg/cm}$

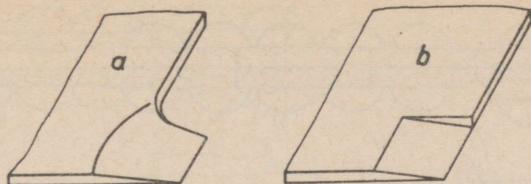
Joon. 84.

Joon. 85.



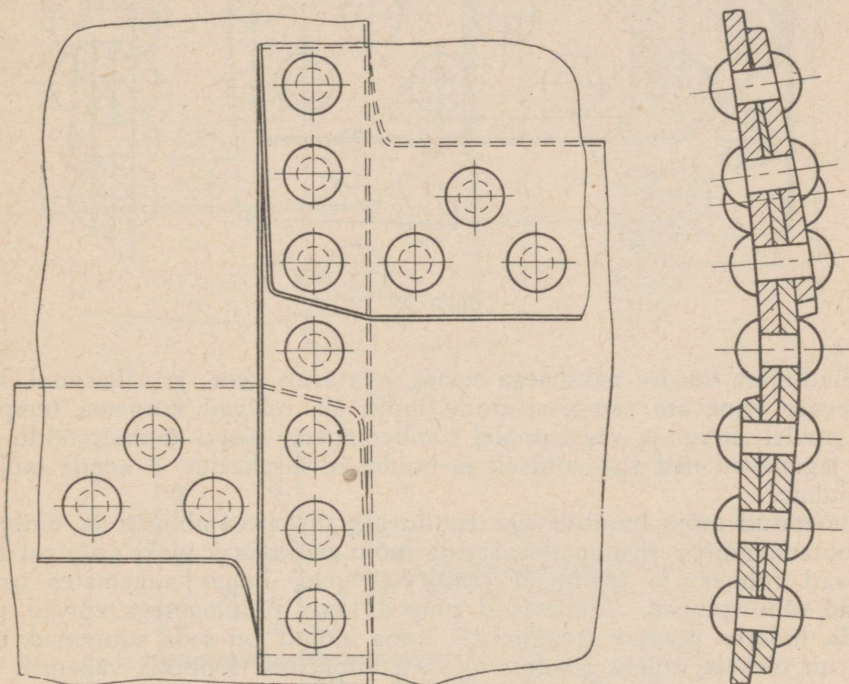
$C = 450 - 2300 \text{ kg/cm}$

Joon. 86.



Joon. 87.

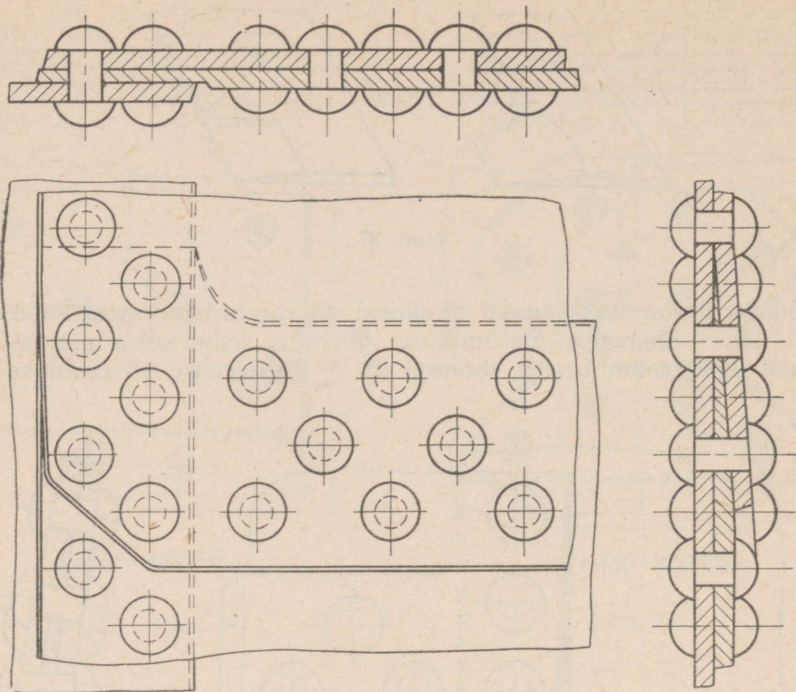
Üksikuid iseloomustavamaid liitekohti on toodud joonistel 88, 89 ja 90: joonisel 88 — üherealise ristõmbuse ühendus kaherealise pikiõmbusega (mõlemad ülekatteõmbused), joonisel 89 — kaherealise ristõmbuse ühen-



Joon. 88.

dus kolmerealise pikiõmbusega (mõlemad ülekatteõmbused) ja joonisel 90 — kaherealise ristõmbuse (ülekatte-) ühendus kaherealise pikiõmbusega (kahepoolne lapp-). Joonisel 91 toodud konstruktsioonis on kasutatud lapi kuju lihtsustamiseks osaliselt keevitamist.

Liitekohtades tuleb hoiduda kõikidest üleliigsetest materjali lisandustest, mis soodustavad liigset plekkide kuumenemist ja lisapingete tekkimist.

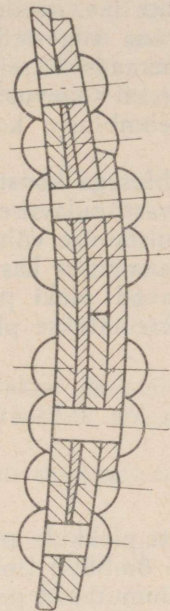
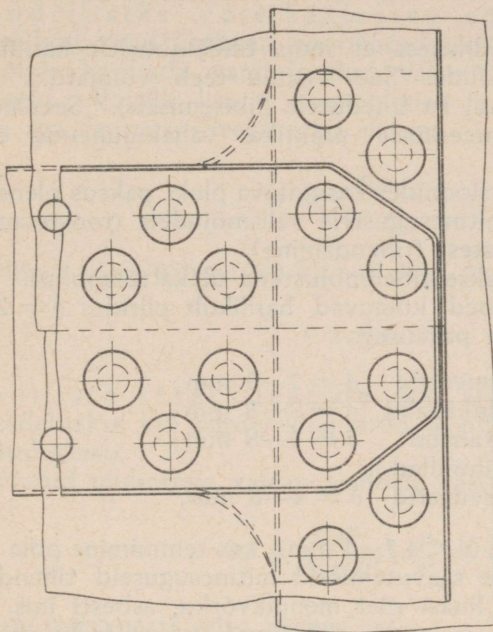
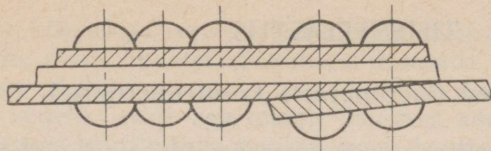


Joon. 89.

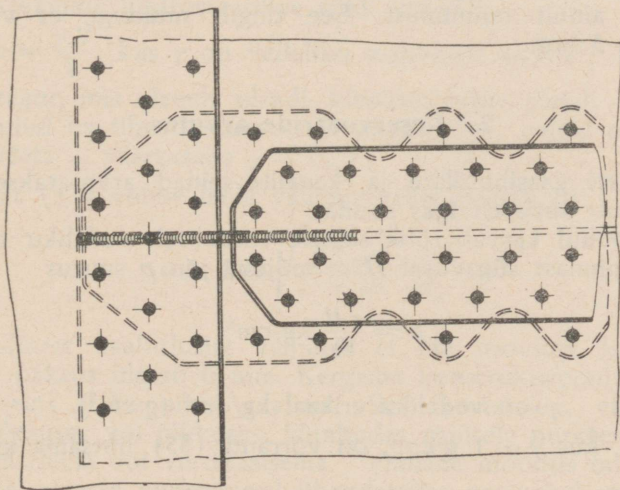
Silindrilises võrdse paksusega seinas, mis asub sees- ja väljaspool seina valitsevate erinevate temperatuuride mõju all, tekivad kõrgema temperatuuri poolel surve- ja vastaspool tõmbepinged. Kogu übermõõdu ulatuses jagunevad nad aga võrdselt ja hoiduvad tasakaalus — nende mõju ei ole oluline.

Nimetatud mõju muutub aga tunduvalt ülekatteõmbluste ja õmbluste liitekohtade juures. Kuumade gaaside mõju piirkonnas pleki servad kuumenevad rohkem ja tekitavad lisasurvepingeid, kuna kaugemates osades tekivad tõmbepinged. Nimetatud pinged koos tööpingetega võivad põhjustada liidetes pragude tekkimist. Kuna mõjud on seda suuremad, mida laiem on ülekate, tuleks laiadest ülekatteõmblustest loobuda vähemalt seal, kus õmblus paratamatult tulega kokku puutub.

Olenevalt üksikute liiteosade mõõdetest, tuleb tegelikkuses sageli muuta arvutusel saadud sammu suurust, tuleb aga püüda hoida kogu õmbluse ulatuses ühtlast sammu. Õmbluste liitekohtades, kus tuleb arvestada ka temmimise ja needipeade mahutamise võimalust, ei ole ka see siiski igakord võimalik.



Joon. 90.



Joon. 91.

IV. TIHENEEDISTUS.

1. Üldised alused tiheõmbluste konstrueerimisel.

Tiheõmblust kasutatakse mitmesuguste reservuaaride, gaasihoidlate, suitsu- ja õhukanalite jne. neetimisel.

Erinevusena tugev-tiheõmblusest ei mõju tiheõmblusele harilikult suu-remaid nimetamisväärsed jõude. See asjaolu teeb võimatuks arvutada neetõmblust nii tugevusele kui ka tihedusele (libisemisele). Seepärast kasutatakse tiheõmbluste konstrueerimisel praktikas väljakujunenud empiirilisi valemeid.

Tiheõmblusega konstruktsioonides kasutatava pleki paksus on suurel määral nii vastupidavusest mitmesugustele välismõjudele (roostetamine jne.) kui ka valmistamise võimalustest (tihendamine).

Suures enamuses kasutatakse tiheõmblustena ülekatteõmblusi.

Kasutatavad pleki paksused kõiguvad harilikult piirides $\delta = 2-8$ mm. Harilikult kasutatakse plekke paksusega:

gasomeetrid	$\delta = 2-3$ mm ;
suitsukanalid	$\delta = 3-8$ mm ;
õhukanalid	$\delta = 4-8$ mm ;
gaasihoidlad ja	
reservuaarid	$\delta = 4-8$ mm.

Õhukeste plekkide puhul ($\delta < 4,5-5$ mm), kus temmimine pole võimalik, kasutatakse õmbluse tiheduse saavutamiseks mitmesuguseid tihendusmaterjale, nagu immutatud pappi, linast riiet, mennikvõrku, asbesti jms. Piirituse, bensiini, petrooleumi, nafta ja teiste, üldnimetatud tihendusmaterjalidele hävitavalt mõjuvate vedelike (näit. hapete jms.) jaoks määratud reservuaaride puhul tuleb niisugustest tihendeist loobuda ja kasutada tiheduse saavutamiseks ainult temmimist. See tingib muidugi, et valitaks plekk paksusega $\delta \geq 5$ mm.

2. Reservuaaride arvutus.

Mitmesuguste gaasihoidlate ja -kanalite seinad arvutatakse gaasi rõhu järgi, mis mõjub ühtlaselt igas suunas.

Vedelike puhul kasvab rõhk seinalle võrdeliselt vedeliku nivoo kõrgusega. Nivoo pinnast sügavusel H m mõjuva jõu p suurus

$$p = \frac{\gamma H}{10} \text{ kg/cm}^2, \quad (55)$$

kus

γ on vedeliku erikaal kg/dm^3 (g/cm^3).

Vee puhul, kus $\gamma \approx 1 \text{ g/cm}^3$, on võrrand (55) lihtsama kujuga:

$$p = \frac{H}{10} \text{ kg/cm}^2. \quad (55-a)$$

Suure kõrgusega reservuaaride puhul ülemises ja alumises osas tekki-
 va rõhu vahe tõttu on otstarbekohane kasutada ülemises ja alumises osas eri
 paksusega plekke.

Kui vedelik asub aga mingis kinnises anumais rõhu p_1 kg/cm² all, siis
 kasvab surve seinale igas punktis veel p_1 võrra.

Silindrilistes vertikaalsetes reservuaarides on samal
 sügavusel kõik osad ühtlaselt koormatud tõmbega ja seina paksuse määra-
 misel võime kasutada varemtoodud valemit (50) silindri seina paksuse
 määramiseks. Vajalik lisa c roostetamise ja mehaaniliste vigastuste arvel
 võetakse aga suurem. Seega seina paksus

$$\delta = \frac{D p}{2 \varphi R_t} + c, \quad (56)$$

kus harilikult $R_t = 950-1000$ kg/cm² (Ст. 2) ja

$$c \approx 0,4 \text{ cm.}$$

Kandiliste reservuaaride sein arvutatakse paindele, kusjuures
 seina vaadeldakse kui piirdel kinnitatud ja hüdrostaatilise rõhuga ühtlaselt
 koormatud plaati.

Nimetatud olukorrale vastav paindele vastupanu tingimus on:

$$0,5 \varphi \frac{L^2 H^2}{L^2 + H^2} \cdot \frac{p}{\delta^2} \leq R_p, \quad (57)$$

kus

L on reservuaari seina pikkus cm;

H — reservuaari seina kõrgus cm;

δ — seina paksus cm;

p — keskmine hüdrostaatiline rõhk kg/cm²;

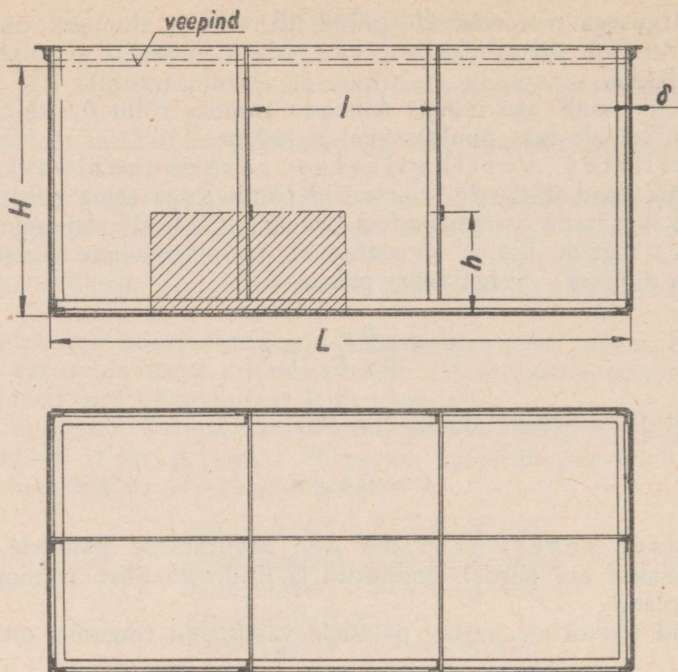
$$p = \frac{\gamma H}{2}, \text{ kus } \gamma \text{ on vedeliku mahukaal kg/cm}^3;$$

φ — tegur, mis oleneb plaadi kinnitusviisist, plaadi pinnast ja üld-
 juhul ka tihendussurve ja -materjalist; antud olukorras võime
 võtta φ väärtuseks $\varphi = 0,75$.

Võrrandist (57) võime leida vajaliku seina paksuse δ :

$$\delta \geq L H \sqrt{\frac{0,5 \varphi}{L^2 + H^2} \cdot \frac{p}{R_p}}. \quad (58)$$

Majanduslikest kaalutlusist väljudes ei ole soovitatav kasutada seinana
 plekki, mille paksus ületab 6 mm. Kergema konstruktsiooni saamiseks tuleb
 vähendada seina vaba pinna ulatust. See teostatakse, vähendades vaba
 pinda kas kõrguses või pikkuses, kinnitades seintele nurkteraseid vastavalt
 kas horisontaalseina või vertikaalseina. Viimane moodus on enam levinud.
 Vastasseinadel asuvad nurkterased ühendatakse omavahel veel sidelattidega
 (joon. 92).



Joon. 92.

Vajaliku nurkteraste vahekauguse l saame avaldada võrrandist (57), andes ette soovitava pleki paksuse (harilikult $\delta = 5$ mm, kuna niisuguse paksuse juures on tagatud veel hea temmimise võimalus):

$$l = \delta H \sqrt{\frac{R_p}{0,5 \varphi p H^2 - R_p \delta^2}}. \quad (59)$$

Võttes lubatava paindepinge väärtuseks $R_p = 1000$ kg/cm² (Ст. 2, Ст. 3) ja vedeliku mahukaaluks $\gamma = 0,001$ kg/cm³, saame nurkteraste vahekauguse

$$l = \frac{22,36 H}{\sqrt{0,000375 H^3 - 500}}. \quad (59-a)$$

Ühe rea sidelattide puhul, mis asuvad põhjast kõrgusel h , on nurkterase sidelatist allpool asuv osa koormatud joonisel 92 viirutatud pinnale mõjuva vedeliku rõhumisega:

$$P_1 = p_1 l h = \gamma \cdot \frac{H + (H-h)}{2} l h = \gamma l h \cdot \frac{2H-h}{2}.$$

Nurkterase arvutame paindele tingimuse

$$\frac{\gamma l h^2 (2H-h)}{16} = R_p W_1$$

järgi. Siit vajalik vastupidavusmoment

$$W_1 = \frac{\gamma l h^2 (2H-h)}{16 R_p}.$$

Sidelatist ülalpool asuva nurkterase koormus

$$P_2 = p_2 l (H-h) = \frac{\gamma l (H-h)^2}{2},$$

tingimus paindele arvutamiseks on

$$\frac{\gamma l (H-h)^3}{16} = R_p W_2$$

ja vajalik vastupidavusmoment

$$W_2 = \frac{\gamma l (H-h)^3}{16 R_p}.$$

Konstruksiooni otstarbekusest väljudes peaksid nurkterase ülemine ja alumine pool olema võrdtugevad, s. t. $W_1 = W_2$:

$$\frac{\gamma l h^2 (2H-h)}{16 R_p} = \frac{\gamma l (H-h)^3}{16 R_p}.$$

Avaldades toodud võrdusest h , saame sidelati optimaalse kõrguse põhjast

$$h = 0,38 H. \quad (60)$$

Asetades saadud suuruse vastupidavusmomendi avaldisse, saame:

$$W = 1,49 \cdot 10^{-2} \frac{\gamma l H^3}{R_p},$$

mis $\gamma = 0,001 \text{ kg/cm}^3$ ja $R_p = 1000 \text{ kg/cm}^2$ juures võtab kuju

$$W = 1,49 \cdot 10^{-8} H^3 l. \quad (61)$$

Lugedes suurimaks kasutatavaks nurkteraseks $65 \times 65 \times 8$, tuleb juhul, kui vajalik vastupidavusmoment kujuneb suuremaks kui see on antud profiilil, asetada reservuaari kaks rida sidelatte. Arvutuse võime sel puhul läbi viia järgmiselt: valime väikseima kasutada soovitava profiili, näit. $45 \times 45 \times 6$, ja asetame võrrandisse (61) tema vastupidavusmomendi, võrrandist määrame sellise kõrguse H' ülaservast, mille puhul antud profiil ühe rea sidelattide juures on veel küllaldane. Alumise osa nurkterasest $(H-H')$ kontrollime paindele:

$$\sigma_p = \frac{\gamma l (H+H') (H-H')^2}{16 W} \leq R_p. \quad (62)$$

Kui tingimus $\sigma_p \leq R_p$ ei ole rahuldatud, tuleb valida suuruselt järgmine nurkteras ja uuesti kontrollida paindele. Ülemine rida sidelatle asetatakse aga jällegi kõrgusele $0,38 H'$ alumisest sidelatist arvates.

Sidelatid arvutatakse tõmbetugevuse tingimusest.

Kui reservuaar on toetatud taladele, arvutatakse talade vahekaugus samuti võrrandi (59) järgi, võttes $\varphi = 1$ ja põhja paksuseks $\delta_o = \delta$ kuni $\delta + (1 - 2 \text{ mm})$, kus δ on seina paksus mm.

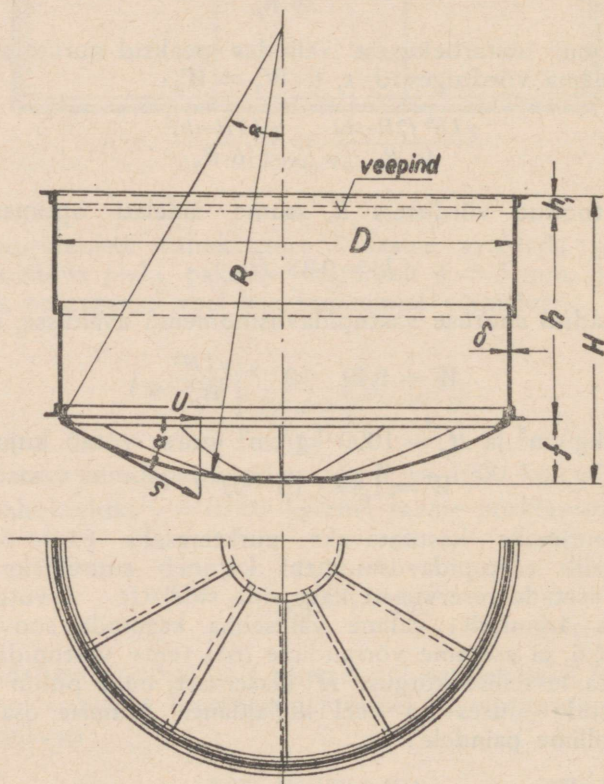
Võrreldes neljakandilisi reservuaare silindrilistega, selgub, eriti suuremahuliste puhul, et silindrilised reservuaarid oma ehitusviisi tõttu kujunevad tunduvalt kergemaiks.

Silindrilise sfäärilise põhjaga reservuaari põhja sfääri raadius valitakse harilikult võrdne silindrilise osa läbimõõduga. Silindrilise reservuaari arvutuskäiguga tutvume alltoodud näites.

Näide: Määrata mõõted silindrilisele sfäärilise põhjaga lahtisele vee-reservuaarile, mille maht $V = 64 \text{ m}^3$ (joon. 93).

Antud reservuaari puhul on soovitatav valida reservuaari läbimõõt

$$D \approx 1,37 \sqrt[3]{V},$$



Joon. 93.

kuna nimetatud vahekord tagab nõutava ruumala juures vähima materjali kulu. Seega

$$D = 1,37 \sqrt[3]{64} = 5,48 \approx 5,50 \text{ m.}$$

Jooniselt 93 võime kirjutada suhte

$$f : \frac{D}{2} = \frac{D}{2} : (2R - f).$$

Lahendades saadud ruutvõrrandi (võttes $R = D$)

$$f^2 - 2Df + \frac{D^2}{4} = 0,$$

saame sfäärilise osa ulatuse f :

$$f = 0,134 D = 0,134 \cdot 5,50 = 0,737 \approx 0,75 \text{ m.}$$

Asetades suurused $f = 0,134D$ ja $V = \left(\frac{D}{1,37}\right)^3$ kogu reservuaari mahu avaldusse

$$V = \frac{\pi D^2}{4} h + \frac{1}{3} \pi f^2 (3R - f),$$

saame avaldada reservuaari vajaliku kõrguse h :

$$h = \frac{V - \frac{1}{3} \pi f^2 (3R - f)}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{(0,389 - 0,054) D^3}{0,785 D^2} = 0,43 D = 0,43 \cdot 5,50 = 2,42 \text{ m}$$

Reservuaari ülemine serv ulatugu 30—40 cm vedeliku nivoost kõrgemale (h_1), seega kogu reservuaari kõrgus

$$H = h + f + h_1 = 2,42 + 0,75 + 0,33 = 3,50 \text{ m.}$$

Reservuaari seina paksus alumises osas [võrrand (56)]

$$\delta = \frac{D p}{2 \varphi R_t} + c = \frac{550 \cdot 0,001 \cdot 242}{2 \cdot 0,6 \cdot 1000} + c = 0,11 + c = 0,4 \text{ cm,}$$

kus

$\varphi \approx 0,6$ — üherealisel ülekatteõmblusel puuritud aukude puhul ja kaherealisel stantsitud aukude puhul,

$R_t = 1000 \text{ kg/cm}^2$ — lubatav materjali (Ст. 2, Ст. 3) tõmbepinge.

Põhja paksus

$$\delta_0 = \frac{550 \cdot 0,001 (242 + 75)}{2 \cdot 0,6 \cdot 1000} + c = 0,15 + c = 0,4 \text{ cm.}$$

Valime lõplikult $\delta_0 = \delta = 4 \text{ mm}$.

Põhja ja silindrilist osa ühendav nurkteras on surutud jõuga (joon. 93)

$$U = S \cos \alpha = S \frac{D - f}{D},$$

kus S on avaldatav järgmiselt:

$$S = \frac{\gamma h R}{2} + \frac{\gamma R^2 f^2}{2 \left(\frac{D}{2}\right)^2} - \frac{\gamma R f^3}{6 \left(\frac{D}{2}\right)^3} = \frac{0,001 \cdot 242 \cdot 550}{2} + \frac{0,001 \cdot 550^2 \cdot 75^2}{2 \left(\frac{550}{2}\right)^2} - \frac{0,001 \cdot 550 \cdot 75^3}{6 \left(\frac{550}{2}\right)^3} = 66,50 + 11,25 - 0,51 = 77,24 \text{ kg/cm};$$

$$U = 77,24 \cdot \frac{550 - 75}{550} = 77,24 \cdot 0,864 = 67,0 \text{ kg/cm}.$$

Vajalik nurkterase neto pind on seega

$$F_{neto} = \frac{U D}{2 R_s} = \frac{67,0 \cdot 550}{2 \cdot 1000} = 18,4 \text{ cm}^2.$$

Valides needi läbimõõduga $d = 13 \text{ mm}$ (auk 14 mm) ja nurkterase paksusega $\delta_1 = 12 \text{ mm}$, saame kaherealise õmbluse puhul

$$F_{bruto} = F_{neto} + 2 d \delta_1 = 18,4 + 2 \cdot 14 \cdot 1,2 \approx 22,8 \text{ cm}^2,$$

mille alusel valime sobivama nurkterase mõõdetega $100 \times 100 \times 12$ ($F = 22,8 \text{ cm}^2$). Samamõõtelise nurkterase valime ka välimiseks tuginurkteraseks.

Ülemise serva kinnitus-nurkterase valime $60 \times 60 \times 6$.

Horisontaalõmbluse valime üherealise, vertikaalõmbluse kaherealise ülekatteõmblusena, kusjuures õmbluste parameetrid leiame empiiriliste vahekordade järgi.

3. Tiheneedistuste konstruktiivne kujundamine.

Reservuaarid vedelikele konstrueeritakse harilikult horisontaalsetest vöödest. Vööde omavaheline kinnitus võib toimuda kas astmeliselt või teleskoobiliselt. Reservuaaride konstrueerimisel, kus üksikute vööde pleki paksused on erinevad, asetatakse vööd vööde arvu puhul kuni 6 — teleskoobiliselt, s. o. iga ülemine vöö ulatub alumise sisse. Kui aga vööde arv on üle kuue, asetatakse ülemised kuus vööd teleskoobiliselt, alumised astmeliselt.

Horisontaalsetel reservuaaridel, samuti ka vertikaalsetel, kui üksikud vööd on võrdse paksusega, tuleb vööd asetada astmeliselt.

Silindriliste reservuaaride põhi moodustatakse nafta-, petrooleumi- jms. reservuaaridel harilikult tasapinnaline, veereservuaaridel aga sageli sfääriline, kusjuures reservuaar toetub vabalt tugirõngale ja põhi töötab seega tõmbele.

Reservuaaride põhja paksus δ võetakse tavaliselt reservuaari läbimõõdust D olenevalt:

$$\begin{aligned} D < 25 \text{ m} & \dots \dots \delta = 4 - 6 \text{ mm}, \\ D > 25 \text{ m} & \dots \dots \delta = 6 - 8 \text{ mm}. \end{aligned}$$

Vertikaalsete reservuaaride horisontaalõmblus kujundatakse tavaliselt üherealise ülekatteõmblusena. Vertikaalõmblused valitakse järgmistest liikidest:

- 1) kahe- ja kolmerealised ülekatteõmblused, kusjuures õmbluse tugevusteguri keskmise väärtuse võib võtta piirides $\varphi = 0,60 - 0,75$;
- 2) kaherealised kahepoolsed lappõmblused, $\varphi = 0,80$;
- 3) kolme- ja neljarealist lappõmblused erinevate lappide suurustega, $\varphi = 0,85 - 0,90$ (joon. 94);
- 4) lappõmblused lainestatud servadega lappidega, $\varphi = 0,90 - 0,95$.

Kergelt lenduvate ainete reservuaaride kaaned tulevad samuti neetida vastavalt tihedusnõuetele.

Reservuaarid vedelike jaoks värvitakse korrosioonist hoidumiseks menniku või õlivärviga või ka tsingitakse.

Tiheõmbluse needi läbimõõt määratakse harilikult empiirilise valemiga:

$$d = \sqrt{5\delta} - a, \quad (63)$$

kus

δ on pleki paksus cm;

$a = 0,4$ cm — ülekatteõmbluse puhul;

$a = 0,5$ cm lappõmbluse puhul.

Needi samm:

$$\text{üherealises õmbluses} \quad t = 3d + 0,5 \text{ cm}; \quad (64)$$

$$\text{kaherealises siksakõmbluses} \quad t = 4d + 0,8 \text{ cm}; \quad (64-a)$$

üldiselt:

$$3d \leq t \leq 9d, \quad (64-b)$$

kusjuures suuremad väärtused tulevad arvesse konstruktsioonide juures, millel ei nõuta erilist tihedust (korstnad jms.).

Needi tsentri kaugus pleki äärest:

$$e = 1,5d + 0,3\delta. \quad (65)$$

kus

d on neediaugu läbimõõt ja

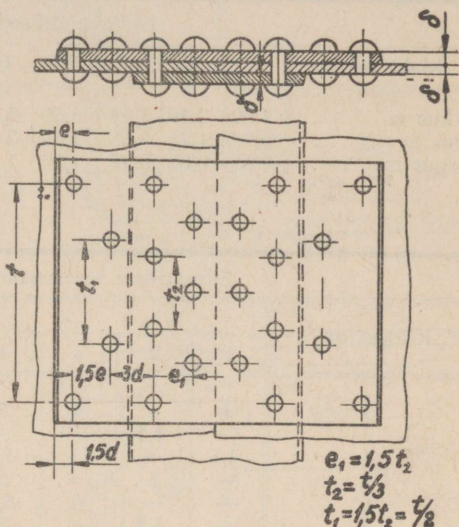
δ — pleki paksus.

Mitmerealiste siksakõmbluste puhul võib ridadevahelised kaugused võtta järgmiselt:

$$\text{kaherealises ülekatteõmbluses} \quad e_1 = 0,6t, \quad (66)$$

$$\text{kolmerealises ülekatte- ja} \\ \text{kahepoolses lappõmbluses} \quad e_1 = 0,5t. \quad (66-a)$$

Õmbluste juures, kus needi läbimõõt $d \leq 10$ mm, kasutatakse külmetust, pleki paksuse puhul $\delta = 5 - 15$ mm — kuumneetimist.



Joon. 94.

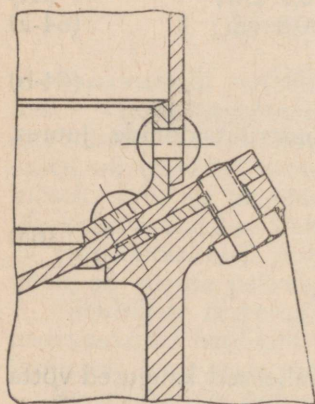
Tabelites 27 ja 28 on toodud pealt lahtiste reservuaaride konstrueerimisel tavaliselt esinevad mõõded (ligikaudsed), mis tegelikus olukorras tulevad kooskõlastada olemasoleva lehtterase mõõdetega.

Tabel 27.

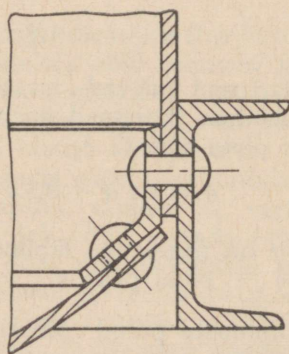
Neljakandilised reservuaarid												
Maht m ³	1	2,5	5	7,5	10	20	40	60	80	100	150	200
Pikkus m . . .	1,70	2,50	3,20	3,60	4,00	5,10	6,40	7,40	8,00	8,70	10,00	11,00
Laius m . . .	0,90	1,25	1,65	1,80	2,00	2,65	3,20	3,70	4,20	4,60	5,00	5,50
Kõrgus m . . .	0,65	0,80	0,95	1,20	1,30	1,50	1,95	2,20	2,40	2,50	3,00	3,30

Tabel 28.

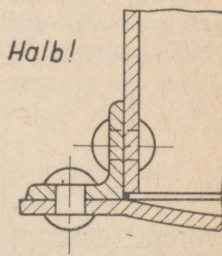
Silindriliste reservuaaride seina paksus mm											
Kõrgus m	Läbimõõt m										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2	4	4	4	5	5	5	5,5	5,5	6	6	
3	—	4,5	5	—	5,5	6	6	6,5	7	7	
4	4,5	—	—	5,5	6	6,5	7	7	7,5	8	
5	—	5	—	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	
6	—	—	6	6,5	7	7,5	8	9	9,5	10	
7	—	5,5	—	7	7,5	8	9	9,5	10	11	
8	5	—	—	—	8	9	9,5	10	11	12	
9	—	6	7	7,5	8,5	9,5	10	11	12	13	
10	—	—	—	8	9	10	11	12	13	14	



Joon. 95.

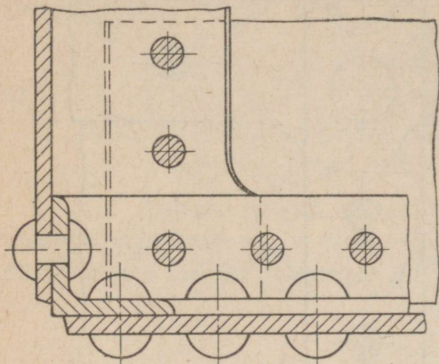


Joon. 96.

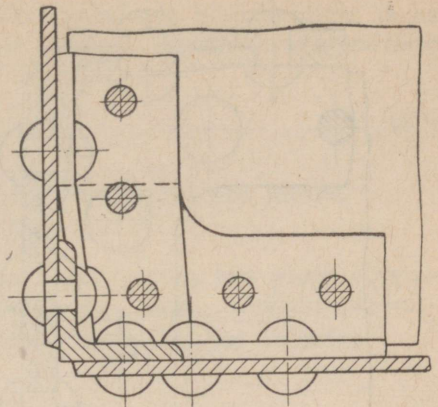


Joon. 97.

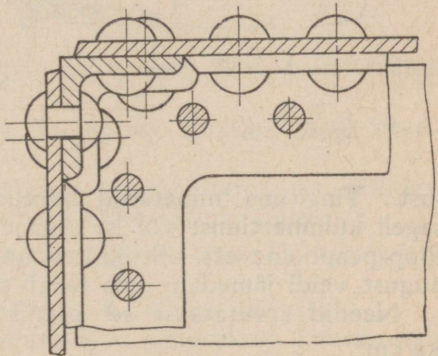
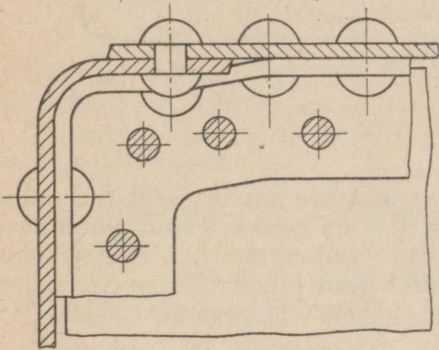
Joonistel 95, 96 ja 97 on kujutatud silindrilise reservuaari sfäärilise põhja ja seina liitekohad. Joonisel 97 toodud konstruktsioon ei ole soovitatav, kuna siin needid töötavad tõmbele ja põhjaplekk paindele.



Joon. 98.



Joon. 99.



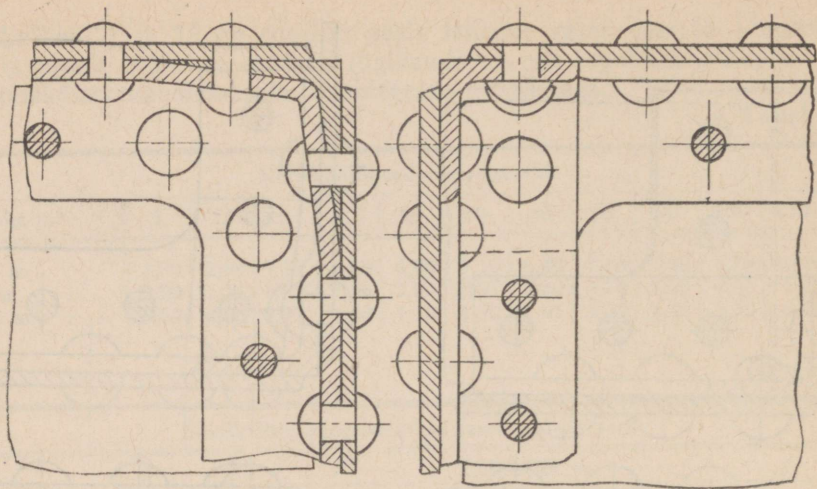
Neljakandilise reservuaari seinte liiteviise põhjaga on esitatud joonistel 98, 99 ja 100.

Neetide asukoha määramiseks nurkterastes võib kasutada tugevneedituse osas toodud tabelleid 9 ja 10.

V. MASINAOSADE NEEDISTUS.

Dünaamilisele koormusele allutatud detailides on neetliite arvutus seotud suurte raskustega ja ei anna seetõttu täpseid tulemusi. Tingituna eelõeldust teostatakse sageli ainult orienteeruv arvutus, kusjuures lubatavate pingete väärtused võetakse madalamatena.

Teame, et kuumneetimisel paisunud materjal hiljem jahtub ning needi ja materjali vahele tekib lõtk. Tekkinud lõtku tagajärjel tekib dünaamilise koormuse mõjul liidetud elementide vaheline nihkumine, mis lõhub õmb-



Joon. 100.

lust. Tingituna nimetatud nähtusest, kasutatakse masinaosade neetimisel sageli külmneetimist või ka seganeetimist, kus on kuumendatud ainult needi lõpp-peapoolne ots. Seejuures on neediauk kujundatud nii, et neet oleks august veidi jämedam, mis tagab neetimisel needi tihedamat asetust augus.

Needid arvutatakse sel puhul löikele lubatava pingega $R_l = 350-450$ kg/cm².

Kui mingipärast ei ole võimalik kasutada külmneetimist, tuleb kasutada paratamatult kuumneetimist, arvutades needid samuti löikele.

Masinaosade neetõmbluste arvutamisel lähtutakse sageli ka kriitilisest pingest, s. t. pingest, mille juures hakkavad ilmne jäävad deformatsioonid.

Katseliste andmete ja kogemuste järgi on saadud järgmised põhilised tulemused.

1. Needi töötamisel plekkidevahelisele hõõrdumisele võib needi 1 cm²-lise ristlõike pinna kohta arvutatud kriitilise pinge keskmised väärtused võtta tabeli 29 kohaselt.

Tabel 29.

Neetimise moodus	Kriitiline pinge ξ kg/cm ²
Plekid ja needid ilma temmitata	880
Plekid kahelt poolt temmitud, needid temmitamata	1250
Plekid ja needid temmitud ühelt poolt	1330
Plekid kahelt poolt temmitud, needid — ühelt	1570
Plekid ja needid temmitud kahelt poolt	1620

2. Kui neet töötab samaaegselt plekkidevahelisele hõõrdumisele ja ka needi katkemisele pea juures, siis kriitiline pinge ξ arvutatakse empiirilise valemiga:

$$\xi' = \xi \left(1 - \frac{R_0}{2000} \right), \quad (67)$$

kus

$R_0 = 0,6 R_t$ — lubatav pinge needi katkemisel pea juures.

ξ — kriitiline pinge tabeli 29 järgi.

3. Kui õmblus töötab vahelduva koormuse juures, kus pinge kõigub suurusest σ_{min} kuni σ_{max} , tuleb kriitilise pinge ξ'_{min} ja ξ'_{max} määramisel korrutada nende väärtust teguriga $\lambda < 1$, mille väärtus leitakse valemist

$$\lambda = 0,75 \left(1 + \frac{1}{3} \cdot \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} \right). \quad (68)$$

Kui σ_{min} ja σ_{max} on erinevate märkidega, siis valemis (68) tuleb märgi „+“ asemel kasutada märki „-“.

Kui neet töötab ainult katkemisele pea juures, siis kriitilise pinge väärtus $\xi = 2000 \text{ kg/cm}^2$.

4. Kui neet töötab löikele, siis kriitilise pinge suurus on piirides $\xi_t = 2000 - 2200 \text{ kg/cm}^2$ katkestava koormuse 3000 kg/cm^2 juures.

5. Lähtudes toodud kriitilistest pingetest, võib määrata ka lubatavad pinged. Keskmiste suurustena võib võtta:

1) alalise koormuse puhul — 60% vastavast kriitilisest pingest;

2) ajutise koormuse puhul (proovikoormused, juhuslikud koormused jne.) — 80%.

6. Õmbluse kohalikku tugevust kontrollitakse nii pleki kui ka neetide kohta. Plekkide puhul tuleb võtta kriitiliseks pingeks elastsuspiir, neetidel aga punktides 1—5 toodud väärtused.

Võrdtugevuse tingimus esineb seejuures kujul:

$$(t-d)\delta\sigma_T = z \frac{\pi d^2}{4} \xi_{kr}, \quad (69)$$

kus

d on needi läbimõõt cm;

t — needi samm cm;

δ — pleki paksus cm;

z — ühelõikeliste neetide ridade arv;

σ_T — pleki materjali voolavuspiir kg/cm^2 ;

ξ_{kr} — kriitiline pinge kg/cm^2 punktides 1—5 toodud andmete järgi.

Kahelõikeliste neetide puhul on võrrandil (69) järgmine kuju:

$$(t-d)\delta\sigma_T = 0,5z \frac{\pi d^2}{4} \xi_{kr}. \quad (70)$$

Näide. Määrata lubatav pinge neetõmbeluses, kui pinge konstruktsioonis muutub vahemikus $\sigma_{min} = -600 \text{ kg/cm}^2$ ja $\sigma_{max} = +1400 \text{ kg/cm}^2$ ning needid töötavad lõikele.

Kuna pinge konstruktsioonis kõigub eri märgiga suuruste piirides, siis võrrandi (68) kohaselt

$$\lambda = 0,75 \left(1 - \frac{1}{3} \cdot \frac{600}{1400} \right) = 0,645.$$

Võttes kriitiliseks pingeks $\xi_l = 2000 \text{ kg/cm}^2$ (punkt 4), saame lubatava pinge

$$(R_l)_{max} = \lambda \cdot 0,6 \xi_l = 0,645 \cdot 0,6 \cdot 2000 = 775 \text{ kg/cm}^2.$$

Nüüd võime arvutuse teostada pinge $R_l = 775 \text{ kg/cm}^2$ juures lõikele, nagu see oli toodud varem tugevõmbeluse juures.

VI. NEEDISTUS KERGEMETALLKONSTRUKTSIOONIDES.

Needistus kergemetallkonstruktsioonides on oma iseloomult suuremas osas needistus lennukiehituses.

Viimaste aastakümnete jooksul toimunud lennukitööstuse kiire ja võimas areng on tunduvalt edasi viinud küsimusi ka lennukiehituses kasutatava materjali, kergemetallide neetimise alal ja toonud kergemetallide osas juurde mitmeid uusi tehnoloogilisi täiustusi.

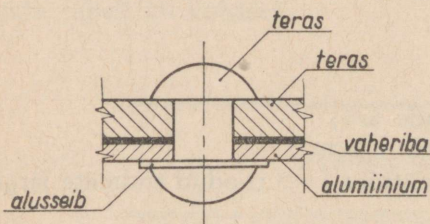
Kergemetallkonstruktsioonide neetimisel tuleb eriti tähele panna, et liidetavad elemendid (sageli legeeritud) oleksid samast materjalist, et hoiduda nn. kontaktkorrosioonist.

Eri liiki materjalide puhul võib elektrokeemilise potentsiaalide vahe tõttu juba õhuniiskuse toimel tekkida element, mille suhteliselt väike pinge on siiski küllaldane korrosiooni tekitamiseks.

Kui on vajadus ühendada eri liiki materjale, siis on otstarbekohane asetada materjalide vahele spetsiaalsed riidest vahetükid.

Ka neetide ja liidetavate elementide kokkupuutepindadele tuleb pöörata vajalikku tähelepanu. Nii peab näiteks kergemetallide ja terase puhul kasutama tsingitud või kadmiumiga kaetud seibe (joon. 101) või katma kokkupuutepinnad värviga.

Põhiliselt toimub needistus kergemetallkonstruktsioonides külmneetimisena. Kuid mitmed katsed neetidega, mille läbimõõt ületab 10 mm, on näidanud juba osaliselt häid tagajärgi ka kuumneetimisel. Et aga peamiselt kergemetallide kasutamisalal — lennukitööstuses — kasutamist leiavad enamuses väiksema läbimõõduga (3—6 mm) needid, siis on kergemetallide kuumneetimise küsimustele pööratud seni suhteliselt vähe tähelepanu.



Joon. 101.

Mitmesuguste parendatud kergemetallsulamitest neetide omadusi, mis seismisel iseenesest osaliselt kaovad (nii näiteks muutuvad needid toatemperatuuris juba 2—4 tunni pärast peale parendamisprotsessi küllalt hapraks), on võimalik taastada järjekordse parendamisprotsessiga.

Madalama temperatuuri juures säilivad parendatud kergemetallsulameist neetide omadused aga kauem, kuna 0°C temperatuuri juures võib märgata juba peaaegu täielikku seisakut „vananemis“-protsessis (haprus ei tõuse). Viimane asjaolu võimaldab kasutada kergemetallneetide parendamist ka suurtes tiides.

Külmneetimisega teostatud liites, kus needivarb täidab augu täielikult, töötab neet peamiselt lõikele ja augu ning needivarva vahel mõjub suhteliselt suur pindsurvepinge. Selle suure pindsurvepinge vähendamiseks kasutatakse suuremas koguses väikese läbimõõduga neete.

Neetimine toimub peamiselt suruõhuvasara abil, mille mitmesugused erikujud võimaldavad teostada neetimist ka raskelt ligipääsetavates kohtades.

Peale ptk-s I p-s 3c nimetatud neetimismasinat kasutatakse kergemetallneetistuses ka neetimisautomaate, mis teostavad kõik neetimisprotsessi etapid (augu moodustamine, needi kohaleasetamine a lõpp-pea moodustamine) automaatselt ühises seadmes. Sellise neetimisautomaadi keskmine tööviljakus on 600—800 neetimist tunnis, kuna üle 3 mm-lise needi neetimiseks (kaasa arvatud ka augu moodustamine) kulub aega alla 4 sekundi.

Juhtudel, kus needitav koht on ligipääsetav ainult ühelt küljelt, on leidnud kasutamist õõnesvarvalised needid (vt. joonised 7—10). Õõnesvarvalised needid annaksid täisvarvalistega võrreldes sama ristlõikepindala suurus juures ka suurema tugevuse. Tegelikult aga praegusaegse neetimisprotsessi juures ei ole õõnesvarvalised needid kohased suuremate jõudude ülekandmiseks, kuna neetimisel väikese radiaalse surve tõttu needivarb ei täida auku tihedalt, samuti ei suru needi alg- ja lõpp-pead liidetavaid plekke küllaldaselt tihedalt kokku.

Ka laengneedid (vt. joon. 16) leiavad kasutamist.

Needi läbimõõt määratakse harilikult empiirilise valemiga:

$$\text{kus } d = 1,5\delta + 2 \text{ mm,} \quad (71)$$

δ on pleki paksus mm;

neediaugu läbimõõt d_1 :

$$\text{kui } d \leq 10 \text{ mm, siis } d_1 = d + 0,1 \text{ mm,} \quad (72)$$

$$\text{kui } d > 10 \text{ mm, siis } d_1 = d + 0,2 \text{ mm;} \quad (73)$$

needi samm

$$t = (2,5-6) d. \quad (74)$$

Tabelis 30 on toodud andmed mitmesuguste kergemetallsulamitest neetide kohta.

Tabel 30.

Sulami mark	Sulami liik	Tüüpiline koostis % (ülejäänud osa moodustab Al)			Lõike- tugevus kg/mm ²	Märkmeid neetide kasutamise kohta
		Mg	Cu	Mn		
AMц	Al-Mn	—	—	1,3	7	—
AMr	Al-Mg	2,4	—	0,3 (või ka Cr)	12	—
AMr5	Al-Mg	5,0	—	0,35	16	—
Д18	Al-Cu-Mg	0,35	2,6	—	17	mitte varem kui 4 ööpäeva peale karastamist
ДЗП	Al-Cu-Mg	0,5	3,0	0,5	19	kuni 3 tundi peale karasta- mist
Д1	Al-Cu-Mg	0,6	4,3	0,6	24	kuni 2 tundi peale karasta- mist
Д16	Al-Cu-Mg	1,5	4,4	0,6	25	kuni 20 minutit peale ka- rastamist.

Vastutav toimetaja A. Mutt
Kaanejoonise valmistanud H. Lemberg
Tehniline toimetaja E. Plaks

Ladumisele antud 30. IV 1950. Trükkimisele antud 17. VII 1950. MB-06114.
Paber 67:95 cm ¹/₁₆. Trükiarv 1500. Trükipoognaid 4,5. Formaadile 60:92
kohaldatud trükipoognaid 5,17. Arvutuspoognaid 7,02. Tellimise nr. 1362.
Trükikoda „Kommunist“, Tallinn, Pikk 2

На эстонском языке
Элементы машин. X. Кулдма. Клепочные соединения

Hind rbl. 2.45

Rbl. 2.45

A-18534

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00454208 2