

INSTRUMENDI- KONSTRUKTORI KÄSIRAAMAT

ENSV RMN TEHNILISE
INFORMATSIOONI BÜROO

TALLINN 1962

A-24381,,

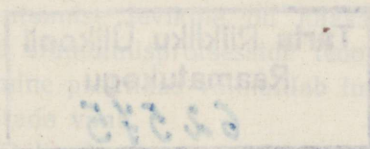
EESTI NSV RAHVAMAJANDUSE NÕUKOGU

INSTRUMENDIKONSTRUKTORI KÄSIRAAMAT

KÜLMSTANTSIMINE

KOOSTANUD

*U. Elvak, P. Kaasik, M. Kesa, V. Lomp, R. Rusinov,
L. Salus, Ü. Tammik*



ENSV RMN TEHNILISE INFORMATSIOONI BÜROO
TALLINN 1962

EESSÕNA

Nõukogude Liidu Kommunistliku Partei XXII kongress püstitas masina- ja aparaadiehitusele suured ülesanded kommunistliku ühiskonna materjal-tehnilise baasi loomiseks. Kongressi otsuste elluviimine nõuab kõikides ettevõtetes tööviljakuse tõusu ja töötajate tehniliste teadmiste kasvu.

Nende otsuste elluviimisel annab oma panuse ka Eesti NSV masina- ja aparaadiehitus. Meie vabariigis langeb pearõhk vähest metallikulu nõudvate seadmete valmistamisele. Sellest tingituna valmistatakse meie vabariigi masina- ja aparaadiehituses põhiliselt väikemõõtmelisi detaile, mida on paljudel juhtudel otstarbekas valmistada stantsimise teel.

Peatähelepanu langeb toorikute kuumutamisetä stantsimisele, mis on tuntud üldise nimetuse all — külmstantsimine. Stantsimise jaotamisel külma- ja kuumstantsimiseks on tinglik iseloom, mis on määratud seadmete pargi võimsusega või stantsitava materjali omadustega. Külmstantsimise levikule on kaasa aidanud nõukogude teadlaste tööd stantsimisprotsesside teooria alal. Nende uurimistööde rakendamine praktikas võimaldab luua uusi stantsimisprotsesse või täiustada vanu.

Külmstantsimise põhilised eelised võrreldes mehaanilise töötlemisega on järgmised:

1. väike töömahukus ja detailide maksumus,
2. detaili suhteliselt püsiv ja küllaldane täpsus, mis oluliselt ei sõltu tööliste oskusest,
3. seadmete universaalsus ja suur tootlikkus,
4. väike toormaterjali kulu ja minimaalsed jäägid,
5. automatiseerimise ja mehhaniseerimise laialdase rakendamise võimalus.

Külmstantsimine jaotatakse deformatsioonide iseloomu järgi

lõike-, painde- ja tõmbestantsimiseks. Tootlikkuse suurendamise ja töömahu vähendamise eesmärgil kasutatakse operatsioonide liitmist ja kombineeritud stantsimist.

Käesolev käsiraamat käsitleb metallide ja mittemetalsete materjalide külmstantsimist, stantside tugevusarvutust ning stantside valmistamiseks kasutatavaid materjale.

Küsimust on käsitletud ulatuslikult tabelite ja praktiliste arvutusvalemite kujul, mis muudab raamatu kergesti arusaadavaks ja käepäraseks.

Olles seni ainsaks eestikeelseks väljaandeks sellel alal, annab raamat kõigile külmstantsimisega kokkupuutuvatele töötajatele vajaliku teadmiste aluse.

«Instrumendikonstruktori käsiraamatu» külmstantsimise osa sobib kasutamiseks konstruktoritele, tehnoloogidele ja matriitsilukkseppadele. Samuti võib raamat olla õppevahendiks tehnikumides ja tööstuskoolides.

K. Russov,

ENSV RMN tehnikaosakonna juhataja

1. STANTSIDE VALMISTAMISEKS KASUTATAVAD PÕHIMATERJALID

Tabel 1

Detailide nimetused		Materjal		Termiline töötlemine	Kõvadus H_{Rc}	
Stantsid	Detaili kuju	Mark	ГОСТ		Tempel	Matriits
Lõike-stants	Lihtne	Teras Y8A, Y10A	1435-54 ja 5950-51	Karast.	56 ... 60	58 ... 62
	Keerukas	Teras X12		Karast.	56 ... 60	58 ... 62
Painutus-stants	Lihtne	Teras Y8A		Karast.	50 ... 55	50 ... 55
	Keerukas	Teras X12		Karast.	54 ... 58	54 ... 58
Tõmbe-stants	Lihtne	Teras Y8A		Karast.	54 ... 58	54 ... 58
	Keerukas	Teras X12, Y8A		Karast.	54 ... 58	54 ... 58
Vormimis-stants	Lihtne	Teras X12		Karast.	56 ... 58	58 ... 60
	Keerukas	Teras Y13A		Karast.	56 ... 58	58 ... 60

Templid ja matriitsid

Tabeli 1 järg

Detailide nimetused	Materjal		Termiline töötlemine	Kõvadus H_{Rc}
	Mark	ГОСТ		
Ülemised ja alumised plaadid — malmvalu	Hallmalm C421—40	1412-48	—	—
Ülemised ja alumised plaadid — terasvalu	Teras 25	914-56	—	—
Ülemised ja alumised plaadid — hõõveldatud teras	Teras Cr. 3	535-58	—	—
Vardad, keermetatud korgid, mutrid, seibid	Teras Cr. 3	535-58	—	—
Kinnituspoldid-kruvid	Teras 45		Pea karastada	40... 45
Seadekruvid Piirajad Tihvtid Tõukevardad	Teras 45	1050-52	Karastada	40... 45
Templihoidjad Matriitsihoidjad Mahatõmbajad Käigupiirajad Sabad Surujad Juhtliistud	Teras Cr. 5	380-57	—	—
Vaheplaadid	Teras 20 asendaja Y8-Y7	1050-52	Tsementitida ja karastada	40... 45
Juhtpuksid				52... 56
Juhtsambad				52... 56
Püüdjad	Teras Y7		Karastada	50... 54
Sammupiirajad	Teras Y8A	1435-54	Karastada	52... 56
Noad jäätmete tükeldamiseks			Karastada	56... 60
Noad			Teras Y10A	Karastada

Detailide nimetused	Materjal		Termiline töötlemine	Kõvadus H_{Rc}
	Mark	ГОСТ		
Vedrud terastraadist	Traat II	5047-49	—	—
Vedrud ümarmaterjalist Ø üle 5 mm	Teras 65Г	2052-53	Karastada	40...45
Vedrud ümarmaterjalist Ø kuni 5 mm	Traat OBC	B1546-42	Ø üle 2 mm karastada	40...45
Lehtvedrud	Teras 65Г	2052-53	Karastada	40...45

Märkus. Suuremõõtmeliste venitus- ja tõmbestantside templid ja matriitsid võib valada malmist.

Painutus- ja tõmbetemplid ning matriitsid võib valmistada terasest 20 järgneva tsementiitumise ja karastamisega.

2. BRINELLI, ROCKWELLI JA SCHORI KÕVADUSTE VÕRDLUSTABEL

Tabel 2

Brinelli järgi H_B	Rockwelli järgi H_{Rc}	Schori järgi H_s	Brinelli järgi H_B	Rockwelli järgi H_{Rc}	Schori järgi H_s
212	19	31	375	40	52
217	20	32	387	41	53
223	21	33	402	43	55
229	22	33	418	44	57
235	23	34	430	45	59
241	24	35	444	47	61
248	25	36	460	48	64
255	26	36	477	49	66
262	27	37	495	51	68
269	28	38	512	52	70
277	29	39	532	54	72
286	30	40	555	56	75
293	31	41	578	58	78
302	33	42	600	59	81
311	34	44	627	61	85
321	35	45	652	63	88
332	36	46	—	65	92
340	37	47	—	67	95
351	38	49	—	69	100
364	39	50	—	72	107

3. STANTSITAVATE MATERJALIDE PEAMISED MEHAANILISED OMADUSED

σ_1 — lõiketugevus kg/mm²;
 σ_b — tõmbetugevus kg/mm²;
 δ — suhteline pikenemine %

Tabel 3

Materjal	Mark	Standard	σ_1 kg/mm ²	σ_b kg/mm ²	δ %	Märkusi
Teras						
Süsinikteras, kuumvaltsitud, tavalise kvali- teediga. Paksus 8...20 mm	Ст. 0	ГОСТ	26...38	32...47	18...22	
	Ст. 1	380-57	26...32	32...40	28...33	
	Ст. 2		27...34	34...42	26...31	
	Ст. 3		30...38	38...47	21...27	
	Ст. 4		34...42	42...52	19...25	
	Ст. 5		40...50	50...62	15...21	
	Ст. 6		48...58	60...72	11...15	
Ст. 7		56...68	70...85	7...11		
Süsinikteras, kuumvaltsitud, õhukeseleheline, tavalise kvali- teediga. Paksus 0,9...4 mm	Ст. 2	ГОСТ	27...34	34...42	20...22	
	Ст. 3	501-58	30...38	38...47	16...18	
	Ст. 4		34...42	42...52	14...16	
	Ст. 5		40...50	50...62	10...12	
Süsinik-konst- ruktsooniteras, kuum- ja kül- valtsitud, õhukeseleheline, kvaliteetne. Paksus kuni 4 mm	05	ГОСТ	—	23	26...30	
	08 КΠ	914-56	22...30	28...38	26...30	
	08; 10КΠ		22...34	28...42	24...27	
	15 КΠ		26...36	32...45	23...26	
	20		28...40	35...50	22...24	
	25		32...44	40...55	21...23	
	30		36...48	45...60	19...21	
	35		40...52	50...65	16...18	
	40		42...54	52...67	15...17	
45		44...56	55...70	13...15		
50		44...60	55...75	11...13		
Süsinikteras, kuumvaltsitud, paksuleheline, kvaliteetne. Paksus 4...14 mm	08 КΠ	ГОСТ	22...30	28...38	30	
	08; 10КΠ	1577-53	22...34	28...42	27	
	15; 15КΠ		26...36	32...45	26	
	20; 20КΠ		28...40	35...50	24	
	25		32...44	40...55	23	
	30		36...48	45...60	21	
	35		40...52	50...65	18	
	40		42...54	52...67	17	
	45		44...56	55...70	15	
50		44...60	55...75	13		

Tabeli 3 järg

Materjal	Mark	Standard	σ_1 kg/mm ²	σ_b kg/mm ²	δ %	Märkusi
Teraslint väikese süsinikusisaldusega, külmaltsitud. Paksus 0,05...3,6 mm	OM	ГОСТ 503-41	22...32	28...40	30	
	M		26...36	33...45	20	
	ПМ		30...40	38...50	10	
	ПТ		33...44	42...55	4	
Teraslint konstruktsiooniterasest, külmaltsitud. Paksus 0,1...3 mm	15	ГОСТ 2284-43	36...64	45...80	3	Tihendatud
	20		40...68	50...85	2	
	25		44...72	55...90	2	
	30; 35		52...76	65...95	2	
	40		52...80	65...100	2	
	45		56...84	70...105	1,5	
	50; 55		60...88	75...110	1,5	
60; 65; 70	60...92	75...115	1			
Teraslint konstruktsiooniterasest, külmaltsitud. Paksus 0,1...3 mm	15	ГОСТ 2284-43	26...40	32...50	22	Pärast madallöömutamist
	20		26...44	32...55	20	
	25		28...48	35...60	18	
	30		32...48	40...60	16	
	35		32...52	40...65	16	
	40; 45		36...56	45...70	15	
	50		36...56	45...70	13	
	55; 60		36...60	45...70	12	
	65; 70		33...60	45...75	10	
Elektrotehniline teras	Э; ЭА; ЭАА	ГОСТ 3836-47	18	23	26	Löömutatud
Süsinik-tööriistateras	У7...У12	ГОСТ 1435-54	60	75	10	Löömutatud
	У7А...У12А		60	75	10	
	У13...У13А		72	90	8	
Kvaliteetteras ja vedruteras	70С2ХА	ГОСТ 2283-57	68	85	8	Löömutatud
	60С2; 60С2А		72	90	10	
	65С2ВА		72	90	10	
	65Г		60	75	10	
	10Г2А		32...46	40...58	22	
	12Г2А		40...52	50...65	18	
Legeeritud konstruktsiooniteras	25ХГСА		40...56	50...70	18	Löömutatud
	30ХГСА		44...60	55...75	16	
Roostevara teras	1X13	ГОСТ 5582-50	32	40	20	Termiliselt töödeldud, pehme
	2X13		40	50	20	
	3X13		40	50	15	
	4X13		48	60	15	

Tabeli 3 järg

Materjal	Mark	Standard	σ_1 kg/mm ²	σ_b kg/mm ²	δ %	Märkusi
Happekindel teras	X17	ГОСТ	40	50	18	Termiliselt töödeldud, pehme
	X25	4986-54	43	54	17	
	X28		40	50	17	
	0X18H9		43	54	45	
	1X18H9		44	55	35	
	1X18H9T		43	54	40	
	2X18H9		48	60	38	
X13H4Г9		52	65	40		
Happekindel teras	X17H2	ГОСТ 4986-54	88	110	10	Löömutatud
Happekindel teras	X18H11	ГОСТ	43	54	40	Termiliselt töödeldud, pehme
	X18H12	4986-54	43	54	35	
	M2		43	54	35	
	X18H12 M3T					
Happekindel teras	X23H13		44	55	35	Termiliselt töödeldud, pehme
	X23H18		46	58	40	
	X20H14C2		48	60	40	
	X25H20C2		44	55	35	
Alumiinium						
Alumiinium-lehed ja -lindid	A0; A1;	ГОСТ	5,5	7	28...30	Pehme
	A2; A3;	7869-56				
	A0; A1;	ГОСТ	10...12	12,5...15	3...5	Kõva
	A2; A3	7870-56				
Duralumiinium	Д1	ГОСТ 4977-52 251	22	38	15	Karastatud ja loomulikult vanandatud
	Д6	AMTV-48	25	42	12...18	Karastatud ja loomulikult vanandatud
	Д16M		15	21	12	Löömutatud
	Д16T		30	44	11	Karastatud ja loomulikult vanandatud

Tabeli 3 järg

Materjal	Mark	Standard	σ_1 kg/mm ²	σ_b kg/mm ²	δ %	Märkusi
	D16TH		32	47	8	Tihendatud pärast ka- rastamist
Sulamid						
Kõvasulam	B95		35	50	7	Karastatud ja loomulikult vanandatud
Alumiiniumi- magneesiumi- sulam	AM2		11...13 13...16 16...20	<23 24 27	16 4 3...4	Löömutatud Pooltihendatud Tihendatud
Alumiiniumi- magneesiumi- sulam	AMГM AMГ		13...16 16...20	18...23 23...28	— —	Löömutatud Pooltihendatud
Magneesiumi- mangaanisulam	MA1		12...14	17...21	—	Löömutatud
Vask						
Vasklindid	M1; M2; M3	ГОСТ 1173-49	17 24	21 30	30 3	Pehme Kõva
Vasklehed	M1 M2 M3	ГОСТ 495-50	16 24 16	20 30 20	30 3 30	Külm- tõmmatud, pehme Kõva Kuum- tõmmatud
Messing						
Messinglehed ja -ribad	Л168 Л162 ЛС59-1 ЛМш58-2	ГОСТ 931-52	24 24 28 —	30 30 35 39	40 40 25 30	Pehme, külm- tõmmatud
	Л162 ЛС59-1 ЛО62-1	ГОСТ 931-52	24 28 —	30 35 39	30 25 20	Kuum- tõmmatud

Tabeli 3 järg

Materjal	Mark	Standard	σ_1 kg/mm ²	σ_b kg/mm ²	δ %	Märkusi
	Л68 Л62 ЛМц58-2	ГОСТ 931-52	28 28 —	35 35 45	25 20 25	Poolkõva, külm- tõmmatud
	Л68 Л62 ЛС59-1 ЛО62-1 ЛМц58-2	ГОСТ 931-52	32 34 36 32 —	40 42 45 40 60	15 10 5 5 3	Kõva, külm- tõmmatud
	ЛО62-1	ГОСТ 931-52	—	60	2,5	Kõva, külm- tõmmatud
	Л68 Л62 ЛС59-1 ЛМц58-2	ГОСТ 2208-49	24 24 28 —	30 30 35 39	40 35 25 30	Pehme
	Л68 Л62 ЛМц58-2	ГОСТ 2208-49	28 30 —	35 38 45	25 20 25	Poolkõva
	Л68 Л62 ЛС59-1 ЛМц58-2	ГОСТ 2208-49	32 34 36 —	40 42 45 60	15 10 5 3	Kõva
	Л68 Л62	ГОСТ 2208-49	40 48	50 60	4 2,5	Eriti kõva

Pronks

Lindid alumiinium-mangaan-pronksist	Бр. АМц9-2	ГОСТ 1595-47	36 36 48	45 45 60	18 15 5	Lõõmutatud Kuumtõmmatud Kõva
Lindid berüül- liumpronksist	Бр.Б2 Бр.Б2 Бр.Б2,5 Бр.Б2,5	ГОСТ 1789-50	24...48 53 32...48 56	30...60 66 40...60 70	30 2 25 1,5	Pehme Kõva Pehme Kõva
Lindid tina-fosfor- ja tina- sinkpronksist	Бр.О Ф6,5-0,15 Бр.ОЦ4-3	ГОСТ 1761-50	24 40...44 48...52	30 50...55 60...65	38 3...5 1...2	Pehme Kõva Eriti kõva

Tabeli 3 järg

Materjal	Mark	Standard	σ_1 kg/mm ²	σ_b kg/mm ²	δ %	Märkusi
Ribad räni- mangaanpronk- sist	Бр.КМц3-1	ГОСТ 4748-49	— — —	35 60 70	40 3 1	Pehme Kõva Eriti kõva
Lindid räni- mangaanpronk- sist	Бр.КМц3-1	ГОСТ 4748-49	— — —	38 65 75	45 5 3	Pehme Kõva Eriti kõva
Pronks tina- tsingi-pliisisal- dusega	Бр.ОЦС4-4-4	ЦМТУ 512-41	26 48	30 55	35 5	Pehme Kõva
Pronks alumii- niumisaldu- sega	БРА7	ГОСТ 1048-49	52 56	60 65	10 5	Pehme Kõva
Pronks alumii- niumirauasisal- dusega	Бр.АЖ 9-4	ГОСТ 1628-48	48	55	15	Kõva

Muud värvilised metallid

Uushõbe	HMц 65-20		30 48	35 55	35 1	Pehme Kõva
Melhior	HM 81		25 34	30 40	30 3	Pehme Kõva
Nikkel	H1; H2; H3		35 47	40 55	35 2	
Tsink	Л1; Л2; Л3; Л4	ГОСТ 1180-41	12...20	14...23	40	
Plii	C1; C2; C3; C4		2...3	2,5...4	50	
Tina	O1; O2; O3; O4		3...4	4...5	—	

Materjal	Löiketugevus σ_1 kg/mm ²	
	Töötamisel torukujulise templiga	Töötamisel tavalise templiga
Tekstoliit	9	12...18
Getinaks	10...13	14...20
Vilgukivi	—	6...10
Tselluloid	4...6	—
Kummi	0,6...1,0	2...8
Kartong	2,0...3,5	3...6
Kartong, kõva	7,0	—
Nahk, pehme	0,6...1,0	3...5
Nahk, parkimata	—	8...10
Nahk, pargitud	—	4,5...5,5
Fiiber	—	14...20

4. STANTSITAVATE DETAILIDE VAHEKAUGUSED, KAUGUSED RIBA ÄÄRTEST JA NUGADE POOLT ÄRALÖIGATAVATE SERVADE LAIUSED

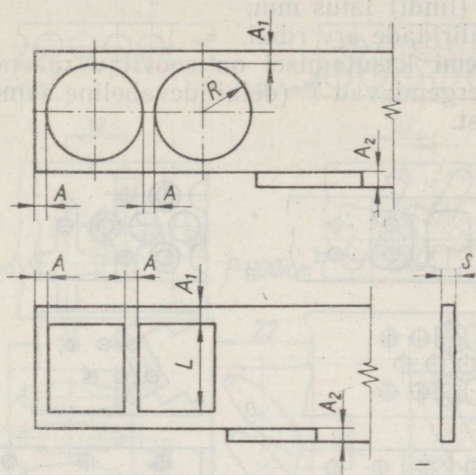
Mõõtmed mm-tes

Tabel 5

Materjali paksus S	Umardetai- lide puhul, kui $R > 2S$		Ristkülikukuju- liste detailide pu- hul külje pikkusega			Noa poolt ärälõiga- tava serva laius A_2	
			$L < 50$		$L > 50$		
	A	A_1	A	A_1	$A = A_1$	metallid	mitte- metallid
alla 0,25	1,8	2,0	2,2	2,5	3,3	1,5	2,0
0,26...0,5	1,2	1,5	1,8	2,0	3,0		
0,51...0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,8		
0,81...1,2	0,8	1,0	1,2	1,5	2,5		
1,21...1,6	1,0	1,2	1,5	1,8	2,8	2,0	3,0
1,61...2,0	1,2	1,5	1,8	2,0	3,0		
2,01...2,5	1,5	1,8	2,0	2,2	3,3	2,5	3,0
2,51...3,0	1,8	2,2	2,2	2,5	3,5		
3,01...3,5	2,2	2,5	2,5	2,8	3,8	3,0	4,0
3,51...4,0	2,5	2,8	2,8	3,2	4,3		
4,01...5,0	3,0	3,5	3,5	4,0	5,0	—	—
5,01...12	0,6S	0,7S	0,7S	0,8S	1,0S		

Märkus. 1. Kartongi, tekstoliidi, getinaksi ja eboniidi jaoks kasutada tabelis antud mõõtmeid korrutatuna koefitsiendiga 1,3 ning paberi ja naha jaoks korrutatuna koefitsiendiga 2,0.

2. Juhul, kui kasutatakse kahe noaga stantsi, võib teise noa poolt ärälõigatava serva laiust korrutada koefitsiendiga 0,6.



Joon. 1

5. DETAILIDE RATSIONAALNE ASETUS RIBAL

Stantsitava materjali ökonoomne kasutamine oleneb detailide ratsionaalsest asetusest ribal, s. o. ühe ja sama suurusega pinnale tuleb mahutada võimalikult suurem hulk detaile, saades seejuures minimaalseid jääke. Asetuse määramisel tuleb mitte ainult arvestada materjali kokkuhoidu, vaid ka sääraseid tegureid nagu stantsimise tootlikkus, stantside valmistamise maksumus, presside õige kasutamine jne. Detailide ratsionaalne asetus ribal, lindil või lehel peab võimaldama detailide valmistamist minimaalse omahinnaga (materjali kulu ning töömaht). Kuna materjali hind stantsimisel moodustab ligikaudu 40...65% detaili hinnast, on juba väike materjali kokkuhoid oluline.

Asetus ribal (lindil). Detailide paigutamist ribale liigitatakse kolme rühma:

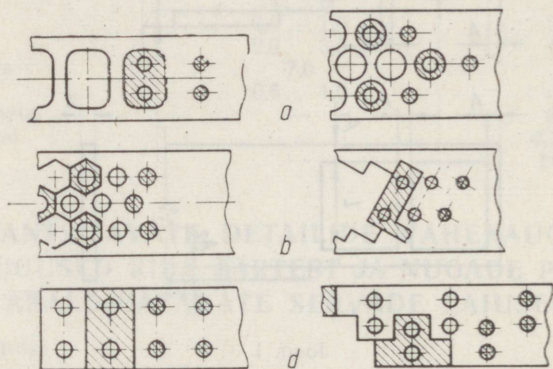
- 1) kogu detaili kontuuri ulatuses esinevate jääkidega (joon. 2a),
- 2) osaliste jääkidega (joon. 2b) ja
- 3) jääkideta (joon. 2d).

Selleks, et määrata valitud variantidest ökonoomsemat, on soovitatav kasutada järgmist valemit:

$$F = \frac{Tb}{N},$$

kus: F — ühe detaili saamiseks vajaliku materjali pindala mm^2 ;
 T — detailide vaheline samm mm;
 b — riba (lindi) laius mm;
 N — detailiridade arv ribal.

Ülaltoodud valemi kasutamisel on soovitatav rakendada tabeli 5 andmeid, mis kergendavad T (detailidevaheline samm) ja b (riba laius) määramist.



Joon. 2

Näide. Määrata ökonomsem variant kettakujulise detaili asemiseks lindile, kui I variandil on samm 13 mm, riba laius 25 mm ja detailide asetus kahes reas; II variandil aga on samm 13 mm, riba laius 14 mm ja detailide asetus ühes reas (vt. joon. 3).

I variant:

$$T = 13 \text{ mm}; \quad b = 25 \text{ mm}; \quad N = 2.$$

$$F = \frac{13 \cdot 25}{2} = 162 \text{ mm}^2.$$

II variant:

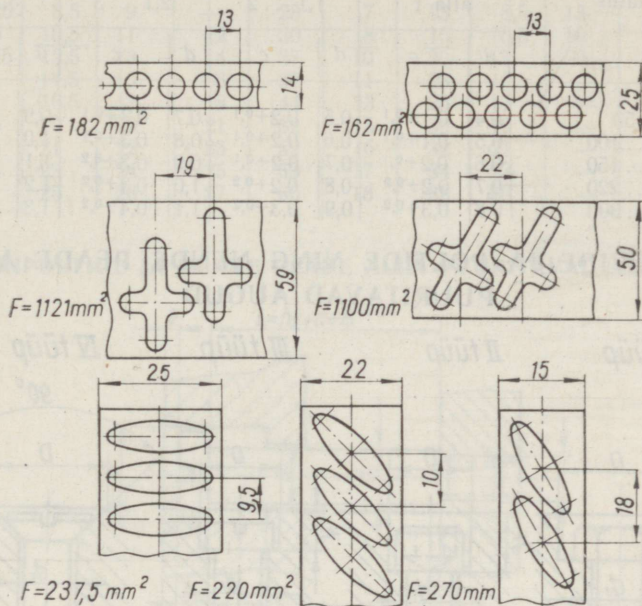
$$T = 13 \text{ mm}; \quad b = 14 \text{ mm}; \quad N = 1.$$

$$F = 13 \cdot 14 = 182 \text{ mm}^2.$$

Järeldus: esimene variant on ratsionaalsem teisest.

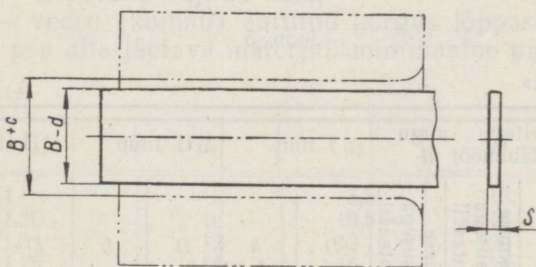
Kui I variandi tulemus võrdub täpselt või ligikaudu II variandi tulemusega, kasutatakse neist seda, kus lindi laius on suurem ja detailidevaheline samm väiksem, mis annab aja kokkuhoidu lehe lõikamisel ribadeks ja stantsimisel. Ribade laiuse valikul on vaja-

lik arvesse võtta olemasolevate lintide mõõtmeid ГOCT-i järgi. Lindi jagamisel ribadeks tuleb viimaste laius valida nii, et lindi laius oleks riba lausega täpselt või väikese jäägiga jagatav.



Joon. 3

6. TOLERANTSID RIBADE LÖIKAMISEL JA LÕTK JUHTLIISTUDE NING RIBA VAHEL

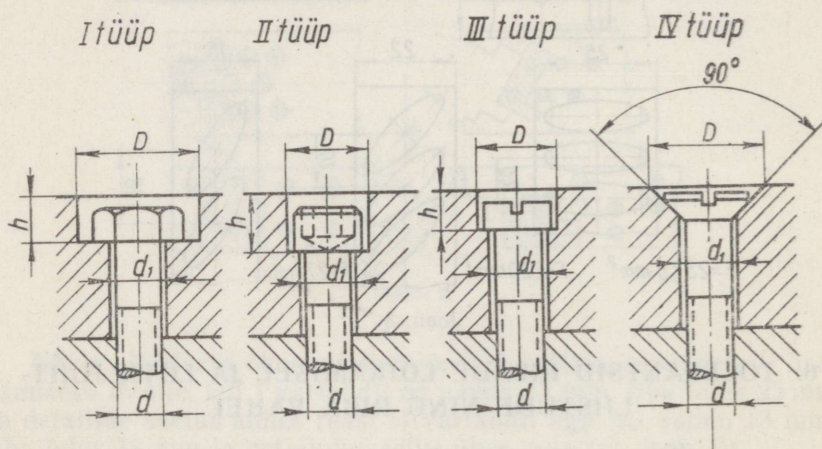


Joon. 4.

- B — stantsitava riba laius;
- d — riba lause tolerants;
- c — kahepoolne lõtk riba lause nimimõõdu ja juhtliistude vahel;
- S — stantsitava materjali paksus.

Riba laius <i>B</i>	Materjali paksus <i>S</i>							
	alla I		1,1...2		2,1...3		3,1...5	
	<i>d</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>c</i>
alla 50	0,4	0,1+0,1	0,5	0,2+0,1	0,7	0,3+0,1	0,9	0,4+0,2
50,1...100	0,5	0,1+0,1	0,6	0,2+0,1	0,8	0,3+0,1	1,0	0,4+0,2
100,1...150	0,6	0,2+0,1	0,7	0,2+0,1	0,9	0,3+0,2	1,1	0,5+0,2
150,1...220	0,7	0,2+0,2	0,8	0,2+0,2	1,0	0,3+0,2	1,2	0,5+0,2
220,1...300	0,8	0,3+0,2	0,9	0,3+0,2	1,1	0,4+0,2	1,3	0,6+0,2

7. KRUVIDE JA POLTIDE NING NENDE PEADE ALLA PUURITAVAD AUGUD

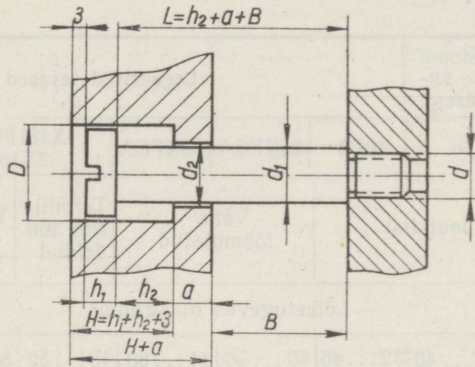


Joon. 5.

<i>d</i>	Puuritava augu läbimõõt <i>d</i> ₁			I tüüp		II tüüp		III tüüp		IV tüüp
	Täpsel montaažil	Keskmise täpsusega montaažil	Vähese täpsusega montaažil	<i>D</i>	<i>h</i>	<i>D</i>	<i>h</i>	<i>D</i>	<i>h</i>	<i>D</i>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
M3×0,5	3,2	3,6	—	—	—	—	—	6	3	7
M4×0,7	4,3	4,8	—	—	—	—	—	7	3,5	9,5
M5×0,8	5,5	6	—	—	—	—	—	8,5	4,5	11
M6×1	6,5	7	—	25	6	10	6,5	10	5	13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
M8×1,25	8,5	9	—	28	7	13	8,5	13	6,5	17
M10×1,5	10,5	11	12	30	8	16	10,5	16	8	21
M12×1,75	12,5	13	14	37	10	20	13	20	10	25
M14×2	14,5	15	16	37	11	23	15	—	—	—
M16×2	16,5	17	18	44	13	25	17	—	—	—
M18×2,5	19	20	21	52	15	30	19	—	—	—
M20×2,5	21	22	23	52	16	32	21	—	—	—
M22×2,5	23	24	25	60	17	34	23	—	—	—
M24×3	25	26	27	60	18	38	26	—	—	—

ERIPOLTIDE JA NENDE PEADE ALLA PUURITAVAD AUGUD



Joon. 6.

h_2 — eripoldile vajalik käik;

B — vedru (kummi) surutud kõrgus lõppasendis.

Eripoldi pea alla jäetava materjali minimaalne paksus $a = 0,5d$.

Mõõtmed mm-tes

Tabel 8

d	d_1	d_2	D	h_1
M 6×1	8	8,5	13	5
M 8×1,25	10	10,5	16	6
M 10×1,5	12	13	20	7
M 12×1,75	14	15	24	8

8. STANTSIMISEKS VAJALIK LÕIKEJÕUD

Stantsimiseks vajalik lõikejõud arvutatakse järgmise valemi järgi:

$$P = \frac{\sigma_1 L S \cdot 1,25}{1000},$$

- kus: σ_1 — lõiketugevus kg/mm²;
 L — stantsitava kontuuri pikkus mm;
 S — materjali paksus mm;
 P — vajalik lõikejõud stantsimiseks t;
1,25 — koefitsient, mis arvestab stantsitava materjali paksuse kõikumist, lõikepindade nürinemist, kaestumisest tingitud materjali kõvenemist jne.

Märkus. Üldise jõu määramiseks lõikestantsimisel, kui kasutatakse surujat, lisatakse stantsimisel vajalikule lõikejõule P lindi mahatõmbamiseks vajalik jõud N (vt. valem lk. 28).

LÕIKEJÕUD TERASE STANTSIMISEL 10 mm PIKKUSE LÕIKE TEGEMISEKS

Tabel 9

Materjali paksus S mm	Konstruktsiooni-teras väikese süsinikusisaldusega		Legeeritud terased					
	10	20	10Г2	25ХГСА	30ХГСА	1Х18Н9 või 2Х18Н9		1Х18Н9Т
	Lõõmutatud		Vähe lõõmutatud			Termiliselt töödeldud	Tihendatud	Termiliselt töödeldud, pehme
	Lõiketugevus σ_1 kg/mm ²							
	26...34	28...40	32...46	40...56	44...60	46...52	80...88	43...55
0,2	0,085	0,10	0,115	0,14	0,150	0,130	0,22	0,14
0,5	0,213	0,25	0,288	0,35	0,375	0,325	0,55	0,35
0,8	0,340	0,40	0,460	0,56	0,600	0,520	0,88	0,56
1,0	0,425	0,50	0,575	0,70	0,750	0,650	1,10	0,70
1,2	0,510	0,60	0,690	0,84	0,900	0,780	1,32	0,84
1,5	0,638	0,75	0,863	1,05	1,125	0,975	1,65	1,05
1,8	0,765	0,90	1,035	1,26	1,350	1,170	1,98	1,26
2,0	0,850	1,00	1,150	1,40	1,500	1,300	2,20	1,40
2,2	0,935	1,10	1,265	1,54	1,650	1,430	2,42	1,54
2,5	1,063	1,25	1,438	1,75	1,875	1,625	2,86	1,75
3,0	1,275	1,50	1,725	2,10	2,250	1,950	3,30	2,10
3,5	1,488	1,75	2,013	2,45	2,625	2,275	3,85	2,46
4,0	1,700	2,00	2,300	2,80	3,000	2,600	4,40	2,80
4,5	1,913	2,25	2,588	3,15	3,375	2,925	4,95	3,15
5,0	2,126	2,50	2,876	3,50	3,750	3,250	5,50	3,50
6,0	2,550	3,00	3,450	4,20	4,500	3,900	6,60	4,20
7,0	2,976	3,50	4,026	4,90	5,250	4,550	7,70	4,92
8,0	3,400	4,00	4,600	5,60	6,000	5,200	8,80	5,50
9,0	3,826	4,50	5,176	6,30	6,750	5,850	9,90	6,30
10,0	4,250	5,00	5,750	7,00	7,500	6,500	11,00	7,00

Märkus. Tabeli koostamisel on materjalide lõiketugevus σ_1 kg/mm² võetud maksimaalne.

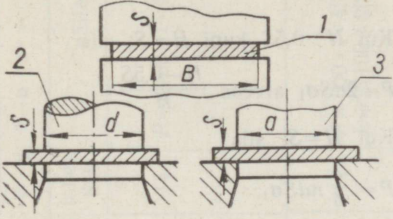
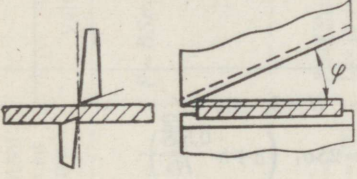
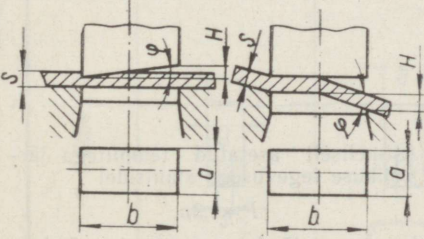
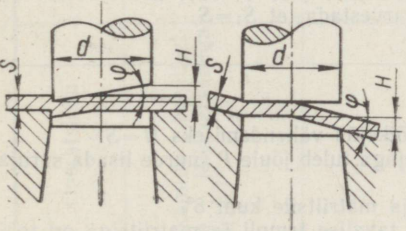
LÕIKEJÕUD VÄRVLISTE METALLIDE STANTSIMISEL 10 mm PIKKUSE LÕIKE TEGEMISEL

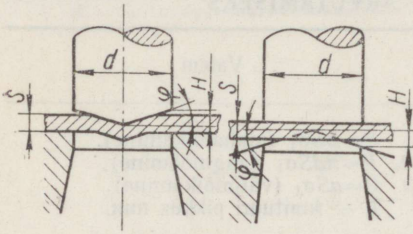
Tabel 10

Materjali paksus S mm	Alumiinium		Alumiiniumi-mangaani-sulam		Alumiiniumi-magneesiumi-sulam		Alumiiniumi-tsingi-magneesiumi-vase-sulam		Magneesiumi-mangaani-sulam	Duralumiinium					Vask		Messing			Tsink	Plii	Tina
	A		AMu		AMr		B95		MA1	Д16			ДП		M1, M2, M3		Л62 ja Л68			Л12 ja Л13	C2, C3, C4	O1
	Lõõmutatud	Tihendatud	Lõõmutatud	Pooleldi tihendatud	Lõõmutatud	Pooleldi tihendatud	Karastatud	Lõõmutatud	Lõõmutatud	Lõõmutatud	Karastatud	Tihendatud	Lõõmutatud	Karastatud	Pehme	Kõva	Pehme	Poolkõva	Kõva			
	5...8	8...10	7...10	10...14	13...16	16...20	35	17	12...14	10,5...15	28...31	28...32	11...14	26...29	16	24	24	28	42	20	3	4
0,2	0,02	0,025	0,025	0,035	0,04	0,050	0,088	0,043	0,035	0,028	0,078	0,08	0,035	0,073	0,04	0,06	0,06	0,070	0,105	0,050	0,008	0,010
0,5	0,05	0,063	0,063	0,088	0,10	0,126	0,219	0,106	0,088	0,094	0,194	0,20	0,088	0,183	0,10	0,15	0,15	0,182	0,263	0,126	0,019	0,025
0,8	0,08	0,100	0,100	0,140	0,16	0,200	0,350	0,170	0,140	0,150	0,310	0,32	0,140	0,290	0,16	0,24	0,24	0,280	0,420	0,200	0,030	0,040
1,0	0,10	0,125	0,125	0,175	0,20	0,252	0,438	0,212	0,176	0,188	0,383	0,40	0,175	0,366	0,20	0,30	0,30	0,364	0,526	0,252	0,038	0,050
1,2	0,12	0,150	0,150	0,210	0,24	0,302	0,526	0,255	0,210	0,216	0,466	0,48	0,210	0,439	0,24	0,36	0,36	0,434	0,631	0,302	0,046	0,060
1,5	0,15	0,188	0,188	0,263	0,30	0,378	0,657	0,318	0,263	0,282	0,582	0,60	0,263	0,549	0,30	0,45	0,45	0,546	0,789	0,378	0,057	0,075
1,8	0,18	0,225	0,225	0,315	0,36	0,452	0,788	0,382	0,315	0,338	0,698	0,72	0,315	0,656	0,36	0,54	0,54	0,644	0,946	0,452	0,068	0,090
2,0	0,20	0,250	0,250	0,350	0,40	0,504	0,876	0,424	0,350	0,376	0,776	0,80	0,350	0,732	0,40	0,60	0,60	0,628	1,052	0,504	0,076	0,100
2,2	0,22	0,275	0,275	0,385	0,44	0,554	0,964	0,467	0,385	0,404	0,854	0,88	0,385	0,805	0,44	0,66	0,65	0,698	1,157	0,554	0,084	0,110
2,5	0,25	0,313	0,313	0,438	0,60	0,630	1,095	0,530	0,438	0,470	0,970	1,00	0,438	0,915	0,50	0,75	0,75	0,910	1,315	0,630	0,095	0,125
3,0	0,30	0,375	0,375	0,525	0,60	0,756	1,314	0,636	0,525	0,564	1,164	1,20	0,525	1,098	0,60	0,90	0,90	0,992	1,578	0,756	0,114	0,150
3,5	0,35	0,438	0,438	0,613	0,70	0,882	1,533	0,742	0,613	0,658	1,358	1,40	0,613	1,281	0,70	1,05	1,05	1,176	1,841	0,882	0,133	0,175
4,0	0,40	0,500	0,500	0,700	0,80	1,008	1,752	0,848	0,700	0,752	1,552	1,60	0,700	1,464	0,80	1,20	1,20	1,256	2,104	1,008	0,152	0,200
4,5	0,45	0,563	0,563	0,788	0,90	1,134	1,971	0,954	0,788	0,846	1,746	1,80	0,788	1,647	0,90	1,35	1,35	1,438	2,367	1,134	0,171	0,225
5,0	0,50	0,626	0,626	0,876	1,0	1,260	2,190	1,060	0,876	0,940	1,940	2,00	0,876	1,830	1,00	1,50	1,50	1,820	2,630	1,260	0,190	0,250
6,0	0,60	0,750	0,750	1,050	1,20	1,512	2,628	1,272	1,050	1,128	2,328	2,40	1,050	2,196	1,20	1,80	1,80	1,884	3,156	1,512	0,212	0,300
7,0	0,70	0,876	0,876	1,226	1,40	1,764	3,066	1,484	1,226	1,316	2,716	2,80	1,226	2,562	1,40	2,10	2,10	2,348	3,682	1,764	0,266	0,350
8,0	0,80	1,000	1,000	1,400	1,60	2,016	3,504	1,696	1,400	1,504	3,104	3,20	1,400	2,928	1,60	2,40	2,40	2,512	4,208	2,016	0,304	0,400
9,0	0,90	1,126	1,126	1,576	1,80	2,268	3,942	1,908	1,576	1,692	3,492	3,60	1,576	3,294	1,80	2,70	2,70	2,876	4,734	2,268	0,342	0,450
10,0	1,00	1,250	1,250	1,750	2,00	2,520	4,380	2,120	1,750	1,880	3,880	4,00	1,750	3,660	2,00	3,00	3,00	3,640	5,260	2,520	0,380	0,500

Märkus. Tabeli koostamisel on materjalide lõiketugevus σ_1 kg/mm² võetud maksimaalne.

VALEMID LÕIKEJÕU ARVUTAMISEKS

Eskiis	Valem
	<ol style="list-style-type: none"> 1. $P = BS\sigma_1$ (mahalõikamine). 2. $P = \pi dS\sigma_1$ (augulõõmine). 3. $P = aS\sigma_1$ (väljalõikamine). <p>L — kontuuri pikkus mm.</p>
	$P = 0,5S^2\sigma_1 \frac{1}{\operatorname{tg} \varphi},$ <p>kui $\varphi = 8^\circ$, siis</p> $P = 3,55S^2\sigma_1.$
	<p>Kui $H > S$, siis</p> $P = S\sigma_1 \left(a + b \frac{S}{H} \right).$ <p>Kui $H = S$, siis</p> $P = S\sigma_1 (a + b).$
	<p>Kui $H > S$, siis</p> $P = dS\sigma_1 \arccos \frac{H-S}{H}.$ <p>Kui $H = S$, siis</p> $P = \frac{\pi}{2} dS\sigma_1.$

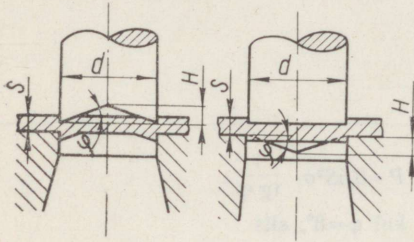


Kui $H > 0,5S$ kuni $H = S$, siis

$$P = 2dS\sigma_1 \arccos \frac{H - 0,5S}{H}.$$

Kui $H = S$, siis

$$P = \frac{2}{3} \pi dS\sigma_1.$$

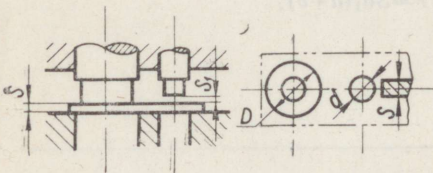
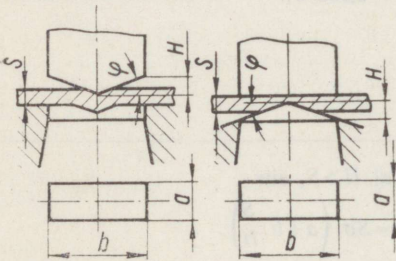


Kui $H > S$, siis

$$P = 2S\sigma_1 \left(a + b \frac{0,5S}{H} \right).$$

Kui $H = S$, siis

$$P = 2S\sigma_1(a + 0,5b).$$



Järjestikuse tegevusega stants: lint ja detail.

Astmeliselt asetatud templitega järjestikuse tegevusega stantsidel

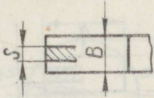
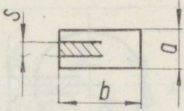
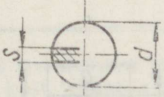
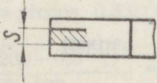
$$P = 1,3p,$$

kus p — jõud maksimaalse ümbermõõdu jaoks. Koefitsient 1,3 arvestab templite võimalikku üheaegset tööasumist (kui $S_1 < S$), konstrueerimisel arvestada, et $S_1 = S$.

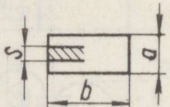
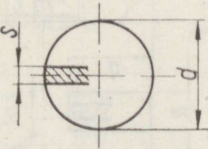
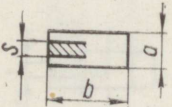
Märkus.

1. σ_1 väärtused võtta tabelist 3.
2. Stantsi konstrueerimisel võetakse lõikejõu vähendamiseks $H = S$.
3. Töötamisel surujaga või väljalükkajaga tuleb jõule P juurde lisada suruja või väljalükkaja jõud.
4. Lubatud nurk φ templitele on 4° ja matriitsile kuni 8° .
5. Vajalik pressi jõud P stantsimisel tavalise templi ja matriitsiga on toodud tabelis 9 ja 10.

Lõikejõu arvutamise näiteid

Operatsioon	Eskiis	Mõõt- med mm	A r v u t u s			Tule- mus kg
			valemid	tabe- list	näited	
Lõikamine paralleel- sete lõikeservadega kääridel		$S=1$ $B=1000$	$P=BS\sigma_1$	11	$P=1000 \cdot 1 \cdot 45$	45 000
Detailide stantsimine paralleelsete lõikeser- vadega stantsidel		$S=1$ $a=100$ $b=200$	$P=LS\sigma_1$ $L=(a+b)$	11	$P=600 \cdot 1 \cdot 45$ $L=2(100+200)$	27 000
		$S=1$ $d=476$	$P=\pi dS\sigma_1$	11	$P=3,14 \cdot 476 \cdot 45$	67 500
Riba lõikamine kaldu asetsevate lõikeser- vadega kääridel		$S=5$	$P=0,5S^2\sigma_1 \frac{1}{\operatorname{tg} \varphi}$	11	Kui $\varphi=8^\circ$ $P=0,5 \cdot 5^2 \cdot 45 \cdot \frac{1}{0,140}$	4020

Lõikejõu arvutamise näiteid (järg)

Operatsioon	Eskiis	Mõõt- med mm	A r v u t u s			Tule- mus kg
			valemid	tabe- list	näited	
Detaili väljalöömine stantsil		$S=1$ $a=100$ $b=200$	$P=S\sigma_1 \left(a + b \frac{S}{H} \right)$	11	Kui $H=S$ $P=1 \cdot 45(100+200)$	13 500
Detaili stantsimine kaldu töödeldud lõike- pindadega stantsil		$S=1$ $d=100$	$P=dS\sigma_1 \times$ $\times \arccos \frac{H-S}{H}$	11	Kui $H=S$ $P=100 \cdot 1 \cdot 45 \times$ $\times \arccos \frac{1-1}{1}$	7100
					Kui $H=1,5S$ $P=100 \cdot 1 \cdot 45 \times$ $\times \arccos \frac{1,5S-S}{1,5S}$	
Detaili stantsimine kaldu töödeldud lõi- kepindadega		$S=1$ $a=100$ $b=200$	$P=2S\sigma_1 \left(a + b \frac{0,5S}{H} \right)$	11	$P=2 \cdot 1 \cdot 45 \times$ $\times \left(100 + 200 \frac{0,5 \cdot 1}{1} \right)$	18 000
					$S=1$ $d=100$	

Lõikejõu arvutamise näiteid (järg)

Operatsioon	Eskiis	Mõõtmed mm	A r v u t u s			Tule- mus kg
			valemid	tabe- list	näited	
Detaili stantsimine kaldu töödeldud löi- kepindadega		$S=1$ $d=100$ $R=200$ $\times \arcsin \frac{\sqrt{R^2 - (R - 0,5S)^2}}{0,5d}$	$P = 2dS\sigma_1 \times$ $\times \arcsin \frac{\sqrt{R^2 - (R - 0,5 \cdot 1)^2}}{0,5 \cdot 100}$	12	$P = 2 \cdot 100 \cdot 1 \cdot 45 \times$ $\times \arcsin \frac{\sqrt{200^2 - (200 - 0,5 \cdot 1)^2}}{0,5 \cdot 100}$	2500
		$D=96$ $d=40$ $S=1$	$P = 1,3\pi DS\sigma_1$	11	$P = 1,3 \cdot 3,14 \cdot 96 \cdot 1 \cdot 45$	17 600

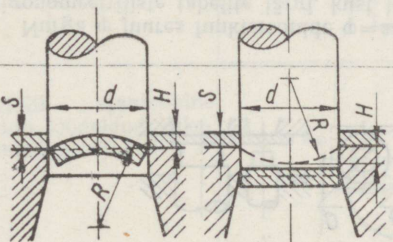
Nurga φ juures funktsioonide $\varphi = \arcsin x$ ja $\varphi = \arccos x$ väärtused määratakse arvuliselt seostest $x = \sin \varphi$ ja $x = \cos \varphi$ trigonomeetriliste tabelite järgi, kust leiame x väärtusele vastava nurga φ kraadides, mille viime üle radiaanidesse, jagades teda $57,3$ (1 radiaan = $57,3^\circ$).

Näited. 1. $\arccos \frac{1-1}{1} = 0$; siinjuures nurk on 90° , radiaanides $\frac{90^\circ}{57,3^\circ} = 1,57$.

2. $\arccos \frac{1,5S - S}{1,5S} = \arccos 0,33$; siinjuures nurk on 71° , radiaanides $\frac{71^\circ}{57,3^\circ} = 1,24$.

3. $\arcsin \frac{\sqrt{200^2 - (200 - 0,5 \cdot 1)^2}}{0,5 \cdot 100} = \arcsin 0,28$; siinjuures nurk $\varphi = 16^\circ$, radiaanides $\frac{16^\circ}{57,3^\circ} = 0,28$.

Koefitsient 1,3 arvestab jõu P suurenemist templite üheaegsel tööleasumisel.
 R — vt. lk. 26, tabel 12.

Eskiis	Arvutamise valemid												
	<p>R väärtuste juures antud tabelis</p> $P = 2dS\sigma_1 K$ <p>Kui $R \geq 0,75d$; $H > 0,5S$ ja $d > 0,75S$</p> $P = 2dS\sigma_1 \arcsin \frac{\sqrt{R^2 - (R - 0,5S)^2}}{0,5d}$												
<p>Templi või matriitsi läbimõõt</p> d <p>mm</p>	<p>Stantsitava materjali paksus mm</p> <table border="1" data-bbox="592 746 1516 860"> <tr> <td>kuni 1</td> <td>kuni 2</td> <td>kuni 3,5</td> <td>kuni 6</td> <td>kuni 10</td> <td>kuni 16</td> <td>kuni 1</td> <td>kuni 2</td> <td>kuni 3,5</td> <td>kuni 6</td> <td>kuni 10</td> <td>kuni 16</td> </tr> </table> <p>soovitavad süvendite raadiused templitele ja matriitsile mm</p> <p>koefitsient K</p>	kuni 1	kuni 2	kuni 3,5	kuni 6	kuni 10	kuni 16	kuni 1	kuni 2	kuni 3,5	kuni 6	kuni 10	kuni 16
kuni 1	kuni 2	kuni 3,5	kuni 6	kuni 10	kuni 16	kuni 1	kuni 2	kuni 3,5	kuni 6	kuni 10	kuni 16		

9...12	15	10					0,70	0,80				
12...16	25	15					0,65	0,75				
16...20		25	15				0,80					
20...25		30	25				0,65	0,80				
25...32		55	40	25					0,80			
32...40		80	55	35				0,70				
40...50		110	85	55				0,65	0,75			
50...60			125	80	60				0,70	0,80	0,70	
60...70				110	80							
70...85				150	120	70					0,90	0,90
85...100				200	150	115				0,95		0,95
100...150												1,35

Koefitsient K määratakse R ja S suurimate väärtuste jaoks. σ_1 väärtused on toodud tabelis 3. Töötamisel surujaga või väljalükkajaga tuleb jõule P juurde lisada suruja või väljalükkaja jõud (vt. lk. 28),

9. DETAILI VÕI JÄÄGI MAHATÕMBAMISEKS JA VÄLJATÕUKAMISEKS VAJALIKE JÕUDUDE MÄÄRAMINE STANTSIMISEL

Mahatõmbamiseks vajalik jõud N (õigesti valitud lõtku juures templi ja matriitsi vahel) määratakse järgmise valemiga:

$$N = P_{\max} \cdot K.$$

Detaili või jäägi väljatõukamiseks vajalik jõud N_1 määratakse järgmise valemiga:

$$N_1 = P_{\max} \cdot K_1,$$

kus: P_{\max} — maksimaalne jõud stantsimisel;

K — koefitsient mahatõmbamisel vajaliku jõu arvutamiseks (vt. tabel 13);

K_1 — koefitsient väljatõukamisel vajaliku jõu arvutamiseks (vt. tabel 13).

Vastu surumisel.

KOEFITSIENTIDE K JA K_1 SUURUSED

Tabel 13

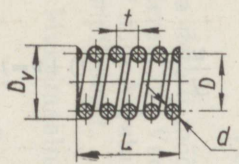
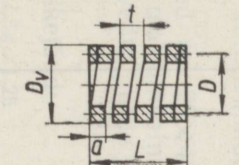
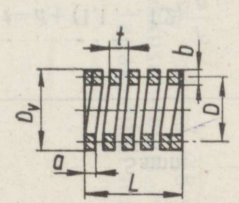
Stantsitav materjal	K	K_1
Teras	0,01 ... 0,05	0,02 ... 0,06
Messing	0,01 ... 0,04	0,02 ... 0,05
Vask	0,015 ... 0,03	0,03 ... 0,07
Alumiinium	0,025 ... 0,05	0,03 ... 0,06
Duralumiinium	0,02 ... 0,05	0,02 ... 0,06

Märkus. 1. Paksude materjalide, detaili keeruka kontuuri, halva õlitamise ja väikese lõtku puhul (väiksem kui 6% materjali paksusest) kasutada koefitsientide K ja K_1 suuremaid väärtusi.

2. Lindi või detaili korrapärase õlitamine vähendab mahatõmbamiseks või väljatõukamiseks vajalikku jõudu materjalide juures paksusega üle 2 mm — 30 ... 40% ja materjalide juures paksusega alla 2 mm — 15 ... 20%.

10. VALEMID SILINDRILISTE VEDRUDE ARVUTAMISEKS

Tabel 14

Silindrilised vedrud	Maksimaalne jõud kg P	Traadi läbimõõt d	Vedru kokkusu- rutavus F	Töötavate keer- dude arv n	Keerdude täisarv n_1
	$P = \frac{\pi d^3}{8D} [\sigma_v] =$ $= 0,392 \frac{d^3}{D} [\sigma_v]$	$d = \sqrt[3]{\frac{PD}{0,392 [\sigma_v]}}$ <p style="text-align: center;">või</p> $d = \sqrt{\frac{Px}{0,392 [\sigma_v]}}$	$F = \frac{8PD^3n}{Gd^4}$	$n = \frac{FGd^4}{8PD^3}$	$n_1 = n + 1,5$
	$P = 0,416 \frac{a^3}{D} [\sigma_v]$	$a = \sqrt[3]{\frac{PD}{0,416 [\sigma_v]}}$	$F = \frac{5,594PD^3n}{Ga^4}$	$n = \frac{FGa^4}{5,594PD^3}$	$n_1 = n + (1,5 \dots 2)$
	$P = \frac{2kba^2}{D} [\sigma_v]$	$b = \frac{PD}{2ka^2 [\sigma_v]}$ $a = \sqrt{\frac{PD}{2kb [\sigma_v]}}$	$F = k_1 \frac{PD^3n}{Ga^4}$	$n = \frac{FGa^4}{k_1PD^3}$	$n_1 = n + (1,5 \dots 2)$

Samm t	Maks. kokkusurutud vedru pikkus L_1	Vedru pikkus L	Vedru välisläbimõõt D_v	Traadi pikkus l
$t = d + (1, 1 \dots 1, 2) \frac{F}{n}$	$L_1 = (n_1 - 0,5) d$	$L = L_1 + n(t - d)$	$D_v = D + d$	$l = \pi D n_1$
$t = a + (1, 1 \dots 1, 2) \frac{F}{n}$	$L_1 = (n - 0,5) a$	$L = L_1 + n(t - a)$	$D_v = D + a$ <hr/> $D_v = D + b$	

Tabelis 14 kasutatud tähised:

- D — vedru keskmine läbimõõt mm;
 D_v — vedru välisläbimõõt mm;
 t — vedru samm mm;
 n — töötavate keerdude arv;
 n_1 — keerdude täisarv;
 L_1 — maksimaalselt kokkusurutud vedru pikkus mm;
 L — vedru pikkus mm;
 l — traadi pikkus mm;
 P — maksimaalne jõud kg;
 $[\sigma_v]$ — lubatud pingeline väände; $[\sigma_v]=40 \dots 50 \text{ kg/mm}^2$;
 G — nihkemoodul; $G=7500 \dots 8000 \text{ kg/mm}^2$;
 F — vedru kokkusurutavus mm;
 k ja k_1 — koefitsiendid (vt. tabel 15);

soovitav suhe $\frac{D}{a} = 4 \dots 10 = x$.

Ümarmaterjalist ($\varnothing d$) vedrude arvutamisel saadud tulemuste üleviimisel ristküliku ($a \times b$) kujulise materjaliga vedrudele tuleb kasutada üleminekukoefitsiente α ja φ , kusjuures $b = da$ ja $F_{\text{ristkülik}} = F_{\text{ümar}} \cdot \varphi$.

ÜLEMINEKUKOEFIITSIENDID

Tabel 15

$\frac{b}{a}$	k	k_1	α	φ
1,0	0,208	5,567	0,98	0,754
1,5	0,231	2,67	0,827	0,715
1,75	0,239	2,086	0,779	0,712
2,0	0,246	1,713	0,737	0,726
2,5	0,258	1,256	0,672	0,767
3,0	0,267	0,995	0,625	0,81
4,0	0,282	0,698	0,557	0,905
5,0	0,299	0,439	0,477	1,05
10,0	0,312	0,252	0,397	1,265

Vedru arvutusnäide

Stantsitava detaili mõõtmed on 20×40 mm, paksus 0,8 mm, materjal on teras 20. Vedru maksimaalne kokkusurutavus F on stantsimisel 6 mm. Arvutada vedru, mille jõud tagaks lindi maha-tõmbamise templi pealt.

Näide. 1. Maksimaalne löikejõud:

$$P_{\text{max}} = \frac{L S \sigma_1 \cdot 1,25}{1000},$$

- kus: L — löikejoone pikkus mm;
 S — materjali paksus mm;
 σ_l — terase löiketugevus; $\sigma_l = 40 \text{ kg/mm}^2$;
 $1,25$ — koefitsient, mis arvestab stantsitava materjali pak-
 suse kõikumist, löikepindade nürinemist ja kalestu-
 misest tingitud materjali kõvenemist.

$$P_{\max} = \frac{120 \cdot 0,8 \cdot 40 \cdot 1,25}{1000} = 4,8 \text{ t.}$$

2. Lindi mahatõmbamiseks vajalik jõud:

$$N = P_{\max} \cdot K,$$

- kus P — maksimaalne löikejõud ja
 K — mahatõmbekoefitsient (vt. tabel 13).
 Võttes mahatõmbekoefitsiendiks 0,02, siis

$$N = 4800 \cdot 0,02 = 96 \text{ kg.}$$

Arvestades koefitsiendi K vahelduvat suurust, suureneb vajalik jõud P kuni 120 kg.

3. Soovitav suhe $x = \frac{D}{d} = 4$. Lähtudes sellest on traadi läbi-
 mõõt:

$$d = \sqrt{\frac{8Px}{\pi[\sigma_v]}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 120 \cdot 4}{3,14 \cdot 50}} = 5 \text{ mm.}$$

4. Vedru keskmine läbimõõt:

$$D = dx = 5 \cdot 4 = 20 \text{ mm.}$$

5. Vedru töötavate keerdude arv:

$$n = \frac{d^4 FG}{8PD^3} = \frac{5^4 \cdot 6 \cdot 8000}{8 \cdot 120 \cdot 20^3} = 4.$$

6. Vedru keerdude täisarv:

$$n_1 = n + 1,5 = 4 + 1,5 = 5,5.$$

7. Vedru välisläbimõõt:

$$D_v = D + d = 20 + 5 = 25 \text{ mm.}$$

8. Vedru samm:

$$t = d + 1,1 \frac{F}{n} = 5 + 1,1 \cdot \frac{6}{4} = 6,6 \text{ mm.}$$

9. Maksimaalselt kokkusurutud vedru pikkus:

$$L_1 = (n_1 - 0,5)d = (5,5 - 0,5) \cdot 5 = 25 \text{ mm.}$$

10. Koormamata vedru pikkus:

$$L = L_1 + F = 25 + 6 = 31 \text{ mm.}$$

11. Vedru traadi pikkus:

$$l = \pi D n_1 = 3,14 \cdot 20 \cdot 5,5 = 345,4 \approx 346 \text{ mm.}$$

11. SURUJA VEDRUD LOIKESTANTSIDELE

Tähelepanu! Maksimaalne lubatud käik pärast eelpingestamist (L_1) on 10 mm.

Tabel 16

Nr.	L_1	L	P	P_1	d	D	t	f
1	46	51	26,5	8,8				1,3
2	50	55	24,5	8,2	2,5	15	4,1	1,22
3	46	51	56,0	18,7				1,7
4	50	55	51,6	17,2	3,5	20	5,2	1,57
5	46	51	125	41,5				2,0
6	50	55	115	38,0	4	20	6,0	1,85
7	46	51	94,0	31,3	4	22	6,5	2,15
8	50	55	87,5	29,1				2,0
9	50	55	300	100	5	22	7,5	2,37
10	60	65	248	82				1,95
11	50	55	190	63,5	5	25	8	2,5
12	60	65	160	53,3				2,1
13	50	55	760	254	7	30	10	3,37
14	60	65	625	210				2,75
15	50	55	368	123	7	35	11	3,38
16	60	65	300	100				2,75

Tabelis 16 kasutatud tähised:

P — maksimaalne jõud kg;

P_1 — jõud kg, mis saavutatakse eelpingestamisel mõõtemeni L_1 ;

L — vedru pikkus mm;

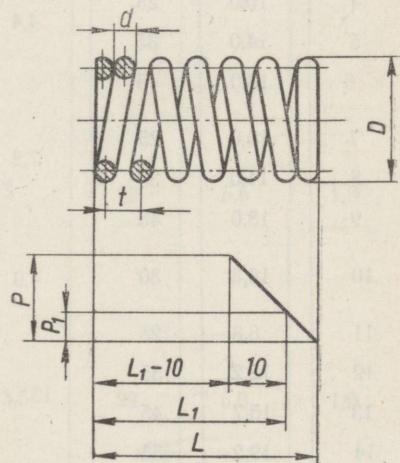
L_1 — pikkus eelpingestatud olukorras mm;

D — vedru välisläbimõõt mm;

d — traadi läbimõõt mm;

f — vedru ühe keeru kokkusu-
rutavus jõu P toimel mm;

t — vedru samm mm.

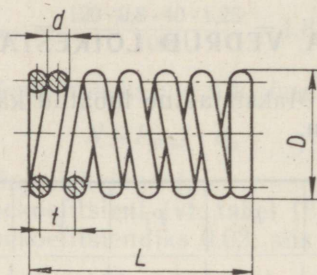


Joon. 7. →

Märkus. 1. Vedru otstest kokku 1,5 keerdu on arvestatud mittetöötavateks keerdudeks.

2. Vedrud on võetud ENSV RMN Masinaehituse Valitsuse normaalist TS-097.

12. SOOVITATAVAD VEDRUD



Joon. 8.

Tabel 17

Nr.	F	L	P	d	D	t	f
1	8,8	16					
2	13,8	20	1,1	0,7	7	2	1,1
3	18,0	30	1,5	1	14	3	2
4	10,0	25	4,4	1,2	9	2,5	1,0
5	14,0	35					
6	18,0	45					
7	10,0	25	7,2	1,5	11	3	1,2
8	14,0	35					
9	18,0	45					
10	16,8	30	4,9	1,5	15	4	2,25
11	8,8	25					
12	12,2	35					
13	15,7	45	13	2	14	4	1,4
14	19,2	55					

Nr.	<i>F</i>	<i>L</i>	<i>P</i>	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>t</i>	<i>f</i>
15	11,0	25					
16	14,8	35	11	2	16	4,5	1,9
17	19,0	45					
18	23,0	55					
19	7,5	25					
20	10,5	35					
21	13,5	45	25	2,5	15	4,3	1,3
22	16,7	55					
23	19,5	65					
24	8,5	25					
25	11,9	35					
26	15,3	45	21,5	2,5	17	4,7	1,6
27	18,7	55					
28	22,0	65					
29	9,7	25					
30	13,6	35					
31	17,4	45	18,5	2,5	19	5,4	2,1
32	21,5	55					
33	25,3	65					
34	8,5	25					
35	11,9	35					
36	15,3	45	35	3	20	5,6	1,9
37	18,6	55					
38	22,0	65					
39	9,5	30					
40	12,7	40					
41	15,8	50	46	3,5	22	6,0	1,9
42	19,0	60					
43	22,1	70					

Nr.	<i>F</i>	<i>L</i>	<i>P</i>	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>t</i>	<i>f</i>
44	10,5	30					
45	13,7	40					
46	17,2	50	40	3,5	24	6,7	2,3
47	20,6	60					
48	24,0	70					
49	9,0	30					
50	12,0	40					
51	15,0	50					
52	18,0	60	60	4	25	7	2,1
53	21,0	70					
54	24,0	80					
55	15,3	40					
56	19,1	50					
57	23,0	60					
58	30,5	80	50	4	30	8,4	3,2
59	38,0	100					
60	46,0	120					
61	15,5	50					
62	18,7	60					
63	25,0	80					
64	31,0	100	90	5	32	9	2,8
65	37,5	120					
66	43,5	140					
67	20,8	60					
68	28,0	80					
69	35,0	100	70	5	40	9,8	3,4
70	41,6	120					
71	48,5	140					

Tabeli 17 järg

Nr.	<i>F</i>	<i>L</i>	<i>P</i>	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>t</i>	<i>f</i>
72	14,0	50					
73	16,8	60					
74	22,4	80					
75	28,0	100	145	6	35	10	2,8
76	33,6	120					
77	39,2	140					
78	21,0	60					
79	28,0	80					
80	35,0	100	118	6	42	11,5	4
81	41,5	120					
82	49,0	140					
83	30,8	80					
84	37,5	100					
85	46,0	120					
86	54,0	140	110	6	45	13	5
87	61,5	160					
88	25,6	80					
89	32,0	100					
90	38,4	120					
91	45,0	140	180	7	45	12,5	4
92	51,0	160					
93	61,0	180					
94	28,2	80					
95	35,2	100					
96	42,3	120					
97	49,0	140	170	7	48	13,4	4,7
98	57,3	160					
99	63,0	180					

Nr	F	L	P	d	D	t	f
100	30,5	100					
101	36,5	120					
102	42,5	140	240	8	50	13,8	4,2
103	48,7	160					
104	55,0	180					
105	60,5	200					

Tabeli koostamisel kasutatud valeimid:

$$P = \frac{\pi d^3}{8 D_{\text{keskm.}}} \cdot [\sigma_v]; \quad f = \frac{\pi [\sigma_v] D_{\text{keskm.}}^2}{Gd}$$

P — maksimaalne jõud kg;

L — vedru pikkus mm;

D — vedru välisläbimõõt mm;

d — traadi läbimõõt mm;

t — vedru samm mm;

f — vedru ühe keeru kokkusurutavus jõu P toimel mm,

F — maksimaalne vedru kokkusurutavus mm;

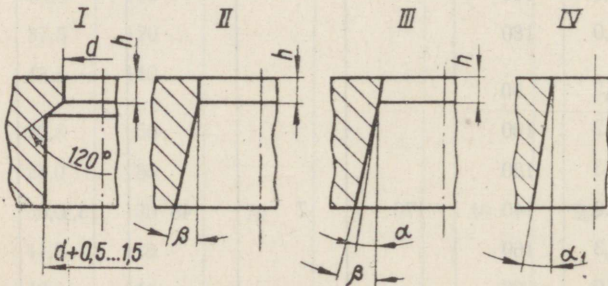
$[\sigma_v]$ — lubatud pinge väände; $[\sigma_v] = 40 \dots 50 \text{ kg/mm}^2$;

G — nihkemoodul; $G = 8000 \text{ kg/mm}^2$.

Märkus. 1. Vedru otstest kokku 1,5 keerdu on arvestatud mittetöötavateks keerdudeks.

2. Vedrud on võetud ENSV RMN Masinaehituse Valitsuse normaalist TS—098

13. MATRIITSI LÕIKEPINNA KÕRGUS OLENEVALT STANTSITAVA MATERJALI PAKSUSEST



Joon. 9.

Materjali paksus S mm	α	β	h mm	α_1
Alla 0,5	15'	2°	3...5	30'
0,5...1,0	30'			
1,0...2,5	40'	3°	4...7	1°
2,5...6,0				
6,0...12	—	—	—	1°30'

14. LÖIKEMATRIITSIDE PAKSUS OLENEVALT STANTSITAVA MATERJALI PAKSUSEST

Mõõtmed mm-tes

Tabel 19

Matriitsi augu suurim mõõde b	Matriitsi paksus, stantsitava materjali paksuse juures		
	Kuni 1	1...3	3...6
Kuni 50	(0,3...0,4) b	(0,35...0,5) b	(0,45...0,6) b
50...100	(0,2...0,3) b	(0,22...0,35) b	(0,30...0,45) b
100...200	(0,15...0,2) b	(0,18...0,22) b	(0,22...0,30) b
Üle 200	(0,10...0,15) b	(0,12...0,18) b	(0,15...0,22) b

15. STANTSILE MÕJUVATE JÕUDUDE KESKME MÄÄRAMINE

Stantsile mõjuvate jõudude keset on vajalik määrata saba asukoha leidmiseks. Praktiliselt pole vajadust, et saba asuks täpselt stantsile mõjuvate jõudude keskmes, kuid ta peab asuma sellele võimalikult lähedal.

Sümmeetriliste detailide korral asub jõukese sümmeetriatelgede lõikepunktis, s. o. geomeetrilises keskmes (vt. joon. 10).

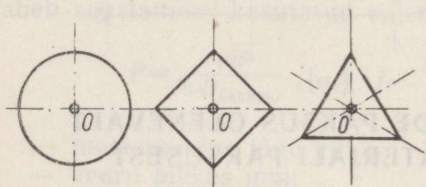
Kaare raskuskese (vt. joon. 11) määratakse valemiga:

$$x = R \cdot \frac{\sin \alpha}{\alpha} = R \frac{S}{b},$$

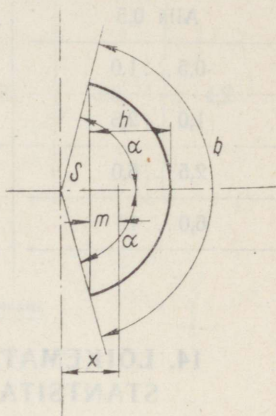
kus S — kõõlu pikkus,
 b — kaare pikkus.

90°-st väiksema kaare raskuskese määratakse ligikaudse valemiga

$$m = \frac{2}{3} h \quad (\text{vt. tabelid 57, 58, 59}).$$



Joon. 10. Sümmeetriliste detailide jõukeskme määramine.



Joon. 11. Kaare raskuskeskme määramine.

Jõukese ebasümmeetriliste detailide korral on otstarbekas määrata grafoanalüütiliselt (vt. joon. 12). Selleks joonestatakse stantsitav kontuur täpses mõõtvahekorras ja määratakse graafiliselt lõikude AB , BC , CD jne. pikkused ning vastavad koordinaadid x_1 ; x_2 ; x_3 jne., y_1 ; y_2 ; y_3 jne.

Koordinaattelgede x ja y asukohad võib valida vabalt. Antud juhul on soovitatav telgede asukoht valida nii, nagu on näidatud joonisel 12.

Tähistame kontuuri lõigud l_1 , l_2 , l_3 jne. ja kogu kontuuri pikkuse tähega l . Jõukeskme m koordinaadid x ja y leiame:

$$xl = x_1l_1 + x_2l_2 + x_3l_3 + \dots \text{ jne.},$$

millest

$$x = \frac{x_1l_1 + x_2l_2 + x_3l_3 + \dots}{l} \text{ jne.},$$

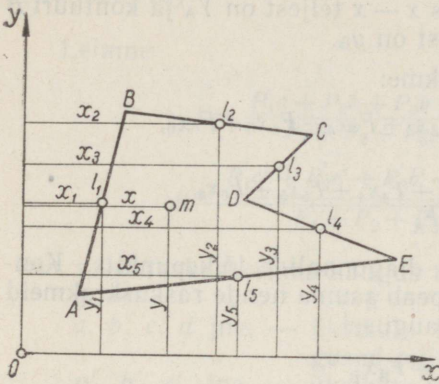
samuti

$$y = \frac{y_1l_1 + y_2l_2 + y_3l_3 + \dots}{l} \text{ jne.}$$

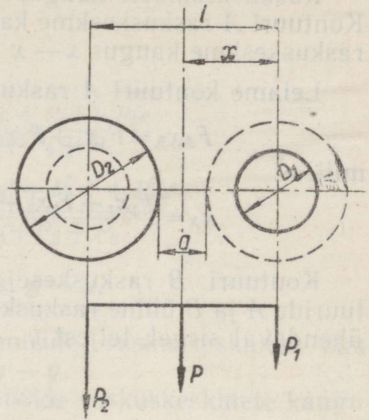
Seibide või ükskõik milliste aukudega detailide järjestikusel stantsimisel, millel on üks sümmeetriatelg ($x - x$ või $y - y$), määratakse jõukese järgnevalt (vt. joon. 13):

$$x = \frac{P_2 l}{P_1 + P_2} \text{ või } x = \frac{D_2 l}{D_1 + D_2},$$

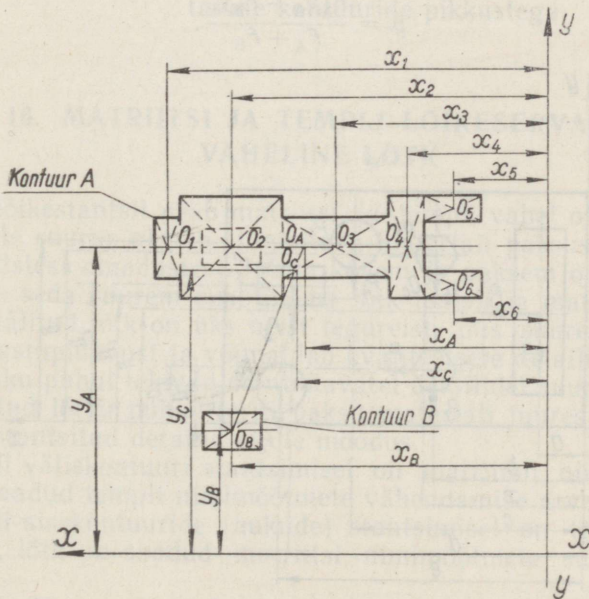
kus P_1 — augu läbimõõduga D_1 stantsimiseks vajalik jõud,
 P_2 — augu läbimõõduga D_2 stantsimiseks vajalik jõud,
 l — keskmetevaheline kaugus.



Joon. 12. Ebasümmeetriliste detailide jõukeskme määramine graafilise meetodiga.



Joon. 13. Seibikujulise detaili jõukeskme määramine.



Joon. 14. Kahe kontuuri ühise raskuskeskme määramine.

Kui stantsitav kontuur on ebasümmeetriline või toimub üheaegne mitme kontuuri stantsimine, tuleb samuti valida koordinaatteljed (vt. joon. 14) ja vaadelda jõudude momente nende suhtes. Kontuurid jaotatakse elementaarseteks pindadeks F_1, F_2, F_3 jne., mis antud juhul on ristkülikud ning mille raskuskeskmed asuvad diagonaalide lõikepunktides $O_1, O_2, O_3, \dots, O_6, O_6$.

Raskuskeskmete kaugused teljest $y - y$ on $x_1, x_2, x_3, \dots, x_6, x_B$. Kontuuri A raskuskeskme kaugus $x - x$ teljest on Y_A ja kontuuri B raskuskeskme kaugus $x - x$ teljest on y_B .

Leiame kontuuri A raskuskeskme:

$$F_A x_A = F_1 x_1 + F_2 x_2 + F_3 x_3 + F_4 x_4 + F_5 x_5 + F_6 x_6,$$

millest:

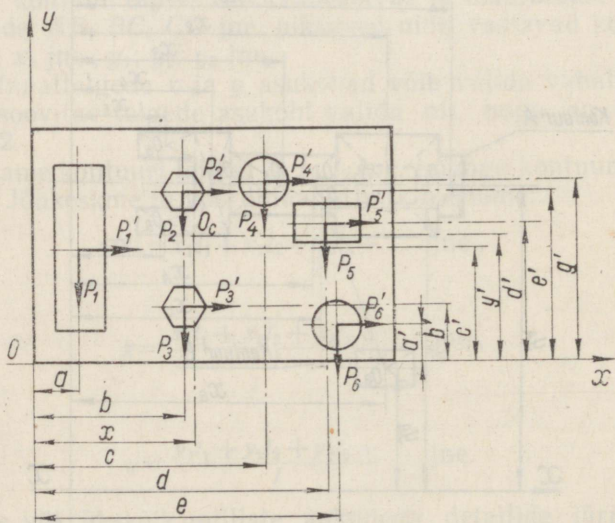
$$x_A = \frac{F_1 x_1 + F_2 x_2 + F_3 x_3 + F_4 x_4 + F_5 x_5 + F_6 x_6}{F_A}$$

Kontuuri B raskuskeske asub diagonaalide lõikepunktis. Kontuuride A ja B ühine raskuskeske peab asuma nende raskuskeskmeid ühendaval sirgel, teljest $y - y$ kaugusel

$$x_c = \frac{F_A x_A + F_B x_B}{F_A + F_B},$$

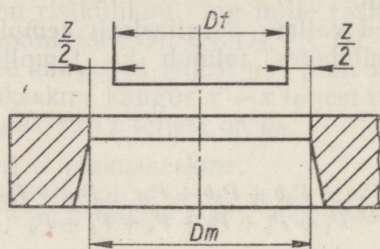
ja teljest $x - x$ kaugusel

$$y_c = \frac{F_A y_A + F_B y_B}{F_A + F_B}.$$



Joon. 15. Analüütiline meetod jõukeskme määramiseks.

(välja arvatud getinaks ja tekstoliit, millede kohta on andmed esitatud tabelis 35). Kuumuskindlast terasest 1X18H9T detailide stantsimisel määratakse lõtkud tabelist 22.



Joon. 16. Lõtk templi ja matriitsi vahel.

LÕTK TEMPLI JA MATRIITSI VAHEL

Metallid

Mõõtmed mm-tes

Tabel 20

Materjali paksus S	Pehme teras (10, 20, 25), messing, alumiinium			Keskmise kõvadusega teras (teras 30—40)			Kõva teras (teras 45—50)		
	Kahepoolne lõtk Z								
	min.	optim.	maks.	min.	optim.	maks.	min.	optim.	maks.
0,1	0,005	0,010	0,025	0,005	0,010	0,025	0,005	0,015	0,030
0,2	0,005	0,010	0,025	0,010	0,012	0,030	0,010	0,014	0,035
0,3	0,010	0,015	0,030	0,015	0,018	0,035	0,015	0,021	0,035
0,4	0,015	0,020	0,035	0,020	0,024	0,040	0,025	0,028	0,045
0,5	0,020	0,025	0,040	0,025	0,030	0,050	0,030	0,035	0,055
0,6	0,025	0,030	0,050	0,030	0,036	0,060	0,040	0,042	0,070
0,8	0,030	0,040	0,065	0,040	0,048	0,080	0,050	0,056	0,090
1,0	0,040	0,050	0,080	0,050	0,060	0,100	0,060	0,070	0,110
1,2	0,060	0,072	0,120	0,070	0,084	0,130	0,080	0,096	0,160
1,5	0,075	0,090	0,140	0,090	0,105	0,165	0,100	0,120	0,195
1,8	0,090	0,108	0,160	0,110	0,125	0,200	0,130	0,144	0,230
2,0	0,100	0,120	0,180	0,120	0,140	0,220	0,140	0,160	0,260
2,5	0,125	0,175	0,225	0,150	0,200	0,275	0,175	0,225	0,325
3,0	0,150	0,210	0,270	0,180	0,240	0,330	0,210	0,270	0,390
3,5	0,210	0,280	0,350	0,245	0,315	0,420	0,280	0,350	0,490
4,0	0,240	0,320	0,400	0,280	0,360	0,480	0,320	0,400	0,560
4,5	0,270	0,360	0,450	0,315	0,405	0,540	0,360	0,450	0,630
5,0	0,300	0,400	0,500	0,350	0,450	0,600	0,400	0,500	0,700
6,0	0,400	0,540	0,660	0,500	0,600	0,800	0,500	0,660	0,900
7,0	0,500	0,630	0,770	0,500	0,700	0,900	0,600	0,770	1,100
8,0	0,600	0,800	0,880	0,700	0,880	1,100	0,700	0,960	1,200
9,0	0,700	0,900	1,000	0,800	0,990	1,300	0,900	1,040	1,400
10,0	0,800	1,000	1,200	0,900	1,100	1,400	1,000	1,200	1,600

LÕTK TEMPLI JA MATRIITSI VAHEL

Mittemetallid

Mõõtmed mm-tes

Tabel 21

Materjali paksus S	Fiiber			Kartong, nahk, asbest		
	Kahepoolne lõtk Z					
	min.	optim.	maks.	min.	optim.	maks.
0,1	0,005	0,010	0,020	0,005	0,010	0,015
0,2	0,005	0,010	0,020	0,005	0,010	0,015
0,3	0,010	0,015	0,020	0,005	0,010	0,015
0,4	0,010	0,015	0,020	0,005	0,010	0,015
0,5	0,010	0,015	0,025	0,005	0,010	0,015
0,6	0,010	0,015	0,025	0,005	0,010	0,015
0,8	0,015	0,025	0,030	0,005	0,010	0,015
1,0	0,020	0,030	0,040	0,010	0,015	0,020
1,2	0,030	0,040	0,055	0,015	0,025	0,030
1,5	0,035	0,050	0,070	0,015	0,025	0,035
1,8	0,045	0,060	0,080	0,020	0,030	0,040
2,0	0,050	0,065	0,090	0,025	0,030	0,045
2,5	0,060	0,075	0,100	0,030	0,040	0,050
3,0	0,075	0,090	0,130	0,035	0,045	0,060
3,5	0,090	0,105	0,170			
4,0	0,100	0,120	0,200			
4,5	0,120	0,135	0,230			
5,0	0,150	0,165	0,250			

LÕTK TEMPLI JA MATRIITSI VAHEL

Teras mark 1X18H9T

Mõõtmed mm-tes

Tabel 22

Materjali paksus S	Kahepoolne lõtk Z			Materjali paksus S	Kahepoolne lõtk Z		
	min.	optim.	maks.		min.	optim.	maks.
0,6	0,040	0,055	0,110	1,8	0,110	0,190	0,360
0,8	0,050	0,090	0,160	2,0	0,120	0,200	0,400
1,0	0,080	0,130	0,220	2,5	0,150	0,250	0,500
1,2	0,085	0,145	0,265	3,0	0,180	0,300	0,600
1,5	0,090	0,165	0,300				

17. MATRIITSI JA TEMPLI LÕIKESERVADE VALMISTAMISE TOLERANTSID

Templi ja matriitsi mõõtmed määratakse järgmiste valemitega.

1. Kontuuri stantsimisel.

$$D_m = D_{\text{det. min}}$$

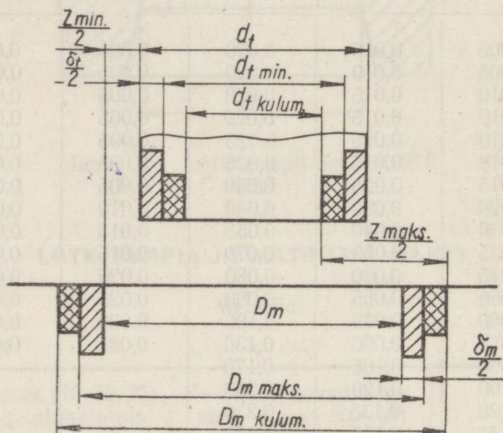
$$D_m \text{ maks.} = D_{\text{det. min}} + \delta_m$$

$$D_m \text{ kulum.} = D_{\text{det. max}}$$

$$d_t = D_{\text{det. min}} - Z_{\text{min}} = D_m - Z_{\text{min}}$$

$$d_t \text{ min.} = d_t - \delta_t$$

$$d_t \text{ kulum.} = D_m \text{ kulum.} - Z_{\text{max}}$$



Joon. 17. Tolerantsiväljade asetus.

2. Augu stantsimisel.

$$d_t = D_{\text{det. max}}$$

$$d_t \text{ min.} = D_{\text{det. max}} - \delta_t$$

$$d_t \text{ kulum.} = D_{\text{det. min}}$$

$$D_m = D_{\text{det. max}} + Z_{\text{max}}$$

$$D_m \text{ maks.} = D_m + \delta_m$$

$$D_m \text{ kulum.} = d_t \text{ kulum.} + Z_{\text{max}}$$

kus: D_m — matriitsi nimimõõde või väikseim mõõde;

$D_m \text{ maks.}$ — matriitsi suurim mõõde;

$D_m \text{ kulum.}$ — matriitsi mõõde pärast kulumist;

d_t — templi nimimõõde või suurim mõõde;

$d_t \text{ min.}$ — templi väikseim mõõde;

$d_t \text{ kulum.}$ — templi mõõde pärast kulumist;

$D_{\text{det. min}}$ — detaili väikseim mõõde;

$D_{\text{det. max}}$ — detaili suurim mõõde;

δ_m — matriitsi valmistamise tolerants;

δ_t — templi valmistamise tolerants;

Z_{min} — minimaalne lõtk templi ja matriitsi vahel;

Z_{opt} — optimaalne lõtk templi ja matriitsi vahel;

Z_{max} — suurim lõtk templi ja matriitsi vahel.

Templi ja matriitsi valmistamisel mõõtmeni 300 mm võetakse tolerants:

$\delta_t \approx 0,2 Z_{opt}$, kuid mitte vähem kui 0,01 mm,

$\delta_m \approx 0,3 Z_{opt}$, kuid mitte vähem kui 0,01 mm.

MATRIITSI JA TEMPLI MÕÖTMETE NING TOLERANTSIDE ANALÜÜS (STANTSITAV MATERJAL METALL)

Matriitsi kontuuri stantsimiseks

Kõik matriitsi mõõtmed jagatakse kolme rühma (vt. joon. 18).

I rühm — mõõtmed, mis suurenevad matriitsi ülelihvimisel

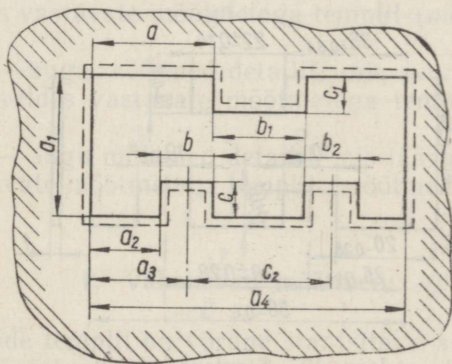
(a ; a_1 ; a_2 ; a_3 ; a_4)

II rühm — mõõtmed, mis vähenevad matriitsi ülelihvimisel

(b ; b_1 ; b_2)

III rühm — mõõtmed, mis jäävad muutumatuks matriitsi ülelihvimisel (c ; c_1 ; c_2)

Märkus. Antud juhul on vaadeldud lõikeservi matriitsidel tüüp III ja IV (vt. joonis 9).



Joon. 18. Matriitsi kontuuri stantsimiseks.
Pidev joon — matriitsi kontuur vastavalt
joonisele; kriipsjoon — matriitsi kontuur
pärast ülelihvimist.

1. Suurenevad mõõtmed:

a) matriitsi nimimõõde on võrdne stantsitava detaili mõõtme alumise piiriga;

b) matriitsi nimimõõde on positiivse tolerantsiga (arvuliseit 25% detaili mõõtme tolerantsist).

2. Vähenevad mõõtmed:

a) matriitsi nimimõõde on võrdne stantsitava detaili mõõtme ülemise piiriga, miinus 15% tolerantsist vastavalt stantsitava kontuuri mõõtmele;

b) matriitsi nimimõõde on negatiivse tolerantsiga (arvuliselt 25% detaili mõõtme tolerantsist).

3. Muutumatud mõõtmed:

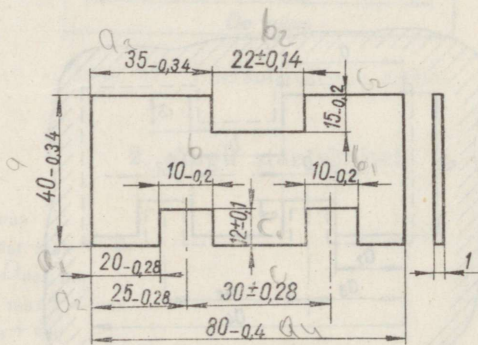
a) matriitsi nimimõõde on võrdne stantsitava detaili mõõtme alumise piiriga pluss stantsitava kontuuri vastava mõõtme pool tolerantsi;

b) tolerants matriitsil on sümmeetriline ja võrdub $\pm 25\%$ vastava mõõtme tolerantsist detailil.

Märkused. 1. Matriitsi valmistamise väikseimaks tolerantsiks võetakse 0,015 mm.

2. Täpsuse astmeks tolerantsi arvutamisel võetakse 0,005 mm tolerantsi suurendamise suunas.

3. Väikeseerias stantsitavate detailide matriitsi tolerants suurenevatele ja vähenevatele mõõtmetele võib olla laiendatud kuni 40%-ni stantsitava detaili tolerantsist.



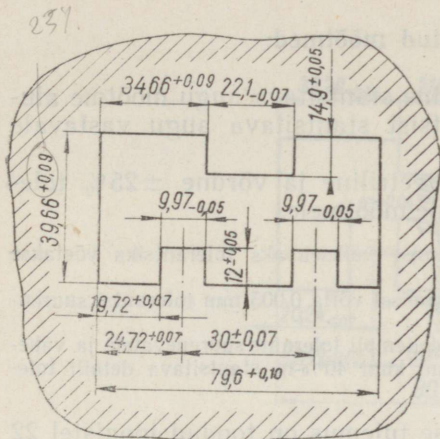
Joon. 19. Stantsitav detail.

Joonistel 19 ja 20 on toodud näide tolerantside arvutamise kohta.

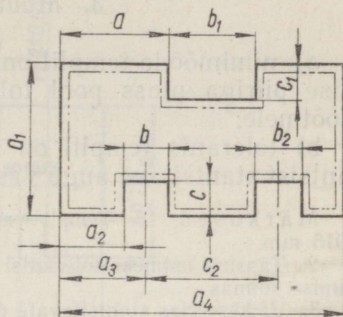
Suurenevad mõõtmed a ; a_1 ; a_2 ; a_3 ; a_4 (vt. joon. 18 ja 19) võetakse järgmise väärtusega: $39,66^{+0,09}$; $19,72^{+0,07}$; $24,72^{+0,07}$; $34,66^{+0,09}$; $79,60^{+0,10}$ (vt. joon. 20).

Vähenevad mõõtmed b ; b_1 ; b_2 (vt. joon. 18 ja 19) võetakse järgmise väärtusega: $9,97^{-0,05}$; $22,1^{-0,07}$ (vt. joon. 20).

Muutumatud mõõtmed c ; c_1 ; c_2 (vt. joon. 18 ja 19) võetakse järgmise väärtusega: $12^{\pm 0,05}$; $14,9^{\pm 0,05}$; $30^{\pm 0,07}$ (vt. joon. 20).



Joon. 20. Matriits.



Joon. 21. Tempel augu stantsimiseks. Pidev joon — templi kontuur vastavalt joonisele; telgjoon — stantsitava augu tegelik kontuur.

TEMPEL AUGU STANTSIMISEKS

Kõik mõõtmed templil jagatakse kolme rühma (vt. joon. 21).

I rühm — augu mõõtmed detailil, mis vähenevad tolerantside arvel, võrreldes vastavate mõõtmetega templil (mõõtmed a ; a_1 ; a_2 ; a_3 ; a_4)

II rühm — augu mõõtmed detailil, mis suurenevad tolerantside arvel, võrreldes vastavate mõõtmetega templil (mõõtmed b ; b_1 ; b_2)

III rühm — augu mõõtmed detailil, mis jäävad muutumatuks, võrreldes vastavate mõõtmetega templil (mõõtmed c ; c_1 ; c_2)

1. Vähenevad mõõtmed:

a) nimimõõde templil on võrdne stantsitava augu ülemise pii-
riga miinus 15% tolerantsist stantsitava augu vastavale mõõtmele;

b) templi nimimõõde on negatiivse tolerantsiga (arvuliselt 25%
augu mõõtme tolerantsist).

2. Suurenevad mõõtmed:

a) nimimõõde templil on võrdne stantsitava augu mõõtme alu-
mise piiriga;

b) templi nimimõõde on negatiivse tolerantsiga (arvuliselt
25% augu mõõtme tolerantsist).

3. Muutumatud mõõtmed:

a) nimimõõde templil on võrdne stantsitava augu mõõtme alumise piiriga pluss pool tolerantsist stantsitava augu vastavale mõõtmele;

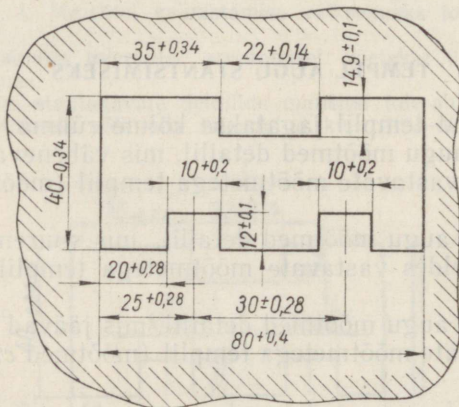
b) tolerants templil on sümmeetriline ja võrdne $\pm 25\%$ tolerantsist stantsitava augu vastavale mõõtmele.

Märkused. 1. Templi valmistamise väikseimaks tolerantsiiks võetakse 0,015 mm.

2. Täpsuse astmeks tolerantsi arvutamisel võtta 0,005 mm tolerantsi suurendamise suunas.

3. Väikeseerias stantsitavate detailide templi tolerants suurenevatele ja vähenevatele mõõtmetele võib olla laiendatud kuni 40% ni stantsitava detaili tolerantsist.

Templi tolerantside arvutamise tulemus on toodud joonistel 22 ja 23.



Joon. 22. Auk stantsitavas detailis.

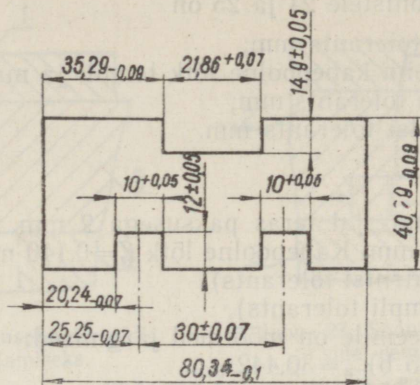
Vähenevad mõõtmed a ; a_1 ; a_2 ; a_3 ; a_4 (vt. joon. 21 ja 22) võetakse järgmise väärtusega: $80,34_{-0,1}$; $25,25_{-0,07}$; $20,24_{-0,07}$; $40,29_{-0,09}$; $35,29_{-0,09}$ (vt. joon. 23).

Suurenevad mõõtmed b ; b_1 ; b_2 (vt. joon. 21 ja 22) võetakse järgmise väärtusega: $10^{+0,05}$; $21,86^{+0,07}$ (vt. joon. 23).

Muutumatud mõõtmed c ; c_1 ; c_2 (vt. joon. 21 ja 22) võetakse järgmise väärtusega: $12^{\pm 0,05}$; $14,9^{\pm 0,05}$; $30^{\pm 0,07}$ (vt. joon. 23).

Stantsi konstrueerimisel määratakse tolerantsid tööosadele (lõikeservadele) järgmiselt:

Templilise augu stantsimiseks tehakse vastavalt antud juhiste ja matriits sobitatakse templile igakülgselt lõtkuga, olenevalt stantsitavast materjalist. Matriitsi joonisele tehakse märkus: «Matriits sobitada templi järgi lõtkuga ... mm».



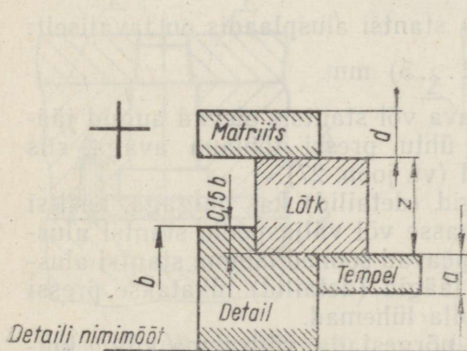
Joon. 23. Tempel augu stantsimiseks.

Kontuuri stantsimisel tehakse matriits vastavalt antud joonistele ja tempel sobitatakse matriitsile igakülgse lõtkuga, olenevalt stantsitavast materjalist. Templi joonisele tehakse märkus: «Tempel sobitada matriitsi järgi lõtkuga ... mm».

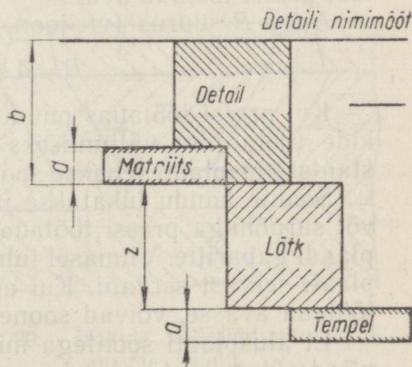
Šabloonide valmistamisel stantsi templitele ja matriitsidele tuleb silmas pidada järgmist: matriitsi šablooni nimimõõtme tolerants võetakse positiivne ja templi šablooni nimimõõtme tolerants vastavalt negatiivne.

Šablooni tolerants plus lõtk šablooni ja sobitatava töökontuuri vahel templil või matriitsil ei tohi pärast nende valmistamist ületada templi või matriitsi tolerantsse.

18. TOLERANTSIDE SKEMAATILINE ASETUS TEMPLIL JA MATRIITSIL



Joon. 24. Augu stantsimine.



Joon. 25. Kontuuri stantsimine.

Vastavalt joonistele 24 ja 25 on

b — detaili tolerants mm;

Z — väikseim kahepoolne lõtk templi ja matriitsi vahel mm;

a — templi tolerants mm;

d — matriitsi tolerants mm.

Näide I.

Stantsitav materjal teras paksusega 2 mm. Stantsitava augu läbimõõt $30^{+0,52}$ mm. Kahepoolne lõtk $Z=0,140$ mm.

$d=0,075$ (matriitsi tolerants),

$a=0,040$ (templi tolerants).

Vastavalt skeemile on mõõtmised järgmised:

templil $(30+0,85 b)_{-a}=30,442_{-0,04}$,

matriitsil $(30+0,85 b+Z)^{+d}=30,582^{+0,075}$.

Näide II.

Stantsitav materjal teras paksusega 2 mm. Stantsitava detaili läbimõõt $30_{-0,52}$ mm. Kahepoolne lõtk $Z=0,140$ mm.

$d=0,075$ (matriitsi tolerants),

$a=0,040$ (templi tolerants).

Vastavalt skeemile on mõõtmised järgmised:

templil $(30 - b - Z)_{-a}=29,34_{-0,04}$,

matriitsil $(30 - b)^{+d}=29,48^{+0,075}$.

19. AUGUD JA SOONED STANTSIDE ALUS- PLAATIDES JÄÄKIDE NING DETAILIDE EEMALDAMISEKS

Kui stantsimisel lüüakse jäägid või detailid läbi matriitsi, tehakse alusplaati augud, millede kaudu jäägid (detailid) kukuvad läbi pressi töölaua ava.

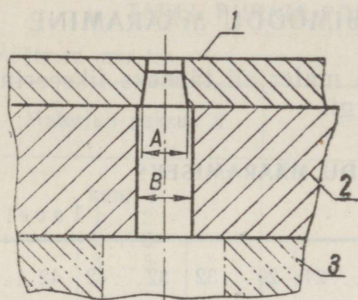
Augu B suurus (vt. joon. 26) stantsi alusplaadis on tavaliselt:

$$B=A+(2 \dots 5) \text{ mm.}$$

Kui pressi töölaual puudub ava või stantsis olevad augud jääkide (detailide) väljumiseks ei ühtu pressi töölaua avaga, siis stantsi alusplaati tehakse sooned (vt. joon. 27).

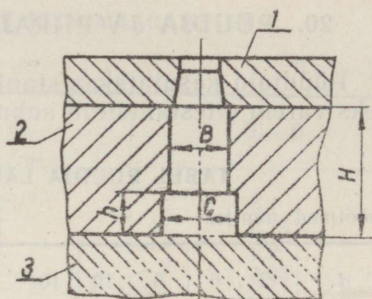
Soonte kaudu lükatakse jäägid (detailid) kas pulgaga, käsitsi või suruõhuga pressi töölaua avasse või väljaspoole stantsi alusplaadi gabariite. Viimasel juhul peavad sooned läbima stantsi alusplaati servast servani. Kui aga jäägid (detailid) lükatakse pressi töölaua avasse, võivad sooned olla lühemad.

Et alusplaati soontega mitte nõrgestada, võib tema külge kinnitada üksikest soone laiuseks vajalikule kaugusele asetatud liistud või plaadid.



Joon. 26. Auk alusplaadis jääkide eemaldamiseks.

1 — matriits, 2 — alusplaat, 3 — pressi töölaud.



Joon. 27. Soone alusplaadis jääkide eemaldamiseks.

1 — matriits, 2 — alusplaat, 3 — pressi töölaud.

Soone laius (vt. joon. 27) stantsi alusplaadis on tavaliselt:

$$C = B + (2 \dots 5) \text{ mm},$$

kusjuures $h > 5S$, kuid mitte üle $\frac{1}{3}H$,

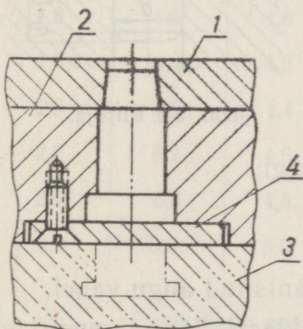
h — soone kõrgus;

S — stantsitava materjali paksus;

H — stantsi alusplaadi paksus.

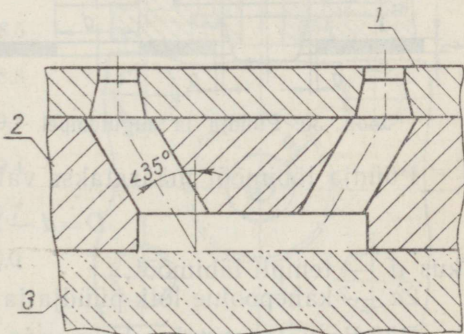
Et kaitsta pressi töölauda sooni ja avasid jäätmetega täitumast ning kergendada jäätmete väljalükkamist soontest, võib katta sooned altpoolt umbes 5 mm paksuse metallplaadiga, mis on asetatud stantsi alusplaati (vt. joon. 28).

Kui stantsiga loodavate aukude arv on suur, tehakse ligistikku olevate aukude jaoks ühine soon. Stantsi alusplaadis tehakse augud jääkide (detailide) väljajuhtimiseks kaldu. Kaldenurk vertikaali suhtes ei tohi olla üle 35° (vt. joonis 29).



Joon. 28. Alt kaetud soon alusplaadis.

1 — matriits, 2 — alusplaat, 3 — pressi töölaud, 4 — plaat.



Joon. 29. Jääkide väljajuhtimine kaldaukude kaudu.

1 — matriits, 2 — alusplaat, 3 — pressi töölaud.

20. PÜÜDJA JA PIIRAJA LÄBIMÕÖDU MÄÄRAMINE

Püüdjaid kasutatakse stantsitava materjali täpseks fikseerimiseks varem ettestantsitud aukude järgi.

TABEL PÜÜDJA LÄBIMÕÖDU MÄÄRAMISEKS

Mõõtmed mm-tes

Tabel 23

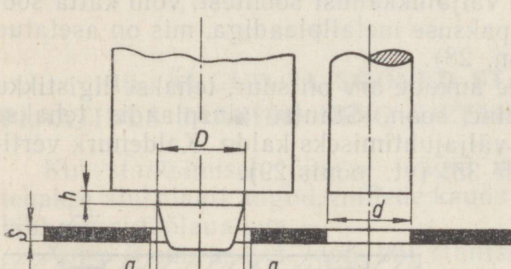
d	2...6	6...10	10...16	16...24	24...32	32...42	42...60
$2a$	0,06	0,08	0,10	0,12	0,16	0,18	0,20

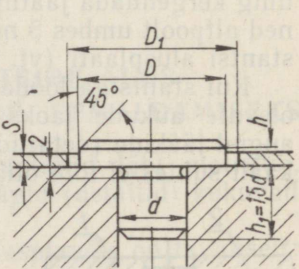
PUÜDJA SILINDRILISE OSA KÕRGUS h

Mõõtmed mm-tes

Tabel 24

Stantsitava materjali paksus S	h
kuni 1 1...5	0,5 0,5S





Joon. 30. Püüdja ja augutempel.

Joon. 31. Piiraja.

Püüdja läbimõõt määratakse valemi järgi:

$$D = d - 2a,$$

kus d — templi läbimõõt;

$2a$ — kahepoolne lõtk püüdja ja ettestantsitud augu vahel.

Püüdja valmistatakse kolmanda täpsusklassi järgi augusüstemis (C_3). Püüdja silindrilise osa kõrgus h määratakse lähtudes stantsitava materjali paksusest S tabeli 24 järgi.

Detailide fikseerimisel olemasolevate aukude järgi kasutatakse piirajaid vastavalt joonisele 31 ja tabelile 25.

TABEL PIIRAJA PÖHIMOÕTMEDE MÄÄRAMISEKS

Mõõtmed mm-tes

Tabel 25

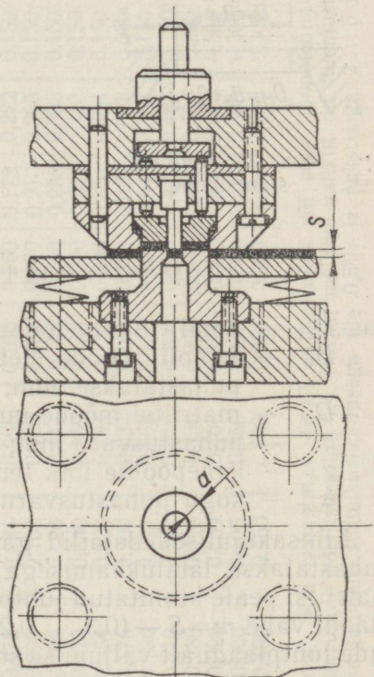
Materjali paksus S	h	$D_1 - D$
kuni 1	$S+2$	0,1
1...2	$S+1$	0,15
2...3	$S+1$	0,2
3...5	S	0,25

21. TEMPEL-MATRIITSI SEINAPAKSUSE MINIMAALSED MÕOTMED KOMPAUNDSTANTSIDELE

Mõõtmed mm-tes

Tabel 26

S	a	S	a
0,4	1,4	2,8	6,4
0,6	1,8	3,0	6,7
0,8	2,3	3,2	7,1
1,0	2,7	3,4	7,4
1,2	3,2	3,6	7,7
1,4	3,6	3,8	8,1
1,6	4,0	4,0	8,5
1,8	4,4	4,2	8,8
2,0	4,9	4,4	9,1
2,2	5,2	4,6	9,4
2,4	5,6	4,8	9,7
2,6	6,0	5,0	10,0



Joon. 32.

S — stantsitava materjali paksus,

a — tempel-matriitsi seinapaksuse minimaalsed lubatud mõõtmed.

S — stantsitava materjali paksus, a — tempel-matriitsi seinapaksuse minimaalsed lubatud mõõtmed.

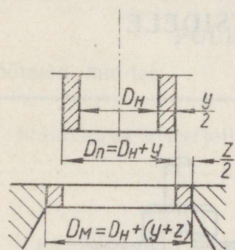
22. VARUD DETAILIDE PUHASTAMISEKS JA KALIIBRIMISEKS STANTSIDEGA

Matriitsi ja templi mõõtmed, arvestades varu järgnevaks toote puhastamiseks, määratakse järgmiselt:

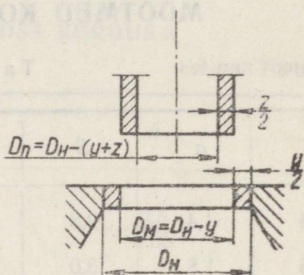
Kontuuri stantsimisel lisatakse puhastusvaru y templi mõõtmele ja lõtk tehakse matriitsi arvel (vt. joon. 33).

$$D_n = D_H + y; \quad D_M = D_H + (y + z).$$

Augu stantsimisel arvestatakse puhastusvaru y maha matriitsi nimimõõtmest ja lõtk tehakse templi arvel (vt. joon. 34).



Joon. 33. Kontuuri stantsimine.



Joon. 34. Augu stantsimine.

$$D_n = D_H - (y + z); \quad D_M = D_H - y;$$

- kus D_H — detaili nimimõõde pärast puhastamist mm;
 D_n — templi mõõde detaili stantsimiseks, mis järgnevalt puhastatakse, mm;
 D_M — matriitsi mõõde mm;
 y — puhastusvaru mm;
 z — kahepoolne lõtk templi ja matriitsi vahel mm;
 δ — kogu puhastusvaru ($y + z$) mm.

Lihtsakujulised detailid gabariitmõõtmetega ligikaudu 30 mm puhastatakse läbilükkamisega matriitsist. Detaili juhtimiseks on matriitsi peale kinnitatud juhtplaat (vt. joon. 35). Matriitsi ja juhtplaadi vahe $m = S - (0,3 \dots 0,2)$, kus S on materjali paksus. Laastude juhtplaadi alt väljumise soodustamiseks tehakse juhtplaat astmega, astme laius $k = 0,8 \dots 1,5$ mm ja sügavus $c = 1 \dots 2$ mm (vt. joon. 35).

Puhastus- ja kaliibrimisvarud on toodud tabelis 27.

Stantsi seadistamisel pressi alla tuleb jälgida, et templi kõige alumise asendi ja matriitsi pinna vahele jääks $0,2 \dots 0,3$ mm.

VARUD STANTSIDEGA PUHASTAMISEKS JA KALIIBRIMISEKS

Mõõtmed mm-tes

Tabel 27

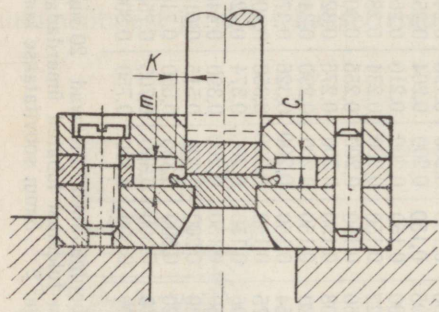
Materjali paksus S	Minimaalne lõtk templi ja matriitsi vahel		Kõva teras	Messing, vask, pehme teras				Keskmise kõvadusega teras, duralumiinium				Kõva teras			
	Vask, messing, pehme teras	Keskmise kõvadusega teras, duralumiinium		Varu puhastamiseks ja kaliibrimiseks		Suurim võetav laast		Varu puhastamiseks ja kaliibrimiseks		Suurim võetav laast		Varu puhastamiseks ja kaliibrimiseks		Suurim võetav laast	
				y		$\delta = y + z$		y		$\delta = y + z$		y		$\delta = y + z$	
				min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
0,5	0,025	0,030	0,035	0,100	0,150	0,125	0,175	0,150	0,200	0,180	0,230	0,150	0,250	0,185	0,285
0,6	0,030	0,036	0,042	0,100	0,150	0,130	0,180	0,150	0,200	0,186	0,236	0,150	0,250	0,192	0,292
0,7	0,035	0,042	0,049	0,100	0,150	0,135	0,185	0,150	0,200	0,192	0,242	0,150	0,250	0,199	0,299
0,8	0,040	0,048	0,056	0,100	0,150	0,140	0,190	0,150	0,200	0,198	0,248	0,150	0,250	0,206	0,306
0,9	0,045	0,054	0,063	0,100	0,150	0,145	0,195	0,150	0,200	0,204	0,254	0,150	0,250	0,213	0,313
1,0	0,050	0,060	0,070	0,100	0,150	0,150	0,200	0,150	0,200	0,210	0,260	0,150	0,250	0,220	0,320
1,2	0,072	0,084	0,096	0,100	0,150	0,172	0,222	0,150	0,200	0,234	0,284	0,150	0,250	0,246	0,340
1,5	0,090	0,105	0,120	0,120	0,170	0,210	0,260	0,150	0,200	0,255	0,305	0,150	0,250	0,270	0,370
1,8	0,108	0,126	0,144	0,150	0,200	0,258	0,308	0,150	0,200	0,276	0,326	0,200	0,300	0,344	0,444
2,0	0,120	0,140	0,160	0,150	0,200	0,270	0,320	0,150	0,200	0,290	0,340	0,200	0,300	0,360	0,460
2,2	0,154	0,176	0,198	0,150	0,200	0,304	0,354	0,150	0,200	0,326	0,376	0,200	0,300	0,398	0,498
2,5	0,175	0,200	0,225	0,150	0,200	0,325	0,375	0,150	0,200	0,350	0,400	0,200	0,300	0,425	0,525
2,8	0,196	0,224	0,252	0,150	0,200	0,346	0,396	0,150	0,200	0,374	0,424	0,200	0,300	0,452	0,552
3,0	0,210	0,240	0,270	0,200	0,250	0,410	0,460	0,150	0,200	0,390	0,440	0,250	0,350	0,520	0,620
3,5	0,280	0,315	0,350	0,200	0,250	0,480	0,530	0,200	0,300	0,515	0,615	0,250	0,350	0,600	0,700
4,0	0,320	0,369	0,400	0,250	0,300	0,570	0,620	0,300	0,350	0,660	0,710	0,300	0,400	0,700	0,800
4,5	0,360	0,405	0,450	0,250	0,300	0,610	0,660	0,300	0,350	0,705	0,755	0,300	0,400	0,750	0,850
5,0	0,400	0,450	0,500	0,250	0,300	0,650	0,700	0,300	0,350	0,750	0,800	0,300	0,400	0,800	0,900

Märkus. Kui puhastatav detail on keerukas või selle joonmõõtmed ületavad 20 mm, siis tabelist valitud varu y on vaja korrutada koefitsiendiga 1,4. Pärast mõõtme valikut on tulemusi lubatud ümardada kuni kolmanda kohani pärast koma. Terasdetailidele süsinikusisaldusega üle 0,5% ja paksusega 2...5 mm soovitatakse korduvpuhastamist. Korduvpuhastamiseks $\delta = y$.

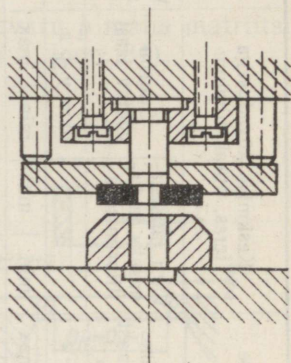
Et hoiduda detaili külgpindade rikkumisest, tuleb nad asetada juhtijasse ümardatud servadega alla, s. t. kraadidega üles.

Kui detaili kontuur on vahelduva keerukusega, siis võetakse kontuuri keerukamates kohtades suurem ja kontuuri lihtsamates kohtades väiksem puhastusvaru.

Augu ja kontuuri puhastamise skeem on toodud joonistel 35 ja 36.



Joon. 35. Kontuuri puhastamine.



Joon. 36. Augu puhastamine.

23. KIHILISTE MATERJALIDE (GETINAKS, TEKSTOLIIT) STANTSIMINE

Getinaks on kihiline plastmass, mis koosneb tehisvaiguga immutatud ja kokkupressitud paberikihtidest. Stantsimisoperatsioonidest lubab getinaks ainult lõikestantsimist.

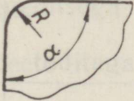

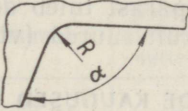

Tekstoliit on kihiline plastmass, mis koosneb tehisvaiguga immutatud ja kokkupressitud riidekihtidest. Tekstoliit on paremini stantsitav kui getinaks ning võimaldab peale lõikestantsimise ka painutamist ja venitamist (materjali eelsoojendamisega).

Getinaksi ja tekstoliidi mehaanilised omadused on antud tabelis 4 (vt. lk. 14).

Detailide konstrueerimisel tuleb lähtuda tingimustest, et detaili kontuur ei võimaldaks stantsimisel pragude tekkimist ega kihtide eraldumist. Seepärast peavad detailide teravad nurgad olema ümardatud tabelis 28 antud vähimate raadiustega.

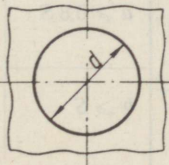
VÄHIMAD KONTOURI ÜLEMINEKURAADIUSED GETINAKSILE JA
TEKSTOLIIDILE

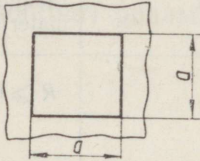
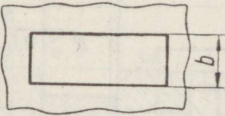
Tabel 28

Pinna nimetus	Kontuuri üleminek	Vähim ülemineku- raadius olenevalt materjali paksusest
Väliskontuurid		$R \geq 0,25 S$
		$R \geq 0,5 S$
Sisekontuurid		$R \geq 0,35 S$
		$R \geq 0,6 S$

GETINAKSI JA TEKSTOLIITI STANTSITAVATE AUKUDE
VÄHIMAD MÕÖTMED

Tabel 29

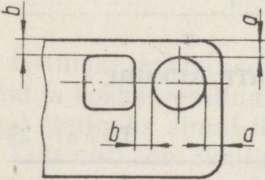
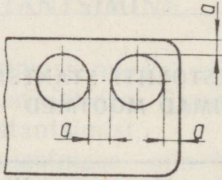
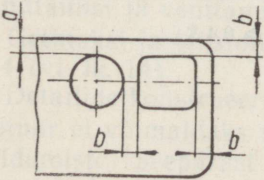
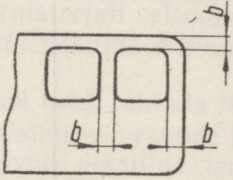
Augu kuju	Minimaalne augu mõõde olenevalt materjali paksusest
	$d \geq 0,4 S$

Augu kuju	Minimaalne augu mõõde olenevalt materjali paksusest
	$a \geq 0,45 S$
	$b \geq 0,35 S$

Aukude stantsimisel, mis on liiga lähedal üksteisele või detaili servale, tekivad praod. Seepärast tuleb detailide konstrueerimisel valida need vahed võimalikult suured (vt. tabel 30).

VÄHIMAD AUKUDE KAUGUSED GETINAKS- JA TEKSTOLIITDETAILIDES

Tabel 30

Augu kuju	Vähim kaugus olenevalt materjali paksusest	
	tekstoliidile	getinaksile
	$a \geq 0,8 S$	$a \geq S$
	$b \geq S$	$b \geq 1,5 S$
	$a \geq 0,8 S$	$a \geq S$
	$b \geq S$	$b \geq 1,5 S$

Getinaksist ja tekstoliidist stantsitud detailide täpsus on märksa väiksem kui analoogilistel metallist detailidel. Seda põhjustab:

- eelsoojendamata materjali vetruvus stantsimisel;
- eelsoojendatud materjali vetruvus ja kahanemine stantsimisel.

Vetruvuse ja kahanemise suurus oleneb paljudest teguritest ning kõigub suurtes piirides.

Materjali paksuse suurenemisega väheneb stantsitavate detailide täpsus.

Stantsimisel tavaliste meetoditega on soovitatav määrata detailide täpsus tabeli 31 järgi.

SOOVITATAVAD TOLERANTSID GETINAKS- JA TEKSTOLIIT- DETAILIDE EELSOOJENDUSETA STANTSIMISEL

Mõõtmed mm-tes

Tabel 31

Materjali paksus	Väliskontuur ja auk		Telgedevahelised kaugused	
	Nimimõõde	Soovitatav täpsusklass, mitte üle	Nimimõõde	Soovitatav tolerants, mitte üle
kuni 0,5	üle 0,5	4	üle 5	$\pm 0,05$
0,5...1,0	kuni 3	5	üle 5	$\pm 0,1$
	üle 3	4		
1,0...1,5	kuni 6	5	kuni 80	$\pm 0,1$
	üle 6	7	üle 80	$\pm 0,2$
1,5...2,0	kuni 18	5	kuni 50	$\pm 0,1$
			üle 50 kuni 180	$\pm 0,2$
	üle 18	7	üle 180	$\pm 0,5$
2,0...3,0	kuni 18	7	kuni 50	$\pm 0,2$
			üle 50 kuni 120	$\pm 0,3$
	üle 18	9	üle 120	$\pm 0,5$

Tavaliste stantsimismeetoditega saavutatav pinnasiledus on mitte üle $\nabla 3$. Suurema pinnasileduse saamiseks siledusklassi 5...6 piires (getinaksile paksusega üle 1...1,5 mm ja tekstoliidile üle 1,5...2 mm) on vaja kasutada puhastusstantse (varu küljele puhastusstantsimisel 0,8...1,5 mm, olenevalt materjali paksusest).

Kihilised plastmassid on eelsoojenduseta stantsitavad järgmiste suurimate paksuste juures:

a) getinaksist detailid — kuni 3...5 mm

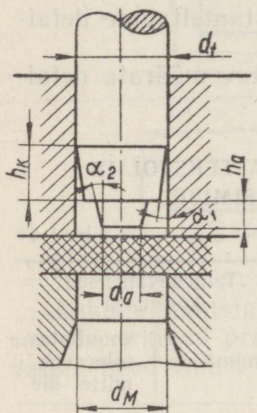
b) tekstoliidist detailid — kuni 6,5 mm.

Kvaliteetsete löikepindade saamiseks ei ole soovitatav stantsida eelsoojendamata materjali suurema kiirusega kui 0,8...1,2 m/min.

Aukude suurema pinnasileduse saamiseks kasutatakse ka astmelisi templeid (vt. joon. 37).

Templi otsas olev aste on ette nähtud materjali eelnevaks purustamiseks, millele järgnevalt templi ots puhastab ja kaliibrib augu.

Tabelis 32 on antud ümmarguste astmeliste templite soovitatav kuju ja mõõtmed olenevalt aukude läbimõõdust.

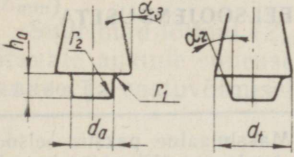


Joon. 37. Astmeline temple.

ÜMMARGUSTE ASTMELISTE TEMPLITE SOOVITATAV KUJU JA MÕÖTMED OLENEVALT AUKUDE LÄBIMÕÖDUST

Tabel 32

Templi otsa kuju	Soovitatavad mõõtmed	Soovitatavad aukude läbimõõdud mm
	$\alpha = 120 \dots 150^\circ$ $R \approx 0,03 \text{ mm}$	kuni 2
	$h_a \approx (0,8 \dots 0,9) S$ $h_k = (1,1 \dots 1,2) S$ $d_a = (0,6 \dots 0,7) d_t$ $\alpha_1 = 0,5 \dots 1,5^\circ$	2 kuni 5

Templi otsa kuju	Soovitavad mõõtmed	Soovitavad aukude läbimõõdud mm
	$h_a \approx (0,6 \dots 0,8) h$ $\alpha_2 = 1 \dots 2^\circ$ $\alpha_3 = 10 \dots 15'$ $d_a \approx (0,5 \dots 0,55) d_t$ $r_1 = r_2 = 0,5 \dots 0,6 \text{ mm}$	5 kuni 12...15

Templi astme kõrgus olenevalt materjali paksusest on järgmine:

materjali paksusele $S < 3$ mm, $h_a = 0,8S$,
 „ „ „ $S > 3$ mm, $h_a = (0,5 \dots 0,6) S$.

Ka keerulise kontuuriga aukude stantsimisel võib kasutada astmelisi templeid. Sel juhul peab templi aste olema võimalikult sarnane templi kontuuriga. Templi astme kaugus templi lõikeservast on $0,6 \dots 0,9$ mm, astme kõrgus $h_a = (0,7 \dots 0,8) S$.

Nelinurk, kuusnurk jt. hulknurgaliste aukude stantsimisel võib templi aste olla ümmargune.

Astmeliste templeite kasutamine võimaldab edukalt stantsida auke kihilistes plastmassides ka paksusega üle 3 mm ja vähendab vajalikku lõikejõudu ligi 2 korda.

DETAILIDE PAIGUTUS LEHEL

Kihiliste plastmasside anisotroopsuse (täitematerjali — paber, riie — mehaaniliste omaduste ebaühtlus eri suundades) tõttu peab ristkülikuliste detailide stantsimisel eelsoojendatud materjaliga detaili pikem külg või täpsemad mõõtmed ühtuma lehe pikisuunaga.

MATERJALI EELSOOJENDUS

Getinaks ja tekstoliit on immutatud termoreaktiivsete tehisvaikudega. Praktiliselt sisaldavad termoreaktiivsed vaigud teatud hulga termoplastilisi lisandeid, mistõttu kõrgema temperatuuri juures nad pehmenevad ja võimaldavad stantsimisel saada paremat pinnasiledust ning defektide vähenemist (praod, kihtide eraldumine jm.). Teiselt poolt kaasneb soojendamisega materjali kahanemine jahtumisel ja sellega detailide täpsuse vähenemine ning

stantsimise produktiivsuse langemine. Seepärast on soovitatav stantsida kihilisi plastmasse ette soojendamata, kasutades eelsoojendust ainult erandjuhtudel. Tabelis 33 on andmed eelsoojenduse vajadusest olenevalt materjali margist ja detaili keerukusest.

MATERJALI MAKSIMAALNE PAKSUS EELSOOJENDUSETA STANTSIMISEL

Mõõtmed mm-tes

Tabel 33

Materjali nimetus	Materjali mark	Maksimaalne paksus eelsoojenduseeta lõikestantsimisel		
		Lihtsad detailid	Keerukad detailid	Väikeste aukude stantsimisel
Getinaks	B; B _C ; Д; A _B ; Б _B ; B _B ; Г _B ; Д _B	1,5	1,0	1,5
Tekstoliit	A; Б; ВЧ; Г; СТ; ПТК; ПТ; ПТ-1	2,0	1,5	2,0

Eelsoojendusrežiimi kohta on toodud andmed tabelis 34.

MATERJALI EELSOOJENDUSTEMPERAATUUR JA SOOJENDUSKESTUS ENNE STANTSIMIST

Tabel 34

Materjali nimetus	Materjali mark	Eelsoojendus-temperatuur °C	Eelsoojenduskestus
Getinaks	B; B _C ; Д	80...90	5...8 minutit 1 mm materjali paksuse kohta
	A _B ; Б _B ; B _B ; Г _B ; Д _B	110...120	
Tekstoliit	Kõik margid	80...90	

Materjali ülekuumutus või liiga kaua kestnud eelsoojendus põhjustavad mullide teket materjali pinnal.

Kõige lihtsam on soojendada materjal ette keevas vees.

LÖTK TEMPLI JA MATRIITSI VAHEL KIHILISTE MATERJALIDE STANTSIMISEL

Vähima ja suurima lõtku vahemikus on tagatud sile lõikepind. Stantsi ea pikendamiseks, s. o. suurema kulumisvaru saamiseks, on soovitatav teha stantsi valmistamisel lõtkud võimalikult väikesed (Z_{\min}).

Suurimad lõtkud (Z_{\max}) olenevad detailide gabariidist ja stantsitavate aukude suurusest ning on piirmõõtmeteks stantsi valmistamisel ja vastuvõtmisel.

KAHEPOOLSED LÖTKUD GETINAKSI JA TEKSTOLIIDI STANTSIMISEL

Mõõtmed mm-tes

Tabel 35

Materjali paksus	Vähim kahepoolne garanteeritud lõtk Z_{\min}	Stantsitavate detailide ja aukude mõõtmed			
		kuni 10	10 ... 50	50 ... 120	120 ... 260
		Suurim kahepoolne lõtk Z_{\max}			
0,5 ... 0,6	0,010	0,020	0,030	0,040	0,050
0,6 ... 0,8	0,015	0,030	0,040	0,050	0,060
0,8 ... 1,0	0,020	0,035	0,045	0,055	0,065
1,0 ... 1,2	0,025	0,040	0,050	0,060	0,070
1,2 ... 1,5	0,030	0,045	0,055	0,065	0,075
1,5 ... 1,8	0,035	0,050	0,060	0,070	0,080
1,8 ... 2,1	0,040	0,055	0,065	0,075	0,085
2,1 ... 2,5	0,045	0,060	0,070	0,080	0,090
2,5 ... 3,0	0,050	0,065	0,075	0,085	0,095

MATRIITSI JA TEMPLI TÖÖOSA MÕÖTMETE MÄÄRAMINE EELSOOJENDUSETA STANTSIMISEL

Kihiliste plastmasside lõikestantsimisel toimub materjali vetrumine, mille tagajärjel detail on pärast stantsimist suurem matriit-sist. Vetrumine ei olene detaili suurusest.

Kuna detaili välismõõtmete tolerantsid on tavaliselt suured, siis vetrumist neile mõõtmetele ei tule arvestada. Sel juhul on matriitsi tööava mõõtmed detaili väliskontuuri stantsimisel:

$$D_m = (D_n - \Delta) + \Delta_M,$$

kus D_m — matriitsi tööava mõõde mm;

D_n — stantsitava detaili väliskontuuri nimimõõde mm;

Δ — stantsitava detaili vastava nimimõõtme tolerants mm;

Δ_M — matriitsi tööava mõõtme tolerants mm (vt. tabel 36).

Augu stantsimisel arvutatakse templi tööosa mõõtmed järgmiselt:

$$D_t = (D_n + \frac{\Delta}{2} + \delta_v)_{-\Delta_t} \geq (D_n + \Delta)_{-\Delta_t};$$

kus D_t — templi tööosa mõõde mm;

D_n — detaili stantsitava augu nimimõõde mm;

Δ — detaili stantsitava augu nimimõõtme tolerants mm;

δ_v — keskmine vetrumine eelsoojenduseta stantsimisel mm:

getinaks — 4% materjali paksusest,

tekstoliit — 5% materjali paksusest;

Δ_t — templi tööosa mõõtme tolerants mm (vt. tabel 36).

MATRIITSI JA TEMPLI TÖÖOSA MÕÖTMETE TOLERANTSID (TÄPSUSKLASSID) GETINAKSI JA TEKSTOLIIDI LÖIKESTANTSIMISEL

Tabel 36

Stantsitava detaili või augu täpsusklass	Matriitsi ja templi valmistamise täpsusklass
4	2
5 ja 7	3
9	4

Kui vetrumine on väiksem stantsitava detaili augu mõõtmete poolst tolerantsist, siis templi tööosa mõõtmed arvutatakse järgmise valemiga:

$$D_t = (D_n + \Delta)_{-\Delta_t}.$$

MATRIITSI JA TEMPLI TÖÖOSA MÕÖTMETE MÄÄRAMINE EELSOOJENDUSEGA STANTSIMISEL

Väliskontuuri löikestantsimisel suurenevad detaili mõõtmed vetruvuse ja vähenevad kahanemise tõttu pärast jahtumist.

Aukude stantsimisel toimivad mõlemad tegurid ühes suunas: vetruvuse ja kahanemise tõttu vähenevad augu mõõtmed võrreldes templi mõõtmetega.

Väliskontuuri stantsimisel on matriitsi tööava mõõtmed:

$$D_m = (D_n - \frac{\Delta}{2} + \delta_k) + \Delta_m.$$

Augu stantsimisel on templi tööosa mõõtmed:

$$D_t = (D_n + \frac{\Delta}{2} + \delta_a)_{-\Delta_t},$$

kus δ_k — detaili väliskontuuri mõõtmise keskmine kahanemine materjali eelsoojendusega stantsimisel mm;

δ_a — detaili augu mõõtmise keskmine kahanemine materjali eelsoojendusega stantsimisel mm.

Ülejäänud tähised on analoogilised eelmistele valemitele. δ_k ja δ_a määratakse järgmiste valemitega:

$$\delta_k = aZ - \delta_y;$$

$$\delta_a = cZ + \delta_y,$$

kus Z — detaili väliskontuuri või augu mõõde mm;

a ja c — materjali termilise kahanemise koefitsiendid (vt. tabel 37);

δ_y — detaili väliskontuuri või augu mõõtmise muutumine vetruvuse tõttu mm (vt. tabel 37).

KOEFIITSIENTIDE a , c JA δ_y VÄÄRTUSED GETINAKS- JA TEKSTOLIITDETAILIDE EELSOOJENDUSEGA STANTSIMISEL

Tabel 37

Materjali nimetus	Materjali paksus mm	a	c	δ_y mm
Getinaks	1,0	0,0020	0,0025	0,03
	1,5	0,0022	0,0030	0,04
	2,0	0,0025	0,0035	0,05
	2,5	0,0027	0,0040	0,06
	3,0	0,0030	0,0050	0,07
Tekstoliit	2,0	0,0020	0,0026	0,08
	2,5	0,0025	0,0030	0,10
	3,0	0,0028	0,0036	0,12

Kui templi arvutamisel δ_a on väiksem stantsitava augu poolest tolerantsist, siis templi tööosa mõõde määratakse valemiga:

$$D_t = (D_n + \Delta)_{-\Delta_t}.$$

Näide. Stantsitakse getinaksdetaili auk $\varnothing 5A_5$ materjali eelsoojendusega, materjali paksus $S=2$ mm. Määrata templi tööosa läbimõõt.

Keskmine kahanemine:

$$\delta_a = cZ + \delta_y.$$

Tabelist 37 leiame getinaksile $S=2$ mm; $c=0,0035$; $\delta_y=0,05$ mm, siis:

$$\delta_a = 0,0035 \cdot 5 + 0,05 \approx 0,07 \text{ mm.}$$

Augu $\varnothing 5A_5$ tolerants:

$$\Delta = 0,16 \text{ mm,}$$

$$\text{järelikult } \frac{\Delta}{2} = \frac{0,16}{2} = 0,08 > \delta_a = 0,07 \text{ mm.}$$

Kuna augu pool tolerantsi on suurem keskmisest kahanemisest, siis templi tööosa läbimõõdu määrame:

$$D_t = (D_n + \Delta)_{-\Delta_t}$$

Templi valmistamise tolerantsi võtame kolmanda täpsusklassi järgi, järelikult:

$$D_t = (5 + 0,15)_{-\Delta_t} = 5,15_{-0,025} \text{ mm.}$$

AUKUDE TELGEDEVAHELISE KAHANEMISE VARUD

Eelsoojendusetas stantsimisel jäävad aukude telgedevahelised mõõtmed praktiliselt samaks stantsi vastavate mõõtmetega.

Eelsoojendusega stantsimisel tuleb arvestada materjali kahanemist pärast jahtumist:

$$L = (l + kl) \pm \Delta$$

- kus L — stantsi aukude telgedevaheline kaugus mm;
 l — detaili aukude telgedevaheline kaugus mm;
 kl — aukude telgedevahelise kahanemise varu mm;
 k — kahanemiskoeffitsient (vt. tabel 38);
 Δ — stantsi aukude telgedevahe tolerants mm (vt. tabel 39).

KAHANEMISKOEFITSIENDI k VÄÄRTUSED OLENEVALT MATERJALI PAKSUSEST

Tabel 38

Materjali paksus mm	k keskmised väärtused	
	getinaks	tekstoliit
1	0,0010	0,0007
2	0,0015	0,0010
3	0,0020	0,0015

**STANTSI AUKUDE TELGEDE VAHE TOLERANTSID GETINAKSI
JA TEKSTOLIIDI LÖIKESTANTSIMISEL**

Mõõtmed mm-tes

Tabel 39

Detaili aukude telgede vahe tolerants Δ_d	Stantsi aukude telgede vahe tolerants Δ
$\pm 0,1$ ja vähem	$0,5\Delta_d$
$\pm 0,1$ kuni $\pm 0,2$	$0,3\Delta_d$
üle $\pm 0,2$	$0,2\Delta_d$

LÖIKEJÕU MÄÄRAMINE

Analoogiliselt metallidega määratakse löikejõud getinaks- ja tekstoliitdetailide löikestantsimisel:

$$P_1 = k_1 \sigma_1^{\circ} L S,$$

- kus P_1 — löikejõud kg;
 $k_1 = 1,3$ — koefitsient, mis arvestab tehnoloogilisi tegureid; astmelise templi puhul $k_1 = 0,7$;
 σ_1° — löiketugevus kg/mm^2 , eelsoojenduseta stantsimisel umbes 20°C juures on antud tabelis 4 (vt. lk. 14). Eelsoojendusega stantsimisel $60 \dots 120^{\circ}\text{C}$ juures väheneb löiketugevus $10 \dots 20\%$ võrra;
 L — löikepikkus mm;
 S — materjali paksus mm.

SURUJA SURVEJÕU MÄÄRAMINE

Kihiliste plastmasside löikestantsimisel kasutatakse pealmist surujat (mõningatel juhtudel ka alumist surujat) detaili lõigatava pinna kvaliteedi parandamiseks ja pragude tekke vältimiseks materjalis.

Suruja surve tuleb koondada võimalikult templile lähemale. Selleks on soovitatav teha suruja astmelise äärega ümber templi, laiusega $2 \dots 3$ mm.

Lõtk templi ja suruja vahel peab olema võimalikult väike (A_3).

Suruja survejõud getinaks- ja tekstoliitdetailide löikestantsimisel:

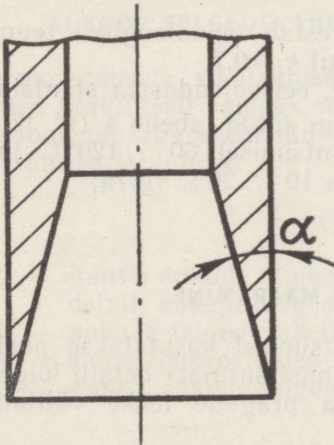
$$P_s = k_s L S,$$

- kus P_s — suruja survejõud kg;
 k_s — suruja erisurve kg/mm^2 (vt. tabel 40);
 L — löikepikkus mm;
 S — materjali paksus mm.

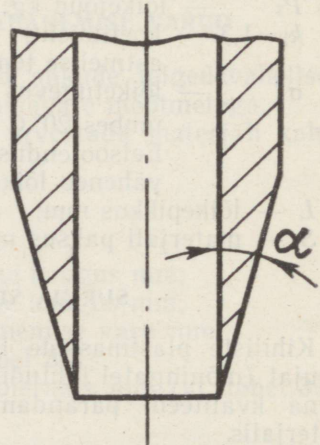
Materjali paksus mm	Erisurve k_s kg/mm ²
kuni 1,0	0,6...1,0
1,0...2,0	1,0...1,5
2,0...3,0	1,5...2,0

24. TORUKUJULISED TEMPLID JA NENDE TERITUSNURGAD

Torukujulisi templeid kasutatakse mittemetallide stantsimisel. Augu stantsimiseks kasutatav tempel on toodud joonisel 38. Kontuuri stantsimiseks kasutatav tempel on toodud joonisel 39. Tabelis 41 on toodud templeite teritusnurk α .



Joon. 38. Torukujuline tempel augu stantsimiseks.



Joon. 39. Torukujuline tempel kontuuri stantsimiseks.

TORUKUJULISTE TEMPLITE TERITUSNURK α

Tabel 41

Stantsitaya materjali nimetus	α°
Kuumutatud eboniit	10...15
Nahk, paber, kork	20...25
Kummi, riie, kartong	20...25
Fiiber, tekstoliit, getinak	45

Keerukate detailide puhul võib templite lõikeosa valmistada ribaterasest, mis on painutatud vastavalt stantsitava osa kujule.

Et templid ei nürineks, pannakse stantsitava materjali alla pehme alus. Alusena võib kasutada pliidi, kartongi, fiibrit või kõva puitu.

Samuti kasutatakse moodust, kus stantsi alla pandud materjali pakist stantsitakse läbi ülemised kihid, alumised kihid aga täidavad vahepuhvri ülesannet.

25. KUMMIGA STANTSIMINE

Kummiga stantsimist (lõikamist) kasutatakse peamiselt väike-seeeria tootmise puhul, kusjuures stantsitakse suhteliselt suuregabriidilisi detaile õhukesest materjalist:

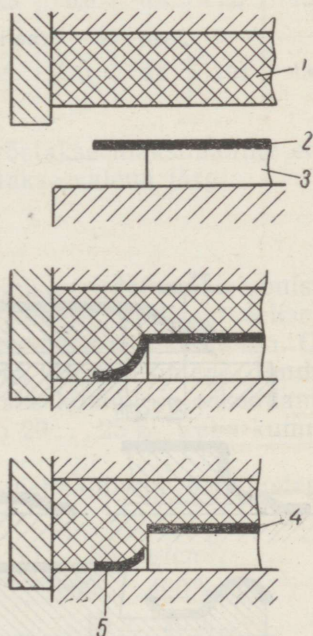
alumiinium	kuni 2,0 mm,
duralumiinium	„ 1,2 „ „
pehme teras	„ 1,0 „ „

Üldiselt ei ole kummiga stantsimine ökonoomne materjali kulu suhtes. Kummiga stantsimisel on võimalik teha järgmisi operatsioone: väliskontuuri stantsimine, aukude stantsimine, kombineeritud operatsioonid — nagu kontuuri ja aukude stantsimine ja vormimine koos serva lõikamisega. Joonisel 40 on toodud kummiga stantsimise skeem. Stantsi alusplaadile on paigutatud lõikešabloon, mis kujutab enesest terasplaati paksusega 6...10 mm ja mille väliskontuur vastab detaili väliskontuurile. Paks kummiplaat, mis kujutab enesest matriitsi, on paigutatud karbikujulisse ümbrisesse. Ümbris on kinnitatud ülemise plaadi külge.

Kummiga stantsimine toimub tavaliselt hüdraulilistel pressidel.

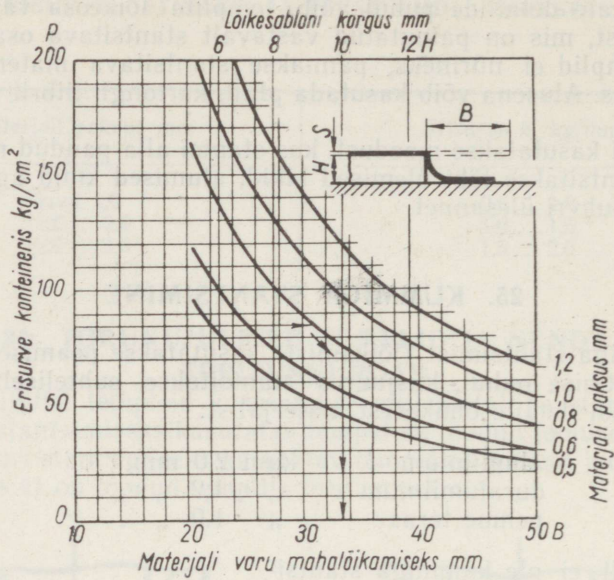
Joonisel 41 on toodud graafik kontuuri lõikamise vähima varu määramiseks lõõmutatud duralumiiniumist mark D2, D4, D6 lehtmaterjali töötlemiseks.

Varude vähendamiseks kummiga stantsimisel kasutatakse lõikeplokk

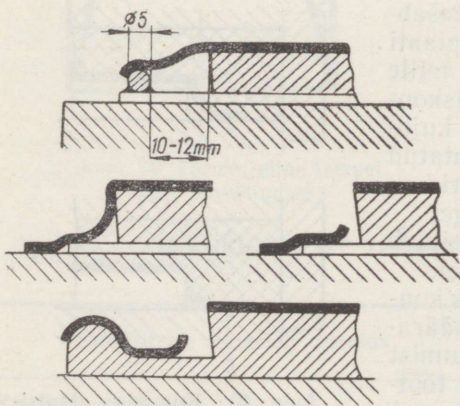


Joon. 40. Kummiga stantsimine.

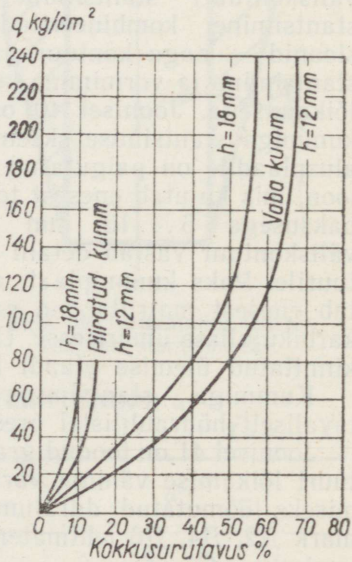
1 — kummi, 2 — toorik, 3 — šabloon, 4 — detail, 5 — jääk.



Joon. 41. Graafik mahalõikevaru määramiseks kummi stantsimisel.



Joon. 42. Lõikešabloonid tooriku kinnisurumisega.



Joon. 43. Erisurve sõltuvus kummi kokkusurumisest.

tooriku kinnisurumiseks spetsiaalsete tugede või vaheplaatide vastu (vt. joon. 42).

Kummiga stantsitud detailid ei ole alati siledate servadega ja vajavad järeltöötlemist.

Vajalik surve kummiga stantsimisel arvutatakse kummi pindalast ja ta erisurve lähtudes. Stantsitava kontuuri löikejoone pikkus ei oma seejuures tähtsust.

Vajalik surve leitakse valemi järgi:

$$P = Fq \text{ kg,}$$

kus F — kummi pindala cm^2 ;

q — vajalik kummi erisurve stantsimiseks kg/cm^2 .

Tabelis 42 on toodud vajalikud erisurved detailide stantsimiseks lõõmutatud duralumiiniumist:

KUMMI ERISURVE LÕÕMUTATUD DURALUMIINIUMI STANTSIMISEL

Tabel 42

Materjali paksus mm	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
Erisurve kg/cm^2	55	70	82	104	130

Mõningate tehaste andmete järgi võetakse maksimaalne erisurve $q = 150 \text{ kg/cm}^2$ ja vajalik surve leitakse valemi järgi:

$$P = 150 F \text{ kg.}$$

Erisurve sõltuvus kummi kokkusurumisest (deformatsioonist) on näidatud joonisel 43. Diagrammist nähtub, milliseid eeliseid omab piiratud ümbrises asuv kummi võrreldes vaba kummiga. On näha, et ühesuguse deformatsiooni juures omab esimene tunduvalt suurema erisurve. Sel on suur tähtsus kummi ea pikendamisel, sest kõige sobivam deformatsioon on 20...25%. Vaba kummi suurim deformatsioon on 40...45%.

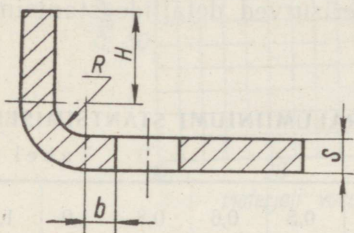
Stantsimisel kasutatakse järgmiste mehaaniliste omadustega kummit:

tõmbetugevus	30...36 kg/cm^2 ,
suhteline pikenemine	300...400%,
jääv pikenemine	15...20%,
kokkusurutavus koormusel	
100 kg/cm^2	40...55%,
kõvadus Schori järgi	80.

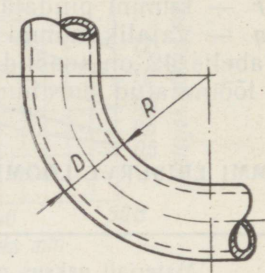
26. PAINUTAMIST PIIRAVAD KONSTRUKTIIVSED ELEMENDID

Oige mõõtmete valiku juures ja painutusstantsi normaalsel ekspluaterimisel võime saada detaili, mis ei vaja pärast painutamist täiendavaid operatsioone.

Kuni 2 mm paksuse lehtmaterjali painutamisel peab $b > S$ (vt. joon. 44), materjali paksusel üle 2 mm $b > 2S$. Painutatava serva kõrgus $H > 2S$.



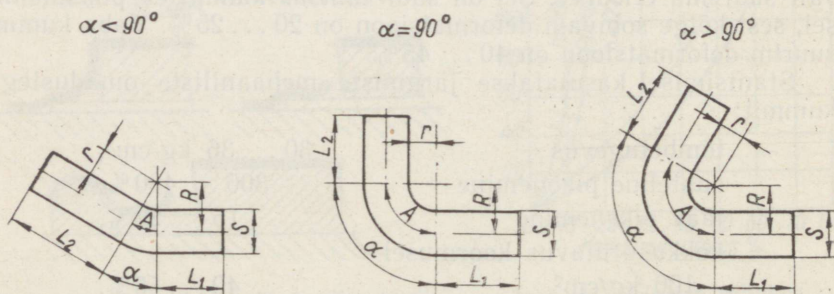
Joon. 44. Lehtmaterjalist painutatud detail.



Joon. 45. Painutatud toru.

Toru painutamine (vt. joon. 45). Kui toru välisläbimõõt $D < 20$ mm, siis sisemine painderaadius $R \geq 2D$. Kui $D > 20$ mm, siis sisemine painderaadius $R \geq 3D$.

27. LEHTMATERJALIST PAINUTATUD DETAILI PAINDEJOONE PIKKUSE MÄÄRAMINE



Joon. 46. Painderaadiused, kui nurk $\alpha < 90^\circ$, $\alpha = 90^\circ$ ja $\alpha > 90^\circ$.

Valemid painutatud detailide paindejoone pikkuse leidmiseks:

$$L = L_1 + L_2 + A$$

$$A = \pi(r + KS) \frac{\alpha}{180^\circ},$$

kus A — kaare pikkus mm;

S — materjali paksus mm;

r — painutatava detaili sisemine kõverusraadius mm;

R — painutatava detaili neutraaljoone kõverusraadius mm,

K — vt. tabel 43.

KOEFITSIENDI K OLENEVUS SUHTEST $\frac{r}{S}$

Tabel 43

$\frac{r}{S}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	üle 12
K	0,35	0,375	0,40	0,415	0,43	0,44	0,45	0,46	0,465	0,47	0,475	0,48	0,5

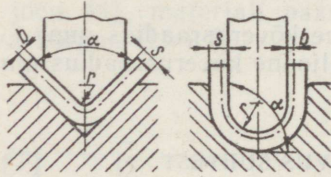
Näide. Leida kaare A pikkus, kui $S=5$ mm, $r=10$ mm ja $\alpha=135^\circ$. Leiame tabelist, et $K=0,375$, siit

$$A = 3,14(10 + 0,375 \cdot 5) \frac{135}{180} = 28,0 \text{ mm.}$$

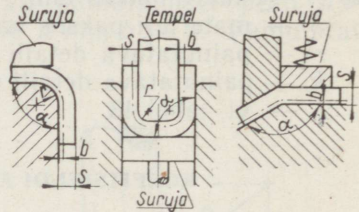
VALEMID KAARE A PIKKUSE LEIDMISEKS, KUI
PAINDENURK ON 90°

Tabel 44

I painutusvariant – ilma surujata



II painutusvariant – surujaga



1. Kui $r=0 \dots S$; $b = \frac{1}{3} S$;
 $A = \left(r + \frac{S}{3}\right) 1,5708.$

4. Kui $r=0 \dots S$; $b = \frac{1}{4} S$;
 $A = \left(r + \frac{S}{4}\right) 1,5708.$

2. Kui $r=S \dots 2S$; $b = \frac{5}{12} S$;
 $A = (7r + S) 0,2618.$

5. Kui $r=S \dots 2S$; $b = \frac{7}{24} S$;
 $A = (13r + 2S) 0,1309.$

3. Kui $r=2S$ ja enam; $b = \frac{1}{2} S$;
 $A = \left(r + \frac{S}{2}\right) 1,5708.$

6. Kui $r=2S$ ja enam; $b = \frac{1}{3} S$;
 $A = \left(r + \frac{S}{3}\right) 1,5708.$

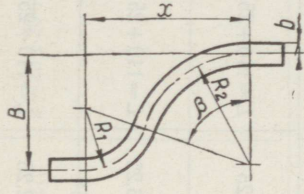
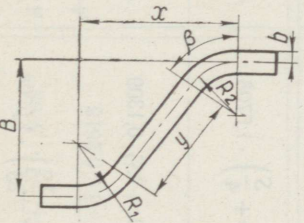
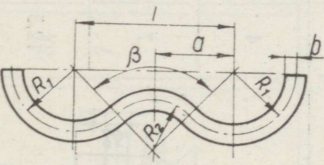
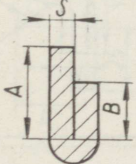
kus r — painutatava detaili sisemine kõverusraadius;
 S — materjali paksus;
 b — painutatava detaili sisepinna ja neutraaljoone vaheline kaugus;
 A — neutraaljoont mööda kulgeva painutatava kaare pikkus.

VALEMID MITMESUGUSTELE KÖVERATELE PAINDEJOONE
PIKKUSE LEIDMISEKS

Tabel 45

Valemite koostamisel on arvestatud, et

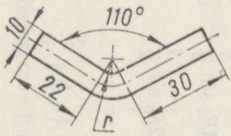
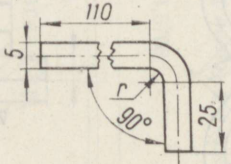
$$b = \frac{1}{2} S.$$

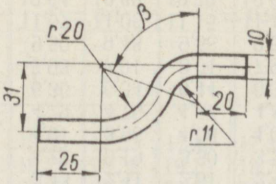
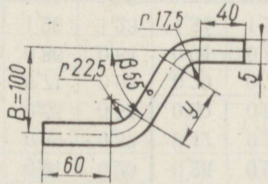
Detaili eskiis tinglike mõõtmetega	Valemid
	$x = \sqrt{2B(R_1 + R_2) - B^2};$ $\cos \beta = \frac{R_1 + R_2 - B}{R_1 + R_2}.$
	$x = B \operatorname{ctg} \beta + (R_1 + R_2) \operatorname{tg} \frac{\beta}{2};$ $y = \frac{B}{\sin \beta} - (R_1 + R_2) \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}.$
	<p>R_1 — painutatava rõnga raadius.</p> <p>$R_2 = \left(\frac{180^\circ}{\beta} - 1 \right) R_1$ — esialgne ühendusraadius.</p> <p>Kui $R_2 = R_1$, siis: Kui $R_2 \neq R_1$, siis:</p> $l = 4R_1 \sin \frac{\beta}{2}, \quad l = 2 \sin \frac{\beta}{2} (R_2 + R_1),$ $a = 2R_1 \sin \frac{\beta}{2}. \quad a = \sin \frac{\beta}{2} (R_2 + R_1).$
	$L = A + B + \frac{S}{2},$ <p>kus L on paindejoone pikkus.</p>

ARVÜTUSNÄITED PAINDEJOONE PIKKUSE LĚIDMISEKS STANTSIDEGĀ PAINUTATUD DETAILIDELE

Mõõtmed mm-tes

Tabel 46

Painutus-variant	Detail		Valemid kaare A pikkuse leidmiseks 90° -se paindenurga puhul	Kaare A pikkus, võetud tabelist 47	Paindejoone pikkus L		Valitud pikkus
	Eskiis	Raadius r			Arvutus		
I	<p>Näide 1</p> 	9	$A = \left(r + \frac{S}{3}\right) \cdot 1,5708$	$A = 19,37$	$L = 22 + 30 + 19,37 \frac{180 - 110}{90} = 67,06$		67,1
		15	$A = (7r + S) \cdot 0,2618$	$A = 30,11$	$L = 22 + 30 + 30,11 \frac{180 - 110}{90} = 75,42$		75,4
		25	$A = \left(r + \frac{S}{2}\right) \cdot 1,5708$	$A = 47,12$	$L = 22 + 30 + 47,12 \frac{180 - 110}{90} = 88,66$		88,7
	Painutus surujata						
II	<p>Näide 2</p> 	4	$A = \left(r + \frac{S}{4}\right) \cdot 1,5708$	$A = 8,25$	$L = 110 + 25 + 8,25 = 143,25$		143,3
		7	$A = (13r + 2S) \cdot 0,1309$	$A = 13,22$	$L = 110 + 25 + 13,22 = 148,23$		148,2
		12,5	$A = \left(r + \frac{S}{3}\right) \cdot 1,5708$	$A = 22,25$	$L = 110 + 25 + 22,25 = 157,25$		157,3
	Painutus surujaga						

<p>Näide 3</p>  <p>Painutus surujata</p>	<p>20 7</p>	$A = \left(r + \frac{S}{2}\right) \cdot 1,5708;$ $A = (7r + S) \cdot 0,2618.$	<p>$A = 39,27;$ $A = 22,78$</p>	$L = 25 + 20 + \frac{75,9}{90} (39,27 + 22,78) = 97,3$ $= 97,30$	<p>97,3</p>
<p>Näide 4</p>  <p>Painutus surujata</p>	<p>22,5</p>	$A = \left(r + \frac{S}{2}\right) \cdot 1,5708$	<p>$A = 39,27$</p>	$L = 60 + 40 + 39,27 \frac{55}{90} + 98,65 + 19,19 = 241,8$ $= 241,84$	<p>241,8</p>

Valemite järgi tabelist 45:

Näite 3 juurde: $\cos \beta = \frac{R_1 + R_2 - B}{R_1 + R_2} = \frac{25 + 16 - 31}{25 + 16} = 0,244; \beta = 75^\circ 53'.$

Näite 4 juurde: $y = \frac{B}{\sin \beta} - (R_1 + R_2) \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{100}{0,82} - (25 + 20) \cdot 0,52 = 98,65 \text{ mm}.$

Valem 3 järgi tabelist 44:

Näite 4 juurde: $r = 17,5$ ja $\beta = 55^\circ$ puhul: $A = \left(r + \frac{S}{2}\right) \cdot 1,5708 \frac{\beta}{90} = (17,5 + 2,5) \cdot 1,5708 \frac{55}{90} = 19,19 \text{ mm}.$

KAARE A PIKKUS mm 90°-SE PAINDENURGA PUHUL

Tabel 47

Raa- dius <i>r</i>	Painutatava materjali paksus <i>S</i>												Valemid, mille järgi on leitud kaare <i>A</i> pikkus
	<i>S</i> =0,1		<i>S</i> =0,2		<i>S</i> =0,3		<i>S</i> =0,4		<i>S</i> =0,5		<i>S</i> =0,6		
	Painutusvariandid I ja II												
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
0	0,05	0,04	0,10	0,08	0,16	0,12	0,21	0,16	0,26	0,20	0,31	0,24	Variant I $A = \left(r + \frac{S}{3}\right) \cdot 1,5708$
0,1	0,21	0,20	0,26	0,24	0,31	0,27	0,37	0,31	0,42	0,35	0,47	0,38	
0,2	0,39	0,37	0,42	0,59	0,47	0,43	0,52	0,47	0,58	0,51	0,63	0,55	Variant II $A = \left(r + \frac{S}{4}\right) \cdot 1,5708$
0,3	0,55	0,52	0,60	0,56	0,63	0,59	0,68	0,63	0,73	0,67	0,79	0,71	
0,4	0,71	0,68	0,79	0,73	0,81	0,76	0,84	0,79	0,89	0,82	0,94	0,86	Variant I $A = (7r+S) \cdot 0,2618$
0,5	0,86	0,84	0,94	0,89	0,99	0,93	1,02	0,96	1,05	0,98	1,10	1,02	
0,75	1,26	1,23	1,34	1,28	1,41	1,34	1,48	1,38	1,51	1,47	1,53	1,47	Variant II $A = (13r+2S) \cdot 0,1309$
1,0	1,65	1,62	1,73	1,68	1,81	1,73	1,88	1,78	1,96	1,83	1,99	1,86	
1,5	2,43	2,41	2,51	2,46	2,59	2,51	2,67	2,57	2,75	2,62	2,83	2,67	Variant I $A = \left(r + \frac{S}{2}\right) \cdot 1,5708$
2,0	3,22	3,19	3,30	3,25	3,38	3,30	3,46	3,35	3,53	3,40	3,61	3,46	
2,5	4,01	3,98	4,08	4,03	4,16	4,08	4,24	4,14	4,32	4,19	4,40	4,24	Variant II $A = \left(r + \frac{S}{3}\right) \cdot 1,5708$
3,0	4,79	4,76	4,87	4,82	4,95	4,87	5,03	4,92	5,11	4,97	5,18	5,03	
4,0	6,36	6,34	6,44	6,39	6,52	6,44	6,60	6,49	6,68	6,55	6,75	6,60	Variant I $A = \left(r + \frac{S}{2}\right) \cdot 1,5708$
5,0	7,93	7,91	8,01	7,96	8,09	8,01	8,17	8,06	8,25	8,12	8,33	8,17	
6,0	9,50	9,48	9,58	9,53	9,66	9,58	9,74	9,63	9,82	9,69	9,90	9,74	Variant II $A = \left(r + \frac{S}{3}\right) \cdot 1,5708$
7,0	11,07	11,05	11,15	11,10	11,23	11,15	11,31	11,20	11,39	11,26	11,47	11,31	
8,0	12,64	12,62	12,72	12,67	12,80	12,72	12,88	12,78	12,96	12,83	13,04	12,88	Variant I $A = \left(r + \frac{S}{2}\right) \cdot 1,5708$
9,0	14,22	14,19	14,29	14,24	14,37	14,29	14,45	14,35	14,53	14,40	14,61	14,45	
10,0	15,79	15,76	15,87	15,81	15,94	15,87	16,02	15,92	16,10	15,97	16,18	16,02	

Raa- dius <i>r</i>	Painutatava materjali paksus <i>S</i>												Valemid, mille järgi on leitud kaare <i>A</i> pikkus
	<i>S</i> = 0,1		<i>S</i> = 0,2		<i>S</i> = 0,3		<i>S</i> = 0,4		<i>S</i> = 0,5		<i>S</i> = 0,6		
	Painutusvariandid I ja II												
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
11,0	17,36	17,33	17,44	17,38	17,51	17,44	17,59	17,49	17,69	17,54	17,75	17,59	Variant I
12,5	19,71	19,59	19,79	19,74	19,87	19,79	19,95	19,84	20,03	19,90	20,11	19,95	
14,0	22,07	22,04	22,15	22,10	22,23	22,15	22,31	22,20	22,38	22,25	22,46	22,31	Variant II
15,0	23,64	23,61	23,72	23,67	23,80	23,72	23,88	23,77	23,95	23,82	24,03	23,88	
16,0	25,21	25,19	25,29	25,24	25,37	25,29	25,45	25,34	25,53	25,39	25,60	25,45	
18,0	28,35	28,33	28,43	28,38	28,51	28,43	28,59	28,48	28,67	28,54	28,75	28,59	
20,0	31,49	31,47	31,57	31,52	31,65	31,57	31,73	31,63	31,81	31,68	31,89	31,73	
25,0	39,35	39,32	39,43	39,37	39,51	39,43	39,58	39,48	39,66	39,53	39,74	39,58	

Raa- dius <i>r</i>	Painutatava materjali paksus <i>S</i>												Valemid, mille järgi on leitud kaare <i>A</i> pikkus
	<i>S</i> = 0,7		<i>S</i> = 0,8		<i>S</i> = 0,9		<i>S</i> = 1,0		<i>S</i> = 1,1		<i>S</i> = 1,2		
	Painutusvariandid I ja II												
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
0	0,36	0,28	0,42	0,31	0,47	0,36	0,52	0,39	0,58	0,44	0,63	0,47	Variant I
0,1	0,52	0,44	0,58	0,47	0,63	0,52	0,68	0,55	0,74	0,60	0,79	0,63	
0,2	0,68	0,60	0,74	0,63	0,79	0,68	0,83	0,71	0,90	0,75	0,94	0,79	Variant II
0,3	0,83	0,75	0,90	0,79	0,94	0,83	0,99	0,86	1,05	0,91	1,10	0,94	
0,4	0,99	0,91	1,05	0,94	1,10	0,99	1,15	1,02	1,21	1,07	1,26	1,10	
0,5	1,15	1,07	1,21	1,10	1,26	1,15	1,30	1,18	1,37	1,23	1,41	1,26	
0,75	1,56	1,46	1,60	1,49	1,65	1,54	1,70	1,57	1,76	1,62	1,81	1,65	
1,0	2,02	1,88	2,04	1,91	2,07	1,94	2,09	1,96	2,12	1,99	2,15	2,02	Variant I
1,5	2,91	2,72	2,98	2,76	2,98	2,79	3,01	2,81	3,04	2,84	3,06	2,87	
2,0	3,69	3,50	3,77	3,57	3,85	3,61	3,93	3,67	3,95	3,69	3,98	3,72	Variant II
													$A = (13r + 2S) \cdot 0,1309$

Tabeli 47 järg

Raadius r	Painutatava materjali paksus S												Valemid, mille järgi on leitud kaare A pikkus
	$S=0,7$		$S=0,8$		$S=0,9$		$S=1,0$		$S=1,1$		$S=1,2$		
	Painutusvariandid I ja II												
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
2.5	4,48	4,29	4,56	4,35	4,63	4,40	4,71	4,45	4,79	4,50	4,87	4,56	
3,0	5,26	5,07	5,34	5,14	5,42	5,18	5,50	5,24	5,58	5,29	5,65	5,34	
4,0	6,83	6,64	6,91	6,71	6,99	6,75	7,07	6,81	7,15	6,86	7,23	6,91	
5,0	8,40	8,22	8,48	8,28	8,56	8,33	8,64	8,38	8,71	8,43	8,80	8,48	
6,0	9,97	9,79	10,05	9,84	10,13	9,90	10,21	9,95	10,29	10,00	10,37	10,05	
7,0	11,55	11,36	11,62	11,42	11,70	11,47	11,78	11,52	11,86	11,57	11,94	11,62	
8,0	13,12	12,93	13,19	12,99	13,27	13,04	13,35	13,09	13,43	13,14	13,51	13,19	
9,0	14,69	14,50	14,77	14,56	14,84	14,61	14,92	14,66	15,00	14,71	15,08	14,77	
10,0	16,26	16,07	16,34	16,12	16,41	16,18	16,49	16,23	16,57	16,28	16,65	16,34	
11,0	17,83	17,64	17,91	17,70	17,99	17,75	18,06	17,80	18,14	17,85	18,22	17,91	
12,5	20,18	20,00	20,26	20,05	20,34	20,11	20,42	20,16	20,50	20,21	20,58	20,26	
14,0	22,54	22,35	22,62	22,41	22,70	22,46	22,78	22,51	22,86	22,57	22,93	22,62	
15,0	24,11	23,92	24,19	23,98	24,27	24,03	24,35	24,09	24,43	24,14	24,50	24,19	
16,0	25,68	25,49	25,76	25,58	25,84	25,60	25,92	25,66	26,00	25,71	26,08	25,76	
18,0	28,82	28,64	28,80	28,69	28,98	28,75	29,06	28,80	29,14	28,85	29,22	28,90	
20,0	31,97	31,78	32,04	31,83	32,12	31,89	32,20	31,94	32,28	31,99	32,36	32,04	
22,5	35,87	35,70	35,97	35,76	36,05	35,81	36,13	35,87	36,21	35,92	36,29	35,97	
25,0	39,82	39,63	39,90	39,69	39,98	39,74	40,06	39,80	40,13	39,85	40,21	39,90	
30,0	47,67	47,49	47,75	47,54	47,83	47,57	47,91	47,65	47,99	47,70	48,07	47,75	

Variant I

$$A = \left(r + \frac{S}{2}\right) \cdot 1,5708$$

Variant II

$$A = \left(r + \frac{S}{3}\right) \cdot 1,5708$$

Raa- dius <i>r</i>	Painutatava materjali paksus <i>S</i>												Valemid, mille järgi on leitud kaare <i>A</i> pikkus
	<i>S</i> =1,4		<i>S</i> =1,8		<i>S</i> =2,0		<i>S</i> =2,2		<i>S</i> =2,5		<i>S</i> =2,8		
	Painutusvariandid I ja II												
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
0,1	0,89	0,71	1,10	0,86	1,20	0,94	1,31	1,02	1,47	1,14	1,62	1,26	Variant I
0,2	1,05	0,86	1,26	1,02	1,36	1,10	1,47	1,18	1,62	1,30	1,78	1,41	$A = \left(r + \frac{S}{3}\right) \cdot 1,5708$
0,3	1,20	1,02	1,41	1,18	1,52	1,26	1,62	1,34	1,78	1,43	1,94	1,57	Variant II
0,4	1,36	1,18	1,57	1,34	1,68	1,41	1,78	1,49	1,94	1,61	2,09	1,73	$A = \left(r + \frac{S}{4}\right) \cdot 1,5708$
0,5	1,51	1,34	1,73	1,49	1,83	1,57	1,94	1,65	2,09	1,77	2,25	1,88	
0,75	1,91	1,73	2,12	1,88	2,23	1,96	2,33	2,04	2,49	2,16	2,64	2,28	
1,0	2,30	2,12	2,51	2,28	2,62	2,36	2,72	2,43	2,88	2,55	3,04	2,67	
1,5	3,12	2,92	3,30	3,06	3,40	3,14	3,51	3,22	3,67	3,34	3,80	3,46	
2,0	4,03	3,77	4,14	3,87	4,19	3,93	4,29	4,01	4,45	4,12	4,61	4,24	Variant I
2,5	4,95	4,62	5,05	4,73	5,11	4,78	5,16	4,83	5,24	4,91	5,39	5,03	$A = (7r + S) \cdot 0,2618$
3,0	5,81	5,44	5,97	5,58	6,02	5,63	6,07	5,68	6,15	5,76	6,23	5,84	Variant II
4,0	7,38	7,01	7,70	7,23	7,85	7,33	7,91	7,38	7,98	7,46	8,06	7,54	$A = (13r + 2S) \cdot 0,1309$
5,0	8,95	8,59	9,27	8,80	9,42	8,90	9,58	9,00	9,82	9,16	9,90	9,24	
6,0	10,52	10,16	10,84	10,37	11,00	10,47	11,15	10,58	11,39	10,73	11,62	10,89	Variant I
7,0	12,10	11,73	12,41	11,94	12,57	12,04	12,72	12,15	12,96	12,30	13,19	12,45	$A = \left(r + \frac{S}{2}\right) \cdot 1,5708$
8,0	13,67	13,30	13,98	13,51	14,14	13,61	14,29	13,72	14,53	13,88	14,77	14,03	Variant II
9,0	15,24	14,87	15,55	15,08	15,71	15,18	15,87	15,29	16,10	15,45	16,34	15,60	
10,0	16,81	16,44	17,12	16,65	17,28	16,76	17,44	16,86	17,67	17,02	17,91	17,17	
11,0	18,38	18,01	18,69	18,22	18,85	18,33	19,07	18,43	19,24	18,59	19,48	18,74	
12,5	20,73	20,37	21,05	20,58	21,21	20,64	21,36	20,79	21,60	20,94	21,83	21,10	$A = \left(r + \frac{S}{3}\right) \cdot 1,5708$

Kaare A pikkus 90°-se paindenurga puhul

Raa- dius <i>r</i>	Painutatava materjali paksus <i>S</i>												Valemid, mille järgi on leitud kaare <i>A</i> pikkus	
	<i>S</i> =1,4		<i>S</i> =1,8		<i>S</i> =2,0		<i>S</i> =2,2		<i>S</i> =2,5		<i>S</i> =2,8			
	Painutusvariandid I ja II													
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II		
14,0	23,09	22,72	23,40	22,93	23,56	23,04	23,72	23,14	23,95	23,30	24,19	23,46	Variant I $A = \left(r + \frac{S}{2}\right) \cdot 1,5708$	
15,0	24,66	24,29	24,98	24,30	25,13	24,61	25,29	24,71	25,53	24,87	25,76	25,03		
16,0	26,23	25,86	26,55	26,08	26,70	26,18	26,86	26,28	27,10	26,44	27,33	26,60		
18,0	29,37	29,01	29,69	29,22	29,85	29,32	30,00	29,43	30,24	29,58	30,47	29,74		
20,0	32,52	32,14	32,83	32,36	32,99	32,46	33,14	32,57	33,38	32,72	33,62	32,88		
22,5	36,44	36,06	36,76	35,29	36,91	36,39	37,07	36,49	37,31	36,65	37,54	36,81		
25,0	40,37	39,99	40,68	40,21	40,84	40,32	41,00	40,42	41,23	40,58	41,47	40,47		
30,0	48,22	47,85	48,54	48,07	48,69	48,17	48,85	48,28	49,09	48,43	49,32	48,59		
Raa- dius <i>r</i>	Painutatava materjali paksus <i>S</i>													Valemid, mille järgi on leitud kaare <i>A</i> pikkus
	<i>S</i> =3,0		<i>S</i> =3,2		<i>S</i> =3,5		<i>S</i> =3,8		<i>S</i> =4,1		<i>S</i> =4,2			
	Painutusvariandid I ja II													
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II		
0,5	2,36	1,96	2,46	2,04	2,62	2,16	2,78	2,28	2,88	2,36	2,98	2,43	Variant I $A = \left(r + \frac{S}{3}\right) \cdot 1,5708$	
0,75	2,75	2,36	2,85	2,43	3,01	2,55	3,17	2,67	3,27	2,75	3,38	2,83		
1,0	3,14	2,75	3,25	2,83	3,40	2,95	3,56	3,06	3,67	3,14	3,77	3,22		
1,5	3,93	3,53	4,03	3,61	4,19	3,73	4,35	3,85	4,45	3,93	4,56	4,01		
2,0	4,71	4,32	4,82	4,40	4,97	4,52	5,13	4,13	5,24	4,71	5,34	4,79		
2,5	6,50	5,11	5,60	5,18	5,76	5,31	5,92	5,42	6,02	5,50	6,13	5,58		
3,0	6,28	5,89	6,38	5,97	6,55	6,10	6,70	6,20	6,81	6,28	6,91	6,36		
4,0	8,12	7,59	8,17	7,64	8,25	7,72	8,33	7,80	8,38	7,85	8,48	7,93		
														Variant II $A = \left(r + \frac{S}{4}\right) \cdot 1,5708$

Tabeli 47 järg

Raa- dius <i>r</i>	Painutatava materjali paksus <i>S</i>												Valemid, mille järgi on leitud kaarre <i>A</i> pikkus
	<i>S</i> = 3,0		<i>S</i> = 3,2		<i>S</i> = 3,5		<i>S</i> = 3,8		<i>S</i> = 4,1		<i>S</i> = 4,2		
	Painutusvariandid I ja II												
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
5,0	9,95	9,29	10,00	9,35	10,07	9,42	10,16	9,50	10,21	9,56	10,26	9,61	Variant I
6,0	11,78	11,00	11,83	11,05	11,91	11,13	11,99	11,21	12,04	11,26	12,10	11,31	$A = (7r + S) \cdot 0,2618$
7,0	13,35	12,57	13,51	12,67	13,74	12,83	13,82	12,91	13,88	12,96	13,93	13,01	Variant II
8,0	14,92	14,14	15,08	14,24	15,32	14,40	15,55	14,56	15,71	14,66	15,76	14,71	$A = (13r + 2S) \cdot 0,1309$
9,0	16,49	15,71	16,65	15,81	16,89	15,97	17,12	16,13	17,28	16,23	17,44	16,34	Variant I
10,0	18,06	17,28	18,22	17,38	18,46	17,54	18,69	19,70	18,85	17,80	19,01	17,91	
11,0	19,64	18,85	19,79	18,95	20,03	19,11	20,26	19,27	20,42	19,37	20,58	19,48	
12,5	21,99	21,21	22,15	21,31	22,38	21,47	22,62	21,52	22,78	21,73	22,93	21,83	
14,0	24,35	23,56	24,50	23,67	24,74	23,82	24,98	23,98	25,13	24,09	25,29	24,19	
15,0	25,92	25,13	26,08	25,24	26,31	25,39	26,55	25,55	26,66	25,66	26,86	25,76	
16,0	27,49	26,70	27,65	26,81	27,88	26,97	28,12	27,12	28,27	27,23	28,43	27,33	
18,0	30,63	29,85	30,79	29,95	31,02	30,11	31,26	30,26	31,42	30,37	31,57	30,47	
20,0	33,77	32,99	33,93	33,09	34,16	33,25	34,40	33,41	34,56	33,51	34,71	33,62	
22,5	37,70	36,91	37,86	37,02	38,09	37,17	38,33	37,33	38,48	37,44	39,64	37,54	
25,0	41,63	40,84	41,78	40,95	42,02	41,10	42,25	41,26	42,41	41,36	42,57	41,47	
30,0	49,80	48,69	49,64	48,80	49,87	48,96	50,11	49,11	50,27	49,22	50,42	49,32	
35,0	57,33	56,55	57,49	56,65	57,73	56,81	57,96	56,97	58,12	57,07	58,28	57,18	
40,0	65,19	64,40	65,35	64,51	65,58	64,66	65,82	64,82	65,97	64,93	66,13	65,03	
50,0	80,90	80,11	81,05	80,22	81,29	80,37	81,52	80,53	81,68	80,63	81,84	80,74	
60,0	96,60	95,82	96,75	96,92	97,00	96,08	97,23	96,24	97,39	96,34	97,55	96,45	
70,0	112,31	111,53	112,47	111,63	112,70	111,79	112,94	111,95	113,10	112,05	113,25	112,16	
80,0	128,02	127,23	128,18	127,34	128,41	127,50	128,65	127,65	128,81	127,76	128,96	127,86	
90,0	143,73	142,94	143,85	143,05	144,12	143,20	144,36	143,36	144,51	143,47	144,67	143,57	

Raa- dius <i>r</i>	Painutatava materjali paksus <i>S</i>												Valemid, mille järgi on leitud kaare <i>A</i> pikkus
	<i>S</i> =4,5		<i>S</i> =5,0		<i>S</i> =5,5		<i>S</i> =6,0		<i>S</i> =6,5		<i>S</i> =7,0		
	Painutusvariandid I ja II												
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
1,0	3,93	3,34	4,19	3,53	4,45	3,73	4,71	3,93	4,97	4,12	5,24	4,32	Variant I
1,5	4,71	4,12	4,97	4,32	5,24	5,52	5,50	4,71	5,76	4,91	6,02	5,11	$A = \left(r + \frac{S}{3}\right) \cdot 1,5708$
2,0	5,50	4,19	5,76	5,11	6,02	5,30	6,28	5,50	6,55	5,69	6,81	5,89	
2,5	6,28	5,69	6,55	5,89	6,81	6,09	7,07	6,28	7,33	6,48	7,59	6,68	Variant II
3,0	7,07	6,48	7,33	6,68	7,59	6,87	7,85	7,07	8,12	7,28	8,38	7,46	
4,0	8,64	8,05	8,90	8,25	9,16	8,44	9,42	8,64	9,69	8,84	9,95	9,03	$A = \left(r + \frac{S}{4}\right) \cdot 1,5708$
5,0	10,34	9,69	10,47	9,82	10,73	10,01	11,00	10,21	11,26	10,41	11,52	10,60	
6,0	12,17	11,39	12,30	11,52	12,44	11,65	12,57	11,78	12,83	11,98	13,09	12,07	Variant I
7,0	14,01	13,09	14,14	13,22	14,27	13,35	14,40	13,48	14,53	13,61	14,66	13,74	
8,0	15,84	14,79	15,97	14,92	16,10	15,05	16,23	15,18	16,36	15,32	16,49	15,45	$A = (7r + S) \cdot 0,2618$
9,0	17,67	16,49	17,80	16,62	17,93	16,76	18,06	16,89	18,20	17,02	18,33	17,15	
10,0	19,24	18,06	19,64	18,33	19,76	18,46	19,90	18,59	20,03	18,72	20,16	18,85	Variant II
11,0	20,81	19,64	21,21	19,90	21,60	20,16	21,73	20,29	21,85	20,42	21,99	20,55	
12,5	23,17	21,99	23,56	22,25	23,95	22,51	24,35	22,78	24,61	22,97	24,74	23,10	$A = (13r + 2S) \cdot 0,1309$
14,0	25,53	24,35	25,92	24,61	26,31	24,87	26,70	25,13	27,10	25,39	27,49	25,66	Variant I
15,0	27,10	25,92	27,49	26,18	27,88	26,44	28,87	26,70	28,67	26,97	29,06	27,23	
16,0	28,67	27,49	29,06	27,75	29,45	28,01	29,85	28,27	30,24	28,54	30,63	28,80	$A = \left(r + \frac{S}{2}\right) \cdot 1,5708$
18,0	31,81	30,63	32,20	30,89	32,59	31,15	32,99	31,42	33,38	31,68	33,77	31,94	
20,0	34,95	33,77	35,34	34,03	35,74	34,30	36,13	34,56	36,52	34,82	36,91	36,08	Variant II
22,5	38,88	37,10	39,27	37,96	39,65	38,22	40,06	38,48	40,45	38,75	40,84	39,01	
25,0	42,80	41,63	43,20	41,89	43,59	42,15	43,98	42,41	44,38	42,67	44,77	42,94	$A = \left(r + \frac{S}{3}\right) \cdot 1,5708$
30,0	50,66	49,48	51,05	49,74	51,44	50,00	51,84	50,27	52,23	50,53	52,62	50,79	
35,0	58,51	57,33	58,91	57,60	52,30	57,86	59,69	58,13	60,08	58,38	60,48	58,64	

Tabeli 47 järg

Raa- dius <i>r</i>	Painutatava materjali paksus <i>S</i>												Valemid, mille järgi on leitud kaare <i>A</i> pikkus
	<i>S</i> = 4,5		<i>S</i> = 5,0		<i>S</i> = 5,5		<i>S</i> = 6,0		<i>S</i> = 6,5		<i>S</i> = 7,0		
	Painutusvariandid I ja II												
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
40,0	66,37	65,19	66,76	65,45	67,15	65,71	67,54	65,97	67,94	68,24	68,33	66,50	Variant I $A = \left(r + \frac{S}{2}\right) \cdot 1,5708$ Variant II $A = \left(r + \frac{S}{3}\right) \cdot 1,5708$
50,0	82,07	80,90	82,47	81,16	82,86	81,42	83,25	81,68	83,25	81,94	84,04	82,21	
60,0	97,78	96,60	98,18	96,87	98,57	97,13	98,96	97,39	99,35	97,65	99,75	97,91	
70,0	113,49	112,31	113,88	112,57	114,28	112,84	114,67	113,10	115,06	113,36	115,45	113,62	
80,0	129,20	128,02	129,59	128,28	129,98	128,54	130,38	128,81	130,77	129,07	131,16	129,33	
90,0	144,91	143,73	145,30	143,99	145,69	144,25	146,08	144,51	146,48	144,78	146,78	145,04	
Raa- dius <i>r</i>	Painutatava materjali paksus <i>S</i>												Valemid, mille järgi on leitud kaare <i>A</i> pikkus
	<i>S</i> = 7,5		<i>S</i> = 8,0		<i>S</i> = 8,5		<i>S</i> = 9,0		<i>S</i> = 10,0		<i>S</i> = 12,0		
	Painutusvariandid I ja II												
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
2,0	7,07	6,09	7,33	6,28	7,59	6,48	7,85	6,68	8,38	7,07	9,42	7,85	Variant I $A = \left(r + \frac{S}{3}\right) \cdot 1,5708$ Variant II $A = \left(r + \frac{S}{4}\right) \cdot 1,5708$
2,5	7,85	6,87	8,12	7,07	8,38	7,26	8,64	7,46	9,16	7,85	10,21	8,64	
3,0	8,64	7,66	8,90	7,85	9,16	8,05	9,42	8,25	9,95	8,64	11,00	9,42	
4,0	10,21	9,23	10,47	9,42	10,73	9,62	11,00	9,82	11,52	10,21	12,51	11,00	
5,0	11,78	10,80	12,04	11,00	12,30	11,19	12,57	11,39	13,09	11,78	14,14	12,57	
6,0	13,35	12,37	13,61	12,57	13,88	12,76	14,14	12,96	14,66	13,35	15,71	14,14	
7,0	14,92	13,94	15,18	14,14	15,45	14,33	15,71	14,53	16,23	14,92	17,28	15,71	
8,0	16,62	15,58	16,76	15,71	17,02	15,90	17,28	16,10	17,80	16,49	18,85	17,28	
9,0	18,46	17,28	18,59	17,41	18,72	17,54	18,85	17,67	19,37	18,06	20,42	18,85	
10,0	20,29	19,98	20,42	19,11	20,55	19,24	20,68	19,37	20,94	20,16	21,99	20,42	
11,0	22,12	20,68	22,25	20,81	22,38	20,94	22,51	21,07	22,78	21,34	23,56	21,99	

Kaare A pikkus 90°-se paindenurga puhul

Raa- dius <i>r</i>	Painutatava materjali paksus <i>S</i>												Valemid, mille järgi on leitud kaare <i>A</i> pikkus
	<i>S</i> =7,5		<i>S</i> =8,0		<i>S</i> =8,5		<i>S</i> =9,0		<i>S</i> =10,0		<i>S</i> =12,0		
	Painutusvariandid I ja II												
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	
12,5	24,87	23,23	25,00	23,37	25,13	23,50	25,26	23,63	25,53	23,89	26,05	24,41	Variant I $A = (7r + S) \cdot 0,2618$
14,0	27,49	25,79	27,75	25,92	27,88	26,05	28,01	26,18	28,27	26,44	28,80	26,97	
15,0	29,45	27,49	29,58	27,62	29,71	27,75	29,85	27,88	30,11	28,14	30,63	28,67	Variant II $A = (13r + 2S) \cdot 0,1309$
16,0	31,02	29,06	31,42	29,32	31,55	29,45	31,68	29,58	39,94	29,85	32,46	30,37	
18,0	34,16	32,20	34,56	32,46	34,95	32,72	35,34	32,99	35,60	33,25	36,13	33,77	
20,0	37,31	35,34	37,70	35,60	38,09	35,87	38,48	36,13	39,27	36,65	39,79	37,18	
22,5	41,23	39,27	41,63	39,53	42,02	39,79	42,41	40,06	43,20	40,58	44,38	41,30	
25,0	45,16	43,20	45,55	43,46	45,95	43,72	46,34	43,98	47,12	44,51	48,69	45,55	
30,0	53,01	51,05	53,41	51,31	53,80	51,57	54,19	51,84	54,98	52,36	56,55	53,41	Variant I $A = \left(r + \frac{S}{2}\right) \cdot 1,5708$
35,0	60,87	58,91	61,28	59,17	61,65	59,49	62,05	59,69	62,83	60,21	64,40	61,26	
40,0	68,72	66,76	69,12	67,02	69,51	67,28	69,90	67,54	70,69	68,07	72,25	69,12	Variant II $A = \left(r + \frac{S}{3}\right) \cdot 1,5708$
45,0	76,58	74,61	76,97	74,87	77,36	75,14	77,75	75,40	78,54	75,92	80,11	76,97	
50,0	84,43	82,47	84,82	82,73	85,22	82,99	85,61	83,25	86,39	83,78	87,96	84,82	
60,0	100,14	98,18	100,53	98,44	100,92	98,70	101,32	98,96	102,10	99,48	103,67	100,53	
70,0	115,85	113,88	116,24	114,14	116,63	114,41	117,02	114,67	117,81	115,19	119,38	116,24	Variant II
80,0	131,55	129,59	131,95	129,85	132,34	130,11	132,73	130,38	133,52	130,90	135,90	131,95	
90,0	147,26	145,30	147,66	145,56	148,05	145,82	148,44	146,08	149,23	146,61	150,80	147,66	Variant II
100,0	162,97	161,01	163,36	161,27	163,76	161,53	164,15	161,79	164,93	162,32	166,50	163,36	
125,0	202,24	200,28	202,63	200,54	203,03	200,80	203,42	201,06	204,20	201,59	205,77	202,63	

28. TAGASIVETRUMISNURK STANTSIMISEL

Tagasivetrumisnurgaks nimetatakse nurka, mille võrra materjali elastsuse tõttu toimub tagasivetrumine pärast painutusoperatsiooni. Selleks, et saada õiget painutust, on vajalik teha painutus tagasivetrumise nurga võrra suuremana. Tagasivetrumine sõltub paljudest teguritest, millest olulisemad on materjali mehaanilised omadused, materjali paksus, painderaadius, detaili kuju, stantsi tüüp jt. Mida kõrgem on painutatava materjali voolavuspiir, mida suurem on suhe $\frac{r}{S}$ ja mida väiksem on materjali paksus S , seda suurem on tagasivetrumine. Tagasivetrumise suurus määratakse põhiliselt katseliselt. Arvutuslikke suurusi kasutatakse ainult detaili lihtsate kujude ja suhte $\frac{r}{S}=5$ korral. Arvutuslikud suurused tuleb hiljem praktikas korrigeerida. Analoogiliselt nurga tagasivetrumisele toimub ka painderaadiuse tagasivetrumine.

Suurte painderaadiuste (kui $\frac{r}{S}=10 \dots 100$) korral kasutatakse terasdetailide töötlemisel templi tööosa raadiuse arvutamiseks valemit

$$r_t = \frac{r}{1 + 3K_0},$$

kus r_t — templi tööosa raadius mm;

r — detaili nõutav painderaadius mm;

$K_0 = \frac{\sigma_s r}{ES}$ — paindekoefitsient;

E — elastsusmoodul (terasel 22 000 kg/mm²);

σ_s — voolavuspiir (terasel 32 kg/mm²).

TAGASIVETRUMISNURK DURALUMIINIUMI PAINUTAMISEL

Tabel 48

Sulami mark	Painutatava detaili sisemise kõverusraa- diuse suhe materjali paksusega $\frac{r}{S}$	Lõõmutatud			Kalestatud		
		Paindenurk					
		120°	90°	60°	120°	90°	60°
		Tagasivetrumine kraadides					
Д16	2	1,5	2,5	3	3,5	4,5	6
	5	2,5	4	5	6,5	8,5	10
	8	4,5	5,5	6,5	10	12	14
	10	5	6,5	8	12	14	16
B95	3	2,5	3	3,5	7	8,5	9
	5	3,5	4	5	8,5	11,5	13,5
	8	5	6	7	13,5	16,5	19
	10	5,5	7	8	16	19	22

KESKMINE TAGASIVETRUMISNURK 90°-SE PAINUTUSE KORRAL

Tabel 49

Materjal	Painutatava detaili sisemise kõverusraadiuse suhe materjali paksusega $\frac{r}{S}$	Tagasivetrumine kraadides		
		Materjali paksus mm		
		kuni 0,8	0,8...2	üle 2
Pehme teras, messing, alumiinium, tsink	alla 1	4	2	0
	1...5	5	3	1
	üle 5	6	4	2
Teras ($\sigma_b=40$ kg/mm ²) Kõva messing ($\sigma_b>35$ kg/mm ²) Kõva pronks	alla 1	5	2	0
	1...5	6	3	1
	üle 5	8	5	3
Kõva teras	alla 1	7	4	2
	1...5	9	5	3
	üle 5	12	7	5

29. MINIMAALSED RAADIUSED LEHTMATERJALIST
DETAILIDE PAINUTAMISEL

(paindenurgale 90°)

Mõõtmed mm-tes

Tabel 50

Materjal	Lõõmutatud või normaliseeritud		Kalestatud	
	Paindejoone asetus		Paindejoone asetus	
	põiki kiudu	piki kiudu	põiki kiudu	piki kiudu
Alumiinium	—	0,2S	0,3S	0,8S
Vask	—	0,2S	1,0S	2,0S
Messing Л68	—	0,2S	0,4S	0,8S
Teras 0,5; 08 КП	—	0,2S	0,2S	0,5S
Teras 08; 10; Ст. 1; Ст. 2	—	0,4S	0,4S	0,8S
Teras 15; 20; Ст. 3	0,1S	0,5S	0,5S	1,0S
Teras 25; 30; Ст. 4	0,2S	0,6S	0,6S	1,2S
Teras 35; 40; Ст. 5	0,3S	0,8S	1,0S	1,5S
Teras 45; 50; Ст. 6	0,5S	1,0S	1,0S	1,7S
Teras 55; 60; Ст. 7	0,7S	1,3S	1,3S	2,0S
Duralumiinium Д16М	1,0S	1,5S	1,5S	2,5S
Duralumiinium Д16Т	2,0S	3,0S	3,0S	4,0S

Märkus. 1. Painutamisel nurga all vähem kui 90° tuleb painderaadiuse väärtust suurendada 1,1...1,3 korda.

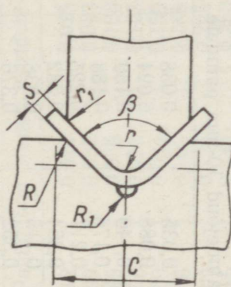
2. Kraadide puhul, kui nad asuvad paindenurga välisküljel, tuleb painderaadiuse väärtust suurendada 1,5...2 korda.

30. VAJALIKU JÕU ARVUTAMINE PAINUTAMISEL

Jõu suurus painutamisel oleneb materjali mehaanilistest omadustest, painde iseloomust, detaili kujust ja reast teistest teguritest. Keeruka kujuga detailidele võib painutamiseks vajalikku jõudu määrata ainult ligikaudse valemiga:

$$P = \frac{0,25 \sigma_b SL}{1000},$$

- kus P — paindejõud t;
 L — paindejoone pikkus mm;
 S — materjali paksus mm;
 σ_b — tõmbetugevus kg/mm^2 (vt. tabel 3);
 0,25 — koefitsient.



Joon. 47. Tempel ja matriits.

Spetsiaalsetele painutuspressidele vajaliku jõu määramiseks kasutatakse järgmist valemit:

$$P = \frac{K \sigma_b L S^2}{C},$$

- kus P — paindejõud kg;
 σ_b — tõmbetugevus kg/mm^2 (vt. tabel 3);
 L — paindejoone pikkus mm;
 S — materjali paksus mm;
 C — ava laius matriitsis mm (vt. joon. 47);
 K — koefitsient, mis oleneb painutusservade vahest ja materjali paksuse suhtest:

kui suhe $\frac{C}{S} > 8$, siis $K = 1,33$;

kui suhe $\frac{C}{S} > 12$, siis $K = 1,26$.

PAINDEJÕUD TONNIDES 10 mm PIKKUSELE PAINDELE

Tabel 51

Materjali paksus S mm	Konstruktsiooniteras		Legeeritud terased					
	10	20	10Г2	25ХГСА	30ХГСА	1Х18Н9 2Х18Н9		1Х18Н9Т
	lõõmutatud		lõõmutatud	pärasit madal- lõõmutamist		termiliselt töödeldud	külmvaltsitud ja kalestatud	termiliselt töödeldud ja kalestatud
	Tõmbetugevus σ_b kg/mm ²							
	32...42	35...50	40...58	50...70	55...75	58...64	100...110	54...70
Paindejõud 10-mm paindele								
0,2	0,021	0,025	0,054	0,035	0,038	0,032	0,073	0,035
0,5	0,053	0,063	0,073	0,088	0,094	0,080	0,138	0,088
0,8	0,084	0,100	0,116	0,140	0,150	0,128	0,220	0,140
1,0	0,105	0,125	0,145	0,176	0,188	0,160	0,275	0,175
1,2	0,126	0,150	0,174	0,211	0,225	0,192	0,330	0,210
1,5	0,158	0,188	0,218	0,264	0,282	0,240	0,413	0,263
1,8	0,190	0,225	0,261	0,316	0,338	0,288	0,495	0,316
2,0	0,210	0,250	0,290	0,352	0,376	0,320	0,550	0,350
2,2	0,231	0,275	0,344	0,387	0,413	0,352	0,623	0,385
2,5	0,263	0,312	0,363	0,440	0,469	0,400	0,688	0,440
3,0	0,315	0,375	0,436	0,528	0,564	0,480	0,825	0,525
3,5	0,368	0,438	0,508	0,516	0,657	0,560	0,963	0,613
4,0	0,420	0,500	0,580	0,704	0,752	0,640	1,100	0,700
4,5	0,473	0,563	0,653	0,792	0,846	0,720	1,238	0,788
5	0,525	0,625	0,725	0,880	0,940	0,800	1,376	0,875
6	0,630	0,750	0,871	1,053	1,122	0,880	1,650	1,050
7	0,735	0,875	1,015	1,229	1,314	1,120	1,925	1,225
8	0,840	1,000	1,160	1,408	1,504	1,280	2,200	1,400
9	0,945	1,125	1,305	1,584	1,692	1,440	2,475	1,575
10	1,050	1,250	1,450	1,760	1,880	1,600	2,750	1,750

Arvutamisel võetakse σ_b suurim väärtus.

Materjali paksus S mm	Kuumuskin-del kroomi niklisulam	Alumiinium		Alumiiniumi-magneesiumi-sulam		Kõvasulam alumii-niimi, magneesiumi, tsingi ja vase sisaldusega		Magnee-siumi-mangaani-sulam	Duralu-miinium
	XH78T	A		AM _r		B95		MA1	Д1
	normali-seeritud	lõõmutatud	kalestatud	lõõmutatud	pool kalestatud	värskelt ka-rastatud ja tehislikult vanandatud	lõõmutatud	lõõmutatud	lõõmutatud
	Tõmbetugevus σ_b kg/mm ²								
	78	7,5 ... 11	11 ... 14	18 ... 23	23 ... 28	50	25	17 ... 20	15 ... 21,5
Paindejõud 10-mm paindele									
0,2	0,039	0,006	0,007	0,012	0,014	0,025	0,013	0,010	0,011
0,5	0,098	0,014	0,018	0,029	0,035	0,063	0,031	0,025	0,027
0,8	0,156	0,022	0,028	0,046	0,056	0,100	0,050	0,040	0,043
1,0	0,195	0,028	0,035	0,058	0,070	0,125	0,063	0,050	0,054
1,2	0,228	0,033	0,042	0,069	0,084	0,150	0,076	0,060	0,065
1,5	0,293	0,042	0,053	0,086	0,105	0,188	0,094	0,075	0,081
1,8	0,351	0,050	0,063	0,104	0,126	0,225	0,113	0,090	0,097
2,0	0,390	0,056	0,070	0,115	0,140	0,250	0,125	0,100	0,108
2,2	0,429	0,062	0,077	0,127	0,154	0,275	0,138	0,110	0,119
2,5	0,480	0,070	0,088	0,144	0,175	0,312	0,156	0,125	0,135
3,0	0,585	0,084	0,105	0,173	0,210	0,375	0,188	0,150	0,162
3,5	0,682	0,098	0,125	0,202	0,245	0,437	0,219	0,175	0,189
4,0	0,780	0,112	0,140	0,230	0,280	0,500	0,250	0,200	0,216
4,5	0,877	0,126	0,158	0,259	0,315	0,562	0,281	0,225	0,243
5	0,975	0,140	0,175	0,287	0,350	0,625	0,313	0,250	0,270
6	1,170	0,168	0,210	0,345	0,420	0,750	0,375	0,300	0,324
7	1,264	0,196	0,245	0,404	0,490	0,875	0,438	0,350	0,378
8	1,560	0,224	0,280	0,460	0,560	1,000	0,500	0,400	0,432
9	1,754	0,252	0,315	0,518	0,630	1,125	0,563	0,450	0,486
10	1,950	0,280	0,350	0,575	0,700	1,250	0,625	0,500	0,540

Arvutamisel võetakse σ_b suurim väärtus.

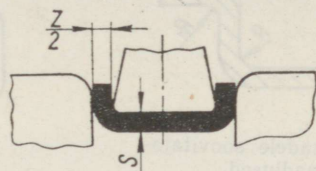
Materjali paksus S mm	Duralumiinium				Vask		Messing		
	Д16		Д17		M1; M2; M3		Л62;	Л68	
	karastatud	kalestatud	lõõmutatud	karastatud	pehme	kõva	pehme	poolkõva	kõva
	Tõmbetugevus σ_b kg/mm ²								
40 ... 44	40 ... 46	16 ... 20	38 ... 42	20	30	30	35	40	
Paindejõud 10-mm paindele									
0,2	0,022	0,023	0,010	0,021	0,010	0,015	0,015	0,018	0,020
0,5	0,055	0,058	0,025	0,052	0,025	0,038	0,038	0,044	0,050
0,8	0,088	0,092	0,040	0,084	0,040	0,060	0,060	0,070	0,080
1,0	0,110	0,115	0,050	0,106	0,050	0,075	0,075	0,088	0,100
1,2	0,132	0,138	0,060	0,126	0,060	0,090	0,090	0,105	0,120
1,5	0,166	0,173	0,075	0,158	0,075	0,113	0,113	0,132	0,150
1,8	0,198	0,207	0,090	0,190	0,090	0,135	0,135	0,158	0,180
2,0	0,220	0,230	0,100	0,210	0,100	0,150	0,150	0,175	0,200
2,2	0,242	0,253	0,110	0,231	0,110	0,165	0,165	0,193	0,220
2,5	0,275	0,288	0,125	0,262	0,125	0,188	0,188	0,219	0,250
3,0	0,330	0,345	0,150	0,316	0,150	0,225	0,225	0,263	0,300
3,5	0,385	0,403	0,175	0,364	0,175	0,263	0,263	0,307	0,350
4,0	0,440	0,460	0,200	0,410	0,200	0,300	0,300	0,350	0,400
4,5	0,495	0,518	0,225	0,472	0,225	0,338	0,338	0,394	0,450
5	0,550	0,575	0,250	0,526	0,250	0,375	0,375	0,438	0,500
6	0,660	0,690	0,300	0,632	0,300	0,450	0,450	0,525	0,600
7	0,770	0,806	0,350	0,724	0,350	0,526	0,526	0,614	0,700
8	0,880	0,920	0,400	0,820	0,400	0,600	0,600	0,700	0,800
9	0,990	1,036	0,450	0,944	0,450	0,676	0,676	0,788	0,900
10	1,100	1,150	0,500	1,052	0,500	0,750	0,750	0,876	1,000

Arvutamisel võetakse σ_b suurim väärtus.

31. TEMPLI JA MATRIITSI VAHELINE LÕTK PAINUTAMISEL

Mõõtmed mm-tes

Tabel 52



Materjali paksus S	Materjal		Materjali paksus S	Materjal	
	Alumiiniumi- sulamid	Teras		Alumiiniumi- sulamid	Teras
	Lõtk $\frac{Z}{2}$			Lõtk $\frac{Z}{2}$	
0,5	0,52	0,55	2,5	2,62	2,58
0,8	0,84	0,86	3	3,15	3,07
1,0	1,05	1,07	4	4,20	4,10
1,2	1,26	1,27	5	5,25	4,75
1,5	1,57	1,58	6	6,30	5,70
2,0	2,10	2,08			

32. KONSTRUKTIIVSED NORMID TÕMBAMISEL

Tõmmatud detaili saamiseks stantsi normaalsel ekspluateerimisel ilma erilisi stantsimis- ja viimistlusoperatsioone kasutamata on vajalik jälgida detaili mõõtmetes järgmisi vahekordi.

TÕMBAMISEL SOOVITATAVAD RAADIUSED

Pöördekehadele: (joon. 48):

Põhja ja seina vahel $R \geq S$

Seina ja ääriku vahel $R_1 \geq 2S$

Surujaga tõmbamisel ääriku läbimõõt $D \geq d + 12S$.

Karbijukujulistele detailidele (joon. 49):

Põhja ja seina vahel $R \geq S$

Külgliseinte vahel $R_1 \geq 3S$

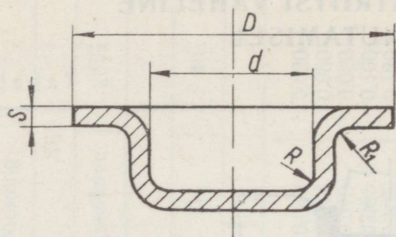
Ääristamisel (joon. 50):

Äärise kõrgus $H \geq 1,5R$

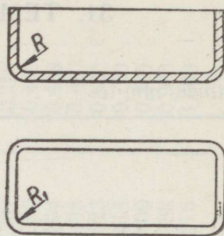
Ääriku ja äärise vahel $R \geq 1 + 1,5S$

Ääriku laius $b \geq H$

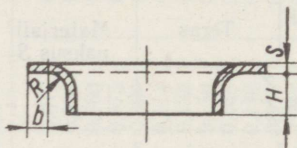
Soovitavad raadiused ei kehti ääristamisel seina õhendamisega.



Joon. 48. Pöördkehadele soovitatavad tõmberaadiused.



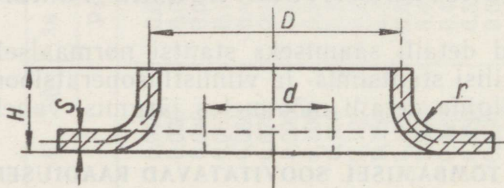
Joon. 49. KARBIKUJULISTELE DETAILIDELE soovitatavad tõmberaadiused.



Joon. 50. Soovitatavad ääristusraadiused.

33. ÄÄRISTAMISEKS ETTELÖÖDAVA AUGU SUURUSE MÄÄRAMINE

Arvutuse aluseks on äärise konstruktiivsed mõõtmed (joon. 51).



Joon. 51. Ääristatava augu skeem.

Arvutus tehakse järgmiselt:

$$d = D + S + 0,85r - 2H,$$

- kus d — ääristamiseks ettelöödava augu läbimõõt;
 D — äärise läbimõõt neutraaljoonel;
 S — materjali paksus;
 r — ääristusraadius;
 H — äärise kõrgus.

Maksimaalne ääriseks tõmmatava augu läbimõõt $d_{\max} = DK$, kus K (koefitsient, mis arvestab materjali lubatud õhenemist ääristamisel) leitakse tabelist 53.

Materjal	K
Valge (tinatud) plekk	0,70
Dekapeeritud lehtteras	0,72
Pehme teras	0,75
Messing JL62; $S=0,5 \dots 5$	0,68
Alumiinium	0,70
Duralumiinium	0,89

Märkus. Kõik antud K väärtused kehtivad lõõmutatud materjalide kohta.

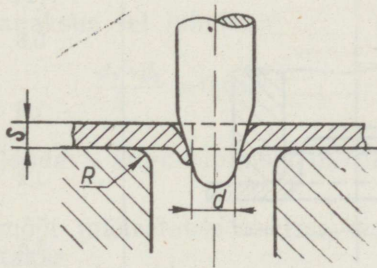
Koefitsienti K võib teatud lähendusega määrata ka lähtudes materjali suhtelisest piknemisest

$$\varepsilon = \frac{\pi D - \pi d}{\pi d} = \frac{1 - K}{K}, \text{ millest}$$

$$K = \frac{1}{1 + \varepsilon}.$$

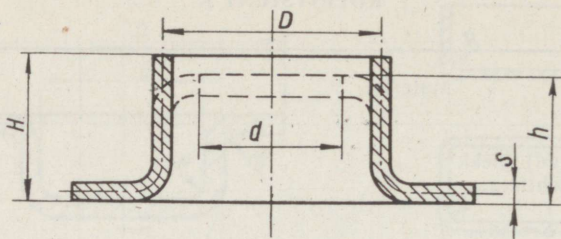
Matriitsi ja templi raadiused tuleb valida sõltuvalt materjali paksusest. Soovitav on materjali puhul paksusega kuni 2 mm kasutada $R=0,5S$ ja üle 2 mm $R=S$.

Rahuldavaid tulemusi saab silindriliste seintega äärisel tõmbamisel, kui $\frac{d}{S} > 1,7 \dots 2$. Äärisel tõmbamisel, mille $\frac{d}{S} < 1,7 \dots 2$ saab ebaühtlase servaga äärisel (joon. 52).



Joon. 52. Ebaühtlase serva tekkinine ääristamine.

Et ääristada eelneva tõmbamisega, on vajalik määrata ettelööda augu d suurus (vt. tabel 53) ja siis arvutuslikult määrata eelneva tõmbamise kõrgus h , juhindudes andmetest D , H , S ja leitud suurusel d .



Joon. 53. Eelneva venitusega ääristamise skeem.

Ääristamisel on võimalik ettelöödud augu servade rebenemine ja pragude tekkimine, seepärast on vajalik ettelöödav auk stantsida võimalikult puhta lõikeservaga.

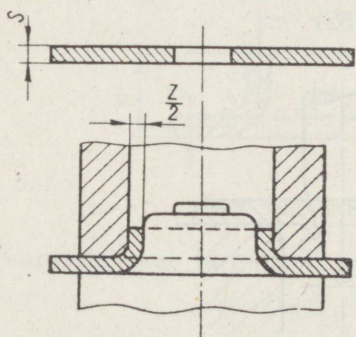
Edukalt saab ääristada keermetatavaid auke neid ette löömata (praktiliselt augud M2 ... M4). Seda meetodit võib kasutada juhul, kui pole oluline saada siledete servadega äärist, seega ei ole meetod kasutatav dekoratiivdetailide valmistamisel.

34. MATRIITSI JA TEMPLI VAHELINE LÕTK ÄÄRISTAMISEL

LÕTK ÄÄRISTAMISEL EELNEVA TÕMBAMISETA

Mõõtmed mm-tes

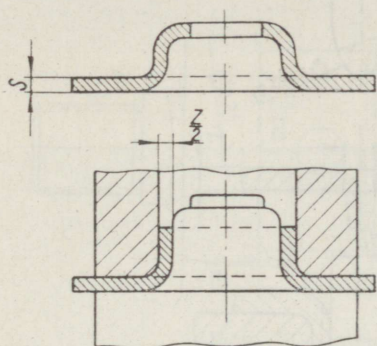
Tabel 54



s	$\frac{Z}{2}$
0,8	0,7
1,0	0,85
1,2	1,0
1,5	1,3

s — materjali paksus;

$\frac{Z}{2}$ — ühepoolne lõtk matriitsi ja templi vahel.



S	$\frac{Z}{2}$
0,8	0,6
1,0	0,75
1,2	0,9
1,5	1,1

S — materjali paksus;

$\frac{Z}{2}$ — ühepoolne lõtk matriitsi ja templi vahel.

Tõmbetempli tööosa raadius R on soovitatav valida võimalikult suurem, kuid ta ei tohi ületada suurust R_{\max} , mis määratakse valemiga

$$R < R_{\max} = \frac{D-d-S}{2}$$

Laialdaselt kasutatakse ääristamist aukude keermetatava osa pikenemisel (joon. 54).

Ohenenud seinapaksus sel juhul on

$$\frac{d_3-d_1}{2} = 0,65S.$$

Toorikusse ettelöödava augu läbimõõt $d_0=0,45d_1$ ehk $K=\frac{d_0}{d_1}=0,45$.

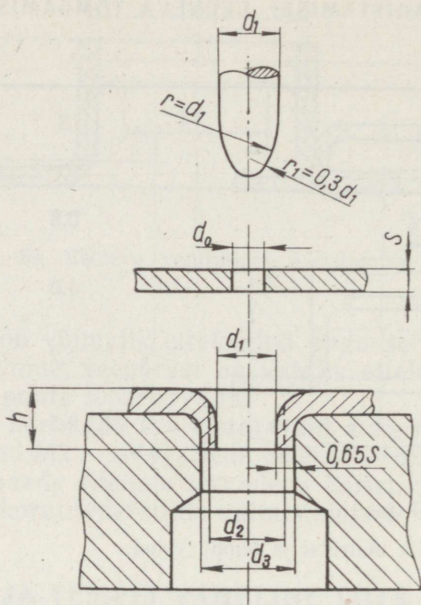
Äärise siseläbimõõt määratakse kerme siseläbimõõdu järgi, mis tavaliselt valitakse

$$d_2 \leq \frac{d_1+d_3}{2}.$$

Ääristamist kerme alla kasutatakse kuni kerme läbimõõduni M5.

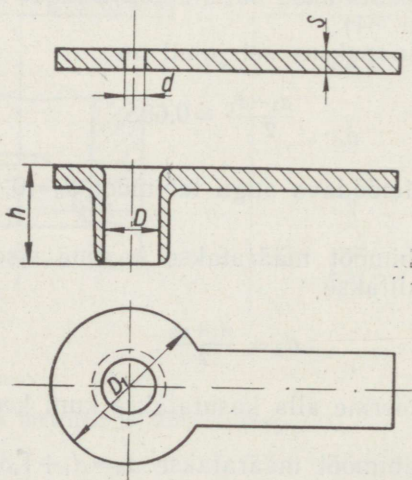
Äärise välisläbimõõt määratakse $d_3=d_1+1,3S$.

Äärise kõrguse määrab ääriseks tõmmatava metalli maht ja ta kõigub tavaliselt piirides $h=(2 \dots 2,5)S$.



Joon. 54. Ääristamine keerde alla.

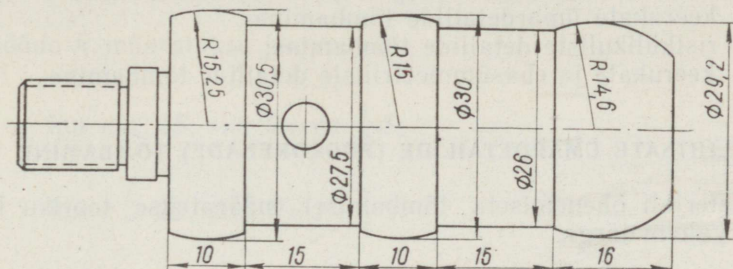
Väikeste, kõrgete silindriliste seintega detailide stantsimisel kasutatakse ääristamist seina õhenemisega (joon. 55). Kui tavalselt ääristamisel $K=0,65 \dots 0,7$, siis sel juhul $K=0,3$.



Joon. 55. Ääristamine seina õhenemisega.

Ettelöödava augu suurus valitakse vastavalt nõutavale ääristuskõrgusele ja materjali paksusele.

Ääristamist seinä õhenemisega teostatakse tugeva surujaga ja hea määrimisega.



Joon. 56. Astmeline tõmbetempel.

Et saada eriti suurt seinä õhenemist, kasutatakse astmelist tõmbetemplit (joon. 56). Nõutavat astmete arvu ehk vajalike tõmbamiste arvu määrame valemiga

$$n = \frac{\lg S_0 - \lg S_1}{\lg \left(\frac{100}{100 - E} \right)},$$

kus S_0 — esialgne materjali paksus mm;

S_1 — pärast venitust nõutav materjali paksus mm;

E — deformatsiooniaste (vt. tabel 56).

KESKMIINE DEFORMAATIOASTE %

Tabel 56

Materjal	Esimene venitus	Järgnev venitus
Pehme teras	55 ... 60	35 ... 45
Messing	60 ... 70	50 ... 60
Alumiinium	60 ... 65	40 ... 50

35. TOORIKU MÕÖTMETE MÄÄRAMINE TÕMBAMISEL

Tooriku mõõtmete arvutamisel tuleb arvestada järgmisi tegureid.

1. Materjali õhenemiseta tõmbamisel tuleb lähtuda tooriku ja detaili neutraaljoone poolt kujundatud pindalade võrdsusest.

2. Materjali õhenemisega tõmbamisel tuleb lähtuda tooriku ja detaili ruumalade võrdsusest.

3. Vastavalt detaili kujule liigitatakse tõmbamisoperatsioonid järgmiselt:

- lihtsate ümardetailide (pöördekhaade) tõmbamine,
- keerukate ümardetailide tõmbamine,
- ristkülikuliste detailide tõmbamine,
- keerukate ja ebasümmeetriliste detailide tõmbamine.

LIHTSATE ÜMARDETAAILIDE (PÖÖRDKEHADE) TÕMBAMINE

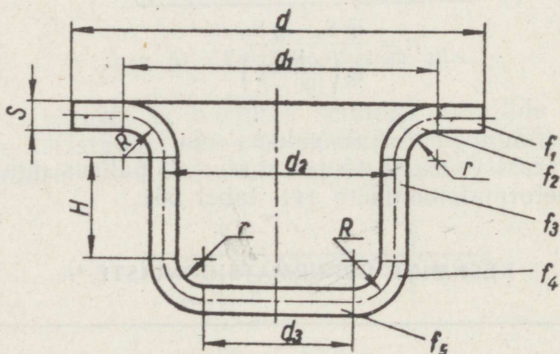
Materjali õhenemiseta tõmbamisel määratakse tooriku läbimõõt valemiga järgi:

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} F} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \Sigma f},$$

kus D — tooriku läbimõõt mm;

F — detaili pindala mm²;

Σf — detaili üksikute elementide pindalade summa mm².



Joon. 57. Skeem materjali õhenemiseta tõmbamiseks.

Arvutusnäide detaili tõmbamiseks (joon. 57).

$$f_1 = \frac{\pi}{4} (d^2 - d_1^2);$$

$$f_2 = \frac{\pi}{4} (2\pi R d_1 - 8R^2);$$

$$f_3 = \pi d_2 H;$$

$$f_4 = \frac{\pi}{4} (2\pi R d_3 + 8R^2);$$

$$f_5 = \frac{\pi d_3^2}{4};$$

$$F = f_1 + f_2 + f_3 + f_4 + f_5 = \frac{\pi D^2}{4}$$

Mõõde R määratakse järgmiselt:

$$\text{kui } r \leq 2S, \text{ siis } R = r + \frac{1}{3}S;$$

$$\text{kui } r \geq 2S, \text{ siis } R = r + \frac{1}{2}S.$$

Tabelis 71 on toodud valemid lihtsate geomeetriliste kujundite pindalade määramiseks. Detaili pinna jaotamine üksikuteks elementideks on küllalt keerukas ja tihti ebamäärane. Seepärast kasutatakse toorikute läbimõõtude määramiseks tabelis 72 toodud valemeid. Nendes valemities ei ole võetud arvesse varu serva ärälõikamiseks, mis tuleb tingimata lisada arvutamisel saadud tulemusele. Juhul kui detaili tõmbamine toimub ilma järgneva serva mahalõikamiseta, tuleb arvestada (vt. allpool toodud valemit) õhenemise koefitsienti, kuna olenemata tõmbamisprotsessi iseloomust tekib ikkagi mingisugune materjali õhenemine.

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} FK},$$

kus F — detaili pindala;

$K = 0,9 \dots 1,0$ (õhenemise koefitsient).

Lihtsate, ühe operatsiooniga tõmmatavate detailide juures tuleb kasutada K suuremat väärtust, keerukate, mitme operatsiooniga tõmmatavate detailide juures K väiksemat väärtust.

KEERUKATE ÜMARETAILIDE (PÖÖRDKEHADE) TÕMBAMINE

Tooriku läbimõõt pöördkehadele määratakse Guldini esimese teoreemi järgi.

Kui pind on kujundatud mingi tasapinnalise joone pöörlemisel ümber telje, mis asub selle joone tasapinnas ja selle joonega ei lõiku, siis selle pinna pindala võrdub selle joone pikkuse ja tema raskuskeskme poolt joonestatud ringjoone pikkuse korutisega.

Vaatleme graafilist ja grafoanalüütilist meetodit tooriku läbimõõdu määramiseks.

Graafiline meetod

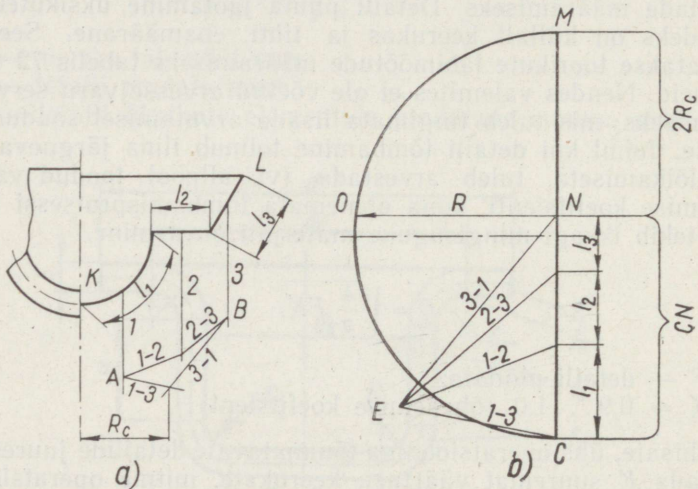
Graafilise meetodi rakendamine.

1. Loomulik või suurendatud mõõdus joonestatakse välja pool detailist materjali paksuse keskjoont kujutava joonena KL (joon. 58a).

Moodustaja KL jaotatakse üksikuteks geomeetrilisteks elementideks pikkustega l_1 ; l_2 ; l_3 , mille raskuskeskmed leitakse graafiliselt.

2. Üsikute geomeetriliste elementide raskuskeskmetest tõmatakse pöördkeha teljele paralleelsed sirged, kusjuures iga sirge tähistatakse ära numbriga (1 ; 2 ; 3).

3. Vabalt valitud punktist C (joon. 58b) joonestatakse pöördkeha teljele paralleelne sirge, millele kantakse elementide pikkused l_1 ; l_2 ; l_3 .



Joon. 58. Tooriku läbimõõdu leidmine graafilise meetodi järgi.

4. Vabalt valitud punkt E (joon. 58b) ühendatakse sirgete abil elementide l_1 ; l_2 ; l_3 otspunktidega.

5. Sirgele 1 (joon. 58a) vabalt valitud punktist A joonestatakse sirgele $1-2$ (joon. 58b) paralleel kuni lõikumiseni sirgega 2 . Saadud lõikepunktist joonestatakse sirgele $2-3$ (joon. 58b) paralleel kuni lõikumiseni sirgega 3 . Saadakse punkt B .

6. Punktist A joonestatakse sirgele $1-3$ (joon. 58b) paralleel ja punktist B joonestatakse sirgele $3-1$ paralleel kuni nende omavahelise lõikumiseni. Saadud lõikepunkti kaugus pöördkeha teljest on moodustaja raskuskeskme raadius R_c .

7. Kahekordne R_c pikkus kantakse sirge CN (joon. 58b) pikendusele. Sirge CM keskpunkti joonestatakse poolring, mille raa-

dus on $\frac{CN+2R_c}{2}$. Seejärel joonestatakse punktist N sirgele CM ristsirge NO kuni lõikumiseni ringjoonega. Saadud lõik NO on tooriku teoreetiline raadius R .

Tooriku mõõtmete määramine grafoanalüütilise meetodi järgi

Grafoanalüütilise meetodi rakendamine.

1. Joonestatakse pool detailist materjali paksuse keskjoont kujutava joonena KL (joon. 59). Moodustaja KL jaotatakse üksikuteks geometrilisteks elementideks. Ebakorrapärased kõverjoonelised lõigud, mis on tundmatud, jaotatakse väiksemateks elementideks. Viimaseid vaadeldakse tinglikult kui sirgeid.

2. Üksikute geometriliste elementide raskuskeskmete raadiuste suurused x määratakse jooniselt mõõtmise teel.

3. Tooriku läbimõõt arvutatakse järgmise valemi järgi:

$$D = \sqrt{8\Sigma lx},$$

kus Σlx on l ja x korrutiste summa;

l — kontuuri üksikute lõikude pikkused;

x — kontuuri üksikute lõikude raskuskeskmete kaugused detaili teljest (pöördkeha teljest). Serva ärälõikamiseks vajalik lisa määratakse tabelist 60.

Näide. Määrata tooriku läbimõõt detaili moodustaja järgi (joon. 60).

1. Määratakse lõikude pikkused:

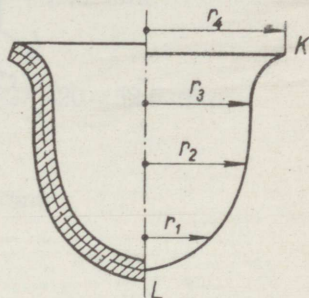
$$l_1 = 10 \text{ mm};$$

$$l_2 = \pi r \frac{\alpha}{180^\circ} = 3,14 \cdot 20 \frac{45^\circ}{180^\circ} = 15,7 \text{ mm};$$

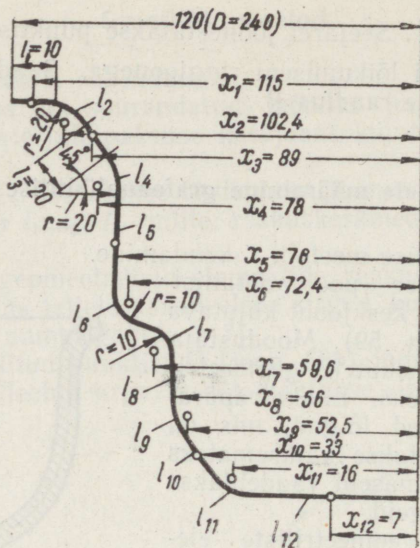
$$l_3 = 20 \text{ mm};$$

$$l_4 = 3,14 \cdot 20 \frac{45^\circ}{180^\circ} = 15,7 \text{ mm};$$

$$l_5 = 10 \text{ mm};$$



Joon. 59. Tooriku läbimõõdu määramiseks grafoanalüütilise meetodi järgi.



Joon. 60.

$$l_6 = \frac{\pi}{2} r = \frac{3,14}{2} \cdot 10 = 15,7 \text{ mm};$$

$$l_7 = \frac{\pi}{2} r = \frac{3,14}{2} \cdot 10 = 15,7 \text{ mm};$$

$$l_8 = 15 \text{ mm};$$

$$l_9 = \frac{\pi r \alpha}{180^\circ} = 3,14 \cdot 20 \frac{60^\circ}{180^\circ} = 21 \text{ mm};$$

$$l_{10} = 30 \text{ mm};$$

$$l_{11} = 3,14 \cdot 10 \frac{30^\circ}{180^\circ} = 5,2 \text{ mm};$$

$$l_{12} = 14 \text{ mm}.$$

2. Määratakse lõikude raskuskeskmete asukohad. Lõikudel, mis moodustavad osa ringjoonest, kasutatakse raskuskeskmete asukoha leidmiseks tabelleid 57, 58 ja 59.

$$x_1 = R - 0,5l_1 = 120 - 0,5 \cdot 10 = 115 \text{ mm};$$

$$x_2 = R - l_1 - B_2 = R - l_1 - B_0 r = 120 - 10 - 0,373 \cdot 20 = 102,4 \text{ mm};$$

$$x_3 = r_3 = 89 \text{ mm};$$

$$x_4 = (r_4 + r) - B_4 = (r_4 + r) - A_0 r =$$

$$= (76 + 20) - 0,901 \cdot 20 = 78 \text{ mm};$$

$$x_5 = r_4 = 76 \text{ mm};$$

$$x_6 = (r_4 - r_1) + A_6 = (r_4 - r_1) + A_0 r_1 = (76 - 10) + 6,37 =$$

$$= 72,4 \text{ mm};$$

$$x_7 = (r_8 + r_1) - A_0 r_1 = (56 + 10) - 6,37 = 59,6 \text{ mm};$$

$$x_8 = r_8 = 56 \text{ mm};$$

$$x_9 = (r_8 - r_3) + A_0 r_3 = (56 - 20) + 0,827 \cdot 20 = 52,5 \text{ mm};$$

$$x_{10} = r_{10} = 33 \text{ mm};$$

$$x_{11} = r_{11} + B_0 r = 14 + 10 \cdot 0,26 = 16,6 \text{ mm};$$

$$x_{12} = \frac{r_{12}}{2} = \frac{14}{2} = 7 \text{ mm}.$$

Leitud raskuskeskmete kaugused ja lõikude pikkused on soovitatav koondada tabelisse.

Lõik	l	x	lx
1	10	115	1150
2	15,7	102,4	1604
3	20	89	1780
4	15,7	78	1225
5	10	76	760
6	15,7	72,4	1137
7	15,7	59,6	935
8	15	56	840
9	21	52,5	1103
10	30	33	990
11	5,2	16,6	86
12	14	7,0	98

$$\Sigma lx = 11708.$$

Tooriku läbimõõt D määratakse järgmise valemi järgi:

$$D = \sqrt{8 \Sigma lx} = \sqrt{8 \cdot 11708} \approx 306 \text{ mm}.$$

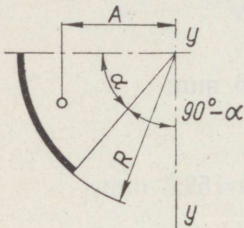
KAARE RASKUSKESKME KAUGUS YY-TELJEST

(kui $\alpha = 1 \dots 89^\circ$ ja $R=1$) A — kaare raskuskeskme kaugus YY-teljest; R — raadius; A_0 — kaare raskuskeskme kaugus YY-teljest, kui $R=1$; A_0 võetakse tabelist.

$$A = A_0 R; A_0 = \frac{S}{l} \cos \frac{\alpha}{2} \quad (\text{kui } R=1).$$

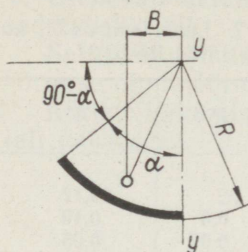
Näide. Leida suurus A , kui $R=20$ mm ja $\alpha=25^\circ$.

$$A = A_0 R = 0,967 \cdot 20 = 19,38 \text{ mm.}$$



α°	A_0	α°	A_0	α°	A_0
1	1,000	31	0,952	61	0,822
2	1,000	32	0,949	62	0,816
3	1,000	33	0,946	63	0,810
4	0,999	34	0,942	64	0,805
5	0,999	35	0,939	65	0,799
6	0,998	36	0,936	66	0,793
7	0,998	37	0,932	67	0,787
8	0,997	38	0,929	68	0,781
9	0,996	39	0,925	69	0,775
10	0,995	40	0,921	70	0,769
11	0,994	41	0,917	71	0,763
12	0,993	42	0,913	72	0,757
13	0,992	43	0,909	73	0,750
14	0,990	44	0,905	74	0,744
15	0,989	45	0,901	75	0,738
16	0,987	46	0,896	76	0,731
17	0,985	47	0,891	77	0,725
18	0,984	48	0,887	78	0,719
19	0,982	49	0,883	79	0,712
20	0,980	50	0,879	80	0,705
21	0,978	51	0,873	81	0,699
22	0,976	52	0,868	82	0,692
23	0,974	53	0,864	83	0,685
24	0,972	54	0,858	84	0,678
25	0,969	55	0,853	85	0,671
26	0,966	56	0,848	86	0,665
27	0,963	57	0,843	87	0,658
28	0,960	58	0,838	88	0,651
29	0,958	59	0,832	89	0,644
30	0,955	60	0,827		

KAARE RASKUSKESKME KAUGUS YY-TELJEST

(kui $\alpha=1 \dots 89^\circ$ ja $R=1$) B — kaare raskuskeskme kaugus YY -teljest; R — raadius; B_0 — kaare raskuskeskme kaugus YY -teljest, kui $R=1$; B_0 võetakse tabelist.

$$B=B_0R; B_0=\frac{S}{l} \sin \frac{\alpha}{2} \quad (\text{kui } R=1).$$

Näide. Leida suurus B , kui $R=25$ mm ja $\alpha=38^\circ$

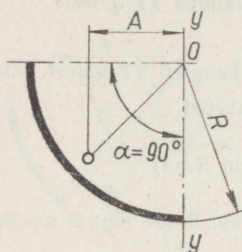
$$B=B_0R=0,320 \cdot 25=8 \text{ mm.}$$

α°	B_0	α°	B_0	α°	B_0
1	0,009	31	0,264	61	0,484
2	0,017	32	0,272	62	0,490
3	0,026	33	0,280	63	0,497
4	0,035	34	0,288	64	0,503
5	0,043	35	0,296	65	0,509
6	0,052	36	0,304	66	0,515
7	0,061	37	0,312	67	0,521
8	0,070	38	0,320	68	0,527
9	0,078	39	0,327	69	0,533
10	0,087	40	0,335	70	0,538
11	0,095	41	0,343	71	0,544
12	0,104	42	0,350	72	0,550
13	0,113	43	0,358	73	0,555
14	0,122	44	0,366	74	0,561
15	0,130	45	0,373	75	0,566
16	0,139	46	0,380	76	0,572
17	0,147	47	0,388	77	0,577
18	0,156	48	0,395	78	0,582
19	0,164	49	0,402	79	0,587
20	0,173	50	0,409	80	0,592
21	0,181	51	0,416	81	0,597
22	0,190	52	0,423	82	0,602
23	0,198	53	0,430	83	0,606
24	0,206	54	0,437	84	0,611
25	0,215	55	0,444	85	0,615
26	0,223	56	0,451	86	0,620
27	0,231	57	0,458	87	0,624
28	0,240	58	0,464	88	0,628
29	0,248	59	0,471	89	0,633
30	0,256	60	0,478		

KAARE RASKUSKESKME KAUGUS YY-TELJEST

(kui $\alpha = 90^\circ$ ja antud on R)

Näited.

1. Leida suurus A , kui on antud $R=46,25$:

R	A
46	29,3
0,2	0,13
0,05	0,03
46,25	29,46 mm

2. Leida suurus A , kui on antud $R=52,37$:

R	A
52	33,12
0,3	0,19
0,07	0,05
52,37	33,36 mm

R	A	R	A	R	A	R	A
0,01	0,01	13	8,28	43	27,39	73	46,49
0,02	0,01	14	8,92	44	28,02	74	47,13
0,03	0,02	15	9,55	45	28,66	75	47,77
0,04	0,03	16	10,19	46	29,30	76	48,41
0,05	0,03	17	10,83	47	29,93	77	49,05
0,06	0,04	18	11,46	48	30,57	78	49,69
0,07	0,05	19	12,10	49	31,21	79	50,32
0,08	0,05	20	12,74	50	31,84	80	50,95
0,09	0,06	21	13,37	51	32,48	81	51,59
0,1	0,06	22	14,01	52	33,12	82	52,23
0,2	0,13	23	14,65	53	33,76	83	52,86
0,3	0,19	24	15,29	54	34,39	84	53,50
0,4	0,25	25	15,92	55	35,03	85	54,13
0,5	0,32	26	16,56	56	35,67	86	54,77
0,6	0,38	27	17,20	57	36,30	87	55,41
0,7	0,45	28	17,83	58	36,94	88	56,05
0,8	0,51	29	18,47	59	37,58	89	56,68
0,9	0,57	30	19,11	60	38,21	90	57,32
1	0,64	31	19,74	61	38,85	91	57,96
2	1,27	32	20,38	62	39,49	92	58,59
3	1,91	33	21,02	63	40,12	93	59,23
4	2,55	34	21,65	64	40,76	94	59,87
5	3,18	35	22,29	65	41,40	95	60,51
6	3,82	36	22,93	66	42,04	96	61,15
7	4,46	37	23,57	67	42,67	97	61,79
8	5,10	38	24,20	68	43,31	98	62,43
9	5,73	39	24,84	69	43,95	99	63,06
10	6,37	40	25,48	70	44,58		
11	7,01	41	26,11	71	45,22		
12	7,64	42	26,75	72	45,86		

36. VARU SERVA LÕIKAMISEKS PÖÖRDKEHADE TÕMBAMISEL

Enne tooriku läbimõõdu arvutamist tuleb kindlaks määrata varu serva lõikamiseks.

Olenevalt detaili kõrgusest valitakse keskmised varude suurused tabelist 60.

Serva ärälõikamise varu tuleb tingimata lisada valmisdetaili kõrguse nimimõõtmele või ääriku raadiusele.

Ääriku lõikamisel stantsiga ei tohi varu olla väiksem materjali paksusest.

VARU SERVA LÕIKAMISEKS

Mõõtmed mm-tes

Tabel 60

Detaili kõrgus	6	12	20	25	38	50	65	75	90	100	125	150
Varu suurus	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0	4,5	5	5,5	6,5

Kui detaili kõrgus ületab 150 mm, võetakse varu 5% kõrgusest.

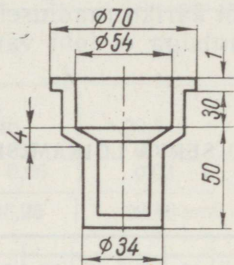
Detailide tõmbamisel materjali õhenemisega suurendatakse varu 2...2,5 korda. Detailide tõmbamisel materjali õhenemisega, milleks on vaja rohkem kui 4...5 operatsiooni, tuleb tingimata arvestada vahepealseid serva lõikamise operatsioone.

37. ASTMELISTE JA KOONILISTE DETAILIDE (PÖÖRDKEHADE) TÕMBAMINE

Astmeliste, kooniliste või teiste keerukate pöördkehade tõmbamiseks tehakse, olenevalt detaili kujust, mitu operatsiooni koos vajalike üleminekuvormidega. Üleminekuvormide arv, mõõtmed, tõmbekoefitsiendid, õhenemine jne. määratakse põhiliselt lk. 121...124 toodud andmete järgi. Mõnel juhul, määrates operatsioonide arvu, suurendatakse või vähendatakse tõmbekoefitsienti, olenevalt detaili lõplikust kujust. Seda on näha toodud näidetest lk. 112...117.

ASTMELISE SILINDRILISE DETAILI TÕMBAMINE

Näide. I. Joonisel 61 kujutatud astmeline, silindriline detail ei ole eriti keerukas, kuid vahepealsetel operatsioonidel on tingimata vajalik sujuv üleminek ühelt astmelt teisele, kusjuures viimasel operatsioonil (vormimisel) antakse detailile nõutud kuju. See reegel kehtib kõigi keerukate detailide tõmbamise kohta.



Joon. 61. Tõmmatud detail.

TOORIKU ARVUTAMINE

Kuna antud kujuga detaili tooriku arvutamiseks valemil lk-1 173... 144 ei ole, siis arvutatakse toorik üksikute elementide järgi. Enne tooriku arvutamist lisatakse ääriku läbimõõdule (70 mm) serva lõikamise varu 8 mm (vastavalt tabelile 60).

Lk. 134... 136 olevate valemite järgi leitakse pindala F .

- 1) äärik $F = 0,785(78^2 - 54^2)$ 2487 mm²,
- 2) silinder $F = 3,14 \cdot 56 \cdot 30$ 5280 „ ,
- 3) tüvikoonus $F = 3,14 \cdot 12,8 \left(\frac{56 + 32}{2} \right)$ 1760 „ ,
- 4) silinder $F = 3,14 \cdot 34 \cdot 46$ 4913 „ ,
- 5) põhi $F = 3,14 \cdot 17^2$ 908 „ ,

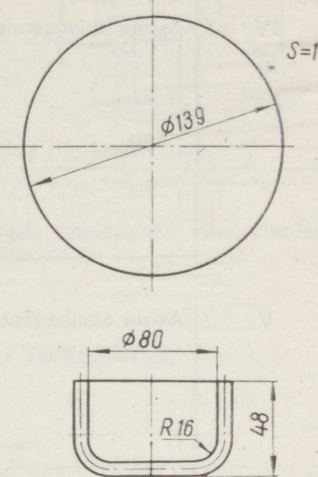
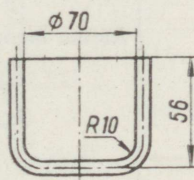
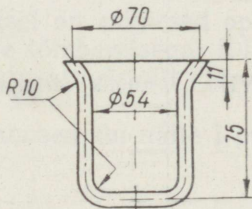
Üldpindala 15 348 mm².

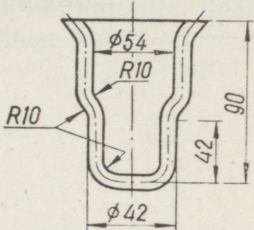
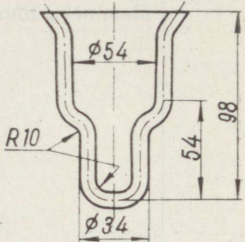
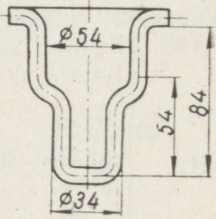
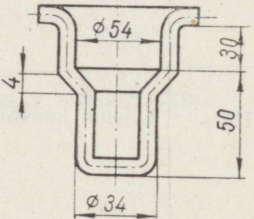
Tooriku läbimõõt:

$$D = \sqrt{\frac{15348}{3,14}} \cdot 4 \approx 139 \text{ mm.}$$

TÖMBAMISOPERATSIOONIDE JÄRJEKORD

Tabel 61

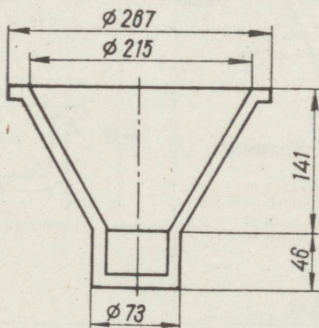
Operatsiooni nr.	Operatsiooni nimetus	Joonis
I	Tooriku stantsimine ja esimese ülemineku tõmbamine	 <p>Technical drawing for operation I. The top part shows a circular blank with a diameter of $\phi 139$ and a label $S=1$. The bottom part shows a U-shaped profile with an outer width of $\phi 80$, a height of 48, and a corner radius of $R16$.</p>
II	Silindri tõmbamine	 <p>Technical drawing for operation II. It shows a U-shaped profile with an outer width of $\phi 70$, a height of 56, and a corner radius of $R10$.</p>
III	Laiendi moodustamine	 <p>Technical drawing for operation III. It shows a U-shaped profile with an outer width of $\phi 70$, a height of 75, an inner diameter of $\phi 54$, and a corner radius of $R10$.</p>

Operatsiooni nr.	Operatsiooni nimetus	Joonis
IV	Astme moodustamine	
V	Astme tõmbamine	
VI	Ääriku moodustamine	
VII	Lõplik vormimine	

Operatsiooni nr.	Operatsiooni nimetus	Joonis
VIII	Ääriku äralõikamine	

Märkus. Olenevalt seadmetest ja materjali omadustest võib stantside konstrueerimisel tõmbamisoperatsioonide arvu vähendada.

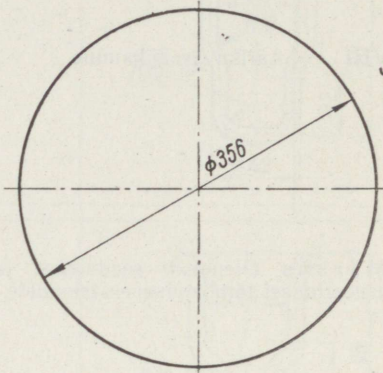
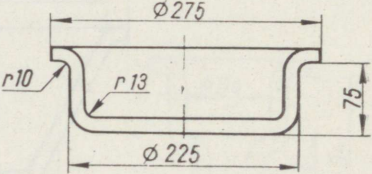
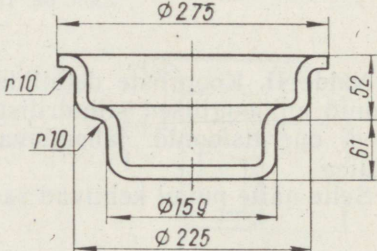
KOONILISE KUJUGA DETAILI TÕMBAMINE



Joon. 62. Tõmmatud detail.

Näide II. Kooniliste detailide tõmbamisel on esimesed operatsioonid analoogilised silindriliste detailide tõmbamisega. Edaspidised operatsioonid lähendavad tõmmatavat detaili lõplikule kujule.

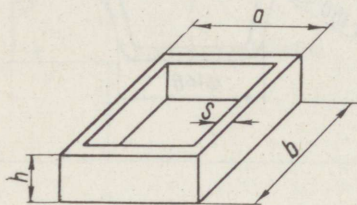
Selle näite puhul kehtivad samad tingimused kui näite I puhul.

Operatsiooni nr.	Operatsiooni nimetus	Joonis
I	Tooriku stantsimine	 <p>A technical drawing of a circular blank. It shows a circle with a diameter dimensioned as $\phi 356$. A vertical dashed line and a horizontal dashed line intersect at the center. To the right of the circle, the thickness is indicated as $S=4$.</p>
II	Silindri tõmbamine	 <p>A technical drawing of a cylindrical part. The outer diameter is $\phi 275$ and the inner diameter is $\phi 225$. The height is 75. The top and bottom edges have a fillet radius of $r10$. The inner fillet radius is $r13$.</p>
III	Astme tõmbamine	 <p>A technical drawing of a stepped cylindrical part. The outer diameter is $\phi 275$ and the inner diameter is $\phi 225$. The intermediate diameter is $\phi 159$. The height of the upper section is 52 and the height of the lower section is 61. The top and bottom edges have a fillet radius of $r10$.</p>

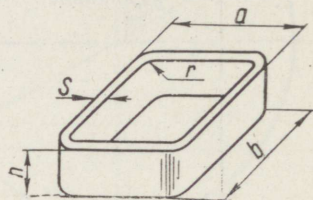
Operatsiooni nr.	Operatsiooni nimetus	Joonis
IV	Detaili seintele esialgse koonilise andmine	
V	Alumise osa tõmbamine	
VI	Lõplik vormimine	
VII	Ääriku äralõikamine	

38. RISTKÜLIKULISTE DETAILIDE TÕMBAMINE

Ristkülikuliste detailide tõmbamisel kasutatakse lõigatud nurkadega toorikuid. Sellega välditakse detaili nurkadesse materjali ülejäägist tekkivaid volte ja kortse, mille tagajärjel võib tekkida materjali rebenemine nurkades. Samuti jäävad ka nurgad kõrgemaks ülejäänud detailist. Ristkülikulise detaili tooriku mõõtmete ja kuju määramisel eeldatakse tinglikult, et tõmbamine toimub ainult nurkades, detaili sirged küljed saavad aga painutatud. Alljärgnevalt on toodud näiteid joonisel kujutatud detailide toorikute määramiseks.



Joon. 63. Teravate nurkadega karp.



Joon. 64. Ümardatud nurkadega karp.

TERAVATE NURKADEGA KARBI TOORIKU MÄÄRAMINE

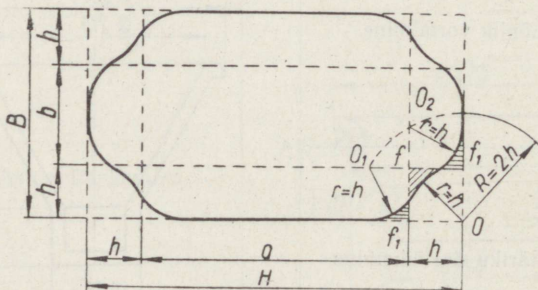
(joonis 63)

Esiteks määratakse toorik külgedega

$$A = a + 2h; \quad B = b + 2h.$$

Kui üleminekuradius põhja ja külgede vahel on r , siis tooriku mõõtmed määratakse järgnevalt:

$$A = a + 2(h - 0,43r); \quad B = b + 2(h - 0,43r).$$



Joon. 65. Ristkülikulise detaili tooriku graafiline määramine.

Seejärel tõmmatakse tooriku välimise kontuuri tipust O (joon. 65) kaar raadiusega $r=h$. Samast punktist O tõmmatakse teine kaar raadiusega $R=2h$, mis lõikub tooriku sisemise kontuuriga punktides O_1 ja O_2 . Neist punktidest tõmmatakse kaared raadiusega $r=h$, mis puutuvad punktist O tõmmatud kaarega. Samuti toimitakse teiste nurkade moodustamisel. Joonisel 65 on näha, et ärälõigatud pindade summa f_1 võrdub juurdelisatud pindade summaga f .

ÜMARDATUD NURKADEGA KARBI TOORIKU MÄÄRAMINE

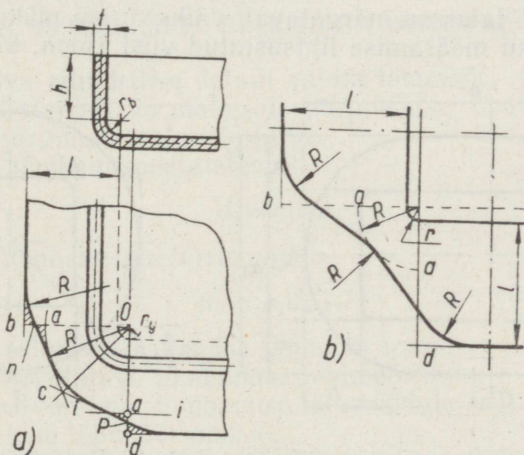
(joonis 64)

Tooriku kontuur määratakse järgmiselt:

1. Määratakse painutatud osa l pikkus, võttes painderaadiuseks r_b (joon. 66a). Ilma äärikuta karbikujulise detaili puhul:

$$l = 0,95h - 0,43 \left(r_b + \frac{t}{2} \right),$$

kus h — karbi kõrgus koos varuga ääre lõikamiseks;
 r_b — külgede ja põhja vaheline üleminekuraadius;
 t — tooriku materjali paksus.



Joon. 66. Ristkülikulise ümardatud nurkadega detaili tooriku graafiline määramine.

2. Määratakse tingliku tooriku raadius R , mis kujutab enesest silindrikujulise detaili (lähimõõt $2r_y$ ja kõrgus h) tooriku raadiust. Selle detaili üks veerand moodustab venitatava karbikujulise detaili ühe nurga.

3. Punktist O tõmmatakse kaks ristsirget Ob ja Od . Seejärel tõmmatakse punktist O kaar raadiusega r_y , mis piirab detaili

nurga moodustanud pöördkeha veerandi põhja tasast pinda. Samast punktist tõmmatakse kaar tingliku tooriku raadiusega R .

4. Punktist O tõmmatakse kaugusele $l+r_y$ sirged, mis piiravad tooriku sirgjoonelist osa.

5. Lõigud ab ja ad jaotatakse pooleks ning saadud keskpunktist n ja p tõmmatakse puutujad kaarele raadiusega R .

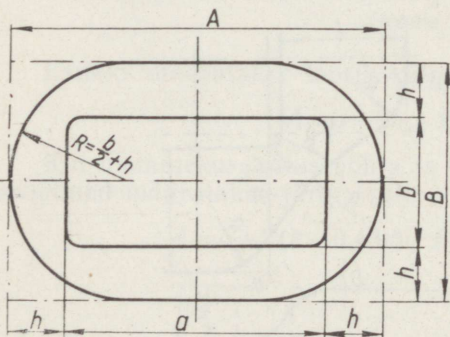
6. Nurgad, mis tekkisid puutujate ja tooriku sirgjooneliste osade vahel, ümardatakse raadiusega R .

Sellist kontuuri leidmise moodust saab kasutada seni, kuni punktidest n ja p kaarele raadiusega R tõmmatud puutujad moodustavad ühe sirgjoone, kui $\frac{h}{r_y} \leq 5$.

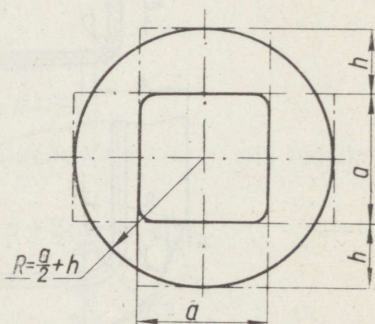
Juhul kui $\frac{h}{r_y} > 5$, soovitatakse tooriku kontuur määrata joonisel 66b näidatud viisil. Sel juhul lõikude ba ja ad keskpunktidest kaarele raadiusega R tõmmatud puutujate lõikumisel tekkinud nurk ümardatakse raadiusega R .

RISTKÜLIKULISE DETAILI TOORIKU MÄÄRAMISE LIHTSUSTATUD MEETOD

Kui detaili laius on märgatavalt väiksem kui pikkus, siis kasutatakse tooriku määramise lihtsustatud viisi (joon. 67).



Joon. 67. Ristkülikulise detaili tooriku määramise lihtsustatud meetod.



Joon. 68. Ruudukujulise detaili tooriku määramise lihtsustatud meetod.

Esiteks joonestatakse karbi toorik külgedega

$$A = a + 2h \quad B = b + 2h.$$

Ristküliku nurgad ümardatakse raadiusega

$$R = \frac{b}{2} + h.$$

Ruudukujulise põhjaga ümardatud nurkadega detaili toorik määratakse ruudu tsentrist raadiusega $R = \frac{a}{2} + h$ tõmmatud ringjoonega (joon. 68).

39. VAJALIKE TÕMBAMISOPERATSIOONIDE ARVU JA ÜLEMINEKUVORMIDE MÖÖTMETE MÄÄRAMINE

Detailide tõmbamisel toimub materjali osakeste ümberpaiknemine ja selletõttu tekivad suured pinged. Kvaliteetsete detailide saamiseks on sageli vaja sooritada mitu vahepealset tõmbamisoperatsiooni, kusjuures vormilt keeruka tõmbamise või sügavtõmbamise vahepealsed operatsioonid on lihtsamad ja madalamad.

Tõmbamisoperatsioonide vahepealsete vormide läbimõõtude suhted tuleb valida nii, et tõmmatavas metallis tekkivad pinged ei ületaks materjali tõmbetugevust (vt. tõmbekoefitsientide m ja m_1 väärtused tabelis 63).

Materjali tõmbamisel tekkiva kalestumise kõrvaldamiseks tuleb vajaduse korral tõmbamisoperatsioonide vahel toorikuid lõõmutada.

SILINDRILISTE DETAILIDE TÕMBAMINE

Tõmmatava silindrilise detaili vähim läbimõõt, mida vastaval operatsioonil stantsitava materjali purunemise ohuta võib saada, määratakse järgmiste valemite järgi.

Esimesel tõmbamisoperatsioonil:

$$d_1 = mD,$$

järgnevatel tõmbamisoperatsioonidel:

$$d_n = m_1 d_{n-1},$$

kus d_1 — esimese tõmbamise läbimõõt mm;

d_n — arvutatava tõmbamise läbimõõt mm;

d_{n-1} — arvutatava tõmbamise läbimõõdule (d_n) eelneva venituse läbimõõt mm;

D — tooriku läbimõõt mm;

m — tõmbekoefitsient, $m = \frac{d_1}{D}$;

seda koefitsienti kasutatakse tasapinnalisest toorikust tehtava esimese tõmbamise arvutamisel;

m_1 — tõmbekoefitsient, $m_1 = \frac{d_n}{d_{n-1}}$;

seda koefitsienti kasutatakse silindrilistest toorikutest tehtavate järgnevate tõmbamiste arvutamisel.

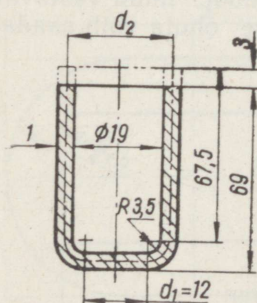
Koefitsientide m ja m_1 suurused muutuvad olenevalt venitata-
vast metallist ja selle paksusest.

Tabelis 63 on toodud koefitsientide m ja m_1 soovitatavad
vähimväärtused.

TÖMBEKOEFITSIENTIDE m JA m_1 VÄÄRTUSED PÖÖRDKEHADE TÖMBAMISEL

Tabel 63

Materjal	Esimene operat- sioon tasapinnali- sest toorikust		Järgnevad operat- sioonid silindrili- sest toorikust	
	m		m_1	
	$S \leq 2$ mm	$S > 2$ mm	$S \leq 2$ mm	$S > 2$ mm
Dekapeeritud plekk	0,58	—	0,78	—
Teras 08 KII; 10 KII	0,60	0,60	0,80	0,83
Messing, vask, alumiinium, AMPI	0,52	0,55	0,72	0,75
Duralumiinium	0,60	—	0,78	—
Teras 30 XГСА	0,65	0,68	0,84	0,84
Teras 1X18H9T				
termilise töötlemiseta	0,50	0,55	0,78	0,80
eelneva termilise töötlemisega	0,50	0,55	0,7...0,75	0,78...0,85



Joon. 69. Tõmmatud
detail.

Silindrilise detaili stantsimiseks vaja-
like tõmbamisoperatsioonide arv määra-
takse üleminekuvormide läbimõõtude järk-
järgulise arvutamise teel. Arvutatakse
kuni läbimõõdu saamiseni, mis on väik-
sem soovitud detaili läbimõõdust.

Arvutusnäide. Määrata joonisel 69 esi-
tatud kujuga tõmmatud detaili tooriku
läbimõõt ja üleminekuvormide arv ning
läbimõõdud. Tõmmatavaks materjaliks on
dekapeeritud plekk paksusega 1 mm.

Tasapinnalise tooriku läbimõõt D mää-
ratakse valemi lk. 140 järgi, arvesta-
mata ääriku osa.

$$D = \sqrt{d_1^2 + 2\pi r d_1 + 8r^2 + 4d_2 h}$$

$$D = \sqrt{12^2 + 6,28 \cdot 4 \cdot 12 + 8 \cdot 4^2 + 4 \cdot 20 \cdot 67,5} \approx 77 \text{ mm.}$$

Tabelist 63 (vastavalt venitatavale materjalile) määratakse
tõmbekoefitsiendid. Esimesel tõmbamisoperatsioonil on $m=0,58$ ja
järgnevatel $m_1=0,78$.

Silindrilise tooriku läbimõõt d_1 , mis saadakse esimesel tõmbamisel, on seega $d_1 = mD = 0,58 \cdot 77 = 44,7$ mm.

Teise tõmbamisoperatsiooni (indeks $n=2$) tulemusena saadakse toorik läbimõõduga d_2 .

$$d_n = m_1 d_{n-1};$$

$$d_2 = m_1 d_{2-1} = m_1 d_1 = 0,78 \cdot 44,7 = 34,9 \text{ mm.}$$

Muude üleminekuvormide läbimõõdud määratakse analoogiliselt:

$$d_3 = m_1 d_2 = 0,78 \cdot 34,9 = 27,2 \text{ mm};$$

$$d_4 = m_1 d_3 = 0,78 \cdot 27,2 = 21,2 \text{ mm};$$

$$d_5 = m_1 d_4 = 0,78 \cdot 21,2 = 16,5 \text{ mm.}$$

Kuna viimatisaadud läbimõõt $d_5 = 16,5$ mm on juba väiksem soovitud detaili läbimõõdust ($d = 20$ mm), siis tuleb võtta $d_5 = 20$ mm. Sellisel juhul ei ole materjali tõmmatavuse omadused täielikult kasutatud. Järelikult võib kasutatud tõmbekoefitsiente m ja m_1 mõningal määral suurendada. Seoses sellega tuleb üleminekuvormide läbimõõte korrigeerida.

Võttes $m = 0,60$ ja $m_1 = 0,81$, siis lõplikult

$$d_5 = 20 \text{ mm};$$

$$d_4 = \frac{d_5}{m_1} = \frac{20}{0,81} = 24,7 \text{ mm};$$

$$d_3 = \frac{d_4}{m_1} = \frac{24,7}{0,81} = 30,5 \text{ mm};$$

$$d_2 = \frac{d_3}{m_1} = \frac{30,5}{0,81} = 37,6 \text{ mm};$$

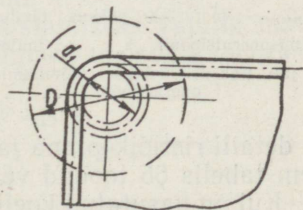
$$d_1 = \frac{d_2}{m_1} = \frac{37,6}{0,81} = 46,5 \text{ mm.}$$

Nagu nähtub arvutustest, on joonisel 69 esitatud kujuga detaili saamiseks vaja viis tõmbamisoperatsiooni.

RISTKÜLIKULISTE DETAILIDE TÕMBAMINE

Ristkülikuliste detailide (joon. 70) tõmbamiseks vajalike operatsioonide arv määratakse samuti kui silindriliste detailide tõmbamisel.

Arvutus tehakse lähtudes täissilindrist, mille põhi on moodustatud ristkülikulise detaili neljast ümardatud nurgast.



Joon. 70.

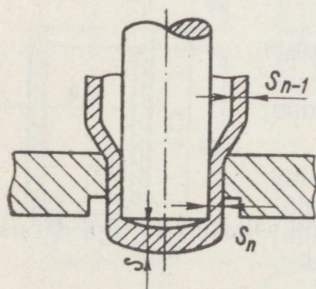
Tõmbekoefitsientide m ja m_1 soovitatavad vähimad väärtused on toodud tabelis 64.

TÕMBEKOEFITSIENTIDE VÄÄRTUSED RISTKÜLIKULISTELE DETAILIDELE

Tabel 64

Materjal	Esimene tõmbamine tasapinnalisest toorikust m	Järgnevad tõmbamis- operatsioonid m_1
Dekapeeritud plekk Teras 08 КП, 10 КП	0,25 ... 0,40	0,36 ... 0,55
Messing, vask	0,20 ... 0,30	0,30 ... 0,42
Alumiinium	0,30 ... 0,35	0,40 ... 0,45
Duralumiinium (Д16М; Д6М)	0,35 ... 0,40	0,45 ... 0,55

40. SILINDRILISTE DETAILIDE TÕMBAMINE MATERJALI ÕHENEMISEGA



Joon. 71. Materjali tõmbamine õhenemisega:

S_n — materjali paksus tõmbamisoperatsioonil, S_{n-1} — materjali paksus eelmisel tõmbamisoperatsioonil.

Operatsioonide arv, mille vältel toimub materjali (detaili seina) õhenemine, määratakse tingimusega, et õhenemise aste ei tohi olla väiksem kui õhenemise koefitsient φ .

Koefitsiendi φ arväärtused on toodud tabelis 65.

Tõmbetempli vaba liikumise kindlustamiseks detailis (kui detaili läbimõõt nimetamisväärselt ei muutu) tuleb tempel iga õhenemisega tõmbamisoperatsiooni puhul valmistada 2...3% väiksemana tooriku siseläbimõõdust.

Kui toimub üheaegselt seinte õhenemine ja märgatav läbimõõdu vähenemine, siis on materjali rebemise vältimiseks tingimata vajalik,

et detaili ristlõikepinna ja tooriku ristlõikepinna suhe ei oleks väiksem tabelis 65 toodud väärtustest (koefitsient φ).

Kui on kasutatud koefitsiendi φ vähimväärtusi, siis tuleb pärast iga tõmbamisoperatsiooni toorikuid lõõmutada.

Materjali nimetus	φ
Teras 08 KII, 10 KII	0,65
Keskmise kõvadusega teras (0,25...0,35% C)	0,75
Messing, vask	0,55
Alumiinium	0,60

Arvutusnäide. Määrata joonisel 72 esitatud kujuga tõmmatud detaili tooriku läbimõõt ja üleminekuvormide arv ning läbimõõdud. Materjaliks on teras 10KII.

Tabelist 65 leitakse õhenemise koefitsient $\varphi=0,65$.

Materjali lähtepaksuseks on detaili põhja paksus S , s. o. 3 mm. Sooritata-
vate operatsioonide arv, mis on vajalik
seinte õhenemiseks paksuseni kuni
1 mm, määratakse järgnevalt:

Seina paksus pärast esimest tõmba-
misoperatsiooni on S_1 :

$$S_1 = \varphi S = 0,65 \cdot 3,00 = 1,95 \text{ mm,}$$

ja vastavalt pärast teist ning kolman-
dat operatsiooni S_2 ja S_3 :

$$S_n = \varphi S_{n-1};$$

$$S_2 = \varphi S_{2-1} = \varphi S_1 = 0,65 \cdot 1,95 = 1,27 \text{ mm;}$$

$$S_3 = \varphi S_2 = 0,65 \cdot 1,27 = 0,82 \text{ mm.}$$

Järelikult on vaja sooritada neli operatsiooni (tõmbamine tasa-
pinnalisest toorikust seinapaksusega 3 mm on esimene operat-
sioon).

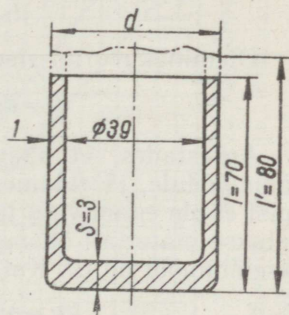
Serva äralõikamise varu leitakse tabelist 60 vastavalt detaili
kõrgusele. Kui detaili kõrgus on 70 mm, siis varu on 4,0 mm, mida
tuleb materjali õhenemisega tõmbamisel suurendada 2...2,5
korda. Seega kogu varu on $4 \cdot 2,5 = 10$ mm.

Järgnevalt arvutatakse detaili moodustamiseks vajalik mater-
jali ruumala, jättes arvesse võtmata ümardusi põhja servades.

$$V = \frac{\pi d^2}{4} S + \pi d_k S' (l' - S);$$

kusjuures $l' = l + \text{varu}$.

$$V = \frac{3,14 \cdot 41^2}{4} \cdot 3 + 3,14 \cdot 40 \cdot 1 (80 - 3) = 13\,636 \text{ mm}^3.$$



Joon. 72. Materjali õhenemisega tõmmatud detail.

Tooriku läbimõõt D määratakse järgmiselt:

$D = 1,13 \sqrt{\frac{V}{S}}$, kus S on venitatava materjali paksus, s. o. põhja paksus.

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{13636}{3}} \approx 76,1 \text{ mm.}$$

Esimese üleminekuvormi tõmbamiseks vajaliku silindrikujulise tooriku (seinapaksusega 3 mm) keskmine läbimõõt d_k määratakse analoogiliselt tasapinnalisest toorikust materjali õhenemiseta toimunud esimese venitusoperatsiooni puhul teostatud arvutusele.

$$d_k = mD$$

Kui venituskoefitsient $m = 0,6$, siis

$$d_k = 0,6 \cdot 76,1 = 45,7 \text{ mm.}$$

Üleminekuvormi siseläbimõõt d_s , kui $S = 3$ mm:

$$d_s = d_k - S = 45,7 - 3 = 42,7 \text{ mm.}$$

Arvestades, et saadud suurus on lähedane valmisdetaili siseläbimõõdule, järeldame, et materjali tavalist õhenemiseta tõmbamist ei ole enam vaja teha. Edasised tõmbamisoperatsioonid sooritatakse materjali õhenemisega. Järgmise üleminekuvormi tooriku siseläbimõõt on d_1 . Kui $S_1 = 1,95$ mm, siis

$$d_1 = 42,7 - 0,03 \cdot 42,7 = 41,4 \text{ mm.}$$

Kui $S_2 = 1,27$ mm, siis

$$d_2 = 41,4 - 0,03 \cdot 41,4 = 40,2 \text{ mm.}$$

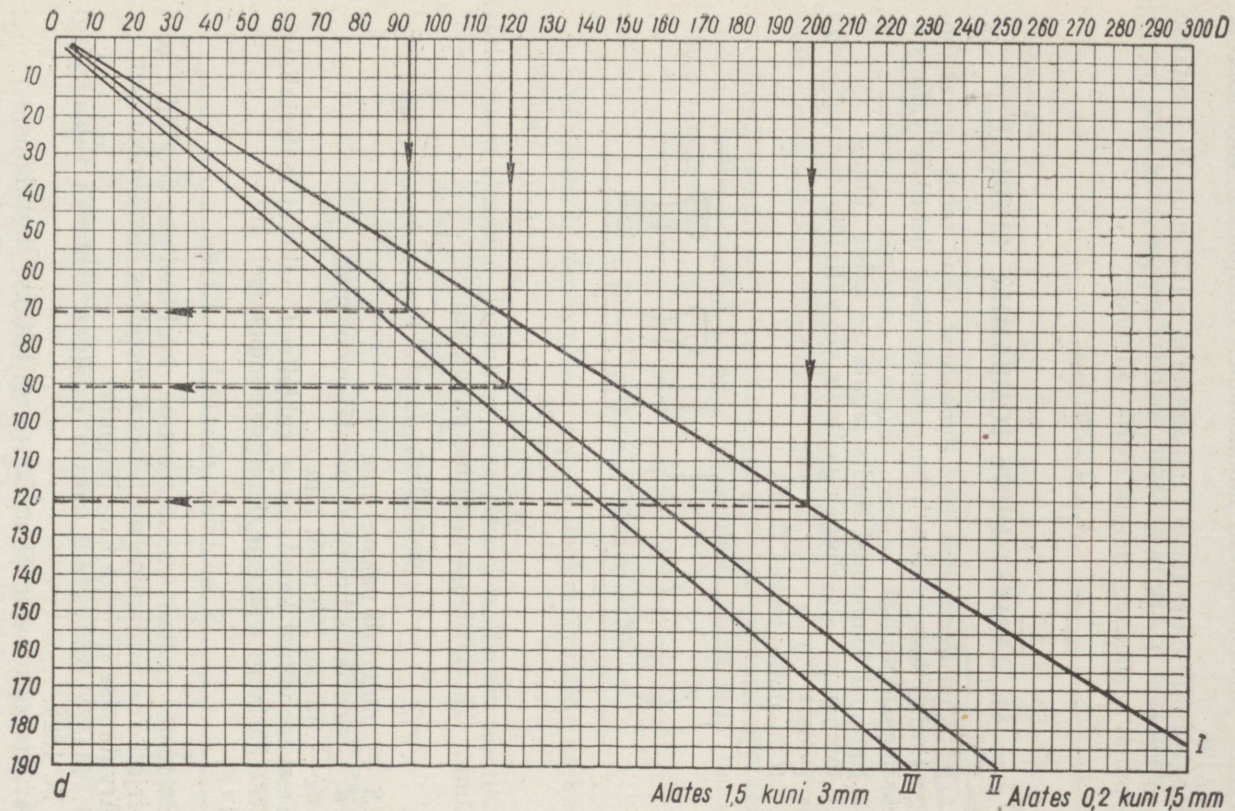
Järgmisel tõmbamisoperatsioonil saadakse lõpliku läbimõõduga detail. Järelikult joonisel 72 näidatud detaili saamiseks on vaja sooritada neli tõmbamisoperatsiooni — üks materjali õhenemiseta ja kolm materjali õhenemisega.

Materjali õhenemiseta tõmbamisel kasutatakse operatsioonide arvu ja üleminekuvormide läbimõõtude määramiseks joonisel 73 toodud diagrammi. Diagrammilt saadud suurusi võib suurendada või vähendada 3% piires.

Diagrammil joon *I* määrab esimese üleminekuvormi läbimõõdu olenemata materjali paksusest. Jooned *II* ja *III* määravad järgmiste üleminekuvormide läbimõõdud olenevalt materjali paksusest.

Näiteks detaili puhul, mille läbimõõt $d_n = 70$ mm ja seinapaksus $S = 1,5$ mm, on tasapinnalise tooriku läbimõõt $D = 200$ mm.

Esimese üleminekuvormi läbimõõt leitakse joonelt *I* vastavalt tooriku läbimõõdule D , s. t. $d_1 = 122$ mm.



Joon. 73. Materjali õhenemiseta tõmbamisel operatsioonide arvu ja üleminekuvormide läbimõõtude määramise diagramm.

Antud materjali paksuse $S=1,5$ mm puhul leitakse järgmiste üleminekuvormide läbimõõdud joonelt II vastavalt eelmisest operatsioonist saadud tooriku läbimõõdule. Siinjuures võetakse, et $d_1=D_1$ jne.

Seega antud näite teisel tõmbamisel $d_1=122$ mm= D_1 saadakse üleminekuvorm $d_2=90$ mm. Kolmandal tõmbamisel $d_2=90$ mm= $=D_2$ puhul saadaksegi detaili lõplik läbimõõt:

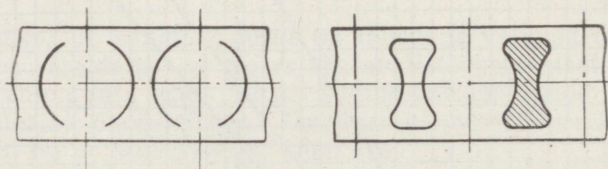
$$d_3=d_n=70 \text{ mm.}$$

41. JÄRJESTIKUNE TÕMBAMINE LINDIS

Järjestikust tõmbamist (või tõmbamist koos teiste operatsioonidega lindis) kasutatakse väikegabariidiliste detailide valmistamiseks masstootmisel.

Järjestikust tõmbamist lindis jagatakse kahte rühma:

- 1) tõmbamine sisselõigetega lindis või väljalõigatud vahedega lindis (joonis 74) ja
- 2) tõmbamine terves lindis.



Joon. 74.

Esimest menetlust kasutatakse suhteliselt õhukeste materjalide ja samuti laia äärikuga detailide puhul, kui

$$S < 0,05d; \quad d_{\bar{a}} > 1,2 d,$$

kus S — materjali paksus mm;

d — tooriku silindrilise osa läbimõõt mm;

$d_{\bar{a}}$ — ääriku läbimõõt mm.

Teist menetlust kasutatakse suhteliselt paksust materjalist ja väikese äärikuga väikeste detailide tõmbamisel, kui

$$S \geq 0,05d; \quad d_{\bar{a}} = (1,1 \dots 1,2)d.$$

Esimene meetod annab parema kvaliteediga detailid, kuid materjali ära kasutamine on teisega võrreldes ebaökonomsem.

Arvutamise järjekord on järgmine.

1. Määratakse detaili tooriku esialgne läbimõõt valemi järgi (vt. lk. 102).

Arvutatud tooriku läbimõõdu järgi leitakse lindi laius:

$$A = 1,2D$$

3. Määratakse operatsioonide arv ja tooriku läbimõõdud operatsioonidel, lähtudes tõmbamisel lubatud koefitsientidest, mis on toodud tabelis 66.

LUBATUD KOEFITSIENDID JÄRJESTIKUSEL TÕMBAMISEL LINDIST

Tabel 66

Tõmbekoe- fitsiendid operatsioo- nide kaupa	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	m_6 ja enam
Tõmbamine sisselõige- teta lindis	0,68 ... 0,72	0,80 ... 0,85	0,82 ... 0,87	0,85 ... 0,90	0,87 ... 0,92	0,90 ... 0,95

Märkus. Tõmbamisel sisselõigetega lindis, nagu näidatud joontsel 74, võib tõmbekoefitsienti vähendada 5...10% võrra.

Tõmbetempli serva raadius soovitatakse esimesel operatsioonil võtta võrdne 5...8 S ja seda järk-järgult vähendada kuni nõutava raadiuseni.

42. VAJALIK TÕMBEJÕUD

Pöördekahade tõmbamiseks vajalik jõud määratakse ligikaudselt valemiga:

$$P = \pi d S \sigma_b K,$$

- kus P — tõmbejõud kg;
 d — detaili läbimõõt mm;
 σ_b — tõmbetugevus kg/mm² (tabel 3);
 S — materjali paksus mm;
 K — paranduskoefitsient, mis oleneb tõmbekoefitsiendist m . (tabel 67).

KOEFITSIENDI K VÄÄRTUSED

Tabel 67

Tõmbekoe- fitsient m	0,55	0,575	0,6	0,625	0,65	0,675	0,7	0,75	0,775	0,8
Parandus- koefitsient K	1,0	0,93	0,86	0,79	0,72	0,66	0,6	0,5	0,45	0,4

Üldise vajaliku tõmbejõu surujaga töötades saab, kui arvutatud tõmbejõule lisada suruja jõud P_1 , mis võrdub:

$$P_1 = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) q,$$

- kus D — tooriku läbimõõt mm;
 d — detaili läbimõõt mm;
 q — suruja erisurve kg/mm² (tabel 68).

SURUJA ERISURVE q VÄÄRTUSED

Tabel 68

Materjali nimetus	Erisurve q kg/mm ²
Alumiinium AMu; AMr	0,08 ... 0,12
Vask, duralumiinium (lõõmutatud või värskelt karastatud)	0,12 ... 0,18
Messing	0,15 ... 0,20
Teras 20, tinatud plekk	0,25 ... 0,30
Kuumuskindel teras (lõõmutatud)	0,28 ... 0,35

43. MATRIITSI JA TEMPLI VAHELINE LÕTK TÕMBAMISEL

Surujata tõmbamisel võetakse matriitsi ja templi vaheline ühepoolne lõtk 1...1,1 materjali tolerantsiga määratud suurimast paksusest. Lõtkude vähimaid väärtusi kasutatakse täpsete detailide tõmbamisel, suurimaid — vähemtäpsete detailide või üleminekuvormide tõmbamisel.

Surujaga tõmbamisel kasutatakse lõtkude leidmiseks tabelit 69

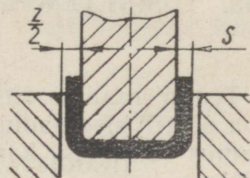
MATRIITSI JA TEMPLI VAHELINE LÕTK SURUJAGA TÕMBAMISEL

Mõõtmed mm-tes

Tabel 69

Materjali paksus S	Tõmbamisoperatsioonide arv											
	1		2		3		4		5			
	Üleminekuvormi nr.											
	1	1	2	1	2	3	1; 2	3	4	1; 2; 3	4	5
$\frac{Z}{2}$ ühepoolne lõtk templi ja matriitsi vahel												
0,5 ... 2	1,1S	1,3S	1,1S	1,5S	1,3S	1,1S	1,5S	1,3S	1,1S	1,5S	1,3S	1,1S
2 ... 4	1,1S	1,25S	1,1S	1,4S	1,25S	1,1S	1,4S	1,25S	1,1S	1,4S	1,25S	1,1S
4 ... 6	1,1S	1,2S	1,1S	1,35S	1,2S	1,1S	1,35S	1,2S	1,1S	1,35S	1,2S	1,1S

Märkus. Kui lõtk on $1,1S$, siis lõtk detaili ja matriitsi vahel $\frac{Z}{2}$ võetakse vastavalt materjali paksuse S tolerantsile järgnevalt:
 kui $S=0,5 \dots 2$ mm,
 siis materjali paksuse alumise piirmõõtme järgi;
 kui $S=2,1 \dots 4$ mm,
 siis materjali keskmise paksuse järgi;
 kui $S=4,1 \dots 6$ mm,
 siis materjali paksuse ülemise piirmõõtme järgi.



Joon. 75.

44. SURUJA KASUTAMISE VAJADUSE MÄÄRAMINE TÕMBAMISEL

Surujata tõmbamise võimalikkust määratakse suuruse Δ järgi, mis on materjali paksuse ja tooriku läbimõõdu suhtest. Järgmiste operatsioonide puhul võetakse aluseks tõmmatud detaili eelmise operatsiooni läbimõõt. Esimesel operatsioonil:

$$\Delta = \frac{S}{D} 100,$$

järgnevatel operatsioonidel:

$$\Delta = \frac{S}{d} 100,$$

- kus D — tooriku läbimõõt mm;
- S — materjali paksus mm;
- d — detaili läbimõõt eelmisel operatsioonil mm;
- 100 — koefitsient numbrilise resultaadi suurendamiseks.

Esimene tõmbamisoperatsioon:

- tuleb kasutada surujat, kui $\Delta < 1,5$;
- suruja kasutamine pole vajalik, kui $\Delta > 2$;
- kui $\Delta = 1,5 \dots 2$, on võimalikud mõlemad variandid.

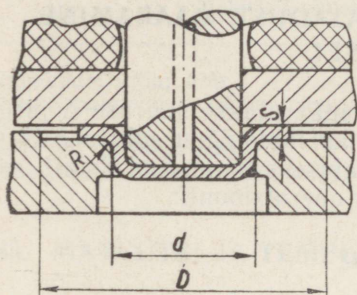
Järgnevad tõmbamisoperatsioonid:

- tuleb kasutada surujat, kui $\Delta < 1$;
- suruja kasutamine pole vajalik, kui $\Delta > 2$;
- kui $\Delta = 1 \dots 2$, on võimalikud mõlemad variandid, kusjuures vahemikus $\Delta = 1 \dots 1,25$ on soovitatav kasutada surujat; vahemikus $\Delta = 1,25 \dots 2$ ei ole suruja kasutamine vajalik.

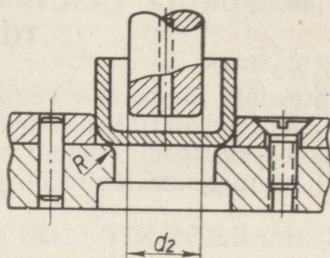
45. TÖMBETEMPLI JA MATRIITSI ÜMARDUSRAADIUSTE MÄÄRAMINE

Templi raadius viimasel tõmbamisoperatsioonil võrdub tõmmatava detaili siseraadiusega. Eelnevatel operatsioonidel peab templi raadius võimaluse korral võrduma matriitsi raadiusega või olema väiksem.

Tõmbematriitsi raadius R oleneb tooriku läbimõõdust D , tõmmatava detaili läbimõõdust d_1 ja materjali paksusest S (joon. 76 ja 77).



Joon. 76. Tõmbestants surujaga.



Joon. 77. Tõmbestants surujata.

Vastavalt materjalile võib orienteeruvalt valida tõmbematriitsi raadiuse järgmiselt:

duralumiinium	8... 12 S
teras	8... 10 S
alumiinium, vask, messing	5... 8 S

Eelnevatel tõmbamisoperatsioonidel on soovitav matriitsile valida vastavalt suurim, viimasel operatsioonil aga vähim raadius.

Märkus. Kui detaili konstruktsioon tingib väiksema raadiuse, kui on lubatud eespool, võib seda algul teha, kuna õigesti valitud puhvri surve ja matriitsi ning templi vahelise lõtku puhul osutub see tihti võimalikuks.

46. MATERJALI MÄÄRIMINE TÕMBAMISOPERATSIOONIL

Tõmbamisoperatsioonidel üldse, eriti aga tõmbamisel materjali õhenemisega, on oluline tõmmatava materjali või detailide õige määrimine ja määride valik. Peamised nõuded, mis seejuures esitatakse määridele on järgmised:

- 1) vastupidavus käärimisele ja lagunemisele;
- 2) määre ei tohi avaldada metallile korrodeerivat mõju;

- 3) kerge määritavus ja selle hilisem kõrvaldatavus;
 4) määre ei tohi suurte erisurvetega juures välja tungida mat-
 riitsi ja detaili (materjali) vahelt;
 5) määre kerge valmistatavus ja odavus.

MÄÄRETE KOOSTISI TÕMBAMISOPERATSIOONIL

Tabel 70

Tõmmatav materjal	Soovitavad koostised
Terased vähese süsiniku- sisaldusega	20% värtnaõli, 40% solidooli, 20% grafiiti, 7% väävliit, 12% vett, 1% piiritust
	40% värtnaõli, 40% solidooli, 8% väävliit, 11% talki, 1% piiritust
	Emulsioon nr. 16 (3...4%-ne seebiveelamus ja kriidipasta)
	80% tavotti, 20% grafiiti (helvestes)
	7% rohelist seepi, 93% vett
Alumiinium ja duralumii- nium	Tehniline kastoõli
	Tarvitatud avioõli
Messing ja vask	3...5%-ne seebiveelamus

Märkus. Nimetatud määrded kanda materjalile või detailile õhukese üht-
 lase kihina.

47. METALLIDE LÕÖMUTAMINE

Et kõrvaldada materjalis deformatsioonide tõttu tekkinud pinged, kasutatakse (vajaduse korral) operatsioonidevahelist lõõmutamist.

Allpool on toodud mõningate metallide lõõmutusrežiimid.

1. Teras Cr0; Cr1; Cr2; 08; 10 ja 15.

Lõõmutustemperatuur 760...780°C, kestus 20...40 min.
 Jahutamine õhus. Materjalidele $S > 3$ mm tuleb lõõmutustempera-
 tuuri tõsta kuni 920°C.

2. Teras Ст3; Ст4; 20; 25 ja 30.

Lõõmutustemperatuur kuni 720° C, kestus 60 min. Jahutamine õhus.

3. Teras 30XГСА.

I variant. Lõõmutustemperatuur 650...700° C, kestus 12...18 min. Jahutamine õhus.

II variant. Kuumutada kuni temperatuurini 880° C. Seejärel üle viia teise ahju, kus temperatuur on 680° C, hoida seal 12...15 min. Jahutamine õhus.

4. Roostevaba teras.

Lõõmutustemperatuur 1160...1170° C, kestus 30 min. Jahutamine õhujoas, kui materjali $S < 1$ mm. Jahutamine vees, kui materjali $S > 1$ mm.

5. Alumiinium ja duralumiinium.

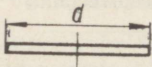
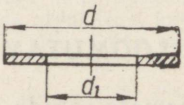
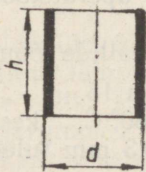
Lõõmutustemperatuur kuni 350° C, kestus 30 min. Jahutamine õhus.

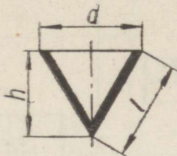
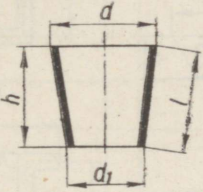
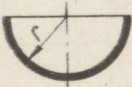
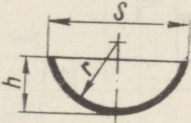
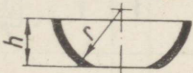
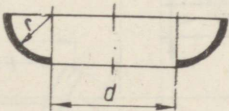
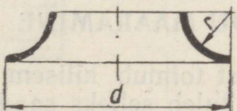
6. Messing Л62 ja Л68.

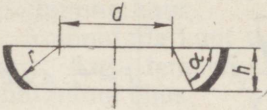
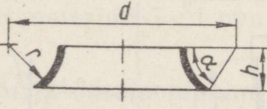
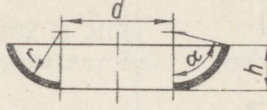
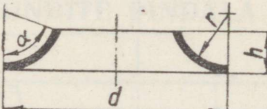
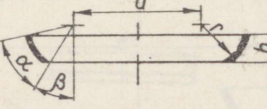
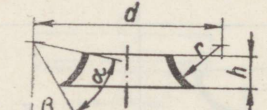
Lõõmutustemperatuur 660...780° C, kestus 15...30 min. Jahutamine õhus.

48. VALEMID MITMESUGUSTE GEOMEETRILISTE KUJUNDITE PINDALA MÄÄRAMISEKS

Tabel 71

Kujundi nimetus	Eskiis	Valem pindala F määramiseks
Ring		$F = \frac{\pi d^2}{4}$
Rõngas		$F = \frac{\pi}{4} (d^2 - d_1^2)$
Silindri külgepind		$F = \pi d h$

Kujundi nimetus	Eskiis	Valemi pindala F määramiseks
Koonuse külgpind		$F = \frac{\pi}{4} d \sqrt{d^2 + 4h^2} = \pi \frac{d}{2} l = \frac{\pi dl}{2}$
Tüvikoonuse külgpind		$l = \sqrt{h^2 + \left(\frac{d-d_1}{2}\right)^2}$ $F = \pi l \left(\frac{d+d_1}{2}\right)$
Poolkera		$F = 2\pi r^2 = \frac{\pi d^2}{2}$
Kera segment		$F = 2\pi rh$ $F = \frac{\pi}{4} (s^2 + 4h^2)$
Kera vöö		$F = 2\pi rh$
Ringrõnga $\frac{1}{2}$ välispinda		$F = \frac{\pi}{2} (\pi d + 4r)r$
Ringrõnga $\frac{1}{2}$ sisepinda		$F = \frac{\pi}{2} (\pi d - 4r)r$

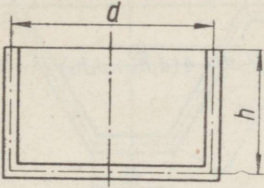
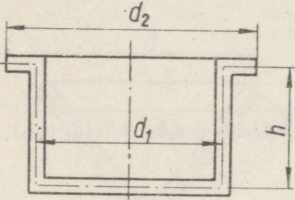
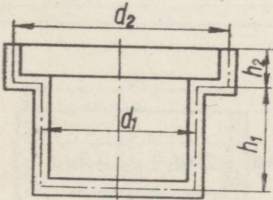
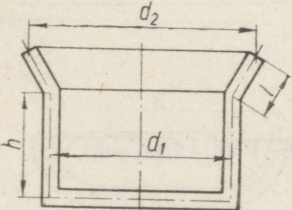
Kujundi nimetus	Eskiis	Valem pindala F määramiseks
Osa ringrõnga välispinnast		$h = r \sin \alpha$ $l = \frac{\pi r \alpha}{180^\circ}$ $F = \pi (dl + 2rh)$
Osa ringrõnga sisepinnast		$h = r \sin \alpha$ $l = \frac{\pi r \alpha}{180^\circ}$ $F = \pi (dl - 2rh)$
Osa ringrõnga välispinnast		$h = r (1 - \cos \alpha)$ $l = \frac{\pi r \alpha}{180^\circ}$ $F = \pi (dl + 2rh)$
Osa ringrõnga sisepinnast		$h = r (1 - \cos \alpha)$ $l = \frac{\pi r \alpha}{180^\circ}$ $F = \pi (dl - 2rh)$
Osa ringrõnga välispinnast		$h = r [\cos \beta - \cos (\alpha + \beta)]$ $l = \frac{\pi r \alpha}{180^\circ}$ $F = \pi (dl + 2rh)$
Osa ringrõnga sisepinnast		$h = r [\cos \beta - \cos (\alpha + \beta)]$ $l = \frac{\pi r \alpha}{180^\circ}$ $F = \pi (dl - 2rh)$

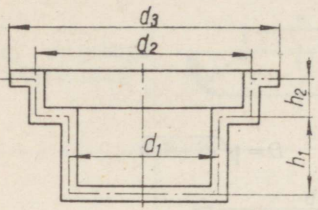
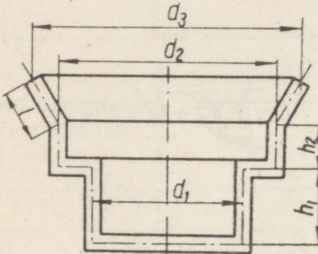
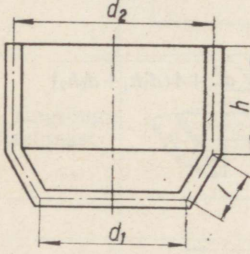
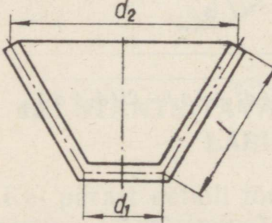
49. STANTSITAVATE PÕÖRDKEHADE TOORIKUTE LÄBIMÕÖDU MÄÄRAMINE

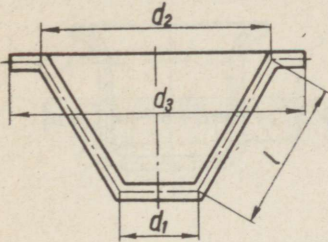
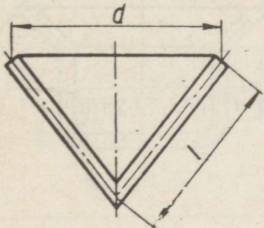
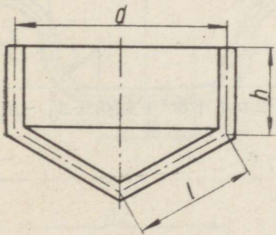
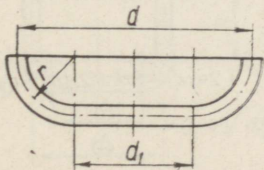
Kui pärast detaili tõmbamist toimub hilisem serva või ääriku lõikamine (stantsimine), siis tuleb selleks saadud tooriku läbimõõdule lisada varu (vt. tabel 60).

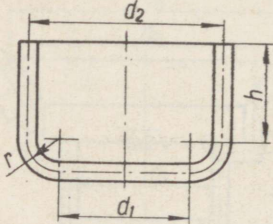
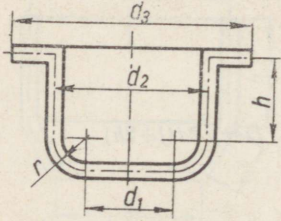
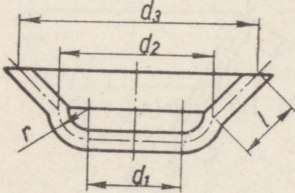
VALEMID MITMESUGUSTE STANTSITAVATE KUJUNDITE TOORIKU
LÄBIMÕÖDU MÄÄRAMISEKS

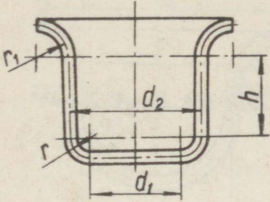
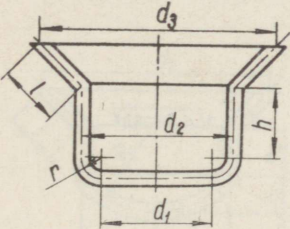
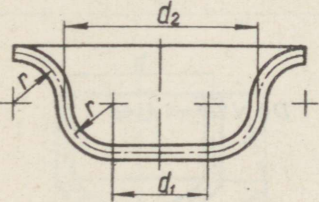
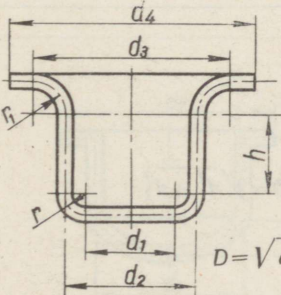
Tabel 72

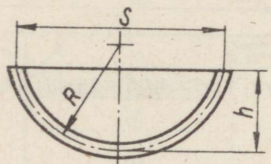
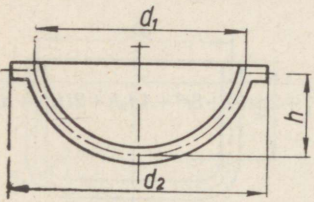
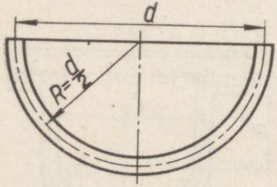
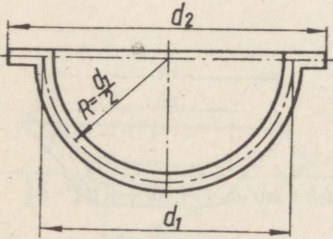
Kujund	Tooriku läbimõõt D
 <p>A diagram of a rectangular channel with a width labeled d and a height labeled h. The channel has a double-line border.</p>	$D = \sqrt{d^2 + 4dh}$
 <p>A diagram of a channel with a wider top flange. The top width is labeled d_2, the bottom width is labeled d_1, and the height is labeled h.</p>	$D = \sqrt{d_2^2 + 4d_1h}$
 <p>A diagram of a channel with a wider top flange and a different bottom width. The top width is labeled d_2, the bottom width is labeled d_1, the top flange height is labeled h_2, and the main channel height is labeled h_1.</p>	$D = \sqrt{d_2^2 + 4(d_1h_1 + d_2h_2)}$
 <p>A diagram of a channel with a wider top flange and angled sides. The top width is labeled d_2, the bottom width is labeled d_1, the height is labeled h, and the side flange length is labeled l.</p>	$D = \sqrt{d_1^2 + 4d_1h + 2l(d_1 + d_2)}$

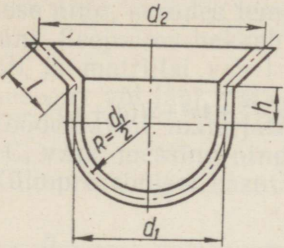
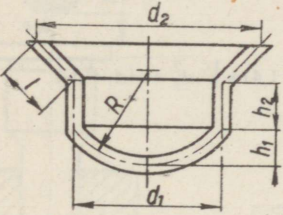
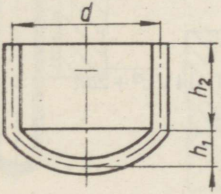
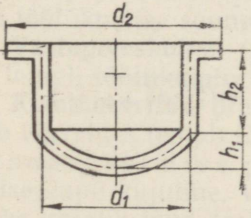
Kujund	Tooriku läbimõõt D
	$D = \sqrt{d_3^2 + 4(d_1 h_1 + d_2 h_2)}$
	$D = \sqrt{d_2^2 + 4(d_1 h_1 + d_2 h_2) + 2l(d_2 + d_3)}$
	$D = \sqrt{d_1^2 + 2l(d_1 + d_2) + 4d_2 h}$
	$D = \sqrt{d_1^2 + 2l(d_1 + d_2)}$

Kujund	Tooriku läbimõõt D
	$D = \sqrt{d_1^2 + 2l(d_1 + d_2) + d_3^2 - d_2^2}$
	$D = \sqrt{2dl}$
	$D = \sqrt{2d(l + 2h)}$
	$D = \sqrt{d_1^2 + 2r(\pi d_1 + 4r)}$

Kujund	Tooriku läbimõõt D
	$D = \sqrt{d_1^2 + 2\pi r d_1 + 8r^2 + d_3^2 - d_2^2}$
	$D = \sqrt{d_1^2 + 4d_2 h + 2\pi r d_1 + 8r^2}$
	$D = \sqrt{d_1^2 + 2\pi r d_1 + 8r^2 + 4d_2 h + d_3^2 - d_2^2}$
	$D = \sqrt{d_1^2 + 2\pi r d_1 + 8r^2 + 2l(d_2 + d_3)}$

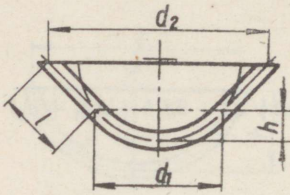
Kujund	Tooriku läbimõõt D
	$D = \sqrt{d_1^2 + 2\pi r d_1 + 8r^2 + 4d_2 h + 2\pi r_1 d_2 + 4,56r_1^2}$
	$D = \sqrt{d_1^2 + 2\pi r d_1 + 8r^2 + 4d_2 h + 2l(d_2 + d_3)}$
	$D = \sqrt{d_1^2 + 2\pi r (d_1 + d_2) + 4\pi r^2}$
	$D = \sqrt{d_1^2 + 2\pi r d_1 + 8r^2 + 4d_2 h + 2\pi r_1 d_2 + 4,56r_1^2 + d_4^2 - d_3^2}$

Kujund	Tooriku läbimõõt D
 <p>A diagram of a semi-circular pipe cross-section. The radius is labeled R, the height from the chord to the bottom is h, and the chord length is S.</p>	$D = \sqrt{8Rh} \text{ ehk } D = \sqrt{S^2 + 4h^2}$
 <p>A diagram of a semi-circular pipe cross-section with a flange. The outer diameter is d_1, the inner diameter is d_2, and the height is h.</p>	$D = \sqrt{d_2^2 + 4h^2}$
 <p>A diagram of a semi-circular pipe cross-section where the radius R is equal to half the diameter d, so $R = \frac{d}{2}$.</p>	$D = \sqrt{2d^2} = 1,414d$
 <p>A diagram of a semi-circular pipe cross-section with a flange. The outer diameter is d_2, the inner diameter is d_1, and the radius is $R = \frac{d_1}{2}$.</p>	$D = \sqrt{d_1^2 + d_2^2}$

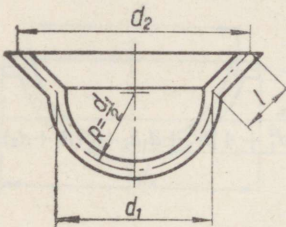
Kujund	Tooriku läbimõõt D
	$D = 1,414 \sqrt{d_1^2 + 2d_1h + l(d_1 + d_2)}$
	$D = \sqrt{d_1^2 + 4[h_1^2 + d_1h_2 + \frac{1}{2}(d_1 + d_2)]}$
	$D = \sqrt{d^2 + 4(h_1^2 + dh_2)}$
	$D = \sqrt{d_2^2 + 4(h_1^2 + d_1h_2)}$

Kujund

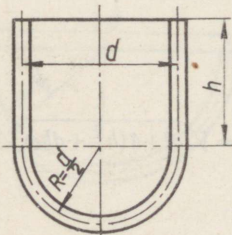
Tooriku läbimõõt D



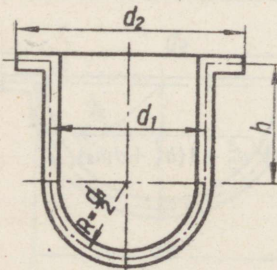
$$D = \sqrt{d_1^2 + 4h^2 + 2l(d_1 + d_2)}$$



$$D = 1,414 \sqrt{d_1^2 + l(d_1 + d_2)}$$



$$D = 1,414 \sqrt{d^2 + 2dh}$$



$$D = \sqrt{d_1^2 + d_2^2 + 4d_1h}$$

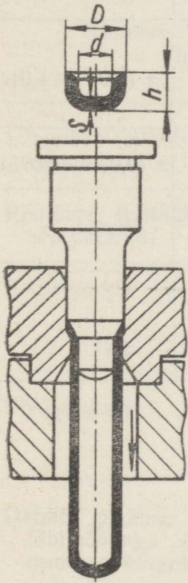
50. KÜLMPRESSIMINE

Külmpressimist kasutatakse õhukeseseinaliste õonesdetailide valmistamisel.

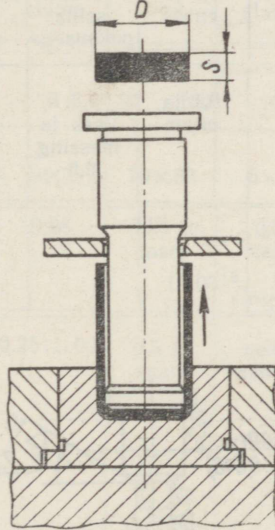
Külmpressimine toimub järgnevalt. Toorik pannakse matriitsi pesasse ning, surudes templiga, viiakse töödeldav metall plastilise olekuni. Seejuures hakkab metall voolama ning tungib välja läbi templi ja matriitsi vahel oleva lõtku (mis võrdub detaili seinapaksusega) või läbi matriitsi põhjas oleva augu.

Töödeldavad materjalid: alumiinium, tsink soojendatult kuni 200°C , vask, messing ning isegi pehme teras.

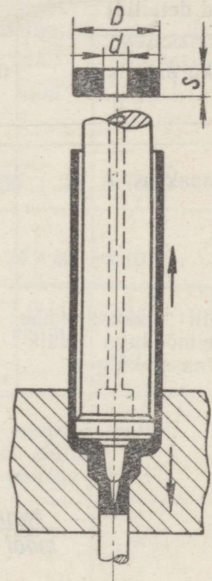
Külmpressimisel kasutatakse kolme menetlust:



Joon. 78. Otsepressimine.



Joon. 79. Vastupressimine.



Joon. 80. Kombineeritud pressimine.

1. **Otsepressimine** (joon. 78) — metalli voolamine toimub templi tööliikumise suunas;

2. **Vastupressimine** (joon. 79) — metalli voolamine toimub vastu templi tööliikumise suunda;

3. **Kombineeritud pressimine** (joon. 80) — metalli voolamine toimub võrreldes templi tööliikumisega mõlemas suunas.

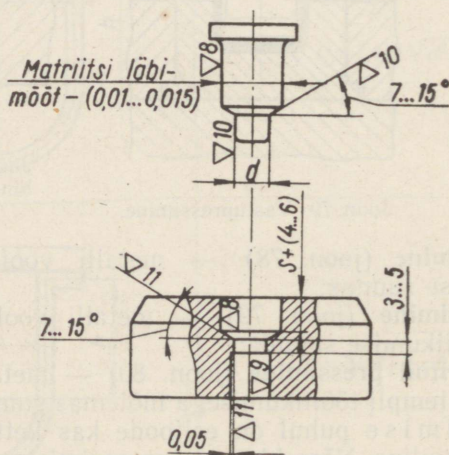
Otsepressimise puhul on eeltoode kas ketta- või paksuseinalise kupli kujuline. Võrreldes vastupressimisega on siin pressimiseks vajalik jõud (erisurve) väiksem. Otsepressimisel valmistatavate detailide mõõtmed on toodud tabelis 73.

OTSEPRESSIMISEL VALMISTATUD DETAILIDE MÕÖTMED

Mõõtmed mm-tes

Tabel 73

Nimetus	Plii, tina, tsink, alumiinium		Duralumiinium, vask, messing		Valmistamise täpsus
	alates	kuni	alates	kuni	
Läbimõõt (silindrilised detailid)	3	100	5	100	$\pm(0,03 \dots 0,05)$
Ristlõige (ristkülikulised detailid)	2×4	70×80	3×5	70×80	$\pm(0,03 \dots 0,05)$
Ääriku paksus	0,2 ... 0,3	0,5 ja enam	võrdub seina paksusega	enam kui seina paksus	$\pm(0,05 \dots 1,0)$
Seinapaksus	0,05	0,1 ja enam	0,3; vask ja messing 0,5	1,0 ja enam	$\pm(0,03 \dots 0,075)$
Detaili pikkuse suhe läbimõõduga (väiksemasse külge)	5 : 1	60 : 1	3 : 1	40 : 1	$\pm(1 \dots 5)$



Joon. 81. Templi ja matriitsi mõõtmed otsepressimisel.

Templi ja matriitsi mõõtmed otsepressimisel on näidatud joonisel 81.

Vastupressimine nõuab otsepressimisega võrreldes suuremat jõudu (erisurvet), mis kasvab pressitava detaili seina pakuse vähenemisega.

Vastupressimise teel valmistatavate detailide mõõtmed on toodud tabelis 74.

VASTUPRESSIMISEL VALMISTATAVATE DETAILIDE MÕÖTMED

Mõõtmed mm-tes

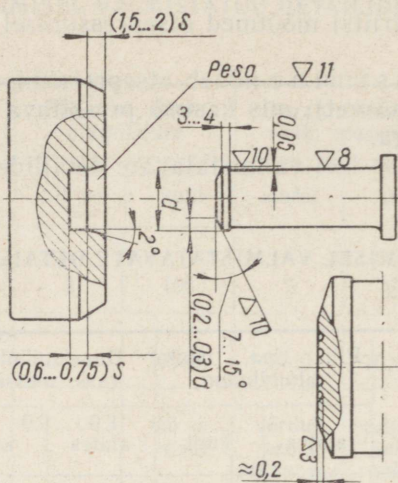
Tabel 74

Nimetus	Plii, tina, tsink, alumiinium		Duralumiinium, vask, messing		Valmistamise täpsus
	alates	kuni	alates	kuni	
Läbimõõt (silindrilised detailid)	8	80 ... 100	10	30 ... 40	$\pm (0,03 \dots 0,05)$
Ristlõige (ristkülikulised detailid)	5×7	70×80	6×9	20×40	$\pm (0,03 \dots 0,05)$
Seinapaksus	0,08	0,23 ja enam	0,5; vask ja messing 1,0	1,0 ja enam	$\pm (0,03 \dots 0,075)$
Põhjakaksus	0,25 ... 0,3	0,5 ja enam	seina paksum	enam kui seina paksum	$\pm (0,1 \dots 0,2)$
Detaili pikkuse suhe läbimõõduga (väiksemasse külge)	3 : 1	10 : 1 (plii) 8 : 1 (alumiinium)	3 : 1	5 : 1	$\pm (1 \dots 3)$

Templi ja matriitsi põhimõõtmed vastupressimise puhul on näidatud joonisel 82.

Erilist tähelepanu tuleb pöörata järgmistele asjaoludele.

1. Templi ja matriitsi tööpinnad peavad olema hästi poleeritud (soovitav kroomida), välja arvatud templi ots, millel lisaks jämedale pinnatöötlemisele peavad olema sooned surutava materjali paigalhoidmiseks. Soonte servad ei tohi olla teravad, kuna sel juhul (stantsi ebaõigel tsentreerimisel) võib soontesse tunginud materjal eralduda (lõigatakse läbi) ülejäänud pressitavast materjalist ning sooned ei täida oma ülesannet.



Joon. 82. Templi ja matriitsi mõõtmed vastupressimisel.

2. Stants peab olema jäiga konstruktsiooniga (eriti matriitsi tugipind).

3. Matriits peab olema kergelt tsentreeritav templi suhtes (peenreguleerimine toimub pressi all). Matriitsi tugevuse tõstmiseks võib matriitsile peale pressida üks või kaks bandaaži.

4. Kui valmistatavate detailide hulk on suur, peavad tempel ja matriits olema kergesti vahetatavad ilma stantsi pressi alt ära võtmata.

Pressimiseks tarvilik jõud P arvutatakse järgmise valemi abil:

$$P = Fq \text{ (kg)},$$

kus F — tooriku ristlõike pindala mm^2 ;

q — erisurve kg/mm^2 , mis valitakse tabelist 75.

KÜLMPRESSIMISE ERISURVE kg/mm^2

Tabel 75

Materjal	Otsepressimine	Vastupressimine
Alumiinium	40 ... 60	80 ... 120
Vask	80 ... 100	150 ... 200
Messing 68	100 ... 130	200 ... 250
Teras 10; 15	120 ... 180	250 ... 350

Suuremaid väärtusi kasutatakse õhukeseseinaliste detailide puhul, väiksemaid paksuseinaliste detailide puhul.

Pressimiseks kasutatavad toorikud peavad olema keemiliselt võimalikult puhtad ja ühtlase struktuuriga. Nii näiteks alumiiniumi mark A00 kuni A1 puhul (Al sisaldus 99,7...99,5%) peab tooriku kõvadus olema kuni 25 H_B . Tooriku välispind peab olema võimalikult puhtalt töödeldud, ilma kraadideta. Tooriku läbimõõt valitakse 0,1 mm väiksem detaili välisläbimõõdust. Viimasel ajal on ka häid tulemusi saavutatud silindriliste detailide pressimisel ruudukujulistest toorikutest. See meetod võimaldab tooriku stantsimisel tunduvalt materjali kokku hoida.

Soovitav on nende nõuete täitmiseks toorikud lõõmutada, pärast lõõmutamist nad peitsitakse, pestakse ja kuivatatakse.

Et eeltooted oleksid võimalikult puhta välispinnaga, kasutatakse nende valmistamiseks stantsi, mille tempel on 0,4...0,6 mm võrra matriitsi august suurem. Sellega saavutatakse pinnasiledus 4. klassi järgi. Samuti kasutatakse tavalisi lõikestantse, mille matriitside lõikeservad on kergelt ümardatud.

Tooriku paksus arvutatakse valemiga:

$$S = \frac{V}{F_0},$$

kus V — detaili maht koos serva lõikamiseks jäetud varuga;
 F_0 — tooriku pindala.

Serva lõikamiseks jäetav varu Δh on piirides:

$$\Delta h = (0,5 \dots 0,8) \cdot \sqrt{h},$$

kus h — detaili kõrgus joonise järgi.

Varu Δh väiksemaid väärtusi kasutatakse suhteliselt madalate detailide juures, aga suuremaid väärtusi suhteliselt kõrgete detailide juures.

Tähtis on, et toorikud oleksid määritud. Määre peab olema vastupidav väga suurele erisurvele ega tohi kaotada viskoossust kuumenemisel. Määrdekiht peab olema ühtlane (soovitav katta trummeldamisega).

Määrimiseks kasutatakse järgnevaid segusid.

1. **Alumiiniumile:** 20% -ne loomarasvalahus bensoolis; silindriõli või kompressoriõli ja vaha segu vahekorras 1:1. Määrde kulu on 300 g 15...16 m² kohta.

2. **Tsingile:** loomsed rasvad, lanoliin ja talk.

3. **Vasele ja messingile:** loomsed rasvad või grafiitmääre, mis on koostatud viiest osast jahustatud grafiidist ning kahest osast masinaõlist.

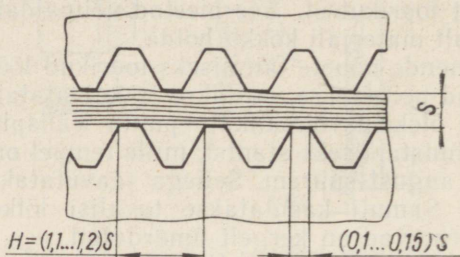
4. **Terasele:** pinna fosfateerimine hapus fosfaatlahuses; fosfateeritud pind immutatakse seebiemulsioonis.

51. RIHTIMINE

Külmstantsimisel kasutatakse rihtimist kahel juhul:

- 1) detailide ja toorikute pindade tasapinnalisel rihtimisel ja
- 2) juba olemasolevatele tõmmatud või painutatud detailidele õige kuju (teravad nurgad jm.) või täpsete mõõtmete andmisel.

Mitmesuguseid rihtimise näiteid koos vastavate erisurvetega on toodud tabelis 76.



Joon. 83. Punktrihtimise stantsi hammaste profiil.

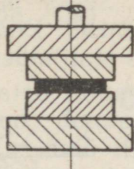
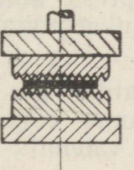
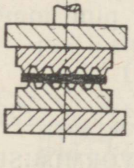
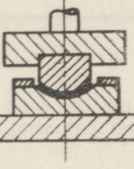
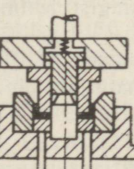
Joonisel 83 on näidatud punktrihtimise stantsi hammaste profiil. Hamba teravikud on kergelt nüritatud vastavalt rihitava materjali paksusele. Analoogilisel vahvelrihtimise stantsil on hambad nüritatud laiusega kuni $0,5S$. Pealtvaates on punktrihtimise stantsi hambad ruudukujulised, vahvelrihtimise stantsil vastavalt ruudu- või rombikujulised. Hammaste kõrgus punktrihtimise stantsil on $(1 \dots 2)S$, vahvelrihtimise stantsil kuni $1S$. Samm hammaste vahel on mõlemal juhul $(1 \dots 1,2)S$.

Vajalik jõud rihtimiseks määratakse järgmise valemiga:

$$P = qF,$$

kus F — rihitava detaili pind mm^2 ;

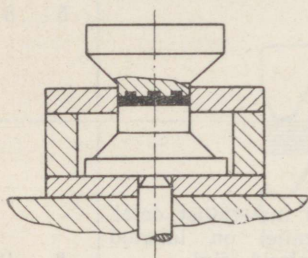
q — erisurve rihtimisel kg/mm^2 (tabel 76).

Rihtmismoodus	Stantsi skeem	Kasutamine	Erisurve kg/mm ²
<p>siledade töö- pindadega stantsidega</p>		<p>Õhukesest materjalist detai- lidel</p>	<p>5...8</p>
<p>punktrihti- misstantsi- dega</p>		<p>Paksemast materjalist detai- lidel, millel on lubatud pinnapealseid jälgi</p>	<p>8...12</p>
<p>vahvel- stantsidega</p>		<p>Paksemast materjalist detai- lidel, millel ei ole lubatud sügavaid jälgi pinnal</p>	<p>10...15</p>
<p>Profiilrihtimine</p>		<p>Õhukesest materjalist lahtis- te profiilide juures</p>	<p>5...10</p>
<p>Ruumiline rihti- mine</p>		<p>Ümardusraadiuste vähenda- miseks ja pooltoodete rihti- misel</p>	<p>15...20</p>

Tasapinna rihtimine

52. METALLI PINNA RELJEEFVORMIMINE, MARKEERIMINE JA KÄRNIMINE

Metalli pinna reljeefvormimisega tekitatakse detaili pinnal (materjali õhenemise arvel) kumer- ja nõgusvorme vastavalt templi või matriitsi tööosa reljeefile. Sellist protsessi kasutatakse metallraha, medalite jne. valmistamisel. Enamikel juhtudel toimub pinna reljeefvormimine kinnistes stantsides (joon. 84).



Joon. 84. Stants metalli pinna reljeefvormimiseks.

Et saada detailil reljeefset kujutust, toimub operatsioonil vähene materjali ümberpaigutus, mis nõuab suurt erisurvet (tabel 77). Et vältida operatsioonil ülekoormusi, tuleb valida press, mille jõud ületab operatsiooniks vajaliku jõu ca 50% võrra.

Vajaliku jõu määramiseks metalli pinna reljeefvormimisel kasutatakse valemit:

$$P = q_s F,$$

kus F — detaili reljeefseltsel vormitav pind mm^2 ;

P — vajalik jõud reljeefvormimisel kg ;

q_s — erisurve kg/mm^2 (tabel 77).

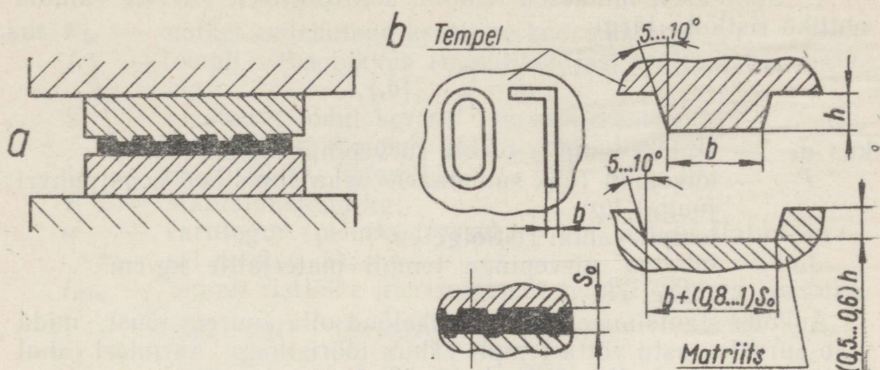
ERISURVE RELJEEFVORMIMISEL

Tabel 77

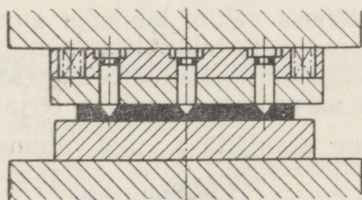
Operatsioonid	q_s kg/mm^2
Kumer-nõgusa pinna reljeefvormimine 0,7 mm paksusel messingist lehtmaterjalil	5 ... 10
Pehme terase ja messingi vahvelreljeefi moodustamine	20 ... 30
Messingist detaili pinna reljeefstantsimine väliskontuuri tagamata	20 ... 40
Kumer-nõgusa pinna reljeefvormimine messingist lehtmaterjalil paksusega kuni 1,8 mm	80 ... 90
Tasapinnaliste terasplaatide paksuse kaliibrimine	200 ... 250
Õhukese (0,3 ... 0,4 mm) messingist lehtmaterjali pinna ühepoolne reljeefvormimine	250 ... 300 ja enam
Roostevabast terasest pinna reljeefvormimine	200 ... 300 ja enam

Markeerimine on analoogiline metalli pinna reljeefvormimise protsessiga, kuid oma olemuselt on ta lihtsam ning vajab vähem jõudu. Markeerimisstantsi skeem on toodud joonisel 85a.

Juhul, kui profiili sügavus $h \leq (0,3 \dots 0,4)S$, siis markeeritakse siledal matriitsil. Kui $h > 0,4S$, siis matriitsisse tehakse süvend vastavalt kontuurile, kuid natuke laiem ning madalam templil olevast astmest (joon. 85b).



Joon. 85. Markeerimisstantsi skeem.



Joon. 86. Kärnimisstantsi skeem.

Kärnimine toimub vastavatel stantsidel (joon. 86).

Stantsidega kärnimist kasutatakse juhul, kui on vajalik täpselt määrata hiljem puuritavate aukude asukohad. Sellega jääb ära konduktori valmistamise ja kasutamise vajadus.

Stantsiga kärnimise täpsus on $\pm 0,02 \dots \pm 0,03$ mm. Kärni enda kuju ning mõõtmed olenevad peamiselt detaili materjalist, kusjuures pehmema materjali puhul on puuri löikepindade vaheline nurk väiksem. Tavaliselt valmistatakse kärni teraviku nurk $15 \dots 20^\circ$ väiksem puuri teritusnurgast, et vältida puuri nihkumist puurimise alustamisel.

53. STANTSIDE TUGEVUSARVUTUSED JA LUBATAVAD PINGED STANTSID/DETAILIDELE

I. TEMPLITE TUGEVUSARVUTUS

A. Templite arvutus survele vähima ristlõike järgi

1. Suhteliselt lühikesed templid kontrollitakse survele vähima ohtliku ristlõike järgi:

$$\sigma_s = \frac{P}{F} \leq [\sigma_s],$$

- kus σ_s — tegelik templis tekkiv survepinge kg/cm^2 ;
 P — löikejõud (ehk summaarne stantsimisjõud koos puhvri jõuga) kg ;
 F — templi vähim ristlõige cm^2 ;
 $[\sigma_s]$ — lubatav survepinge templi materjalile kg/cm^2 (tabel 78).

Aukude stantsimisel ei tohi löikejõud olla suurem jõust, mida võib survele vastu võtta templi vähim tööristlõige. Äärmisel juhul võivad need jõud olla võrdsed. Järelikult:

$$\pi d_{\min} S \sigma_b = \frac{\pi d_{\min}^2}{4} [\sigma_s],$$

- kus d_{\min} — templi tööosa vähim läbimõõt mm ;
 S — stantsitava materjali paksus mm ;
 σ_b — stantsitava materjali tõmbetugevus kg/mm^2 ;
 $[\sigma_s]$ — lubatav survepinge templi materjalile kg/mm^2 .

Valemist määrame stantsitava augu vähima läbimõõdu:

$$d_{\min} = \frac{4 S \sigma_b}{[\sigma_s]}.$$

Näide 1. Lähtudes templi tugevusest survele leida augu vähim läbimõõt, mida on võimalik stantsida lehtmaterjali paksusega 4 mm , kui terase tõmbetugevus $\sigma_b = 50 \text{ kg/mm}^2$.

Tabelist 78 võtame karastatud templi suurimaks lubatavaks survepingeks 160 kg/mm^2 , seega:

$$d_{\min} = \frac{4 S \sigma_b}{[\sigma_s]} = \frac{4 \cdot 4 \cdot 50}{160} = 5 \text{ mm}.$$

2. Pikad ja peened lõike- ning tõmbetemplid ($l > 3d$) tuleb täiendavalt kontrollida nõtketele. Seejuures määratakse templile lubatav vaba pikkus.

Kui tempel töötab ilma mahatõmbajata-juhtijata:

$$P_{kr} = \frac{\pi^2 E I_{\min}}{4l^2} \leq nP,$$

kui tempel töötab mahatõmbajaga-juhtijaga:

$$P_{kr} = \frac{2\pi^2 E I_{\min}}{l^2} \leq nP,$$

- kus P_{kr} — nõtket esilekutsuv kriitiline koormus kg;
 l — templi vaba pikkus (templihoidjast väljaulatuv osa) cm;
 E — elastsusmoodul kg/cm² (süsinikterasel $E=2\,100\,000$ kg/cm², instrumentaalterasel $E=2\,150\,000$ kg/cm²);
 P — stantsimisjõud kg;
 n — varutegur (pehmel terasel $n=4 \dots 5$, karastatud terasel $n=2 \dots 3$);
 I_{\min} — templi ristlõike inertsmoment templi vähima ristlõike järgi cm⁴: ümmargustel templitel $I = \frac{\pi d^4}{64}$, ristkülikulistel templitel $I = \frac{ba^3}{12}$,
- kus d — templi läbimõõt cm;
 b — templi pikem külge cm;
 a — templi lühem külge cm.

B. Templea toetuspinna arvutus muljumisele

Templea poolt üleantav erisurve:

$$q = \frac{P}{F} < [\sigma_s],$$

- kus q — lubatav erisurve ülemise plaadi materjalile kg/cm²;
 P — lõikejõud (ehk summaarne stantsimisjõud koos puhvrilõuga) kg;
 F — templea ristlõige cm²;
 $[\sigma_s]$ — lubatav survepinge ülemise plaadi materjalile kg/cm² (karastatud vaheplaadi puhul vt. tabel 78).

Valemist määratakse templea läbimõõt või tarvidus karastatud vaheplaadi järele templea alla.

Ümmarguse templea läbimõõt:

$$D = \sqrt{\frac{4P}{\pi q}},$$

kus D — templipea läbimõõt cm;

P — löikejõud (ehk summaarne stantsimisjõud koos puhvri jõuga) kg;

q — lubatav erisurve ülemise plaadi materjalile kg/cm².

Karastatud vaheplaati kasutatakse, kui erisurve templipea ja ülemise plaadi vahel ületab 1800 ... 2200 kg/cm² terasplaadile ja 800 ... 900 kg/cm² malmplaadile.

Näide 2. Määrata, kas on tarvilik karastatud vaheplaati templipea alla, kui templipea läbimõõt on 20 mm, stantsitava augu läbimõõt 10 mm, materjali paksus 5 mm ja $\sigma_b = 50$ kg/mm².

Stantsimisjõud ei tohi olla suurem maksimaalsest jõust, mis on lubatav templipea all olevale plaadiosale.

Järelikult suurim jõud:

$$P = \frac{\pi D^2}{4} q,$$

kus D — templipea läbimõõt mm;

q — lubatav erisurve ülemise plaadi materjalile kg/mm².

Lõikejõud:

$$P = \pi d S \sigma_b.$$

Jõudude võrdsuse puhul:

$$\pi d S \sigma_b = \frac{\pi D^2}{4} q,$$

kust erisurve:

$$q = \frac{4d S \sigma_b}{D^2} = \frac{4 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 50}{400} = 25 \text{ kg/mm}^2.$$

Karastatud vaheplaat on tarvilik, kuna suurim lubatav erisurve malmist ülemisele plaadile on 9 kg/mm² või terasest ülemisele plaadile 22 kg/mm².

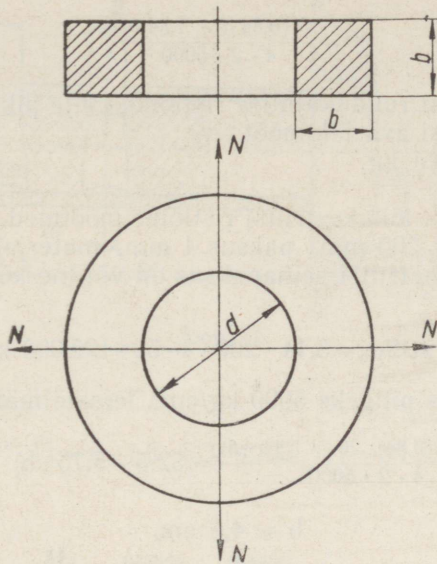
II. MATRIITSIDE TUGEVUSARVUTUS

Lõikejõu toimel on ümmargune matriits koormatud painde- ja tõmbejõududega analoogiliselt nelja jõuga koormatud rõngale. Arvutusskeemiks võtame joon. 87 antud jõudude rakendusskeemi.

Jõu N suuruseks võtame $N = \frac{P}{4}$, kus P on löikejõud.

Suurim paindemoment on jõudude rakenduskohtades:

$$M = 0,14N \frac{d+b}{2}.$$



Joon. 87.

Paindepinge:

$$\sigma_p = \frac{M}{W},$$

kus W on sirge tala vastupidavusmoment:

$$W = \frac{b^3}{6}.$$

Järelikult pärast asendamist paindepinge:

$$\sigma_p = \frac{M}{W} = \frac{0,14 N(d+b)6}{2b^3}.$$

Tõmbepinge:

$$\sigma_t = \frac{N}{2b^2}.$$

Summaarne pinge:

$$\sigma = \sigma_p + \sigma_t = \frac{0,14 N(d+b)6}{2b^3} + \frac{N}{2b^2}.$$

Võttes aluseks lubatava pinge 5000 kg/cm², saame:

$$5000 = \frac{0,14 N(d+b)6}{2b^3} + \frac{N}{2b^2}.$$

Pärast vastavaid asendusi saame:

$$b^3 = \frac{P(0,84d + 1,84b)}{4 \cdot 2 \cdot 5000},$$

kus b — matriitsi ruudukujulise ristlõike külje pikkus cm;
 d — matriitsi ava läbimõõt cm;
 P — lõikejõud kg.

Näide 3. Leida lõikematriitsi ristlõike mõõtmed, kui stantsitava ketta läbimõõt on 200 mm, paksus 4 mm, materjal — teras $\sigma_b = 50 \text{ kg/mm}^2$ ja matriitsi seinapaksus on võrdne kõrgusega.

Lõikejõud:

$$P = \pi d S \sigma_b = 3,14 \cdot 200 \cdot 4 \cdot 50 = 125\,000 \text{ kg}.$$

Võttes lubatavaks pingeks 5000 kg/cm^2 , leiame matriitsi mõõtmed:

$$b^3 = \frac{125000(0,84 \cdot 20 + 1,84 \cdot b)}{4 \cdot 2 \cdot 5000} = 52,5 + 5,75 \cdot b;$$

$$b \approx 4,3 \text{ cm}.$$

Näide 4. Leida, kas on võimalik torusse stantsida kaks auku konsoolse matriitsiga, kui stantsimise ajal matriitsi ei toestata. Templid toimivad eri aegadel, toru seinapaksus on 3 mm, materjal — teras $\sigma_b = 40 \text{ kg/mm}^2$. Toru ja matriitsi mõõtmed on antud joonisel 88. Matriitsi materjal X12M. Kõvaduse $R_c = 56 \dots 58$ juures võtame lubatavaks pingeks 5000 kg/cm^2 .

Matriitsi ohtlikeks ristlõigeteks on ristlõiked AB ja CD .

Paindemoment ristlõikes AB :

$$M_p = P \cdot 4 = \pi \cdot 1,6 \cdot 0,3 \cdot 4000 \cdot 4 = 24\,115 \text{ kgcm}.$$

Kujundiks, mida tekitab ava matriitsi ristlõikes, võtame ristküliku külgedega 16 ja 38 mm (joon. 88).

Matriitsi ristlõike inertsmoment:

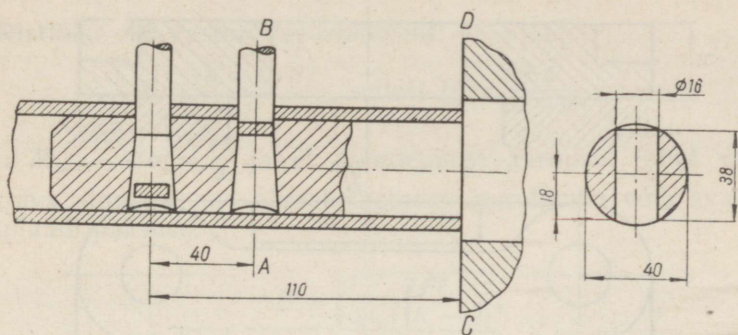
$$I = 0,05D^4 - \frac{bh^3}{12} = 0,05 \cdot 4^4 - \frac{1,6 \cdot 3,8^3}{12} = 5,5 \text{ cm}^4.$$

Kuna ristlõikes AB on äärmise kiu kaugus 18 mm, siis ristlõike vastupidavusmoment:

$$W_p = \frac{5,5}{1,8} = 3,05 \text{ cm}^3,$$

ja jõust P tingitud paindepinge:

$$\sigma_{p(AB)} = \frac{M_p}{W_p} = \frac{24115}{3,05} \approx 8000 \text{ kg/cm}^2.$$



Joon. 88.

Paindemoment ristlõikes CD :

$$M_p = P \cdot 11 = \pi \cdot 1,6 \cdot 0,3 \cdot 4000 \cdot 11 = 66\,300 \text{ kgcm},$$

ja paindepinge:

$$\sigma_{p(CD)} = \frac{M_p}{W_p} = \frac{66300}{0,1 D^3} = \frac{66300}{0,1 \cdot 4^3} = 10\,360 \text{ kg/cm}^2.$$

Mõlemas ristlõikes on pinged suuremad lubatavast (5000 kg/cm^2). Järelikult ei saa auke slantsida ilma matriitsi toetamiseta.

III. MATRIITSI ALUSPLAATIDE TUGEVSARVUTUS

Alusplaatide tugevsarvutuste näideteks võtame kolm kõige levinuma kujuga alusplaati:

A. Ristkülikulise avaga alusplaat, mis võimaldab alusplaadi tööpinnal maksimaalset ära kasutamist (joon. 89).

B. Ristkülikulise avaga alusplaat, millel väljastantsitava kontuuri vähim mõõde paikneb plaadi pikkusel (joon. 91).

C. Ümmarguse avaga alusplaat (joon. 93).

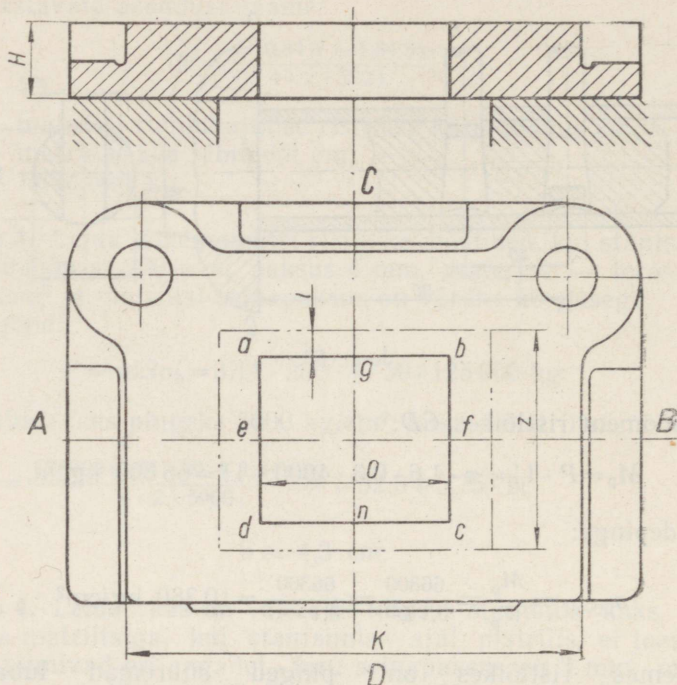
Arvutuse lihtsustamiseks eeldame, et:

a) alusplaadi ava kuju ja mõõtmed ühtuvad matriitsi väljumisava kuju ja mõõtmetega;

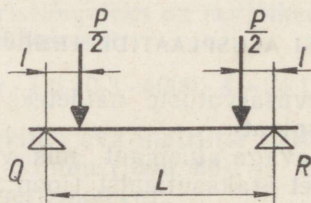
b) alusplaadi ava on plaadi sümmeetriatelgedel keskmel;

c) matriits on pealepandav ning jõu vastuvõtmisest osa ei võta. Jõud kantakse üle tervikuna alusplaadile.

A. Ristlõikele AB (joon. 89) on koormusskeem järgmine. Plaat on koormatud jõuga P , mis on võrdne detaili väljastantsimise jõuga ja on ühtlaselt jaotatud plaadi ava $abcd$ äärtele. Resulteeruvad koormused jõust P primeetritel $eagbf$ ja $edncf$ läbivad punkte



Joon. 89.



Joon. 90.

teljel CD punktide g ja n vahel. Arvutuse lihtsustamiseks võtame aluseks, et need koormused läbivad punkte g ja n . Seega saame vabalt toetatud tala tugede vahega L , mis on koormatud kahe koondatud jõuga $\frac{P}{2}$ tugedest kaugusel l (joon. 90).

Toereaktsioonid Q ja R on võrdsed ja võrduvad kumbki $\frac{P}{2}$ -ga. Suurim paindemoment ristlõikes AB :

$$M_{\max} = \frac{Pl}{2}.$$

Ristlõike AB vastupidavusmoment:

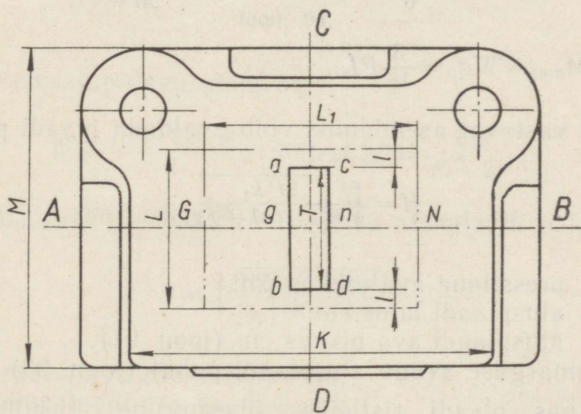
$$W \approx \frac{(K-O)H^2}{6}, \text{ sellest } H^2 \approx \frac{6W}{K-O}.$$

Kuna $M_{\max} = W\sigma_p = \frac{Pl}{2}$ ja et paindepinge äärmisel juhul võrdub lubatava pingega, siis pärast vastavat asendamist võib avaldada alusplaadi paksuse:

$$H \approx \sqrt{\frac{3Pl}{[\sigma_p](K-O)}},$$

- kus H — alusplaadi paksus cm;
 P — stantsimisjõud kg;
 $[\sigma_p]$ — lubatav paindepinge (malmile 350...450 kg/cm², terasele 1200...1500 kg/cm²);
 l — alusplaadi ava serva kaugus pressilaua ava servani cm;
 K — alusplaadi pikkus cm;
 O — alusplaadi ava pikkus cm.

B. Analoogiliselt eelmisele juhule võib vaadelda ka ristlõiget CD (joon. 91). Ühtlaselt jaotatud koormust kontuuril $abcd$

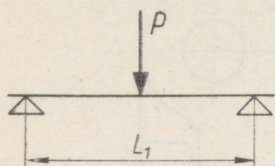


Joon. 91.

võib asendada kahe jõuga $\frac{P}{2}$, mis on koondatud punktidesse g ja n . Kuna kaugus gn on võrreldes pressilaua ava pikkusega L_1 väike, siis võib need kaks jõudu asendada ühe koondatud jõuga, mis mõjub gn keskel ja annab halvemad koormustingimused, kui on tegelikult.

Seega saame joonisel 92 antud koormusskeemi. Kuna jõu mõju-
mise pinnas AB pannakse alusplaadi kinnitusklambrid ja -poldid,
siis võib plaati vaadelda antud ristlõikes kui poolkinniste otstega
tala.

Paindemoment vabalt kahel toel asuvale talale koormusega
tala keskel:



Joon. 92.

$$M_1 = \frac{PL_1}{4}.$$

Paindemoment kinniste otstega
talale:

$$M_2 = \frac{PL_1}{8}.$$

Järelikult on paindemoment pool-
kinniste otstega talale ligikaudu:

$$M_{\max} \approx \frac{M_1 + M_2}{2} = \frac{1}{2} \left(\frac{PL_1}{4} + \frac{PL_1}{8} \right) = \frac{3}{16} PL_1.$$

Ristlõike CD vastupidavusmoment:

$$W = \frac{(M - T)H^2}{6}, \text{ sellest } H^2 = \frac{6W}{M - T}.$$

$$\text{Kuna } M_{\max} = W\sigma_p = \frac{3}{16} PL_1,$$

siis pärast vastavat asendamist võib avaldada plaadi paksuse:

$$H = \sqrt{\frac{9PL_1}{8[\sigma_p](M - T)}},$$

kus L_1 — pressilaua ava pikkus cm;

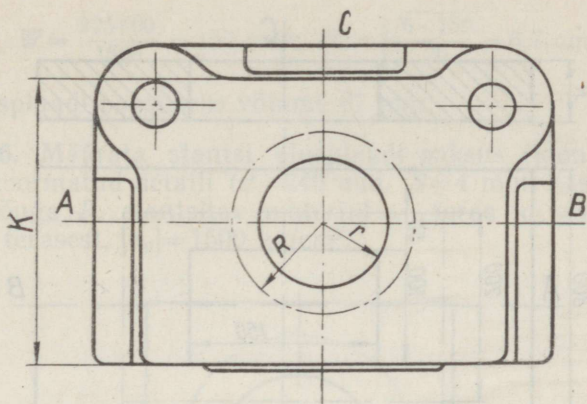
M — alusplaadi laius cm;

T — alusplaadi ava pikkus cm (joon. 91).

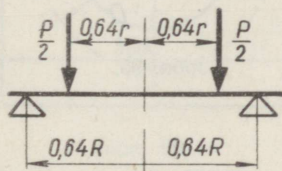
C. Ümmarguse avaga alusplaadi puhul (joon. 93) on painde-
moment igas plaadi ristlõikes ühesuurune. Resultantjõud $\frac{P}{2}$
($\frac{P}{2}$ plaadi mõlemale poolele) asub igast ava keset läbivast rist-
lõikest kaugusel $0,64r$: Vastavalt sellele asub ka resulteeruv toe-
reaktsioon ristlõikest kaugusel $0,64R$ (joon. 94).

Seega paindemoment:

$$M_{\max} = \frac{P \cdot 0,64(R - r)}{2} = 0,32P(R - r).$$



Joon. 93.



Joon. 94.

Ristlõike vastupidavusmoment:

$$W = \frac{(K - 2r)H^2}{6}, \text{ sellest } H^2 = \frac{6W}{K - 2r}.$$

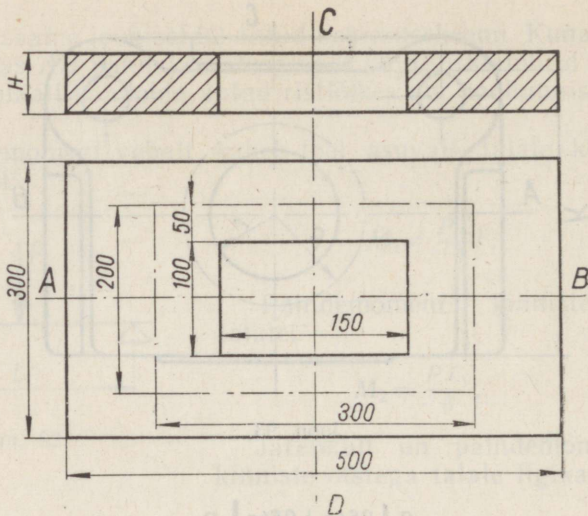
Kuna $M_{\max} = W\sigma_p = 0,32P(R - r)$, siis alusplaadi paksus:

$$H = \sqrt{\frac{1,92(R - r)P}{[\sigma_p](K - 2r)}},$$

- kus R — pressilaua ava raadius cm;
- r — alusplaadi ava raadius cm;
- K — alusplaadi lühem külg cm.

Näide 5. Määrata stantsi alusplaadi paksus (joon. 95), kui plaat on koormatud detaili $150 \times 100 \times 3$ mm stantsimiseks vajaliku jõuga P , stantsitav materjal — teras $\sigma_b = 40$ kg/mm². Alusplaat terasest, $[\sigma_p] = 1500$ kg/cm².

$$P = LS\sigma_b = 500 \cdot 3 \cdot 40 = 60\,000 \text{ kg.}$$



Joon. 95.

Ristlõikele AB :

$$M_{\max} = \frac{Pl}{2} = \frac{60\,000 \cdot 5}{2} = 150\,000 \text{ kgcm};$$

$$W = \frac{(50 - 15) H^2}{6}; \quad H^2 = \frac{6W}{35}.$$

$$M_{\max} = W[\sigma_p] = \frac{Pl}{2} = 150\,000 \text{ kgcm};$$

$$W = \frac{150\,000}{1500} = 100 \text{ cm}^3;$$

$$H^2 = \frac{6 \cdot 100}{35} = 17;$$

$$H \approx 4,1 \text{ cm}.$$

Ristlõikele CD :

$$M_{\max} = \frac{Pl}{2} = \frac{60\,000 \cdot 7,5}{2} = 225\,000 \text{ kgcm};$$

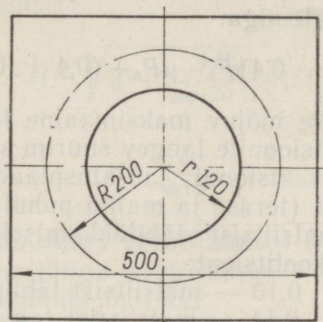
$$W = \frac{(30 - 10) H^2}{6}; \quad H^2 = \frac{6W}{20}.$$

$$M_{\max} = W[\sigma_p] = \frac{Pl}{2} = 225\,000 \text{ kgcm};$$

$$W = \frac{225\,000}{1500} = 150 \text{ cm}^3; \quad H = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 150}{20}} = 6,7 \text{ cm}.$$

Seega alusplaadi paksuseks võtame 67 mm.

Näide 6. Määrata stantsi alusplaadi paksus (joon. 96), kui plaat on koormatud detaili ($d=240$ mm, $S=4$ mm) stantsimiseks vajaliku jõuga P , stantsitav materjal — teras $\sigma_b=40$ kg/mm². Alusplaat terasest, $[\sigma_p]=1500$ kg/cm².



Joon. 96.

$$P = \pi d S \sigma_b = 3,14 \cdot 240 \cdot 4 \cdot 40 = 120\,600 \text{ kg}.$$

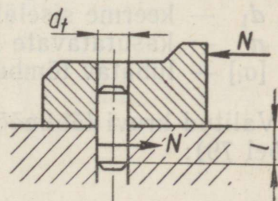
$$H = \sqrt{\frac{1,92(R-r)P}{[\sigma_p](K-2r)}} = \sqrt{\frac{1,92 \cdot (20-12) \cdot 120\,600}{1500 \cdot (50-2 \cdot 12)}} = \sqrt{47,5} \approx 6,9 \text{ cm}.$$

IV. TIHVTIDE TUGEVARVUTUS

Tihvtide tugevusarvutus on tarvilik üksikjuhtudel. Näiteks takistavad sektsioonidest koostatud matriitside puhul tihvtid sektsioonide nihkumist, kuid teatud piirkoormuse juures nad võivad painduda. Sel juhul kontrollitakse tihvti läbimõõtu ja sissepressitud osa pikkust (joon. 97):

$$N_g = 0,4[\sigma_s]d_t \sqrt{\frac{[\sigma_p]}{[\sigma_s]}};$$

$$l = 0,77d_t \sqrt{\frac{[\sigma_p]}{[\sigma_s]}};$$



Joon. 97.

- kus N_g — maksimaalne lubatav koormus tihvtile kg;
 $[\sigma_s]$ — lubatav survepinge malmist stantsi alusplaadile kg/cm² (tabel 78);
 $[\sigma_p]$ — lubatav paindepinge tihvti materjalile kg/cm² (tabel 78);
 l — tihvti sissepressitud osa pikkus alusplaadis cm.

Kuna tihvti kõvadus on tunduvalt suurem plaadi kõvadusest, siis tihvti ristlõike kontroll lõikele ei ole vajalik.

Matriitsi sektsioone laialilükkavat jõudu võib orienteerivalt arvutada järgmise valemiga:

$$N = (0,3 \dots 0,4) P_s - \mu P_s + (0,4 \dots 0,5) K P_s,$$

- kus N — sektsioonile mõjuv maksimaalne laialilükkav jõud kg;
 P_s — antud sektsioonile langev suurim stantsimisjõud kg;
 μ — matriitsi sektsiooni ja alusplaadi vaheline hõõrdekoefitsient (terase ja malmi puhul $\mu = 0,15$);
 K — detaili matriitsist läbilükkamiseks tarvilikku jõudu arvestav koefitsient:
 $K = 0,05 \dots 0,10$ — matriitsist läbilükkamisel,
 $K = 0,07 \dots 0,14$ — matriitsist tagasilükkamisel.

Jõud N jaguneb antud sektsiooni kõikidele tihvtidele. Sellele jõule tuleb arvutada ka astmed, kiilud ja teised detailid, mis on ette nähtud sektsiooni paigalholdmiseks stantsi alusplaadil.

V. KRUVIDE TUGEVARVUTUS

Mahatõmbajate ja surujate kruvid arvutatakse mahatõmbamiseks vajaliku jõu järgi. Valides kruvide mõõtmeid ja arvu, kontrollitakse neis tekkivat tõmbepinget:

$$\sigma_t = \frac{4 P_m}{n \pi d_1^2} \leq [\sigma_t],$$

- kus σ_t — tõmbepinge kg/cm²;
 P_m — mahatõmbejõud kg;
 d_1 — keerme siseläbimõõt cm;
 n — kasutatavate kruvide arv;
 $[\sigma_t]$ — lubatav tõmbepinge kruvi materjalile kg/cm² (tabel 78).

Valitud kruvi läbimõõdu puhul on lubatav piirkoormus kruvile (tabel 79):

$$P = \frac{\pi d_1^2}{4} \cdot [\sigma_t],$$

kus P — lubatav piirkoormus kruvile kg.

Samuti arvutatakse stantsi alusplaati pressilaua hoidvad pol-
did.

VI. KUMMIPUHVRITE ARVUTUS

Kummipuhvrite mõõtmed valitakse olenevalt tarvilikust jõust ja puhvri kokkusurumise suurusest. Tavaliselt määratakse puhvri välisläbimõõt ja kõrgus:

$$D = \sqrt{d^2 + \frac{4P_m}{\pi q(20\%)}};$$

$$H = \frac{L}{0,15},$$

- kus D — kummirõnga välisläbimõõt cm;
 d — kummirõnga augu läbimõõt cm;
 P_m — mahatõmbejõud kg;
 $q(20\%)$ — erisurve kummile 20%-se eelpingestuse juures kg/cm² (sel juhul puhvri surve võrdub P_m);
 H — kummirõnga vaba kõrgus cm;
 L — matriitsi või templi töökäik cm.

Kummirõnga kõrguse ja läbimõõdu suhe peab olema piirides:

$$0,5 < \frac{H}{D} < 1,5.$$

Kui $\frac{H}{D} > 1,5$, siis puhver jaotatakse eri rõngasteks, mille vahele pannakse terasseibid.

LUBATAVAD PINGED STANTSI DETAILIDELE

Tabel 78

Stantsi detailid	Materjal	Lubatavad suurimad pinged kg/cm ²			
		tõmbepinge [σ_t]	survepinge [σ_s]	paindepinge [σ_p]	lõikepinge [σ_l]
Alumised ja ülemised plaadid	malm C η 18—36; C η 21—40	—	900 ... 1400	350 ... 450	250 ... 350
	terasvalu 15—4024, 25—4522	—	1100 ... 1500	1200 ... 1500	900 ... 1200
Mahatõmbajad, surujad, matriitsihoidjad, kruvid, puhvri vardad, tõmmitsad, templihoidjad	Cr. 2, Cr. 3	1100 ... 1500	1200 ... 1600	1300 ... 1600	1000 ... 1400
Konsoolsed matriitsihoidjad, tõmmitsad, tõukurid, fiksaatorid, toed, põiktoed	Cr. 5, Cr. 6	1300 ... 1600	1400 ... 1700	1700 ... 1800	1200 ... 1500
Karastatud tihvtid, väikesed templid, püüdjad, lihtsa kujuga kiilud	Y7A (R _c =52 ... 56)	—	5500 ... 8000	3600 ... 5000	—

Tabeli 78 järg

Stantsi detailid	Materjal	Lubatavad suurimad pinged kg/cm ²			
		tõmbepinge [σ_t]	survepinge [σ_s]	paindepinge [σ_p]	lõikepinge [σ_l]
Karastatud lihtsa kujuga lõike- detailid (templid, matriisid, matriiside sektsioonid, noad, sissepandavad lõikedetailid)	V8A, V10A, X12M, IX15 ($R_c=58 \dots 62$)	2500	10000 ... 16000	3000 ... 5000	—
Karastatud kujusad kiilud, toed, püüdjad, fiksaatorid	Ст. 5, Ст. 7 ($R_c=42 \dots 58$)	—	3000 ... 4000	2000 ... 2800	—
Tsementiitudud vaheplaadid	Teras 20 (kõvadus Schori järgi 86 ... 92)	—	2500 ... 3000	—	—
Lame- ja spiraalvedrud	Teras 65Г ($R_c=38 \dots 45$)	—	—	5000 ... 8000	—

Märkus. 1. Tavaliste stantsikonstruktsioonide arvutamisel ei ole soovitatav kahest pingetele antud arvust ületada väiksemat arvu. Suuremad arvud võetakse aluseks ainult erandjuhtudel, kui on vaja maksimaalselt vähendada stantsi detailide gabariite või kaalu.

2. Andmed lihtsa kujuga stantsi lõikedetailidele kuuluvad piirmõõtmetele lähedastele templitele ja matriisidele. Teistele detailidele, mille mõõtmed ei ole seotud lõikekontuuri mõõtmetega ja milliseid seetõttu võib vabalt suurendada, tuleb tabeli andmeid vähendada 30 ... 50% võrra.

LUBATAVAD PIIRKOORMUSED KILOGRAMMIDES NORMAALMEETERKEERMEGA KRUVIDELE, POLTIDELE JA TIKKPOLTIDELE (MATERJAL — TERAS 35)

Tabel 79

Keerme läbimõõt d mm	M 6	M 8	M 10	M 12	M 14	M 16	M 18	M 20	M 22	M 24	M 27	M 30	M 36
Keerme siseläbimõõt d_1 mm	4,7	6,4	8,0	9,7	11,4	13,4	14,7	16,7	18,7	20,1	23,1	25,4	30,8
Ristlõike pindala $\frac{\pi d_1^2}{4}$ cm ²	0,17	0,32	0,52	0,74	1,02	1,41	1,71	2,20	2,76	3,17	4,17	5,02	7,44
Lubataav piirkoormus eel- ja järelpingestamata liiteis kg ([σ_t]= 2400 kg/cm ²)	420	760	1220	1780	2450	3400	4100	5800	6600	7600	10000	12200	18000
Lubataav piirkoormus eelpingestatud liiteis kg ([σ_t]= 1900 kg/cm ²)	300	500	950	1340	1860	2600	3150	4050	5150	6000	7900	9500	13800

54. STÜRAKRÜÜLI KASUTAMINE STANTSIDE VALMISTAMISEL

Stürakrüüli kasutatakse stantside valmistamisel templite kinnitamiseks templihoidjasse, lõikestantside mahatõmbajate juhtpindade katmiseks, juhtpukside ja juhtsammaste kinnitamiseks ning juhtpukside liugepindade katmiseks.

Stürakrüül on kõrgmolekulaarne keemiline ühend ja kujutab enesest kiiresti hanguvat plastmassi, mida valmistatakse pulbrist (stürool ja metüülmetakrülaat katalüsaatori lisandiga) ja vedelikust (metüülmetakrülaat 2%-se dimetüülaniliini lisandiga protsessi kiirendajana). Pulbri ja vedeliku segamine toimub kindlas kaalulises vahekorras normaalse temperatuuri ja rõhu juures.

Tahkes olekus on stürakrüülil mehaanilised omadused, mis vastavad paljude mehhanismide töö nõuetele. Stürakrüüli kasutamine lihtsustab stantside valmistamise tehnoloogiat ja tõstab stantside kvaliteeti.

Stürakrüüli võib treida, hõõveldada, puurida, freesida jne. Ta on ka vastupidav kulumisele.

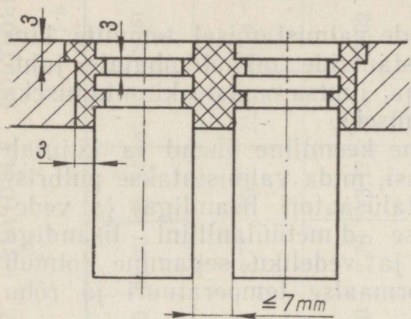
Stürakrüüli nake teraspindadega on sõltuv kokkupuutuva pinna puhtusest, pinna siledusest ja pulbri ning vedeliku kaalulisest vahekorras. Et stürakrüül nakuks tugevalt teraspindadega, tuleb detailide pinnad puhastada rasvast. Rasv kõrvaldatakse bensiiniga või atsetooniga järgneva kuivatamisega õhu käes 10...15 minutit.

Pulber ja vedelik segatakse vahekorras 2:1 või 2:1,5. Segatakse klaas- või metallpulgaga portselan- või metallnõus 3...5 minuti vältel, kuni segu muutub hapukooretaoliseks massiks. Stürakrüüli valamine peab toimuma kiiresti, et hoiduda segu tardumisest. Segu tardub kahe kuni kolme tunni jooksul pärast valamist. Lõplik tardumine toimub 12...24 tunni jooksul.

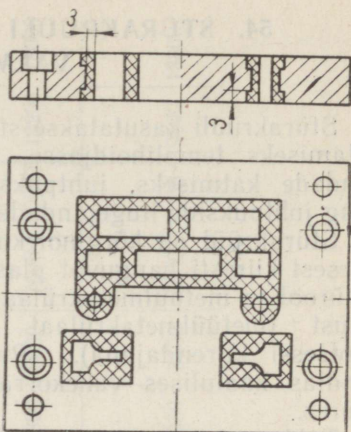
Juhul, kui on tarvilik saavutada detaili ja stürakrüüli vahel liugist (C), tuleb detaili pind katta rasvakihiga. Selleks kasutatakse silikoonõli või parafiini. Seejuures peab detaili pind olema puhtalt töödeldud.

Templi kinnitamine templihoidjasse stürakrüüluga on näidatud joonisel 98. Minimaalne pilu (on piiratud stürakrüüli voolavusega) templi ja templihoidja vahel, mis täidetakse stürakrüüluga, on ca 3 mm. Segu juures vahekorras 2:1,5 on võimalik ka väiksemamõõtmelise pilu täitumine valamisel.

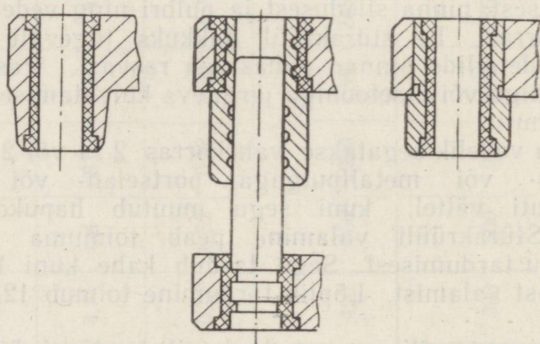
Juhul kui esineb vajadus kinnitada kaks või enam lähestikku asetsevat templit, mille omavaheline kaugus (joon. 98) ületab 7 mm, siis tuleb iga tempel kinnitada eraldi temale määratud avasse templihoidjas.



Joon. 98. Templite stürakrüüliga kinnitamine ühise avaga templihoidjasse.



Joon. 99. Stürakrüülist juhtpinda-dega mahatõmbaja.



Joon 100.

Mahatõmbaja juhtpindade katmise juures on kehtivad eelmainitud tingimused.

Joonisel 100 on toodud juhtsammaste ja juhtpukside kinnitamine ning juhtpuksides juhtpindade katmine stürakrüüliga. Sellise konstruktsiooni juures ei ole ülemise ja alumise plaadi aukude konsentrilisus oluline, sest seda tagab ploki kokkumonteerimise tehnoloogia.

Stürakrüüli asemel kasutatakse eelmainitud otstarbeks ka plástmassi АСТ-Т (акрилат самотвердеющий технический).

55. AUGU- JA VÖLLISÜSTEEMI TOLERANTSID

Nimiläbimõõt mm	Augüsteemi istud ja tolerantsid I täpsusklass												OCT HKM 1011,
	Mõõtmed mikronites (1 mikron = 1μ = 0,001 mm)												OCT HKM 1041 järgi
	Auk A ₁	Istud											
		Press 2 Πρ2 ₁	Press 1 Πρ1 ₁	Umb Γ ₁	Kinnis Γ ₁	Pingul H ₁	Tihe Π ₁	Liug C ₁	Liikuv Δ ₁				
Völl													
a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.
1 kuni 3	0	+6	+20	+17	+10	+8	+5	+2	+2	-2	-4	0	-3
3...6	0	+8	+24	+20	+13	+10	+6	+3	+3	-2	-5	0	-4
6...10	0	+9	+29	+25	+16	+12	+8	+4	+4	-3	-6	0	-5
10...18	0	+11	+36	+31	+20	+15	+10	+5	+5	-3	-8	0	-6
18...30	0	+13	+44	+37	+24	+17	+12	+6	+6	-3	-9	0	-7
30...50	0	+15	+54	+45	+28	+20	+14	+7	+7	-4	-11	0	-9
	0	+43	+34	+16	+9	+2	-4	-11	-20				

Nimilabimõõt mm		Augustüsteemi istud ja tolerantsid I täpsusklass										OCT HKM 1011, OCT HKM 1041 järgi							
		Mõõtmed mikronites (1 mikron = $1\mu = 0,001$ mm)																	
		Auk A ₁	Istud									Liug C ₁		Liikuv D ₁					
Press 2 Πp2 ₁			Press 1 Πp1 ₁		Umb Γ ₁	Kinnis T ₁	Pingul H ₁		Tihe Π ₁										
a.		Võll										a.		a.					
		ü.	ü.	ü.	ü.	ü.	ü.	ü.	ü.	ü.	ü.								
		a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	ü.	a.	ü.	a.	ü.					
50 ... 65		0	+18	+53	+66	+41	+54	+19	+33	+10	+24	+3	+16	-5	+8	-13	0	-10	-23
65 ... 80		0	+18	+59	+72	+43	+56	+19	+33	+10	+24	+3	+16	-5	+8	-13	0	-10	-23
80 ... 100		0	+21	+71	+86	+51	+66	+23	+38	+12	+28	+3	+19	-6	+9	-15	0	-12	-27
100 ... 120		0	+21	+79	+94	+54	+69	+23	+38	+12	+28	+3	+19	-6	+9	-15	0	-12	-27
120 ... 140		0	+24	+92	+110	+63	+81	+26	+45	+14	+32	+4	+22	-7	+10	-18	0	-14	-32

Augüsteemi istud ja tolerantsid
I täpsusklass

OCT
HKM 1011,
OCT
HKM 1041 järgi

Mõõtmed mikronites (1 mikron = $1\mu = 0,001$ mm)

Nimiläbimõõt mm

Auk
 A_1

Istud

Press 2
 $\Pi p 2_1$

Press 1
 $\Pi p 1_1$

Umb
 Γ_1

Kinnis
 T_1

Pingul
 H_1

Tihe
 Π_1

Liug
 C_1

Liikuv
 D_1

Võll

a.

ü.

a.

ü.

a.

ü.

a.

ü.

a.

ü.

a.

ü.

a.

ü.

a.

ü.

a.

ü.

140 ... 160

0

+24

+118

+65 +83

+26 +45

+14 +32

+4 +22

-7 +10

-18

0 -14

160 ... 180

0

+24

+126

+68 +86

+26 +45

+14 +32

+4 +22

-7 +10

-18

0 -14

180 ... 260

0

+27

—

— +52

+30 +36

+16 +25

+4 +11

-8

-20

0 -16

260 ... 360

0

+30

—

— +58

+35 +40

+18 +28

+4 +13

-9

-22

0 -18

360 ... 500

0

+35

—

— +65

+40 +45

+20 +32

+5 +15

-10

-25

0 -20

Märkus. a. — alumine piir
ü. — ülemine piir

Augusüsteemi istud ja tolerantsid

Nimiläbimõõt mm	Mõõtmised mikronites											
	Auk A	Kuum Гр		Press Пр		Kerge press Пл		Umb Г		Kinnis Т		
		a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	
	0											
1 kuni 3	0	+10	+17	+27	+12	+18	+10	+16	+6	+13	+4	+10
3...6	0	+13	+20	+33	+15	+23	+13	+21	+8	+16	+5	+13
6...10	0	+16	+23	+39	+18	+28	+16	+26	+10	+20	+6	+16
10...18	0	+19	+29	+48	+22	+34	+20	+32	+12	+24	+7	+19
18...30	0	+23	+39	+62	+28	+42	+25	+39	+15	+30	+8	+23
30...40	0	+27	+50	+77	+35	+52	+30	+47	+18	+35	+9	+27
40...50	0	+27	+60	+87	+35	+52	+30	+47	+18	+35	+9	+27
50...65	0	+30	+75	+105	+45	+65	+35	+55	+20	+40	+10	+30
65...80	0	+30	+90	+120	+45	+65	+35	+55	+20	+40	+10	+30
80...100	0	+35	+105	+140	+60	+85	+45	+70	+23	+45	+12	+35

II täpsusklass

OCT 1012,
OCT 1042,
OCT 1043,
OCT 1044 järgi(1 mikron = $1\mu = 0,001$ mm)

Istud

Pingul H		Tihe Π		Liug C		Liikuv Д		Käigu X		Kerge käigu Л		Lobe Ш	
Võll													
a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.
+1	+7	-3	+3	-6	0	-9	-3	-18	-8	-25	-12	-35	-18
+1	+9	-4	+4	-8	0	-12	-4	-22	-10	-35	-17	-45	-25
+2	+12	-5	+5	-10	0	-15	-5	-27	-13	-45	-23	-60	-35
+2	+14	-6	+6	-12	0	-18	-6	-33	-16	-55	-30	-75	-45
+2	+17	-7	+7	-14	0	-22	-8	-40	-20	-70	-40	-95	-60
+3	+20	-8	+8	-17	0	-27	-10	-50	-25	-85	-50	-115	-75
+3	+20	-8	+8	-17	0	-27	-10	-50	-25	-85	-50	-115	-75
+3	+23	-10	+10	-20	0	-32	-12	-60	-30	-105	-65	-145	-95
+3	+23	-10	+10	-20	0	-32	-12	-60	-30	-105	-65	-145	-95
+3	+26	-12	+12	-23	0	-38	-15	-75	-40	-125	-80	-175	-120

Augusüsteemi istud ja tolerantsid

Nimiläbimõõt mm	Mõõtmed mikronites											
	Auk A		Kuum Гр		Press Пр		Kerge press Пл		Umb Г		Kinnis Т	
	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.		
100 ... 120	0	+35	+125	+160	+70	+95	+45	+70	+23	+45	+12	+35
120 ... 150	0	+40	+150	+190	+80	+110	+58	+85	+25	+52	+13	+40
150 ... 180	0	+40	+180	+220	+95	+125	+58	+85	+25	+52	+13	+40
180 ... 220	0	+45	+215	+260	+115	+145	+75	+105	+30	+60	+15	+45
220 ... 260	0	+45	+255	+300	+135	+165	+75	+105	+30	+60	+15	+45
260 ... 310	0	+50	+300	+350	+160	+195	+100	+135	+35	+70	+15	+50
310 ... 360	0	+50	+350	+400	+185	+220	+100	+135	+35	+70	+15	+50
360 ... 440	0	+60	+415	+475	+220	+260	+130	+170	+40	+80	+20	+60
440 ... 500	0	+60	+485	+545	+260	+300	+130	+170	+40	+80	+20	+60

II täpsusklass

OCT 1012,
OCT 1042,
OCT 1043,
OCT 1044 järgi

(1 mikron = 1 μ = 0,001 mm)

Istud

Pingul H		Tihe П		Liug С		Liikuv Д		Käigu Х		Kerge käigu Л		Lobe Ш	
Võll		Võll		Võll		Võll		Võll		Võll		Võll	
a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.
+3	+26	-12	+12	-23	0	-38	-15	-75	-40	-125	-80	-175	-120
+4	+30	-14	+14	-27	0	-45	-18	-90	-50	-155	-100	-210	-150
+4	+30	-14	+14	-27	0	-45	-18	-90	-50	-155	-100	-210	-150
+4	+35	-16	+16	-30	0	-52	-22	-105	-60	-180	-120	-250	-180
+4	+35	-16	+16	-30	0	-52	-22	-105	-60	-180	-120	-250	-180
+4	+40	-18	+18	-35	0	-60	-26	-125	-70	-210	-140	-290	-210
+4	+40	-18	+18	-35	0	-60	-26	-125	-70	-210	-140	-290	-210
+5	+45	-20	+20	-40	0	-70	-30	-140	-80	-245	-170	-340	-250
+5	+45	-20	+20	-40	0	-70	-30	-140	-80	-245	-170	-340	-250

		Augusüsteemi istud ja tolerantsid IIa täpsusklass				$\frac{OCT}{HKM}$ 1016 järgi					
		Mõõtmised mikronites (1 mikron = $1\mu = 0,001$ mm)									
Nimiläbimõõt mm	Auk A_{2a}	Istud									
		Umb Γ_{2a}		Kinnis T_{2a}		Pingul H_{2a}		Tihe Π_{2a}		Liug C_{2a}	
		Võh									
		ü.		ü.		ü.		ü.		ü.	
		a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.
1 kuni 3	0	+14	+15	—	—	—	—	+7	—	—	0
		+6						—2	—9		
3...6	0	+18	+20	—	—	—	—	+9	—	—	0
		+8						—3	—12		
6...10	0	+22	+25	+21	+16	+10	+10	+10	—15	—	0
		+10	+6	+1	—5	—15					
10...18	0	+27	+30	+25	+19	+12	+12	+12	—18	—	0
		+12	+7	+1	—6	—18					
18...30	0	+33	+36	+29	+23	+13	+13	+13	—21	—	0
		+15	+8	+2	—8	—21					
30...50	0	+39	+42	+34	+27	+15	+15	+15	—25	—	0
		+17	+9	+2	—10	—25					
50...80	0	+46	+50	+41	+32	+18	+18	+18	—30	—	0
		+20	+11	+2	—12	—30					
80...120	0	+54	+58	+48	+38	+20	+20	+20	—35	—	0
		+23	+13	+3	—15	—35					
120...180	0	+63	+67	+55	+43	+22	+22	+22	—40	—	0
		+27	+15	+3	—18	—40					
180...260	0	+73	+78	+64	+51	+24	+24	+24	—47	—	0
		+31	+17	+4	—23	—47					
260...360	0	+84	+90	+74	+58	+27	+27	+27	—54	—	0
		+36	+20	+4	—27	—54					
360...500	0	+95	+102	+85	+67	+31	+31	+31	—62	—	0
		+40	+23	+5	—31	—62					

Augusüsteemi istud ja tolerantid
III täpsusklass

OCT 1013,
OCT 1069 järgi

Nimiläbimõõt mm	Mõõtmised mikronites (1 mikron = 1 μ = 0,001 mm)												
	Auk A ₃	Istud								Lobe Ш ₃			
		Press 3 Πp3 ₃		Press 2 Πp2 ₃		Press 1 Πp1 ₃		Liug C ₃		Käigu X ₃			
		a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.		
1 kuni 3	0	+20	—	—	—	—	—	-20	0	-32	-7	-50	-17
3...6	0	+25	—	—	+30	+55	-25	0	-44	-11	-65	-25	
6...10	0	+30	+70	+110	+40	+70	+35	+65	-30	0	-15	-85	-35
10...18	0	+35	+80	+115	+45	+80	+40	+75	-35	0	-20	-105	-45
18...30	0	+45	+100	+145	+55	+100	+50	+95	-45	0	-25	-130	-60
30...40	0	+50	+115	+165	+65	+115	+60	+110	-50	0	-32	-160	-75

Augusteemi istud ja tolerantid
 III täpsusklass

 OCT 1013,
 OCT 1069 järgi

Nimiläbimõõt mm	Mõõtmed mikronites (1 mikron = $1\mu = 0,001$ mm)													
	Auk A_3	Istud						Võll						
		Press 3 $\Pi p3_3$		Press 2 $\Pi p2_3$		Press 1 $\Pi p1_3$		Liug C_3		Käigu X_3		Lobe Π_3		
		a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	
40 ... 50	0	+50	+125	+175	+75	+125	+60	+110	-50	0	-100	-32	-160	-75
50 ... 65	0	+60	+150	+210	+90	+150	+75	+135	-60	0	-120	-40	-195	-95
65 ... 80	0	+60	+165	+225	+105	+165	+75	+135	-60	0	-120	-40	-195	-95
80 ... 100	0	+70	+190	+260	+125	+195	+90	+160	-70	0	-140	-50	-235	-120
100 ... 120	0	+70	+210	+280	+140	+210	+90	+160	-70	0	-140	-50	-235	-120
120 ... 150	0	+80	+245	+325	+165	+245	+105	+185	-80	0	-165	-60	-285	-150

Augustisteemi istud ja tolerantid
III täpsusklass

OCT 1013,
OCT 1069 järgi

Mõõtmed mikronites (1 mikron = $1\mu = 0,001$ mm)

Nimiläbimõõt mm	Istud													
	Auk A ₃		Press 3 Пр3 ₃		Press 2 Пр2 ₃		Press 1 Пр1 ₃		Liug C ₃		Käigu X ₃		Lobe Ш ₃	
	Võll													
	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.
150...180	0	+80	+275	+355	+195	+275	+120	+200	-80	0	-165	-60	-285	-150
180...220	0	+90	+320	+410	+235	+325	+140	+230	-90	0	-195	-75	-330	-180
220...260	0	+90	+360	+450	+275	+365	+160	+250	-90	0	-195	-75	-330	-180
260...310	0	+100	+415	+515	+320	+420	+185	+285	-100	0	-225	-90	-380	-210
310...360	0	+100	+465	+565	+370	+470	+205	+305	-100	0	-225	-90	-380	-210
360...440	0	+120	+550	+670	+430	+550	+240	+360	-120	0	-255	-105	-440	-250
440...500	0	+120	+620	+740	+500	+620	+275	+395	-120	0	-255	-105	-440	-250

Augusüsteemi istud ja tolerantsid
IIIa, IV ja V täpsusklass

Mõõtmed mikronites (1 mikron = 1 μ)

Nimiläbimõõt mm	IIIa klass				IV klass				
	Auk A _{3a}		Liug C _{3a}		Auk A ₄		Istud		
			Võll				Võll		
	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	
1 kuni 3	0	+40	-40	0	0	+60	—	-60	0
3 ... 6	0	+48	-48	0	0	+80	—	-80	0
6 ... 10	0	+58	-58	0	0	+100	—	-100	0
10 ... 18	0	+70	-70	0	0	+120	+195 +230	-120	0
18 ... 30	0	+84	-84	0	0	+140	+225 +270	-140	0
30 ... 50	0	+100	-100	0	0	+170	+270 +320	-170	0
50 ... 80	0	+120	-120	0	0	+200	+320 +380	-200	0
80 ... 120	0	+140	-140	0	0	+230	+390 +460	-230	0
120 ... 180	0	+160	-160	0	0	+260	—	-260	0
180 ... 260	0	+185	-185	0	0	+300	—	-300	0
260 ... 360	0	+215	-215	0	0	+340	—	-340	0
360 ... 500	0	+250	-250	0	0	+380	—	-380	0

OCT 1014; OCT 1017;
HKM
OCT 1015; OCT 1079 järgi

=0,001 mm)

						V klass					
						istud					
Käigu X ₄		Kerge käigu J ₄		Lobe III ₄		Auk A ₅		Liug C ₅ = B ₅		Käigu X ₅	
						Võll					
a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.
-90	-30	-120	-60	-180	-120	0	+120	-120	0	-180	-60
-120	-40	-160	-80	-240	-160	0	+160	-160	0	-240	-80
-150	-50	-200	-100	-300	-200	0	+200	-200	0	-300	-100
-180	-60	-240	-120	-360	-240	0	+240	-240	0	-360	-120
-210	-70	-280	-140	-420	-280	0	+280	-280	0	-420	-140
-250	-80	-340	-170	-500	-340	0	+340	-340	0	-500	-170
-300	-100	-400	-200	-600	-400	0	+400	-400	0	-600	-200
-350	-120	-460	-230	-700	-460	0	+460	-460	0	-700	-230
-400	-130	-530	-260	-800	-530	0	+530	-530	0	-800	-260
-450	-150	-600	-300	-900	-600	0	+600	-600	0	-900	-300
-500	-170	-680	-340	-1000	-680	0	+680	-680	0	-1000	-340
-570	-190	-760	-380	-1100	-760	0	+760	-760	0	-1100	-380

Nimiläbimõõt mm	Suured tolerantsid VII, VIII ja IX täpsusklass						OCT 1010 järgi			
	Mõõtmed mikronites									
	VII klass		VIII klass		IX klass					
	Auk A ₇	Võll B ₇	Auk A ₈	Võll B ₈	Auk A ₉	Võll B ₉				
	Hälbed									
a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.			
1 kuni 3	0	+250	-250	0	+400	-400	0	+600	-600	0
3...6	0	+300	-300	0	+480	-480	0	+750	-750	0
6...10	0	+360	-360	0	+580	-580	0	+900	-900	0
10...18	0	+430	-430	0	+700	-700	0	+1100	-1100	0
18...30	0	+520	-520	0	+840	-840	0	+1300	-1300	0
30...50	0	+620	-620	0	+1000	-1000	0	+1600	-1600	0
50...80	0	+740	-740	0	+1200	-1200	0	+1900	-1900	0
80...120	0	+870	-870	0	+1400	-1400	0	+2200	-2200	0
120...180	0	+1000	-1000	0	+1600	-1600	0	+2500	-2500	0
180...260	0	+1150	-1150	0	+1900	-1900	0	+2900	-2900	0
260...360	0	+1350	-1350	0	+2200	-2200	0	+3300	-3300	0
360...500	0	+1550	-1550	0	+2500	-2500	0	+3800	-3800	0

Nimi- täbimõõt mm	Võllisüsteemi istud ja tolerantsid I täpsusklass						OCT HKM 1021 järgi					
	Mõõtmed mikronites (1 mikron = 1μ = 0,001 mm)											
	Võll B ₁	Istud										
		Umb Γ ₁	Kinnis T ₁	Pingul H ₁	Tihe Π ₁	Liug C ₁	Liikuv Д ₁					
Auk												
a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.					
1 kuni 3	-4	0	-4	-8	-2	+1	-2	+4	0	+6	+3	+10
3...6	-5	0	-5	-10	-2	+1	-3	+5	0	+8	+4	+12
6...10	-6	0	-6	-12	-3	+1	-4	+6	0	+9	+5	+14
10...18	-8	0	-8	-15	-4	+1	-5	+7	0	+11	+6	+17
18...30	-9	0	-10	-17	-4	+2	-6	+8	0	+13	+7	+20
30...50	-11	0	-12	-20	-5	+2	-7	+9	0	+15	+9	+25
50...80	-13	0	-14	-24	-5	+2	-8	+10	0	+18	+10	+29
80...120	-15	0	-17	-28	-6	+3	-9	+12	0	+21	+12	+34
120...180	-18	0	-20	-32	-7	+3	-10	+14	0	+24	+14	+39
180...260	-20	0	-23	-36	-8	+3	-11	+16	0	+27	+16	+43
260...360	-22	0	-27	-40	-9	+4	-13	+18	0	+30	+18	+48
360...500	-25	0	-30	-45	-10	+5	-15	+20	0	+35	+20	+55

Nimiläbimõõt mm	Võllisüsteemi istud ja tolerantid										
	Mõõtmised mikronites (1 mikron = 1μ)										
	Võll B	Istud									
		Kuum Γρ		Press Πρ		Umb Γ		Kinnis T			
	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	
1 kuni 3	-6	0	-27	-13	-18	-8	-13	-2	-10	0	
3...6	-8	0	-33	-15	-23	-10	-16	-3	-13	0	
6...10	-10	0	-39	-17	-28	-12	-20	-4	-16	0	
10...18	-12	0	-48	-22	-34	-15	-24	-5	-19	0	
18...30	-14	0	-62	-30	-42	-19	-30	-6	-23	0	
30...40	-17	0	-77	-40	-52	-25	-35	-7	-27	0	
40...50	-17	0	-87	-50	-52	-25	-35	-7	-27	0	
50...65	-20	0	-105	-65	-65	-35	-40	-8	-30	0	
65...80	-20	0	-120	-80	-65	-35	-40	-8	-30	0	
80...100	-23	0	-140	-93	-85	-50	-45	-10	-35	0	
100...120	-23	0	-160	-113	-95	-60	-45	-10	-35	0	

II täpsusklass

OCT 1022,
OCT 1142,
OCT 1143 järgi

=0,001 mm)

Pingul H		Tihe Π		Liug C		Liikuv Д		Käigu X		Kerge käigu Л		Lobe Ш	
Auk													
a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.
-7	+3	-3	+7	0	+10	+3	+13	+8	+22	+12	+30	+18	+38
-9	+4	-4	+9	0	+13	+4	+17	+10	+27	+17	+40	+25	+50
-12	+4	-5	+11	0	+16	+5	+21	+13	+33	+23	+50	+35	+65
-14	+5	-6	+13	0	+19	+6	+25	+16	+40	+30	+60	+45	+80
-17	+6	-7	+16	0	+23	+8	+30	+20	+50	+40	+80	+60	+105
-20	+7	-8	+18	0	+27	+10	+35	+25	+60	+50	+95	+75	+125
-20	+7	-8	+18	0	+27	+10	+35	+25	+60	+50	+95	+75	+125
-23	+8	-10	+20	0	+30	+12	+42	+30	+70	+65	+115	+95	+155
-23	+8	-10	+20	0	+30	+12	+42	+30	+70	+65	+115	+95	+155
-26	+9	-12	+23	0	+35	+15	+50	+40	+90	+80	+140	+120	+190
-26	+9	-12	+23	0	+35	+15	+50	+40	+90	+80	+140	+120	+190

Nimiläbimõõt mm	Võllisüsteemi istud ja tolerantsid									
	Mõõtmed mikronites (1 mikron = 1 μ)									
	Võll B		Istud							
			Kuum Гр		Press Пр		Umb Г		Kinnis Т	
a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	
120 ... 150	-27	0	-190	-137	-110	-70	-52	-12	-40	0
150 ... 180	-27	0	-220	-167	-125	-85	-52	-12	-40	0
180 ... 220	-30	0	-260	-200	-145	-100	-60	-15	-45	0
220 ... 260	-30	0	-300	-240	-165	-120	-60	-15	-45	0
260 ... 310	-35	0	-350	-285	-195	-145	-70	-18	-50	0
310 ... 360	-35	0	-400	-335	-220	-170	-70	-18	-50	0
360 ... 440	-40	0	-475	-395	-260	-200	-80	-20	-60	0
440 ... 500	-40	0	-545	-465	-300	-240	-80	-20	-60	0

II täpsusklass

OCT 1022,
OCT 1142,
OCT 1143 järgi

= 0,001 mm)

Pingul H	Tihe Π	Liug C	Liikuv Д	Käigu X	Kerge käigu Л	Lobe Ш						
Auk												
a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.					
-30	+10	0	+40	+18	+60	+50	+105	+100	+170	+150	+230	
-30	+10	-14	+27	0	+40	+18	+60	+50	+105	+100	+170	+230
-35	+11	-16	+30	0	+45	+22	+70	+60	+120	+120	+200	+270
-35	+11	-16	+30	0	+45	+22	+70	+60	+120	+120	+200	+270
-40	+12	-18	+35	0	+50	+26	+80	+70	+140	+140	+230	+310
-40	+12	-18	+35	0	+50	+26	+80	+70	+140	+140	+230	+310
-45	+15	-20	+40	0	+60	+30	+90	+80	+160	+170	+270	+365
-45	+15	-20	+40	0	+60	+30	+90	+80	+160	+170	+270	+365

Nimiläbimõõt mm	Võllisüsteemi istud ja tolerantsid IIa täpsusklass						OCT HKM 1026 järgi				
	Mõõtmised mikronites (1 mikron = 1 μ = 0,001 mm)										
	Võll B _{2a}	Istud									
		Ümb Γ _{2a}		Kinnis I _{2a}		Pingul H _{2a}		Tihe Π _{2a}		Liug C _{2a}	
Auk											
ü.		ü.		ü.		ü.		ü.			
a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.		
1 kuni 3	-9	0	-15	-1	—	—	—	-7	+7	0	+14
3 ... 6	-12	0	-20	-2	—	—	—	-9	+9	0	+18
6 ... 10	-15	0	-25	-3	+1	-16	+6	-10	+12	0	+22
10 ... 18	-18	0	-30	-3	+2	-19	+8	-12	+15	0	+27
18 ... 30	-21	0	-36	-3	+4	-23	+10	-13	+20	0	+33
30 ... 50	-25	0	-42	-3	+5	-27	+12	-15	+24	0	+39
50 ... 80	-30	0	-50	-4	+5	-32	+14	-18	+28	0	+46
80 ... 120	-35	0	-58	-4	+6	-38	+16	-20	+34	0	+54
120 ... 180	-40	0	-67	-4	+8	-43	+20	-22	+41	0	+63
180 ... 260	-47	0	-78	-5	+9	-51	+22	-24	+49	0	+73
260 ... 360	-54	0	-90	-6	+10	-58	+26	-27	+57	0	+84
360 ... 500	-62	0	-102	-7	+10	-67	+28	-31	+64	0	+95

Nimiläbimõõt mm	Võllisüsteemi istud ja tolerantsid III täpsusklass						OCT 1023 järgi	
	Mõõtmed mikronites (1 mikron = 1 μ = 0,001 mm)							
	Võll B ₃	Istud						
		Liug C ₃		Käigu X ₃		Lobe III ₃		
		Auk						
a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	
1 kuni 3	-20	0	0	+20	+7	+32	+17	+50
3...6	-25	0	0	+25	+11	+44	+25	+65
6...10	-30	0	0	+30	+15	+55	+35	+85
10...18	-35	0	0	+35	+20	+70	+45	+105
18...30	-45	0	0	+45	+25	+85	+60	+130
30...50	-50	0	0	+50	+32	+100	+75	+160
50...80	-60	0	0	+60	+40	+120	+95	+195
80...120	-70	0	0	+70	+50	+140	+120	+235
120...180	-80	0	0	+80	+60	+165	+150	+285
180...260	-90	0	0	+90	+75	+195	+180	+330
260...360	-100	0	0	+100	+90	+225	+210	+380
360...500	-120	0	0	+120	+105	+255	+250	+440

Nimiläbimõõt mm	Võllisüsteemi istud ja tolerantsid							
	Mõõtmed mikronites (1 mikron=1 μ)							
	IIIa klass							
	Võll B _{3a}		Ist Liug C _{3a}		Võll B ₄		Liug C ₄	
	Auk							
a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	
1 kuni 3	-40	0	0	+40	0	-60	0	+60
3...6	-48	0	0	+48	0	-80	0	+80
6...10	-58	0	0	+58	0	-100	0	+100
10...18	-70	0	0	+70	0	-120	0	+120
18...30	-84	0	0	+84	0	-140	0	140
30...50	-100	0	0	+100	0	-170	0	+170
50...80	-120	0	0	+120	0	-200	0	+200
80...120	-140	0	0	+140	0	-230	0	+230
120...180	-160	0	0	+160	0	-260	0	+260
180...260	-185	0	0	+185	0	-300	0	+300
260...360	-215	0	0	+215	0	-340	0	+340
360...500	-250	0	0	+250	0	-380	0	+380

IIIa, IV ja V täpsusklass

OCT
HKM 1027, OCT 1024,
OCT 1025 järgi

=0.001 mm)

IV klass					V klass						
Istud					Võll B ₅	Istud					
Käigu X ₄		Kerge käigu J ₄		Lobe III ₄		Liug C ₅ —A ₅		Käigu X ₅			
Auk						Auk					
a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.	a.	ü.		
+30	+90	+60	+120	+120	+180	-120	0	0	+120	+60	+180
+40	+120	+80	+160	+160	+240	-160	0	0	+160	+80	+240
+50	+150	+100	+200	+200	+300	-200	0	0	+200	+100	+300
+60	+180	+120	+240	+240	+360	-240	0	0	+240	+120	+360
+70	+210	+140	+280	+280	+420	-280	0	0	+280	+140	+420
+80	+250	+170	+340	+340	+500	-340	0	0	+340	+170	+500
+100	+300	+200	+400	+400	+600	-400	0	0	+400	+200	+600
+120	+350	+230	+460	+460	+700	-460	0	0	+460	+230	+700
+130	+400	+260	+530	+530	+800	-530	0	0	+530	+260	+800
+150	+450	+300	+600	+600	+900	-600	0	0	+600	+300	+900
+170	+500	+340	+680	+680	+1000	-680	0	0	+680	+340	+1000
+190	+570	+380	+760	+760	+1100	-760	0	0	+760	+380	+1100

Täpsus- klass	Nimiläbimõõt mm	Auk (mõõtmel mikroni- tes)		Augustüsteem							
				Press 4 Пр4	Press 3 Пр3	Press 2 Пр2	Pingul H				
1	0,1 kuni 0,3	0	+3	—	+7	+10	+5	+8	0	+3	
	0,3...0,6	0	+4	—	+8	+12	+6	+10	0	+4	
	0,6...1	0	+5	—	+9	+14	+7	+12	0	+5	
2	0,1...0,3	0	+5	+15	+20	+12	+17	+10	+15	0	+5
	0,3...0,6	0	+6	+16	+22	+13	+19	+11	+17	0	+6
	0,6...1	0	+7	+18	+25	+14	+21	+12	+19	0	+7
2a	0,1...0,3	0	+8	—	—	—	+21	+29	0	+8	
	0,3...0,6	0	+10	—	—	—	+23	+33	0	+10	
	0,6...1	0	+12	—	—	—	+25	+37	0	+12	
3	0,1 kuni 0,3	0	+13	—	—	—	—	—	0	+13	
	0,3...0,6	0	+15	—	—	+45	+60	—	0	+15	
	0,6...1	0	+18	+70	+80	+48	+66	—	0	+18	

Istud

Tihe Π	Liug C	Liikuv Д	Käigu X	Kerge käigu Л	Lobe 1 III ₁	Lobe 2 III ₂
-----------	-----------	-------------	------------	---------------------	----------------------------	----------------------------

Võll (mõõtmel mikronites)

-1	+2	-3	0	-5	-2	-6	-3	-9	-6	-	-
-2	+2	-4	0	-6	-2	-8	-4	-12	-8	-	-
-2	+3	-5	0	-7	-2	-10	-5	-15	-10	-	-
-2	+3	-5	0	-7	-2	-8	-3	-11	-6	-20	-15
-3	+3	-6	0	-8	-2	-10	-4	-14	-8	-25	-19
-3	+4	-7	0	-9	-2	-12	-5	-17	-10	-30	-23
-4	+4	-10	0	-	-	-11	-3	-14	-6	-23	-15
-5	+5	-12	0	-	-	-14	-4	-18	-8	-29	-19
-6	+6	-13	0	-	-	-17	-5	-22	-10	-35	-23
-6	+7	-13	0	-	-	-16	-3	-19	-6	-28	-15
-7	+8	-15	0	-	-	-19	-4	-23	-8	-34	-19
-9	+9	-18	0	-	-	-23	-5	-28	-10	-41	-23

Täpsus- klass	Nimiläbimõõt mm	Auk (mõõtmel mikroni- tes)	Augustüsteem			
			Press 4 Пр4	Press 3 Пр3	Press 2 Пр2	Pingul H
3a	0,1 kuni 0,3	0 +20	—	—	—	0 +20
	0,3...0,6	0 +25	—	—	—	0 +25
	0,6...1	0 +30	—	—	—	0 +30
4	0,1 kuni 0,3	0 +35	—	—	—	0 +35
	0,3...0,6	0 +40	—	—	—	0 +40
	0,6...1	0 +45	—	—	—	0 +45
5	0,3 kuni 0,6	0 +60	—	—	—	—
	0,6...1	0 +70	—	—	—	—
6	0,6 kuni 1	0 +100	—	—	—	—

Istud

Tihe П	Liug С	Liikuv Д	Käigu Х	Kerge käigu Л	Lobe 1 Ш ₁	Lobe 2 Ш ₂	
-10 +10	-20	0	—	—	-26 -6	-35 -15	-50 -30
-12 +13	-25	0	—	—	-33 -8	-44 -19	-60 -35
-15 +15	-30	0	—	—	-40 -10	-53 -23	-75 -45
-17 +18	-35	0	—	—	—	-50 -15	—
-20 +20	-40	0	—	—	—	-59 -19	-75 -35
-22 +23	-45	0	—	—	—	-68 -23	-90 -45
-30 +30	-60	0	—	—	—	—	-95 -35
-35 +35	-70	0	—	—	—	—	-115 -45
—	-100	0	—	—	—	—	—

Täpsus- klass	Nimiläbimõõt mm	Võll (mõõtmel mikroni- tes)		Völlisüsteem						
				Press 4 Пп4	Press 3 Пп3	Press 2 Пп2	Pingul H			
1	0,1 kuni 0,3	-3	0	—	-10	-7	-8	-5	-3	0
	0,3...0,6	-4	0	—	-12	-8	-10	-6	-4	0
	0,6...1	-5	0	—	-14	-9	-12	-7	-5	0
2	0,1 kuni 0,3	-5	0	-20	-15	-12	-15	-10	-5	0
	0,3...0,6	-6	0	-22	-16	-13	-17	-11	-6	0
	0,6...1	-7	0	-25	-18	-14	-19	-12	-7	0
2a	0,1 kuni 0,3	-8	0	—	—	—	-29	-21	-8	0
	0,3...0,6	-10	0	—	—	—	-33	-23	-10	0
	0,6...1	-12	0	—	—	—	-37	-25	-12	0
3	0,1 kuni 0,3	-13	0	—	—	—	—	—	-13	0
	0,3...0,6	-15	0	—	—	-45	—	—	-15	0
	0,6...1	-18	0	-88	-70	-48	—	—	-18	0

Istud

Tihe Π	Liug C	Liikuv Д	Käigu X	Kerge käigu Л	Lobe 1 Ш ₁	Lobe 2 Ш ₂	Lobe 3 Ш ₃
-----------	-----------	-------------	------------	---------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Auk (mõõtmel mikronites)

-2	+1	0	+3	+2	+5	+3	+6	+6	+9	—	—	—
-2	+2	0	+4	+2	+6	+4	+8	+8	+12	—	—	—
-3	+2	0	+5	+2	+7	+5	+10	+10	+15	—	—	—
-3	+2	0	+5	+2	+7	+3	+8	+6	+11	+15	+20	—
-3	+3	0	+6	+2	+8	+4	+10	+8	+14	+19	+25	—
-4	+3	0	+7	+2	+9	+5	+12	+10	+17	+23	+30	—
-4	+4	0	+8	—	—	+3	+11	+6	+14	+15	+23	—
-5	+5	0	+10	—	—	+4	+14	+8	+18	+19	+29	—
-6	+6	0	+12	—	—	+5	+17	+10	+22	+23	+35	—
-7	+6	0	+13	—	—	+3	+16	+6	+19	+15	+28	—
-8	+7	0	+15	—	—	+4	+19	+8	+23	+19	+34	—
-9	+9	0	+18	—	—	+5	+23	+10	+28	+23	+41	—

Täpsus- klass	Nimiläbimõõt mm	Võll (mõõdetud mikro- nites)	Võllisüsteem					
			Press 4 Пр4	Press 3 Пр3	Press 2 Пр2	Pingul H		
3a	0,1 kuni 0,3	-20	0	—	—	—	-20	0
	0,3 ... 0,6	-25	0	—	—	—	-25	0
	0,6 ... 1	-30	0	—	—	—	-30	0
4	0,1 kuni 0,3	-35	0	—	—	—	-35	0
	0,3 ... 0,6	-40	0	—	—	—	-40	0
	0,6 ... 1	-45	0	—	—	—	-45	0
5	0,3 kuni 0,6	-60	0	—	—	—	—	—
	0,6 ... 1	-70	0	—	—	—	—	—
6	0,6 kuni 1	-100	0	—	—	—	—	—

Istud

Tihe Π	Liug C	Liikuv Д	Käigu X	Kerge käigu Л	Lobe 1 Ш ₁	Lobe 2 Ш ₂	Lobe 3 Ш ₃					
-10	+10 0	+20	—	—	+6	+26	+15	+35	+30	+50	+60	+80
-13	+12 0	+25	—	—	+8	+33	+19	+44	+35	+60	+80	+105
-15	+15 0	+30	—	—	+10	+40	+23	+53	+45	+75	+95	+125
-18	+17 0	+35	—	—	—	—	+15	+50	+30	+65	+60	+95
-20	+20 0	+40	—	—	—	—	+19	+59	+35	+75	+80	+120
-23	+22 0	+45	—	—	—	—	+23	+68	+45	+90	+95	+140
—	0	+60	—	—	—	—	—	—	+35	+95	—	—
—	0	+70	—	—	—	—	—	—	+45	+115	—	—
—	0	+100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Auk (mõõtmel mikronites)

Töötlemisviis		Siledusklass ГOCT 2789-59 järgi													
		▽1	▽2	▽3	▽4	▽5	▽6	▽7	▽8	▽9	▽10	▽11	▽12	▽13	▽14
Külmalt väljasurumine								×							
Välistreimine	Koorimine	×	×	×											
	Silumine				×	×	×	×	×						
	Peentreimine (teemandiga)									×	×				
Sisetreimine	Koorimine	×	×	×	×										
	Silumine					×	×	×	×						
	Peentreimine (teemandiga)									×	×				
Puurimine				×	×	×									
Süvistamine						×	×								
Hõõritsemine	Silumine							×							
	Viimistlemine								×	×	×				
Hõõveldamine	Koorimine	×	×	×	×										
	Silumine					×	×	×							

Töötlemisviis		Siledusklass							ГОСТ 2789-59 järgi						
		▽1	▽2	▽3	▽4	▽5	▽6	▽7	▽8	▽9	▽10	▽11	▽12	▽13	▽14
Tangentsiaal- freesimine	Koorimine		×	×	×										
	Silumine					×	×	×							
Otsfreesimine	Koorimine		×	×	×										
	Silumine					×	×	×	×						
Kiirfreesimine	Koorimine						×	×							
	Silumine								×	×					
Kammlõikamine	Silumine							×	×						
	Võimistlemine									×	×				
Keermetamine	Keermelõikuriga					×	×								
	Teraga						×	×							
	Rullides							×	×						
	Hõõveldades							×	×						
Hammaste tööt- lemine	Freesides						×	×	×						
	Seeing-prot- sessiga							×	×	×					

Tabeli 80 järg

Töötlemisviis		Siledusklass							ГОСТ 2789-59 järgi						
		▽1	▽2	▽3	▽4	▽5	▽6	▽7	▽8	▽9	▽10	▽11	▽12	▽13	▽14
Lihvimine	Jämetöötlemine				×	×	×								
	Peentöötlemine							×	×						
	Viimistlemine									×	×	×			
Hoonimine	Eeltöötlemine									×	×				
	Viimistlemine											×	×		
Poleerimine	Peentöötlemine									×	×				
	Viimistlemine											×	×		
Plankimine	Jämetöötlemine									×					
	Silumine										×	×			
	Viimistlemine												×	×	×
Superfiniš	Peentöötlemine										×	×			
	Viimistlemine												×	×	×

MÕNINGATE OSKUSSONADE VENEKEELSE D VASTED

Juhtliist — направляющая планка	Painutusstants — гибочный штамп
Juhtpolt — направляющая колонка	Piiraja — упор
Juhtpuks — направляющая втулка	Püüdja — ловитель
Kalestatud — нагартованный	Rihtimine — правка
Kraad — заусеница	Saba — хвостовик
Kärnimine — кернение	Stürakrüül — стиракрил
Külmpressimine — холодное выдавливание	Suruja — прижим
Lõikestants — вырубной штамп	Surverõngas — прижим заготовки
Lõtk — зазор	Tempel — пуансон
Lõõmutatud — отоженный	Templihoidja — пуансонодержатель
Mahatõmbaja — съёмник	Toorik — заготовка
Mahatõmbamine — снятие (выталкивание)	Tõmbestants — вытяжной штамп
Markeerimine — клеймение	Tõukevarras (tõukaja) — толкатель
Matriits — матрица	Vaheplaat — прокладка
Metalli reljeefvormimine — чеканка	Vastupressimine — обратный способ выдавливания
Nuga — шаговый нож	Väljatõukamine — выталкивание
Otsepressimine — прямой способ	Äärik — фланец
	Ääristamine — отбортовка

KREEKA TÄHESTIK

A α = alfa	N ν = nüü
B β = beeta	Ξ ξ = ksii
Γ γ = gamma	O o = omikron
Δ δ = delta	Π π = pii
E ε = epsilon	Ρ ρ = roo
Z ζ = dseeta	Σ σ ς = sigma
H η = eeta	T τ = tau
Θ θ = teeta	Υ υ = üpsilon
I ι = ioota	Φ φ = fii
K κ = kappa	X χ = hii
Λ λ = lambda	Ψ ψ = psii
M μ = müü	Ω ω = omega

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Soovvald, E. «Masinaelemendid» II. Tallinn, 1951.
2. Metallide tehnoloogia. Tallinn, 1955.
3. ENSV RMN Masinaehituse Valitsus «Lõikestantside normaalid «TS»». Tallinn, 1958.
4. Проектирование штампов для холодной штамповки. Ведомственные руководящие технические материалы ВН МЭСЭП 736-50. 1953.
5. Романовский В. П. Справочник по холодной штамповке. Машгиз, 1954.
6. Романовский В. П. Справочник по холодной штамповке. Машгиз, 1959.
7. Малов А. Н. Технология холодной штамповки. Москва, 1958.
8. Звороно Б. П. Расчеты и конструирование штампов для холодной штамповки. Машгиз, 1949.
9. Зубцов М. Е. Листовая штамповка. Машгиз, 1958.
10. Хесин Г. И. и Зоткин А. П. Штамповка слоистых пластинок (гетинакс и текстолит). Ленинград, 1957.
11. Шевелев В. В. Универсальные штампы. Тула, 1959.
12. Корсаков В. Д. Применение стиракрила при изготовлении штампов. Ленинград, 1959.
13. Вопросы радиоэлектроники. Серия IV. Технология производства аппаратуры. Выпуск I. 1959.
14. Справочник конструктора точных приборов. Оборонгиз, 1953.
15. Технологичность конструкций. Москва, 1959.
16. Справочник по машиностроительным материалам. I и II. Москва, 1959.
17. Справочник металлиста. III и IV. Москва, 1959.

SISU

	lk.
Eessõna	3
1. Stantside valmistamiseks kasutatavad põhimaterjalid	5
2. Brinelli, Rockwelli ja Schori kõvaduste võrdlustabel	7
3. Stantsitavate materjalide peamised mehaanilised omadused	8
4. Stantsitavate detailide vahekaugused, kaugused riba äärtest ja nugade poolt ärälõigatavate servade laiused	14
5. Detailide ratsionaalne asetus ribal	15
6. Tolerantsid ribade lõikamisel ja lõtk juhtliistude ning riba vahel	17
7. Kruvide ja poltide ning nende peade alla puuritavad augud	18
8. Stantsimiseks vajalik lõikejõud	19
9. Detaili või jäägi mahatõmbamiseks ja väljatõukamiseks vajalike jõudude määramine stantsimisel	28
10. Valemid silindriliste vedrude arvutamiseks	29
11. Suruja vedrud lõikestantsidele	33
12. Soovitavad vedrud	34
13. Matriitsi lõikepinna kõrgus olenevalt stantsitava materjali paksusest	38
14. Lõikematriitside paksus olenevalt stantsitava materjali paksusest	39
15. Stantsile mõjuvate jõudude keskme määramine	39
16. Matriitsi ja templi lõikeservade vaheline lõtk	43
17. Matriitsi ja templi lõikeservade valmistamise tolerantsid	45
18. Tolerantside skemaatiline asetus templil ja matriitsil	51
19. Augud ja sooned stantside alusplaatides jääkide ning detailide eemaldamiseks	52
20. Püüdja ja piiraja läbimõõdu määramine	54
21. Tempel-matriitsi seinapaksuse minimaalsed mõõtmed kompaundstantsidele	55
22. Varud detailide puhastamiseks ja kaliibrimiseks stantsidega	56
23. Kihiliste materjalide (getinaks, tekstoliit) stantsimine	58
24. Torukujulised templid ja nende teritusnurgad	70
25. Kummiga stantsimine	71
26. Painutamist piiravad konstruktiivsed elemendid	74
27. Lehtmaterjalist painutatud detaili paindejoone pikkuse määramine	74
28. Tagasivetrumisnurk stantsimisel	89
29. Minimaalsed raadiused lehtmaterjalist detailide painutamisel	90

30. Vajaliku jõu arvutamine painutamisel	91
31. Templi ja matriitsi vaheline lõtk painutamisel	95
32. Konstruktiivsed normid tõmbamisel	95
33. Ääristamiseks ettelöödava augu suuruse määramine	96
34. Matriitsi ja templi vaheline lõtk ääristamisel	98
35. Tooriku mõõtmete määramine tõmbamisel	101
36. Varu serva lõikamiseks pöördkehade tõmbamisel	111
37. Astmeliste ja kooniliste detailide (pöördkehade) tõmbamine	111
38. Ristkülikuliste detailide tõmbamine	118
39. Vajalike tõmbamisoperatsioonide arvu ja üleminekuvormide mõõtmete määramine	121
40. Silindriliste detailide tõmbamine materjali õhenemisega	124
41. Järjestikune tõmbamine lindis	128
42. Vajalik tõmbejõud	129
43. Matriitsi ja templi vaheline lõtk tõmbamisel	130
44. Suruja kasutamise vajaduse määramine tõmbamisel	131
45. Tõmbetempli ja matriitsi ümardusraadiuste määramine	132
46. Materjali määrimine tõmbamisoperatsioonil	132
47. Metallide lõõmutamine	133
48. Valemid mitmesuguste geomeetriliste kujundite pindala määramiseks	134
49. Stantsitavate pöördkehade toorikute läbimõõdu määramine	136
50. Külmpressimine	145
51. Rihtimine	150
52. Metalli pinna reljeefvormimine, markeerimine ja kärnimine	152
53. Stantside tugevusarvutused ja lubatavad pinged stantsi detailidele	154
54. Stürakrüüli kasutamine stantside valmistamisel	171
55. Augu- ja võllisüsteemi tolerantsid	173
56. Saavutatav pinnasiledus olenevalt töötlemisviisist ja vastavad pinnasiledusmärgid	204
Mõningate oskussõnade venekeelsed vasted	208
Kasutatud kirjandus	209

СПРАВОЧНИК КОНСТРУКТОРА
ПО ПРИСПОСОБЛЕНИЯМ И ОСНАСТКИ
ХОЛОДНАЯ ШТАМПОВКА

Составили *У. Эльвак, П. Каазик, М. Кеса,*
В. Ломп, Ф. Рузинов, Л. Салус, Ю. Таммик

На эстонском языке

Toimetajad *A. Koppel ja M. Saar*

Ladumisele antud 5. V 1961. Trükkimisele antud
11. I 1962. Paber 60×90, 1/16. Trükipoognaid 13,25.
Trükiarv 700. MB-00226. Tellimise nr. 4557. Hans
Heidemanni nim. trükikoda, Tartu, Olikooli 17/19, I.

Hind 83 коп.

83 kop.

A-24381

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00358364 0