

1 UVOD

Obdelovalni pripomočki ali vpenjalni pripomočki so izdelovalna sredstva, ki jih uporabljamo za določanje lege in vpenjanje obdelovancev pri mehanski obdelavi z ločevanjem (razrezovanje, odrezavanje, odnašanje, izpraznjevanje). Uvrščamo jih v skupino *strežnih naprav*. Pri izdelavi uporabljamo še druga izdelovalna sredstva, kot so *stroji, orodja, merilni pripomočki, varilne in montažne naprave ter transportna sredstva* (Slika 1).

Izdelovalna sredstva	stroji		
	orodja		
	varilne naprave		
	montažne naprave		
	za urejanje		
	merila		
obdelovalni (vpenjalni) pripomočki	transportna sredstva		
	za dodajanje in odzemanje		
	za vodenje, ločevanje in dr.		
	za hranjenje		
	za prenos		
obdelovalni (vpenjalni) pripomočki			

obdelovalni (vpenjalni) pripomočki	stružni	splošni (univerzalni) namenski (specialni)	posamični skupinski	ročni mehanizirani avtomatizirani
	frezalni			
	vrtalni			
	brusilni			
	pehalni			
	posnemalni			
	drugi			

Slika 1. Preglednica izdelovalnih sredstev

Obdelovalni pripomočki omogočajo:

- obdelavo tako, da držijo obdelovanec v določeni legi in prevzemajo rezalne sile med obdelavo,
- obdelavo v zahtevani kakovosti vseh obdelovancev v seriji,
- skrajšanje časov za menjavo obdelovancev in s tem skrajšanje izdelovalnih časov,
- zmanjšanje izmečka,
- zmanjšanje stroškov obdelave z uporabo skupinskih pripomočkov,
- gospodarno (racionalno) obdelavo tudi malih serij ali posameznih obdelovancev z uporabo splošnih ali sestavljivih pripomočkov,
- menjavanje obdelovancev in strežbo strojem s priučenimi delavci,
- samodejno (avtomatizirano) dodajanje surovcev in odzemanje obdelovancev.

Glede na obdelovalne postopke poznamo *stružne, frezalne, vrtalne, brusilne, pehalne* in druge obdelovalne pripomočke (Slika 1). Taka delitev je smiselna, saj posamezni postopki obdelave zahtevajo poseben način pri razvoju obdelovalnih pripomočkov.

Obdelovalne pripomočke, ki jih danes uporabljamo pri posameznih obdelovalnih postopkih, razdelimo v *splošne* ali *univerzalne* in v *namenske* ali *posebne*.

Univerzalne pripomočke uporabljamo pri obdelavi več različnih, vendar z vidika pozicioniranja in vpenjanja podobnih obdelovancev pri obdelavi na enem ali več obdelovalnih strojih. Taki pripomočki so, na primer primeži, vpenjalne glave, delilniki in

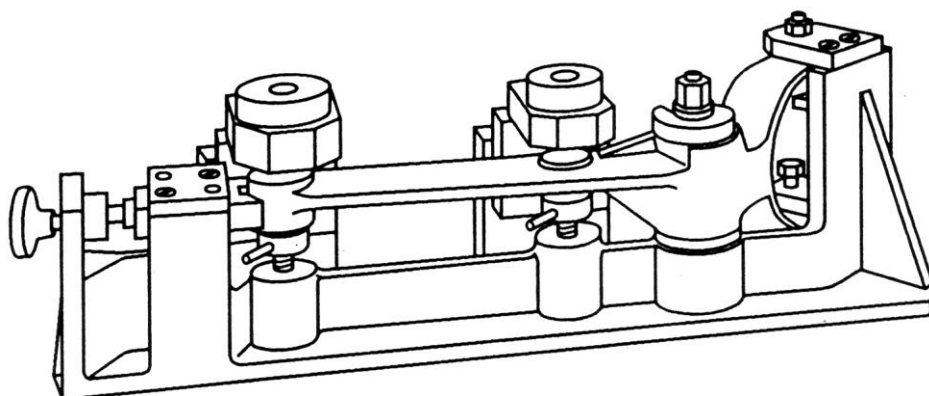
drugi ter jih je mogoče kupiti na trgu. Univerzalne pripomočke redko izdelujemo sami, med drugim tudi zaradi primernejših cen kupljenih pripomočkov ter zaradi tehnološko zahtevne izdelave. Običajno jih izdelovalci izdelujejo v tipiziranih velikostih z možnostjo enostavne prilagoditve razpoložljivim obdelovalnim strojem. Nekateri pripomočki so tudi standardizirani. Pred uporabo so potrebne le manjše prilagoditve, na primer vpenjalnega območja, ali zamenjave ali prilagoditve pozicionirnih in vpenjalnih elementov. Pri obračunavanju stroškov obdelave upoštevamo le del z amortizacijskim načrtom predvidenih stroškov.

Namenske vpenjalne pripomočke (Slika 2) uporabljamo pri obdelavi določenega obdelovanca ali skupine obdelovancev (skupinski pripomočki) na določenem stroju ali strojih. Izdelujemo jih sami v lastni tovarni ali jih naročimo pri specializiranih izdelovalcih. Proces izdelave posebnih vpenjalnih pripomočkov vključuje izdelavo dokumentacije (konstrukcijski načrt, tehnološki načrt), izdelavo sestavnih delov, montažo pripomočka in njegovo umerjanje. Ker potreba po namenskem pripomočku nastane šele pri izdelavi tehnološkega načrta obdelave, je čas, potreben za izdelavo obdelovalnih pripomočkov, zelo kratek.

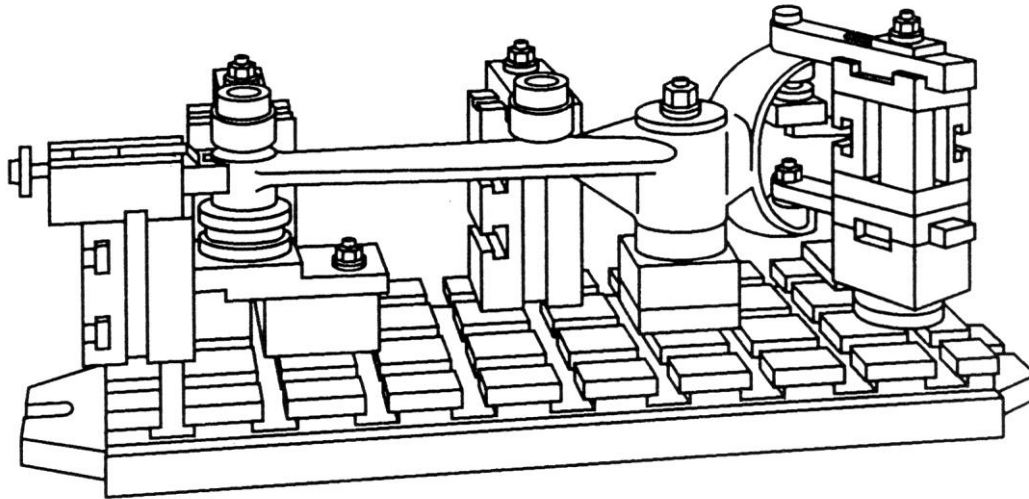
Opisani potek izdelave obdelovalnih pripomočkov je primeren v velikoserijski izdelavi, ko spremembe izdelkov niso pogoste. Priprava obdelave novega obdelovanca tako lahko traja nekaj mesecev. V maloserijski ali celo posamični izdelavi, ko je čas med naročilom in izdelavo kratek - lahko le nekaj tednov ali celo dni - pa je gospodarna le uporaba vpenjalnih pripomočkov, ki jih sestavimo iz že vnaprej izdelanih enot ali elementov. Danes poznamo nekaj sistemov sestavljivih pripomočkov; brez njih praktično ni mogoče uvajanje prožne (fleksibilne) izdelave (Slika 3).

Pri gradnji posebnih pripomočkov pogosto uporabljamo standardne ali univerzalne pripomočke, kot so na primer delilniki, standardni elementi (vodilne puše), in jih dopolnimo z lastno konstrukcijo. Pri obračunu stroške vpenjalnega pripomočka - tako njegovega razvoja kakor izdelave in uporabe - upoštevamo v celoti v ceni obdelave obdelovanca ali skupine obdelovancev. Naročilo mora biti torej dovolj veliko, da stroški na posamezni kos ne presegajo načrtovanih.

Ponovna uporaba pri obdelavi drugih obdelovancev pogosto ni predvidena. Pri obdelavi malih serij je tako gospodarna le uporaba sestavljivih posebnih pripomočkov. V stroških obdelovalnega pripomočka se obračunava le uporabnina posameznih elementov kot del amortizacije. Pripomoček po končani obdelavi razstavimo, elemente pa uporabimo pri sestavljanju naslednjega pripomočka. Stroški za sestavljeni pripomoček so manjši tudi zato, ker njegova priprava ne vključuje konstrukcije in izdelave.



Slika 2. Enonamensko izdelan vpenjalni pripomoček



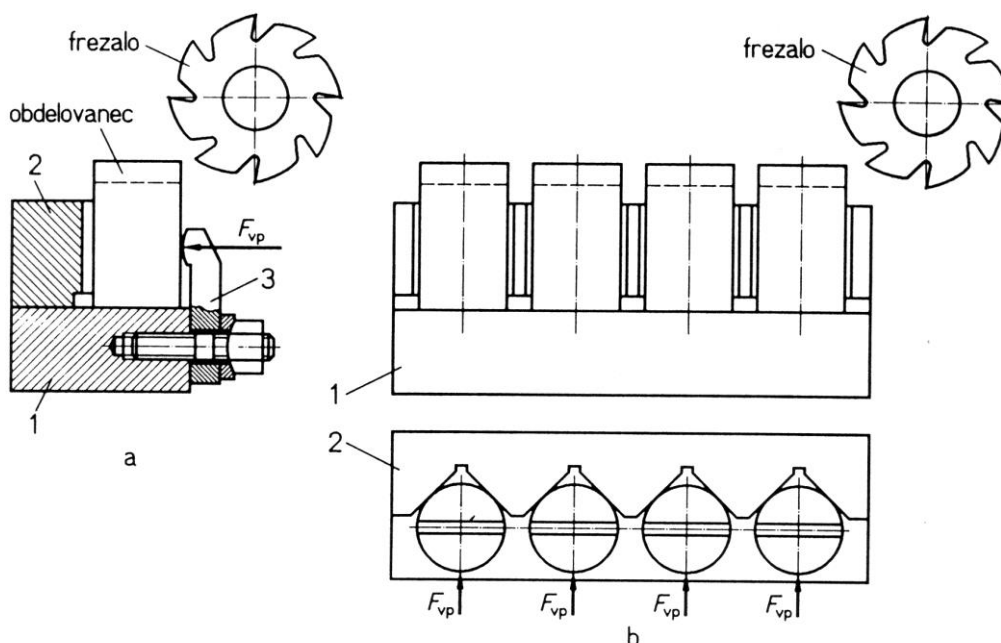
Slika 3. Iz standardnih elementov sestavljen vpenjalni pripomoček

Obdelovalne pripomočke uporabljamo za pozicioniranje in vpenjanje *posamičnih obdelovancev* ali pozicioniranje in vpenjanje *več enakih obdelovancev hkrati* (skupinski vpenjalni pripomočki). Z uporabo skupinskih vpenjalnih pripomočkov močno zmanjšamo stroške obdelave. Njihova gospodarna uporaba zahteva dovolj velike serije in primernost obdelovancev za obdelavo v skupini. Take vpenjalne naprave se pogosto uporabljajo pri frezanju ali brušenju obdelovancev manjših mer (slika 4). Uporabljamo jih tudi pri struženju ali celo pri obdelavi na večoperacijskih strojih. K skupinskim lahko uvrstimo tudi pripomočke za pozicioniranje in vpenjanje različnih, vendar podobnih obdelovancev, za vpenjanje tako imenovane skupine izdelkov. S tem dosežemo povečanje števila obdelovancev v seriji in zmanjševanje stroškov pripomočka na obdelovanec.

Obdelovalni pripomočki, ki jih uporabljamo pri pozicioniranju obdelovancev pri različnih obdelavah, se razlikujejo tudi po stopnji sestavljivosti. Lahko so samo iz enega dela, kot na primer vpenjalne stročnice, ali pa so sestavljeni iz množice elementov, kakor na primer pnevmatične delilne naprave z lastnim krmiljem.

Glede na izvor vpenjalne sile poznamo ročno delujoče in mehanizirane vpenjalne pripomočke. Pri ročno delujočih delavec pri stroju ročno pozicionira in s silo mišic prek vijaka ali izsrednika (ekscentra) vpne obdelovanec. Pri mehaniziranih vpenjalnih pripomočkih delavec ročno vstavi (pozicionira) surovec v vpenjalno napravo, vpenjalno silo pa doseže s pnevmatičnim ali hidravličnim valjem, elektromotorjem, magnetno silo ali vakuumom. Vpenjalni pripomočki, ki jih uporabljamo pri avtomatizirani stregi, imajo tudi lastno krmilje; to je vključeno v krmilje stroja. Obdelovance pozicionira strežna naprava, ki da signal tudi za vpenjanje. Take vpenjalne pripomočke označujemo kot avtomatizirane.

Obdelovalni pripomoček lahko sestavimo ali priredimo neposredno na mizi stroja. Taki pripomočki zahtevajo daljše mirovanje strojev. Primerni so samo pri velikih serijah ali če jih lahko zelo preprosto in hitro sestavimo in umerimo zunaj območja stroja, pred obdelavo pa jih pozicioniramo in vpenemo na stroj. Čas za menjavo pripomočka in pripravo delovnega mesta je tako krajši.



Slika 4. Posamični (a) in skupinski vpenjalni pripomoček (b)
 1- osnovno telo, 2- pozicionirni element (prizma), 3- vpenjalo (vijak s stremenom)

Pri zasnovi in konstruiranju obdelovalnih pripomočkov mora tehnolog ali konstruktor poznati osnove pozicioniranja ali določevanja lege in vpenjanja ali pritrjevanja obdelovancev na obdelovalnih strojih pri posameznih vrstah obdelave.

Ker so obdelovalni pripomočki sestavljeni največkrat iz osnovnega telesa, pozicionirnih, povezovalnih, vodilnih, opornih elementov in vpenjalnih elementov in enot ter elementov za prenos vpenjalnih sil, mora konstruktor poznati standarde in elemente, ki jih lahko kupimo v tipiziranih merah in jih uporabimo v lastni konstrukciji, na primer pnevmatične in hidravlične valje. Konstruktor mora poznati tudi materiale, zahtevane načine toplotne obdelave in tolerance.

Konstruktor pri razvoju pripomočkov upošteva že znane rešitve in značilnosti njihove gradnje za posamezne vrste obdelave. Osnovno pravilo pri razvoju naprav je, da naj bo obdelovalni pripomoček na mizi stroja vsekakor čim manjši, kar pomeni stisnjeno (kompaktno) gradnjo. Obdelovalni pripomoček naj tudi ne sega čez rob obdelovalnega stroja.

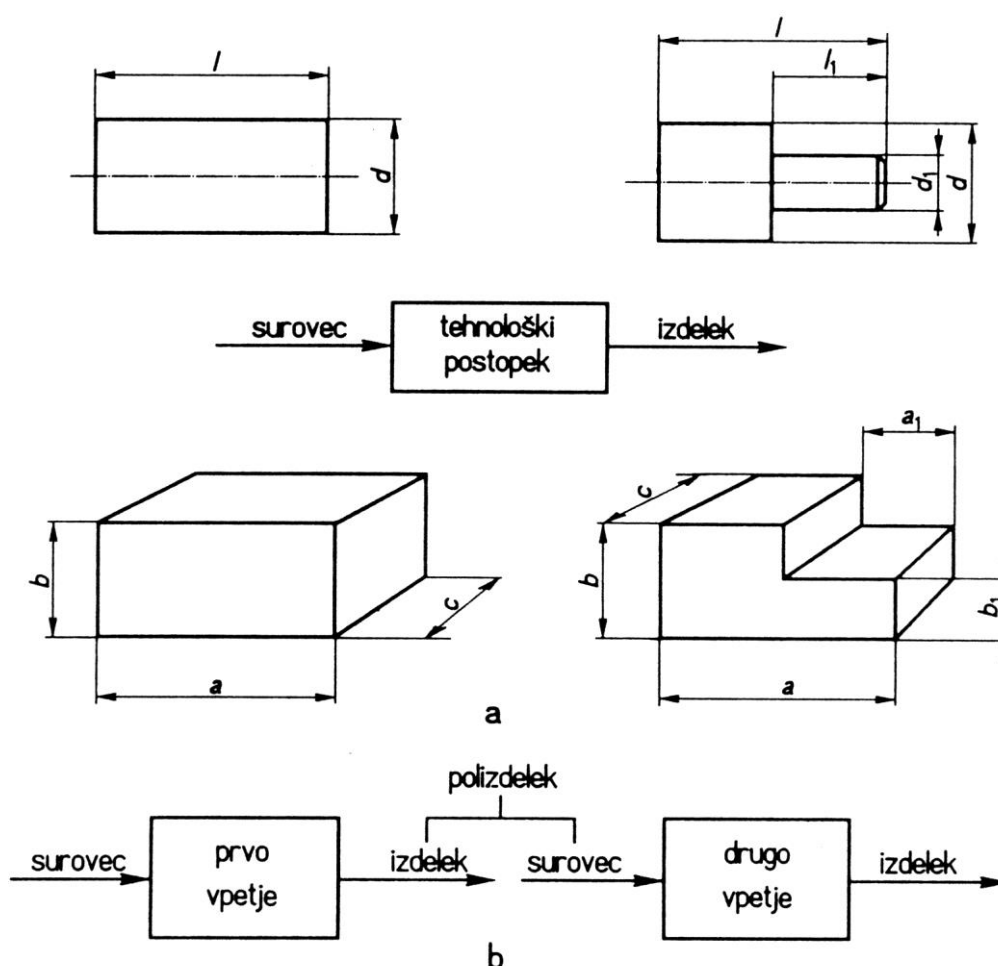
Hkrati mora konstruktor upoštevati, da bo z obdelovalnim pripomočkom delal delavec. Zato naj bo preprost za strego, deluje naj zanesljivo in naj ne ogroža zdravja delavca. Pri ročnem vpenjanju smo omejeni s silo, ki jo lahko delavec ustvari prek vpenjalnega elementa. Ročice in tipke so nameščene tako, da je delo čim bolj preprosto in delavca ne obremenjuje. Posebno pozornost mora konstruktor nameniti odstranjevanju odrezkov. Ploskve, na katerih leži obdelovanec med obdelavo, morajo biti vedno čiste. Konstruktor mora z zasnovo obdelovalnega pripomočka in izbiro pozicionirnih elementov zagotoviti preprosto čiščenje odrezkov z naležnih ploskev ter neovirano odtekanje hladilne tekočine. Pri avtomatizirani stregi je obdelovalni pripomoček zasnovan tako, da dodatna enota vstavi vanj obdelovanec s preprostimi gibi in zanesljivo. Obdelovalni pripomočki so avtomatizirani, krmilje vpenjalnega pripomočka je povezano s krmiljem dodatne naprave in stroja. Stroj naj se vklaplja šele, ko je vpenjalna sila dovolj velika.

2 OSNOVE

2.1 Obdelovanci

Obdelovanci so predmeti, ki jih obdelujemo s postopki obdelave. Pred obdelavo so to *surovci*, po obdelavi pa *izdelki* (slika 5a). Izdelek, ki je nastal pri enem obdelovalnem postopku, ima lahko uporabno vrednost in ga lahko že koristno uporabimo pri montaži v lastni tovarni, lahko ga prodamo drugi tovarni za vgradnjo ali pa je to surovec za naslednji obdelovalni postopek. Obdelovance lahko obdelamo samo z enim ali z več postopki, v enem, dveh ali več vpetjih. Vmesno obliko obdelovancev med posameznimi obdelovalnimi postopki ali posameznimi vpetji pogosto imenujemo tudi *polizdelek* (slika 5b).

Tehnolog, ki načrtuje obdelavo, se mora - glede na možnost obdelave na posameznih strojih in na možnost pozicioniranja - odločiti, katere površine bodo obdelane v posameznih vpetjih. To je pomembno še posebno zato, ker ploskve, ki jih obdelamo v prvem vpetju, lahko uporabimo za pozicioniranje v drugem vpetju. Pravilna razdelitev obdelave na vpetja in izbira pozicionirnih ploskev omogočata natančno in ekonomično obdelavo.



Slika 5: Prikaz stanja obdelovancev pri obdelavi
a - obdelava v enem vpetju, b - obdelava v dveh vpetjih

Ker obdelovanec pred obdelavo (surovec) in po obdelavi (izdelek) s svojimi lastnostmi neposredno vpliva na število in zaporedje vpetij, način pozicioniranja, izbor vpenjal in pozicionirnih ter vpenjalnih ploskev, moramo poznati podatke o obeh. Risba izdelka, nastala v konstrukciji, vsebuje le podatke o obdelovancu po končani obdelavi. Tem osnovnim podatkom tehnolog v tehnološki pripravi pripiše še dodatke in navodila za obdelavo. Risba

izdelka in tehnološki postopek pa ne vsebujeta vseh podatkov, ki so nujni za vpenjanje. Taki podatki so na primer dodatki za dopustne odstopke, ki jih smejo imeti oblika in mere surovcev. Tako mora konstruktor obdelovalnih pripomočkov iz delovnega načrta razbrati ali ugotoviti sam glede na poprejšnje postopke obdelave, kakšna naj bodo oblika, površine in mere surovca. Pri tem lahko uporablja standarde SIST, DIN in ISO, tovarniške standarde in priporočila, pa tudi lastne izkušnje.

Pri oblikovanju *ulitkov* mora tehnolog paziti, kje poteka delilna ravnina modela in s tem brada. Upoštevati mora napake, ki so nastale v obliki in merah zaradi ročnega ali strojnega oblikovanja form, premikanja delov kalupa in jeder, nihanja temperature pri ohlajanju in podobno. Upoštevati mora tudi povečanje teže ulitkov za 5 % pri sivi in do 10 % pri temprani litini (DIN 1691 in DIN 1682). Smernice prav tako navajajo, da se mere pri manjših odlitkih iz sive litine spremenijo za ± 2 mm, pri večjih, ki jih obdelujemo še v vpenjalnih pripomočkih pa do ± 10 mm. Pri ulitkih iz tlačnega liva se mere spremenijo mnogo manj. Pri ulitkih iz cinka moramo upoštevati spremembo mer za $\pm 0,15\%$ in pri aluminijevih ulitkih $\pm 0,2\%$.

Pri oblikovanju surovcev za kovanje (izkovkov) v utopih tehnolog upošteva izsrednost utopa, tavanje pestiča, spremembo strukture, tolerančno polje, hrapavost in dodatke za obdelavo (DIN 7526 in DIN 7527). Brada je pri izkovkih široka med 2 in 6 mm. Natančnost hladno obrezane brade je mnogo večja kakor toplo obrezane. Pri izbiri pozicionirnih površin in razdelitev na vpetja je treba upoštevati, da so notranje ploskve nagnjene za 1:6 in zunanje za 1:10 ter da se mere na izkovkih lahko razlikujejo v smeri kovanja povprečno za 5 do 15 %, pravokotno na smer kovanja pa od 0,5 do 1,5 %. Z uvajanjem računalnikov so analize odstopkov in njihovega vpliva na način pozicioniranja zelo olajšane.

Pri *varjencih* so odstopki od oblike in mere odvisni od varilnega postopka in tudi od vpenjanja pri varjenju. Če so varjeni pod zaščitnimi plini, so mnogo bolj ukrivljeni, kakor če so varjeni obločno. Surovci, varjeni s čelnim varjenjem, se razlikujejo po dolžini za $\pm 0,5\%$. Natančnost pri točkovnem varjenju je predvsem odvisna od vpenjalnega pripomočka. Pri rezanju so odstopki odvisni od debeline pločevine in enakomernosti podajanja. Vari niso primerni za pozicioniranje pri nadaljnji obdelavi.

Vlečeni ali *iztiskani* profili in palice so dokaj natančni, tako da tehnologi pogosto pozabijo na dodatke. Natančnosti so predpisane v posameznih standardih (DIN 1013, 1014, 1017 in DIN 174, 178). Hladno iztiskani deli imajo pogosto že mero, zato poznejša obdelava ni potrebna.

Izsekani surovci in surovci, izdelani z *globokim vlek*om, so natančni. Tako je na primer pri globoko vlečeni pločevini debeline 1 mm toleranca $\pm 0,08$ mm (DIN 1541). Krivljeni deli se glede na različno stopnjo deformacije in material po preoblikovanju poravnajo in odstopajo od oblike, ki je podana z orodjem.

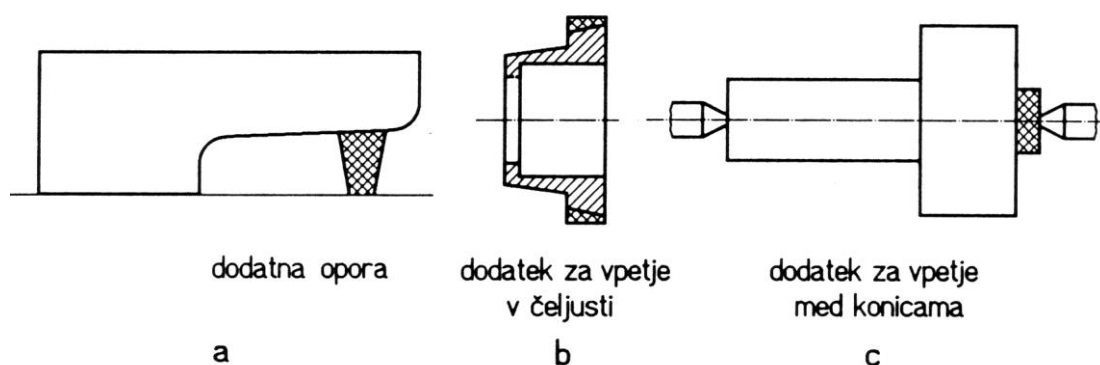
Tudi surovci, poprej obdelani s *postopki ločevanja*, niso vedno natančni, tako da tehnolog ne sme pozabiti na morebitne odstopke. Napake lahko nastanejo zaradi nepravilnega pozicioniranja, zaradi neustrezno velikih sil in usmerjenosti pa tudi obrabe orodij, ohlapnosti ipd. Tehnolog mora hkrati upoštevati, da so nekatere ploskve na surovcu le grobo, druge pa fino obdelane, in ustrezno temu izbrati pozicionirne elemente.

Tudi pri toplotni obdelavi surovci pogosto spremenijo obliko in mere. Ploskve postanejo neravne, luknje se povečajo, gredi se ukrivijo; popačenje pa je težko vnaprej predvideti.

2.1.1 Oblikovanje izdelkov in vpenjanje

Za sestavne dele različnih strojev in naprav, ki imajo enako funkcijo, uporabimo enake surovce in obdelovance. Če ima obdelovanec več izvrtin, naj bodo te enakih ali čim manj različnih premerov. Oblika naj bo taka, da je določitev lege pri vpenjanju preprosta in enoznačna. Konstruktor podaja mere in tolerance z upoštevanjem obdelave, meritev in vpenjanja. Pri oblikovanju izdelka uporabi že obstoječe vpenjalne pripomočke ali jih vsaj upošteva. Če so izdelki obdelovani na več strojih ali pri različnih dobaviteljih, naj bodo obdelani v enakih vpenjalnih pripomočkih.

Če obdelovanci nimajo primernih ploskev za pozicioniranje, če niso stabilni pri pozicioniranju ali če nimajo primernih ploskev za prijemališče vpenjalne sile, je treba pri ulitku predvideti dodatno oporo, pri varjenju pa privariti nastavek, na katerem bo obdelovanec ležal ali bo rabil za vpenjanje (slika 6). Take dodatke obdelamo skupaj z drugimi ploskvami in jih ob koncu obdelave odstranimo.

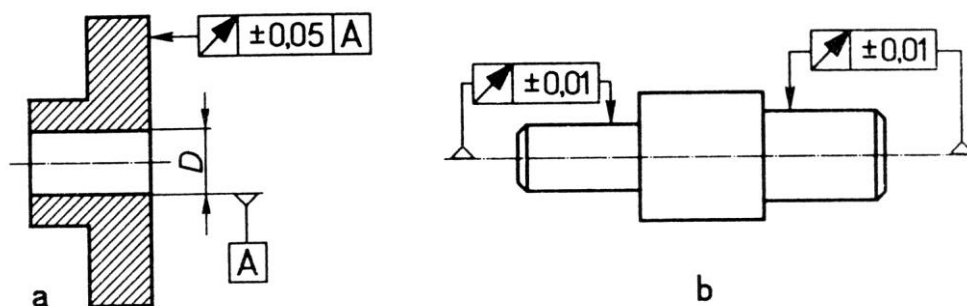


Slika 6. Dodatni ulitki, navari in podpore

2.1.2 Oblika, mere, površina in vpenjanje obdelovancev

Obdelovance sestavljajo različna geometrijska telesa: valji, prizme, kvadri in telesa nepravilnih oblik. S povezovanjem teh osnovnih teles dobimo obdelovance značilnih oblik. Tako so obdelovanci lahko valjasti, obojestransko stopničasti (gredi), prizmatični (okrovi) ali nepravilnih oblik (ladijski vijak). Obdelovanci so lahko majhni, veliki, dolgi ali kratki, togi ali vitki. Te razdelitve niso enoznačne, vendar pa so pogosto vodilo pri izbiri načina pozicioniranja in vpenjanja. Tako na primer lahko valjaste obdelovance pozicioniramo v prizme, medtem ko ploščate vedno polagamo na ravne podpore. Vitke obdelovance moramo dodatno podpirati, togih pa ni treba ipd.

Na risbi konstruktor poda mere in tolerance oblike (npr. ravnost, okroglost) ter tolerance lege (vzporednost, pravokotnost, položaj, sovednost idr.) (slika 7). Prav mere in način kotiranja ter tolerance oblike pomembno vplivajo na razdelitev obdelave v vpetja in na način pozicioniranja ter vpenjanja. Tako npr. obdelamo v istem vpetju dve ploskvi na valjastem obdelovancu, če je pri eni zahtevan natančen plani tek, (slika 7 a). Valjasti obdelovanec, ki mora imeti natančen krožni tek, pa bomo centriralni med konicami.



Slika 7: S toleranco predpisani lastnosti valjastega obdelovanca
a - plati tek na kratkem, b - krožni tek na dolgem obdelovancu

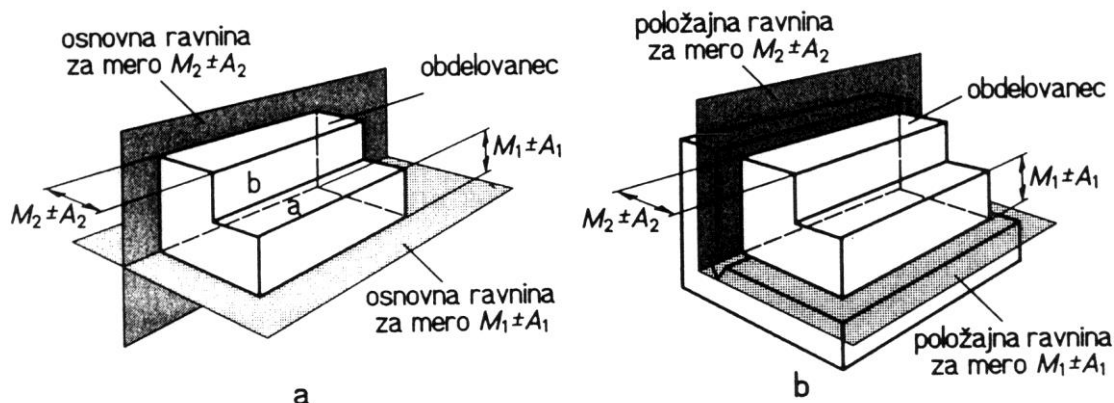
Površine surovcev so lahko *surove* ali *obdelane*. Surova površina se močno razlikuje od idealne geometrijske oblike, pri obdelani pa so razlike minimalne. "Surove" so na primer površine ulitkov, zvarjencev, izkovkov, palic in valjancev. "Obdelane" površine imajo surovci, ki smo jih stružili, frezali, skobljali ali obdelali po drugih postopkih. Za pozicioniranje največkrat uporabimo le obdelane ploskve ter se, če je le mogoče, izogibamo surovim. Pri obdelavi z več vpetji pri prvem vpetju obdelamo ploskve, ki bodo pri drugem vpetju rabile za pozicioniranje.

2.2 Baze

Baze v tehniki pozicioniranja in vpenjanja pomenijo izhodišče za opazovanje. Lahko so ravnine, črte ali točke. Nanje vežemo lego posameznih ploskev, linij ali točk na obdelovancu. Bazo, od katere so določene mere (kote) na obdelovancu, imenujemo *osnovna ravnina*, bazo, ki določa položaj obdelovanca v vpenjalnem pripomočku, pa *položajna ravnina*.

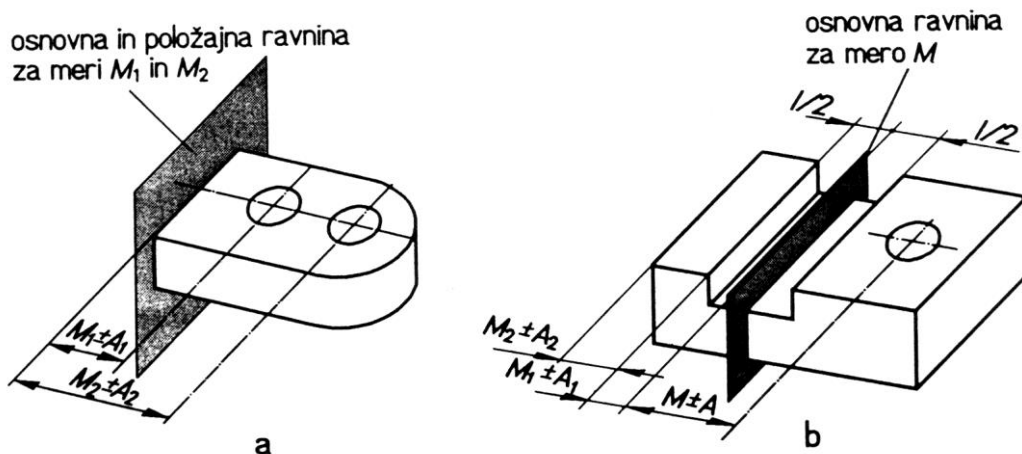
2.2.1 Osnovna ravnina

Vsaka mera (kota) na obdelovancu pomeni razmik med osnovno ravnino in opazovano ploskvijo, kakor kaže slika 8. Vse točke na opazovani ploskvi *a* so za mero $M_1 \pm A_1$ oddaljene od osnovne ravnine za mero M_1 in vse točke na ploskvi *b* so za mero $M_2 \pm A_2$ oddaljene od osnovne ravnine za mero M_2 .



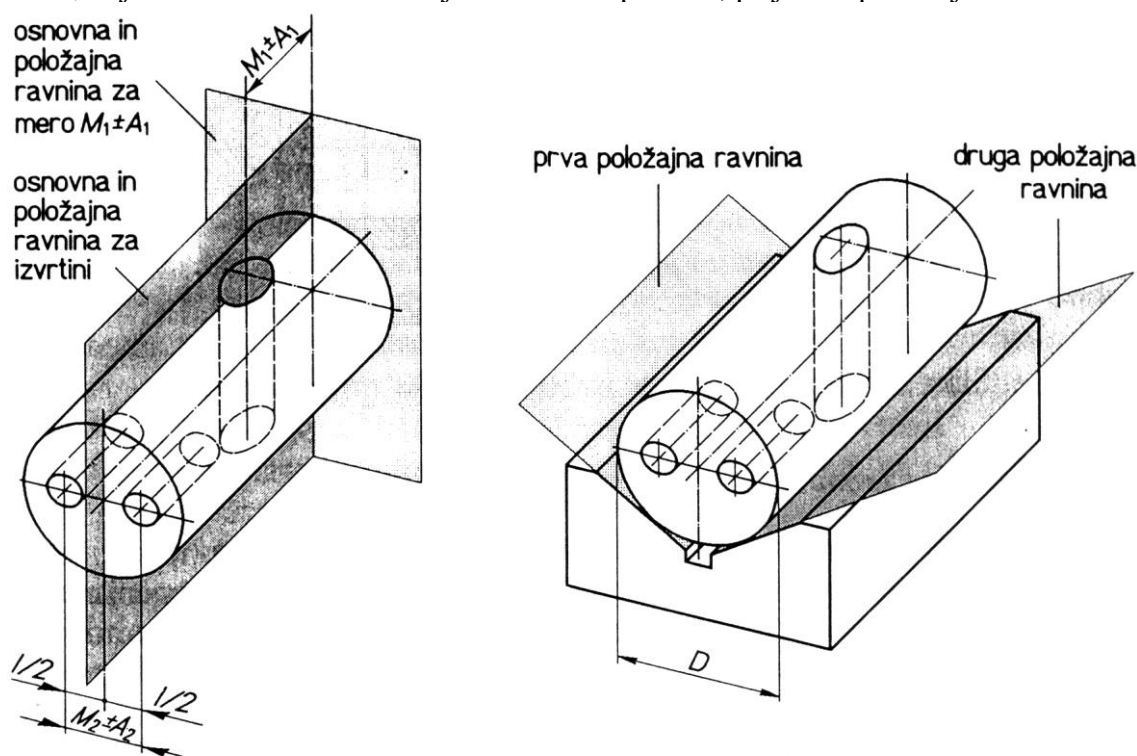
Slika 8. Osnovne ravnine za obdelavo ploskev a in b.

Pri vrtanju dveh lukenj, kot je prikazano na sliki 9 a, sta njuni srednjici oddaljeni od iste osnovne ravnine za mero M_1 in za mero M_2 . Osnovna ravnina za izvrtino na obdelovancu, ki ga kaže slik 9 b pa teče vzdolž srednjice utora.



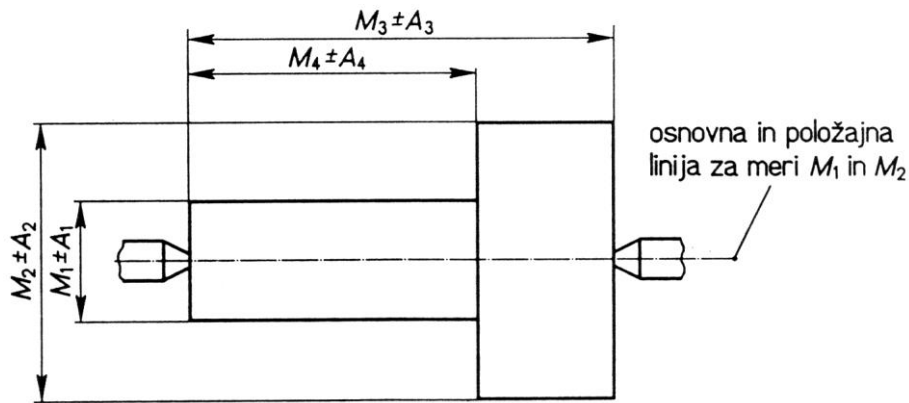
Slika 9. Osnovni ravnini za vrtnje
 a - dveh izvrtin, b - za vrtnje izvrtine, oddaljene od srednjice utora (za mero $M \pm A$)

Pri valjastem obdelovancu z dvema izvrtinama na čelni strani, ki sta od srednjice enako razmaknjeni, teče osnovna ravnina zanju vzdolž srednjice (slika 10). Osnovna ravnina za izvrtino, ki je za mero $M_1 \pm A_1$ oddaljena od čelne ploskve, pa je s to ploskvijo soležna.

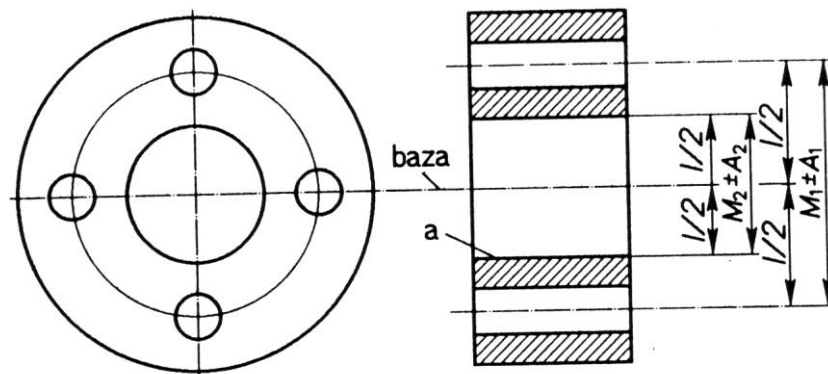


Slika 10. Osnovni ravnini in položajne ravnine na valjastih obdelovancih pri obdelavi izvrtin

Pri valjastih obdelovancih, kjer so vse točke na ploskvi valja enako oddaljene od srednjice, je baza za mero $M_1 \pm A_1$ ali za mero $M_2 \pm A_2$ črta srednjice (slika 11). Podobno je pri obdelovancu z več izvrtinami na določeni krožnici (slika 12). Srednjica izvrtin je za mero $M_1/2$ oddaljena od osi obdelovanca, ki je baza za to mero.



Slika 11. Baza pri valjastih obdelovancih pri struženju



Slika 12. Baza pri vrtnju izvrtin na valjastem obdelovancu

Ploskve na obdelovancu, za katere so podane mere in ki ležijo v osnovni ravnini, imenujemo *osnovne, bazne* ali *referenčne ploskve*. Določi jih konstruktor pri kotiranju izdelka.

2.2.2 Položajna ravnina in položajne črte

Pri pozicioniranju večimo obdelovance na vpenjalni pripomoček s *položajno ravnino*, ki jo vedno izbere tehnolog pri načrtovanju vpenjanja. V njej ležijo oporne ploskve, na katere se opira obdelovanec med obdelavo. Lega in število položajnih ravnin sta odvisni od oblike in mer obdelovanca, pogosto pa tudi od oblike opornih ploskev. Da bi bili odstopki pri pozicioniranju in izdelavi čim manjši, morata biti osnovna ravnina in položajna ravnina soležni, če to ni mogoče, postavimo položajno ravnino tako, da so odstopki pri obdelavi čim manjši.

Za obdelovance na sliki 8 in 9 a se položajni ravnini ujemata z osnovnima ravninama. Pri obdelovancu na sliki 9 b pa tehnolog za vpenjanje lahko izbere dve položajni ravnini. Položajna ravnina, ki se ujema s ploskvijo *a*, je za vsoto razdalj $M_1 \pm A_1$, $M_2 \pm A_2$ in $M \pm A$ oddaljena od izvrtine, ki jo obdelujemo, in se *ne* ujema z osnovno ravnino. Pri tem je odstopok podan s tolerancami mer. Položajna ravnina, ki je soležna s ploskvijo *b* v utoru, je oddaljena od izvrtine za vsoto $M_1 \pm A_1$ in $M \pm A$. Odstopok je manjši, vendar so pozicionirni elementi in sama vpenjalna naprava bolj zapleteni.

Pri valjastem obdelovancu na sliki 10 se položajna ravnina za mero $M_1 \pm A_1$ ujema z osnovno ravnino. Za obdelavo izvrtin na čelni strani obdelovanca na isti sliki, pa je položaj obdelovanca določen z določitvijo dveh položajnih ravnin, ki sta druga proti drugi nagnjeni pod izbranim kotom.

Pri obdelovancu na sliki 11 je baza za obdelavo zunanjih valjastih ploskev srednjica, ki je soležna s položajno črto sojemalnih konic. Tudi pri obdelavi izvrtin na obdelovancu, ki ga kaže slika 12, je srednjica baza, na katero je vezan obdelovanec v vpenjalnem pripomočku.

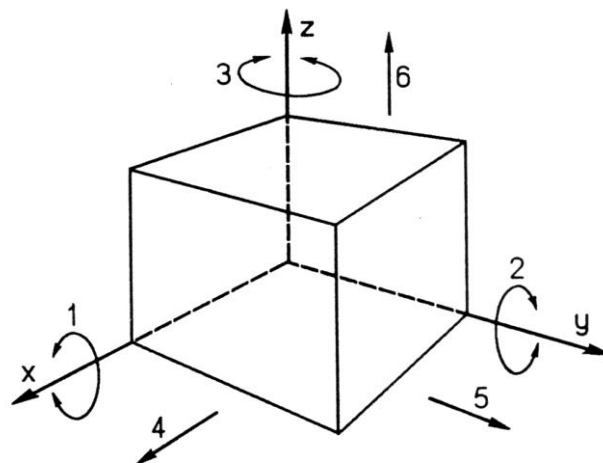
Položajna ali pozicionirna ploskev je ploskev na obdelovancu, ki je stična med njim in vpenjalnim pripomočkom. Te ploskve izbira tehnolog pri načrtovanju vpenjanja.

2.3 Določitev lege obdelovancev v vpenjalnih pripomočkih

2.3.1 Osnovni načini pozicioniranja

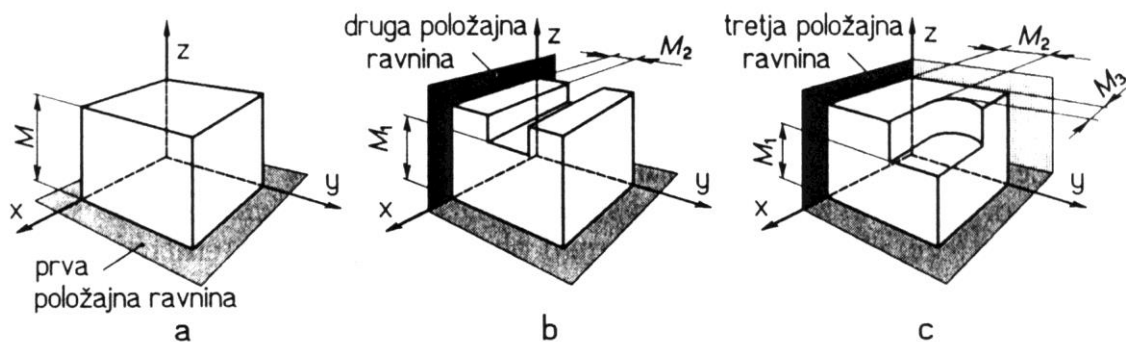
Legi obdelovanca v vpenjalnem pripomočku mora biti pred obdelavo – proti orodju ali referenčni točki stroja – natančno določena. Ta lega se zaradi lastne teže ali rezalnih sil tudi med obdelavo ne sme spremeniti. Postopek določanja položaja imenujemo z eno besedo pozicioniranje (iz lat. positio) ali lociranje (iz lat. locus). Način pozicioniranja obdelovancev je odvisen od geometrijske oblike, površine, mer, predpisanih toleranc, želene obdelave, števila vpetij, poprejšnje obdelave, načina menjanja in podobnega.

Vsako telo, ki se giblje v prostoru, ima šest prostostnih stopenj, kakor kaže slika 12. Telo se lahko vrti okrog vsake osi (tri vrtenja - rotacije) ali giblje premočrtno v smeri vseh treh osi (tri premočrtna gibanja - translacije). Lega telesa v prostoru in v vpenjalnem pripomočku je določena, če mu odvzamemo vse prostostne stopnje. Te obdelovancu odvzamemo z določitvijo položajnih ravnin in položajnih črt. Če je njegova lega v vpenjalnem pripomočku določena s položajnimi ravninami, govorimo o pozicioniranju z določitvijo položajnih ravnin ali kratko pozicioniranju (slika 13). pri določitvi lege obdelovanca glede na osnovno ravnino, ki teče vzdolž srednjice, ali pri določitvi lege obdelovancev, ko je baza za predvideno mero srednjica, pa govorimo o pozicioniranju s centriranjem ali kratko centriranju (usrediščenju – slika 14).



Slika 12. Prostostne stopnje telesa v kartezijskem koordinatnem sistemu: 1,2,3 – vrtenje, 4, 5, 6 – premočrtno gibanje

Z določitvijo *prve položajne ravnine* prizmatičnemu obdelovancu odvzamemo tri prostostne stopnje (vrtenje okrog osi x in y ter premočrtno gibanje v smeri osi z - slika 13 a), z določitvijo *druge položajne ravnine* odvzamemo še nadaljnji dve prostostni stopnji (vrtenje okrog osi z in premočrtno gibanje v smeri x - slika 13 b), z določitvijo *tretje položajne ravnine*, ki je pravokotna na prejšnji dve, pa odvzamemo obdelovancu še zadnjo prostostno stopnjo (slika 13 c), to je premikanje v smeri osi x .

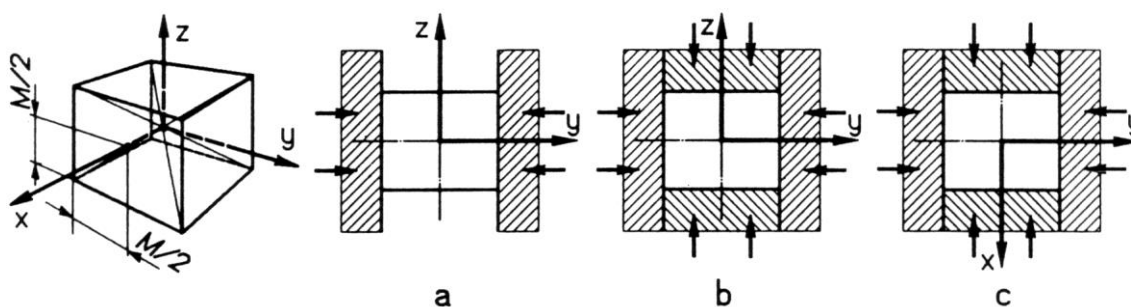


Slika 13. Pozicioniranje prizmatičnih obdelovancev z določitvijo položajnih ravnin
a – prva, b – druga, c – tretja položajna ravnina

Pri pozicioniranju obdelovancu ni treba v vsakem primeru omejiti vseh prostostnih stopenj, torej ni treba določiti vseh treh položajnih ravnin. Osnova je vedno zahtevana obdelava in pri tem predpisane mere.

Pri obdelavi samo zgornje ploskve obdelovanca, ki je za mero M oddaljena od ravnine x - y (slika 13 a), je dovolj, če določimo samo prvo položajno ali naležno ravnino. Tako pogosto ravnamo pri frezanju, brušenju ali skobljanju ravnih ploskev. Pri obdelavi utora, ki je za mero M_1 oddaljen od ravnine x - z , moramo določiti še drugo položajno ravnino ali vodilno ravnino (slika 13 b) in pri obdelavi utora na istem obdelovancu, ki je za mero M_3 oddaljen od ravnine y - z , določimo še tretjo ali oporno ravnino (slika 13 c).

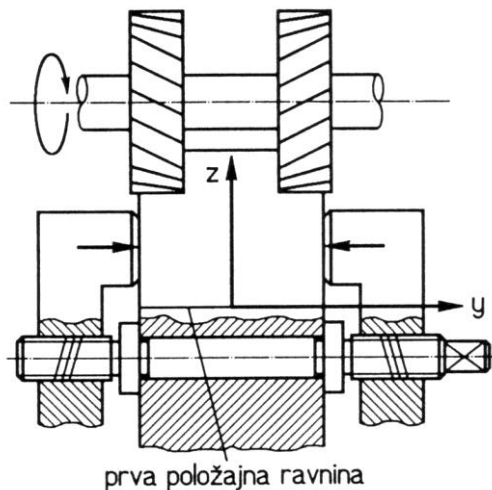
Prizmatični obdelovanec, pri katerem osnovne ravnine ležijo vzdolž srednjic, pozicioniramo s centriranjem (slika 14). S centriranjem na ravnino x - z odvezamemo prizmatičnemu obdelovancu tri prostostne stopnje, s centriranjem na naslednjo ravnino x - y še dve in s centriranjem na ravnino y - z še zadnjo prostostno stopnjo. Pri centriranju prizmatičnih obdelovancev so oporne ploskve vedno premične in medsebojno paroma toga povezane. To zagotovi enake premike v smeri centriranja.



Slika 14. Centriranje prizmatičnega obdelovanca
a – na ravnino x - z , b – na ravnino x - z in x - y , c – na ravnino x - z in y - z

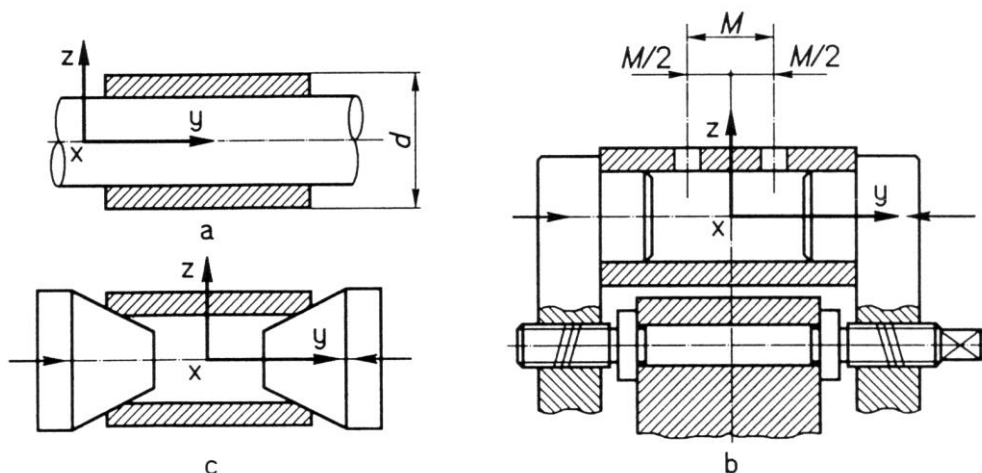
Obdelovanec zelo redko centriramo na vse tri ravnine ali na vse tri osi. največkrat jih pozicioniramo na eni položajni ravnini (naležni) in centriramo na drugo ali tretjo ravnino. Lahko pa jih pozicioniramo na dveh položajnih ravninah ter centriramo v tretji ravnini.

Obdelovanec na sliki 15 je pri obdelavi dveh vzporednih ploskev pozicioniran v prvi položajni ravnini in centriran na ravnino x - z . Oporna elementa, ki centrirata obdelovanec, sta med seboj povezana z vijakom; ta ima levi in desni navoj. Lega obdelovanca v smeri osi x ni natančno določena.



Slika 15. Pozicioniranje obdelovanca pri obdelavi dveh vzporednih ploskev, ki sta enako oddaljeni od srednjice

Obdelovance centriramo na os (črto, srednjico) pri brušenju in struženju ter podobnih operacijah. Pri brušenju samo zunanjih ploskev valjastega obdelovanca je dovolj, če ga centriramo na os y (slika 16 a). Tako odvezamemo obdelovancu štiri prostostne stopnje in je njegova lega pred želeno obdelavo dovolj natančno določena. Pri obdelavi dveh lukenj, prav tako na valjastem obdelovancu, pa moramo določiti njegovo lego še glede na os z (slika 16 b). V osi y obdelovanec centriramo z dvema centrirnima čepoma, v oseh x in z pa s premičnima opornima ploskvama. Podobno centriramo obdelovanec, če ima le-ta že obdelane stožčaste izvrtine. Namesto centrirnih čepov uporabimo centrirne konice (slika 16 c).

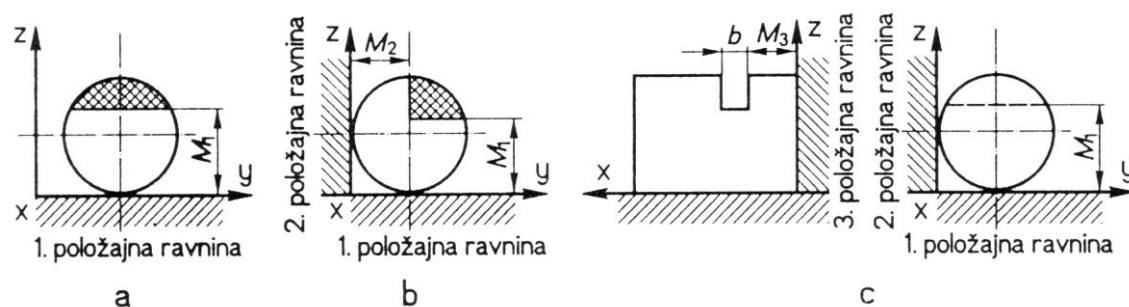


Slika 16. Centriranje obdelovancev na os
a – v dveh oseh, b – v vseh treh oseh s centrirnimi čepi, c – v vseh treh oseh s centrirnima konicama

V nadaljevanju bo prikazanih nekaj primerov pozicioniranja in centriranja obdelovancev, ki naj tehnologom in konstruktorjem pomagajo pri načrtovanju vpenjanja in vpenjalnih pripomočkov.

Valjasti obdelovanec pri frezanju (slika 17 a) pozicioniramo tako, da mu določimo samo prvo položajno ravnino. S tem mu odvezamemo le dve prostostni stopnji, to je vrtenje okrog osi y in premočrtno premikanje v smeri osi z, vendar je za predvideno obdelavo njegova lega dovolj natančno določena. Pri obdelavi izseka, prav tako na valjastem obdelovancu, moramo zagotoviti vzporednost orodja z obdelovancem v smeri osi x. To naredimo z določitvijo druge položajne ravnine (slika 17 b), ki odvezame obdelovancu še nadaljnji dve prostosti, vrtenje

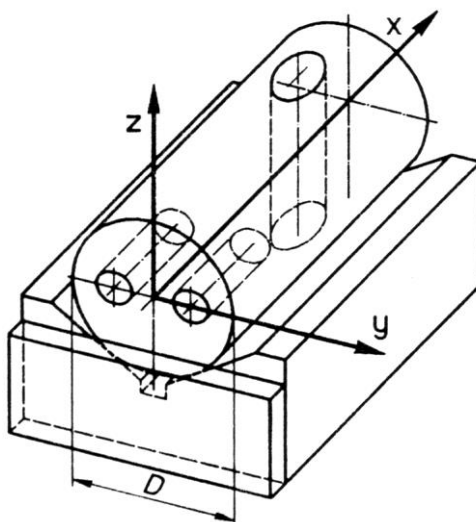
okrog osi z in premikanje v smeri osi y . Obdelava utora na enakem obdelovancu zahteva določitev še tretje položajne ravnine (slika 17 c). Z njo je določena njegova lega za mero M_3 .



Slika 17. Pozicioniranje valjastega obdelovanca

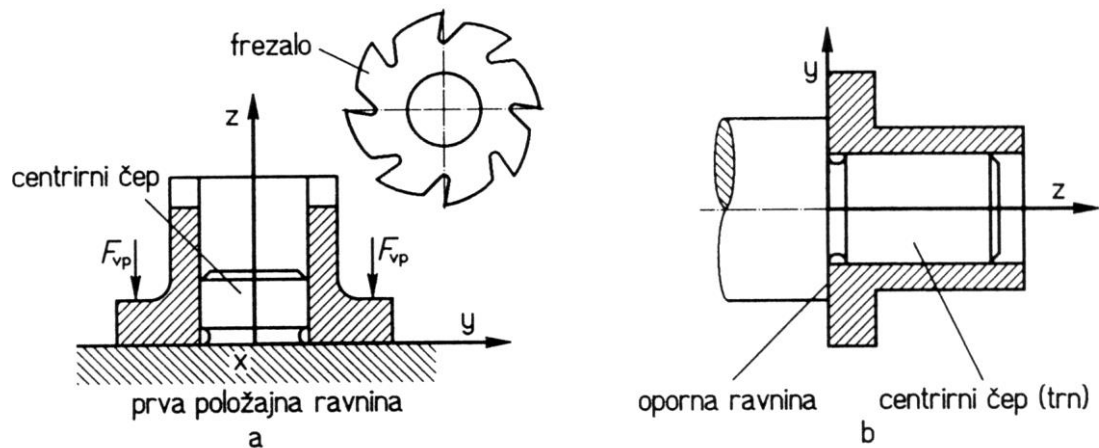
a – pri frezanju na mero M_1 , *b* – pri frezanju izseka za meri M_1 in M_2 , *c* – pri obdelavi utora b na oddaljenosti za mero M_3

Valjasti obdelovanec pri obdelavi dveh izvrtin na čelni strani (slika 18) položimo na dve položajni ploskvi, ki sta druga proti drugi nagnjeni za kot α ($\alpha = 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ$). S tem smo ga centriralni na osnovno ravnino, ki leži vzdolž njegove osi x , in mu odvzeli štiri prostostne stopnje. Obdelovanec se še lahko premika premočrtno v smeri osi x , ki je soležna s srednjico in se vrti okrog nje. Premočrtno gibanje vzdolž prizme obdelovancu preprečimo z določitvijo oporne ravnine, vrtenje obdelovanca pa z vpenjalno silo.



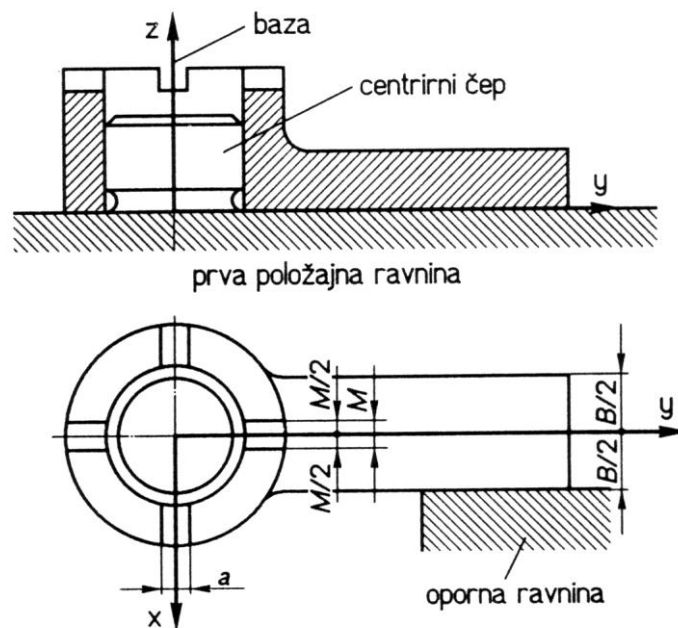
Slika 18. Centriranje valjastega obdelovanca v prizmi in pozicioniranje v oporni ravnini

Valjasti obdelovanec z obdelano izvrtino pozicioniramo pri obdelavi utora tako, da najprej določimo prvo položajno ravnino, ki mu odvzame tri prostostne stopnje, in centriramo na čep v osi z ; ta mu odvzame še dve prostostni stopnji. Vrtenje okrog osi z preprečimo z vpenjalno silo (slika 19a). Podoben obdelovanec, tokrat pri struženju, centriramo prav tako na čep, ki je daljši. S tem mu odvzamemo štiri prostostne stopnje. V osi z ga pozicioniramo tako, da določimo oporno ravnino. Proti vrtenju ga zavarujemo z vpenjalno silo (slika 19 b).



Slika 19. Pozicioniranje obdelovancev z obdelanimi izvrtinami
a – pri frezanju utora, b – pri struženju

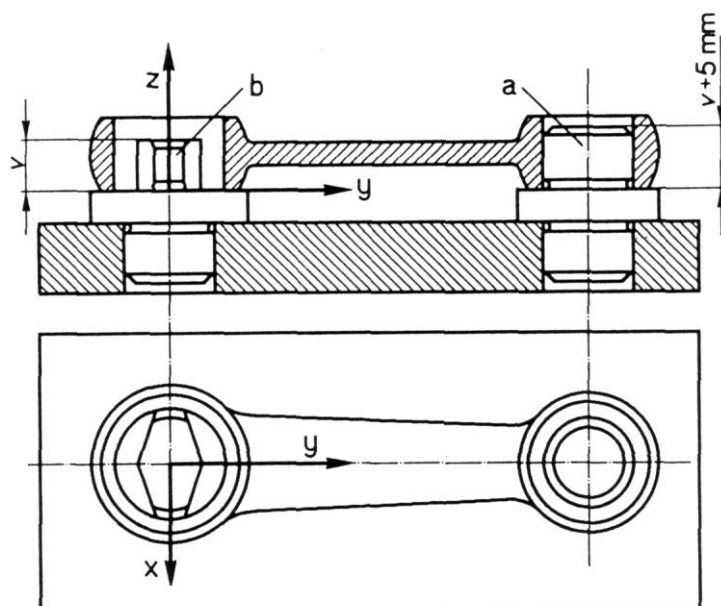
Obdelovanec pri obdelavi utorov v dveh oseh (slika 20) položimo na oprne ploskve v prvi položajni ravnini in ga centriramo s čepom v izvrtini glede na os z. Zadnjo prostostno stopnjo (zasuk okrog čepa) odvezamo z oporno ravnino.



Slika 20. Določitev lege obdelovanca z obdelano izvrtino pri obdelavi utora v dveh oseh

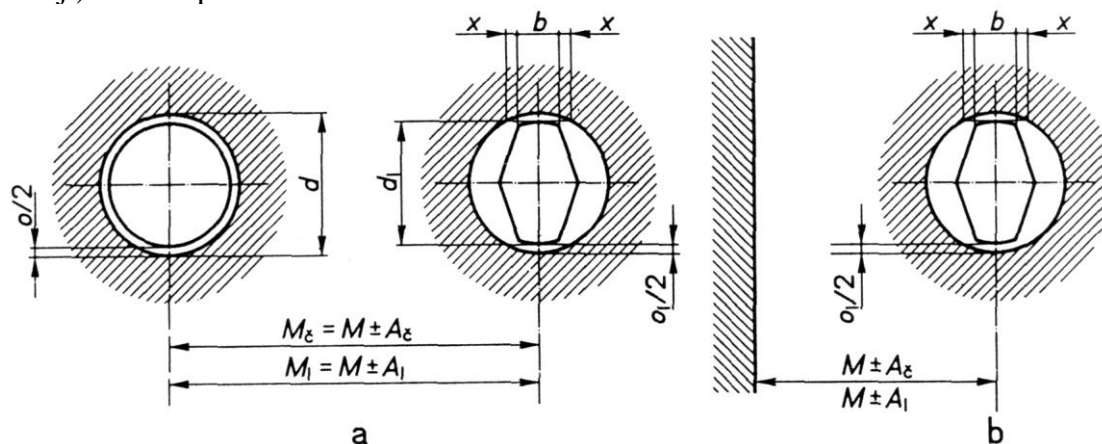
Obdelovance z dvema ali več obdelanimi izvrtinami, pri katerih so srednjice izvrtin tudi baze za mero želene obdelave, pozicioniramo tako, da jih položimo na prvo položajno ravnino in centriramo na os z, ki je soležna s srednjico izvrtine (slika 21).

S prvo položajno ravnino odvezamo tri prostostne stopnje, s polnim centrirnim čepom pa nadaljnji dve. Obdelovanec se potem lahko še vedno vrti okrog osi z. Zadnjo prostostno stopnjo v smeri osi y odvezame centriranje s čepom. Ta pozicionirni čep je prirezan pravokotno na srednjico med čepoma ali pravokotno na os y.



Slika 21. Pozicioniranje obdelovancev z dvema obdelanima izvrtinama
a - polni lokator, b - prerezani lokator

Prerezani lokator mora dovoljevati premik x obdelovanca v smeri zveznice med njim in polnim lokatorjem. Premik x izravnava odstopke v izdelani meri M_{ξ} med pozicionirnimi čepi (lokatorji) in odstopke v izdelani meri M_1 med izvrtinama.



Slika 22. Osnova za določitev širine prerezanega lokatorja
a - centriranje v dveh izvrtinah, b - centriranje v eni izvrtini

Premik x je tako:

$$x = A_1 + A_{\xi} - \frac{o}{2} \quad (2.1)$$

A_{ξ} - odstopke mere med lokatorjema (čepoma), A_1 - odstopke mere med izvrtinama, o - ohlapek med polnim lokatorjem in izvrtino.

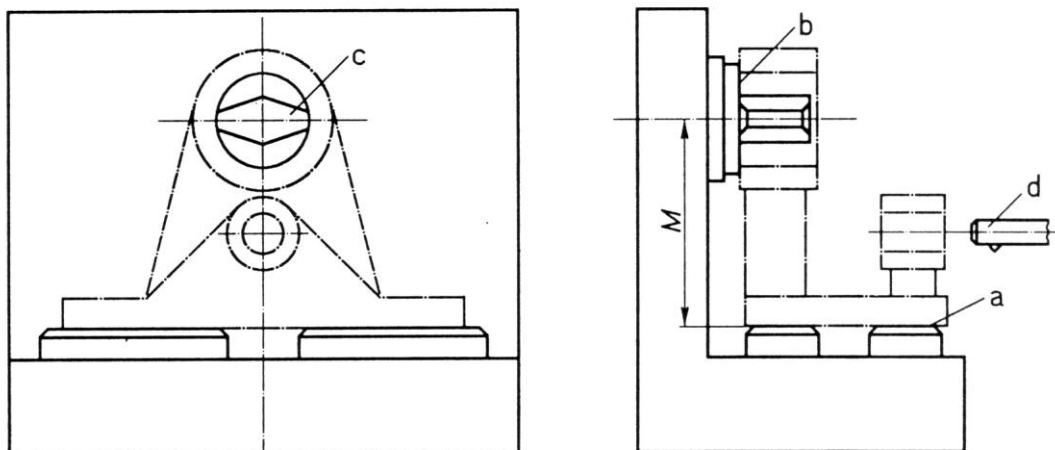
Širina b prerezanega lokatorja pa je:

$$b \approx \frac{d_1 \cdot o_1}{2x} \quad (2.2)$$

d_1 - premer prerezanega lokatorja, o_1 - ohlapek med prerezanim lokatorjem in izvrtino.

Tudi pri pozicioniranju na ravno ploskev in centriranju na čep moramo izravnati nenatančnosti pri izdelavi izvrtine in čepa. V enačbi (2.1) za izračun premika x , se tokrat upošteva ohlap $o/2$ med prirezanim lokatorjem in izvrtino. Širino lokatorja izračunamo po enačbi (2.2).

Na način, ki je bil prikazan na sliki 22 b, pozicioniramo okrove ali škatlaste obdelovance. Najprej jim določimo prvo in drugo položajno ravnino ter jih nato centriramo s prirezanim lokatorjem (slika 23). Pozicionirni čep je prirezan pravokotno na navpičnico in obdelovancu odvzame le eno prostostno stopnjo.



Slika 23. Pozicioniranje okrova ležaja pri obdelavi izvrtine
a - prva položajna ravnina, b - druga položajna ravnina, c - centriranje sprirezanim lokatorjem, d - orodje

Obdelovance z obdelanimi luknjami z večjimi odstopki izdelanih mer ne smemo pozicionirati s togimi pozicionirnimi čepi (lokatorji). Take obdelovance pozicioniramo in največkrat hkrati tudi vpnejo z vpenjalnimi pripomočki, ki imajo pomične pozicionirne elemente.

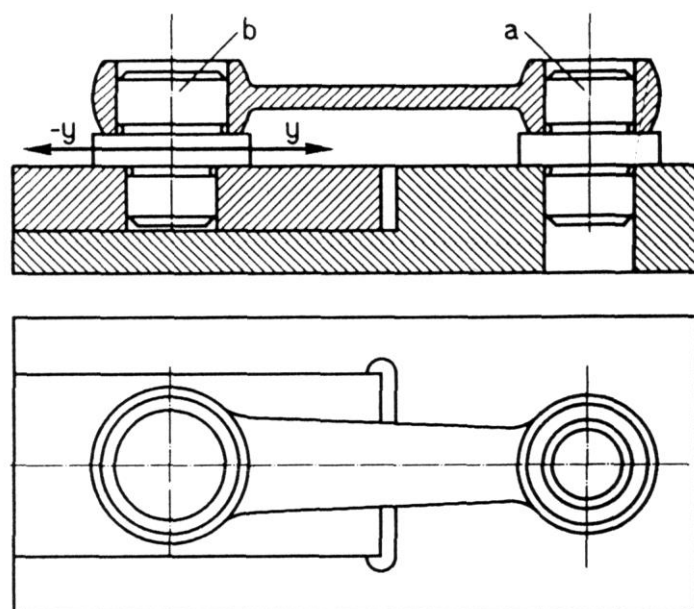
Način pozicioniranja, ki je bil prikazan na sliki 21, je uporaben samo tedaj, če se razdalja obeh izvrtin pri posameznih izdelkih le malo razlikuje, ker bi sicer moral biti prirezan lokator znatno tanjši. Rešitev za takšne primere je načelno prikazana na sliki 24.

Oba lokatorja sta pri tej izvedbi polna, lokator b na levi strani pa je v smeri y pomičen. Premera lokatorjev morata biti izbrana tako, da je nanju mogoče nataktniti tudi obdelovanec z najmanjšima dopustnima premeroma izvrtin.

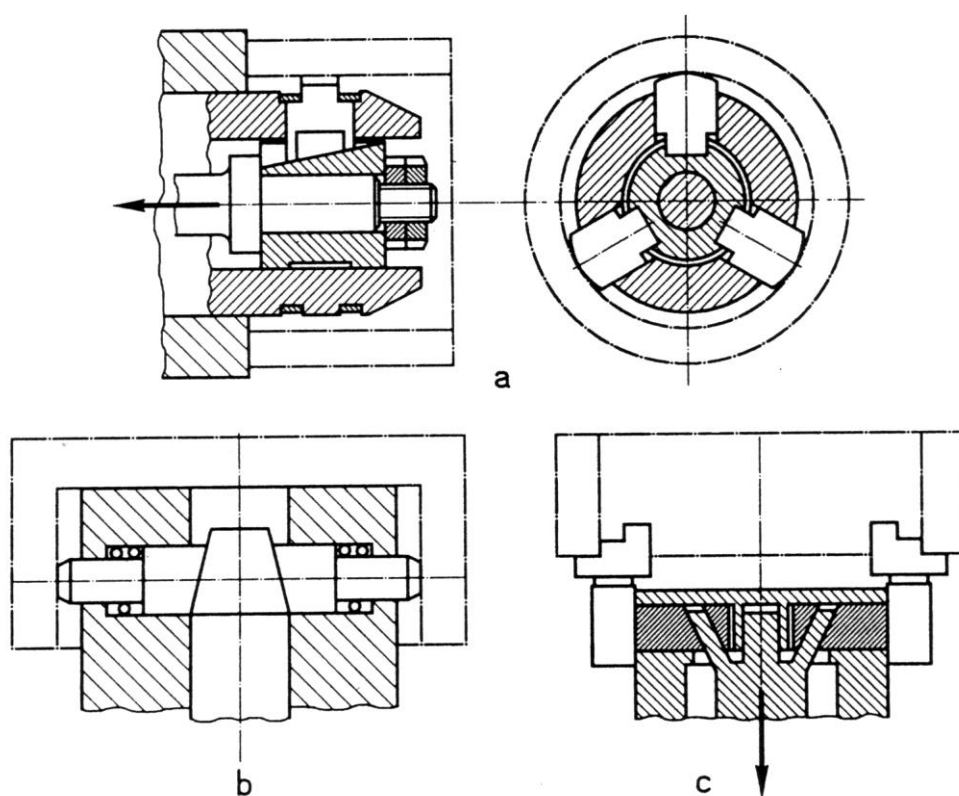
Za centriranje obdelovancev z večjimi odstopki izdelanih mer lahko uporabimo tudi kline, čepi, premične vpenjalne čeljusti in raztezne trne.

Pri trnih z gibljivimi čeljustmi, ki se opirajo na poševne zareze aksialno gibljivega vpenjala (slika 25 a), je obdelovanec centriran na čeljustih trna in se opira na oporne ploskve v tretji položajni ravnini, ki mu določa lego v vodoravni smeri.

Obdelovanec na sliki 25 b leži na opornih ploskvah v prvi pozicionirni ravnini. Prečno gibljivi čepi, pri izvrtinah najmanj trije, ležijo na stožčasto posnetem elementu. Pri premiku v smeri x se gibanje prenese na pozicionirne čepi, ki največkrat hkrati z zagotovitvijo pravilne lege obdelovanec tudi vpnejo. Tak način pozicioniranja lahko uporabimo tudi pri neokroglih obdelovancih. Pri tem uporabimo najmanj dva pozicionirna čepa ali pozicionirni čeljusti.



Slika 24. Poziciranje z dvema polnima lokatorjema, od katerih je eden pomičen



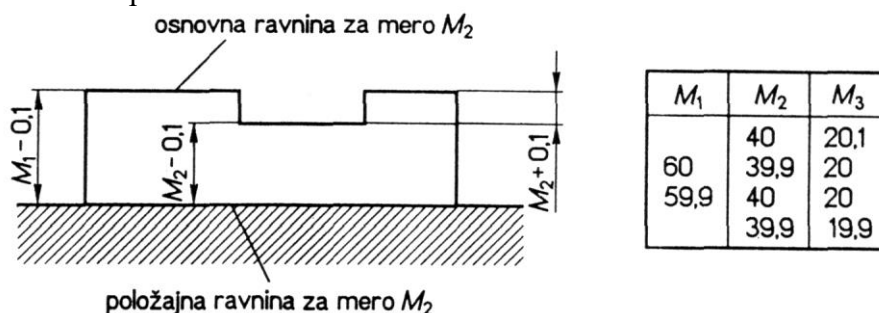
Slika 25. Centriranje v izvrtinah z gibljivimi elementi
a – s čeljustmi na trnu, b - s prečno gibljivimi čepi, c – s čeljustmi v vpenjalni glavi

Na opisana načina lahko pozicioniramo obdelovance z razliko v premeru do 3 mm. Za večje spremembe premerov so primerne vpenjalne glave (slika 25 c). Pri njih lahko vpenjalno območje spreminjamo. Pozicionirne čeljusti so pogosto tudi stopničaste ali pred obdelavo prilagojene vpenjalnemu premeru.

2.3.2 Napake pri pozicioniranju

Ker so tako za elemente za določanje lege kakor tudi za obdelovance dovoljeni odstopki (tolerance!), so lahko dejanski odstopki na obdelovancu po obdelavi večji od dopustnih. Da bo vpliv odstopkov mere in oblike na elementih za določanje lege zanemarljivo majhen, naj velja izkustveno pravilo: tolerance elementov za določanje lege naj bodo enake 0,1 velikosti toleranc obdelovanca. Seveda se samo po sebi razume, da velja ugotovitev le za odstopke, ki so predpisani s tolerančno mero.

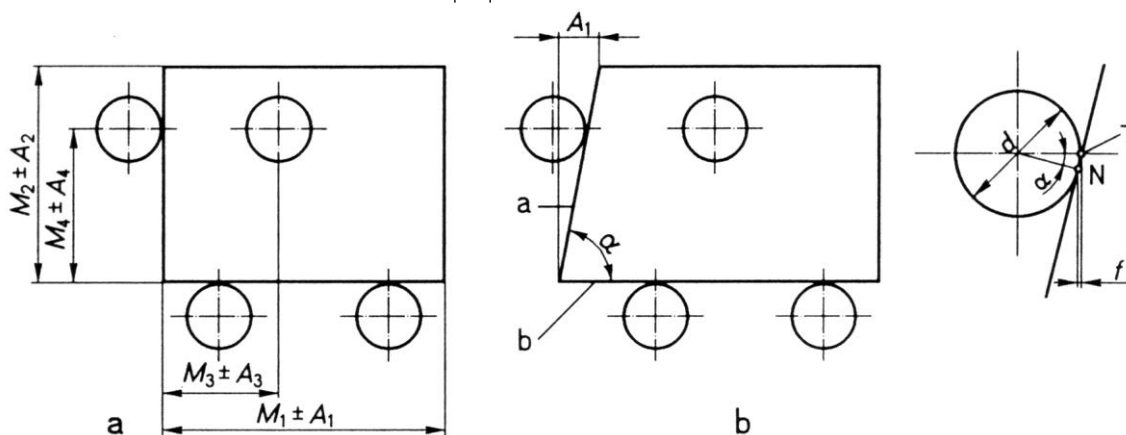
Pomen odsopkov in načina pozicioniranja lahko preprosto ponazorimo s primerom na sliki 26. Podane so mere za višino obdelovanca ($M_1^{-0,1}$), globino utora ($M_2^{+0,1}$) in mera za razdaljo M_3 ($M_3^{-0,1}$). Če je mera M_3 izdelana z odstopkom $-0,1$, dobimo pri posameznih skrajnih merah vrednosti za globino utora, ki so prikazane v razpredelnici na desni strani slike. Pri predpisanih odstopkih ne moremo izdelati globine utora v želeni toleranci. To je mogoče le tako, da obdelovanec pozicioniramo na osnovno ravnino za mero M_2 , ali pa moramo meri M_2 izbrati drugačna odstopka.



Slika 26. Vpliv odstopkov mer pri izdelavi globine utora

Napake pri izdelavi obdelovancev z ravnimi ploskvami (pri prizmatičnih obdelovancih) in pri pozicioniranju z okroglimi pozicionirnimi čepi (slika 27) povzročajo, da so dejanski odstopki za izvrtino večji, kakor so dopustni s tolerancama A_3 in A_4 . Obdelovanec, pri katerem rob a ni pravokoten z robom b (slika 27 b), se pri pozicioniranju ne dotika pozicionirnega čepa v točki T, ki je na srednjici izvrtine, temveč v točki N. Položajna in osnovna ravnina sta tako razmaknjeni za mero f :

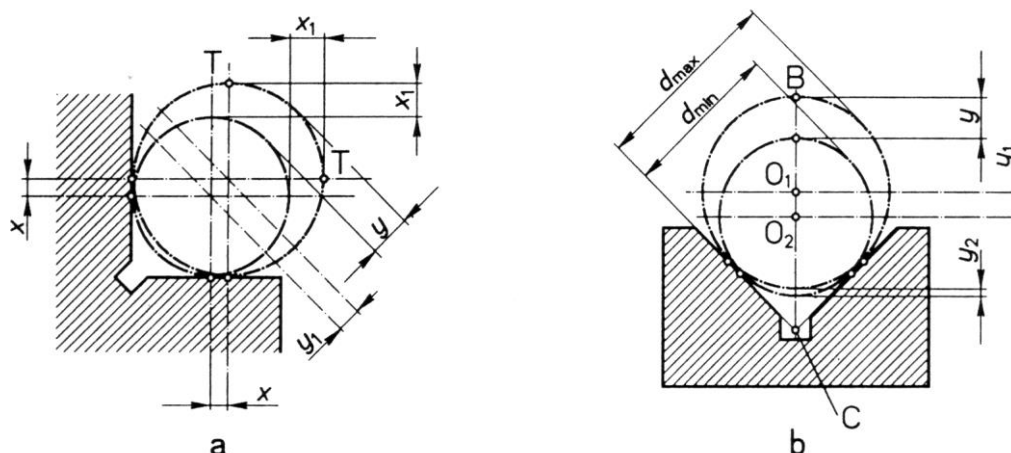
$$f = \frac{d}{2}(1 + \cos \alpha) \quad \tan \alpha = \frac{M_2}{|A_1|}$$



Slika 27. Vpliv dopustnih odstopkov na natančnost lege prizmatičnega obdelovanca

Pri valjastih obdelovancih moramo poznati odstopke, ki jih povzročijo sprememba premera (slika 28). Pri pozicioniranju v naležni in vodilni ravnini moramo za želeno obdelavo

upoštevati premik srednjice za vrednost x ter premik točke T za vrednost x_1 in druge premike (y, y_1, y_2) v smeri diagonale. Premik x je enak polovici odstopka A ($x = 0,5 A$), premik x_1 pa je enak odstopku ($x_1 = A$), če je $A = d_{\max} - d_{\min}$.



Slika 28. Napake zaradi dopustnih odstopkov v premeru pri različnih načinih pozicioniranja
a – pozicioniranje v dveh položajnih ravninah, b – centriranje v prizmi

Ustrezni premiki so:

$$y = A \cdot k = A \cdot \frac{1 + \sin \frac{\alpha}{2}}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \quad (2.3)$$

$$y_1 = A \cdot k_1 = A \cdot \frac{1}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \quad (2.4)$$

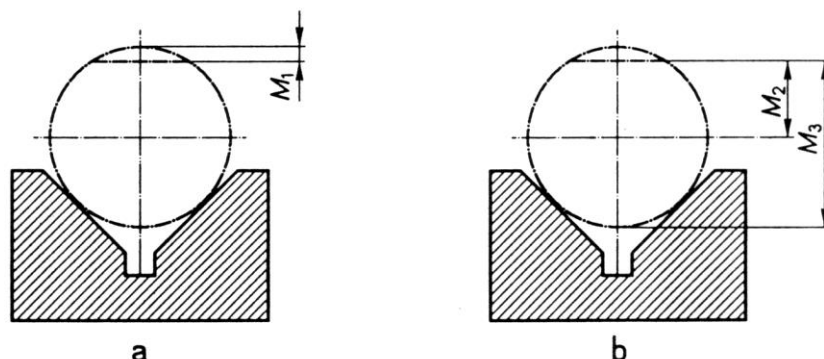
$$y_2 = A \cdot k_2 = A \cdot \frac{1 - \sin \frac{\alpha}{2}}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \quad (2.5)$$

Pri centriranju valjastih obdelovancev v prizmah dopustna sprememba premera povzroči premike y, y_1, y_2 le v smeri C-B (slika 28 b). Za izračune uporabimo enačbe (2.3, 2.4 in 2.5). Za različne kote pozicionirnih prizem obstajajo razpredelnice, ki poenostavijo izračune premikov. Tako lahko hitro izračunamo dejanske mere in napake za primere, prikazane na sliki 28.

Primer za izračun toleranc, ki jih moramo podati za posamezne obdelave na valjastem obdelovancu premera 40 mm z največjim odstopkom $-0,2$, kakor kaže slika 29, če so podani odstopki pri obdelavi za posamezne mere $M_1^{+0,1}, M_2$ in $M_3^{-0,1}$, je prikazan v razpredelnici 2.1.

Razpredelnica 2.1. Dejanske mere valjastega obdelovanca pri različnih kotih pozicionirne prizme

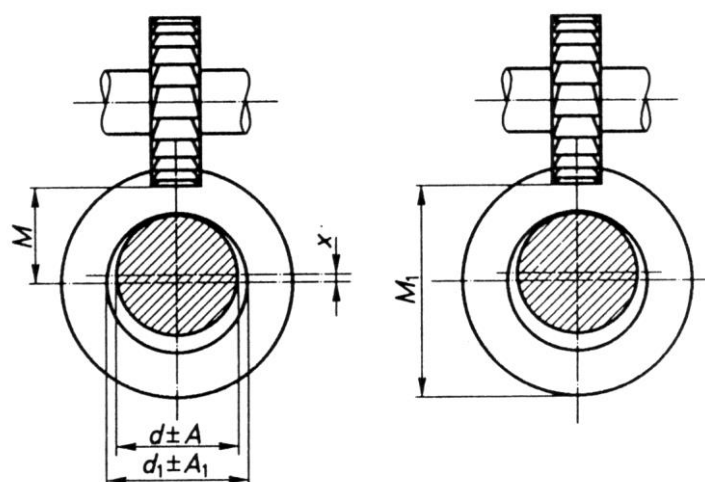
α	$M_1 + 0,1 + A \cdot k$	$M_2 - 0,1 - A \cdot k_1$	$M_3 - 0,1 - A \cdot k_2$
60°	$M_1 + 0,1 + 0,2 \cdot 1,5 = M_1 + 0,4$	$M_2 - 0,1 - 0,2 \cdot 1,5 = M_2 - 0,3$	$M_3 - 0,1 - 0,2 \cdot 0,5 = M_3 - 0,2$
90°	$M_1 + 0,1 + 0,2 \cdot 1,21 = M_1 + 0,35$	$M_2 - 0,1 - 0,2 \cdot 0,7 = M_2 - 0,25$	$M_3 - 0,1 - 0,2 \cdot 0,2 = M_3 - 0,15$
120°	$M_1 + 0,1 + 0,2 \cdot 1,07 = M_1 + 0,3$	$M_2 - 0,1 - 0,2 \cdot 0,58 = M_2 - 0,2$	$M_3 - 0,1 - 0,2 \cdot 0,08 = M_3 - 0,1$



Slika 29. Izračun možnih odstopkov posameznih mer

A – višina odreza M_1 ali globina utora, b – razdalja M_2 med obdelano ploskvijo in srednjico ter zunanja mera obdelovanca M_3

Pri centriranju na trnih nastanejo odstopki pri obdelavi predvsem zaradi ohlapka med trnom in obdelovancem (slika 30).



Slika 30. Odstopki pri pozicioniranju s trnom

Srednjica izdelka se tako premakne navzdol za vrednost:

$$x = \frac{o}{2} + \frac{A}{2} \quad (2.6)$$

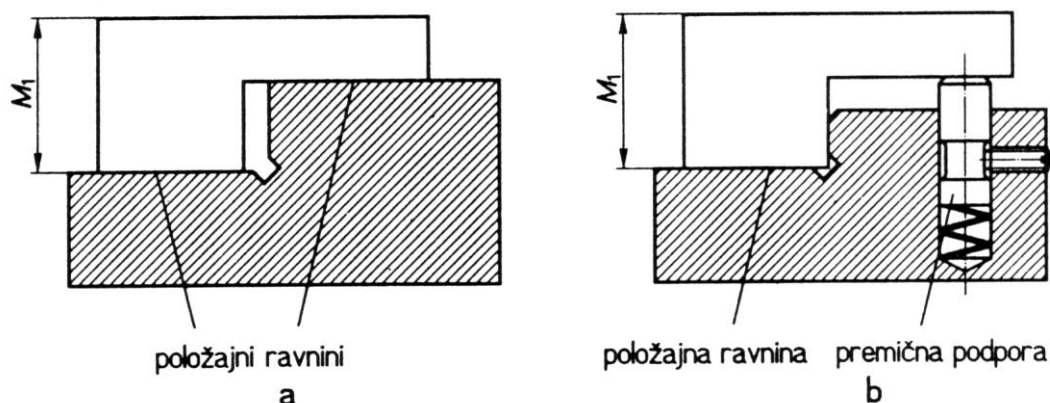
o – ohlapek med trnom in izvrtino, A – odstopok v premeru izvrtine.

Pri razteznih trnih in trnih z gibljivimi elementi je premik $x = 0$. Mera M bo večja za vrednost x . Mera M_1 na obdelovancu bo tako pri največjem odstopku A_1 na premeru večja za:

$$x_1 = \frac{A_1}{2} + x \quad (2.7)$$

Poleg nenatančnosti v merah, ki nastajajo po obdelavi zaradi dovoljenih toleranc izdelave, pa pri pozicioniranju pogosto povzročimo napake, ker izberemo napačen način pozicioniranja ali napačne pozicionirne elemente.

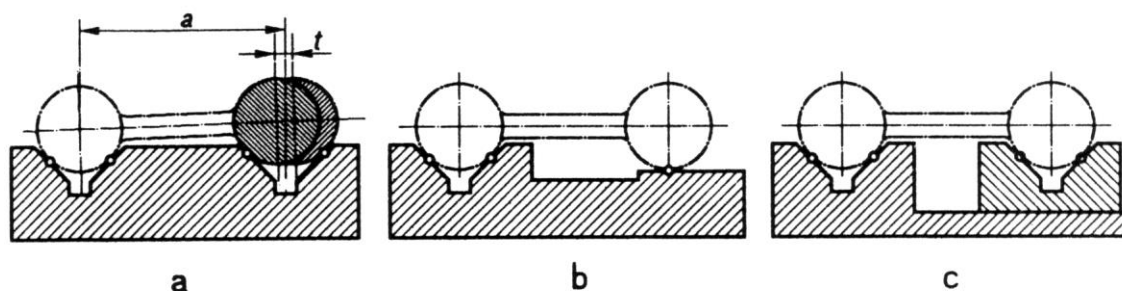
Pogosta napaka pri določevanju lege je postavitve obdelovancev na oporne točke, ki leže v vzporednih ravninah.



Slika 31. Pozicioniranje obdelovanca na mero M_1
a – napačno, b – pravilno

Takšna napaka je, če vežemo obdelanec za odvzem istih prostostnih stopenj na več položajnih ravnin (slika 31 a). Ker so oporne ploskve napačno postavljene, pride pri različnih odstopkih do napačne postavitve. Če bi zaradi obdelovalnih sil prišlo do deformacije previsnega dela, moramo uporabiti oporne ploskve, ki se prilagajajo (slika 31 b).

Ročico, ki jo centriramo v prizmi, smemo podpreti samo v oporni ravnini ali pa moramo uporabiti premično prizmo (slika 32). Premične oporne elemente uporabimo vedno, če moramo obdelovance dodatno podpirati, ker smo jim odvzeli že vse prostostne stopnje.



Slika 32. Pozicioniranje ročice
a – nepravilno, b – v prizmi in oporni ravnini, c – v nepomični in pomični prizmi

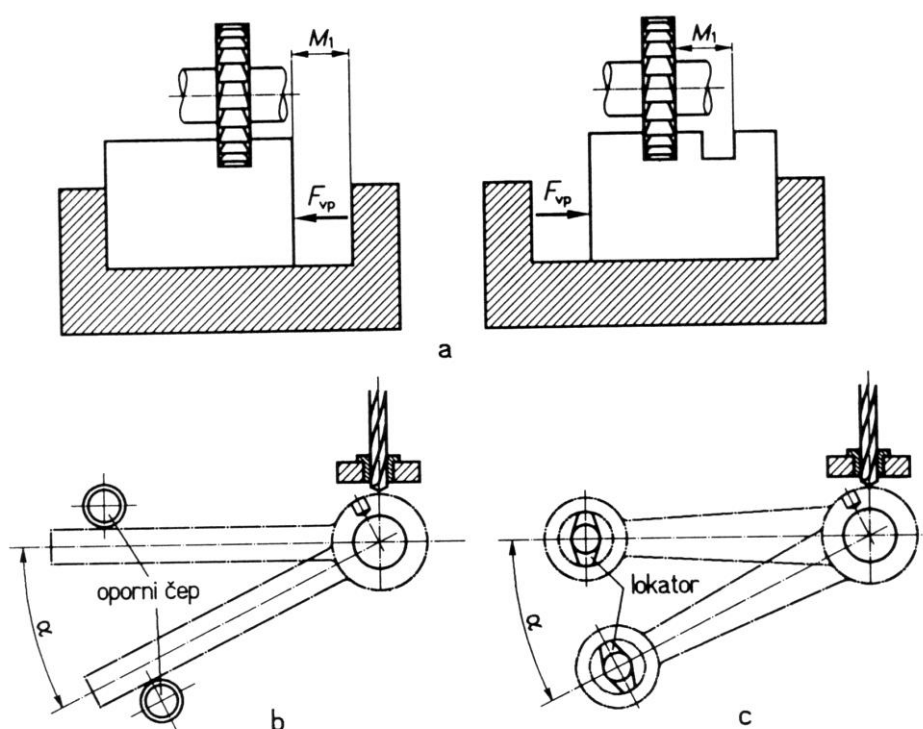
2.3.3 Večkratna določitev lege obdelovanca proti orodju

Nekaterim obdelovancem moramo na istem stroju pri istem obdelovalnem postopku, na primer pri vrtanju več izvrtin ali obdelavi več utorov na enakih razdaljah, večkrat natančno določiti lego. Večkratno določitev lege obdelovanca proti orodju pogosto imenujemo deljenje. Deljenje je lahko enakomerno ali pa tudi ne. Obdelovanec premaknemo v posamezne lege brez vpenjalnega pripomočka ali z njim. V prvem primeru obdelovanec po končani prvi operaciji izpnemo in ga postavimo – pozicioniramo – v novi legi ter ga tudi vpenemo. V drugem primeru obdelovanec pred začetkom obdelave pozicioniramo in vpenemo v vpenjalni pripomoček, zahtevano deljenje pa opravi del vpenjalnega pripomočka – delilnik.

Premočrtno in krožno deljenje brez delilnika lahko opravimo z izmeničnim naleganjem na oporne ploskve, oporne čepe in lokatorje (slika 33).

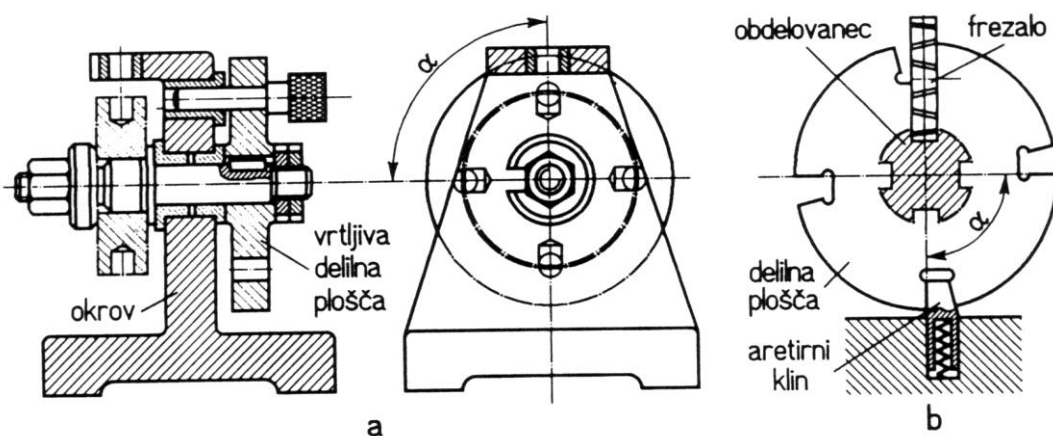
Največkrat za deljenje uporabimo delilnike. Obdelovanec pozicioniramo in vpnemo na gibljivi del delilnika. Pri delilnikih moramo pri vsakem premiku postaviti gibljivi del delilnika v natančno določeno lego proti mirujočemu delu. To lahko naredimo z odbiranjem na merilni skali ali s centriranjem delilne plošče z centrirnimi (aretirnimi) elementi. Centrirni (aretirni) elementi različnih oblik so vodeni v okrovu in pri vsakem deljenju vskočijo v ustrezno vrzel. Razporeditev in število vrzeli (luknjic) določata število razdelkov in delilni gib ali delilni kot. Tak centrirni element je lahko valjast čep, ki vskoči pri delitvi v razdelno izvrtino, ali klin (slika 34).

Odstopki pri meri so odvisni od geometrične oblike pozicionirnih elementov, ohlapka med njimi in vrzeli ter kakovosti povezave med delilno ploščo in delom delilnika, ki nosi vpeti obdelovanec.



Slika 33. Deljenje brez delilnika

a – preočrtno z izmeničnim naleganjem na oporno ploskev, b – krožno z naleganjem na oporne čepe, c – krožno s centriranjem na lokatorje



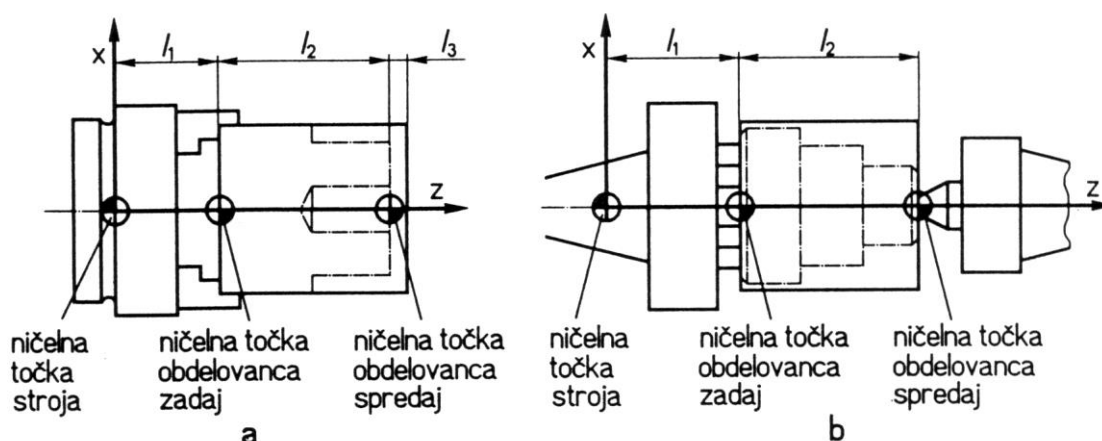
Slika 34. Pozicioniranje gibljivega dela delilnika

a – z valjastim čepom, b – s klinom; α - kot deljenja

2.4 Določitev lege obdelovancev in pripomočkov na stroju

Lega obdelovanca, ki je pozicioniran v vpenjalnem pripomočku, mora biti pred obdelavo na stroju natančno določena in se med obdelavo ne sme spremeniti. Da bi bilo to mogoče, moramo najprej opredeliti koordinatni sistem in delovni prostor stroja in nato izbrati ustrezen način pozicioniranja vpenjalnega pripomočka.

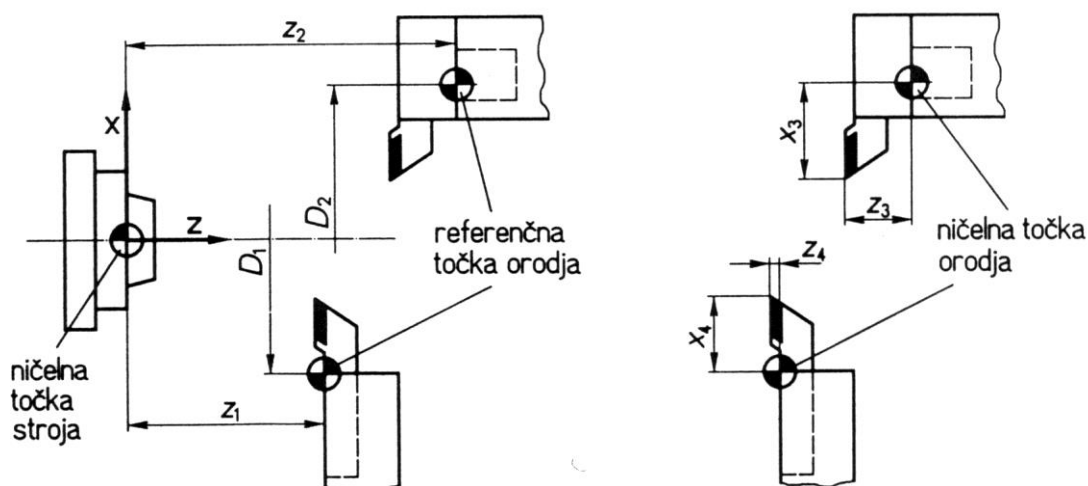
Koordinatni sistem na stružnicah je podan s standardom ISO/R 841; ta določa, da je os z v osi vretena, os y v smeri proti delavcu ali prečnemu suportu, os x pa pravokotno navzgor (slika 35).



Slika 35. Lega obdelovanca na stružnici

a - pri vpenjanju v vpenjalnih glavah, b - pri vpenjanju med konicama.

l_1 - razdalja naležne ploskve od ničelne točke stroja (na primer -višina glave in čeljusti), l_2 - dolžina obdelovanca po obdelavi, l_3 - dodatek za obdelavo



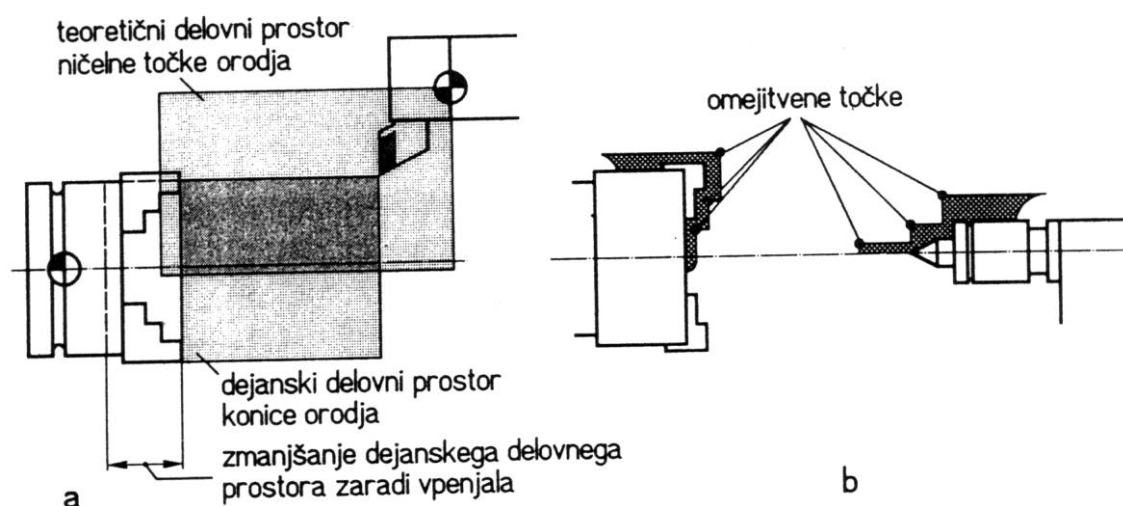
Slika 36. Lega orodja proti ničelni točki stroja

$D_1/2, D_2/2$ - oddaljenost referenčne točke prečnega suporta revolverske glave od osi stružnice, z_1, z_2 - oddaljenost referenčne točke prečnega suporta revolverke glave v osi z , x_3, x_4 - oddaljenost konice orodja od ničelne točke orodja v osi x , z_3, z_4 - oddaljenost konice orodja od ničelne točke orodja v osi z

Pri določitvi lege obdelovanca na stružnici moramo poznati ničelno točko stroja, s katero je določeno izhodišče koordinatnega sistema. Tehnolog glede na dodatke za obdelavo izračuna lego ničelne točke obdelovanca spredaj in ničelne točke zadaj. Ničelna točka orodja je točka v revolverski glavi ali prečnem suportu, na katero je vezana lega orodja (slika 36).

Z določitvijo mere orodja v osi x in osi z tehnolog ali programer izračunata lego konice orodja proti ničelni točki orodja in seveda proti ničelni točki stroja, s tem pa tudi proti obdelovancu. Referenčna točka orodja je označena točka prečnega suporta revolverske glave glede na koordinatni sistem stružnice (slika 36). Šele ko se revolverska glava pred začetkom delovanja postavi v referenčno točko, začne delovati krmilni sistem stroja. Referenčna točka je hkrati ničelna točka za orodje.

Da bi lahko določili prostor, v katerem lahko stružimo (največji premer struženja in največja dolžina struženja), moramo poznati pot gibanja ničelne točke orodja v osi z in osi x (slika 37). Dejanski delovni prostor, ki je največkrat manjši od teoretičnega, dobimo, če izračunamo pot gibanja konice orodja oziroma orodij. Dejanski prostor se zmanjša še za mere vpenjalnega pripomočka v vretenu stružnice, za mere linet in mere konjička s podporno konico. Pri izračunu ne upoštevamo samo dejanskih mer vpenjalnih pripomočkov. Z dodatki na zunanjem obrisu vpenjalnega pripomočka in z določitvijo omejitvenih točk preprečimo, da bi se orodje in vpenjalni pripomoček zaletela drug v drugega (slika 37b). Pri obdelavi paličastega materiala in dodajanju skozi vreteno pa je največji premer surovca podan z mero vretena in vpenjalnega pripomočka, na primer vpenjalne stročnice.

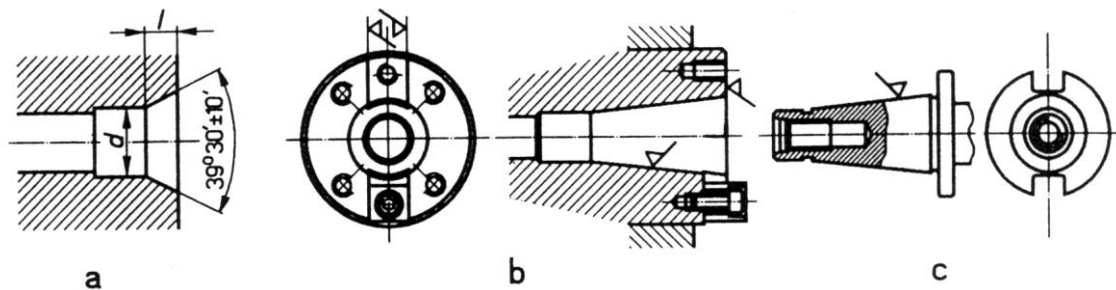


Slika 37. Delovni prostor
a - teoretični in dejanski, b - omejitvene točke

Del vpetih surovcev lahko sega tudi prek delovnega prostora, če teh delov ne obdelujemo. Največji premeri surovcev, ki jih še lahko vpenemo, so dani z razdaljo med osjo stružnice in vodili na postelji za krajše obdelovance, oziroma med osjo in prečnim suportom na saneh za daljše obdelovance, so pa zmanjšani za vpenjalne pripomočke, ki podpirajo obdelovanec.

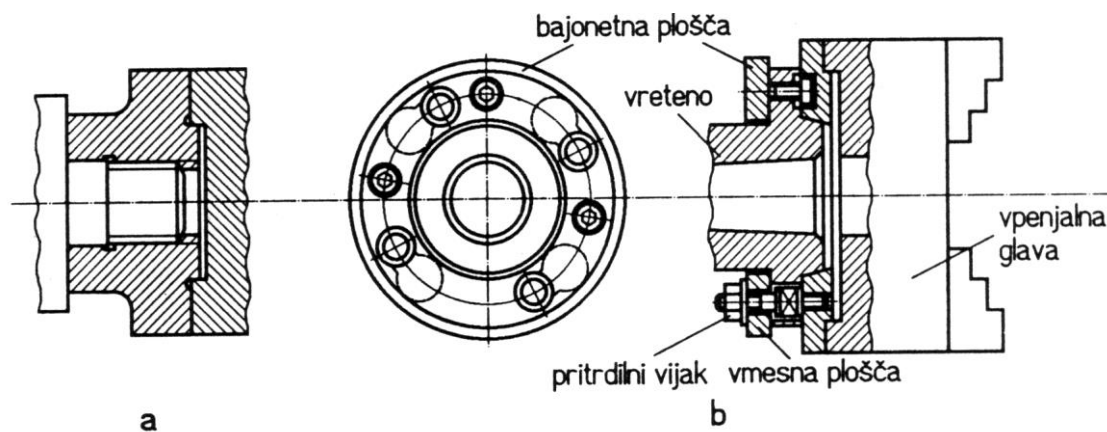
Vpenjalni pripomočki, glave, trni, sojemala ipd. so pozicionirani v centrini izvrtini ali centrinnem stožcu na sprednjem delu vretena. Ta del je običajno oblikovan kot prirobnica, na katero je vpenjalni pripomoček tudi pritrjen (vpjet).

Za pozicioniranje lahko uporabimo Morsejev ali metrični stožec (slika 38). V nekaterih primerih je v rabi tudi kratki stožec. Vpenjalni pripomoček je lahko samo pozicioniran (pri vpenjanju med konicama) ali pozicioniran in pritrjen, če ni nasprotne konice. Zato ima vpenjalo na zadnji strani navoj za pritrditev vlečnega droga, na prirobnici pa utor za pozicioniranje in vpenjanje.



Slika 38. Pozicioniranje vpenjalnih pripomočkov s stožci
 a - kratki stožec, b - Morsejev stožec, c - konec vpenjala ali orodja s pritrtilnim navojem in utorom

Vpenjalne glave so na vreteno stružnice pozicionirane in pritrjene z navojem (DIN 800) ali kratkim stožcem (DIN 55021). Pozicioniranje in pritrjanje z navojem je primerno za preproste in manj zahtevne stroje. Pri sodobnih stružnicah imajo vretena na glavi (delu vretena, ki sega iz vretenjaka) vedno tako imenovani superkratki stožec. Vpenjalne glave so na vreteno pozicionirane neposredno ali prek vmesne plošče. Z njo je mogoče obvladati različne mere vpenjalnih glav in vretena stružnice. Vpenjalna glava je na vmesno ploščo pozicionirana v izvrtini premera D_{h7} in pritrjena z vijaki. Podobno je vmesna plošča na vreteno pritrjena z vijaki. Če je bajonetne izvedbe, za snemanje zadostuje, da matice samo popustimo.

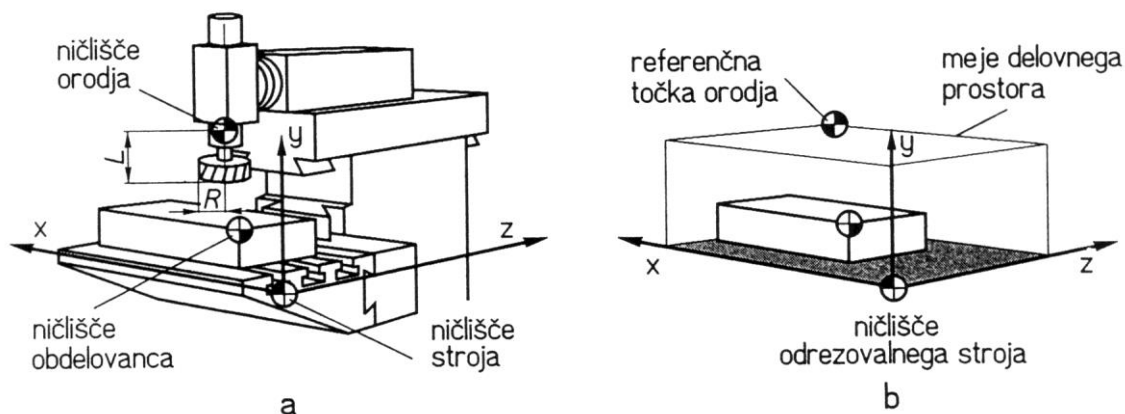


Slika 39. Pozicioniranje in pritrjanje vpenjalnih glav na vreteno stružnice
 a - pritrnitev z navojem, b - pritrnitev s stožcem in bajonetno ploščo

Delovni prostor na frezalnih in drugih strojih je prav tako določen s kartezijskim koordinatnim sistemom. Kot primer kaže slika 40 značilne točke in delovni prostor pri konzolnem frezalnem stroju. Koordinatni sistem stroja je določen z ničelno točko stroja. Os x je soležna mizi, os y je v smeri orodja, os z pa je pravokotna na obe. Referenčna točka orodja leži diagonalno proti ničelni točki stroja.

Delovni prostor konzolnega frezalnega stroja, ki je določen z ničelno točko stroja in z referenčno točko orodja, ima obliko kvadra. Lega ničelne točke obdelovanca ali vpenjalnega pripomočka ni vnaprej določena. Njene koordinate pri namestitvi pripomočka z obdelovancem vneseta v program programer ali delavec ob stroju. V delovnem prostoru stroja morajo vse točke, ki jih želimo obdelati, ležati na obdelovancu.

Deli obdelovanca in vpenjalni pripomoček lahko segajo čez delovni prostor stroja. To pomeni, da vpenjalni prostor ni enak delovnemu prostoru. Pozicioniranje obdelovancev na tem stroju pomeni prireditev koordinatnega sistema obdelovanca koordinatnemu sistemu stroja. Osi koordinatnega sistema obdelovanca morajo biti enako usmerjene kakor osi stroja, in s tem, ko odvezamemo prostostne stopnje obdelovancu proti njegovemu koordinatnemu sistemu jih, odvezamemo tudi proti koordinatnemu sistemu stroja.

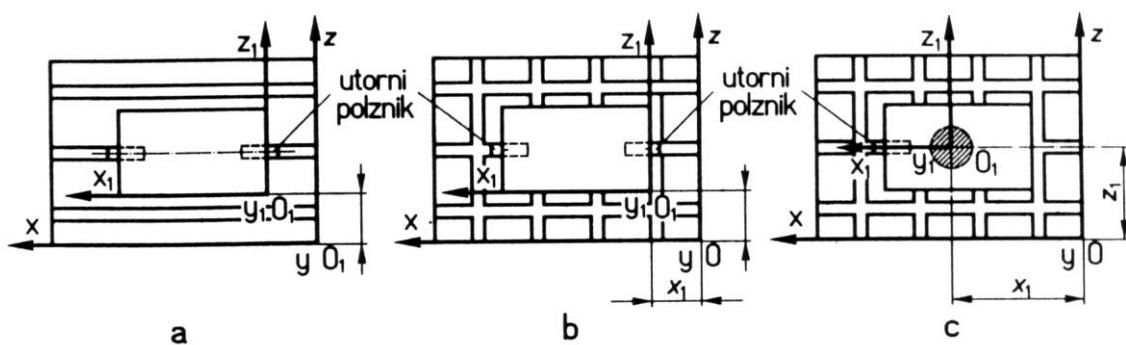


Slika 40. Konzolni frezalni stroj in lega obdelovanca
a - lega ničelnih točk, b - delovni prostor

Vpenjalne pripomočke na mizah strojev pozicioniramo podobno kakor obdelovance v pripomočkih, in sicer tako, da jih pozicioniramo v treh ravninah ali pa jih centriramo na izbrano os in pozicioniramo še v eni ravnini.

Pri nekaterih obdelovah je dovolj, če vpenjalni pripomoček pozicioniramo samo v dveh ravninah. Položimo ga na mizo stroja (prva položajna ravnina) ter s pozicionirnimi elementi - utornimi polzniki (kamni) pozicioniramo še v drugi položajni ravnini (vodilna ravnina - slika 41 a). Lega vpenjalnega pripomočka na mizi je povsem določena še z določitvijo tretje položajne ravnine (slika 41 b).

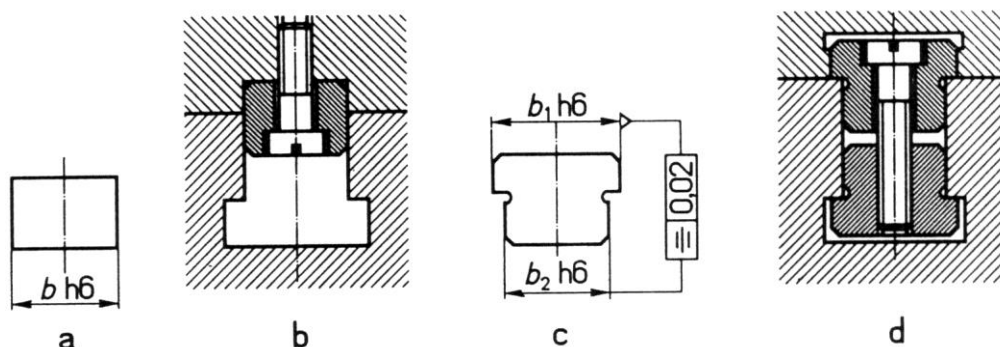
Pri strojih, ki imajo mize s centrirnimi izvrtinami, obdelovance centriramo z lokatorjem in še dodatno z utornim kamnom v eni ravnini (slika 41 c).



Slika 41. Pozicioniranje obdelovalnih pripomočkov na mizi stroja
a - pozicioniranje v dveh ravninah, b - pozicioniranje v treh položajnih ravninah,
c - centriranje pripomočka in pozicioniranje v eni ravnini

Uturni polzniki so pozicionirni elementi pravokotne ali oblike črke T in imajo stranske vodilne ploskve obdelane na mero $a/6$. Vpenjalni pripomočki pa imajo na spodnji strani izdelan utor z mero $a/7$. Za pozicioniranje v vodilni ravnini uporabimo dva utorna polznika,

tretja, oporna ravnina pa je določena z enim utornim polznikom. Natančnost pozicioniranja je tako odvisna od ohlapka med utornim polznikom in pripomočkom.

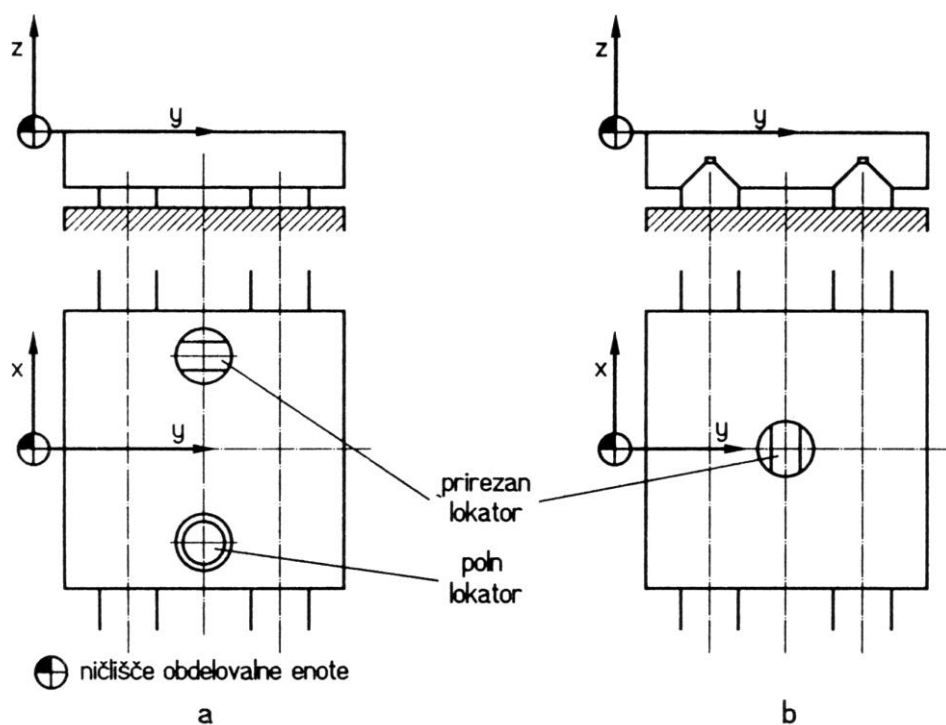


Slika 42. Pozicionirni polzniki

a - pravokotni polznik, b - utorni polznik, pritrjen na vpenjalnem pripomočku, c - polznik oblike T, d - pozicioniranje s polznikom oblike T

Po končani obdelavi skupine obdelovancev zamenjamo vpenjalni pripomoček ter pripravimo stroj za obdelavo naslednje skupine obdelovancev. To je pogosto zelo zamudno in traja lahko nekaj ur. Zato uporabljamo – posebno pri majhnih serijah – vedno pogosteje stroje, ki imajo vmesnike – palete. Na palete, ki so prilagojene stroju in so njihove mere ter lega proti ničelni točki stroja poznane, pozicioniramo in vpenjamo obdelovance zunaj delovnega prostora stroja. Pred obdelavo paletu skupaj z obdelovancem ročno ali samodejno pozicioniramo in vpenemo na mizo stroja. Tako je čas mirovanja stroja kratek.

Paleta, ki jih premikamo po ravnih vodilih, pozicioniramo tako, da jih centriramo z dvema prečnišči lokatorjema (slika 43 a). Prvi je poln, drugi pa prirezan pravokotno na srednjico. Paleta, ki so vodene po prizmatičnih vodilih, centriramo samo z enim prirezanim lokatorjem (slika 43 b).



Slika 43. Pozicioniranje palet

a - z ravnimi vodili, b - s prizmatičnimi vodili

Tudi pri togih avtomatiziranih obdelovalnih linijah moramo obdelovance na vsakem obdelovalnem mestu pozicionirati. Pri obdelovalnih linijah so obdelovanci največkrat nameščeni na paletah - vpenjalnih pripomočkih in potujejo od enega do drugega delovnega mesta. Na vsakem obdelovalnem mestu moramo pred obdelavo palete pozicionirati in vpeti. Pozicioniranje je prikazano na sliki 2.47. Lega obdelovanca na paleti je na vseh obdelovalnih mestih enaka, zato moramo pred obdelavo serije ali sploh nastavitve togega avtomata vse enote nastaviti glede na položaj obdelovanca na paleti. Enako ravnamo tudi, ko obdelovance ne vpenjamo na palete. Takrat na obdelovancih pripravimo ustrezne pozicionirne ploskve, kot na primer luknje za pozicionirne čepe.

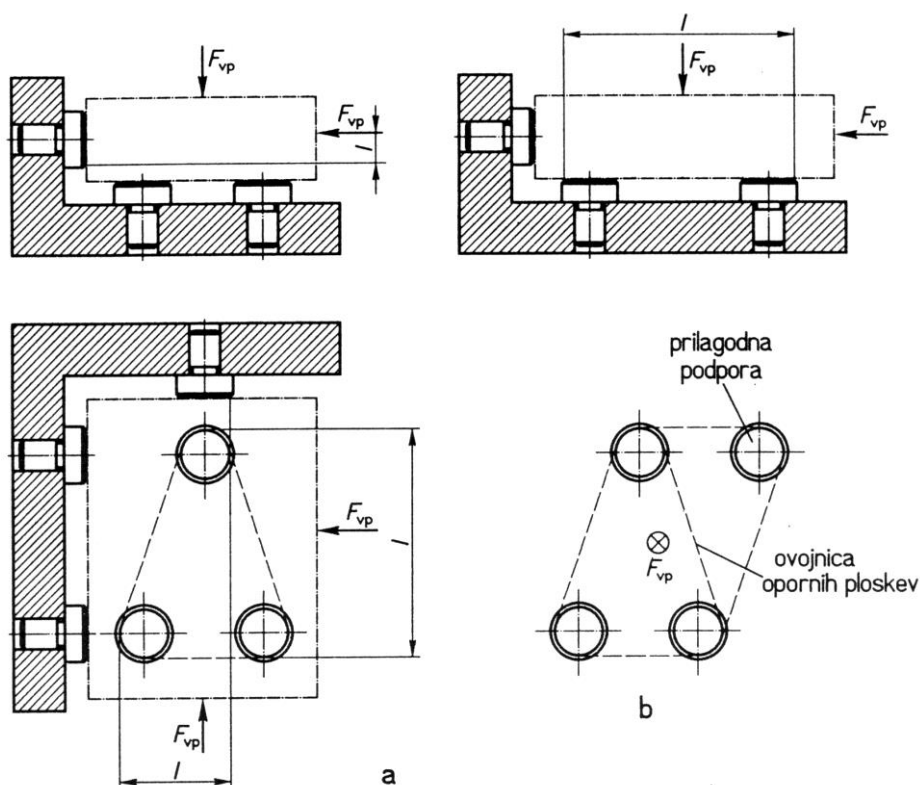
2.5 Vpenjanje in vpenjalne sile

Pravilno pozicioniran obdelovanec moramo v dani legi togo povezati z mizo stroja ali z vpenjalnim pripomočkom, tj. moramo ga vpeti. Vpenjalna sila mora biti dovolj velika in tako usmerjena, da se lega obdelovanca med obdelavo zaradi rezalnih sil ne spremeni. Vpenjalne sile seveda v obdelovancu ne smejo ustvarjati notranjih napetosti ali poškodovati površine obdelovanca. Kadar vpenjalno silo dosežemo z mišicami govorimo o ročnem vpenjanju, kadar pa s tlakom fluida, električnim tokom, vakuumom ali magnetnimi lastnosti materialov, govorimo o mehanskem vpenjanju.

2.5.1 Vpenjalne sile

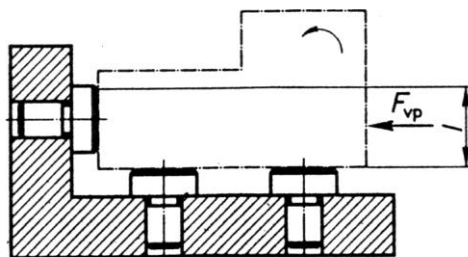
Pri vpenjanju moramo določiti smer delovanja vpenjalne sile in izračunati njeno velikost.

Vpenjalne sile morajo delovati zmeraj proti podporam, na katerih leži ali se nanje naslanja obdelovanec (slika 44). V naležni ravnini naj vpenjalne sile delujejo znotraj trikotnika, ki ga ustvari ovojnica podpornih čepov. Če moramo zaradi rezalnih sil vpenjati zunaj tega trikotnika, je nujna uporaba prilagodne podpore.

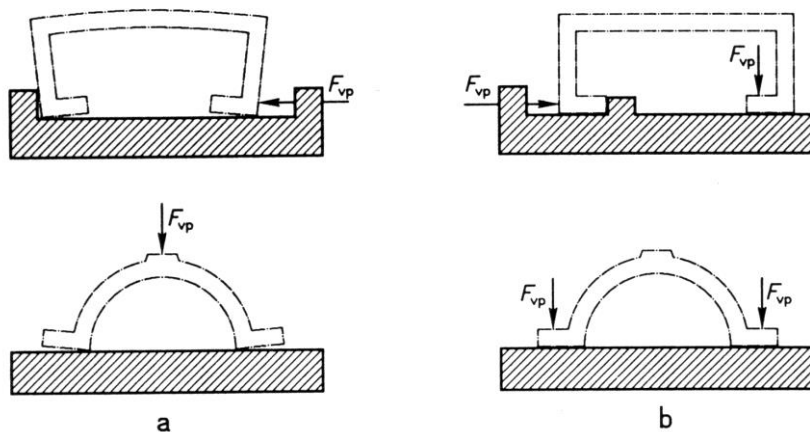


Slika 44. Razmerje med podporami in vpenjalnimi silami

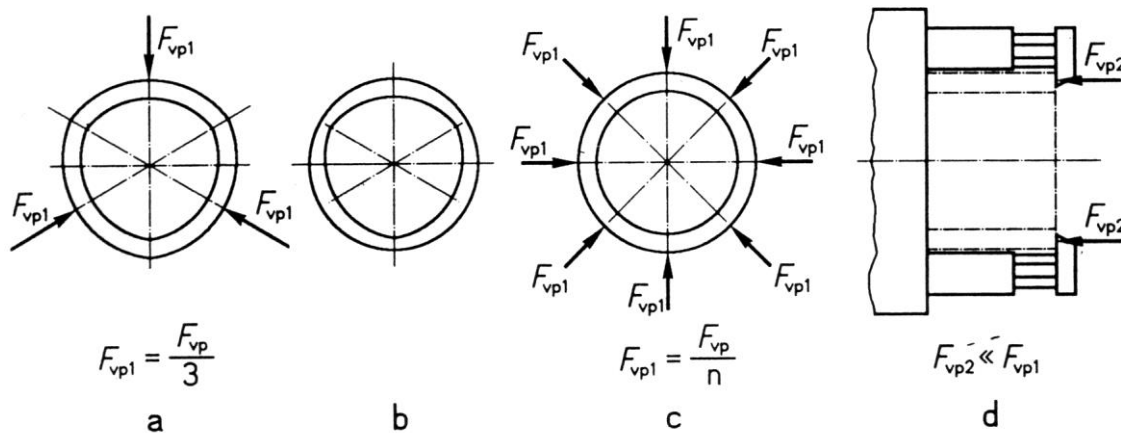
a - možne smeri delovanja vpenjalne sile, b - razširitev trikotnika s prilagodno podporo, l - razdalja kjer lahko deluje vpenjalna sila



Slika 45. Nevarnost dviganja obdelovanca iz podpor pri nepravilni usmeritvi vpenjalne sile



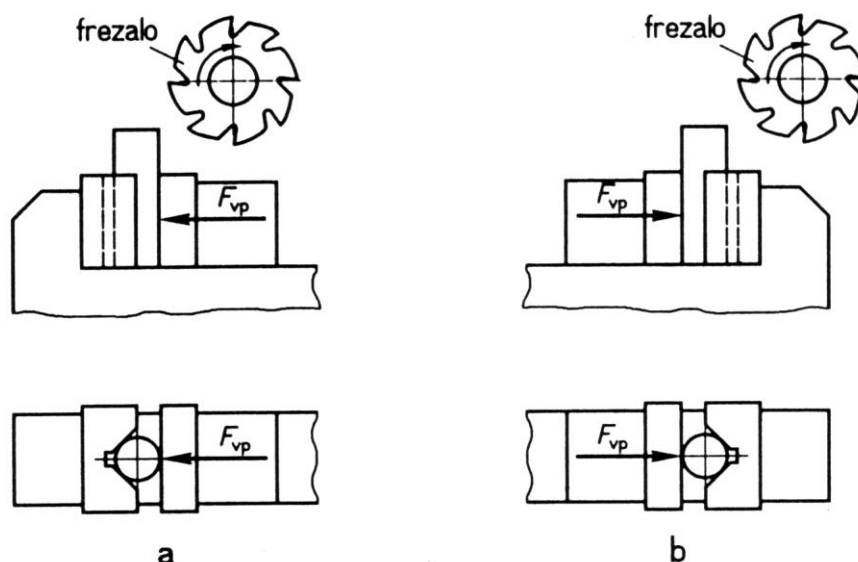
*Slika 46. Izbira smeri delovanja vpenjalne sile pri okrovih
a - napačno, b - pravilno*



*Slika 47. Vpenjanje puš s tankimi stenami pri struženju
a - vpetja puša pred obdelavo, b – zaradi vpetja deformirana puša po obdelavi,
c - razdelitev vpenjalne sile na več mest, d - vpenjanje s čelne strani*

Prijemališče vpenjalne sile naj bo postavljeno tako, da sila ne povzroča na obdelovancu momenta, ki ga skuša dvigniti iz dane lege (slika 45). Okrovi s tankimi stenami se pri vpenjanju lahko elastično deformirajo (slika 46). Tudi valjasti obdelovanci s tankimi stenami, ki jih pozicioniramo in vpenjamo v treh točkah, se deformirajo. Izdelek dobi po obdelavi napačno obliko. Temu se vsaj delno izognemo, če vpenjalno silo razdelimo na več mest, skoraj povsem pa, če obdelovanec vpenjemo s čelne strani (slika 47).

Pri zasnovi vpenjalnega pripomočka je vedno pomembna smer delovanja rezalne sile. S pravilno izbiro oporne ravnine in smeri vpenjalne sile lahko zelo zmanjšamo potrebno vpenjalno silo (slika 48). Pri tem velja priporočilo, da vpenjalna in rezalna sila, če je le mogoče, delujeta v isti smeri.



Slika 48. Razmerje med smerjo delovanja rezalne in vpenjalne sile

Pri izračunu vpenjalne sile F_{vp} upoštevamo velikost in smer rezalnih sil, lego obdelovanca v vpenjalnem pripomočku, togost izdelka, varnost in vrsto obdelave. Pri odrezavanju delujejo na obdelovanec rezalna sila F_c in njene komponente in s tem posredno na vpenjalni pripomoček. Rezalna sila F_c (na primer pri skobljanju, frezanju, brušenju), podajalna sila F_f in moment glavne rezalne sile T_c (na primer pri vrtanju) in vrtilni moment T (pri struženju) skušajo premakniti obdelovance iz dane lege. Da te sile obvladamo, moramo na obdelovance delovati v ustrezni smeri z vpenjalno silo F_{vp} . Pri konstruiranju pripomočkov izračunamo vpenjalno silo za dani način vpetja in dani režim obdelave ter izberemo ustrežni vpenjalni element.

Rezalno silo F_c , ki nastane pri obdelavi in skuša premakniti obdelovanec iz dane lege, moramo povečati s koeficientom sunkovite obremenitve k_1 in še z varnostnim koeficientom k_2 . Koeficient sunkovite obremenitve k_1 ima izkustveno vrednost in je odvisen od obdelovalnega postopka (razpredelnica 2). Pri vpenjanju ima koeficient varnosti običajno vrednost 3. Tako pri izračunih vpenjalne sile upoštevamo silo F_N , ki jo dobimo po enačbi:

$$F_N = F_c \cdot k_1 \cdot k_2 \quad (2.8)$$

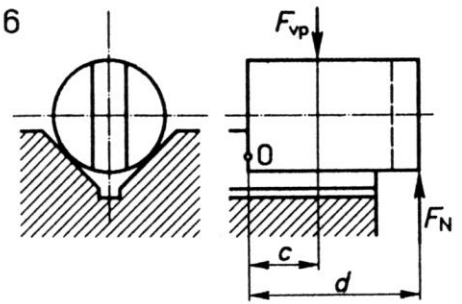
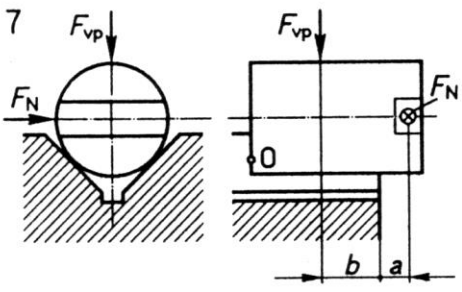
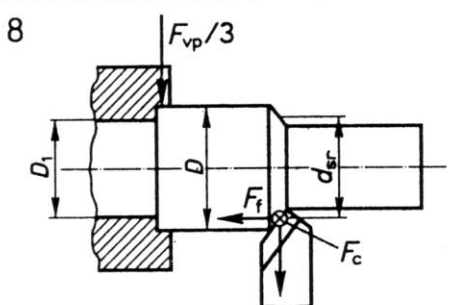
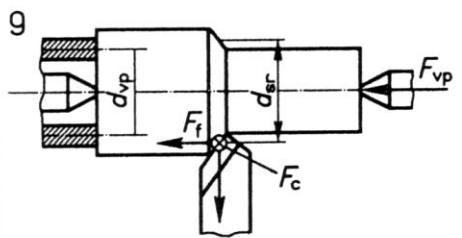
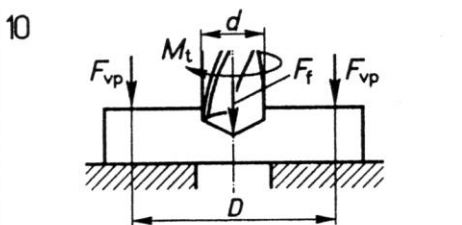
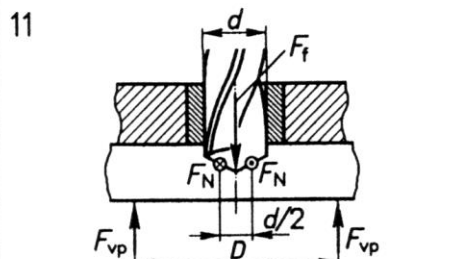
Razpredelnica 2. Vrednosti za koeficient k_1 pri različnih obdelovalnih postopkih

Obdelovalni postopek	Koeficient k_1
struženje in vrtanje	1,2
frezanje in brušenje	1,4
skobljanje	1,6
pehanje	1,8

Izračun vpenjalnih sil bo v nadaljevanju prikazan pri nekaj značilnih primerih obdelave in vpenjanja v razpredelnici 3.

Razpredelnica 3. Smernice za računanje vpenjalne sile

Primer	Sile in momenti	Vpenjalna sila
	$\Sigma F = 0 = F_N - 2F_{tr}$ $F_{tr} = \mu F_{vp}$ $\Sigma T = 0 = F_N x - 2F_{tr} y$	$F_{vp} = \frac{F_N}{2\mu} = \frac{k_1 k_2 F_c}{2\mu}$ $F_{vp} = \frac{F_N x}{2\mu y} = \frac{k_1 k_2 F_c x}{2\mu y}$
	$\Sigma F = 0$ $F_N - 2F_{tr} = 0$ $F_{tr} = \mu F_{vp}$	$F_{vp} = \frac{F_N}{2\mu} = \frac{k_1 k_2 F_c}{2\mu}$
	$\Sigma T = 0$ $F_N x - 2F_{tr} y = 0$	$F_{vp} = \frac{F_N x}{2\mu y} = \frac{k_1 k_2 F_c x}{2\mu y}$
	$\Sigma F = 0$ $2F_{tr1} + 2F_{tr2} = F_N = 0$ $F_{tr1} = \mu F_{vp1}$ $F_{tr2} = \mu F_{vp2}$ $F_{vp2} = F_{vp} \cdot \frac{a}{b}$	$F_{vp} = \frac{F_N}{2\mu \cdot \frac{a}{b} + 2\mu} = \frac{k_1 k_2 F_c}{2\mu (1 + \frac{a}{b})}$
	$\Sigma T_0 = 0 = F_{vp} \cdot a - F_N \cdot b$	$F_{vp} = \frac{b}{a} \cdot F_N = \frac{b}{a} \cdot k_1 k_2 F_c$

Primer	Sile in momenti	Vpenjalna sila
<p>6</p> 	$\Sigma T_0 = 0 = F_{vp} \cdot d - F_N \cdot c$	$F_{vp} = \frac{d}{c} \cdot F_N = \frac{d}{c} \cdot k_1 k_2 F_c$
<p>7</p> 	$\Sigma T_0 = 0 = F_{vp} \cdot a - F_N \cdot b$	$F_{vp} = \frac{b}{a} \cdot F_N = \frac{b}{a} \cdot k_1 k_2 F_c$
<p>8</p> 	$\Sigma T = 0$ $k_1 k_2 F_c r_{sr} = F_{vp} \frac{D}{2} \mu_1 + k_1 k_2 F_f \frac{D_1}{2} \mu_2$	$F_{vp} = \frac{k_1 k_2 (F_c r_{sr} - F_f \frac{D_1}{2} \mu_2)}{\frac{D}{2} \mu_1}$
<p>9</p> 	$\Sigma T = 0$ $k_1 k_2 F_c r_{sr} = (F_f + F_{vp}) \mu \frac{d_{vp}}{2}$	$F_{vp} = \frac{k_1 k_2 (F_c r_{sr} - F_f \mu \frac{d_{vp}}{2})}{\frac{d_{vp}}{2}}$
<p>10</p> 	$(F_{vp} + \frac{F_f}{2}) \mu \frac{D}{2} - T = 0$ $(F_{vp} + \frac{F_f}{2}) \mu \frac{D}{2} - k_1 k_2 F_c \frac{d}{2} = 0$	$F_{vp} = \frac{k_1 k_2}{\mu} F_c \frac{d}{D} - \frac{F_f}{2}$
<p>11</p> 	$(F_{vp} - \frac{F_f}{2} - \frac{mg}{2}) \mu \frac{D}{2} - T = 0$ $(F_{vp} - \frac{F_f}{2} - \frac{mg}{2}) \mu \frac{D}{2} - k_1 k_2 F_c \frac{d}{2} = 0$	$F_{vp} = \frac{k_1 k_2}{\mu} F_c \frac{d}{D} + \frac{F_f}{2} - \frac{mg}{2}$

Ko prizmatične obdelovance pri obdelovalnih postopkih skobljanje, frezanje, pehanje, posnemanje (primeri od 1 do 4 na razpredelnici 3) vpenjamo s trenjem, moramo z vpenjalno silo preprečiti premik obdelovanca v smeri glavne rezalne sile (vsota vseh sil mora biti enaka nič) in zvrnitev okrog točke O (moment okrog točke O mora biti enak nič). Pri konstruiranju vpenjalnega pripomočka izberemo med obema izračunanima tisto vpenjalno silo, ki je največja.

Primer 1:

Obdelovanec leži na podporah v prvi položajni ravnini in je prislonjen na oporne ploskve v drugi položajni ravnini. Z vpenjalnim elementom pritiskamo obdelovanec z vpenjalno silo F_{vp} ob podpore v vodilni ravnini. Na nasprotni strani deluje na obdelovanec sila reakcije F , ki je enako velika kakor vpenjalna sila F_{vp} . Pravokotno na vpenjalno silo in silo reakcije delujeta sili trenja F_{tr} , ki sta pri enakih koeficientih trenja enaki. Največkrat pri vpenjanju upoštevamo, da je koeficient trenja μ enak 0,1. Prijemališče vpenjalne sile F_{vp} je podano z merama x in y . Vpenjalna sila F_{vp} mora biti tako velika, da se obdelovanec niti ne premakne v smeri rezalne sile niti ne zavrti okrog točke O. Pri obdelovancih, pri katerih je mera x mnogo manjša kakor mera y , računamo vpenjalno silo le takrat, kadar je vsota vseh sil enaka nič.

Primer 2:

Obdelovanec vpenjamo tako, da vpenjalna sila deluje proti prvi položajni ravnini (navpično navzdol). Vpenjalno silo izračunamo tako, da obdelovanec varujemo proti premiku v smeri rezalne sile.

Primer 3:

Obdelovanec iz primera 1 se dodatno opira še v tretji ravnini ob podporo. Rezalna sila je usmerjena proti tej podpori. Vpenjalno silo izračunamo tako, da je vsota momentov okrog točke O enaka nič.

Primer 4:

Obdelovanec v primeru 1 vpenjamo z dvema med seboj pravokotno usmerjenima vpenjalnima silama. Vpenjalno silo računamo tako, da je vsota vseh sil enaka nič.

Tudi valjaste obdelovance, ki jih pozicioniramo v prizmah, vpenjamo s trenjem. Vpenjalna sila je vedno usmerjena proti pozicionirni prizmi (razpredelnica 3, primeri 5 do 7).

Primer 5:

Valjasti obdelovanec je pozicioniran v prizmi, rezalna in vpenjalna sila sta enako usmerjeni, proti podpori. Rezalna sila poskuša obdelovanec prekucniti okrog točke O. Vpenjalno silo izračunamo tako, da obdelovanec varujemo proti zvrnitvi okrog točke O.

Primer 6:

Valjasti obdelovanec je pozicioniran v prizmi, rezalna in vpenjalna sila sta nasprotno usmerjeni. Rezalna sila poskuša dvigniti obdelovanec iz prizme. Vpenjalno silo tudi tu izračunamo tako, da je vsota momentov okrog točke O enaka nič.

Primer 7:

Valjasti obdelovanec je pozicioniran v prizmi, vpenjalna sila deluje proti prizmi, rezalna sila pa je usmerjena pravokotno nanjo in skuša zvrniti obdelovanec okrog točke O. Vpenjalno silo izračunamo tako, da postavimo momentno enačbo za to točko.

Primer 8:

Pri struženju in podobnih operacijah vpenjamo obdelovance v čeljusti vpenjalne glave. Moment glavne rezalne sile ga skuša zavrteti v vpenjalnih čeljustih. Vpenjalna sila mora biti večja kakor je moment rezalne sile T_c . Na posamezno čeljust deluje vpenjalna sila F_{vp}/n , če je n število čeljusti. Koeficient trenja je pri gladkih čeljustih 0,1 do 0,15 in pri nazobčanih 0,24 do 0,55. Vpenjalna sila se zmanjša za silo trenja na čelni strani $F_{tr,f}$, ki je nastala zaradi podajalne sile F_f .

Primer 9:

Pri struženju med konicama lahko obdelovance dodatno vpenemo tudi s čelnim sojemalom. Vpenjalna sila F_{vp} je sila, s katero konjiček podpira obdelovanec. Zaradi delovanja sile F_{vp} nastane na čelni strani sila trenja F_{tr} , ki deluje na vpenjalnem premeru d_{vp} . Koeficient trenja je pri gladkih opornih čepih sojemala enak 0,1, pri ostrih nožičkih pa 0,5. Ta sila se lahko poveča ali zmanjša, odvisno od smeri delovanja podajalne sile. Prikazan je primer, ko je podajalna sila usmerjena proti čelnemu sojemalu.

Primer 10:

Obdelovanec je pozicioniran samo v prvi položajni ravnini. Izdelati moramo izvrtino. Na obdelovanec delujeta moment glavne rezalne sile pri vrtnanju T in podajalna sila F_f . Vpenjalna sila je usmerjena proti podpori. Obdelovanec moramo varovati, da se ne zavrti okrog osi zaradi momenta rezalne sile. Slednjemu se upirata sila trenja zaradi vpenjalne sile $F_{tr1} = F_{vp} \cdot \mu$ in sila trenja zaradi podajalne sile $F_{tr2} = F_f \cdot \mu$.

Primer 11:

Vpenjanje obdelovanca pri vrtnanju, pri čemer sta vpenjalna in podajalna sila usmerjeni druga proti drugi. Vpenjalna sila mora varovati obdelovanec, da se ne zavrti zaradi rezalne sile in ga tudi varovati, da se ne premakne v smeri podajalne sile.

3 ELEMENTI OBDELOVALNIH PRIPOMOČKOV

3.1 Oporni in pozicionirni elementi

Obliko ploskev, mere, tolerance oblike in mer na izdelku določi konstruktor pri konstruiranju. Obliko ploskev, mere tolerance oblike in mer surovcev določi tehnolog pri načrtovanju obdelovalnih postopkov. Obliko in stanje opornih ploskev, na katerih bo obdelovanec ležal med obdelavo v vpenjalnem pripomočku, pa določi tehnolog, ki načrtuje obdelovalne pripomočke, upoštevajoč dejansko stanje surovca in želeno obdelavo.

Dotikališče med obdelovancem in podporo - pozicionirnim elementom je lahko v točki, na liniji ali na ploskvi. Podpiranje v točkah uporabljamo samo pri neobdelanih surovcih (ulitkih, izkovkih, varjencih), pri poprej obdelanih predmetih (struženih, frezanih) pa na črti ali ploskvi. Porazdelitev podpor ali pozicionirnih elementov je odvisna od oblike obdelovancev, togosti in smeri delovanja rezalnih ter vpenjalnih sil.

Pozicionirne ploskve na vpenjalnem pripomočku morajo biti vedno čiste, le tako bo obdelovanec lahko pravilno obdelan. Zato morajo biti dvignjene iz okrova pripomočka, da hladilna tekočina lepo odteka in se odrezki ne nabirajo na teh ploskvah. Vemo, da manjše ploskve lažje očistimo kakor večje, zato se pri oblikovanju izogibamo večjim podpornim letvam. Če je treba obdelovanec zaradi vitkosti dodatno podpirati, razporedimo pozicionirne elemente na več mest ali uporabimo prilagodne podporne elemente.

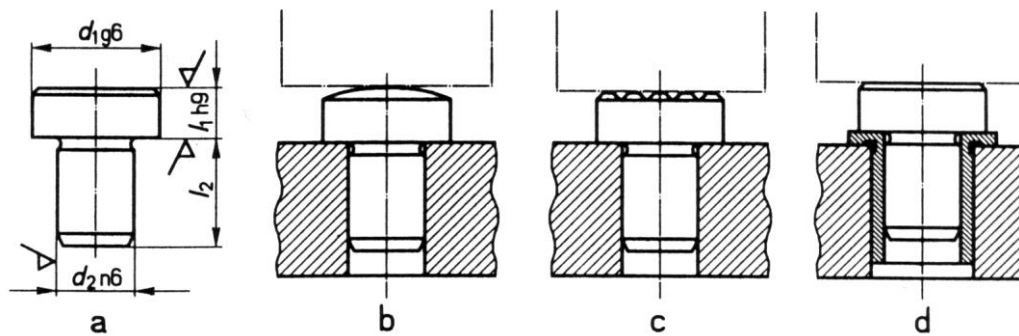
Podpore vgrajujemo v okrove vpenjalnega pripomočka kot posebne dele. Tako je izdelava preprostejša, izbiramo lahko med različnimi oblikami in kakovostjo, ter jih po potrebi tudi zamenjujemo. So iz kakovostnih orodnih jekel, kaljene ali cementirane, če način pozicioniranja in vpenjanja ne zahteva drugače. Trdota je med 58 in 62 HRC. S tem se izognemo obrabi in poškodbam zaradi udarcev pri natikanju ter utiskom odrezkov v pozicionirne elemente.

3.1.1 *Pozicionirni elementi za ravne ploskve*

Pri pozicioniranju obdelovancev z ravnimi ploskvami uporabljamo podporne čepe, puše in letve (slika 49). Podporni čepi in letve so lahko togi, če so trdno vstavljeni v okrov, ali pa so prilagodni, če so premečni v okrovu pripomočka.

Podporni ali pozicionirni čepi, standardizirani po standardu DIN 6321, so kaljeni in brušeni s podanimi dovoljenimi odstopki (slika 49 a). Višina glave podpornega čepa naj bo najmanj 0,5 do 1 premera glave.

Čepe z izbočeno in narezano glavo uporabljamo za pozicioniranje surovcev z neobdelanimi površinami, ravne pa za obdelane ploskve (slika 49 b, c, d). Največkrat so podporni čepi tesno vtisnjeni v okrov in jih ne izmenjujemo. Da bi čepe pri popravilih pripomočkov in pri prilagajanju novim obdelovancem lahko tudi zamenjali, so vtaknjeni v izvrtine, ki gredo skozi okrov. Čepi, ki jih večkrat zamenjamo, so vstavljeni v puše z drsnim ujemom, puše pa so vtisnjene v okrov s tesnim ujemom. Tudi puše so kaljene in brušene (slika 49 d).

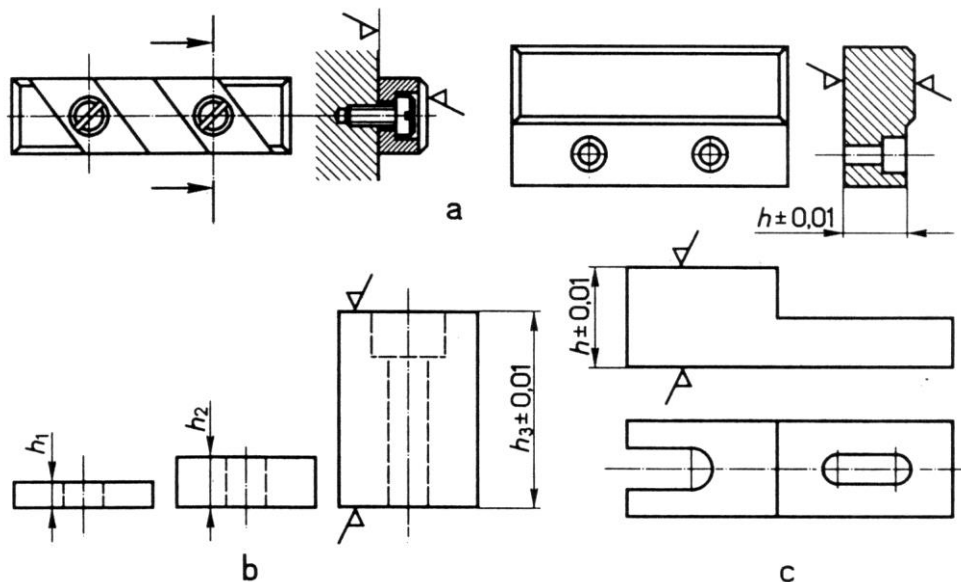


Slika 49. Togi podporni čepi

a - oblika podpornega čepa po standardu DIN, b - čep s kroglasto glavo, c - čep z narezano glavo, d - zamenljiv čep z ravno glavo in vodilno pušo

Pozicionirne letve in višinske puše uporabljamo pri pozicioniranju obdelovancev z obdelanimi ravnimi ploskvami (slika 50 a in b). Letve in puše so obdelane na mero z majhnimi dopustnimi odstopki v višini. Zgornja ploskev, ki nosi obdelovance, in spodnja ploskev, ki leži na okrovu vpenjalnega pripomočka, sta brušeni. Pri letvah so zaradi lažjega čiščenja pozicionirne ploskve dvignjene, pritrdilni vijaki pa ugreznjeni. Poševni utori na površini preprečujejo zatikanje obdelovancev pri polaganju in olajšujejo pozicioniranje, ker nudijo prostor za odrezke.

Višinske puše, ki so običajno del sestavljivih vpenjalnih pripomočkov, so različnih višin h (2 do 20mm) in jih lahko tudi sestavljamo. Višinske puše in pozicionirne letve morajo biti visoke vsaj 5 mm, najprimernejše višine pa so med 10 in 15 mm. Podporne letve ali podpore, ki jih uporabljamo pri vrtanju, imajo izdelan utor za iztek orodja in čiščenje odrezkov (slika 50 c).



Slika 50. Pozicionirni elementi za obdelane ploskve

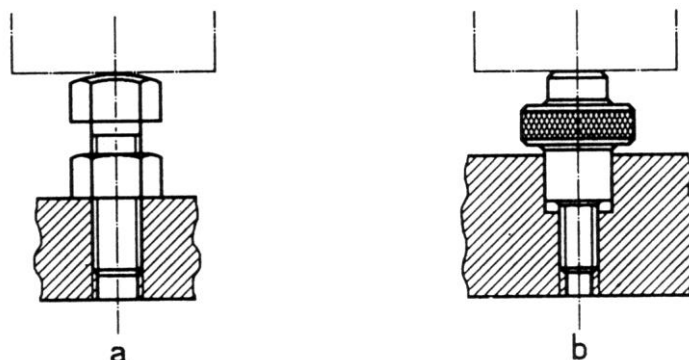
a - pozicionirni letvi, b - višinske puše, c - podpora pri vrtanju

Nastavljive podpore uporabljamo poleg togih podpor, če:

- to zahteva oblika obdelovanca,
- so toge podpore preveč razmaknjene,
- rezalne sile delujejo zunaj togih podpor,
- so stene obdelovanca tanke in podobno.

Prilagodimo jih obdelovancu, ko je njegova lega že natančno določena. Po prilagoditvi podporo zavarujemo pred samodejnim premikanjem.

Zelo preproste so podpore z vijaki, ki jih obdelovancu prilagodimo ročno. Taki sta podpora, prikazani na sliki 51 a in b. Delavec ročno, po občutku, privije vijak do obdelovanca in ga v tem položaju tudi zavaruje s protimatico. Čelna ploskev vijaka je zaokrožena tako, da obdelovanec nalega na oporni čep le v točki. Ročno nastavljivi podporni čepi z večjo ravno oporno ploskvijo morajo imeti valjasti vodilni del, ki zagotavlja pravokotnost pozicionirne ploskve proti okrovu pripomočka (slika 51 b).

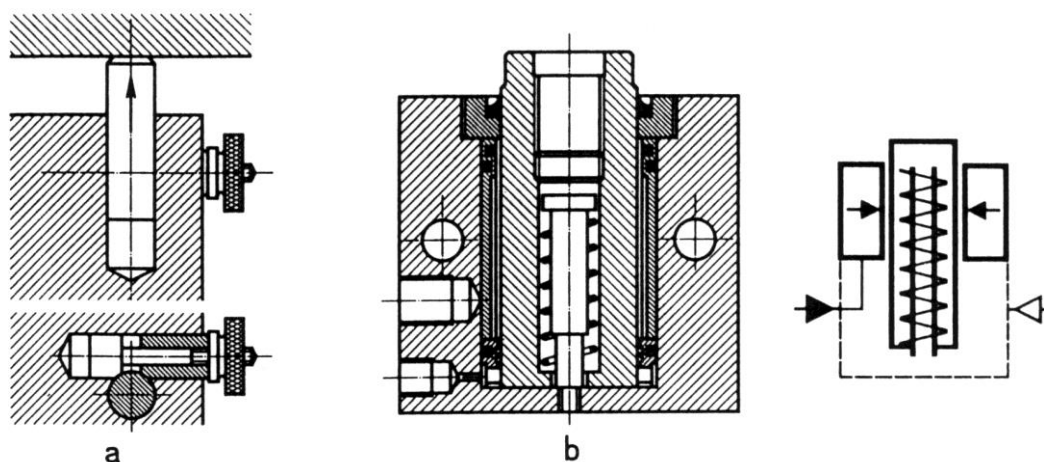


Slika 51. Ročno nastavljive podpore

a - preprost vijak za zaokroženo glavo, b - vijak z vodilnim delom

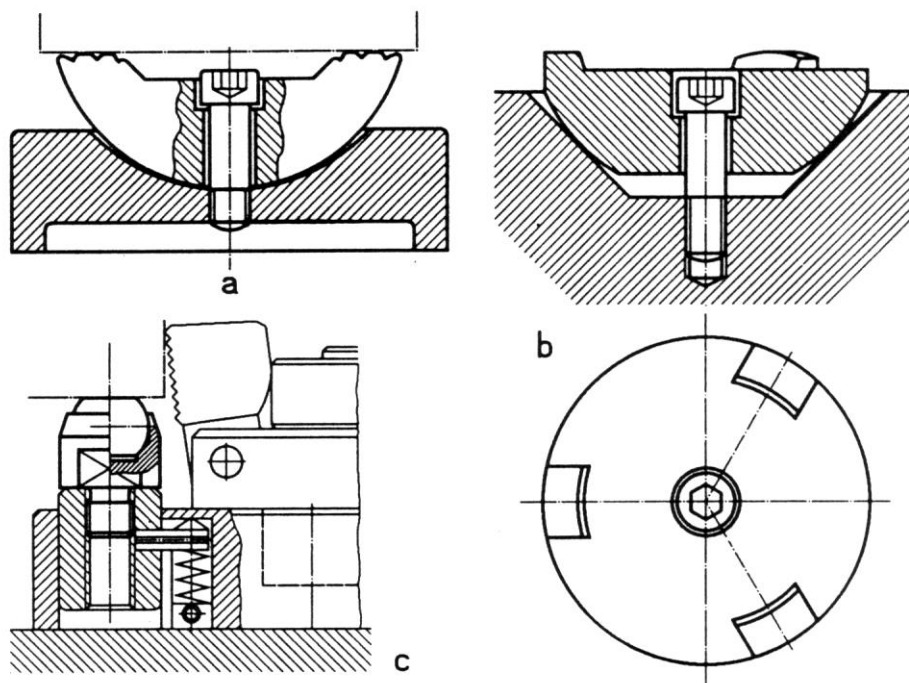
Samonastavljivi podporni čepi so podprti z vzmetjo in se samodejno prilagodijo obdelovancu (slika 52 a). V novejšem času pa lahko kupimo tudi hidravlične samonastavljive podpore (slika 52 b). Pozicionirni čep je podprt z vzmetjo, zaradi teže obdelovanca se podpora pomakne navzdol in tako prilagodi obdelovancu. Vpenjalna puša, ki hkrati čep tudi vodi, se zaradi tlaka hidravličnega olja v bazenu (do 500 bar) elastično deformira in tako vpne pozicionirni čep. Posebne izvedbe hidravličnih podpornih čepov imajo prigraven še pnevmatični valj, ki podporo samodejno približa obdelovancu, kadar je naležna ploskev obdelovanca odmaknjena od nje.

Izravnalne letve in izravnalne čepe lahko prav tako uvrstimo med samonastavljive; uporabljamo jih le za prilagoditev pozicionirnih elementov neravnim ploskvam, če moramo pozicionirati obdelovance na treh podporah, čeprav bi ti morali ležati na štirih. Izravnalne podpore uporabimo, kadar obdelovanca ni mogoče podpirati z eno podporo, pač pa ga moramo podpirati v dveh ali treh točkah (slika 53 a in b). Koristni so tudi čepi z izravnalno kroglico (slika 53 c).



Slika 52. Samonastavljivi podpore

a - z vzmetjo in varovalnim vijakom, b - hidravlična



Slika 53. Izravnalne pozicionirne podpore
a - dvotočkovna, b - tritočkovna, c - izravnalni čep s kroglico

3.1.2 Pozicionirni elementi za valjaste obdelovance

Za pozicioniranje valjastih obdelovancev lahko uporabimo že znane pozicionirne letve v prvi in drugi položajni ravnini in toge oporne čepe v tretji položajni ravnini. Obdelovance, ki jih moramo centrirati, pa položimo v pozicionirne prizme (slika 54).

Največkrat uporabimo prizme s kotom 90° . Obdelovance manjših premerov pozicioniramo v prizmi s kotom 60° , za večje preme pa lahko izberemo prizmo s kotom 120° .

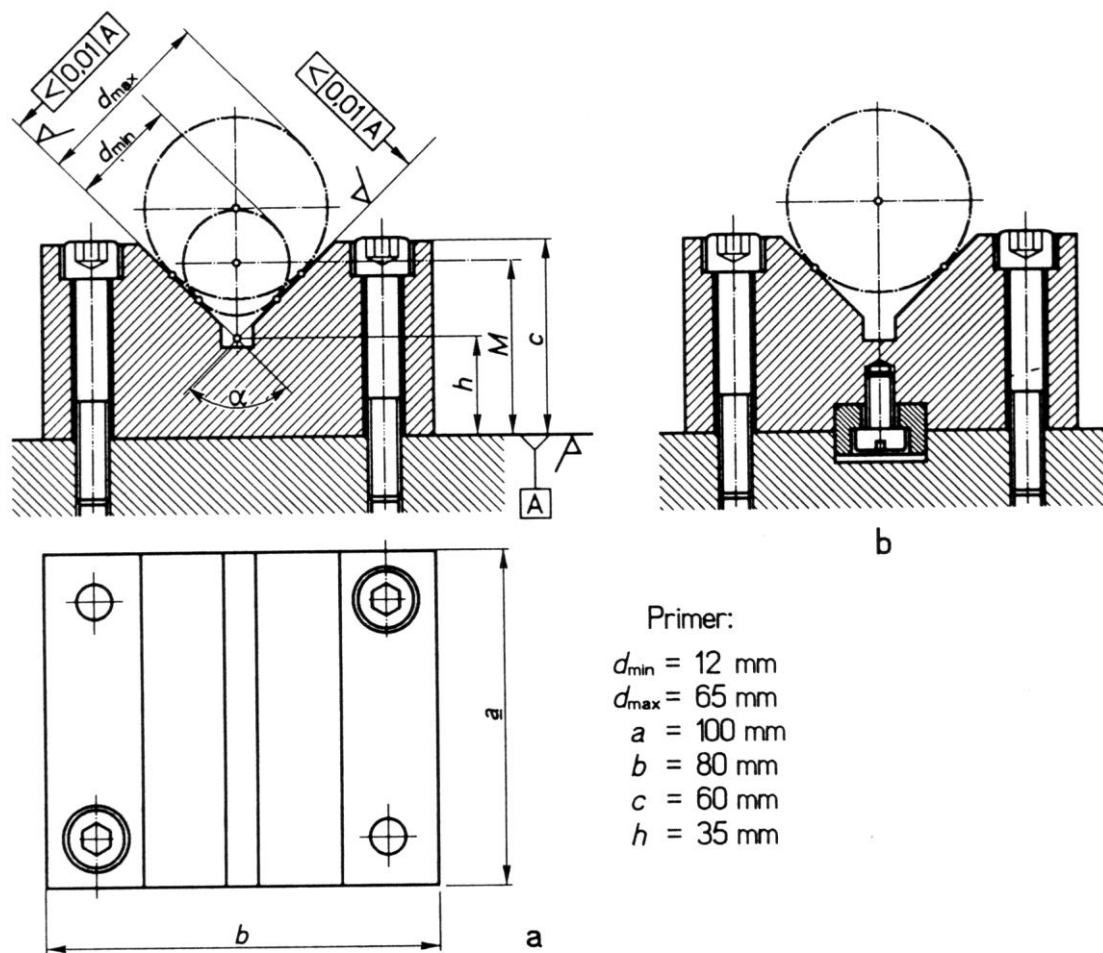
V prizmah pozicioniramo obdelovance premerov od d_{\min} do d_{\max} . Premera sta izbrana tako, da obdelovanec ne leži na robu oporne ploskve.

Prizma je na telo pripomočka največkrat pritrjena z vijakoma in dvema centrirnima zatičema (slika 54 a). Prizme, ki jih uporabljamo pri sestavljenih vpenjalnih pripomočkih, imajo vzdolžni utor za pozicioniranje s polzniki (utornimi kamni – slika 54 b).

Na sliki 54 so podane nekatere značilne mere prizme za obdelovance premerov od 12 do 65 mm. Za večje preme so mere nekoliko večje, vendar naj ostanejo razmerja enaka. Za tehnologa je pomembna lega srednjice obdelovanca pri obdelavi predvidenega premera. Oddaljenost srednjice od osnove H izračunamo z enačbama (8 in 9):

$$H = h + 0,707 d \quad \text{- pri prizmi s kotom } 90^\circ \quad (3.1)$$

$$H = h + 0,577 d \quad \text{- pri prizmi s kotom } 120^\circ \quad (3.2)$$



Slika 54. Pozicionirna prizma

- a* - pozicionirana na okrov pripomočka s centrirnimi zatiči,
- b* - z utornim polznikom (kamnom)

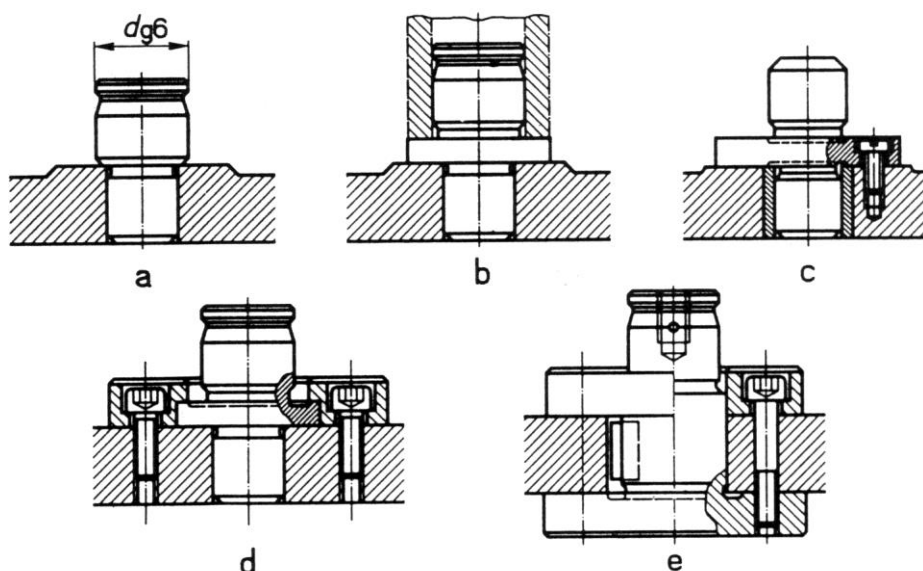
Pozicioniranje valjastih obdelovancev v izvrtinah ali pušah uporabljamo zelo redko. Je pa ta način pozicioniranja osnova za pozicioniranje v stročnicah in vpenjalnih glavah. Osnova so samocentrirni pozicionirni segmenti, ki se prilagajajo zunanji valjasti ploskvi obdelovanca. Ker taki pozicionirni elementi obdelovanec hkrati tudi vpnejo, bodo nadrobneje opisani v poglavju o vpenjalnih elementih in enotah.

3.1.3 Lokatorji

Obdelovance z obdelanimi izvrtinami centriramo s pozicionirnimi čepi ali lokatorji. Nekaj značilnih oblik lokatorjev je prikazanih na sliki 55. Preprosti lokatorji za manj zahtevne obdelave so podobni pozicionirnim čepom, vendar imajo brušeno valjasto ploskev. V okrov so vstavljeni s tesnim ujemom. Kakovostnejši lokatorji imajo še podporni obroč, na katerem leži obdelovanec. Lokatorji, ki jih lahko tudi menjamo, so v okrov pripomočka vtisnjeni z drsnim ohlapkom (H7/k6). Pri lokatorjih, ki jih pogosto menjavamo, uporabljamo vmesne puše, da okrov zavarujemo pred obrabo (slika 55 b). Proti snemanju so varovani z matico ali vijakom. Lokatorji z večjimi premeri imajo ločene podložne plošče, ki so značilnih oblik (slika 55 d in e).

Sploščene ali preizane lokatorje oblikujemo glede na velikost premera. Čepe pri večjih premerih (nad 50 mm) preprosto sploščimo, pri manjših premerih pa jih posnamemo pod kotom in tako obdržimo večji prerez lokatorja. Širino lokatorja b lahko izračunamo po

enačbah (2.1 in 2.2), ali pa upoštevamo manj natančne vrednosti iz razpredelnice 3.1. Prirezani lokatorji morajo biti vedno zavarovani proti zavrtitvi v vodilni izvrtini.



Slika 55. Lokatorji

a - preprost lokator, vtisnjen v okrov, b - lokator z naležnim obročem, c - lokator z vodilno pušo, zavarovan z vijakom, d - lokator s podporno ploščo, e - lokator, zavarovan z moznikom

Preglednica 3.1. Širina prirezanega lokatorja b pri različnih premerih d

d v mm	4 ... 6	6 ... 10	10 ... 18	18 ... 30	30 ... 50	
b v mm	2	3	5	8	12	
B v mm	d - 1	d - 2	d - 4	d - 6	d - 10	

3.1.4 Izračun ugreza pri pozicioniranju s čepi

Ker ploskve obdelovancev, še posebno pri večji hrapavosti, niso gladke, se vrhovi zaradi teže rezalnih in vpenjalnih sil, ki delujejo na obdelovanec in na podporo, plastično deformirajo. Globino ugreza pozicionirnega elementa v površino obdelovanca, izraženo v μm , je mogoče izračunati po izkustveni enačbi:

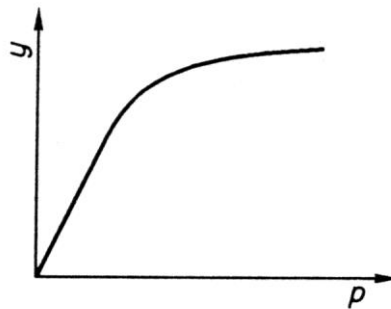
$$y = k \cdot p^m \quad (3.3)$$

k - koeficient, odvisen od postopka obdelave in vrste materiala (razpredelnica 3.2), p - pritisk v MPa (N/mm^2), m - eksponent ($m = 0,3$ do $0,5$).

Rapredelnica 3.2. Vrednosti za koeficient k

Stanje ploskve obdelovanca	Hrapavost R_{maks} v μm	Siva litina		Jeklo	
		k 1.obr.	2.obr.	k 1.obr.	2.obr.
brušena	15	4,42	2,71	1,63	0,80
fino obdelana	38	15,45	5,26	7,56	2,71
grobno obdelana	98	36,32	4,10	23,93	1,35

Koeficient k se giblje v zelo širokih mejah in je odvisen od stanja obdelane ploskve (R_{maks}) in materiala obdelovanca. Vrednost ni enaka niti pri prvi (1.obr) niti pri nadaljnjih obremenitvah (2.obr.) dotikalnih ploskev.



Slika 56. Ugrezanje y v odvisnosti od velikost pritiska p

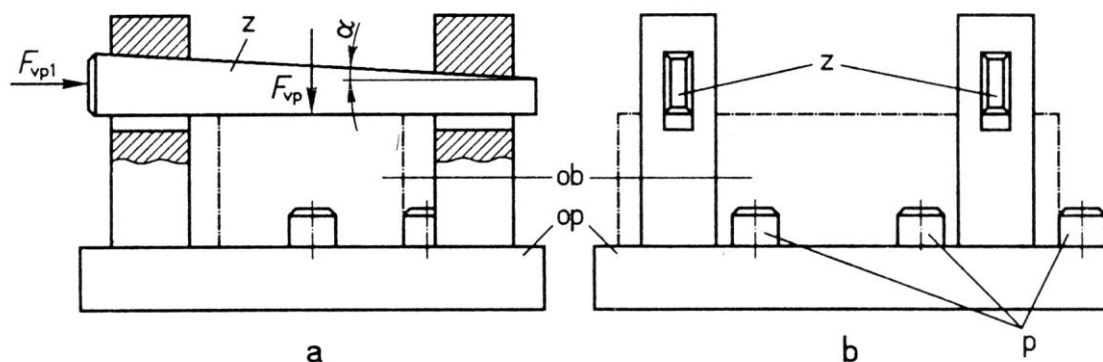
Vrednost ugrezanja čepov y v površino obdelovanca v začetku linearno narašča v odvisnosti od porasta pritiska oziroma obremenitve. Pri zelo velikih pritiskih se ugrezanje ne povečuje več tako močno.

4 VPENJALNI ELEMENTI IN ENOTE

Naloga vpenjalnih (pritrdilnih) elementov in enot je, da hitro in zanesljivo pritisnejo obdelovanec na opore ali ga držijo v dani legi z dovolj veliko vpenjalno silo. Poznamo vpenjalne elemente za ročno vpenjanje in vpenjalne elemente in enote za mehanizirano vpenjanje. Osnovni elementi za ročno vpenjanje so zagozde, vijaki in izsredniki (ekscentri). Kadar govorimo o mehaniziranem vpenjanju, imamo v mislih vpenjanje s pnevmatičnimi in hidravličnimi enotami, električnimi motorji, trajnimi magneti in elektromagneti ali vakuumskimi vpenjali. Z vpenjalnimi elementi vpenjamo obdelovance neposredno. Vpenjalno silo pa lahko prenašamo od izvora do vpenjalnega mesta prek mehanizmov (vzvod, matica in vreteno) ali hidravličnega medija, lahko pa jo tudi razdelimo ali prenesemo na več vpenjalnih mest.

4.1 Zagozde

Zagozda je eden najstarejših vpenjalnih elementov. Čeprav ima ob vpenjanju pri obdelavi podrejeno vlogo, je lahko v preprostih pripomočkih koristen element. Ena stran zagozde po navadi pritiska na obdelovanec, druga, nagnjena za kot α , pa se naslanja na telo pripomočka (slika 57). Zagozde so iz jekla za cementiranje, drsne ploskve so zakaljane in fino obdelane. Vpenjalno silo F_{vp} dosežemo tako, da na zagozdo delujemo s silo F_{vp1} . Slabosti vpenjanja z zagozdami so: pri vpenjanju se lahko obdelovanec premakne v smeri gibanja zagozde, pri obdelavi se ob vibracijah obdelovanec izpne, sicer pa je za samo izpenjanje potrebna velika sila.



Slika 57. Vpenjanje z zagozdo

z – zagozda, ob – obdelovanec, op – osnovna plošča, p – elementi za pozicioniranje

Pri vpenjanju uporabljamo samozavorne zagozde; te so samozavorne, če je izpolnjen pogoj $\tan \alpha \leq \tan \rho = \mu$. Pri koeficientu trenja $\mu = 0,1$ je zagozda samozavorna, če je $\tan \rho < 0,1$ in s tem nagibni kot zagozde $\alpha \leq 5,6^\circ$. Namesto kota lahko napišemo tudi nagib kot razmerje, na primer 1:10.

Vpenjalna sila F_{vp} , ki deluje na obdelovanec (slika 57 b), je tako enaka:

$$F_{vp} = \frac{F_{vp1}}{2 \tan(\alpha + \rho)} \quad (4.1)$$

F_{vp1} - sila zabijanja zagozde, α - kot zagozde, ρ - torni kot.

Vpenjanje samo z zagozdo in zabijanjem s kladivom ni najbolj primerno. Zagozdo oziroma klin pogosteje uporabljamo za prenos in za spremembo smeri delovanja vpenjalne sile, ki jo dosežemo z vijakom ali pnevmatičnim ter hidravličnim valjem (slika 58). Kot klina je večji

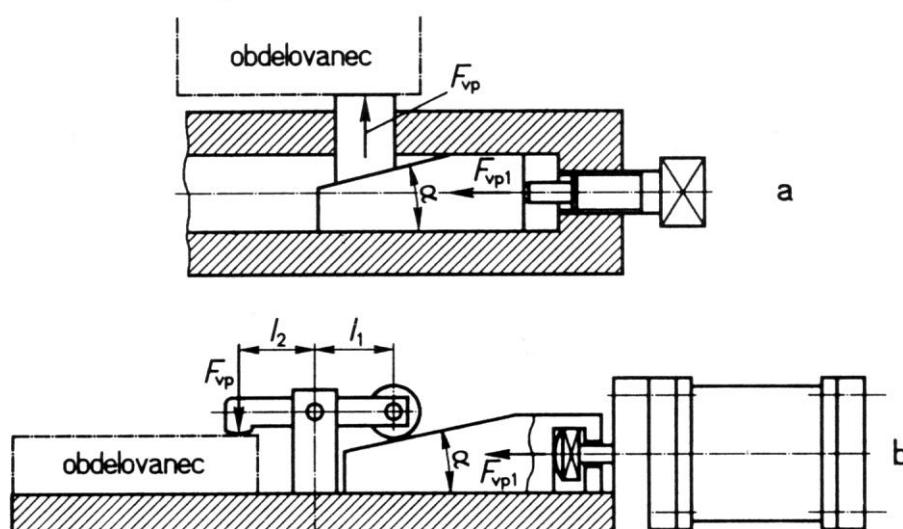
($\alpha \approx 15^\circ$) in zagozde niso samozavorne. Pri natančnem izračunu vpenjalne sile moramo upoštevati trenje med čepom in izvrtino (slika 58 a) in prestavno razmerje (slika 58 b).

Vpenjalno silo za primer na sliki 58 a izračunamo po enačbi 4.2 in za primer na sliki 58 b po enačbi 4.3:

$$F_{vp} = F_{vp1} \frac{1 - \tan \rho_2 + \tan \rho_3}{\tan(\alpha + \rho_1) + \tan \rho_2} \quad (4.2)$$

$$F_{vp} = \frac{l_1}{l_2} \cdot \frac{F_{vp1}}{\tan(\alpha + \rho_1) + \tan \rho_2} \quad (4.3)$$

F_{vp} - vpenjalna sila, ki deluje na obdelovanec, F_{vp1} – sila, s katero deluje pnevmatični valj ali vijak na klin, ρ_1 - torni kot na strmini, ρ_2 - torni kot pri vodenju klina, ρ_3 - torni kot pri vodenju čepa in α - kot klina.



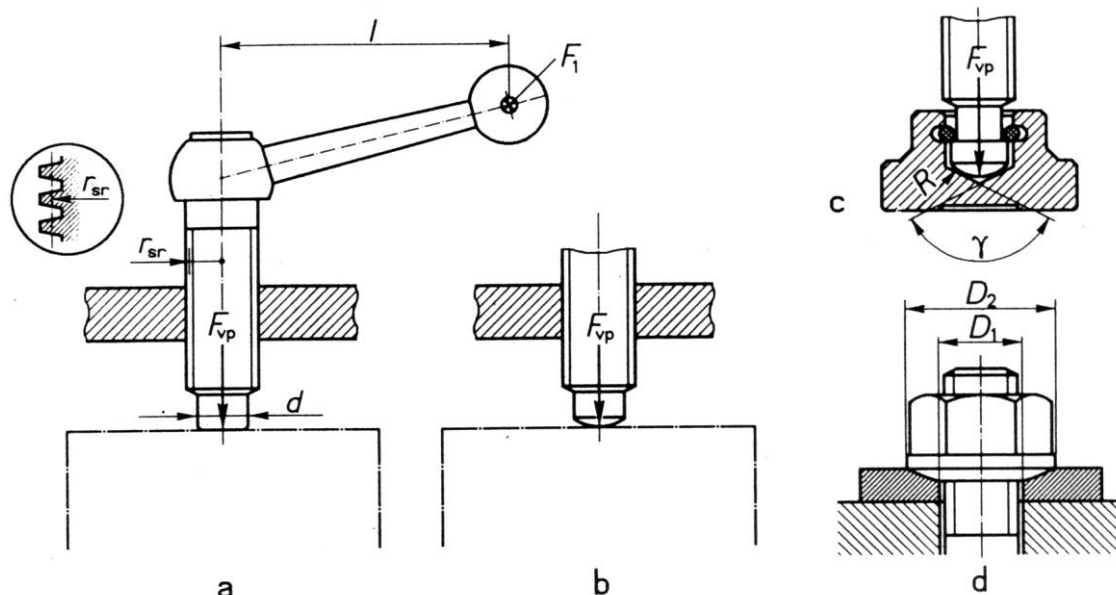
Slika 58. Prenos vpenjalne sile s klinom

a - vpenjanje z vijakom in prenos na vpenjalni čep, b - vpenjanje s pnevmatičnim valjem in prenos z vzvodom

4.2 Vpenjanje z vijaki

Tudi pri vijakih dobimo – podobno kakor pri zagozdi ali klinu - vpenjalno silo z gibanjem po strmini; ta je pri vijakih ovita okrog valja. Vijak se pri vrtenju premika v aksialni smeri proti mirujočemu delu vpenjalnega pripomočka in na obdelovanec deluje z vpenjalno silo F_{vp} (slike 59 a, b in c).

Vpenjalno silo dobimo tudi z vrtenjem matice proti mirujočemu vijaku (slika 59 d).



Slika 59. Vpenjanje z vijaki

a - vijak z ravnim krajiščem, b - vijak s polkroglim krajiščem, c - vijak z vmesnim tlačnim elementom, d - vijak z visoko matico in podložko s kroglasto priležno ploskvijo

Vpenjalna sila F_{vp} , ki deluje v osi vijaka, je odvisna od momenta, s katerim deluje delavec pri vpenjanju prek ročice na glavo vijaka ali prek vpenjalnega ključa na vpenjalno matico. Da bi na obdelovancu dosegli vpenjalno silo F_{vp} , moramo na vijak delovati z momentom M_{vp} .

$$M_{vp} = F_{vp} r_{sr} \cdot \tan(\alpha + \rho) \quad (4.4)$$

r_{sr} - srednji polmer navoja, α - kot vijajnice in ρ - torni kot pri gibanju ($\tan \rho = \mu$).

Na velikost sile pa ne vplivata samo kot vijajnice α in torni kot ρ (za metrične navoje $6^{\circ}34'$), ampak tudi izgube zaradi trenja med krajiščem vijaka in obdelovancem oziroma med matico in obdelovancem ali podložko in obdelovancem. Vpenjalna sila je omejena tudi z ročno silo delavca. Pri izračunu upoštevamo, da je največja dovoljena ročna sila 200 N.

Pri vpenjanju z vijakom naj bo moment ročne sile M_1 enak momentu, ki ga potrebujemo za vpenjanje obdelovanca M_{vp} , povečan za izgube zaradi trenja M_{tr} :

$$M_1 = M_{vp} + M_{tr}$$

$$F_1 \cdot l = F_{vp} \cdot r_{sr} \cdot \tan(\alpha + \rho) + M_{tr} \quad (4.5)$$

F_1 - sila na ključu ali ročici, l - dolžina ključa ali ročice.

Za vijak z ravnim krajiščem na sliki 59 a je moment M_{tr} :

$$M_{tr} = F_{vp} \cdot 0,33 \cdot \mu \cdot d \quad (4.6)$$

in vpenjalna sila F_{vp} :

$$F_{vp} = \frac{F_1 \cdot l}{r_m \cdot \tan(\alpha + \rho) + 0,33 \cdot \mu \cdot d} \quad (4.7)$$

μ - koeficient trenja med obdelovancem in krajiščem vijaka, d - premer krajišča vijaka.

Pri vpenjanju z vijakom z zaokroženim krajiščem (slika 59 c) izračunamo vpenjalno silo po enačbi 4.8. Ker je prijemališče vpenjalne sile praktično v točki, izgub zaradi trenja ne upoštevamo:

$$F_{vp} = \frac{F_1 \cdot l}{r_m \cdot \tan(\alpha + \rho)} \quad (4.8)$$

Če vijak deluje na obdelovanec prek tlačnega elementa, ki ima obliko, prikazano na sliki 59 c, je moment trenja M_{tr} :

$$M_{tr} = F_{vp} \cdot R \cdot \mu \cdot \cot(\gamma/2) \quad (4.9)$$

in vpenjalna sila F_{vp} :

$$F_{vp} = \frac{F_1 \cdot l}{r_m \cdot \tan(\alpha + \rho) + R \cdot \mu \cdot \cot(\gamma/2)} \quad (4.10)$$

R - radij zaokrožitve krajišča vijaka, γ - kot stožčaste luknje v stopinjah, μ - koeficient trenja med čelno ploskvijo vijaka in tlačnim elementom.

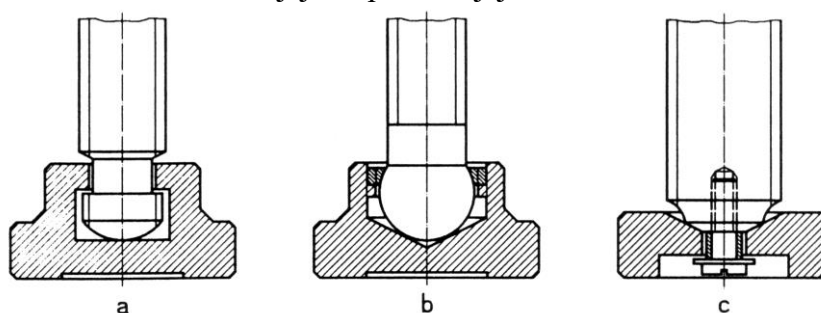
Pri vpenjanju obdelovancev z matico računamo vpenjalno silo F_{vp} po enačbi (4.11):

$$F_{vp} = \frac{F_1 \cdot l}{r_m \cdot \tan(\alpha + \rho) + \mu \cdot D_{sr}} \quad (4.11)$$

F_{vp} - vpenjalna sila v vijaku, F_{vp1} - sila na ročico, l - dolžina ročice, r_m - srednji polmer navoja, μ - koeficient trenja na čelni strani matice, $D_{sr} = (D_1 + D_2)/2$, D_1 - zunanji premer čelne ploskve matice, D_2 - notranji premer čelne ploskve matice.

Sil pri vpenjanju z vijaki navadno ne prenašamo neposredno na obdelovanec. Da se obdelovanec zaradi vrtilnega momenta ne bi zavrtel, uporabljamo vmesnike ali tlačne elemente (slika 60).

Glava vijaka in tlačni element sta medsebojno prilagodno povezana, kar dovoljuje, da se vijak lahko vrti tudi še potem, ko se je tlačni element naslonil na obdelovanec. Tlačni element tudi porazdeli vpenjalno silo na večjo ploskev, tako da je ploščinski pritisk manjši, kakor če bi glava vijaka neposredno pritiskala na obdelovanec. Tako se izognemo vtiskom na obdelovancih. Običajno so tlačni elementi kaljeni in brušeni. V tlačne elemente iz mehkejših materialov se lahko trdi odrezki zarijejo in poškodujejo obdelovanec.



Slika 60. Tlačni elementi

4.3 Izsedniki (ekscentri)

Tudi izsednik (ekscenter) je v osnovi klin, vendar tokrat ovit okrog plošče. Razlikujemo krožne in spiralne izsednike.

Krožni izsedniki so valjaste gredi ali plošče, ki se vrte okrog osi; ta je za razdaljo e oddaljena od srednjice (slika 61 a). Če hočemo, da izsednik vpne obdelovanec in da obdelovanec ostane vpet tudi, ko ročna sila ne deluje več na vpenjalnik, mora biti izsednik samozavoren. Če upoštevamo, da je kot vzpona izsednika α kot med premico T_o , pravokotno na spojnico med točko D in središčem O oziroma kot med tangento T_M , pravokotno na spojnico točke D in vrtilišča M, vidimo, da se kot α spreminja. Kot α je mogoče izračunati po enačbi:

$$\sin \alpha = \frac{e}{r} \cdot \sin \varphi \quad (4.12)$$

e izsednost, r - je polmer izsednika in φ - kot zasuka izsednika ($\varphi = 0^\circ$ do 180°).

Pri kotu $\varphi = 0^\circ$ in $\varphi = 180^\circ$ je kot $\alpha = 0^\circ$, vmes pa ima vse vrednosti med 0° in 6° (slika 61 b). Izsednik bo pri koeficientu trenja $\mu = 0,1$ samozavoren, kadar bo razmerje $e/r = 0,1$ oziroma $r = 10 e$. Pri vpenjanju se obdelovanci razlikujejo v meri, izsednik pa mora zanesljivo vpenjati tako tiste, ki so izdelani z manjšo mero, kakor tudi tiste, ki so izdelani z večjo mero. Območje vpenjanja je opredeljeno s kotom β (slika 61 c), ki je največkrat enak 30° . Vsota absolutnih odstopkov ne sme presežati vrednosti giba izsednika P , ki je podan z enačbo 4.13.

$$P = e \sin 2 \beta \quad (4.13)$$

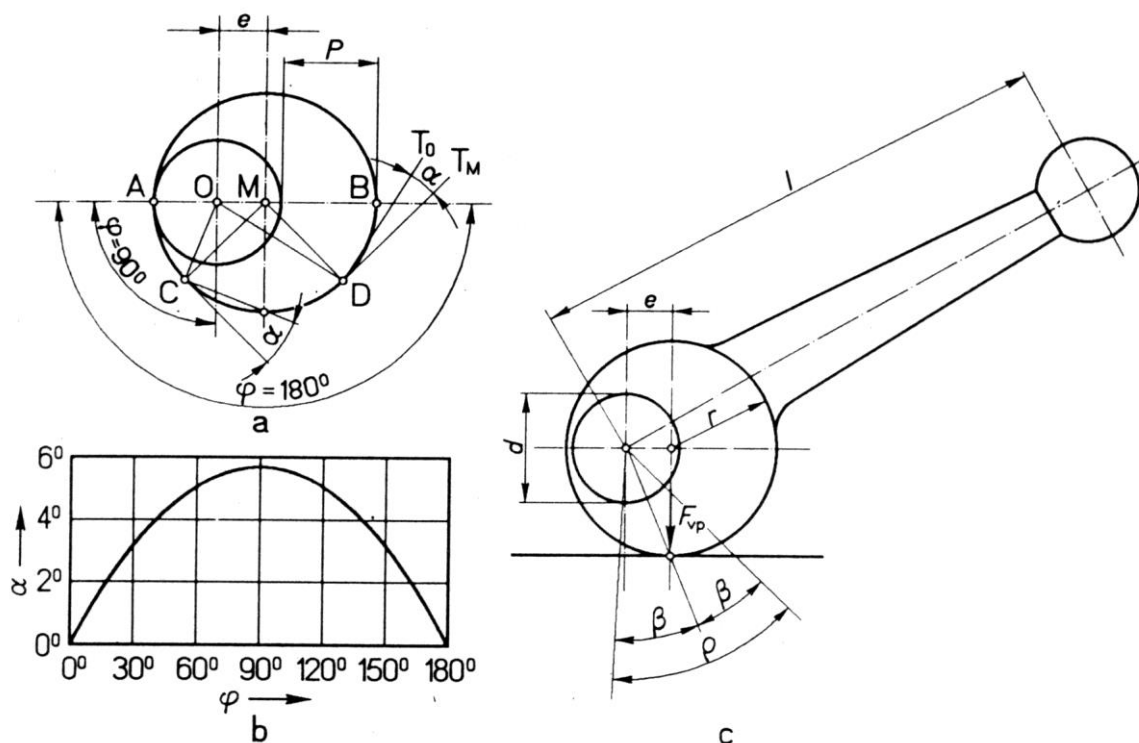
Pri izračunu vpenjalne sile F_{vp} upoštevamo, da je vsota momentov vseh sil okrog vrtilišča M enaka nič. Vsoto sestavljajo moment sile na ročici, moment sile trenja med obdelovancem in izsednikom ter moment zaradi sile trenja na gredi izsednika.

Vpenjalno silo lahko izračunamo po enačbi:

$$F_{vp} = \frac{F_{vp1}}{\tan(\alpha + \rho_1) + \tan \rho_2} \cdot \frac{l}{r} \quad (4.14)$$

F_{vp1} - sila na ročici, l - dolžina ročice, r - polmer vrtilišča izsednika, α - kot vzpona, ρ_1 - torni kot med zunanjim robom izsednika in obdelovanca, ρ_2 - torni kot na gredi izsednika.

Za vpenjanje pa uporabljamo tudi spiralne izsednike. Ti imajo po celotnem obodu vedno enak kot vzpona α , kar pomeni, da je samozavornost neodvisna od kota zasuka φ . Vendar pri vpenjanju pogosteje uporabljamo krožne izsednike (ekscentre), ker jih lažje izdelamo. Z izsedniki vpenjamo hitreje in preprosteje kakor z vijaki. Vpenjamo neposredno ali pa prenašamo vpenjalno silo na obdelovanec prek stremen. V praksi poznamo tlačne, vlečne in tudi dvojne izsednike.

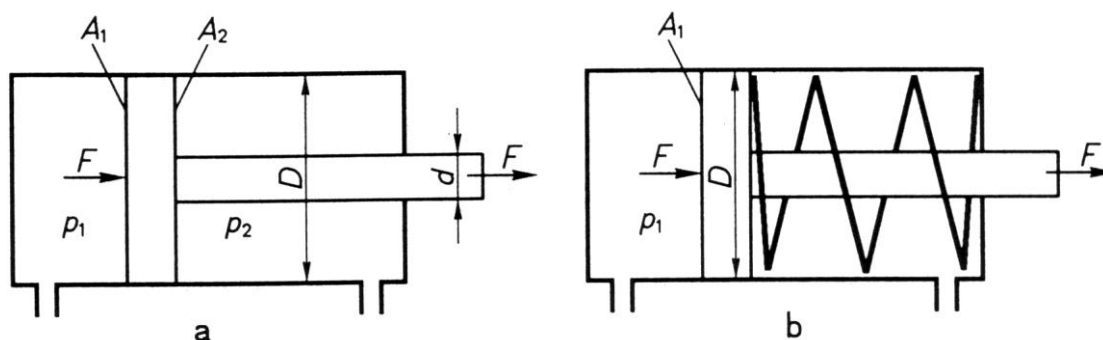


Slika 61. Krožni izsrednik (ekscenter)

a - veličine, b - zagozdni kot α v odvisnosti od kota zasuka, c - območje vpenjanja in sile

4.4 Vpenjanje s pnevmatičnimi in hidravličnimi valji

Pri vpenjanju uporabljamo tako enostransko kakor dvostransko delujoče standardne pnevmatične in hidravlične valje. Zgradba hidravličnih in pnevmatičnih valjev je podobna. Gibi valjev so kratki (2 mm do 10 mm). Ker so sile na batnici običajno velike, so tudi premeri pnevmatičnih valjev veliki (do 150 mm). Premeri standardnih hidravličnih valjev so manjši (do 50 mm), saj so tlaki visoki. Tlaki v pnevmatičnih valjih so največkrat 6 bar, ki pa izjemoma utegnejo pasti na 3,5 bar. Pri hidravličnem vpenjanju razlikujemo vpenjanje z nizkimi tlaki (do 50 bar), srednjimi tlaki (do 160 bar) in vpenjanje z visokimi tlaki (do 700 bar, izjemoma do 1500 bar).



Slika 62. Valji in veličine

a - dvosmerni, b - enosmerni

Sila na batnici F dvosmernega valja pri tlačanju je:

$$F = p_1 \cdot A_1 = p_1 \cdot \frac{\pi D^2}{4} \quad (4.15)$$

Pri vlečenju je sila F na batnici valja:

$$F = p_2 \cdot A_2 = p_2 \cdot \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \quad (4.16)$$

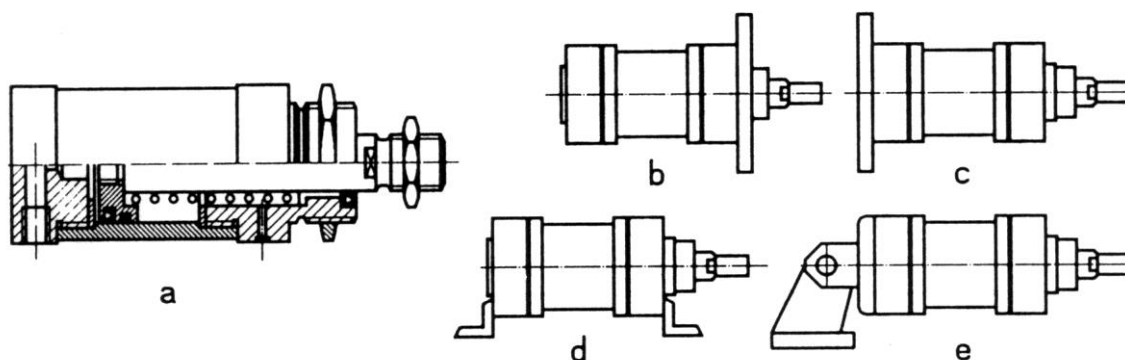
D - premer bata, d - premer batnice, p_1 - tlak na zadnji strani, p_2 - tlak na sprednji strani valja.

Pri enosmernem valju je sila na batnici valja manjša za silo vzmeti. Pri natančnih izračunih upoštevamo še odvisnost sile od vpenjalnega giba valja. Za poenostavljene izračune lahko vzamemo, da je sila vzmeti F_{vz} manjša od 70 N. Sila na batnici je tako:

$$F = p_1 \cdot A_1 - F_{vz} \quad (4.17)$$

Batnice valjev le redko neposredno delujejo na obdelovance, saj njihov konec ni primeren za to. V batnice ali nanje pritrdimo tlačne elemente, ki ima enako nalogo in so podobnih oblik kakor tlačni elementi pri vpenjanju z vijaki (slika 60).

Standardne pnevmatične valje vgradimo v vpenjalne pripomočke, ki jih pogosto zasujemo in izdelamo v lastnem podjetju. Navadno jih vgradimo s standardnimi priključnimi elementi (slika 63 a). Ti valji so enaki valjem, ki jih uporabljamo za avtomatizacijo strojev in naprav. Danes pa lahko kupimo različne pnevmatične vpenjalnike, ki imajo že prigrajene elemente za prenos sile in spremembo smeri gibanja, ter jih lahko uporabimo pri lastni konstrukciji ali kot enoto v sestavljenih pripomočkih, kot kaže slika 63 b.

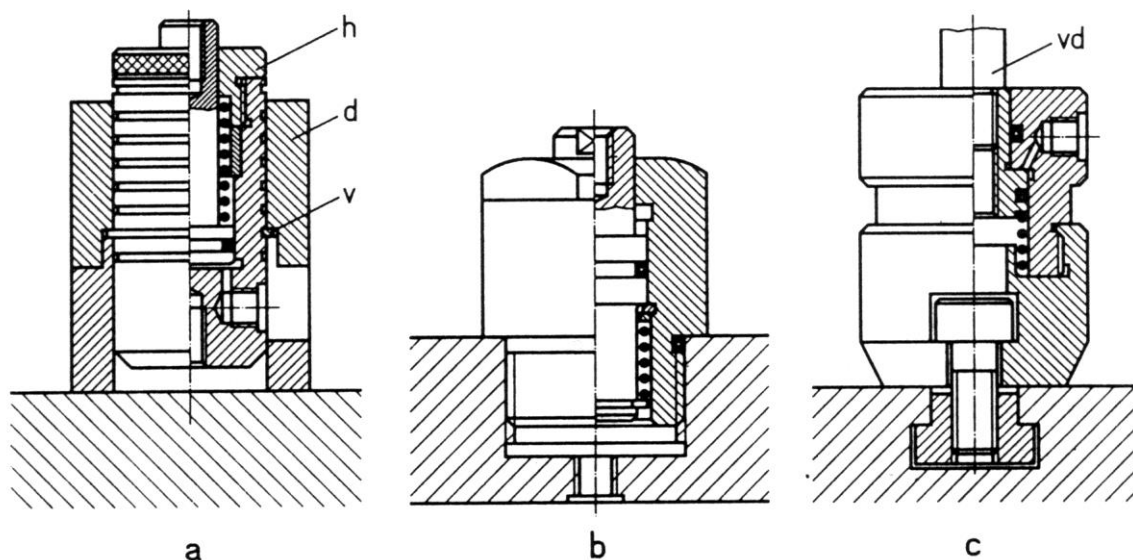


Slika 63. Pnevmatični valji in pritrditve

a - enosmerni pnevmatični valj, *b* - pritrditev s prirobico spredaj, *c* - pritrditev s prirobico zadaj, *d* - pritrditev z nogami, *e* - nihajoča pritrditev

Tudi hidravlične valje vgrajujemo v lastne konstrukcije, vendar se valji, ki jih uporabljamo za vpenjanje, v mnogočem razlikujejo od pnevmatičnih. Ker so tlaki visoki, so premeri hidravličnih vpenjalnih valjev manjši. V praksi dajemo vseeno prednost vpenjanju s stisnjenim zrakom, ki ga dobimo iz omrežja, za napajanje hidravličnih valjev pa je potreben poseben hidravlični sistem (oljna črpalka, rezervoar za olje, ventili, filter).

Oblike hidravličnih valjev so prilagojene namenu uporabe (slika 64).



Slika 64. Hidravlični vpenjalni valji

a - vali z vskočniki, b - valji za uvitje z navojem, c - valj za pritrnitev na mizo z utori v obliki črke T (h- hidravlični valj, d – držalo, v – vskočnik, vd – vpenjalni drog)

Hidravlični valji so pritrjeni v vpenjalne pripomočke z vskočniki (slika 64 a) ali pa so vanje uviti (slika 64 b). Uporabimo jih lahko tudi pri vpenjanju neposredno na mizo strojev. Slika 64 c kaže primer pritrditve na mizo, ki ima utore v obliki črke T.

Ker je komplet hidravlični sistem zelo drag, je hidravlično vpenjanje smotno le takrat, če je obdelovalni stroj že opremljen s hidravličnim pogonom, ki lahko daje potrebno tlačno olje. Pri izbiri vpenjalnega sistema upoštevamo tudi to, da tlak v pnevmatskem sistemu ne pade takoj že pri najmanjši netesnosti, celo če je dovod stisnjenega zraka zaprt. Nasprotno pri hidravličnem sistemu pade tlak takoj, če se na primer ustavi oljna črpalka – padca tlaka ne prepreči niti protipovratni ventil.

4.5 Prenos vpenjalnih sil

Elemente in enote za prenos vpenjalnih sil uporabljamo, kadar moramo spremeniti smer delovanja vpenjalne sile ali sil, kadar moramo vpenjati v več smereh ali na več mestih hkrati, kadar moramo povečati ali zmanjšati vpenjalne sile, kadar moramo vpenjati na težko dostopnih mestih na obdelovancu ali vpenjati na več mestih zaporedoma in kadar želimo poenostaviti dodajanje in odvzemanje obdelovancev ali olajšati operaterju delo na stroju.

Za prenos vpenjalnih sil lahko uporabimo vzode ali ročice, hidravlični medij in elastične vpenjalne elemente. Prenosni mehanizmi so tudi zobniki, vijaki in matice ali klini.

4.5.1 Vzvodni ali ročični vpenjalniki

Prenosni element je vzvod ali več vzvodov, ki so povezani v različne mehanizme. Z njimi je mogoče spremeniti smer vpenjalne sile, prenesti vpenjalno silo na več vpenjalnih mest, povečati vpenjalno sil in podobno.

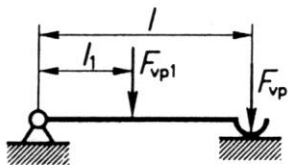
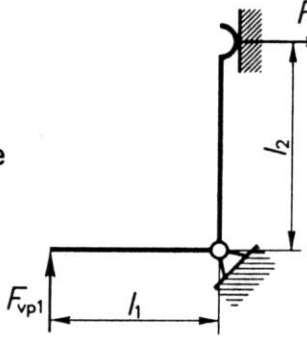
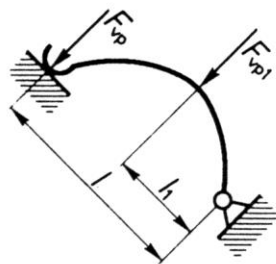
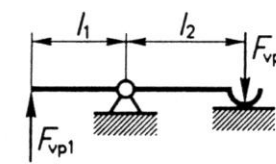
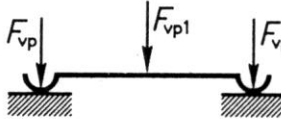
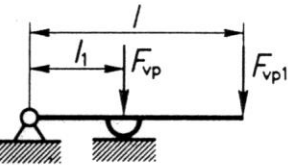
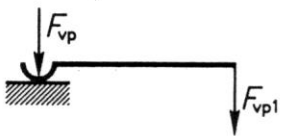
Nekaj osnovnih izvedb vpenjalnikov kažeta sliki 65 in 66.

Pri izbiri ali konstruiranju vzvodnih vpenjalnikov moramo izračunati vpenjalno silo F_{vp} v odvisnosti od sile F_{vp1} in načina prenosa ter dimenzionirati vzvode oziroma ročice. Pri tem upoštevamo dopustne upogibne napetosti v vzvodu.

Vpenjalno silo F_{vp} povzročimo z vijakom, izsrednikom, klinom in pnevmatičnim ali hidravličnim valjem.

4.5.1.1 Vzvodni vpenjalniki

V to skupino uvrščamo vpenjalnike z enim vzvodom, ki je lahko raven ali poljubno zakrivljen. Načine pritrditve vzvodov in vpenjalne sile pri posameznih izvedbah kaže slika 65.

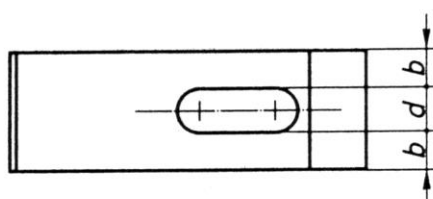
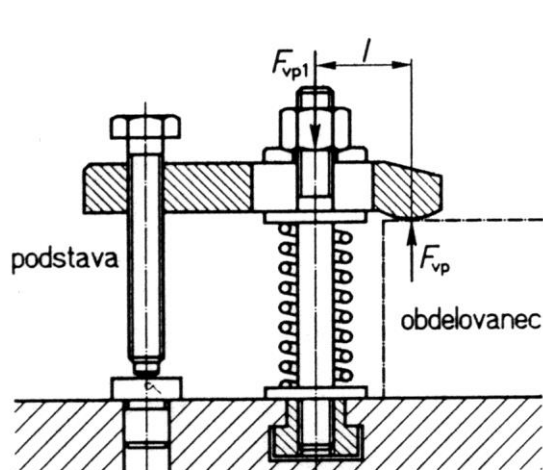
	$F_{vp} = F_{vp1} \frac{l_1}{l}$		$F_{vp} = F_{vp1} \frac{l_1}{l_2}$
	$F_{vp} = F_{vp1} \frac{l_1}{l}$		
	$F_{vp} = F_{vp1} \frac{l_1}{l_2}$		$F_{vp} = \frac{F_{vp1}}{2}$
	$F_{vp} = F_{vp1} \frac{l}{l_1}$		$F_{vp} = F_{vp1}$

Slika 65. Osnovne izvedbe vzvodnih vpenjalnikov in izračun sile F_{vp}

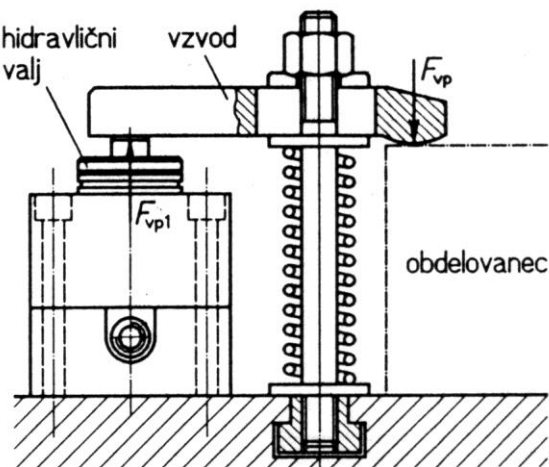
Vpenjalna sila na obdelovancih F_{vp} je, odvisno od razmerij ročic. Lahko je manjša (slika 65 a, b, c, e), enaka (slika 65 g) ali večja (slika 65 d), kakor izvorna vpenjalna sila F_{vp1} . Vpenjalni sili F_{vp} in F_{vp1} sta lahko enako usmerjeni (slika 65 a, b, d, f, g), lahko sta druga na drugo pravokotni (slika 65 e) ali sta si nasprotni (slika 65 c).

Slika 66 kaže vzvodni vpenjalnik z vijakom, ki ga zelo pogosto uporabljamo tako pri vpenjanju neposredno na mizi obdelovalnega stroja kakor tudi pri gradnji posebnih obdelovalnih pripomočkov za ročno vpenjanje. Vpenjalno silo dosežemo z vijakom in visoko matico, ki leži na polkrogli podložki. Ta omogoča, da vpenjalna sila v osi vijaka deluje tudi, kadar vzvod ni v vodoravni legi. Vzvodi so standardizirani in so najrazličnejših oblik

(standardi DIN 6314 do DIN 6317). Vzvod se na eni strani opira na podstavo, na drugi strani pa vpenja obdelovanec. Podstave so lahko preproste – prizmatične oblike, stopničaste ali nastavljive (na primer vijak). Pri vpenjanju želimo, da je lega vzvoda vedno vodoravna, zato največkrat uporabljamo nastavljive podstave. Vzvod naj bi bil na spodnji strani vedno podprt z vzmetjo, ki ga pri izpenjanju samodejno odmakne od obdelovanca. Ker vzvod prenaša precejšnje sile, moramo preveriti, ali so upogibne napetosti v njem manjše od dopustnih.



Slika 66. Vzvodni vpenjalnik z vijakom



Slika 67. Hidravlični vzvodni vpenjalnik

Upogibna napetost σ v vzvodu, ki ga kaže slika 66 je:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{3 \cdot F_{vp} \cdot l}{b \cdot h^2} \quad (4.18)$$

M - upogibni moment, W - odpornostni moment, F_{vp} - vpenjalna sila na obdelovancu, b - širina dela vzvoda (glej sliko 67), h - višina vzvoda, l - oddaljenost mesta vpenjanja od vijaka.

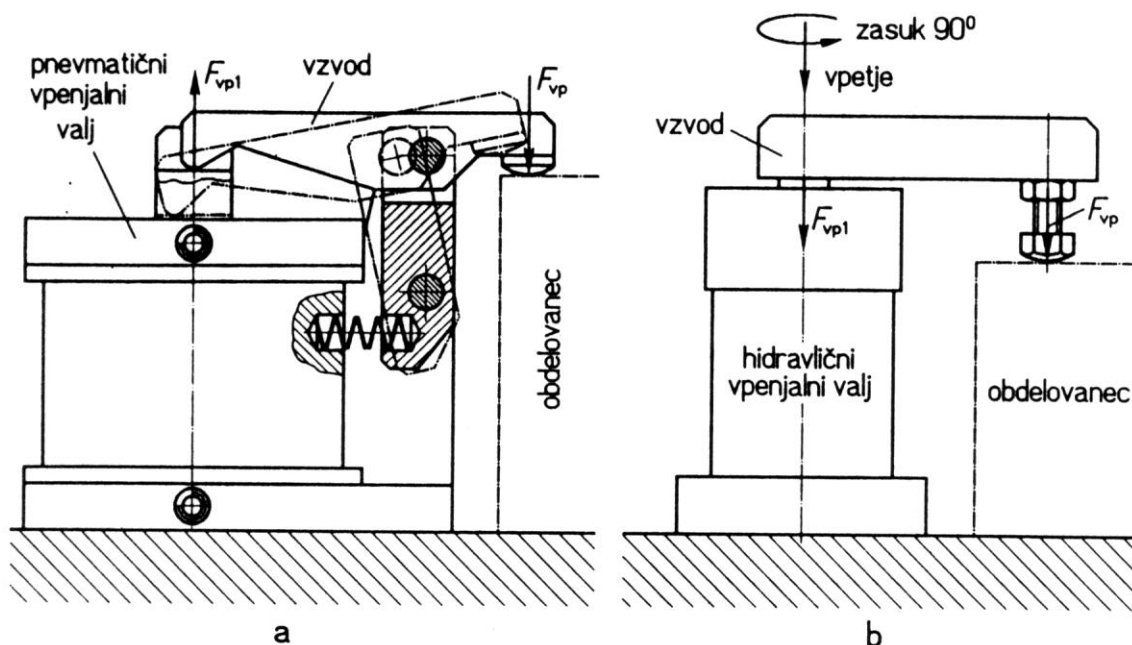
Višino stremena izračunamo po enačbi:

$$h = \sqrt{\frac{3 \cdot F_{vp} \cdot l}{b \cdot \sigma_{dop}}} \quad (4.19)$$

σ_{dop} - dopustna natezna napetost.

Vijak pri vzvodnih vpenjalnikih lahko nadomestimo s hidravličnim valjem (slika 67).

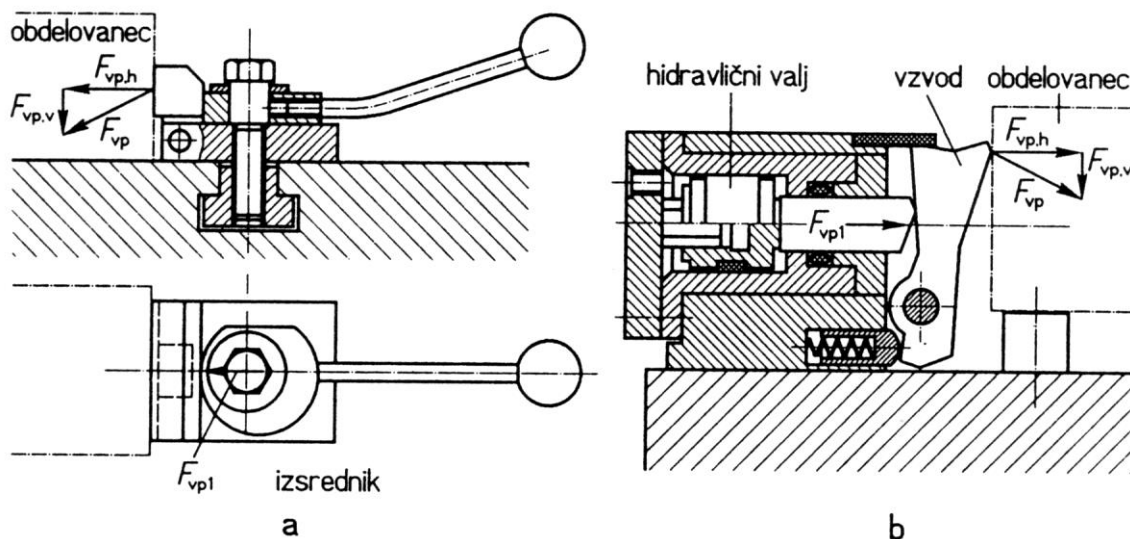
Poznamo tudi vpenjalnike, pri katerih se vzvod samodejno odmakne od obdelovanca ali se zavrti za 90° in s tem dovoli preprosto vstavljanje obdelovanca, ko se odmakne v navpični smeri (slika 68).



Slika 68. Odmični stremenski vpenjalniki
a - pnevmatični, b - hidravlični

Z dvokomponentnimi vpenjalniki, pri katerih vpenjalna sila deluje v dveh smereh, vpenjamo hitro, preprosto in zanesljivo pri brušenju, skobljanju in frezanju. Tu želimo, da je zgornja ploskev obdelovanca, ki jo obdelujemo popolnoma prosta. Vpenjalno silo prenesemo na obdelovanec prek vrtljivo pritrjenega vzvoda (slika 69).

Poznamo dvokomponentne vpenjalnike z izsredniki in hidravlične dvokomponentne vpenjalnike.



Slika 69. Dvokomponentni vpenjalniki
a - z izsrednikom, b - s hidravličnim valjem

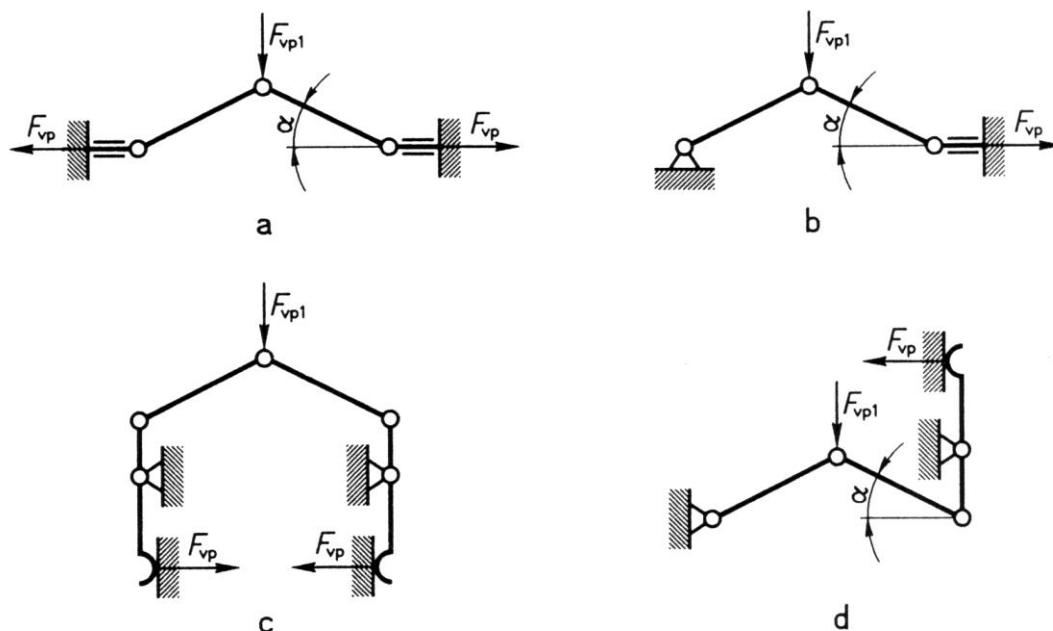
Pri vpenjalniku na sliki 69 a se pri zasuku izsrednika nekoliko nagne vpenjalni vzvod, zato vpenjalna sila F_{vp} deluje nekoliko poševno navzdol. Njena navpična komponenta $F_{vp,v}$ zato pritisne obdelovanec ob mizo.

Podobno deluje tudi vpenjalnik na sliki 69 b, pri katerem izvorno vpenjalno silo F_{vp1} v vodoravni smeri daje hidravlični valj.

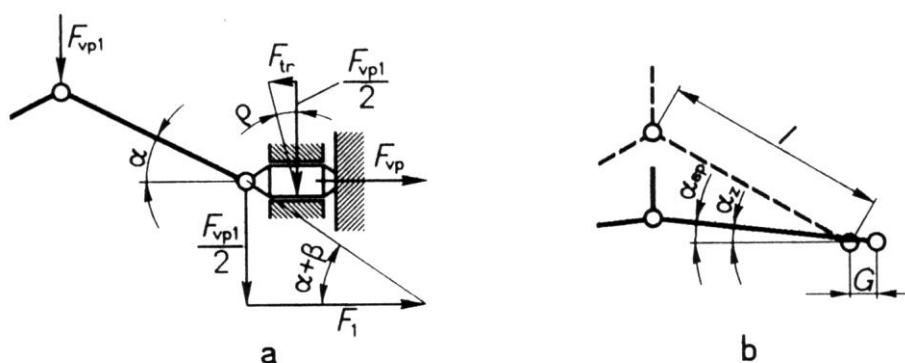
Pri obeh izvedbah je treba razdaljo vpenjalnika od obdelovanca pravilno nastaviti, sicer vpenjalna sila obdelovanec privzdigne.

4.5.1.2 Kolenski vzvodni vpenjalniki

Osnovne izvedbe kolenskih vzvodnih vpenjalnikov kaže slika 70. Poznamo celovite ali samo delne kolenske vzvodne vpenjalnike. Vpenjalno silo dosežemo ročno ali s pnevmatičnim valjem.



Slika 70. Kolenski ročni (vzvodni) vpenjalniki



Slika 71. Vpenjalne sile in gib pri vodoravnem kolenskem vpenjalniku

Vpenjalno silo, delujočo na obdelovanec pri vodoravnem kolenskem vpenjalniku, ki ga kaže slika 71 izračunamo po enačbi:

$$F_{vp} = \frac{F_{vp1}}{2} \cdot \left[\frac{1}{\tan(\alpha + \beta)} - \tan \rho \right] \quad (4.20)$$

Pri tem je:

$$\beta = \arcsin\left(\frac{2R}{l} \cdot \mu\right)$$

R - polmer čepa (sornika), l - dolžina ročice, μ - koeficient trenja med čepom in ročico, F_{vp1} - izvorna sila, α - kot med ročico in smerjo delovanja vpenjalnega čepa, ρ - torni kot med vpenjalnim čepom in vodilom.

Vpenjalna sila na koncu vzvoda ($F_{vp1}/2$) je zmanjšana za trenje v členku vzvoda in trenje pri vodenju vpenjalnega čepa. Pri poenostavljenih izračunih upoštevamo samo kot α .

Pri preračunih je pomemben še vpenjalni gib - G , ki je za vpenjalnik na sliki 70 a podana z enačbo:

$$G = l(\cos\alpha_{sp} - \cos\alpha_{zg}) \quad (4.21)$$

G - gib vpenjalnega čepa, α_{sp} - kot pri spodnji legi ročice, α_{zg} - kot pri zgornji legi ročice in l - dolžina ročice.

Pri enostranskih kolenskih vzvodnih vpenjalnikih (slika 70 b) je gib dvakrat daljši.

4.5.2 Prenos vpenjalnih sil s hidravličnim medijem

Vpenjalne sile lahko prenašamo tudi s hidravličnimi mediji in to s hidravličnim oljem in plastičnimi masami. Poznamo vpenjalne pripomočke, pri katerih s hidravličnim medijem do obdelovanca samo prenašamo vpenjalno silo, ki jo dosežemo z vijakom, pnevmatičnim valjem ali celo z elektromotorjem. Hidravlični medij je pri tem zaprt v delu pripomočka. Poznamo tudi hidravlične vpenjalne pripomočke, pri katerih se hidravlični medij prenaša po ceveh od vira visokega tlaka (na primer črpalke) do mesta vpenjanja.

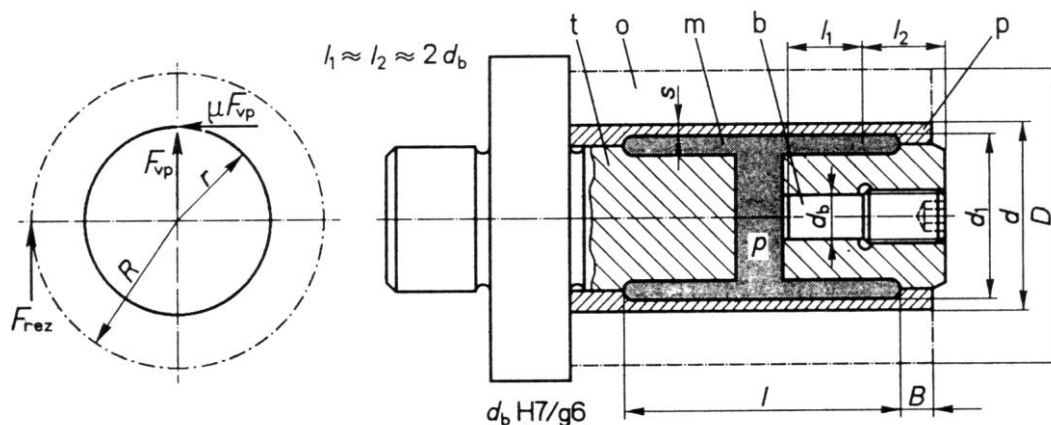
Plastične snovi, za katere veljajo zakonitosti hidravlike, uporabljamo za prenos vpenjalnih sil pri različnih vrstah vpenjalnih pripomočkov. Dobijo se pod trgovskimi imeni igelit in mipolan. Prenos vpenjalne sile s plastičnimi masami uporabljamo pri hidravličnih trnih, glavah in pri hidravličnih letvah.

Značilno izvedbo hidravličnega trna s plastično maso kaže slika 72.

Trn je sestavljen iz osnovnega telesa, elastične vpenjalne puše in vpenjalnega bata ter vijaka.

Vpenjalna sila se pri privijanju vpenjalnega vijaka prenaša na plastično snov. Tlak se v plastični snovi poveča, elastična puša se zaradi njega deformira, vpenjalni premer trna d se poveča za Δd . Vpenjalna sila se na obdelovanec, ki leži na elastični puši, prenaša s trenjem. Elastična puša je izdelana iz vzmetnega jekla z velikim modulom elastičnosti. Pri vpenjanju deformacija puše ne sme prekoračiti elastičnega območja, drugače se ne vrne več v začetno stanje. Da bi zagotovili ustrezno tesnost med telesom trna in elastično pušo, izberemo ujem H7/s6. Pušo lahko navlečemo na osnovno telo tako, da ga ohladimo na temperaturo od -70°C do -100°C , samo pušo pa ogrejemo na temperaturo 150°C do 200°C . Dolžina tesnilnega dela B mora biti dovolj velika (slika 72). Pri tlakih do 300 bar v hidravličnem mediju naj bo B enak ali večji kot $0,1 l$. Za višje tlake je mera B večja.

Pri vpenjanju z vijakom sta pomembni še dolžini vijaka in tlačnega bata. Na primer, pri premeru tlačnega bata 10 mm, je vijak M 12 x 1 mm, dolžina navoja vijaka in dolžina tlačnega bata $l_1 = l_2 = 20$ mm. Za večje premere veljajo enaka razmerja. Tlačnega bata ne tesnimo z elastičnimi tesnili, zadostuje kovinsko tesnenje.



Slika 72. Vpenjalni trn s plastično snovjo

o – obdelovanec, *m* – plastična snov, *b* – tlačni bat, *p* – elastična puša, *t* – telo trna

Vpenjalno območje trna je majhno, saj nastale deformacije ne smejo preseči elastičnih deformacij. Trn je zato primeren predvsem pri fini obdelavi za vpenjanje okroglih obdelovancev, ki imajo že natančno obdelano izvrtino, rezalne sile pa niso prevelike.

Spremembo premera trna (puše) Δd izračunamo po enačbi:

$$\Delta d = \frac{\sigma_e \cdot d}{E} \quad (4.22)$$

Δd - sprememba premera puše (trna), d - premer trna, σ_e - meja elastičnosti, E - modul elastičnosti.

Sprememba premera Δd sme biti manjša, kot je razlika premerov trna in izvrtine obdelovanca, ker bo deformacija le tako zanesljivo v mejah elastičnosti. Za doseg spremembe premera trna Δd moramo v hidravličnem mediju ustvariti tlak:

$$p = \frac{2\sigma_e \cdot s}{d_1} \quad (4.23)$$

σ_e - meja elastičnosti, s - debelina stene puše in d_1 - notranji premer puše (glej sliko 72).

Vpenjalna sila F_{vp} na obdelovancu je:

$$F_{vp} = p \cdot d_1 \cdot l - 2 \frac{\Delta d_{pred}}{d_2} \cdot E \cdot s \cdot l \quad (4.24)$$

p tlak v hidravličnem mediju, d_1 - notranji premer puše, l - dolžina stanjšane dela puše, $d_2 = (d + d_1)/2$, Δd_{pred} - predvidena sprememba premera trna, s - debelina stene puše, E - modul elastičnosti (slika 72).

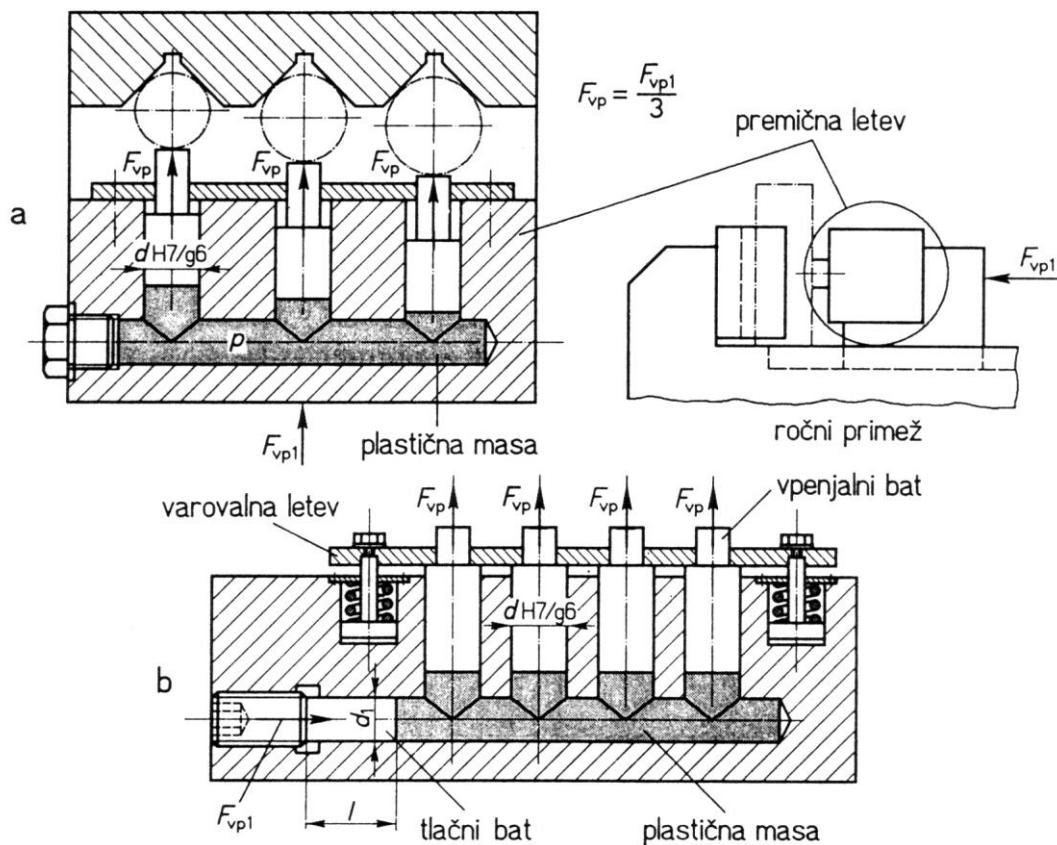
Rezalna sila, ki lahko deluje na obdelovanec je:

$$F_{rez} = \frac{F_{vp} \cdot \mu \cdot r}{R} \quad (4.25)$$

$R = D/2$, $r = d/2$, $\mu \sim 0,1$ - koeficient trenja med obdelovancem in trnom.

Danes le nekaj specializiranih izdelovalcev vpenjalnih pripomočkov izdeluje vpenjalne trne s plastičnimi masami. Pri izgubi plastične mase lahko takšen pripomoček popravi le izdelovalec.

Pri hidravličnih letvah se vpenjalna sila prenaša na več obdelovancev hkrati z vpenjalnimi batki. Ti so z drsnim ujemom H7/g6 vstavljeni v okrov (slika 73). Dolžina vodilne ploskve l naj bo med 1 in 1,5 d (d - premer). Enako velja tudi za tlačne batke. Do tlaka 500 bar so batki preprosti (polni), pri višjih tlakih (do 1500 bar) pa so tlačni in vpenjalni batki izdolbeni. Pri povišanem tlaku se stanjšani del batka elastično deformira in nasloni na steno. S tem je doseženo dobro tesnjenje tudi pri visokih tlakih.



Slika 73. Letev s plastično maso
a - letev za izravnavo, b - vpenjalna letev

Hidravlične letve uporabljamo za izravnavo vpenjalnih sil, na primer pri vpenjalnih primežih ali kot vpenjalne letve (slika 73).

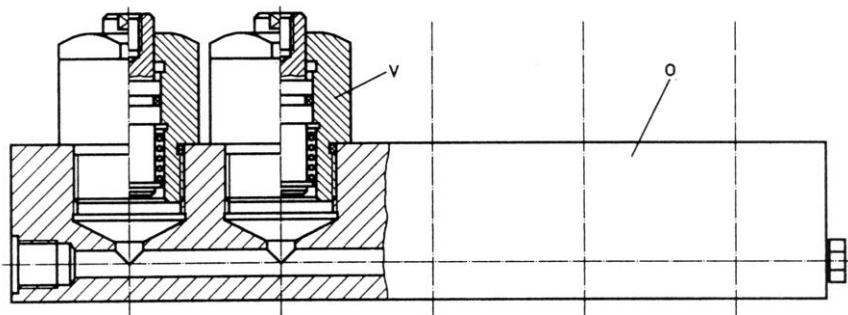
Pri izravnalnih letvah izhodiščna sila F_{vp1} potiska celotno hidravlično letev proti obdelovancem (slika 73 a). Na posamezne obdelovance deluje vpenjalna sila $F_{vp} = F_{vp1}/n$, kjer je n število vpenjalnih mest.

Pri vpenjalni hidravlični letvi pa se izhodiščna sila F_{vp1} , ki deluje na tlačni bat, prenaša na hidravlični medij in nato na vpenjalne bate. Če zanemarimo trenje batov in izgube v mediju, deluje na vpenjalne batke sila:

$$F_{vp} = F_{vp1} \cdot \frac{d_1^2}{d^2} \quad (4.26)$$

d_1 - premer tlačnega bata, d - premer vpenjalnega bata.

Podobno delujejo vpenjalne letve, pri katerih je prenosni medij hidravlično olje, le da so tlačni in vpenjalni batki tesnjeni z elastičnimi tesnili. Ker je izdelava hidravličnih letev zahtevna, pogosto kupimo vpenjalne valje, ki jih uvijemo v izdelan okrov (slika 74). Tlak dosežemo tako, da na olje delujemo z vijakom ali ga dobimo od črpalke.

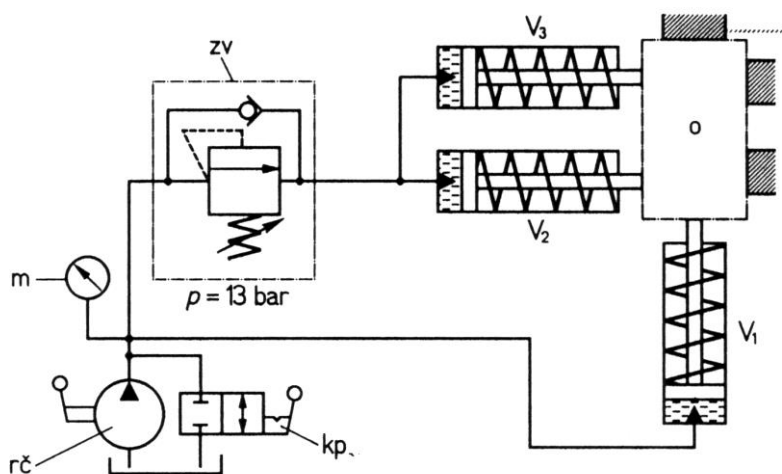


Slika 74. Vpenjalna letev z oljem
v – valj, o – okrov

Vpenjanje s hidravličnimi vpenjalnimi letvami uporabljamo pri frezanju, skobljanju, pehanju in brušenju. Vpenjalne sile so pri visokih tlakih zelo velike (pri plastičnih masah od 500 do 1500 bar in pri olju od 160 do 700 bar). Vpenjamo lahko več obdelovancev v eni ali dveh enakih vrstah (vrstni vpenjalniki), obdelovance z različnimi merami pa tudi obdelovance v dveh različnih vrstah.

Če pri vpenjanju dosežemo tlak z ročno ali električno črpalko, govorimo o hidrostatičnem prenosu. Vpenjalno silo lahko prenesemo na eno ali več mest.

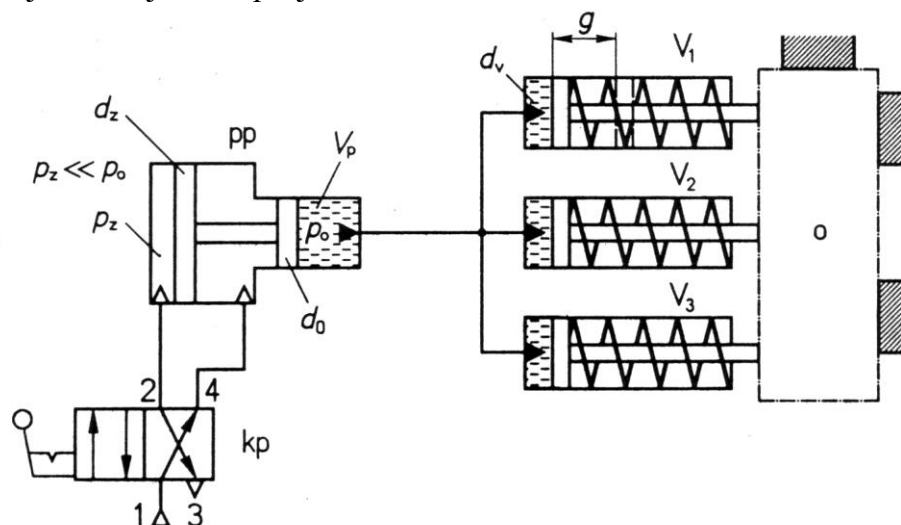
Slika 75 kaže primer vpenjalne naprave s tremi valji. Obdelovanec najprej vpneemo z valjem V_1 in nato še z valjema V_2 in V_3 . Hidravlično olje teče na začetku od ročno delujoče črpalke do valja V_1 . Pri tlaku 16 bar zaporednostni ventil odpre pot olju še do valjev V_2 in V_3 . Končni tlak v hidravličnem vpenjalniku lahko odberemo na manometru M . Pri izpenjanju, premaknemo krmilnik poti K v tako lego, da olju odpre pot v posodo. Olje iz valjev V_2 in V_3 izteče skozi protipovratni ventil, ki je del zaporednostnega ventila. Namesto ročne lahko uporabimo tudi električno črpalko, ki pa mora imeti regulacijski ventil, ki omejuje tlak olja. Če je dodan še tlačni akumulator, lahko pri dolgih obdelovalnih časih črpalko izklopimo.



Slika 75. Hidrostatični prenos vpenjalne sile na več mest
rč – ročna črpalka, kp – krmilnik poti (potni ventil 2/2), m – merilnik tlaka, zv – zaporednostni ventil z integriranim protipovratnim ventilom, V_1 , V_2 , in V_3 – vpenjalni valj, o – obdelovanec

Namesto hidravlične črpalke lahko za izvor vpenjalne sile uporabimo stisnjen zrak. Ta je v tovarnah zelo pogosto že blizu obdelovalnih mest.

Ker pri vpenjanju želimo, da so vpenjalni valji čim manjši in vpenjalne sile čim večje, uporabimo za vpenjanje visokotlačne hidravlične vpenjalnike. Zanje potrebne visoke tlake dobimo s pnevmohidravličnimi pretvorniki tlaka. Stisnjen zrak s potnim ventilom dovedemo v pnevmatični del pretvornika in pri gibu naprej se v olju ustvari tlak p_o . Olje iz pretvornika steče do vpenjalnih valjev, ki vpenje obdelovance.



Slika 76. Pnevmo-hidravlični vpenjalni sistem
 kp – krmilnik (potni ventil 4/2), pp – pnevmohidravlični pretvornik, V_1 , V_2 , in V_3 – vpenjalni valj, o - obdelovanec

Vpenjalna sila na vpenjalnem valju:

$$F_{vp} = p_z \cdot \frac{d_z^2}{d_o^2} \cdot \frac{\pi d_v^2}{4} \quad (4.27)$$

d_z - premer pnevmatičnega dela pretvornika, d_o - premer hidravličnega dela pretvornika, d_v - premer vpenjalnih valjev, p_z - tlak zraka, p_o - tlak olja.

Vpenjanje je zanesljivo, če je prostornina olja v pretvorniku večja kot je prostornina, ki jo potrebujejo vpenjalni valji:

$$V_p = n \cdot g \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (4.28)$$

n – število valjev, d – premer vpenjalnih valjev, g – gib vpenjalnih valjev.

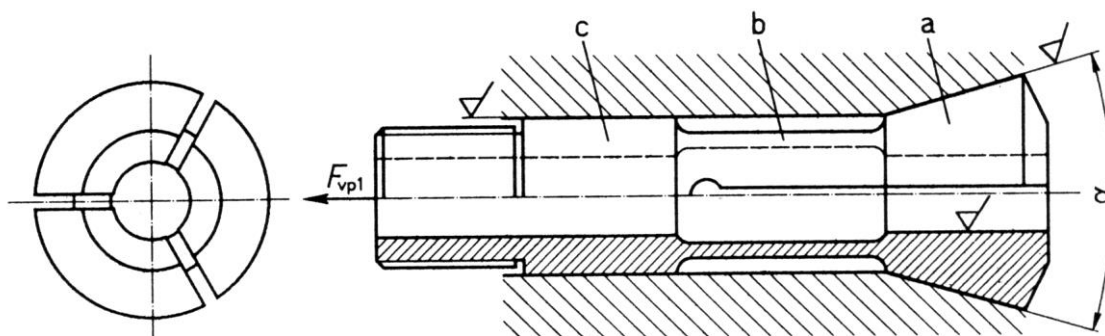
4.5.3 Prenos vpenjalne sile z elastičnimi elementi

Vpenjalne sile lahko prenesemo od mesta nastanka do obdelovanca tudi z elastičnimi elementi. Taki elastični elementi so vpenjalne stročnice ali tulke, elastični vpenjalni trni in elastične vpenjalne plošče. Ti vpenjalni elementi se pod vplivom vpenjalnih sil elastično deformirajo in s trenjem ustvarijo zvezo med vpenjalnim pripomočkom ali strojem ter obdelovancem.

4.5.3.1 Vpenjalne stročnice

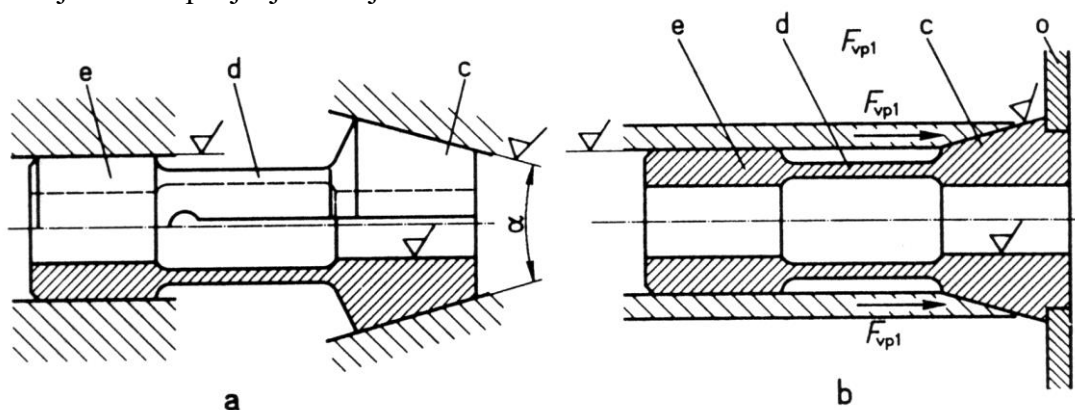
Vpenjalne stročnice so cevaste oblike z razširjenim, stožčastim sprednjim vpenjalnim delom, tankim elastičnim vratom ter valjastim vodilnim zadnjim delom (slika 77). Po dolžini je

stročnica delno razrezana v več segmentov, ki se pri premikanju v smeri osi zaradi stožčastega vpenjalnega dela, elastično deformirajo in tako vpnejo obdelovanec. Vodilni in vpenjalni del stročnice sta kaljena (trdota je 59 do 62 HRC), vodilne in vpenjalne ploskve pa so tudi brušene. Vrat, ki naj bo elastičen, je po kaljenju popuščen (trdota 45 HRC). Debelina stene vratu - segmentov je 3 do 5 mm. Kot stožčastega dela α je pri standardiziranih stročnicah 40° , pri stročnicah za vpenjanje obdelovancev s premeri nad 60 mm pa je 30° (slika 77). Stročnice so izdelane iz vzmetnega mangan - silicijevega jekla.



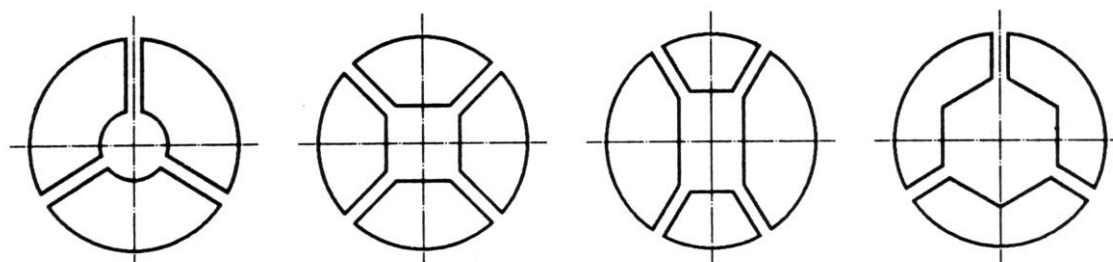
Slika 77. Vlečna vpenjalna stročnica
a – vpenjalni del, b – vrat, c – vodilni del

Po načinu delovanja vpenjalne sile, ki jo lahko dosežemo z vijakom, pnevmatičnim ali hidravličnim valjem, poznamo vlečne (slika 77) in tlačne stročnice (slika 78). Seveda pa poznamo še več posebnih oblik stročnic, ki so tem osnovnim po delovanju zelo podobne. Vpenjalne stročnice uporabljamo za vpenjanje paličastih obdelovancev pri struženju, frezanju in brušenju ter za vpenjanje orodij.



Slika 78. Tlačne vpenjalne stročnice
a - tlačna, b - tlačna s cevjo
c – vpenjalni del, d – vrat, e – vodilni del, o - omejevalo

Vpenjalni del stročnic je prilagojen različnim oblikam paličastih obdelovancev (slika 79). Pri večjih premerih obdelovancev je večje tudi število segmentov. Do premera 60 mm je stročnica običajno zarezana na segmente trikrat, med 60 in 120 mm šestkrat ter med 120 in 250 mm dvanajstkrat.



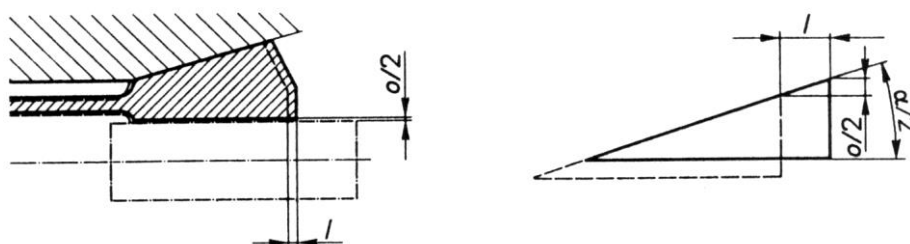
Slika 79. Oblike vpenjalnega dela stročnice

Vpenjalna sila F_{vp1} , ki deluje v osi stročnice, premakne stročnico v smeri svojega delovanja. Pri tem sprednji stožčasti del drsi po strmini in prisili posamezne segmente, na katere je zarezan vrat, da se elastično deformirajo - upognejo. Notranji premer vpenjalnega dela stročnice se zmanjša in trdno objame obdelovanec ter ga poveže z vpenjalnikom oziroma vretenom stružnice. Pri pozicioniranju in vpenjanju s stročnicami se obdelovanec premakne v smeri delovanja vpenjalne sile za premik l . Premik stročnice je odvisen od ohlapka med stročnico in obdelovancem ter kota stročnice in ga je mogoče izračunati po enačbi:

$$l = \frac{o}{2 \tan \alpha / 2} \quad (4.29)$$

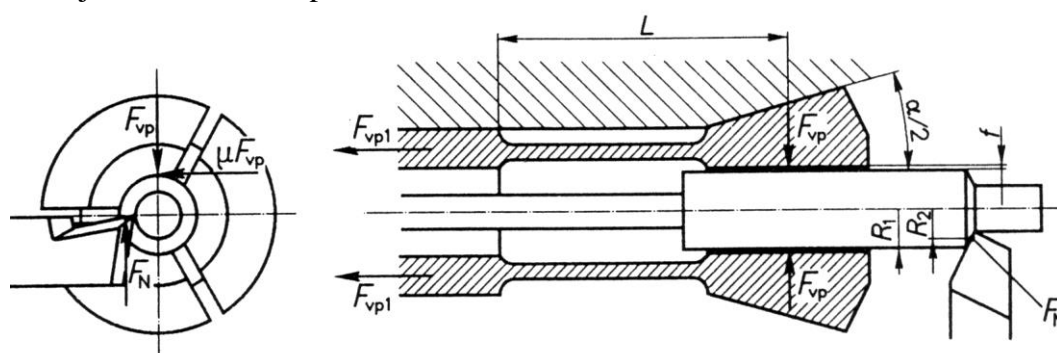
α - kot stožca, o - ohlapka med obdelovancem in stožcem.

Premik l je, odvisno od ujema (H7/h11) in premera obdelovanca, med 0,13 in 0,35 mm. Premik obdelovanca pri vpenjanju povzroči nenatančno izdelavo. Temu se lahko izognemo, če uporabimo stročnico, ki jo kaže slika 78 b. Pri tej stročnici omejevalo na sprednji strani prepreči premik v smeri vpenjalne sile.



Slika 80. Premik stročnice v smeri rezalne sile

Vpenjalna sila povzroči v vratu vpenjalnih stročnic sestavljene napetosti. Pri vlečni stročnici (slika 77) so to upogibne in natezne, v tlačni (slika 78 a) upogibne in tlačne ter pri tlačni z obročem (slika 78 b) samo upogibne. Pri slednji je zato je vrat lahko nekoliko tanjši, sile potrebne za deformacijo segmenta, pa so manjše. Pri vpenjanju s stročnicami je še pomembno, da se moment zaradi rezalnih sil ne prenaša na vrat stročnice, saj bi se zaradi dodatnih obremenitev (zvoja) lahko porušila. Sila trenja med vretenom in stročnico mora biti zato dovolj velika, da lahko prevzame vse obremenitve zaradi rezalnih sil.



Slika 81. Vpenjalne sile pri vpenjanju s stročnicami

Vpenjalne sile na vlečni stročnici lahko izračunamo pri vpenjanju s prislonom po enačbi 4.30. Izračun za tlačne stružnice je podoben. Vpenjalna sila F_{vp1} mora zagotoviti dovolj veliko silo trenja med obdelovancem in vretenom, da lahko prevzame moment zaradi rezalnih sil na obdelovancu. Izračunamo jo lahko po enačbi:

$$\frac{F_{vp1}}{F_{vp}} = \tan(\alpha + \rho_1) + \tan \rho_2 \quad (4.30)$$

F_{vp1} – vpenjalna sila, F_{vp} - vpenjalna sila, ki deluje na obdelovanec, α - kot stročnice, ρ_1 - torni kot med stročnico in pripomočkom, ρ_2 - torni kot med stročnico in obdelovancem.

Vpenjalna sila mora varovati obdelovanec pred zavrtitvijo zaradi rezalnih sil. Izračunamo jo po enačbi:

$$F_{vp} \geq F_N \cdot \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1}{\mu_2} \quad (4.31)$$

F_{vp} - vpenjalna sila na obdelovancu, F_N - rezalna sila, povečana z varnostnimi koeficienti, R_1 - polmer obdelovanca, R_2 - polmer delovanja rezalne sile, μ_2 - koeficient trenja med obdelovancem in stročnico.

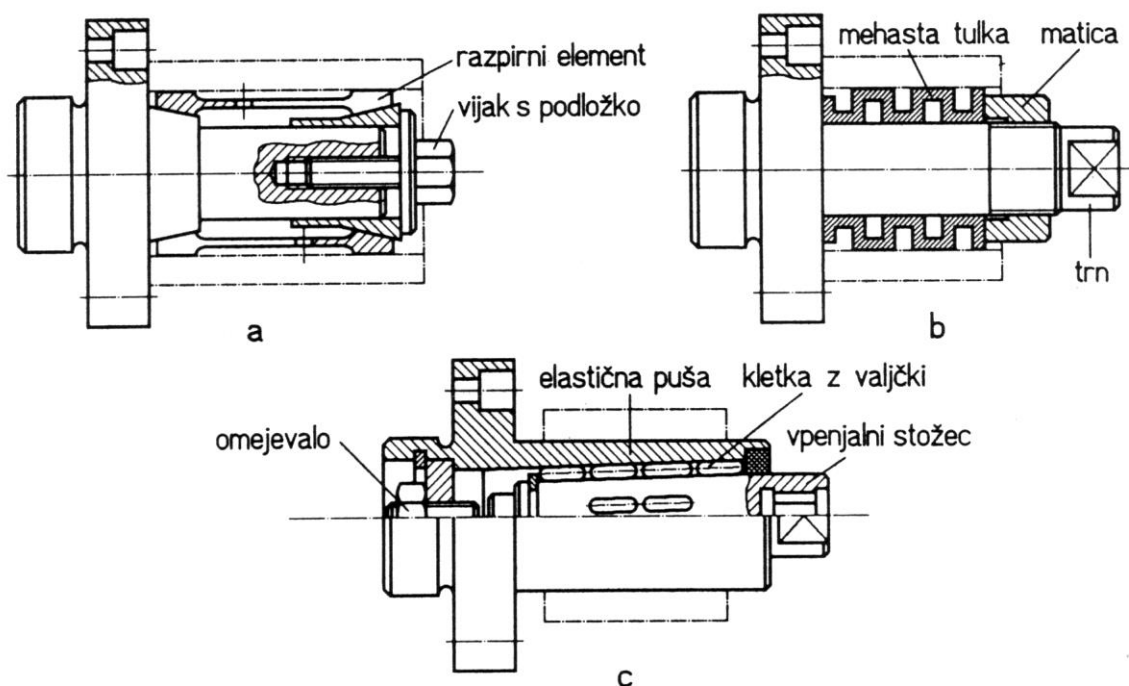
Dejanska vpenjalna sila F_{vp} je zmanjšana še za silo F_1 , ki je potrebna za deformacijo i segmentov. Odvisna je od povesa segmenta in njegove dolžine:

$$F_{vp} = \frac{F_{vp1}}{\tan(\alpha + \rho_1) + \tan \rho_2} - \frac{3E \cdot J}{L^3} \cdot f \quad (4.32)$$

E - modul elastičnosti, J - vztrajnostni moment enega segmenta, $f = o/2$ - poves segmenta pri ohlapku o , L - dolžina segmenta, i - število segmentov.

4.5.3.2 Vpenjalni trni z elastičnimi elementi

Trni so vpenjalni elementi, ki jih uporabljamo pri vpenjanju obdelovancev z obdelanimi izvrtinami pri struženju, brušenju, izdelavi zobnikov in podobnih obdelavah. Elastični elementi, ki so del vpenjalnih trnov, se pri vpenjanju elastično deformirajo in tako prenesejo vpenjalno silo na obdelovanec. Taki elastični elementi so stročnice ali razpirmi segmenti, mehaste tulke, elastični obroči, vijачne tulke, elastične puše in podobno (slika 82).



Slika 82. Prenos vpenjalnih sil pri elastičnih trnih

a - z razpirmi elementi, b - z mehasto tulko, d - z elastično pušo in valjčki

Trni z razpirnimi elementi (slika 82 a) vpenjajo podobno kakor vpenjalne stročnice. Za določitev vpenjalnih sil lahko uporabimo iste izračune. Vpenjalna sila je odvisna od vpenjalnega premera trna, tako daje enaka 5 kN pri premeru izvrtine obdelovanca 20 mm in 30 kN pri premeru 90 mm. Premer se spremeni za 1,2 mm pri manjših trnih (s premerom od 15 do 50 mm) in za 2,4 mm pri večjih (s premerom od 50 do 90 mm).

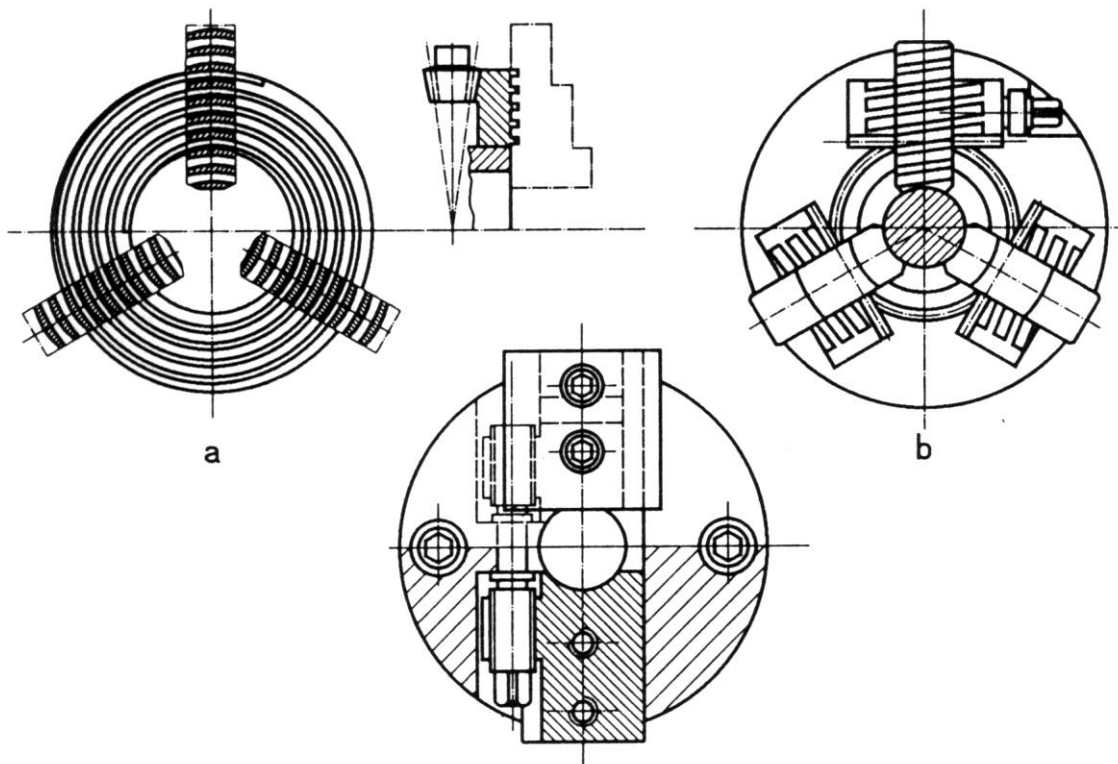
Mehasta tulka (slika 82 b) je elastičen kovinski element, ki se pri delovanju vpenjalne sile deformira tako, da se zunanji premer poveča, notranji pa zmanjša. S tem zagotovi ustrezno veliko silo trenja med obdelovancem in tulko ter med stebлом trna in tulko. Obdelovanci naj imajo obdelano izvrtino v IT 7; z njimi lahko vpenjamo obdelovance z vpenjalnim premerom od 10 do 100 mm.

Pri trnih z elastično pušo in valjčki se vpenjalna sila prenese od vpenjalnega vijaka preko stožca na valjčke, na elastično pušo in nato s trenjem na obdelovanec (slika 82 c). Trne z valjčki uporabljamo predvsem za zelo natančne obdelave. Natančnost krožnega teka je v razredih IT 4 do IT 5. Vpenjalno območje za te trne je $2d/1000$ mm. Z njimi lahko vpenjamo obdelovance, ki so obdelani v natančnostnem razredu IT 7.

4.5.4 Prenos vpenjalnih sil na vpenjalne čeljusti

Pri centriranju obdelovancev pogosto uporabljamo pripomočke, ki imajo dve, tri ali več čeljusti. Te se premikajo hkrati in enakomerno druga proti drugi ali se premika samo ena in druge mirujejo. Pri tem ustrezni mehanizem prenaša vpenjalno silo od mesta nastanka do vpenjalnega mesta na obdelovancu. Taki vpenjalni pripomočki so vpenjalne glave, vpenjalni trni in primeži. Vpenjalno silo in gibanje čeljusti dosežemo ročno ali mehanizirano. Enote za prenos vpenjalne sile pri ročno delujočih vpenjalnih glavah so plošča s spiralnim navojemna čelni strani, zobnica (zobata letev) in zobnik ter vreteno z matico. Pri mehaniziranih vpenjalnih glavah za prenos vpenjalne sile uporabimo vzvode, kline, v posebnih primerih pa lahko tudi hidravlične valje. Podobno kakor glave delujejo tudi trni z gibljivimi čeljustmi.

Primeži imajo le dve čeljusti, od katerih ena največkrat miruje. Posebne izvedbe primežev imajo gibljivi obe čeljusti. Pri primežih vpenjalno silo, ki jo dosežemo z vretenom, prenesemo na gibljivo čeljust preko matice. Poznamo pa tudi primeže z vzvodi, izsredniki in pnevmatičnimi oziroma hidravličnimi valji.



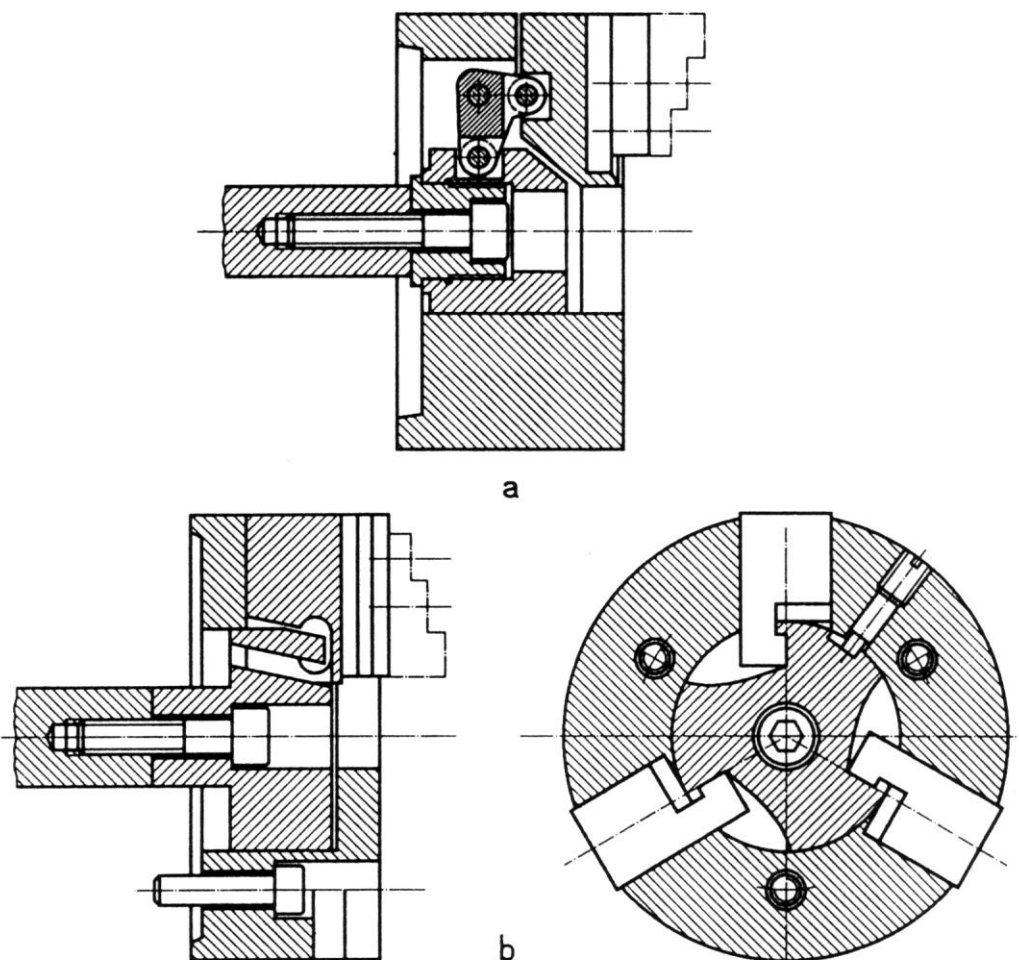
Slika 83. Prenos vpenjalne sile pri ročno delujočih vpenjalnih glavah
 a - s spiralna ploščo, b - s klinastimi letvami, c - z vretenom

Pri glavi s spiralnim navojem prenaša vpenjalno silo plošča, ki ima na eni strani izdelan stožčast zobnik, na drugi strani pa spiralo (slika 83 a). Pri vpenjanju delavec s stožčastim zobnikom vrti ploščo proti okrovu vpenjalne glave. Tako se vse vpenjalne čeljusti, ki na drugi strani nalegajo na ploščo in so v radialni smeri vodene v okrovu glave, hkrati premikajo navzven ali navznoter. Natančnost centriranja takšne glave ni posebno velika, saj čeljusti nalegajo na spiralni navoj le na ozkem pasu, ker se ukrivljenost spirale spreminja odvisno od polmera.

Pri vpenjalni glavi s klinastimi letvami delavec pri vpenjanju premika z vijakom proti okrovu glave eno izmed klinastih letev, ki nosi vpenjalno čeljust, (slika 83 b). Pri tem se letev premika v tangencialni smeri na os glave, čeljust pa v radialni smeri. Klinasta letev ima na bočni strani izdelano zobnico, katere zobje so vloženi v medzobne vrzeli zobnika in ga pri premikanju vrti. Vrtenje se prenese tudi na drugi dve klinasti letvi in na čeljusti. Natančnost teh glav je zaradi ploskega naleganja zob na čeljustih zelo dobra.

Vretenske vpenjalne glave so običajno dvočeljustne. Vijachno vreteno, ki ima levi in desni navoj, je vrtljivo nameščeno v okrovu glave (slika 83 c). Čeljusti pa imajo na bočni strani nastavek, v katerega sega vreteno. Pri vrtenju se čeljusti gibljeta druga proti drugi.

Pri mehaniziranih vpenjalnih glavah dosežemo vpenjalno silo največkrat s pnevmatičnim oziroma s hidravličnim valjem. Ta je običajno nameščen na zadnji strani vretena; tam so tudi priključki za delovni medij. Vpenjalno silo s podaljškom batnice (vlečnim drogom) prenesemo na prenosni mehanizem v vpenjalni glavi (slika 84).



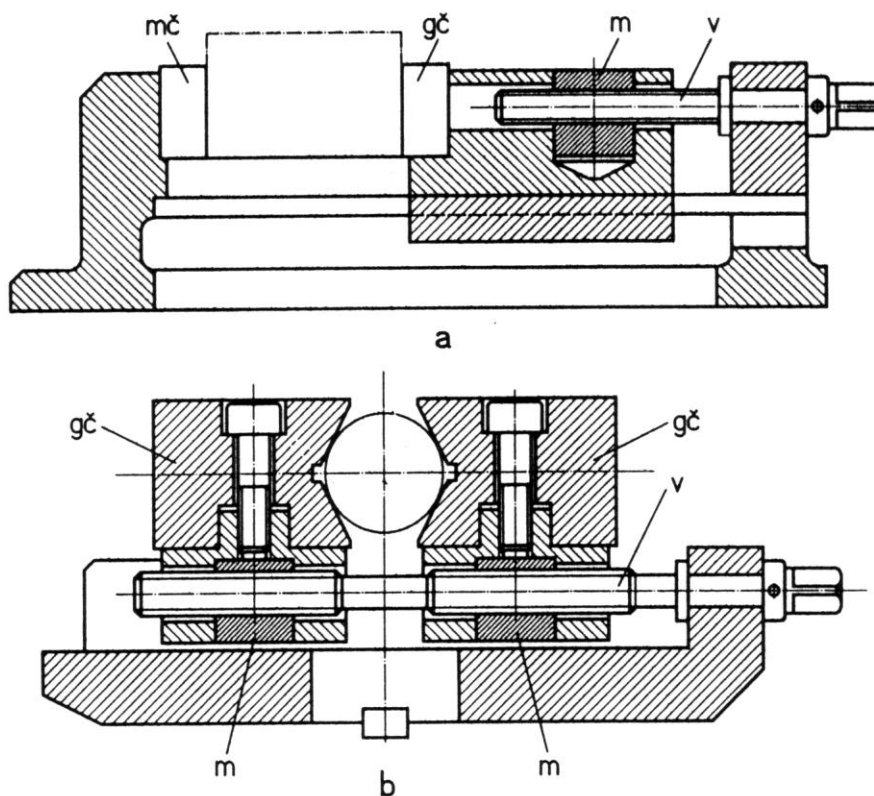
Slika 84. Prenos vpenjalne sile pri mehaniziranih vpenjalnih glavah
a - vzvodnih, b - s klinastim prenosnikom

Pri vzvodni vpenjalni glavi je vzvod vrtljivo nameščen v njenem okrovu (slika 84 a). Na eni strani sega v čeljust, na drugi strani pa v konec prenosnega droga. Gibanje v osi vpenjalne glave se prek vzvoda prenese na čeljusti, ki so vodene v okrovu glave. Konca vzvoda sta zaokrožena, kar omogoča izravnavo gibanja konca vzvoda po loku.

Konec vlečnega droga ima pri glavah s klinastim prenosom tri vzdolžne kline (slika 84 b). Vanje segajo čeljusti, ki imajo spodnji del oblikovan kakor kavelj. Ta del čeljusti sega v kljunasti del vlečnega droga. Pri premikanju vlečnega droga v smeri osi drsijo čeljusti po klinu in se radialno premikajo navzven oziroma navznoter. Čeljusti so v radialni smeri vodene v okrovu glave. Vpenjanje s čeljustmi poznamo tudi pri trnih (slika 78 a).

Vpenjalni pripomočki, pri katerih je premična le ena od obeh čeljusti, so znani kot primeži. Pri ročno delujočih primežih dosežemo vpenjalno silo z vreteni ali izsredniki, pri mehaniziranih primežih pa s pnevmatičnimi ali hidravličnimi valji. Pomična čeljust pri vretenem primežu je vodena na ravnih vodilih, ki so del osnovnega telesa primeža. Premikamo jih z vretenom s trapeznim navojem, ki je uležajeno v okrovu. Matica, na katero se prenašata gibanje in vpenjalna sila, je običajno vstavljena v premično čeljust. Primeži imajo lahko vlečno ali tlačno premično čeljust.

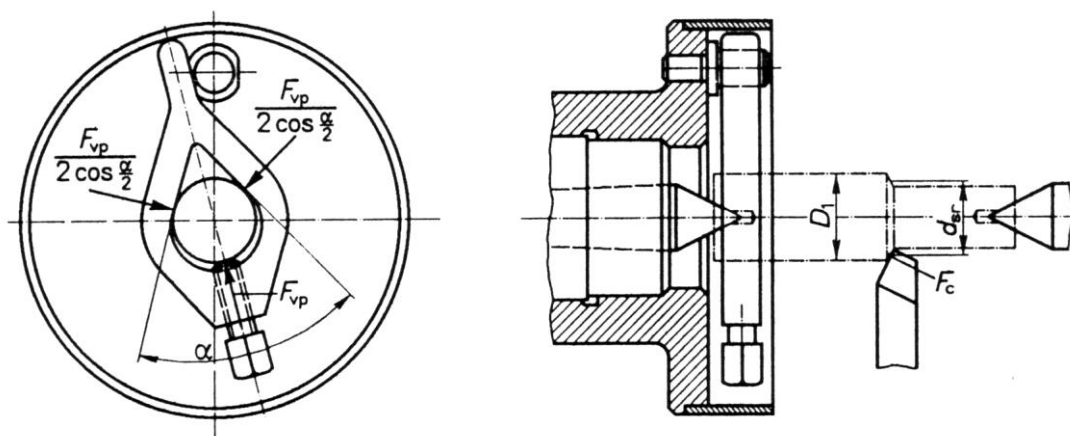
Primeže z dvema gibljivima čeljustma uporabimo takrat, kadar želimo obdelovanec centrirati. Čeljusti premikamo z vretenom, ki ima levi in desni navoj ter je uležajeno v okrovu.



Slika 85. Prenos vpenjalne sile pri primežih
a - vretenski z eno gibljivo čeljustjo, *b* - vretenski z dvema gibljivima čeljustma
mč – mirujoča, *gč* – gibljiva čeljust, *v* – vreteno, *m* – matica

4.5.5 Prenos vpenjalnih sil pri centriranju med konicami

Pri struženju je zelo natančno centriranje med konicama. Obdelovanec je na eni strani podprt s konico, ki je vtaknjena v vreteno na sprednji strani stružnice in na drugi strani pa s konico, vstavljeno v konjiček. Rezalne sile, ki nastanejo v med obdelavo, skušajo obdelovanec ustaviti. To preprečimo z uporabo sojemal, ki prenašajo vrtilni moment z vretena na obdelovanec ali trn in ga vrtijo skupaj z vretenom.



Slika 86. Prenos vpenjalne sile s sojemalom

Sojemalo (imenovano tudi stružno srce) ima značilno obliko, ki je prikazana na sliki 86. Objemni kot pri sojemalih, ki jih uporabljamo pri struženju, je 60° in pri sojemalih za brušenje 90° . Pred obdelavo sojemalo privijemo na obdelovanec ali na trn in tako zagotovimo dovolj veliko silo trenja. Pri obdelavi se sojemalo naslanja na čep v vretenu, ki pri vrtenju

vretena potiska sojemalo in prek njega vrti obdelovanec. Ker je sojemalo enostransko obremenjeno, nastane na obdelovancu prečna sila, ki ga skuša sneti s centrirne konice.

Moment rezalne sile na obdelovancu mora biti manjši kakor moment sile trenja med sojemalom in obdelovancem. Silo trenja povzročajo sila F_{vp} in dve reakciji $F_{vp}/[2 \cos(\alpha/2)]$, zato je moment sile trenja:

$$M_t = \mu \cdot F_{vp} \left(1 + \frac{1}{\cos(\alpha/2)} \right) \cdot \frac{D_1}{2} \quad (4.33)$$

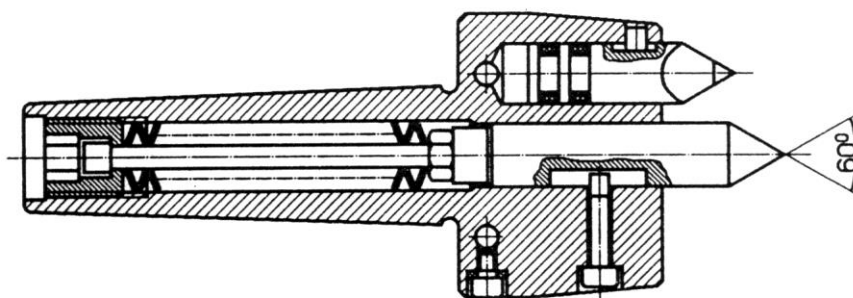
Moment rezalne sile $F_c d_{sr}/2$ mora biti na vsak način manjši od momenta trenja, da sojemalo ne spodrsne. Rezalna sila mora biti zato manjša od vrednosti, ki jo izračunamo po enačbi:

$$F_c = \frac{2M_t}{d_{sr}}$$

F_{vp} sila, ki deluje na vijaku, F_c - glavna rezalna sila, D_1 - premer obdelovanca na mestu vpenjanja, d_{sr} - premer, na katerem deluje rezalna sila.

Za avtomatizirano menjavo in vpenjanje obdelovancev lahko uporabimo čelna sojemala. Pomembna prednost teh sojemalnih enot je preprosta strega, hitra menjava ter zanesljivost vpenjanja. Čelna sojemala so enote, ki jih sestavljajo centrirna konica in sojemalni nožički, vstavljeni v telo sojemala (slika 87). Pri vpenjanju se obdelovanec nasloni na nožičke; hidravlični medij v sojemalu zagotovi, da se obdelovanec naslanja na vse nožičke z enako silo.

Vpenjalno silo dosežemo tako, da nasproti sojemalu delujemo s pritisno silo konjička (glej razpredelnico 2.3, primer 9). Pri tem se navadno nožički nekoliko zaderejo v čelno ploskev obdelovanca in tako povečajo trenje. Če rezalna sila F_c deluje proti konjičku, moramo potisno silo konjička dvakrat povečati, da bo vpenjanje varno.



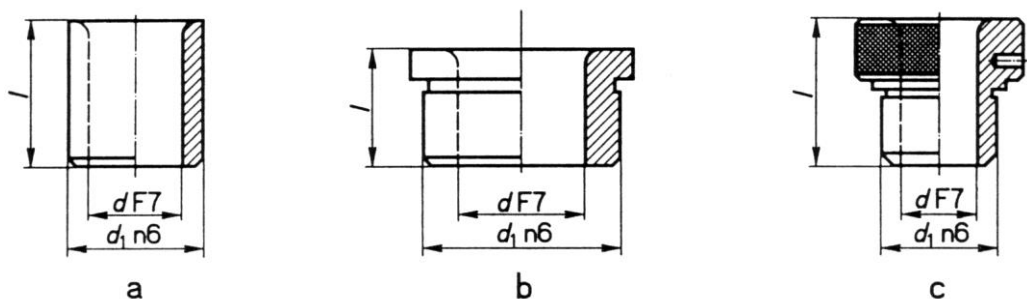
Slika 87. Hidravlično čelno sojemalo

4.6 Elementi za vodenje orodij

Del vpenjalnih pripomočkov so tudi elementi za vodenje in nastavljanje orodij. Potem ko je obdelovanec v pripomočku pozicioniran in vpet, je treba tudi orodje. Elementov za vodenje ne potrebujemo pri strojih, ki imajo elektronsko krmiljeneje lege orodij, če so ta dovolj toga. Pri strojih, pri katerih nastavljamo orodja ročno proti obdelovancu ali pa če orodja niso dovolj toga, jih moramo voditi med obdelavo. Taki elementi za vodenje so vrtalne puše. Uporabljamo jih za vodenje svedrov, povrtal in vrtalnih drogov.

Poznamo vrtalne puše, ki jih v nosilec vstavimo trdno - stabilne vrtalne puše in vrtalne puše, ki so v nosilce vstavljene tako, da jih je mogoče sneti - izmenljive vrtalne puše (slika 88). Praviloma uporabljamo le standardne puše, ki jih izdelajo specializirani proizvajalci. Za izdelavo stabilnih in izmenljivih puš pri nas upoštevamo standarde DIN 172, 173 in 179.

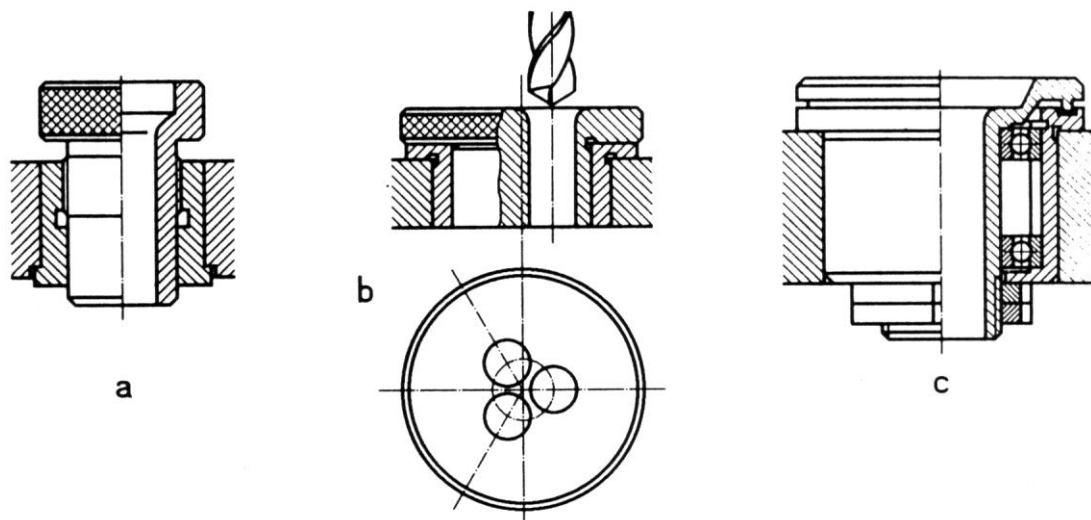
Poleg standardnih puš poznamo še druge posebne izvedbe, puše z več vodilnimi izvrtinami, vrtljive puše, puše s poševnim spodnjim delom in druge. Te puše niso standardne in jih pogosto izdelamo sami za predvidene vpenjalne pripomočke. Pri izdelavi doma moramo upoštevati, da mora zunanji premer puše znašati $(1,5 \text{ do } 2) d$, dolžina vodilne izvrtine pa $(1 \text{ do } 1,5) d$, če je njen premer med 5 in 25 mm, ter $(0,5 \text{ do } 1) d$, če je le-ta večji od 25 mm (d - notranji premer puše).



Slika 88. Vrtalne puše

a – stabilna, b – stabilna z vencem, c - izmenljiva

Stabilne vrtalne puše uporabljamo takrat, kadar obdelamo izvrtino le z enim orodjem, izmenljive pa takrat, kadar moramo obdelati izvrtino z več orodji; na primer, če jo najprej vrtamo, nato pa še povrtavamo. Standard določa višino puše in zunanji premer v povezavi z notranjim premerom vodilne izvrtine. Vodilne puše imajo notranjo vodilno izvrtino izdelano v tolerančnem razredu F7. Zunanji premer stabilnih puš je izdelan s toleranco n6, pri izmenljivih pušah pa s toleranco m6. Izmenljive puše so zavarovane proti sukanju med obdelavo in proti dviganju pri izvlečenju orodja po končani obdelavi.



Slika 89. Posebne vrtalne puše

a – vpenjalna, b – za vrtanje več izvrtin, c - vrtljiva

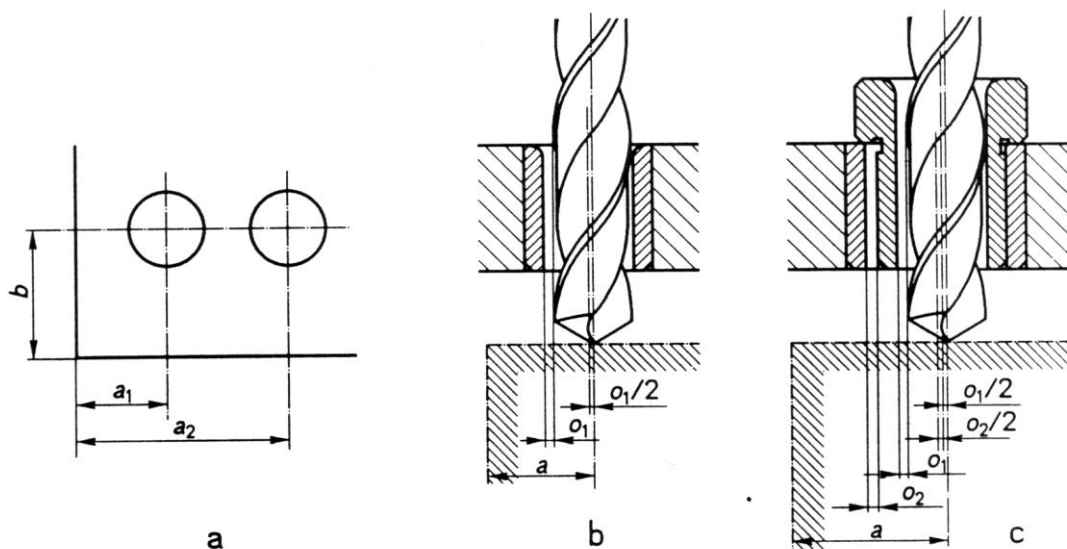
Vpenjalna puša je običajno je razdeljena v tri dele, v valjasti vodilni del, del z navojem in del, ki je narebren, da ga delavec lahko prime pri privijanju (slika 89 a).

Za obdelavo izvrtin z majhnimi medsebojnimi razdaljami uporabljamo puše z več vodilnimi izvrtinami (slika 89 b). Te puše imajo centrirne zatiče za določitev natančne lege proti

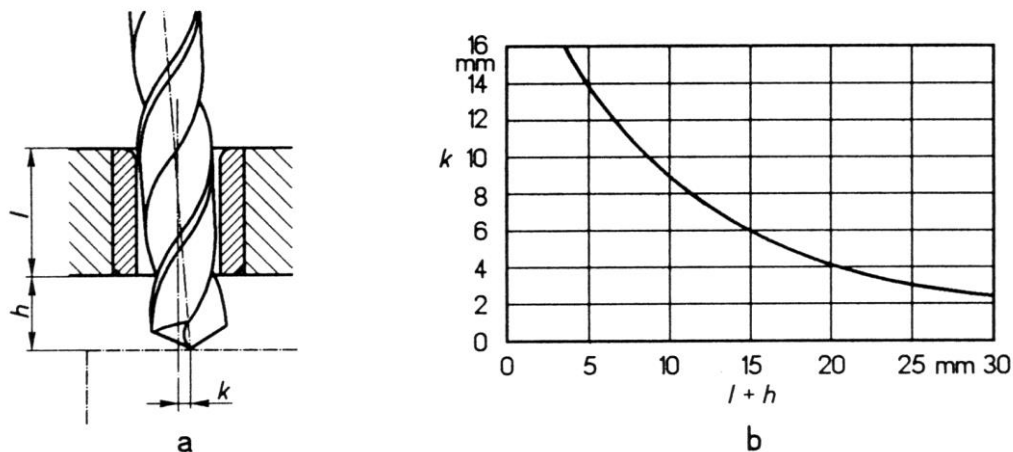
pripomočku. Za vodenje orodja pri veliki vrtilni frekvenci in za podpiranje vrtilnih drogov uporabljamo vrtljive vrtalne puše (slika 89 c). Vrtijo se zaradi trenja med orodjem in izvrtino puše. Vrtalne puše za orodje s premerom do 10 mm so izdelane iz orodnega jekla, kaljene na trdoto 63 ± 2 HRC, puše z večjim vodilnim premerom pa so iz jekel za poboljšanje s trdoto 780 ± 40 HV10. Za posebne puše, ki morajo biti zelo odporne proti obrabi, uporabljajo materiale s trdoto do 71 ± 1 HRC. Vodilne ploskve na puši morajo biti brušene (slika 88).

Natančnost lege orodja pred obdelavo in med njo je pri stabilni puši določena z ohlapkom σ_1 med orodjem in vrtalno pušo in pri izmenljivi puši dodatno še z ohlapkom σ_2 med pušo in držalom vrtalne puše (slika 90). Lega srednjic izvrtin je določena z merami a_1 , a_2 , in b . Pri stabilni puši se srednjica prve izvrtine (mera a_1) lahko premakne največ za polovico ohlapka med vodilno pušo in orodjem $\pm \sigma_1/2$, pri izmenljivi puši pa k temu dodatno še največ za polovico ohlapka med pušo in okrovom vpenjalnega pripomočka $\pm (\sigma_1 + \sigma_2)/2$. Enake odstopke dobimo tudi za mero a_2 . Razdalja srednjic dveh izvrtin in mera a se pri stabilnih pušah premakne največ za $\pm \sigma_1$, pri izmenljivih pušah pa za $\pm (\sigma_1 + \sigma_2)$.

Dejanske odstopke lahko izračunamo, če poznamo vrednost ohlapa pri različnih premerih vodilnih puš in svedrov. Vrednosti razberemo iz Strojniškega priročnika ali standarda.



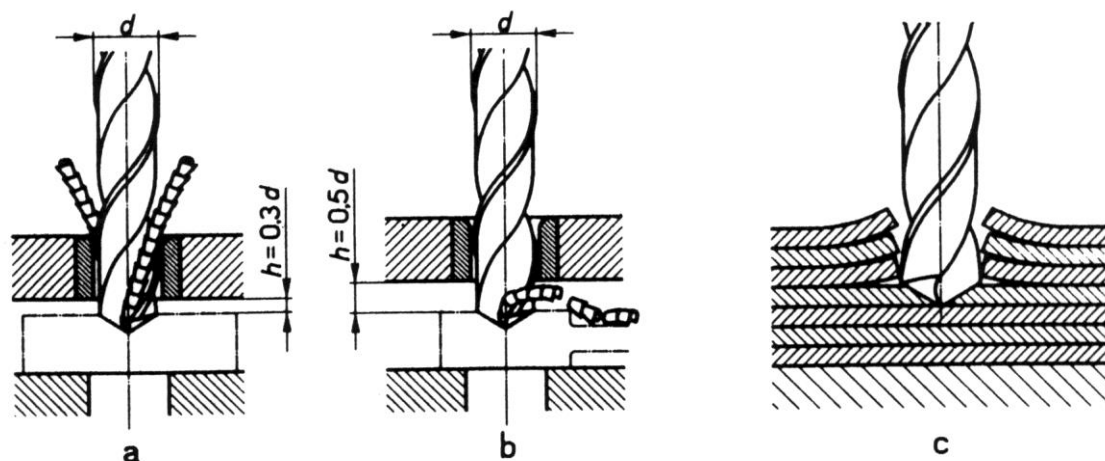
Slika 90. Odstopki pri vrtanju z uporabo vodilnih puš
 a - lega izvrtin na obdelovancu, b - odstopki pri stabilni puši, c - odstopki pri izmenljivi puši



Slika 91. Vpliv dolžine vodilne puše na natančnost obdelave
 a - lega orodja v vodilni puši, b - odstopke srednjice izvrtine pri različnih dolžinah l

Natančnost obdelane izvrtine pa je odvisna tudi od dolžine vodilne vrtalne puše. Če orodje stoji poševno, na primer, če stroj držimo z rokami (slika 91), se srednjica obdelane izvrtine lahko premakne za vrednost k , ki je odvisna od ohlapka med vrtalno pušo in svedrom, od dolžine vodenja l in oddaljenosti b spodnjega roba puše od obdelovanca. Ker imajo standardne puše že v naprej določeno dolžino l , lahko tehnolog vpliva na natančnost obdelave le z izbiro ohlapka med orodjem in vodilno pušo.

Odmik vodilne vrtalne puše h od obdelovanca izbiramo odvisno od materiala, ki ga obdelujemo, oblike odrezkov (tekoči, lomljeni) in stanja površine. Po priporočilih je $h = d$ pri tekočih dolgih odrezkih in neobdelani površini, $h = 0,5 d$ pri lomljenih kratkih odrezkih, in $h = 0,3 d$ pri dolgih odrezkih in obdelani površini.



Slika 92. Odmik vodilne puše od obdelovanca
a - tekoči odrezki, b - lomljeni odrezki, c - obdelava tanke pločevine

Posebnost so vpenjalne puše, ki se dotikajo obdelovanca, ki jih uporabljamo pri obdelavi več tankih pločevin hkrati. Pri vrtanju nastane na izstopnem robu srh, ki pločevine privzdigne (slika 92 c), če jih spodnji rob puše ne tišči skupaj.

4.7 Osnovno telo vpenjalnih pripomočkov

Osnovno telo (okrov) je tisti del vpenjalnega pripomočka, na katerega so pritrjeni pozicionirni, vpenjalni in vodilni elementi in enote. Prek osnovnega telesa se prenašajo rezalne sile od obdelovanca na mizo ali na vreteno stroja. Seveda so pri tem udeleženi tudi vsi drugi elementi vpenjalnega pripomočka. Pri vpenjalnih pripomočkih, pri katerih prenos rezalnih sil ni prednostna naloga, osnovno telo samo nosi gradilne elemente in s tem zagotavlja funkcionalnost vpenjalnih pripomočkov. Osnovno telo ima največkrat obliko plošče, kotnika ali škatle. Če je le mogoče, izbiramo taka osnovna telesa, ki jih v podjetju že imamo izdelana ali jih lahko kupimo po katalogu. S tem je izdelava pripomočkov tudi hitrejša in racionalnejša.

Osnovno telo (okrov) mora biti dovolj togo, izdelano dovolj natančno in čim cenejše. Osnovno telo vrtalnih pripomočkov je lahko manj togo kakor pri frezalnih pripomočkih, ker so rezalne sile in s tem obremenitve pri frezanju mnogo večje kakor pri vrtanju. Za vse pripomočke sta pomembni natančnost izdelave in nizka cena.

Pojem »togost pripomočkov« je privzet iz gradnje obdelovalnih strojev. Tudi pri pripomočkih, tako kakor pri strojih, poznamo statično in dinamično togost. Statična togost je podana z razmerjem med statično silo in deformacijo, ki nastane zaradi te sile ($c_{\text{stat}} = F_x/\Delta x$),

dinamična togost pa kot razmerje med amplitudo dinamične sile in velikostjo odziva (pomika, deformacije), ki jo vzbuja sila povzroči med resonanco ($c_{\text{dyn}} = F_{x \text{ dyn}} / \Delta x_{\text{dyn}}$).

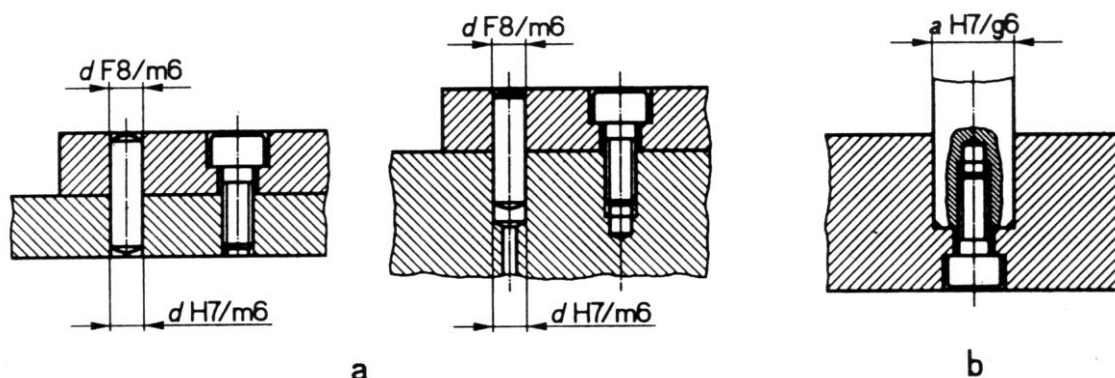
Ulita osnovna telesa so največkrat iz sive litine, le redko iz lahkih kovin. Prednosti ulitih okrovov (osnovnih elementov) so, da dobro dušijo nihanja, proste prehode in velike odprtine je mogoče preprosto oblikovati in izdelati, v primerjavi z varjenimi so oblikovno bolj dovršeni in primerni za serijsko izdelavo. Pomembne pomanjkljivosti ulitih osnovnih teles – okrovov so veliki stroški pri posamičnih kosih, dodatki za obdelavo so razmeroma veliki in čas izdelave je dolg.

Varjene izvedbe osnovnega telesa so lahko znatno lažje. Z obliko (rebri, povezavami) je mogoče doseči večjo statično togost kakor pri ulitih polnih oblikah. Na togost močno vpliva tudi modul elastičnosti ($E_{\text{jeklo}} = 2,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$, $E_{\text{s.litina}} = 0,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$).

Pomanjkljivosti varjenih konstrukcij so: krivljenje zaradi notranjih napetosti povzročenih pri varjenju in ki zahtevajo popušcanje po varjenju, zaradi dodatkov so časi obdelave dolgi in vsi funkcionalni deli morajo biti po varjenju obdelani. Prednosti pa so kratki časi izdelave, nizki stroški pri izdelavi posamičnih pripomočkov, pa tudi kasnejše spremembe na okrovih so preprosto izvedljive. Pomanjkljivostim se lahko izognemo tako, da pri varjenju preprečimo zvijanje, površine, ki jih želimo obdelati, naj bodo lahko dostopne, na površinah, ki so funkcionalne, naj ne bo zvarov. Za večjo statično togost je bolje dodati rebra kakor izbrati večjo debelino pločevine. Zvari naj bodo na mestih, kjer so obremenitve manjše, nadalje ne uporabljamo prekinjenih zvarov, ki zmanjšujejo tako dinamično kakor statično togost okrovov in podobno.

Okrovi, katerih sestavni deli so spojeni z vijaki, so v primerjavi z ulitimi lažji, čas izdelave je krajši in v posamični izdelavi so izdelovalni stroški manjši. V primerjavi z varjenimi s takšnimi okrovi lažje dosežemo zahtevano natančnost pripomočka, pa tudi montaža je zaradi velike natančnosti pri obdelavi preprostejša in natančnejša. Pomanjkljivost vijakačenih okrovov je njihova majhna statična in dinamična togost, tako v primerjavi z ulitimi kakor tudi varjenimi. Ta pomanjkljivost omejuje uporabnost vijakačenih izvedb predvsem na manjše pripomočke, pri katerih obremenitve niso velike.

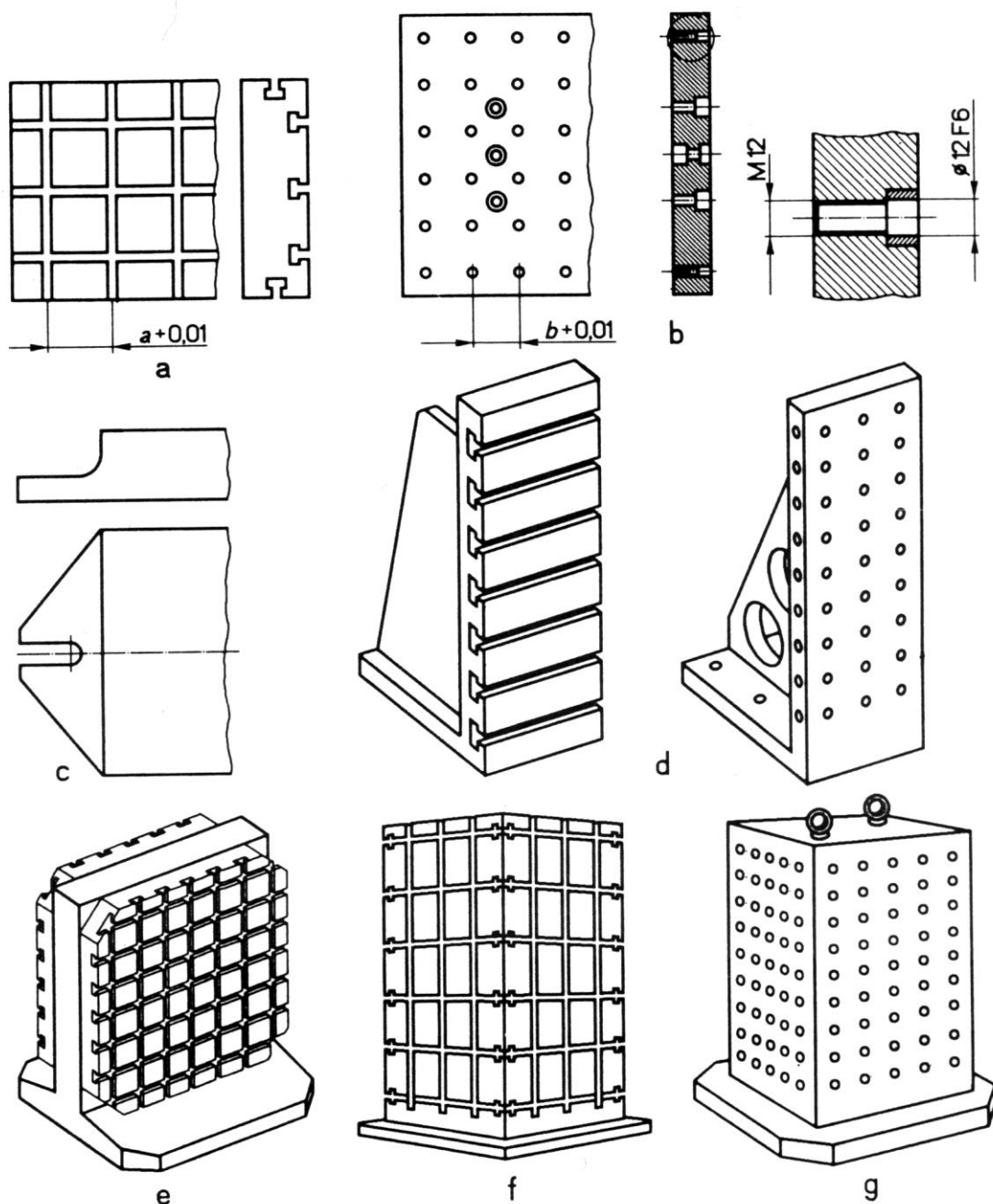
Osnovna povezava dveh vijakačenih delov je z dvema vijakoma in dvema centrirnima zatičema kakor to delno kaže slika 93 a. Razdalja med zatičema mora biti čim večja, največkrat pa sta postavljena diagonalno. Uporabljamo predvsem valjaste zatiče, ker so cenejši, vendar je zanje težje doseči pravilno prileganje. Za privijanje uporabljamo kakovostne vijake z notranjo šesterkotno luknjo. Togost vijakačene zveze lahko še povečamo s togim vodenjem, kakor je prikazano na sliki 93 b.



Slika 93. Vijakačene zveze pri obdelovalnih pripomočkih
a – s centrirnima zatičema in vijakoma, b – z togim vodenjem

Poseben primer vijachenih vpenjalnih pripomočkov so sestavljeni pripomočki. Takšen pripomoček je bil prikazan na sliki 3.

Pri gradnji vpenjalnih pripomočkov uporabimo, če je le mogoče, standardne elemente in že poprej izdelane okrove. Standardne osnovne plošče so gladke, z utori ali izvrtinami z navoji (slika 94 a, b in c). Kotniki (slika 94 d) so lahko samostojni okrovi ali pa jih postavimo na osnovne plošče in tako zgradimo okrov pripomočka. Pri obdelavi na vodoravnih vrtno-frezalnih strojih in obdelovalnih linijah pogosto uporabljamo pripomočke, na katerih lahko vpneemo več obdelovancev. Okrovi, prikazani na slikah 94 e, f in g – pogosto jih imenujemo vpenjalne prizme – imajo dve ali štiri osnovne plošče, na katerih sestavimo vpenjalni pripomoček.



Slika 94. Standardne oblike okrovov vpenjalnih pripomočkov

a – plošča z utori, b – plošča z izvrtinami in navoji, c – gladka plošča, d – kotnik z utori v obliki črke T in kotnik z izvrtinami, e – pokončni okrov z dvema ploščama, f – prizma z utori, g – prizma s centrinimi izvrtinami in navoj

5 OBDELOVALNI PRIPOMOČKI ZA RAZLIČNE OBDELAVE

Obdelovalne pripomočke glede po vrsti obdelave razdelimo v stružilne, vrtalne, frezalne, skobeljne, pehalne, posnemalne in brusilne. Delitev ni nikoli enoznačna, saj nekatere vrste pripomočkov uporabljamo pri več različnih obdelovalnih postopkih, pa tudi obdelava na posameznih strojih ni več tako enoznačno razdeljena. Tako poznamo danes stroje, na katerih lahko stružimo in frezamo ali vrtamo in frezamo ipd.

Pri načrtovanju pač moramo upoštevati vse postopke in delujoče sile in temu primerno oblikovati vpenjalne pripomočke. Pri vseh obdelavah pa srečujemo pripomočke, ki so splošno uporabni, in pripomočke, ki smo jih izdelali izrecno za določen stroj in določen obdelovanec. Tako je značilno, da za vpenjanje pri struženju uporabljamo predvsem standardne splošne pripomočke, za obdelavo pri vrtanju in frezanju pa pogosto izdelujemo namenske ali specialne vpenjalne pripomočke.

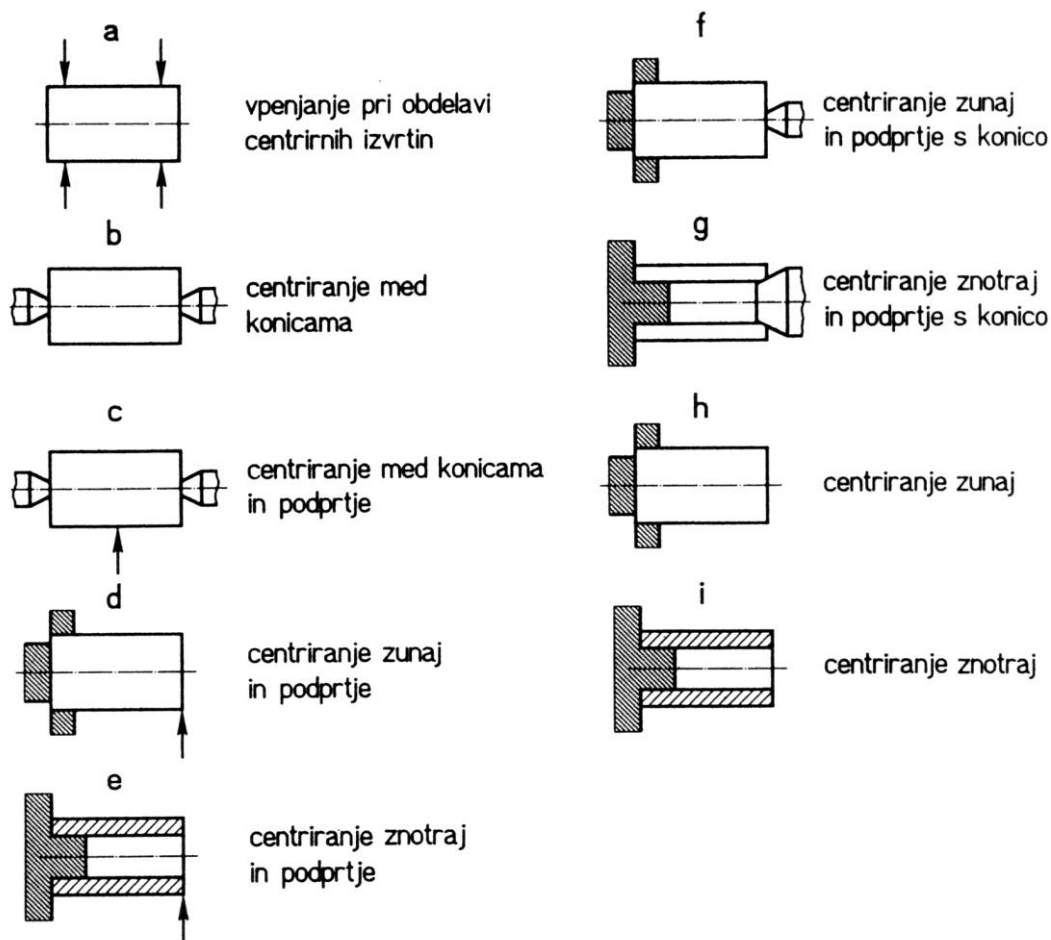
5.1 Vpenjanje pri struženju

Pri struženju tehnolog izbira med osnovnimi načini centriranja in vpenjanja obdelovancev, kakor to kaže slika 95. Način centriranja in vpenjanja določajo razmerje med dolžino L in premerom obdelovancev D , oblika surovca in želena obdelava. Pri obdelavi središčnih gnezd (slika 95 a) obdelovanec lahko leži na prizmah ali je vpjet s primežem. Tako pripravljene obdelovance (na primer gredi in osi) lahko ponovno natančno vpenemo med konicami. Tudi obdelovance, ki jih vpenjamo v glave ali stročnice in podpiramo s konicami (slika 95 f), moramo središčiti. Dolge obdelovance ($3 < L/D < 12$) centriramo med konicami (slika 95 b), zelo dolge pa še dodatno podpiramo s konico ($L/D > 12$) (slika 95 c). Dolge obdelovance, pri katerih mora biti čelna ploskev prosta, vpenjamo v glavo ali stročnico ter jih podpiramo s posebnimi linetami (slika 95 d). Podobno vpenjamo dolge obdelovance z obdelanimi izvrtinami pri obdelavi notranjih ploskev, le da v tem primeru uporabimo vpenjalne glave ali trne (slika 95 e). Tudi dolge obdelovance, ki jih vpenjamo na enostranski trn, podpiramo, lahko pa uporabimo trn za vpenjanje med konicama (slika 95 g). Kratke ($0,5 < L/D < 3$) in diskaste obdelovance ($L/D < 0,5$) vpenjamo enostransko v vpenjalne glave, stročnice ali trne (sliki 95 h in i).

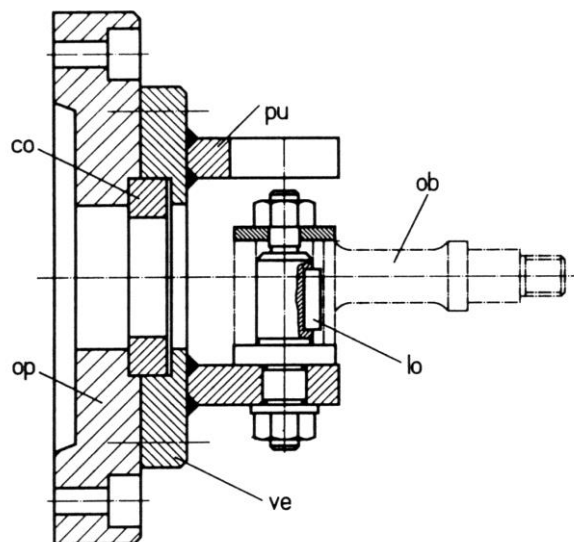
Na izbor vpenjala vplivajo še zahtevana natančnost obdelave, čas vpenjanja, način menjave obdelovancev in razpoložljivost pripomočkov. Natančnost obdelave je močno odvisna od predpisane največje natančnosti opletanja, togosti in natančnosti povezave med vretenom in vpenjalnim pripomočkom. Tehnolog mora pri načrtovanju poznati dovoljeno vrtilno frekvenco, vpenjalne sile, in izbrati ustrezne pozicionirne elemente - čeljusti pri vpenjalnih glavah. Če je le mogoče, uporabimo standardne vpenjalne pripomočke, ki so pogosto že del opreme stružnic. Podobne ali iste vpenjalne pripomočke uporabljamo tudi pri okroglem brušenju, frezanju na vodoravnem frezalnem stroju ter pri zobčanju zobnikov. Pri dodatnem nakupu standardnega pripomočka za struženje seveda upoštevamo možnost priključitve na že razpoložljivi stroj ter njegov delovni prostor.

Za struženje okrovov, armatur in podobnih obdelovancev, ki jih ne moremo vpjeti v standardne pripomočke, konstruiramo posebne vpenjalne pripomočke.

Primer posebnega pripomočka kaže slika 96. Osnovna plošča je pritrjena na vreteno stroja in nosi vpenjalni element, ki je varjen. Med seboj sta oba dela pozicionirana s centrirnim obročem in dodatnim lokatorjem, ki v narisani ravnini ni viden. Vpenjalni element ima dodano protiutež, da je tek mirnejši. Ročica, ki jo želimo obdelati, je pozicionirana na lokatorju in vpeta z vijakom.



Slika 95. Osnovni načini vpenjanja obdelovancev pri struženju



Slika 96. Namenski vpenjalni pripomoček pri struženju
 op – osnovna plošča, ve – vpenjalni element, co – centrirni obroč, lo – mozni kot lokator, pu – protiutež, ob - obdelovanec

5.2 Vrtalni pripomočki

Pri vrtanju uporabljamo tako splošne kakor tudi namenske vpenjalne pripomočke. Na izbor in konstruiranje vrtalnih pripomočkov vplivajo velikost in teža obdelovanca, način obdelave (vrtanje, povrtavanje in podobno), premer in globina izvrtine, zahtevana natančnost obdelave,

število izvrtin, ki jih je treba obdelati v enem vpetju, število orodij za obdelavo posameznih izvrtin, vrtilna frekvenca in podajalna hitrost ter število kosov.

Pri vrtnanju, povrtavanju in grezenju so rezalne sile v primerjavi s frezanjem manjše, zato so pripomočki lahko manj togi in vpenjalne sile manjše. Vpenjamo največkrat ročno ali s pnevmatiko. Pri obdelavi z večjo natančnostjo naj bo tudi vrtilni pripomoček bolj tog. Pri vpenjanju na več operacijskih strojih in obdelovalnih progah mora isti vpenjalni pripomoček vpenjati pri vseh obdelavah, tako so vrtilni pripomočki hkrati tudi frezalni pripomočki. Pri določitvi vpenjalnih sil in zasnovi pripomočka moramo tako upoštevati vse obdelovalne postopke, rezalne sile, ki pri tem nastanejo, zahtevane natančnosti ter dostopnost do obdelovalnih ploskev.

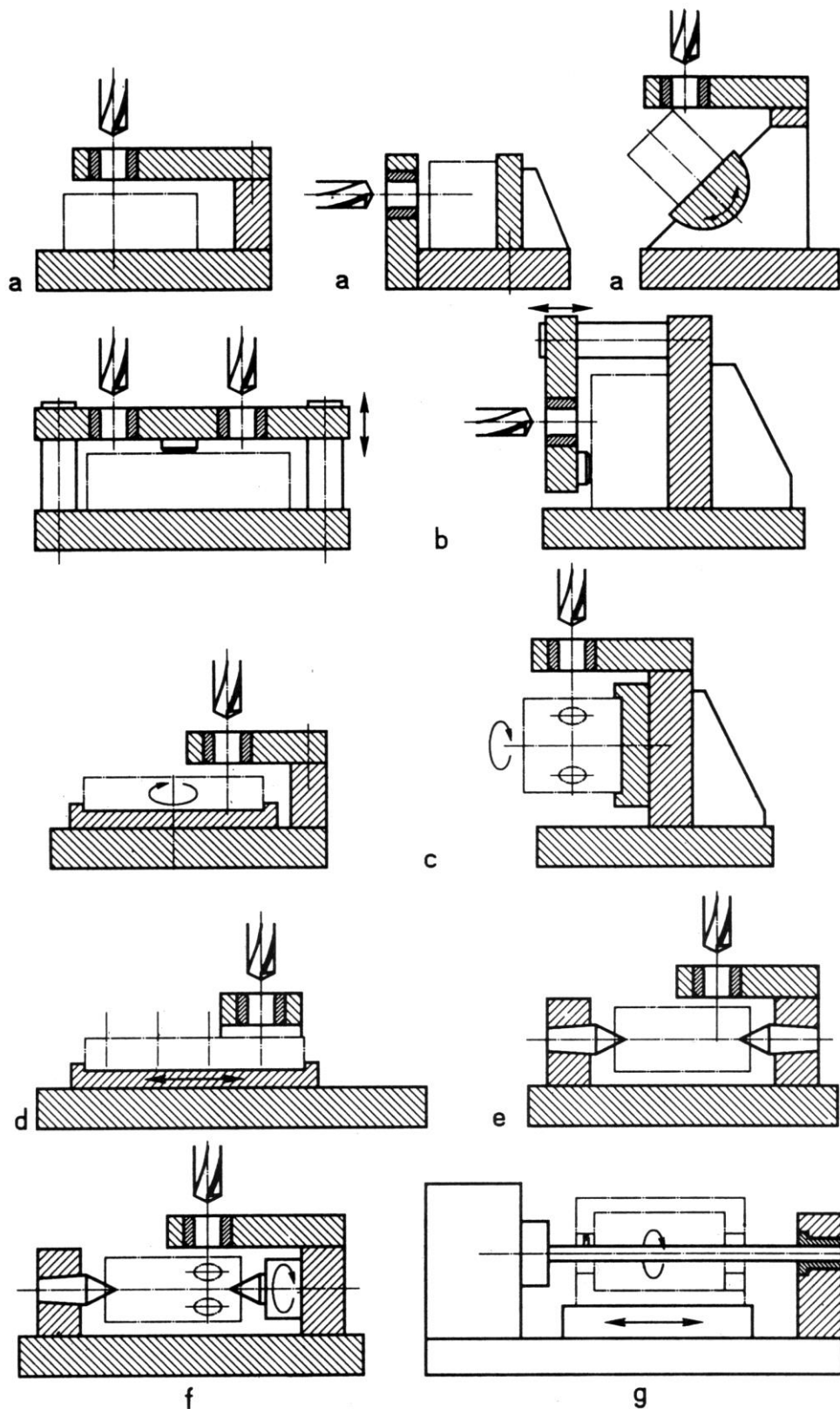
Osnovna značilnost vrtilnih pripomočkov je vodenje orodij. Le pri manj zahtevni obdelavi je lego izvrtine mogoče zaznamovati s točkanjem. Tudi pri posamični obdelavi na koordinatnih in numerično krmiljenih obdelovalnih strojih praviloma ne uporabljamo elementov za vodenje orodij. Pri serijski obdelavi na navpičnih konzolnih in vodoravnih vrtilnih strojih ter pri raznih avtomatih bo obdelava preprostejša in kakovost obdelave zadovoljiva, če uporabimo vpenjalne pripomočke z vodenjem orodij. Vodimo svedre in povrtala ter vrtilne drogove, grezila in navojna vrezila pa le izjemoma.

Vrtilni pripomočki, ki jih konstruiramo sami, so podobni standardnim elementom in enotam. Pri obdelavi ene izvrtine na pokončnem ali vodoravnem vrtilnem stroju je obdelovanec pozicioniran na osnovni plošči, vrtilna puša pa je nameščena v nosilcu, ki je z osnovnim elementom povezan z osnovno ploščo (slika 97 a). Nosilec vrtilne puše je mogoče odmakniti, tako da je pozicioniranje obdelovancev lažje.

Pri obdelavi več izvrtin lahko uporabimo vpenjalne pripomočke z vrtilnimi šablonami, ki imajo obliko plošče z vtisnjenimi vodilnimi pušami (slika 97 b). Plošče so nataknjene na stebre in so pomične, tako da lahko hkrati tudi vpenjajo obdelovanec.

Za obdelavo izvrtin na istem premeru pogosto uporabljamo namesto vrtilnih plošč vrtilne pripomočke, ki so vpeti na delilniku, ali je vrtilna naprava izdelana kot delilna naprava (slika 97 c). Vrtilna puša za vodenje orodja je vstavljena v nosilcu, ki je pritrjen na mirujočem delu vpenjalnega pripomočka. Tudi pri linearnem deljenju lahko uporabimo podobno izvedbo vrtilnega pripomočka (slika 97 d). Vrtilni pripomočki z delilniki so dražji, zato take pripomočke predvidimo le, če lahko uporabimo standardne izvedbe delilnikov ali pa če velikost serije opravičuje stroške pripomočka.

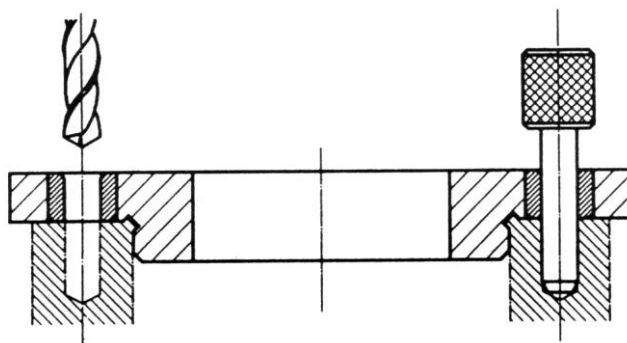
Obdelovance, ki zahtevajo centriranje, vpenjamo med dve konici (slika 97 e). Za obdelovance, ki zahtevajo še deljenje, pa pripomočku dodamo še delilnik (slika 97 f). V obeh primerih je orodje vodeno v vrtilni puši, ki je pritrjena na osnovni plošči vpenjalnega pripomočka.



Slika 97. Značilne izvedbe vrtnih pripomočkov

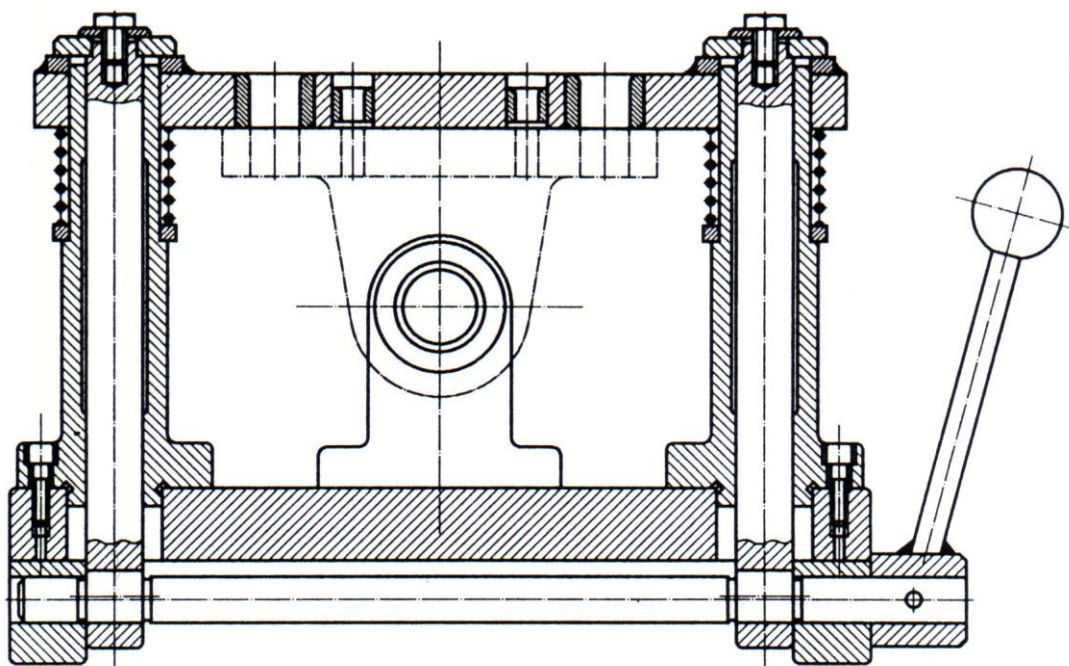
a - obdelava ene izvrtine, b - obdelava več izvrtin, c – obdelava s krožnim deljenjem, d – s premočrtnim deljenjem, e - vpenjanje med konicama, f - vpenjanje med konicama z deljenjem, g - vpenjanje pri obdelavi z vrtnim drogom

Najpreprostejši vrtni pripomočki za vrtnje več izvrtin so vrtnalke šablone. To so plošče z vodilnimi pušami; plošča je pozicionirana na obdelovancu, ki je vpet kar na mizi stroja z vzvodnimi vpenjalniki (slika 98).



Slika 98. Vrtalna šablona

Vrtalne plošče so lahko pritrjene na stebrih, ki so premični. Te plošče poleg vodenja orodja tudi pozicionirajo in vpenjajo obdelovance (slika 99). Odstopek pri izdelavi je tako manjši. Pri obdelavi na več vretenskih vrtalnih strojih so plošče z vrtalnimi pušami običajno del vrtalne enote in jih na pripomočku ne dodajamo.



Slika 99. Vrtalna naprava s pomično šablono

Poleg posebnih vrtalnih pripomočkov pri vrtnanju za vpenjanje uporabljamo tudi razne standardne pripomočke, na primer vpenjalne glave, stročnice, trne, konice in primeže.

5.3 Frezalni pripomočki

Frezalne pripomočke uporabljamo pri obdelavi na univerzalnih, navpičnih in vodoravnih frezalnih strojih, več operacijskih strojih, obdelovalnih avtomatih in obdelovalnih progah. V primerjavi z vrtalnimi pripomočki, pri katerih je pomembna predvsem natančnost obdelave, moramo pri frezalnih pripomočkih upoštevati predvsem velikost in smer delovanja rezalnih sil. Frezalni pripomočki so v primerjavi z vrtalnimi bolj togi, pogosto imajo preprostejšo zgradbo, vpenjamo jih ročno, pri večjih zahtevah in pri avtomatiziranem dodajanju ter odzemanju obdelovancev pa s hidravličnimi in pnevmohidravličnimi vpenjalniki.

Naloga frezalnih pripomočkov je predvsem določitev lege obdelovancev in prestrezanju rezalnih sil, le redko frezalne naprave tudi vodijo orodja. Vodenje orodij je primerno pri

obdelavi zahtevnih oblik obdelovancev. Kopirne stroje v zadnjem času izpodrivajo numerično krmiljeni stroji, pri katerih pa je oblika gibanja orodij podana z ustreznim računalniškim programom.

Pri obdelavi posamičnih kosov in pri zelo majhnih serijah največkrat vpenjamo kar na mizo stroja in pri tem uporabimo preproste ročne ali mehanizirane vzvodne vpenjalnike.

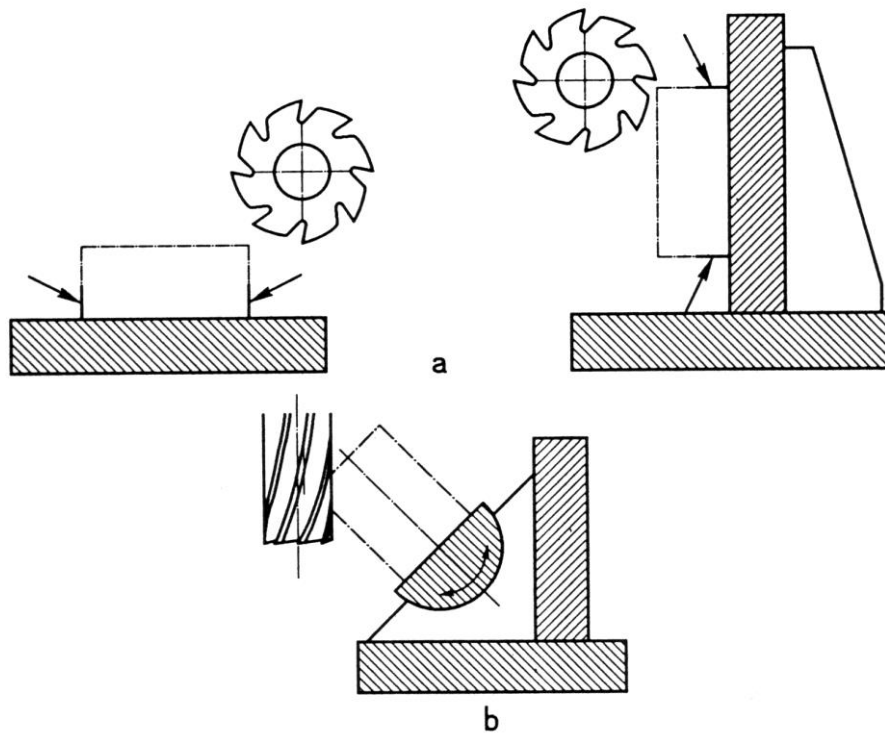
Za večje število kosov v seriji pa uporabljamo tako standardne kakor tudi namenske frezalne pripomočke.

Pri standardnih ali večnamenskih pripomočkih (primežih, frezalnih vpenjalnikih, trnih, delilnih napravah, vpenjalnih stročnicah) prilagodimo le pozicionirne elemente, izjemoma tudi tlačne elemente.

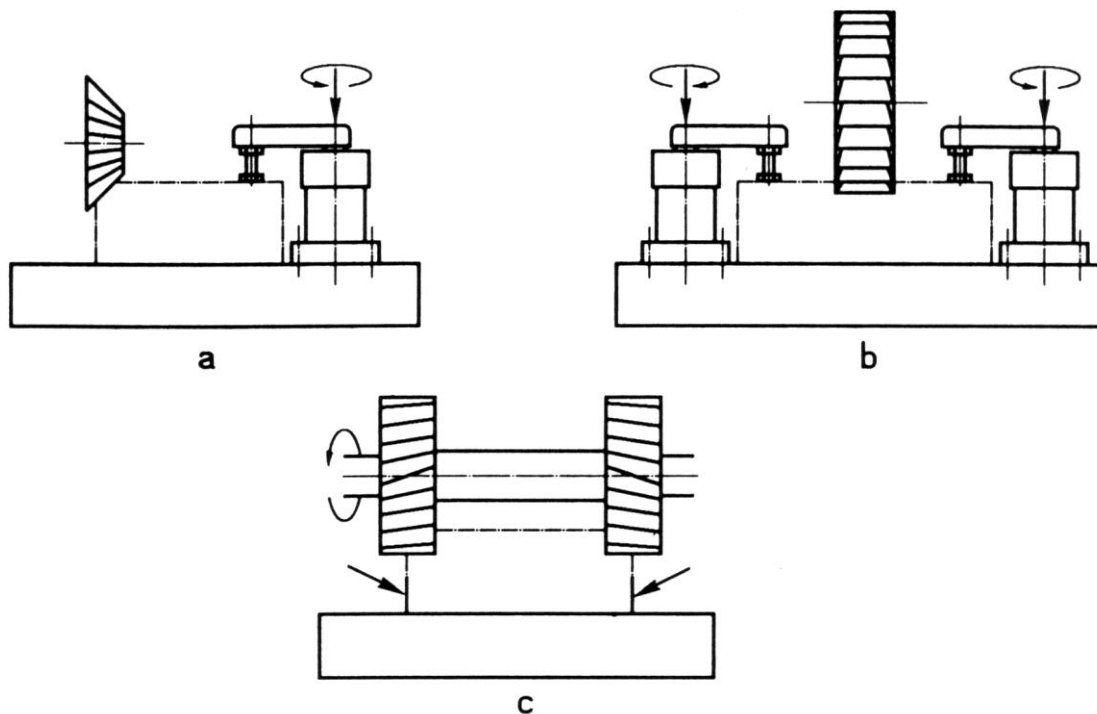
Pri oblikovanju posebnih pripomočkov upoštevamo smernice za pravilno oblikovanje. Tako naj bo pripomoček čim bolj tog (predvsem nizek), površine, ki jih obdelujemo, naj bodo proste, omogočen pa naj bo tudi prost prehod za orodja po obdelavi, obdelovana ploskev naj bo tudi dobro vidna, hladilna tekočina mora neovirano odtekati, odrezke pa naj bo mogoče preprosto odstranjovati. Mere okrova frezalnega pripomočka naj bodo manjše, kakor je miza stroja.

Kako je zasnovan frezalni pripomoček, je odvisno predvsem od želene obdelave in stroja. Ploskev, ki jo želimo obdelati v celoti, mora biti prosta (slika 100 a). Ploskev, ki naj bo obdelana pod kotom, nagnemo proti orodju (slika 100 b). Pri vpenjanju lahko zelo pogosto uporabimo standardne vpenjalne pripomočke, na primer primeže, vpenjalne glave za valjaste obdelovance ali dvokomponentne vpenjalnike.

Če na obdelovancih obdelujemo le del proste ploskve (utore, posnetja), jih vpenjamo tako, da vpenjalna sila deluje proti osnovni plošči (slika 101). Pri tem moramo upoštevati seveda premer vretena za orodja. Pri previsokih stremenih je premer manjši in se drog lahko povesi, kar povzroči odstopke. To še posebno velja za pripomočke, pri katerih hkrati obdeluje več orodij.



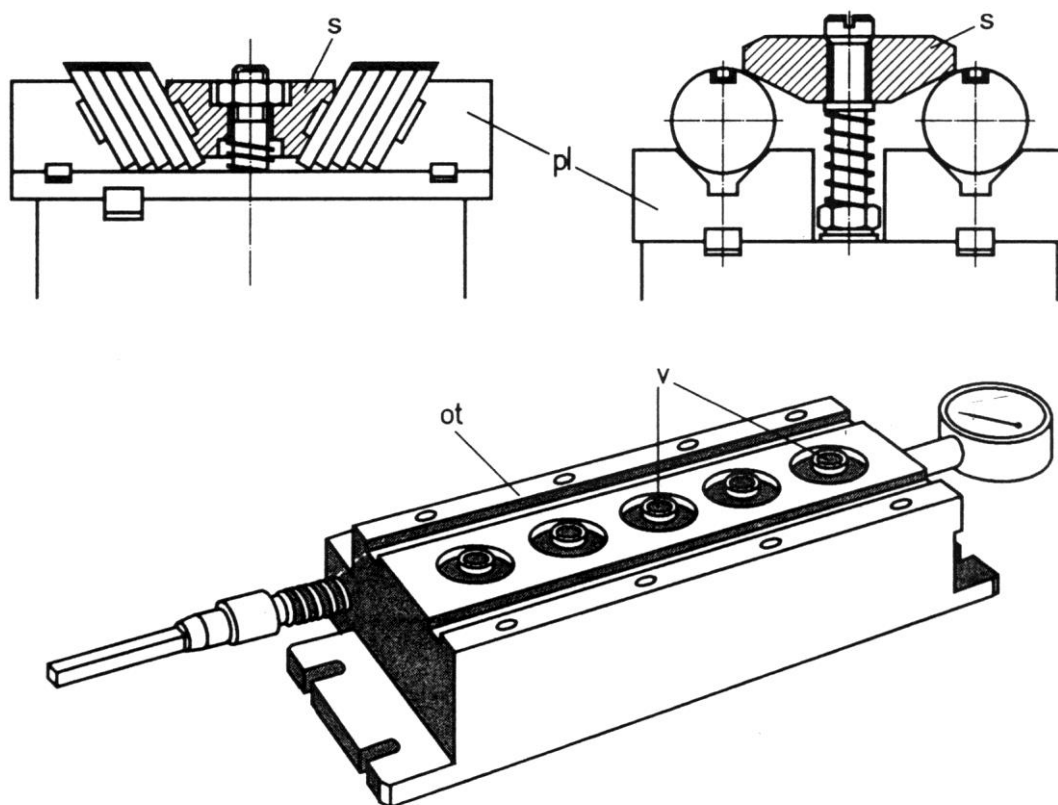
Slika 100. Vpenjanje pri obdelavi celotne ploskve
a - freziranje z valjastim frezalom ali frezalno glavo, b - freziranje pod kotom s stebelastim frezalom



Slika 101. Vpenjanje s stremeni pri obdelavi utorov in posnetij
a - obdelava posnetja s profilnim frezalom, b - obdelava utora s kolutnim frezalom, c - obdelava vzporednih ploskev

Pri manjših obdelovancih ter pri velikih serijah pogosto uporabljamo skupinske vpenjalnike. Obdelovanci so postavljeni v vrsto (vrstni vpenjalniki) ali pa je več enakih obdelovancev vpetih v istem pripomočku. Tak vpenjalni pripomoček je prikazan na sliki 102. Obdelovanci so postavljeni v dve vrsti, vpenjamo pa jih s hidravličnimi valji preko stremen. Tovrstni

vpenjalni pripomočki so standardizirani. Obdelovancem jih prilagodimo tako, da izberemo primerno pozicionirno letev.



Slika 102. Standardni frezalni pripomoček

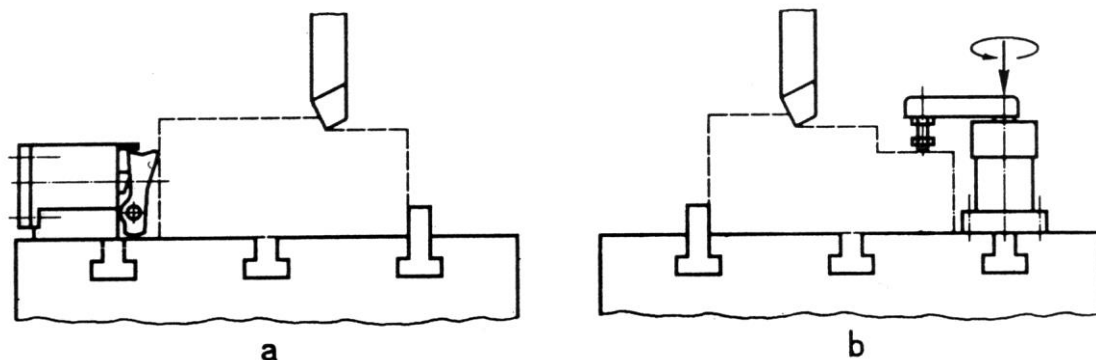
ot - osnovno telo, v - valji, s - stremena, pl - pozicionirna letev

Podobno kakor pri vrtanju je tudi pri frezanju včasih potrebno deljenje, vendar pa pri frezalnih napravah nimamo vodilnih puš. Pri tem je os obdelovanca navpična ali vodoravna, vpenjamo na delilnik ali med konicama. Deljenje je lahko krožno ali premočrtno (slika 97).

Pri večoperacijskih strojih je obdelava pogosto razdeljena v dve vpetji. Vpenjalni pripomoček je pri tem razdeljen v dva dela: v pripomoček za prvo vpetje in pripomoček za drugo vpetje. Obdelujemo izmenično v prvem in v drugem vpetju.

5.4 Pripomočki za skobljanje in pehanje

S skobljanjem obdelujemo predvsem večje ploskve na obdelovancu. Tako obdelane ploskve so pogosto tudi osnova za nadaljnjo obdelavo oziroma za naslednja vpetja. Pogosto obdelujemo hkrati tudi več enakih obdelovancev, da tako bolje izkoristimo stroj. Za vpenjanje kratkih obdelovancev uporabljamo primeže, za vpenjanje daljših pa pozicionirne elemente in vpenjalnike namestimo kar na mizo skobelnega stroja. Obdelovance moramo varovati pred premikom v smeri delovanja rezalne sile. Le redko uporabljamo prislone, kajti mize imajo le vzdolžne utore in moramo rezalne sile vedno prevzemati s silo trenja. Pri vpenjanju uporabljamo tako ročne kakor tudi hidravlične vzvodne vpenjalnike, pri obdelovancih, pri katerih obdelujemo le del ploskve, pa tudi vpenjalnike z zasukom za 90°.



Slika 103. Vpenjanje pri skobljanju
a - vpenjanje z dvokomponentnim vpenjalnikom, b - vpenjanje z zasučnim vpenjalnikom

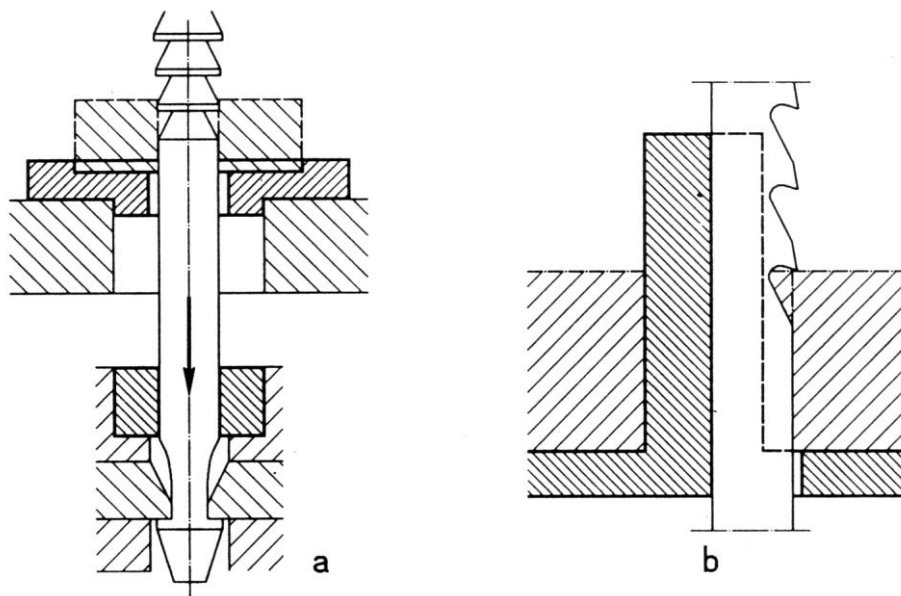
Pri pehanju je rezalna sila usmerjena proti mizi stroja, tako je za konstrukcijo in izbiro pripomočka odločilna predvsem vrsta obdelave.

Pri vpenjanju za obdelavo izvrtin pogosto uporabimo vpenjalne stročnice in vpenjalne glave, pri obdelavi zunanjih ploskev (na primer pri zobčanju zobnikov s pehanjem) pa trne in vpenjalne glave. Pogosto vse te standardne vpenjalnike uporabljamo skupaj z delilnikom ali nagibno mizo. Pri izbiri in konstruiranju pripomočkov moramo upoštevati še prostor za iztek orodja. Vpenjalni pripomoček mora biti postavljen in izdelan tako, da je orodje čim krajše in čim bolj togo. V posebnih primerih moramo orodje tudi voditi.

5.5 Vpenjanje pri posnemanju

S posnemanjem obdelujemo predvsem notranje luknje; pogosto pa je nadomestni postopek za freziranje zunanjih ploskev obdelovancev. Ploskev je obdelava pri enem vleku orodja, kakovost obdelave je zato odvisna od orodja samega in od vodenja orodja v vpenjalnem pripomočku med posnemanjem. Glavna rezalna sila pri posnemanju deluje proti naležni ravnini tako kakor pri pehanju. Na orodju pa nastane dokaj velika odrivna sila, ki je približno enaka polovici glavne rezalne sile. Ko je orodje obrabljeno je odrivna sila enaka glavni sili.

Vpenjalni pripomočki pri posnemanju so preprosti. Obdelovanec leži na podpori, ki prevzema glavno rezalno silo in omogoča prehod orodja (slika 104 a). Če so obdelovanci nizki, moramo orodje dodatno voditi z vodilno pušo. Če orodje ni vodeno v obdelovancu, ga moramo podpirati v vpenjalnem pripomočku (slika 104 b). Obdelovance s tankimi stenami moramo na zunanji strani dodatno podpirati in varovati pred deformacijo. Učinkovitost posnemanja povečamo z obdelavo več obdelovancev hkrati.



*Slika 104. Vpenjanje pri posnemanju
a - obdelovanec leži na podpori, orodje je vodeno v puši, b - podpiranje in vodenje orodja*

5.6 Vpenjanje pri brušenju

Vpenjalni pripomočki se med seboj razlikujejo glede na sam postopek brušenja; tako ločimo vpenjanje pri brušenju ravnih ploskev, vpenjanje pri okroglem brušenju in vpenjanje pri kopirnem brušenju. Sile pri brušenju so razmeroma majhne. Osnovna naloga vpenjalnega pripomočka je določitev natančne lege obdelovanca proti brusu. Pri okroglem brušenju uporabljamo predvsem vpenjalni konici s sojemalom, vpenjalne trne in glave ter tudi posebne pripomočke. Pri brušenju ravnih ploskev uporabljamo, če je le mogoče, standardne pripomočke: to so lahko primeži in tudi delilniki. Za obdelovance z ravnimi ploskvami največkrat uporabljamo magnetne vpenjalnike. Pri konstruiranju posebnih pripomočkov upoštevamo iste smernice kakor pri konstruiranju frezalnih pripomočkov, le da so pri brušenju obdelovalne sile mnogo manjše.

6 GOSPODARNOST UPORABE VPENJALNIH PRIPOMOČKOV

Ker uporaba vpenjalnih pripomočkov povzroči dodatne stroške pri obdelavi, moramo povečanje le-teh vedno ekonomsko utemeljiti. Preden se torej odločimo za razvoj novega ali uporabo že obstoječega vpenjalnega pripomočka, moramo preveriti, katere gospodarske prednosti lahko z njihovo uporabo dosežemo. Večkrat pa obdelovalne pripomočke uporabimo tudi, kadar ekonomskih prednosti ni mogoče preprosto izračunati. Prednosti njihove uporabe pa moramo dokazati z drugimi razlogi, kakor na primer, da obdelava brez pripomočka ni mogoča, da želimo dvigniti splošni nivo avtomatizacije proizvodnje v podjetju, olajšati delo delavcem ter jih vzpodbuditi k večji učinkovitosti in podobno.

Z uporabo vpenjalnih pripomočkov je skupni čas obdelave krajši, s tem so stroški dela na posamezni kos manjši. Krajši je čas za menjavo obdelovancev, pogosto odpade dodatno delo za točkanje in merjenje. Pri zamenjavi serije je čas za pripravo delovnega mesta krajši, kakor če vpenjamo obdelovance neposredno na mizo.

Čas obdelave lahko skrajšamo tudi z vpenjanjem obdelovancev v skupine. Z uporabo skupinskih vpenjalnih pripomočkov skrajšamo tako čas za menjavo obdelovancev kakor tudi za neposredno obdelavo.

Uporabo vpenjalnih pripomočkov lahko opravičimo tudi s povečanjem izkoriščenosti strojev in mnogovrstno uporabo. Z dodatnim nagibanjem lahko obdelujemo pod kotom, z uporabo delilnikov omogočimo obdelavo na več mestih in obdelavo krivih ploskev. S pripomočki lahko nadomestimo drage obdelovalne stroje in uporabimo že tiste, ki jih imamo na voljo v delavnici. Uporaba pripomočkov omogoča obdelavo z večjo natančnostjo, kakor jo sicer zagotavlja obdelovalni stroj. To velja še posebno za velike serije, kjer s pripomočki lahko stroj preuredimo in s tem nadomestimo drage nove obdelovalne enote. Učinek lahko prikažemo z zmanjšanjem stroškov strojne ure.

Z olajšanjem dela lahko povečamo učinkovitost delavcev. To je mogoče doseči z mehaniziranim (pnevmatičnim in hidravličnim) vpenjanjem. Delavec se ne utruji in lahko dosega ali jo celo presega predvideno delovno normo.

S poenostavitvijo dela se delavci hitreje priučijo novi nalogi, časi prehoda na novo serijo se tako skrajšajo. Pogosto potem zahtevno obdelavo lahko opravijo tudi priučeni operaterji na strojih.

Učinkovitost strojev lahko povečamo z obdelavo z večjimi odrezovalnimi silami in pri večjih vrtljajih. S tem se čas obdelave skrajša.

Tudi obraba in poškodbe orodij so z uporabo vpenjalnih pripomočkov večkrat manjše. S tem se zmanjšajo stroški delovnih sredstev. Tako pri vrtanju z vodenjem orodij odpade točkanje in merjenje, orodje pa je z vrtalno pušo varovano pred lomi zaradi obremenite ali vibracij.

Pomembno je tudi, da z uporabo ustreznih obdelovalnih pripomočkov dosegamo večjo natančnost obdelave posameznih obdelovancev kakor tudi enako natančnost obdelave celotne serije in tudi ponovljivost serij. To pa omogoča zamenljivost pri nadomestnih delih.

Zmanjšanje stroškov obdelave lahko dosežemo tudi z zmanjšanjem izmeta. Pri uporabi ustreznih vpenjalnih pripomočkov je vpliv delavca na natančnost in kakovost obdelave in s tem na izmet zelo zmanjšan ali celo odstranjen. Tako zmanjšamo stroške za material in že vloženo delo ter zagotavljamo predvideno kapaciteto stroja.

S krajšim časom obdelave se skrajšajo tudi pretočni časi in s čimer se zmanjšajo stroški kapitala, ki je vezan v materialu. To je še posebno pomembno, če smo material nabavili s krediti.

Seveda pa vseh teh prednosti pri vsaki uporabi vpenjalnih pripomočkov ni mogoče doseči. Jasno pa moremo prikazati vsaj tiste, ki jih lahko izračunamo. Najpogosteje izračunamo stroške obdelave in jih primerjamo med seboj. Gospodarnost uporabe pripomočkov lahko prikažemo tudi s primerjavo časov obdelave. Ta prikaz uporabimo le, če je merodajen čas obdelave. Večine vplivnih veličin pa ni mogoče oceniti s prihranki časov tako, da so rezultati primerjave lahko popačeni.

6.1 Izračun vrednosti obdelovalnega pripomočka

Obdelovalni oziroma vpenjalni pripomoček lahko izdelamo sami, ga sestavimo iz elementov ali enot sestavljanke ali pa ga kupimo. Pri določitvi vrednosti ali cene moramo upoštevati vse stroške, ki pri tem nastanejo. Uporabimo lahko v nadaljevanju prikazano metodologijo izračuna vrednosti, ki jo seveda lahko prilagodimo za posamezna podjetja.

6.1.1 Vrednost pripomočka, ki ga sami izdelamo - V_i

Vrednost izdelanega pripomočka je seštevek vrednosti porabljenega materiala in standardnih delov, stroškov, ki so nastali v konstrukciji, nabavi, pripravi dela, pri izdelavi, kontroli, montaži, ter dodatnih stroškov dela (na primer režije, vodenje projekta). Za izračun vrednosti izdelanega pripomočka lahko uporabimo razpredelnico 6.1.

6.1.2 Vrednost sestavljenega pripomočka - V_{ses}

V sodobni izdelavi vedno več uporabljamo pripomočke, ki jih sestavimo iz standardnih delov. Iste sestavne dele lahko uporabimo kasneje pri drugem vpenjalnem pripomočku. Za določitev vrednosti sestavljenega pripomočka poznamo iz literature več načinov izračuna, ki so običajno zelo zapleteni. Uporabimo pa lahko poenostavljen izračun prikazan v razpredelnici 6.2, ki je bil preverjen v praksi.

Sistem sestavljenke obsega vrsto elementov in enot, ki se med seboj razlikujejo po zapletenosti. Določimo lahko, da je posamezen element vreden od 1 do 50 točk. Ob nakupu moramo posamezne elemente točkovati in v katalog shraniti njihove vrednosti. Ker vpenjalni pripomoček sestavimo le s posameznimi elementi in enotami, je seštevek točk vpenjalnega pripomočka odvisen od števila in zapletenosti vgrajenih delov.

TABELA 6.1. Izračun vrednosti izdelanega obdelovalnega (vpenjalnega) pripomočka.

Izračun vrednosti izdelanega vpenjalnega pripomočka			
Ime pripomočka:		Zaporedna številka:	
Klasifikacijska oznaka:			
Predkalkulacija / Poračun		Obračunal:	Dne:
<i>Zap. številka</i>	<i>Opis</i>	<i>Vmesna vsota</i>	<i>Končna vsota</i>
1	Konstrukcija (ure x cena+ 20%).....		.....
2	Izdelava		
2.1	Priprava dela (ure x cena).....	.....
2.2	Struženje (ure x cena).....	.....
2.3	Frezanje (ure x cena).....	.....
2.4	Ročna dela (ure x cena).....	.....
2.5	Montaža pripomočka (ure x cena).....	.....
	Kontrola (ure x cena).....	.....
2.6	..... (ure x cena).....	.....
2.7	Dodatki na stroške dela v % od 2.1, 2.2,		
2.8	2.3.,2.4,2.5,2.6,2.7 (običajno 150 do 250 %)	.....
	Skupaj izdelava:		.....
3	Material:		
3.1	(na primer: pločevina 15 mm 22 kg po 450 SIT) (vijaki M8 10 kos po 50 SIT) (hidravlični valj 1 kos po 20 000 SIT)	.....
3.2	Dodatek k stroškom materiala cca 25 % Skupaj stroški materiala	.....	.....
	Skupaj V_i (v SIT)		.....

Skupna vrednost sestavljenega pripomočka V_{ses} je zmnožek vrednosti točke - V_t in seštevka točk (razpredelnica 6.2) ter dodatno izdelanih delov:

$$V_{ses} = V_t \cdot N_{t,op} + V_i = \left(\frac{1,25 \cdot V_{nak}}{A} + S_{skl} + S_{vz} \right) \cdot \frac{1}{N_{pl}} \cdot \frac{1}{T_{sk}} \cdot N_{t,op} + V_i \quad 6.1$$

Razpredelnica 6.2. Izračun vrednosti sestavljenega obdelovalnega (vpenjalnega) pripomočka

Izračun vrednosti sestavljenega vpenjalnega pripomočka							
Ime pripomočka:				Zaporedna številka:			
Klasifikacijska oznaka:				Vrednost točke V_t :			
Predkalkulacija / Poračun			Obračunal:			Dne:	
Vgrajeni deli							
Štev. elementa	Kos	Točk	Vsota	Štev. elementa	Kos	Točk	Vsota
<i>Skupaj 1</i>				<i>Skupaj 2</i>			
<i>Skupaj vsota 1+2 - $N_{t,op}$</i>							.....
<i>Zap. št.</i>	<i>Opis</i>						
1	Vrednost vgrajenih delov ($V_t \cdot N_{t,op}$)						.....
2	Vrednost dodatno izdelanih delov (tabela 6.1)						.....
3	Sestavljanje (ure x cena)						.....
4	Umerjanje (ure x cena)						.....
5	Demontaža in čiščenje (ure x cena)						.....
6	Dodatek k zap. št. 3, 4, 5 v višini 25%						.....
SKUPAJ celotna vsota (v SIT) - V_{ses}							.....

6.1.3 Vrednost kupljenega pripomočka - V_k

K vrednosti ali ceni pripomočka na trgu ali pri izdelovalcu, moramo dodati še vse stroške dela, ki smo jih imeli z nakupom (priprava naročila, izbira iz kataloga, pogovori z izdelovalcem, instalacija, prevzem) in morebitnim dodatnim delom. V nekaterih podjetjih te stroške zajamejo s povečanjem vrednosti za 20 do 25 %. Pri pripomočkih, v katere je vloženega več dodatnega dela, lahko uporabimo metodologijo, podano z razpredelnico 6.1.

$$V_k = 1,25 V_n + V_i \qquad 6.2$$

6.2 Stroški obdelave z uporabo vpenjalnih pripomočkov - S_{obd}

Pri izračunu ekonomske upravičenosti uporabe vpenjalnih pripomočkov moramo izračunati, koliko stane obdelava posameznega kosa oziroma celotnega naročila. Pri tem moramo upoštevati tudi stroške samega pripomočka, stroške za orodje, ki so za različne pripomočke lahko različni, stroške za delovni stroj, stroške za posebne pogoje dela, kot so stroški za dodatni material, pomožna sredstva in izmet ter stroške dela s splošnim dodatkom (režijo). Zbir vseh stroškov prikažemo v razpredelnici 6.3.

6.2.1 Stroški za vpenjalne pripomočke - $S_{x,vp}$

Pri obdelavi lahko uporabimo splošne ali namenske pripomočke, ki smo jih izdelali sami ali kupili ali kupili in sestavili. Da bi lahko določili gospodarnost uporabe, moramo poznati stroške pripomočka na obdelovanec ali naročilo.

6.2.1.1 Stroški splošnega obdelovalnega pripomočka – $S_{s,op}$ za posamezni obdelovanec

Splošne pripomočke uporabljamo za obdelavo različnih obdelovancev na različnih obdelovalnih strojih. To so primeži, delilniki, sojemala, standardne frezalne vpenjalne naprave in drugi pripomočki.

$$S_{s,op} = \left(\frac{V_{ik}}{A} + S_{sk,1} + S_{vzd,1} \right) \cdot \frac{t_{1k}}{t_{1u}} + \frac{1}{n} (V_i - V_{odp}) \quad 6.3$$

6.2.1.2 Stroški namenskega obdelovalnega pripomočka - $S_{n,op}$ na obdelovanec za enkratno naročilo

Stroške za izdelan ali kupljen namenski pripomoček, ki ga uporabimo samo za določen obdelovanec za eno naročilo izračunamo po enačbi:

$$S_{n,op} = \left(\frac{V_{ik} - V_{odp}}{n} \right) \quad 6.4$$

Pri predvidenih ponovitvah naročila (serijah) pa moramo te stroške povečati za povprečno 5%. V to vrednost zajamemo stroške za skladiščenje med čakanjem na naslednje naročilo in stroške morebitnega vzdrževanja ali prilagoditve.

Stroške sestavljenega obdelovalnega pripomočka za enkratno naročilo izračunamo po enačbi:

$$S_{ns,op} = \frac{V_{ses}}{n} \quad 6.5$$

Po uporabi sestavljene obdelovalne pripomočke praviloma vedno razdremo in očistimo. Vsako ponovno naročilo obravnavamo kot novo naročilo. Ker je čas sestavljanja pri ponovnem naročilu običajno krajši, kakor pri prvem, je njegova vrednost manjša.

K tako izračunanem stroškom dodamo še stroške za električno energijo in/ali zrak:

$$S_e = E \cdot c_e \quad 6.6$$

in stroške obresti za morebitno najet kapital, ki smo ga uporabili za nakup pripomočkov. Te obresti pogosto imenujemo kalkulativne obresti:

$$S_{ko} = V_n \cdot \frac{o}{2} \cdot \frac{t_{1k}}{t_{u,l}} \quad 6.7$$

6.2.2 Stroški za orodja - S_o

Pri obdelavi uporabljamo različna orodja, ki so lahko za posamezne vrste primerov različna. Če so razlike neznatne, jih ne upoštevamo. Stroške za orodja računamo po enačbi:

$$S_o = (V_n - V_{odp} + S_{o,br})/n \quad 6.8$$

6.2.3 Stroški stroja S_s

Stroški stroja so seštevek stroškov osnovne vrednosti stroja, kapitala, vzdrževanja, prostora in energije. Ker je stroj s predvidenim naročilom zaseden le del časa, moramo ta delež izračunati. Pri tem upoštevamo letni odpis vrednosti stroja in delež zasedenosti z naročilom oziroma podanim obdelovancem.

Stroški osnovne vrednosti stroja na obdelovanec:

$$S_s = V_n \cdot \frac{t_{1k}}{t_{u,l}} \quad 6.9$$

Stroške obresti kapitala za nakup stroja pa izračunamo po enačbi:

$$S_{ko} = V_n \cdot \frac{o}{2} \cdot \frac{t_{1k}}{t_{u,l}} \quad 6.10$$

Stroške vzdrževanja stroja izračunamo po enačbi:

$$S_{vz} = S_{vz,l} \cdot \frac{t_{1ki}}{t_{u,l}} \quad 6.11$$

Za izračun stroškov energije za stroj uporabimo enačbo 6.6.

Stroške za prostor izračunamo po enačbi:

$$S_{pr} = P \cdot c_{pr} \cdot \frac{t_{1k}}{t_{u,l}} \quad 6.12$$

6.2.4 Posebni izdelovalni stroški - S_{piz}

Posebne izdelovalne stroške - stroške za dodatno delo samo ocenimo. Običajno vključujejo delo za popravilo ali pomoč. K tem stroškom dodamo še stroške za pomožni material in hladilno sredstvo ter stroške za izmet.

Stroške izmeta na naročilo izračunamo po enačbi:

$$S_{iz} = \frac{p}{1-p} \cdot V_{iz} \quad 6.13$$

Običajno so posebni izdelovalni stroški S_{piz} podani za celotno naročilo ali serijo.

6.2.5 Stroški dela - S_d

Pri izračunu stroškov dela moramo upoštevati vse čase, ki so povezani s predvideno obdelavo. Čas čiste obdelave na kos določimo na osnovi tehnologije obdelave, ki je odvisna od režima dela ter pogosto tudi od vpenjalnega pripomočka. Čas za menjavo obdelovanca pomeni čas za nameščanje, vpenjanje, merjenje, izpenjanje in odlaganje obdelovancev ter za čiščenje pripomočka pred dodajanjem naslednjega obdelovanca. Čas za pripravo obdelovalnega pripomočka pomeni pripravo delovnega mesta za naročilo. Pogosto k skupnemu času dodamo še izgubljeni čas. Lahko ga podajamo na dan ali na kos. Je odvisen od delavca (osebne potrebe) ali organizacije dela (ni obelovancev, ni orodja itd). Tako so stroški sestavljeni iz stroškov S_{dv} , ki so odvisni od velikosti naročila in stroškov S_{df} , ki od naročila niso odvisni.

Stroški dela na kos izračunamo po enačbi:

$$S_d = S_{df} + S_{dv} = c_d \cdot \frac{t_{pr}}{n} + c_d \cdot (t_g + t_d + t_{izg}) \quad 6.14$$

6.2.6 Dodatni stroški dela S_{os}

V podjetjih k stroškom v neposrednem delu po standardu VDI 2027 dodajajo tudi tako imenovane splošne izdelovalne stroške. V njih so zajeti stroški za vodenje delavnice, transport, obračunavanje storitev in drugo. V posameznih podjetjih jih vrednotijo s konstanto d , ki je med 1,5 in 2,5:

$$S_{os} = d \cdot S_d \quad 6.15$$

V enačbah 6.1 do 6.15 so uporabljene naslednje označbe:

- A - doba amortizacije (za sestavljanke je od 10 do 15 let), za obdelovalne stroje 4 do 5 let, lahko pa je tudi predvideno število let uporabe,
- d - faktor za izračun dodatnih stroškov dela,
- c_d - cena dela (SIT/h),
- c_e - cena energije (SIT/kW ali m^3),
- c_{pr} - cena prostora na leto na enoto (SIT/ m^2 leto),
- E - količina energije na obdelovanec (elektrika v kW, zrak v m^3),
- p - dovoljeno razmerje izmečka (povprečno) proti naročenim obdelovancem,
- n - število obdelovancev v seriji ali naročilu,
- n_{sop} - predvideno skupno število obdelovancev na pripomoček (v vseh serijah),
- N_{pl} - povprečno število vgraditev posameznih elementov ali enot na leto,
- o - obrestna mera na posojilo oziroma kapital (%),
- P - število enot prostora, ki ga stroj zaseda (SIT/enoto),
- S_d - stroški dela za obdelavo (SIT/obdelovanec),
- S_{df} - fiksni stroški stroški dela za obdelavo (SIT/obdelovanec),
- S_{dv} - variabilni stroški dela za obdelavo (SIT/obdelovanec),
- S_{iz} - stroški izmeta (SIT/obdelovanec),
- S_{ko} - stroški za kalkulatívne obresti (SIT/obdelovanec),
- S_e - stroški energije za obdelovalni pripomoček (SIT/ obdelovanec),
- S_o - stroški za orodje (SIT/obdelovanec),
- $S_{o,br}$ - stroški brušenja orodja (SIT/naročilo),
- S_{os} - splošni ostali izdelovalni stroški (SIT/obdelovanec),
- S_{obd} - skupni stroški obdelave (SIT/obdelovanec),
- S_{pr} - stroški za prostor (SIT/obdelovanec),
- S_s - stroški osnovne vrednosti stroja (SIT/obdelovanec),
- $S_{skl,l}$ - stroški letnega skladiščenja (SIT/leto),
- $S_{vzd,l}$ - letni kalkulatívni stroški vzdrževanja (SIT/leto),
- S_{vzd} - stroški vzdrževanja stroja (SIT/obdelovanec),
- $S_{s,op}$ - stroški splošnega pripomočka (SIT/obdelovanec),
- $S_{n,op}$ - stroški namenskega pripomočka (SIT/obdelovanec),
- $S_{ns,op}$ - stroški namenskega sestavljenega pripomočka (SIT/obdelovanec),
- t_d - dodatni čas (h/obdelovanec),
- t_g - glavni čas (h/obdelovanec),
- t_{izg} - izgubljeni čas (h/obdelovanec),
- t_{pr} - čas preureditve delovnega mesta čas (h/obdelovanec),
- t_{lk} - čas obdelave na obdelovanec (h/obdelovanec),
- $t_{u,l}$ - čas predvidene uporabe pripomočka, orodja, stroja na leto, čas odpisa (h/l),
- T_{sk} - skupno število točk sistema,
- $T_{op,sk}$ - skupno število točk v sestavljeni pripomoček vgrajenih delov
- V_n - vrednost pripomočka, orodja ali stroja pri nabavi (SIT),
- V_{odp} - vrednost obdelovalnega pripomočka ob odpisu (SIT),
- V_i - vrednost v podjetju izdelanega pripomočka ali dodatnih delov (SIT),
- V_k - vrednost kupljenega pripomočka (SIT),
- V_{ses} - skupna vrednost sestavljenega obdelovalnega pripomočka (SIT),

Za zbir izračunov lahko uporabimo razpredelnico 6.3.

Razpredelnica 6.3. Izračun stroškov obdelave

Izračun stroškov obdelave			
Naročilo:		Zaporedna številka:	
Stroj / delovno mesto:			
Ime pripomočka:			
Predkalkulacija / Poračun		Obračunal:	Dne:
Podane vrednosti:			
Število kosov v naročilu n_{kn} :			
Normativni čas obdelave na kos t_{1k} : (h)			
Obresti na vložena sredstva: (%)			
Zap. številka	Opis in izračun	1 kos	n_{kn}
1	Stroški za obdelovalni pripomoček:		
1.1	Stroški za obdel. pripomoček/kos ($S_{s,op}$ - enačbe 6.3, 6.4, 6.5)	.....	.....
1.2	Stroški energije (S_e - enačba 6.6)	.....	.....
1.3	Stroški obresti na kapital za pripomoček (S_{ko} - enačba 6.7)	.....	.....
	Skupaj stroški za pripomoček ($S_{x,op}$)	.....	.....
2	Stroški orodja (S_0 - enačba 6.8)	.....	.....
3	Stroški stroja:		
3.1	Osnovna vrednost stroja (S_s - enačba 6.9)	.....	.....
3.2	Obresti na investicijo (S_{ko} - enačba 6.10)	.....	.....
3.3	Stroški vzdrževanja (S_{vz} - enačba 6.11)	.....	.....
3.4	Stroški energije (S_e - enačba 6.6)	.....	.....
3.5	Stroški prostora (S_{pr} - enačba 6.12)	.....	.....
	Skupaj stroški stroja (S_s)	.....	.....
4	Posebni pogoji dela:		
4.1	Pomožni material (hladila sredstva)	.....	.....
4.2	Izmet (S_{iz} - enačba 6.13)	.....	.....
4.3	Drugo	.....	.....
	Skupaj stroški ($S_{p iz}$)	.....	.....
5	Stroški dela		
5.1	Priprava delovnega mesta (S_{df})	.....	.....
5.2	Stroški obdelave na kos (S_{dv})	.....	.....
	Skupaj stroški dela (S_d - enačba 6.14)	.....	.....
6	Splošni dodatni stroški (S_{os} - enačba 6.15)	.....	.....
	Skupaj stroški S_{obd} (v SIT)	.....	.....

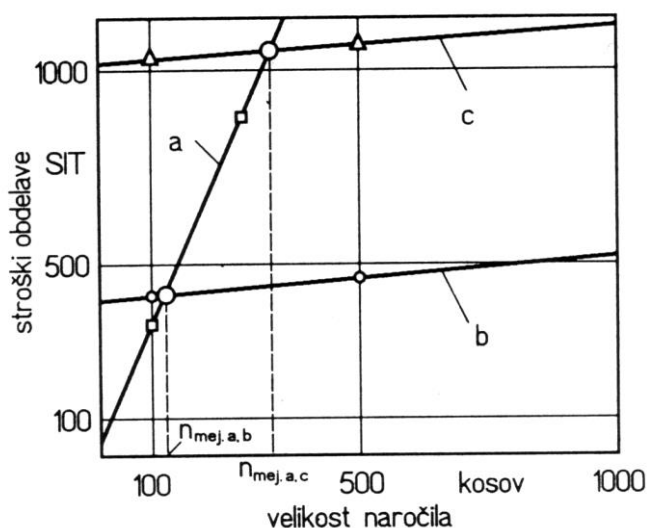
6.3 Primerjava stroškov

Za primerjavo stroškov lahko izračunamo absolutno razliko stroškov, prikažemo odvisnost razlike stroškov od velikosti naročila ter določimo mejno število obdelovancev v naročilu.

Absolutna razlika stroškov R je odvisna od načina dela in od obdelovalnega pripomočka. Če so na primer stroški orodja za vse primere, ki jih analiziramo, nespremenjeni, jih ne upoštevamo.

$$R = S_{\text{obd},1} - S_{\text{obd},2} \quad 6.16$$

Odvisnost stroškov od naročila prikažemo z diagramom (slika 6.1). Pri tem ločimo stroške, ki so neodvisni od velikosti naročila, ali fiksne stroške in stroške, ki so odvisni od velikosti naročila, ali variabilne stroške.



Slika 105. Odvisnost stroškov od velikosti naročila za variante a, b in c

Fiksni stroški S_f , ki so neodvisni od naročila, so na primer stroški obdelovalnega pripomočka (točka 1.1 razpredelnica 6.3), stroški za pripravo delovnega mesta ($t_{pr} \times$ cena dela) in dodatni stroški za to delo.

Razpredelnica 6.4. Prikaz primera fiksnih stroškov S_f za posamezne variante obdelave

	Varianta a	Varianta b	Varianta c
Stroški pripomočka na naročilo ($S_{x,op}$)			
Stroški priprave delovnega mesta (S_{df})			
Dodatni stroški za delo priprave delovnega mesta ($d \cdot S_{df}$)			
Skupaj stroški S_f			

Variabilni stroški S_v , odvisni od velikosti naročila, so na primer stroški dela ($t_g + t_{mo} + t_{izg}$) \times cena ure, dodatni stroški za delo, delež odpisa, obresti kapitala in podobno.

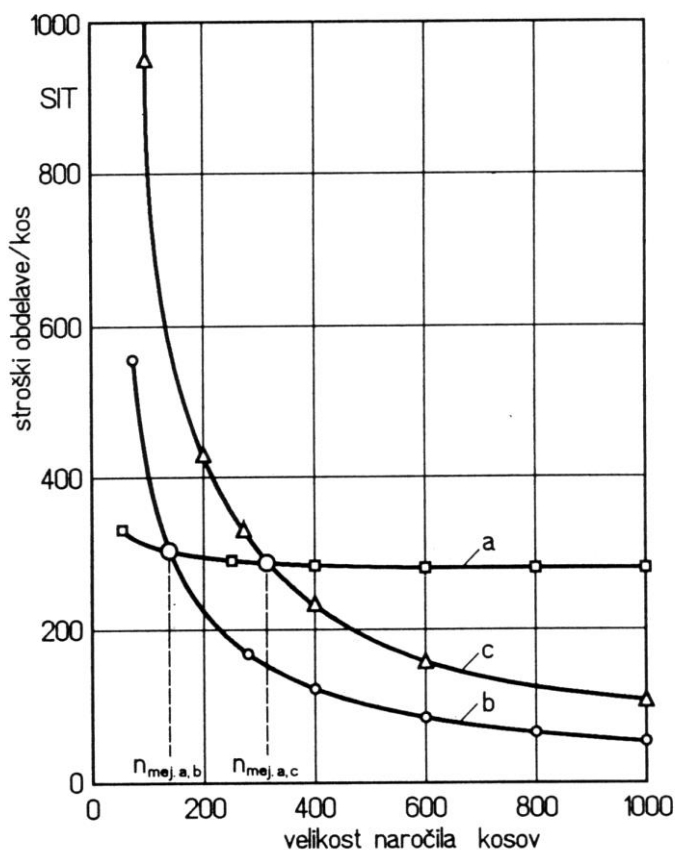
Razpredelnica 6.5. Prikaz primera variabilnih stroškov S_v za posamezne variante obdelave

	Varianta a	Varianta b	Varianta c
Stroški energije za pripomoček (S_e)			
Stroški kapitala (S_{ko})			
Stroški dela (S_{dv})			
Splošni dodatni stroški dela ($d \cdot S_{dv}$)			
Skupaj stroški S_v			

Mejno število obdelovancev v naročilu n_{mej} računamo vedno tako, da primerjamo dva načina obdelave. Pri tem ugotavljamo, pri katerem od obeh načinov obdelave so stroški manjši. To mejno vrednost lahko odberemo iz diagrama na sliki 105 ali pa ga izračunamo po enačbi (6.17):

$$n_{mej\ a,b} = (S_{f,a} - S_{f,b}) / (S_{v,b} - S_{v,a}) \quad 6.17$$

Prikažemo pa lahko tudi, kako se spreminjajo stroški na obdelovanec z večanjem števila obdelovancev v naročilu (slika 106). Tudi iz tega diagrama lahko ugotovimo mejno število obdelovancev n_{mej} .



Slika 106. Stroški obdelave na obdelovanec

6.4 Prikaz gospodarnosti uporabe vpenjalnih pripomočkov

Pri prikazu gospodarnosti priporočamo naslednji potek dela:

- a - predlog obdelave oziroma obdelovalnih pripomočkov v več izvedbah (variantah),
- b - določitev velikosti naročila, ali bo narejena analiza samo za en obdelovanec ali več obdelovancev,

- c - izračun stroškov za posamezne izvedbe (razpredelnice 6.1, 6.2, 6.3),
- d - analiza, kateri stroški se odvisni od izvedbe in kateri niso,
- e - analiza, katerih deleži odvisnih stroškov so tako majhni, da jih lahko zanemarimo,
- f - prikaz stroškov, ki so odvisni od izvedbe, v razpredelnici (uporabimo lahko razpredelnico 6.3),
- g - prikaz absolutne razlike stroškov (enačba 6.16),
- h - prikaz nespremenljivih oziroma fiksnih stroškov v razpredelnici v odvisnosti od variante (razpredelnica 6.4),
- i - prikaz spremenljivih oziroma variabilnih stroškov v razpredelnici v odvisnosti od variante (razpredelnica 6.5),
- j - izdelava diagrama odvisnosti stroškov od velikosti naročila za posamezne variante (razpredelnica 6.3, slika 105),
- k - izdelava diagrama poteka stroškov na kos v odvisnosti od velikosti naročila (razpredelnica 6.3, slika 106),
- l - določitev mejnega števila za posamezne variante obdelave (enačba 6.17),
- m - odločitev, po kateri varianti bomo obdelovali.

LITERATURA

Abendroth, A.: Die Vorrichtung im Maschinenbau, Fachbuchverlag, Leipzig, 1958.

Autorenkollektiv: Vorrichtungen, Carl Hanser Verlag Technik, Berlin, 1953.

Autorenkollektiv: Vorrichtungen: Rationelle Planung und Konstruktion, VDI - Verlag GmbH, Düsseldorf, 1992.

Bolotin, Ch.L., Kostromin, F.P.: Vorrichtungen für die Zerspanung, VEB Verlag Technik, Berlin, 1953.

Halder norm+technik, Modular Jig and Fixture Systems, Erwin Halder KG, Bronnen, 1991.

Kobe, J.: Obdelovalni pripomočki, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, 1976.

Marek, E.: Mehanska tehnologija II, VTŠ Maribor, 1964.

Schreyer, K.: Werkstückspanner, Springer Verlag, Berlin, 1969.

VSEBINA

1	UVOD	1
2	OSNOVE	5
2.1	Obdelovanci	5
2.1.1	Oblikovanje izdelkov in vpenjanje	7
2.1.2	Oblika, mere, površina in vpenjanje obdelovancev	7
2.2	Baze	8
2.2.1	Osnovna ravnina	8
2.2.2	Položajna ravnina in položajne črte	10
2.3	Določitev lege obdelovancev v vpenjalnih pripomočkih	11
2.3.1	Osnovni načini pozicioniranja	11
2.3.2	Napake pri pozicioniranju	19
2.3.3	Večkratna določitev lege obdelovanca proti orodju	22
2.4	Določitev lege obdelovancev in pripomočkov na stroju	24
2.5	Vpenjanje in vpenjalne sile	29
2.5.1	Vpenjalne sile	29
3	ELEMENTI OBDELOVALNIH PRIPOMOČKOV	36
3.1	Oporni in pozicionirni elementi	36
3.1.1	Pozicionirni elementi za ravne ploskve	36
3.1.2	Pozicionirni elementi za valjaste obdelovance	39
3.1.3	Lokatorji	40
3.1.4	Izračun ugreza pri pozicioniranju s čepi	41
4	VPENJALNI ELEMENTI IN ENOTE	43
4.1	Zagozde	43
4.2	Vpenjanje z vijaki	44
4.3	Izsredniki (ekscentri)	47
4.4	Vpenjanje s pnevmatičnimi in hidravličnimi valji	48
4.5	Prenos vpenjalnih sil	50
4.5.1	Vzvodni ali ročni vpenjalniki	50
4.5.2	Prenos vpenjalnih sil s hidravličnim medijem	55
4.5.3	Prenos vpenjalne sile z elastičnimi elementi	59
4.5.4	Prenos vpenjalnih sil na vpenjalne čeljusti	63
4.5.5	Prenos vpenjalnih sil pri centriranju med konicami	66
4.6	Elementi za vodenje orodij	67
4.7	Osnovno telo vpenjalnih pripomočkov	70

5	OBDELOVALNI PRIPOMOČKI ZA RAZLIČNE OBDELAVE	73
5.1	Vpenjanje pri struženju	73
5.2	Vrtalni pripomočki	74
5.3	Frezalni pripomočki	77
5.4	Pripomočki za skobljanje in pehanje	80
5.5	Vpenjanje pri posnemanju	81
5.6	Vpenjanje pri brušenju	82
6	GOSPODARNOST UPORABE VPENJALNIH PRIPOMOČKOV	83
6.1	Izračun vrednosti obdelovalnega pripomočka	84
6.1.1	Vrednost pripomočka, ki ga sami izdelamo - V_i	84
6.1.2	Vrednost sestavljenega pripomočka - V_{ses}	84
6.1.3	Vrednost kupljenega pripomočka - V_k	86
6.2	Stroški obdelave z uporabo vpenjalnih pripomočkov - S_{obd}	87
6.2.1	Stroški za vpenjalne pripomočke - $S_{x,vp}$	87
6.2.2	Stroški za orodja - S_o	88
6.2.3	Stroški stroja S_s	88
6.2.4	Posebni izdelovalni stroški - S_{piz}	88
6.2.5	Stroški dela - S_d	89
6.2.6	Dodatni stroški dela S_{os}	89
6.3	Primerjava stroškov	92
6.4	Prikaz gospodarnosti uporabe vpenjalnih pripomočkov	93