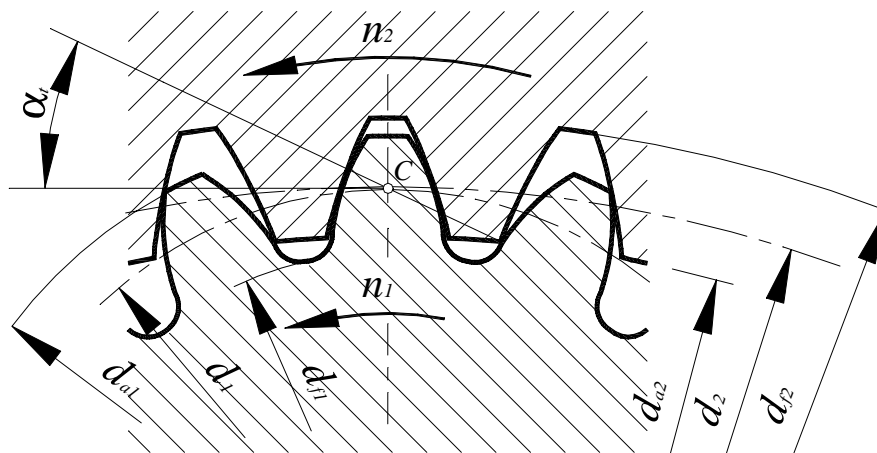


12.2.5.10 Vnat re{ ni zap-est i parovi

Prosti ot vnatre{ en zap-est par se sosti od eden golem vnat re{ no nazabeni eden mal nadvore{ no nazabeni zap-enik (sl.12.40). Kako slo`eni prenosnici vakvite parovi se narekuvaat planet arni i se sosti od eden golem vnat re{ no nazabeni pove}e mal i nadvore{ no nazabeni zap-eni ci.



Sl.12.40 Det al na spregnuvawe kaj vnat re{ en zap-est par

Evolventni ot profil na vnatre{ ni ot zabec nastanuva na ist na-in kako i na nadvore{ ni ot, so taa razlika { to kaj vnatre{ no nazabeni te venci na zap-eni ci te kako aktiven del na profil ot se koristi konkavnata (vdl abnatata) strana na evolventata. Spored toa, vo sprega se konveksen (nadvore{ no nazabeni venci) so konkaven (vdl abnat) del od evolventata (vnatre{ no nazabeni venci). Kako rezultat na vakvoto spregnuvawe doa|a do poniski pritisoci na bokovite od spregnatite zapci, podobro podma-kuvawe, pogolem stepen na spregnuvawe na profilit e, { to doveduva do pomirna rabota. Vnatre{ ni te parovi imaat pomali gabaritni dimenzii od nadvore{ ni te zap-esti parovi. Nasokata na vrtewe kaj vnatre{ ni te zap-esti parovi e ista i na pogonski ot i na goneti ot zap-enik. Pri ist boj zapci na pogonski ot i goneti ot zap-enik ($z_1 = z_2$), vnatre{ ni ot zap-est par preminuva vo zap-esta spojnic a { to nao|a gol ema pri mena vo ma{ i nstvoto.

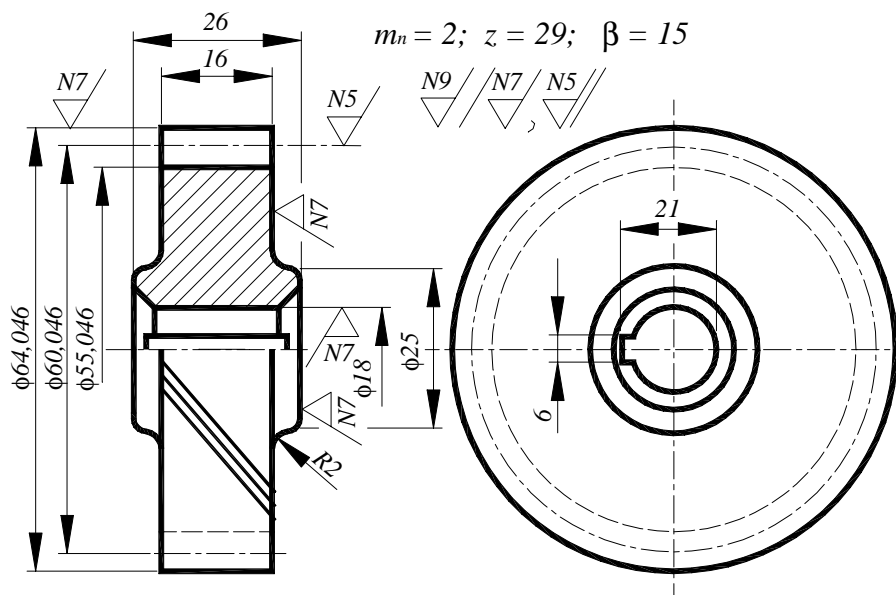
Opasnosta od zaglavuvawe kaj prenosnici te so vnatre{ no nazabuvawe, vo sporedba so nadvore{ no nazabeni te prenosnici e pogol ema, { to se otstra-

nuva so soodvetno skratuvawe na glavata na zabecot ili so soodvetno pomestuvawe na profilot. Vo tekot na izrabortkata na vnatre{ no nazabeni ot venec se pojavuvaat te{ kotii, osobeno ako se raboti za kosi, a u{ te poveke za strelesti zapci. I pokraj ovie nedostatoci i te{ kotii vo izrabortkata, cilindri ~nite vnatre{ ni zap~esti parovi se izrabortuvaat vo razni di menzi i i nao|aat sé pogol ema pri mena vo ma{ i nstvoto.

Posebna primena i zna~ewe imaat vo izrabortkata na planetnite, a vo posledno vreme i kaj diferencijalnite prenosni ci (avtomobili). Re~isi redovno rabotat kako reduktori, a retko kako multiplikatori. So vnatre{ nite zap~esti parovi se sovladuvaat pogolemi prenosni odnosi otkol ku so nadvore{ ni te.

12.2.5.11 Prika` uvawe na zap~enicite

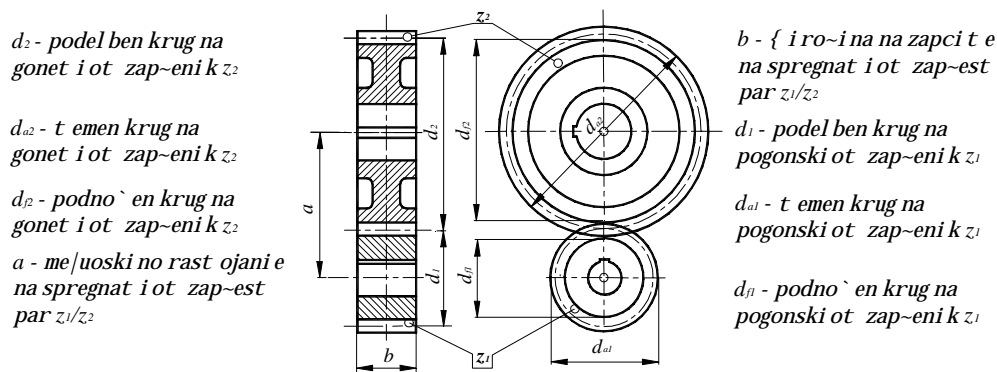
Nazabeni ot venec na zap~enicite se crta uprosteno kako { to e prika` ano na *sl.12.41*, taka { to se navedeni pre~nikot na temeni ot d_a , podelbeni ot d i podno` ni ot krug d_f , a merite { to se odnesuvaat na teloto na zap~enikot se normalno prika` ani. Drugite potrebni podatoci za izrabortka i kontrola na nazabeni ot venec kako { to se brojot zapci z , standardni ot modul m_n , pre~nikot na osnovni ot krug d_b i drugi se naveduvaat vo posebna tabela { to e ` .



Sl.12.41 Rabot i l ni ~ki crt e` na nadvore{ no nazaben zap-eni k

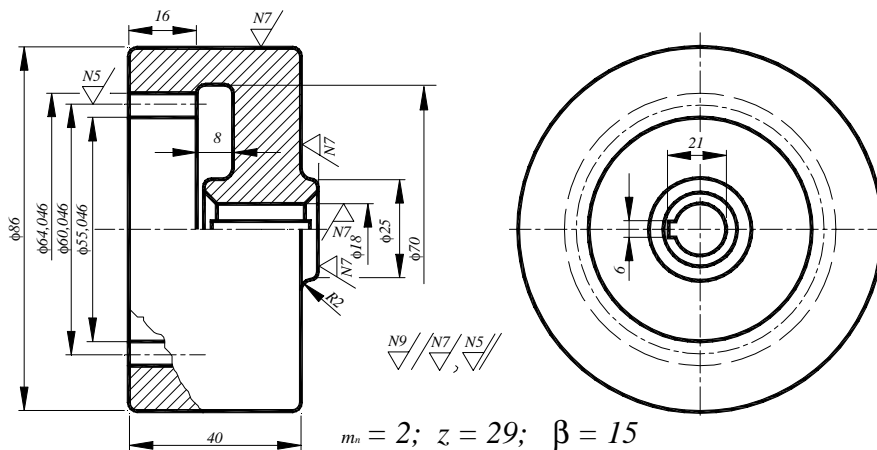
Pokraj crte` ot vo specijal nata tabela, po potreba, se davaat i nekoi drugi dopolnitelni podatoci { to mo`at da poslu`at za izrabortka i kontrola na zap~eni kot kako: prof il ot na zabecot (dokol ku otstupuva od standardni ot), merata preku zapci (za kontrol a na nazabuvaweto) i dr.

Na *sl.12.42* e pri ka` ano pravi l no pretstavuvawe na cil i ndri ~en zap-est par, pri { to di menzi i te na zap~eni ci te i ni vnoto me|uoski no rastojani e ne se dadeni so ni vni te konkretni vrednosti , tuku so op{ ti oznaki .



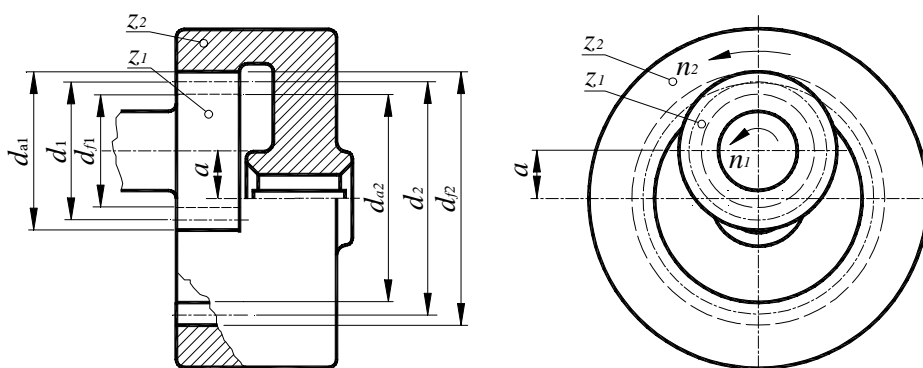
Sl.12.42 Pravi l no pret st avuvawe na nadvore{ en cil i ndri ~en zap-est par

Na *sl.12.43* e pri ka` ano pravi l no pretstavuvawe na vnat re{ no nazaben cil i ndri ~en zap-eni k, pri { to di menzi i te na zap~eni ci kot se dadeni so ni vni te konkretni vrednosti .



Sl.12.43 Rabot i l ni ~ki crt e` na vnat re{ no nazaben cil i ndri ~en zap-eni k

Na *sl.12.44* e prikano pravilno pretstavuvawe na vnatre{ en cilindri~en zap~est par pri { to dimenziite na zap~enicite i nivnoto



me|uoski no rastojani e se dadeni vo op{ ti oznaki.

Sl.12.44 Vnat re{ en cilindri~en zap~est par

Po potreba, dokol ku otstupuva od standardi te, na crte` ot e potrebno da se dade i profi lot na zabecot.

Tabelata { to se prilo` uva kon uprosteni ot crte` na zap~eni kot gi sodr` i osnovni te podatoci { to go defini raat geometri ski ot oblik na zapci te, kako { to se standardni ot normal en modul m_n , brojot na zapci te z , agol ot na zapci te β , kako i potrebni te podatoci i meri za kontrola na merata preku zapci (vi di [5]), teti vna debeli na na zabecot na podel beni ot krug vo normal nata ramni na i drugi. Dokol ku e potrebno, na crte` ot treba da se navedat i propisi te za stati~ko i dinami~ko uramnote` uvawe na zap~eni kot.

12.2.5.12 I zbor na osnovni te paramet ri na cilindri~ni te zap~eni ci

Pod osnovni parametri kaj zap~estite parovi se podrazbi raat: tipot, { iro~inata b , brojot na zapci z_1 i z_2 , prenosni ot odnos i , agol ot na zakosuvawe na zapci te β , materijal ot i na~inot na podma~kuvawe na zap~enicite. Vo ovoj del od materijal ot }e bi dat navedeni neкои preporaki i nasoki za na~inot na nivni ot izbor, vo zavisnost od namenata na zap~esti ot prenosnik. Od izborot na ovie parametri mnogu zavis

pravilnata, mirna i ti vka rabota na zap-estite parovi, a so toa i na cel i ot zap-est prenosnik.

12.2.5.12.1 I zbor na tipot na zap-enicite

Osnoven kriterium za izbor na tipot na zap-enicite so pravi ili kosi zapci e perifernata brzina v . Taka, za mali brzini do pribli`no $v = 6,0$ [m/s] i sporedna namena se izbi raat zap-enci so pravi zapci. Za razlika od toa, kaj zap-estite parovi so namena za preciznata mehanika, mernite instrumenti i pri periferni brzini zna-itelno pogol emi od $v = 6,0$ [m/s] se izbi raat zap-enci so kosi zapci, { to denes dobi vaat sé pogol ema pri mena.

Ako, poradi postavenosta na oskite na vrtewe se raboti za koni-en zap-est par, toga{ namesto so kosi se izbi raat zap-enci so krivi zapci, osobeno koga se vo pra{awe odgovorni i visoko optovareni zap-esti prenosnici od koi se bara vonredno mirna rabota.

12.2.5.12.2 I zbor na { iro-inata na zap-enicite b

Osnoven kriterium za izbor na { iro-inata, odnosno dol`inata na zap-nicite b e streme`ot za { to e mo`no poramnomerna raspredelba na optovaruvaweto po dol`inata na linijata na dopi rot na aktivnite bokovi na spregnatite zapci. Za da se postigne ova cel potrebna e visoka preciznost i to-nost na izrabotka na zap-enicite, kako i postignuvawe na golema krutost na vratilata i nivnite potpori. Bidej}i seto ova e te{ko izvodljivo, dokolku ne e diktirana od neкои drugi uslovi, { iro-inata na zap-enicite b se izbi ra spored mo`nosti te za ostvaruvawe na kolku { to e mo`no poramnomerna raspredelba na optovaruvaweto po dol`inata na linijata na dopi rot. Kako zadovolitelno merilo vo toj pogled se zema odnosot na { iro-inata na zap-enicite b sprema podelbeni ot pre-nik na mali ot zap-enik d_1 , t.e. faktorot $\kappa = b/d_1$, ~ii orientacioni vrednosti se navedeni vo *tab.12.11*.

Tab.12.11 Orient acioni vrednost i na fakt orot $\kappa = b/d_1$

| | |
|---|--------------------------------------|
| $\kappa = (0,1 \text{ do } 0,3 \text{ do } 0,5) + i / 20$ | Za cement i rani zap-enci |
| $\kappa = (0,2 \text{ do } 0,5 \text{ do } 0,8) + i / 10$ | Za podobreni i nekaleni zap-enci |
| $\kappa = 0,7$ | Za mali ot zap-enik na prepust |
| $\kappa = 1,2$ | Za mali ot zap-enik pome/ule`i { t a |

Utvrdenata vrednost na $\{i\}$ ro-inata b treba da se zaokru`i na standarden ili cel broj.

12.2.5.12.3 Izbor na brojot zapci na maliot zap~enik - z_1

Na-elno, potrebno e da se izvr{i poven izbor na brojot zapci na maliot zap~enik z_1 , a brojot zapci na golemi ot zap~enik z_2 zavisi od prenosni ot odnos i . Pri toa, potrebno e da se znae deka pomali ot broj zapci vo tekot na izrabortkata vodi kon opasnosta od takanare~enoto *pot sekuvawe* vo koren ot na zabecot, { to pridonesuva za smaluvawe na jakosnata otpornost na zabecot. Doka`ano e deka potsekuvaweto na koren ot na zabecot se javuva kaj $z \leq 17$.

Opasnosta od potsekuvawe vo koren ot na zabecot vo faza na izrabortka na zap~enik ot, odnosno opasnosta od zaglavuvawe na takvite zap~enici te vo tekot na spregnuvaweto, mo`e da se odstrani na nekolku na~ini od koi denes naj~esto se primenuva takanare~enoto *pomest uvawe* (vidi [4]), konkretno, *oddale~uvawe* na osnovnata zap~esta letva od idni ot zap~enik, pri { to potsekuvaweto vo koren ot na zabecot se smaluva, no istovremeno se smaluva i temenata debelina na zabecot, taka { to pri nekoe grani~no pomestuvawe nejzignata debelina e nula, t.e. doajda do pojava na { *pi cest zabec*.

Vo praktikata se dozvoluva zapcite da bidat nezna~itelno potse~eni, tolku kolku da nema vlijanie toa potsekuvawe ni tu na spregnuvaweto na zap~enici te ni tu na otpornosta na koren ot od zabecot. Vo taasmisla kako grani~en (najmal) broj zapci se dozvoluva izrabortka na zap~enici so broj na zapci $z = 14$ za standardni ot agol na dopirnicata $\alpha_n = 20^\circ$. Dokolku pri izrabortkata na zap~enici te se primeni pomestuvaweto na osnovnata zap~esta letva, toga{ za zap~enici te so pravi zapci e dopu{ten $z_{min} = 7$, a za zap~enici te so kosi zapci ($\beta \geq 19^\circ$) i do $z_{min} = 6$.

Treba da se istakne deka ovoj broj na zapci odgovara za krajno mali periferni brzini. Za golemi brzini, { to denes e po~est slu~aj vo praktikata, za opredelen pre~nik d treba da se izberi i pogolem broj zapci, { to od svoja strana uslovuva pomal modul, pri { to mo`nosta za poprecizna izrabortka e pogolima.

Od navedenite i drugi pri~ini, kaj brzoodnite zap~enici ($v > 20$ m/s), se prepоруva izbor na $z_1 > 20$. Kaj pomalite prenosni odnosi se prepоруva i

zna-itelno pogolem broj zapci, osobeno ako se vo pra{awe pogolemi optovaruvawa, pri {to akvite zap-enci imaat i pomalo lizgawe, pa i abeweto e pomalo. Kone~no, kaj zap-encite so pogolem broj zapci i kol i ~estvoto si mnat materijal pri izrabortkata e pomalo, {to povlekuva i vlo`uvawe pomal ku energija za taa cel.

12.2.5.12.4 I zbor na prenosni ot odnos i

Na izborot na prenosni ot odnos mo`e da imaat vlijani e pove}e faktori, vo prv red dali zap-encite se so pravi ili kosi zapci, ni vnata periferne brzina, namenata i masata, cenata na prenosni koti drugi.

So oglead na namenata na prenosni kot, prenosni ot odnos mo`e da bide to~no propi{an (sinhroniziran) ili, vo pogolema ili pomala mera, proizvolen. Dokolku prenosni ot odnos e cel broj, pri periodi~no promenliv vrte`en moment T_l , najgol emoto optovaruvawe go pri fa}aat edni isti zapci i pritoa doaja do nivno brzo abewe, pa i kr{ewe dokolku vo takvoto optovaruvawe se javat i udari. Dokolku ne e rigorozno propi{an, brojot na zapci na gol emi ot z_2 ne treba da bi dat deliv so brojot na zapci na mali ot zap-enik z_1 , taka {to prenosni ot odnos ne treba da bide so kone~na ili periodi~na vrednost. Vo taa smisla treba da se izbira $i=50/21$, a ne $i=50/20$. Vo sprotiven slu~aj sekoj zabec barem od edni ot zap-enik naizmeni~no vleguva vo sprega pod nepogodni uslovi. Prethodnata preporaka osobeno va`i koga se raboti za golemi periferni brzini i vo slu~ai te koga se o~ekuvaat pogolemi udari i neramnomernosti vo tekot na rabotata.

Kako maksimalni grani~ni vrednosti na prenosni ot odnos i za cilindri~nite zap-esti parovi mo`e da se smetaat:

- $i_{max} = 10$ – za pravi zapci pri ra~en pogon i povremena upotreba na prenosni kot
- $i_{max} = 7$ – za pravi zapci i sporedni celi so $v < 2,0$ [m/s]
- $i_{max} = 5$ – za pravi zapci i sporedni celi so $2,0 < v < 12,0$ [m/s]

odnosno

- $i_{max} = 10$ – za kosi zapci pri ra~en pogon i povremena upotreba na prenosni kot
- $i_{max} = 8$ – za kosi zapci i sporedni celi so $v < 2,0$ [m/s]

- $i_{max} = 6$ – za kosi zapci i sporedni celi so $2,0 < v < 12,0$ [m/s]
- $i_{max} \leq 5$ – za kosi zapci i sporedni celi so $v > 12,0$ [m/s]

Dokol ku rabotni te uslovi se pote{ki, t.e. optovaruvawata i periferenata brzi na pogol emi, dotol ku popogodni se pomali te prenosni odnosi.

Koga e vo pra{awe prenosen odnos $8 < i < 60$ se prepore{ava izvedba na slo`en dvostepen zap~est prenosnik, bidej{i so prosti ot ednostepen prenosnik se dobi va golema razlika vo pre~nicite na mali ot i golemi ot zap~enik, a se javuvaat i nepravilnosti vo spregnuvaweto. Za prenosen odnos $60 < i < 300$ se pri menuva slo`en tri stepen zap~est prenosnik.

12.2.5.12.5 I zbor na agolot na zabecot - β

Pri izborot na agolot na zabecot β treba da se vodi smetka da dojdut do izraz prednosti te na zap~enicite so kosi, vo odnos na tie so pravi zapci. Vo taa smisla, bi trebelo da se odi na negovi povi soki vrednosti, no bidej{i vo toj slu~aj se javuva i pogolema aksijalna sila { to gi optovaruvale`i { tata i vratiloto, izborot na agolot na zapcite e vo umereni granici i toa od $\beta = 8^\circ$ do $\beta = 25^\circ$. Za zap~enici so pogolema {iro~ina, odnosno so pogolema dol`ina na zapcite, obi~no se biraat vrednosti $\beta \leq 15^\circ$. Kaj zap~estite parovi so strel esti zapci, kaj koi aksijalnata sila e neutral izirana, agolot na zapcite mo`e da bi de do $\beta = 40^\circ$ pa i do $\beta \leq 45^\circ$.

12.2.5.12.6 I zbor na sredstvoto za podma~kuvawe

Efikasnoto podma~kuvawe na zap~estite parovi e eden od bitnite uslovi za ispravna i dolgotrajna rabota na prenosni kot vo celost. Kako { to e poznato, pri me|usebnoto lizgawe na dve povr{ini, { to se pojavuva i pome|u bokovite na spregnate zapci kaj zap~estite parovi, nepovolnoto deluvawe na silata na triewe zna~itelno se smaluva ako se obezbedi efikasno podma~kuvawe. Od osobenostite na sredstvoto za podma~kuvawe zavisi i otporot na lizgawe, koj { to e osobeno intenziven pri spregnuvaweto na vrvot na pogonski ot so podno`jeto na goneti ot zabec, koga i brzina na lizgawe ima najgolema vrednost.

Sredstvoto za podma~kuvawe pomaga i vo procesot na ladewe na prenosni kot, osobeno ako se doveduva vo izobilie. Bidej{i pri mali brzini ne mo`e da se sozdade potreben hidrodinami~en pritisk vo masleni ot sloj, a pri pogolemi brzini, poradi golemata centri fugalna sila, sredstvoto za podma~kuvawe te{ko se zadr`uva na bokovite na zapcite, te{ko e pome|u

zapcitate da se ostvari celosno podma-kuvawe, t.e. triewe na mokri povr{ini. Zatoa pri golemi brzini e potrebno masloto za podma-kuvawe di rektno da se vbri zguva pome|u bokovite na spregnate zapci.

I zborot na na-i not na podma-kuvawe se vr{ i vrz osnova na uslovi te { to mo`at da se sozdatat pri rabotata na prenosni kot. Ako brzinata ne e dovolna ($v < 1,0 \text{ m/s}$) za da se ostvari masl en sl oj pome|u bokovite na zapcite, podma-kuvaweto se vr{ i so *masl i*. Za brzini pomali od $0,3 \text{ [m/s]}$, podma-kuvaweto mo`e da se vr{ i i so *cvrst i sredstva* za podma-kuvawe kako na primer *molibdenov disulfid*. Ovie sredstva se pogodni za podma-kuvawe na otvoreni te prenosnici, a masloto prete`no za podma-kuvawe na zatvoreni te ku}i { ta.

Se pri menuvaat, gl avno, sl edni te na-i ni na podma-kuvawe so masl o:

- so *pot opuvawe* za brzini $4 < v < 15 \text{ [m/s]}$ i
- so *vbri zguvawe* pod pri ti sok za $v > 15 \text{ [m/s]}$

Pri podma-kuvaweto na zap-estite prenosnici so *pot opuvawe*, obi ~no golemi ot zap-enik do okolu $3/4$ od viso~inata na zapcite se potopuva vo maslena bava. Pri pogolema dlabo~ina na potopuvawe, poradi odporot na dvi `eweto na zap-eni kot niz masloto, doa|a do prekumerno zatopl uvawe i so toa do pregol emi zagubi na sil i nata.

Podma-kuvaweto so *vbri zguvawe pod pri t i sok* se izveduva so pomo{ na poseben sistem { to e sostaven od pumpa (zap-esta), filter, ladilnik, raspredilitel, cevki so potrebna armatura i kontrolni instrumenti (termometar, manometar i dr.). Masloto pod pri ti sok so pomo{ na ml aznici (dizni) se vbri zguva di rektno me|u zapcite neposredno pred ni vnoto vleguvawe vo sprega. Vkupnoto koli ~estvo masl o za podma-kuvawe { to ci rku li ra i znesuva okolu $0,5 \text{ [dm}^3/\text{min]}$ za sekoj santi metar od dol ` i na-ta na zapcite *b*. Temperaturata na masloto ne treba da ja premi ne grani cata od $60 \text{ }^\circ\text{C}$ ($333 \text{ }^\circ\text{K}$), bi dej}i pri povi soki temperaturi masloto brzo staree.

Za pove}eto zap-esti prenosnici se upotrebuvaat ~isti mi neral ni masl a, a kaj pove}e optovareni te prenosnici se koristat posebni masl a. Vo ponovo vreme sinteti ~kite masl a nao|aat sé pogolema primena, bi dej}i pod opredel eni uslovi so ni vnata primena mo`e da se postigne nekol ku pati pogolema nosi vost, otkol ku so pri mena na mi neral ni te masl a. Pri pogol emi optovaruvawa se primenuvaat masl a so pogolema viskoznost, bi dej}i ovozm o`uvaat pogol emi pritisoci na masl eni ot sl oj, a pri pogol emi peri f erni brzini, { to go ol esnuvaat sozdavaweto na podebel masl en sl oj, se upotrebuvaat masl a so pomal a vi skoznost.

I zborot na viskoznosta na masloto pri 40°C , odnosno pri 50°C zavisi od vrednosta na *Stribeck* – ovi ot pri ti sok i se meri vo $[\text{mm}^2/\text{s}]$.

12.2.5.12.7 I zbor na materijal za zap~enicite

Vo zavisnost od namenata, perifernata brzina, optovaruvaweto, mo`nosta za smestuvawe, na~inot na izработка i dorabotka, od cenata na ~inewe i drugi okolnosti, za zap~enicite vo ma{instvoto se primenuva {irok dijapazon na materijali po~nuvaj}i od sivi ot liv, preku obi~nite konstruktivni ~elici, sé do legirani te ~elici za podobruvawe i cementacija. Tendencijata za izvedba na pomali gabaritni dimenzii na zap~esticite prenosni ci vodi kon sé pogolema primena na visoko kvalitetni ~elici, osobeno onie so pogolema povr{inska tvrdost i cvrstina. Taka na primer, vo posledno vreme, ~elici te za cementacija sé pove}e gi isti snuvaat dosega ~esto upotrebuvani te ~elici za podobruvawe, pri {to, zaradi postignuvawe {to pogolema cvrstina na bokovite i na podno`jeto na zapcite, isti te se podvrgnuvaat na razni termi~ki obrabotki.

Pokraj metalnite, vo ponovo vreme ~esto se primenuvaat i nemetalni materijali kako {to se razni plastmasi i toa ne samo za mali, tuku i za pogolemi i poseriozni zap~esticite prenosni ci. Primenata na ovie materijali e uslovena od `elbata da se postigne {to potivka rabota i poniska cena, koga se raboti za pomali optovaruvawa na zap~enicite.

Pri izborot na materijal ot treba da se vodi smetka i za faktot {to pri spregnuvawe na zap~enicite od dva razli~ni materijali so razli~ni tvrdosti, uslovi te na lizgaweto se podobreni, pa i abeweto na bokovite od zapcite e pomalo. Zatoa, za golemite zap~enici se izbira materijal so tvrdost do 10% pomala od onaa na mali ot zap~enik.

Zap~esticite so pre~nik pogolem od $0,5 [m]$ se izrabotuvaa od leani materijali, vo prv red od ~eli~en liv, zatoa {to zapcite od kvaliteten siliv imaat re~isi ista povr{inska cvrstina, no cvrstinata vo koren ot zabecot ime nekolku pati pomala od cvrstinata na onie {to se izraboteni od ~eli~en liv. Dokolu e potreben pokvaliteten materijal toga {nazabeni ot venec se izrabotuva od takov materijal, a samoto telo na zap~enikot se izrabotuva od poevtin materijal {to e pogodan za oblikuvawe. Poradi svoje te relativno dobri osobenosti na lizgawe, sivi ot liv, re~isi redovno, se upotrebuva kaj otvoreni te zap~esticite prenosni ci so nedovolno podma~kuvawe.

Za umereni optovaruvawa i periferni brzini, zap~esticite se izrabotuvaa od obi~ni konstruktivni ~elici ili od ~elici za podobruvawe, a za

mnogu golemi optovaruvawa i golemi periferni sili od visokolegirani
~elici { to se pogodni za termi~ka obrabotka kako { to se cementacija,
ni tri rawe, indukci ono kal ewe i dr.