ODREDJIVANJE SILE PRIDRŽIVAČA PRI IZVLAČENJU ELEMENATA NESTIŠLJIVIM FLUIDOM x

Dr Vojislav R. Stoiljković, dipl.ing.,
docent Mašinskog fakulteta u Nišu

1. U V O D

Pri izvlačenju elemenata od lima po drugoj klasi postupaka (kalup je čvrst, a izvlakač je fluid) |1| dolazi do većeg stanjenja lima na centralnom delu elementa, nego pri klasičnom izvlačenju. Da se spreči ta nepoželjna pojava, i da se kritično mesto s obziroma na razaranje pomeri ka vencu elementa, dodaje se pridrživač.

Pridrživač može da bude nepokretan, ili pokretan. Za slučaj da je pridrživač nepokretan-reverzibilno izvlačenje - proces izvlačenja se izvodi obično u dve operacije. U prvoj operaciji se deformiše venac elementa i formira se oblika koji odgovara nepokretnom, obično profilisanom, pridrživaču. U drugoj operaciji se prevrće kontura kontura dobijena u prvoj operaciji, na željeni oblik.

---

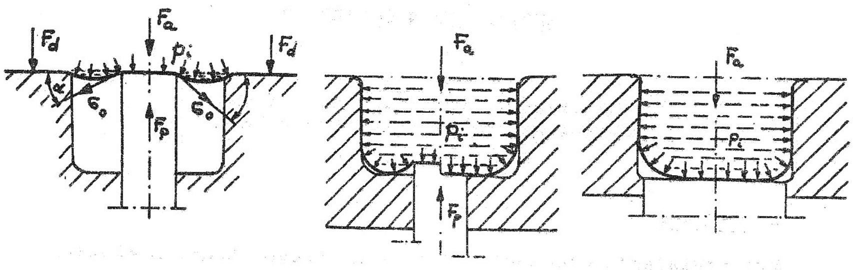
x) Ovaj rad predstavlja deo naučno-istraživačkog projekta: "ISTRAŽIVANJE I RAZVOJ METODA PROJETKOVANJA I PRORAČUNA SAVREMENIH SREDSTAVA I METODA OBRADE MATERIJALA DEFORMISANJEM SA ISTRAŽIVANJEM OBRADIVOSTI DOMAĆIH MATERIJALA ZAKLJUČNO DO VERIFIKACIJE U EKSPLOATACIJI", u čijem finansiranju učestvuje Republička zajednica nauke SR Srbije i privredne organizacije.

Za razliku od reverzibilnog izvlačenja, primenom pokretnog pridrživača isti element se dobija u jednoj operaciji. U oba postupka, dejstvo fluida pod pritiskom na lim blokira centralni deo elementa na pridrživaču, čime se sprečava plastično deformisanje tog dela, odnosno sprečava se stanjenje lima na tom delu elementa.

U ovom radu se daje postupak, kao i odgovarajući izrazi za odredjivanje sile pridrživača, a za slučaj kada je pridrživač pokretan. Istovremeno se analizira i uticaj dimenzija pridrživača na maksimalni odnos izvlačenja.

2. ODREDJIVANJE VELIČINE SILE PRIDRŽIVAČA

Izrada cilindričnih elemenata od lima dubokim izvlačenjem po drugoj klasi postupaka sa primenom pokretnog pridrživača, prikazana je na slici 1. Dobijeni oblici elemenata u toku procesa izvlačenja zavise od većeg broja faktora, a pre svih od veličine sile pridrživača, kao i od prečnika pridrživača D_p.



Slika 1

Veličina sile pridrživača može teorijski da se menja u granicama:

$$0 < F_p \gtrless p_i \cdot A_p$$

gde su: p_i N/mm^2 - pritisak fluida za izvlačenje i

$A_p = D_p^2/4$ mm^2 - površina pridrživača.

Ukoliko je $F_p = 0$, postupak se svodi na izvlačenje bez pridrživača. Ako je pak $F_p > p_i \cdot A_p$ postupak može da predje u reverzibilno izvlačenje, ili da se prouzrokuje procesanje lima po spoljašnjem prečniku pridrživača (spoljašnjoj konturi). Najzad, za slučaj da je $0 < F_p < p_i A_p$ dolazi do pomeranja pridrživača, što odgovara postupku izvlačenja elemenata po drugoj klasi sa primenom pokretnog pridrživača.

Napred data anliza važi u slučajevima kada je:

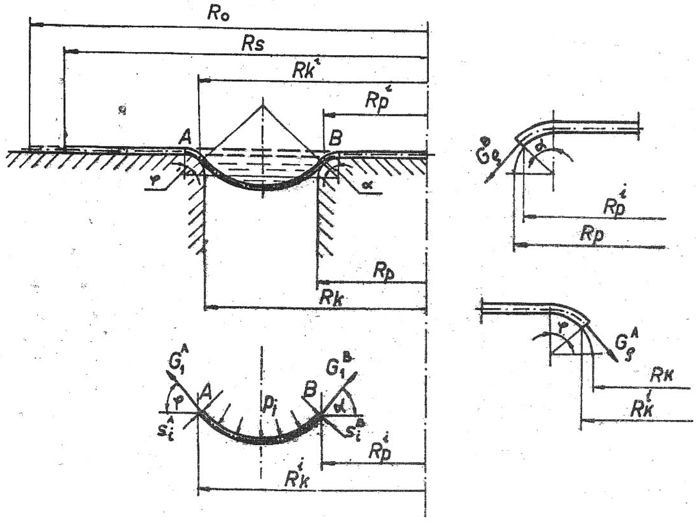
$$0 < D_p < D_k$$

Za $D_p = 0$ analizirani postupak izvlačenja prelazi u postupak izvlačenja bez pridrživača. Pri drugoj graničnoj vrednosti prečnika pridrživača ($D_p = D_k$) može da nastupi samo izvlačenje sa pomeranjem pridrživačai to ako je ispunjen uslov da je $F_p < p_i \cdot A_p$. Ako je $F_p > p_i \cdot A_p$ ne može da nastupi pomeranje pridrživača, a time ne dolazi do izvlačenja elementa od lima.

Nadalje se posebno analiziraju slučajevi kada je $0 < D_p < D_k$, odnosno $D_p = D_k$.

U početku procesa deformisanja, a za slučaj kada je $0 < D_p < D_k$ i $0 < F_p < p_i \cdot A_p$, element se deformiše kao što je prikazano na slici 1a, odnosno dolazi do promene oblika predmeta rada na prečniku $(D_k - D_p)$. Ovaj deo umanjuje radijus krivine od $R_\rho = \infty$ do neke konačne vrednosti R_ρ i prelazi u torus. Formiranje torusnog dela izaziva pomeranje venca elementa, tj. dolazi do deformisanja tog dela elementa. Venac elementa se deformiše kao i u slučaju klasičnog izvlačenja, što znači da dominira deformacija u tangencijalnom pravcu. Pri odredjenoj veličini sile pridrživača, a u toku procesa formiranja torusnog dela, može da nastupi probijanje lima po spoljašnjoj ivici pridrživača. Veličina sile pridrživača, pri kojoj nastupa probijanej, odredjuje se niže datom analizom.

Radijalni napon istezanja σ_1^A u tački A (sl.2), koji se javlja na radijusu kalupa, izazvan je istim otporima kao i pri klasičnom izvlačenju, a ti su: komponenta napona plastičnog deformisanja venca elementa σ_ρ; komponenta napona od sile trenja lima o površini kalupa i držala σ_{T1}; komponenta napona od sile trenja na zaobljenju kalupa σ_{T2} i komponenta napona od savijanja i ispravljanja elementa preko zaobljene ivice kalupa. Odredjivanjem gornjih komponenata napona po poznatim izrazima |2,3,4|, dobija se izraz za veličinu radijalnog napona u tački A:



Slika 2

$$\sigma_1^A = \left(\beta\cdot K\cdot \ln\frac{R_s}{R_k} + \frac{F_d}{\pi\cdot R_s\cdot s_o} + \beta\cdot K\frac{s_o}{2r_k+s_o}\right)\cdot e^{\mu\cdot\alpha}$$

gde su: α rad. - ugao obuhvata zaobljene ivice kalupa;

s_o mm - početna debljina lima;

μ - koeficijent trenja;

r_k mm - radijus prstena za izvlačenje i

K N/mm^2 - specifični deformacioni otpor.

Radijalni napon istezanja σ_1^B u tački B, s obzirom da lim na tom delu nije pretrpeo plastičnu deformaciju, ili je ta deformacija zanemarljivo mala, može se uzeti da je približno jednak ekstrapoliranoj vrednosti specifičnog deformacionog otpora, odnosno:

$$\sigma_1^B = K_o$$

Znajući ovu vrednost radijalnog napona u tački B može da se odredi ukupna sila koja dejstvuje na pridrživač, a koje je posledica dejstvovanja fluida na lim. Ta sila je data izrazom:

$$F_s = p_i \cdot A_p + \pi \cdot D_p \cdot s_o \cdot \sigma_1^B \cdot \sin\alpha \qquad (1)$$

Ukoliko je sila pridrživača veća od spoljašnje sile F_s, neće doći do pomeranja pridrživača, već će se nastaviti oblikovanje torusnog dela elementa. Pri ovome se smanjuje radijus krivine tog dela u meridijanskom preseku, a rastu uglovi α i φ težeći vrednosti $\pi/2$.

Pomeranje pridrživača će se nastupiti kada se ispuni uslov da je:

$$F_p < F_s$$

što će se desiti pri nekom pritisku fluida p_i i uglu α.

Komponenta spoljašnje sile koja dejstvuje na pridrživač, a koja je prouzrokovana pojavom radijalnog napona σ_1^B u tački B, opterećuje lim na smicanje po spljašnjem prečniku pridrživača D_p. Veličina te sile data je izrazom:

$$F_{sm} = \pi \cdot D_p \cdot s_o \cdot \sigma_1^B \cdot \sin\alpha \qquad (2)$$

Sa druge strane, da bi došlo do smicanja lima po konturi pridrživača, a za slučaj oštre ivice na čelu pridrživača, potrebno je da se na lim dejstvuje silom:

$$F_{pr} = \pi \cdot D_p \cdot s_o \cdot \tau_m \qquad (3)$$

gde je: τ_m N/mm^2 čvrstoća smicanja.

Poredjenjem izraza (2) i (3), a za slučaj izvlačenja elemenata od lima po drugoj klasi postupaka sa primenom pokretnog pridrživača, konstatuje se da mora da bude ispunjen uslov da je:

$$F_{sm} < F_{pr} \tag{4}$$

Ukoliko nije ispunjen uslov (4) nastupiće prosecanje lima po konturi pridrživača, a što nije poželjno, jer se dobija škart.

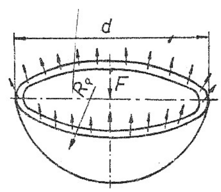
Nejednakošću (4) definisana je i maksimalna razlika izmedju spoljašnjih sila koje dejstvuju na pridrživač i sile pridrživača. Da bi se dobio element izvlačenjem bez prosecanja treba da bude ispunjen uslov da je:

$$F_p - F_s < F_{pr} \tag{4a}$$

Porastom pritiska u fluidu, raste komponenta spoljašnje sile $p_i \cdot A_p$ na pridrživaču, što izaziva dalje pomeranje istog.

U slučaju da se radi o izvlačenju bez pridrživača, na centralnom delu elementa se ne bi formirala ravna površina sa $R_\rho = \infty$, nego bi element dobio neki radijus krivine R_ρ u meridijanskom pravcu. Postavlja se pitanje kolikom silom treba da dejstvuje pridrživač na lim da bi lim ostao ravan na prečniku D_p. Ova sila može da se dobije iz uslova deformisanja dela šuplje površine elementa radijusa krivine R_ρ, a na prečniku predrživača D_p.

Za slučaj da nema pridrživača, za deformisanje dela elementa nad prečnikom D_p (sl.3), potrebno je dejstvovati nekom silom F. Ako se želi da spreči deformisanje tog dela lima iznad pridrživača, onda na pridrživač treba dejstvovati silom iste veličine F, a suprotnog smera.



Slika 3

Veličina sile pridrživača može da se odredi na bazi bezmomentne teorije ljuske. Ova teorija može da se primeni obzirom da je debljina lima mala u odnosu na druge dve dimenzije. Jednačina ravnoteže - Laplas-ova jednačina - dobijena po toj teoriji glasi:

$$\frac{\sigma_\rho}{R_\rho} + \frac{\sigma_\theta}{R} = \frac{\sigma_k}{s_o} \tag{5}$$

gde su:
- σ_θ i σ_ρ glavni normalni naponiu meridijanskom i širinskom (tangencijalnom) pravcu;
- R_θ i R_ρ odgovarajući radijusi krivina;
- $\sigma_k = p_i$ narmalni napon na površini lima i
- s_o debljina lima.

Za odredjivanje sile pridrživača, a za definisane uslove, potrebna je još jedna jednačina. Ova jednačina se dobija iz uslova ravnoteže sila u širinskom preseku na rastojanju jednakom radijusu pridrživača R_p, a u pravcu z ose. Ta jednačina (sl.2) glasi:

$$2\cdot\pi\cdot R_p\cdot s_o\cdot\sigma_\rho\cdot\sin\beta = \pi\cdot R_p^2\cdot p_i \tag{6}$$

Uvodeći relaciju:

$$R_\theta = R_p/\sin\beta$$

i zamenom iste u izraz (6) dibija se izraz za odredjivanje radijalnog napona u meridijanskom preseku:

$$\sigma_\rho = p_i\cdot R_\theta/2\cdot s_o \tag{7}$$

Smenom izraza (7) u Laplasovu jednačinu (5), dobija se izraz za normalni napon u širinskom pravcu, u obliku:

$$\sigma_\theta = \frac{R_\theta}{2\cdot s_o}\cdot\left(2 - \frac{R_\theta}{R_\rho}\right)\cdot p_i \tag{8}$$

Za slučaj da se mambrana nalazi u bezmomentnom stanju i da vrlo mali element krivine ima konstantan radijus krivine u glavnim pravcima, tj. da je $R_\rho = R_\theta$, dobija se:

$$\sigma_\rho = \sigma_\theta = \frac{p_i \cdot R_\rho}{2 \cdot s_o} \qquad (9)$$

Uslov plasičnosti za ravansko naponsko stanje ($\sigma_3=0$) i pri $\sigma_\rho = \sigma_\theta$, odnosno $\sigma_1=\sigma_2$, glasi:

$$\sigma_\rho = \sigma_\theta = \pm\ \beta \cdot K \qquad (10)$$

Zamenom vrednosti za σ_ρ po izrazu (10) u izraz (9), dobija se izraz za pritisak fluida koji obezbedjuje deformisanje lima sa radijusom krivine R_ρ, a nad prečnikom D_p. Ovaj izraz glasi:

$$p_i = \beta \cdot K\, \frac{2 \cdot s_o}{R_\rho} \qquad (11)$$

Veličina specifičnog deformacionog otpora K u izrazu (11) odredjuje se za materijal koji se deformiše, a nakon odredjivanja veličina deformacije na najvećem prečniku sferične površine. Tačnost vrednosti za K zavisi od izraza iz koga se izračunava.

Sila pridrživača, koja je potrebna da obezbedi ranu površinu elementa na prečniku pridrživača, data je izrazom:

$$F_p = \beta \cdot K \cdot \frac{2 \cdot s_o}{R_\rho} \cdot \pi \cdot R_p^2 \qquad (12)$$

gde je: - R_ρ radijus sfere koja bi se dobila za slučaj da nema pridrživača.

Stvarana veličina radijus krivine na elementu, za slučaj da je formirana ravna površina na dnu elementa nad prečnikom D_p, biće:

$$R_{\rho s} = R_k - R_p$$

Analiza izraza (12) ukazuje da sila F_p, pri konstantnom prečniku pridrživača, raste sa umanjenjem radijusa krivine R_ρ u meridijanskom preseku. Kako se pri ovome povećava i veličina deformacije, sila F_p raste i usled očvršćavanja. Uvećanje prečnika pridrživača utiče na porast sile F_p sa drugim stepenom.

Kako je na početku izvlačenja $R_\rho=\infty$, iz izraza (12) se dobija da je $F_p=0$, što odgovara stvarnosti. Sa tečenjem procesa izralačenja umanjuje se radijus krivine R_ρ. Da bi se zadržala ravna površina elementa na prečniku D_p, potrebno je da sila F_p raste. Najveću vrednost F_p ima u trenutku kada je R_ρ najmanje. Ovo odgovara kraju odgovara kraju prve faze pri izvlačenju bez pridrživača |5|. Sila F_p u tom trenutku definisana je izrazom:

$$F_p = \beta \cdot K \cdot \frac{2 \cdot s_o}{R_k} \cdot \pi \cdot R_p^2 \qquad (13)$$

gde je: - R_k radijus kalupa.

U daljem toku procesa izvlačenja dolazi do smanjenja pritiska fluida za izvlačenje p_i, pošto opadaju otpori izvlačenja. Da bi došlo do daljeg pomeranja pridrživača nakon prve faze izvlačenja, potrebno je da sila pridrživača opada po nekom zakonu koji je u korelaciji sa padom pritiska u fluidu. Ukoliko to nije ispunjeno dobiće se oblik elementa kao na slici 1a.

Prema tome, ako se želi izvlačenje elemenata po drugoj klasi sa ravnim delom na prečniku D_p, potrebno je prvo regulisati porast sile F_p po zakonu definisanom izrazom (12) od nule do vrednosti date izrazom (13), a zatim pad te sile po zakonu koji je u korelaciji sa padom pritiska fluida p_i (sl.1a). Ovo je praktično teško izvodljivo, jer se za njegovo obezbedjenje zahteva specijalni hidraulični element. Medjutim, najlakše je obezbediti da sila F_p bude konstantna. Ovo može da se prihvati do kraja prve faze izvlačenja, pod uslovom da je u svakom prethodnom trenutku zadovoljena nejednakost data izrazom (4a).

Iz gornje analize proizilazi da je primena pridrživača manjeg prečnika od prečnika kalupa D_k ograničena na slučajeve u kojih je ispunjen uslov da je F_p=const i po veličini manja, ili jednaka sili kojom fluid dejstvuje na pridrživač u trenutku kada je pridrživač pomeren u svoj krajnji položaj definisan oblikom predmeta rada.

3. UTICAJ PREČNIKA PRIDRŽIVAČA NA ODNOS IZVLAČENJA

Pored napred iznete analize o uticaju parametara pridrživača na proces izvlačenja, važno je utvrditi kako utiče prečnik pridrživača D_p na granični odnos izvlačenja. Za odredjivanje tog uticaja rasmotrimo ravnotežu sila, koje dejstvuju na torusni deo elementa (sl.2), u pravcu ose x. Jednačina ravnoteže tih sila glasi:

$$-\sigma_l^A \cdot R_k \cdot s_i^A \cdot 2 \cdot \pi \cdot \cos\varphi + K_o \cdot R_p^i \cdot 2\pi \cdot s_i^B \cdot \cos\alpha = 0$$

ili:

$$\sigma_l^A = K_o \frac{R_p^i \cdot s_i^B \cdot \cos\alpha}{R_k^i \cdot s_i^A \cdot \cos\varphi} \tag{14}$$

gde su:
- $R_k^i = R_k - r_k(1-\sin\varphi)$;
- $R_p^i = R_p - r_p(1-\sin\alpha)$ i
- s_i^A i s_i^B debljine lima u tački A i B (sl.2).

Radijalni napon istezanja σ_l^A u tački A treba da bude jednak radijalnom naponu σ_ρ^A u istoj tački, a usled deformisanja venca elementa.

Ako se pretpostavi da je priraštaj napona σ_ρ usled savijanja mali, i ako se zanemari sila trenja na vencu elementa zbog jednostavnije analize, a uračuna trenje na prelaznom radijusu kalupa, dobija se sledeći izraz:

$$\beta \cdot K_{sr} \cdot \ln\frac{R_s}{R_k} \cdot e^{\mu\varphi} = \frac{R_p^i \cdot s_i^B \cdot \cos\alpha}{R_k^i \cdot s_i^A \cdot \cos\varphi}$$

Srednja vrednost specifičnog deformacionog otpora K_{sr} može da se dobije bilo po linearnoj aproksimaciji, ili po stepenoj aproksimaciji specifičnog deformacionog otpora, a u funkciji deformacije tangencijalnom pravcu. Uzimajući još i da je $R_s = R_o$, a obzirom da je došlo do malog pormeranja venca elementa, dobija se:

$$\beta \cdot (K_o + \Pi \cdot \varepsilon_{sr}) \cdot \ln\frac{R_o}{R_k} \cdot e^{\mu\varphi} = K_o \cdot \frac{R_p^i \cdot s_i^B \cdot \cos\alpha}{R_k^i \cdot s_i^A \cdot \cos\varphi} \tag{15}$$

ili preko stepene zavisnosti za specifični deformacioni otpor:

$$\beta \cdot C \cdot \varepsilon_{sr}^n \cdot \ln\frac{R_o}{R_k} \cdot e^{\mu\varphi} = K_o \cdot \frac{R_p^i \cdot s_i^B \cdot \cos\alpha}{R_k^i \cdot s_i^A \cdot \cos\varphi} \tag{16}$$

Najveća vrednost deformacije u tangencijalnom pravcu data je izrazom:

$$\varepsilon_{max} = R_k/R_o - 1$$

Za srednju vrednost deformacije može da se uzme polovina gornje vrednosti, tj.:

$$\varepsilon_{sr} = 0,5 \cdot (R_k/R_o - 1) \tag{17}$$

Zamenom izraza (17) u izraz (15), ili izraz (16), dobija se:

$$\ln\frac{R_o}{R_k} = \frac{K_o}{\beta \cdot (K_o - \frac{1}{2}\Pi \cdot \frac{R_o - R_k}{R_o}) \cdot e^{\mu\varphi}} \cdot \frac{R_p^i \cdot s_i^B \cdot \cos\alpha}{R_k^i \cdot s_i^A \cdot \cos\varphi} \tag{18}$$

ili:

$$\ln\frac{R_o}{R_k} = \frac{K_o}{\beta \cdot C \cdot (\frac{1}{2} \cdot \frac{R_o - R_k}{R_o})^n \cdot e^{\mu\varphi}} \cdot \frac{R_p^i \cdot s_i^B \cdot \cos\alpha}{R_k^i \cdot s_i^A \cdot \cos\varphi} \tag{19}$$

U izrazima (18) i (19) odnos R_o/R_k nije ništa drugo nego osnos izvlačenja k, koji izražava stepen deformacije venca elementa, dok odnos R_k^i/R_p^i karakteriše širinu formiranog torusa. Zamenom odnosa $R_i/R_p=m$, izraz (18) dobija oblik:

$$\ln k = \frac{K_o}{\beta\cdot(K_o+0,5\cdot\frac{R_o-R_k}{R_o})\cdot e^{\mu\varphi}}\;\frac{s_i^B\cdot\cos\alpha}{s_i^A\cdot\cos\varphi} \qquad (20)$$

Iz analize zavisnosti (20) sledi da je odnos izvlačenja k utoliko veći, ukoliko je veći odnos poluprečnika pridrživača prema poluprečniku kalupa R_k, odnosno što je manji koeficijent m. Odnos izvlačenja zavisi i od uglova α i φ. Pri istim ostalim uslovima, odnos izvlačenja k dostiže utoliko veću vrednost, ukoliko je veći ugao φ koji teži $\pi/2$, a manji ugao α.

Najbolji uslovi izvlačenja se, na osnovi prethodne analize, ostvaruju pri vrednosti prečnika pridrživača koja je jednaka prečniku kalupa, ili je umanjena za veličinu radijusa pri dnu kalupa, i pri uslovima $\alpha\to 0$ i $\varphi\to\pi/2$. Uslov $\alpha\to 0$ ne može da se ostvari kod nepokretnog pridrživača, već samo u slučaju kada je pridrživač pokretan, a to je slučaj koji se analizira u ovom radu.

4. UTICAJ TRENJA NA VELIČINU SILE PRIDRŽIVAČA

Da bi se ostvarilo izvlačenje elemenata od lima po drugoj klasi postupaka sa primenom pokretnog pridrživača, a za slučaj kada je prečnik pridrživača jednak prečniku kalupa ($D_p=D_k$), potrebno je da bude ispunjen uslov da je $F_p > p_i\cdot A_p$. Pri tome, ako se želi da spreči deformisanje lima na centralnom delu elementa, odnosno da lim ostane ravan na kontaktnoj površini sa pridrživačem ($R_p=\infty$) i to na nekom prečniku, potrebno je da sila F_p raste po izrazu (12). Porast sile pridživača po izrazu (12), a pri istom prečniku ravnog dela na dnu elementa, ostvaruje se usled smanjenja radijusa krivine R_p, kao i usled očvršćavanja materijala. Najveća vrednost sile pridrživačabiće pri najmanjem radijusu krivine. Ovo odgovara kraju prve faze izvlačenjabez pridrživača ($R_p=R_k$). Pri toj vrednosti radijusa krivine, a u zavisnosti od veličine ravnog dela lima na pridrživaču, dobja se izraz za silu pridživača |2|:

$$F_p = \beta\cdot K\cdot\frac{\pi\cdot s_o}{2\cdot R_k}\cdot d^2 \qquad (21)$$

gde je: - d prečnik ravnog dela lima na pridržívaču u trenutku kada bi, da nema pridrživača, bilo $R_\rho = R_k$.

Stvarni radijus krivine, na prelazu sa cilindričnog dela u dno elementa, može da se pretpostavi da je:

$$R_\rho = R_k - d/2 \qquad (22)$$

U daljem toku procesa izvlačenja veličina sile pridrživača F_p, odredjena izrazom (21), ostaje približno konstantna, sve dok se pridrživač ne pomeri u svoj krajnji položaj. Stoga, ako se želi ravna površina na dnu elementa prečnika d u trenutku kada je pridrživač pomeren u svoj krajnji položaj, može se uzeti konstantna sila pridrživačaprema izrazu (21) u toku procesa izvlačenja. U tom slučajuće se prečnik ravne površine d smanjivati od vrednsti D_k na početku izvlačenja, do vrednosti d u trenutku odredjenom izrazom (21). Nadalje prečnik d ostaje nepromenjen. Uvodjenjem konstantne sile pridrživača pojednostavljuju se odgovarajući hidraulični elementi u instalacijama, odnosno primena ovog postupka postaje realna.

Analizom izraza (21) uočava se sledeće: da za isti materijal i predmet rada, sila pridrživača raste sa povećanjem prečnika d na drugom stepenu. Veća vrednost sile pridrživača je s jedne strane povoljna, jer povećava ravnu površinu lima na centralnom delu. Na tom delu se sprečava deformisanje lima, a kritično mesto obzirom na razaranje elementa se pomera ka vencu elementa,odnosno u područje gde dolazi do zadebljanja lima. Time je smanjena mogućnost razaranja materijala. Takodje, pri većim vrednostima sile pridrživača veća je i korisna sila trenja koja se javlja na kontaktnoj površini lima i pridrživača. Ova sila je data izrazom:

$$F_{Tk} = \mu_p \cdot F_p \qquad (23)$$

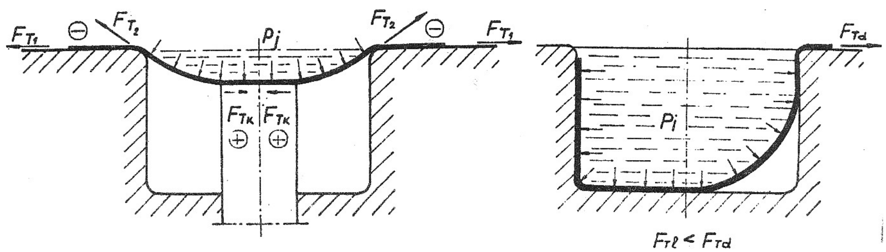
gde je: - μ_p koeficijent kontaktnog trenja izmedju lima i pridrživača.

Da bi se pri izvlačenju elemenata od lima po drugoj klasi postupaka sa primenom pokretnog pridrživača dobili simetrični delovi , potrebno je da korisna sila trenja, izazvana silom na pridrživaču, bude veća, ili jednaka, štetnim silama trenja, odnosno (sl.4):

$$F_{Tk} \geqslant F_{T\check{s}} = F_{T1} + F_{T2} \qquad (24)$$

gde su: - $F_{T1} = 2 \cdot \mu \cdot F_d$ sila trenja na kontaktnoj površini izmedju lima i držača lima, kao i izmedju lima i kalupa i

- F_{T2} sila trenja na kontaktnoj površini izmedju materijala i zaobljene ivice kalupa.



Slika 4

Veličina korisne sile trenja F_{Tk} po izrazu (24) bila bi neophodna za slučaj da na jednom delu venca i zaobljenja kalupa ne postoji trenje, a da je istovremeno na delu venca i zaobljenja kalupa pomerenom za 180° maksimalno. U slučaju pak, kada je pritisak držača lima i pritisak samog lima na zaobljenoj ivici kalupa ranvomerno rasporedjen, štetne sile trenja se nalaze u ranoteži, što omogućuje dobijanje simetričnih delova i bez pridrživača. Izvlačenje u proizvoljnim uslovima kreće se izmedju dornjih ekstremuma, pa se za veličinu korisne sile trenja može uzeti srednja vrednost, odnosno:

$$F_{Tk} \geqslant 0{,}5 \cdot (F_{T1} + F_{T2}) \qquad (25)$$

Zamenom izraza (23) u izraz (25) dobija se uslov za odredjivanje sile pridrivača koja obezbedjuje dobijanje simetričnih elemenata od lima pri izvlačenju po drugoj klasi postupaka sa pokretnim pridrživačem, u obliku:

$$F_p \geqslant \frac{1}{2\mu_p} \cdot (F_{T1} + F_{T2}) \tag{26}$$

Veće vrednosti koeficijenta kontaktnog trenja μ_p na kontaktu lima i pridrživača, omogućuju postizanje potrebne korisne sile trenja F_{Tk} pri manjim vrednsotima sile pridrživača. Iz tih razloga treba težiti maksimalnim vrednostima koeficijenta μ_p.

Veće vrednosti sile pridrživača, dobijene po izrazu (21) sa druge strane utiču na povećanje opšte sile izvlačenja, odnosno na povećanje pritiska u fluidu. Za ostvarenje povećanih pritisaka fluida potrebno je obezbediti odgovarajuću hidroinstalaciju. Iz tih razloga potrebno je odabrati optimalnu vrednost sile pridrživača. Ova veličina sile treba da spreči deformisanje lima na prečniku d, čime se kritično mesto obzirom na razaranje pomera dovoljno od ose elementa, pa ne dolazi do razaranja lima. Pit tome treba istovremeno da je ispunjen i uslov (26).

5. ZAKLJUČAK

Izvlačenje elemenata od lima po drugoj klasi postupaka daje najbolje rezultate ako se koristi pokretni pridrživač. Za uspešnu primenu takvog pridrživača neophodno je odrediti optimalnu vrednost sile pridrživača. U ovom radu je dat postupak i izvedeni su izrazi za odredjivanje te sile. Ovde treba napomenuti da veće vrednosti sile pridrživača od optimalne, dovode do povećanja ukupne sile izvlačenja, odnosno do povećanja pritiska u fluidu za izvlačenje. Pri manjim pak vrednostima sile pridrživača nastupa veće stanjenje lima na centralnom delu elementa, što je nepovoljno.

Pored ostalih faktora na proces izvlačenja utiče i prečnik pridrživača. Pri tome, pridrživači većeg prečnika sprečavaju stanjenje lima na većem delu dna elementa, a i omogućuju dobijanje većih odnosa izvlačenja pri ostalim istim uslovima.

Kvalitet obradjene površine čela pridrživača treba da je lošiji jer se u tom slučaju dobija veća vrednost sile trenja na kontaktu izmedju lima i pridrživača, što je povoljno. Naime, ta sila trenja je korisna, jer sprečava dobijanje nesimetričnih elemenata pri izvlačenju.

Analiza data u ovom radu ukazuje na veliki značaj parametara pridrživača na proces izvlačenja elemenata od lima po drugoj klasi postupaka. Ovom prilikom su analizirani samo neki od tih parametara, koji su po mišljenju autora značajniji. Medjutim, dalja istraživanja koja treba svakako provesti, mogu da ukaži i na druge parametre pridrživača koji su takodje uticajni na proces izvlačenja.

LITERATURA

|1| V.Stoiljković, Prikaz izrade elemenata od lima dubokim izrlačenjem pomoću nestišljivog fluida, Zbornik radova IX Savetovanja proizvodnog mašinstva, Niš, 1975.

|2| V.Stoiljković, Naponsko i deformaciono stanje pri izradi elemenata dubokim izralačenjem nestišljivim fluidom sa pridrživačem i identifikacija uticajnih faktora sa ustpostavljanjem njihovih koralacionih odnosa, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet Niš,1977.

|3| M.V.Storožev, E.A.Popov, Teorija obrabotki metallov davleniem , Mašinostroenie, Moskva, 1971.

|4| V.Stoiljković, Naponsko i deformaciono stanje pri izradi elemenata dubokim izralačenjem nestišljivim fluidom i identifikacija optimalnog pritiska, Magistarski rad, Mašinski fakultet Beograd, 1974.

|5| V.Stoiljković, Rasmatranje procesa deformisanja elemenata pri izvlačenju nestišljivim fluidom, SIMOD, god.I br.2, Niš, 1975.

STOILJKOVIĆ R.V.

ODREDJIVANJE SILE PRIDRŽIVAČA PRI IZVLAČENJU ELEMENATA NESTIŠLJIVIM FLUIDOM

Pri izvlačenju elemenata od lima nestišljivim fluidom može da se koristi pokretni pridrživač. U zavisnosti od parametara i sile na tom pridrživaču, proces izvlačenja je uspešniji, ili manje uspešan.

U ovom radu se daje postupak, kao i odgovarajući izrazi za odredjivanje sile pridrživača. Takodje se analizira uticaj prečnika pridrživača na odnos izvlačenja, kao i uticaj trenja na čelu pridrživača na tačnost dobijenih elemenata.

STOILJKOVIĆ R.V.

DIE BESTIMMUNG DER GEGENHALTERKRAFT BEIM ELEMENTENTIEFZIEHEN MIT WIRKMEDIEN

Zusammenfassung

Beim Tiefziehen der Blechelemente mit Wirkmedien kann man den beweglichen Gegenhalter benutzen. In Abhängigkeit von Parameter und Gegenhalterkraft kann man erfoglicher oder mit winigem Erfolg das Tiefziehen durchführen.

In dieser Arbeit wird Verfahren, aber auch die entsprechenden Ausdrücke zur Bestimmung der Gegenhalterkraft gegeben. Es wird auch der Einfluss des Gegenhalterdurchmessers auf das Tiefziehverhältnis aber auch der Reibungseinfluss an der Gegenhalterfront auf die Genauigkeit der gewonnenen Elemente.