

ODREĐJIVANJE RASPOREDA DEBLJINE ZIDA IZVUČENE
POSUDE POMOĆU BRZINE DEFORMACIJE

Mr. Stevan ŽIVANOVIĆ, dipl.ing., docent
Mašinskog fakulteta Univerziteta u Banjaluci

1. Karakteristika procesa

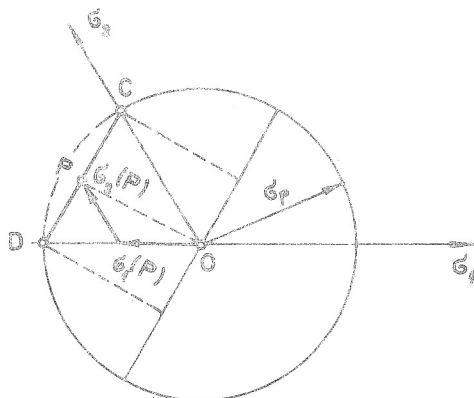
Za proces izvlačenja karakteristično je da dolazi do smanjenja udaljenosti pojedinih materijalnih tačaka posude, koja se nalazi u procesu oblikovanja, od ose djejtvovanja rezultante deformacionog opterećenja. Ova smanjenja su izazvana uticajem pozitivnih meridijanskih σ_2 i negativnih obimnih napona σ_1 .

Naponsko stanje u procesu izvlačenja posjeduje složen i promjenljiv karakter. Na krugu plastičnosti locirano je u drugoj četvrti. Oslanjajući se na bezmomentnu teoriju izvlačenja ovaj proces je smješten na pravoj \overline{CD} sa središnom tačkom P (sl. 1). Jednačina ove prave glasi

$$\sigma_2 - \sigma_1 = \sigma_p \quad (1)$$

Prava \overline{CD} je jedan od šest elemenata linearizacije kvadratnog uslova plastičnosti Hubera-Missesesa. Ovu vrstu linearizacije na-

metnula je tehnološka praksa, za koju su teško prihvatljive složene trigonometrijsko eksponencijalne funkcije.



Sl. 1. Prikaz procesa izvlačenja na krugu plastičnosti

2. Raspored napona

U cilju određivanja rasporeda deformacija, koji je neophodan za određivanje brzina deformacije, potrebno je odrediti glavne napone izvlačenja. Kao najprostiji primjer procesa izvlačenja biće razmatrano izvlačenje po prvoj klasi postupka /2/, tj. izvlačenje cilindrične posude iz pljosnatog kotura od lima pomoću čvrstog izvlakača i čvrstog prstena za izvlačenje.

U toku procesa dolazi do smanjenja spoljašnjeg prečnika vijenca i povećanja visine posude, pri čemu mora biti ispunjen uslov koji proizilazi iz jednačine ravnoteže za dvoosno naponsko stanje

$$\frac{d\sigma_2}{dr} + \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{r} = 0 \quad (2)$$

Ako vrijednost jednačine (1) unesemo u jednačinu ravnoteže (2) dobićemo

$$\frac{d\mathcal{G}_2}{dr} + \frac{\mathcal{G}_2}{r} = 0$$

Nakon integralenja ove diferencijalne jednačine imaćemo

$$\mathcal{G}_2 = -\mathcal{G}_p \ln r + C \quad (3)$$

Integralnu konstantu C odredjujemo iz uslova da na slobodnoj spoljašnjoj ivici ljuske sa prečnikom R (tačka D na sl. 1. i sl. 2.) iščeznu meridijanski naponi, tj. $\mathcal{G}_2 = 0$. A odatle

$$0 = -\mathcal{G}_p \ln R + C \quad (4)$$

Oduzimanjem jednačine (4) od jednačine (3) dobijamo

$$\mathcal{G}_2 = \mathcal{G}_p \ln \frac{R}{r} \quad (5)$$

U cilju odredjivanja obimnog napona \mathcal{G}_1 unosimo vrijednost meridijanskog napona \mathcal{G}_2 iz jednačine (5) u jednačinu (1)

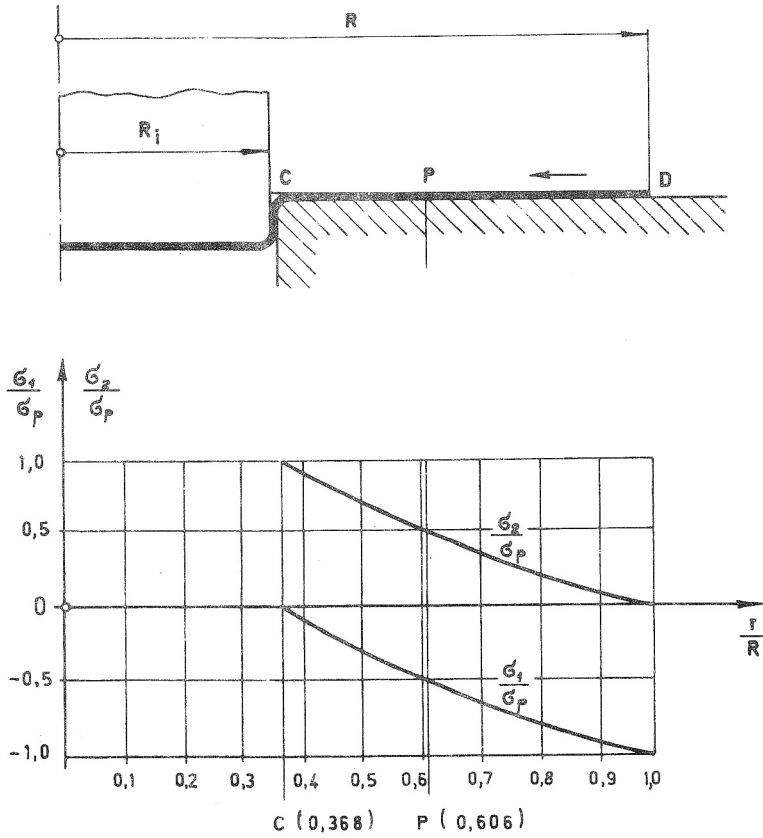
$$\mathcal{G}_1 = \mathcal{G}_2 - \mathcal{G}_p = \mathcal{G}_p \left(\ln \frac{R}{r} - 1 \right) \quad (6)$$

Nas interesuju odnosi napona \mathcal{G}_2 i \mathcal{G}_1 prema granici plastičnosti \mathcal{G}_p . U tom cilju treba jednačinu (5) podijeliti sa \mathcal{G}_p , pa nakon zamjene prirodnog logaritma dobićemo

$$\frac{\mathcal{G}_2}{\mathcal{G}_p} = 2,303 \lg \frac{R}{r} \quad (7)$$

Na sličan način transformišemo jednačinu (6)

$$\frac{\mathcal{G}_1}{\mathcal{G}_p} = 2,0303 \lg \frac{R}{r} - 1 \quad (8)$$



Sl. 2. Shema izvlačenja po I klasi postupka
i raspored napona

Analizirajući funkcije (7) i (8) možemo odrediti njihov grafički karakter i naneti ga uz shemu oblikovane posude (sl.2). Slijedeća tabela pokazuje rezultate ove analize.

Za tačku P (sl. 1.), u kojoj je

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_p} = 0,5 \quad \text{i} \quad \frac{\sigma_1}{\sigma_p} = -0,5$$

postoji slijedeći odnos

$$\frac{r}{R} = 0,606$$

koji proizilazi iz obrazaca (7) i (8).

Tabela 1.

| $\frac{r}{R}$ | 1 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4 |
|-----------------------------|----|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| $\frac{\sigma_1}{\sigma_p}$ | -1 | -0,894 | -0,777 | -0,643 | -0,49 | -0,307 | -0,083 |
| $\frac{\sigma_2}{\sigma_p}$ | 0 | 0,106 | 0,223 | 0,357 | 0,51 | 0,693 | 0,917 |

U tački C (sl.1) obimni naponi išezavaju ($\sigma_1 = 0$), s obzirom da na cilindričnom dijelu oblikovane posude ne dolazi do promjene obima posude, tako da jednačina (8) dobija oblik

$$\frac{r}{R} = 0,368$$

Iz kruga plastičnosti, prikazanog na sl. 1. proizilazi da je u tački C

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_p} = 1$$

što je saglasno i sa rezultatom dobijenim po obrascu (7).

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_p} = 2,303 \lg \frac{R}{r} = 2,303 \cdot 0,4348 = 1,00$$

3. Brzine glavnih deformacija

Poznajući raspored napona σ_1 i σ_2 duž poluprečnika posude, možemo odrediti uzajamni odnos brzina glavnih deformacija $\dot{\psi}_1, \dot{\psi}_2, \dot{\psi}_3$ u proizvoljnoj tački razmatrane posude.

Iz odnosa normalnih komponenti naponskog devijatora (s_1 i s_2) i komponenti tenzora brzine deformacije ($\dot{\psi}_1$ i $\dot{\psi}_2$) za proces proporcionalnog toka deformacije i kvaziizotropno tijelo, kakvim smatramo pripremni metalni kotur, proizilazi

$$\frac{\dot{\psi}_1}{\dot{\psi}_2} = \frac{s_1}{s_2}$$

Druga glavna komponenta tenzora brzine deformacije iznosi

$$\dot{\psi}_2 = \frac{s_2}{s_1} \dot{\psi}_1$$

a s obzirom da je

$$s_1 = \sigma_1 - \sigma_m \quad \text{i} \quad s_2 = \sigma_2 - \sigma_m$$

gdje je

$$\sigma_m = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3}$$

navedenu brzinsku komponentu možemo izraziti kao

$$\dot{\psi}_2 = \frac{\sigma_2 - \sigma_m}{\sigma_1 - \sigma_m} \dot{\psi}_1 \quad (9)$$

Takodje imamo

$$\frac{\dot{\psi}_1}{\dot{\psi}_3} = \frac{s_1}{s_3}$$

a s obzirom da je $\sigma_3 = 0$ biće

$$\dot{\psi}_3 = \frac{s_3}{s_1} \dot{\psi}_1 = \frac{-\sigma_m}{\sigma_1 - \sigma_m} \dot{\psi}_1 \quad (10)$$

Za razmatrano dvoosno naponsko stanje

$$\sigma_m = \frac{1}{3} (\sigma_1 + \sigma_2) \quad (11)$$

Zamjenom vrijednosti σ_m iz jednačine (11) u jednačini (9) dobićemo

$$\dot{\psi}_2 = \frac{2\sigma_2 - \sigma_1}{2\sigma_1 - \sigma_2} \dot{\psi}_1 \quad (12)$$

Analogno za treću brzinsku komponentu

$$\dot{\psi}_3 = \frac{-\sigma_2 - \sigma_1}{2\sigma_1 - \sigma_2} \dot{\psi}_1 \quad (13)$$

Ako vrijednosti za σ_1 i σ_2 iz jednačina (6) i (5) unesemo u jednačine (12) i (13) dobićemo obrasce za brzinske komponente $\dot{\psi}_2$ i $\dot{\psi}_3$ u zavisnosti od $\dot{\psi}_1$ i poluprečnika R i tekućeg r

$$\dot{\psi}_2 = \frac{\ln \frac{R}{r} + 1}{\ln \frac{R}{r} - 2} \dot{\psi}_1 \quad (14)$$

$$\dot{\psi}_3 = \frac{1 - 2 \ln \frac{R}{r}}{\ln \frac{R}{r} - 2} \dot{\psi}_1 \quad (15)$$

Na spoljašnjoj ivici posude, tj. u tački D, koja se deformiše $r = R$, pa će biti

$$\ln \frac{R}{r} = 0$$

a iz ovog proizilazi, da se za ovaj slučaj obrasci (14) i (15) svode na

$$\dot{\psi}_2 = -\frac{1}{2} \dot{\psi}_1 \quad \text{i} \quad \dot{\psi}_3 = -\frac{1}{2} \dot{\psi}_1$$

odnosno

$$-\frac{1}{2} \dot{\psi}_1 = \dot{\psi}_2 = \dot{\psi}_3 \quad (16)$$

A to znači da pri skraćanju u obimnom pravcu dolazi istovremeno do ravnomyernog povećanja poprečnih mjera obodnog vlakna u pravcu debljine i u pravcu poluprečnika.

Približavajući se središtu udio meridijanske deformacije raste, a udio deformacije u pravcu debljine postepeno opada.

Kada poluprečnik r ispunjava uslov

$$2 \ln \frac{R}{r} = 1$$

dakle, kada je $r = 0,606 R$, a to je u tački P (sl. 2.), onda je brzina deformacije u pravcu debljine jednaka nuli. Znači da za tačku P važi brzinska shema

$$\dot{\psi}_3 = 0 \quad \text{i} \quad -\dot{\psi}_1 = \dot{\psi}_2$$

a s obzirom da je

$$\dot{\psi}_3 = 0 = \frac{1 - 2 \ln \frac{R}{r}}{\ln \frac{R}{r} - 2} \dot{\psi}_1$$

tj.

$$\left(1 - 2 \ln \frac{R}{r} \right) \dot{\psi}_1 = 0$$

pa će biti

$$\ln \frac{R}{r} = \frac{1}{2} \quad (17)$$

Kada spojimo jednačine (17) i (14)

$$\dot{\psi}_2 = \frac{\frac{1}{2} + 1}{\frac{1}{2} - 2} \dot{\psi}_1 = -\dot{\psi}_1$$

$$\dot{\psi}_2 = -\dot{\psi}_1$$

U koliko nastavimo približavanje središtu posude, brzina deformacije $\dot{\psi}_3$ mijenja znak, a to znači da umjesto porasta debljine dolazi do njenog smanjenja. Ako se u toku približavanja središtu posude zadržimo na rastojanju

$$r = \frac{R}{e}$$

šta odgovara položaju tačke C, u kojoj je $\ln \frac{R}{r} = 1$,

susrećemo se sa brzinskom shemom

$$-\frac{1}{2} \dot{\psi}_2 = \dot{\psi}_3 = \dot{\psi}_1$$

Uzajamni odnos brzina deformacije

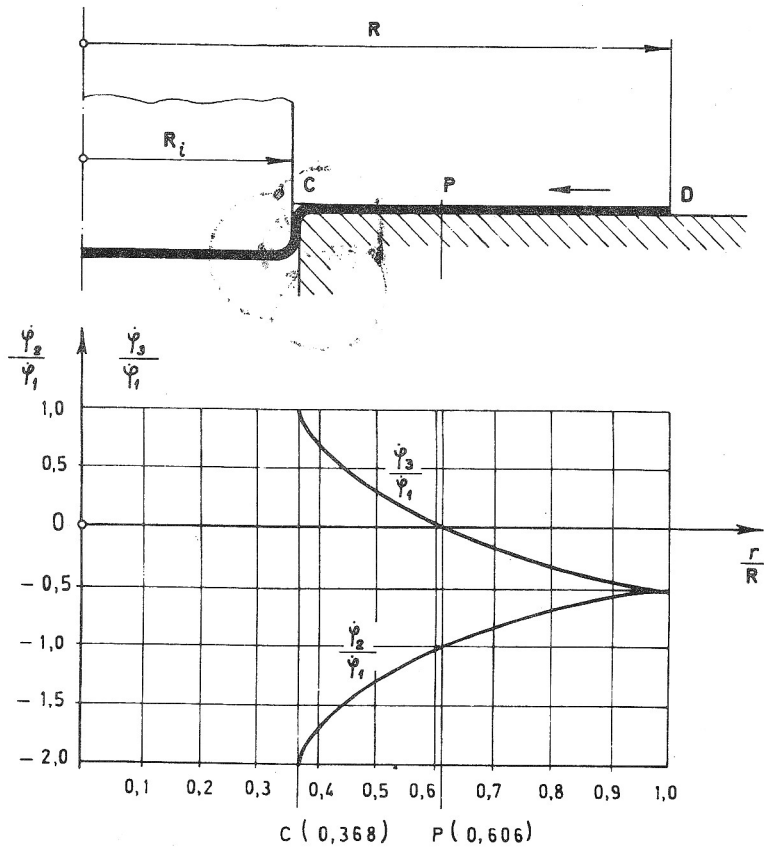
$$\frac{\dot{\psi}_2}{\dot{\psi}_1} = 1 \quad \frac{\dot{\psi}_3}{\dot{\psi}_1}$$

zavisno od odnosa prečnika $\frac{r}{R}$ prikazan je u tabeli 2., a rezultati iz ove tabele su prenijeti na odgovarajući dijagram, koji je prikazan na sl.3.

Ako usvojimo da prikazani raspored brzina deformacije ostaje isti u razmatranom elementu oblikovane posude u toku čitavog trajanja procesa deformisanja, onda će brzine deformacije u tri glavna pravca biti proporcionalne odgovarajućim deformacijama. Ovakav prilaz omogućava, da se odredi približni raspored debljine zida izvučene posude duž meridijana.

Tabela 2.

| $\frac{r}{R}$ | 1 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4 |
|-------------------------------------|------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| $\frac{\dot{\psi}_2}{\dot{\psi}_1}$ | -0,5 | -0,579 | -0,688 | -0,828 | -1,007 | -1,29 | -1,76 |
| $\frac{\dot{\psi}_3}{\dot{\psi}_1}$ | -0,5 | -0,42 | -0,311 | -0,173 | -0,008 | 0,293 | 0,762 |



Sl. 3. Raspored odnosa brzina deformacija

4. Raspored debljine duž meridijana

Bazirajući na konstataciji, da su glavne deformacije upravo proporcionalne glavnim brzinama deformacije u razmatranom elementu u toku čitavog procesa izvlačenja tankozidne posude sa unutrašnjim poluprečnikom R_1 iz pljosnatog kotura od lima debljine s_0 , uočavamo da će debljina posude s u nekoj razmatranoj tački osnosimetrične posude biti funkcija

$$s = f (s_0, R, R_1, r)$$

gdje su veličine R , R_1 i r posredno povezane sa debljinskom deformacijom preko odgovarajuće brzinske komponente, koja je definisana kroz obrazac (15).

Obimnu deformaciju φ_1 možemo izraziti preko odnosa odgovarajućih prečnika

$$\varphi_1 = \ln \frac{R_1}{r} \quad (18)$$

Unoseći vrijednosti φ_1 iz obrasca (18) u obrazac (15), uz istovremenu zamjenu brzina sa deformacijama, dobićemo

$$\varphi_3 = \frac{1 - 2 \ln \frac{R}{r}}{\ln \frac{R}{r} - 2} \ln \frac{R_1}{r} \quad (19)$$

Znajući φ_3 možemo odrediti konačnu debljinu zida posude, koristeći definiciju za logaritamsku deformaciju

$$\varphi_3 = \ln \frac{s}{s_0} \quad \text{tj.} \quad s = s_0 e^{\varphi_3} \quad (20)$$

Na ivici kotura, tj. na obodu posude, gdje je $r = R$ dolazi do najvećeg porasta debljine lima, koja shodno obrascu (19) iznosi

$$\varphi_3 = \frac{1 - 2 \ln \frac{R}{R}}{\ln \frac{R}{R} - 2} \ln \frac{R_1}{R}$$

$$\varphi_3 = - \frac{1}{2} \ln \frac{R_1}{R} \quad (21)$$

Ako uzmemo u obzir da je

$$\varphi_3 = \ln \frac{s}{s_0} \quad (22)$$

onda je

$$- \frac{1}{2} \ln \frac{R_1}{R} = \ln \frac{s}{s_0}$$

tako da će maksimalna debljina zida iznositi

$$s_{\max} = s_0 \sqrt{\frac{R}{R_1}} \quad (23)$$

Iz analize jednačine (19) možemo izvući izvjesne zaključke, koji se odnose na raspored debljine duž oblikovnice posude koja je oblikovana u procesu izvlačenja.

Da bi na čitavoj visini posude došlo do podebljanja zida ($\varphi_3 > 0$), neophodno je da bude

$$1 - 2 \ln \frac{R}{r} > 0$$

A to znači

$$2 \ln \frac{R}{r} < 1$$

tj.

$$\frac{R^2}{r^2} < e$$

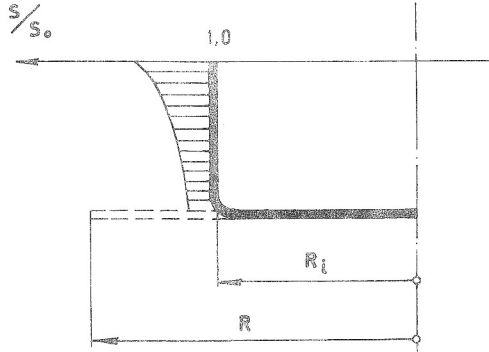
Najzad

$$r > \frac{R}{\sqrt{e}} = \frac{1}{1,6487} R = 0,606 R \quad (24)$$

Ako zamjenimo r sa R_1 pojavioće se nejednakost

$$R_1 > 0,606 R \quad (25)$$

gdje je R - poluprečnik pripremk (polaznog kotura).



Sl. 4. Raspored debljine zida za slučaj $R_1 > 0,606 R$

Ako je ispunjena nejednakost (25) doći će do povećanja debljine zida posude na čitavoj njenoj visini, kao što je to prikazano na sl. 4.

U ovom slučaju proces izvlačenja odvija se od tačke D ka tački P, zaustavljajući se na izvjesnom odstojanju od tačke P (sl. 1).

Za slučajeve

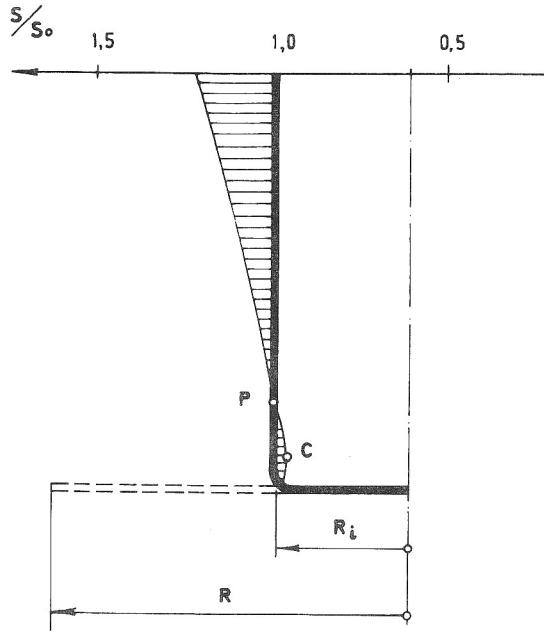
$$R_1 < 0,606 R$$

na oblikovnici posude postoji tačka P, u kojoj je debljina zida posude jednaka početnoj debljini lima (sl. 5.).

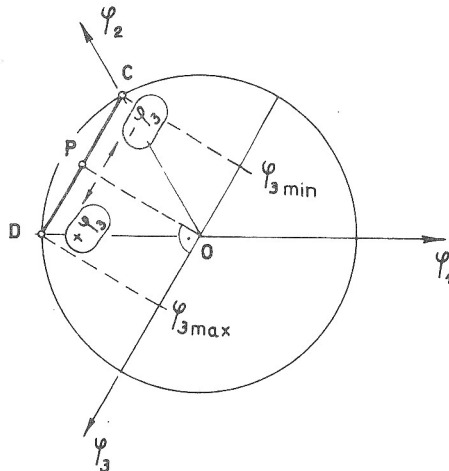
Iznad tačke P, idući ka vrhu posude, debljina zida postepeno raste. Međutim, ispod tačke P dolazi do smanjenja debljine zida, koja u izvjesnoj tački C postiže minimum. Idući dalje ispod tačke C ka dnu posude, primjećujemo ponovni porast debljine zida, koja pri semom dnu posude postiže vrijednost s_0 .

U tački C (sl. 5. i sl. 6.) postoji slijedeći odnos

$$\frac{\varphi_3}{\varphi_1} = 1 \quad \text{tj.} \quad \varphi_3 = \varphi_1$$



Sl. 5. Raspored debljine zida za slučaj $R_i < 0,606 R$



Sl. 6. Prikaz minimuma i maksimuma debljinske deformacije i toka deformacije na linearizovanom krugu plastičnosti

S obzirom da je

$$\varphi_1 = \ln \frac{R_i}{r}$$

biće

$$\varphi_3 = \varphi_1 = \ln \frac{R_i}{r}$$

Debljina zida u tački C (sl. 5.) iznosi

$$s = s_0 \exp(-\varphi_3) = s_0 \exp(-\varphi_1) = s_0 \exp\left(-\ln \frac{R_i}{r}\right)$$

S obzirom da je za tačku C: $r = 0,368 R$, slijedi

$$s = s_0 \exp\left(-\ln \frac{R_i}{r}\right) = s_0 \exp\left(-\ln \frac{R_i}{0,368 R}\right)$$

Budući da možemo napisati

$$\begin{aligned} \ln \frac{R_i}{0,368 R} &= \ln \frac{1}{0,368} + \ln \frac{R_i}{R} = \ln 2,72 + \ln \frac{R_i}{R} = \\ &= 1 + \ln \frac{R_i}{R} \end{aligned}$$

tražena debljina iznosi

$$s = s_0 \exp\left(-1 - \ln \frac{R_i}{R}\right) \quad (26)$$

Ponovni porast debljine zida posude ispod tačke C (sl. 5) proizilazi iz promjene smjera toka deformacije u tački C (sl. 6.) tj. dolazi do kretanja ka tački P.

U ovoj analizi nisu uzeti u obzir stanjenja lima na zaobljenoj ivici izvlakača, do čega dolazi uslijed povećanog trenja u toj zoni, kao i stanjenje samog dna posude, prouzrokovanog delimičnim učešćem materijala dna u deformacionom procesu.

Ovdje takodje nije uzeta u obzir pojava očvršćavanja, koja

bi promjenila tok deformacije, tako da bi se proces odvijao umjesto na pravoj \overline{DC} , po nekoj krivoj koja bi proizišla iz analize pojave očvršćavanja u ovom procesu, tj. povećanja stvarne granice plastičnosti. Uticaj pojave očvršćavanja na raspored debljine duž meridijana izvučene posude mogao bi biti prikazan preko naponskih svežnjeva, koji omogućavaju prikaz rasporeda debljine zida kao funkcije realnog procesa izvlačenja.

Ilustracije radi razmotrimo dva konkretna slučaja procesa izvlačenja, koristeći pri tome već izvedene obrasce na bazi bezmomentne teorije ljuske.

Primjer 1.

Odnosi se na slučaj kada je $\frac{R_1}{R} > 0,606$

Usvajamo $R_1 = 0,7 R$.

Raspored debljine zida izvučene posude, pri čemu je posuda bez vijenca, za pojedine veličine odnosa $\frac{r}{R}$ prikazan je u tabeli 3.

Tabela 3.

| | | | | | | |
|-----------------|-------|------|-------|------|------|------|
| $\frac{r}{R}$ | 0,75 | 0,8 | 0,85 | 0,9 | 0,95 | 1,0 |
| $\frac{s}{s_0}$ | 1,017 | 1,05 | 1,075 | 1,11 | 1,15 | 1,19 |

Primjer 2.

Odnosi se na slučaj kada je $R_1 < 0,606 R$

Usvajamo $R_1 = 0,5 R$, tako da će raspored debljine zida izvučene posude biti kao šta je to prikazano u tabeli 4.

Tabela 4.

| | | | | | | | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\frac{r}{R}$ | 0,55 | 0,6 | 0,65 | 0,7 | 0,75 | 0,85 | 0,9 | 0,95 | 1,0 |
| $\frac{s}{s_0}$ | 0,987 | 0,998 | 1,047 | 1,06 | 1,104 | 1,217 | 1,277 | 1,358 | 1,415 |

Oba primjera razmatrana su bez držača lima, tj. bez upotrebe sile pritiskivanja lima, šta bi izmjenilo shemu naponskog stanja, a samim tim i raspored debljine zida izvučene posude.

5. Veza između visinske koordinate i proizvoljnog poluprečnika r

Shodno shematskom prikazu na sl. 7. imamo da je suma površine posude, računata po sredini debljine zida

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

$$P_1 = \pi (R_i - r_i)^2$$

$$P_2 = 2\pi r_2 l_2$$

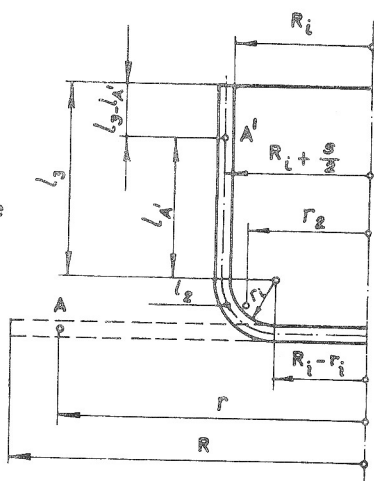
gdje je

$$l_2 = 2\pi \left(r_i + \frac{s}{2} \right) \cdot \frac{l_1}{4} = \frac{\pi}{2} \left(r_i + \frac{s}{2} \right)$$

$$r_2 = 0,637 \left(r_i + \frac{s}{2} \right) + R_i - r_i$$

$$P_3 = 2\pi \left(R_i + \frac{s}{2} \right) l_3$$

Sl. 7. Shema za određivanje koordinata mjerene debljine



Bazirajući na jednakosti površine iznad tačke A' i površine ispred tačke A ka ivici oboda pripremka, možemo napisati

$$(l_3 - l_{A'}) 2 \pi (R_1 + \frac{s}{2}) = \pi(R^2 - r^2)$$

Visinsku koordinatu posude, mjerenu od vrha posude, određujemo po obrascu

$$l_3 - l_{A'} = \frac{R^2 - r^2}{2 (R_1 + \frac{s}{2})} \quad (27)$$

U cilju preciznijeg određivanja visinske koordinate posude za prethodno nadjenu debljinu zida preko poluprečnika r , neophodno bi bilo izvršiti korekturu same postavke, da je debljina zida izvučene posude svuda ista, tj. ne usvajati prosječnu debljinu posude, koja približno iznosi s_0 , već bazirati na rasporedu debljine, određenom u prethodnoj tački ovog rada. U sprovođenju ovakve korekture treba poći preko zapremina, a ne preko površina, imajući u vidu činjenicu, da se debljina zida mijenja u zavisnosti od meridijanske koordinate posude. Ovaj problem, s obzirom na svoj obim, nije mogao biti ovdje prikazan, obradjujem ga u zasebnom radu.

L i t e r a t u r a

- /1/ MUSAFIA B., Primjenjena teorija plastičnosti, Sarajevo, 1973.
- /2/ POPOVIĆ P., Izrada elemenata metodom dubokog izvlačenja, Katedra za proizvodno mašinstvo, Mašinski fakultet, Niš, 1975.
- /3/ MARCINIAK Z., Studia nad kształtem blonowych powlok obrotowych w stanie plastycznym, Warszawa, 1958.
- /4/ PELCZYNSKI T., Wplyw stanu napięcia na przejście materiału w stan plastyczny, Przegląd mechaniczny z. 6. i z. 7., Warszawa, 1951.
- /5/ ROMANOVSKI V.P., Spravočnik po holodnoj šampovke, Moskva, 1959.
- /6/ SZCZEPINSKI M., Stress equations in drawing of thin shells of double curvature, Archiwum Budowy Maszyn, Nr. 2. Warszawa, 1959.

ŽIVANOVIĆ M.S.

ODREDJIVANJE POMOĆU BRZINE DEFORMACIJE

RASPOREDA DEBLJINE ZIDA IZVUČENE POSUDE

R e z i m e

Odredjivanje rasporeda debljine zida izvučene posude pomoću brzina deformacije, bazirajući na bezmomentnoj teoriji ljuske, postignuto je preko rasporeda napona za dvoosno naponsko stanje. Uočavamo dvije osnovne vrste rasporeda debljine zida duž meridijana. U prvoj vrsti dolazi do porasta debljine duž čitave visine posude. Druga vrsta sadrži pozitivne i negativne promjene debljine zida. Kojoj će vrsti pripasti dotični slučaj zavisi od odnosa prečnika izvlačka i pripremk. Zavisnost visinske koordinate posude za nadjenu debljinu zida može biti izražena preko udaljenosti razmatranog elementa od ose pripremk.

BESTIMMUNG DES DISPOSITIONS DER WANDDICKE

AUSGEZOGENES GEFÄSSES UNTER DER HILFE

DER VERFORMUNGSGESCHWINDIGKEIT

Z u s a m m e n f a s s u n g

Im Grund der momentlosen Theorie der Schale liegt Bestimmung des Dispositions der Wanddicke des ausgezogenes Gefässes, unter der Hilfe der Verformungsgeschwindigkeit, und ist über des Dispositions der Spannung für zweiachsigen Spannungszustand erreicht. Zwei Grundarten des Dispositions der Wanddicke werden entlang des Meridian bemerkt. In der ersten Art kommt zur Erhöhung der Wanddicke der ganzen Gefässhöhe. Zweite Art enthält positive und negative Veränderungen der Wanddicke. Zu welcher Art wird betrachteter Fall gehören, hängt von den Verhältniss des Durchmessers des Ausziehers und des Ausschnittes ab. Abhängigkeit der hochheitlichen Koordinate des Gefässes für die gefundene Wanddicke, kann über die Entfernung des betrachteten Elements von der Ausschnittachse ausgedrückt werden.