

ORIGINALNI NAUČNI RAD

D. Vilotić*

UTICAJ VISINE PRIZMATIČNOG PRIPREMKA NA NAPONSKO
STANJE KOD SLOBODNOG SABIJANJA CILINDRIČNIM ALATIMA**

Rezime

U radu je analiziran uticaj polazne geometrije priprema na komponente naponskog stanja pri slobodnom sabijanju paralelopipeda cilindričnim alatima, kao i uticaj istog faktora na pokazatelj naponskog stanja odnosno deformabilnost materijala. Takođe je analiziran uticaj visine priprema na dijagram deformacione sile. Naponsko stanje analizirano je primenom metode ravnih preseka dok je provera deformacione sile izvršena eksperimentalnim putem.

EINFLUSS DER HÖHE VON PRISMATISCHEN ROHTEILEN AUF
SPANNUNGSZUSTAND BEIM STAUCHEN MIT ZYLINDRISCHEN
WERKZEUGEN

Zusammenfassung

In dieser Arbeit ist der Einfluss von Anfangsgeometrie der Rohteilen auf die Komponenten des Spannungszustandes beim Freistauchen von Parallelopiped mit zylindrischen Werkzeugen und auf des Spannungszustand-Kennwert (Umformvermögen des Werkstoffes), analysiert. Gleichzeitig wurde der Einfluss der Rohteilhöhe auf Kraft-Weg Diagramm untersucht.

Der Spannungszustand wurde mit der Streifen Methode untersucht und die Ermittlung des Kraft-Weg Diagramms wurde experimentell durchgeführt.

*) Dr Dragiša Vilotić, dipl.ing., asistent, Fakultet tehničkih nauka, Institut za proizvodno mašinstvo, Novi Sad, Vladimira Perića-Valtera 2.

**) Rad je rezultat istraživanja na temi "Istraživanje tehnologije i sredstava rada u području obrade deformisanjem", koju finansira SIZ NR Vojvodine.

1. UVOD

Na naponsko stanje u obratku tokom procesa deformisanja utiče veliki broj faktora: obradni sistem, geometrija alata, kontaktno trenje, temperatura obrade, brzina deformisanja i dr. U ovom radu analiziran je uticaj visine prizmatičnog priprema na pojedine komponente napona pri slobodnom sabijanju cilindričnim alatima. Izvršena analiza ima određeni značaj za utvrđivanje deformabilnosti materijala uzoraka sa različitim odnosom geometrijskih veličina priprema. Identifikacija naponskog stanja izvedena je primenom metode ravnih preseka a u radu je prikazan deo rezultata dobijen na uzorcima od č. 1221.

2. ANALIZA NAPONSKOG STANJA

U radu [1] detaljno je prikazana analiza naponskog stanja kod slobodnog sabijanja paralelopipeda cilindričnim alatima (sl. 1), primenom metode rešavanja približne diferencijalne jednačine ravnoteže.

Na osnovu izvršene analize, odnosno na osnovu sl. 1. dobija se sledeća diferencijalna jednačina:

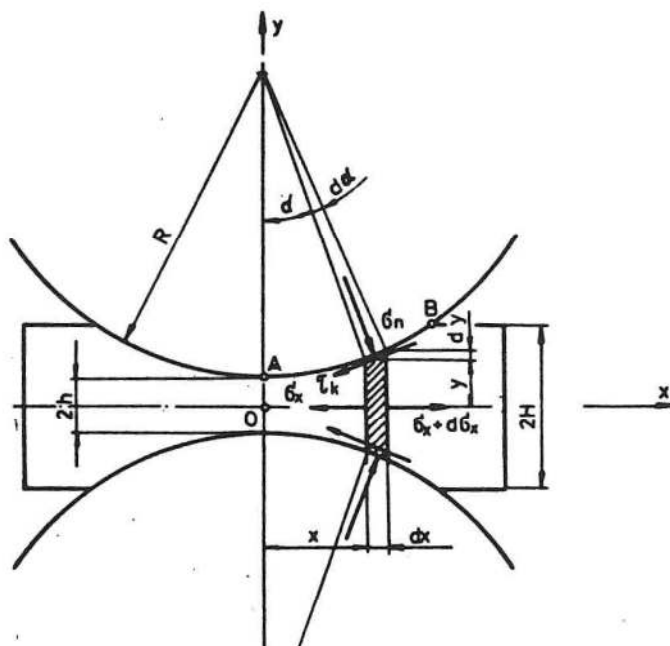
$$\frac{d\sigma_x}{d\alpha} + \sigma_x \frac{\mu \cos \alpha}{a - \cos \alpha} + 1,15K \frac{\sin \alpha - \mu \cos \alpha}{a - \cos \alpha} = 0 \quad (1)$$

gde je:

$a = \frac{h}{R} + 1$ - geometrijski parametar

K - specifični deformacioni otpor

μ - koeficijent trenja
 R - radius alata
 h - trenutna visina obratka



Sl. 1. Komponente napona pri sabijanju cilindričnim alatima

Rešenje jednačine (1) po σ_x može se dobiti numeričkim putem, a zatim se, primenom Missesovog kriterijuma plastičnosti dobija komponenta napona σ_n :

$$\sigma_n = 1,15K - \sigma_x \quad (2)$$

Specifični deformacioni otpor određuje se na osnovu krive tečenja koja je prethodno ustanovljena eksperimentalnim putem:

$$K = K_0 + A \cdot \phi_e^b \quad (3)$$

$K_0 = \sigma_v$ početni specifični deformacioni otpor
 A, b - konstante zavisne od vrste materijala

Efektivna deformacija (ϕ_e) određuje se iz geometrijskih odnosa:

$$\phi_e = 1,15 \cdot \ln \frac{H}{y} \quad (4)$$

Na osnovu komponenti σ_n , σ_x i K može se definisati pokazatelj naponskog stanja (β) koji predstavlja apscisu u dijagramu granične deformabilnosti |2|:

$$\beta = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{\sigma_e} = \frac{\sigma_n + \sigma_x}{K} \quad (5)$$

Pokazatelj naponskog stanja β različit je u različitim obradnim sistemima, npr.: kod jednoosnog zatezanja $\beta = 1$, kod torzije $\beta = 0$ a kod jednoosnog sabijanja cilindra $\beta = 1$. Na osnovu mnogobrojnih istraživanja može se zaključiti da pokazatelj naponskog stanja određuje veličinu granične deformacije u obradnom sistemu |2, 3, 4|.

Na osnovu poznatog rasporeda napona može se odrediti deformaciona sila za slučaj sabijanja paralelopipeda cilindričnim alatom prema izrazu:

$$F = 2BR \cdot \int_0^{\alpha_b} \sigma_n (\cos\alpha + \mu \sin\alpha) \cdot d\alpha \quad (6)$$

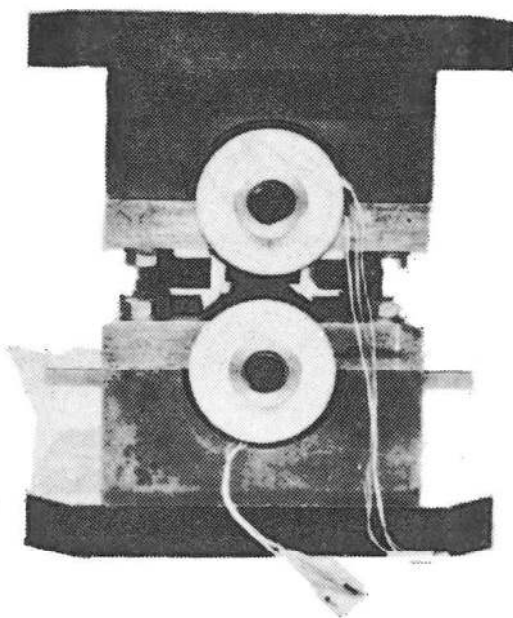
B - dužina obratka

α_b - ugao kontakta

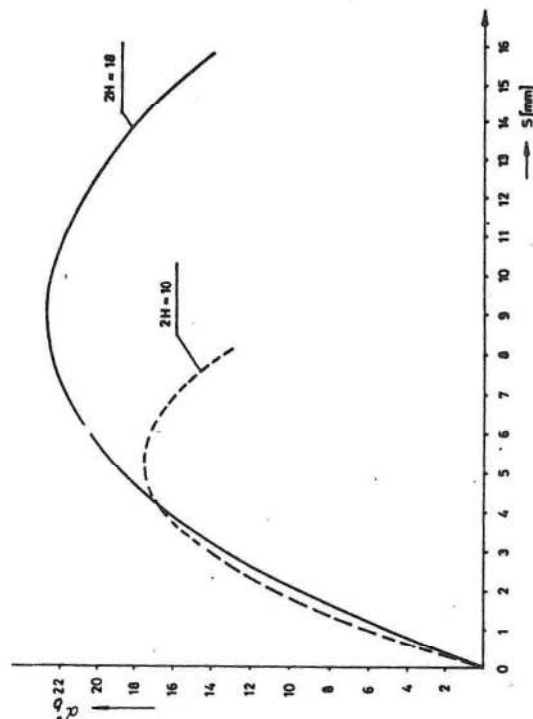
3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U nastavku su prikazani rezultati dobijeni na uzorcima od č.1221 prizmatičnog oblika polazne visine $2H=10$ i $2H=18$ mm. Prikazani rezultati odnose se prvenstveno na naponsko stanje u zoni deformacije i promenu pokazatelja naponskog stanja u kritičnoj tački obratka (zona pojave loma) a takodje je prikazan i uticaj geometrije priprema na dijagram deformacione sile koji je posledica naponskog stanja.

Komponente napona određivane su prema modelu iz tačke 2. uz prethodnu identifikaciju potrebnih ulaznih podataka. Eksperimentalnim putem pomoću cilindričnih alata prečnika $\phi 100$ mm (sl. 2) određena je promena ugla kontakta α_b u zavisnosti od hoda alata (sl. 3).



Sl. 3. Alat za eksperimentalna istraživanja

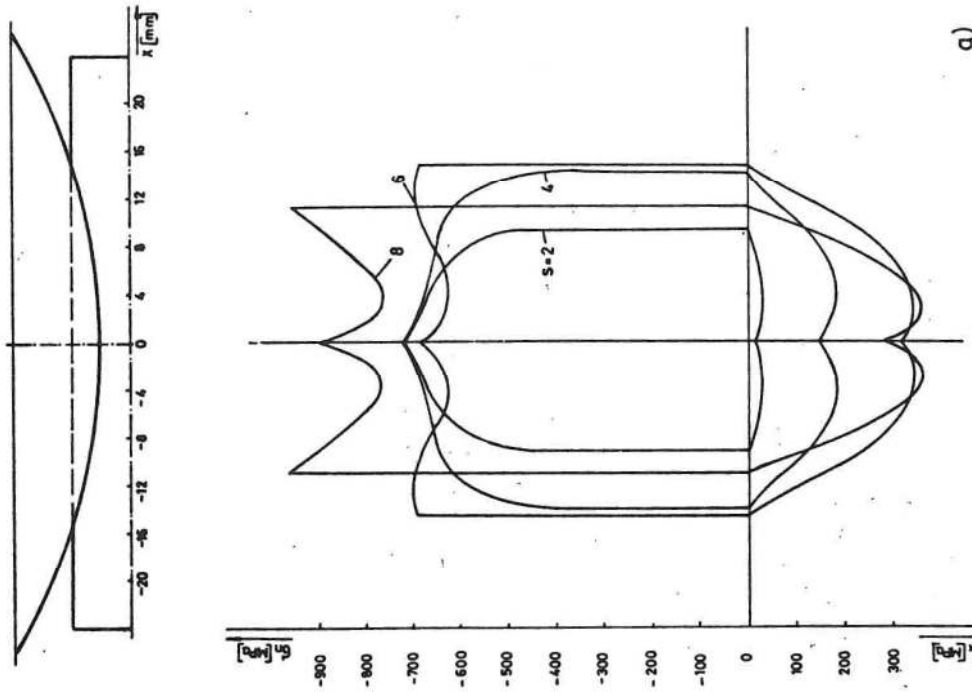
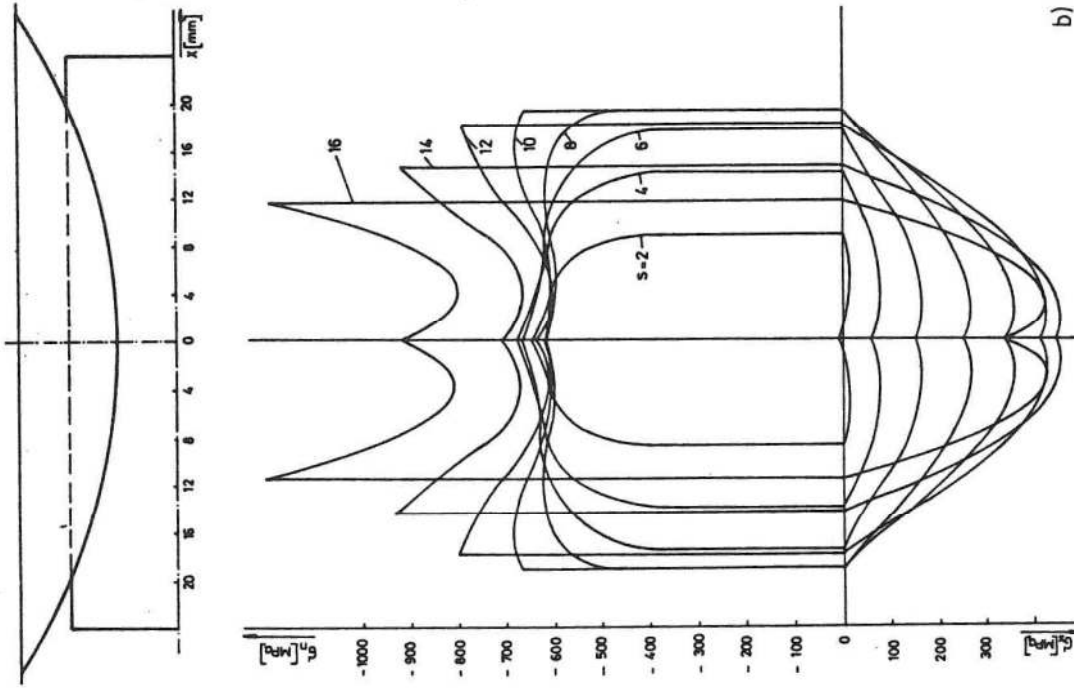


Sl. 3 - Promena ugla kontakta

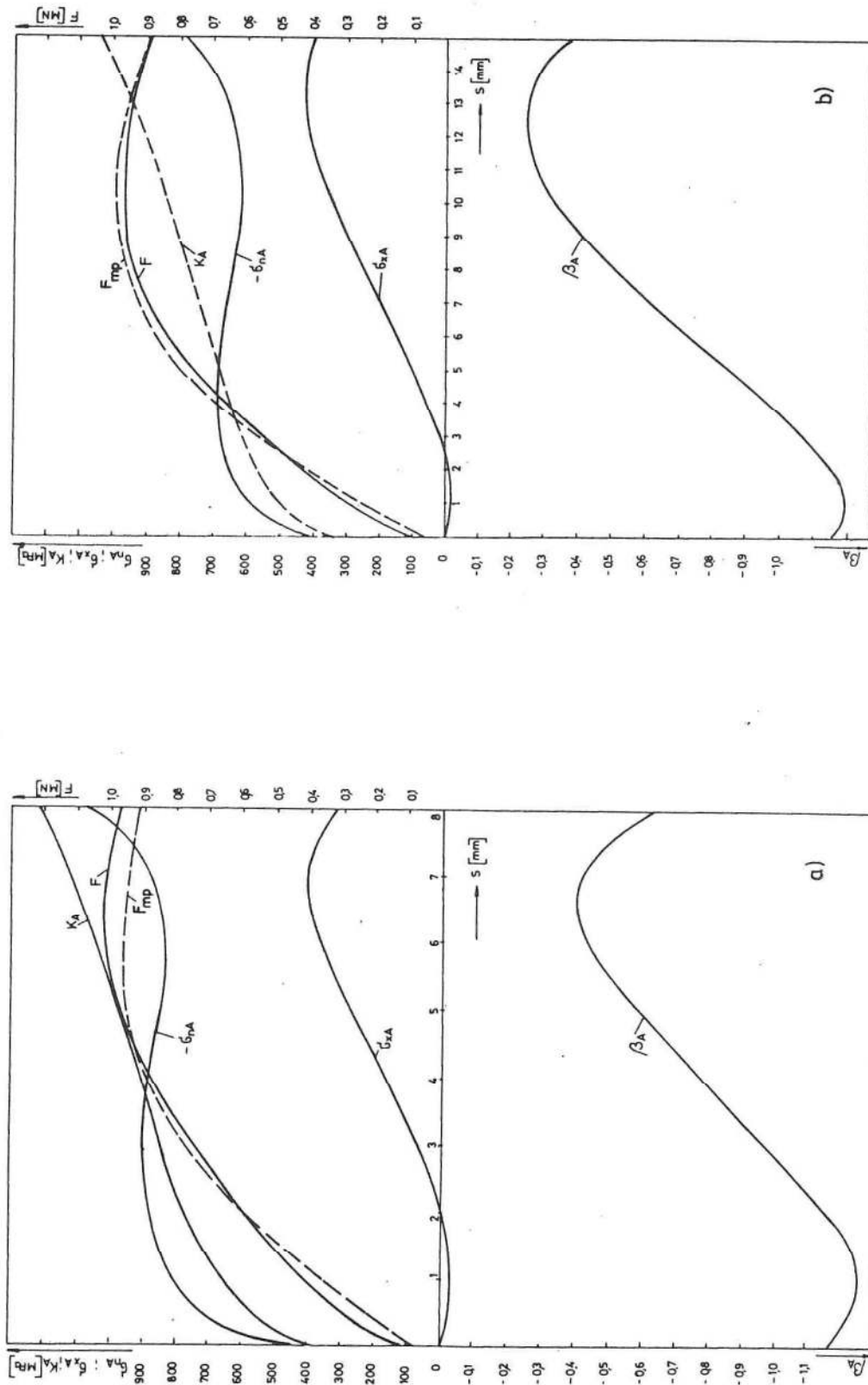
Eksperimentalnim putem, po metodologiji Rastegajeva [4] određena je i kriva tečenja za č.1221 i aproksimirana izrazom:

$$K = 344,64 + 512,55 \cdot \phi e^{0,42475} \quad |\text{MPa}|$$

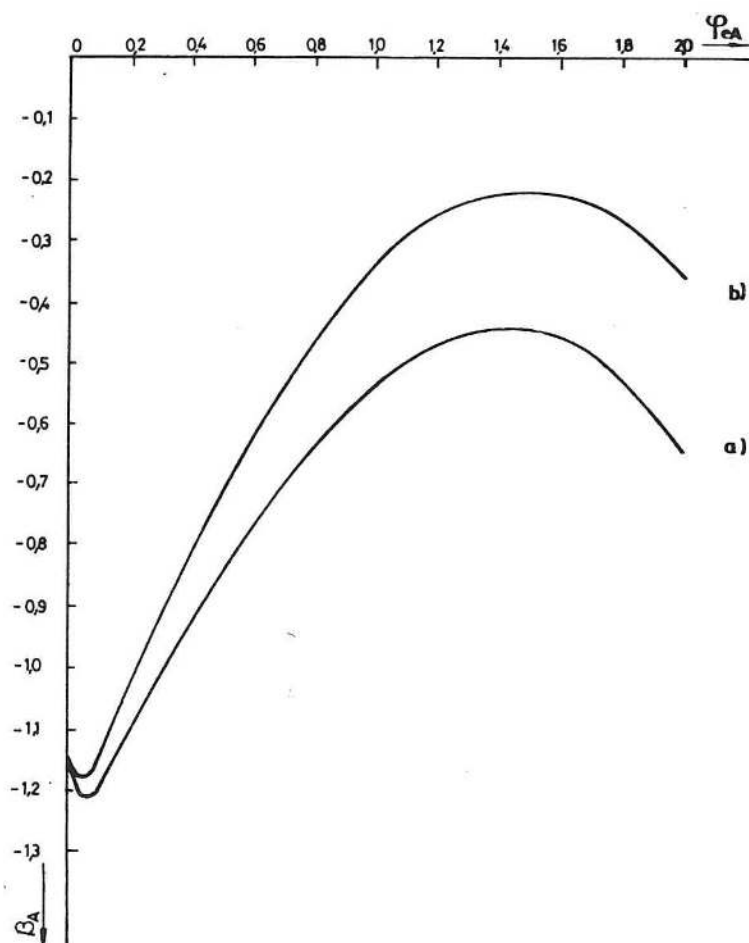
Numeričko rešavanje diferencijalne jednačine (1) po σ_n je izvedeno pomoću računara, po metodi Runge-Kutta, a zatim je izračunavan napon σ_n i pokazatelj naponskog stanja β (izrazi 2 i 5). Deformaciona sila određivana je numeričkom integracijom (izraz 6).



Sl. 4 - Raspored napona u zoni deformacije: a) $2H=10$ mm, b) $2H=18$ mm



Sl.5. - Promena karakterističnih veličina u zavisnosti od hoda alata pri sabijanju uzoraka od Č.1221: a) $2H=10$ mm b) $2H=18$ mm



Sl. 6. Zavisnost pokazatelja naponskog stanja od efektivne deformacije: a) $2H=10$ mm, b) $2H=18$ mm

Na sl. 4. prikazan je raspored napona σ_n i σ_x duž zone deformacije za uzorke $2H=10$ mm (a) i $2H=18$ mm (b) uz hod alata (S) kao parametar. Na sl. 5 prikazana je promena pojedinih komponenti napona u kritičnoj tački obratka (tačka A, sl. 1) kao i promena ukupne deformacione sile za dve polazne visine uzoraka. Deformaciona sila odredjivana je numerički (linija F_p) i eksperimentalno (linija F). Na istim dijagramima prikazana je i primena β -faktora u zavisnosti od hoda alata, dok je na sl. 6. prikazana promena ovog faktora u zavisnosti od efektivne deformacije.

4. ANALIZA REZULTATA I ZAKLJUČAK

Rezultati analize naponskog stanja u zoni deformisanja kod uzoraka od č.1221 različite polazne visine (sl. 4) pokazuju da je karakter promene pojedinih komponenti (σ_x i σ_n) sličan s tim što postoji određena razlika u apsolutnim vrednostima ovih veličina. Sličan zaključak može se izvesti i na osnovu podataka prikazanih na dijagramima sl. 5. iz kojih proizlazi i određena razlika u promeni pokazatelja napona β_A koji ima nešto niže vrednosti kod uzoraka manje polazne visine ($2H=10$ mm). Trendovi promene pojedinih veličina kod uzoraka polazne visine $2H=10$ i $2H=18$ mm su slični a očigledna razlika postoji u deformacionoj sili. Naime kod uzoraka veće polazne visine deformaciona sila ima višu vrednost u odnosu na silu za uzorke manje polazne visine (sl. 5). Iz ovih dijagrama takodje se može konstatovati veoma dobro poklapanje F-S krivih određenih teorijskim i eksperimentalnim putem.

Najuočljiviji uticaj visine priprema na naponsko stanje proizilazi iz dijagrama promene β -faktora u zavisnosti od efektivne deformacije - sl. 6. Iz ovog dijagrama može se zaključiti da kod uzoraka manje polazne visine, posmatrano sa aspekta deformabilnosti materijala, vlada povoljnije naponsko stanje u odnosu na naponsko stanje kod uzoraka veće polazne visine, jer je kriva a ($2H=10$ mm) niža od krive b ($2H=18$ mm). Ovaj rezultat proizilazi iz odnosa komponenta napona σ_{xA} i σ_{nA} (sl. 5). Naime, kod uzoraka manje polazne visine normalni napon je viši (u apsolutnom iznosu) u odnosu na isti kod uzoraka veće visine. Zatezni napon (σ_{xA}) kod uzoraka manje početne visine je manji u odnosu na isti kod uzoraka veće polazne visine, što je povoljnije sa aspekta deformabilnosti materijala.

Na osnovu gornjih rezultata može se zaključiti da se kod uzoraka manje polazne visine, pri sabijanju cilindričnim alatima mogu očekivati više vrednosti granične deformacije u odnosu na uzorke veće početne visine.

LITERATURA:

- |1| VILOTIĆ, D.: Defomaciona sila pri slobodnom sabijanju polucilindričnim alatom. XVIII savetovanje proizvodnog mašinstva Jugoslavije, Niš, 1984. (ODM. br. 1, str. 341 - 350, N.Sad, 1984).
- |2| VUJOVIĆ, V. SHABAIK, A.: A New Workability Criterion for Ductile Metals. Transactions of the ASME, Journal of Engineering and Technology, Vol. 108/245-249.
- |3| KOLMOGOROV, V.L.: Plastičnost i razrušenje. Metallurgija, Moskva, 1977.
- |4| VILOTIĆ, D.: Ponašanje čeličnih materijala u različitim obradnim sistemima hladnog zapreminskog deformisanja. Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1987.