

TEHNOLOGIJA PLASTIČNOG DEFORMISANJA

DEFORMABILNOST

DEFORMABILNOST MATERIJALA – DEFINICIJA, UTICAJNI FAKTORI

Deformabilnost materijala je osobina materijala da se u određenim uslovima obrade trajno deformiše bez pojave razaranja ili nekog drugog oštećenja strukture.

Deformabilnost materijala (D) zavisi od vrste materijala koja je definisana hemijskim sastavom (H), zatim od strukture materijala (S), temperature obrade (T), brzine deformacije ($\dot{\varphi}$), naponskog stanja (T_{σ}) i drugih faktora:

$$D = f(H, S, T, \dot{\varphi}, T_{\sigma}, \dots)$$

Čelični materijali s obzirom na deformabilnost mogu se podeliti na:

1. Ugljenične čelike i
2. Legirane čelike

Ugljenični čelici mogu biti niskougljenični i čelici s povećanim sadržajem ugljenika. Bolja plastična svojstva imaju niskougljenični čelici.

Legirani čelici se s obzirom na deformabilnost mogu podeliti u dve grupe:

- a) čelici legirani sa Si, Ni, Co, Cu, Al i Mn, koji stvaraju čvrst rastvor u feritnoj osnovi, povećavaju deformacioni otpor ali bitnije ne umanjuju deformabilnost materijala,
- b) čelici legirani elementima koji stvaraju karbide: Mn→Cr→W→Mo→V→Ti i C
Porastom procentualnog učešća ovih elemenata u čeliku smanjuju se plastična svojstva materijala, dok se deformacioni otpor ne menja bitnije. Deformabilnost čelika s navedenim legirajućim elementima može se poboljšati sferoidizacijom karbida, što se postiže odgovarajućom termičkom obradom. Tvrdi nemetalni uključci u čeliku takođe smanjuju plastična svojstva materijala.

Struktura materijala zavisi od hemijskog sastava i termičkog tretmana materijala i značajno utiče na deformabilnost. Najpovoljniji oblik strukture za plastično deformisanje je meko žarena struktura s ravnomernom krupnoćom zrna.

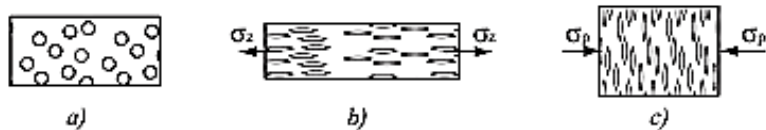
Temperatura obrade takođe je jedan od važnih faktora deformabilnosti, čijim povećanjem raste mogućnost deformisanja.

Brzina deformacije utiče na mehanizme plastične deformacije, pa samim tim i na deformabilnost materijala. Kod konvencionalnih – kvazistatičnih procesa obrade ovaj faktor bitnije ne utiče na deformabilnost.

Naponsko stanje jedan je od najznačajnijih faktora koji utiču na veličinu deformacije pre pojave razaranja materijala. Ovaj faktor je važan i zato što se na njega može uticati promenom elemenata obradnog sistema, pre svega konstrukcijom alata.

Uticao naponskog stanja na veličinu deformacije pre razaranja može se objasniti uticajem naponskog stanja na greške u strukturi materijala.

Svaki materijal u svojoj strukturi ima i određene greške (slika pod a). Delovanjem zateznog napona ove greške se izdužuju i približavaju (slika pod b), što vrlo brzo uslovljava razaranje materijala, odnosno smanjenje njegove deformabilnosti. Pri delovanju pritisknog napona (slika pod c), greške u strukturi se zatvaraju, smanjuje se mogućnost razaranja i postiže se znatno veća deformacija nego u slučaju delovanja zateznih napona.



Greške u materijalu i naponsko stanje

Parametri plastičnosti

Parametri plastičnosti su veličine na osnovu kojih može da se da ocena obradivosti materijala plastičnom deformacijom, kao i da se poredi obradivost različitih materijala. Dobijaju se standardnim ispitivanjem na zatezanje.

Parametri plastičnosti su:

1. Odnos granice tečenja i zatezne čvrstoće - a_{σ}
2. Eksponent krive deformacionog ojačavanja - n
3. Kontrakcija preseka epruvete pri ispitivanju na zatezanje - ψ
4. Koeficijent normalne anizotropije – r faktor

Odnos granice tečenja i zatezne čvrstoće – a_σ

$$a_\sigma = \frac{R_e}{R_m}$$

Vrednosti parametra a_σ kreću se u interval od 0,5 do 1.

Za plastično deformisanje su pogodni materijali sa nižim vrednostima, koji su bliži vrednosti 0,5. Materijali kod kojih je $a_\sigma = 1$ ne mogu se obrađivati plastičnom deformacijom.

Eksponent krive deformacionog ojačavanja n

Ovaj parametar jednak je vrednosti maksimalne logaritamske deformacije pri zatezanju. Vrednosti ispod 0,19 ukazuju na lošu deformabilnost, dok vrednosti iznad 0,25 ukazuju na izuzetno dobru deformabilnost.

Kontrakcija preseka epruvete pri ispitivanju na zatezanje - ψ

Kontrakcija preseka na mestu prekida epruvete računa se prema sledećem izrazu

$$\psi = \frac{A_0 - A}{A_0}$$

Ukoliko je kontrakcija na mestu prekida veća to znači da je i ravnomerna deformacija koje je prethodila kidanju epruvete veća, odnosno da materijal ima veću plastičnost.

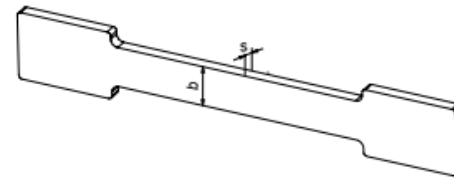
Ukoliko je $\psi > 60\%$ materijal ima visoku plastičnost (deformabilnost), za vrednosti između 50% i 60% materijal ima dobru deformabilnost, dok se za vrednosti manje od 50% smatra da materijali nisu pogodni za plastično deformisanje.

Koeficijent normalne anizotropije - r faktor

Koeficijent normalne anizotropije ili r faktor je pokazatelj podobnosti lima za obradu dubokim izvlačenjem. Određuje se ispitivanjem na zatezanje epruvete od lima.

Koeficijent normalne anizotropije definiše se odnosom logaritamske deformacije širine epruvete (φ_b) i logaritamske deformacije debljine epruvete (φ_s):

$$r = \frac{\varphi_b}{\varphi_s}$$



Za duboko izvlačenje povoljni su materijali kod kojih je $r > 1$.

Deformabilnost u obradi lima

Problem deformabilnosti materijala najpre je izučavan u tehnologiji plastičnog deformisanja lima, i to pre svega pri dubokom izvlačenju, tako da se ova problematika najčešće i definiše kao problematika deformabilnosti dubokim izvlačenjem.

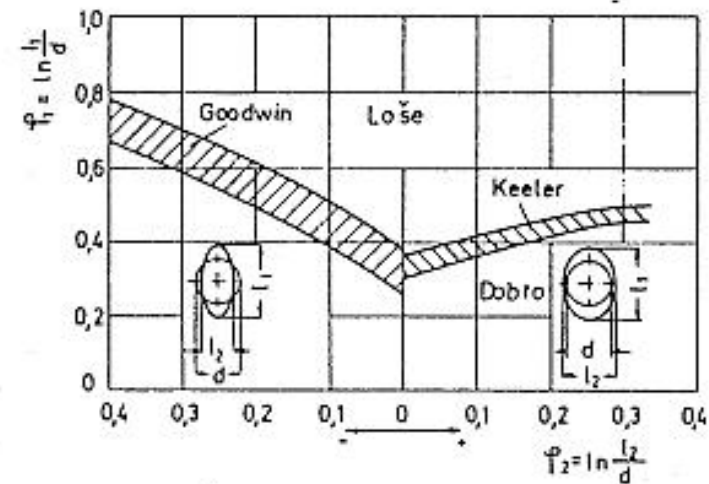
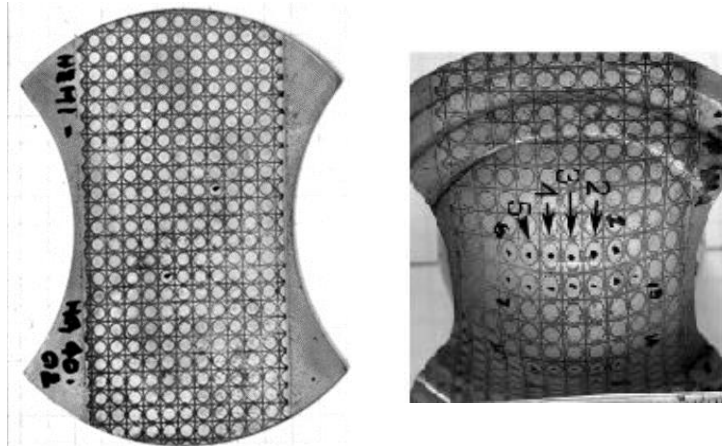
Za ocenu pogodnosti materijala za duboko izvlačenje razvijene su brojne metode koje se mogu svrstati u tri grupe:

- a) mehanička ispitivanja – parametri plastičnosti,
- b) simulativne metode ispitivanja,
- c) dijagram granične deformabilnosti.

Dijagram granične deformabilnosti u obradi lima

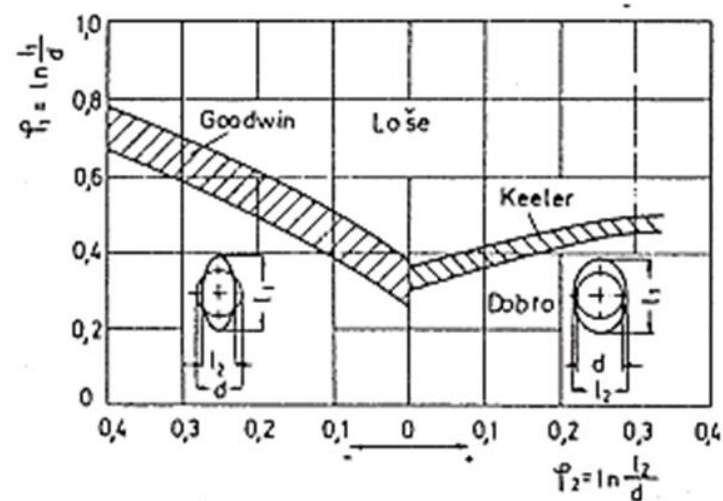
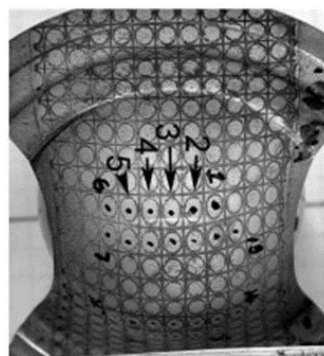
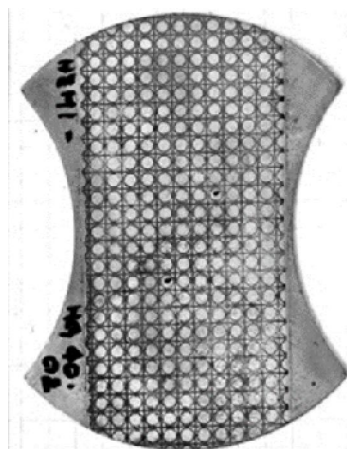
Dijagram granične deformabilnosti u obradi lima izražava sposobnost materijala za deformisanje u datim uslovima obrade, a poznat je pod nazivom Keeler-Goodwinov dijagram.

Ovaj dijagram u suštini predstavlja zavisnost glavnih deformacija $\varphi_1 = f(\varphi_2)$ u trenutku pojave razaranja. Određuje se eksperimentalno, primenom različitih metoda deformacije.



Desna strana dijagrama, koju je predložio Keeler, odgovara procesima oblikovanja lima razvlačenjem, dok leva strana dijagrama (Goodwin) pokriva duboko izvlačenje i neke druge procese oblikovanja.

Donja linija u dijagramu označava početak lokalizacije deformacije, a gornja trenutak pojave razaranja. Sigurno područje obrade predstavlja kombinaciju deformacija φ_1 i φ_2 koje leže ispod graničnih linija.



Dijagram granične deformabilnosti pri zapreminskom deformisanju

Granična deformabilnost pri zapreminskom deformisanju izražava maksimalnu mogućnost oblikovanja materijala u zadatim uslovima obrade i definisana je funkcijom deformabilnosti

$$D = f(H, S, T, \dot{\varphi}, T_{\sigma}, \dots)$$

Mera deformabilnosti je ukupno ostvarena efektivna deformacija do trenutka pojave oštećenja strukture (razaranje ili lokalizacija deformacije) i naziva se granična deformacija φ_{eg} .

Ako se u funkciji deformabilnosti D , faktori materijala (H), strukture (S), temperature (T) i brzine deformacije ($\dot{\varphi}$) konstantni, tada se funkcija deformabilnosti svodi na relaciju

$$\varphi_{eg} = f(\beta)$$

u kojoj je β pokazatelj naponskog stanja definisan izrazom

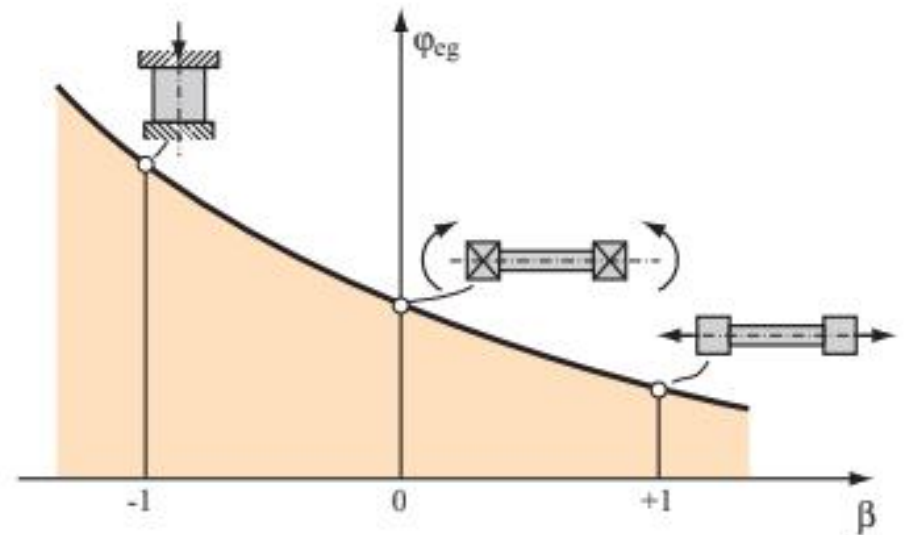
$$\beta = \frac{\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z}{\sigma_e}$$

Zavisnost granične deformacije od pokazatelja naponskog stanja β predstavlja dijagram granične deformabilnosti.

U delu dijagrama u kome je $\beta < 0$ nalaze se procesi u kojima preovladavaju pritisni naponi koji omogućuju da se ostvare veća vrednost granične deformacije, nego u delu dijagrama gde je $\beta > 0$ (procesu u kojima preovladavaju zatezna naponska stanja).

Tri osnovna modela deformisanja na osnovu kojih se može odrediti DGD su:

- jednoosno zatezanje $\beta = +1$
- jednoosno sabijanje $\beta = -1$
- torzija $\beta = 0$



Dijagram granične deformabilnosti kod zapreminskog deformisanja

$$\beta = \frac{\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z}{\sigma_e}$$