

FORMING LIMIT OF STAINLESS THIN SHEETS UNDER NON-MONOTONOUS DEFORMATION PROCESS CONDITIONS

ABSTRACT

Presented in the paper is experimental investigation of forming limit of thin sheet made from Č.4580 (X5CrNi18 9, after DIN). The specific two-phase non-monotonous procedure is applied. In the first phase the axial tension of 120 mm wide sheet stripe is applied, while in the second phase, the series of stretching by semi-spherical punch is performed. Forming limit diagram is formed and compared with forming limit diagram related to monotonous forming. Also, strain distribution and analysis of applied strain procedure effects is given.

LITERATURA

- [1] Aleksandrović S., Granična deformabilnost tankih limova u uslovima nemonotonog procesa plastičnog deformisanja, mag. rad., Mašinski fakultet Kragujevac, 1993.
- [2] Stefanović M., Aleksandrović S., Influence of strain path and tribo conditions on limiting relations in deep drawing, Journal of Techn. of plasticity, Novi Sad, 19 (1994), 47-55.
- [3] Rasmussen S. N., Theoretical Prediction of Strain Path Dependence of Limit Strains in Sheet Materials, Annals of the CIRP Vol. 30/1/1991, 179-184.
- [4] Devedžić B., Aleksandrović S., Uticaj nemonotonosti dvofaznih procesa deformisanja na graničnu deformabilnost tankih limova, XXV SPMJ, 1994, Beograd, Zbornik rad., 95-101.
- [5] Devedžić B., Granična deformabilnost limova pri različitim istorijama deformisanja, XXIV SPMJ, Novi Sad, 1992, Zbornik rad. 1-11 do 1-19.
- [6] Gronostajski J., Ali W.J., Ghattas M.S., Analysis of the limit strains of coated sheets steel for different strain paths, Journal of Mat. Proc. Techn., 22, 1990, 137-145.



26. MEĐUNARODNO SAVJETOVANJE PROIZVODNOG MAŠINSTVA JUGOSLAVIJE
26TH INTERNATIONAL CONFERENCE OF PRODUCTION ENGINEERING

S. Aleksandrović, M. Stefanović^{*)}

INTEGRALNI PRISTUP PRI ANALIZI DEFORMABILNOSTI TANKIH LIMOVA

REZIME

Rad sadrži sveobuhvatan pristup analizi i rešavanju problema deformabilnosti pri dubokom izvlačenju. Prva faza obuhvata kompletno ispitivanje materijala (mehaničke karakteristike, pokazatelje obradivosti, krive granične deformabilnosti, tribološke karakteristike, struktura i eventualno hemijski sastav). Sledi identifikacija kritičnih zona, tipova defekata, određivanje deformacionih polja i definisanje putanja deformisanja u dijagramu granične deformabilnosti. Naredna faza je ispitivanje maziva i uočenih triboloških efekata ("galing" i sl.). Konačan rezultat daje potrebne karakteristike procesa, alata, mašine i materijala.

1. UVOD

Duboko izvlačenje tankih limova, zbog svoje složenosti i često nepoznavanja pojedinih uticajnih faktora može da rezultira neuspešno oblikovanim predmetima obrade. U onoj meri kojom se ovlada tim faktorima moguće je upravljati procesom i usmeravati ga ka konačnom cilju - kvalitetnom otpresku. Prema sagledavanju kompleksa ove obrade u [1] najvažniji su sledeći faktori: predmet obrade sa svojim karakteristikama uključujući materijal, alat, mašina, tribološki uslovi i okruženje. Kad dođe do pojave proizvoda sa defektima potrebno je odrediti uzroke problema i dati kvalitetna rešenja. U ovom radu se daje jedan pristup zasnovan na kompleksnoj deformacionoj analizi dobijanja otpreska, analizi materijala i triboloških uslova. Naročito je važna pravilna analiza komada sa defektima jer se na njemu direktno reflektuju svi povoljni i nepovoljni uticaji koji postoje u procesu obrade. Koristi se konkretan primer otpreska necilindrične forme od nerđajućeg čeličnog lima Č4580 (X5CrNi18 9 po DIN-u). Bitno je naglasiti da je to vrlo značajan materijal za savremenu industriju jer se svojim antikorozionim svojstvima uklapa u važne tendencije razvoja sve više usmerene ka produženju veka proizvoda i zaštite prirodne okoline [2].

2. METODOLOGIJA ISPITIVANJA

2.1 Ispitivanje materijala

Potrebno je što detaljnije ispitati materijal i to je prvi korak na prikupljanju potrebnih podataka o konkretnom komadu. Od mehaničkih karakteristika određuju se: zatezna čvrstoća (R_M), granica tečenja (R_P), izduženje pri prekidu (A_{80}). Odnos R_P/R_M , "r" faktor i "n" faktor su potrebne osnovne karakteristike obradivosti. Pomenuti materijal je hladno valjani lim sa manje

^{*)} Mr Srbislav Aleksandrović, asistent, Mašinski fakultet u Kragujevcu
Dr Milentije Stefanović, red. prof., Mašinski fakultet u Kragujevcu

ili više izraženom ravanskom anizotropijom. Zato je bitno sve prethodne karakteristike odrediti u pravcu valjanja, 45° i 90° u odnosu na taj pravac. Tabela 1 daje mehaničke i osnovne karakteristike obradivosti određene standardnim procedurama.

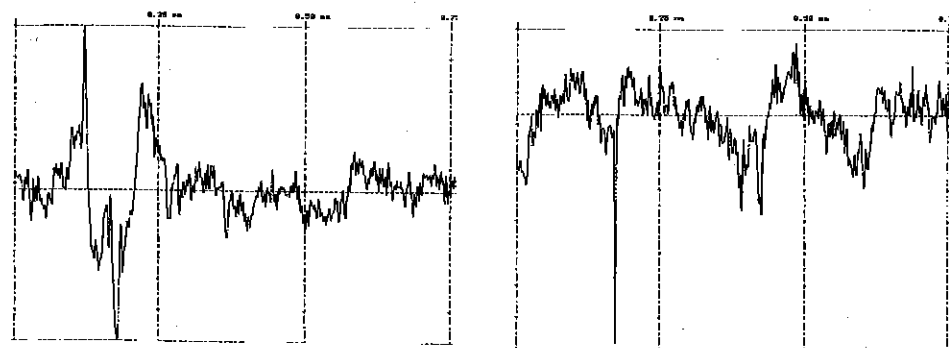
Tabela 1

Karakteristike lima Č4580 (X5CrNi18 9 po DIN-u) debljine $s_0=0,7$ mm						
Ugao prema pravcu valjanja lima, °	R_p MPa	R_M MPa	A_{50} %	r	n	R_p/R_M
0	303,2	660,2	30,6	0,824	0,361	0,46
45	308,1	666,4	37,15	1,147	0,35	0,462
90	317,3	630,1	29,5	0,949	0,343	0,5
srednja vrednost	309,2	655,8	33,6	1,017	0,351	0,471

Hronološki posmatrano, metalografska ispitivanja strukture i eventualo, hemijskog sastava moguće je raditi paralelno sa prethodnim ispitivanjem. Ovaj čelik spada u austenitne visoko legirane čelike i pri povećanju od 200 puta zapažaju se ravnoosna zrna austenita ujednačene veličine. Unutar granica zrna primećuje se dvojnokovanje karakteristično za austenit. Sredstvo za nagrizanje mikrošlifa je carska voda u glicerinu. Veličina zrna (po JUS C.A3.004) zadovoljava indeks $G=7-8$.

Hemijski sastav zadovoljava standardne granice (DIN i AISI) i u skladu je sa certifikatom proizvođača.

Na osnovu pokazanih vrednosti zapažaju se izrazito velike vrednosti zatezne čvrstoće i granice tečenja (uz povoljan odnos) kao i zadovoljavajuće vrednosti izduženja. Za ove karakteristike ne zapaža se bitan uticaj anizotropije. Vrednosti n -faktora su visoke što je povoljno s obzirom na obradivost razvlačenjem. r -faktor ima niske vrednosti uz jako izražen uticaj anizotropije u ravni. Vrednosti upozoravaju na sklonost lima ka stanjenju što može da umani obradivost dubokim izvlačenjem, naročito sa stepenima izvlačenja bliskim kritičnim.

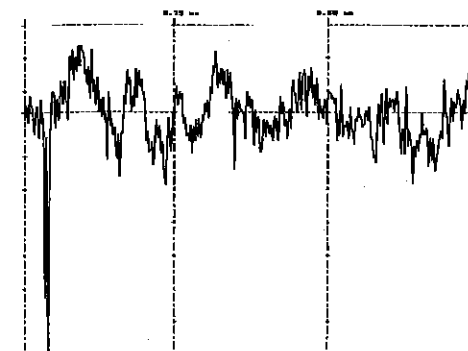


Sl.1 Hrapavost površine u pravcu valjanja

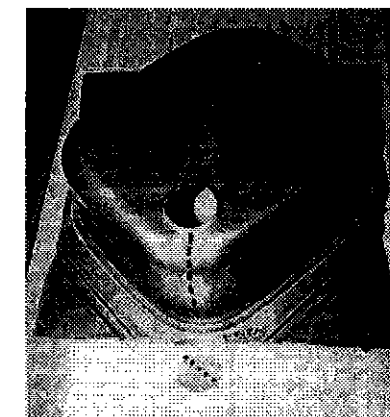
Sl.2 Hrapavost površine u pravcu 45° prema pravcu valjanja

Hrapavost površine merena je (takođe za tri pravca u ravni) na uređaju Talysurf 6 (Engleske firme TAYLOR HOBSON) i pokazana je na sl. 1-3. Od brojnih pokazatelja dobijenih ovim

merenjem navode se vrednosti srednjeg aritmetičkog odstupanja R_a (0,035; 0,035; 0,034 μ m respektivno prema uglu u odnosu na pravac valjanja), srednjeg kvadratnog odstupanja R_q (0,052; 0,049; 0,047) i maksimalne visine profila R_y (0,57; 0,482; 0,41). Referentna dužina je bila 0,25 mm, a dužina ocenjivanja 1,5 mm. Ako se izuzmu prisutne ogrebotine hrapavost je relativno ujednačena za sva tri pravca.

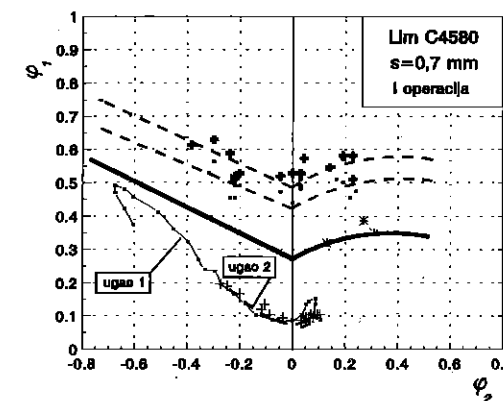


Sl.3 Hrapavost površine (pravac 90° prema pravcu valjanja)



Sl.4 Izgled ispitivanog otpreska

2.2 Granična deformabilnost



Sl.5 Dijagram granične deformabilnosti sa distribucijama deformacija

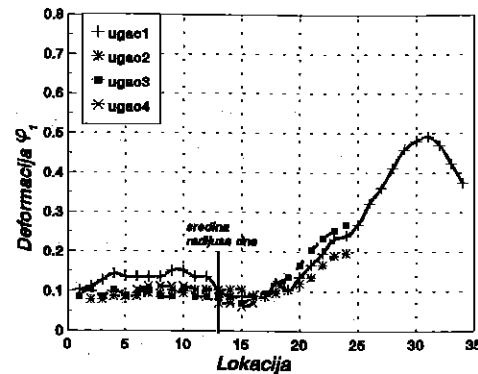
Dijagram granične deformabilnosti (DGD) pokazan na sl.5 određen je klasičnim postupkom razvlačenja serije epruveta promenljive širine polusfernim izvlačaćem prečnika 50 mm. Isprekidanim linijama označene su krive lokalizacije (donja kriva) i razaranja (gornja kriva) za mernu mrežu prečnika 3 mm. Na komadu sa sl.4 primenjena je mreža od 5 mm, pa je izvršena korekcija položaja krive lokalizacije (puna linija na DGD).

Zbog nedostatka prostora, na sl.5 prikazane su i dve raspodele o kojima će biti reči u narednoj glavi.

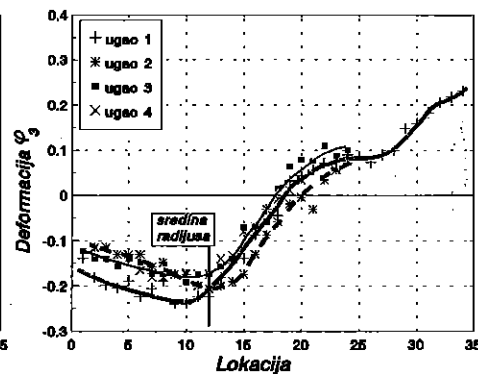
3. REZULTATI ANALIZE ISPITIVANOG OTPRESKA

Identifikacija tipova defekata je prvi korak pri analizi neispravnog otpreska. Oni se, najčešće, uočavaju običnim vizuelnim pregledom. U konkretnom slučaju defekti su: pucanje na ravnom delu u zoni radijusa na jednom uglu, pucanje u zoni probijenog otvora i pojava nabora na vertikalnom zidu komada u zoni ugaonog radijusa. Uzroke defekata moguće je odrediti utvrđivanjem distribucija deformacija u uočenim kritičnim zonama. Pogodno je dati distribucije

u zavisnosti od mesta merenja pojedinog elementa merne mreže (naročito je važna treća glavna deformacija upravna na ravan lima koja pokazuje intenzitet stanjenja) i distribuciju u sistemu dve glavne deformacije u ravni. Više detalja o načinu prikazivanja i tumačenja distribucija deformacija pri dubokom izvlačenju dato je u [3] i [4].

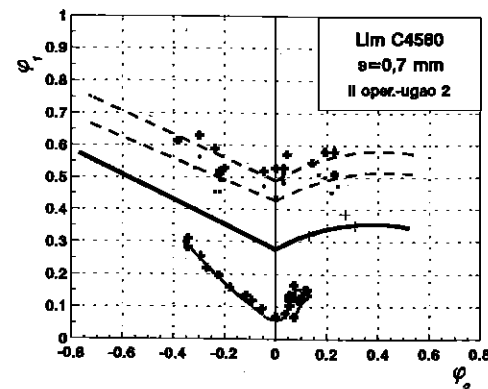


SI.6 Distribucija veće deformacije u ravni u I operaciji

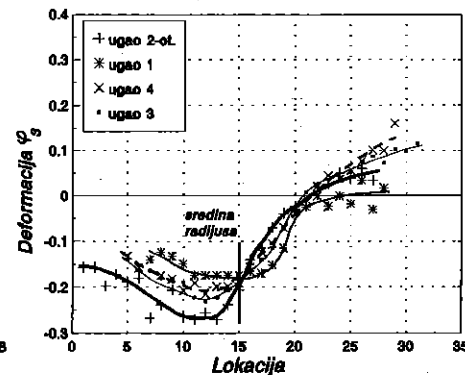


SI.7 Distribucija deformacije debljine u I operaciji

SI.6 pokazuje distribuciju prve glavne deformacije (veća deformacija u ravni) za prvu operaciju. Lokacija 1 leži na ravnom delu, a poslednja na vertikalnom zidu komada. Vidi se da su deformacije u dijagonalnom pravcu preko ugla 1 manje što govori o neujednačenom držanju oboda, odnosno o neravnomernoj sili držanja. SI.7 pokazuje značajno stanjenje u tehnološki kritičnoj zoni na uglu 1 oko lokacije 10 (minimum krive distribucije). To je potencijalno mesto loma. Razlike između raspodela od ugla do ugla potvrđuju zapažanje da se lim uvlači u matricu neravnomerno uz neujednačenu silu držanja. Na sl.4 pored DGD date su i raspodele deformacija za uglove: 2 (sa otvorom) i 1 (naspramni ugao). Sa aspekta opasnosti od lokalizovanog deformisanja, odnosno razaranja u kritičnoj zoni (oko ordinatne ose) obrada je relativno sigurna (solidnan iznos rezerve plastičnosti). Na osnovu toga zaključuje se da stepen deformisanja nije uzrok defekata na komadu.



SI.8 Raspodela deformacija u DGD za ugao 2 u II operaciji



SI.9 Distribucija deformacije debljine u II operaciji

Rezerva plastičnosti je zadovoljavajuća (sl.8), ali sl.9 pokazuje još izrazitiju neujednačenost distribucija od ugla do ugla u odnosu na stanje sa sl.7.

Kritična zona je i ivica otvora koja se povija ka spoljašnjoj strani komada, uz proširenje otvora pri kraju hoda izvlačenja [5]. Posmatranjem ivice probijenog otvora pri povećanju do 100 puta moguće je oceniti stanje reznih ivica i drugih parametara alata.

Analiza triboloških uticaja pri primeni nerđajućih čelika detaljnije je data u [6], a na ovom mestu treba istaći potrebu striktno definisanih zona podmazivanja (zona držača lima i radijusa matrice) i zone suvih površina (izvlakač). Razlog je odvijanje procesa u visokom režimu (velike vrednosti sile izvlačenja i sile držanja uz sklonost ka pojavi nabora i nestabilnosti izvlačenja). Pri modelnom ispitivanju, najbolji rezultati su postizani specifičnim pritiskom držača od 6,9 MPa (na otpresku odgovara sili od 1,66 MN) uz korektno podmazivanje kvalitetnim mazivom.

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu sprovedenih istraživanja zaključuje se da lim od Č4580 predstavlja materijal slabije obradivosti dubokim izvlačenjem u odnosu na niskouglenične karoserijske limove. Ima veliku čvrstoću i veliku deformaciju pri razaranju uz visoku vrednost n-faktora, ali i izraženu sklonost ka stanjenju i pojavi nabora. Pri izvlačenju proces teži nestabilnosti ukoliko se poremeti neki od bitnih faktora (sila držanja, tribološki uslovi itd.). Zato se zahteva kvalitetan alat i mašina koja obezbeđuje dovoljnu i vrlo ujednačenu silu držanja po obodu. Netehnološka konstruktivna rešenja na samom komadu moraju se korigovati u slučaju učestalih problema.

Na osnovu primenjene metodologije u ovom istraživanju moguće je potpuno i pouzdano identifikovati bitne uticajne faktore na proces dubokog izvlačenja. Na osnovu toga definišu se i pravci rešavanja eventualnih problema kod konkretnih otpresaka.

Pri projektovanju tehnologije dubokog izvlačenja nerđajućih limova treba biti vrlo oprezan zbog niza specifičnosti (od kojih su najbitnije pomenute u ovom radu) u odnosu na klasične niskouglenične limove. Poznavanjem izložene metodologije, u mnogim slučajevima, preventivno je moguće izbeći teškoće u proizvodnji praćene znatnim troškovima.

AN INTEGRAL APPROACH TO THE ANALYSIS OF FORMABILITY OF THIN SHEET METALS

ABSTRACT

The paper contains an integral approach to the analysis and formability problem solution in deep drawing. The first phase contains the complete investigation of material (mechanical properties, formability indicators, forming limit curves, tribology characteristics, structure and, eventually, chemical composition). Further follows the identification of critical areas, failure kinds, determination of strain fields and definition of strain paths in forming limit diagram. The next phase presents the investigation of lubricants and observed tribology effects ("galling" etc.). The final result gives the necessary characteristics of the process, tools, machines and materials.

LITERATURA

- [1] Stefanović M., Relevantni pokazatelji pri modeliranju dvostranog zatezanja tankih limova. Mašinstvo, Beograd, 43 (1994), 15-20.
- [2] Hayashi H., Nakagawa T., Recent trends in sheet metals and their formability in manufacturing automotive panels, Journal of Mat. Proc. Techn. 46 (1994), 455-487.
- [3] Stefanović M., Tribologija dubokog izvlačenja, monografija, Jugoslovensko društvo za tribologiju, Kragujevac, 1994.
- [4] Stefanović M., Aleksandrović S., Influence of strain path and tribo conditions on limiting relations in deep drawing, Journal of Techn. Of Plasticity, Novi Sad, 19(1994), 47-55.
- [5] Dinda S., James K., Keeler S., Stine P., How to Use Circle Grid Analysis for Die Tryout, ASM, Metals Park, Ohio, 1985.
- [6] Stefanović M., Aleksandrović S., Samardžić M., Značaj deformacione analize pri ocenjivanju kvaliteta maziva za duboko izvlačenje, XXVI SPMJ, Podgorica, 1996. (prihv. rad).



dr Ljubomir Bogdanov, dr Ljubodrag Đorđević i mr Dragutin Miković¹

KOVANJE OTKOVAKA OD MESINGA SA UBADANJEM

Rezime

Koristeći osobine plastičnosti mesinga u "polurastopljenim" stanju konstruišu se specijalni kovački alati sa čepovima za ubadanje i sa sastavnim linijama kalupa u više ravni. Posebno su pogodne frikcione i drugi vidovi presa za kovanje otkovaka od mesinga sa tankim rebrima i zidovima. Dodaci za obradu su mali, a ušteda u mašinskoj obradi je velika.

1. UVOD

Legure obojenih metala našli su široku primenu u svim granama mašingradnje. Delovi armatura za vodovode, gasne vodove (ventili i zasuni) delovi reaktora, spojnice za priključivanje organskih kiselina u procese, delovi u morskoj vodi, armatura i pribori visokog pritiska, kablovski i kontakti priključci i drugi delovi u elektroindustriji izrađuju se kovanjem i presovanjem iz legura na bakarnoj, aluminijskoj i titanovoj osnovi. Te legure u mnogim granama proizvodnje koriste se za izradu kovanih i presovanih izradaka koji su izloženi udarnim i impulsivnim opterećenjima dejstvom lužina, mineralnih ulja i drugih argesivnih sredina.

Uže posmatrano široku primenu imaju legure za gnječenje (deformaciju) na bakarnoj osnovi; obični i specijalni mesing, olovne i bezolovne bronzne i dr.

Kovanje obojenih metala i legura ima svoje karakteristike koje su suštinski uticajne na ceo tehnološki proces.

Kovanje obojenih metala ima za cilj postizanje ravnomernosti strukture materijala, smanjenja dimenzija zrna strukture itd. Kvalitet izradka posle kovanja u prvom redu zavisi od:

-kvaliteta uložnog materijala; strukture; stanja površina; temperaturnog režima zagrevanja; faznog stanja materijala; stepena i brzine deformacije.

Kovanje šipki (trupaca) iz obojenih metala iskivanjem (izduženjem) u jednom pravcu pridovoljnom stepenu sabijanja dovodi do promene zrna i stvaranja vlaknaste strukture. Ovim se povećavaju pokazatelji mehaničkih svojstava u uzdužnim i poprečnim pravcima. Anizotropija svojstava otkovaka može se odstraniti kovanjem u tri uzajamna pravca (međusobno upravna) ili po šemi; sabijanje-iskivanje-sabijanje.

¹ dr Ljubomir Bogdanov, viši naučni saradnik MIN INSTITUT Niš,
dr Ljubodrag Đorđević, docent maš. fakultet Kraljevo
mr Dragutin Mirković, Metalurški institut-SARTID Smederevo