

Ugotavljanje preoblikovalnih lastnosti tanke pločevine za potrebe proizvodnje in simulacij

Thin Sheet Metal Formability Determination for Industrial and Numeric Simulation Purposes

T. Špan, K. Kuzman, *Katedra za obdelovalno tehniko, Fakulteta za strojništvo, Murnikova 2, Ljubljana*

V času naprednih računalniških tehnologij je ena od vrzeli na področju preoblikovanja tudi preoblikovalnost materialov. Sposobnosti kovinskih materialov za preoblikovanje še ne moremo računsko napovedati, lahko pa jih določimo s preizkusi. Preizkuševalne metode, njihova optimizacija in sistemizacija ter gradnja podatkovne banke so tema pričujočega prispevka.

Ključne besede: preoblikovalnost pločevine, krivulja mejnih deformacij, kontinuirni preizkusi preoblikovalnosti pločevine

One of the gaps in the age of advanced computer technologies on the field of formability is unpredictable behaviour of metals under stress in forming processes. The only possible way is implementation of different tests. Engineering tests methods, their optimization, systemization and technological data bank creation are discussed in this paper.

Key words: formability of metals, forming limit diagram, continuous engineering test

1 Uvod

V okviru Laboratorija za preoblikovanje Katedre za obdelovalno tehniko, se ukvarjamo tudi z raziskavami na področju preoblikovalnih lastnosti materialov. Zavedamo se, da so dobri podatki o materialih eden najpomembnejših pogojev za uspešno delo pri načrtovanju proizvodnega procesa. Pomembnost podatkov je aktualna predvsem v okoljih, kjer že potekajo pospešene priprave za uvajanje računalniško podprtega načrtovanja proizvodnje. Kako pomembni so pravilni vhodni podatki o preoblikovalnih lastnostih materialov, prikazuje **slika 1**. Kakšni bodo rezultati, dobljeni s pomočjo računanja z natančno matematično metodo (v

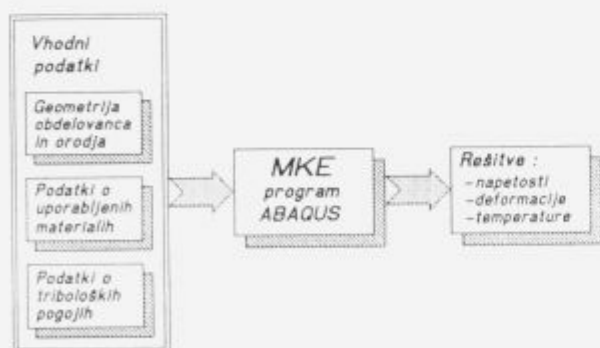
željenega izdelka je v splošnem poznana. Geometrijo orodja spreminjamo, dokler napetostno deformacijsko stanje v orodju in obdelovancu ni v varnem območju, hkrati pa mora biti tudi izhodna geometrija preoblikovanca v mejah predpisanih toleranc¹. Opisani proces je obvladljiv, dobljeni rezultati pa so odvisni od pravilnosti podatkov o materialih in o triboloških pogojih.

2 Sistematičnost spremljanja preoblikovalnosti pločevin

Razvidno je torej, da omenjena problematika zahteva sistematičen pristop. V Laboratoriju za preoblikovanje že nekaj časa spremljamo, vrednotimo preizkuse ter shranjujemo tako dobljene rezultate s pomočjo računalnika. Ta del dejavnosti je prikazan na desni strani **slike 2**. V zadnjem času narašča predvsem število preizkusov, katerih namen je preverjanje modelov uporabljenih pri numeričnih metodah. Z nakupom moderne delovne postaje pa so se odprle možnosti za gradnjo podatkovne banke. Shranjeni bi bili podatki, vezani na preoblikovalne lastnosti materialov, pa tudi nekateri drugi, za preoblikovanje pomembni podatki (npr. podatki o mazivih, orodjih ipd.)

2.1 Metode preizkušanja pločevin

Najbolj razširjen in znan pristop k preizkušanju je enoosni natezni preizkus. Poenostavitev preizkusa predstavlja uvedba kontinuirnega načina spremljanja preizkuševalnih veličin². Metoda omogoča hitro preizkušanje velikega števila vzorcev, hkrati pa nam omogoča slediti tudi časovni komponenti preizkusa (hitrost deformacije). Primer sistematičnega nadzora nad kvaliteto vhodne pločevine je sodelovanje z Revozom, Novo mesto³, kjer smo preizkusili in ovrednotili rezultate tolikšnega števila vzorcev, kot jih



Slika 1. Shematični prikaz reševanja problemov preoblikovanja z metodo končnih elementov (program ABAQUS).

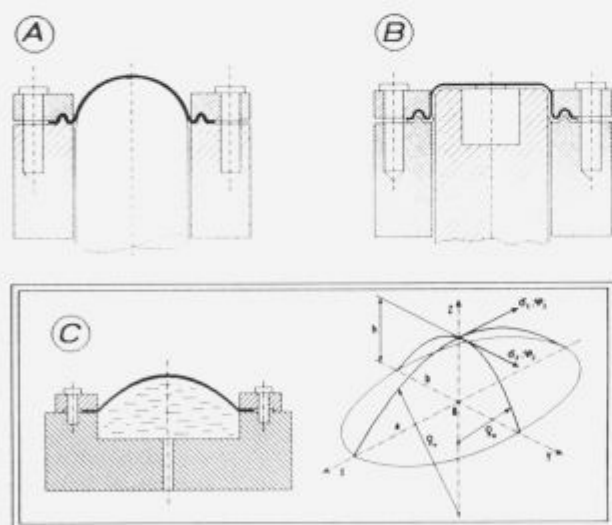
Figure 1. Solving of Forming Problems with FEM Analysis (ABAQUS software).

navedenem primeru: Metodo Končnih Elementov-MKE) je odvisno od vhodnih podatkov vnešenih v enega od razpoložljivih programov (npr. Abaqus). Geometrija



Slika 2. Organizacijska shema sistematičnega zbiranja podatkov o materialih in uporaba pri načrtovanju tehnološkega procesa.
Figure 2. Organizing Scheme for Systematic Gathering of Material Data and Use in Process Planning.

po diskontinuirni metodi v doglednem času ne bi bilo mogoče. Enosni natezni preizkus pa ni vedno najboljši pokazatelj preoblikovalne sposobnosti pločevine. V ta namen so bile razvite metode preizkušanja, s katerimi je možno doseči dvoosno napetostno-deformacijsko stanje. V grobem ločimo te vrste preizkusov v dve skupini. V prvi so preizkusi, kjer trak pločevine izbočujemo s pomočjo pestičev (primer A in B na sliki 3), v drugi pa orodja, kjer pločevino izbočujemo s pomočjo hidrostatičnega tlaka olja (primer C). V našem laboratoriju imamo preizkuševalni napravi A in C.

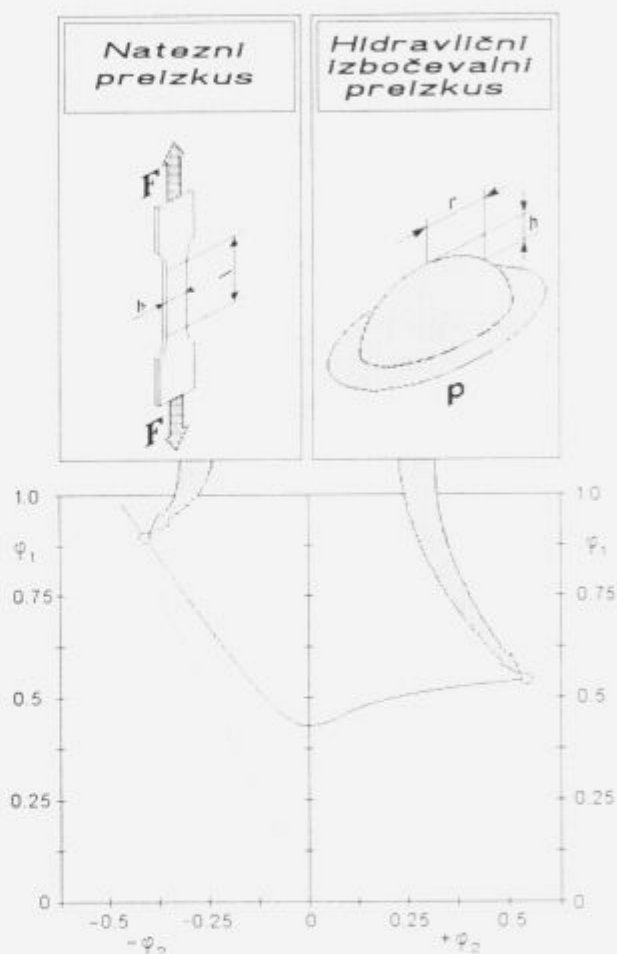


Slika 3. Metode dvoosnih preizkusov.
Figure 3. Biaxial Tension Tests Methods.

3 Krivulja mejnih deformacij (KMD)

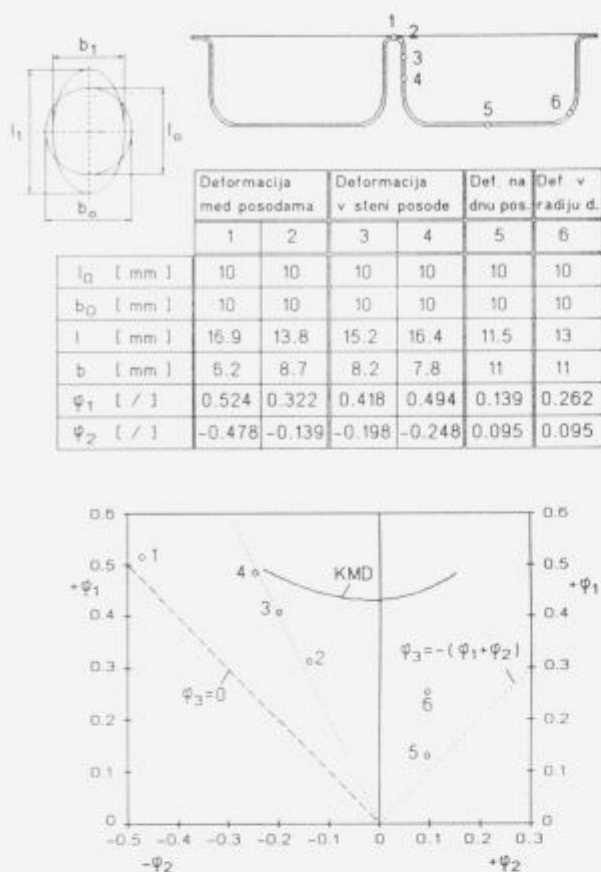
Preizkus C, opremljen z merilnim sistemom za sprotno merjenje deformacij⁴, nameravamo uporabiti tudi za konstrukcijo KMD. KMD ob krivulji plastičnosti in koeficientu anizotropije pove največ o preoblikovalnih sposobnostih pločevine. Prikazuje odpornost pločevine na lokalno

stanjšanje, katerega končna posledica je porušitev na tistem mestu^{5,6}. Levo stran diagrama lahko določimo z enosnimi preizkusi, medtem ko za konstrukcijo desne strani krivulje potrebujemo deformacijsko stanje ob nastopu lokalnega stanjšanja pri dvoosnih preizkusih. Položaj tako dobljene točke je odvisen od oblike preizkušanca, ki povzroča napetostno-deformacijsko stanje. Obliko KMD in položaj enosnega nateznega preizkusa in dvoosnega hidrostatičnega izbočevalnega preizkusa v primeru okroglega orodja na njej prikazuje slika 4.



Slika 4. Konstrukcija KMD s pomočjo nateznega in izbočevalnega preizkusa.
Figure 4. FLD Construction Based on Simple and Biaxial Tension Tests.

Za enostavnejši, torej hitrejši in cenejši način konstrukcije KMD, želimo ugotoviti tako metodo, ki bi s pomočjo ustrezne matematične funkcije in le nekaj točkami za kalibracijo popisovala KMD. Primer uporabe KMD prikazuje slika 5. V sodelovanju s Kovinoplastiko, Lož⁷ smo ugotovili zanesljivost procesa izdelave pomivalnikov z globokim vlekem nerjavne pločevine. KMD je bila konstruirana s pomočjo metode A s slike 5 in nateznim preizkusom. Deformacije so bile z določene z grafometrično metodo (8) in vnesene v diagram deformacij. Položaj tako izmerjenih točk kaže, da so točke preblizu KMD za uporabljen material, kar pomeni, da je potekal proces na robu zanesljivosti in ga je bilo potrebno popraviti.



Slika 5. Ugotavljanje zanesljivosti procesa s pomočjo grafometrične metode in KMD (sodelovanje s Kovinoplastika, Lož).

Figure 5. Use of Graphometric Method and FLD for Process Stability Determination (Cooperation with Kovinoplastika, Lož).

4 Zaključek

V nasprotju z metodo grafometričnega preizkušanja, uporabljeno v zgornjem primeru, želimo v prihodnje kar največ procesov preveriti s pomočjo numeričnega modeliranja. Tak pristop močno skrajša čas uvajanja novega izdelka v proizvodni proces, hkrati pa izostane tudi drago in

zamudno izdelovanje orodij, za katera ne vemo zanesljivo, da bodo za izbrani proces najustreznejša. S takim pristopom pa že stopamo na področje računalniško podprtega načrtovanja proizvodnje in v končni fazi računalniško integrirane proizvodnje. Edino, kar v takem okolju s pomočjo računalnikov še ne zmoremo izračunati so preoblikovalne lastnosti materialov. Soodvisnosti dejavnikov, ki vplivajo na sposobnost materialov za preoblikovanje so namreč tako kompleksne, da se bomo morali še dolgo zahtekati k različnim metodam za ugotavljanje preoblikovalnosti materialov. Lahko pa iščemo pristope, ki skrajšajo čas preizkušanja, ki so bolj zanesljivi in bodo v prihodnosti tvorili osnovo za računalniško ugotavljanje preoblikovalnih lastnosti materialov s pomočjo matematičnih popisov krivulj mejnih deformacij za posamezne skupine kovinskih materialov na osnovi kemične sestave ter termične in deformacijske zgodovine materiala. Kljub vsemu pa bo potrebno opisani način določevanja preoblikovalnih lastnosti kovinskih materialov še vedno kalibrirati s katerim od ceninih standardnih preizkusov.

5 Literatura

- 1 Z. Kampuš, K. Kuzman: Experimental and Numerical (FEM) Analysis of Deep Drawing of Relatively Thick Sheet Metal, Journal of Materials Processing Technologies, 34(1992), 133-140.
- 2 J. Pipan: Razvoj merilne metode za avtomatsko snemanje krivulj plastičnosti, Magistrska naloga, Ljubljana 1982.
- 3 K. Kuzman, R. Yebuah, T. Špan: Raziskava preoblikovalnosti tanke jeklene pločevine, Poročilo o raziskovalni nalogi, Ljubljana 1992.
- 4 F. Golgranc: Kontinuirni izbočevalni preizkus za avtomatsko snemanje krivulje plastičnosti, Strojniški vestnik, 7-9 (1980), 93 do 98, Ljubljana 1980.
- 5 B. Dodd, Y. Bai: Ductile Fracture and Ductility, Academic Press, London 1987.
- 6 R.H. Wagoner, K.S. Chan, S.P. Keeler: Forming Limit Diagrams: Concepts, Methods and Applications, Minerals, Metals & Materials Society, Warrendale 1989.
- 7 M. Plos: Globoki vlek nerjavne pločevine, Diplomaska naloga višješolskega študija, Ljubljana 1989.
- 8 J. Kadivnik: Možnost uporabe grafometrične analize plastičnih deformacij pri ugotavljanju kritičnih deformacij na preoblikovancih iz tanke pločevine, 1. seminar obdelovalne tehnike, III-119 do III-127, Ljubljana 1989.