

## » Značaj određivanja svojstava materijala limova u alatničarstvu

**Mihael Volk** Procesi preoblikovanja limova postaju sve kompleksniji i zahtjevniji. Tako je alate za preoblikovanje limova potrebno razviti na takav način, da što bolje iskoristimo sve potencijale preoblikovanja limova. Kod proizvođača limova već u startu dolazi do odstupanja u kvaliteti limova, a pored toga su tolerancije, unutar kojih moraju biti svojstva materijala, razmjerno široke.

Zanimljivo je, da unatoč tome, da materijal ima isto ime i nalazi se unutar standardnih tolerancija, i dalje ima razmjerno različita svojstva preoblikovanja. Stoga je testiranje tj. ispitivanje pojedinih materijala radi optimiranja alata i proizvodnje vrlo poželjno i nužno za određivanje svojstava materijala, čime si možemo pomoći pri traženju uzroka grešaka pri uhadavanju alata. Pored toga na tržište dolazi sve više materijala, čija svojstva još uvijek nisu poznata i na tom području u tvrtki Gorenje Orodjarna vidimo velike mogućnosti. Određivanju svojstava materijala limova stoga posvećujemo veliku pozornost i u tu svrhu smo razvili novi način karakterizacije materijala s pomoću metode određivanja graničnih deformacija.

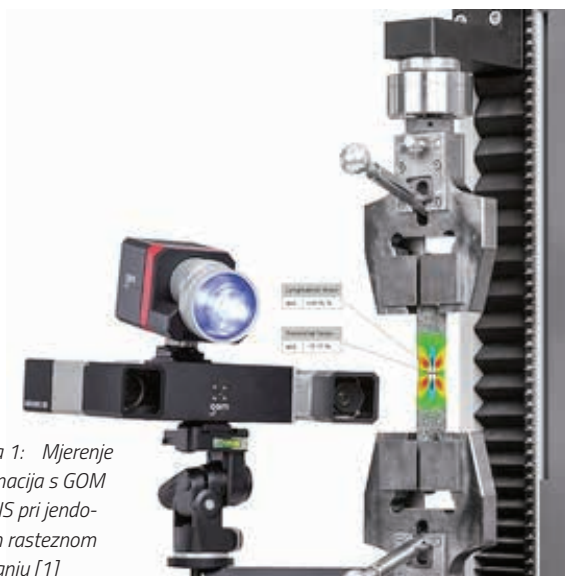
### Uvod

Alatničarstvo spada među posebne vrste proizvodnje, gdje je gotovo svaki alat unikat. To zahtijeva projektni pristup, a s time je povezan i razvoj svakog novog alata. Tako je potrebno za svaki novi alat razviti metodu izrade, pri čemu su nam od pomoći numeričke simulacije. Ukoliko želimo da su rezultati numeričkih simulacija što točniji, u osnovi trebamo što točnije podatke o materijalima limova. Odatle proizlazi i glavna potreba i ideja za ispitivanjem materijala. U nastavku je prikazan način određivanja mehaničkih svojstava limova u alatničarstvu, a predstavljen je i sustav za ispitivanje, koji smo razvili.

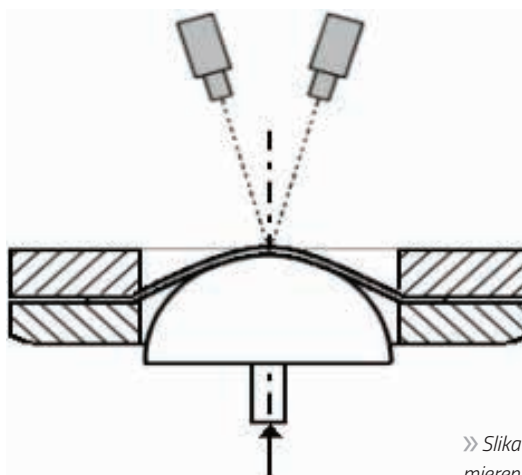
### Ispitivanje limova

Poznato je već više standardiziranih metoda ispitivanja materijala. Najosnovnija i ujedno najproširenija metoda je određivanje svojstava materijala s pomoću jednoosnog rasteznog ispitivanja (slika 1). Tu metodu primjenjujemo i u Grupaciji Gorenje. Nedostatak te metode je prije svega u ograničenom broju informacija koje je s pomoću te metode moguće dobiti.

Sljedeća, jedna od poznatijih metoda za određivanje svojstava preoblikovanja limova, je metoda određivanja krivulje graničnih deformacija [KGD] (eng. Forming Limit Curve - FLC). Riječ je o standardiziranoj metodi prema SIST EN ISO standardu 12004-2:2009. Pri toj metodi se preoblikuje različite oblike ulaznog lima



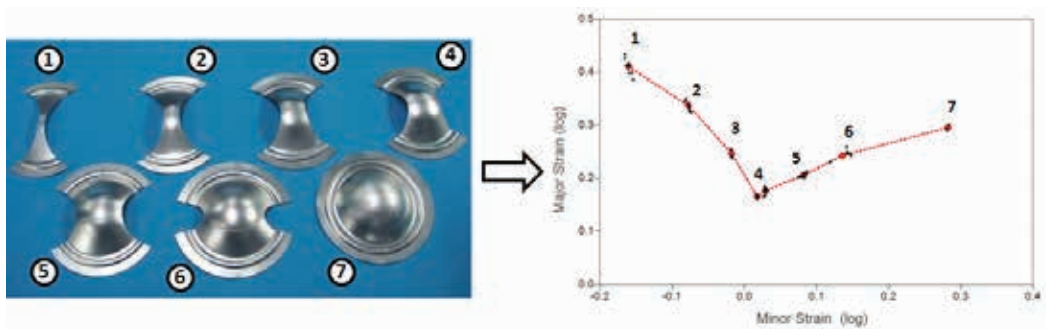
» Slika 1: Mjerenje deformacija s GOM ARAMIS pri jednoosnom rasteznom ispitivanju [1]



» Slika 2: Načelo mjerenja KGD



Mihael Volk • Gorenje Orodjarna, d. o. o.



» Slika 3: Različite vrste ispitnih tijela te krivulja graničnih deformacija

(2D) u standardizirani oblik (3D). Pri tome se mjere deformacije, do kojih dolazi radi promjene ulaznih oblika (slika 2). U određenoj točki dolazi do loma materijala i to je točka granične deformacije.

Pri svakom ispitivanju se odredi jedna točka prijeloma za točno taj tip deformacijskog stanja. A s različitim oblicima platine (više ispitnih tijela) se određuju točke za različita deformacijska stanja, kao što su jednoosno rastezno, dvoosno rastezno i druga deformacijska stanja koja opisuju KGD, što je najčešći kriterij za određivanje preoblikovljivosti limova (slika 3).

Pri toj metodi se tako dobiju dodatne informacije o materijalu, koje zatim koristimo kao ulazne podatke za provedbu računalnih simulacija, koje su temelj za izradu alata za preoblikovanje limova. U tu svrhu smo se u tvrtki Gorenje Orodjarna odlučili izraditi alat za ispitivanje te uvesti metodu određivanja KGD za određivanje svojstava materijala limova.

### Prikaz mjernog sustava

Mjerni sustav za određivanje KGD je sastavljen od alata za ispitivanje, hidrauličkog agregata te mjernog sustava za mjerenje deformacija (slika 4).

Alat za preoblikovanje razvili smo sami u tvrtki Gorenje Orodjarna, dok smo mjerni sustav za mjerenje deformacije naziva GOM ARAMIS (3D mjerni uređaj) dobili od tvrtke Topomatika d.o.o., zastupnika za GOM, tvrtke koja je vodeći proizvođač 3D skenera u svijetu. Hidraulički agregat smo u manjoj mjeri primjenjivali i prije. Jedan od ključnih elemenata razvoja novog načina karakterizacije materijala je i sakupljanje znanja i iskustava, koji su potrebni za uspješnu provedbu pokusa. Njih smo dobili pri razvoju, ~~uvodenju i ispitivanju tog sustava u našem poslovnom sustavu.~~ Trenutačno smo u fazi, kada imamo novi način karakterizacije

## smile compact

Nepogrešiv mini pomoćnik za profesionalno mjerenje i prednamještanje alata



[www.zoller-a.at](http://www.zoller-a.at)

Zoller Austria GmbH | Einstell- und Messgeräte

A-4910 Ried im Innkreis

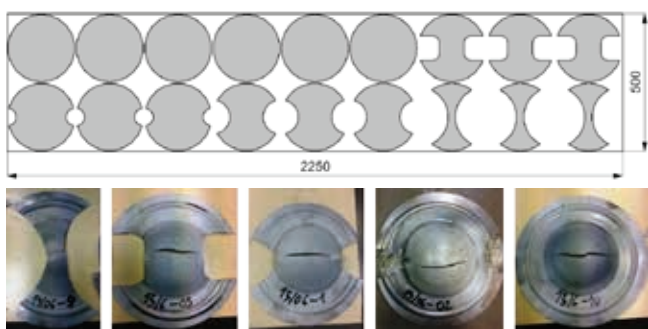
Tel.: +43 7752 87725-0 | [office@zoller-a.at](mailto:office@zoller-a.at)

**ZOLLER**  
Erfolg ist messbar®



» Slika 4: Mjerni sustav za mjerenje deformacija

materijala uveden te možemo raditi analize usporedive i s drugim sličnim laboratorijima. Za standardizirano ispitivanje trebamo samo osnovni lim duljine 2,25 m te širine 0,5 m (slika 5). Iz tog lima zatim izrežemo ispitna tijela različitih dimenzija, koje zatim preoblikujemo do loma. Analizu podataka te pripremu za eksportiranje zatim izvodimo u programskom paketu GOM u skladu sa standardom SIST EN ISO 12004-2:2009. Pored klasične karakterizacije, izvodimo i testove za usporedbu dvaju ili više različitih materijala međusobno. Tako možemo utvrditi bitne razlike među njima, što nam može poslužiti pri određivanju uzroka za nastajanje određenih anomalija pri procesu preoblikovanja limova.



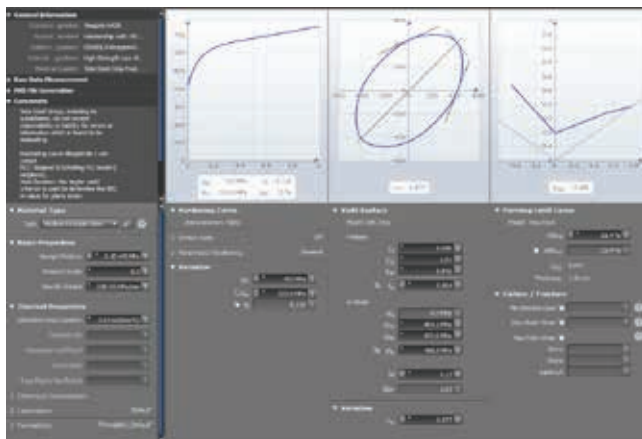
» Slika 5: Ispitna tijela za FLD ispitivanje, prije i nakon preoblikovanja

## Praktični primjeri

U nastavku su prikazani najčešći primjeri, gdje je poznavanje svojstava materijala limova itekako važno.

### Priprema podataka za numeričku simulaciju

Osnovni preduvjet, da su rezultati numeričkih simulacija preoblikovanja lima točni, je to, da su svi ulazni podaci što je moguće točniji. Među najosnovnije ulazne podatke ubrajamo i svojstva materijala limova. Pri simulacijama preoblikovanja limova, u osnovi se zahtijevaju podaci iz jednoosnog rasteznog ispitivanja. Pored tih podataka trebamo još barem KGD, koji možemo i analitički izračunati iz podataka jednoosnog rasteznog ispitivanja, iako su rezultati simulacija bitno točniji, ukoliko KGD dobijemo iz dvoosnog rasteznog ispitivanja. Bez tih podataka o materijalu u praksi nije moguće provesti numeričke simulacije. Primjer podataka o materijalima za limove za numeričku simulaciju prikazuje slika 6.



» Slika 6: Primjer podataka o materijalu za numeričke simulacije [2]

Suvremeni simulacijski programski paketi, kao što su to Autoform i PAM-STAMP iako već sadrže bazu podataka s materijalima, u bazi se nalaze samo materijali određenih proizvođača limova te opći podaci za najčešće primjenjivane limove. U slučaju kompleksnijih i rjeđe primjenjivanih limova, tih podataka nema i potrebno je do njih doći ispitivanjima i mjerenjima. Pored toga se svojstva limova bitno razlikuju od proizvođača do proizvođača, što može predstavljati veliku prepreku pri razvoju, a kasnije i pri uhođavanju novih alata. Primjer rasipanja vrijednosti osnovnih svojstava materijala prema standardu za limove HC420LA prikazuje tablica 1.

	MIN VRIJEDNOST	MAX VRIJEDNOST	JEDINICA
Rastezna čvrstoća	470	590	N/mm <sup>2</sup>
Granica elastičnosti	420	520	N/mm <sup>2</sup>
Istezanje L0=80	17	-	%

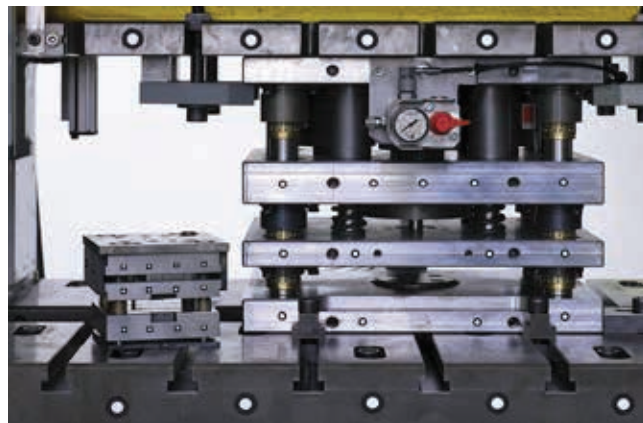
» Tablica 1: Rasipanje svojstava materijala pri HC420LA [3]

### Određivanje razloga za greške pri uhođavanju alata

Često se u praksi dogodi, da rezultati pri ispitivanju alata nisu jednaki rezultatima simulacija. Najčešći uzroci tih razlika su prije svega u pogrešnim podacima o materijalu. Te razlike se javljaju prije svega pri kompleksnijim proizvodima gdje se pojavljuju određene greške. Slično nam se dogodilo na proizvodu na slici 8. Pri prvim ispitivanjima smo bez poteškoća načinili prihvatljive proizvode, a kada smo sljedeći puta dobili isti lim od drugog proizvođača, u uglovima se pojavila velika napuklina, koju nismo mogli ukloniti. U tom slučaju smo ispitali oba lima različitih proizvođača. Pri jednoosnom rasteznom ispitivanju rezultati nisu pokazali razlike. Pri dvoosnom rasteznom ispitivanju smo pri punom ispitnom tijelu opazili neuobičajeno ponašanje lima s kojim smo imali poteškoće. Lim je pri određenoj dvoosnoj deformaciji puknuo u više smjerova, što je prilično neuobičajena pojava i to je bio glavni uzrok za pucanje proizvoda.



» Slika 7: Primjer proizvoda za bijelu tehniku



» Slika 8: Mjerenje deformacija alata pri preoblikovanju limova [1]

#### Drugi primjeri primjene GOM ARAMIS u alatničarstvu

Pored već prije navedenom područja, mjernu opremu možemo primjenjivati i u druge svrhe. U praksi je moguće s pomoću 3D skenera izmjeriti sve deformacije ili pomake, a jedini preduvjet je, da je sklop moguće snimiti s pomoću kamere. Tako nam se, pored karakterizacije materijala, otvorilo i potpuno novo područje mjerenja deformacija alata za preoblikovanje limova, kada su oni pod opterećenjem. Za primjer, sada možemo izmjeriti deformaciju alata u preši tijekom procesa preoblikovanja (slika 8). S time možemo provjeravati krutost i vibracije pojedinih sklopova alata, čime ćemo moći u budućnosti još točnije optimirati konstrukciju alata i posljedično sniziti troškove proizvodnje.

**Nova CBN kvaliteta** s prevlakom za tokarenje kaljenih i tvrdih materijala, veća izdržljivost alata, vrhunska točnost i kvaliteta obrađene površine



**GNGA** dvostrana pločica s dvije rezne oštice s kutom 70° za vrhunske rezultate u konačnoj obradi

**BXA20**  
TUNGALOY

BXA20



## Zaključak

Razvoj novog načina karakterizacije materijala za tvrtku Gorenje Orodjarna znači važan iskorak ka razvijanju sve naprednijih alata za preoblikovanje limova, koji za nas predstavljaju tehnološku i ekonomsku priliku za podizanje dodane vrijednosti naših proizvoda. Tako su se u razmjeru kratkom vremenu, od kada aktivno primjenjujemo rezultate ispitivanja materijala, već pokazala pozitivna iskustva. Između ostalog, počeli smo izrađivati alate za preoblikovanje, do nedavno još od nepoznatih materijala limova, među koje spadaju PHS visoko čvrsti limova za preoblikovanje u vrućem stanju te titanski limovi. Načinili smo i mnogo usporedbi

istih limova različitih proizvođača i s rezultatima razriješili brojne, donedavno nerješive probleme. Pored toga ćemo se moći usredotočiti i na druga važna područja primjene, koje u budućnosti vidimo kao potencijalno zanimljiva i za tvrtku, ali i za vanjske interesne grupe.

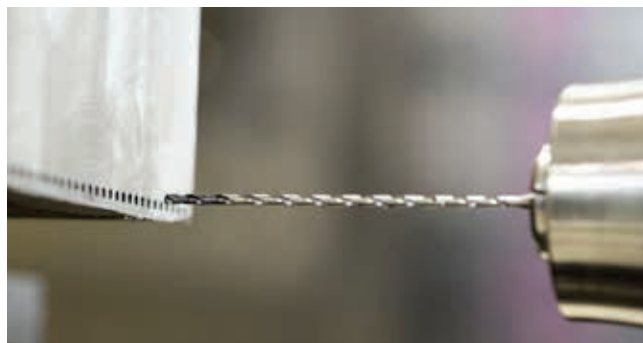
### Izvori:

- [1] [www.gom.com](http://www.gom.com)
- [2] Autoform V6
- [3] <http://www.steelnumber.com>

## » Svrkla za bušenje dubokih provrta sada i u najmanjim promjerima

Svrkla za bušenje dubokih provrta vrlo malog promjera primjenjuju se u automobilskoj industriji, npr. pri obradi mlaznica za ubrizgavanje goriva, i u industriji medicinskih proizvoda. MAPAL je upravo radi izrade takvih delikatnih dijelova proširio svoju ponudu svrkla za duboke provrte s unutrašnjim hlađenjem za obradne centre s modelima promjera većeg od 1 mm.

Geometrija novih svrkla je posebice prilagođena malim promjerima. S novim utorima za odvajanje odvojenih čestica i posebnom geometrijom površina, moguća je obrada s vrlo velikim brzinama rezanja i posmacima. S inovativnim rashladnim kanalima, ta su svrkla primjerena i za bušenje s minimalnom količinom maziva (MQL). Unatoč duljinama do  $30 \times D$ , smjesa plina i ulja se pouzdano dovodi na rezne oštrice. Novi alati radi veće troškovne učinkovitosti imaju prevlaku samo na glavi.



» MAPAL je proširio ponudu svrkla za duboke provrte s modelima promjera većim od 1 mm.

Nova minijturna svrkla za duboke provrte su na raspolaganju u promjerima od 1,0 do 2,9 mm (promjer stabla je 3 mm) za univerzalno bušenje u čelik i lijevano željezo do dubine  $20-30 \times D$ .

» [www.mapal.com](http://www.mapal.com)

## » Inovativna tehnologija glodanja za izradu alata i kalupa

Od 30. svibnja do 2. lipnja 2017. se u Stuttgartu u Njemačkoj održavao drugi sajam Moulding Expo – MEX. Na izložbenom prostoru 5C21 u hali 5 je tvrtka LMT Tools predstavljala inovativne alate za kopirno i visokobrzinsko glodanje, kao što su kopirna izmjenjiva pločica CopyMax2, kuglasto glodalo HSCLine SuperFinish 4 te nova izmjenjiva pločica MultiEdge 2Feed mini.

Za obradu alata i kalupa s visokom brzinom obrade postoji mnogo mogućnosti pri izboru i primjeni reznih alata. Svojstva, koja povezuju alate tvrtke LMT Tools su tvrdoća, učinkovitost i visoka produktivnost. Glavna prednost kopirne izmjenjive pločice CopyMax2 je četverostruko dulja postojanost od uobičajeno primjenjivanih pločica. Jedan od razloga za produljenu postojanost je primjena Nanomold Gold prevlake. Umetak ima dvije rezne oštrice, pa je pločicu moguće nakon istrošenja prve oštrice okrenuti i nastaviti s obradom drugom oštricom.

Kuglasto glodalo HSCLine SuperFinish 4 omogućuje glodanje pri vrlo velikim brzinama rezanja, a istodobno osigurava malu hrapavost obradene površine. Sa četiri rezne oštrice i s posebnim S oblikom povećava produktivnost za 40 % u usporedbi s dvoreznim kuglastim glodalom.



» Kuglasto glodalo HSCLine SuperFinish4 s posebnim S oblikom omogućuje za 40 % višu produktivnost.



» Izmjenjiva rezna pločica MultiEdge 2Feed mini je konstruirana za različite operacije pri obradi široke palete materijala.

MultiEdge 2Feed mini izmjenjivu reznu pločicu je moguće primjenjivati za različite operacije pri obradi široke palete materijala. Pločica ima univerzalnu geometriju, koja je bila optimirana za primjenu u različitim operacijama, kao što su gruba obrada, te čeno i profilno glodanje. Može je se primjenjivati za obradu čelika, nehrđajućeg čelika ili obradu sivog lijeva.

» [www.lmt-tools.com](http://www.lmt-tools.com)