

30 ГОДИНИ
НАСТАВА ПО МАШИНСТВО
ВО СР МАКЕДОНИЈА

22 СОВЕТУВАЊЕ ЗА
ПРОИЗВОДНО МАШИНСТВО
НА ЈУГОСЛАВИЈА

ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ

II

ОБРАБОТКА СО ДЕФОРМАЦИЈА

Охрид, мај 1989

30 ГОДИНИ
НАСТАВА ПО МАШИНСТВО
ВО СР МАКЕДОНИЈА

22 СОВЕТУВАЊЕ ЗА
ПРОИЗВОДНО МАШИНСТВО
НА ЈУГОСЛАВИЈА

ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ
II
ОБРАБОТКА СО ДЕФОРМАЦИЈА

Покровители : Комитет за индустрија и енергетика на СР Македонија
Републичка заедница за научноистражувачка дејност на
СР Македонија

Спонзор : СОЗТ Металски завод - Тито Скопје

Охрид, мај 1989

СОДРЖИНА

V. Stoiljković	
NOVI IZAZOVI U OBRADI DEFORMISANJEM	1
B.Musafiја	
UTICAJ PROCESA DEFORMACIONOG OČVRŠĆAVANJA NA TEHNOLOGIJU HLADNOG PREOBLIKOVANJA	19
B. Devedić	
JEDAN NOV PRISTUP PRI ODREĐIVANJU DEFORMABILNOSTI LIMOVA U USLOVIMA SLOŽENE ISTORIJE DEFORMISANJA	27
V.Vujović	
POTENCIJAL DEFORMABILNOSTI I NJEGOVO KORIŠĆENJE	37
В.Стрезов, Ј.Лазарев	
ПРИЛОГ КОН ПРОУЧУВАЊЕТО НА НАПОНСКАТА СОСТОЈБА ПРИ ФИНОТО ПРОСЕЧУВАЊЕ	46
D.Vilotić	
PRIKAZ METODE EKSPERIMENTALNOG ODREĐIVANJA DEFORMACIONOG STANJA	57
M.Jurković	
ODREĐIVANJE GRANIČNE DEFORMABILNOSTI METALA U FUNKCIJI NAPONSKIH STANJA	65
K.Kuzman, B.Ule, D.Zalar	
OCENA SPOSOBNOSTI ŽICE ZA PREOBLIKOVANJE V HLADNEM STANJU	75
K.Kuzman, Z.Kampus	
ENERGETSKO VREDNOTENJE OBDELOVALNIH PROCESOV	85
M.Stefanović, D.Adamović, M.Mitrović	
MODELIRANJE TRIBO-USLOVA PRI IZVLAČENJU SA STANJENJEM ZIDA KOMADA	93
M.Stefanović, S.Aleksandrović	
POGODNOST KORIŠĆENJA LIMOVA POVIŠENE ČVRSTOĆE PRI DUBOKOM IZVLAČENJU SA ASPEKTA NAKNADNOG OJAČANJA STARENJEM	101

M.Stefanović, S.Aleksandrović^{*)}

POGODNOST KORIŠĆENJA LIMOVA POVIŠENE ČVRSTOĆE
PRI DUBOKOM IZVLAČENJU SA ASPEKTA NAKNADNOG
OJAČANJA STARENJEM

1. UVOD

Pogodnost korišćenja limova povišene čvrstoće (High Strength Steel - HSS) ogleda se u mogućnosti dobijanja karoserije automobila manje mase uz potpuno očuvanje karakteristika otpornosti (krutosti). Pri tome se proizvodi savršeniji i ekonomičniji automobil. U odnosu na klasične niskougljenične limove za duboko izvlačenje ovi limovi imaju nepovoljnije karakteristike obradivosti i višu cenu. Osnovna poteškoća pri izvlačenju limova iz klase HSS je njihova sklonost ka pojavi defekata na površini izvučenog dela (defleksija). Sklonost materijala ka defleksiji može se posmatrati kroz sledeća svojstva /1/:

- sposobnost zadržavanja oblika,
- sposobnost prilagođavanja oblika.

S obzirom da su u prethodnim istraživanjima autora razmatrana svojstva defleksije ovih materijala /2/, dalja izučavanja su tretirala efekte ojačanja jedne grupe HSS limova.

2. EKSPERIMENTALNA ISTRAŽIVANJA

2.1. Uslovi ispitivanja

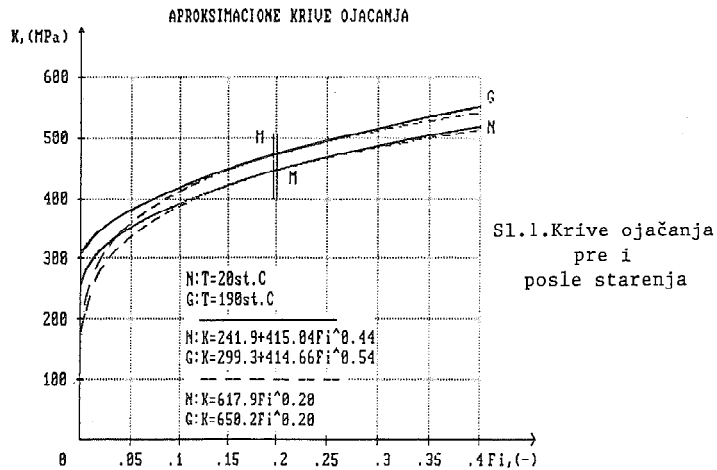
Iz širih istraživanja obradivosti limova iz grupe HSS, u radu se izlažu rezultati za materijal koji naknadno ojačava starenjem, tj. moguće je ostvariti tzv. Bake-Hardening efekat. Proces veštačkog starenja se odvija pri temperaturnom režimu koji odgovara uslovima toplog lakiranja automobila (pri pečenju boje postiže se temperatura od 190°C u trajanju od 20', hlađenje je na vazduhu). Lim u procesu izvlačenja ima dobru obradivost, a do izraženog ojačanja dolazi naknadno.

^{*)} Dr Milentije Stefanović, dipl.ing., docent Mašinskog fakulteta u Kragujevcu, ul.S.Janjić 6, Kragujevac
Srbislav Aleksandrović, dipl.ing. asistent-pripravnik Mašinskog fakulteta u Kragujevcu

Korišćeni lim japanske proizvodnje sa originalnom oznakom CHR 35 BH /3/ spada u grupu refosforisanih čeličnih limova legiranih sa najviše 1% P. Fosfor omogućava formiranje strukture sa čvrstim rastvorom zamene. U tabeli 1 pokazane su karakteristike ispitivanog materijala pre i posle ojačanja (dva oblika eksponencijalnih aproksimacija), za pravac merenja koji se poklapa sa pravcem valjanja.

Karakteristike lima CHR 35 BH Tabela 1

t	s	Rp	Rm	Rp/Rm	A ₈₀	n
°C	mm	MPa	MPa	-	%	-
20	0,7	241,9	365,8	0,66	28,2	0,191
190	0,7	299,3	387,0	0,77	27,9	0,184



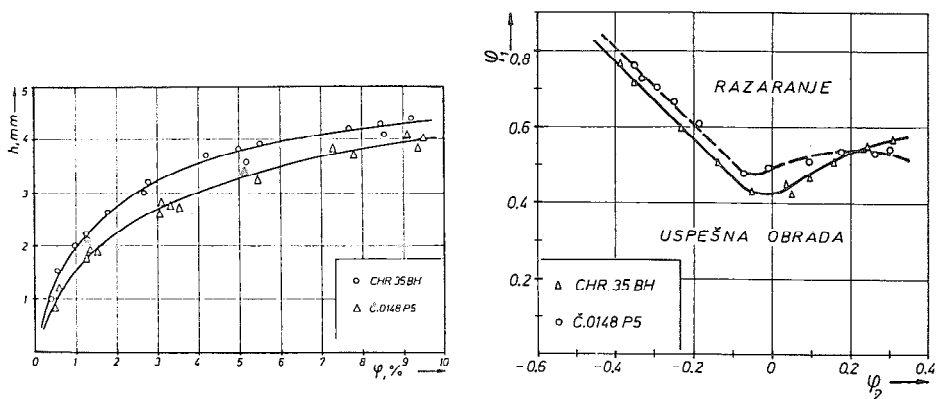
U poređenju sa limom uobičajenih kvaliteta (npr. Č.0148) CHR 35 BH ima uvećane karakteristike otpornosti i iskazuje sklonost ka stvaranju nabora. Na sl.2, pokazani su rezultati tzv. Joshida - "buckling"-testa/4/ prema ranijim ispitivanjima autora /2/. Takođe, registrovane su razlike u obliku i položaju krive razaranja u dijagramu granične deformabilnosti, sl.3.

S obzirom na program istraživanja, u prvom koraku su određivane mehaničke i karakteristike obradivosti, pri različitim temperaturama starenja: 20,60, 100,120,150,170,190 i 210°C; zagrevanje traje 20', a hlađenje je na vazduhu.

Drugi deo ispitivanja obuhvata određivanje deformacionih i naponskih polja, kao i odgovarajuću distribuciju u dijagramu granične deformabilnosti (konstitutivni dijagrami).

Ekperimentalno je realizovana shema dvostranog zatezanja-razvlačenja, vrlo efikasna kod komparativnih analiza različitih uticaja (materijal, mazivo,

brzine, geometrija izvlačača i sl.). Korišćen je polusferni izvlačač prečnika 50 mm; sila držača na obodu onemogućava uvlačenje lima u otvor matrice. Izvlačenja su vršena do dubina $H_1=15$ mm, $H_2=20$ mm i $H_3=H_{\max}$ - do razaranja (R). Na ovaj način je ispitivan lim pre i posle grejanja, kako bi se ocenio stepen ojačanja nakon izvlačenja i posle naknadnog starenja.



Sl.2. Rezultati "buckling"-testa /2/ Sl.3. Dijagrami granične deformabilnosti

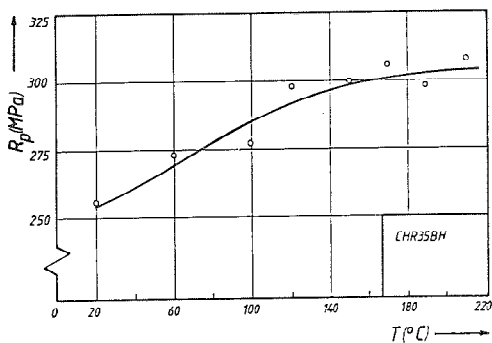
S obzirom na izuzetan značaj triboloških uslova pri shemi razvlačenja, koji može na određeni način biti značajniji od uticaja izmene karakteristika materijala /6/, varirani su i kontaktni uslovi (S-bez maziva, (U+F)-folija polietilena i ulje za dub. izvl.).

Za određivanje deformacija korišćen je poznati postupak vizioplastičnosti - metod mernih mreža, koje su u ovom slučaju nanete elektrohemijski, a sastavljene su od krugova nominalnog prečnika 3 mm. Oznaka lokacije "1" odnosi se na sredinu komada, a "10" na njegovu periferiju. Glavne normalne napone i njihovu raspodelu moguće je odrediti na osnovu izmerenih deformacija uz poštovanje relacija teorije plastičnog tečenja, koje važe za proporcionalno naprezanje /5/. Pri tome se, zbog prirode geometrijskih metoda merenja ne mogu registrovati strukturne promene, do kojih dolazi pri starenju.

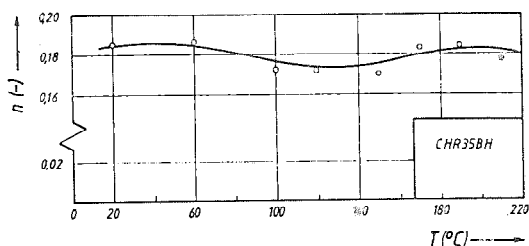
Sva ispitivanja su vršena na specijalnoj hidrauličnoj presi ERICHSEN 142/12, opremljenoj sistemima za merenje i delimičnu akviziciju. Brzina deformisanja iznosi 20 mm/min.

2.2. Eksperimentalni rezultati

Zavisnost granice tečenja R_p (srednja vrednost) i "n-faktora" od temperature zagrevanja pokazana je na sl.4. i sl.5. Promena veličine R_p je izrazita, dok se "n-faktor", zatezna čvrstoća i izduženje pri prekidu ne menjaju značajno (nisu dati prikazi za R_m i A_{80}).

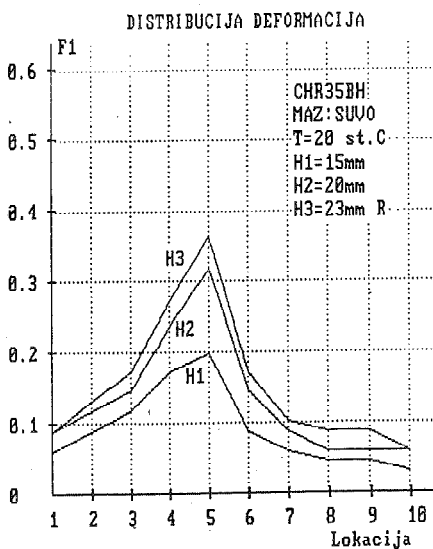


Sl.4. Zavisnost granice tečenja od temperature

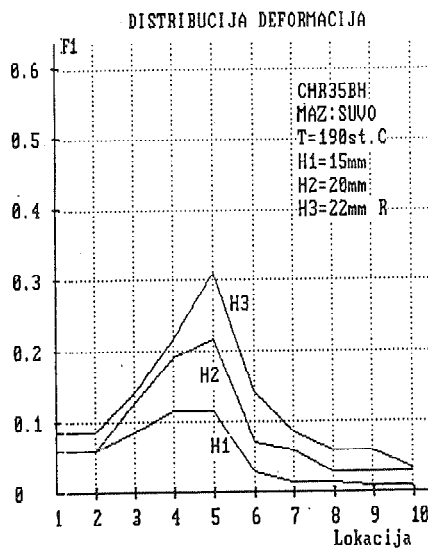


Sl.5. Zavisnost "n-faktora" od temperature

Distribucije glavne meridionalne deformacije (F1) za različite temperature i kontaktne uslove prikazana su na sl.6,7,8,9.

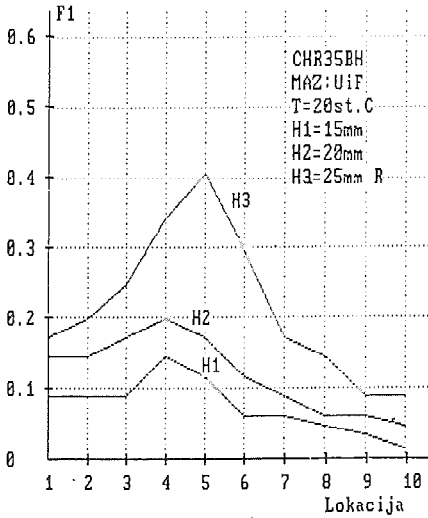


Sl.6. Distribucija glavne deformacije (t=20 °C)

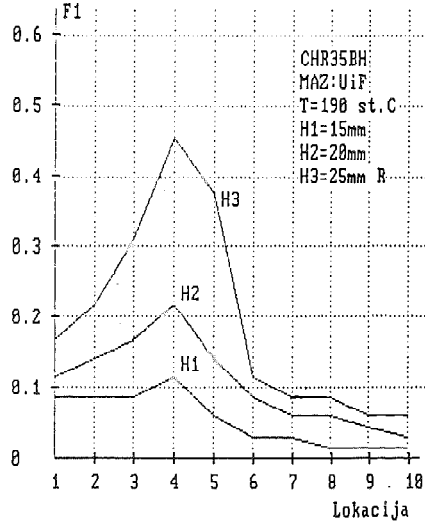


Sl.7. Distribucija glavne deformacije (t=190 °C)

DISTRIBUCIJA DEFORMACIJA

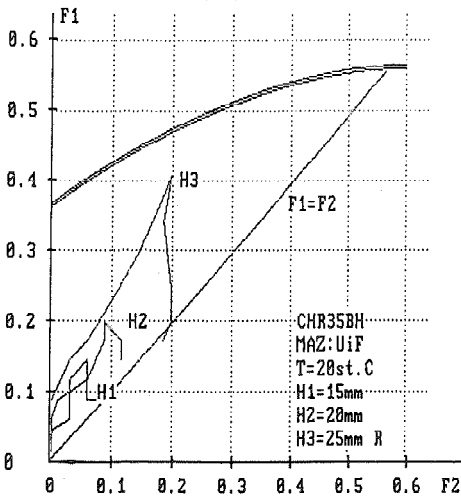
Sl.8.Distribucija glavne deformacije
($t=20^{\circ}\text{C}$)

DISTRIBUCIJA DEFORMACIJA

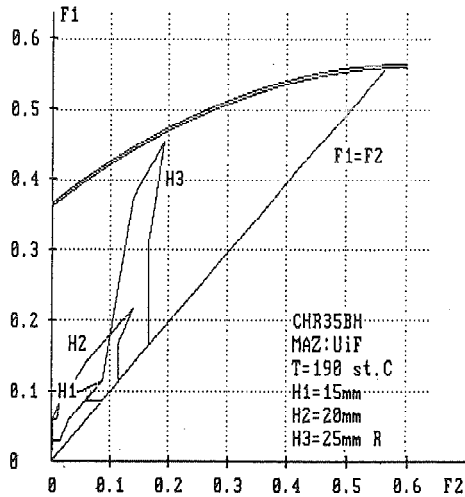
Sl.9.Distribucija glavne deformacije
($t=190^{\circ}\text{C}$)

Uticaj kontaktnih uslova je vrlo izražen i ne menja se značajno zagrevanjem. S obzirom na relativno male promene pokazatelja izduženja, i razlike u distribucijama deformacija su relativno male. Uključivanjem druge glavne deformacije (F2), moguće je konstatovati ravnomernije deformisanja u slučaju negrejanog materijala, sl.10. i sl.11.

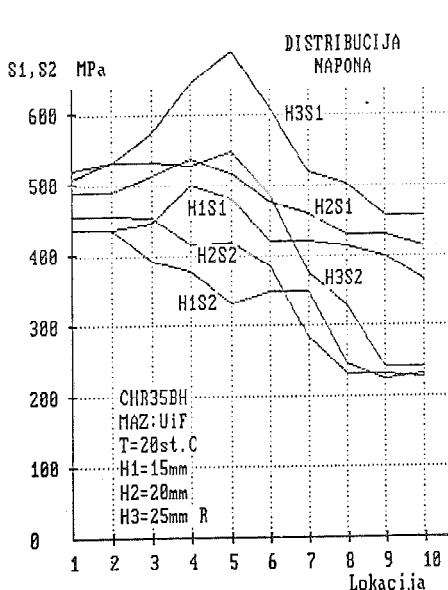
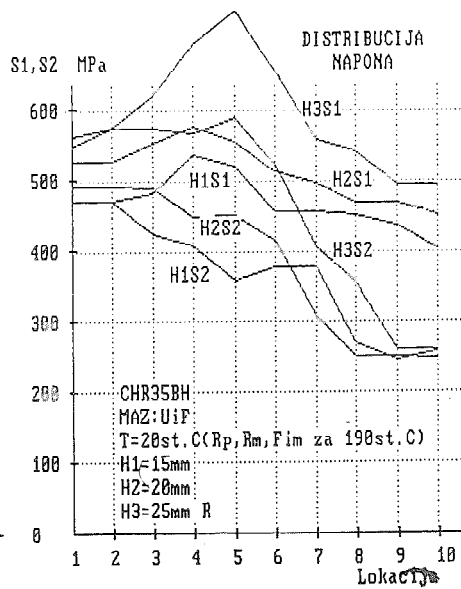
KONSTITUTIVNI DIJAGRAM

Sl.10.Raspodela deformacija u DGD
($t=20^{\circ}\text{C}$)

KONSTITUTIVNI DIJAGRAM

Sl.11.Raspodela deformacija u DGD
($t=190^{\circ}\text{C}$)

Na osnovu pokazanih distribucija deformacija i krivih tečenja mogu se odrediti vrednosti glavnih normalnih napona (meridionalni - S1 i tangencijalni - S2) za više faza izvlačenja, sl.12. Na drugi način, koristeći realizovana deformaciona polja epruveta od negrejanog materijala i krive tečenja materijala koji je bio podvrgnut starenju, analitički se može doći do naponskih polja ojačanog materijala, sl.13. Promene u raspodelama napona su direktna posledica izmene granice tečenja, odnosno krive ojačanja.

S1.12. Raspodela napona za $t=20^{\circ}\text{C}$ S1.13. Raspodela napona za $t=190^{\circ}\text{C}$

3. ZAKLJUČAK

Prema metodologiji sprovedenoj u ovom radu, do ocene pogodnosti lima iz klase HSS - BH za duboko izvlačenje može se doći na osnovu kvantitativnih pokazatelja distribucije napona određenoj preko deformacionih polja za materijal koji nije bio podvrgnut starenju; pri ovome se koristi kriva ojačanja grejanog materijala.

Izvlačenjem lima koji je ostario pokazano je da pad karakteristika obradivosti (prvenstveno porast odnosa R_p/R_m) ne utiče bitno na svojstva plastičnosti. Razmatranja važe za oblast razvlačenja; čisto duboko izvlačenje i promena "r-faktora" nisu istraživani.

Uticaj tribo-uslova (vrsta maziva u ovom slučaju) je vrlo izražen i nadmašuje uticaj veštačkog starenja u zonama u kojima se deformisanje uopšte ostvaruje, za razliku od ojačanja starenjem, koje generalno diže krivu tečenja.

Reference

- /1/ B.Devedžić, Okolnosti koje otežavaju šire korišćenje karoserijskih limova velike čvrstoće i upućuju na nova tehnološka rešenja, 19.SPMJ, Kragujevac, 1985, 142-150.
- /2/ M.Stefanović, S.Aleksandrović, Neki aspekti korišćenja limova povišene čvrstoće za duboko izvlačenje, 21.SPMJ, Opatija, 1987, 41-47.
- /3/ Katalog-Kawasaki, Cold rolled high strength steel, KSCo, 1985.
- /4/ Segala A., Pearce R., A study on compressive instability using the Yoshida -test, Proc. 14th Biennial IDDRG Congress, Köln, 1986, 476-477.
- /5/ A.D.Tomlenov, Teorija plastičeskogo deformirovania metalov. "Metalurgija", Moskva, 1972.
- /6/ M.Stefanović, Geometrija i kontaktno trenje kao uticajni parametri na graničnu deformabilnost tankih limova pri razvlačenju, BIAM 1982, Zagreb, B/105-F/108.

M.Stefanović, S.Aleksandrović

SUITABILITY OF HIGH-STRENGTH SHEET METAL FOR DEEP
DRAWING FROM THE STANDPOINT OF FURTHER HARDENING BY AGING

S u m m a r y

Presented in the paper are the results of tests made with high-strength steel in the conditions of realization of a very intensive aging accompanied by hardening, thus simulating the final phase of car body painting (paint baking in accordance with a prescribed thermal regime). In addition to the standard formability characteristics (R_p , R_m , A_{80} , "n-factor"), the hardening intensity was also investigated by determining stress-strain fields in biaxial stretching in different experimental conditions: temperature, depth of draw, contact states, etc.