

**TEHNIČKI FAKULTET BOR
INSTITUT ZA BAKAR BOR**

NAUČNI ODBOR

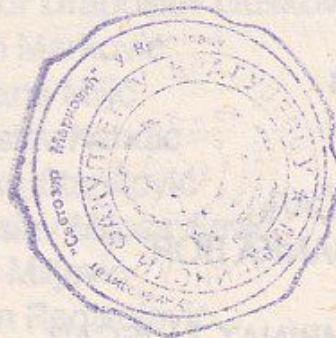
1. Prof. dr. Zvonimir Žigovc
2. Prof. dr. Branko Babić
3. Prof. dr. Vlastimir Vlastović
4. Prof. dr. Stjepan Pivčič
5. Prof. dr. Ivan Džurđić

**XXI OKTOBARSKO SAVETOVANJE
RUDARA I METALURGA**

Saopštenja

ORGANIZACIONI ODBOR

1. Prof. dr. Božidar Stanić
2. Doc. dr. Dragica Stanić
3. Zvonimir Žigovc
4. Stjepan Pivčič
5. Predrag Vukobratović
6. Dražen Pivčič
7. Branko Babić
8. Miroslav Vukobratović
9. Dražen Pivčič



**BOR
1. i 2. oktobra 1989.**

Štamper: Šip. Bakar, Bor

SPECIFIČNI POKAZATELJI OBRADIVOSTI LIMOVA POVIŠENE
ČVRSTOĆE NAMENJENIH AUTOMOBILSKOJ INDUSTRIJI

SPECIFIC FORMABILITY CHARACTERISTICS OF HIGH STRENGTH
SHEET METAL INTENDED FOR AUTOMOBILE INDUSTRY

M.Stefanović

MAŠINSKI FAKULTET KRAGUJEVAC

S.Aleksandrović

MAŠINSKI FAKULTET KRAGUJEVAC

REZIME:U radu su izloženi neki rezultati ispitivanja limova povišene čvrstoće(HSS), posebno limova sa tzv. "Bake hardening" efektom.Sklonost ka defleksiji ispitivana je primenom YOSHIDA buckling testa.Obradivost je pored praćenja standardnih karakteristika ispitivana i određivanjem naponskih i deformacionih polja na delovima dobijenim razvlačenjem.Posebno je razmotren uticaj naknadnog ojačanja starenjem usled povišene temperature preko određivanja naponskih polja za grejane delove na osnovu poznatih deformacionih polja za negrejane delove i krive ojačanja za grejan materijal, a takođe i obrnuto.

ABSTRACT:Presented in the paper are the results of investigations of high strength steel sheet metal (HSS), especially "bake hardening" sheets which have the yield strength increased to a high value in the course of baked painting treatment.For the assessment of deflection tendency we employed YOSHIDA buckling test, and the indicators obtained relate to the HSS capabilities toward shape fixability and fittability.

The other formability tests (biaxial stretching) was made 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_{50} , n - factor) the hardening intensity was also investigated by determining stress and strain fields in biaxial stretching in diferent experimental conditions:temperature, depth of draw, contact states,etc.Special attention was paid to the determination of stress field in aging specimens from known strain field in nonaging specimens and strengthening curves of aging sheet material.Determined also were strain fields in nonaging specimens from known stress fields of aging specimens and strengthening curves of nonaging material.

UVOD

Limovi povišene čvrstoće (High Strength Steel-HSS) postali su predmet naročitog interesovanja pre desetak godina u vreme energetske krize, zbog mogućnosti da se njihovom primenom znatno smanji masa automobila uz zadržavanje krutosti i čvrstoće karoserije.Težnja ka njihovom širem korišćenju prisutna je i

dalje jer je lakši automobil ujedno i savršeniji. Problemi primene leže, pored nešto više cene, u povišenim karakteristikama elastičnosti odnosno sklonosti ka defleksiji (deflection), što obuhvata sledeće (1):

- prilagodljivost obliku alata (fittability),
- sposobnost zadržavanja već formiranog oblika (shape fixability).

Posebno su zanimljivi limovi iz klase "bake hardening"-limovi sa izraženim ojačanjem usled starenja na povišenim temperaturama (reda 200°C). U ovom saopštenju predstavljeni su neki rezultati ranije započetih opsežnih istraživanja autora (3), (4).

EKSPERIMENTALNA ISPITIVANJA Uslovi eksperimenata

Yoshida test (dijagonalno zatezanje kvadratne epruvete od lima 90x90 mm sa mernom dužinom 70 mm) omogućava ostvarivanje složenog naponskog stanja i ispoljavanje sklonosti ka stvaranju nabora. Uporedno je ispitivan lim CHR35BH (HSS) i kvalitetan klasični lim za duboko izvlačenje naše oznake Č0148 P5.

Efekti ojačavanja ostvaruju se u uslovima koji odgovaraju toplom lakiranju karoserije vozila (190°C 20 min.-hlađenje na vazduhu). Prvo su standardnim ispitivanjem serije epruveta zatezanjem određene mehaničke i karakteristike obradivosti za dijapazon temperatura 20 do 210°C. Vreme zagrevanja je 20 min. a hlađenje na vazduhu. U drugoj fazi ispitivana je serija epruveta dobijenih razvlačenjem (dvostrano zatezanje ostvareno polusfernim izvlakačem prečnika 50 mm uz fiksiranje oboda izvučenog tela). Varrirana je temperatura (20 do 190°C), kontaktni uslovi (suvo, ulje za duboko izvlačenje i polietilenska folija) i dubina izvlačenja (15, 20 mm i maksimalna dubina-razaranje). Deformaciono polje je identifikovano grafometrijskom metodom vizioplastičnosti pri čemu je prečnik elektrolitički nanetih krugova 3 mm. Lokacija 1 odgovara sredini komada a 10 periferiji. Deformacije merne mreže merene su optički. Svi eksperimenti izvedeni su na univerzalnoj mašini za ispitivanje lima ERICHSEN 142/12 brzinom deformisanja 20 mm/min. Lim CHR35BH (5) je refosforisani lim povišene čvrstoće legiran sa najviše 1% P. Fosfor je strukturno vezan čvrstim rastvorom zamene.

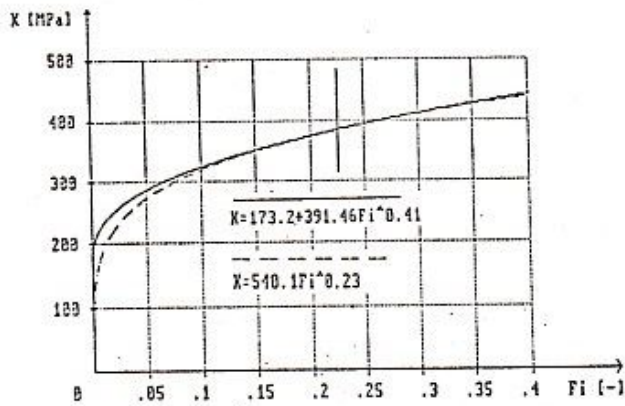
Rezultati eksperimenata

Iz tabele 1 i sl. 1 i 2 vidljive su znatno više vrednosti deformacionog otpora lima CHR35BH u odnosu na lim Č0148 P5 a takođe i uticaj ojačanja starenjem.

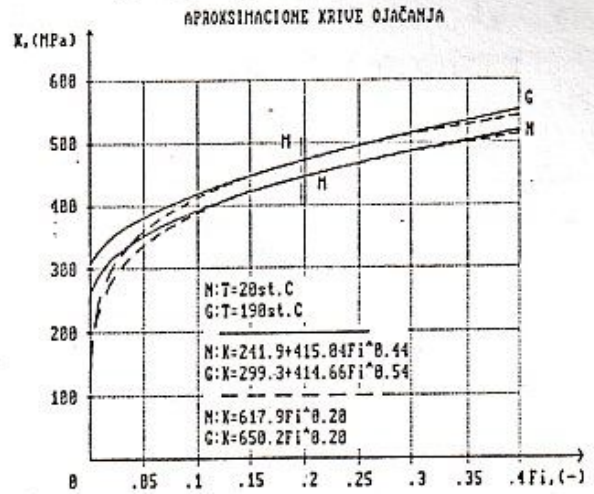
t	s	Rp	Rm	Rp/Rm	A ₈₀	n
°C	mm	MPa	MPa	-	%	-
20	0,7	241,9	365,8	0,66	28,2	0,191
190	0,7	299,3	387,0	0,77	27,9	0,184

Tabela 1 : Karakteristike lima CHR35BH
Mechanical properties of sheet metal CHR35BH

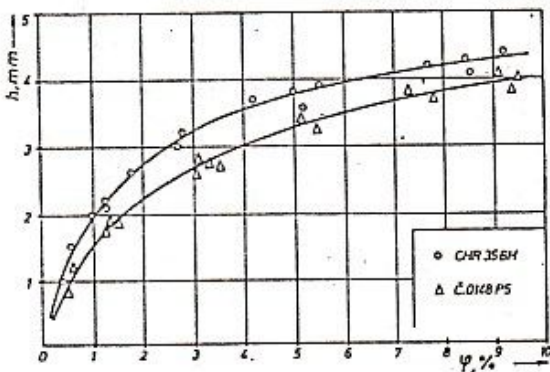
Naročito se povećava vrednost granice tečenja R_p (sl.5) dok ostali ispitivani parametri (zatezna čvrstoća R_m , izduženje pri prekidu A_{e0} , n-faktor) ne pokazuju značajnije promene.



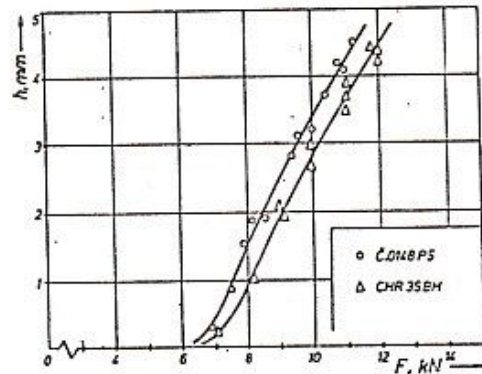
Sl.1 Krive ojačanja za Č0148 P5
Strengthening curves of Č0148P5



Sl.2 Krive ojačanja pre i
posle starenja (CHR35BH)
Strengthening curves before
and after aging (CHR35BH)

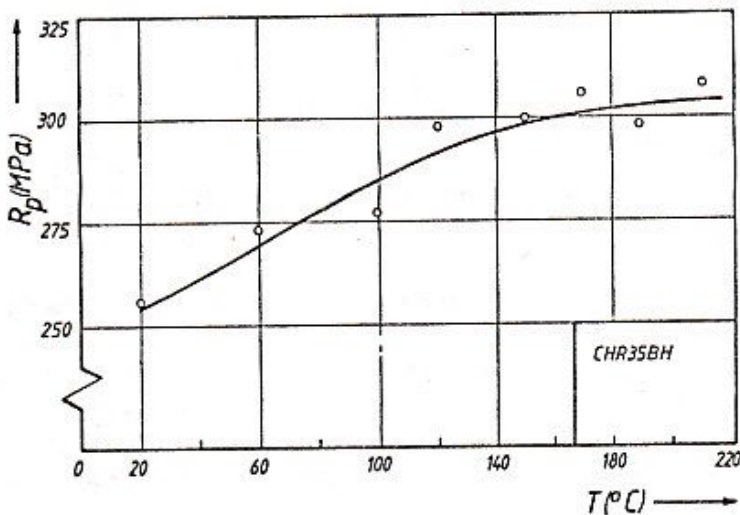


Sl.3 Zavisnost visine nabora
od stepena deformacije
Relationship between height
of buckle and strain



Sl.4 Zavisnost visine nabora
od sile zatezanja
Relationship between height
of buckle and tensile force

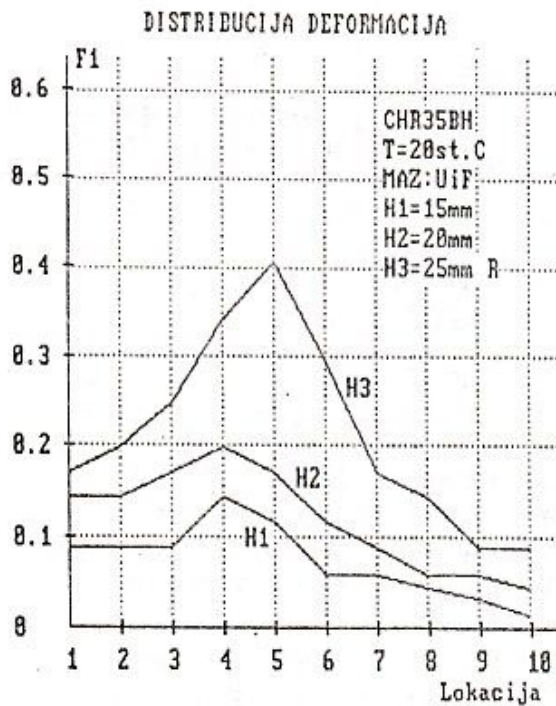
Sa sl.3 vidljivo je da se za istu vrednost deformacije kod lima CHR35BH ostvaruje znatno veća dubina nabora, kao i da se ista dubina nabora (sl.4) postiže većom silom kod CHR35BH.



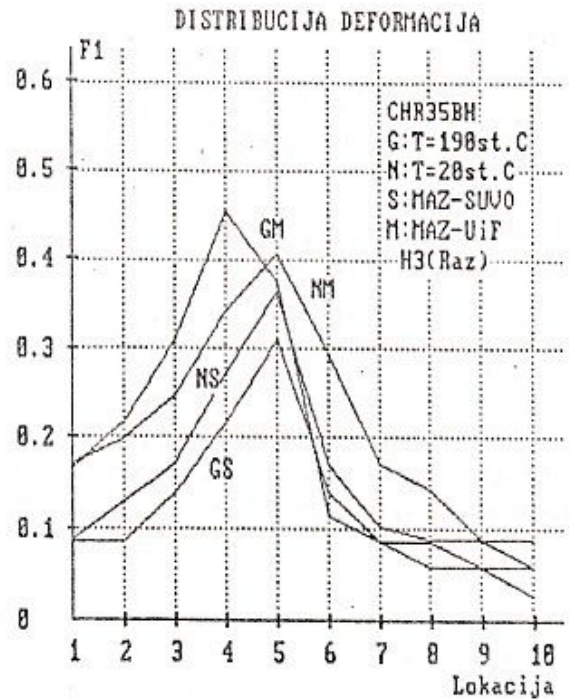
Sl.5 Zavisnost granice
tečenja od temperature

Yield strength dependence
on aging temperature

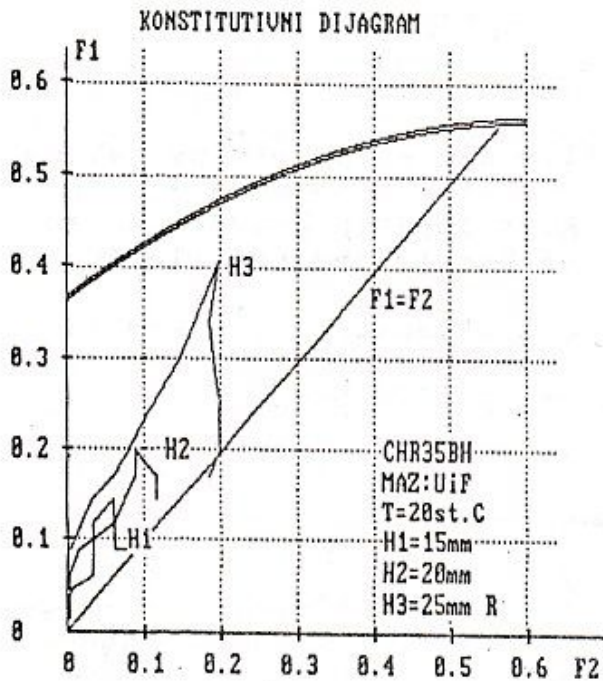
Sa prikaza distribucija deformacija (sl.6 i 7) vidljiv je vrlo izražen uticaj kontaktnih uslova. Uzimanjem u obzir druge glavne deformacije konstatuje se ravnomernije deformisanje negrejanog komada (sl.8 i 9).



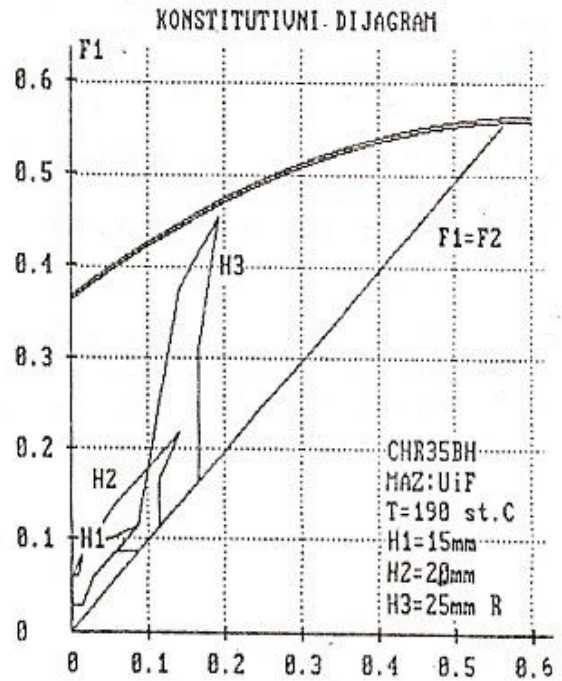
Sl.6 Distribucija glavne deformacije ($t=20^{\circ}\text{C}$)
Main strain distribution ($t=20^{\circ}\text{C}$)



Sl.7 Uporedni prikaz distribucije max glavne deformacije
Comparative representations of main largest strain distribution



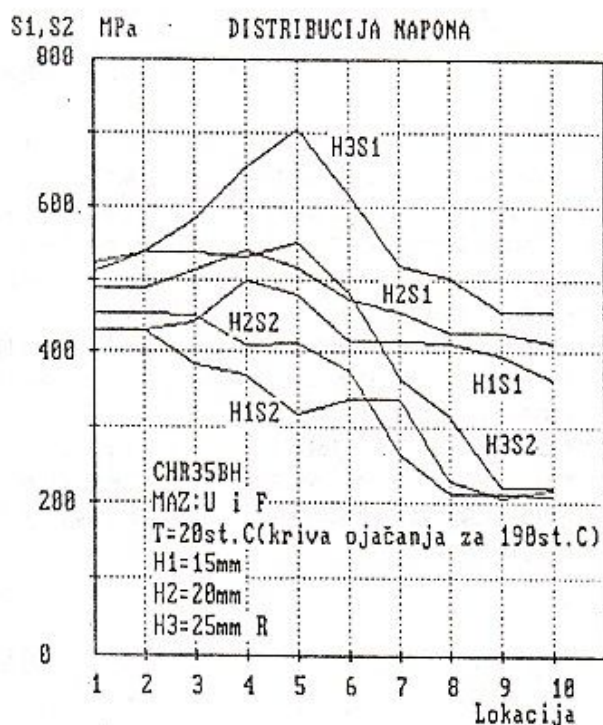
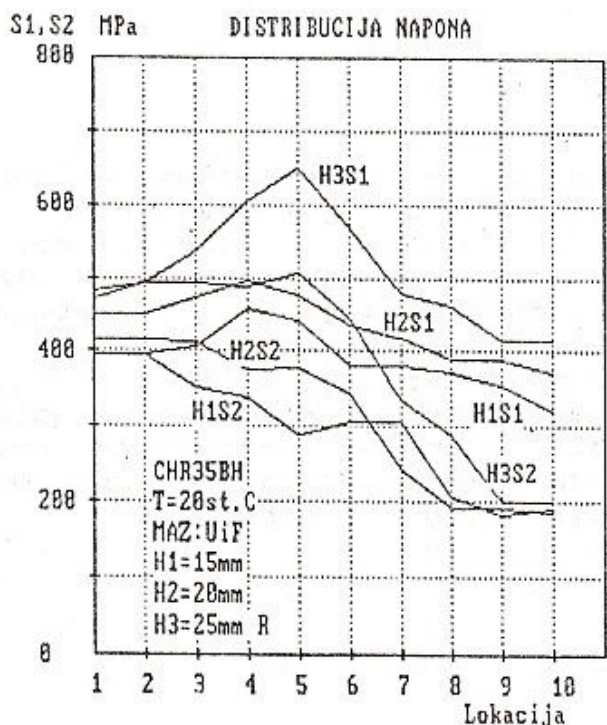
Sl.8 Distribucija deformacija u DGD ($t=20^{\circ}\text{C}$)
Strain distribution in Forming Limit Diagram ($t=20^{\circ}\text{C}$)



Sl.9 Distribucija deformacija u DGD ($t=190^{\circ}\text{C}$)
Strain distribution in FLD ($t=190^{\circ}\text{C}$)

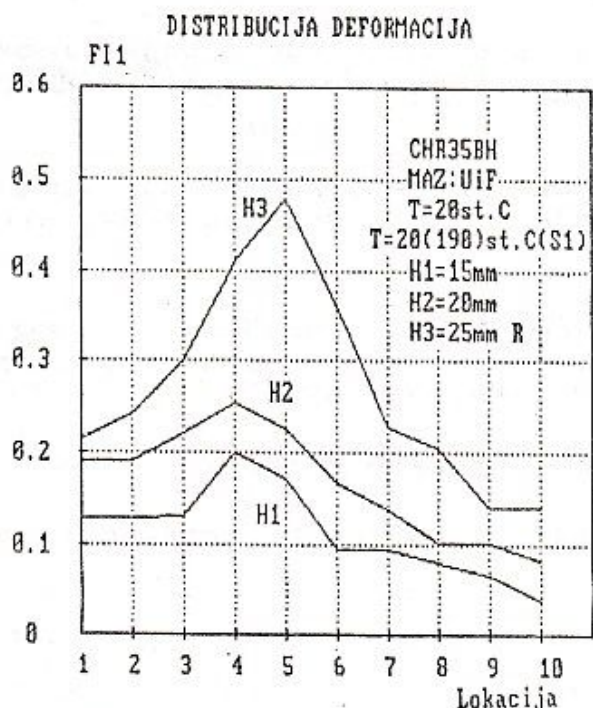
Na osnovu distribucija deformacija, krivih tečenja i relacija

teorije plastičnosti mogu se odrediti distribucije glavnih normalnih napona (meridionalni-S1 i tangencijalni-S2). Ovde je iskorišćena ideja da se na osnovu deformacionih polja negrejanih delova i krive tečenja grejanog materijala dobiju naponi grejanih delova (sl.11) što je značajno jer se izbegava ispitivanje stvarno grejanih komada.

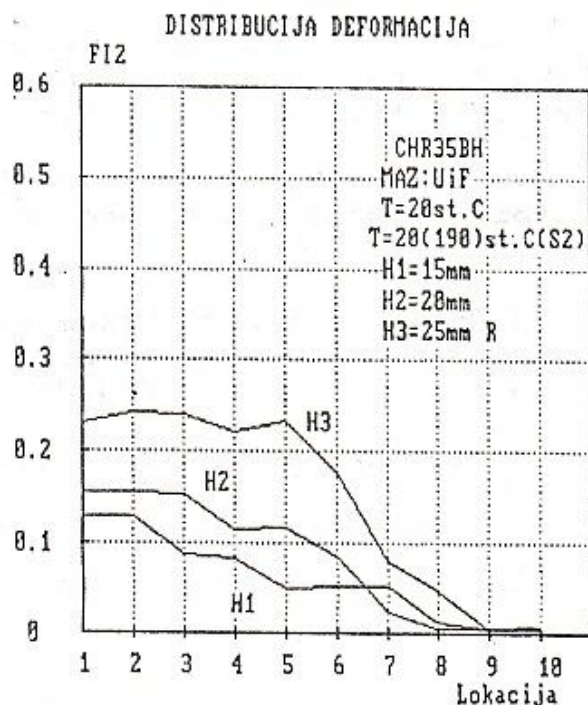


S1.10 Distribucija napona ($t=20^{\circ}\text{C}$)
Stress distribution ($t=20^{\circ}\text{C}$)

S1.11 Distribucija napona
Stress distribution ($t=190^{\circ}\text{C}$)



S1.12 Distribucija deformacije na osnovu napona sa sl.11 i krive ojačanja za 20°C .
Main strain distribution determined from stress fields in fig.11 and strengthening curves for 20°C



S1.13 Distribucija deformacije na osnovu napona sa sl.11 i krive ojačanja za 20°C .
Main strain distribution determined from stress fields in fig.11 and strengthening curves for 20°C

Ako se primeni obrnut postupak i na osnovu napona grejanih (starenjem ojačanih) delova i krivih tečenja negrejanog lima, odredi deformaciono polje (sl. 12 i 13) steći će se uvid koliki je stepen deformacije negrejanih komada potreban da bi se dobio intenzitet ojačanja u hladnom stanju kao posle grejanja.

Zaključak

Na osnovu iznetih pokazatelja može se oceniti pogodnost primene HSS limova za duboko izvlačenje, posebno kod BH limova na osnovu deformacionih polja negrejanih komada moguće je odrediti polje napona za ojačane komade, i obrnuto - moguće je proceniti kolike deformacije treba ostvariti u hladnom stanju da bi stepen ojačanja bio isti kao posle ojačanja starenjem.

Ispitivanje razvlačenjem naknadno ojačanog lima usled termičkog tretmana pokazuje da pad karakteristika obradivosti ne utiče bitno na svojstva plastičnosti. Uticaj tribo uslova je vrlo značajan i nadmašuje uticaj starenja u zonama izraženog deformisanja dok ojačanje starenjem generalno diže krivu tečenja.

Reference

- (1) Yoshida K. i dr., High strength steel in Japanese autos... status and future, Meeting of IDDRG, Tokyo, 1981.,
- (2) B. Devedžić, Okolnosti koje otežavaju šire korišćenje limova velike čvrstoće i upućuju na nova tehnološka rešenja, XIX SPMJ, Kragujevac, 1985. str. 142-150,
- (3) M. Stefanović, S. Aleksandrović, Neki aspekti korišćenja limova povišene čvrstoće za duboko izvlačenje 21. SPMJ, Opatija 1987. str. 41-47,
- (4) M. Stefanović, S. Aleksandrović, Pogodnost korišćenja limova povišene čvrstoće za duboko izvlačenje sa aspekta naknadnog ojačanja starenjem, 23. SPMJ, Ohrid 1989, str. 100-107,
- (5) Katalog-Kawasaki cold rolled high strength steel, KSCo, 1985.
- (6) A. D. Tomljenov, Teorija plastičeskogo deformirovanija metalov Metalurgija, Moskva, 1972.