

Milentije Stefanović
Milica Samardžić
Srbislav Aleksandrović

OBRADIVOST LIMOVA OD ALUMINIJUMSKIH LEGURA KOJI SE KORISTE ZA IZRADU ELEMENATA KAROSERIJA AUTOMOBILA

1. UVOD

U savremenim uslovima, prema automobilu se postavljaju oštri zahtevi u pogledu performansi i funkcija, pri čemu poseban značaj imaju društveni i globalni eko-

Tabela 1

OČUVANJE PRIRODNIH ENERGETSKIH IZVORA
<ul style="list-style-type: none">• Povećanje veka trajanja automobila• Poboljšanje izdržljivosti• Poboljšanje otpornosti na koroziju• Zamena goriva
ŠTEDNJA ENERGIJE
<ul style="list-style-type: none">• Smanjenje potrošnje goriva• Smanjenje mase
MERE ZAŠTITE OKOLINE I SMANJENJA ZAGAĐENJA
<ul style="list-style-type: none">• Smanjenje emisije izduvnog gasa CO• Smanjenje izduvnih gasova HC, CO, NO
BEZBEDNOST U VOŽNJI
<ul style="list-style-type: none">• Aktivna bezbednost• Pasivna bezbednost

loški zahtevi, kao što su: očuvanje energetske izvora, smanjenje potrošnje energije, smanjenje zagađenja okoline i povećanje bezbednost pri vožnji. U tabeli 1 prikazani su ovi zahtevi [1].

Smanjenje mase je jedan od načina smanjenja potrošnje goriva zajedno sa poboljšavanjem stepena korisnosti motora i pogonskog sistema i smanjenjem otpora kretanja, kao što je dato na slici 1. Smanjenje mase karoserije može se ostvariti promenom koncepcije strukture karoserije i zamenom klasičnih materijala sa lakšim materijalima

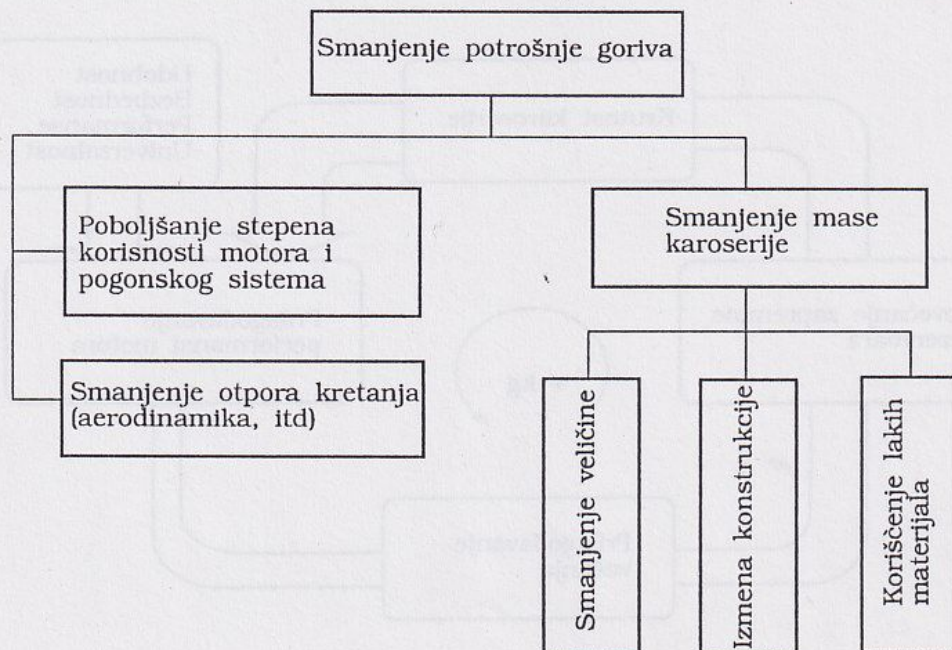
2. IZBOR MATERIJALA ZA KAROSERIJE AUTOMOBILA

Za karoserije automobila kao lakši materijali se koriste čelici povišene čvrstoće, sendvič limovi, Mg legure, Ti i

Prof. Dr Milentije Stefanović
Mašinski fakultet, Kragujevac

Milica Samardžić
Mašinski fakultet, Kragujevac

Mr Srbislav Aleksandrović
Mašinski fakultet, Kragujevac



SI.1. Mere za smanjenje potrošnje goriva

njegove legure, Al legure, polimeri, itd. Izbor materijala za karoseriju se vrši na osnovu kriterijuma koju su dati u tabeli 2 [2].

Tabela 2

Cena
Kvalitet i njegova postojanost
Pouzdanost snabdevanja
Funkcionalne karakteristike
<ul style="list-style-type: none"> • Efekat smanjenja mase • Čvrstoća • Otpornost na koroziju
Mogućnost masovne proizvodnje
<ul style="list-style-type: none"> • Obradivost • Zavarivanje, mogućnost spajanja • Bez promene klasičnog načina proizvodnje
Iskorišćenje otpada i recikliranje

Primena aluminijuma za izradu pojedinih delova karoserije je započela korišćenjem legure Al-Mg-Zn osamdesetih godina (poklopac motora, vrata, blatobrani i sl.). Prema istraživanju japanskog udruženja za lake metale iz 1990. godine učešće aluminijumskih legura u ukupnoj masi automobila je bilo 8,3%. Na tržištu već postoje automobili čija je celokupna karoserija izrađena od ovih legura. Prema predviđanjima, očekuje se da u bližoj budućnosti kod specijalnih puničkih automobila učešće aluminijumskih legura u ukupnoj masi automobila bude oko 15%, a kod automobila visokih performansi oko 25%.

3. PRIMENA AL LEGURA U NOVOM PRISTUPU KONSTRUKCIJI KAROSERIJE

Primenom klasičnog pristupa konstrukciji automobila, stalni zahtevi za povećanjem bezbednosti, udobnosti, boljim preformansama i univerzalnosti imali su za posledicu

povećanje mase automobila (slika 2) [3]. Prilagođavanje snage motora ovim zahtevima u smislu veće brzine implicira potrebu za boljim šasijama što dovodi do povećanja mase. Da bi se obezbedilo savladavanje dugih rastojanja mora se povećati veličina rezervoara i na kraju, ali ne i poslednje, i krutost karoserije. Na taj način se formira spirala porasta mase.

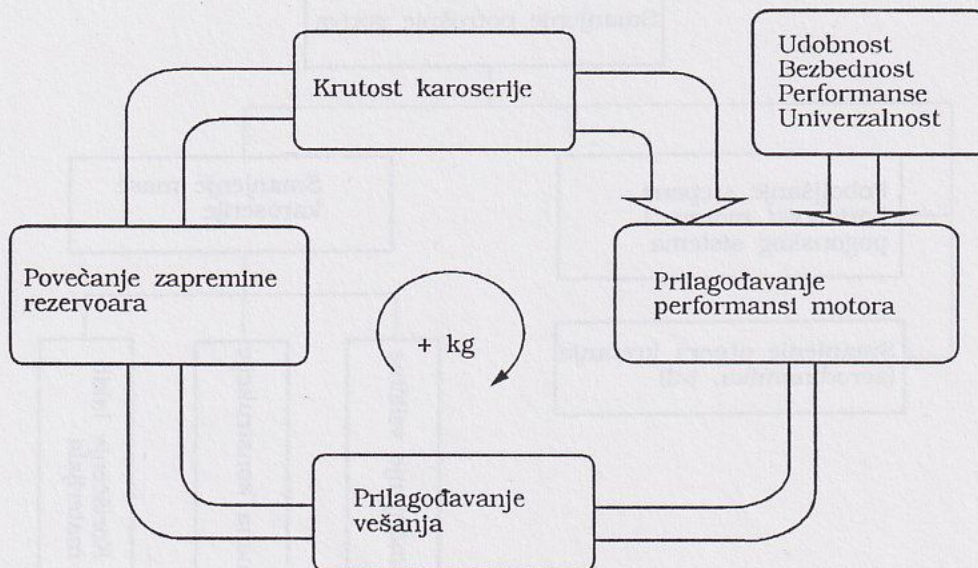
Istraživanja u skladu sa prethodnim zapažanjima je navelo proizvođače automobila da razviju novi prilaz konstrukciji karoserije kod koje je čitava karoserija napravljena od Al. Primer tog novog prilaza je filozofija koju razvija AUDI i može se izraziti kao moto "Progres kroz tehnologiju". AUDI već od 1993. godine pravi kompletnu karoseriju od Al (model Audi A8).

Korišćenje Al samo za karoseriju, ne uključujući druge delove, omogućava znatno smanjenje mase čime se pravi prvi korak u okretanju spirale porasta mase u suprotnom smeru (slika 3) [3].

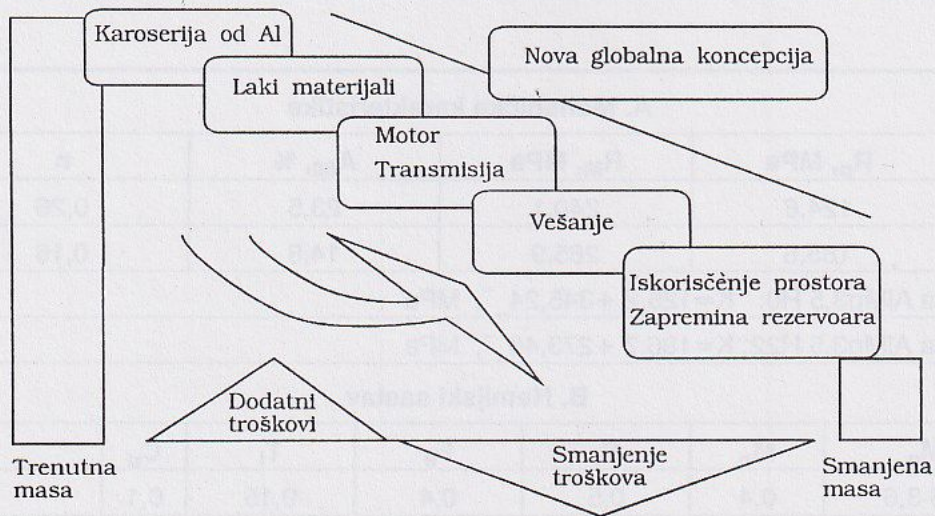
U sledećem koraku, neki delovi se mogu rekonstruisati sa lakšim materijalima. Ova prva dva koraka dovode do dodatnih troškova. Zadržavanje performansi konstantnim, omogućava korišćenje motora i menjača manje veličine. Smanjenje mase karoserije i motora dovodi do smanjena sila koje deluju na šasiju što omogućava da i ona može da se smanji. Ako se maksimalno rastojanje koje automobil može da pređe drži konstantnim, onda može da se smanji zapremina rezervoara. Poslednja tri koraka omogućavaju smanjenje troškova.

U početnoj etapi korišćenja Al za delove karoserije vršena je prosta zamena čeličnih limova sa aluminijumskim pri čemu je bila zadržavana ista debljina lima. Time je postignuto smanjenje mase za 66% ali nije ostvarena dovoljna krutost i javljali su se određeni funkcionalni problemi (slika 4).

Lokalna ojačanja mogu da pomognu da se reše neki od tih problema ali i dalje to ostaje klasičan koncept koji je korišćen pri upotrebi čeličnih limova. Rešenje predstavlja nova koncepcija, gde je kompletna karoserija urađena od Al. Kod nje se koriste limovi od Al legura i delovi od Al dobijeni istiskivanjem i livenjem



Sl. 2. Spirala porasta mase automobila



SI. 3. Koraci za promenu spirale porasta mase u suprotnom smeru

Ispitivanja su pokazala da se zamenom lokalnog ojačanja kvadratnog poprečnog preseka od čelika istim od Al ostvaruje smanjenje mase za 50%. Korišćenje kružnog poprečnog preseka od Al omogućava smanjenje mase za 63%. U sva tri navedena slučaja potpuno je sačuvana funkcionalnost.

4. KARAKTERISTIKE LIMOVA OD AL-LEGURA

Za delove karoserija najčešće se koriste tri grupe Al-legura: legure Al-Cu (serija 2000), legure Al-Mg-Si (serija 6000) i legure Al-Mg (serija 5000). Osnovne mehaničke osobine ovih legura su:

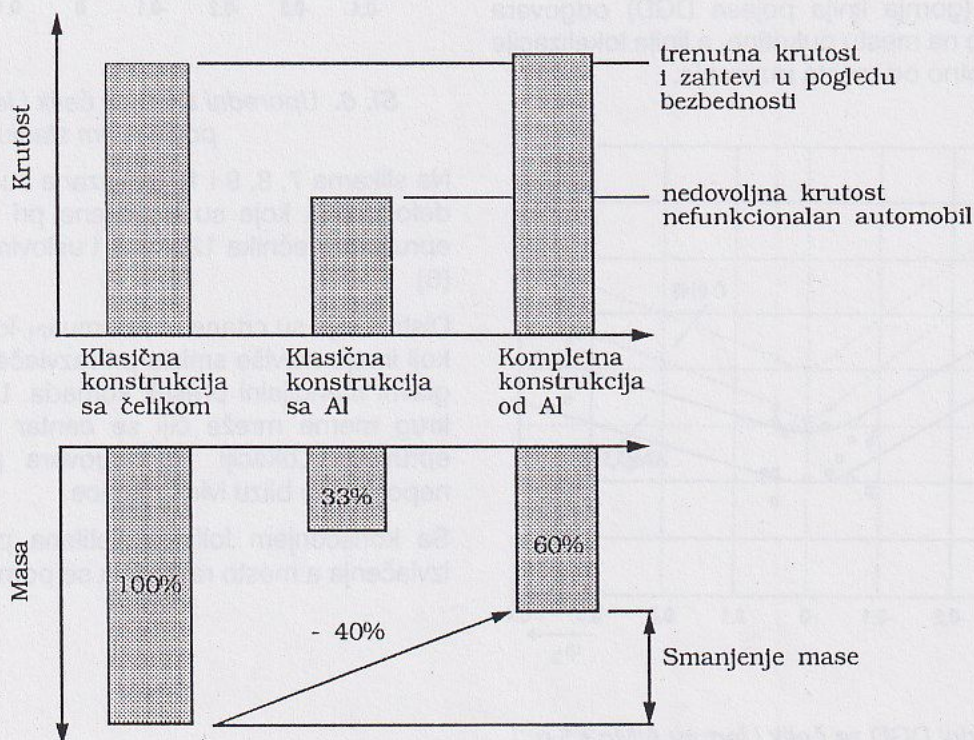
- granica tečenja i zatezna čvrstoća su niže nego kod čeličnih limova,
- modul elastičnosti ima tri puta manju vrednost u odnosu na čelik,
- izduženje (naročito lokalno) je malo,

- prisutno je nehomogeno deformisanje,
- koeficijent normalne anizotropije je mali (ispod 1),
- relativno mala tvrdoća i površina se lako oštećuje.

Jedna od specifičnosti aluminijumskih legura u odnosu na čelik je da se mogu dobiti u velikom broju stanja, s obzirom na izveden stepen deformacije ili termičku obradu, čime se može uticati na zadovoljenje različitih zahteva.

5. EKSPERIMENTALNI REZULTATI I DISKUSIJA

U radu se daju rezultati ispitivanja parametara obradivosti Al-limova dubokim izvlačenjem. Ispitivan materijal je lim od legure AlMg3,5, debljine 0,8 mm. Posmatrana su dva stanja ove legure: meko (H0) tvrdoće 48 HV i polutvrdo (H22) tvrdoće 69 HV. U tabeli 3 su date osnovne karakteristike ovog materijala.



SI. 4. Poređenje mase i krutosti čelika i Al

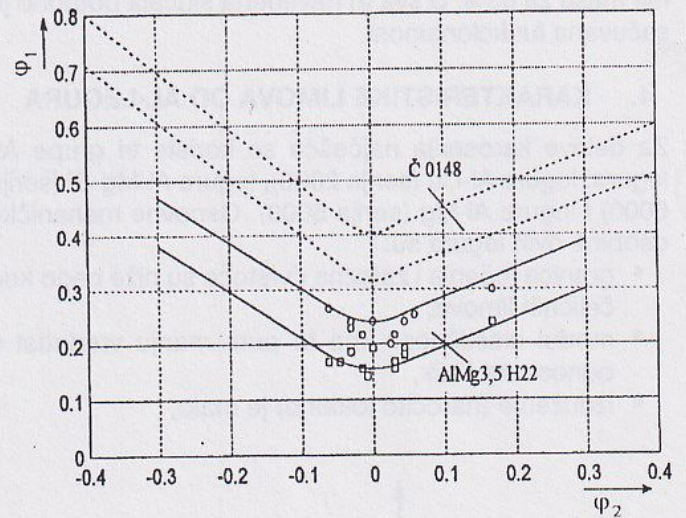
Tabela 3

A. Mehaničke karakteristike								
Materijal	R_p , MPa	R_M , MPa	A_{80} , %	n	r			
AlMg3,5 H0	124,6	240,1	23,5	0,26	0,557			
AlMg3,5 H22	185,6	265,9	14,8	0,16	0,618			
Kriva ojačanja za AlMg3,5 H0: $K=125,2 + 345,24 \sqrt{\epsilon}$, MPa								
Kriva ojačanja za AlMg3,5 H22: $K=186,7 + 273,46 \sqrt{\epsilon}$, MPa								
B. Hemijski sastav								
element	M_g	M_n	S_I	F_e	T_I	C_u	Z_n	C_r
%	2,6-3,6	0,4	0,5	0,4	0,15	0,1	0,2	0,30
C. Karakteristike hrapavosti								
Materijal	R_a , μm	R_p , μm	R_v , μm	R_{tm} , μm				
AlMg3,5 H0	0,315	1,17	1,49	1,95				
AlMg3,5 H22	0,383	1,58	1,25	2,21				

Iz tabele 3 se vidi da se sa povećanjem tvrdoće legure smanjuje izduženje i stepen deformacionog ojačanja na rastu karakteristike čvrstoće.

Kod Al-limova može se koristiti metodologija razvijena za izučavanje obradivosti klasičnih čeličnih limova (testovi čistog dubokog izvlačenja, razvlačenja, dijagrami granične deformabilnosti (DGD), test defleksije) [4].

Na slikama 5 i 6 prikazani su DGD za ispitivan materijal. Dijagrami su određivani korišćenjem polusfernog izvlačača, prečnika 50 mm i epruveta različite širine (Nakazima-postupak [5]). Određivanje deformacija je ostvareno merenjem elemenata merne mreže pre i posle deformisanja. Mreža sa krugovima prečnika 3.3 mm naneta je na površinu lima elektrohemijom putem. Linija razaranja (gornja linija pojasa DGD) odgovara deformaciji elipse na mestu pukotine, a linija lokalizacije deformacije suprotno od mesta razaranja.

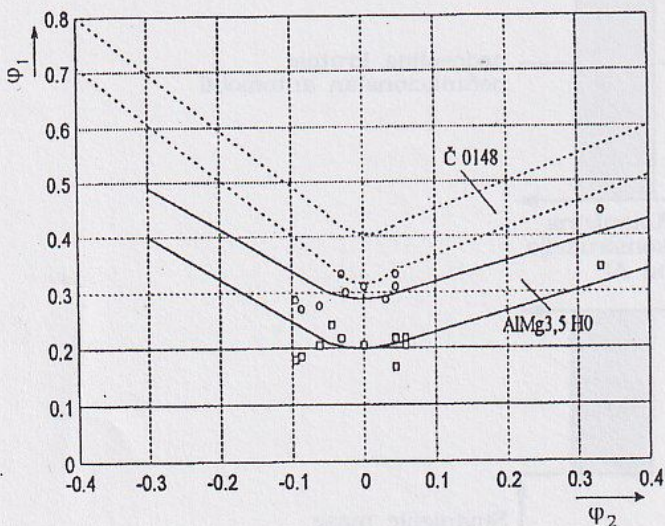


Sl. 6. Uporedni DGD za čelik i leguru AlMg3,5u polutvrdom stanju

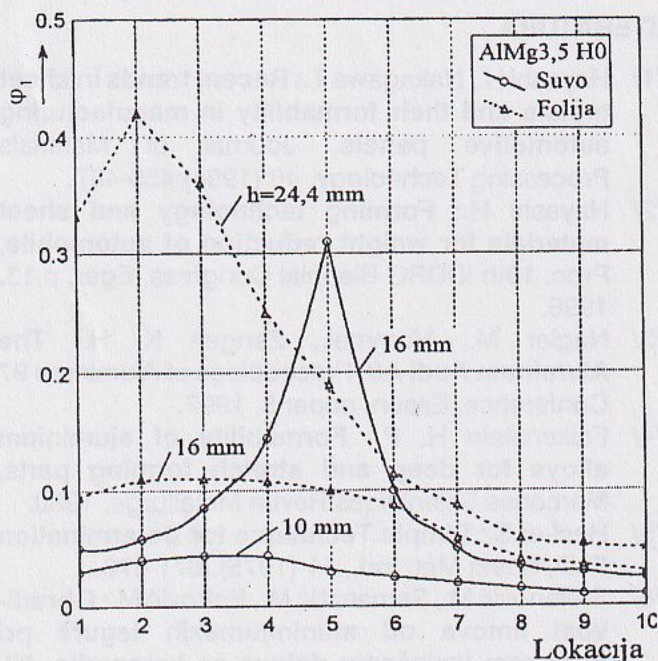
Na slikama 7, 8, 9 i 10 prikazane su distribucije glavni deformacija koje su ostvarene pri razvlačenju kružne epruvete prečnika 120 mm, i uslovima opisanim u radu [6]

Distribucije su crtane u sistemu φ_1 -lokacija i φ_2 -lokacija, koji imaju najviše smisla pri razvlačenju i odnose se na glavni meridijalni presek komada. Lokaciji 1 odgovara krug merne mreže čiji se centar poklapa sa polom epruvete. Lokaciji 10 odgovara periferija epruvete, neposredno blizu ivice matrice.

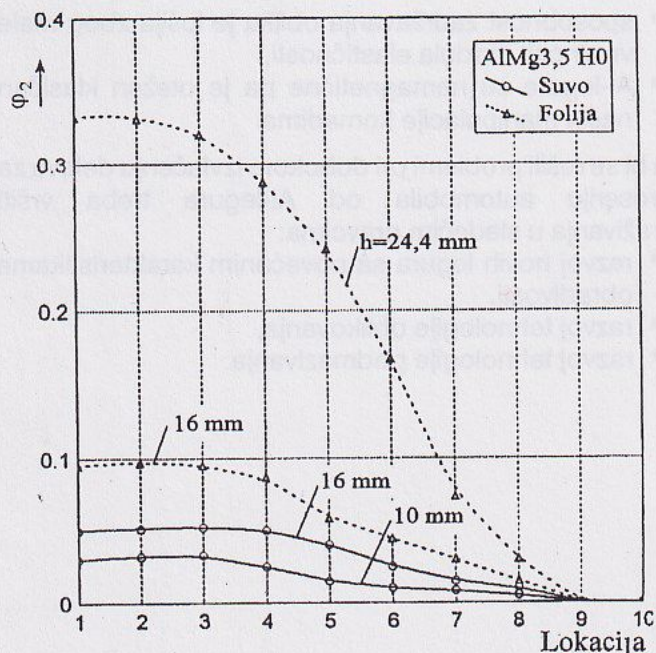
Sa korišćenjem folije polietilena povećava se visina izvlačenja a mesto razaranja se pomera biže centru.



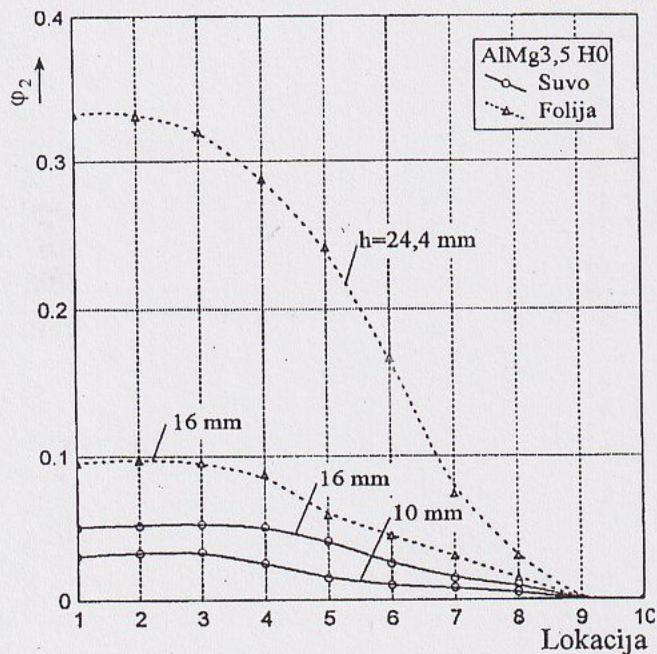
Sl. 5. Uporedni DGD za čelik i leguru AlMg3,5 u mekom stanju



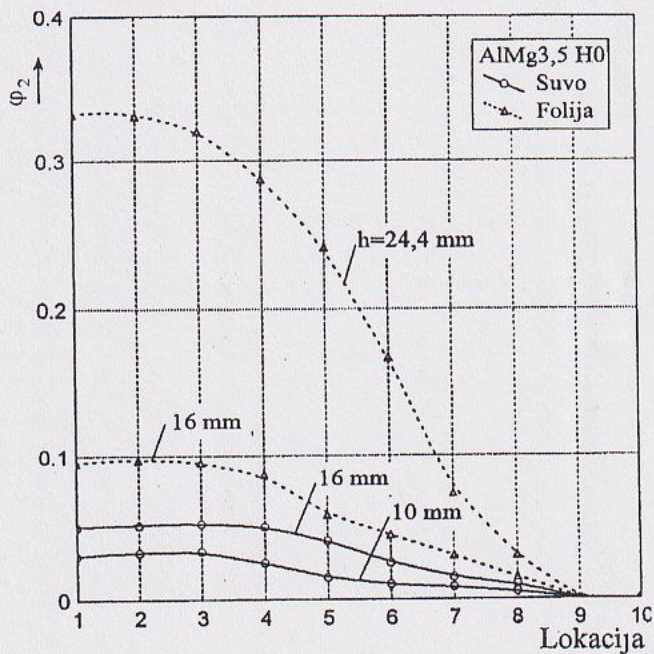
SI. 7. Distribucija prve glavne deformacije za leguru u mekom stanju



SI. 8. Distribucija druge glavne deformacije za leguru u mekom stanju



SI. 9. Distribucija prve glavne deformacije za leguru u polutvrdom stanju



SI. 10. Distribucija druge glavne deformacije za leguru u polutvrdom stanju

6. ZAKLJUČAK

Položaj krivih u DGD za leguru AlMg3,5 je niži u odnosu na čelik Č0148, s tim što su kod legure u mekom stanju ostvarene deformacije veće u odnosu na polutvrdo stanje. Razlog je u manjoj vrednosti r faktora kod legure AlMg3,5.

Korišćenje folije dovodi do povećanja ostvarenih deformacija i povećanja dubine pri razaranju kod razvlačenja. Prema dobijenim rezultatima kod legure u mekom stanju veći je uticaj kontaktnih uslova.

Na osnovu gore navedenog može se reći da je obradivost legure AlMg3,5 lošija u odnosu na čelik.

Uopšteno posmatrano limovi od Al-legura su teže obradive u odnosu na čelične limove a u toku izrade delova za karoseriju javljaju se sledeći problemi :

- ne može se jasno upravljati elementima obradivosti, čime se znatno otežava pravilan izbor materijala za pojedine otpreske, pre svega zbog male vrednosti r-faktora i niske granice dozvoljenog savijanja usled male vrednosti lokalne deformacije,
- područje sile držanja je suženo u odnosu na čelik,
- lako dolazi do oštećenja na površini komada (ulegnuća, brazgotine i sl.),
- Al-legure se adhezivno vezuju za alat što dovodi do razaranja komada,

- sposobnost zadržavanja oblika je lošija zbog male vrednosti modula elastičnosti,
- Al-legure su nemagnetične pa je otežan klasičan način manipulacije komadima.

Da bi se rešili problemi pri dubokom izvlačenju delova za karoseriju automobila od Al-legura treba vršiti istraživanja u sledećim pravcima:

- razvoj novih legura sa povećanim karakteristikama obradivosti,
- razvoj tehnologije oblikovanja,
- razvoj tehnologije podmazivanja.

LITERATURA

- /1/ Hayashi H., Nakagawa T.: **Recent trends in sheet metals and their formability in manufacturing automotive panels**, Journal of Materials Processing Technology, 46 (1994) 455-487.
- /2/ Hayashi H.: **Forming technology and sheet materials for weight reduction of automobile**, Proc. 19th IDDRG Biennial Congress, Eger, p.13, 1996.
- /3/ Nagler M., Hummel., Zengen K. H.: **The Aluminum Audi A8**, Proceedings of Aluminum 97 Conference, Essen, paper 5, 1997.
- /4/ Falkenstein H. P.: **Formability of aluminium alloys for deep and stretch forming parts**, Memories Scientifiques Revue Metallurgie, 1980.
- /5/ Hecker S.: **Simple Technique for Determination FLD**, Sheet Met. Ind., 11 (1975), 671-676.
- /6/ Stefanović M., Samardžić M., Petrović M.: **Obradivost limova od aluminijumskih legura pri dubokom izvlačenju delova za karoserije**, 27. Savetovanje proizvodnog mašinstva, Niš, Zbornik radova, 1998.

Mr Prvoslav Jakovljević
Mr Živorad Milić
Borisav Baralić
Blagoje Nestorović

UDK: 621.824.620.17

(stručni rad)

IZBOR KONCEPCIJE I PROJEKTOVANJE PROBNIH STOLOVA ZA ISPITIVANJE VEKA TRAJANJA ZGLOBNIH VRATILA

REZIME

U radu je dat prikaz mogućnosti ispitivanja dinamičke izdržljivosti kardanskih vratila korišćenjem probnih stolova sa otvorenim i zatvorenim sistemom cirkulacije snage, razvijenim u Centru za tehničko-tehnološki razvoj i ispitivanje, Zastava kamioni.

U okviru rada je prikazan izbor koncepcije probnih stolova, projektna rešenja i način njihovog funkcionisanja.

KLJUČNE REČI: kardansko vratilo, sto, ispitivanje.

CHOICE OF THE CONCEPTION AND DEVELOPMENT OF THE TEST BENCHES FOR INVESTIGATION DYNAMICAL ENDURANCE OF THE CARDAN DRIVESHAFT.

ABSTRACT

In the paper has been presented possibility of dynamic endurance of the cardan driveshafts using test benches with closed and opened loop of the power transfer wich has been developed in research center "Zastava kamioni".

Also, in the paper it has shown the choice of conception the test benches, as project solutions and mode of function.

KEY WORDS: cardan shaft, bench, testing.

Aleksandar Živadinović
Branislav Stojadinović
Dragana Rajčić

UDK: 629.113.012.8

(stručni rad)

OPTIMIRANJE PARAMETARA ZAVARA NOSAČA RUKAVCA OSOVINE ZADNJEG OSLANJANJA VOZILA YUGO FLORIDA

REZIME:

U procesu razvoja osovine zadnjeg sistema oslanjanja, posebna pažnja se posvećuje nosaču rukavca. Zbog specifičnog oblika nosača rukavca, tehnologija njegovog zavarivanja i dinamička ispitivanja na pulzatoru predstavljaju poseban problem. U procesu razvoja ove tehnologije, naročita pažnja obraća se na sledeće parametre: dubinu uvara, strukturne izmene u zoni pod uticajem toplote, geometriju zavara i uticaj tehnoloških parametara zavarivanja na zavar i na dinamičku čvrstoću dela.

KLJUČNE REČI: nosač rukavca, geometrija zavara, dinamička ispitivanja.

OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF THE WELDED AXLE SLEEVE BRACKET ON THE REAR SUSPENSION IN YUGO FLORIDA VEHICLE

ABSTRACT :

In the process of developing rear suspension axle, particular attention was given to the rear suspension axle sleeve bracket. Due to the specific shape of the sleeve bracket, its welding technology and its dynamic testing on the the pulsator presents particular problem. In the process of developing this technology, particular attention was given

to the following parameters: welding depth, structural changes in the area of basic material impacted by heat, welded joint geometry, influence of the parameters related to the welding technology on the welded joint and dynamic strength of the component.

KEY WORDS: sleeve bracket, weld joint geometri, dinamic testing.

Prof. Dr Milentije Stefanović
Milica Samardžić
Mr Srbislav Aleksandrović

UDK: 629.113.011.5:669.71

(originalni naučni rad)

OBRADIVOST LIMOVA OD ALUMINIJUMSKIH LEGURA KOJI SE KORISTE ZA IZRADU ELEMENATA KAROSERIJA AUTOMOBILA

REZIME:

Opšti društveni i globalni ekološki zahtevi, kao što su: očuvanje prirodnih energetskih izvora, racionalnije korišćenje energije i zaštita životne sredine su u automobilskoj industriji doveli do trenda korišćenja novih materijala u cilju smanjenja mase automobila. Al predstavlja jedan od najpogodnijih materijala zbog male težine i pogodnosti za reciklažu. Ipak, u odnosu na čelik koji se najviše koristi za delove karoserije, Al ima lošiju obradivost zbog sklonost ka lomu, formiranju nabora i smanjenoj sposobnosti zadržavanja oblika. U ovom radu daju se rezultati upoređivanja karakteristika obradivosti pri dubokom izvlačenju za čelične i limove od legure AlMg3,5.

KLJUČNE REČI : duboko izvlačenje, karoserija, aluminijumske legure, obradivost.

FORMABILITY OF ALUMINIUM ALLOYS IN MANUFACTURING AUTOMOTIVE PANELS

ABSTRACT

In order to solve social demands to automobile such as weight reduction for energy saving and environmental preservation, newly-developed sheet materials have been applied to autobody parts. Aluminum is one of the promising materials for its light weight and easiness in recycling. However, compared with steel, the most common material for automotive panels, aluminum lacks in fracture resistance, wrinkling resistance and shape fixability. In this report are given the compared results of formability in deep drawing for steel sheets and aluminum alloy sheets AlMg3,5.

KEY WORDS: deep-drawing, autobody, aluminum alloys, formability.

Aleksandar Lazarević
Sasa Perović

UDK: 629.9.06:681.32.06

(stručni rad)

RAZVOJ CAD/CAM TEHNOLOGIJA U INSTITUTU ZA AUTOMOBILE

REZIME:

Prateći zahteve za osavremenjavanjem projektovanja vozila i izrade prototipa Institut za automobile postepeno uvodi računare u proces projektovanja, po fazama. U prvoj fazi uvođenja računara u proces projektovanja računar je uglavnom korišćen u proračunima i analizama ponašanja mašinskih konstrukcija. Naredna faza obuhvatila je uvođenje i usvajanje CAD/CAM tehnologija za projektovanje složenih delova karoserije i opreme vozila. U ovoj fazi za poslove projektovanja korišćen je paket CATIA na IBM 3090. Pojavom nove koncepcije parametarskog projektovanja i pune asocijativnosti 3D modela, nabavkom paketa Pro/ENGINEER i Autodesk Mechanical Desktop, ušlo se u novu fazu unapređivanja CAD/CAM tehnologija. Postojeći resursi u domenu CAD tehnologije nadograđeni su osposobljavanjem jedne kopir glodalice u numerički upravljaju mašinu koja koristi podatke iz više softvera koji su na raspolaganju u Institutu za automobile.

KLJUČNE REČI: karoserija, CAD/CAM.