

## » Otporno točkasto zavarivanje aluminijske legure sa čelikom uz primjenu među-folije

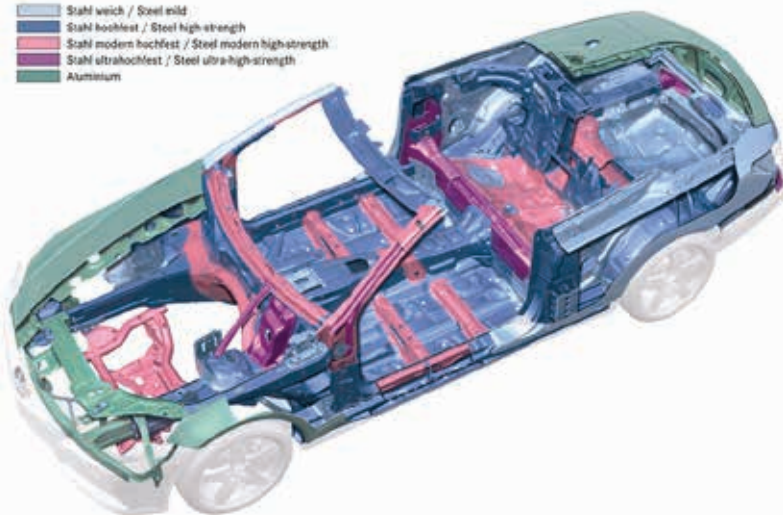
**Jožef Kočever** Već više od trideset godina u razvoju automobilskih karoserija prevladava želja za snižavanjem mase te istodobno osiguravanjem odgovarajuće sigurnosti automobila. Smanjenje mase karoserije ključ je za smanjenje potrošnje goriva, a s time i ispuštanja CO<sub>2</sub>.

Područje, na kojem se i danas događa značajan razvoj, zamjena je materijala. Prije trideset godina su automobilske karoserije bile načinjene gotovo isključivo od uobičajenih konstrukcijskih čelika. Danas u šasiji i karoseriji automobila možemo naći raznovrsne materijale, od klasičnih konstrukcijskih čelika do unaprijeđenih visokočvrstih čelika (AHSS – advance high strength steel), legura magnezija, polimernih kompozita i naravno legura aluminija.

Legure aluminija su zanimljive za takve aplikacije radi brojnih uzroka. Prvi najvažniji razlog je u tome, da nude bolje omjere između čvrstoće i mase obzirom na obične konstrukcijske čelike, u omjeru 3 : 1. Tako je pri uporabi identične karoserije moguće masu smanjiti za 70 posto. Uz uzimanje u obzir praktičnih konstrukcijskih rješenja pri spajanju aluminija te čelika, masu je u praksi moguće smanjivati za 40 do 60 posto.

Dijelovi karoserije iz aluminijskog lika imaju bolju postojanost na koroziju nego li komponente od galvaniziranog lima. Zaštita od korozije može biti značajna prednost pri osiguravanju pouzdanosti kod nove generacije vozila. Posljednja istraživanja trendova u automobilskoj industriji jasno pokazuju porast u primjeni legura aluminija. To se odražava u porastu broja vozila s povećanim udjelom aluminijskih komponenata karoserije, koji su već u proizvodnji ili su još u fazi razvoja.

Stahl weich / Steel mild  
Stahl hochfest / Steel high-strength  
Stahl modern hochfest / Steel modern high-strength  
Stahl ultrahochfest / Steel ultra-high-strength  
Aluminium



» Slika 1. Udio aluminija u karoseriji automobila [1]

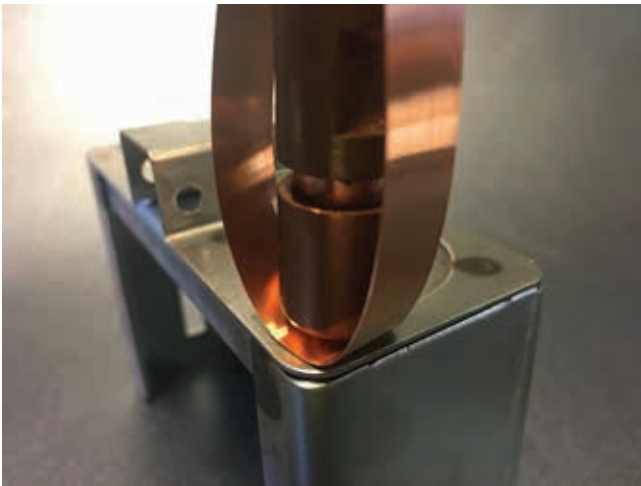
### Rezultati i diskusija

Svaki puta, kada proizvođači u karoseriji primjenjuju neku komponentu od aluminijskog lima, susreću se sa spajanjem aluminija sa čelikom. Pri proizvodnji suvremenih automobila i dalje prevladava otporno točkasto zavarivanje i otporno bradavičasto zavarivanje. S uzimanjem u obzir te činjenice, poznavanje otpornog točkastog zavarivanja nesrodnih materijala, kao što su legure aluminija i čelik, je vrlo važno pri spajanju pojedinih komponenata karoserije. Otporno zavarivanje je primjereno za automatiziranu i masovnu proizvodnju radi kratkih vremena zavarivanja te brzog hlađenja točke zavara. U slučaju spajanja legura aluminija s visokočvrstim čelikom, nastaje problem sa česticama aluminija ili cinka, jer oni



**Jožef Kočever** • Kočever in sinovi, d. o. o., Sončna c. 10, Ločica ob Savinji, Polzela, Slovenija

uzrokuju brzo trošenje kapica elektrode. To skraćuje vijek trajanja elektroda te uzrokuje povremene zastoje radi zamjene elektroda. Lim od legure aluminija te visokočvrstog čelika ima vrlo različite temperature taljenja, različitu toplinsku rastezljivost i druga toplinska svojstva. Spajanje nesrodnih materijala kao takvo, ostvaruje intermetalni spoj, što u praksi nije poželjno. Intermetalni spoj degradira zavarivost između legure aluminija i visokočvrstog čelika i u zavarenom spoju uzrokuje poroznost i napukline. Područje, kako kontrolirati stvaranje takvih intermetalnih spojeva između nesrodnih materijala, još uvijek nije odgovarajuće istraženo.

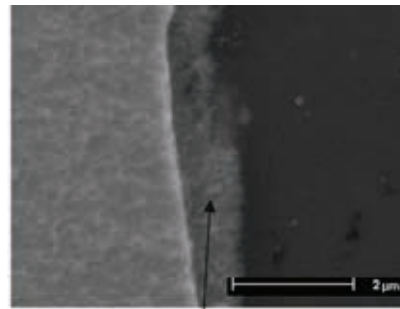


» Slika 2. Folija između kapice elektrode i predmeta zavarivanja

Ovaj članak obrađuje otporno zavarivanje hladno valjanog lima DP590 te Al 5052 uz primjenu među-folije.

Radi usporedbe se je prvo izvodio test s klasičnim inverterskim istosmjernim sustavom za zavarivanje bez među-folije. Parametri zavarivanja su bili izabrani obzirom na standard ISO 18278-2. Kapice elektrode za testove zavarivanja s folijom i bez folije su bile tipa ISO-F8 i od materijala CuCrZr. Lim od kojih su načinjeni ispitci je bio od legure Al 5052 s izvrsnom postojanošću na koroziju, zavarljivošću te sposobnošću preoblikovanja. Primijenili smo i dvofazni čelik (DP), kojeg je predstavljao najčešće primjenjivani unaprijeđeni visokočvrsti čelik (AHSS). Debljina Al lima bila je 1,5 mm, a debljina Fe lima 1,4 mm.

Testno zavarivanje bez među-folije je ostvarilo tanak intermetalni spoj. Uglavnom, debljina intermetalnog spoja raste razmjerno unosu energije zavarivanja u zavareni spoj. Iako je s pomoću testnog zavarivanja bilo potvrđeno da može nastati i deblji intermetalni spoj s manjim unosom energije. Takav nerazmjer je teško predvidiv, a debljina intermetalnog spoja je ovisna i o drugim faktorima,



» Slika 3. Intermetalni spoj između aluminijske legure te visokočvrstog čelika [2]

**LOCTITE**

LIMITLESS  
BONDING

LOCTITE

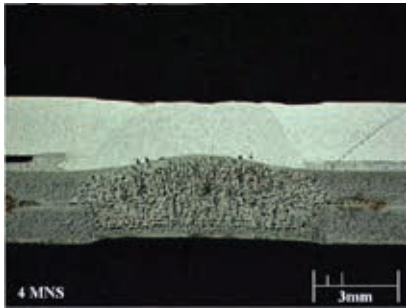
**3 g LJEPILA  
VUČE VLAK OD  
208 TONA**

Pogledajte video o ovoj nevjerojatnoj primjeni ljepila [loctite.hr/hibridi](http://loctite.hr/hibridi)





kao što su toplinska provodnost u spoju, očvršćivanje taljevine u zavarenom spoju te stanje kontaktne površine na limu priprema za zavarivanje. Zavarivanje bez među-folije i ponašanje intermetalnog spoja pri zavarivanju Al+Fe morati će istražiti buduće studije.



» Slika 4. Zavareni spoj nakon zavarivanja legure aluminija i visokočvrstog čelika [2]

Za zavarivanje legure aluminija i čelika s među-folijom, primijenili smo traku folije na bazi Cr-Ni, Ni te Cu. Na strani čeličnog lima DP590 primjenjivala se bakrena folija s malim kontaktnim otporom, a na strani legure aluminija folija Cr-Ni te Ni, koja ima veći električni otpor. Važno je, da primijenimo foliju s fizikalnim svojstvima, koja uzrokuju dodatni kontaktni otpor između kapice elektrode i aluminijskog lima. Obično se točkasti zavari između dva lima srodnog materijala ostvaruju u obliku leće, a u slučaju nesrodnih materijala, nakon otpornog zavarivanja dobivamo zavar u obliku slova U.

## Zaključak

Test zavarivanja s među-folijom je pokazao, da dodatna Joulova toplina, koja se generira radi otpora na foliji, osigurava bolju zava-

» Slika 5. Inverterski DC-uređaj za otporno zavarivanje s folijom i bez folije



rivost od klasičnog inverterskog istosmjernog sustava zavarivanja bez folije. Tijekom zavarivanja je manje štrcanja ispod elektroda, što također osigurava bolju kvalitetu proizvoda. Bilo je utvrđeno, da najbolje rezultate zavarivanja osigurava kombinacija folije Cr-Ni te Cu. S pomoću sustava za zavarivanje moguće je kontrolirati oblik i debljinu intermetalnog spoja te postići pouzdane uvjete zavarivanja.

## Izvori:

- [1] carbodydesign.com
- [2] Journal of Precision Engineering

## » Toplinski otporne prevlake za rezne alate poboljšane s tantalom

**Tvrde nitridne prevlake od titan-aluminijskog nitrida (TiAlN) štite svrdla, oštrice glodala i rezne pločice od prebrzog trošenja. Austrijski Plansee SE je objavio, da mala količina tantala dokazano dodatno poboljšava toplinsku stabilnost zaštitnog sloja.**

TiAlN prevlakama su često dodani i drugi elementi sa ciljem optimiranja svojstava za specifične aplikacije, dodatno navodi Plansee. Tako primjerice tantal omogućuje još lakše rezanje pri višim temperaturama.

Posebice pri obradi vrlo tvrdih materijala, alat se može brzo pregrijati.

Prevlake za zaštitu od trošenja od titan-aluminijskog-tantalovog nitrida nude još bolju visoku temperaturnu stabilnost i otpornost na oksidaciju. One bi trebale omogućavati mehaničku obradu pri temperaturama do 950 °C.

Izvori za nanošenje i ka-

tode od titan-aluminija osiguravaju, da su svrdla, glodala, rezne pločice i drugi alati, zaštićeni s tvrdom, na oksidaciju otpornom nitridnom prevlakom (TiAlN).

Plansee izvješćuje, da je institut za materijale i tehnologiju na bečkom tehničkom sveučilištu proveo istraživanje o svojstvima titan-aluminijske-tantalove nitridne prevlake. Grupa istraživača je izvela pokuse s prevlakama od titana, aluminija i tantala u različitim koncentracijama.

Najveću toplinsku stabilnost je postigao uzorak sa specifičnom koncentracijom materijala (Ti<sub>0,32</sub> Al<sub>0,6</sub> Ta<sub>0,08</sub>). Plansee u svojim proizvodima tako precizne koncentracije materijala postiže s pomoću primjene tehnologije metalurgije prahova.

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

