

» Slika 1. Letalo Bombardier CRJ200 je večinoma izdelano iz aluminijevih zlitin.



» Čiščenje površine kovine s suhim ledom kot alternativa kemičnemu čiščenju

**Ingrid Milošev,
Peter Rodič,
Darko Malnarič**

Pomembna raziskava alternativnega, okolju neinvazivnega postopka čiščenja površine različnih kovin, je potekala v sodelovanju z Institutom »Jožef Stefan«, podjetjem FerroČrtalič iz Dolenjskih Toplic, ki že 57 let svoj razvoj usmerja v ekološko tehnološke rešitve na področju tehnologije obdelave površin, ter inštitutom Joanneum Research iz Avstrije. Namen raziskave je bilo ugotoviti, kakšne učinke na površini aluminijevih zlitin povzroči ekološko prijazen postopek čiščenja s suhim ledom in s tem posledični vpliv na kakovost oprijema zaščitnih premazov.

Ambiciozni podnebni cilji Evropske unije glede zmanjšanja emisije ogljikovega dioksida (CO₂) in omejevanja rabe okolju in ljudem škodljivih kemikalij so postavili visoke zahteve za transportno industrijo. Cestni promet prispeva približno tretjino vseh emisij ogljikovega dioksida v EU, od tega 72 % prihaja iz cestnega prometa [1]. Trenutni cilj je zmanjšati emisije CO₂ za 60 % v primerjavi s tistim iz leta 1990.

Tehnološke inovacije, ki z novimi materiali omogočajo varčnejšo porabo goriva, lahko olajšajo prehod na učinkovitejši in bolj trajnosten evropski prometni sistem. Ker masa vozila vpliva na porabo goriva, je ena izmed prioritarnih nalog avtomobilske industrije zmanjšati maso vozila z uporabo lahkih materialov. Med njimi so najbolj pomembne aluminijeve zlitine, ki se odlikujejo z nizko go-

stoto, visokim razmerjem trdnost-masa, relativno visoko natezno trdnostjo in so enostavne za obdelovanje. V zadnjih desetih letih se je v evropskih avtomobilih več kot podvojila povprečna poraba aluminija, trend pa se še povečuje. Danes znaša povprečna masa aluminija v avtomobilih več kot 150 kg, pri avtomobilih višjega cenovnega razreda pa več kot 200 kg. Zmanjšanje mase avtomobila za 100 kg prihrani v povprečju 8 gramov CO₂ na 1 km in 0,315 litra goriva na 100 km. Za približno 16 milijonov avtomobilov v Evropi to pomeni za približno 40 milijonov ton manj izpusta CO₂ med življenjsko dobo avtomobila [1]. V avtomobilih se aluminijeve zlitine uporabljajo za izdelavo bloka in glave motorja, ulitkov, konstrukcije vozila, karoserije, zavor itd. Aluminijeve zlitine pa so od nekdaj izredno pomembne tudi v letalski industriji. Na primer, v letalu Boeing 747 je bila zastopanost aluminijevih zlitin več kot 70 %, v Boeing 787 Dreamliner pa le 20 % [2]. Aluminijeve zlitine se uporabljajo za izdelavo različnih delov letala, kjer so potrebne visoka trdnost, žilavost in odpornost proti utrujenosti materiala, kot

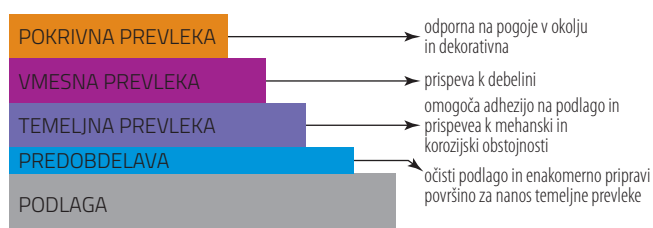


Ingrid Milošev, Peter Rodič • Institut »Jožef Stefan«

Darko Malnarič • FerroČrtalič d.o.o.

so npr. krila, trup, vodila sedežev itd. Na sliki 1 je prikazano letalo Bombardier CRJ200 v lasti podjetja FerroČrtalič, ki ga uporabljajo pri svojih raziskavah optimizacije čiščenja površin različnih kovin z inovativnimi, okolju sprejemljivimi metodami.

<https://matmatch.com/learn/material/aircraft-aluminium-grades>
Kljub izrednim mehanskim lastnostim so aluminijeve zlitine zaradi svoje heterogene strukture s številnimi interkovinskimi delci in vključki podvržene različnim vrstam korozije, zlasti jamičasti in interkristalni koroziji. Zato potrebujejo dodatno zaščito, ki je običajno večplastna (slika 2) in vsebuje vsaj tri komponente, in sicer predobdelavo površine kovine, temeljni premaz ali prevleko (angl. primer) in pokrivni premaz ali prevleko (angl. topcoat). Predobdelava površine kovine je običajno postopek kemičnega čiščenja, kjer uporabljamo tako kisline kot tudi bazične raztopine [3]. Pri kislinem čiščenju se uporabljata žveplena ali fosforna kislina (H_2SO_4 in H_3PO_4) in različne površinsko aktivne snovi (t. i. surfaktanti). Raztopina lahko vsebuje tudi fluorovodikovo kislino (HF). Pri alkalnem čiščenju pa se običajno uporablja natrijev



» Slika 2. Shematski prikaz tvorbe protikorozijske zaščitne plasti na površini kovine



» Slika 3: Avtomatska rešitev podjetja FerroČrtalič za čiščenje s suhim ledom

hidroksid (NaOH), ki tudi lahko vsebuje različne dodatke, npr. za odmaščevanje ipd. Alkalnemu jedkanju običajno sledi kislinsko čiščenje, pri čemer se odstranijo ostanki jedkanja vrhnje plasti (angl. desmutting).

Ob povečanem trendu uporabe aluminijevih zlitin v transportni industriji se posledično povečuje tudi poraba različnih kemikalij za izdelavo zaščitnega sistema in seveda tudi kemikalij za predobdelavo [4]. V luči postavljenih ciljev za zmanjšanje uporabe agresivnih kemikalij je vsekakor smiselno iskati nove alternative kemičnim postopkom čiščenja kovine. V tem prispevku se bomo posvetili

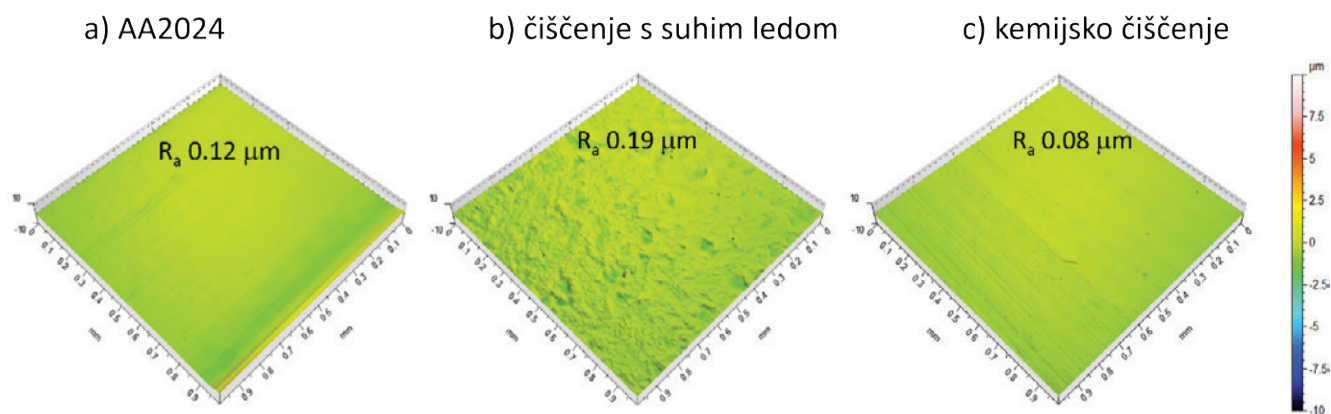
FerroECOBlast® EUROPE

Strokovnjaki za suhi led & suhi sneg

S suhim ledom & suhim snegom najbolj učinkovito in ekološko odstranjujemo nečistoče kot so: lepila, olja, masti, silikon, barve, saje, korozijske plasti, ostanke rezanja in brizganja tudi iz najbolj čutljivejših površin.

Avtomatske in robotske rešitve | Mobilna oprema | Oprema za proizvodnjo suhega ledu in reciklažo CO₂

FerroČrtalič d.o.o. | +386 (0)7 38 45 100 | sales@ferrocrtalic.com | www.ferroecoblast.com



» Slika 4. 3D-prikaz topografije površine obložene aluminijeve zlitine 2024-T3: (a) neočiščena površina, (b) čiščena s suhim ledom in (c) kemično čiščena. Vrednosti hrapavosti (R_a) so podane na sliki.

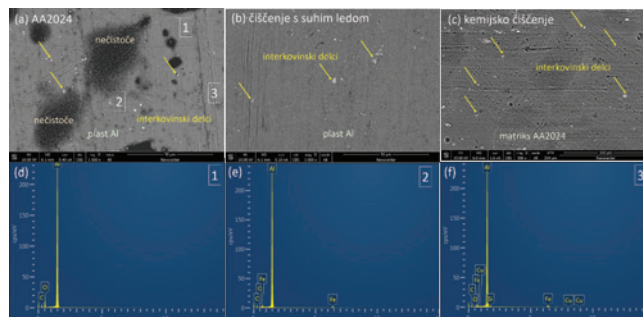
možnosti uporabe suhega ledu kot alternativni postopku predobdelave kovine s kemičnim čiščenjem.

Podjetje FerroČrtalič že 57 let deluje po načelih trajnostnega razvoja in stremi k razvoju ekološko učinkovitih rešitev na področju obdelave površin, ki s svojo tehnološko dovršenostjo povzročajo minimalni vpliv na okolje. Ena od takšnih rešitev, ki so jo razvili v podjetju FerroČrtalič, je tudi tehnologija čiščenja površin s suhim ledom, ki se v industriji vedno bolj uveljavlja zaradi svojih ekoloških prednosti, saj ne porablja sekundarnih onesnaževalcev, kot so topila ali abrazivi, s čimer zagotavlja celovit, popolnoma suh (brez vode) in učinkovit postopek čiščenja izdelkov (slika 3). Prednost čiščenja s suhim ledom je, da ne izpodriva in ne poškoduje podlage ter se hitro sublimira v zrak, ne pušča sekundarnih ostankov in ne erodira ali odvaja ciljne površine. S svojo mobilno zmogljivostjo olajša dostop do površin različnih strojev in zagotovi učinkovito čiščenje, ne da bi bilo treba stroj razstaviti in ga premakniti na drugo lokacijo.

V okviru programa KET4CP (Key Enabling Technology for Clean Production) smo pridobili projekt z naslovom »Napredna okolju prijazna površinska obdelava aluminija in njegovih zlitin, ki se uporabljajo v letalski industriji«, nosilci projekta Institut »Jožef Stefan«, podjetje FerroČrtalič in institut Joanneum Research iz Avstrije. Namen raziskave je bil ugotoviti, kakšne učinke na površini povzroči postopek čiščenja s suhim ledom in posledično, kako vpliva na kakovost oprjema premazov. Osnovni material je bila aluminijeva zlitina 2024-T3, pri čemer je površina aluminija prevlečena z nekaj mikrometrov debelo zaščitno plastjo aluminija (t. i. oblečena zlitina ali angl. cladded). Gre za običajen postopek zaščite zlitine, saj ima aluminij boljšo korozijsko obstojnost kot zlitina, material pa obdrži mehanske lastnosti same zlitine. Kot primerjalni postopek smo vzeli komercialni postopek alkalnega kemičnega čiščenja, ki mu sledi kislinsko čiščenje, pri čemer so bili eksperimentalni pogoji izbrani v skladu z navodili proizvajalca. Analize smo torej izvedli na treh vrstah vzorcev: a) osnovni, neočiščeni zlitini, ki ni bila podvržena predobdelavi, b) zlitini, ki je bila kemično očiščena in c) zlitini, ki je bila očiščena s suhim ledom. Izmerili smo 2D- in 3D-topografijo površine ter posneli morfologijo površine z vrstičnim elektronskim mikroskopom izvedli osnovno kemično analizo z uporabo spektroskopije energijske porazdelitve rentgenskih žarkov.

Slika 4 kaže primerjavo 3D-topografije površine, podane so tudi vrednosti hrapavosti (R_a). Postopek čiščenja s suhim ledom ni invaziven postopek do površine, zato je hrapavost primerljiva s površino pred čiščenjem. Nasprotno pa je kemično čiščenje bolj agresivno do zaščitne plasti aluminija in zlitine, zato je površina po čiščenju posledično bolj hrapava in tudi naravna zaščitna plast poškodovana oziroma odstranjena.

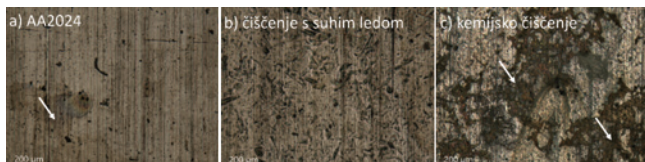
Posnetki z vrstičnim elektronskim mikroskopom kažejo, da so na površini neočiščene vzorca prisotne nečistoče (temne lise), vidni so tudi interkovinski vključki (svetli delci). Slednji vsebujejo železo, baker, silicij itd. (slika 5). Interkovinski delci se torej kemijsko razlikujejo od površine matriksa, ki je v tem primeru plast aluminija, pod katero je osnovna zlitina 2024-T3. Podani so tudi spektri elementne sestave, ki so bili posneti na matriksu oziroma na različnih vključkih. Postopek predobdelave s suhim ledom je odstranil nečistoče, obenem pa ohranil morfologijo matriksa aluminijeve obloge. Interkovinski delci so še vidni v podobnem številu kot na neočiščeni površini. Nasprotno pa kemična predobdelava spremeni morfologijo vzorca – obložena plast aluminija je bila v celoti odstranjena in je vidna znana morfologija zlitine 2024-T3 z množico interkovinskih delcev in vključkov.



» Slika 5. Posnetki površine obložene aluminijeve zlitine 2024-T3 z vrstičnim elektronskim mikroskopom in kemična analiza: (a) neočiščena površina, (b) čiščena s suhim ledom in (c) kemično čiščena. Na slikah so označene nečistoče, interkovinski delci (rumene puščice) in osnovna podlaga (obloga Al oziroma matriks AA2024). Na slika (d)-(f) so podani EDS spektri kemične sestave: (d) obloge Al, (e) in (f) interkovinskih delcev, ki vsebujejo železo in baker. Na mestih (1, 2, 3) označenih na sliki (a) so posneti EDS spektri.

Nadalje smo testirali korozijsko obstojnost vzorcev s standardnim korozijskim testom v slani-vlačni komori pri 35 °C in 5 utež.% natrijevega klorida. Slika 6 prikazuje površine vzorcev pred testiranjem in po 24 urah izpostavljenosti. Medtem ko na neočiščeni in kemično očiščeni površini že opazimo korozijo in njihove produkte na površini, je bila očiščena s suhim ledom, še vedno brez znakov korozije.

Podani rezultati kažejo, da je čiščenje kovinske površine s suhim ledom možna alternativa kemičnemu čiščenju. Postopek čiščenja površine s suhim ledom je neinvaziven, zato ne odstrani obložene aluminija na aluminijevi zlitini 2024-T3, zato se korozijske lastnosti ohranijo. Nasprotno pa kemični postopek odstrani zašči-



» Slika 6. Posnetki površine obložene aluminijeve zlitine 2024-T3 pred in po 24-urni izpostavitvi vlažni-slani megli v korozijski komori (temperatura 37 °C in 5 utež.% NaCl): (a) neočiščena površina, (b) čiščena s suhim ledom in (c) kemično čiščena. Korozijski produkti so označeni s puščicami.

tno oksidno plast, kar bistveno zmanjša korozijsko zaščito zlitini. Ključna razlika pa je seveda pozitivna okoljska sprejemljivost postopka uporabe suhega ledu, saj se pri postopku ne uporablja nobenih kemičnih čistil, postopek je hiter in ekonomičen. Preliminarne raziskave kažejo, da bi površina očiščena s suhim ledom omogočala enakomeren in zaščiten nanos konverzijske prevleke, kar je tudi predmet nadaljnjih raziskav.

Zahvala: Za financiranje projekta se zahvaljujemo programu KET4CP (št. projekta MGP-2019-06-05) v okviru programa Evropske unije Horizon 2020.

Reference

[1] <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20190313STO31218/co2-emissions-from-cars-facts-and-figures-infographics>

FerroECOBlast®
EUROPE



» Slika 7. Avtomatska in ročna oprema za čiščenje s suhim ledom ter stroj za proizvodnjo peletov suhega ledu podjetja FerroČrtalič.

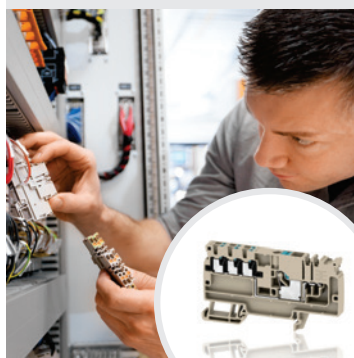
[2] A.S. Warren, Materials Forum, 28 (2004) 24-31, editorji J.F. Nie, A. J. Morton in B.C. Muddle, Institute of Materials Engineering Australasia Ltd.
[3] M. Doerre, L. Hibbitts, G. Patrick, N.K. Akafuah, Coatings, 8 (2018) 405
[4] I. Milošev, Acta Chimica Slovenica, 66 (2019) 511-533

VSE NA ENEM MESTU za razdelilne in krmilne elektro omare

ELEKTROSPOJI

Spončna oprema in industrijski konektorji

Celovit program vrstnih sponk vseh spojnih tehnologij ter širok nabor industrijskih konektorjev, ki zagotavljajo varnost in zanesljivost spojev v vseh pogojih.



Weidmüller

Ne spreglejte: Distribucijske sponke serije AAP omogočajo prihranek prostora v elektro omari

Krmiljenje in avtomatizacija

Širok nabor kakovostnih elektromehanskih in solid state relejev, napajalnikov, dislociranih IO enot, opreme za PROFINET in Ethernet ter industrijskih računalnikov.



Weidmüller

Ne spreglejte: Industrijski računalniki z inovativno programsko platformo UBIQUITY

Stikalna in zaščitna tehnika

Izbran program stikalne in zaščitne tehnike za domače in industrijske aplikacije (odklopniki, zaščitna stikala, kontaktorji, preobremenitveni releji in drugo).



ABB

Ne spreglejte: Inštalacijski odklopniki UNIBIS - dva ločena tokokroga v enem modulu

FIT ZA PRIHODNOST

Fleksibilnost - Inovativnost - Tehnologija

Upravljanje kablov, orodje in označevanje

Izbor kakovostnih zaščitnih cevi, kablskih verig, sistemov uvajanja, profesionalno ročno in avtomatsko orodje, kovčki za orodje ter različne rešitve za označevanje.



wiha

Ne spreglejte: Prenovljeni izvijač SpeedE II® z dvema stopnjama moči pritrdjevanja

