



## PRIMJENA POLIMERNIH SMJESA S METALNIM PUNILIMA U POPRAVCIMA STROJNIH DIJELOVA

## APPLICATION OF POLYMERIC METAL-FILLED COMPOUNDS IN REPAIRING OF MACHINE PARTS

Pero RAOS<sup>1)</sup>, Josip STOJŠIĆ<sup>1)</sup>, Marija SOMOLANJI<sup>2)</sup>, Karlo OBROVAC<sup>3)</sup>

**Ključne riječi:** održavanje, smjese sa metalnim punilom, tekući metal

**Key words:** maintenance, metal-filled compounds, liquid metal

**Sažetak:** Većina industrijskih strojnih dijelova ima visoku financijsku vrijednost i stoga je važno produljiti njihov koristan životni vijek te osigurati da funkcioniraju učinkovito i pouzdano. Aktivno održavanje može smanjiti rizik od kvarova, povećati pouzdanost i produljiti životni vijek strojnog dijela te smanjiti velike troškove zbog zastoja. U radu je dan pregled komercijalno dostupnih epoksidnih smjesa sa dodacima metalnih čestica, te njihove glavne karakteristike.

**Abstract:** Most industrial machine parts has a high financial value and therefore it is important to extend their useful lifetime and ensure its efficiency and reliability. Active maintenance can reduce the risk of breakdowns, increase reliability and extend the lifetime of the machine part and by that cut down the large costs due to delay. The paper gives an overview of commercially available epoxy metal-filled compounds and their main characteristics.

---

<sup>1)</sup> Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Trg I. B. Mažuranić 2, 35000 Slavonski Brod

<sup>2)</sup> HEP-Plin d.o.o., Cara Hadrijana 7, 31000 Osijek

<sup>3)</sup> Corkit d.o.o., Frateršćica 34, 10000 Zagreb

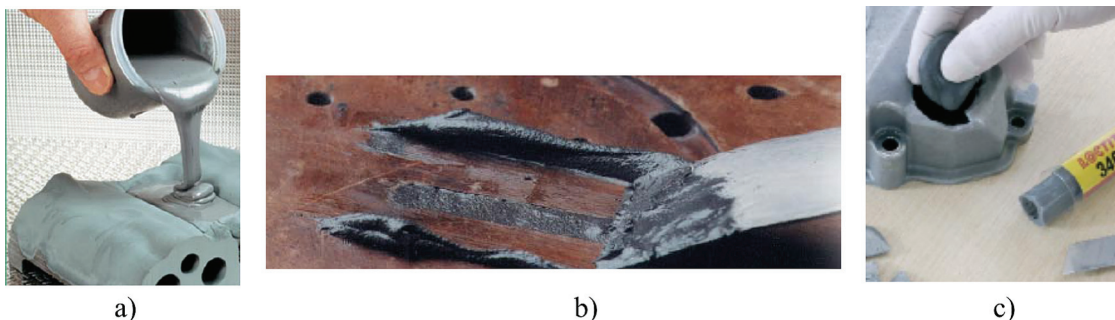
## 1. UVOD

Epoksidne mase s metalnim punilom (tekući metali) koriste se za popravak lijevanih dijelova (mehaničke greške, greške kod lijevanja), popravljaju istrošenih strojnih dijelova i pogrešno izbušenih provrta; popravak pukotina na cjevovodima, te za rješavanje mnogih problema u području industrijskog održavanja. Tekući metal je mješavina epoksidnih smola, mikroniziranih čestica metala (željeza ili aluminija) i specijalnih dodataka. Odlikuje se malim skupljanjem prilikom stvrdnjavanja (0,1 %), visokom pritiskom čvrstoćom a strojni dijelovi premazani tekućim metalom daju se strojno obrađivati.

## 2. EPOKSIDNE MASE S ČELIČNIM PUNILOM

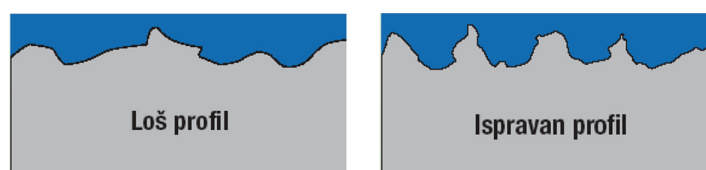
Za popravak i rekonstrukciju čeličnih dijelova koriste se epoksidne mase s dodatkom mikro čestica čelika, i to u obliku stika, kita ili tekuće epoksidne smole (slika 1). U kratkom vremenu popravljaju, rekonstruiraju oštećene površine na strojnim dijelovima bez potrebe zavarivanja i nepotrebnog unošenja topline u strojni dio. Prednosti takvih smjesa su [1]:

- malo stezanje
- visoka pritiska čvrstoća
- mogu se bušiti, urezivati ili strojno obrađivati nakon očvršćivanja
- izvanredno prijanjanje za metal, keramiku, drvo, staklo i neke plastike
- odlična otpornost na agresivne kemikalije.



Slika 1. Oblik epoksidne mase s željeznim prahom [1]  
(a - tekuća epoksidna smola, b - kit epoksidna smola, c - epoksidna smola u obliku stika)

Jedan od najvažnijih čimbenika za uspješno repariranje površine je priprema površine. Površinu je potrebno odmastiti i tretirati abrazivnim mlazom (pjeskarenje, sačmarenje i sl.) Pjeskarenje površine osim uklanja velikih nečistoća i hrđe stvara i potrebnu hrapavost površine idealnu za vezivanje. Ta površinska hrapavost naziva se još i profil površine. Profil površine bitan je za premazivanje jer poboljšava adheziju odnosno prijanjanje nanesenog sloja na podlogu. Na slici 2 prikazani su primjeri ispravnog i lošeg profila površine. Ispravan profil daje dobru površinu za sidrenje pa se postižu maksimalne adhezijske sile.

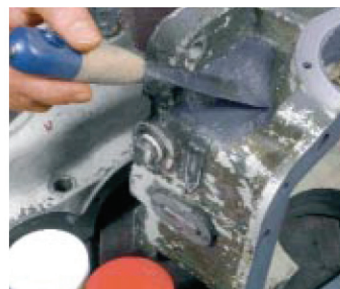


Slika 2. Ispravan i loš profil površine za nanošenje [1]

Tablica 1. Vrste 2K epoksidnih masa [1]

MATERIJAL DIJELA ZA POPRAVAK					
ČELIK			ALUMINIJ		
	STIK	KIT	TEKUĆA SMJESA	VIŠENAMJENSKI KIT	KIT OTPORAN NA POVIŠENE TEMP.
Vrijeme nanošenja	3 min	45 min	45 min	45 min	40 min
Vrijeme stvrdnjavanja	10 min	180 min	180 min	180 min	150 min

Epoksidna smola u obliku stika ima jako kratko vrijeme otvrdnjavanja, prijanja uz vlažne površine i otvrdnjava pod vodom, stoga je pogodna za upotrebu prilikom hitnih intervencija kod saniranja cijevnih vodova i spremnika. Otporna je na kemikalije i koroziju a nakon otvrdnjavanja se može strojno obrađivati. Kit je uglavnom dvokomponentna (2K) epoksidna smola s čeličnim punilom, Otvrdnjivanjem čini sloj nalik metalu a koristi se najviše za popravak istrošenih metalnih dijelova, zatvaranje pukotina na odlijevima i sl. Tekuća 2K-epoksidna smola se koristi za repariranje ne teško dostupnim mjestima, izravnavanje površina, budući da posjeduje svojstvo samoniveliranja. Na slici 3 je prikazano nanošenje kita priikom popravka jednog čeličnog vratila i popunjavanja pukotine na kućištu strojnog dijela.



Slika 3. Nanošenje epoksidne mase pri raznim popravcima [1]



Slika 4. Strojna obrada popravljenog dijela [2]

Osim prethodno navedenih 2K-epoksidnih masa, postoje još brzostvrdnjavajući kitovi, kitovi za popravak strojnih dijelova izloženih velikim pritiscima i kitovi za popravljanje dijelova izloženih trenju. Brzostvrdnjavajući kitovi se koriste za hitne popravke na raznim spremnicima ili plinskim cijevima uz postizanje radne čvrstoće približno 10 min nakon nanošenja.

Tablica 2. Svojstva komercijalnih epoksidnih masa s dodacima čeličnih i aluminijskih čestica [2, 3, 4]

<b>2K EPOKSIDNA MASA SA DODATKOM ČESTICA:</b>					
<b>ČELIKA</b>			<b>ALUMINIJA</b>		
	<b>LOCTITE 3471 A&amp;B Metal Set 2</b>	<b>DEVCON Plastic Steel (A)</b>	<b>METAPOX Fe - 21</b>	<b>LOCTITE 3475 A&amp;B Metal Set A1</b>	<b>METAPOX Al - 21</b>
<b>Vrijeme nanošenja</b>	45 min	45 min	30 min	45 min	30 min
<b>Vrijeme stvrdnjavanja</b>	180 min	16 h/pri 20°C	24 h/pri 20°C 1 h/pri 80°C	180 min	24 h/pri 20°C 1 h/pri 80°C
<b>Radna temperatura</b>	-20 do +120 °C	do +120 °C	-40 do +200 °C	-20 do +120 °C	-40 do +200 °C
<b>Viskoznost</b>	Kit	Pasta	Pasta	Kit	Pasta
<b>Omjer miješanja</b>	1:1	2,5:1	10:1	1:1	7:1
<b>Pritisna čvrstoća</b>	70 N/mm <sup>2</sup>	56 N/mm <sup>2</sup>		70 N/mm <sup>2</sup>	

Samopodmazujući čelični kitovi služe za popravak strojnih dijelova izloženih velikom trenju i trošenju. Oni stvaraju samopodmazujući sloj i pri tome smanjuju trošenje dodirnih površina. Površina premazana epoksidnom smjesom uspješno se obrađuje obradom odvajanjem čestica, a površinska hrapavost koju je moguće postići poslije brušenja iznosi  $Ra \sim 0,8 \mu\text{m}$ ;  $Rz \sim 10 \mu\text{m}$ . [2]

Danas postoji jako puno proizvođača 2K epoksidnih masa s čeličnim punilom, u tablici 2 su prikazane smjese raznih proizvođača sa karakterističnim svojstvima koje se danas mogu pronaći na tržištu.

### 3. EPOKSIDNE MASE S ALUMINIJSKIM PUNILOM

Za popravak aluminijskih dijelova koriste se epoksidne mase punjene aluminijskim prahom. Lako se miješa i oblikuje u kalupu u razne kompleksne oblike. Očvršćivanjem se dobiva korozijiski postojan sloj sličan osnovnom materijalu. Isto kao i epoksidna masa s čeličnim česticama odlikuje se malim skupljanjem pri očvršćivanju, a koristi se za sve vrste popravaka aluminijskih odlijevaka i strojnih dijelova, te popravak aluminijskih navoja. Neka osnovna svojstva epoksidnih smjesa punjenih aluminijskim prahom dana su u tablici 2.



#### **4. ZAKLJUČAK**

Većina strojnih dijelova radi u agresivnim uvjetima što dovodi do trošenja, korozije i propuštanja. Da bi se smanjili troškovi otkaza, smanjilo vrijeme popravka i zbog velikog broja prednosti sve češće se koriste dvokomponentne epoksidne mase s dodacima metalnih čestica. Prilikom nanošenja epoksidne mase važnu ulogu ima priprema površine strojnog dijela radi povećanja adhezijskih sila. Zbog jako tvrdih punila epoksidne smjese imaju veliku otpornost na trošenje zbog čega i u teškim radnim uvjetima produžuju vijek trajanja opreme čime smanjuju mogućnost otkaza strojnog dijela, povećavaju pouzdanost a samim time svode na minimum i vrijeme i cijenu zastoja.

#### **5. LITERATURA**

- [1] Loctite: Surface Engineering Solutions,  
[http://www.loctite.hr/hrc/content\\_data/5577\\_SurfaceEngineering\\_engl.pdf](http://www.loctite.hr/hrc/content_data/5577_SurfaceEngineering_engl.pdf), 14.04.2010.
- [2] Loctite: Solution Guide,  
[http://www.loctite.hr/hrc/content\\_data/99421\\_SG\\_engl.\\_version\\_2008.pdf](http://www.loctite.hr/hrc/content_data/99421_SG_engl._version_2008.pdf), 16.05. 2010.
- [3] ITW Devcon, Plastic Steel Putty (A),  
[http://www.itw-devcon.co.uk/images/uploads/Plastic\\_Steel\\_Putty\\_\(A\).pdf](http://www.itw-devcon.co.uk/images/uploads/Plastic_Steel_Putty_(A).pdf), 23.04.2010.
- [4] Metakem, Helios Group, Metapox - Fe21  
[http://www.metakem.hr/kat/files/lis/9/Metapox%20FE%2021\\_tehn\\_inf.pdf](http://www.metakem.hr/kat/files/lis/9/Metapox%20FE%2021_tehn_inf.pdf). 25.05.2010.