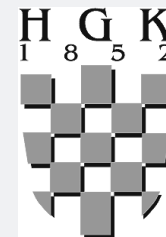




SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
METALURŠKI FAKULTET

UNIVERSITY OF ZAGREB  
FACULTY OF METALLURGY



## 9. ZNANSTVENO-STRUČNI SEMINAR

*Lean proizvodnja odlijevaka*

# “Regeneracija otpadnog vodotopnog premaza za alate u tehnologiji tlačnog ljeva”

D. Stanić<sup>1</sup>, E.Gržinić<sup>2</sup>,

**PS CIMOS** - P.P.C. Buzet d.o.o, Most 24, Buzet, Hrvatska



Sisak, 18.11.2016.

## SADRŽAJ:

1. Premazivanje alata na tlačnom ljevu
2. Karakteristike premaza za tlačni ljev
3. Princip nanošenja premaza
4. Zašto regeneracija premaza-motivacija?
5. Kako se izvodi regeneracija premaza?
6. Praktična aplikacija 100% regeneracije u Ljevaonici Buzet
7. Prednosti i nedostaci regeneracije otpadnog premaza
8. Zaključak

# 1. Premazivanje alata na tlačnom ljevu

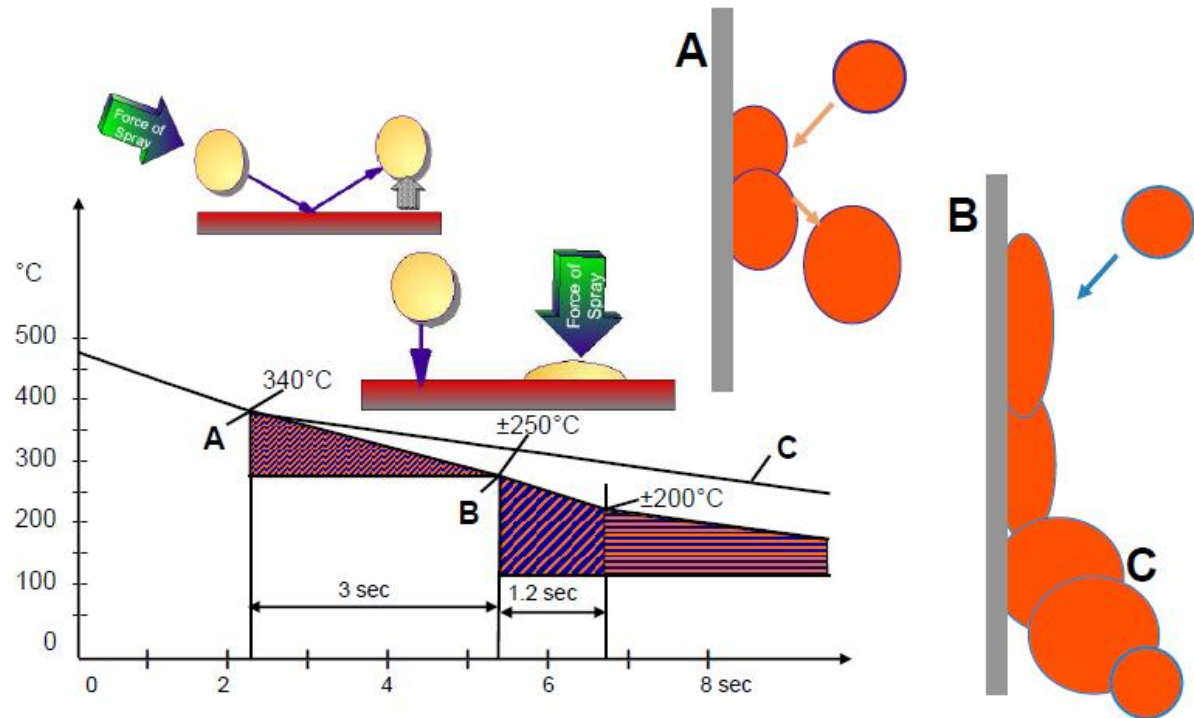
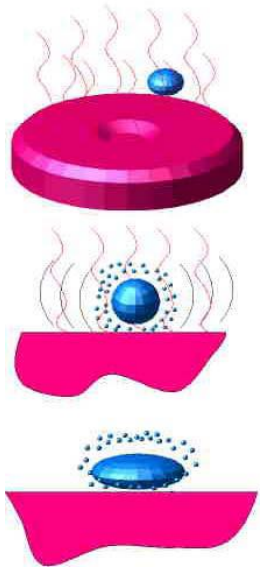
- Premazivanje alata u procesu tlačnog ljevanja je operacija koja se sprovodi u svakom ciklusu ljevanja
- Premaz je jedan od najvažnijih komponenti koje imaju odlučujući utjecaj na kvalitetu i količinu proizvedenih odljevaka
- Najzastupljenija vrsta premaza koji se trenutno koriste u ljevaonicama tlačnog ljeva su **vodotopni premazi**
- Glavne funkcije premazivanja alata su :
  1. Stvaranje zaštitnog sloja (filma) između kontaktne površine zagrijanog alata i tekućeg aluminija s ciljem lakšeg odvajanje odljevka od kalupa–alata, zbog moguće metalizacije (ljepljenja) AL-legure na dijelove alata
  2. Kvalitetna i kompaktnost površina odljevaka, čistoća, sjaj, homogenost i kvaliteta hrapavosti površine
  3. Hlađenje lokalno pregrijanih dijelova alata koji su potencijalna temp. čvorišta (*Hot Spot*) i uzroci problema poroznosti odljevaka ili smanjenja produktivnosti proizvodnje

- Premazivanje alata s vodotopnim premazom je vrlo važna operacija u ciklusu ljevanja i nužna je optimizacija procesa, a treba voditi računa o slijedećem:
  - kvaliteti osnovnog premaza (atesti kvalitete, skladištenje premaza, npr. opasnost od smrzavanja)
  - optimalnoj koncentraciji premaza (%) u odnosu na vodu
  - točnosti doziranja i miješanja premaza sa vodom, nadzor rada mješača
  - kvaliteti vode (tvrdoća, pH, bakteriološka čistoća)
  - vrijeme i način nanošenje premaza na površinu alata (automatsko, ručno)
  - preporučena temp. alata kod nanošenja vodotopnog premaza je 160 -250 °C
  - udaljenost između alata i sapnice 100-200 (max. 250) mm, a za trnove i uljevne kanale može biti do 70 mm
  - vrsta mlaznica, način raspršivanja i stvaranja kapljica (veličina kapljica)
  - načelno treba koristiti premaz isključivo za premazivanje, a ne za hlađenje alata
  - previše hlađenja kod temp. alata < 180 °C uzrokuje ostajanje kapljica na alatu, ispiranje premaza i poroznosti u odljevku

## Leidenfrost efekt

Stvaranje zračnog jastuka između površine alata i kapljice premaza

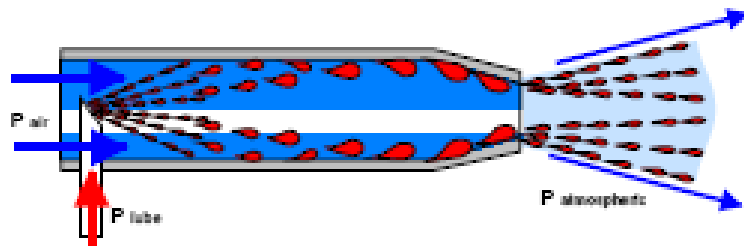
- temperaturna barijera ovog efekta je od 250-340 °C
- korištenje pritiska zraka zajedno s emulzijom za smanjenje temp. alata (pomoću isparavanja vode) kako bi se mogao nanijeti sloj premaza na alat
- Stvaranje kompaktnog filma premaza je najučinkovitije između 200 - 250°C



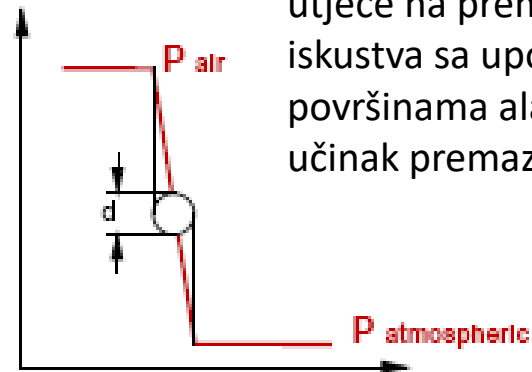
*Shematski prikaz učinkovitosti Leidenfrost-ovog efekta i temperatura alata*

# Veličina kapljica i način miješanja premaza i zraka

## Sapnica s unutarnjim miješanjem zraka i emulzije



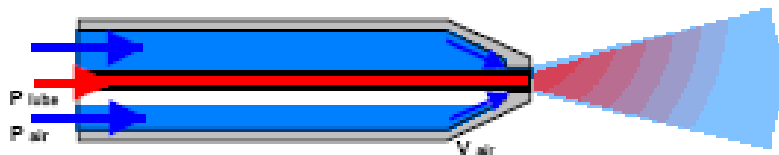
$$P_{tube} > P_{air} > P_{atmospheric}$$



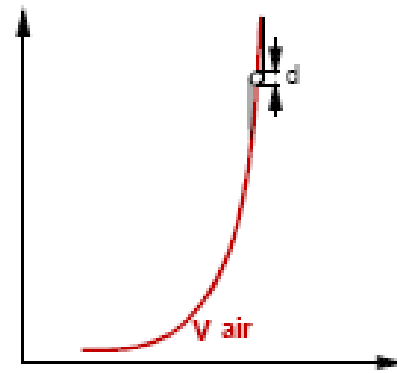
$$d = f(P_{air} - P_{atmospheric})$$

Nekontrolirani povratni pritisak loše utječe na premazivanje. Praktična iskustva sa uporabom sapnica bliže površinama alata, pokazala su da je učinak premazivanja alata manji

## Sapnica s vanjskim miješanjem zraka i emulzije



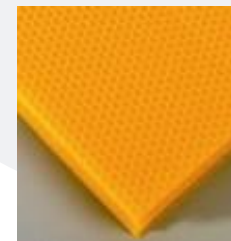
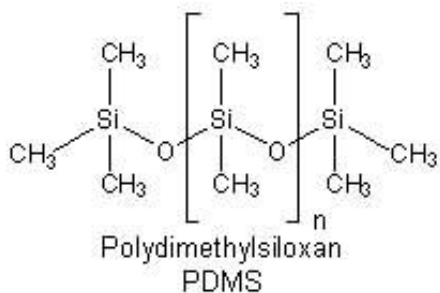
$$P_{tube} \ll P_{air} > P_{atmospheric}$$



$$d = f(V_{air}) \quad [ \geq 5\mu m ]$$

## 2. Karakteristike premaza za tlačni ljev

- Danas se na tlačnom ljevanju koriste različite vrsta premaza:
  - a) **Vodotopni** premazi, obično se miješaju sa vodom u omjerima od 1,0 - 4,0 % ovisno o specifičnostima odljevka, dizajnu, masi, veličini, površini odljevka i od složenosti alata za ljevanje,
  - b) **Praškasti** premazi: sve više se razvijaju i koriste, kraći su ciklusi ljevanja
  - c) Premazi na **bazi ulja** (mineralna, sintetička, prirodna): mikrošpricanje bez ispuhavanja ostataka kapljica, trend primjene u porastu za jednostavnije oblike odljevaka, kraći ciklusi, ali bez efekta hlađenja alata
  - d) Premazi na bazi **različitih otapala** (razrjeđivača) – slično kao na bazi ulja
- Proizvođači vodotopnih vrsta premaza uglavnom nam ne daju na uvid specifikaciju i udjele pojedinih komponenti u premazu, jer drže ih u tajnosti
- Vodotopni premazi su kompleksne emulzije u kojima se uglavnom nalaze komponente: **siloksan, silikoni, vosak, ulja, parafin, emulgatori**, biocidi, inhibitori korozije, različiti aditivi anorganskog ili organskog porijekla, pigmenti i sl.



KOMPONENTA	PREDNOSTI	NEDOSTACI
<i>Polisiloksan, Silikonski spojevi</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Odlična otpornost na visoke temperature</li> <li>- Velika sposobnost razređivanja</li> <li>- Poboljšanje livljivost i tečnosti metala</li> <li>- Svjetla i čista površina odljevaka</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Visoka cijena – skup</li> <li>- Lošija kompaktnost u dubljim šupljinama alata</li> </ul>
<i>Vosak, Polimeri, ugljikovodici</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dobra otpornost na visoke temperature</li> <li>- Velika sposobnost razređivanja</li> <li>- Poboljšanje livljivost i tečnosti metala</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Povećana potrošnja</li> <li>- Fleke na površinama odljevaka</li> <li>- Otežano farbanje odljevaka</li> </ul>
<i>Ulja, mineralna, sintetička, biljna</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dobra otpornost na visoke temperature</li> <li>- Dobra viskoznost min. i sint. Ulja</li> <li>- Kompaktnost sloja-filma</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Loš utjecaj na okoliš</li> <li>- Stvaranje dima (mineralna)</li> <li>- Visoka cijena (sintetička)</li> </ul>
<i>Emulgatori</i>	-Poboljšavaju funkciju komponenata u emulziji	- Stvaranje pijene
<i>Biocidi</i>	-Smanjuju razvijanje bakterija, mikroorganizama i neugodnih mirisa	- Toksičnost i utjecaj na okolinu i čovjeka
<i>Korozijski inhibitori</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zaštita od korozije</li> <li>- Produžuje životni vijek alata i opreme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Visoka cijena</li> <li>- Destabilizacija emulzije</li> </ul>
<i>Anorganski aditivi -grafit i pigmenti (BN, TiO<sub>2</sub> )</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Spriječavaju metalizaciju i ljepljenje na dijelove alata</li> <li>- Olakšano odvajanja odljevka iz alata</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Destabilizacija emulzije</li> <li>- Stvaranje naslaga u kalupu alatu</li> </ul>



### 3. Princip nanošenja premaza na tlačnom ljevanju

- Premazivanje alata je obavezna operacija na tlačnom ljevanju i može se izvoditi:
  - ručno – izvodi ljevač sa mlaznicom za špricanje i ispuhavanje
  - automatski – sa robotima ili manipulatorima i posebnim napravama-glavama sa više redova mlaznica koje se koriste za špricanje i ispuhavanje
- Visokoproduktivne ćelije za tlačno ljevanje koriste sustave sa automatskim, odnosno robotiziranim načinom premazivanjem alata
- Za automatsko premazivanje koriste se:
  - Manipulatori za premazivanje su uglavnom sa dvije osi (X,Y- os), osnovna opcija za automatski ciklus premazivanja
  - Roboti su 5 ili 6-osni, za složenije odljevke u velikim serijama, prednosti su brži ciklusi i veća stabilnost procesa. Koriste specijalne gripere (prihвате) i namjenske glave za špricanje radi nanošenja premaza u teško dostupne dijelove alata



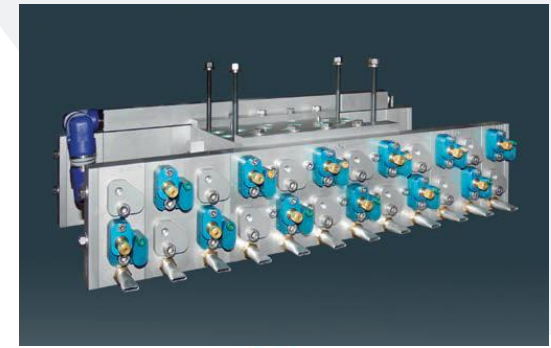
*Griper za prihvatanje glave za špricanje*



*Mlaznica za ručno premazivanje*

*Manipulator i robot za automatsko premazivanje*

- Glave za premazivanje mogu biti:
  - standardne, višenamjenske i polivalentne - kao osnovna opcija uređaja
  - posebne-specijalne, za odljevke kompleksnijeg dizajna, kraći ciklusi
- Standardne glave za premazivanje imaju tri reda mlaznica (prvi red za premazivanje, drugi za ispuhavanje i treći red sapnica su kao opcija, npr. špricanje ulja i sl.)
- **Prednosti** robotiziranog premazivanja su:
  - stabilnost ciklusa premazivanja, temperaturna ravnoteža alata,
  - visoka produktivnost proizvodnje, povećan životni vijek alata,
  - jednakomjernost nanošenja i potrošnja premaza
- **Nedostaci su:** visoka cijena i povećana potrošnja premaza

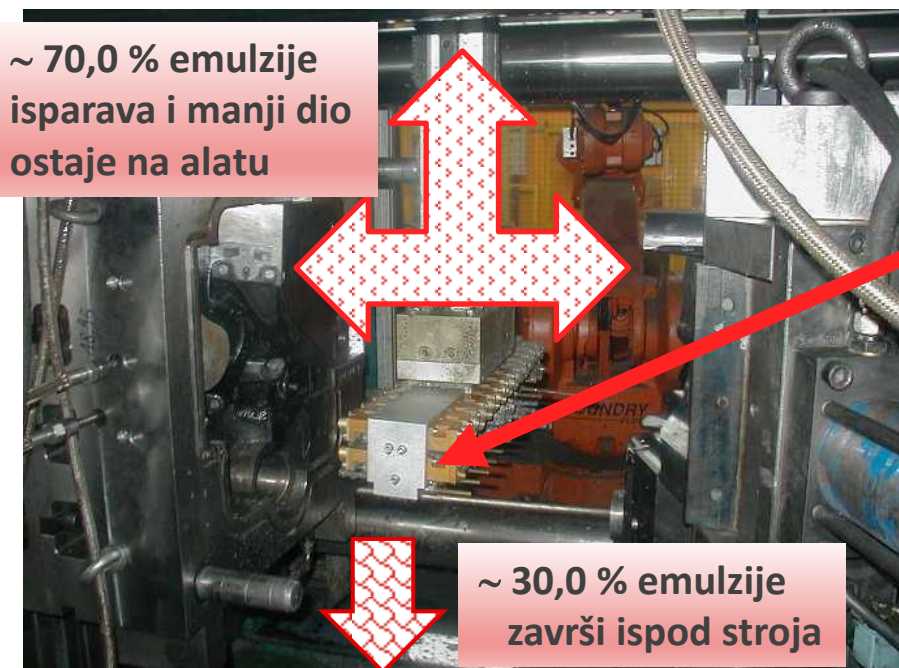


*Glave za automatsko premazivanje*

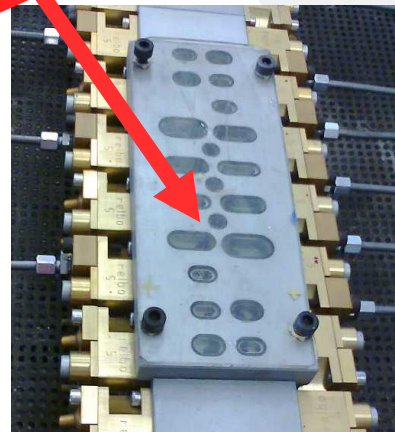
## 4. Zašto regeneracija premaza-motivacija?

- Ljevaonice imaju sve više problema sa **zbrinjavanjem i deponiranjem** otpadne vodene emulzije nakon premazivanja alata
- Moraju ispunjavati ekološke zahtjeve i zakone o onečišćenju okoliša
- Sakupljanje otpadne emulzije nakon premazivanja alata zahtijeva posebne sabirnike (kade) ispod tlačnih strojeva i zatvoreni sustav kanala odvodnje, da se ne onečišćuje radni i okolni prostor ljevaonice, a to su veliki infrastrukturni troškovi
- Tlačni stroj ranga od 700 do 1.000 T koji radi u 3 smjene, dnevno producira od 1.100 - 1.300 ciklusa. Ispod stroja završava ~ **360 litara** otpadne emulzije na dan!
- Nužan je postupak vakuumskog uparivanja otpadnog premaza, radi smanjenja volumena, odnosno otklanjanje vode iz emulzije i deponiranja koncentrata premaza (troškovi uparivanja, energija, logistika)
- Zbog ovih razloga proizvođači sve više razvijaju premaze koji se mogu **regenerirati - reciklirati**

- **"REC"** premazi su zbog toga kompleksniji i skuplji (~ 2-3 x)
- Postupak regeneracije emulzije je zapravo vraćanje otpadne emulzije u proces miješanja i pripreme nove emulzije
- Praktična iskustva pokazuju da se može reciklirati ~ **30,0%** otpadne emulzije
- Otpadna emulzija nakon premazivanja skuplja se u sabirne kade ispod stroja i vrlo je važno da ne dođe do kontaminacije povratne emulzije sa: uljima, glikolom, mastima i dr.
- Kvaliteta REC premaza se očituje baš u tome koliko može podnijeti manja onečišćenja



**Glave** za špricanje moraju biti podešene, ne smiju propuštati nekontrolirano emulziju ispod stroja

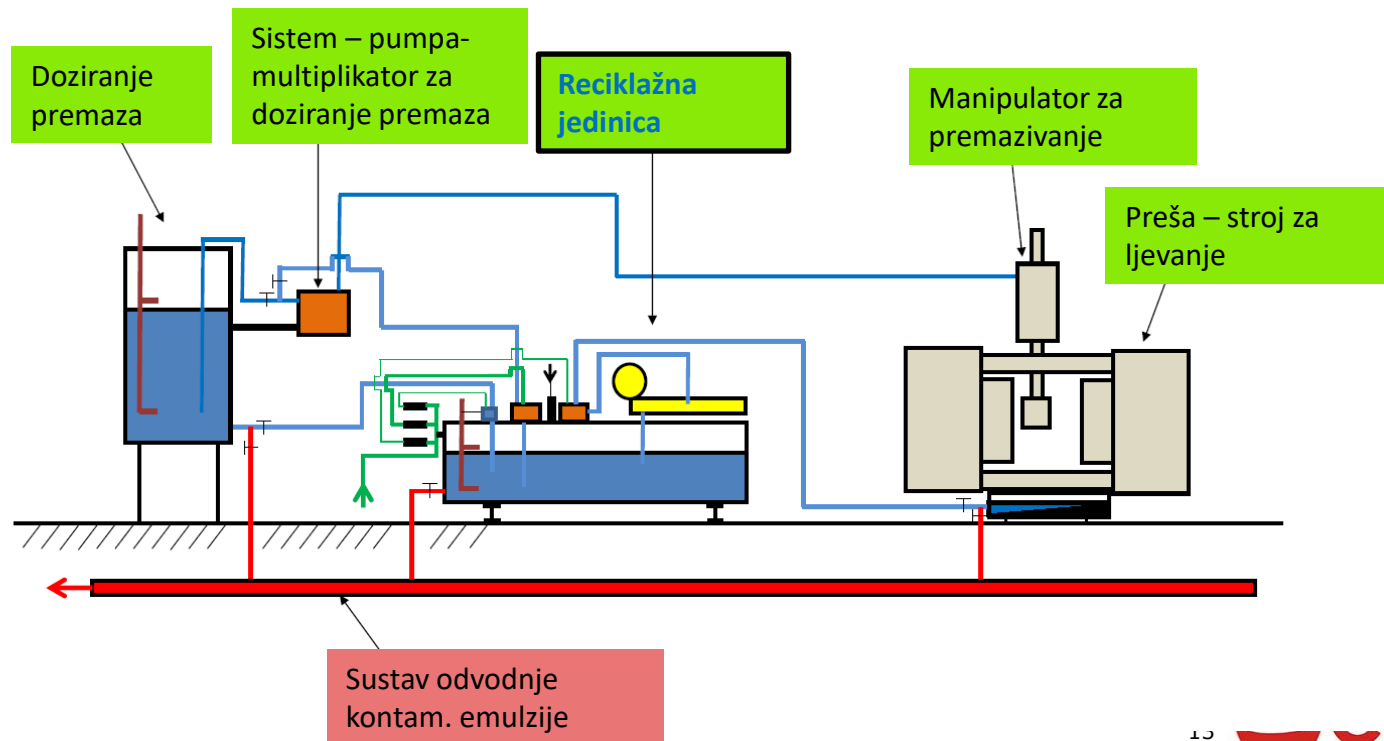


*Stroj za tlačni ljev sa manipulatorom i glavom za automatsko premazivanje*

## 5. Kako se izvodi regeneracija premaza

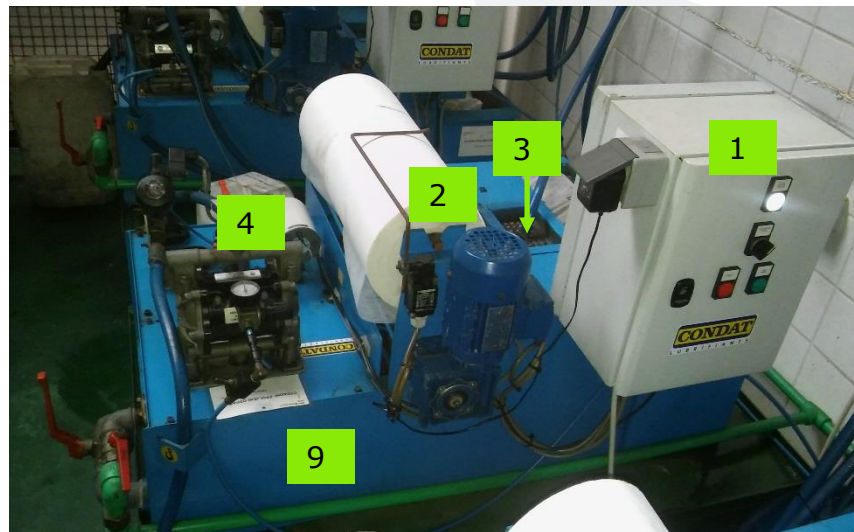
- U centralnoj (REC) jedinici vrši se miješanje novo pripremljenog svježeg originalnog premaza, sa otpadnim-povratnim premazom, koji se nakon filtriranja ispušta u REC jedinicu
- Reciklažna (REC) jedinica – relativno se jednostavno povezuje s jedinicom za pripremu i miješanje premaza, manipulatorom za premazivanje alata i mora biti ostvarena potpuna sinhronizacija svih mikrociklusa sa ljevačkom ćelijom za ljevanje i perifernim jedinicama

### Shema rekuperacije – reciklaže premaza



## Glavni dijelovi oprema za regeneraciju premaza su:

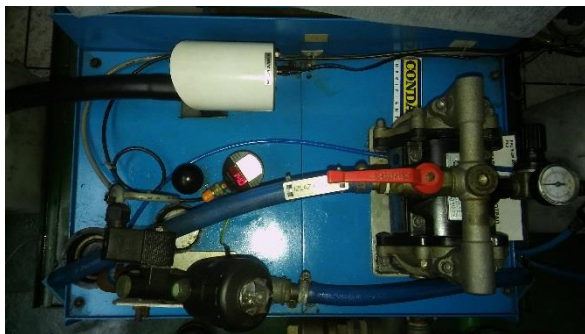
1. Upravljački ormar REC jedinice
2. Elektromotor i Filter papir za pročišćavanje povratne emulzije sa kontrolom pomaka
3. Kolektor povratne emulzije iz kada sa skupljanje emulzije
4. Pneumatska pumpa sa razdjelnikom za distribuciju premaza u RELBO uređaj za premazivanje
5. Uređaj za odvajanje nečistoća i masti sa površine rezervoara (skimmer)
6. Ulazni ventil za novo pripremljeni premaz
7. Ventil za previsok nivoa emulzije (gornji) i ventil za ispušt kontaminirane emulzije (donji)
8. Elektronski pokazivač nivoa premaza u rezervoaru – automatska regulacija
9. Spremnik premaza
10. Pneumatska pumpa (kraj stroja) koja vraća premaz iz sabirne kade u REC jedinicu
11. Mješač-pumpa za pripremu novog premaza



Reciklažna (REC) jedinica za povratni premaz i miješanje sa novim premazom

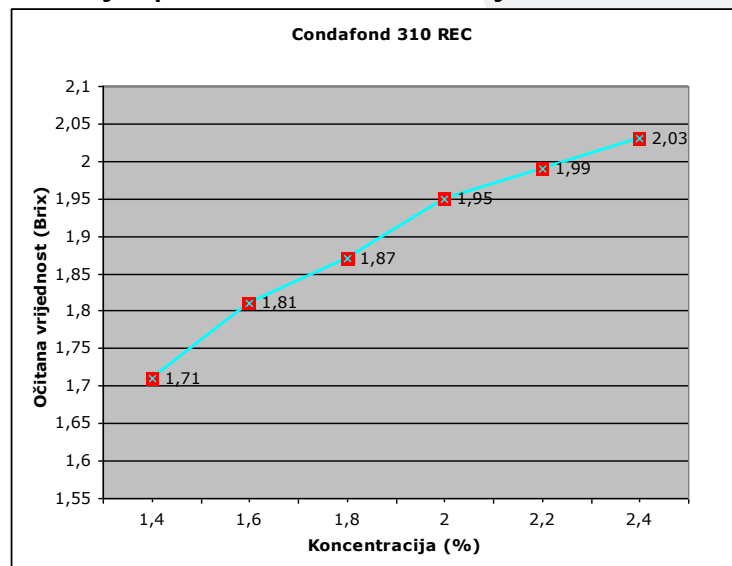
## Način rada REC jedinice i sustava za regeneraciju:

- Ovisno od veličine stroja za ljevanje i volumena otpadnog premaza (emulzije) prema kapacitetu REC jedinice određuje se koliko strojeva će biti povezano na jednu REC jedinicu.
- REC jedinica može biti dislocirana ili može biti pored ćelije (stroja), ali mora biti povezana sa PVC cijevima (fleksibilne, fiksne), ventilima, filterima i pumpama za povratnu emulziju i spremnicima pripremljene emulzije uređaja za premazivanje alata (RELBO)
- Pneumatskom pumpom (10) koja se nalazi pored svakog stroja za ljevanje, otpadna emulzije se usisavanjem transportira prema REC jedinici, prvo do kolektora (3) i nakon filtriranja kroz filter papir (2) se ispušta u spremnik (9).
- Mješač-pumpa (11) nakon miješanja čistog koncentriranog REC premaza (%) sa vodom, izvrši doziranje kroz PVC cijev preko ulaznog ventila (6) u spremnik (9) REC jedinice
- Kada se spremnik napuni, elektronski regulator (8) automatski zatvara ventil ulaza u rezervoar (6) da ne dođe do prelijevanja
- Nakon svakog ciklusa premazivanja (špricanja) alata glavna pumpa (4) iz REC jedinice distribuira pripremljeni premaz prema rezervoaru uređaja za premazivanje (RELBO)
- REC jedinica radi sinhronizirano sukladno potrošnji premaza na ćelijama za ljevanje i količini povratnog premaza (emulzije), a upravljanje se vrši uz preko elektronskog regulatora (8)
- U slučaju nekontroliranog zagađenja, odnosno kontaminacije povratnog premaza u REC jedinici, sistem se može isprazniti preko ventila (7) za pražnjenje



## 6. Praktična aplikacija 100% regeneracije u Ljevaonici Buzet

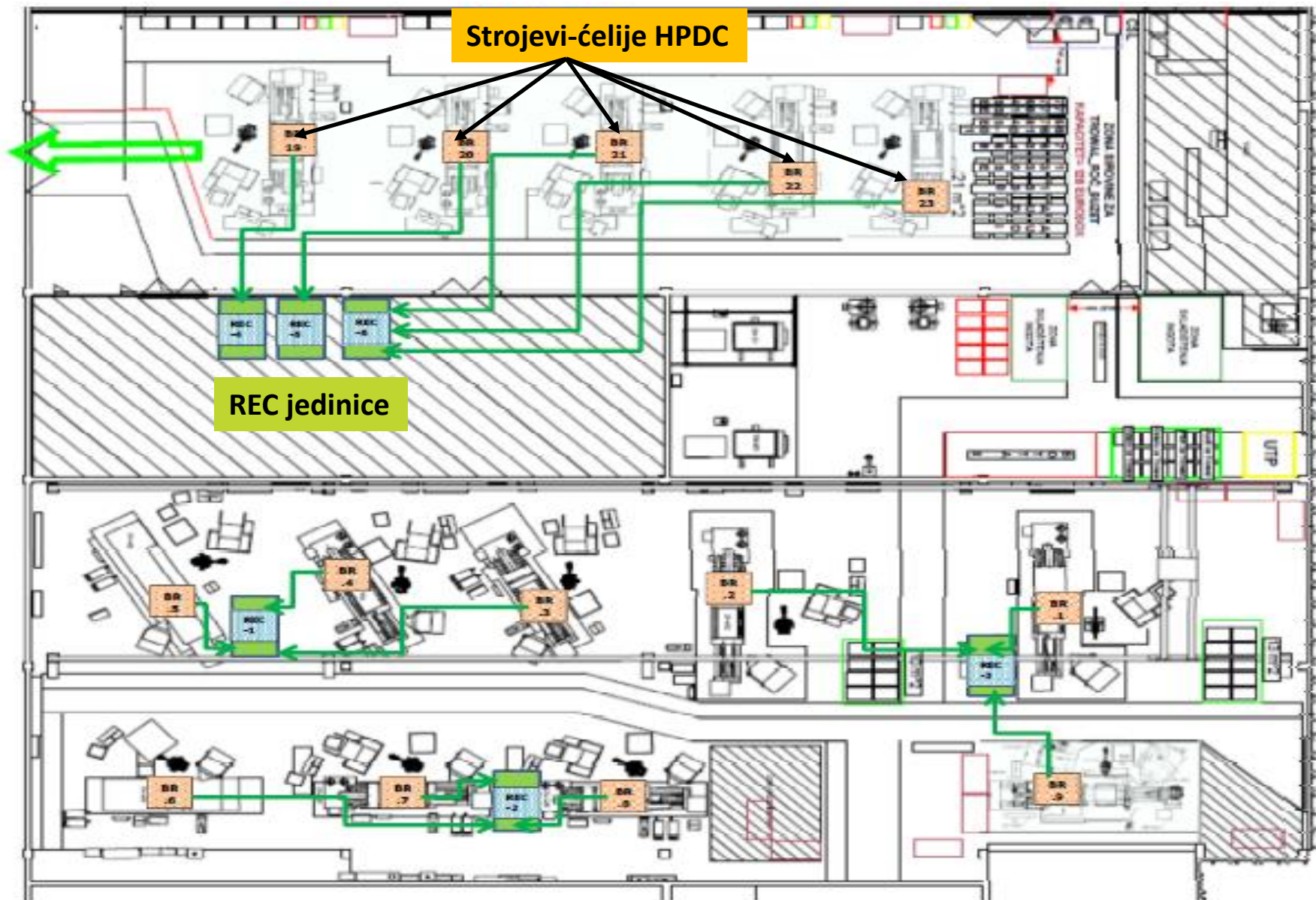
- Projekt je logično započeo s probnim radom REC jedinice i nakon 2,5g realiziran je u potpunosti kroz četiri (4) ključne faze:
  1. Probni rad sa **jednom REC** jedinicom na jednoj (1) ćeliji za ljevanje
  2. Probni rad sa **jednom REC** jedinicom na **tri (3)** ćelije za ljevanje
  3. Rad sa **tri (3) REC** jedinice i **devet (9)** ćelija za ljevanje
  4. Rad sa **šest (6) REC** jedinica i **14 ćelija** za ljevanje
- Probni rad i nadzor procesa regeneracije bio je dosta zahtijevan, jer trebalo je uspostaviti nadzor nad koncentracijama premaza i odrediti optimalne koncentracije za više proizvoda
- Fokus nam je morao biti na preventivnom sprječavanju kontaminacije povratnog premaza
- Za mjerenje koncentracije (gustoće) premaza koristimo kolorimetar
- Izmjerenu gustoću premaza u Brix-ima, uz pomoć **konverzijske** krivulje zapravo pretvaramo u stvarnu (%) koncentraciju premaza u emulziji



*Kolorimetar i krivulja ovisnosti konc. premaza (%) i gustoće u brix-ima*



- LAY-OUT i konačan raspored REC jedinica i ljevačkih ćelija u Ljevaonici Buzet : **FAZA-IV** - ukupno instalirano šest (6) REC jedinica na 14 ćelija za ljevanje



## 7. Prednosti i nedostaci regeneracije otpadnog premaza

### Prednosti:

- Ekološki prihvatljiva varijanta, nema deponiranja otpada i koristi se puno manje vode
- Financijska ušteda na **zbrinjavanju** otpadne emulzije koja se do sada ispuštala ispod strojeva u sabirne kanale, te se naknadnim vakumskim uparivanjem odvajala voda od koncentrata premaza koji se vozio na zbrinjavanje i deponiranje preko ovlaštenih poduzeća, a cijena zbrinjavanja koncentrata nije mala ( $\sim 2,0$  Kn/kg)
- Velika je ušteda električne **energije**, jer nema troškova uparivanja otpadne emulzije,
- Financijske uštede se vide i kroz **manju potrošnju** premaza i vode, te neposredno kroz neinvestiranje u skupe vakuum-uparivače
- Smanjenje troškova **logistike** i prijevoza premaza i otpadnog koncentrata, skladištenja i administrativnih poslova oko zakonskih procedura za zbrinjavanje
- Mogućnost **centralizacije** i automatskog nadzora i rada s jednom centralnom REC jedinicom za premazivanje alata za potrebe svih ljevačkih ćelija

## Nedostaci:

- Miješanje veće količine hidrauličkog medija (ulja, glikol, masti) sa otpadnom emulzijom bi kontaminiralo povratnu emulziju pa se kao takva ne može koristiti u procesu premazivanja. Upravo je to najveća **realna opasnost** i ograničenje za primjenu rekuperacije otpadne emulzije
- Takav problem se može uvijek desiti kod nekontroliranog propuštanja tekućih medija, radi oštećenja cijevi ili brtvi kod cilindara, spojeva na stroju ili alatu za ljevanje koji se nalazi iznad sabirne kade
- Povećan nadzor i praćenje rada opreme za rekuperaciju, mjerenje izlaznih i ulaznih koncentracija premaza, nadzor rada pumpi i funkcionalnost opreme.
- Da bi sustav pravilno funkcionirao preporuka je zadužiti jednog **operatera za nadzor** i rad kompletnog sustava za regeneraciju
- Ako dođe do kontaminacije emulzije, posljedica je neželjeni zastoje u proizvodnji koji se može relativno brzo riješiti pražnjenjem rezervoara sa kontaminiranom emulzijom.
- Potrebno je eliminirati izvor zagađenja i treba ispustiti kontaminiranu količinu emulzije u kadu ispod stroja, te isprati sustav ispuštanjem u postojeće sabirne kanale za skupljanje emulzije
- Za otkloniti ovaj problem i nastaviti sa normalnim radom potrebno je oko 0,5-1,5 h

## 8. ZAKLJUČAK:

- ✓ Projekt regeneracije premaza "*Condafond 310 REC*" implementiran je u Ljevaonici TLJ Buzet
- ✓ Projekt je realiziran uz stalnu potporu i sudjelovanje predstavnika ABC-maziva, kao dobavljača REC premaza i jedinica za regeneraciju premaza
- ✓ Kvalitetna priprema i selektivna implementacija, monitoring praćenja i tehnološka disciplina u ovom projektu imali su presudan značaj za konačni uspjeh
- ✓ Zajedničkim radom partnera (CIMOS–ABC maziva) i službi u Ljevaonici (TEH, ODRŽ, PRO) došlo se do znatnih poboljšanja u radu i funkcionalnosti opreme
- ✓ Ukupno je instalirano šest (6) REC jedinica na svih 14 preša-ćelija za ljevanje
- ✓ Izvršeno je osposobljavanje svih sudionika procesa za pravilan rad i rukovanje sa opremom za regeneraciju povratnog premaza
- ✓ Uspostavljen je svakodnevni nadzor praćenja funkcionalnosti opreme za rekuperacije, mjerenja koncentracija emulzije i potrošnje premaza, podešavanje optimalne konc. % miješanja premaza
- ✓ Uštede sa sobom povlače i određene potencijalne opasnosti koje zahtijevaju pojačan nadzor u radu i funkcionalnosti opreme za regeneraciju (nadzor rada pumpi i povrata emulzije u REC jedinice, miješanje i priprema svježeg premaza za rad ljevačke ćelije, filtriranje, propuštanje spojeva, podešavanje pritiska na pumpama, itd..)
- ✓ Projekt 100 % regeneracije otpadnog premaza je **pozitivan (ekološki i financijski)** što potvrđuju financijske uštede ostvarene u realnom analiziranom vremenu od 1,5 godine

***HVALA NA PAŽNJI !***