

# Održavanje uređaja za automatsko lijevanje INVR 2500

---

**Tušek, Tomislav**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University North / Sveučilište Sjever**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:976400>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

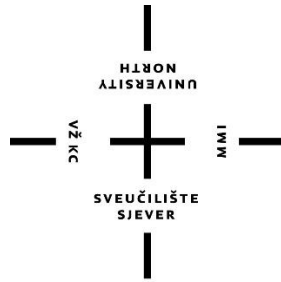
*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-03**



*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)





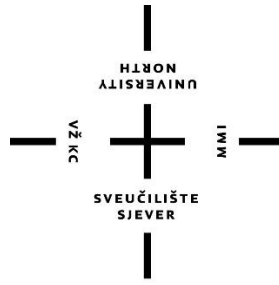
# Sveučilište Sjever

**Završni rad br. 377/PS/2022**

## **Održavanje uređaja za automatsko lijevanje INVR 2500**

**Tomislav Tušek, 0931-336**

Varaždin, lipanj 2022. godine



# Sveučilište Sjever

**Odjel za Proizvodno strojarstvo**

**Završni rad br. 377/PS/2022**

## **Održavanje uređaja za automatsko lijevanje INVR 2500**

**Student**

Tomislav Tušek , 0931-336

**Mentor**

Prof. dr. sc. Živko Kondić, dipl. ing. stroj.

Varaždin, lipanj 2022. godine

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za strojarstvo

STUDIJ preddiplomski stručni studij Proizvodno strojarstvo

PRISTUPNIK TOMISLAV TUŠEK

MATIČNI BROJ 0931/336

DATUM 10.05.2022.

KOLEGIJ ODRŽAVANJE INDUSTRIJSKIH POSTROJENJA

NASLOV RADA Održavanje uređaja za automatsko lijevanje INVR 2500

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Maintenance of the INVR 2500 automatic casting device

MENTOR Prof.dr.sc. Živko Kondić

ZVANJE Redoviti profesor

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. doc.dr.sc. ZLATKO BOTAK, predsjednik povjerenstva
2. doc.dr.sc. TOMISLAV VELIKI, član
3. prof.dr.sc. ŽIVKO KONDIĆ, mentor
4. doc.dr.sc. MATIJA BUŠIĆ, rezervni član
- 5.

VŠ KC

M MI

## Zadatak završnog rada

BROJ 377/PS/2022

OPIS

U završnom radu potrebno je:

- U uvodnom dijelu rada ukratko opisati tehnološki proces lijevanja.
- Pojasniti zadatke, ciljeve i aktivnosti održavanja industrijskih postrojenja.
- Definirati i opisati pojam kvarova na industrijskim postrojenjima, te detaljnije opisati utjecaj ljudskog faktora i trošenja na njihovu pojavu.
- Opisati osnovne metode održavanja proizvodnih postrojenja.
- Opisati automatsku kaluparsku liniju AFA-30 i njen princip rada.
- Dati detaljniji prikaz uređaja za automatsko lijevanje INVR 2500 kroz opis područja primjene, značajke uređaja, tehničke podatke, glavne sklopove, te princip rada.
- U praktičnom dijelu rada detaljno opisati operacije oblaganja, sušenja i izmjene posude te induktora automata.
- U zaključku se kritički osvrnuti za završni rad.

ZADATAK URUČEN

25.05.2022.



## **Zahvala**

Zahvaljujem se mentoru Prof. dr. sc. Živko Kondić, dipl. ing. stroj. na stručnoj pomoći te savjetovanju tokom pisanja završnog rada te prenesenom znanju. Također bih se zahvalio tvrtki MIV d.d. - Varaždin te svima sadašnjim i bivšim kolegama na stručnim savjetima.

Osobitu zahvalnost dugujem svojoj obitelji i zaručnici na velikoj potpori tokom cijelog studiranja.

## Sažetak

Ideja završnog rada je prikazati kolika je važnost proizvodnog održavanja strojeva, naprava ili alata u teoretskom i praktičnom smislu. Zastoji u proizvodnji su neželjena pojava i najveći "teret" tada pada na zaposlenike u odjelu održavanja kojima cilj treba biti otklanjanje kvarova u što kraćem roku. Razvojem strojeva razvija se i sve veća potreba za razvojem održavanja zbog sve veće složenosti i kompleksnosti istih. U radu će se govoriti o općenitom pristupu održavanju nekog sustava, prikazati zašto na nekom od strojeva dolazi do otkaza dijelova ili kompletnog sustava te samu logistiku od početne do završne faze. Linija za automatsko lijevanje AFA-30 sastoji se od više ključnih elemenata od kojih će naglasak biti na uređaju za automatsko lijevanje INVR-2500.

**KLJUČNE RIJEČI:** održavanje, lijevanje, preventivno održavanje, korektivno održavanje, indukcijско grijanje

## **Summary**

The idea of the final work is to show the importance of production maintenance of machines, devices or tools in theoretical and practical terms. Delays in production are an undesirable phenomenon and the biggest "burden" then falls on the employees in the maintenance department, whose goal should be to eliminate malfunctions as soon as possible. With the development of machines, there is a growing need for the development of maintenance of a system, show why parts of a machine or a complete system fail on one of the machines, and the logistics itself from the initial to the final stage. The AFA-30 automatic casting line consists of several key elements, the focus of which will be on the INVR-2500 automatic casting device.

**KEY WORDS:** maintenance, automatic pouring, preventive maintenance, corrective maintenance, Inductive heating

# Sadržaj

1. Općenito o ljevarstvu .....	1
1.1 Povijesni razvoj ljevarstva u svijetu .....	1
1.2 Ljevarstvo danas .....	2
1.3 Proces lijevanja.....	4
2. Održavanje industrijskog postrojenja .....	6
2.1 Zadaci,ciljevi i aktivnosti održavanja postrojenja .....	8
2.2 Kvarovi .....	9
2.2.1 Ljudski faktor kao uzrok kvarova .....	11
2.2.2 Trošenje kao uzrok kvara.....	12
2.3 Metode održavanja postrojenja.....	15
3. Automatska kaluparska linija AFA-30 .....	18
4. Općeniti opis uređaja za automatsko lijevanje INVR 2500 .....	21
4.1 Područje primjene.....	21
4.2 Značajke uređaja za automatsko lijevanje.....	21
4.3 Tehnički podaci uređaja za automatsko lijevanje INVR 2500 .....	22
4.4 Glavni sklopovi uređaja za automatsko lijevanje INVR 2500 .....	23
4.5 Princip rada i opis pojedinih dijelova i uređaja automata za lijevanje INVR 2500.....	24
4.6 Opis rada uređaja za lijevanje .....	29
5. Praktični dio - održavanja uređaja za lijevanje INVR 2500.....	30
5.1 Oblaganje .....	32
5.2 Sušenje.....	34
5.3 Izmjena posude i induktora automata .....	36
Zaključak.....	41
Literatura.....	42
Popis slika .....	43
Popis tablica .....	44

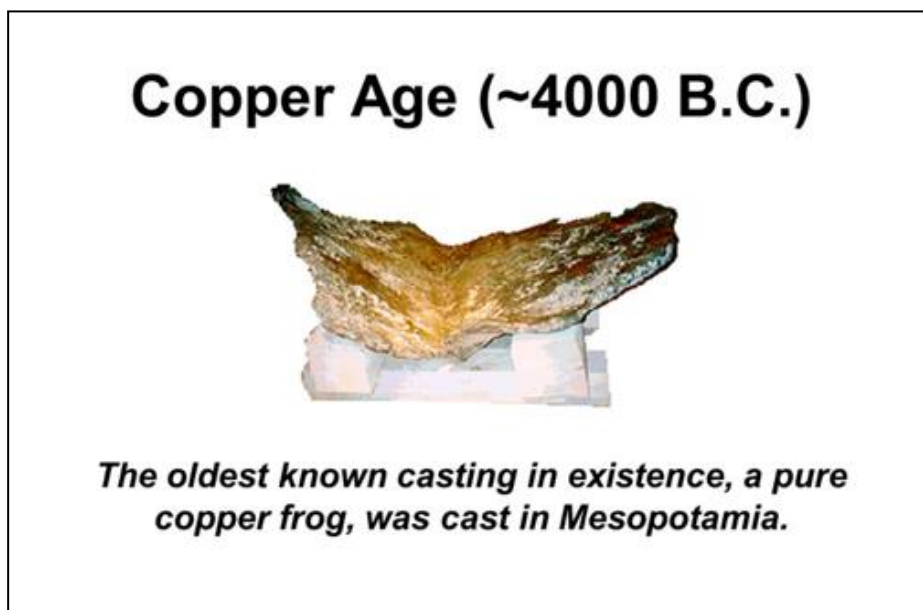


# 1. Općenito o ljevarstvu

## 1.1 Povijesni razvoj ljevarstva u svijetu

Razvoj same obrade metala pojavljuje se prelaskom iz kamenog doba u metalno doba. Metalno doba možemo podijeliti na bakreno doba (cca. 4000-2000 g.p.n.e), brončano doba (2000-750 g.p.n.e) te željezno doba (1000 g.p.n.e.-1. stoljeća n.e.).

Sama proizvodnja Fe-legura odnosno čelika počinje na bliskom istoku (Anatolija cca 1500g.p.n.e.) te se nakon toga širi na Afriku, Aziju i Europu. U samim počecima, taljenje željezne rude vršilo se u šahtnim pećima pomoću drvenog ugljena [2]. Najstariji odljevak je bakrena žaba (Slika 1.1). nastala cca. 4000 g.p.n.e. [2]



*Slika 1.1. Bakrena žaba*

Početakom 15. stoljeća u Europi su se koristile visoke peći za taljenje sirovog željeza. Razvojem parnog stroja i kameni ugljen omogućili su dalji razvoj postupka taljenja. Prva visoka peć na koks pojavila se 1735. godine u Engleskoj (Abraham Darby).

## 1.2 Ljevarstvo danas

Ljevaonice su pogoni koji su opremljeni za proizvodnju kalupa, taljenje i obradu metala, provođenje postupka lijevanja, čišćenje i obradu odljevaka te antikorozivnu zaštitu. U današnje doba postoji više vrsta tehnoloških procesa kojom se dobivaju određeni poluproizvodi/proizvodi.

- Lijevanje ingota
- Kontinuirani lijev
- Lijevanje u kalupe

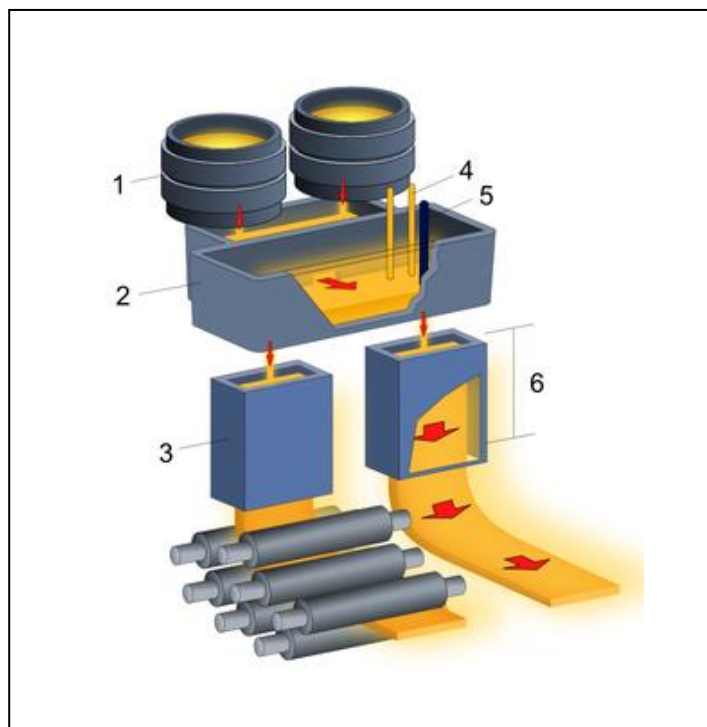
Lijevanje ingota se provodi u stalne metalne kalupe (kokile) i proces je diskontinuiran. Ovom vrstom lijevanja izrađuju se poluproizvodi od čelika, Aluminijskih legura ili bakrenih legura. Ingoti (Slika 1.2) nakon hlađenja odlaze na naknadnu obradu (hladna ili topla obrada, valjanje, kovanje).



*Slika 1.2. Ingot od zlata*

Kontinuirani lijev je razvijen zbog složene pripreme kokila za ingote, njihovih ograničenja u dimenzijama i visokog udjela materijala za kompenzaciju usahlina u pojilima.

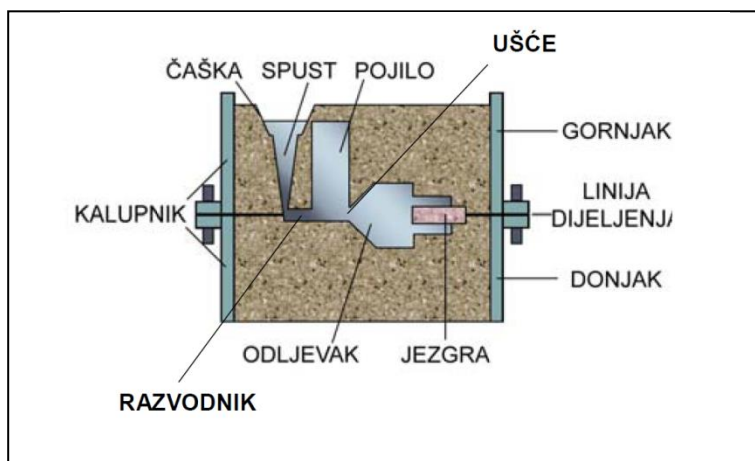
Rastaljeni metal (talina) u otvorenu bakrenu kokilu hlađenu vodom. Odvođenjem topline talina skrućuje od rubova prema sredini i pomicanjem prema dolje nastaje beskonačna metalna gredica ili traka. Za ubrzanje hlađenja koristi se sekundarno hlađenje vodenim sprejom. Gredice se režu na određenu mjeru i nakon toga ako je površina dobre kvalitete prolaze kroz peć i odlaze na vruće valjanje i tako nastaje potpuno kontinuirani proces proizvodnje proizvoda od čelika, aluminijskih ili bakrenih legura [2]. Na ovaj način proizvodi se 80-90% čelika u zapadnom svijetu (slika 1.3) [3].



Slika 1.3. Proces kontinuiranog lijevanja [2]

Lijevanje u kalupe (slika 1.4.) je postupak kojim ćemo se najviše baviti u ovom završnom radu. Lijevanje u kalupe je postupak u kojem se rastaljeni metal ulijeva u kalupe pod utjecajem gravitacije ili neke druge sile. Metal se ulijeva u kalupnu šupljinu te poprima njezin oblik.

Odljevak je u većini slučajeva poluproizvod koji zahtjeva daljnju obradu (tokarenje, glodanje, brušenje, površinska zaštita, itd.)



Slika 1.4. Presjek kalupa za lijevanje [2]

## Osnovna obilježja kalupa

Kalup: sastoji se od gornjaka i donjaka

Kalupnica: posuda ili okvir

Razdjelna linija - linija koja razdvaja gornjak i donjak

Model - kalupna šupljina

Uljevni sustav - čaška, spust, razvodnik i ušće

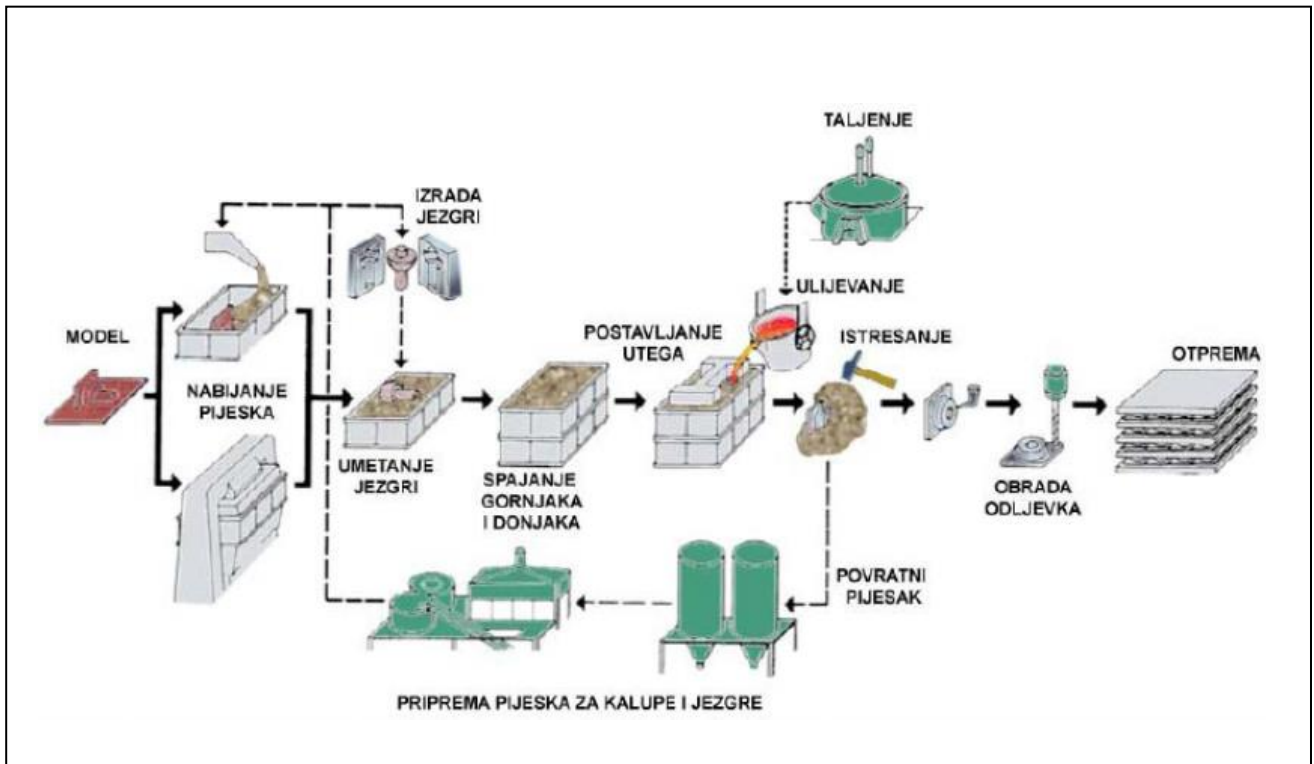
Pojilo - izvor taline kako bi se nadoknadio materijal zbog skrućivanja materijala kod hlađenja (stezanja)

### **1.3 Proces lijevanja**

Postupak lijevanja (Slika 1.5) počinje od same pripreme mase u kojoj se materijal (u našem slučaju sirovog željeza i otpadnog čelika). Osnovnom materijalu se dodaju dodatni materijali koji talini poboljšavaju razna svojstva. Nakon toga odlaze u induktivne peći u kojima se materijal rastaljuje do stanja pogodnog za lijevanje. Taljevina se nakon taljenja u induktivnim pećima odljeva u peći (automat) kojima je osnovna svrha održavanje temperature taline zbog same livljivosti. Iz automata se talina ulijeva u prethodno pripremljene pješčane kalupe (kalupi su napravljeni od kvarcnog pijeska te dodatka za ukrućivanje) te kao takvi odlaze na hlađenje do konačnog skrućivanja materijala. Nakon što se je materijal ohladio i skrutio, kalupnice se odvajaju od kalupa te su spremne za istresanje te odvajanje kalupa od odljevka. Nakon potpunog odvajanja kalupa i jezgre od odljevka, odljevak odlazi na dodatnu obradu kojom se odvaja uljevni sustav i pojilo od poluproizvoda te nakon toga odlazi na čišćenje od ostatka neželjenog materijala (Sačmarenje). Poluproizvod odlazi na dodatnu obradu odvajanjem čestica (brušenje, bušenje, glodanje, tokarenje) te na površinsku zaštitu.

U svim fazama procesa ako poluproizvod ne zadovoljava određene kvalitete, vraća se na početnu fazu te ponovno prolazi proces taljenja.

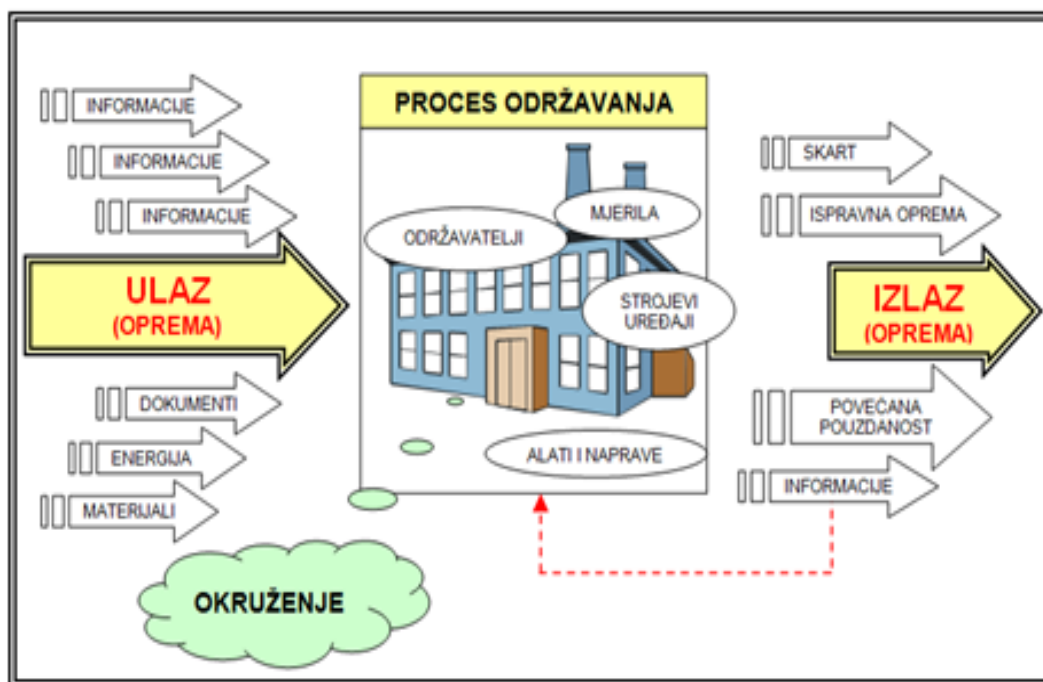
Nakon završne kontrole proizvod koji zadovoljava uvijete koji su zadani od strane kupca, proizvod je spreman za isporuku. [2]



Slika 1.5 Proizvodni proces u ljevaonici [2]

## 2. Održavanje industrijskog postrojenja

Sama je riječ "održavanje" nas može asociirati na razne tehničke, biološke i druge sustave. Proces održavanja (Slika 2.1) u nekoj tvornici, možemo smatrati jednim od najbitnijih odjela zbog složenosti industrijske opreme. U ovom završnom radu isključivo ćemo se fokusirati na održavanje industrijskog postrojenja tj. tehničkih sustava u proizvodnji kako bi se oni zadržali što veću produktivnost i ekonomičnost uz što manje zastoja i kvarova.

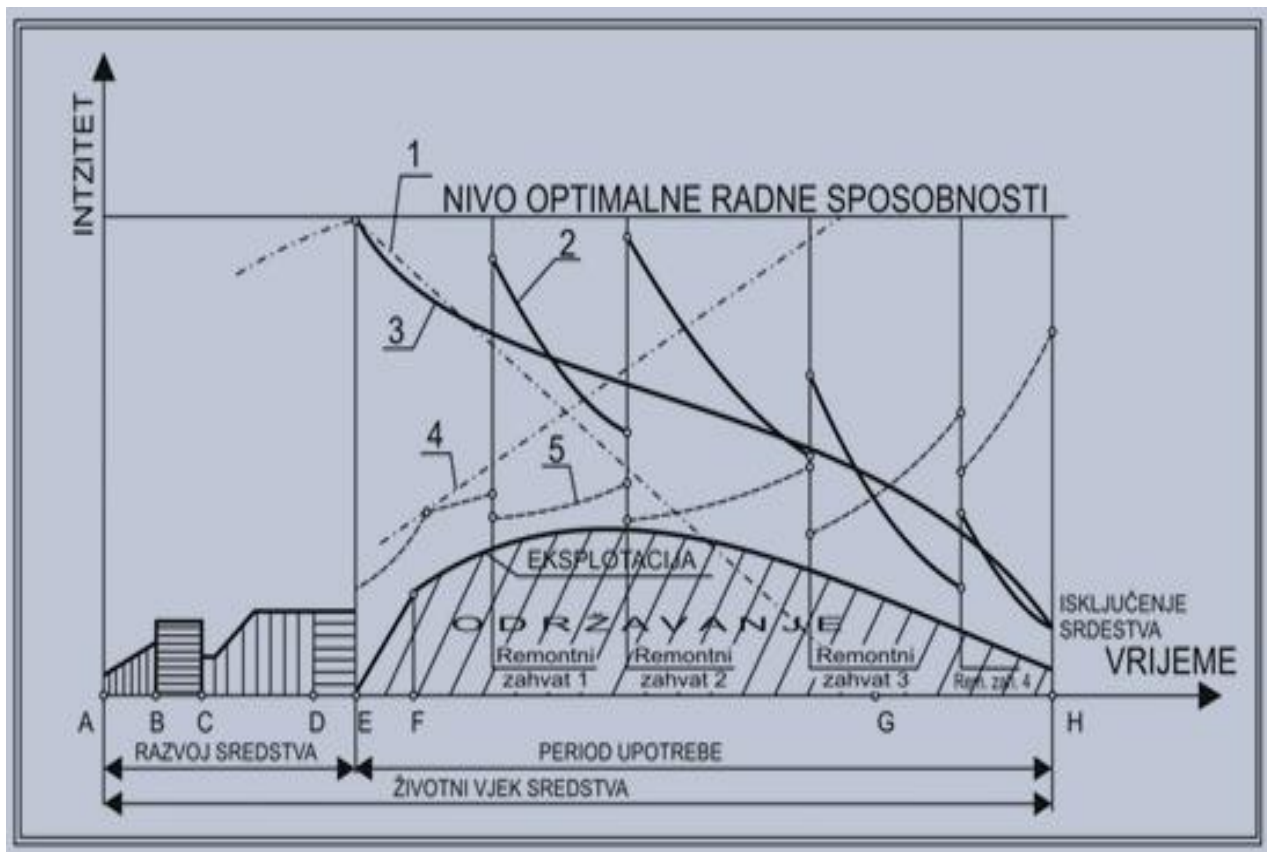


Slika 2.1. Proces održavanja [4]

Cilj održavanja je razrada tehnologije u samom održavanju (potrošni materijal za održavanje, alati i naprave, rezervni dijelovi, radna okolina te informacijski sustav održavanja). Stručnjaci iz područja održavanja uključeni su u cijeli proces proizvodnje počevši od nabave novih strojeva, montažu, puštanje u rad te brigu o istom do njegovog rashodovanja (Slika 2.2.). [4]

Sa stajališta funkcioniranja, industrijska postrojenja mogu se pronaći u dva osnovna stanja a to su:

- Ispravno
- Neispravno



Slika 2.2. Prikaz životnog vijeka postrojenja [4]

**A-E** - razvoj (oblikovanje) postrojenja

**E-F** - početni period eksploatacije (eksploatacijsko usvajanje)

**F-H** - period normalne eksploatacije postrojenja

**A-B** - vremenski period utrošen na projektiranje

**B-C** - vremenski period za konstrukcijsku razradu (oblikovanje)

**C-D** - izrada

**D-E** - ispitivanje i verifikacija

**E-F** - radni vijek postrojenja bez održavanja

**E-H** - radni vijek postrojenja uz organizirano održavanje

**Krivulja 1** - Pokazuje stalno smanjenje radne sposobnosti ako se postrojenje ne održava

**Krivulja 2** - pokazuje smanjenje radne sposobnosti postrojenja u uvjetima organiziranog održavanja

**Krivulja 3** - prosječna promjena radne sposobnosti u uvjetima organiziranog održavanja

**Krivulja 4** - potrošnja resursa (energije, vremena, rezervnih dijelova, potrošnog materijala i sl.) za slučaj da se postrojenje ne održava

**Krivulja 5** - potrošnja resursa u uvjetima organiziranog održavanja

## 2.1 Zadaci, ciljevi i aktivnosti održavanja postrojenja

Zadatak održavanja je briga o ispravnosti sredstava za rad:

- postrojenja,
- alati i naprave,
- pribor,
- instalacije,
- zgrade,
- sredstva transportna,
- ostali pomoćni aparati i uređaji

Navedene ciljeve također možemo podijeliti u dvije osnovne skupine, gledano sa tehničko-tehnološkog aspekta i ekonomskog aspekta. Osnovni ciljevi koji se trebaju ostvariti procesom održavanja su:

- sprečavanje kvarova na postrojenjima,
- otklanjanje kvarova,
- minimalizacija troškova nastalih zbog zastoja postrojenja,
- usporavanje zastarijevanja postrojenja,
- smanjenje ukupnih troškova održavanja,
- povećanje sigurnosti po okolinu,
- postizanje bolje kvalitete proizvoda,
- pomaganje proizvodnom procesu na mjestima gdje se ukaže potreba

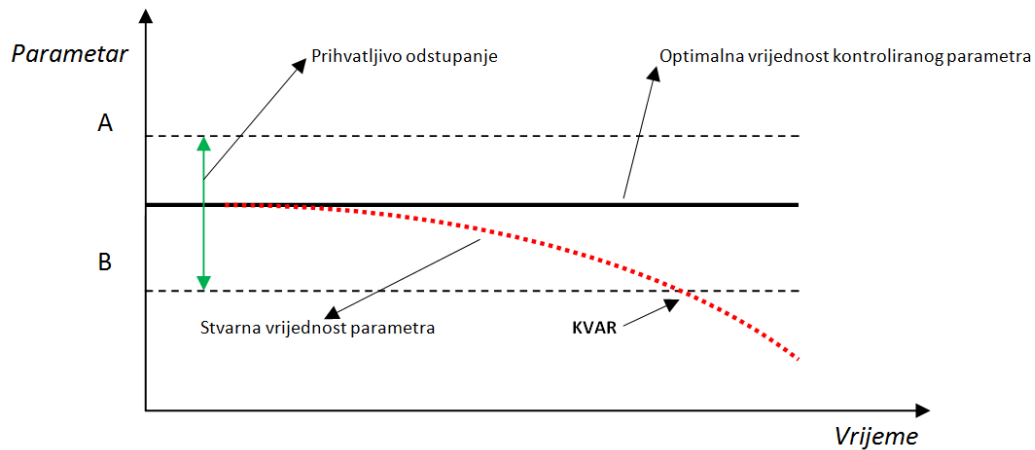
Aktivnosti koje provodi proizvodno održavanje su:

- popravci,
- podešavanja,
- kontrole,
- nadzor,
- predlaganje,
- planiranje,
- nabava,
- tehnološka razrada



## 2.2 Kvarovi

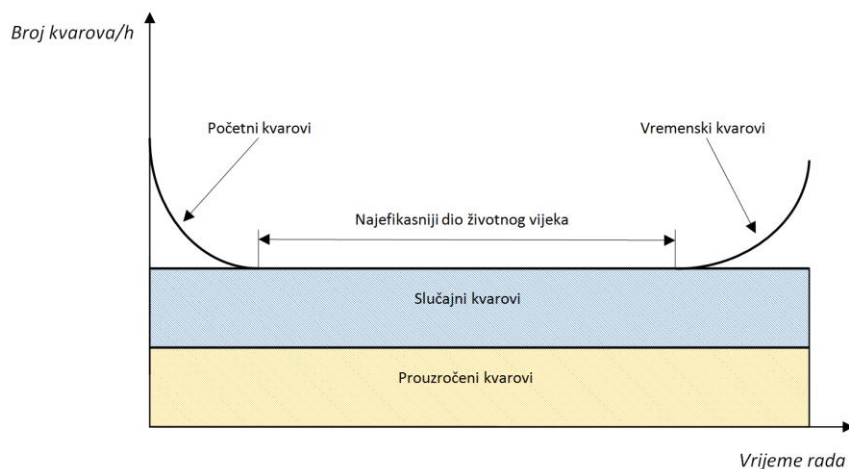
Kvar kao pojam može predstavljati prestanak mogućnosti sustava (elementa) da obavlja zahtijevanu funkciju ili nemogućnost elementa da radi u prethodno specificiranim granicama (slika 2.3).



Slika 2.3. Dijagram odstupanja parametara kroz vrijeme [4]

Do kvantificiranih podataka o granicama kvara pojedinih komponenta dolazimo na osnovu:

- preporuke proizvođača komponenta i tehničkih sustava,
- preporuka proizvođača dijagnostičke opreme (dijagrami, tablice, formule i sl.),
- normi (ISO, DIN, VDI, BS, API, HRN itd.),
- iskustava kod sličnih sustava



Slika 2.4. Dijagram učestalosti kvarova u funkciji vremena rada (tkz. kada održavanja) [4]

Najčešće manifestacije kvarova kod tehničkih sustava:

- nemogućnost pokretanja uređaja,
- nemogućnost promjene brzine ili režima rada,
- zastoji u procesu,
- nenormalni šumovi i lupanje,
- prekid rada,
- opasnost po radnike,
- opasnost po okolinu,
- povećanje škarta i dr.

Najčešća mjesta kvara kod tehničkih sustava:

- hidraulični sklopovi ili elementi,
- pneumatski sklopovi ili elementi,
- zupčasti, kardanski ili remenski prijenos
- relejna automatika,
- stezni elementi,
- elementi za oslanjanje,
- izvor energije (akumulatori, kompresori, agregati i sl.)
- i dr.

Najčešći uzroci kvara kod tehničkog sustava koji su također prikazani u tablici 1. su:

- trošenje,
- zamor materijala,
- korozija,
- preopterećenje,
- loše čišćenje,
- nepodmazivanje,
- nepoštivanje uputa proizvođača,
- loše rukovanje,
- izvanredna oštećenja i dr.

Tablica 1. Glavni uzroci kvarova [4]

REDNI BROJ	UZROK KVARA	%
1.	Korozija	18%
2.	Zamor materijala	44%
3.	Trošenje	10%
4.	Zamor zbog korozije	13%
5.	Preopterećenje	15%

Odnos vremena dijagnostike i popravaka za neke od sustava prikazani su u tablici 2.

Tablica 2. Odnos vremena dijagnostike i popravaka za neke sustave [4]

VRSTA UREĐAJA-STROJEVA	VRIJEME ZA DIJAGNOSTICIRANJE	VRIJEME ZA POPRAVAK
Elektronski	90%	10%
Električni	60%	40%
Hidraulični	20%	80%
Mehanički	10%	90%

### 2.2.1 Ljudski faktor kao uzrok kvarova

Sve ljudske pogreške mogu se grupirati u šest kategorija:

1. Operativne pogreške (pogreške u upravljanju postrojenjem) najčešće su vezane uz neadekvatnu obučenosť radnika za rad na istom postrojenju.
2. Konstrukcijske pogreške (ljudski faktor vezan uz razvoj postrojenja) najčešće su vezane uz pogrešne proračune, izbor materijala, itd.
3. Pogreške u izvođenju operacija održavanja
4. Pogreške u proizvodnji
5. Pogreške u instaliranju (montaži)
6. Pogreške koje su uzrokovale kvar zbog ne znanja operatera koji rukuju ili održavaju postrojenje

### 2.2.2 Trošenje kao uzrok kvara

**Trošenje** po definiciji je postupni gubitak materijala s površine krutog tijela zbog dinamičke veze s drugim krutim tijelom, fluidom i/ili česticama. Osnovni uzrok trošenja je trenje. Trenje, odnosno trošenje uzrokuje određene promjene na dodirnim površinama spregnutih elemenata TS (slika 2.5), a to su:

- promjena prvobitnog oblika,
- promjena mase,
- promjena strukture materijala,
- promjena mehaničkih svojstava materijala,
- promjena kvalitete površine,
- narušavanje točnosti međusobnog položaja dijelova u sklopu (centričnost, paralelnost, okomitost).



*Slika 2.5 Oštećenje ležajnog mjesta uzrokovano trošenjem [8]*

Eksploatacijski čimbenici na trošenje:

- Pridržavanje režima rada sredstva, tj. uporabu sredstva u skladu s njegovom namjenom i tehničkim značajkama.
- Kvaliteta primijenjenih vrsta maziva i materijala. Kod podmazivanja potrebno je voditi računa o vrsti i tipu maziva, intervalima podmazivanja, viskozitetu ulja i tvrdoći masti, oznakama mjesta za podmazivanje na strojevima te opremi za podmazivanje.
- Pridržavanje propisanog režima i tehnologije podmazivanja podsklopa i sklopova.
- Provedba preventivnog održavanja (pranje, čišćenje, podmazivanje, pregledi i sl.).
- Provedba korektivnog održavanja (pridržavanje tehnologije).

Sila trenje je ona sila koja se suprotstavlja gibanju, uvijek djeluje suprotno od smjera gibanja, a paralelna je s površinama u kontaktu.

Vrste trenje: trenje čvrstih tijela, trenje tekućih tijela i trenje plinovitih tijela

Trenje čvrstih tijela: trenje klizanja, trenje kotrljanja i trenje uvrtnja

U tehničkoj praksi razlikujemo:

**Suho trenje** između dodirnih površina ne postoji sredstvo za podmazivanje, trenje ovisi o normalnoj sili, materijalu, hrapavosti

#### **Tekuće trenje**

- Između tarnih površina postoji neprekinut sloj tekućine (dinamičko plivanje)
- Otpor trenja između slojeva tekućine
- Ovisi o viskoznosti tekućine (miješanje bistre juhe ili pekmeza), debljine sloja maziva, specifičnog tlaka i brzine klizanja
- Gotovo da nema habanja

#### **Polusuho trenje**

- Ne postoji neprekinuti sloj tekućine, djelomično nastupa direktni dodir

**Istrošenost** nastaje kao posljedica trošenja a iskazuje se u obliku materijala na površini, deformacije, gubitka materijala na površini, deformacije, promjene kvalitete materijala na površini, narušavanje kinematskih veza između dijelova u sklopu itd.

Oblici trošenja lako se mogu prepoznati na temelju oblika čestica trošenja i izgleda trošenih površina, a mogu biti:

- **ABRAZIJA** - trošenje materijala mikrorezanjem, izazvanim tvrdim česticama ili tvrdim izbočinama kod kojih dolazi do mikro rezanja abrazivom geometrijski nedefinirana čestica. Najčešće se pojavljuje na površinama koje su oplemenjene raznim postupcima (boriranje, vanadiranje itd.)
- **ADHEZIJA** - nastaje pri trenju klizanja, kada materijal prelazi s jedne tarne plohe na drugu tijekom njihovog relativnog gibanja.
- **UMOR POVRŠINE** - predstavlja odvajanje čestica s površine zbog cikličkih promjena naprezanja. Otpornost na umor površine naziva se i dinamička izdržljivost površine (utvrđuje se pokusima).
- **TRIBOKOROZIJA** - drugi naziv za tribokoroziju je tribokemijsko trošenje. To je mehanizam trošenja koji nastaje kao posljedica kemijske ili elektrokemijske reakcije materijala s okolišem.

## 2.3 Metode održavanja postrojenja

Ekonomičnost i kvaliteta održavanja ovisi o izboru metoda održavanja. Faktori za odabir metode su troškovi, radna kultura, svijest poslodavca, znanje, ukupna efektivnost, vrijeme izvođenja održavanja, sigurnosni razlozi i drugi. U konkretnom primjeru nemoguće je odabrati samo jednu metodu održavanja zbog različitih uzroka kvarova. Temeljnih pet načela održavanja su:

- Načelo "čekati i vidjeti" podrazumijeva popravljavanje sredstava rada nakon nastanka kvara, tzv. vatrogasna mjera održavanja.
- Načelo "oportunističkog održavanja" podrazumijeva uvođenje periodičkih pregleda pojedinih dijelova nakon početnih kvarova.
- Načelom "preventivnog održavanja" redovitim pregledima i popravcima prema kalendaru ima za cilj sprječavanje nastanka kvara, odnosno održavanje industrijskih postrojenja u granicama funkcionalne ispravnosti i to u određenom vremenskom periodu. Potrebno ga je planirati za razliku od korektivnog održavanja.
- Načelo "predskazivnog održavanja" je načelo kojim se predskazuje ili predviđa vrijeme nastanka kvara i reagira prije kritičnog trenutka otkaza.
- Načelo "održavanje prema stanju" nalaže stalno praćenje stanja stroja i reagiranje prema potrebi.

Metode se mogu podijeliti prema kriterijima održavanja:

1. Prema izvoru financijskih sredstava
  - Tekuće održavanje
  - Investicijsko održavanje
2. Prema tehnološkoj namjeni
  - Popravak iznenadnih kvarova
  - Preventivni pregledi, čišćenje i podmazivanje
  - Traženje i otklanjanje slabih mjesta
  - Kontrolni pregledi
  - planski popravci (mali, srednji i veliki)

### 3. Prema vremenu u odnosu na nastanak kvara

- Korektivno održavanje
- Preventivno održavanje

#### **Preventivno održavanje po stanju**

Održavanje po stanju koristi niz tehnologija s ciljem postizanja i održavanja optimalnog pogonskog stanja strojeva i pojedinačnih komponenti takoda se mjerenjem i određivanjem tendencija fizikalnih parametara u usporedbi s poznatim graničnim vrijednostima ili specifikacijama već unaprijed otkriju, analiziraju i otklone potencijalni problemi strojeva prije nego nastane kvar. Dijagnostika strojeva se provodi radi otkrivanja kvarova u najranijoj mogućoj fazi kako bi se planirao popravak i nadzor strojeva da ne dođe do neželjenih posljedica za proces. Ovisno o odstupanju i ponašanju odstupanja u zadnjih nekoliko rezultata analize, donose se zaključci o daljnjem radu, dijagnosticiranju i nadziranju pogona, planiranju remonta i nabavi rezervnih dijelova te u krajnjem slučaju o zaustavljanju pogona i brznoj interakciji ovisno o zahtjevima pogona [5].

#### **Korektivno održavanje**

Korektivno održavanje podrazumijeva popravak sustava nakon što je sustav pretrpio kvar, odnosno ne obavlja predviđenu funkciju. Korake korektivnog održavanja je vrlo jednostavno razumjeti i primijeniti. Što se događa kada na vratilu ili osovini dođe do otkaza ležaja? Moguće je da smo ranije primijetili znakove oštećenja na ležajevima (zvuk, boja ležaja, zagrijavanje ležaja). Kod potpunog otkaza ležaja gdje on više nije u mogućnosti obavljati rad, pristupamo zamjeni. Time smo slijedili uobičajeni postupak korektivnog održavanja. Prednosti ovakvog pristupa su najniža cijena i najveće iskorištenje resursa sustava (koristimo resurse dok god funkcioniraju). Što se nedostataka tiče, potrebno je istaknuti da je time otežano planiranje, jer osim eventualno statističkih podataka, nije moguće znati kada će pojedini dijelovi sustava odnosno sustav u cjelini prestati s radom. Time je otežana potpora radu sustava (postoji li spremna radna snaga za izvršavanje popravka, postoje li pričuvni dijelovi i oprema za popravak...). Kod velikih sustava, pogotovo u profesionalnoj primjeni, ne može se dopustiti da sustav prestane funkcionirati da bi ga ponovo osposobili: primjer je medicinska oprema ili avioni. Dakle, sustavi na koje se primjenjuje ovaj tip održavanja ne osigurava pouzdanost namjene.



Dijagnostika je zaključivanje o mogućim greškama na temelju promatranja rada nekog procesa. U današnje vrijeme postoje razni oblici dijagnostike, neki od postupaka dijagnostike prikazani su u tablici 3.

Da bi dijagnostički sustav uspješno obavljao zadaću treba zadovoljiti sljedeće uvjete:

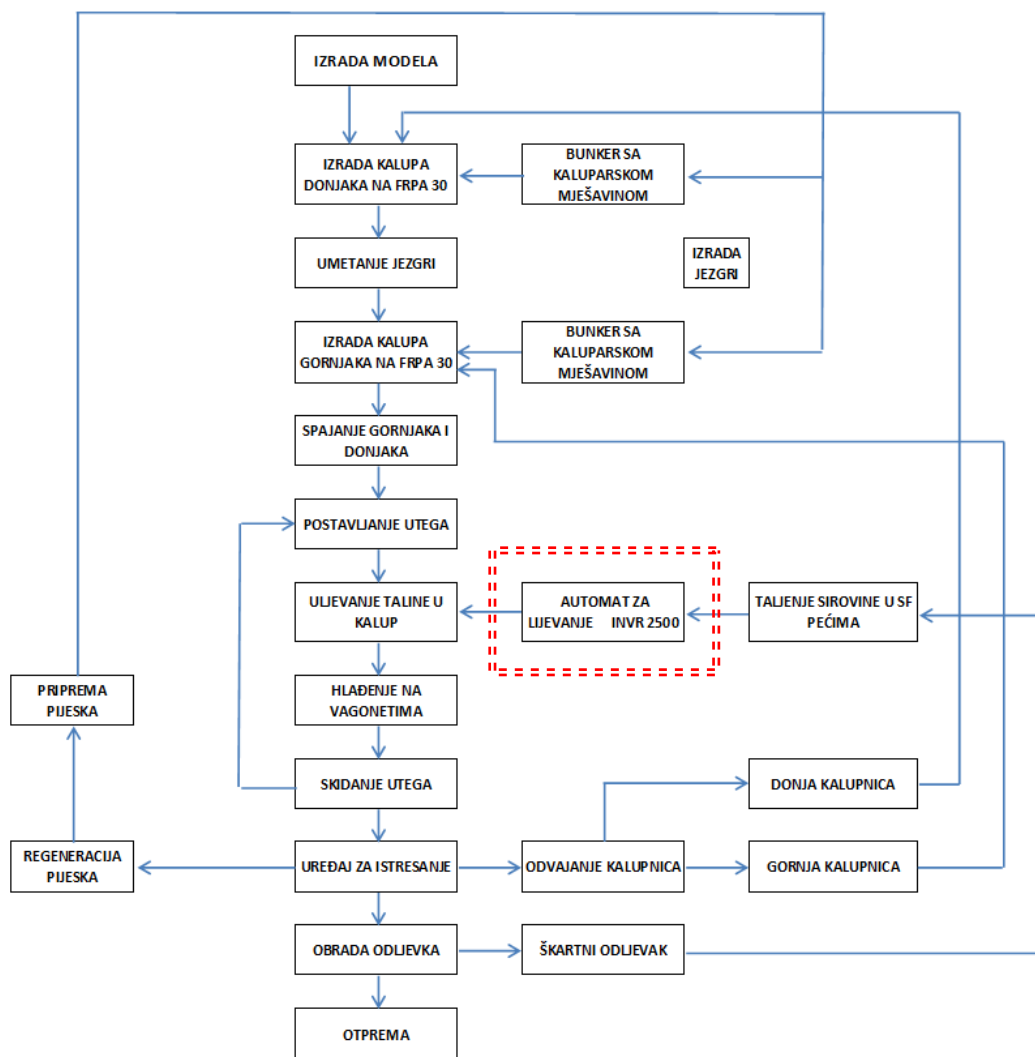
- **pouzdanost** - signal koji se analizira mora sadržavati informaciju iz koje se pouzdano može dijagnosticirati kvar.
- **jednostavnost** - ne smije ometati normalan rad pogona niti zahtijevati namještanje dodatnih senzora ili mjerača na nedostupna mjesta.
- **cijena** - ako je moguće, za dijagnostiku treba koristiti veličine koje se već koriste za upravljanje pogonom.
- **mogućnost automatizacije procesa** - bez potrebe za operaterom

Tablica 3. Postupci dijagnostike s metodama i instrumentima [4]

Redni broj	Postupci dijagnostike	Metode i instrumenti
1.	Postupci dijagnostike	Ogledalo, fibroskop, endoskop, stroboskop
2.	Mjerenje vibracija	Vibrometri, analizatori vibracija
3.	Ispitivanje kotrljajućih ležajeva	SMP metoda
4.	Ispitivanje maziva	Kemijska analiza ulja (spektrografska analiza ulja, magnetski detektori, ferografska analiza čestica)
5.	Mjerenje temperature	Pirometri, termometarski pištolji, infracrvene kamere (termografi, termovizije), termometri
6.	Mjerenje šuma i buke	Stetoskop, fonometar, SMP metoda
7.	Ispitivanje korozije i erozije	Rendgen zrake (gama-zrake, radioaktivni izotopi), ultrazvuk, vrtložne struje
8.	Mjerenje gubitka pare	Ultrazvuk, fonometar
9.	Ispitivanje toplinske instalacije	Termografija
10.	Ispitivanje površinskih oštećenja	Ultrazvuk, penetranti, magnetska metoda, fluorescentni materijali
11.	Ispitivanje gubitka topline	Termografija
12.	Mjerenje električnih i elektroničkih funkcija	Osciloskop, multimetar

### 3. Automatska kaluparska linija AFA-30

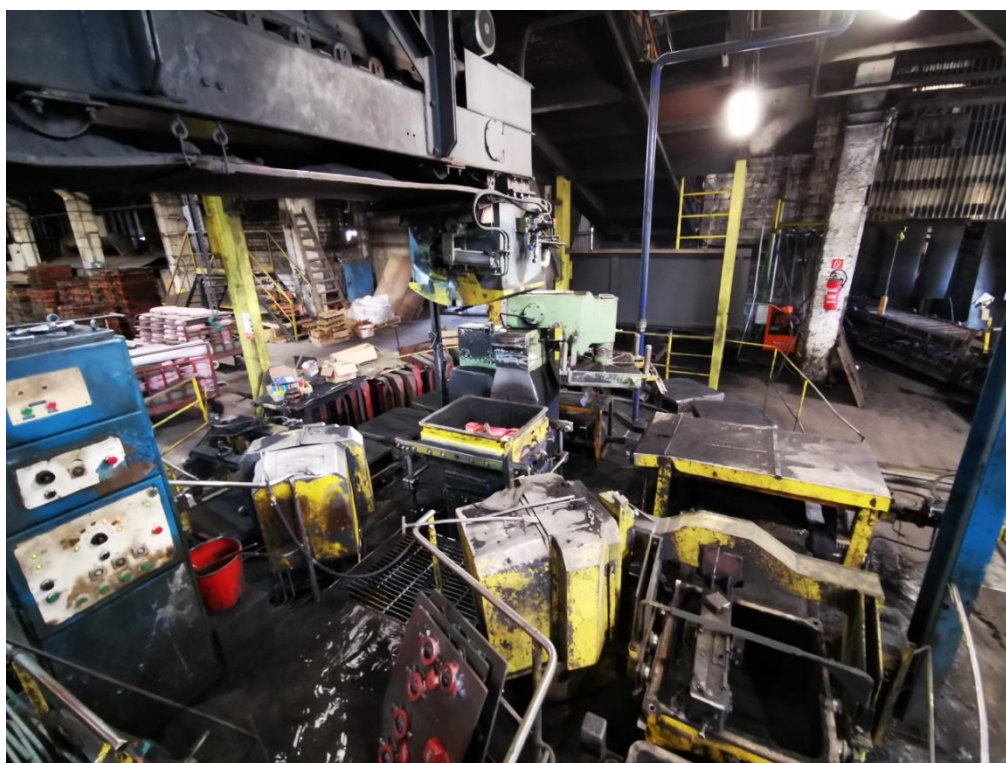
AFA-30 je automatska kaluparska linija koja je kompletna koncipirana na strojevima FRPA 30 koji vibriranjem i prešanjem izrađuju gornju i donju polovicu kalupa. Kalupi se transportiraju na podnom taktom konvejeru koji se sastoji od 120 stolova (vagoneta) povezanih u jednu cjelinu. Shematski prikaz procesa proizvodnje na automatskoj liniji AFA-30 prikazan je na slici 3.1.



Slika 3.1 Shematski prikaz procesa proizvodnje na automatskoj liniji AFA-30 [8]

### Opis procesa rada na liniji AFA-30

Proces proizvodnje kalupa odvija se u ciklusu. Iznad strojeva za kalupiranje smješteni su bunker za kalupnu mješavinu do kojih iz pripreme pijeska dolazi mješavina na transporterima od gumenih transportnih traka. Transporteri povratnog pijeska omogućuju da se bunker isprazne direktno, kroz vod za povrat pijeska ukoliko kalupna mješavina ne zadovoljava. Prazni parovi kalupnica transportiraju se na taktom konvejeru od uređaja za istresanje kalupa (istiskivanjem pijeska) i odljeva iz kalupnice do uređaja za odvajanje kalupnice. Uređaj za centriranje drži fiksni donji dio kalupnice, a uređaj za odvajanje podiže gornjak, prenosi ga i stavlja na stroj za kalupovanje. Na stroju se već nalazi modelna ploča, a kalupna mješavina pada preko dozirne trake u kalupnicu. Istovremeno se aktivira proces vibriranja, a nakon toga i postupak prešanja kalupne mješavine. Nakon toga slijedi podizanje gornjaka i odvajanje od modelne ploče. Sljedeća prazna kalupnica potiskuje gornjak do uređaja za sklapanje. Uređaj za sklapanje prenosi gornjak do pripremljenog donjaka na vagonetu taktog konvejera. Prazni donji dio kalupnice putuje u taktu od uređaja za odvajanje, preko uređaja za centriranje te dolazi do uređaja za okretanje koji donji dio kalupnice stavlja na stroj za izradu donjaka. Izrada donjaka na kaluparskom stroju vrši se analogno izradi gornjaka prema slici 3.2. Nakon podizanja sa modelne ploče, donjak preuzima uređaj za okretanje i spuštanje i odlaže ga na vagonet taktog konvejera.



Slika 3.2 Stroj za izradu donjaka FRPA 30 [8]

Iza uređaja za okretanje nalazi se uređaj za čišćenje stola taktnog konvejera. On odstranjuje višak pijeska rasut po vagonetu koji zajedno sa rasutim pijeskom oko stroja propada kroz podne rešetke na transportne trake za povrat pijeska. Izrađeni donjak putuje na vagonetu taktnog konvejerado mjesta za ulaganje jezgri, koje se nalazi na dijelu linije između strojeva za kalupiranje. Jezgre se ulažu ručno u donji dio kalupa. Pomoću uređaja za sklapanje gornjak se stavlja na donjak i transportira dalje. Sklopljeni kalupi dolaze do sigurnosnog uređaja koji vrši kontrolu sklopljenih kalupa (visina kalupa). Kalupi u taktu odlaze dalje do uređaja za opterećenje čeličnim utezima. Na suprotnoj strani istovremeno se rasterećuje odlijani kalup.



*Slika 3.3 Linija hlađenja odljevaka prije istresanja [8]*

Ulijevanje taline u kalup obavlja se pomoću automatskog uređaja za lijevanje, na mjestu određenom za lijevanje, a upravljanje se vrši iz kabine smještene nasuprot automata. Nakon toga kalupi prolaze kroz tunel za hlađenje i otplinjavanje. Na izlazu iz tunela nalazi se uređaj za kontrolu položaja metalnog utega za opterećenje. Ohlađeni kalupi nakon linije hlađenja (slika 3.3). dolaze u taktu do uređaja za istresanje kalupa istiskivanjem pijeska i odljeva iz kalupnica. Tu se kalup izvibrira, a zatim se pijesak i odljev istiskuju i padaju na vibracijski dodavač, koji ih dodaje na vibracijsku rešetku. Na rešetki se vrši odvajanje pijeska od odljevka. Pijesak propada kroz rešetku i uslijed vibracija pada na lijevak koji ga presipa na transporter povratnog pijeska, a odljevak pada na pločasti transporter. Time ciklus završava.

## **4. Općeniti opis uređaja za automatsko lijevanje INVR 2500**

### **4.1 Područje primjene**

Uređaj za automatsko lijevanje INVR 2500 koristi se za mehanizirano i automatsko lijevanje tekućeg metala, a posebno za lijevanje čeličnog, sivog i temper lijeva.

Razlog uvođenje mehaniziranog i automatiziranog lijevanja u ljevaonicama je primjena složenijih kalupnih sustava, viših zahtjeva kvalitete, zahtjevima za poboljšanim uvjetima rada te kontinuiranim procesom proizvodnje.

Princip rada „čep i komprimirani zrak“ uređaja primjenjuje se na:

- Automatskim postrojenjima za kalupiranje bez kalupnica
- Automatskim postrojenjima za kalupiranje u kalupnicama
- Postrojenjima za centrifugalno lijevanje

### **4.2 Značajke uređaja za automatsko lijevanje**

Neke od prednosti i specifičnosti uređaja za automatsko lijevanje su:

- Precizno doziranje i odmjeravanje količine u određenom vremenu;
- Mogućnost regulacije brzine ulijevanja;
- Lijevanje bez „troske“;
- Visoki stupanj automatizacije;
- Dobra prilagodba na različite tipove ljevova;
- Nema prekida u lijevanju kod punjenja posude automata;
- Konstantna temperatura lijeva;
- Zaštita od toplinskog pregrijavanja u slučaju kvara na kalupnom postrojenju ili pregrijavanja taline ili kanalnog induktora;
- Potreban manji broj radne snage;
- Poboljšana kvaliteta zraka na radnom mjestu;
- Jednostavna regulacija i upravljanje;
- Poboljšana kvaliteta odljevaka i smanjenje škarta;

### 4.3 Tehnički podaci uređaja za automatsko lijevanje INVR 2500

Na osnovu podataka iz dokumentacije proizvođača navode se osnovni podaci uređaja za automatsko lijevanje INVR-2500 što je prikazano u tablici 4.

Tablica 4. Tehnički podaci uređaja za lijevanje INVR 2500 [7]

Snaga	160 kW
Upravljački napon	220 V
Radni napon	380 V
Frekvencija	50 Hz
Struja osigurača za upravljanje	10 A
Osigurač efektivne-pogonske snage	355 A
Priključak	200 kVA
Klasa zaštite	Nulovanjem
Kapacitet kompenzacije	150 kVAr
Kapacitet simetriranja	90 kVAr
Prigušivač	100 kVAr
Protok rashladne vode	15 l/min
Kvaliteta rashladne vode	Prema IGO-S 06 611
Max. ulazna temp. rashladne vode	25 °C
Max. izlazna temp. rashladne vode	65 °C
Protok komprimiranog zraka	10 m <sup>3</sup> /h
Tlak zraka prije isušivača	6 bar
Kapacitet	12 t/h
Vrijeme ulijevanja	0,3-120 s
Maksimalna temperatura taline	1500 °C
Način nagiba	Hidraulični
Maksimalni kut nagiba	cca. 23°
Maksimalni hidraulični tlak	100 bar
Masa posude	800 kg
Max. masa taline	2500 kg
Vrsta taline	sivi lijev, temper lijev
Potrošnja energije kod održavanja temp. na 1400 °C pri popunjenosti 70-100%	cca 70 kWh/h
Snaga zagrijavanja	cca 5 t/h za 50 °C

## **4.4 Glavni sklopovi uređaja za automatsko lijevanje INVR 2500**

Automat za lijevanje podijeljen je u tri glavna sklopa koji se postavljaju zasebno.

### **1. Priključno postrojenje**

Priključno postrojenje sastoji se od:

- Priključni ormar
- Transformatora sa odvojima i grebenastom sklopkom
- Kompenzacijske jedinice
- Uređaj za simetriranje
- Upravljačko-regulacijski ormar

Ovo priključno postrojenje služi za uključenje postrojenja na mrežu i trofazno opterećenje mreže pod uvjetom pridržavanja faktora snage većeg od potrebnog. Ugradnja priključnog postrojenja mora biti postavljen u prostoriju za upravljanje električnom energijom (trafostanica), koja ne smije biti udaljena više od 30 metara od uređaja za lijevanje.

### **2. Upravljača kabina**

Upravljačka kabina sadrži upravljačke elemente za kontrolu i upravljanje uređajem, elemente za kontrolu hidrauličkih sustava i komprimiranog zraka. Kabina treba postavljena tako da se iz nje može vidjeti i promatrati talina koja se izljuje. Upravljanje „RUČNO-AUTOMATSKO“ za otvaranje i zatvaranje čepa, upravljanje procesom ulijevanja i upravljanje komprimiranim zrakom nalazi se u upravljačkoj kabini.

### **3. Uređaj za lijevanje (automat)**

Uređaj za lijevanje nalazi se neposredno uz stazu za kalupe (linija hlađenja) i u visinu uljevnog sistema na kalupima. U obzir se mora uzeti visina staze za kalupe i visina izljeva na uređaju za izlijevanje. Visine se podešavaju određivanjem temelja za VGE.

## **4.5 Princip rada i opis pojedinih dijelova i uređaja automata za lijevanje INVR 2500**

### **Regulator nivoa taline**

Uređaj za reguliranje nivoa taline nalazi se pričvršćen na čeličnom okviru iznad izljevne čaše. Keramički plovak je uronjen na površinu taline preko poluge i sistema za podizanje (nad ventilom za brzo odzračivanje prije kojeg je uključen prigušni ventil i niz prekidača za približavanje) upravlja regulacijom nivoa taline. Težina utega se djelomično kompenzira polugom sa protuutegom.

Za osiguranje produktivnih uvjeta lijevanja potrebno je održavati nivo taline kupe iznad mlaznice za izlivanje konstantno tijekom procesa izlivanja. Za to brine automat za lijevanje preko mehaničko-pneumatskog uređaja za reguliranje nivoa taline. Grafitno-šamotni plovak očitava nivo taline u odljevku i komori. Težinu plovka preko poluge kompenzira protuuteg koji se može regulirati. Plovak uranja vrlo malo u talinu zbog trošenja. Vješanjem plovka se regulira razina taline. Komprimiran zrak potreban za stvaranje tlaka u posudi peći opskrbljuje se pomoću pomoćnog zasuna pred kojim je montiran elektromagnetni ventil. Tlak zraka u posudi mora biti veći od atmosferskog te zbog gubitaka kod propuštanja potrebno je upuhivanje veće količine zraka. Višak zraka oslobađa se u okolinu preko mehanički aktiviranog odzračnog ventila. Odzračni ventil mehanički je povezan sa plovkom te nam taj sistem omogućava da visina taline bude konstantna. Drugi zračni vod sa regulatorom "pomoćnog" zraka pred priključenim elektromagnetnim ventilom omogućava povišenim tlakom brzo postizanje radne razine taline kod početka smjene ili nakon zastoja. Kod zastoja se stlačeni zrak u posudi istog trena prazni putem ventila za hitno odzračivanje. Taj ventil se aktivira putem pneumatskog cilindra kojeg pokreće elektromagnetni ventil. Signal za otvaranje ventila za hitno odzračivanje može doći sa tri neovisna sigurnosna uređaja. Na konstrukciji plovka nalazi se kontrolna zastavica koja prema poziciji plovka aktivira senzore čime se omogućuje prikaz razine taline na kontrolnoj ploči. Najviše pozicionirani senzor uključuje proces uključivanja ventila za hitno odzračivanje. Tlak u posudi automata prati se pomoću kontaktnog manometra. Kod postizanja određenog pritiska signalizira upozorenje. Prekoračenje preko toga tlaka također uključuje ventil za hitno odzračivanje. Time je spriječeno da kod gotovo prazne posude kompenzirani zrak kroz cijevi za dizanje taline izbaciti talinu u okolinu. Pritisak u posudi automata je istovremeno i upozorenje na niski nivo punjenja taline. Ispitivač pritiska uključuje signalne žarulje na upravljačkoj ploči i time daje informaciju o stanju taline u posudi automata.



## Uređaj za doziranje litine

Doziranje količine taline se postiže uz pomoć čepljenja. Čep promjera 50 mm se sastoji od smjene gline, grafita i šamota. Sapnica je od cirkonskog silikata. Promjer otvora je 19 mm. Ako bi bilo potrebno osigurati posebne uvjete lijevanja moguća je montaža sapnice od 29 mm. Pneumatski cilindar pokreće proces čepljenja. Sa odgovarajućim regulatorom zraka u upravljačkoj kabini može se podesiti snaga zatvaranja čepa. Tlak otvaranja je cca. 30% veći od tlaka zatvaranja. Podizanje čepa može se ograničiti na uređaju za podizanje čepa pomoću vijka za podešavanje. Maksimalno podizanje (hod) je 15 mm. Povećanje podizanja ne dovodi do bržeg lijevanja već samo može smanjiti brtvljenje. Lijevanje može početi tek kad je uređaj za pozicioniranje signalizira ispravan položaj za lijevanje i kad je čitav niz uvjeta ispunjen.

Za lijevanje postoje tri moguća načina rada.

- RUČNO - početak i kraj lijevanja se određuje putem prekidača
- POLUAUTOMATSKI - Operater stroja prekidačem odredi početak lijevanja. Nakon određenog vremena lijevanja, lijevanje se automatski prekida upravljano vremenskim relejom.
- AUTOMATSKI - Nakon što su svi uvjeti lijevanja ispunjeni, automatika regulira početak i kraj lijevanja uz pomoć vremenskog releja.

Kako se razina taline preko sapnice konstantno održava na istoj razini može se putem vremena lijevanja postići točno doziranje količine taline. Brzina lijevanja se može osim podizanjem čepa regulirati i izborom promjera sapnice i visine razine taline (tablica 5).

Tablica 5. Nivo taline u komori za lijevanje u ovisnosti o promjeru sapnice [7]

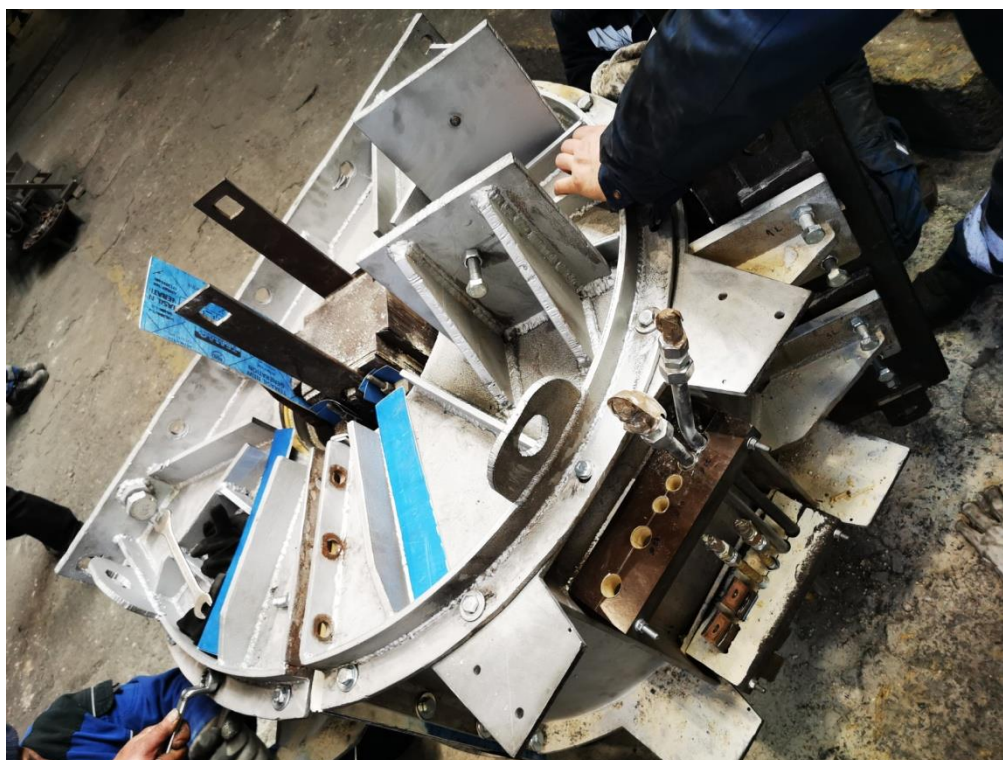
Promjer sapnice [mm]	Razina taline u komori za lijevanje [mm]			
	100	150	200	250
10	0,77	0,94	1,09	1,15
19	2,76	3,36	3,90	4,14
29	6,47	7,90	9,15	9,70

### **Posuda automata (kada)**

Posuda se sastoji od stabilne konstrukcije od čeličnog lima u obliku kade na koju se stavlja vatrootalna obloga. Na čeonim stranama nalaze se otvori za uzlazne cijevi za izljevne i uljevne komore. Sa bočne strane nalazi se priključna prirubnica za žljebni induktor a na drugoj strani otvor za odstranjivanje troske.

### **Induktor**

Slivna komora u posudi se dogrijava pomoću niskofrekventnog induktora (slika 4.1). Zavojnica (indukcijski svitak) hladi vodom koja struji kroz njega te je dodatno zaštićen vodenom hladnim omotačem. Vatrootporna obloga je identična onoj u posudi automata. Žljebni induktor se napaja istosmjernom strujom. Simetriranje i kompenzacija mrtvog hoda se postiže uz pomoć kondenzacijskog postolja i prigušivača simetriranja. Snaga se može regulirati u četiri stupnja i to do maksimalno 160 kW prekidačem na upravljačkom ormaru. Termostat i kontrola hladne vode osiguravaju induktor od pregrijavanja.



*Slika 4.1 Induktor odvojen od posuda[8]*

## **Poklopac**

Posuda se zatvara čeličnim poklopcem obloženim vatrootpornim betonom. Na gornjem dijelu poklopca se u jednakim razmacima nalaze otvori za odvod vlage iz taline. Otvori se zatvaraju (kao i na posudi) oblaganjem u vrijeme stavljanja u pogon.

## **Izljevna komora**

Izljevna komora se sastoji od dijela koji je fiksno vezan za posudu (prirubnicom) i lako zamjenjive glave za izljev taline. Na fiksnom djelu su uklopljeni uređaji za čepljenje i održavanje nivoa taline.

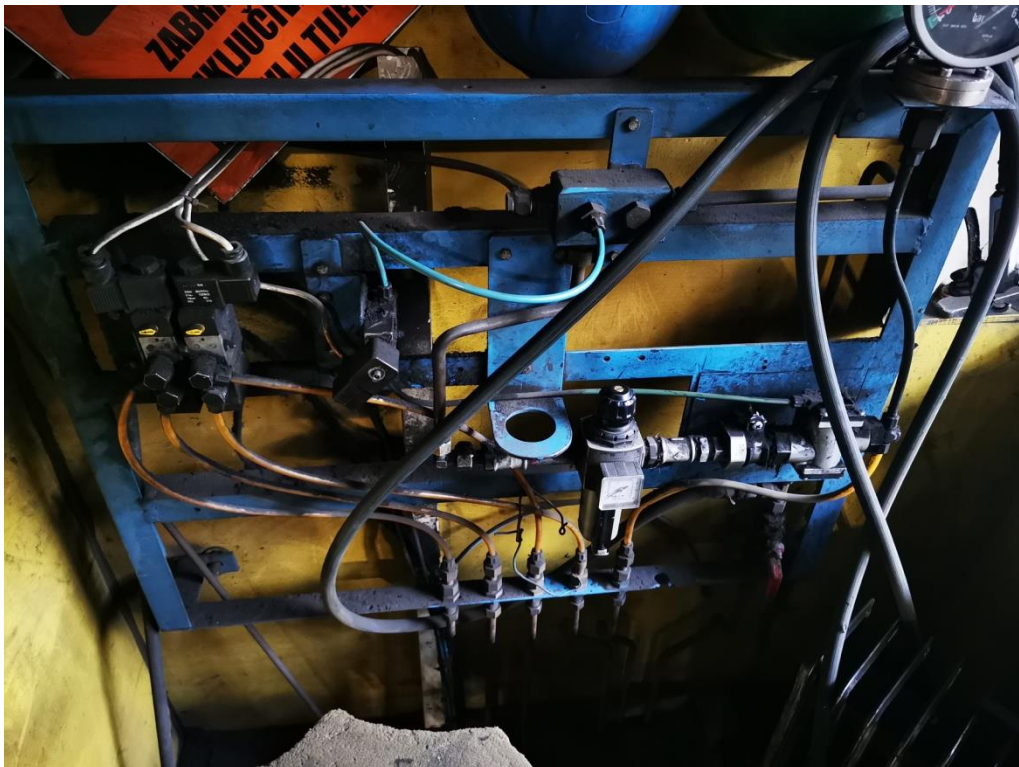
Glava za izlivanje, u čije je dno ugrađena mlaznica za izlivanje, klinovima je pričvršćena na glavni dio i može se lako zamijeniti kod začepljenja sapnice. Čep se također lako može zamijeniti u uređaju za čepljenje. Čep se pokreće pneumatskim cilindrom, pri čemu se hod čepa može podesiti mehaničkim graničnikom.

## **Hidraulični uređaj za pomicanje automata**

Automat za lijevanje je mobilan na osnovnom okviru, koji se može pomicati na tračnicama spojenim na temelje u četiri smjera. Posmak u svakom smjeru vrši se pomoću dva hidraulična cilindra. Hod cilindra ograničen je na 600 mm. Uređaj za uzdužni pomak je pritom montiran iznad uređaja za poprečni pomak. Tračnice uređaja za uzdužno pomicanje imaju mehanički graničnik, koji također blokira pomicanje kod naginjanja posude. Hidraulični agregat smješten je ispod upravljačke kabine. Na upravljačkoj ploči nalaze se ventili za upravljanje hidrauličnim sistemom. Upravljačka kabina i automat za lijevanje su povezani sa četiri hidraulična voda, od kojih su neki fleksibilni kako bi omogućili pomicanje peći. Na uređaju za uzdužno pomicanje nalazi se uređaj za skeniranje koji utvrđuje pozicijske razlike između otvora izljeva uređaja za izlivanje te otvora na kalupu te omogućuje automatsko ispravljanje odstupanja.

## **Sistem komprimiranog zraka**

Centralna raspodjela zraka nalazi se u upravljačkoj kabini. On se sastoji od čeličnog okvira sa podnožjem u koji su smješteni tri pomoćna regulatora zraka, četiri elektromagnetna ventila i manometra za mjerenje tlaka. Šest cijevovoda komprimiranog zraka, od kojih su neki fleksibilni, povezuju distribuciju komprimiranog zraka sa odgovarajućim potrošačima na uređaju za lijevanje. Tome se dodaju pneumatski cilindar za upravljanje čepom, sigurnosni ventil te dovod komprimiranog zraka do posude peći (slika 4.2).



*Slika 4.2 Razvodni sistem komprimiranog zraka[8]*

## 4.6 Opis rada uređaja za lijevanje

Uređaj za automatsko ulijevanje radi kombinacijom principa sifona i čepa. U posudi se nalazi talina, koja se uz pomoć kanalnog induktora odražava na potrebnoj temperaturi koja se putem tlaka kroz uzlaznu cijev podiže u izljevnu čašu a potom u uljevnu čašu. Uređaj za reguliranje razine taline detektira razinu taline u odljevnoj komori putem plovka neovisno o razini taline u posudi za talinu. Time se stvaraju reprodukcijski uvjeti, koji omogućuju dolijevanje taline pomoću transportnog lonca bez prekidanja procesa lijevanja. Lijevanje se vrši putem sapnice koja se nalazi na dnu odljevne komore koja se zatvara čepom kojim se upravlja putem pneumatskog cilindra. Visina hoda čepa, trajanje hoda i pritisak zatvaranja su podesivi. Za točno pozicioniranje otvora za lijevanje (sapnice) iznad uljevnog sustava na kalupnicama koriste se hidraulično pokretane uzdužne i poprečne vodilice. Automatski uređaj "skenira" položaj kalupnice te prema tome prilagođava položaj sapnice iznad uljevnog sustava. Tlačni otvor za odstranjivanje troske u posudi omogućava čišćenje površine taline bez potrebe za micanjem poklopca. Na posudi postoji otvor koji se otvara u slučaju havarije te se posuda prazni u transportni lonac. Automat je opremljena hidrauličnim nagibnim mehanizmom za pražnjenje posude koji je neophodan kod izmjene induktora.

## 5. Praktični dio - održavanja uređaja za lijevanje INVR 2500

Trošenje pojedinih dijelova i greške u radu najviše ovise o pravilnom održavanju. Kod radova na održavanju osnovno je pravilo da se održavanje vrši kada su strojevi isključeni na glavnoj sklopki ili na stop sklopki. Hidraulični i pneumatski sustavi održavaju se kada je sustav rastlačen te se time osigurava da ne dolazi do neželjenih kretanja stroja ili sklopa. Kod elektro održavanja potrebno je isključiti glavnu sklopku ili se zaštititi skidanjem osigurača kako ne bi došlo do uključivanja pojedinih funkcija kod održavanja. Poslove održavanja smiju izvršavati samo stručni i obučeni zaposlenici.

Izmjena induktora i posude automata odvija se periodički u intervalima od 6 mjeseci ili kod uočenih odstupanja parametara (ne mogućnost postizanja snage, odnosno temperature za održavanje taline). Razlika u fazama mora biti minimalna, te se moguće razlike podešavaju simetriranjem napona. Osnovni dijagram tijekom održavanja prikazan je na slici 5.2.

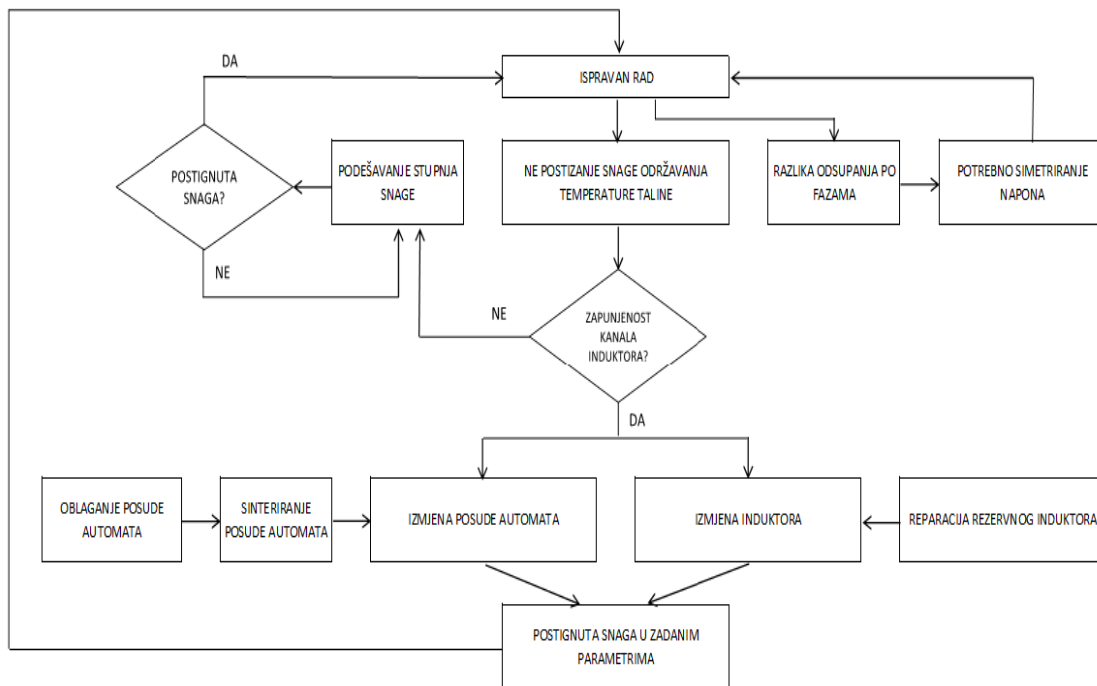


*Slika 5.1. Mjerač snage kod normalnog režima rada [8]*

Razlog ne postizanja snage su začepjenja u kanalima induktora (nakupljanje šljake). Na slici je prikazan mjerač u normalnom režimu rada (slika 5.1). Povećavanjem napona na grebenastoj sklopki sa mogućnostima od 1 do 4 povećava se i struja prema ohmovom zakonu. Kada je sklopka podešena na maksimum, odnosno 4, pokazuje nam da i kod najvećeg mogućeg napona nismo u mogućnosti postići željenu temperaturu taline te je vrijeme za izmjenu induktora i posude automata.

U donjem radu pojašnjavaju se detaljnije postupci održavanja i to:

- Oblaganje posude automata za lijevanje
- Sušenje posude automata za lijevanje
- Izmjena induktora i posude automata za lijevanje



Slika 5.2. Dijagram tijekom održavanja

## 5.1 Oblaganje

### Oblaganje poklopca

Poklopac posude automata prvo se oblaže vatrostalnom oblogom debljine 8 mm. Na to se slaže sloj laganog šamotnog kamena debljine 50 mm i vatrostalnim betonom debljine 160 mm. Postoje mogućnosti da se laki šamotni kamen izostavi i obloži vatrostalnim betonom debljine 190 mm. Nakon sušenja na zraku poklopac se montira na peč i zajedno se zagrijavaju. Kod montaže potrebno je obratiti pažnju na brtvljenje koje se postiže pomoću dviju paralelno položene grafitno-azbestne trake dimenzija 20 x 20 mm. Za vrijeme sušenja i zagrijavanja potrebno je skinuti drenažne vijke sa poklopca i ponovno ih montirati tek početkom procesa lijevanja.

### Oblaganje posude automata

Poklopac posude se zaljeva vatrostalnim betonom. Posuda se oblaže na sljedeći način o točno određenim koracima:

1. oblaganje posude sa azbestnom oblogom
2. oblaganje sa laganom šamotnom oblogom
  - 2.1 Posuda normalno cijelom opekom
  - 2.2 Na uskim mjestima kamen rezati na 1/2 debljine (kod priključka induktora ili na području uzlaznih cijevi)
  - 2.3 Zidanje se vrši šamotnim mortom
  - 2.4 Ta izolacija se ne slaže do ruba posude i po rubu priključaka uzlaznih cijevi. Na taj način se sprječavaju zračni udari uređaja za vrijeme rada.
3. Postavljanje čelične ploče za zaštitu induktora



#### 4. Nabijanje dna posude sa nabojnom masom

4.1 Tanki sloj, čvrsto brtvljen. Debljinu sloja izmjeriti i kontrolirati sa šablonom

4.2 Učvrstiti šablonu za priključak induktora

4.3 Staviti nabojnu masu i učvrstiti to područje

4.4 Staviti nabojnu masu i učvrstiti šablonu za posudu automata i uzlazne cijevi

4.5 Nabijanje posude automata

4.6 Povlačenje šablone

4.7 Popravljanje nedovoljno zabrtvljenog područja

#### Priprema nabojne mase

Isporučena masa koja ulazi u obradu je suha te ju prije pripreme smjese treba suhu promiješati na čistoj podlozi ili u čistoj miješalici. Najmanja količina mase koja se miješa je 200 kg. Kod priprema smjese i kod kasnije nabijanja preporučljivo je od strane proizvođača pripaziti na ne dođe do onečišćenja. Nakon suhog miješanja dodaje se 3-3,5 litara vode na 100 kg smjese. Vlažnost smjese mora biti 4%. Smjesa ima pravilnu vlažnost kad se može oblikovati, ali da se laganim udarcem ponovno rasprši. Vlaženje se vrši kantom za polijevanje sa vrlo finim raspršivačem uz stalno miješanje. Nakon ovlaživanja se masa treba dobro promiješati. Smjesa se potom treba prosijati kroz sito sa otvorima promjera od 4-7 mm. Nakon prosijavanja, smjesa mora odstajati 24 h te se time postiže potrebna oblikovnost i vezivost nabojne mase.

#### Nabijanje nabojna mase

Nabijanje nabojne mase vrši se pomoću elektro ili pneumatskog čekića mase cca 12 kg, snage 5-6 bar. Udarna pločica čekića treba biti cca 65 mm debela i cca 70 mm široka i klin od 22/15 mm. Radi sprječavanja oštećenja azbestne podloge potrebno je čekić zaobliti. Šablone moraju biti stabilne i učvršćene prije nabijanja. Nabijanje peći mora biti kontinuirano. Debljina smjese mora biti maksimalno 20 mm pri čemu treba paziti da se ne nabija pri već nabijenom djelu. Kod kraćih prekida rada treba smjesu pokriti mokrim vrećama, a prije nastavka sabijanja potrebno je smjesu rahliti sa grabljama. Drugo sabijanje se vrši tako da se sabija okomito na smjer prvog sabijanja. Nakon odstranjivanja šablona se površina smjese se poravna tapkanjem. Ne smije se premazati zaštitnim slojem jer se u protivnom čepe pore i onemogućuju sušenje.

## 5.2 Sušenje

Sušenje, odnosno sinteriranje (slika 5.2) je proces okrupnjavanja sitnozrnatog materijala zagrijavanjem na temperaturu površinskog taljenja na kojoj se zrna pretvaraju u čvrste i porozne aglomerate (sinter).

Regulacijski transformator uključuje se na 1. stupanj. Početna temperatura je  $60^{\circ}\text{C}$  te se zatim temperatura povećava za  $20^{\circ}\text{C}$  svakih 3 sata dok ne postigne  $120^{\circ}\text{C}$ . Ta temperatura se održava 24 h te u tom vrijeme prostor peći ostaje otvoren i dodatno se zagrijava odozgo plinskim plamenicima. Dijagram temperature u ovisnosti o vremenu prikazan je slikom 5.3.

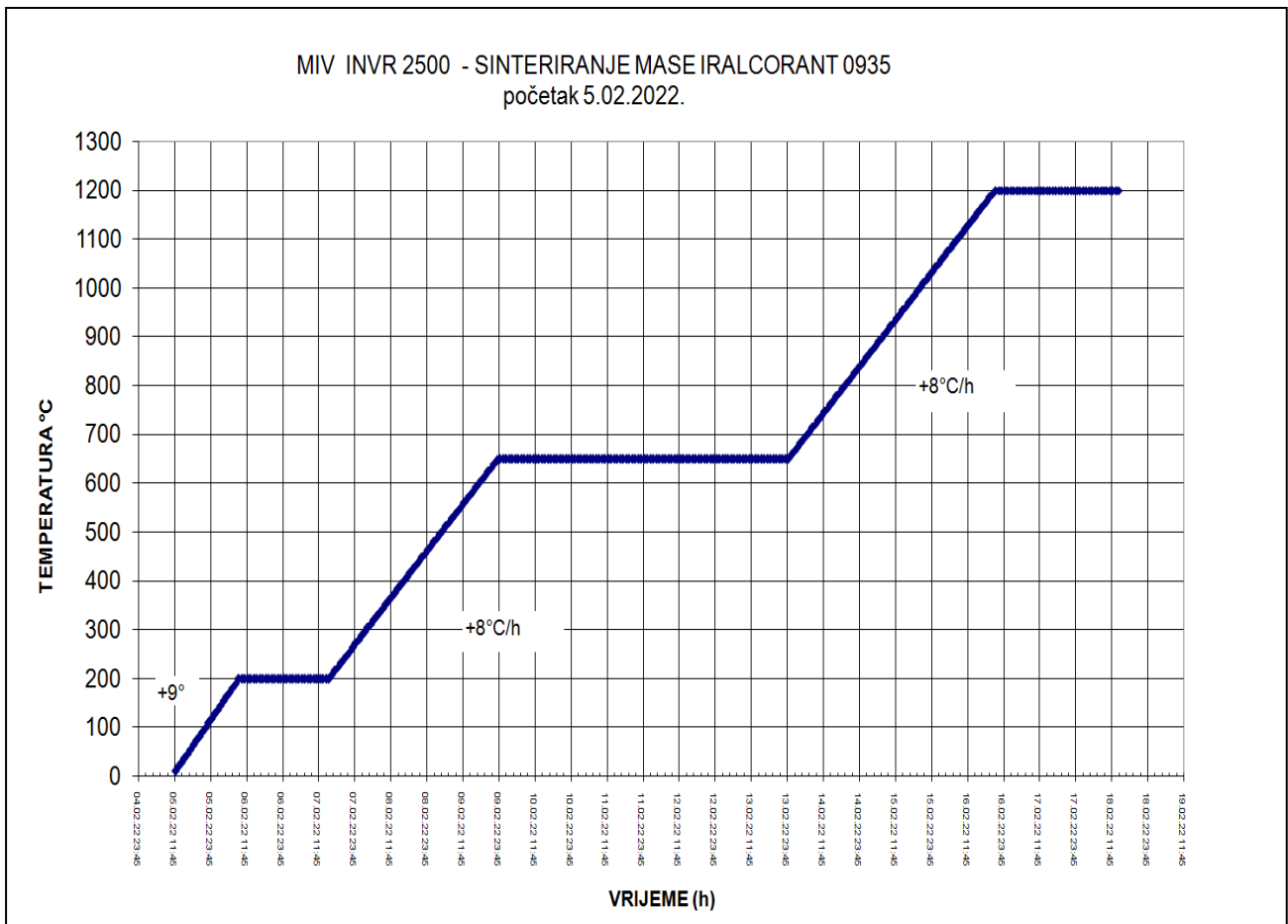


*Slika 5.3 Proces sinteriranja[8]*

Otvori žljeba se ne zatvaraju (kružnim materijalom) već se žljebovi ispune ostacima smjese (probni materijal). Temperaturu peći držimo 24 sata na  $120^{\circ}\text{C}$ .

Nakon toga se sjeverna komora čvrsto zatvara (sa poklopcem). Plinska rešetka se odstranjuje i zamjenjuje velikim plinskim plamenikom. Unutar 24 sata temperatura žljebova povisuje se na  $270^{\circ}\text{C}$  za to vrijeme veliki plamenik se relativno slabim plamenom zagrijava kroz otvor

poklopca peći. Jačinu plamena mijenjamo svakih 2-3 sata. Unutar sljedeća 24 sata temperatura žljebova postupno diže na 400°C (Uključuje se regulator). Veliki plamenik ostaje nepromijenjen onako kako je podešen na početku ove faze. Unutar 24 sata potrebno je povisiti temperaturu na 500-530°C te se ta temperatura održava idućih 12 sati. Konačno nakon toga se temperatura žljebova dnevno povisuje za 150°C do početka taljenja. Kod 1000°C žljebne temperature potrebno je regulacijski transformator prebaciti na visokonaponski transformator. Kod 1050°C potrebno je odstraniti termoelemente . Neposredno nakon rastapanja žljebova treba uliti talinu u peć. Talina ju potrebno prethodno očistiti od troske. Potrebna količina taline je 3,5 tona i temperature 1370-1400°C. Unutar 2-3 sata talina se zagrijava na 1450°C i drži se na toj temperaturi oko 4 sata te je peć spremna za redovan rad.

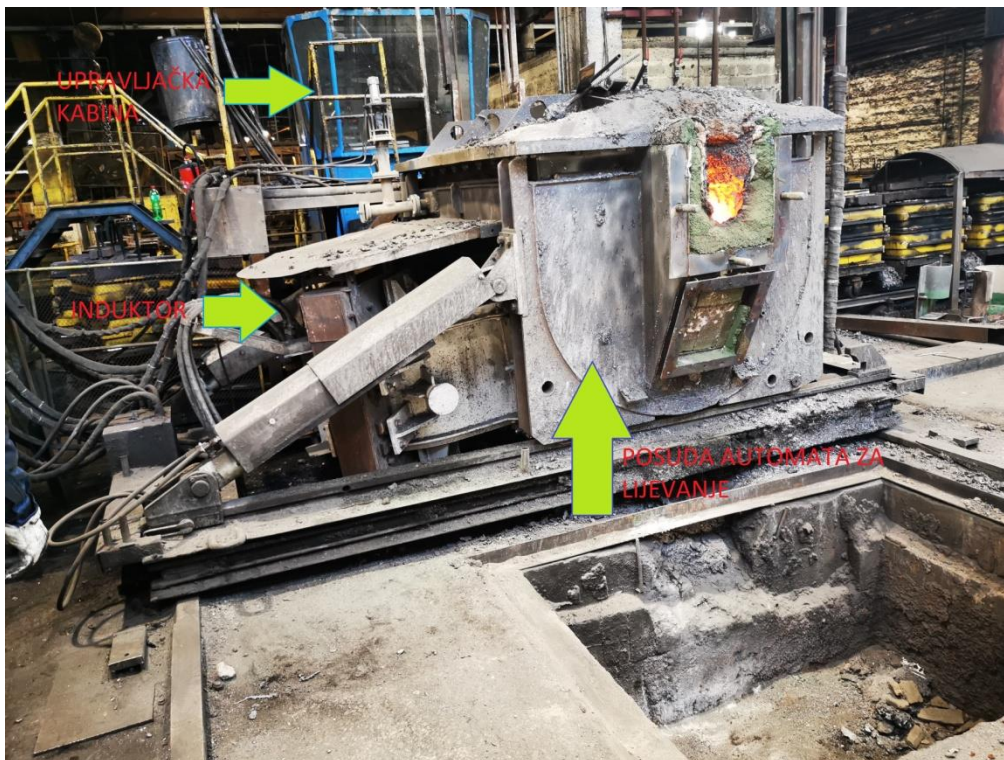


Slika 5.4 Dijagram temperature u ovisnosti o vremenu [7]

### 5.3 Izmjena posude i induktora automata

Izmjena posude i induktora automata za lijevanje vrši se nakon postupnog pražnjenja posude automata. Nakon završetka rada i pražnjenja, induktor je potrebno isključiti na glavnoj sklopki te mjernim uređajem ispitati prisutnost napona zbog sigurnosti zaposlenika. Preporuka proizvođača je da se izmjena obavi svakih 6 mjeseci.

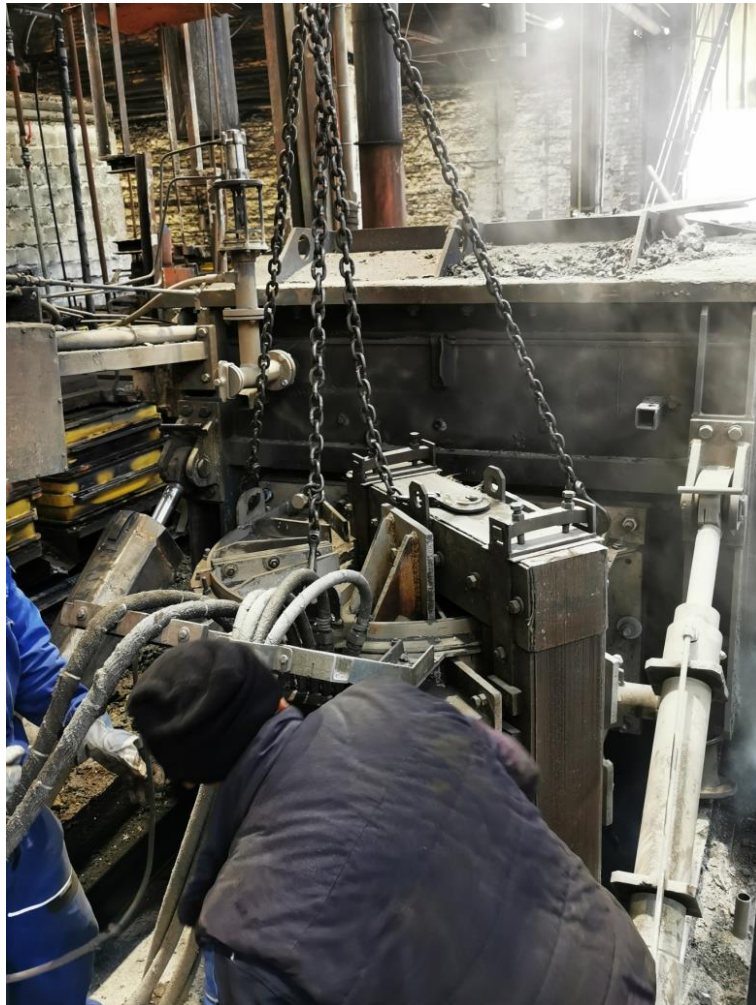
Sa induktora i hidrauličnih cilindara za nagib posude skidaju se limene zaštite te se pomicanjem graničnika na dnu cilindra pomiče automat u krajnji desni položaj (slika 5.4)



Slika 5.5 Automat za lijevanje [8]

Na ispusni otvor montira se "nos" te se zatvara da bi kasnije koristio za ispus preostale taline u posudi koja se nakon isključivanja induktora dogrijava plinski plamenicima da ne dođe do hlađenja taline i prelaza u kruto stanje. Hidraulični cilindri služe za nagib posude automata. U kanal ispod posude stavlja se ljevački lonac koji služi za transport preostale taline te se buši rupa za istjecanje taline. Nakon pražnjenja posude, automat se hidrauličnim cilindrima (na slici se ne vide) pomiče u položaj iznad kanala zbog lakše transporta induktora i posude nakon skidanja. Hidraulična crijeva na hidrauličnim cilindrima zamjenjuju se novima zbog svoje istrošenosti.

Induktor se na sabirnicama otpaja od električnih kablova te se učvršćuje lancima za mosnu dizalicu koja se služi za pridržavanje (Slika 5.5).



*Slika 5.6 Montaža induktora na posudu [8]*

Odvijanje vijaka M 24x90 kojima je induktor pričvršćen za posudu odvija se redosljedom da se prvo odvijaju donji vijci te nakon toga bočni i gornji. Ponekad se vijci ne daju odvrnuti ključem zbog toplinskog širenja u navoju pa ih je potrebno odrezati autogenim postupkom. Kod odvajanja induktora od posude potrebno je posebno obratiti pažnju na zaostalu talinu u induktoru te njezinog izlivanja. Nakon odvajanja, induktor je potrebno ostaviti 24 h spojenog na rashladni sistem zbog zaštite od pregorijevanja zavojnice i obloge (kotlića) koja štiti zavojnicu od utjecaja topline. Na induktor se montiraju čelične „nogice“ koje služe kao nosači.

Nakon odvajanja induktora, može se vidjeti njegov presjek (slika 5.6) te njegova zapunjenost zbog koje raste struja koja je potrebna da bi održavala talinu na određenoj temperaturi.



*Slika 5.7 Presjek induktora [8]*

Nakon zatvaranja zraka na glavnom ventilu, počinje proces demontaže konstrukcije na kojem je uređaj za pneumatsko otvaranje čepa te demontaža uređaja za ispušni viška komprimiranog zraka iz posude.

Stari induktor se otpaja od sistema za hlađenje te ga je potrebno prebaciti na sistem cirkulacije zbog rada pumpi. Novi induktor se prije same montaže ispituje mjernim instrumentom da li dolazi do probijanja napona na metalne dijelove između kanala induktora i zavojnice. Prostor između zavojnice i kotlića potrebno detaljno očistiti od zaostale prljavštine.

Na remontiranoj posudi (Slika 5.7) otpajaju se plinski grijači i temperaturna sonda te se te se mosnom dizalicom montira na vodilice. Vodilice se prethodno bruse i prema potrebi navaruju zbog eventualni oštećenja. Nakon montaže posude, montiraju se hidraulični cilindri.



*Slika 5.8 Remontirana posuda [8]*

Nakon postavljanja, otvor na koji se montira induktor se otvara te novi vijci premazuju sa sredstvom SIM 821(visokotemperaturna bakrena pasta) koje nam služi za podmazivanje i brtvljenje te za lakše otpuštanje kod iduće demontaže. Otvor induktora se premazuje sredstvom (slika 5.8) CALDE TROWEL SD 99 koje služi za bolje brtvljenje i za lakšu demontažu priрубnice.



*Slika 5.9 Premaz na induktoru [8]*

Induktor se postavlja na mosnu dizalicu te se zatezačima na lancima podešava vodoravnost i okomitost zbog lakše montaže. Nakon postavljanja, pritežu se vijci za povezivanje posude i induktora te se spajaju crijeva za hlađenje kotlića i induktora te se uspostavlja protok vode.

Nakon spajanja elektroinstalacija, induktor se sinterira otprilike 2,5 sata da šamotna masa otvrdne nakon čega je spreman za punjenje i rad.



## **Zaključak**

U završnom radu se pojašnjavaju i opisuju postupci održavanja na konkretnoj liniji AFA 30, odnosno uređaju za automatsko lijevanje INVR-2500. Zbog vrlo širokog spektra operacija preventivnih i korektivnih u radu sam se odlučio za opis jednog najbitnijeg dijela operacija a koje sam osobno provodio na svome radnom mjestu. Svjestan propusta u pisanju rada mišljenja sam da isti može poslužiti i u praktične svrhe u konkretnom poduzeću te da može pomoći i kolegama koji će u svojim radovima obrađivati slične teme iz područja održavanja industrijskog postrojenja.

## Literatura

- [1] <https://tehnika.lzmk.hr/ljevarstvo/> 01.12.2021.
- [2] Prof.dr.sc. Sanja Šolić, predavanja iz kolegija Tehnologija 1, 3. semestar, Sveučilište Sjeve
- [3] Doc.dr.sc. Branko Bauer, skripta iz "Ljevarstvo - proizvodni postupci", FSB
- [4] Prof.dr.sc. Živko Kondić, predavanja iz "Održavanje industrijskog postrojenja", 5.semestar, Sveučilište Sjever
- [6] Prof. dr. sc. Budimir Mijović - knjiga iz "Održavanje strojeva i uređaja", Veleučilište u Karlovcu
- [7] Dokumentacija proizvođača
- [8] <https://medium.com/@autumnrpin/all-about-casting-sandcasting-that-is-17f90b527fef/>  
05.05.2022.

## Popis slika

Slika 1.1. Bakrena žaba

Slika 1.2. Ingot od zlata

Slika 1.3. Proces kontinuiranog lijevanja [2]

Slika 1.4. Presjek kalupa za lijevanje[2]

Slika 1.5 Proizvodni proces u ljevaonici [2]

Slika 2.1. Proces održavanja [4]

Slika 2.2. Prikaz životnog vijeka postrojenja [4]

Slika 2.3. Dijagram odstupanja parametara kroz vrijeme [4]

Slika 2.4. Dijagram učestalosti kvarova u funkciji vremena rada (tkz. kada održavanja) [4]

Slika 2.5 Oštećenje ležajnog mjesta uzrokovano trošenjem

Slika 3.1 Shematski prikaz procesa proizvodnje na automatskoj liniji AFA-30

Slika 3.2 Stroj za izradu donjaka FRPA 30

Slika 3.3 Linija hlađenja odljevaka prije istresanja

Slika 4.1 Induktor odvojen od posude

Slika 4.2 Razvodni sistem komprimiranog zraka

Slika 5.1 Mjerač snage kod normalnog režima rada

Slika 5.2. Dijagram tijeka održavanja

Slika 5.3 Proces sinteriranja

Slika 5.4 Dijagram temperature u ovisnosti o vremenu

Slika 5.5 Automat za lijevanje

Slika 5.6 Montaža induktora na posudu

Slika 5.7 Presjek induktora

Slika 5.8 Remontirana posuda

Slika 5.9 Premaz na induktoru

## **Popis tablica**

Tablica 1. Glavni uzroci kvarova [4]

Tablica 2. Odnos vremena dijagnostike i popravaka za neke sustave [4]

Tablica 3. Postupci dijagnostike s metodama i instrumentima [4]

Tablica 4. Tehnički podaci uređaja za lijevanje INVR 2500 [7]

Tablica 5. Nivo taline u komori za lijevanje u ovisnosti o promjeru sapnice [7]

IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, TOMISLAV TUŠEK (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom ODRŽAVANJE UREĐAJA ZA AUTOMATSKO LIJEVANJE INR-2500 (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:

(upisati ime i prezime)

  
\_\_\_\_\_  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, TOMISLAV TUŠEK (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom ODRŽAVANJE UREĐAJA ZA AUTOMATSKO LIJEVANJE INR-2500 (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:

(upisati ime i prezime)

  
\_\_\_\_\_  
(vlastoručni potpis)