

TEHNOLOŠKI PROCESI IZRADE I KONTROLE PRIRUBNICE SKLOPKE ZA POKLOPAC TRANSFORMATORSKOG KOTLA

Cigula, Kristijan

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:226428>

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

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



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
STROJARSKI ODJEL
STRUČNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ STROJARSTVO

KRISTIЈAN CIGULA

**TEHNOLOŠKI PROCES IZRADE I
KONTROLE PRIRUBNICE SKLOPKE ZA
POKLOPAC TRANSFORMATORSKOG
KOTLA**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: Srđan Medić, dr. sc.

KARLOVAC, 2024.

IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj rad samostalno izradio, koristeći znanje koje sam stekao tijekom studiranja i dosadašnjeg rada, te služeći se stručnom literaturom.

ZAHVALA

Zahvaljujem svome mentoru dr.sc. Srđanu Mediću na pomoći i savjetima tijekom izrade ovog završnog rada.

Želio bih zahvaliti i Upravi, kolegama i djelatnicima tvrtke Primabiro d.o.o. na nesebičnoj pomoći i znanju koje su mi kroz godine prenijeli.

Velika hvala mojim roditeljima na abnormalnoj količini razumijevanja i strpljenja, te na bezgraničnoj podršci.

Najviše hvala mojoj supruzi Nives i sinovima Davidu i Ottu, koji mi svakodnevno daju „vjetar u leđa“.

Zahvaljujem svima!

Karlovac, 25.10.2024.

Kristijan Cigula

SAŽETAK:

NASLOV: Tehnološki proces izrade i kontrole prirubnice sklopke za poklopac transformatorskog kotla.

KRATKI OPIS: U ovom završnom radu je opisan tehnološki proces izrade jedne pozicije transformatorskog kotla uz prikaz rada odjela Kontrole kvalitete, te komparacija izrade tog istog dijela na dva potpuno različita načina.

Završni rad kreće sa opisom funkcije transformatora, principom rada transformatora i popisom glavnih dijelova transformatora.

Glavni dio se odnosi na proces same izrade prirubnice sklopke, te detaljno objašnjenje proizvodnih operacija kroz koje pozicija prolazi uz njeno aktivno praćenje od strane odjela Kontrole kvalitete od ulaza materijala do završne kontrole gotovog proizvoda prije same isporuke.

U praktičnom dijelu se uspoređuje izrada prirubnice sklopke na način da je sirovac odrezan plazma rezanjem iz čeličnog lima i da smo ga dobili kružnim savijanjem i kasnije zavarivanjem iz plosnatog čelika zadanog poprečnog presjeka.

Ključne riječi:

- Transformatorski kotao
- Proizvodni proces
- Kontrola kvalitete
- Prirubnica sklopke

ABSTRACT:

TITLE: Technological process of production and quality control of the switch flange for the cover of the transformer tank.

BRIEF DESCRIPTION: In this undergraduate thesis the technological production process of one position of a transformer tank is described, along with a presentation of the work of the Quality Control department, and a comparison of making the same part in two completely different ways.

The final thesis begins with a description of the function of the transformer tank, the principle of operation of the transformer tank and a list of the main parts of the transformer tank.

The main part of the undergraduate thesis refers to the process of making the switch flange itself, and a detailed explanation of the production operations that the position goes through with its active monitoring by the Quality Control department from the input of materials to the final control of the finished product before delivery.

The practical part of the thesis compares the manufacturing of the switch flange in the way that the raw material was cut by plasma cutting from a steel sheet and that it was obtained by circular bending and later welding from flat steel of a given cross-section.

Keywords:

- Transformer tank
- Production process
- Quality control
- Switch flange

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Transformatorski kotao	1
1.1.1. Definicija transformatora	1
1.1.1. Podjela transformatora	2
2. DIJELOVI TRANSFORMATORA	4
2.1. Aktivni dijelovi	4
2.1.1. Jezgra	4
2.1.2. Namoti	4
2.2. Pasivni dijelovi	4
2.2.1. Kotao	5
2.2.2. Poklopac	6
2.2.3. Konzervator	7
2.2.4. Ostali dijelovi transformatora:	8
3. TEHNOLOŠKI PROCES IZRADE I KONTROLE PRIRUBNICE SKLOPKE	9
3.1. Ulazna kontrola i skladištenje materijala (lima)	9
3.2. Sačmarenje limova na protočnoj sačmari	11
3.3. Rezanje lima na plazma rezačici	12
3.4. Kružno savijanje prirubnice iz plosnatog čelika (trake čeličnog lima)	14
3.5. Zavarivanje prirubnice sklopke	16
3.6. Ultrazvučno ispitivanje (UT) sučeonog zavara na prirubnici sklopke	18
3.7. Strojna obrada prirubnice sklopke	18
3.7.1. Tokarenje prirubnice sklopke	22
3.7.2. Bušenje prirubnice sklopke	25
3.7.3. Glodanje prirubnice sklopke	27
3.8. Sastavljanje i zavarivanje sklopa (poklopac transformatora)	30
3.9. Probna montaža pasivnih komponenti transformatorskog kotla	32
3.10. Ručno sačmarenje	34
3.11. Čišćenje poklopca transformatora nakon sačmarenja	36
3.12. Antikorozivna zaštita (AKZ)	40

3.13. Otprema poklopca transformatora	44
4. <i>USPOREDBA IZRADE PRIRUBNICE SKLOPKE</i>	46
5. <i>ZAKLJUČAK</i>	50

POPIS SLIKA

Slika 1. Primjer transformatora	1
Slika 2. Transformatorski kotao (čelična konstrukcija).....	6
Slika 3. Poklopac transformatorskog kotla.....	7
Slika 4. Konzervator	8
Slika 5. Dijagram toka proizvodnje praćen sa ulaznom i međufaznom kontrolom [9].....	10
Slika 6. Označavanje materijala – sljedivost	11
Slika 7. Protočna sačmara	12
Slika 8. Stroj za plazma rezanje – „Eckert“	13
Slika 9. Stroj za savijanje plosnatog lima	15
Slika 10. Specifikacija postupka zavarivanja prirubnice	16
Slika 11. Aparat za zavarivanje marke „Fronius“	17
Slika 12. Uređaj za ultrazvučno ispitivanje	19
Slika 13. Nacrt prirubnice sklopke.....	20
Slika 14. CNC tokarilica marke „Wohlenberg“	23
Slika 15. Numeričko upravljanje CNC tokarilice.....	23
Slika 16. Radijalna bušilica marke „Farrox“	26
Slika 17. Ruka za narezivanje navoja	27
Slika 18. CNC glodalica Lagun.....	28
Slika 19. Kontrolnici za kontrolu navoja	29
Slika 20. Međuskladište strojno obrađenih pozicija	29
Slika 21. Sklopka transformatora.....	30
Slika 22. CNC stroj za kutno savijanje marke „Ermaksan“	31
Slika 23. CNC stroj za kružno savijanje marke „Davi“.....	32
Slika 24. Zapis međufazne kontrole – kontrola poklopca [10].....	34
Slika 25. Komora za ručno sačmarenje.....	35
Slika 26. Stupanj pripreme za AKZ – nepravilnosti kod zavarivanja.....	37
Slika 27. Stupanj pripreme za AKZ – nepravilnosti nakon obrade.....	38
Slika 28. Stupanj pripreme za AKZ – nepravilnosti površine.....	39
Slika 29. Stupanj pripreme za AKZ – nepravilnosti materijala prije obrade.....	40
Slika 30. Kategorije korozivnosti [8].....	41
Slika 31. Postupnik za antikorozivnu zaštitu	41
Slika 32. Kotao u završnom sloju boje	42
Slika 33. Mjerenje debljine boje Elcometrom.....	43
Slika 34. Dnevnik mjerenja završnog premaza boje	44
Slika 35. Dokument završne kontrole proizvoda.....	45
Slika 36. Zapakirani poklopac transformatora prije isporuke.....	45
Slika 37. Simulacija ugnježdivanja okruglih sirovaca u programu „Columbus“	47
Slika 38. Simulacija ugnježdivanja plosnatih pozicija u programu „Columbus“	48

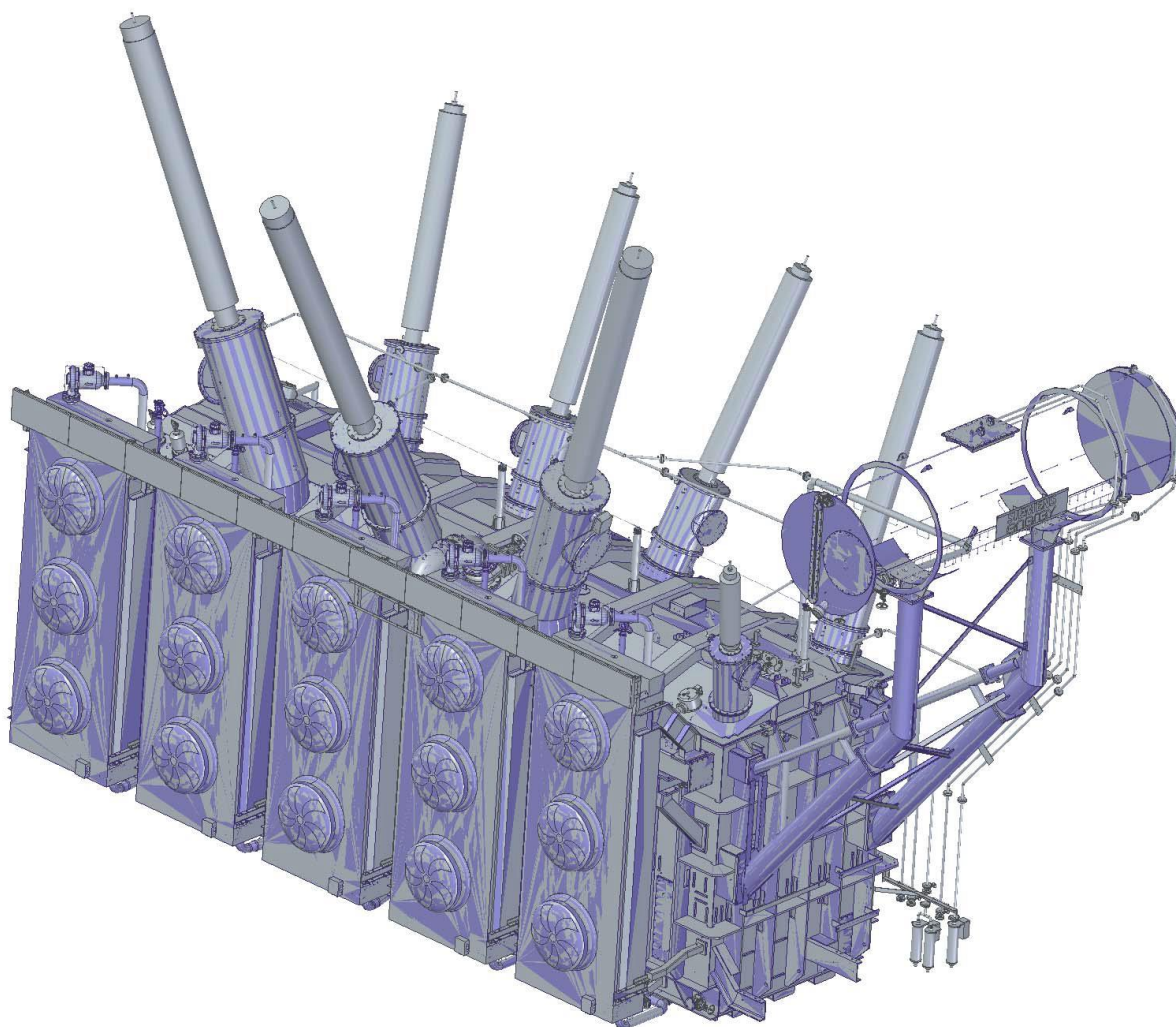
1. UVOD

1.1. Transformatorski kotao

1.1.1. Definicija transformatora

Transformator je statički elektromagnetski uređaj koji transformira električnu energiju izmjeničnog napona i izmjenične struje u električnu energiju drugog napona i struje po pravilu iste učestalosti. [1]

U principu svaki transformator može dati niži ili viši napon od onoga na koji je priključen, ali se oni unaprijed izrađuju za jednu od ove dvije namjene.



Slika 1. Primjer transformatora

1.1.1. Podjela transformatora

Transformatori su jedni od najrasprostranjenijih elektromagnetskih uređaja, te se dijele na dva načina:

1. Podjela s obzirom na područje primjene :

- **Energetske transformatore** – transformatori kod kojih se ukupna snaga prenosi s primarne strane na sekundarnu inductivnim putem. Oni se upotrebljavaju kod prijenosa i raspodjele električne energije.
 - Blok transformatori – koriste se kod spoja generatora sa električnom mrežom
 - Mrežni transformatori – koriste se za povezivanje naponskih nivoa unutar prijenosne mreže ili prijenosne i distribucijske mreže
 - Distribucijski transformatori – koriste se za povezivanje naponskih nivoa unutar distribucijske mreže.
- **Mjerne transformatore**
 - Naponski – služe za snižavanje napona do razine pri kojoj se napon može mjeriti konvencionalnim mjernim uređajima. Sekundar takvih transformatora slabo je opterećen, jer su na njega uglavnom spojeni različiti releji i mjerni uređaji za mjerenje napona.
 - Strujni - služe za snižavanje struje do razine pri kojoj se struja može mjeriti osnovnim mjernim uređajima. Sekundar takvih transformatora slabo je opterećen, jer su na njega uglavnom spojeni različiti releji i mjerni uređaji za mjerenje struje.
- **Transformatori specijalne namjene**

Transformatori za zavarivanje, transformatori za pogone, pećni transformatori itd.

2. Podjela transformatora prema načinu hlađenja

- **Suhi transformatori**- izrađuju se za napone do 50 kV i snage do 10 MVA, s obzorom da je zrak loš izolator i slabije odvodi toplinu nego ulje. Njihova glavna prednost je ta što nisu zapaljivi, pa se koriste na mjestima na kojima je to svojstvo važno (rudnici, brodovi, bolnice).

- **Uljni transformatori-** Kod uljnih transformatora, jezgra sa namotima stavlja se u čelično kućište kotla transformatora u koji se nalijeva tzv. transformatorsko ulje. Jezgra i namoti transformatora su potopljeni u transformatorsko ulje koje se nalazi u kotlu kojem pripada poklopac s provodnim izolatorima i konzervator.

2. DIJELOVI TRANSFORMATORA

Osnovni dijelovi transformatora dijele se na aktivne i pasivne. [2]

2.1. Aktivni dijelovi

2.1.1. Jezgra

Osnovni dio transformatora, odnosi se na magnetsku jezgru oko koje su namotani primarni i sekundarni namot. Transformatorski lim koristi se za smanjenje gubitaka vrtložnih struja i gubitaka zbog histereze i pružanje staze niske reluktancije (omjer magnetske sile i magnetskog toka) za struju toka. [3]

Jezgra transformatora ima dvije glavne funkcije. Prvo, pruža put niskog otpora za magnetski tok, osiguravajući učinkovito spajanje između namota. Drugo, ograničava magnetsko polje unutar transformatora kako bi se smanjili gubici i spriječile smetnje.

2.1.2. Namoti

Još jedan osnovni dio transformatora su njegovi namoti, koji se sastoje od dva seta: primarnog, povezanog s ulaznim naponom, i sekundarnog, povezanog s opterećenjem, obično izrađenog korištenjem izolirane bakrene ili aluminijske žice, olakšavajući prijenos energije između visokog i niskog napona. naponskih krugova.

Funkcija namota: primarni namot transformatora prima ulazni napon, inducirajući promjenjivo magnetsko polje, a sekundarni namot proizvodi napon na temelju omjera zavoja, omogućujući učinkovitu transformaciju napona za distribuciju električne energije povećanjem ili smanjenjem razine napona prema potrebi za potrebe prijenosa i korištenja.

2.2. Pasivni dijelovi

Nisu involvirani u direktnu transformaciju energije, ali pomažu u njenom odvijanju. U njih se ubrajaju: kotao, poklopac sa provodnim izolatorom, konzervator sa sušionikom, hladnjaci itd.

2.2.1. Kotao

Kotao još nazivamo i kućište transformatora, a ima 2 osnovne funkcije:

- da nosi aktivni dio (jezgru i namote) i transformatorsko ulje.
- u slučaju da nema prisutnog hladnjaka transformatorskog kotla, onda preko svojih stranica obavlja i funkciju odvođenja topline iz unutrašnjosti.

Sastoji se od:

- Stranica kotla
Dužni i bočni zidovi kotla izrađeni od čeličnog lima određene debljine u ovisnosti o jakosti transformatora. Budući da se radi o relativno tankim limovima velikih gabarita, najčešće se na njih radi ukrućivanja (ali i radi povećanja rashladne površine) montiraju i okomito postavljeni limovi (rebra) ili U-profilu („pasnice“), a u rijetkim varijantama i T-profilu koji su dokazano i zaštita od buke.
- Dno
Čelični lim pred definirane konture i različitih debljina, na kojeg se montiraju graničnici jezgre a kod tanjih izvedbi u svrhu ukrućivanja i H grede (HEA,HEB,HEM). Također postoje izvedbe kotla sa kotačima (za transport), tako da se onda na dno sa vanjske strane ugrađuje i prijevozni slog.
- Okvir kotla
Njegova funkcija je da se kasnije preko njega spajaju kotao i poklopac. Postoje dvije glavne izvedbe okvira: okvir koji ima strojno obrađeni utor za brtvu i kasnije nakon utopa jezgre se zavaruje u kombinaciji sa poklopcem i okvir koji se buši u paru sa poklopcem i kasnije se sa njime spaja vijčanim spojem (vijcima).
- Zavjesni dio
Služi za podizanje i manipulaciju transformatora. Na njega se stavljaju odgovarajuće gurtne i/ili lančane priveznice (lanci), tako a se izrađuje od debelostijenih profila i limova koji su međusobno zavareni višeslojnim zavarima.



Slika 2. Transformatorski kotao (čelična konstrukcija)

2.2.2. Poklopac

Funkcija mu je hermetičko zatvaranje kotla (zavarivanje ili vijčanim spojem). Sastoji se od kupola na koje se montiraju provodni izolatori, prihvata za nosač konzervatora, uški za vađenje jezgre, rebara i ojačanja.

Sa donje strane se također kao i kod kotla, postavljaju graničnici jezgre i u nekim varijantama i pinovi kako bi kod kupca bila lakša i preciznija montaža.



Slika 3. Poklopac transformatorskog kotla

2.2.3. Konzervator

Vrsta spremnika (ekspanzijska posuda) valjkastog (ili rjeđe u obliku kvadra) koja je preko čeličnih cijevi povezana sa poklopcem (kotlom)

Funkcija joj je preuzimanje viška ulja prilikom toplinskog rastezanja kotla.

Sastoji se od raznih priključaka (za dehidrator, za Buchholz relej...), od kuka (uški) za podizanje, inspekcijskog poklopca i okna, cijevi za odzračivanje.



Slika 4. Konzervator

2.2.4. Ostali dijelovi transformatora:

- termometar
- indikator razine ulja
- odušnik
- Buchholz relej
- izolator (provodni)
- dehidrator

3. TEHNOLOŠKI PROCES IZRADE I KONTROLE PRIRUBNICE SKLOPKE

Izrada pasivnog dijela transformatora (čeličnih komponenti) je projektnog tipa,, a izrađuju ga uglavnom tvrtke specijalizirane isključivo za tu vrstu proizvodnje čeličnih konstrukcija.

Svaki projekat je kao takav unikat (prilagođen vremenskim uvjetima, tehničkim zahtjevima, prostoru krajnjeg naručitelja) tako da se prije same izrade dogovaraju komercijalni uvjeti (cijena, rok isporuke, trajanje garancije..).

Nakon što su oni dogovoreni i prihvaćeni sa obje strane (kupac – dobavljač), odjel Prodaje otvara radni nalog (RN) i predaje ga u odjel Tehnološke pripreme u kojem se najčešće rade prednormativi materijala (normativi materijala su gotovi tek nakon tehnološke razrade), preko kojih odjel Nabave počinje sa narudžbama materijala potrebnih za taj projekat.

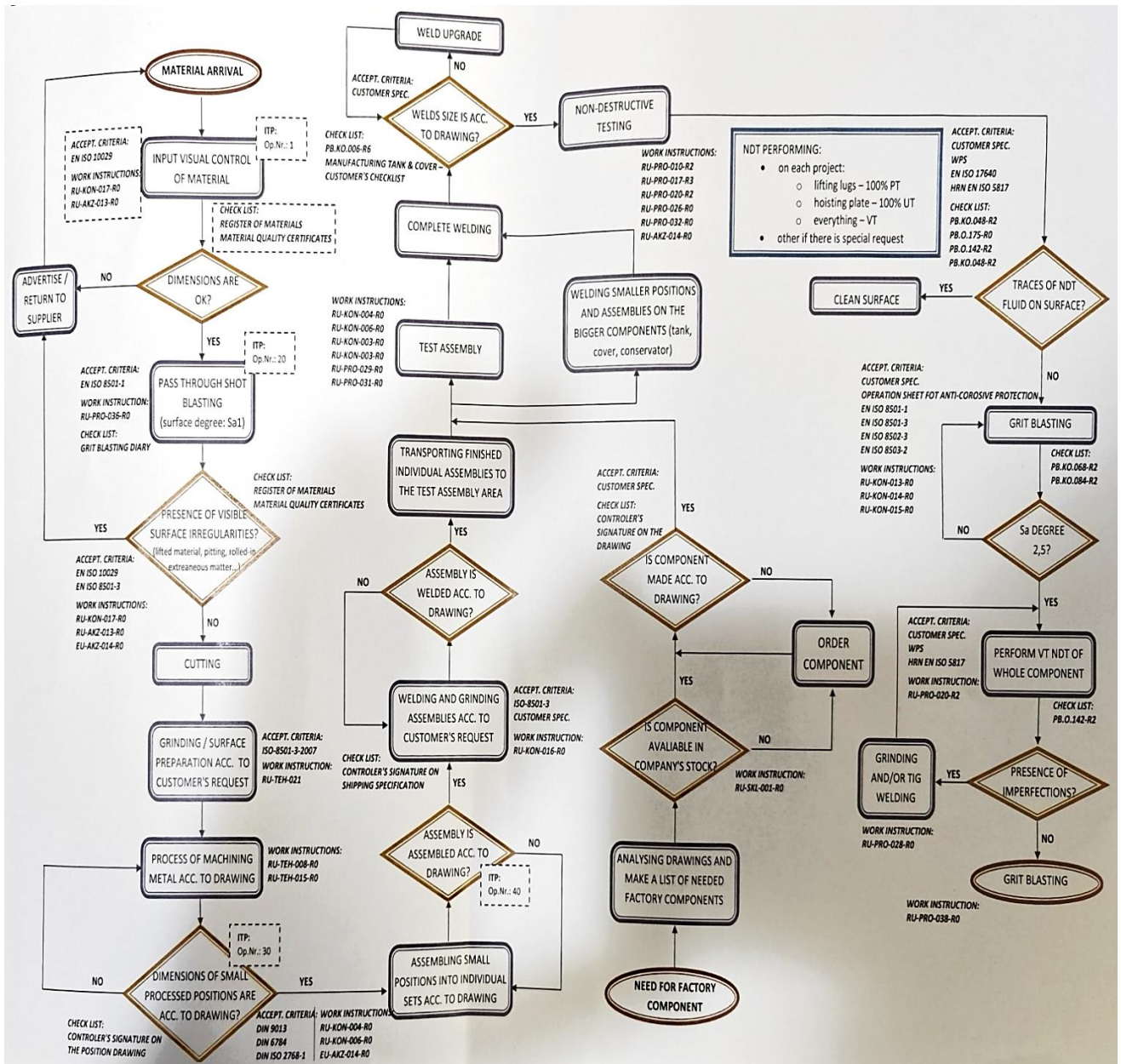
Paralelno sa time odjel Tehnološke pripreme proizvodnje razrađuje tehničku dokumentaciju (radioničke i sklopne nacрте), dobivenu od Kupca (proizvođača transformatora) i priprema je za odjel Proizvodnje.

Odjel Proizvodnje ima svoje godišnje, mjesečne i tjedne planove kojih se mora striktno pridržavati kako bi se ispoštovali rokovi dobiveni od strane Kupca, te kako bi se isporučila dovoljna količina gotovog proizvoda da se održi pozitivno poslovanje Tvrtke.

3.1. Ulazna kontrola i skladištenje materijala (lima)

Proizvodni proces izrade svake pozicije, pa tako i prirubnice sklopke započinje sa dolaskom naručenog materijala, u ovom slučaju čeličnog lima tražene debljine i kvalitete.

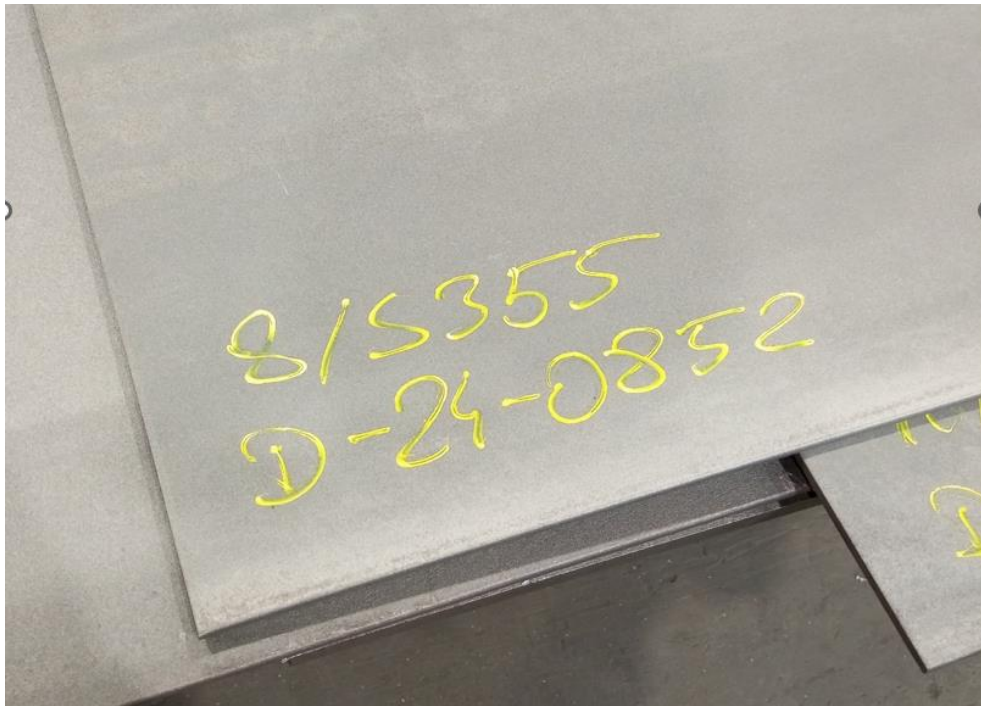
Odmah nakon dolaska materijala radi se ulazna kontrola tj. provjeravaju se dimenzije i stanje površine (ponekad i ispitivanje dvoplastnosti utrazvukom (UZ)) od strane djelatnika odjela Kontrole kvalitete (QC-a).



Slika 5. Dijagram toka proizvodnje praćen sa ulaznom i međufaznom kontrolom [9]

Nakon toga se ploči dodjeljuje „ime“ (redni broj, kvaliteta, debljina) te se zajedno sa brojem šarže, atestom materijala i brojem ploče upisuje u Knjigu zaprimljenog materijala, koja se pohranjuje radi same sljedivosti materijala koju između ostaloga zahtjeva i sustav upravljanja kvalitetom ISO 9001.

Materijal se nakon toga pohranjuje na skladište sirovog materijala unutar tvrtke.



Slika 6. Označavanje materijala – sljedivost

3.2. Sačmarenje limova na protočnoj sačmari

Budući da se zbog maksimalne iskoristivosti proizvodnog pogona, materijal (limovi, profili, cijevi..) uglavnom skladišti vani na otvorenom, dolazi do raznih onečišćenja a nerijetko i do pojave rupičaste korozije („pitting“), tako da se prije operacije rezanja mora adekvatno očistiti. To postizemo sa sačmarenjem.

Sačmarenje na protočnoj sačmari je postupak izbacivanja metalne sačme iz turbina velikom brzinom (cca 76 m/s) kombinacijom okrugle i lomljene sačme točno određene granulacije i kvalitete u svrhu pripremanja površine za plazma ili neki drugi oblik rezanja.

[6]

Zbog svoje brzine primjenjuje za velike količine obradaka ili za velike površine. To je u potpunosti automatizirani postupak i zbog izlaznih filtera, ekološki veoma prihvatljiv.



Slika 7. Protočna sačmara

3.3. Rezanje lima na plazma rezačici

Da bi sirovac za prirubnicu sklopke uopće bio izrezan, prvo je potrebno napraviti nacрте (konture) za razrez i spremiti ih u .dxf formatu, tj. formatu kojeg stroj može očitati.

Nakon toga se radi ručno ili automatsko ugnježdživanje u programu „Lantek Expert Cut“ s pregledom popunjenosti, te se rade eventualne korekcije u svrhu maksimalne iskoristivosti ploče.

Samo rezanje lima vrši se na plazma rezačici najnovije generacije „Eckert Onyx 3D“ koja uz mogućnost ravnog reza ima i opciju rezanja skošenja, ubrzavajući time generalno proces izrade pozicija.



Slika 8. Stroj za plazma rezanje – „Eckert“

Budući da se na godišnjoj razini odreže i do nekoliko tisuća različitih prirubnica za potrebe izrade komponenti transformatora, otpad kružnog oblika koji ostane nakon rezanja može se mjeriti u tonama, tako da je ovo jedan od ključnih segmenata u kojem se mora raditi optimizacija procesa izrade u svrhu financijskih ušteda.

Alternativa toj operaciji je rezanje razvijene mjere „kružnog vijenca“ (prirubnice) iz plosnatog čelika, te kružno savijanje, zavarivanje, brušenje pozicije na nulu („0“) te na posljetku ultrazvučno ispitivanje (UT), ali budući da je klasični plosnati čelik u startu nekih 15-20% skuplji od čeličnih limova, radi dodatne uštede odabrano je rješenje rezanja odgovarajućih „traka“ iz čeličnog lima na plazma rezačici, skidanje troske te dalje operacije po već spomenutom redoslijedu.

3.4. Kružno savijanje prirubnice iz plosnatog čelika (trake čeličnog lima)

Kao što je navedeno, prije samog kružnog savijanja prirubnice, potrebno je pobrusiti trosku, kako ne bismo oštećivali valjke stroja za savijanje, te kako bismo dobili što točniji oblik kružnice.

Također je u tom stanju potrebno napraviti pripremu za kasniju operaciju zavarivanja prirubnice, tj. odgovarajuće kosine za predviđeni „X“-zavar.

Ova metoda savijanja je zastupljena većinom samo kod proizvođača trafo komponenti, tako da je i relativno malo strojeva u opticaju koji mogu napraviti tu operaciju.

Takav stroj je prikazan na slici, gdje se može vidjeti njegova predimenzioniranost, koja garantira da će obaviti traženu operaciju.

Nakon izvršene operacije potrebno je prihvatno zavariti poziciju i predati je u iduću fazu izrade



Slika 9. Stroj za savijanje plosnatog lima

3.5. Zavarivanje prirubnice sklopke

Samu operaciju zavarivanja vrše zavarivači koji su atestirani sukladno normi EN ISO 9606-01, prema WPS-u proračunatom od strane Odjela Nadzora zavarivanja.

		Naziv dokumenta: SPECIFIKACIJA POSTUPKA ZAVARIVANJA <i>WELDING PROCEDURE SPECIFICATION – WPS</i> Oznaka / Designation: 010/20 BW P		Oznaka dokumenta: PB.O.157-R2				
Proizvođač / <i>Manufacturer</i>		PRIMABIRO d.o.o. Čakovec, Croatia		Položaj zavarivanja <i>Welding position</i>				
WPQR		0038/SI-09-10-1221-001		Nacin prijenosa metala <i>Mode of metal transfer</i>				
Vrsta spoja i zavara / <i>Joint type and weld type</i>		BW bs ml S30		Vrsta mehaniziranog zavarivanja <i>Type of mechanized welding</i>				
Br. No.		Debljina materijala <i>Material thickness</i>		Oznaka materijala <i>Parent material designation</i>				
Kvaliteta materijala <i>Material quality</i>		Vanjski promjer <i>Outside Diameter</i>		Grupa materijala / <i>Group No.</i>				
1		S235JR / S355J2		30 mm				
2		S235JR / S355J2		30 mm				
				EN 10025-2				
				EN 10025-2				
				1.1; 1.2				
				1.1; 1.2				
Način pripreme i čišćenja / <i>Preparation and cleaning</i> :				rezanje i brušenje				
Pojedinsti pripreme žiljeba / <i>Weld preparation details (Sketch, Drawing)</i>								
Oblik spoja / <i>Joint Design</i>			Redoslijed zavarivanja / <i>Welding sequences</i>					
Pojedinsti postupka zavarivanja / <i>Welding details</i>								
Prolaz zavara <i>Run</i>	Postupak zavarivanja <i>Welding Process</i>	Promjer dodatnog materijala <i>Size of filler material (mm)</i>	Jakost struje <i>Current (A)</i>	Napon <i>Voltage (V)</i>	Vrsta struje-polaritet <i>Type of current-polarity</i>	Brzina žice <i>Wire feed speed (m/min)</i>	Brzina zavarivanja <i>Travel speed (cm/min)</i>	Unos topline <i>Heat input (kJ/cm)</i>
1	135	1,2	110-130	16,5-17,5	=+	2,6-4,0	20 – 25	4,6-4,6
2	135	1,2	160-200	21,6-23,2	=+	5,0-7,0	25 – 30	7,0-7,8
3-16	135	1,2	240-280	25,2-26,7	=+	7,9-9,0	36 – 50	8,5-7,8
17-23	135	1,2	200-220	23,5-24,5	=+	7,0-7,5	32-36	7,5-7,8
do 24	135	1,2	200-220	23,5-24,5	=+	7,0-7,5	32-36	7,5-7,8
Dodatni podaci / <i>Other data</i> :								
Dodatni materijal / <i>Filler material</i> :			Zaštitni plin <i>Shielding gas</i>		Prašak <i>Flux</i>	Zaštita korijena <i>Backing gas</i>		
Oznaka i standard <i>Mark and specification</i>		G3Si1: EN ISO 14341-A	EN ISO 14175:2008 M21-ArC-18		-	-		
Oznaka i proizvođač <i>Make and trade name</i>		Ø1,2mm, AS-SG2 ASKAYNAK L.E.	Ferroline C18 Ar+18%CO2 Messer – Croatia		-	-		
Posebne upute za sušenje <i>Any special baking or drying</i>		Ne						
Protok plina / <i>Gas flow rate</i> :			15 - 20 L / min		-----	L / min		
Vrsta i promjer volframove elektrode <i>Tungsten electrode size and type</i>			Pojedinsti žiljebjenja i podloške <i>Details of gouging and backing</i>					
Temperatura predgrijavanja <i>Preheat Temperature</i>			~100°C - 150°C za ≥ 30mm S355J2		Meduslojna temperatura <i>Interpass Temperature</i>		≤ 200°C	
Naknadna toplinska obrada i/ili odžarivanje / <i>Postweld heat treatment</i> :								
- vrijeme, temperatura, proces / <i>time, temperature, method</i>			- brzina zagrijavanja i hlađenja / <i>heating and cooling rate</i> :					
-			-					
Ostale informacije / <i>Other information</i> :								
Oscilacija : - <i>Oscillation</i> :		Amplituda : - <i>Amplitude</i> :		Frekvencija : - <i>Frequency</i> :		Vrijeme držanja : - <i>Dwell time</i> :		
-		-		-		-		
Pojedinsti impulsnog zavarivanja / <i>Puls welding details</i> :								
-								
Razmak kontaktne sapnice / <i>Standoff distance to work piece</i> :			Kut postavljanja sapnice / <i>Torch angle</i> : -					
15-20 mm			-					

Slika 10. Specifikacija postupka zavarivanja prirubnice

Prvo se napravi korijen zavora sa standardnom strujom jakosti od 180 A, i onda se radi popuna prema standardnoj proceduri za zavarivanje sučeonog spoja sa sljedećim parametrima.

$$I = 230 \div 280 [A] \quad (1)$$

$$U = 14 + 0,05 \times I [V] \quad (2)$$

Nakon što se završi jedan zavar, pozicija se okreće na drugu stranu stranu, čisti se korijen od raznih nečistoća i primjesa, te se identični postupak ponavlja.

Zavarivanje se vrši na aparatu za zavarivanje marke „Fronius“



Slika 11. Aparat za zavarivanje marke „Fronius“

3.6. Ultrazvučno ispitivanje (UT) sučeonog zavora na prirubnici sklopke

Nakon zavarivanja se pozicija ručnom kutnom brusilicom brusi na nulu („0“), te se ispituje ultrazvučno od strane djelatnika Odjela Kontrole Kvalitete sukladno normi EN ISO 16810-1 za ultrazvučna ispitivanja.

Postupak za ultrazvučno ispitivanje je sljedeći:

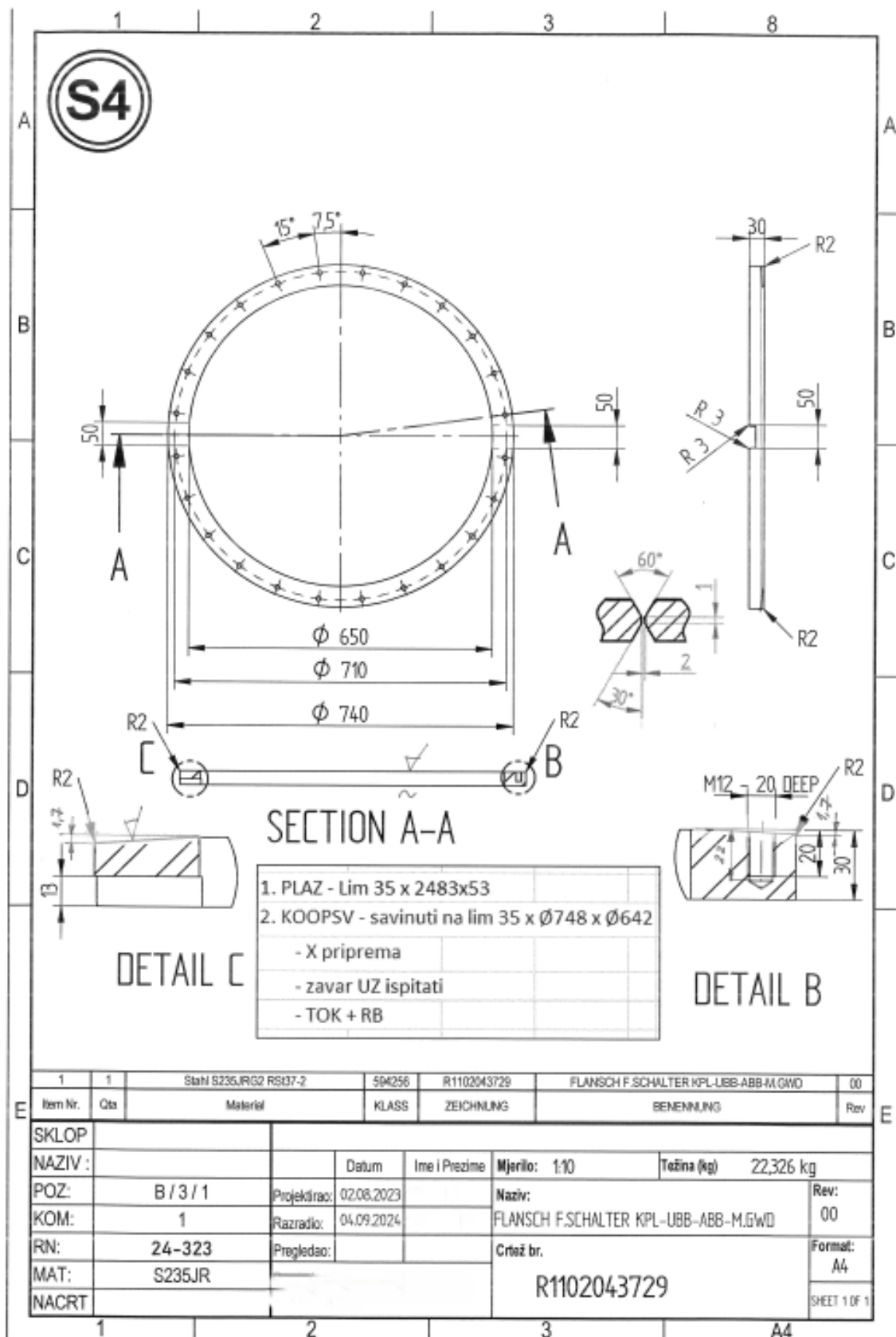
- Površina prirubnice koja se ispituje čisti se kako bi se uklonila sva površinska onečišćenja.
- Sredstvo za spajanje (ulje), nanosi se na površinu kako bi se poboljšao prijenos zvučnih valova.
- Pretvornik, koji je uređaj koji generira i prima zvučne valove, postavlja se u kontakt s materijalom.
- Pretvornik šalje visokofrekventne zvučne valove u materijal.
- Zvučni valovi putuju kroz materijal i nailaze na unutarnje karakteristike kao što su defekti ili varijacije u debljini.
- Unutarnje značajke uzrokuju da se dio zvučne energije reflektira natrag na površinu.
- Pretvornik prima reflektirane zvučne valove i pretvara ih u električne signale.
- Električne signale zatim analizira računalo kako bi se odredilo mjesto, veličina i priroda bilo kakvih nedostataka ili varijacija u debljini materijala. [4]

Nakon toga Odjel kontrole kvalitete dodjeljuje OK ili NOK oznaku na poziciju, tj. ili ide u sljedeću fazu ili se sukladno pronađenim nedostacima dorađuje (rezanje do dubine pronađene anomalije, čišćenje i ponovno zavarivanje te ispitivanje).



Slika 12. Uređaj za ultrazvučno ispitivanje

3.7. Strojna obrada prirubnice sklopke



Slika 13. Nacrt prirubnice sklopke

Kada je pozicija prošla traženo NDT ispitivanje (UT), ide u Odjel strojne obrade, gdje će se na njoj obaviti operacije sljedećim redoslijedom:

10 TOKARENJE

10/10 Vanjsko uzdužno tokarenje sa $\phi 748mm$ na $\phi 740mm$

10/20 Čeono tokarenje – poravnavanje pozicije sa $35mm$ na $30mm$

10/30 Unutarnje tokarenje sa $\phi 642mm$ na $\phi 650mm$

20 BUŠENJE

20/10 Ocrtavanje rupa

20/20 Bušenje provrta $\phi 10,2mm$ dubine $22mm$ za M12 navoj

20/30 Upuštanje provrta

20/40 Narezivanje slijepog navoja M12

30 GLODANJE

30/10 Izrada utora

3.7.1. Tokarenje prirubnice sklopke

Budući da se radi o prirubnici većih gabarita, za operaciju tokarenja je odabrana CNC tokarilica marke „Wohlenberg“

Tehničke specifikacije:

- Maksimalne dimenzije obratka: $\Phi 1004mm$ x $2000mm$,
- CNC upravljanje: Siemens Sinumerik 802D
- Godina proizvodnje: 1990.



Slika 13. CNC tokarilica marke „Wohlenberg“



Slika 14. Numeričko upravljanje CNC tokarilice

- 10/10 Vanjsko uzdužno tokarenje sa $\phi 748mm$ na $\phi 740mm$

Pozicija se obrađuje s vanjske strane, tako da stezanje sa steznom glavom radimo sa njene unutarnje strane.

Alat je nož za vanjsko tokarenje sa izmjenjivom pločicom CNMG 120408-MC3

Operacija se izvodi u 2 prolaza:

- skidanje nepravilnosti dobivenih prilikom plazma rezanja i zavarivanja
- tokarenje na zadanu mjeru
- tokarenje radijusa R2

- 10/20 Čeono tokarenje – poravnavanje pozicije sa $35mm$ na $30mm$

Također se vrši u 2 prolaza, grubo i fino čeono tokarenje [7]

- 10/30 Unutarnje tokarenje sa $\phi 642mm$ na $\phi 650mm$

Zanimljivost je da se sve operacije tokarenja rade sa istim univerzalnim nožem tako da i za unutarnje tokarenje vrijedi sličan popis operacija:

- skidanje nepravilnosti dobivenih prilikom plazma rezanja i zavarivanja
- tokarenje na zadanu mjeru

S obzirom da je tokarilica automatski alatni stroj (CNC stroj), programski jezik koji je korišten za izradu programa je G-kod.

Program za operaciju tokarenja prirubnice sklopke :

N1 G54 G90 G40 G64 ;	N33 G0 X736 ;
N2 T1 D1 M3 S90 ;	N34 G1 Z0.1 ;
N3 GO X755 Z0 ;	N35 G3 X740.1 Z-2 R2 F0.15 ;
N4 G1 X635 F0.35 ;	N36 GO Z200 ;
N5 GO Z1 ;	N37 M0 ;
N6 GO X755 ;	N38 T2 D2 M3 S100 ;
N7 GO Z2 ;	N39 G0 X645 Z1 ;
N8 G1 X635 ;	N40 G1 Z-32 F0.28 ;
N9 GO ZO ;	N41 GO X644 ;
N10 GO X744 ;	N42 G0 Z1 ;

N11 G1 Z-35 F0.3 ;
N12 GO X745 ;
N13 GO ZO ;
N14 GO X740 ;
N15 G1 Z-35;
N16 GO X741 ;
N17 GO Z-3.5 ;
N18 G1 X738 Z-2 ;
N19 GO Z200 ;
N20 M0 ;
-druga strana
N21 T1 D1 M3 S100 ;
N22 GO X742 Z2 ;
N23 G1 X635 F0,35 ;
N24 GO Z3 ;
N25 GO X742 ;
N26 GO ZO ;
N27 G1 X635 ;
N28 GO Z2 ;
N29 GO X740.1 ;
N30 GO Z-1.7 ;
N31 G1 X650 Z0 F0.28 ;
N32 GO Z1 ;
N43 GO X648 ;
N44 G1 Z-32 ;
N45 GO X647 ;
N46 GO Z1 ;
N47 GO X650 ;
N48 G1 Z-32 ;
N49 GO X649,8 ;
N50 GO Z-2 ;
N51 G2 X645 Z0.1 R2 F0.15 ;
N52 GO Z200 ;
N53 M0 ;
N54 T3 D3 M3 S110 ;
N55 GO X710 Z1 ;
N56 G1 Z-0.2 F0,1 ;
N57 GO Z500 ;
N58 M5 ;
N59 M30;

3.7.2. Bušenje prirubnice sklopke

Nakon tokarenja, potrebno je na poziciji napraviti slijepe navojne rupe.

Poziciju ocrtaemo sa točkalom (kirnerom) i čekićem, zatim napravimo provrt na radijalnoj bušilici marke „Farrox“, sa HSS svrdlom $\phi 10,2$ [mm] na traženu dubinu.



Slika 15. Radijalna bušilica marke „Farrox“

Srh koji ostaje nakon bušenja skidamo sa upuštanjem, sa kojim ujedno napravimo i kosinu spomenutog provrta.

Na kraju operacije sa „rukom“ za narezivanje navoja i adekvatnim narezanim svrdlom napravimo M12 navoje, tražene dubine.



Slika 16. Ruka za narezivanje navoja

3.7.3. Glodanje prirubnice sklopke

Završna faza je glodanje utora 50x13 [mm] koje radimo na CNC glodalici Lagun Maquinaria sljedećih tehničkih specifikacija:

- X-os = 2460[mm]

- Y-os = 925 [mm]
- Z-os = 900 [mm]
- Heidenhain CNC upravljanje
- Godina proizvodnje: 1990.



Slika 17. CNC glodalica Lagun

Utor glodamo sa planskim glodalom $\phi 32$ [mm] u 5 prolaza, sve dok ne dobijemo traženu dimenziju.

Nakon toga pozicija opet prolazi međufaznu kontrolu, gdje Kontrola kvalitete radi dimenzijsku kontrolu, kontrolu utora i provjeru navoja preko kontrolnika navoja (kalibra IDE / NE IDE)



Slika 18. Kontrolnici za kontrolu navoja

Ukoliko su izmjere unutar granica tolerancije, kontrolor se potpisuje na nacrt, a pozicija ide na stalaž Međuskладиšta.

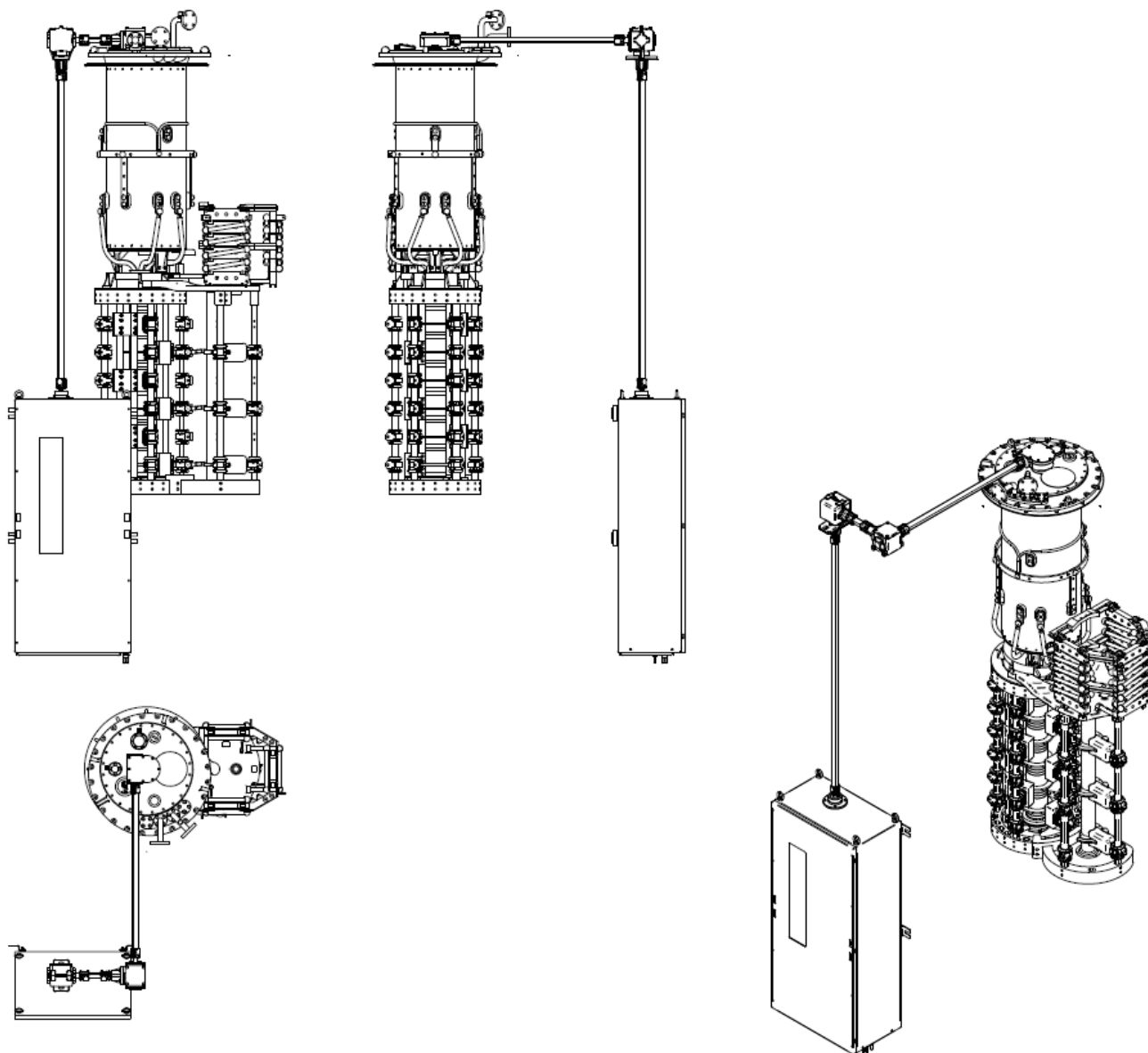


Slika 19. Međuskладиšte strojno obrađenih pozicija

3.8. Sastavljanje i zavarivanje sklopa (poklopac transformatora)

Prirubnica sklopke je pozicija koja je sastavni dio poklopca transformatorskog kotla.

Na nju se vijači sama sklopka (premještač) koja radi regulaciju napona mijenjanjem broja zavoja regulacijskih namota.



Slika 20. Sklopka transformatora

No poklopac se sastoji i od ostalih komponenti kao što je to navedeno u poglavlju br.2. ovog rada.

Budući da je svaki projekat unikatan, idejna rješenja poklopaca su veoma različita, a neka osnovna podjela po obliku bi bila:

- Ravni poklopci – baza je ravna ploča, na koju se montiraju prirubnice i/ili integrirane kupole, rebra i/ili U-profil (pasnice), graničnici jezgre, podizna uha, tuljci, nosači instalacija itd.
- „Bombirani“ poklopci – to su poklopci koji su pod određenim (malim) kutem na sredini savinuti preko uzdužne simetrale (svrha „bombiranja“ je da se ne skuplja kišnica na transformatoru. Tu operaciju vršimo na stroju za kutno savijanje:



Slika 21. CNC stroj za kutno savijanje marke „Ermaksan“

- „Šator“ poklopci – to su poklopci koji su uzdužno savinuti na 3 ili više mjesta iz istog razloga kao i bombirani i dodatno da se napravi prostor za instalaciju aktivnog dijela transformatora.

Nakon montaže, poklopac se zavaruje, ispituje sa penetrantima i na poslijetku ravna sa tehničkim plinom (najčešće acetilenom), kako bi što ravniji išao u fazu probne montaže transformatora.

3.9. Probna montaža pasivnih komponenti transformatorskog kotla

Probna montaža na transformatorskom kotlu se može podijeliti na 2 faze:

1. Faza probne montaže – montaža na poklopcu:

Tu se na poravnati poklopac montiraju kupole, sklopovi koji se sastoje od rolanih plašteva, koji se rolaju na stroju za kružno savijanje iz čeličnog lima i prirubnice ili više njih, cjevovod (uljovod) razni simulatori, iskrišta, noge konzervatora.



Slika 22. CNC stroj za kružno savijanje marke „Davi“

Sve spomenute komponente moraju biti instalirane pod točno određenim kutevima koje je definirao kupac.

2. Faza montaže – montaža na transformatorskom kotlu:

Nakon što se zavari, ispita i poravna kotao, na njega se sastavlja poklopac sa svim montiranim komponentama.

Stavlja se i treća najveća pojedinačna komponenta – konzervator.

Sa njega se spaja cjevovod na kotao (tkz „debeli veza“) preko DN80 cijevi.

Također veći transformatori imaju i vanjski rashladni sustav (hladnjake) čiji se segmenti također moraju točno predmontirati, radi što preciznije instalacije na krajnjem odredištu.

Kontrola aktivno prati sve faze montaže transformatorskih komponenti, ali ovu 2.fazu posebno, jer se 99% svih naručenih komponenti pojedinog radnog naloga ovdje međusobno spaja i korijenski zavaruje, te se uspostavlja gotovo savršena korelacija, kakvu krajnji kupac i očekuje.

Kada je probna montaža „preuzeta“ od strane Odjela Kontrole Kvalitete (QC), sve komponente, pa tako i poklopac, se demontiraju, te se predaju na ručno sačmarenje.

ZAPIS KONTROLE					2024. List 1/1	
RN: 24-503		TV.BROJ:		Kontrola		
KUPAC:		Br. kom.	Zadana mjera.	Izmjerena mjera.	Potpis poslovođe/zamjenice (potvrda da je nesukladnost uklonjena)	Potpis kontrolora (potvrda da je nesukladnost uklonjena)
OPIS NESUKLADNOSTI						
* POKLOPAC *						
B111 - ISPOD STRANICE 25°						
B125; B126 - FALŠ CJEVI ISPOD PEIR ISPOD PK		3+2				
B127/B128 - FALŠ ISPOD VENTILACIJSKE CJEVI		6				
B129 - FALŠ ISPOD ŠIPKA		1				
B130 - FALŠ CJEVI ISPOD PEIR ISPOD PK		1				
B131 - FALŠ REBRA ISPOD PK		2				FIN
B136 - FALŠ REBRA BOČNO		1				
B137 - FALŠ CJEVI ISPOD PEIR ISPOD PK		1				
B138 - FALŠ CJEVI ISPOD PEIR ISPOD PK		1				
B140; B141 - FALŠ REBRA BOČNO		5+2				
B167 - FALŠ NOSAČ ZA CJEVI		1				
B181; B182; B183; B184 - FALŠ NOSAČI ISPOD		1+1+1+1				
B185 - VISINA KUTIJE 4mm		1	146	142	→ OK	FIN
B185/15 - FALŠ TUVJCI U KUTJI M12x30		3				FIN
B188 - FALŠ CJEVI (DIO OSTAJE) + NOSAČI		KPL				
B1107 - FALŠ PRIRUBNICE		3				
B1110 - FALŠ TUVJCI M12x30 ZA ZAŠTITU TERMO METRA		4				
B186 - FALŠ TUVJCI M8x20 ZA BRIGANJE NOSAČA		1				FIN
B1118 - FALŠ GRANICNIK JEZGRE ISPOD		1				
B1115 - FALŠ ŽICA OKO OLVIRA POKLOPCA		KPL				
B1120 - FALŠ GRANICNIK ISPOD POKLOPCA		1				
B1124 - FALŠ PLOČICA S SERBIJSKIM BROJEM		1				FIN
B1142 - FALŠ PRIRUBNICA 6 MS		1				
B1150 - FALŠ NOSAČI NATPISNE PLOČICE		2				FIN
B1167 - FALŠ TUVJCI M8		2				FIN
B1206 - FALŠ TUVJCI M12x30 ZA BRIG TOPIVA		4				FIN
* B1500 * VERDRAHTUNG POZ						

Slika 23. Zapis međufazne kontrole – kontrola poklopca [10]

3.10. Ručno sačmarenje

Ručno sačmarenje je priprema za antikorozivnu zaštitu proizvoda.

Postupak se odvija u izoliranoj komori, čiji se pod sastoji od niza demontažnih rešetki, a zidovi su obloženi gumama.

Operacija se izvodi pod pritiskom (oko 9 [bar]) prilikom čega lomljena čelična sačma propada kroz rešetke, gdje je onda lopatice potiskuju prema elevatoru. Elevator podiže sačmu prema spremniku, koja se pročišćuje od prašine i prljavštine. Čelična sačma iz spremnika puni tlačnu posudu iz koje je iznosi tlak zraka, te prolazi kroz gumeno crijevo.

Crijevom upravljaju u pravilu dvojica radnika u zatvorenoj komori, kako bi proces bio što brži, te kako bi pazili jedan na drugog, budući da se radi o zatvorenom sustavu.



Slika 24. Komora za ručno sačmarenje

Postupak je kontinuiran i sačma obavlja recirkulaciju unutar sistema.

Prednost sačmarenja je velika brzina rada, kvaliteta površine, te minimalno zagađenje okoliša.

S obzirom da od strane kupca dolaze visoki zahtjevi za AKZ (antikorozivnu zaštitu), priprema površine mora biti minimalno $Sa\ 2,5$, što znači da sukladno ISO 8501-1;1988 predstavlja vrlo temeljito čišćenje mlazom abraziva, te površina mora biti slobodna od vidljivog ulja, masti ili prljavštine, te također i od hrđe, okujine, premaza ili stranih tvari.


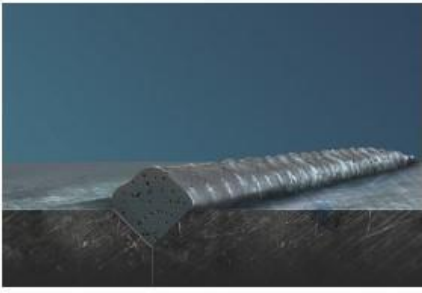
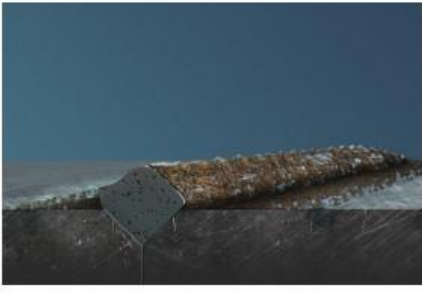
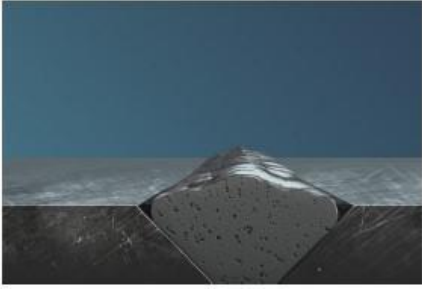
3.11. Čišćenje poklopca transformatora nakon sačmarenja

Sukladno zahtjevima kupca i zahtjevima norme ISO 8501-3 (Stupanj pripreme površine za AKZ), obaraju se oštri bridovi ovisno u stupnju pripreme (P1/P2/P3), TIG zavarivanjem se pretaljuju završeci i lošiji spojevi, nastali kod MAG zavarivanja.

Također se zavaruju i pore koje su se nakon sačmarenja naknadno otvorile u materijalu poklopca, kako ne bi došlo do propuštanja, te kako bi se što bolje mogla obaviti operacija bojanja.

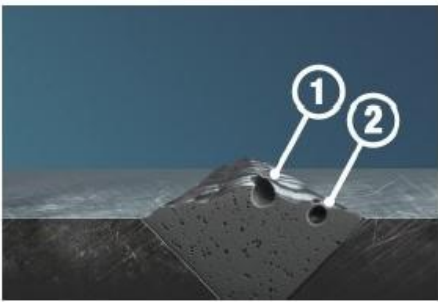


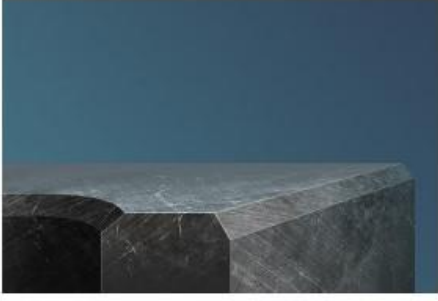
U sljedećoj radnoj uputi su detaljno objašnjeni spomenuti termini:

		Naziv radne upute
		STUPANJ PRIPREME ZA AKZ – prema ISO EN 8501-3 (zavari - površine – rubovi)

Prskotine od zavarivanja		P1	Površina mora biti očišćena od prskotina označenih s P1
		P2	Površina mora biti očišćena od prskotina označenih s P1 i P2
		P3	Površina mora biti očišćena od prskotina označenih s P1, P2 i P3
		P3 offshore	Površina mora biti očišćena od prskotina
Profil zavarenog spoja		P1	Nije potrebna dodatna obrada
		P2	Oštre i nepravilne konture profila potrebno zagladiti
		P3	Površina zavarenog spoja mora biti glatka
		P3 offshore	Površina zavarenog spoja mora biti glatka
Oksidirana površina u području zavara		P1	Površina mora biti očišćena od oksidiranih ostataka (okujine)
		P2	Površina mora biti očišćena od oksidiranih ostataka (okujine)
		P3	Površina mora biti očišćena od oksidiranih ostataka (okujine)
		P3 offshore	Površina mora biti očišćena od oksidiranih ostataka (okujine)
Zajedi		P1	Nije potrebna dodatna obrada
		P2	Površina mora biti slobodna od oštih i dubokih zajeda
		P3	Površina mora biti slobodna od zajeda
		P3 offshore	Nikakvi zajedi nisu dopušteni

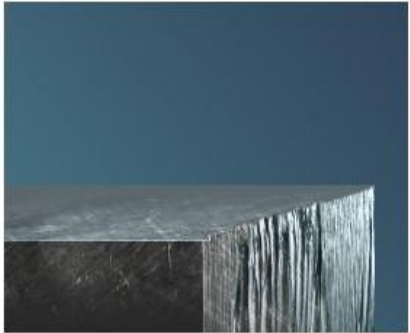
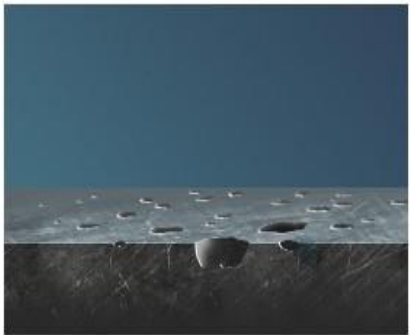


Slika 25. Stupanj pripreme za AKZ – nepravilnosti kod zavarivanja

Naziv radne upute	
STUPANJ PRIPREME ZA AKZ – prema ISO EN 8501-3 (zavari - površine – rubovi)	

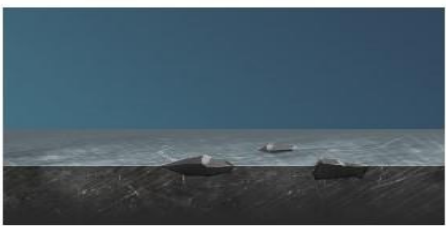
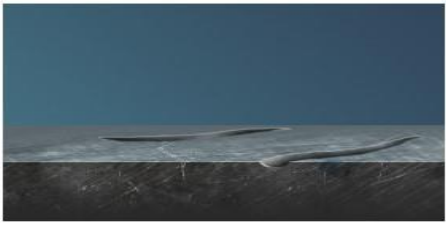
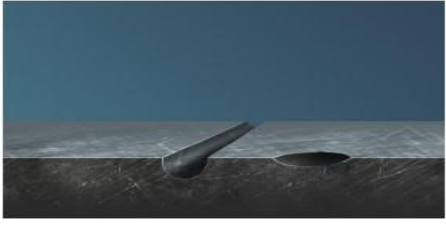
Pore 1 – vidljive 2 – nevidljive (mogućnost otvaranja nakon sačmarenja)		P1	Nije potrebna dodatna obrada
		P2	Vidljive pore moraju biti dovoljno otvorene da se omogući ulazak boje ili sanirane
		P3	Vidljive pore nisu dozvoljene
		P3 offshore	Pore nisu dozvoljene
Završni krater		P1	Nije potrebna dodatna obrada
		P2	Završni krater mora biti bez oštrih bridova
		P3	Završni krateri nisu dozvoljeni
		P3 offshore	Završni krateri nisu dozvoljeni
Bridovi		P1	Nije potrebna dodatna obrada
		P2	Nije potrebna dodatna obrada
		P3	Bridovi moraju biti zaobljeni s radiusom minimalno R2
		P3 offshore	Bridovi moraju biti zaobljeni s radiusom minimalno R2
Bridovi nakon obrade (probijanje, rezanje na škarama, bušenje)		P1	Brid ne smije biti oštar
		P2	Brid ne smije biti oštar
		P3	Bridovi moraju biti zaobljeni s radiusom minimalno R2
		P3 offshore	Bridovi moraju biti zaobljeni s radiusom minimalno R2

Slika 26. Stupanj pripreme za AKZ – nepravilnosti nakon obrade

Naziv radne upute	
STUPANJ PRIPREME ZA AKZ – prema ISO EN 8501-3 (zavari - površine – rubovi)	

Bridovi nakon rezanja		P1	Površina mora biti očišćena od šljake
		P2	Ni jedan dio brida ne smije imati nepravilan profil
		P3	Površina mora biti glatka a bridovi zaobljeni s minimalno R2 radiusom
		P3 offshore	Površina mora biti glatka a bridovi zaobljeni s minimalno R2 radiusom
Rupe i krateri u osnovnom materijalu		P1	Rupe i krateri moraju biti dovoljno otvoreni da se omogući ulazak boje
		P2	Rupe i krateri moraju biti dovoljno otvoreni da se omogući ulazak boje
		P3	Rupe i krateri nisu dopušteni
		P3 offshore	Rupe i krateri nisu dopušteni
Ljuštenje osnovnog materijala		P1	Površina mora biti slobodna od uzdignutog materijala nastalog ljuštenjem
		P2	Ljuštenje osnovnog materijala nije dozvoljeno
		P3	Ljuštenje osnovnog materijala nije dozvoljeno
		P3 offshore	Ljuštenje osnovnog materijala nije dozvoljeno
Laminacija osnovnog materijala		P1	Površina mora biti slobodna od uzdignutog materijala nastalog laminacijom
		P2	Laminacija osnovnog materijala nije dozvoljena
		P3	Laminacija osnovnog materijala nije dozvoljena
		P3 offshore	Laminacija osnovnog materijala nije dozvoljena

Slika 27. Stupanj pripreme za AKZ – nepravilnosti površine

		Naziv radne upute STUPANJ PRIPREME ZA AKZ – prema ISO EN 8501-3 (zavari - površine – rubovi)	
Uvaljani strani materijal		P1	Površina mora biti slobodna od uvaljanog stranog materijala
		P2	Površina mora biti slobodna od uvaljanog stranog materijala
		P3	Površina mora biti slobodna od uvaljanog stranog materijala
		P3 offshore	Površina mora biti slobodna od uvaljanog stranog materijala
Utori i žljebovi na površini materijala		P1	Nije potrebna dodatna obrada
		P2	Radius utora i žljebova ne smije biti manji od 2 mm
		P3	Utori nisu dozvoljeni, radius žljeba ne smije biti manji od 4 mm
		P3 offshore	Utori i žljebovi nisu dozvoljeni
Udubljenja i tragovi rolanja		P1	Nije potrebna dodatna obrada
		P2	Udubljenja i tragovi rolanja moraju biti zaobljeni
		P3	Udubljenja i tragovi rolanja nisu dopušteni
		P3 offshore	Udubljenja i tragovi rolanja nisu dopušteni

Slika 28. Stupanj pripreme za AKZ – nepravilnosti materijala prije obrade

Nakon spomenutih radnji, poklopac mora biti prekontroliran od strane odjela Kontrole, te se na njega stavlja kartica SUKLADNO/ NESUKLADNO, ovisno o rezultatu inspekcije.

U slučaju pozitivnog izvješća, šalje se još jednom na sačmarenje, kako bi se ohrapavila površina sukladno zahtjevima i to se naziva „osvježenje“, te nakon toga može na bojanje.

3.12. Antikorozivna zaštita (AKZ)

Kod definiranja komercijalnih uvjeta, jedna od najbitnijih stavki je i korozivnost okoliša, tj. definiranje uvjeta u kojima će transformator raditi.

Tako da kupac sukladno HRN EN ISO 12944-2; 2018 definira jednu od 6 kategorija korozivnosti:

ISO 12944 ima 6 temeljnih kategorija koje se odnose na atmosfersku koroziju, i to:	
C1	jako niska
C2	niska
C3	srednja
C4	visoka
C5	vrlo visoka
CX*	ekstremna

*Nova kategorija koja pokriva offshore Dio 9.

Kategorija korozivnosti	Primjeri okoliša	
	Vanjski	Unutarnji
C1 jako niska	-	Grijane zgrade sa čistom atmosferom, poput ureda, dućana, škola, hotela.
C2 niska	Lagano onečišćena atmosfera, uglavnom ruralna područja.	Negrijane zgrade u kojima može doći do pojave kondenzacije, npr. spremišta, sportske dvorane.
C3 srednja	Urbana i industrijska atmosfera s prosječnom razinom onečišćenja sumpornim oksidom (IV); priobalna područja niske razine saliniteta.	Proizvodni objekti s visokom vlažnošću i određenim stupnjem onečišćenja zraka, npr. tvornice hrane, praonice, pivovare, mljekare.
C4 visoka	Industrijska i priobalna područja srednjeg saliniteta.	Kemijske tvornice, bazeni, remontna brodogradilišta.
C5 vrlo visoka	Industrijska područja s vrlo visokom vlažnošću i agresivnom atmosferom te priobalna područja visoke razine saliniteta.	Zgrade i površine sa gotovo konstantnom kondenzacijom i visokom razinom onečišćenja.
CX ekstremna*	Offshore područja s visokom razinom saliniteta ili industrijska područja ekstremne vlažnosti i agresivne atmosfere ili subtropska i tropska područja.	Zgrade i površine sa gotovo konstantnom kondenzacijom i agresivnim onečišćenjem.

Slika 29. Kategorije korozivnosti [8]

Kada radni nalog stigne u proizvodnju, tehnolog-kontrolor AKZ-a definira dokument koji se naziva „Postupnik antikorozivne zaštite“, te se prema njemu bojanju sve pozicije i sklopovi sa tog naloga.

	Naslov:	POSTUPNIK AKZ	Ident. oznaka:	2022
				List: 1/ 1

SKLOP	Transformatorski kotao			RADNI NALOG	RN 24-231	
PRIPREMA POVRŠINE	Sačmarjenje:	Iznutra:Sa 2,5*P2	Izvana:Sa 2,5 *P2	Kupac:		
	Metalizacija :				Tvornički broj:	
	Ostalo: CHING - brzosušive boje izvana				Težina:	13 t
PREMAZNO SREDSTVO	Temeljni premaz	IZNUTRA	BRTVENE POVRŠINE	IZVANA		
		EMC 182 K-DB	EMC 182 K-DB	1. temeljni premaz	1. međusloj	Završni premaz
	Nijansa	BIJELA	BIJELA	SIVA	CRVENO SMEĐA	ADD 47
	RAL	9010	9010			7038
	Utvrdivač	M 038	M 038	M026	M 037	D 101
	Razrjeđivač	EM 01	EM 01	EM 01	EM 01	DD 01
	Način nanašanja	Kist, valjak,airless	Kist, valjak,airless	Kist, valjak,airless	Kist, valjak,airless	Kist, valjak,airless
	Debljina suhog sloja	80 µm	80µmT+100µmM+80µmL	80 µm	100 µm	80 µm
	Vrijeme sušenja	8 h na dodir	8 h na dodir	3h	6h	8h
	Ukupna debljina suhog sloja		260 um	260 um		

Napomena: Transportna oprema = EMC 182 K-DB (80µm) + ADD47 RAL 3000 (80µm) ** Dodatno bojanje RAL 3000
**Štićenje okvira kotla/poklopca → 50/25/25

Slika 30. Postupnik za antikorozivnu zaštitu

U tom dokumentu su navedeni proizvođač boje, naziv premaznog sredstva, RAL boje, broj premaza, debljina svakog pojedinog sloja, debljina ukupnog sloja suhog filma, broj radnog naloga i vrijeme sušenja, odnosno sve što djelatnici lakirnice trebaju znati da bi kvalitetno obavili spomenutu operaciju.



Slika 31. Kotao u završnom sloju boje

Kontrolu debljine pojedinih slojeva boje, kao i kontrolu debljine završnog sloja i kvalitete premaza unutar odjela kontrole vrši također tehnolog-kontrolor AKZ-a.

Mjerenja debljine sloja premaza se vrši uređajima marke „Elcometer“ koje je potrebno nakon određenog broja korištenja umjeravati sa tvorničkim etalonima.

Sonde na uređaju sa kojima se obavlja samo mjerenje, mijenjaju se u ovisnosti o vrsti materijala, tj. ovisno da li se radi o ugljičnom ili nehrđajućem čeliku.



Slika 32. Mjerenje debljine boje Elcometrom

U iznimnim slučajevima kada to kupac zahtjeva, rade se i posebni testovi adhezije boje kao što su „cross-cut“ i „pull-off“ test.

„Cross-cut“ test je metoda određivanja otpornosti boja i premaza na odvajanje od podloga korištenjem alata za rezanje rešetkastog uzorka pod pravim kutom u premaz, prodirući sve do podloge.

„Pull-off“ test (ispitivanje adhezije) je metoda mjerenja otpornosti premaza na odvajanje od podloge kada se primjenjuje okomita vlačna sila.

Nakon što poklopac zadovoljni sve navedene uvjete, tehnolog-kontrolor AKZ-a mu dodjeljuje karticu „SUKLADNO“ i šalje ga na odjel Otpreme.

Dnevnik mjerenja završnog premaza boje

Rn / tv.br. / kupac	kotao		poklopac		konzervator		oprema-cijevovod		rashladni - kupole		Primjedba:
	mjerjenje prvo	mjerjenje završno	mjerjenje prvo	mjerjenje završno	mjerjenje prvo	mjerjenje završno	mjerjenje prvo	mjerjenje završno	mjerjenje prvo	mjerjenje završno	
24-620 30x20x120/01 260μ	polje: 506 broj mj.: 240 min.: 19,1 sred.: 274 max.: 722 datum /potpis: 03.09.2	polje: 506 broj mj.: 240 min.: 19,1 sred.: 274 max.: 722 datum /potpis: 03.09.2	polje: 190 broj mj.: 45 min.: 254 sred.: 411,3 max.: 525 datum /potpis: 31.8.21	polje: 190 broj mj.: 45 min.: 254 sred.: 411,3 max.: 525 datum /potpis: 31.8.21	polje: 500 broj mj.: 62 min.: 160 sred.: 338,2 max.: 836 datum /potpis: 31.8.21	polje: 500 broj mj.: 62 min.: 160 sred.: 338,2 max.: 836 datum /potpis: 31.8.21	polje: 503 broj mj.: 62 min.: 177 sred.: 443,0 max.: 917 datum /potpis: 3.9.21	polje: 503 broj mj.: 62 min.: 177 sred.: 443,0 max.: 917 datum /potpis: 3.9.21	polje: 503 broj mj.: 62 min.: 177 sred.: 443,0 max.: 917 datum /potpis: 3.9.21	polje: 503 broj mj.: 62 min.: 177 sred.: 443,0 max.: 917 datum /potpis: 3.9.21	
24-227 N. 5057 260μ	polje: 501 broj mj.: 210 min.: 150 sred.: 227,9 max.: 448 datum /potpis: 02.09.2	polje: 501 broj mj.: 210 min.: 150 sred.: 227,9 max.: 448 datum /potpis: 02.09.2	polje: 190 broj mj.: 45 min.: 254 sred.: 411,3 max.: 525 datum /potpis: 31.8.21	polje: 190 broj mj.: 45 min.: 254 sred.: 411,3 max.: 525 datum /potpis: 31.8.21	polje: 500 broj mj.: 62 min.: 160 sred.: 338,2 max.: 836 datum /potpis: 31.8.21	polje: 500 broj mj.: 62 min.: 160 sred.: 338,2 max.: 836 datum /potpis: 31.8.21	polje: 503 broj mj.: 62 min.: 177 sred.: 443,0 max.: 917 datum /potpis: 3.9.21	polje: 503 broj mj.: 62 min.: 177 sred.: 443,0 max.: 917 datum /potpis: 3.9.21	polje: 503 broj mj.: 62 min.: 177 sred.: 443,0 max.: 917 datum /potpis: 3.9.21	polje: 503 broj mj.: 62 min.: 177 sred.: 443,0 max.: 917 datum /potpis: 3.9.21	
24-128 120x90-040 300μm	polje: 518 broj mj.: 130 min.: 164 sred.: 332,3 max.: 644 datum /potpis: 20.09.2	polje: 518 broj mj.: 130 min.: 164 sred.: 332,3 max.: 644 datum /potpis: 20.09.2	polje: 510 broj mj.: 179 min.: 169 sred.: 260,4 max.: 407,7 datum /potpis: 3.9.21	polje: 510 broj mj.: 179 min.: 169 sred.: 260,4 max.: 407,7 datum /potpis: 3.9.21	polje: 507 broj mj.: 85 min.: 148 sred.: 284,1 max.: 740 datum /potpis: 03.09.2	polje: 507 broj mj.: 85 min.: 148 sred.: 284,1 max.: 740 datum /potpis: 03.09.2	polje: 518 broj mj.: 130 min.: 164 sred.: 332,3 max.: 644 datum /potpis: 20.09.2	polje: 518 broj mj.: 130 min.: 164 sred.: 332,3 max.: 644 datum /potpis: 20.09.2	polje: 550 broj mj.: 130 min.: 162 sred.: 332,3 max.: 694 datum /potpis: 20.09.2	polje: 551 broj mj.: 80 min.: 68 sred.: 242,1 max.: 484 datum /potpis: 20.9.2	
24-426 201938A/01 200μm	polje: 514 broj mj.: 96 min.: 216 sred.: 323,5 max.: 1233 datum /potpis: 06.09.2	polje: 514 broj mj.: 96 min.: 216 sred.: 323,5 max.: 1233 datum /potpis: 06.09.2	polje: 513 broj mj.: 90 min.: 78 sred.: 238,9 max.: 579 datum /potpis: 05.09.2	polje: 513 broj mj.: 90 min.: 78 sred.: 238,9 max.: 579 datum /potpis: 05.09.2	polje: 518 broj mj.: 96 min.: 216 sred.: 323,5 max.: 1233 datum /potpis: 14.09.21	polje: 518 broj mj.: 96 min.: 216 sred.: 323,5 max.: 1233 datum /potpis: 14.09.21	polje: 518 broj mj.: 96 min.: 216 sred.: 323,5 max.: 1233 datum /potpis: 14.09.21	polje: 518 broj mj.: 96 min.: 216 sred.: 323,5 max.: 1233 datum /potpis: 14.09.21	polje: 518 broj mj.: 96 min.: 216 sred.: 323,5 max.: 1233 datum /potpis: 14.09.21	polje: 518 broj mj.: 96 min.: 216 sred.: 323,5 max.: 1233 datum /potpis: 14.09.21	
24-125 120-020 300μm	polje: 539 broj mj.: 440 min.: 28 sred.: 406 max.: 802 datum /potpis: 17.09.2	polje: 539 broj mj.: 440 min.: 28 sred.: 406 max.: 802 datum /potpis: 17.09.2	polje: 525 broj mj.: 95 min.: 109 sred.: 228 max.: 538 datum /potpis: 10.09.2	polje: 525 broj mj.: 95 min.: 109 sred.: 228 max.: 538 datum /potpis: 10.09.2	polje: 520 broj mj.: 100 min.: 130 sred.: 352,3 max.: 658 datum /potpis: 09.09.2	polje: 520 broj mj.: 100 min.: 130 sred.: 352,3 max.: 658 datum /potpis: 09.09.2	polje: 558 broj mj.: 200 min.: 113 sred.: 301 max.: 504 datum /potpis: 14.09.21	polje: 566 broj mj.: 215 min.: 197 sred.: 467,1 max.: 811 datum /potpis: 25.9.21	polje: 563 broj mj.: 235 min.: 115 sred.: 347,3 max.: 793 datum /potpis: 24.09.2	polje: 561 broj mj.: 58 min.: 150 sred.: 336,5 max.: 879 datum /potpis: 24.9.21	

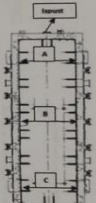
Slika 33. Dnevnik mjerenja završnog premaza boje

3.13. Otprema poklopca transformatora

Kada poklopac stigne na Otpremu, djelatnici tog odjela rade „ađustažu“ boje , tj. završne lakirerske radove kojima uređuju proizvod sukladno „Tehničko-dobavnim uvjetima“ (TDU) dobivenih od strane Kupca.

Tu spadaju bojanje brtvenih površina, bojanje podiznih elemenata, bojanje težišta, bojanje natpisnih pločica itd.

Kada je to završeno, djelatnici odjela Kontrole kvalitete (QC) rade završnu vizualnu, pozicijsku kontrolu, te kontrolu boje i kada zaključe da se sve sukladno, stavljaju identifikacijsku karticu proizvoda, da bi Kupac mogao pročitati o kojem se sklopu i nalogu radi.

ZAVRŠNA KONTROLA PROIZVODA															
RADNI NALOG: 24-234				KUPAC:				TVORNIČKI BROJ: 5002A11							
UNUTARNJI PREMAZ: EMC 182 E-DB - 80µm						VANJSKI PREMAZ: ADD 47 RAL 7033 - 320µm									
UNUTARNJI PREGLED:	OPERACIJA:	A - KOTAO		B - POKLOPAC		C - KONZERV.		D - OPREMA		E - HLADNJAK		F - TOPOVI		UNUTARNJA ŠIRINA KOTLA	
	Vizualna kontrola površine:	9.10. AH				70.10. Li								A =	
	Kontrola nedostupnih mjesta:	9.10. AH				70.10. Li								B =	
VANJSKI PREGLED:	Debljina suhog sloja boje:	OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK	C =	
	Vizualna kontrola površine:	8.10. Li		8.10. Li		8.10. Li								 Zadana unutarnja širina:	
	Kontrola nedostupnih mjesta:	8.10. Li		8.10. Li		8.10. Li									
	Debljina suhog sloja boje:	OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK		
	Pregled pozicija prema 3. dokument.														
Otpremna kartica:	DA	NE	DA	NE	DA	NE	DA	NE	DA	NE	DA	NE			
NAPOMENA:															
IZMJERE DFT: (SUHI SLOJ ZAVRŠNOG PREMAZA)	Polje broj / Broj mjerenja:	607 1641		605 165		606 175		1		1		1		ZADANO:	
	Minimalno:	211		301		327								MIN. DFT =	
	Aritmetička sredina:	643.6		489.9		560.9								NDFT =	
	Maksimalno:	75.06		884		899								MAX. DFT =	
ZAVRŠNA KONTROLA DOKUMENTA:				DATUM:				KONTROLIRAO:				POTPIS:			

Slika 34. Dokument završne kontrole proizvoda

Na kraju se poklopac zatvara sa termo-folijom, te se takav stavlja na transport (kamion) i dostavlja Kupcu.



Slika 35. Zapakirani poklopac transformatora prije isporuke

4. USPOREDBA IZRADA PRIRUBNICE SKLOPKE

U točkama 3.3. i 3.4. su navedene spomenute metode izrade sirovca prirubnice sklopke, no tek kada se to pretvori u brojke, dobije se kompletna slika uštede.

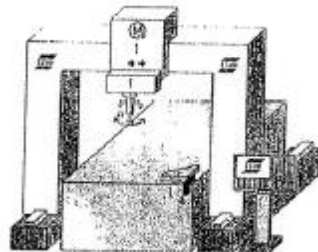
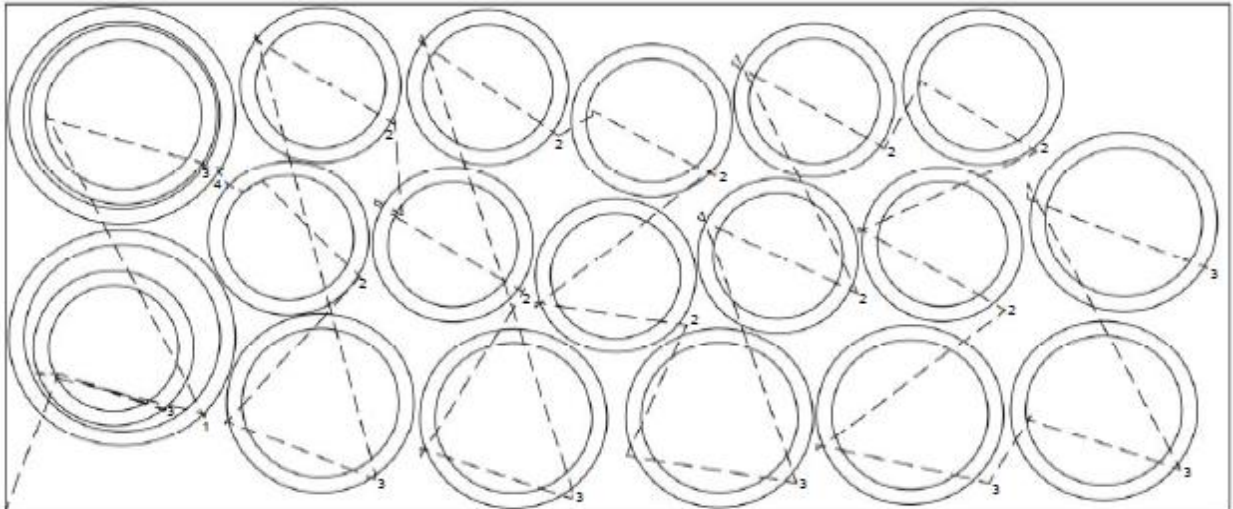
Ugnježdivanje je rađeno u programu „Columbus“ koji ima mogućnost izračuna mase i površine izrezanih sirovaca, ali već je na oko vidljiva razlika u potrebnoj površini rezanja.





PROGRAM PRIRUBNICE

Dimensions: 6000x2000x30.00mm
 Default Material: Čelik
 Machine: ESAB PLAZMA
 Quantity: 1pcs
 Note:

Modified by: K.J.
 Modified on: 15.11.2023, 10:02:32
 State changed on:
 Code generated on:

Program name:



Sheet		Matični broj lima	Placem ent 1	Note 1	Width (mm) 4630	Height (mm) 2000	Materijal Čelik	Thickness (mm) 30,00	POČETAK REZANJA		ZAVRŠETAK REZANJA	
No	ORDER	POZICIJA	Ordered (pcs)	Nested (pcs)	Delivery Date	Radni nalog	Geometry	Width (mm)	Height (mm)	Area(m ²)	Weight (kg)	
1	<None>	908/792	1	1	15.11.2023.	<None>		908.0	908.0	0.1349	36.3	
2	<None>	fi_608_492[7]	10	10	15.11.2023.	<None>		608.0	608.0	0.1002	23.6	
3	<None>	fi_708_592[1]	8	8	15.11.2023.	<None>		708.0	708.0	0.1184	27.9	
4	<None>	fi_858_742[6]	1	1	15.11.2023.	<None>		858.0	858.0	0.1438	34.3	

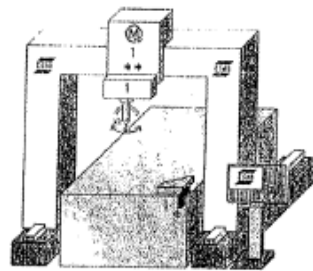
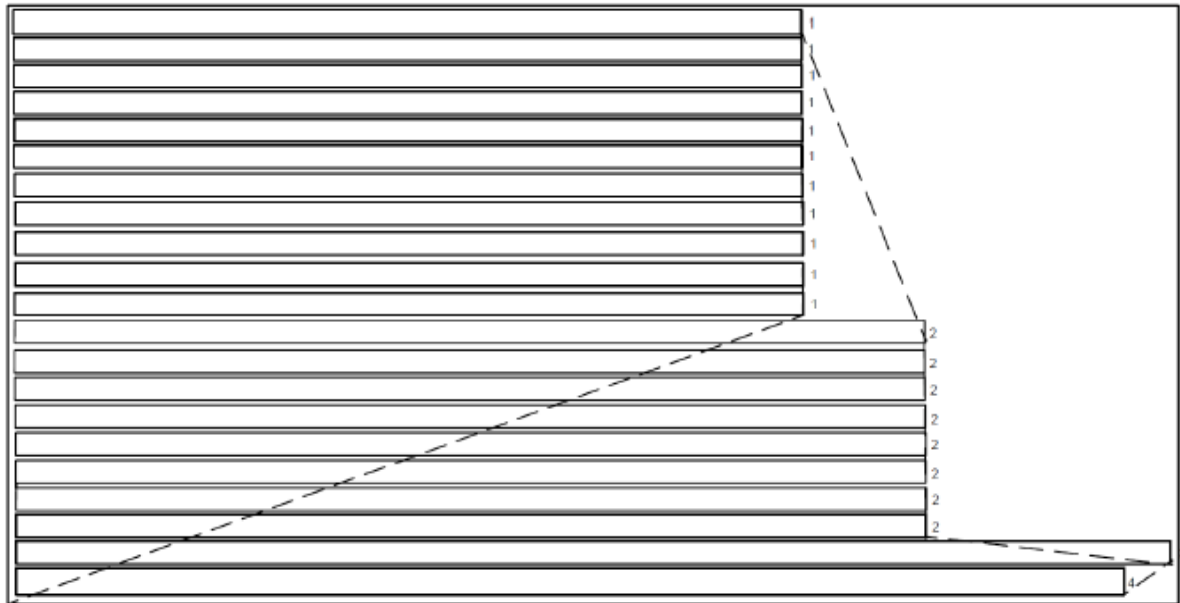
Slika 36. Simulacija ugnježdživanja okruglih sirovaca u programu „Columbus“



PROGRAM PRIRUBNICE

Dimensions: 6000x2000x30.00mm
 Default Material: Čelik
 Machine: ESAB PLAZMA
 Quantity: 1pcs
 Note:

Modified by: K.J.
 Modified on: 15.11.2023. 10:02:32
 State changed on:
 Code generated on:

Program name:



Sheet		Matični broj lima	Placem ent 1	Note 1	Width (mm)	Height (mm)	Materijal	Thickness (mm)	POČETAK REZANJA		ZAVRŠETAK REZANJA	
No	ORDER	POZICIJA	Ordered (pcs)	Nested (pcs)	Delivery Date	Radni nalog	Geometry	Width (mm)	Height (mm)	Area(m ²)	Weight (kg)	
1	<None>	908//792	1	1	15.11.2023.	<None>		908.0	908.0	0.1549	36.5	
2	<None>	fi_608_492(7)	10	10	15.11.2023.	<None>		608.0	608.0	0.1002	23.6	
3	<None>	fi_708_592(1)	8	8	15.11.2023.	<None>		708.0	708.0	0.1184	27.9	
4	<None>	fi_858_742(6)	1	1	15.11.2023.	<None>		858.0	858.0	0.1458	34.3	

Slika 37. Simulacija ugnježdivanja plosnatih pozicija u programu „Columbus“

a.) Ukupna površina i masa izrezanih sirovaca u obliku kruga (prirubnica) izrezanih iz čeličnog lima:

$$P = 1 \times 0,824 + 10 \times 0,3696 + 8 \times 0,501 + 1 \times 0,736 = 9,26 \text{ [m}^2\text{]} \quad (3)$$

$$\text{Lim } 30\text{mm} = 235,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$m = 9,26 \text{ [m}^2\text{]} \times 235,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 2187,8 \text{ [kg]} \quad (4)$$

b.) Ukupna površina i masa plosnatih $a \times b$ pozicija izrezanih iz čeličnog lima:

$$P = 10 \times 0,1156 + 8 \times 0,1334 + 1 \times 0,1693 + 1 \times 0,191 = 2,5833 \text{ [m}^2\text{]} \quad (5)$$

$$\text{Lim } 30\text{mm} = 235,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$m = 2,5833 \text{ [m}^2\text{]} \times 235,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 608,36 \text{ [kg]} \quad (6)$$

Ako uzmemo da je trenutna prosječna cijena kilograma čelika $0,80 \text{ EUR/kg}$ slijedi:

$$\text{a) Cijena 1} = 2187,8 \text{ [kg]} \times 0,80 \frac{\text{EUR}}{\text{kg}} = 1750,20 \text{ EUR}$$

$$\text{b) Cijena 2} = 608,36 \text{ [kg]} \times 0,80 \frac{\text{EUR}}{\text{kg}} = 486,68 \text{ EUR}$$

Razlika u cijeni samog materijala na 20 kom prirubnica iznosi :

$$1750,20 \text{ EUR} - 486,68 \text{ EUR} = 1263,52 \text{ EUR}$$

Količina materijala potrebnog za plosnati čelik je samo 27,8 % količine materijala potrebnog za rezanje okruglih sirovaca, tako da ispada da je ušteda materijala gotovo 4x ili 400%.

Na godišnjoj razini to ispada $> 60.000,00 \text{ EUR}$ što se smatra značajnom uštedom.

No ako uzmemo u obzir cijenu savijanja prirubnice koja je dobivena iskustvenim metodama ($0,5 \frac{\text{EUR}}{\text{kg}}$) i cijene zavarivanja te iste prirubnice ($0,003 \frac{\text{EUR}}{\text{mm}^2}$), dolazimo do zaključka da je ukupna ušteda na pola manja tj. 2x ili 200% , što je također odličan rezultat.

5. ZAKLJUČAK

Transformator je kao takav, kompleksan elektromagnetski uređaj koji se dijeli na aktivni i pasivni dio.

Tema ovog završnog rada bila je tehnologija izrade prirubnice sklopke, tj. jednog pasivnog dijela transformatora, gdje je detaljno opisan proces, od nabave materijala, pa sve do isporuke gotovog proizvoda.

Za izradu je bilo potrebno odlično poznavanje svih vrsta strojarskih tehnologija, od rezanja, strojne obrade, savijanja, sastavljanja pozicija, zavarivanja, pa sve do pravilne antikorozivne zaštite.

Radi potencijalne uštede, također se radila usporedba između izrade prirubnice sklopke iz okruglih sirovaca i plosnatih sirovaca rezanih na plazma rezačici, gdje se pokazalo da korištenjem plosnatog čelika radimo značajnu uštedu materijala.

Tako da usprkos tome što imamo dvije dodatne operacije (kružno savijanje sirovca i zavarivanje sirovca) drastično smanjujemo financijske troškove.

Također je prikazan i princip rada Odjela Kontrole Kvalitete (QC), gdje su se na djelu mogle vidjeti ulazna, međufazna i završna kontrola, koje praktički bez prekidanja proizvodnog procesa, kontroliraju ispravnost proizvoda kako bi se smanjili nepotrebni zastoji i povećala produktivnost.

6. LITERATURA

- [1] Mitraković B. : *Transformatori*, Naučna knjiga, Beograd, 1982.
- [2] Parts of transformers, dostupno na: <https://stardelta.com.au/parts-of-a-transformers-and-their-function/> , pristupljeno 25.09.2024.
- [3] Dolenc A : *Transformatori 1 i 2*, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 1991.
- [4] Ultrazvučno ispitivanje zavara, dostupno na: <https://proinstal.hr/sto-je-ultrazvucno-ispitivanje-zavara/> , pristupljeno 27.09.2024.
- [5] Kraut B. : *Krautov strojarski priručnik* , Sajema , Zagreb , 2009 .
- [6] Strojno sačmarenje: dostupno na : <https://ivje.hr/index.php/component/content/category/19-priprema-povrsine> , pristupljeno 27.09.2024.
- [7] Pavić A. : *Obrada odvajanjem čestica*, Veleučilište u Karlovcu (Podloge za nastavu), 2007.
- [8] Smjernice za korozivnu zaštitu, dostupno na: <https://www.hempel.com/hr-hr/-/media/Files/Local/EU-condensed/Brochures/HR/ISO-brochure-HR.pdf> , pristupljeno 30.09.2024.
- [9] Interna radna uputa tvrtke: „Primabiro d.o.o.“ : Revizija 2, 2023.
- [10] Interni kontrolni obrazac tvrtke „Primabiro d.o.o.“ : PB.KO.001.-R3, 2024.