

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Саша З. Стевановић

**Савремени обради системи за
производњу топовањаних трака
Мастер рад**

Крагујевац, 2020.

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер студије

Модул: Производно маинство

Предмет: Савремени обрадни системи

Број индекса: 400/2017

Саша З. Стевановић

Савремени обрадни системи за производњу топоваљаних трака Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. др Богдан Недић -ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____



Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Мастерстудије: **Машинско инжењерство**

Студијско подручје (усмерење): **Производно машинство**

Име и презиме: **Саша Стевановић**

Број индекса: **400/2017**

ПРИЈАВА МАСТЕР РАДА

Тема рада: **Савремени обрадни системи за производњу топловаљаних трака**

Задатак: У оквиру мастер рада кандидат треба да изврши прикупљање и систематизацију података о технологијама израде топловаљаних трака у предузећу *HBIS Serbia* из Смедерева и савременој производној опреми која се користи у свету за ову производњу. У посебном делу рада прикупити податке о дефектима који се јављају при производњи топловаљаних трака и извршити могућа испитивања квалитета реза при уздужном и попречном сечењу.

Мастер рад треба да садржи следеће целине:

1. Увод,
2. Технолошки процес добијања слабова (ливење припремка за ваљање),
3. Процес ваљања на топлој ваљоници,
4. Савремени обрадни системи за производњу топловаљаних трака,
5. Дефекти при производњи топловаљаних трака,
6. Експериментална испитивања,
7. Закључци,
8. Литература.

Ментор:

Проф. др Богдан Недић

Крагујевац, 09.09.2020.

Садржај

1. УВОД.....	1
2. ТЕХНОЛОШКИ ПРОЦЕС ДОБИЈАЊА СЛАБОВА (ЛИВЕЊЕ ПРИПРЕМКА ЗА ВАЉАЊЕ).....	3
3. ПРОЦЕС ВАЉАЊА НА ТОПЛОЈ ВАЉАОНИЦИ	8
3.1. Потисне пећи	12
3.2. Процес предваљања	16
3.3. Процес завршног ваљања	20
3.4. Моталице.....	32
4. САВРЕМЕНИ ОБРАДИ СИСТЕМИ ЗА ПРОИЗВОДЊУ ТОПЛОВАЉАНИХ ТРАКА.....	36
5. ДЕФЕКТИ ПРИ ПРОИЗВОДЊИ ТОПЛОВАЉАНИХ ТРАКА	43
6. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ДЕО	50
6.1. Линија попречног сечења – Јапанске Маказе.....	50
6.2. Линија уздужног сечења – Слитер	55
7. ЗАКЉУЧАК.....	62
8. ЛИТЕРАТУРА.....	63

Резиме

У оквиру мастер рада описан је начин припреме руде на агломерацији, производње белог сировог гвожђа на високој пећи, производња слабова на челичани и као завршни процес ваљања на топлој ваљаоници. Описана је опрема која се налази на топлој ваљаоници у *HBIS Serbia* у Смедереву, дат је преглед димензионих могућности како линије ваљања тако и линије уздужног и попречног резања. Приказани су неки иновативни начини производње топловаљаних трака, тј модернизована постројења која пре свега због савремене опреме којом располажу знатно побољшавају процес топлот ваљања

Кључне речи: *Агломерација, Висока пећ, Челичана, Топла ваљаоница, Савремена постојења*

In this thesis the basic principie of ore preparation on agglomeration, produce white iron on Blast furence, produce slabs on steel plant and procces of hot roling on hot strip mill. Equipment on hot strip mill in HBIS Serbia in Smederevo, dimensional possibilities are listed for hot strip mill, shearing line and sliting line. Moder equipment for hot rolling procces on hot strip mill, shearing line and sliting line are described, ie. modernized plants which, primarily due to the modern equipment at their disposal, significantly improve the process of hot rolling

Key word: *agglomeration, Blast furence, Steel plant, Hot Strip Mill, modernized plants*

1. УВОД

Ваљање је од један од поступака пластичне прераде метала код којег се одливеном блоку (игноту), или полуфабрикату пропуштањем између окретних ваљака смањује пресек и даје жељени облик, уз истовремено побољшање механичких особина.

Разликују се три основна поступка ваљања:

- Уздужно,
- Попречно,
- Косо ваљање;

При уздужном ваљању ваљани комад (игнот, полуфабрикат) увлачи се у зазор (отвор) услед сила трења између ваљака, који се окрећу у супротним правцима. При томе се ваљаном комаду смањује висина, повећава ширина и дужина, а пресек добија облик отвора између ваљака.

При поперечном ваљању ваљци се окрећу у истом смеру. Комад се у ваљцима држи помоћу посебног уређаја. Деформација метала остварује се уздуж осе ваљаног комада, који је паралелан оси ваљака. Попречним ваљањем производе се профили који чине обртна тела, као што су кугле, зупчаници и слично, те разни периодични профили.

При косом ваљању као и при поперечном ваљању, ваљани комад добија обртно кретање од ваљака, који се окрећу и истом смеру. Осим тога комад добија постепено кретање у правцу своје осе и захваљујући томе што осе ваљака са избаченим радним површинама не леже у једној вертикалној равни већ под неким углом. При ваљању комад се креће постепено и улази у простор између ваљака при чему се остварује редукција пресека, а такође може да се образује шупљина у централном делу ваљаног комада.

Процес ваљања одвија се на једном или више постројења у којима се налазе ваљци за ваљање, а зову се ваљачки станови. Један или више ваљачких станова заједно са осталим помоћним постројењима који омогућавају да се изведе процес ваљања назива се ваљаоничка пруга. Будући да производња неког ваљаног производа у ширем смислу почиње од пријема одливка (слабова, игнота) а завршава се са отпремом готових производа, то се у једном склопу постројења налазе поред ваљачке пруге још и постројења за припрему полазног материјала, пећи за загревање материјала, хлађење материјала након изласка из ваљаоничке пруге и постројења за намотавање материјала. Склоп свих тих постројења, односно производних агрегата чине једну ваљаоницу.

Ваљање се изводи на одговарајућој ваљаоничкој прузи чија структура зависи од врсте ваљаоничког материјала, сортимана и производног капацитета ваљаонице. Завршна фаза обухвата више технолошких операција након ваљања до отпреме готових производа на складишту или на продају. Постројења и операције ађустирања изваљаних производа су различите. Код неких производа долазе основне операције као што су хлађење, резање и равњање а код неких производа укључује се и термичка обрада итд.

Топло ваљане траке добијају се из слабова. Слабови су полуфабрикати правоуганог поперечног пресека (50-300)х(300-2500)мм. Слабови се режу на потребне дужине, хладе,

прегледају и површински чисте. Након тога се улажу у пећи за загревање и после загревања на потребним температура и одређеног времена ваљају у траке на одговарајућој ваљачкој прузи.

Технолошки процес у ваљаоницама подвргнут је контроли почевши од пријема слабова из челичане до продаје готове робе на складиште. Контрола се изводи у циљу обезбеђења потребног квалитета готових производа и избегавања шкарта у процесу ваљања. Контрола процеса треба да обезбеди правилан режим загревања полазног материјала и правилан режим ваљања. Свака ова технолошка операција мора да се одвија посебним у ту сврху израђеним технолошким прописима [1].

У другом поглављу описан је металуршки процес добијања слабова тј. ливење припрема за ваљање и опреме која се користи за реализацију процеса на агломерацији, високој пећи и челичани.

У трећем поглављу описан је процес ваљања на толој ваљаоници у предузећу *HBIS Serbia* из Смедерева. Процес ваљања се може поделити на процес загревава слабова, процес предваљања, завршног ваљања и намотавања топловаљаних трака па је у трећем поглављу поред начина реализације процеса топлог ваљања дат и опис опреме која се користи.

У четвртном поглављу приказане су и описане савреме технологије израде топловаљаних трака. Поред модернизованих постројења приказана је и опрема која се користи за производњу топловаљаних трака али и опрема за попречно и уздужно сечење истих.

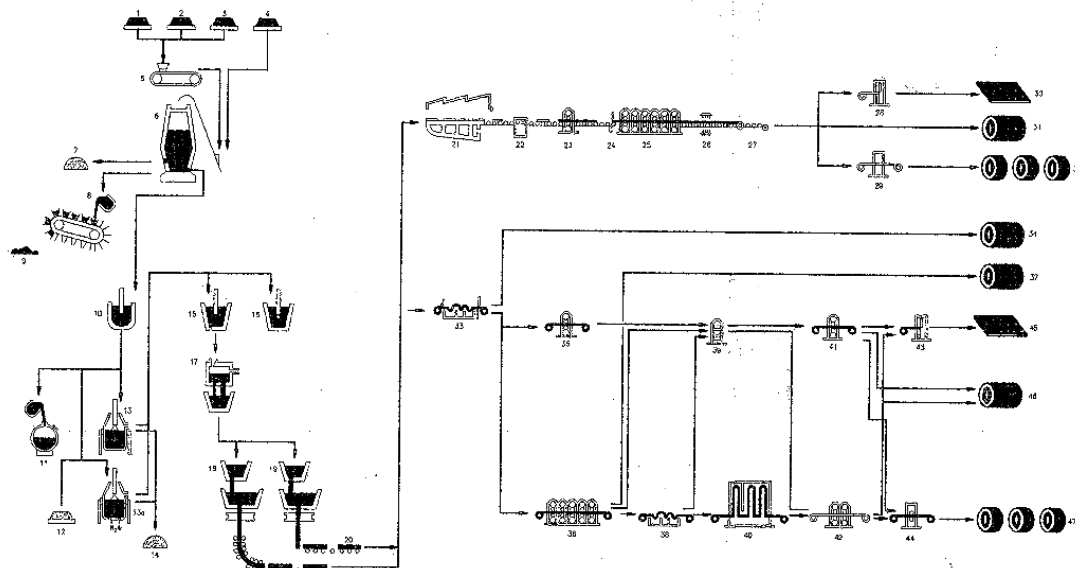
У петом поглављу дат је приказ дефеката који се могу јавити на топловаљаних тракама. Дефекти који могу довести до деградације квалитета могу бити површински или дефекти који су настали услед неодговарајућих процесних параметара.

У шестом поглављу описан је поступак експерименталног испитивања квалитета реза на линији попречног и уздужног сечења топловаљаних трака. Графички је приказано време експлоатације ножа на линији попречног сечења и описана зависност квалитета реза од стања резних ивица, тј. параметара који могу утицати на повећано хабање резних ивица ножа. Описан је начин паковања кружних ножева на линији уздужног резања и описани су главни недостаци и разлози који могу да доведу до деградације квалитета реза као и препоруке за отклањање истих.

2. ТЕХНОЛОШКИ ПРОЦЕС ДОБИЈАЊА СЛАБОВА (ЛИВЕЊЕ ПРИПРЕМКА ЗА ВАЉАЊЕ)

Металуршки процес производње топло ваљаних лимова у компанији *HBIS Serbia* из Смедерева састоји се од припреме руде на агломерацији, производње белог сировог гвожђа на високој пећи, производња слабова на челичани и као завршни процес ваљање на топлој ваљаоници, слика 1.

Поред топловаљаних трака такође се производе и полуфабрикати белог лима који се даље прерађују на хладој ваљаоници. Топловаљане траке као и хладноваљане могу бити испоручене у катуру, табли или слитоване.



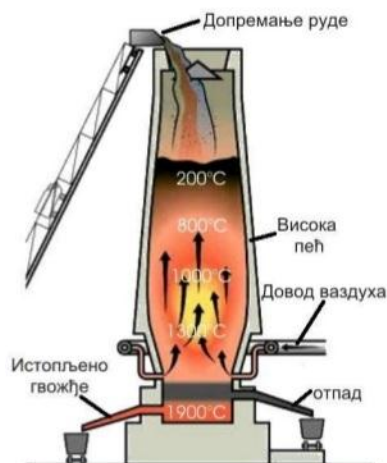
1. Руда гвожђа, 2. Кречњак, 3. Ситан кокс, 4. Кокс, 5. Агломерација, 6. Високе пећи, 7. Високопечна троска, 8. Ливна машина, 9. Сирово гвожђе, 10. Оксидована гвожђа, 11. Миксер, 12. Челични отпадак, 13. Конвертори (ЛД процес), 13а. Конвертори (ЛД-МКЦ комбинационо дупање), 14. Конверторска троска, 15. Аргонизација челика са обрадом укључака, 16. Оксидована челика, 17. Вакуумирање челика, 18. Радијална мелница за ливење, 19. Вертикална мелница за ливење челика, 20. Слабови, 21. Потисне загревне пећи, 22. Чистач ковошине, 23. Кварто резервни предстоји, 24. Маказе, 25. Завршна пруга, 26. Нормирање хлађење, 27. Моталнице, 28. Маказе за попречно сечење, 29. Маказе за подужно сечење, 30. Топло ваљани лим, 31. Топло ваљане траке, 32. Топло ваљане уске траке (слитоване), 33. Декапирница, 34. Декапирне (пужене) траке, 35. Кварто редеризациони стан, 36. Петостепена гвањена пруга, 37. Хладно ваљане траке за пониковање, 38. Електролитичко оксидирање, 39. Жарна зона чисто неметалних катура, 40. Континуирана жарница, 41. Дресир стан, 42. Двоструки дресир стан, 43. Маказе за подужно сечење, 44. Маказе за попречно сечење, 45. Хладно ваљани лим, 46. Хладно ваљане траке, 47. Хладно ваљане уске траке (слитоване).

Слика 1 – Металуршки процес у железари

На агломерацији се припрема руда, кокс и креч за рад високе пећи. Технолошки процес припреме сировина за улагање у Високу пећ се спроводи преко постројења за пријем, припрему и синтеровање. Сама имена говоре шта у ком делу, и како се изводи тј то су процесу прихватања, уситњавања и просејавања руде гвожђа да би се на крају и обавило њено синтеровање [5].

У високим пећима се производи сирово гвожђе које се добија када се гвоздена руда прерађује редукијом. Редукија се обавља директно помоћу угљеника из кокса употребљеног као гориво. Углавном се одвија процес производње белог гвожђа због касније прераде у челик, које се у металуршком жаргону назива бело сирово гвожђе, док се сиво гвожђе користи за ливење. Процес производње сировог гвожђа у Високој пећи остварује се преко технолошких целина припрема засипа, инјектирање угљене прашине, припрема лонца за гвожђе и припрема лонца за шљаку. У процесу

производње у Високој пећи развијају се температуре и до 1800 °C. Након завршеног процеса у Високој пећи сирово гвожђе се прослеђује на челичану [5], слика 2.



Слика 2 – Приказ високе пећи

Челичана се састоји од :

- Станице одсумпоравања која има две независне линије (систем примарног отпрашивања је модернизован 2006/2010)
- Миксера, капацитета 1300 t са две машине за скидање троске (модернизоване 2009). Миксер је ван функције од 15.01.2012 (потребна је поправка и нов озид)
- Конверторског дела са три конвертора (поправка К3 извршена почетком 2004, К1 средином 2006, секундарно отпрашивање уграђено средином 2009. и покрива рад миксера и рад машина за скидање троске)
- Три станице за аргонирање (две четворожилне станице за ињектирање жице, К1, К3)
- Два радијанлна конти лива (кристализатор изменљивог пресека од 1050-2080 mm / дебљина слаба 200 mm и осцилатори модернизовани током 2005)
- Обрада слабова

Станица за одсумпоравање која има две независне линије (систем примарног отпрашивања је модернизован 2006/2010). Лонци са Fe-ом транспортују се локомотивом (железницом) са Високе Пећи (капацитет лонца 85t) и доводе до станице одсумпоравања. За смањење угљеника у гвожђу користи се метода коинјекције CaO и Mg (чистоћа магнезијума 90%) , циљани однос 5:1 за удувавање CaO и Mg користи се азот кроз систем копља (просечна издржљивост копља 700 мин). Трајање удувавања креће се од 15-18 минута, а задржавање лонца на станици 25-28мин.Потребне сировине за одсумпоравање су:

- Магнезијум се примењује за одсумпоравање течног гвожђа (кроз копље) у високопећним лонцима коинјекцијом са кречом под ниво метала.
- Мешавина Mg млевеног калцитног креча,

Миксерско одељење састоји се:

- Миксер капацитета 1300 t
- Два крана капацитета $136/30\text{ t}$, за манипулацију ВП лонцима
- Две масине за скидање троске – при скидању троске из ВП лонаца кран држи ВП лонац
- Две станице за преливање гвожђа из ВП лонца у уливни лонац (предавање гвожђа Конверторима)
- Конзолни кран за покривање ВП лонаца после пражњења
- Две ваге за мерење гвожђа (једна испод миксера и једна на преливном месту) 150t

После третмана на станици за одсумпоравање гвожђа, ВП лонци се локомотивом пребацују у миксерску халу. Један од два крана преузима ВП лонац и исти транспортује до машине за скидање троске (кран држи ВП лонац са главним и помоћним дизањем) где се троска скида у чашу (капацитета 11 m^3), после скидања троске ВП лонац са гвожђем се транспортује у миксер или иде на једно од преливних места. Манипулација пуних/празних чаша за троску врши се локомотивом (железницом). За одржавање температуре унутар миксера $1350\text{ }^{\circ}\text{C}$ удувава се природни гас системом горионика укупно 250 до 300 m^3 . Узорци гвожђа и тежина узимају се после изливања из миксера или преливања због хемиске анализе и температуре гвожђа за процес на Конверторима [5].

Конвертори

Челичана располаже са три конвертора, K1, K2 и K3. Радна запремина сваког од поменутих конвертора износи 73.9 m^3 . Укупна тежина комплетног улошка за сваки конвертор износи 125 t да је циљана тежина шарже 105 t . За израду шарже користи се математички модел. Израда шарже реализује се удувавањем кисеоника (чистоћа кисеоника у конверторском процесу износи 99.8%) путем кисеоничних дувница. Кисеонична дувница се спушта у конвертор одозго (кроз тзв. грло конвертора). Конверторски гас (гас створен приликом израде шарже) се хлади и одводи путем затвореног *ВОКГ* система. Убацавање челичног лома и уливање гвожђа, као и изливање шарже (челика) врши се са исте стране конвертора. На изливним отворима се користе блокада троске. Процес дувања траје између 17 и 20 минута. Комплетан процес израде шарже траје између 45 и 55 минута. Време излива челика из конвертора траје између 5 и 7 минута.

Приликом легирања шарже користи се математички модел за израчунавање потребних дезоксиданата и легирајућих елемената док се њихово додавање реализује аутоматски уз употребу бункера и колица. На основу одговарајућих параметара и захтеваних вредности, оператор активира вибрациони систем и из бункера се у колица дозира количина легура чија је тачна тежина непрестано приказана на систему. Када је издозирана тачна количина легура, оператор деактивира вибрациони систем и дозирање се прекида. Потом се притиском на дугме активира транспорт колица и њихово отварање, чиме се одређена количина легирајућих елемената убацује у ливни лонац. Три типа неопходних елемената се дозира ручно и то: алуминијумски блокови, кокс у цаковима и синтетичка троска у цаковима [5].

Континуирано ливење може се дефинисати као претварање запремине течног челика у непрекидно очвршћенунамењену за даље ваљање. Процес континуираног ливења заснован је на једноличном кретању ливеног метала у односу на зоне изливања и очвршћавања, слика 3.



Слика 3 – Изглед конвертора

Ванпећна обрада

Сваки конвертор поседује засебну станицу за аргонирање (један конвертор-једна станица за аргонирање) - A1, A2 и A3. Станица за аргонирање налази се на 50 m од Конвертора. Транспорт ливног лонца врши се самоходним вагоном до станице, где се врши узорковање и мерење температуре, где се врши завршно легирање шарже према захтеваном квалитету. Феролегуре које се додају на станицама за аргонирање се могу дозирати у облику жице или у комаду, приликом чега се такође користи модел са препорукама [5].

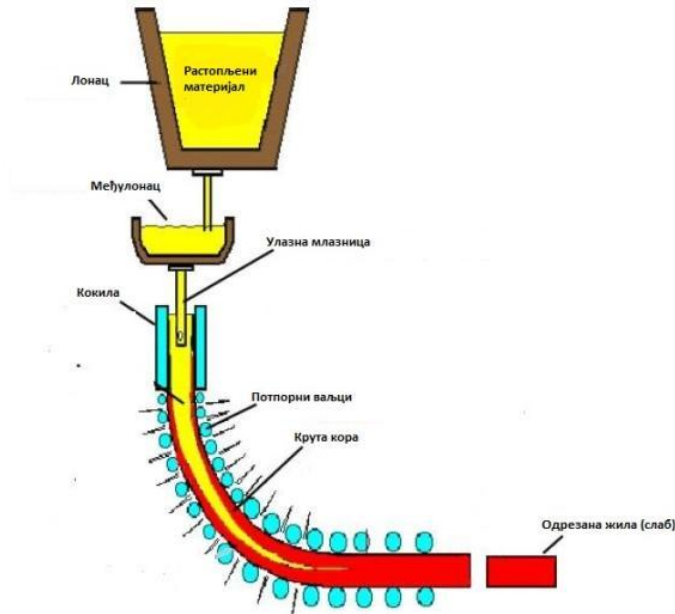
На све три станице инсталирана је машина за додавање Al траке. Постоје две могућности удувавања аргона (копљем и кроз патос ливног лонца); Удувавање аргона кроз патос ливног лонца могуће је од тренутка излива челика из конвертора, током транспорта и боравка на станици. Не постоји могућност догревања шарже а хлађење шаржеврши се слабом које на крану (даљински управљањем од стране оператора) [5].

Завршна фаза добијања слабова обавља се системом континуираног ливења на радијалној машини која се у жаргону назива радијалка, слика 4. Након завршене ванпећне обраде растопљени метал се пребацује на ливне машине и преко система континуираног ливења добија слаб одређеног квалитета и димензија. Основни делови радијалног конти лива су:

- Штенд за ливни лонац који служи за измену ливних лонаца у току ливења
- Међулонац, који се налази изнад кристализатора, спроводи челик у кристализатор и контролише проток челика
- Кристализатор направљен од бакра који се хлади водом служи за примарно хлађење течног челика који је уливен из међулонца у циљу формирања коре

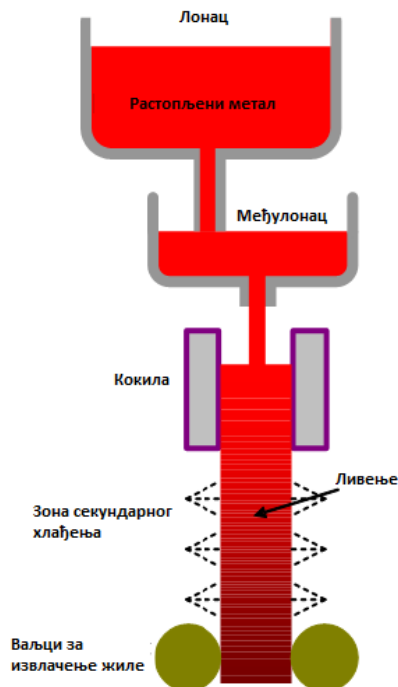
слаба која је довољно чврста да одржи облик док жила пролази кроз секундарну зону хлађења

- Секундарна зона хлађења се налази испод кристализатора и састоји се из више секција кроз које пролази жила која углавном садржи течни челик и прска се водом или водом и ваздухом у циљу очвршћавања жиле
- Потпорни систем служи да држи и покреће жилу кроз конти лив машину и састоји се од система секција са ваљцима који се покрећу електромоторима
- Машина за резање слабова служи за сечење слабова на одређену дужину [5];



Слика 4. Шематски приказ радијалног континуираног начина ливења

Поред радијалног конти лива у употреби је био и вертикални конти лива, слика 5.



Слика 5. Шематски приказ вертикалног континуираног начина ливења

3. ПРОЦЕС ВАЉАЊА НА ТОПЛОЈ ВАЉАОНИЦИ

Један од 5 производних погона Железаре је Топла ваљаоница намењена за ваљање у топлом стању. Постројења, уређаји и опрема за ову намену смештена су у производној хали дужине 576 m, ширине 110 m и висине 20 m. Ширина је подељена на четири дела. У првом делу, у жаргону се назива А-В брод, налази се обрада ваљака намењена за брушење ваљака и ревизију лежајева.

У другом делу, В-С брод, смештена је линија ваљања. Линија ваљања је производна линија коју чине две пећи за загревање слабова потисног типа, пред пруга са једним ваљачким станом за процес пред ваљања, завршна пруга са шест ваљачких станова за завршно ваљање, опрема за хлађење траке након завршног ваљања и два уређаја за намотавање изваљане траке (моталице). Ови уређаји међусобно су повезани транспортним котрљачама за пренос слабова, пред траке или траке. Готов производ је у облику котура који се након намотавања линијом транспорта преноси или у складиште готових производа или се усмерава ка Хладној ваљаоници на даљу прераду.

У наредном делу, С-Д брод, смештена је електро опрема подељена у пет разводних постројења. У овим постројењима врши се редукција 6 KW довода за погон DC и AC мотора, управља се енергетским вентилим, односно омогућена је регулација и управљање свих компоненти уређаја и опреме.

У последњем делу хале, D-E брод, је складиште слабова и складиште готових производа. Линија ваљања налази се на коти +900mm пода хале док је остала енергетска опрема смештена је у подрумским просторима хале на -6000mm. То се односи на 11 хидрауличких система, 4 система за централно уљно подмазивање, 3 моргоил система (снабдевање уљем клизних лежајева потпорних ваљака), 7 система за централно подмазивање машћу, станица воде високог притиска од 160 bar-a, станица воде повишеног притиска за хлађење ваљака од 10 bar-a, кабловски и цевни канали, синтер канал за прикупљање свих отпадних вода. Процес производње топловаљаних трака обавља се на полуконтинуираној шестостанској ваљаоници при чему се добијају следеће врсте челика:

- Комерцијални (списак квалитета дат је у табели 1.),

Табела 1. Квалитети комерцијалних челика

Назив квалитета	Назив стандарда за квалитет
A283C	ASTMA283/ 2000
SAE1006	ASTMA568/ 03
SAE1008	ASTMA568M-03
SAE1009	ASTMA635/ 03
SAE1010	ASTMA568M-03
SAE1010	ASTMA635/ 03
SCType B	ASTMA1011M-14
SCType B	ASTMA1018M-15
CSType B-1006	ASTMA1011M-14
CSType B-1008	ASTMA1011M-14

- Конструкциони челици (списак квалитета дат је у табели 2.)

Табела 2. *Квалитети конструкционих челика*

Стандард за квалитет	EN 10025-2/2004	EN 10025/90+A1/93	DIN 17100/1980	ASTM	JIS G 3132/87
Квалитет		S185			
				SS GRADE 230 ASTM A 1011M-14	
		S235JR S235JRG2		SS GRADE 250 TYPE 1 ASTM A1018M-15	
	S235JR		RSt 37-2	SS GRADE 250 TYPE 2	SPHT1 SPHT2
				ASTM A1011M-14 & ASTM A1018M-15	
	S235JO	S235JO			
	S235J2	S235J2G3	St 37-3		
	S275JR	S275JR	St 44-2		
	S275JO	S275JO			
	S275J2	S275J2G3	St 44-3		
	S355JR	S355JR		HSLAS Grade 340 Class 1 HSLAS Grade 380 Class 1 ASTM A1011-14 & ASTM A1018M-15	
	S355JO	S355JO			
	S355J2	S355J2G3 S355J2G4 S355K2G3	St 52-3		

- Нискоугљенични челици за хладно обликовање или за даље хладно ваљање (списак квалитета дат је у табели 3.),

Табела 3. *Квалитети нискоугљеничних челика за хладно обликовање или за даље хладно ваљање*

Стандард за квалитет	EN 10111	DIN 1614 T1	DIN 1614 T2	JIS G 3132/87	BS 1449/1993
Квалитет	DD 11	St 22	StW22	SPHT 1 SPHT 2	HR4
	DD 12	RRSt 23			
	DD 13	St 24	StW 24		

- Челици за бродоградњу (списак квалитета челика дат је у табели 4.)

Табела 4. *Квалитети челика за бродоградњу*

Квалитет	Стандард за квалитет	H min	H max
A	Lloyd'sRegister/2018	3,000	15,000
DH32	Lloyd'sRegister/2018	8,000	12,000
DH36	Lloyd'sRegister/2018	8,000	12,000
VLA	DNV.GL/2019	3,000	15,000

- Челици за котлове и судове под притиском (списак квалитета дат је у табели 5.)

Табела 6. *Квалитети челика за котлове и судове под притиском*

	Стандардзаквалитет	Квалитет
Челици за судове под притиском	EN 10028 - 2/2017	P265GH
		P295GH*
Челици за котлове	EN 10120/2008	P265NB
		P310NB

- Микролегирани термомеханички ваљани челици повећане чврстоће за хладно обликовање (списак квалитета дат је у табели 6.)

Табела 6. *Квалитети за микролегиране термомеханички ваљане челике повећане чврстоће за хладно обликовање*

Стандард за квалитет	EN 10149-2/2013	SEW 092
Квалитет	S315MC	
		QStE340TM
	S355MC	
		QStE380TM
	S420MC	QStE420TM
	S460MC	QStE460TM

- Челици за цеви по API 5L стандардима (списак квалитета дат је у табели 7.)

Табела 7. *Квалитети челика за цеви по API 5L стандардима*

Квалитет	Врста челика
B	Конструкциони челик класе S275
X42	Микролегирани
X52	Микролегирани
X60	Микролегирани
X65	Микролегирани
X70	Микролегирани

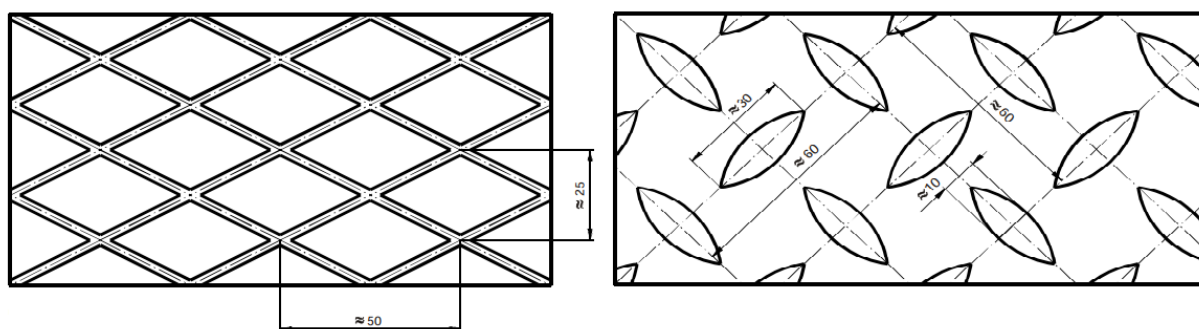
Квалитети су груписани према прописаном захтеву стандарда за границом течења (Re). Ова генерална подела подразумева да група “S235” обухвата челике чијим је стандардом прописана минимална $Re\ 235\ MPa$ или мање, група “S275” стандардом прописана минимална $Re\ 275\ MPa$ и група “S355” стандардом прописана минимална $Re\ 355\ MPa$ [6].

Димензионе могућности топле ваљанице су:

- Дебљина топловаљаних трака: 1.50 – 15.00 mm
- Ширина топловаљаних трака: 720 – 2050 mm

На основу стања површине разликују се:

- ваљачка површина (површина са остацима прашкастог неуваљаног оксида железа карактеристичног за ваљање на повишеним температурама),
- лужена површина (површина са које су лужењем у хлороводоничној киселини уклоњени остаци прашкастог неуваљаног оксида железа),
- ребраста површина, слика 6. (површина на коју су утиснути у правилном распореду правилни облици ромба или суза);



Слика 6 – Приказ ребрасте површине топловаљаних трака – ромб (лево) и суза (десно)

Погон топла ваљаница ради на принципу линијске производње и као таква састоји се од више међусобно повезаних производних целина [6].

Производне целине топле ваљанице су:

- Потисне пећи бр.1 и бр.2,
- Реверзибилна предпруга,
- Шестостанска завршна пруга,
- Моталице,
- Линија за уздужно сечење,
- Линија за попречно сечење;

3.1. Потисне пећи

Слабови који су произведени на Челичани су у пакетима (штосовима) ускладиштени у складишту и представљају полазни уложак за топлу прераду. Ова област у жаргону назива се хладна страна пећи. Улагање слабова у пећ обављају оператори који на основу програма ваљања врше убацивање слабова у пећ. Приликом проласка слабова кроз пећ исти се загревају на потребну температуру, а након тога извлаче се из пећи и шаљу на даљу прераду. Ове активности припадају области у жаргону назване топла страна пећи које обављају оператори у командној кабини [2].

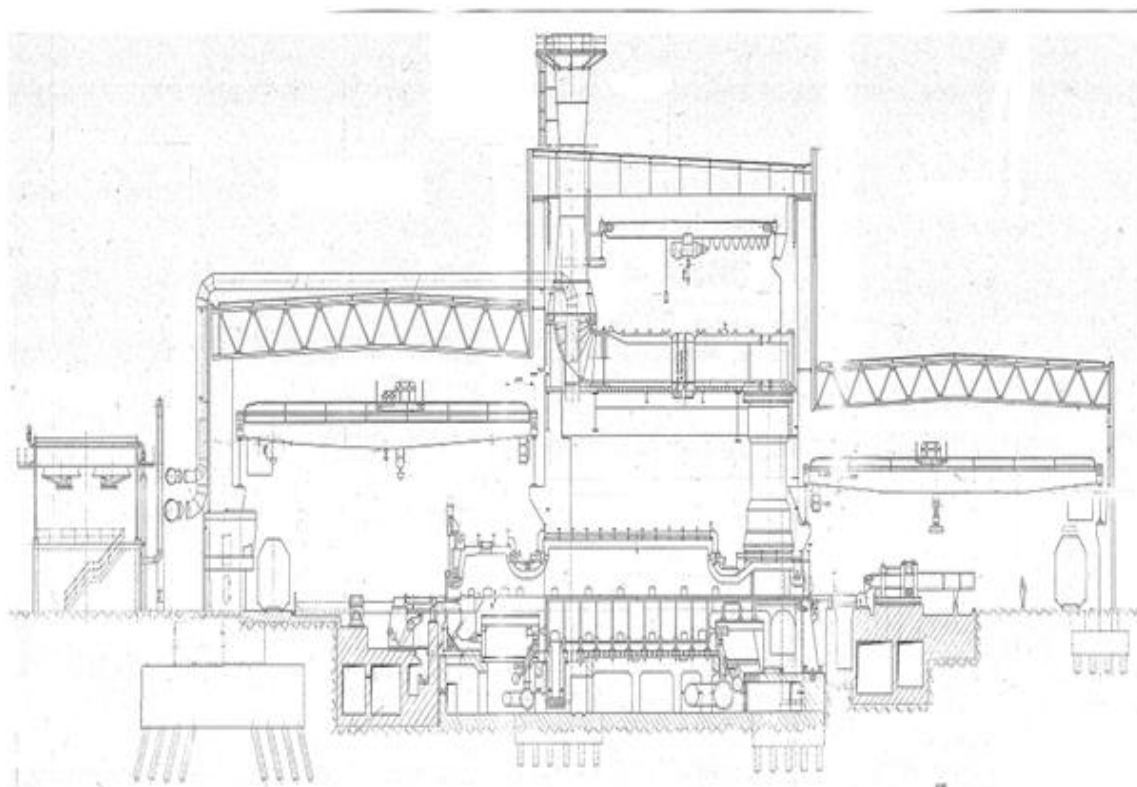
На основу дужине слабови се могу поделити у четири дужинске групе, и то:

- Дужинска група I – 4500-6000 *mm*,
- Дужинска група II – 6001-8500 *mm*,
- Дужинска група III – 8501-10400 *mm*,
- Дужинска група IV – 10401-12000 *mm*;

Опрема и уређаји

Процес загревања слабова, слика 7, реализује се са више уређаја и опреме:

- Котрљача за допремање и улагање слабова на хладној страни пећи,
- Потискивачи, уређаји за потискивање слабова са котрљаче у пећ,
- Пећи за загревање слабова потисног типа,
- Излазна котрљача на топлој страни пећи,
- Остала опрема



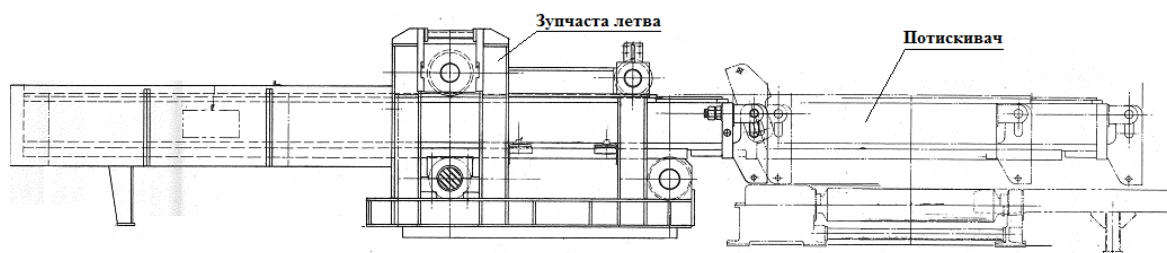
Слика 7 – Приказ Потисне пећи

Котрљача за допремање и улагање слабова на хладној страни пећи

Допремна котрљача састоји се од 64 комада ролни пречника 460 mm и радне дужине 2300 mm. Подељена је у четири секције по 16 комада ролни, сваку секцију покреће електромотор снаге 100 KW, групни погон. Испред ове котрљаче дограђена је још једна котрљача од 72 комада ролни са појединачним погоном у циљу повећања дужине пута за допремање слабова. Слабови се на котрљачу постављају краном са магнетним захватним механизмом. Котрљача за улагање налази се испред самих пећи и са њих се слаб потискује у пећ. Ових ролни има 56 комада и истих су карактеристика као и претходне [2].

Потискивачи, уређаји за потискивање слабова са котрљаче у пећ

Слабови се са котрљаче потискују у пећ уређајем за потискивање, слика 8. Две масивне потисне греде, модела зупчaste летве, покрећу се са по два електро мотора снаге 200 KW са зупчастом спојницом између њих. Зато се и називају двоструки потискивачи. Потребан ход греда да би се слабови убацили у пећ је 5200 mm са брзином од 0.15 до 0.30 m/s. Снага потискивања је 225 t. Свака пећ има свој уређај за потискивање. Када се потискују краћи слабови дужине до 6 m у функцији је само једна потисна греда, а за дуже слаbove спрежу се обе греде [2].



Слика 8 – Приказ потискивача

Пећи за загревање слабова потисног типа

Потисна пећ, слика 9. представља челичну конструкцију изоловану са унутрашњих страна ватросталним материјалима капацитета 250 t/h. Ширина потисних печи је 13 m, корисне дужине 33 m. То значи да се у пећ могу убацивати слабови у два реда дужине до 6 m, а у једном реду дужи слабови до 12 m. У пећи могу да се нађу 30 слабова ширине 1 m, или 15 слабова ширине 2 m. Слабови поређани један до другог чине јединствену плочу димензија 20 x 30 m која се креће кроз пећ клизним шинама контактне површине од 60 mm. Ова површина је само горња површина клизне шине која је у ствари деблозидна цев кроз коју протиче вода за хлађење температуре 90 °C, излазна температура је 105 °C. Загревање слабова врши се сагоревањем мешавине природног гаса и ваздуха, а може да се користи и високо пећни гас као продукт сагоревања из високе пећи. Пламен се преко горионика усмерава у атмосферу пећи, односно слабови се загревају са горње и доње површине.

Зоне загревања су подељене у три фазе:

- Зона предгревања,
- Зона загревања,
- Зона изједначења (монолитни под) температуре слаба по целом попречном пресеку.

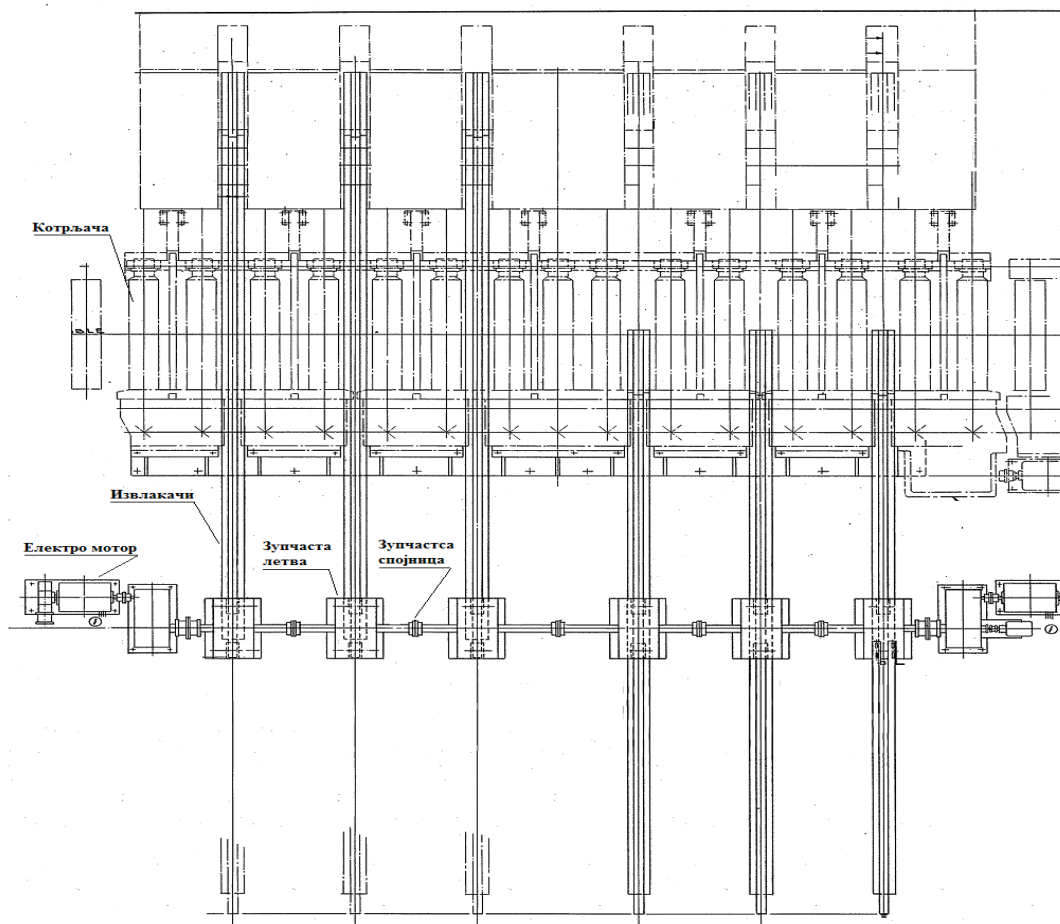


Слика 9 – Приказ топле стране пећи

Прве две зоне имају по 8 горионика испод слабова и по 10 горионика са горње стране смештених у своду пећи. У зони изједначења постоје 10 горионика. На улазу и излазу пећи постоје врата која не дозвољавају губитак топлоте. Унутар пећи постављено је више пирометара, уређаја за мерење температуре, који мере температуру атмосфере у пећи. Такође, да би се визуелно пратила ситуација унутар пећи постављена је и камера. Прописана температура слаба после спирања на пећном спирачу у зависности од температуре предтраке је 1130 – 1180 °C. Режим загревања у потисној пећи обухвата температуре атмосфере по зонама, температуру слаба по зонама и време грејања слабова. Дозвољено одступање температуре слаба је ± 10 °C у односу на прописане, односно дозвољено одступање температуре предтраке по дужини је 20 °C [2].

Извлакачи

Када су слабови загрејани на потребну температуру извлаче се из пећи уређајем за извлачење слабова, слика 10, и потстављају на котрљачу. Овај уређај поседује шест масивних греда типа зупчасте летве које покрећу два електро мотора снаге 36 KW са зупчастом спојницом у средини. За слаbove дужине до 6 m користе се само три греде, а за дуже слаbove у функцији су свих шест греда. Свака пећ има свој уређај за извлачење слабова [2].



Слика 10 – Приказ извлакача

Поступак је следећи:

- Врата пећи се подижу,
- Греде извлакача са ходом од 5340 mm улазе у пећ испод слабова,
- Греде се подижу да прихвате слаб и померај уназад слаб се спушта на котрљачу.

Остала опрема

За обезбеђење процеса загревања слабова осим електричне енергије потребна је и хидраулична енергија, па се систем потисних пећи састоји од:

- Хидраулични систем А – за подизање извлакача
- Централни уљни систем А – за снабдевање уљем за подмазивање свих редуктора трансмисијског погона котрљача
- Централни системи 1. и 2. за снабдевање машћу свих потрошача.

Процес загревања слабова у потисним пећима је веома сложен и динамичан процес и замишљен је да се одвија према математичком моделу. Потребно је пратити загревање слабова кроз све три зоне што се непрекидно ради. Регулација загревања смештена је на командном пулту топле стране пећи коју стално прати оператор. Регулација температуре по свим зонама усклађује се регулацијом протока ваздуха, а која повлачи

промену количине горива (природног или високо пећног гаса). У односу на програм ваљања дозвољено одступање температуре слаба је $\pm 10^{\circ}\text{C}$. Температуре слабова крећу се у границама $1130\text{--}1180^{\circ}\text{C}$. Нека искуства су показала да је за дуже слабове од $10\text{--}12\text{m}$ потребно да је температура леве стране пећи виша за $20\text{--}30^{\circ}\text{C}$ због задњег краја траке. Исто се односи и на слабове ширине од $1500\text{--}2000\text{mm}$. Виша температура слаба за око 20°C потребна је и када је број провлака у наредном процесу пред ваљања већа од 5.

Поменути процес загревања слабова односи се на слабове који се преузимају из складишта где се налазе на температури околине. Постоји и поступак топлог улагања када се у пећ убацују слабови директно са челичане са температурама од 200 до 400°C што смањује уторшак енергије потребан за загревање слабова [2].

3.2. Процес предваљања

Након процеса загревања слабова следи процес пред ваљања са циљем да се дебљина слаба са 195 mm смањи на дебљину од $28\text{--}40\text{ mm}$, а што зависи од димензија слаба и квалитета челика који треба да се ваља. Процес смањења дебљине слаба је степенаст и реализује се кроз $5\text{--}7$ провлака због чега се и овај процес назива реверзибилног типа.

Процес пред ваљања изводи се и прати са пулта управљања који се налази у видном пољу опреме за предваљање. Ваљач, оператор пулта, испред себе има програм ваљања добијен од стране пословног планирања и у сталном је контакту и вези са осталим целинама процеса ваљања. Оператор на основу прописаних радних упутстава поставља потребне параметре, а процес ваљања може да се изводи у ручном, полу аутоматском или аутоматском моду. Брзина ваљања креће се од почетне 2.5 m/s до крајње од 5 m/s . У непарним провлакама у функцији су вертикални ваљци који не дозвољавају течење материјала по ширини или га минимално коригују и на тај начин обезбеђују тражену ширину предтраке. Приликом сваке провлаке врши се спирање коварине која настаје у процесу ваљања [3].

Овај део ваљаонице у жаргону назива се пред пруга, слика 11. Производ настао на овом делу линје ваљања назива се пред трака. Она може бити планског типа, али може бити и непланског типа који настаје услед поремећаја на било ком делу линије ваљања. У случају настанка планске или непланске предтраке која није намењена за даље ваљање након хлађења потискује се са транспортне котрљаче на постоља (ростове) до потпуног хлађења, а након тога се реже на краће дужине од 6 до 8m .



Слика 11. – Приказ предпруге

За контролу дебљине пред траке користи се изотопски мерач дебљине смештен у посебној просторији иза ваљачког стана. Након завршеног процеса пред ваљања добијена предтрака упућује се даље на процес завршног ваљања [3].

Опрема и уређаји

Процес пред ваљања реализује се са више уређаја и опреме:

- Спирач коварине
- Допремна котрљача
- Котрљача испред и иза кварто ваљачког стана
- Улазно излазне вођице кварто ваљачког стана
- Кварто ваљачки стан са вертикалним станом
- Остала опрема

Спирач коварине

У процесу загревања слабова по свим површинама призматичног слаба ствара се коварина која није пожељна за процес пред ваљања, па је треба уклонити. То се реализује помоћу уређаја спирача коварине [3].

Спирач коварине воденим млазом притиска воде 160 *bar*-а која пролази кроз дизне скида коварину са предтраке. Систем цеви са дизнама постављен је а доње и горње стране како на улазу тако и на излазу предпруге. Дизне су тако усмерене да млазом покривају и горњу и доњу површину предтраке приликом проласка слаба кроз спирач [3].

Транспортна котрљача

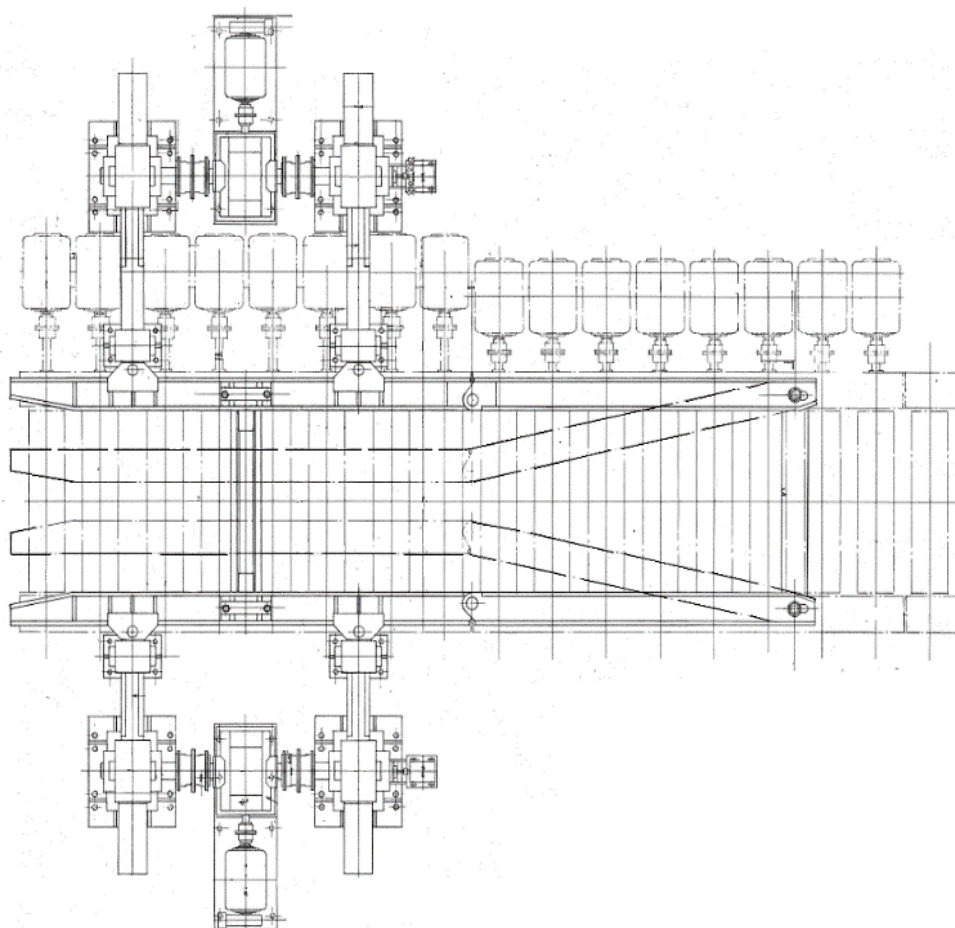
Слаб очишћен од коварине транспортује се даље котљачом коју чине 98 комада ролни пречника 460 mm и радне дужине 2300 mm. Свака ролна има засебан погон од електро мотора снаге 22 KW [3].

Котрљача испред и иза кварто ваљачког стана

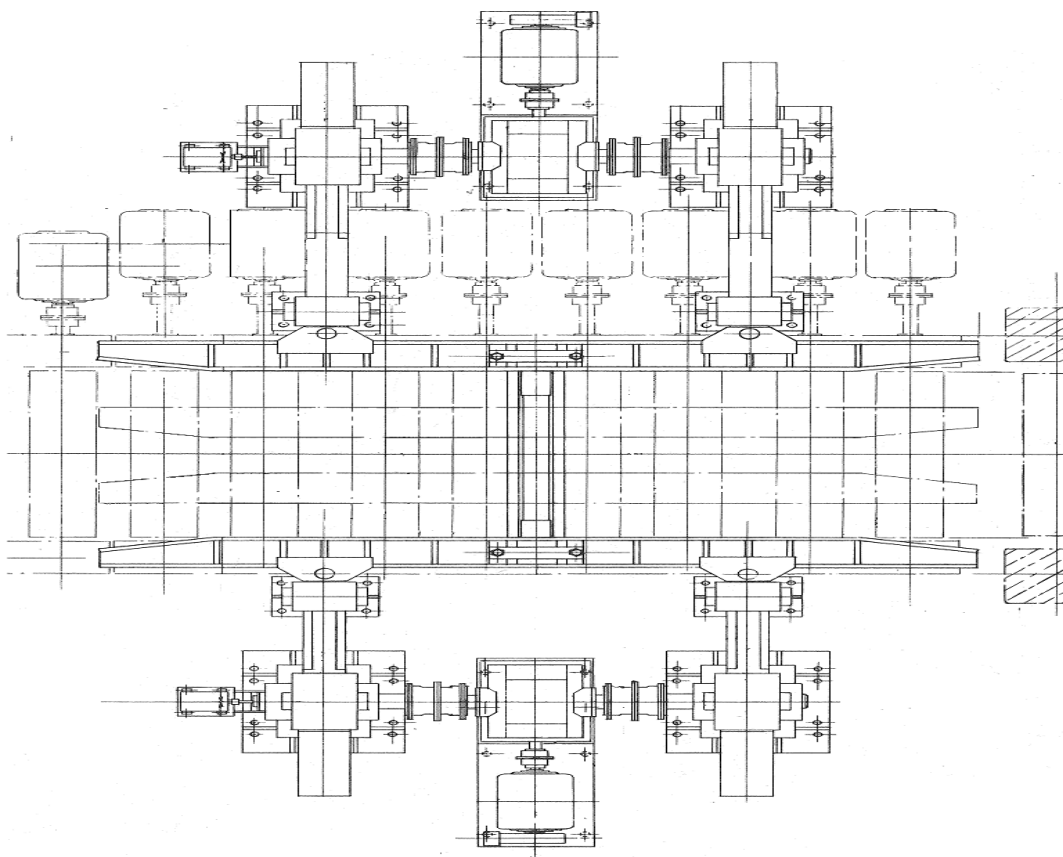
Испред и иза кварто ваљачког стана налазе се по 24 комада ролни пречника 500 mm и радне дужине 2300 mm. Свака ролна има засебан погон од електро мотора снаге 25KW. Ове котрљаче су у функцији када се врши реверзибилно ваљање на кварто ваљачком стану [3].

Улазно – излазне вођице

Испред и иза кварто ваљачког стана постављене су подесиве вођице које усмеравају предтраку ка средини ваљачког стана у току реверзибилног ваљања, слика 12 и 13. Максимално растојање између масивних бочних страна вођица је 2300 mm, а минимално 500 mm [3].



Слика 13 – Приказ улазних вођица



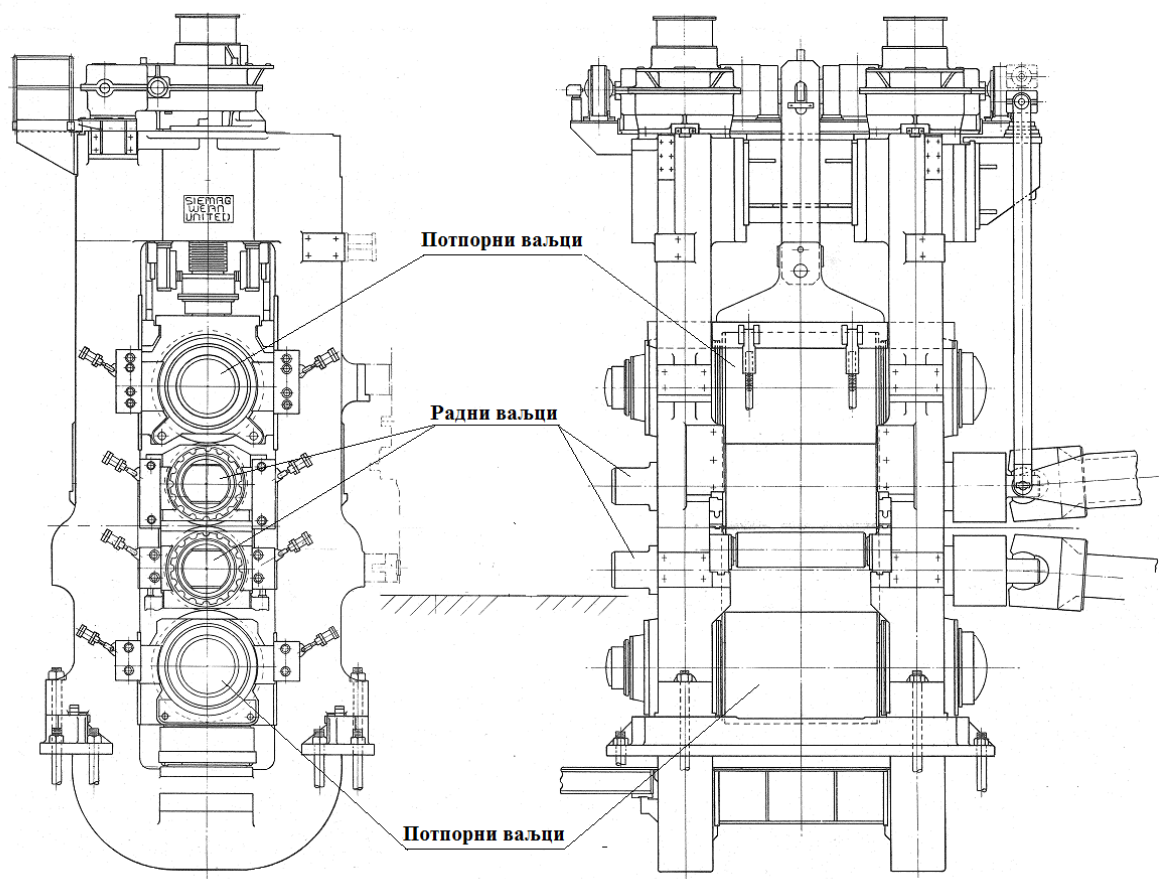
Слика 13 – Приказ излазних вођица

Ваљачки стан

У штендеру ваљачког стана који је фундаментима повезан за бетонско постоље смештени су парови радних и потпорних ваљака са својим кућиштима, слика 14. Пречници радних ваљака су 1200 mm , а потпорних 1600 mm . Обртање радних ваљака остварује се преко дуплих мотора снаге 2400 KW и масивних погонских вратила.

У оквиру штендера на улазу и излазу смештене су подесиве вођице за усмеравање предтраке као и два комада куплунг ролни које омогућавају транспортни пут пред траке. Доњи радни и потпорни ваљци су на непроменљивој висини, а висина горњег радног и потпорног ваљка је променљива у зависности од циљане дебљине предтраке. Ово се обезбеђује преко механизма за подешавање зазора између радних ваљака.

За хоризонтални штендер спојен је вертикални штендер који има сопствене фундаменте и повезан је гредама у једну целину. У њему су смештена два вертикална ваљка пречника 1000 mm . Максимално растојање између ваљака је 2300 mm , а минимално 500 mm што се реализује механизмом за подешавање зазора вертикалних ваљака. Вертикалне ваљке погони електро мотор снаге 1000 KW преко редуктора са коничним зупчаницима и погонским вратилима [3].



Слика 14 – Приказ кварто реверзибилне предпруге

Остала опрема

За обезбеђење процеса пред ваљања осим електричне енергије потребна је и хидраулична енергија, па се систем пред ваљања састоји од:

- Хидраулични систем В, за балансирање радних ваљака,
- Хидраулични систем С, за измену радних и потпорних ваљака,
- Централни уљни систем В, за снабдевање уљем за подмазивање свих редуктора,
- Централни системи 3. и 4. за снабдевање машћу свих потрошача;

3.3. Процес завршног ваљања

Предтрака је продукт процеса предваљања, а у наредном процесу дељина траке треба се смањити на захтевану дебљину. Процес завршног ваљања одвија се на постројењу које се у жаргону назива завршна пруга, слика 15. Процес се прати из управљачке кабине (пулта) која се налази у видном пољу опреме за завршно ваљање и у којој се налази више оператора [4].

Ваљач (оператор) испред себе има програм ваљања добијен од стране пословог планирања и у сталном је контакту са осталим целим ана процеса ваљања. Оператор на основу прописаних радних упутстава поставља потребне параметре, а процес ваљања је у аутоматском моду и води га рачунар.

Потреба очувања температуре задњег краја траке изискује повећање брзина од улазног стана *F1* до завршног ваљачког стана *F6*. Ово убрзање станова у жаргону назива се *speedup*. Брзина последњег ваљачког стана може да достигне брзину и до 20 *m/s*. Овај део ваљаонице у жаргону се назива завршна пруга и производ настао на овом делу линије ваљања назива се трака захтеваног квалитета и димензије.

Први корак у процесу претварања предтраке у траку је одсецање почетка предтраке на маказама. Код тањих димензија предтраке одсеца се и крај предтраке. У припреми предтраке за завршно ваљање потребно је исту очистити од коварине непосредно на улазу у ваљачки стан *F1*. У процесу самог завршног ваљања такође се ствара секундарна коварина која се одстрањује спирачима иза стаова *F1*, *F2* и *F3* [4].

Модернизација завршне пруге одрађена је 1991. године што је омогућавало како проширење асортимана трака (дебљине до 1.50 и ширине до 2030 *mm*, тежина слаба 35 *t* тако и побољшање квалитета трака. Модернизација је подразумевала:

- Доградњу шестог ваљачког стана,
- Дуплирање мотора на становима *F2* и *F3*,
- Доградњу хидрауличких система *AGC* и *VRB* који омогућавају прецизнију толеранцију дебљине траке. Ови системи нивоа серво технике су са знатно бржим одзивом што је условило комплетну промену рачунарско управљачког система.



Слика 15 – Приказ завршне пруге

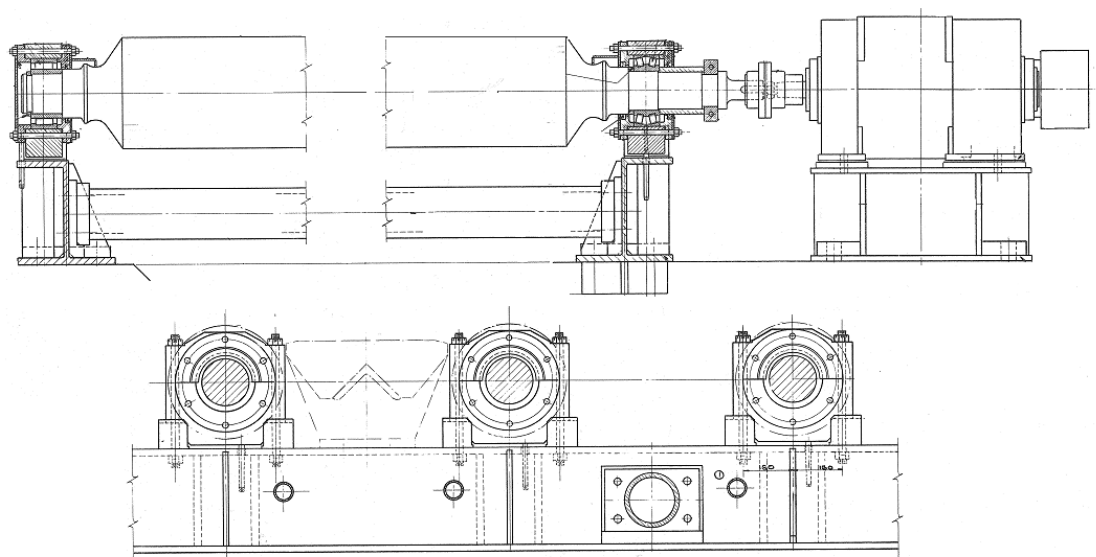
Опрема и уређаји

Процес завршног ваљања реализује се са више уређаја и опреме, и то:

- Допремна котрљача
- Уводник – бочне вођице испред маказа
- Ротационе бубњасте маказе, за одстецање крајева предтраке
- Спирач коварине
- 6 ваљачких станова
- Излазна котрљача и опрема за хлађење траке и ролни
- Остала опрема

Допремна котрљача

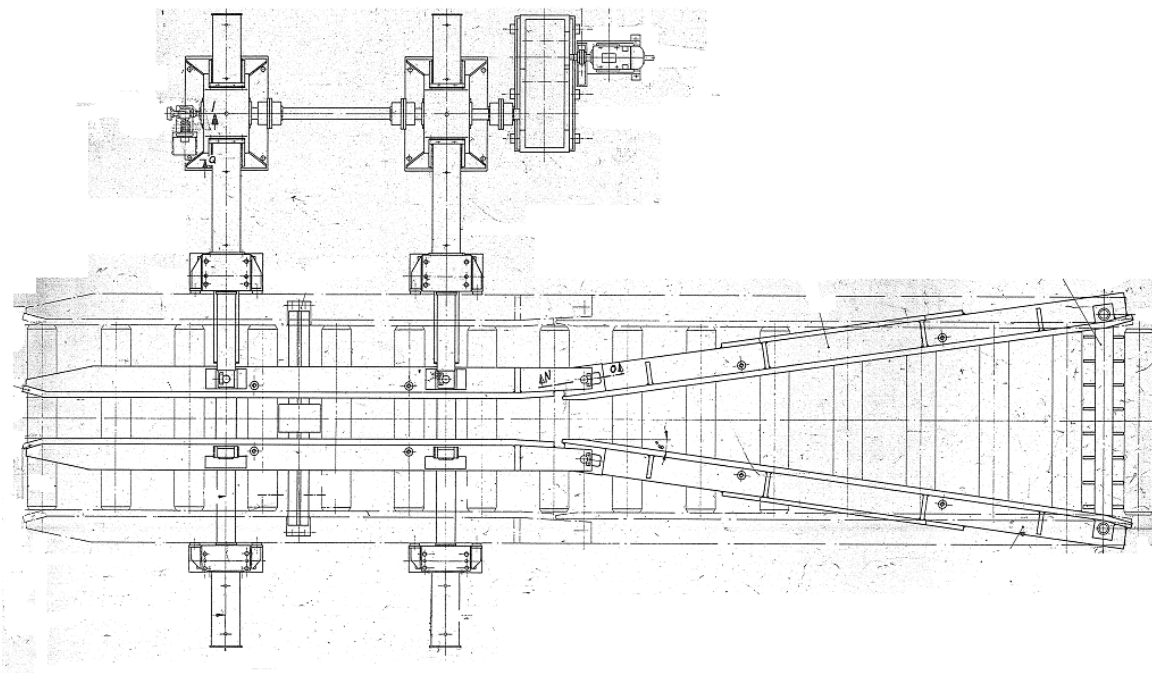
Растојање између предпруге и завршне пруге је око 100 m и ту је смештено 99 комада ролни пречника 360 mm и радне дужине 2300 mm којима се предтрака транспортује ка завршној прузи, слика 16. Ролне су са појединачним погоном са електромотором снаге 5.4 KW



Слика 16 – Приказ котрљача на линији ваљања

Бочне вођице

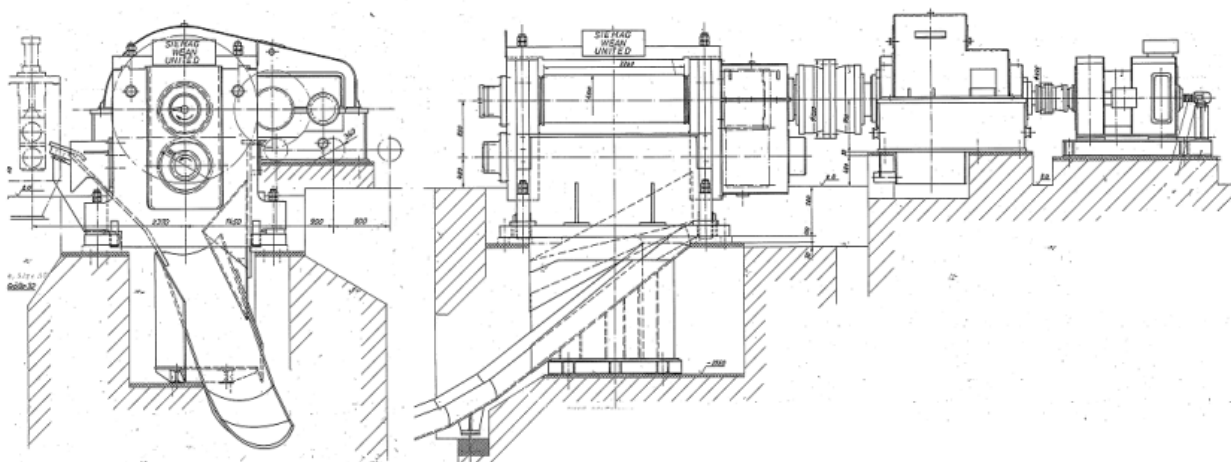
Бочне вођице, слика 17, су дужине око 13 m и представљају масивну челичну конструкцију и служе за центрично увођење траке у маказе. Вођице могу бити максимално раширене до 2300 mm а минимално 500 mm . Улази део вођица је левкастог типа, а паралелни део вођица поседује механизам за ширење и скупљање вођица са гредама типа зупчасте летве.



Слика 17 – Приказ бочних вођица

Ротационе маказе

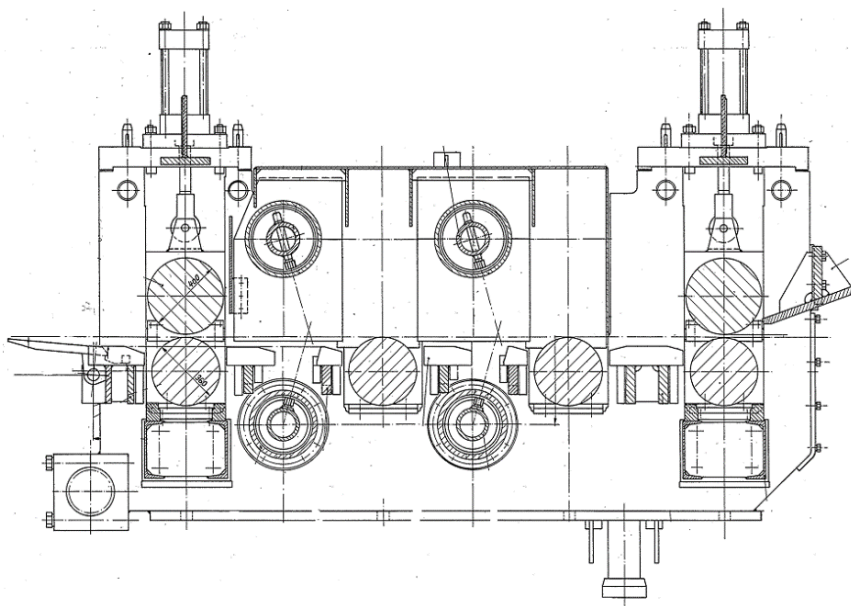
Због правилног увођења предтраке у ваљачке станове потребно је почетак траке у дужини од 150-200 *mm* исећи што се реализује ротационим маказама, слика 18. Добоши маказа покрећу е електро мотором снаге 900 *KW* чија се снага увећава редуктором са преносним 1:15.62. У горњем и доњем добошу сметени су измењиви ножеви код којих се подешава и преклоп и зазор. Маказе могу да одсеку врх предтраке дебљине до 40 *mm*. Одсечени делови предтраке се ситетом левка усмеравају у посуде (кибле) које се повремено празне. Одсецање почетка предтраке реализује се захваљујући постојању мерне ролне која прати пут кретања предтраке и даје команду маказама да уђу у ротацију.



Слика 18 – Приказ ротационих маказа

Спирач коварине

У процесу загревања слабова по свим површинама призматичног слаба ствара се коварина која није пожељна за процес ваљања, па је треба уклонити. То се реализује помоћу уређаја спирача коварине, слика 19. Спирач коварине воденим млазом притиска воде 160 *bar*-а која пролази кроз дизне скида коварину са траке. Систем цеви са дизнама постављен је а доње и горње стране како на улазу тако и на излазу предпруге. Дизне су тако усмерене да млазом покривају и горњу и доњу површину предтраке приликом проласка слаба кроз спирач.

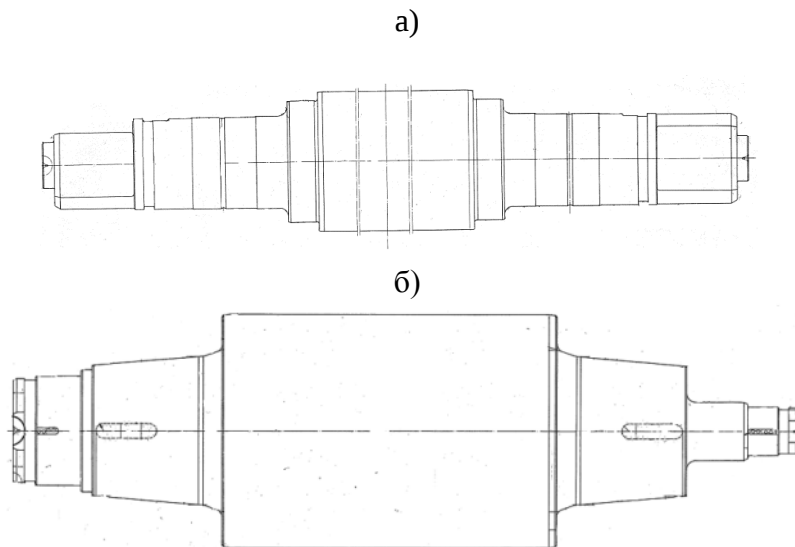


Слика 19 – Приказ спирача коварине

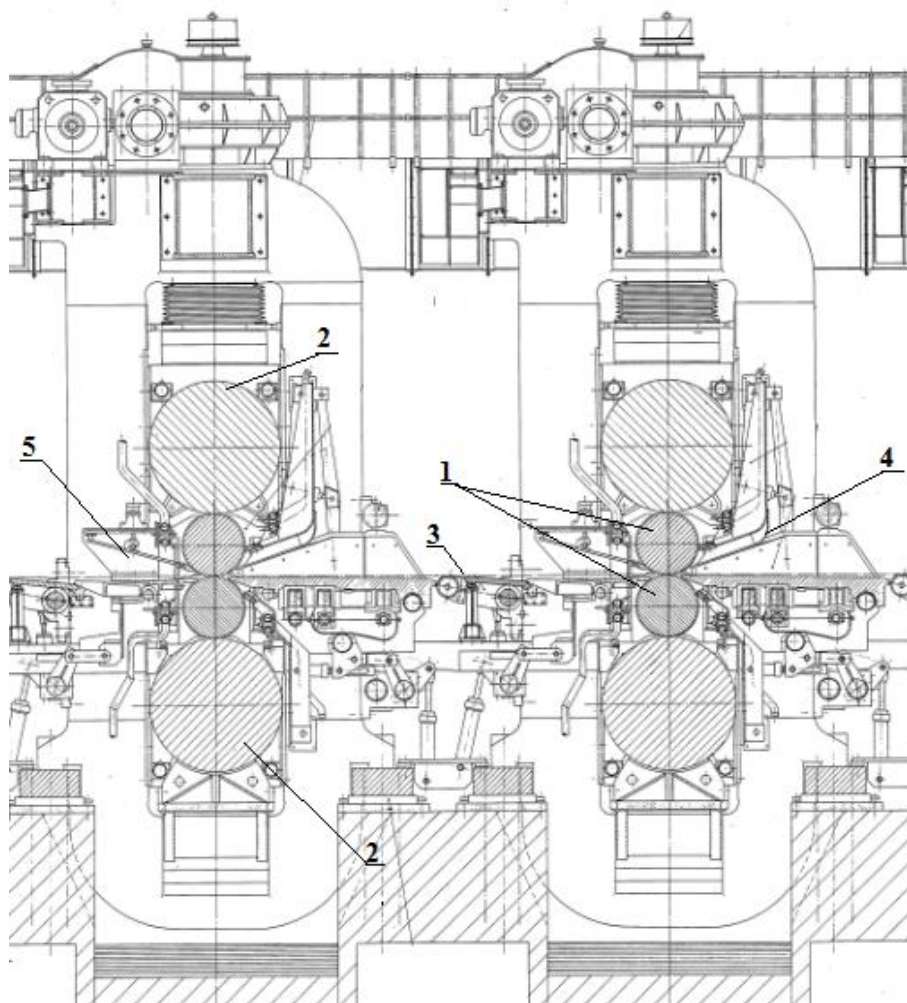
Ваљачки станови

Завршна ваљачка пруга састоји се од шест ваљачких станова који су међусобно на растојању од 5500 *mm*. Проласком траке кроз станове дебљина траке се постепено смањује до циљане дебљине траке која представља финални производ.

У штендеру ваљачког стана који је фундаментима повезан за бетеноско постоље смештени су правови радних и потпорних ваљака са својим кућиштима, слика 20 и 21. Пречници радних ваљака су 735 *mm* а потпорних 1600 *mm*. Обртање радних ваљака остварује се преко електро мотора снаге 4200 *KW*, редуктора за смањење броја обртаја, редуктора са једним улазом и два излаза и масивних погонских вратила. Доњи радни и потпорни ваљак су на непроменљивој висини, а висина горњег радног и потпорног ваљака је променљива. Ово се обезбеђује преко механизма за подешавање зазора између радних ваљака како на погонској тако и на операторској страни. Механизам чине масивно трапезно вратило које пролази кроз навртку фиксирану у штендеру, пужни зупчати пар (пужни точак који је постављен на вратилу), а који добија погон од електро мотора снаге 324 *KW* уз редукцију броја обртаја. Вратила притискају кућишта горњих потпорних ваљака преко механизма за мерење силе притиска који се у жаргону назива мерна дозна [4].



Слика 20 – Приказ радног (а) и потпорног ваљка (б)



Слика 21 – Приказ склопа ваљачког стана (1 – радни ваљци; 2 – потпорни ваљци; 3- Лупер; 4 – улазне вођице између станова; 5 – излазне вођице између станова)

Између ваљачких станова постављен је механизам лупер ролни. Лупер ролна налази се на крају лупер стола која може да се помера у вертикалној равни и са овим механизмом омогућено је затезање траке између станова.

Испред и иза ваљачког стана постављене су подесиве вођице које усмеравају траку ка средини ваљачког стана. Максимално растојање између бочних страна вођица је 2300 mm а минимално 500 mm. Осим механизма за ширине и скупљање вођица постоји и механизам за померање вођица ка ваљачком стану који се користи у измени ваљака.

На штендерима су постављени и колектори са дизнама за хлађење радних ваљка. Велика количина воде потребна је да се у току процеса радни ваљци превише не загревају, максимално до 70 °C. Колико је вода пожељна за хлађење ваљака толико је неповољно да хлади траку. Због спречавања хлађења траке постављен је механизам са брисачима од дрвета или нодуларног лива који тангирају радне ваљке спречавају да вода дође у контакт са траком.

Радни и потпорни ваљци – измена ваљака

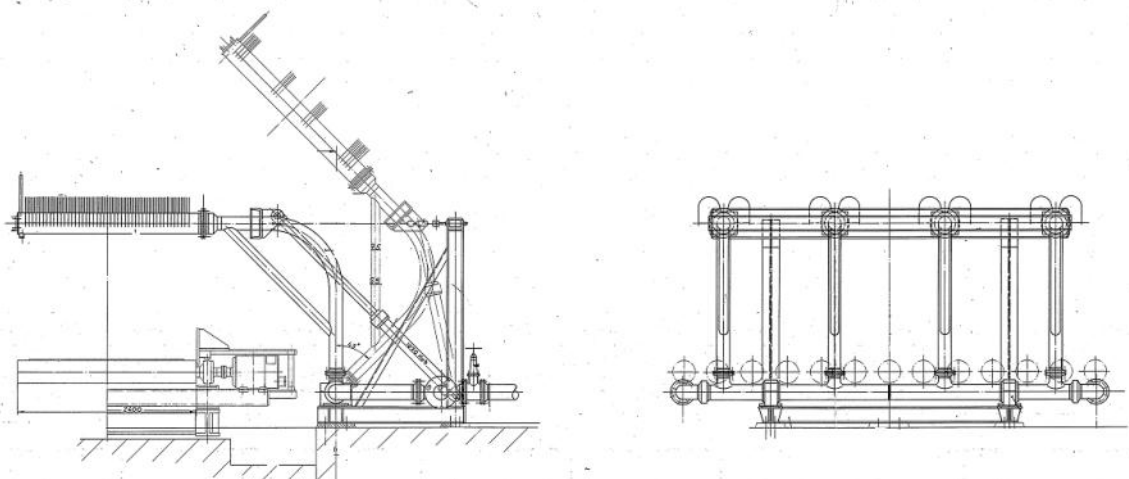
Квалитет обрुшене површине радних ваљка директно утиче на квалитет површине траке. Радни ваљци бресе се за сваки програм ваљања који износи од 150 до 3000 t. Брушење се изводи на специјализованим брусилицама које се налазе у одељењу обраде и ревизије ваљака смештог у А-В броду хале. Пре завршетка програма ваљања на платформу испред завршних станова постављају се парови радних ваљка са кућиштима за наредни програм ваљања. Измена ваљака временски траје од 20 до 30 минута. Након припреме станова за изградњу ваљака исти се хидрауличним цилиндрима извлаче из станова на платформу поред већ постављених ваљака. Комплетна платформа се помера за око 1500mm што омогућава потискивање нови ваљака у станове.

Хлађење траке на излазној котрљачи

Трака након завршног ваљања је у температурном опсегу од 850 до 900 °C. Термичко напуштање заосталих напона у траци насталих у процесу ваљања врши се воденим хлађењем на путу траке од завршних станова до уређаја за намотавање траке. Препоручена температура траке намотавања је од 600 до 650 °C.

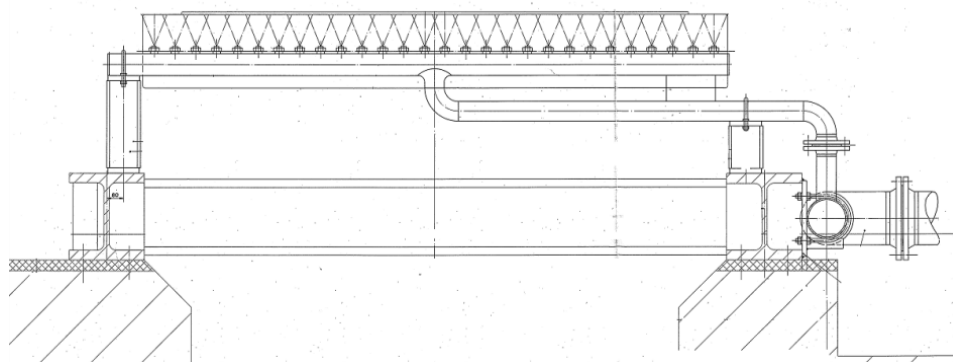
Растојање од последњег ваљачког стана до уређаја за намотавање је 160 m и испуњено је транспортном котрљачом који чине 237 комада ролни пречника 300 mm и радне дужине 2300 mm, свака са засебним погоном електро мотором снаге 11 KW, подељених у седам секција. Промена броја обртаја могућа је само по секцијама коју чине по педесет ролни. Постоји потреба да се ролне од завршних станова убрзавају до уређаја за намотавање и то до 15%. Сам технолошки процес завршног ваљања је по моделу убрзања, у жаргону назван *speedup*, због очувања температуре краја траке.

На линији транспортне котрљаче налазе се уређаји и опрема за хлађење, подељених у 16 секција, у жаргону назване ламиларно хлађење, слика 22. Водено хлађење односи се на горњу и доњу површину траке као и на хлађење ролни саме котрљаче. Вода притиска у системи ламиларног хлађења је 3.5 bar -а. Изнад траке постављен је систем цеви из којих вода истиче на траку са висине од 1840 mm слободним падом.



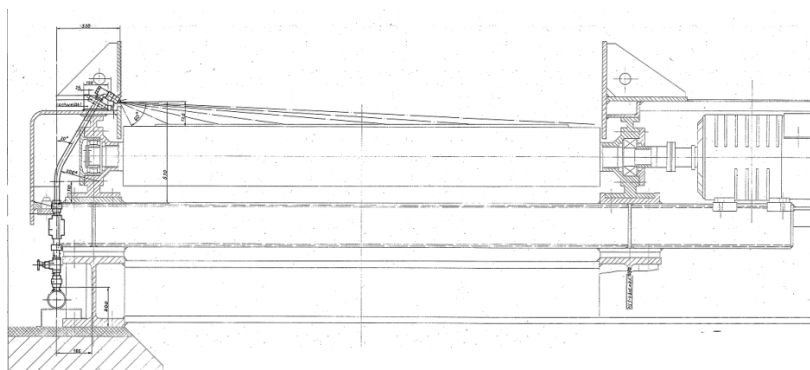
Слика 22 – Приказ система ламиларног глађења (хлађење траке одозго)

Испод траке налазе се колекторске цеви са дизнама које водени млазом хладе траку са доње стране, одбијају се од ње и сливају у синтер канал, слика 23.



Слика 23 – Приказ система ламиларног глађења (хлађење траке одоздо)

Проблем је вода на горњој површини траке која ту може да се задржи и да путује заједно са траком. Ово није пожељно па због ефикасног начина хлађења након сваке горње секције за хлађење постављене су млазнице за скидање воде са траке, слика 24. Између сваке две ролне транспортне котрљаче постављени су колектори за хлађење ролни, обична перфорирана цев са отворима усмереним ка једној, односно другој ролни.



Слика 24 - Приказ система бочног стирања

Остала опрема

За обезбеђење проеса завршног ваљања осим електричне енергије потребна је и хидраулична енергија:

- Хидраулични систем *D* (емулзиона хидраулика), за балансирање радних ваљака
- Хидраулични систем *E*, за измену радних и потпорних ваљака
- Хидраулични систем *AGC* (аутоматски систем за контрол зазора ваљака) који је постављен само на задња три ваљачка стана
- Хидраулични систем *VPB* (за контролу савијања ваљака), који је постављен само на задња два ваљачка стана
- Централни уљни систем *C*, за снабдевање уљем за подмазивање свих редуктора
- Моргоил систем *B*, за подмазивање клизних лежачева потпорних ваљака, специјалне изведбе, који се према произвођачу називају моргоил лежачеви,
- Централни уљни системи број 4 и 5 за снабдевање машћу свих потрошача,
- Станица воде повишеног притиска од 10 *bar* -а за хлађење ваљака,
- Мерачи дебљине, ширине и профила траке су изотопског модела и смештени су у посебној просторији одмах иза завршних станова;

На топлој ваљаоници инсталиран је систем потпуног праћења производног процеса са аспекта процесних параметара. У то спадају профили са предпруге, завршне пруге, *x-rey*, као и систем *AUTOHOLD* -а који приказује остварене температуре намотавања, завршног ваљања, остварену дебљину и ширину, слике 25-32. Оценом профила и остварених параметара може се доћи до оцене самог стања траке.



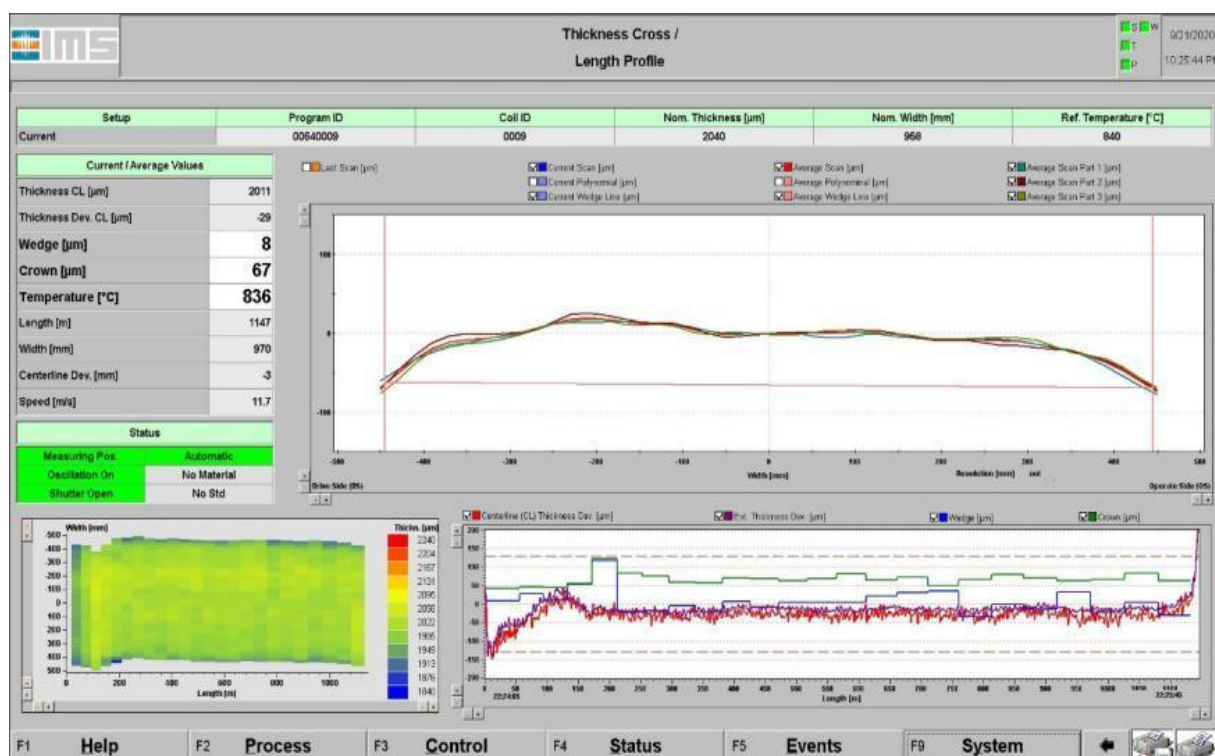
Слика 25 – Профил са предпруге



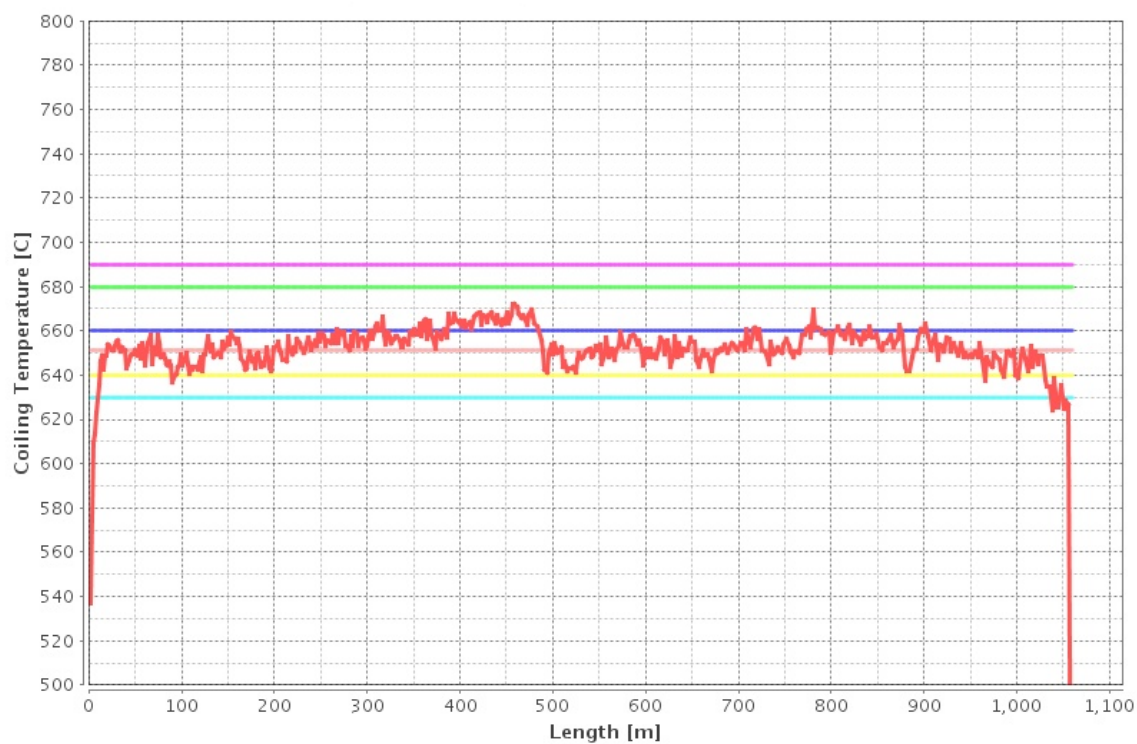
Слика 26 – X-реу профил



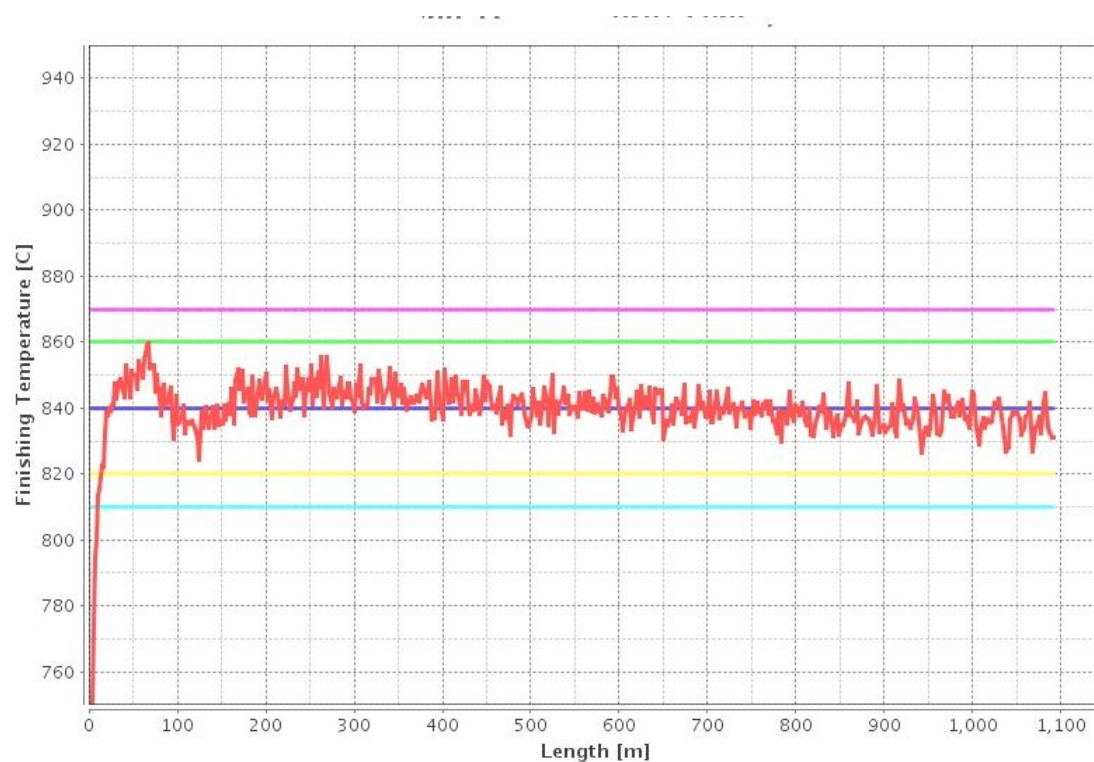
Слика 27 – Профил дебљине



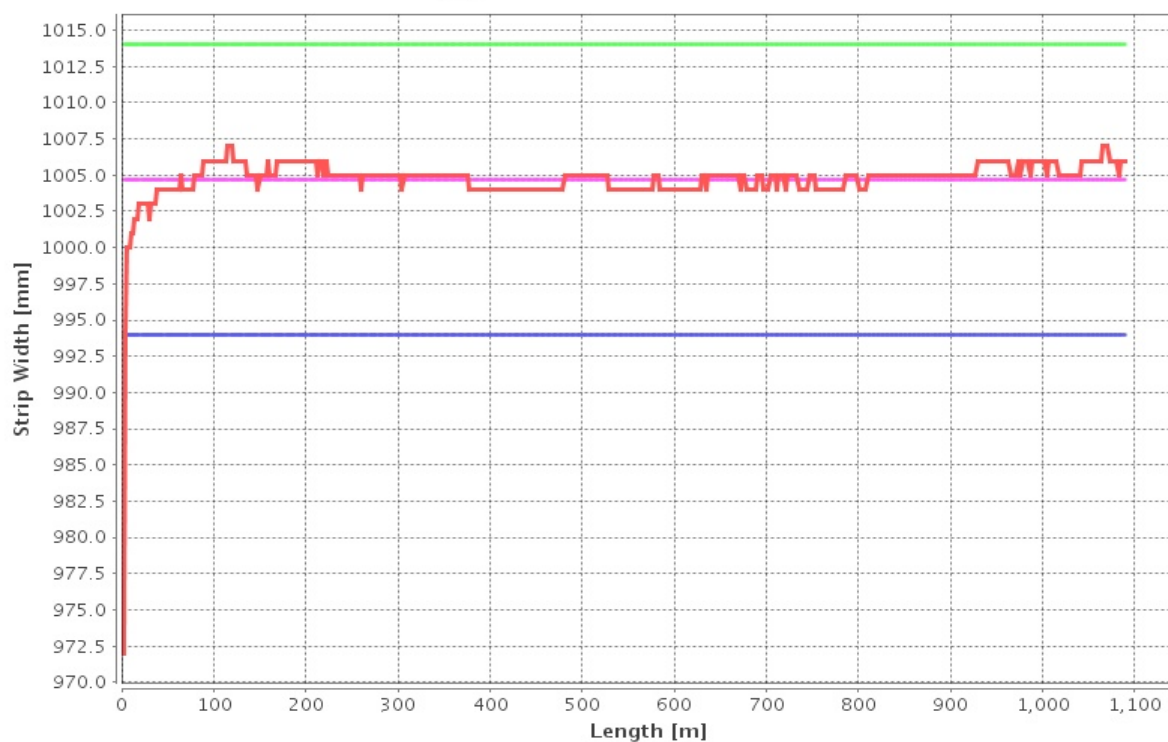
Слика 28 – Профил са завршне пруге



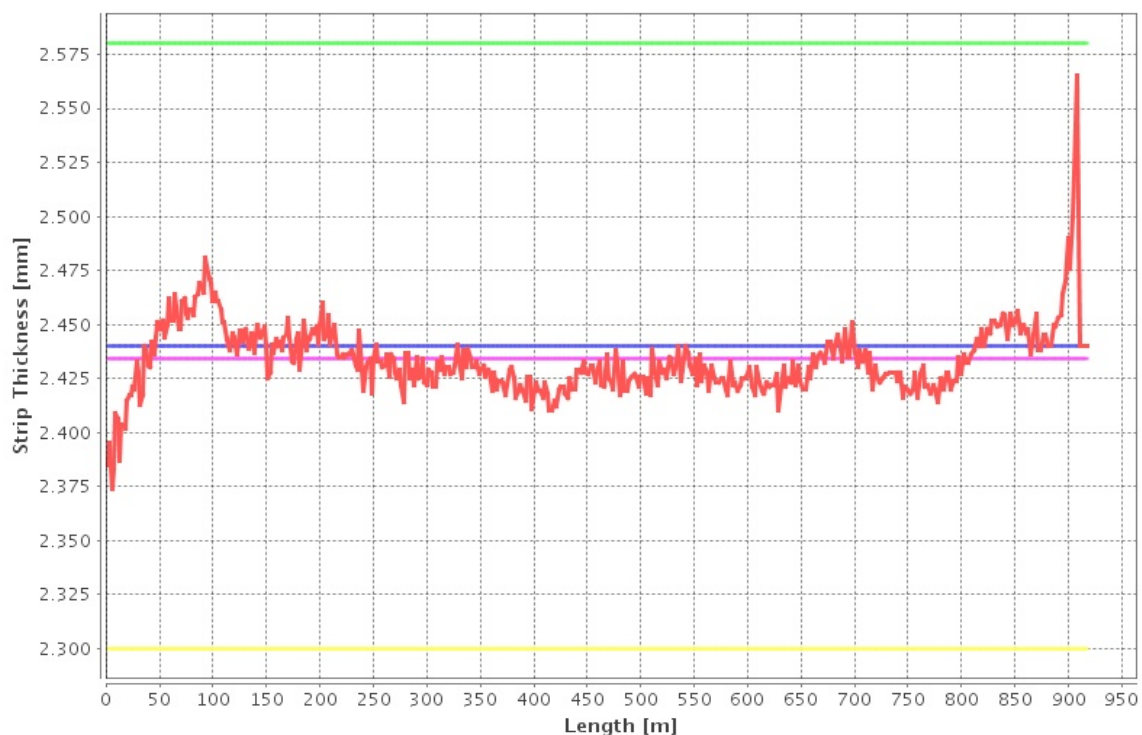
Слика 29 – Дијаграм температуре намотавања са АУТОХОЛД -а



Слика 30 – Дијаграм температуре завршног ваљања са АУТОХОЛД -а



Слика 31 – Дијаграм ширине са АУТОХОЛД -а



Слика 32 – Дијаграм дебљине са АУТОХОЛД -а

3.4. Моталице

У предходним процесима од загревања слабова преко процеса предваљања и завршног ваљања добијена је жељена трака која треба да се намота у котур, односно финални производ процеса топлог ваљања. Процес намотавања одвија се на уређајима за намотавање, у жаргону називају се моталице [4]. Постоје два уређаја за намотавање: моталица бр.1 и моталица бр.2, слика 33.



Слика 33 – Приказ моталице

Опрема и уређаји

Процес намотавања реализује се са више уређаја и опреме:

- Уводник 1 (бочне вођице испред моталице бр.1)
- Вучни уређаји (трајбери) бр.1 и бр.2
- Агрегати моталице бр.1 и бр.2
- Колица за извожење котурова бр.1 и бр.2
- Превртачи котурова бр.1 и бр.2
- Уводник 2 (бочне вођице испред моталице бр.2)
- Линија транспорта
- Остала опрема

Уводник 1 (бочне вођице испред моталице бр.1)

Трака изваљана у процесу завршног ваљања транспортује се котрљачом до уређаја за намотавање. Усмеравање траке, непосредно на улазу, врши се подесивим бочним вођицама у дужини од око 30 *m*. Вођице су састављене од 6 међусобно повезаних секција које образују левкасти улаз траке. Последње две секције су паралелне у односу на подужну осу ваљања. Максимална мера раширених вођица је 2230 *mm*, а минимална је 580 *mm*. Овај пар секција прима траку са 100 *mm* већом ширином од ширине траке, а након тога се лева секција пнеуматским цилиндрима приближава траци. На овај начин обезбеђено је тангирање-додиривање ивица траке вођицама. Зато су вођице обложене изменљивим хабајућим плочама које се поправљају наваривањем или се мењају. Бочне вођице имају трансмисијски погон како би биле погоњене све секције. Брзина померања вођица је 45 *mm/s* [4].

Вучни уређаји

Усмерена трака најпре се прихвата вучним уређајем кога чине горња и доња вучна ролна са погоном и механизмом за подешавање зазора између ролни. Склоп доње ролне пречника 400 *mm* и радне дужине 2280 *mm* је преко својих кућишта фиксиран за штендер-постоље. Склоп горње ролне пречника 900 *mm* и радне дужине 2280 *mm* смештен је у горњем покретном носачу кога држе два пнеуматска цилиндра. Због усмеравања траке на доле оса горње ролне померена је у вертикалној равни за 225 *mm* у односу на осу доње ролне. Обе ролне покрећу се електро моторима снаге 390/420 *KW* који обртно кретање преко масивних карданских вратила преносе на ролне. Брзине обртања ролни усаглашене су са брзином траке изваљане на шестом ваљачком стану. Сви електро мотори на улазном делу рукавца ротора имају постављене тахо динаме за прецизно мерење брзине, односно броја обртаја. У почетку процеса намотавања вучни уређаји имају задатак да уведу траку у процес намотавања све до тренутка када трака напусти последњи ваљачки стан. Тада вучни уређаји обезбеђују затезање траке између самог уређаја и трна намотача. Зазор између вучних ролни нешто је мањи од дебљине траке, а подешава се засебним механизмом пре сваког пријема траке нове дебљине [4].

Простор за увођење траке

Пошто се трака уводи у процес намотавања великом брзином (до 20 *m/s*) овај простор је механички одређен. Са доње стране простора, испред и иза доње трајбер ролне налазе

се улазни и уводни сто, конструкција штендера и шкољка бр.3. Горњу површину простора чине скретница траке са скретном ролном, као и шахтна ролна улежиштена у шахтном столу. Оба стола закрећу се пнеуматским цилиндрима. Ако је скретни сто спуштен на доле трака се усмерава ка моталици бр.2. Да би се трака намотала на трн намотача она се даље усмерава притисним ролнама смештеним у шкољкама бр.1, бр.2 и бр.3. Притисне ролне су на врло прецизном растојању у односу на трн, а тај зазор је функција дебљине траке и износи у нултом подешавању 7, 5 и 4 *mm*. За подешавање зазора сваке притисне ролне постоји механизам који приближава или удаљава ролне од трна [4].

Агрегати моталица

У великом штендеру, укупне тежине око 190 *t*, смештени су следећи уређаји и механизми:

- Трн намотача са редуктором
- Све три превојне шкољке са притисним ролнама
- Погонска вратила за померање шкољки са погонским механизмом за подешавање зазора.
- Механизам потпорног лежаја трна

Трн намотача

Почетак намотавања траке око трна дешава се када му је пречник 730 *mm*, односно када је трн предраширен. Након пар намотаја трн се шири до могућих 760 *mm*. Да би се готово намотан котур скинуо са трна он треба да се скупипи на пречник од 710 *mm*. Ширење и скупљање трнова реализује се ротационим цилиндром повезаним са трном. Погон обртања трна долази од електро мотора снаге 650 *KW*. Конструкција трна смештена је у редуктору (један рукавац), а на остатак се намотава котур. Овај приступ припада конзолном типу због чега је потребно да се чело трна придржава потпорним полугама [4].

Превојне шкољке

У масивним челичним конструкцијама смештене су притисне ролне са механизмом за амортизацију. Шкољке се покрећу (прилажење трну, одмицање од трна) преко полужног система спојеног са главним погонским вратилима улежиштених у самом штендеру. Покретање се реализује пнеуматским цилиндрима пречника 700 *mm*. Пошто је зазор између шкољки-притисних ролни у односу на трн функција дебљине траке постоји механизам за подешавање зазора [4].

Колца за извожење котурова

Котур намотан на трн намотача се колицима преузима и одвози до превртача котурова. Кретање колица напред-назад и преузимање (подизање-спуштање подизног стола) котурова је обезбеђено хидрауличким цилиндрима [4].

Превртачи котурова

Намотани котур извучен из моталица је у хоризонталној оси. Уређајем за превртање котурова исти се доводи у вертикалну осу и оставља на линију транспорта [4].

Транспорт котурова

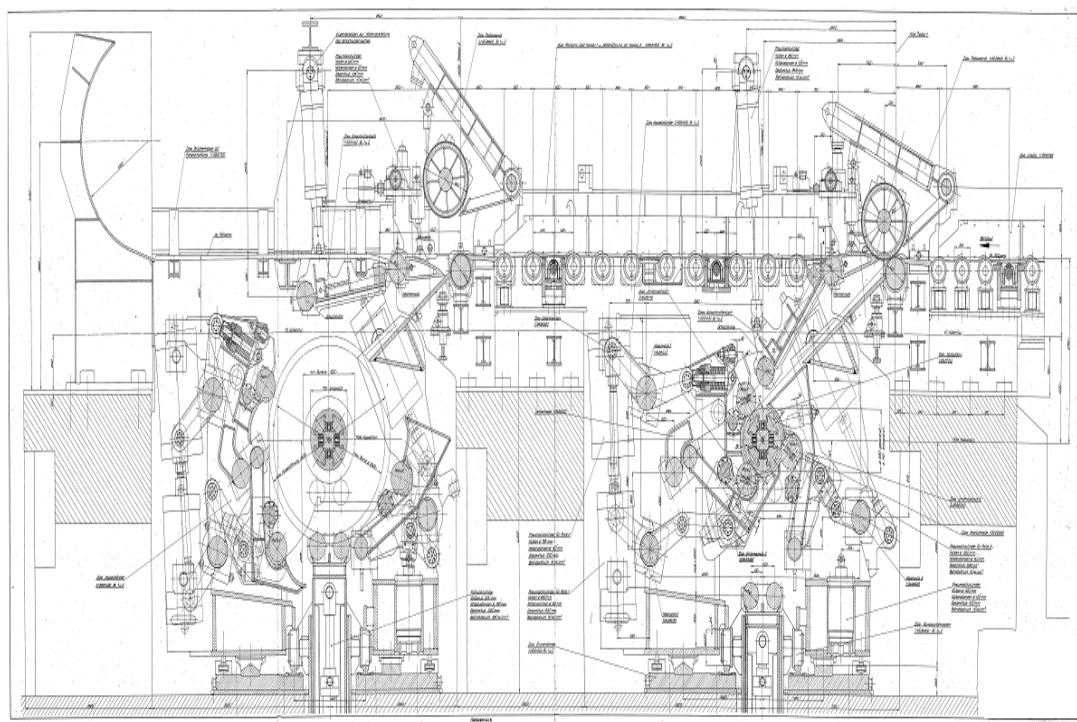
Линијом транспорта коју чине ланчasti и корачни транспортери котурови се преносе или у складиште Топле ваљаонице или се усмеравају ка Хладној ваљаоници [4].

Остала опрема

За обезбеђење процеса намотавања осим електричне енергије потребна је хидрауличка енергија:

- Хидраулички систем *F, G, H*
- Централни уљни систем *D*, за снабдевање уљем за подмазивање свих редуктора
- Централни системи бр.6, 7, за снабдевање машћу свих потрошача
- Водени круготог *D*, за хлађење опреме и траке

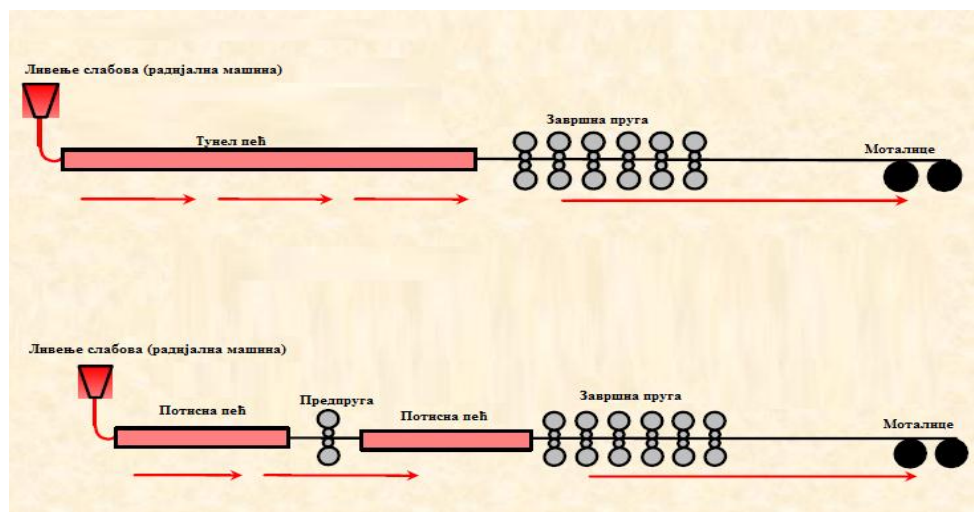
Процес намотавања прати се из управљачке кабине-пулта где се и постављају захтевани параметри. Кабина је у видном пољу опреме, али и у интерфонској вези са осталим кабинама од паћи, пред пруге, завршне пруге и линије транспорта. Циљ намотавања је равно намотан котур (без телекоптичних намотаја) температуре од 600-650 °С. Овде се не завршава технолошки процес јер се хлађење котурова до собне температуре реализује у складишту котурова (два-три дана) [4]. Целокупан шематски приказ моталица приказан је на слици 34.



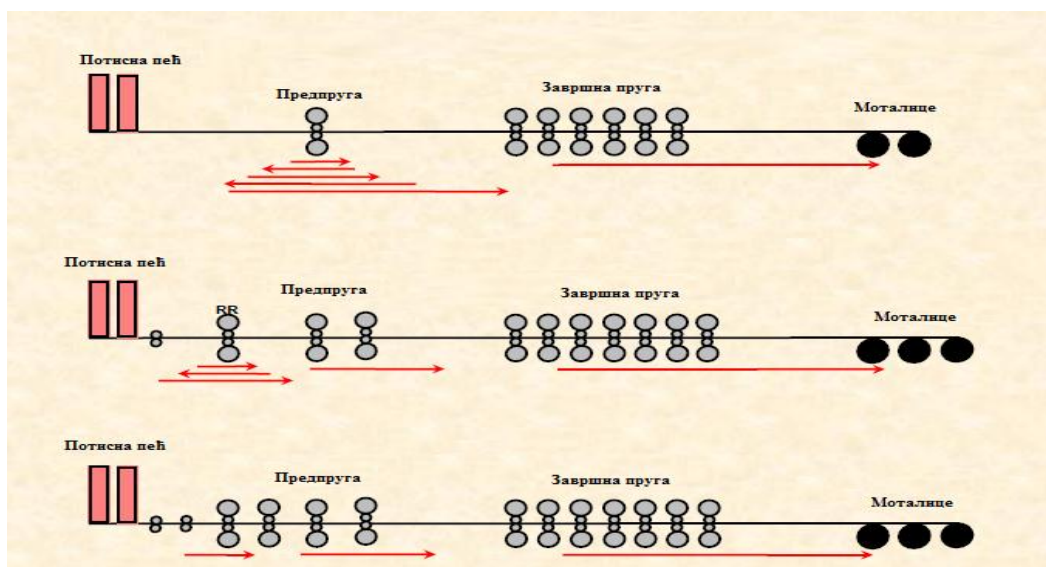
Слика 34– Приказ опреме моталица

4. САВРЕМЕНИ ОБРАДИ СИСТЕМИ ЗА ПРОИЗВОДЊУ ТОПЛОВАЉАНИХ ТРАКА

Заједно са порастом потражње челика односно топловаљаних котурова порастао је и захтев за квалитетом. Све модернизације рађене су превенствено због постизања што бољег квалитета топловаљаних трака. За разлику од полуконтинуалног типа топле ваљаонице који је у Смедереву, могу се наћи и типови ваљаоница који су потпуно континуални, компактни, топле ваљаонице I, II и III типа итд [5], слика 35 и 36.



Слика 35 – Итглед компактних ваљаоница



Слика 36 – Изглед ваљаоница различитих изведби

Такође могу и бити различито изведене у зависности од својих димензионих могућности па тако се могу видети ваљаонице са 7 ваљачких станова на завршној прузи каква је и ваљаоница у Кошицама у Словачкој, ваљаонце са два стана на предпрузи [7].

Додавањем седмог ваљачког стана могуће је остварити знатно бољи услови ваљања као што су боља расподелу редукције, веће тачност температуре завршног ваљања, боља равност траке, профил траке, мања могућност цепања задњег краја траке нарочито на критичним и танким димензијама [7]. Изглед завршне пруге са 7 станова дат је на слици 37.



Слика 37 – Изглед седмостанске линије завршног ваљања

За разлику од топле ваљаонице у Железари Смедерево која се састоји од потисне пећи за загревање слабова поједине топле ваљаонице могу имати и посебне тунеле којима се директно изливени слабови пуштају на ваљање, слика 38. Проласком слаба кроз затворен тунел до предпруге слаб се догрева а оваквим начином ваљања се постижу значајне уштеде у потрошњи пећног гаса за загревање слабова [7].

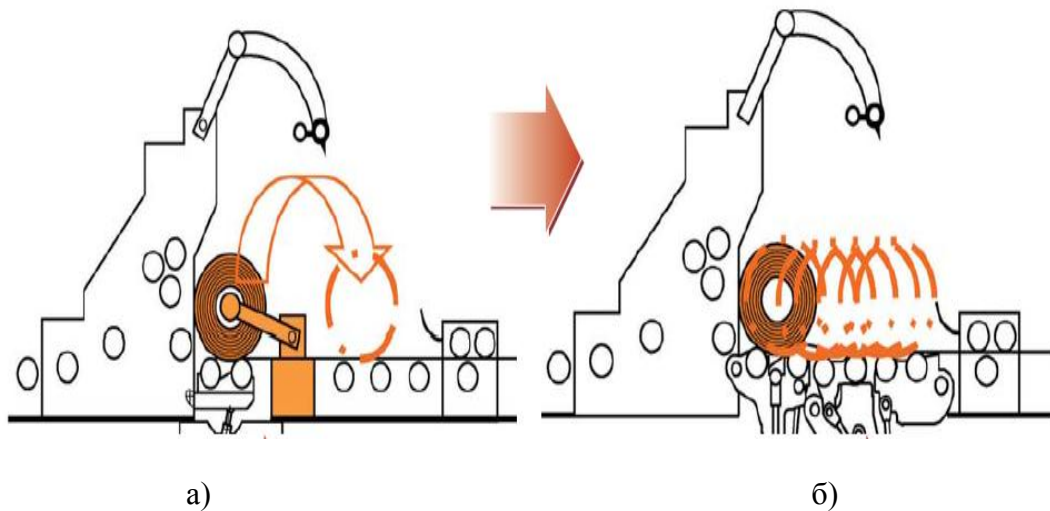


Слика 38 – Изглед тунел пећи

Постављањем *Coilbox* - а између предпруге и завршне спречава се губитак температуре предтраке како по дужини тако и по ивицама [7], слика 39. Пренос котурова унутар *Coilbox* - а може бити изведен на два начина и то:

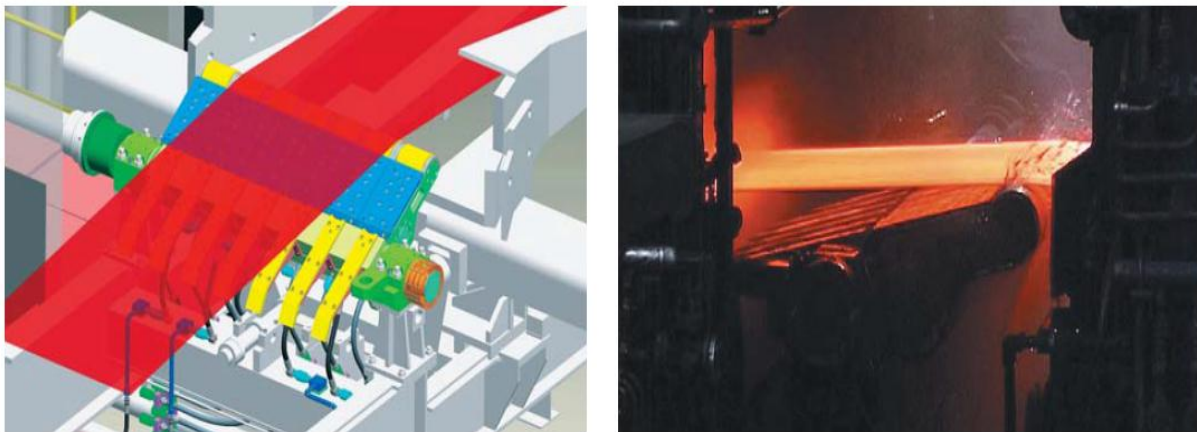
- Пренос помоћу преносне полуге (а) тако што полуга подигне котур ван линије котрљача док се котур одмотава,

- Пренос помоћу ротирајућих ролни унутар саме кутије котурова (б)



Слика 39 – Изглед Coilbo-a

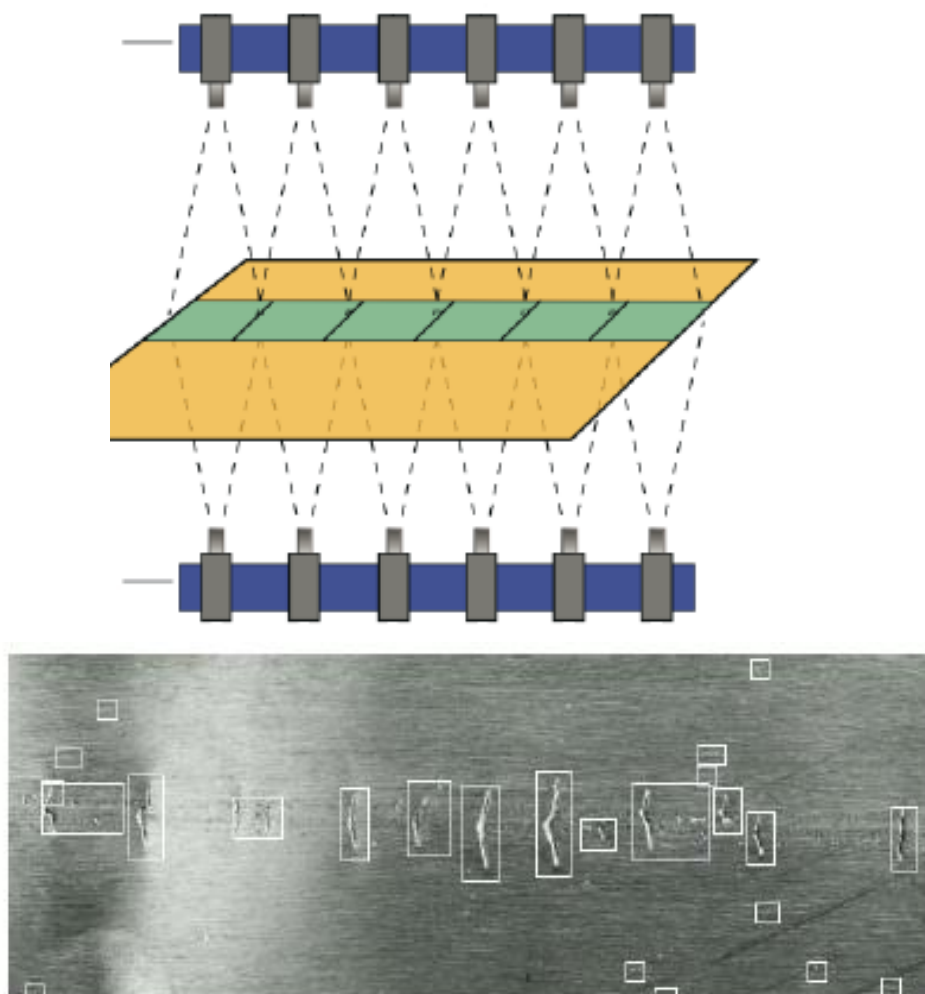
Мерење профила траке на савременим ваљаоницама обавља се помоћу мерних инструмената који су постављени на луперима између станова завршне пруге при чему се добијају знатно прецизнија мерења [7], слика 40.



Слика 40 – Мерење профила траке лупером

Уградњон АWC и AGC система на линији завршног ваљања омогућена је знатно боља контрола дебљине и ширине траке. АWC систем представља хидраулични систем контроле зазора вертикалних ваљка на линији пред ваљања док AGC систем представља хидраулични систем контроле зазора радних ваљака линије завршног ваљања. [7]

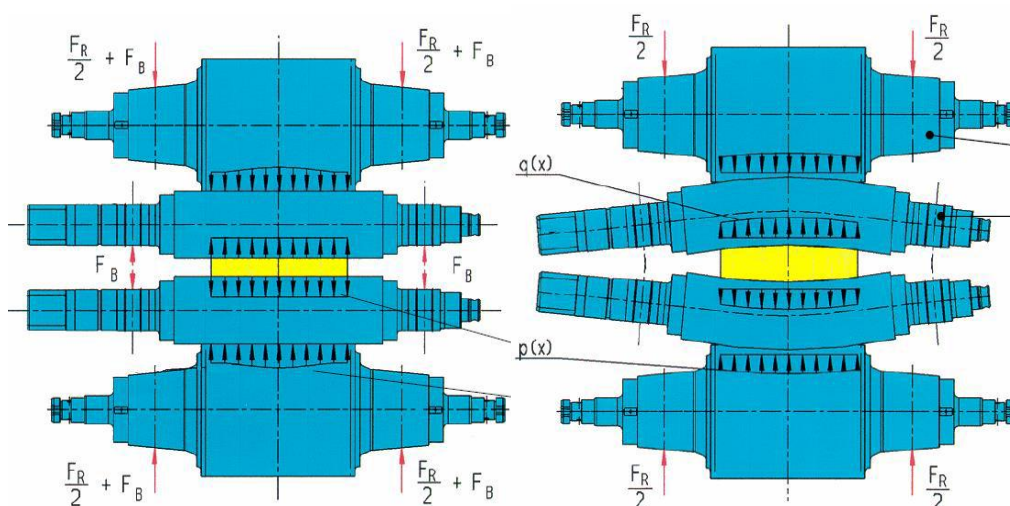
За праћење стања површине траке односно појаве дефеката као најбољи систем показао се систем аутоматског детектовања дефеката који се састоји од система камера који прате стање траке по дужини са горње и доње стране и у случају дефеката врше фотографисање истог и приказују основне информације о дефекту као што су интензитет и положај. Применом овог система остварује се знатна уштеда у времену и омогућена је боља оцена квалитета и стања површине [7], слика 41.



Слика 41 – Систем камера за праћења квалитета површине траке

Континуална променљива контрола круне (ЦВЦ), слика 42, радних и потпорних ваљака доводи до:

- Симетричне расподеле оптерећења између радних и потпорних ваљака једнако конвенционалној круни радних ваљака
- Симетричност трошења и тврдоће потпорних ваљака
- Широки распон подешавања ЦВЦ



Слика 42 - Приказ понашања ваљака у складу са распоредом сила по попречном пресеку са и без савијања(бендинга) радних ваљака

Такође се и оптимизују потпорни ваљци да би се избегли пикови оптерећења и оптерећења на ивице потпорних ваљака. Модел профила, контуре и равности(ПЦФЦ) обухвата:

- Модел стања ваљака(термална круна и трошење радних и потпорних ваљака)
- Модел стратегије
- Модел протока материјала
- Еластично понашање монтираних ваљака

Помоћу овог модела може да се мења сила савијања(бендинг), кориговање АГЦ-а и затворена контрола равности лупера. Подаци од мерења која добијамо су: сила ваљања, финална дебљина, температура, профил, равност и сила савијања(бендинг).

Такође имамо и модел еластичности гарнитура ваљака чија је функција да израчуна утицај различитих услова оптерећења на профил зазора ваљака. Он прорачунава извијање гарнитура ваљака и равнање у зазорима ваљака. Узима у обзир: геометрију и материјал ваљака, контуру брушења ваљака, ефекат термичке круне и трошења ваљака, неједнаку расподелу оптерећења према ширини, ефекат континуалне променљиве контроле круне (ЦВЦ) и савијања радних ваљака. Резултат овога је добијање утицајних параметара који описују зазор контуре ваљака под различитим оптерећењем и геометријским условима(полиномни коефицијент).

Параметри који утичу на прорачун димензионог модела термичке круне су: коефицијент преноса топлоте трака-ваљак, коефицијент конвекције топлоте ваљак-околина, коефицијент топлотне проводљивости и коефицијент топлотног ширења. Овај модел узима у обзир пречник и материјал ваљака, као и температуру, дебљину, ширину и брзину траке. Од актуелних података(циклични подаци) ту су трака у становима, статус хлађења ваљака, основно хлађење и променљиво хлађење. На крају као резултат добијамо температуру и контуру термалне круне целом дужином ваљка [7].

Код модела трошења радних ваљака, главни параметри који утичу на трошење ваљака су: ваљани материјал, сила ваљања, редукција дебљине, брзина ваљака, квалитет

челика, коварина на траци и температура површине ваљака. Минимална и максимална сила савијања радних ваљака по становима је дата испод:

- $F1$ и $F2$ од 500 до 1100KN
- $F3$ и $F4$ од 500 до 1100KN
- $F5$ и $F6$ од 500 до 1100KN

Оператор има могућност да утиче или коригује модел. Ако је у питању централна таласавост вредност тих промена је од -9 до 0, док ако је у питању ивична таласавост вредност промена је од 0 до 9. Оператор према висини неравнина између станова ставља неку од могућих претходно датих вредности. 0 значи да нема корекција, док +/- 9 значи велику вредност корекције. Модел узима у рачун интервенцију оператора и коригује континуалну променљиву контроле круне (ЦВЦ) или вредност савијања да побољша вредност равности за следећу траку. Не мења се сила ваљања из разлога равности. Модел ће компензовати овај ефекат.

Оператор такође има могућност да побољша равност, користећи силу савијања (бендинг) током ваљања. Модел учи из те интервенције (прилагођавање бендинга) и утиче или коригује подешавање за следећу траку.

Поред савремених ваљаоница и линије за попречно и издужно сечење су такође прошле кроз многе фазе модернизације па се тако могу наћи типови линија за попречно сечење које су знатно више аутоматизоване и процес равнања је знатно побољшан. Једна врло важна карактеристика модернијих линија сечења је што су знатно мањих габаритних димензија него ранијих година.

Главни задатак линије сечења јесте да траку из котура довољно изравна како би равност исечених табли задовољила захтеве стандарда. Данас се могу наћи линије сечења са знатно бољим системом равнања пре свега у броју радних ваљака јер са већим бројем пролаза (ломљења) траке равност се поспешује. Такође су и системи поставке равналица унапређени и аутоматизовани. На главном екрану пулта управљања убацују се основни подаци о траци која се сече као што су ширина, дебљина, квалитет а систем сам препознаје и избацује препоручене вредности подешавања радних или чак и потпорних ваљака. Подешавање потпорних ваљака је веома битно приликом појаве коритавости или централне таласавости траке јер се добијањем конвексног или конкавног профила положаја потпорних ваљака ове врсте таласавости могу свести на минимум. На слици 43. приказана је савремена линија попречног сечења [7].



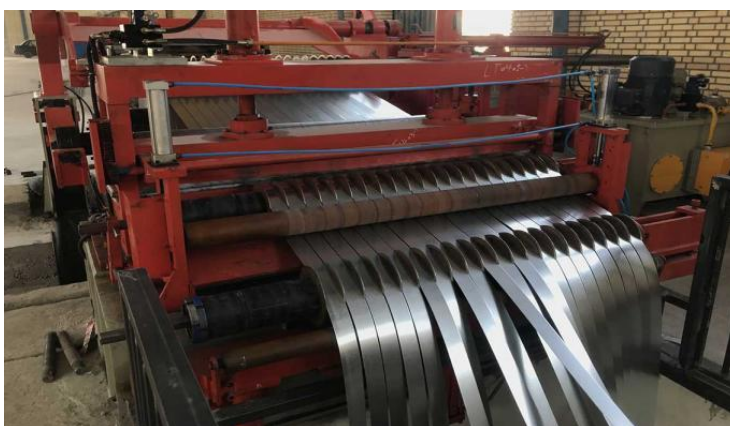
Слика 43 – Изглед савреме линије попречног сечења

Са аспекта квалитета површине највећи проблем представља терцијална коварина на траци која доводи до стварања налепа на радним ваљцима равналица при чему може доћи до појаве отисака и деградације квалитета. Систем скидања коварине унапређен је примен четки које се окрећу и додирују површину траке при чему се све нечистоће уклањају а затим се иста отклања преко система усисавања, слика 44.



Слика 44 – Изглед четки на линији попрелног сечења

На линијама слитовања могу се наћи и прорачуни рачунара за положај и поставку кружних ножева како би се добио што квалитетнији рез. На слици 45. приказана је савремена линија попречног сечења.



Слика 45 – Процес слитовања

5. ДЕФЕКТИ ПРИ ПРОИЗВОДЊИ ТОПЛОВАЊАНИХ ТРАКА

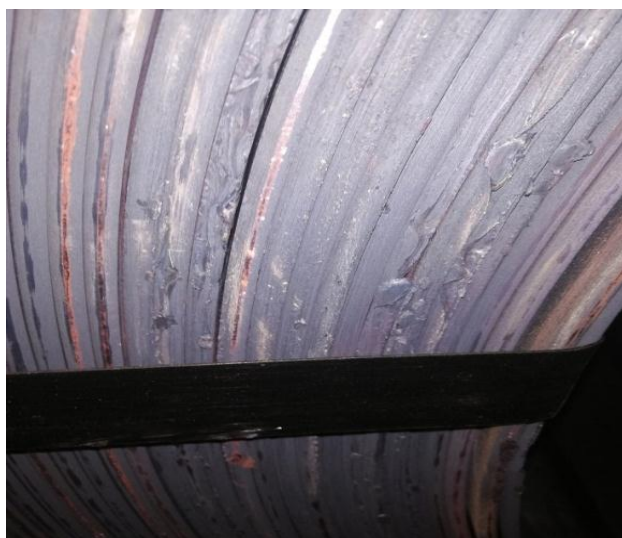
На топоваљаним тракама може доћи до појаве дефеката који могу бити површински, одступање процесним параметара али и других неправилности које могу довести до деградације квалитета и неиспуњења захтева купаца или стандарда. Дефекти могу бити челичански, односно настати због неодговарајућег квалитета слаба али и дефекти настали на топлој ваљаоници.

Љуспе, слика 46, представљају површинске дефекте челичанског порекла који се могу јавити насумично по површини траке или уз ивицу траке и настају као због силикатних или алуминатних укључака, ситних глобуларних оксида који потичу од интерне оксидације.



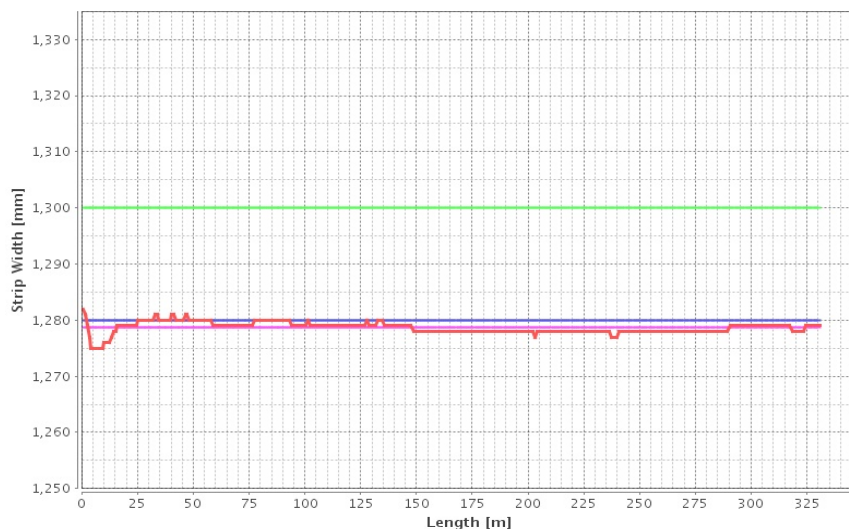
Слика 46 – *Изглед љуспи*

Ивичне пукотине, слика 47, представљају још један тип челичанског дефекта који се често може јавити на топоваљаним тракама а настаје због лошег стања ивица слитованих слабова, тј стварања пукотинама по ивицама слабова.



Слика 47 – *Изглед ивичних пукотина*

Одступање ширине, слика 48, траке настаје у случају неодговарајућих димензија слаба, лоше поставке вертикалних ваљака на предпрузи, лоше поставке вођица на предпрузи и поставке станова на завршној пружи. Одступање ширине је дозвољено 20mm у плусу.



Слика 48 – Приказ дијаграма ширине

Одступање дебљине, слика 49, траке настаје због неодговарајуће позиције радних ваљака, тј неодговарајуће поставке станова на завршној пружи али такође може доћи до одступања дебљине у одређеном делу траке због неодговарајућег квалитета слаба, више или ниже температуре предтраке. Дозвољено одступање дебљине и ширине по дужини траке добија се формулом $90/\text{дебљина траке}$ с тим да укупна дужина одступања не прелази 20m . Толеранције за дебљину дефинисане су стандардом или посебним захтевом купца.



Слика 49 – Приказ дијаграма дебљине

Таласавост траке може бити

- Ивична, која настаје због превелике редукције на завршним становима , неадекватног контра савијања ваљака , неадекватаног профил ваљака , похабаности ваљака , недовољне загрејаности ваљака
- Централна таласавост, настаје због остећења радних или потпорних ваљака, прегрејаности, лошег профила И неодговарајућег контра савијања ваљака на завршној пружи
- Коритавост траке, настаје као последица лошег хладјења траке на завршном ролгангу где долази до задрзавања воде по средини траке И разлиците брзине хладјења ивица и средине траке
- Лучност табли, настаје као последица лоше подешености равналица на линији попречног сечења

Дозвољено одступање равности дефинисано је стандардом у зависности од дебљине, ширине и квалитета траке али у одређеним случајевима може постојати и специјалан захтев купца.

До гужвања на моталици, слика 50, долази услед појве петљи на завршном ролгангу, неусаглашених брзина између завршне пруге и моталица, доплованости траке или појаве неких хаваријских ситуација на моталици.



Слика 50 – Гужвање котура на моталици

Разлози због гужвања траке на завршној пружи, слика 51, могу бити различити и зависе од самог стање траке, таласавост или српавост, грешака оператора, стање опреме на завршној пружи.



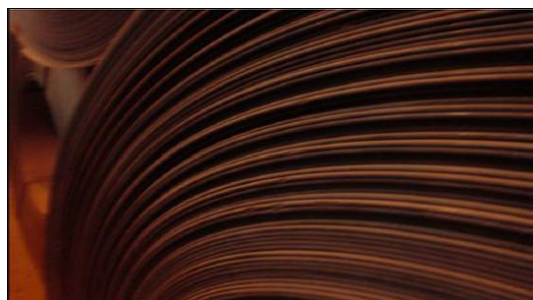
Слика 51 – Гужвање котура на завршној прузи

До цепања траке на завршној прузи, слика 52, долази најчешће код танких трака као последица превеликог пада температуре задњег краја предтраке или као последица српавости и лошег бочног вођења или лоше подешености пруге и проблема са опремом. У случају цепања почетка траке потребно је траку премотати и инспекционисати површину на слитеру због могуће деградације квалитета уколико одговара димензионим могућностима Слитера ТВ



Слика 52 – Цепање задњег краја траке

Телескопија, слика 53, може настати због српавости траке, појаве петљи на завршном ролгангу, ивичне таласавости траке, лоше подешености притисних ролни или вођица моталице, лошег зазора трајбера, неусаглашености брзина између завршне пруге и моталице и може се јавити како у одређеном делу тако и по целој дужини траке. Максимална дозвољена телескопија је до 60mm осим у случају посебних захтева купаца. Тањираста и наизменична телескопија нису дозвољене, слика 54.



Слика 53– Наизменична и тањираста телескопија



Слика 54 – *Телескопија на делу траке*

До оштећења ивица, слика 55, траке може доћи због неодговарајућег манипулисања на складишту топле ваљаонице или услед појаве благе телескопије или оштећења бочних вођица на моталицама.



Слика 55 – *Оштећене и повијене ивиц*

Ивичне прскотине, слика 56, су дефектан који се јавља по ивицама траке и по изгледу подсећа на ивичне пукотине с тим да се прскотине јављају услед оштећења бочних вођица на моталицама И за разлику од пукотина које се простиру ка унутрашњости траке за прскотине је карактеристичана појава преваљаности материјала.



Слика 56 – *Приказ ивичних прскотина*

Коварина, слика 57, је производ оксидације метала, која се образује на површини при пластичној преради метала у топлом стању. Коварина има различит састав у зависности од хемијског састава челика, температуре топлог ваљања и температуре намотавања ТВК. Коварина се може јавити као:

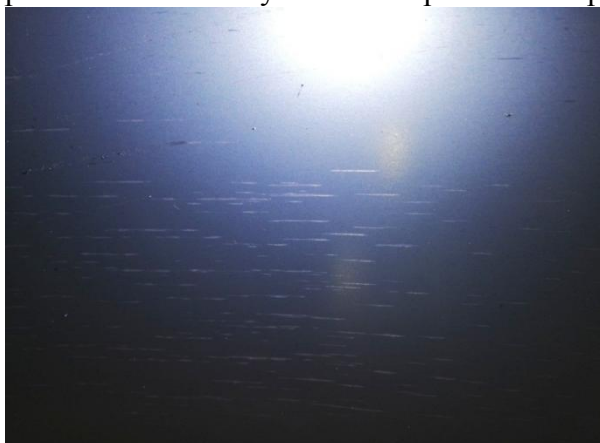
- Уваљана коварина без правила распореда по површини траке,
- Линијска коварина
- Коварина настала због похабаности радних ваљака на завршној прузи (пилинг ваљака)
- Црвена коварина односно терцијална коварина која настаје услед неодговарајуће температуре намотавања

Појава уваљане коварине која је неправилно распоређена на траци као И линијске коварине настаје због неодговарајућег рада спирача коварине у хаваријским ситуацијама као што су запушеност дизни или самог система за довод воде али И у случају кvara на пумпама високог притиска. Минимални притисак за спирање коварине је 150 bar – а. Како би се спречила појава коварине због похабаности радних ваљака потребно је снизити температуре предтрака и редукције на становима.



Слика 57 – Уваљана коварина са доње стране траке

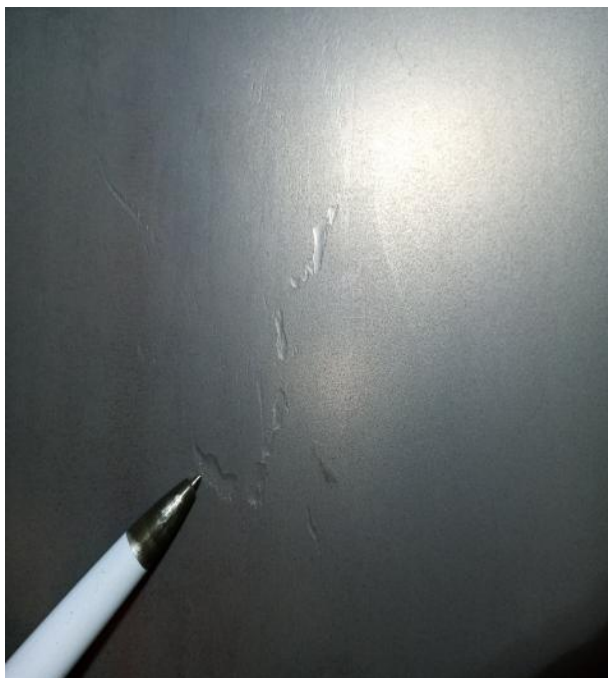
Огреботине, слика 58, на Топлој ваљаоници могу настати услед неусклађених брзина горњег и доњег трајбера на моталицама, неусклађених брзина моталице и завршне пруге, неисправности ролни или настанку налепа на ролнама завршног ролганга.



Слика 58 – Огреботине са доње стране траке

Дужина ролгана од стана *F6* до *M1* је 156 *m* док је дужина од *F6* до *M2* 168 *m*. Како на линији ваљања тако и на линијама попречног и издужног сечења може доћи до појаве отисака због оштећења ротирајућих делова који су у контакту са траком.

Отисци, слика 59, у виду испупчења или удубљена која се периодично понављају и настају као последица оштећења или стварања налепа на радним ваљцима завршне пруге И горњег или доњег трајбера на моталицама али и притисних ролни. Како на линији ваљања тако и на линијама попречног и издужног сечења може доћи до појаве отисака због оштећења ротирајућих делова који су у контакту са траком.



Слика 59 – *Изглед отисака на топоваљаној траци*

6. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ДЕО

У оквиру овог поглавља описан је поступак уздужног и попречног сечења топловаљаних трака са освртом на квалитет реза. Графички је приказано време експлоатације ножа на линији попречног сечења и описана зависност квалитета реза од стања резних ивица, тј. параметара који могу утицати на повећано хабање резних ивица ножа. Описан је начин паковања кружних ножева на линији уздужног резања и описани су главни недостаци и разлози који могу да доведу до деградације квалитета реза као и препоруке за отклањање истих.

6.1. Линија попречног сечења – Јапанске Маказе

Линија попречног сечења – Јапанске Маказе су монтиране 1980. године и намењене су за сечење топловаљаних котурова на табле, слика 60.

Основни делови маказа су:

- улазни транспортер за 5 котура
- преносна колица
- уводна равналица (3 ваљка горе, 3 ваљка доле дим. Φ 300 x 2500 mm)
- ивичне маказе
- лупер сто
- равналица 1 (5 ваљака горе, 6 ваљака доле дим. Φ 165 x 3253 mm)
- гиљотинске маказе
- равналица 2 (5 ваљака горе, 6 ваљака доле дим. Φ 110 x 3230 mm)
- штампач ознака табли
- слагач лима
- попречни транспортер
- улазни транспортер у складиштевага кружна механичка

Основне карактеристике маказа су:

- максимална тежина котура 35 t
- максимална ширина котура 2100 mm
- дебљина траке мин 3 mm до 15 mm максимално
- дужина сечења мин 2000 mm до 16000 mm максимално
- брзина сечења мин 18 m/min, мах 40 m/min максимално
- тежина пакета мах 15 t
- унутрашњи пречник трна 710 (750) mm
- минимална ширина траке 800 mm
- укупна инсталисана снага 2461,5 KW

На основу програма сечења котур се дизалицом поставља у колевку улазног транспортера, након чега се аутоматским клештима котур преноси до колица за превоз и врши се отварање хидрауличним ножем. Колицима се превози до одмотача котура и подизањем истих котур се доводи у осу одмотача који се уводи у отвор котура и шири. Почетак траке се уводи у притисне ролне уводне равналице, спушта се горња притисна ролна и активира се окретање одмотача и уводне равналице. По изласку почетка траке

из уводне равнанице команде се са пулта 502 (пулт увођења) пребацују на пулт 503 (пулт штеловања уводне равнанице) са кога се врши подизање преводног стола испред чеоних маказа где се командом ”напред” почетак котура уводи у чеоне маказе, у дужини од 200-300 *mm*, и одсеца „језик” након чега се спушта преводни сто. Трака се даље доводи до преводне ролне и надаље команде преузима пултериста пулта 504 (пулт вођења траке) и доводи траку до бочних вођица ивичних маказа које се аутоматски подешавају према ширини траке и трака води до равнанице бр 1. [5], део линије попречног сечења до уводне равнанице приказан је на слици 60.



Слика 60 -Приказ линије попречног сечења до уводне равнанице

Спушта се притисна ролна и јавља се оператору пулта 505 (пулт сечења – главни пулт) да преузме даље вођење траке. По изласку почетка траке из равнанице, иста се доводи до летећих маказа, доводи у стартни положај, спушта се мерна ролна и врши иницијално сечење почетка траке. Пребацују се команде на аутоматски рад, укључује се штампач за обележавање табли., приказ равнанице бр 1. и летећих маказа дат је на слици 61.



Слика 61. – Приказ равнанице бр 1. и летећих маказа

Непосредно испред слагача ванкласног лима налази се равналица бр 2. која има улогу да изврши корекцију равности исечених табли, слика 62.



Слика 62. – Приказ равналице бр.2

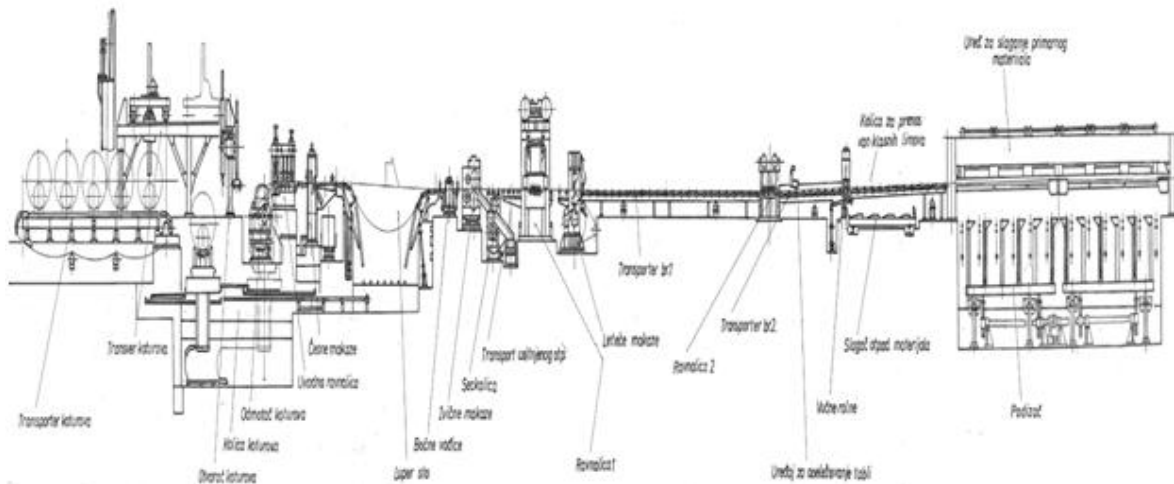
Исечене табле се доводи до слагача ванкласног лима и подизањем стола спушта се на њега. Подешава се ширина улазних вођица, постављају греде које се попречним транспортером доводе до лифтера којим се дижу до пас ролни. Подешава се траверза на дужину одсецања траке и врши се аутоматско паковање табли у пакет [5].

По завршеном паковању зауставља се слагач и линија слагања, отварају пас ролне, помера се траверза удесно, ван лифтера. Спушта се пакет на попречни транспортер и доводи до уздужног транспортера којим се, са пулта ваге, доводи до машине за везивање. Слагач је приказан на слици 63.



Слика 63. – Приказ слагача

Пакет се везује, полуаутматком машином за везивање, према начину паковања прописаном програмом сечења од стране припреме производње. Даље се доводи до поља ваге где се мери тежина према и уписује број пакета, на горњој табли пакета. Пакет се даље доводи до краја транспортера одакле се дизалицом преноси у складиште пакета где се складишти а велике и мале греде, на којима је транспортован пакет се пакују на преносна колица и даље се дизалицом враћају код слагача [5]. Шематски приказ линије попречног сечења дат је на слици 64.



Слика 64. – Шематски приказ линије попречног сечења

Приликом процесуирања траке на линији попречног сечења контролор је у обавези да обрати пажњу на квалитет реза ножа. Приликом процесуирања траке на линији сечења на основу сигнала мерне ролне која је смештена непосредно испред летећих маказа задаје се команда за одсецање траке. Сечење траке се обавља у континуитету без заустављања исте. Летеће маказа се састоје од носача горњег и доњег ножа, вратила рамена које је улежиштено у ексцентру и ради на принципу коленастог вратила и вратило ножа. Горњи нож је покретан односно врши транслаторно кретање док се доњи нож помера заједно са раменом. Приказ летећих маказа дат је на слици 65.



Слика 65. – Приказ ножа летећих маказа

Квалитет реза ножа на линији попречног сечења

Предуслов за квалитетнији рез ножа јесте и правилна подешеност зазора између горњег и доњег ножа летећих маказа. Зазор између ножева летећих маказа за дебљине траке 3.00 до 9.99 *mm* подешава се 10% у односу на дебљину траке, док се зазор за траке дебљине 10.00 до 15.00 *mm* подешава 1 *mm*.

Такође до лошег квалитета реза ножа може доћи услед похабаноти резне ивице ножа летећих маказа. Интерним стандардом је прописано да дубина повијености ивице не сме да пређе 1 *mm*. Штеловање зазора обавља се тако што се линија зауставља и одвијају завртњеви за штеловање зазора и калибрисаним тракама се проверавају зазори на крајевима ножа. Приказ лошег и доброг реза ножа на линији попречног сечења дат је на слици 66.



Слика 61 – Приказ лошег (а) и доброг (б) реза ножа

Дијаграмски је приказана укупно исечена тонажа за сваки нож појединачно у периоду од 2012 до 2020 године.



Најбољи резултати остварени су ножем ознаке 84919/920-1 којим је за 42 дана колико је нож дуго био у експлоатацији исечено 24449 *t*, тј. дневно је просечно исечено око 582 *t*

Просечан број дана експлоатације ножева је 60 дана, док просечна исечена тонажа за време експлоатације износи 13734 *t*, односно 220 *t* дневно на основу чега се теоријски може предвидети век трајања ножа и превентивним проверама стања резних ивица може спречити да дође до деградације квалитета.

Поред добре резне ивице ножа, још један предуслов је и правилан програм сечења, односно програм сечења такав да нема великих скокова у дебљини. Након уградње нових или обрушених ножева веома је битно да се крене са танким димензијама 3-4 *mm* дебљине уз постепено повећање дебљине.

Како би се остварио што бољи квалитет реза ножа потребно је након сваке промене дебљине сечења правилно наштеловати зазор ножева на летећим маказама, услед настанка налепа на ножевима исте очистити и извршити превентивно брушење истих како не би дошло до већих хаваријских ситуацијама на линији попречног сечења и тиме довело до деградације квалитета.

6.2. Линија уздужног сечења – Слитер

Линија уздужног сечења - Слитер је монтирана 1983 године и служи за уздужно разрезивање-слитовање топловаљаних котурова дебљине од 1,2 - 8 *mm*, њихово везивање и паковање, слика 62.

Основни делови слитера су:

- колевке за постављање котурова
- колица за пренос котурова
- одмотача (са конусним трновима)
- равналице - вучне (2 ваљка горе, 3 ваљка доле дим. Ф 250 x 2300 *mm*)
- маказе за равнање почетка траке
- превртачки сто за одбацивање почетка траке
- главе слитера са ножевима
- вучна колица
- намотача котурова са трном од 610 или 750 *mm*
- колица за прихват слитованих котурова
- звезде четворокраке за лагеровање у хоризонталну осу
- превртач котурова
- транспортер са пауком за пренос
- обртни сто (карусел)
- транспортер за готову робу.

Слитована роба се испоручује у хоризонталној или вертикалној оси у зависности од жеље купаца [5].

Основне карактеристике линије су:

- максимална тежина котура 30 t на улазу
- максимална тежина котура 15 t на излазу
- максимални спољни пречник 1800 mm
- минимална ширина котура 1000 mm
- максимална ширина котура 2100 mm
- минимални спољни пречник 1200 mm
- унутрашњи пречник на улазу од 600-900 mm
- дебљина траке мин 2 (1,2) mm, мах 8 mm
- ширина траке мин 51,5 mm , мах - обрезивање котура
- број трака слитованих мин -1 ком, мах 21 ком

На основу програма сечења котур се аутоматским клештима преноси до колица за превоз и врши се отварање хидрауличним ножем. Колицима се превози до одмотача котура и подизањем истих се, котур, доводи у осу одмотача који се уводи у отвор котура [5], одмотач је приказан на слици 62.



Слика 62. – Приказ одмотала линије уздужног сечења

Почетак траке се уводи у притисне ролне, спушта се горња притисна ролна и активира се окретање одмотача. Почетак доводи до равналице која се подешава-баждари према дебљини траке. Равналица линије уздужног сечења приказана је на слици 63.



Слика 63. – Приказ равнанице линије уздужног сечења

Отварањем или затварањем улазних ролни омогућава правилно праћење-центрирање траке по дужној оси. Почетак траке одсеца на маказама у дужини од 1000-2000 *mm* а број одсечених комада зависи од квалитета почетка траке. Бочне вођице ручно подешава према ширини траке. Увођењем траке у главу Линије уздужног резања са ножевима почиње уздужно резање. Ивични отпадак везује на бубњеве. Ширина отпада је минимум 15 а мах 30 *mm* [5]. Глава линије уздужног сечења приказана је на слици 64.



Слика 64. – Приказ главе линије уздужног сечења

Вођењем траке кроз затезни блок, слика 65, и колица, исту доводи до подизног стола и трна котрљаче. Подизни сто служи за прављење петље при увођењу траке у трн.



Слика 65. – Приказ затезног блока

Трн за намотавање, слика 66, пре почетка рада се отвара да би се трака увела а затим по завршеном увођењу, трн се скупља и почиње намотавање.

Када се намотавање заврши сваки котур се ручно везује по обиму са онолико везаница и то: на сваких 200 *mm* по једна за шире а за уже траке мање од 200 *mm*. Отварањем трна-експандирањем,и гурачем трака се свлачи са трна на колица [5].



Слика 66. – Изглед трна за намотавање

Трака се затим преноси колицама до звезде-четворокраки прихватач. Максимална тежина траке на једном краку звезде је 15 *t*. Уколико се испорука врши у хоризонталој оси без подметача, тада се трака скида са колица и преноси у складисте слитоване траке. Шематски приказ линије уздужног сечења дат је на слици 67.

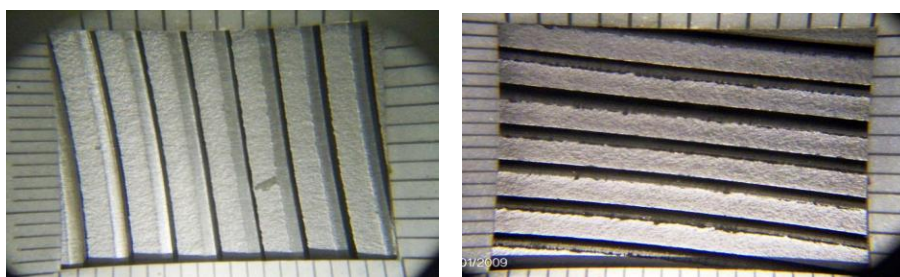
Ширина кружних ножева и дистантних прстенова може бити 20, 50, 75, 100 *mm* док је резна ивица оборена под углом од 45° и ширина резне ивице може бити:

- 1.00 *mm*
- 1.50 *mm*
- 2.00 *mm*
- 3.00 *mm*
- 5.00 *mm*
- 10.00 *mm*

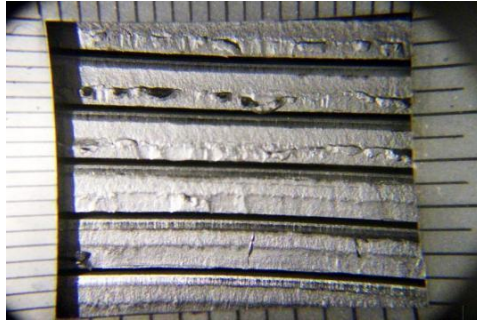
Приликом процесуирања котура на Слитеру може доћи до појаве лошијег квалитета реза ножа и у случају правилне поставке вертикалних и хоризонталних зазора кружних ножева [5]. У таквим ситуацијама потребно је проверити и изменити поставку зазора ножева и тада се користе пластични дистантни прстенови посебне боје која зависи од ширине траке:

Ширина (<i>mm</i>)	Боја
0.025	Љубичаста
0.037	Наранџаста
0.050	Тегет
0.075	Зелена
0.125	Браон
0.250	Бела
0.375	Црвена

Приликом обрезивања и слитовања контролор на линији сечења мора да обрати посебну пажњу на квалитет резова на свим добијеним котуровима. Рез мора да задовољи одређен ниво квалитета а то подразумева да рез није тестераст, нема кидане ивице, вишак материјала по ивицама нити повијене ивице [5]. На слици 63 дат је приказ задовољавајућег квалитета реза кружних ножева док је на слици 64 приказан рез кружних ножева незадовољавајућег квалитета.



Слика 57 – Приказ задовољавајућег квалитета реза кружних ножева



Слика 58 – Приказ незадовољавајућег квалитета реза кружних ножева

До појаве лошијег реза ножа долази због неодговарајућег паковања главе слитера, односно неправилних хоризонталних и вертикалних зазора кружних ножева, оштећења или похабаности резне ивице ножа али и неправилног постављања дистантних прстенова услед чега може доћи до појаве вибрација које могу да изазову померања кружних ножева.

Правилним паковањем главе слитера, тј. поштовањем свих прописаних мера за правилно паковање, може се остварити задовољавајући квалитет реза ножа. Потребно је редовно пратити стање резне ивице кружних ножева након изградње односно након завршеног процеса слитовања или обрезавања. За добијање реза ножа који је задовољавајућег квалитета поред правилног паковања главе слитера односно правилног подешавања хоризонталних зазора и вертикалних преклопа кружних ножева остварује се задовољавајући квалитет реза ножа.

7. ЗАКЉУЧАК

Поступак производње топловаљаних трака представља један веома комплексан процес, почевши од припреме руде, преко процеса добијања слабова па све до завршног процеса топлог ваљања. Сама постројења за производњу топловаљаних трака могу бити различитих изведби и зависе пре свега од димензионих могућности.

Један од 5 производних погона Железаре је Топла ваљаоница намењена за ваљање у топлом стању. Линеја ваљања је производна линија коју чине две пећи за загревање слабова потисног типа, пред пруга са једним ваљачким станом за процес пред ваљања, завршна пруга са шест ваљачких станова за завршно ваљање, опрема за хлађење траке након завршног ваљања и два уређаја за намотавање изваљане траке-моталице. Ови уређаји међусобно су повезани транспортним котрљачама за пренос слабова, пред траке или траке. Готов производ је у облику котура који се након намотавања линијом транспорта преноси или у складиште готових производа или се усмерава ка Хладној ваљаоници на даљу прераду.

Циљ модернизације постројења за ваљање топлих трака је да се постигне знатно бољи квалитет што је и један од предуслова за добро пословање самих предузећа која се баве производњом како топло ваљаних тако и хладно ваљаних трака. Пре свега да би се постигао бољи квалитет најважније очување температуре слаба или предтраке на топлој ваљаоници. Постизањем циљних температура слабова, предтрака и температура намотавања остварују се такви температурни режими и фазне промене материјала које имају повољан утицај на повећање деформабилности материјала и смањење отпора пластичној деформацији.

Стање опреме такође може довести до деградације квалитета топловаљаних трака па се дефекти могу јавити као површински, механичка оштећења или они дефекти који су довели до деградације квалитета услед одступања процесних параметара.

Главни задаци савремених обрадних система линија за попречно и уздужно сечење јесте да остваре што бољи квалитет резних ивица. Правилним и благовременим отклањањем недостатака на кружним ножевима линије уздужног резања могу се избећи деградације квалитета резних ивица како у току резања тако и приликом припреме главе за слитовање. Под тим се подразумева да се одаберу одговарајући дитантни прстенови приликом паковања главе слитера али и постављање одговарајућег зазора између кружних ножева.

На линијама попречног сечења предуслов за квалитетнији рез ножа јесте и правилна подешеност зазора између горњег и доњег ножа летећих маказа. Зазор између ножева летећих маказа за дебљине траке 3.00 до 9.99 подешава се 10% у односу на дебљину траке, док се зазор за траке дебљине 10.00 до 15.00 подешава 1 mm. Такође до лошег квалитета реза ножа може доћи услед похабаности резне ивице ножа летећих маказа. Интерним стандардом је прописано да дубина повијености ивице не сме да пређе 1 mm. Поред добре резне ивице ножа, још један предуслов је и правилан програм сечења, односно програм сечења такав да нема великих скокова у дебљини. Након уградње нових или обрнутих ножева веома је битно да се крене са танким димензијама 3-4 mm дебљине уз постепено повећање дебљине.

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Мустафа Ч.: „Обрада метала ваљањем“, Веселин Маслеша, Зеница 1982.
- [2] Документација фирме *OFF* - у за рад и одржавање Потисних пећи
- [3] Документација *Weah United* за рад и одржавање Пред пруге и енергетских постројења (хидраулини системи, системи за централно уљно подмазивање, моргоил системи А, В и С, централни ситеми за подмазивање машћу бр 1.-бр 7.)⁷
- [4] Документација *Siemag - Schlöman* (мапа 1 – опште информације о ваљаоници; мапа 3 – упутсво за рад и одржавање уређаја и опреме завршне пруге; мапа 5 - упутсво за рад и одржавање уређаја и опреме моталица)
- [5] Радна упутства и технолошке инструкције у области производње и одржавања у компанији *HBIS Serbia*
- [6] http://www.hbiss Serbia.rs/upload/Katalog_proizvoda/Katalog_proizvoda_12.03.2020.pdf, приступљено 12.10.2020
- [7] <https://www.scribd.com/document/376280203/175256958-Catalog-Hot-Rolled-Mills-pdf>, приступљено 12.10.2020