

**RAP5-LINJAN PEITTAUSHAPPOJEN JÄÄHDYTYKSEN
KAPASITEETIN TEHOSTAMINEN**

Palosaari Henrik

Opinnäytetyö
Tekniikan ala
Tuotantotalous
Insinööri (AMK)

2016

Tekniikan ala
Tuotantotalous
Insinööri (AMK)

Tekijä	Henrik Palosaari	Vuosi	2016
Ohjaajat	DI Juha Kaarela, DI Mari-Selina Kantanen		
Toimeksiantaja	Outokumpu Stainless Oy Jukka Sieppi		
Työn nimi	RAP5-Linjan peittaushappojen jäähdytyksen kapasiteetin tehostaminen		
Sivu- ja liitesivumäärä	40 + 7		

Opinnäytetyö tehtiin Outokumpu Stainless Oy:n kylmävalssaamo 2:lle. Työn tavoitteena oli tutkia peittaushappojen jäähdytyksen tehostamisen teknisiä vaatimuksia. Työssä oli tavoitteena laatia toteutussuunnitelma happojen jäähdytysjärjestelmän kaksinkertaistamisesta ja selvittää, onko se taloudellisesti kannattavaa toteuttaa.

Työn aihe saatiin prosessilinjan työntekijän tekemän aloitteen kautta. Erityisesti kesäaikaan ferriittisten ajo on tuottanut ongelmia happolämpöjen suhteen. Tämän takia ajosarjojen pituutta on jouduttu supistamaan.

Työ aloitettiin tutustumalla peittaushappojen nykyiseen kierrätysjärjestelmään ja historiatietoihin happojen jäähdyttelystä. Historiatiedoista saatiin kokonaiskäsitys happojen jäähdytyskapasiteetin riittämättömydestä. Nykyisen kierrätysjärjestelmän tarkastelulla pystyttiin todentamaan linjan tekniset rajoitukset jäähdytyksen kapasiteetin tehostamisessa.

Työn tuloksena saatiin toteutussuunnitelma jäähdytyskapasiteetin kaksinkertaistamiseksi. Toteutussuunnitelmassa on otettu huomioon linjan tekniset rajoitukset. Lisäksi muutostöihin tarvittavista laitemuutoksista on tehty investointilaskelma.

Technology
Industrial Management
Bachelor of Engineering

Author	Henrik Palosaari	Year	2016
Supervisors	Juha Kaarela, M.Sc. Mari-Selina Kantanen, M.Sc.		
Commissioned by	Outokumpu Stainless Oy Jukka Sieppi		
Subject of thesis	Increasing the capacity of RAP5 line chemical pickling cooling system		
Number of pages	40 + 7		

This thesis was made for Outokumpu Stainless Oy Cold Rolling Mill 2. The main objective was to research technical requirements for increasing the capacity of chemical pickling cooling system. In this thesis the priority was to make an execution plan to duplicate the chemical pickling cooling system and to find out whether it is economically viable to carry it out.

The topic came as the initiative been made by a process line worker. In RAP5-line temperatures of mixed acid have been problematic especially for ferrite steel grades during summer time. Because of that processing problematic steel grades must have been reduced.

The work was started by exploring the current cooling system and the history data about acid cooling times. The Insufficiency of acid cooling system could be easily seen from the history data. The technical requirement verification of the lines was made by exploring the current cooling system.

As a result of the thesis the execution plan for duplication of the chemical pickling cooling system was made. In the execution plan technical requirements have been regarded. In addition an investment calculation of the process changes was made.

Key words steel industry, pickling, refrigeration engineering

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	OUTOKUMPU	9
2.1	Business Area Europe	10
2.2	Tornion tehtaat ja Kemin kaivos.....	10
2.3	Kylmävalssaamo 2.....	12
3	RAP5-LINJALLA PROSESSOITAVAT TERÄSLAJIT	15
3.1	Austeniittiset teräslajit	15
3.2	Ferriittiset teräslajit.....	16
4	PEITTAUS	18
4.1	Elektrolyyttipeittäus.....	18
4.2	Sekahappopeittäus	19
5	SEKAHAPPOPEITTAUKSEN LÄMMITYSKIERROT.....	21
5.1	Lämmönvaihtimien toiminta	22
5.2	Lämmönvaihtimien jäähdytysvesi	23
6	TOTEUTUSSUUNNITELMA.....	25
6.1	Tarvittavat laitemuutokset	25
6.2	Jäähdytysveden riittävyys	26
7	NYKYINEN JÄÄHDYTYSTEHO JA MUUTOKSEN TUOMA HYÖTY	28
7.1	Laskennan alkutiedot.....	28
7.2	Nykyinen jäähdytysteho	29
7.3	Jäähdytyksen tehostamisella lisääntynyt tuotanto	32
7.4	850-laadun ajosarjojen pidentämisen tuoma etu	33
8	INVESTOINTILASKELMA	35
8.1	Investoinnin takaisinmaksu	36
9	POHDINTA	37
	LÄHTEET.....	38
	LIITTEET	40

ALKUSANAT

Opinnäytetyö on tehty Outokumpu Stainless Oy:n Tornion terästehtaan kylmävalssaamo 2 linjalle.

Työn ohjaajana Outokumpu Stainless Oy:n puolelta toimi kehitysinsinööri Jussi Tilus ja aluetyönjohtaja Petteri Huhtalo. Työn toimeksiantajana toimi käyttöpäällikkö Jukka Sieppi. Heitä haluan kiittää mielenkiintoisesta aiheesta ja opastuksesta työn aikana.

Lapin Ammattikorkeakoulun puolelta työn ohjaajina toimivat Juha Kaarela ja Mari-Selina Kantanen. Heiltä haluan kiittää hyvistä kommentteista opinnäytetyön rakenteen ja sisällön suhteen.

Lisäksi haluan kiittää perhettäni, joka on mahdollistanut opiskeluni ja tukenut minua koko opintojeni ja opinnäytetyön ajan.

Torniossa 14.12.2016

Henrik Palosaari

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

RAP5	rolling annealing and pickling
HEX	lämmönvaihdin
SHA	sekahappopeittaus
EPA	elektrolyyttipeittaus
RSL	sekahappopeittauksen laajennusprojekti
MOODI	teräslajikohtaiset ajoparametrit
HMI	operointinäyttö

1 JOHDANTO

Outokumpu Tornio Works kylmävalssaamo 2:n RAP5-linjalla prosessoidaan ruostumattomia teräsnauhoja eri toimitustiloihin ja käyttötarkoituksiin. RAP5 on täysin automatisoitu ja integroitu kylmävalssaus-, hehkutus- ja peittäusprosessi. Peittäyksessä käytettävän sekahapon koostumus- ja lämpötilavaatimukset riippuvat eri teräslajeista ja ajomoodeista. Peittäushappojen kierrätysjärjestelmissä on sekä jäähdytys- että lämmityskiertoja.

Happojen jäähdytyksen kapasiteetti on tällä hetkellä riittämätön ja vaikuttaa siten moodinvaihto- eli apuaikoihin linjalla sekä ajettavissa olevien sarjojen pituuteen. Kylmävalssaamo 2:lla on siirrytty ferriittisten osalta kahden viikon ajojaksootukseen. Tämä tarkoittaa sitä, että mikäli kaikkia ajosarjan rullia ei voida ajaa yhdessä ajosarjassa, lykkääntyy niiden ajaminen suoraan kahdella viikolla. Asiakastyytyväisyyden kannalta on erittäin tärkeää pystyä noudattamaan toimitusaikoja. Jäähdytyskapasiteetin riittämättömyys korostuu erityisesti kesäaikaan ferriittisillä teräslajeilla.

Ferriittiset teräslajit ovat nykyään yleistyneet huomattavasti. Ferriittiset teräslajit ovat edullisempia kuin austeniittiset teräslajit. Tämä johtuu siitä, että ferriittisissä teräksissä nikkelpitoisuudet ovat pienempiä, joten teräksen hinta ei ole niin riippuvainen nikkelin hinnanvaihteluista. Ferriittisiä teräslajeja käytetään muun muassa autoteollisuudessa pakoputkien valmistukseen.

Työn tavoitteena on selvittää jäähdytyskapasiteetin kaksinkertaistamisen tekniset vaihtoehdot ja laatia investointiesitys muutoksesta. Esityksen tulee sisältää nykytilan kartoituksen ja mittaukset sekä muutoksen toteutussuunnitelma. Suunnitelmassa on esitettävä laitteistot, toimintakuvaus ja kapasiteetti- ja kustannuslaskelmat.

Työ toteutetaan tutkimalla olemassa olevaa jäähdytysjärjestelmää ja sen lämmitystehoa verrattuna muutoksen tuomaan etuun. Tavoitteena on todistaa uuden jäähdytyksen tehokkuus verrattuna vanhaan.

Työssä ei lähdetä tutkimaan lämmönvaihtimien vaihtamisen tuomaa etua vaan työssä keskitytään ferriittisten säiliöiden jäähdyttämisen parantamiseen, joka on

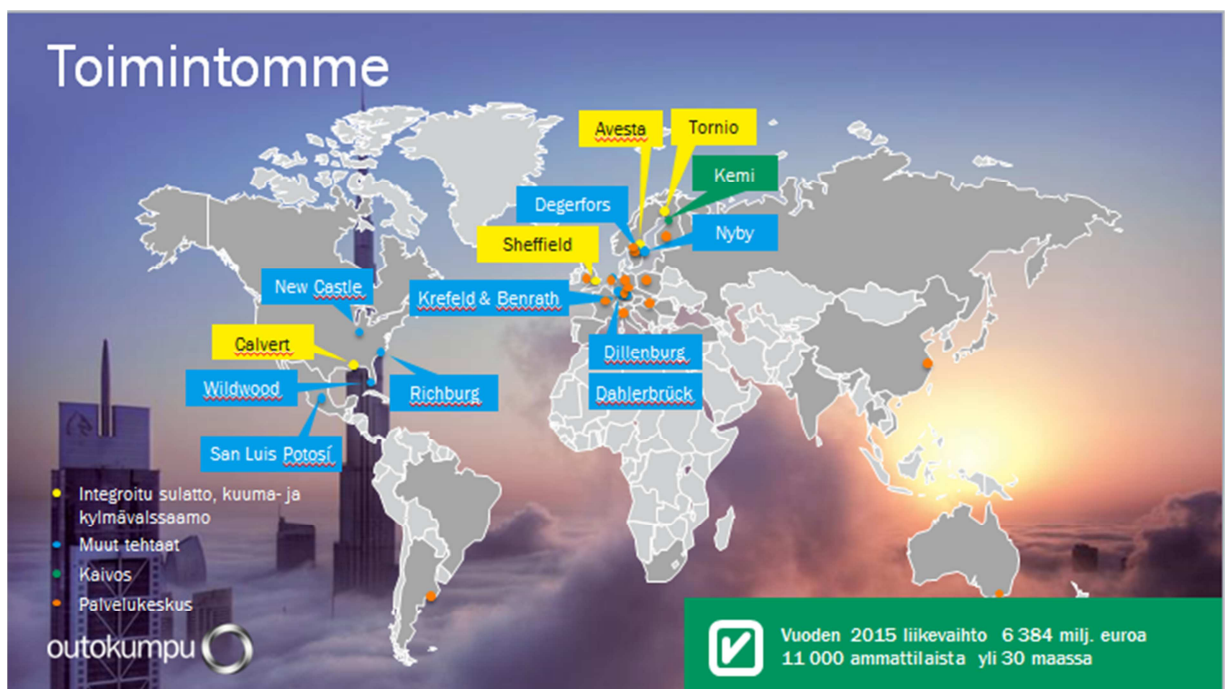
ollut lämmittämistä suurempi ongelma. Myöskään tarkka putkistosuunnitelma ei kuulu työhön. Työssä laaditaan toteutussuunnitelma, joka on tarpeeksi tarkka kustannusten laskemiseen. Toteutussuunnitelmassa tulee ottaa huomioon linjan tekniset rajoitukset. Työn tarkoitus on löytää ratkaisu happojen lämpötilan kontrolloimiseen, sekä miettiä onko ratkaisun vaatimat toimenpiteet kannattavia toteuttaa.

2 OUTOKUMPU

Outokumpu on maailman neljänneksi suurin teräksen tuottaja 2,3 miljoonan tonnin tuotannollaan vuonna 2015. Outokummun markkinaosuus oli 2015 vuonna 30 % Euroopassa ja maailmanlaajuisestikin se ylsi kahdeksan prosentin markkinaosuuteen. Outokumpu työllistää 11 000 työntekijää yli 30 maassa. (Tornion tehtaat ja Kemin kaivos esittelymateriaali 2016)

Outokummulla tuotetaan niin austeniittisia, ferriittisiä kuin myös seostettuja duplex-teräksiä. Tuotetusta teräksestä 55% menee suoraan loppukäyttäjälle, ja loput myydään pienemmille jakelijoille. (Tornion tehtaat ja Kemin kaivos esittelymateriaali 2016)

Teräksen käyttökohteita on useita, tuotteita jatkojalostetaan muun muassa energiantuotantoon, kemianteollisuuteen, lämmitysjärjestelmiin, autoteollisuuteen ja kodinkoneisiin. Ruostumaton teräs on paitsi helposti muokattavaa, myös kestävä ja silmää miellyttävää. Kuten kuvioista 1 näkee, on Outokummulla toimintaa ympäri maailman. Toimipisteet on sijoitettu strategisesti lähelle suurimpia asiakkaita, jolloin saadaan toimitusaikaa minimoitua. (Tornion tehtaat ja Kemin kaivos esittelymateriaali 2016)



Kuvio 1. Outokummun toiminta-alueet (Tornion tehtaat ja Kemin kaivos esittelymateriaali 2016)

2.1 Business Area Europe

Nykyisen organisaatiomallin mukaan Outokummun liiketoiminta-alueet on jaettu kolmeen eri alueeseen: BA Europe, America ja Long Products. Europeen kuuluu kaikki Euroopan tehtaat, lisäksi palvelukeskukset ympäri maailman, joiden avulla tuotteita myydään muun muassa Australiaan ja Aasiaan. Liiketoiminta-alueeseen kuuluvat Tornion tehtaiden lisäksi Saksassa sijaitsevat Krefeldin, Dillenburgin, Bochumin ja Dusseldorfin tehtaat. Myös Ruotsin Avestan ja Nybyn tehtaat sekä Hollannin Terneuzenin leikkauslinjat ovat osa liiketoiminta-aluetta. Kemin kaivos on Outokummun ainoa kromikaivos. (Tornion tehtaat ja Kemin kaivos esittelymateriaali 2016)

2.2 Tornion tehtaat ja Kemin kaivos

Outokummun Tornion tehtaat sekä Kemin kaivos muodostavat maailman integroiduimman teräksen tuotantoketjun. Tuotantoketjussa työskentelee 2150 Outokumpulaista, ja välillisiä työpaikkoja kompleksi luo arviolta 8000. Kuvassa 1 on esitelty Tornion tehtaiden ilmakekuva. Samalla tontilla toimivat ferrokromitehdas, sulatto, kuumavalssaamo ja kylmävalssaamo sekä satama vähentävät logistisia kuluja ja läpimenoaika. (Tornion tehtaat ja Kemin kaivos esittelymateriaali 2016)



Kuva 1. Tornion tehtaiden ilmakekuva (Tornion tehtaat ja Kemin kaivos esittelymateriaali 2016)

Teräksen valmistus lähtee liikkeelle maan alta, josta louhitaan rauta-, kromi- ja nikkelimalmia. Kemin kaivos on Euroopan ainoa paikka, josta pystytään louhimaan kromimalmia. Kemissä kromimalmin louhinta aloitettiin vuonna 1965 avolouhoksena, mutta nykyään kaikki malmi louhitaan maanalaisesta kaivoksesta. Louhinnan jälkeen malmi murskataan ja nostetaan maanpinnalle. Maan pinnalla malmi murskataan uudelleen ja rikastetaan pala-, ja hienorikasteeksi. (Metallinjalostajat ry 2014,12; Tornion tehtaat ja Kemin kaivos esittelymateriaali 2016)

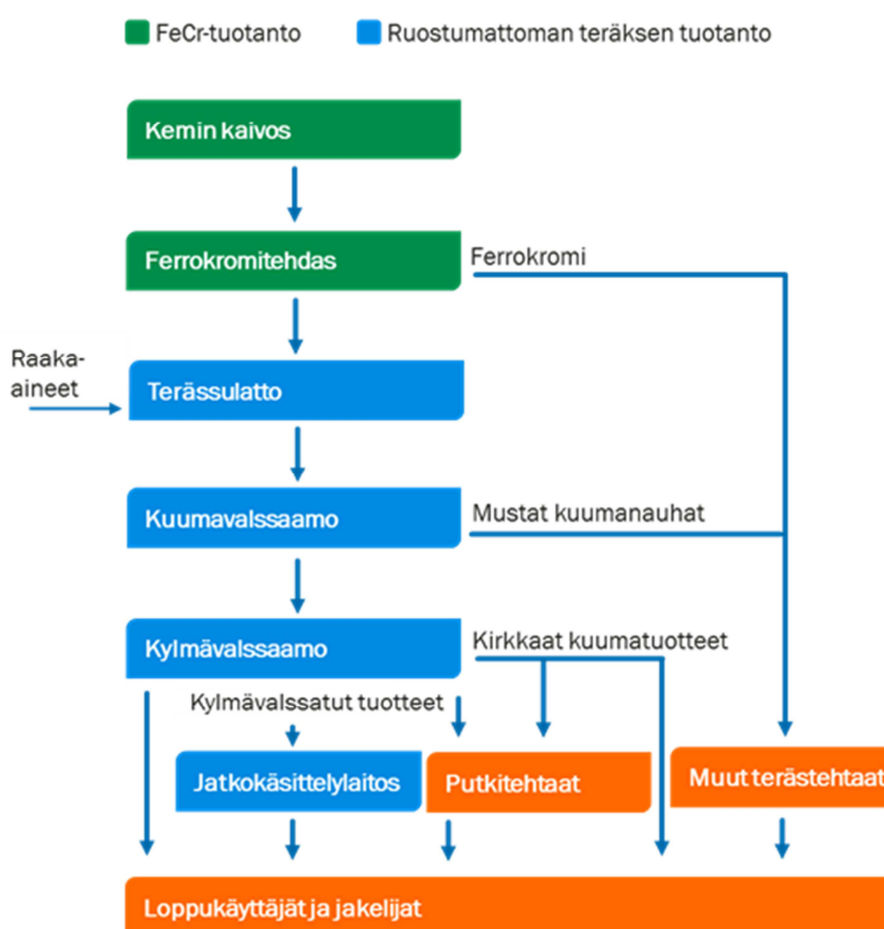
Kaivokselta pala- ja hienorikasteet kuljetetaan rekalla Tornioon ferrokromitehtaalle. Ferrokromitehtaalla hienorikasteeseen lisätään bentoniittiä ja koksia. Valmis seos sulatetaan sintraamalla. Sula ferrokromi kaadetaan senkkoihin, senkka kuljetetaan kiskoja pitkin sulatolle. (Tornion tehtaat ja Kemin kaivos esittelymateriaali 2016)

Sula ferrokromi kaadetaan ferrokromikonvertteriin, jossa sulasta poistetaan pii ja osa hiilestä. Valokaariuuniin panostetaan kierrätysterästä ja muita raaka-aineita kuten nikkeliä, molybdeeniä ferrokromia ja koksia. Kun panos on sulanut ja pinnalle muodostunut kuona poistettu, sula sekoitetaan ferrokromisulaan. Valmis seos siirretään AOD-konvertteriin, jossa poistetaan hiili ja rikki, sekä lisätään seosaineita, jotta saavutetaan haluttu ruostumattoman teräksen koostumus. Sula siirretään senkassa jatkuvavalukoneelle. Valun jälkeen tuloksena on aihio. Aihio siirretään vielä punahehkuisena kuumavalssaamolle energian säästämiseksi. (Tornion tehtaat ja Kemin kaivos esittelymateriaali 2016)

Kuumavalssaamalla ahiot kuumennetaan askelpalkkiuuneissa 1200 asteeseen. Ahiota valssataan edestakaisin esivalssaimella, jolloin aihio ohenee, sen pituus kasvaa ja se muuttuu esinauhaksi. Nauhaa valssataan vielä steckel- ja tandemvalssaimilla haluttuun paksuuteen. Nauhan paksuusalueet ovat 2,5 mm-12,7 mm ja nauhan leveys on 1000 mm-1600 mm. Kun nauha on halutussa paksuudessa, se kelataan rullaksi ja siirretään jäähdytysaltaaseen. Jäähdytynyt rulla siirretään kylmävalssaamolle tai myydään mustana nauhana. (Tornion tehtaat ja Kemin kaivos esittelymateriaali 2016)

Kylmävalssaamalla nauha hehkutetaan ja peitataan, jolloin sen mekaaniset ominaisuudet palautuvat, musta hilse poistuu ja pinta muuttuu samean mustasta hopeanharmaaksi. Peittauksen jälkeen nauha kylmävalssataan haluttuun

paksuuteen. Valssauksessa nauhan raekoko muuttuu ja nauha lujittuu, joten se täytyy vielä hehkuttaa ja peitata uudelleen. Lopuksi nauha kiillotetaan viimeistelyvalssaimella pinnan parantamiseksi. Tämän jälkeen nauha siirtyy jatkojalostukseen hionta- tai harjauslinjalle. Jos nauhaa ei hiota tai harjata, siirtyy se halkaisu- ja katkaisulinjoille, joissa nauha leikataan asiakkaan haluamiin mittoihin nauhaksi tai levyiksi. Kuviossa 2 on esitelty Tornion tehtaiden materiaalivirta, josta nähdään, että myös prosessin välituotteita kuten ferrokromia ja mustia kuumanauhoja myydään muille tehtaalle ja loppukäyttäjille. (Tornion tehtaat ja Kemin kaivos esittelymateriaali 2016)



Kuvio 2. Tornion tehtaiden materiaalivirta (Tornion tehtaat ja Kemin kaivos esittelymateriaali 2016)

2.3 Kylmävalssaamo 2

RAP5 on täysin automatisoitu kylmävalssaus-, hehkutus- ja peittäusprosessi. Linjan tekninen tuotantokapasiteetti on 1 100 000 tonnia vuodessa. Linjalla aje-

taan kuumanauhaa, kylmänauhaa ja ferriittisiä teräslajeja. RAP5 toimii kolmessa kerroksessa, ja linjaan teräsnauhaa mahtuu yhtä aikaa 4950 metriä. Linja on jatkuvatoiminen eli prosessiosaa, joka kattaa hehkutuksen ja peittauksen pyrittään ajamaan automaatiolta tulevaa ohjenopeutta. Tästä syystä linjalta löytyy eri prosessiosan erottavia nauhavarajia, jotka toimivat puskureina esimerkiksi valssinvaihtojen tai hitsauksen aikana.

RAP5-linjalla on kaksi aukikelausryhmää. Rullia aukikelataan vuoronperään kelaimilta, mikä tarkoittaa sitä, että kun toisella kelaimella on rulla ajossa, toinen valmistele jo seuraavaa. Aukikelauksesta rullat pujotetaan kuvan 4 mukaan hitsauskoneelle. Hitsauskoneella nauhanpäät hitsataan yhteen, minkä jälkeen operaattori tarkistaa hitsaussauman. Sauman tarkistaminen on erittäin tärkeää, koska myös hitsaussaumat valssataan yli tandemvalssaimella. Hitsauksen jälkeen sauma hiotaan ja lovetaan. (RAP5 Esittely 2007)

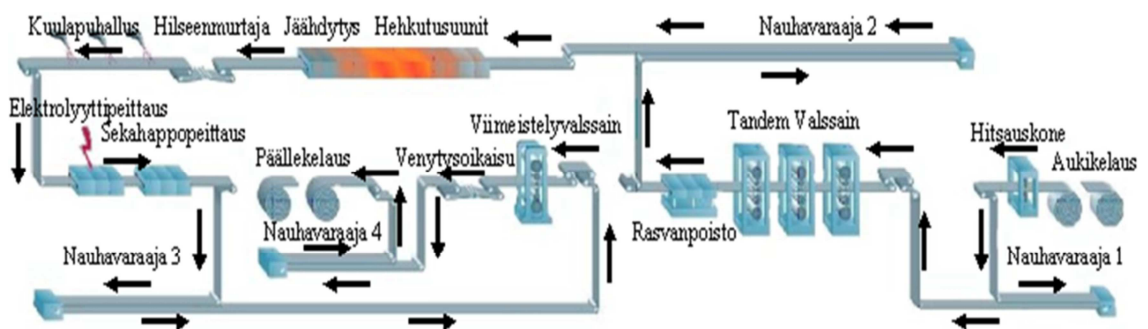
Hitsauksen jälkeen alkupää syöttää kellarissa olevaa 1 varaajaa, josta nauha kulkee tandemvalssaimelle. Tandemvalssaimella nauha valssataan kolmella tuolilla haluttuun loppu- tai välipaksuuteen. Valssauksessa käytetään voiteluaineena öljyä, minkä takia valssain on varustettu hiilidioksidisammutusjärjestelmällä. Epäonnistunut valssaus tarkoittaa nauhan ajautumista laitaan ja katkeamista, jolloin pienikin kipinä sytyttää tulipalon. Valssauksen jälkeen nauha pestään rasvanpoistossa öljystä ja ajetaan yläkerran varaajaan 2 odottamaan hehkutusta. Varaajaan mahtuu teräsnauhaa 750 metriä, mikä mahdollistaa prosessin ajamisen, vaikka valssain olisikin hetkellisesti seis. (RAP5 Esittely 2007)

Nauhan hehkutuksessa palautetaan valssauksessa muuttuneet kylmämuokausominaisuudet. Hehkutuksen jälkeen nauha jäähdytetään. Kuumanauhan jäähdyttämiseen käytetään vettä ja kylmänauha jäähdytetään ilmalla. Nauha menee hilseenmurtajan läpi, mikä parantaa nauhan tasomaisuutta. Hilseenmurtaja tekee myös nauhan hilsekerrokseen halkeamia, joiden kautta peittaushapot pääsevät vaikuttamaan paremmin. Kuulapuhalluksessa nauhan pintaan ammutaan pieniä teräskuulia, jotta hilse saadaan irtoamaan. Hilseenmurtaja ja kuulapuhallus ovat käytössä vain kuumanauhoilla ja ferriittisillä teräslajeilla. Tämän jälkeen nauha siirtyy peittaukseen. Peittauksessa ensin elektrolyyttiliuoksessa olevaan nauhaan johdetaan suuria virtoja, minkä jälkeen

se siirtyy sekahappokylpyyn. Peittaus irroittaa hehkutuksessa nauhan pintaan tarttuneen hilseen. Peittauksen jälkeen nauha pestään ja kuivataan loppuhuuhtelussa. (RAP5 Esittely 2007)

Lopuksi nauha vielä viimeistelyvalssataan. Peittauksen ja viimeistelyvalssaimen erottaa varaaja 3, mistä nauhaa syötetään valssaimelle. Viimeistelyvalssaimella kuumanauhaa voidaan ohentaa 10% tai kylmänauha-ajossa vain parannetaan pinnanlaatua ja tasomaisuutta. (RAP5 Esittely 2007)

Tämän jälkeen rulla tarkistetaan ja kelataan rullalle. Valmis rulla siirtyy korkea-varastoon automaattisilla siirtovaunuilla odottamaan toisen kierroksen ajoa tai leikkaukseen lähetystä. Kuviossa 3 on esitelty RAP5-linjan nauhankulkukaavio. (RAP5 Esittely 2007)



Kuvio 3. Kylmävalssaamo2 Nauhankulkukaavio (RAP5 Esittely 2007)

3 RAP5-LINJALLA PROSESSOITAVAT TERÄSLAJIT

RAP5-linjalla prosessoidaan teräsnauhoja eri käyttötarkoituksiin ja toimitustiloihin. Aluksi linja on suunniteltu vain austeniittisten teräslajien ajoa varten, mutta ferriittisten teräslajien nousut kysyntä on siirtänyt ferriittisten tuotantoa myös RAP5-linjalle. Ferriittisten ajoa varten on linjaan tehty erilaisia muutoksia, joista suurin on RSL-laajennus vuonna 2008. RSL-laajennus tehtiin sekahappopeittaukseen, projektissa jokaiseen sekahappokiertoön lisättiin uudet säiliöt ferriitishappoja varten. (RAP5 Sekahappopeittauksen laajennus 2008)

3.1 Austeniittiset teräslajit

RAP5-linjalla ajetaan austeniittisista teräslajeista niin yleisteräksiä kuin seostettuja haponkestäviä ja titaaniseostettuja teräslajeja. Austeniittiset teräslajit voidaan ajaa linjasta kerran läpi, jolloin toimitustilaksi tulee 2E eli kylmävalssattu, hehkutettu, kuulapuhallettu ja peitattu. Teräslajit voidaan ajaa myös kahteen otteeseen linjan läpi toimitustilan ollessa 2B eli kylmävalssattu, hehkutettu, peitattu ja viimeistelyvalssattu. (Kalapudas 2011)

P720-X eli EN 1.4301 on 18 % kromia sisältävä ruostumaton yleisteräs. Kaikki austeniittiset teräslajit ovat muovattavuudeltaan ja hitsausominaisuuksiltaan ylivertaisia ferriittisiin lajeihin verrattuna. 720-laatua käytetään muun muassa putkistoissa ja koneiden rakennuksessa. (Kalapudas 2011; Ruostumattomat ja haponkestävät teräkset 2016; 01 KYVA – Kiertoromujen lajittelu – Teräslajikohtaisen värikoodit 2016)

P750-X eli EN 1.4404 on molybdeeniseostettu haponkestävä teräs. 17 % kromia sisältävä laatu sopii erityisesti tilanteisiin, joissa ollaan tekemisissä liuottavien tai syövyttävien aineiden kanssa. (Kalapudas 2011; Yleisimpien ruostumattomien terästen kemialliset analyysit 2016; 01 KYVA – Kiertoromujen lajittelu – Teräslajikohtaisen värikoodit 2016)

P731-X eli EN 1.4541 on titaanistabiloitu 17 % kromia sisältävä ruostumaton teräs. Titaaniseostus tekee teräksestä tavallista austeniittista kirjavampaa. Titaaniseostus parantaa teräksen lämmönkesto-ominaisuuksia ja sitä käytetään kemianteollisuuden komponenteissa ja taloustavaroissa. (Kalapudas 2011;

Yleisimpien ruostumattomien terästen kemialliset analyysit 2016; 01 KYVA – Kiertoromujen lajittelu – Teräslajikohtaisen värikoodit 2016)

P761-X eli EN 1.4571 on titaanistabiloitu haponkestävä ruostumaton teräs, jota käytetään kemianteollisuuden laitteissa. 761-laadun kromipitoisuus on 16,5 %. (Kalapudas 2011; Yleisimpien ruostumattomien terästen kemialliset analyysit 2016; 01 KYVA – Kiertoromujen lajittelu – Teräslajikohtaisen värikoodit 2016)

3.2 Ferriittiset teräslajit

Ferriittiset teräslajit voidaan jakaa viiteen eri ryhmään kromipitoisuuden mukaan:

- Ruostumattomat rakenneteräkset EN 1.4003 ja 1.4512
- Tavallinen 17 krominen laji EN 1.4016
- Stabiloidut lajit EN 1.4509
- Molybdeeniseostetut lajit EN 1.4521
- Superferriittiset lajit, joissa kromipitoisuus on yli 18 %.

Näistä kolme ensimmäistä ryhmää kattaa noin 90 % kokonaistuotannosta. Outokummun RAP5-linjalla tuotetaan superferriittisiä lajeja lukuun ottamatta kaikkia muita ferriittislajeja. (Ferriittisten koulutus RAP 2011)

P850-X eli EN 1.4003 on kupu-uunihehkutettu kromi-, mangaani- ja nikkeliseostettu matalahiilinen rakenneteräs. 850- laadun kromipitoisuus on 12 % ja sen ominaisuuksia on hyvä hitsattavuus, koska se jäähtyessään muodostaa matalahiillistä martensiittia ja näin ollen ei herkisty hitsauksessa. Se soveltuu runkorakenteisiin ja maalattaviin kohteisiin, joilta vaaditaan yli 10 vuoden korroosionkestoa. Polarit 850-1 -ajosarjoja on jouduttu RAP5-linjalla rajoittamaan happolämpöjen takia. (Ferriittisten koulutus RAP 2011)

P853-X eli EN 1.4512 on kupu-uunihehkutettu titaanistabiloitu matalahiilinen ferriittinen ruostumaton teräs. Korroosionkestävyys on yli 100-kertainen hiiliteräksiin verrattuna. Teräslaji ei kuitenkaan sovellu rakennekäyttöön kylmäaurauden takia, käyttökohteina putkistot ja pakokaasulaitteiden valmistus. (Ferriittisten koulutus RAP 2011)

P810-X eli EN 1.4016 on 17 % kromia sisältävä ferriittinen ruostumaton teräs. 810 on ylivoimaisesti yleisin ferriittinen teräslaji. Keskeisimmät seosaineet ovat rauta ja kromi, jotka tekevät teräksestä edullisemman muihin nähden. Hitsattavuus, muovattavuus ja korroosionkesto ei niin hyvä kuin muilla ferriittisillä teräslajeilla. Teräslajia käytetään muun muassa kodinkoneissa. (Ferriittisten koulutus RAP 2011)

P812-X eli EN 1.4509 on titaanilla ja niobilla kaksoisstabiloitu 18 % kromia sisältävä ferriittinen ruostumaton teräs. Niobilla,hiilellä ja typellä on suoraan lujittava vaikutus. Myös titaani lujittaa, mutta ei niin lineaarisesti. Teräslaadun korkean kromipitoisuuden takia erittäin hyvä korroosionkesto, ainepaksuuden kasvaessa voi esiintyä kylmähaurautta. (Ferriittisten koulutus RAP 2011)

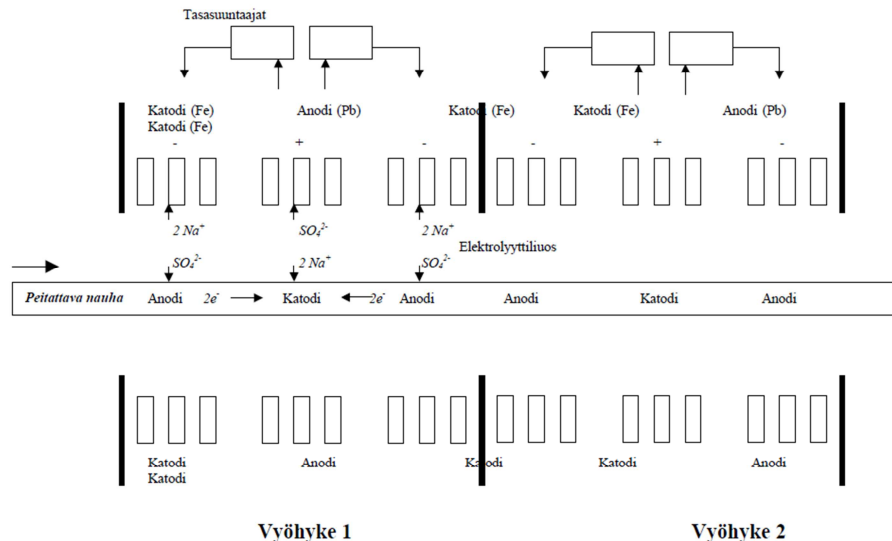
P816-1 eli EN1.4521 on 18% kromia ja 2 % molybdeenia sisältävä ferriittinen ruostumaton teräs. Kaksoisstabiloitu titaanilla ja niobilla. Teräksellä on hyvä hitsattavuus eikä se herkisty hitsattaessa. Lisäksi titaaniseostus takaa hyvän muovattavuuden. Korroosionkestävyydeltään teräs vastaa austeniittista haponkestävää lajia EN 1.4404 eli Polarit 750. P816-1 luokitellaan erikoislaaduksi, soveltuu erinomaisesti lämmönvaihtimien valmistusmateriaaliksi. (Ferriittisten koulutus RAP 2011)

4 PEITTAUS

Peittauksen tarkoituksena on poistaa hehkutuksessa syntynyt hilse ja kromiköyhä alue. Nauhojen peittaus tapahtuu läpivetolinjassa, jossa on ensin oksidia liuottava sähkökemiallinen peittaus ja lopuksi happopeittaus. Läpivetolinjassa peittaushäviö on pieni ja nauhan pinnasta tulee tasaisen hopeanharmaa. Peittausaltaiden kokonaispituus on 250 metriä. (Teräskirja 2014,68; RAP5 Esittely 2007)

4.1 Elektrolyyttipeittaus

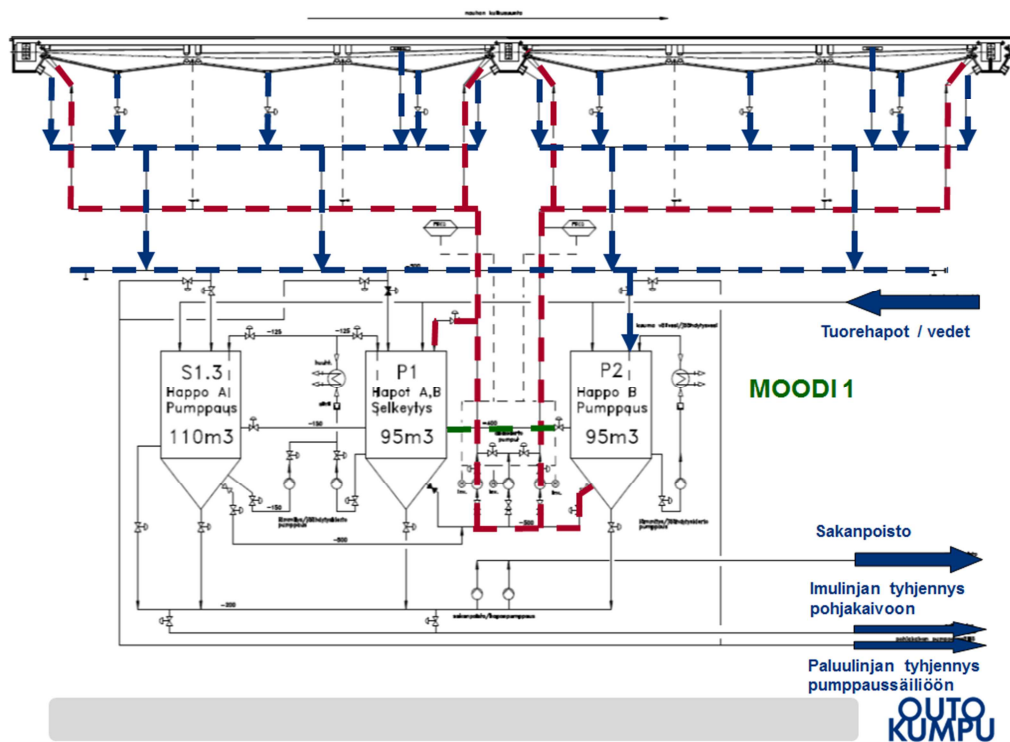
Elektrolyyttipeittauksen altaiden pituus on 91 metriä. Elektrolyyttipeittaus koostuu kuvion 4 mukaisesti neljästä katodi-anodi-katodi vyöhykkeestä, joissa nauhaan kohdistetaan vuorotellen positiivista ja vuoroin negatiivista sähkövarausta. Sähkövirtaa johdetaan elektrolyyttiliuoksessa. Näin saadaan aikaan kemiallisia reaktioita, jotka irrottavat hilsettä nauhan pinnasta. Virta tuotetaan kahdeksalla tasasuuntaajalla, joiden jokaisen maksimiteho on 15000A. (RAP5 Laitekoulutus koulutusaineisto 2007)



Kuvio 4. Elektrolyyttipeittauksen toiminta (RAP5 Laitekoulutus koulutusaineisto 2007)

4.2 Sekahappopeittaus

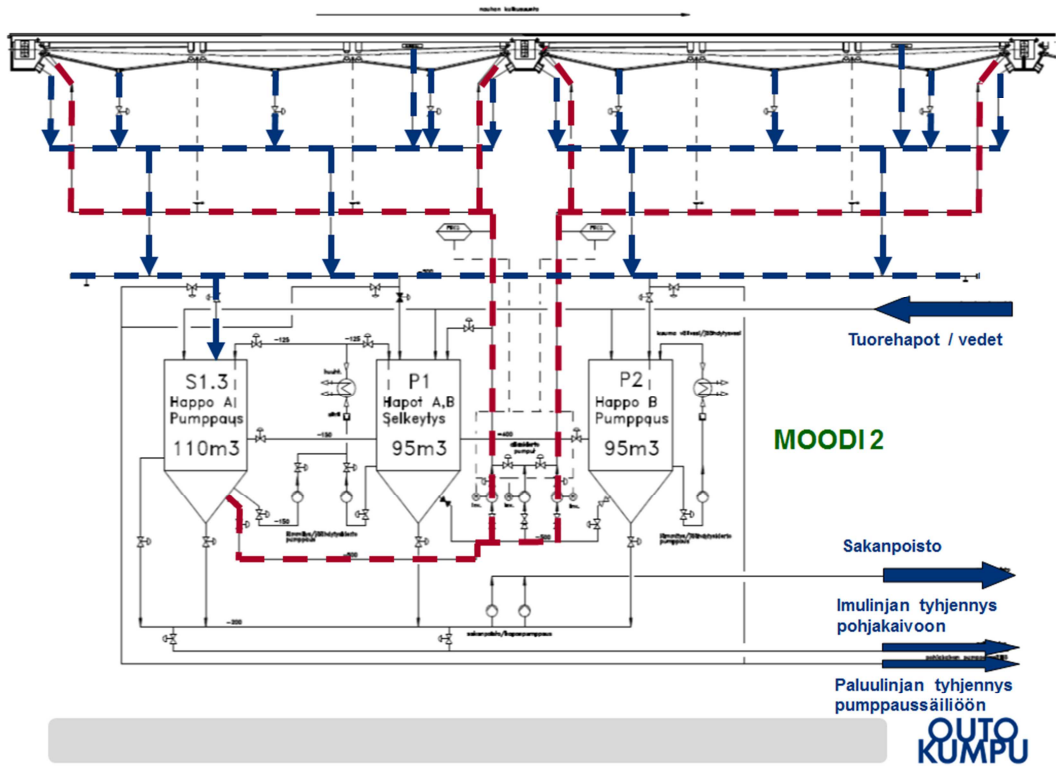
Sekahappopeittaus koostuu kolmesta kierrätyspiiristä, jokaisella kierrätyspiirillä on kaksi allasta. Peittausaltaiden kokonaispituus on 152 metriä, ja happoa nostetaan altaisiin yhteensä kuudella pumpulla yhtäaikaaisesti. Happoseos koostuu sekoituksesta typpi-, rikki- ja fluorivetyhappoa. RAP 5- linjalla on mahdollista ajaa jokaista piiriä kahdella eri moodilla. Eri moodi tarkoittaa eri happopitoisuutta ja lämpötilaa. Karkeasti voidaan jakaa, että moodi yksi on austeniittisille teräslajeille ja moodi kaksi on ferriittisille teräslajeille. Happon lämpötilat vaihtelevat 20-60 °C:n välillä teräslajista riippuen. (RA P5 Sekahappopeittauksen laajennus 2008)



Kuvio 5. Sekahappopeittaus moodi 1 (RAP5 Sekahappopeittauksen laajennus 2008)

Peittauksen kierrätyspiirit sisältävät kolme säiliötä, kuvioissa 5 ja 6 on esitelty peittauksen eri ajomoodit ensimmäisen kierrätyspiirin osalta. Kuvissa punaiset viivat esittävät altaille meneviä happovirtauksia ja siniset altailta palaavia. Säiliöt yksi ja kaksi sisältävät koostumukseltaan austeniittisten terästen peittaukseen

tarkoitettua happoa ja säiliö 1.3 ferriittishappoa. (RAP5 Sekahappopeittauksen laajennus 2008)

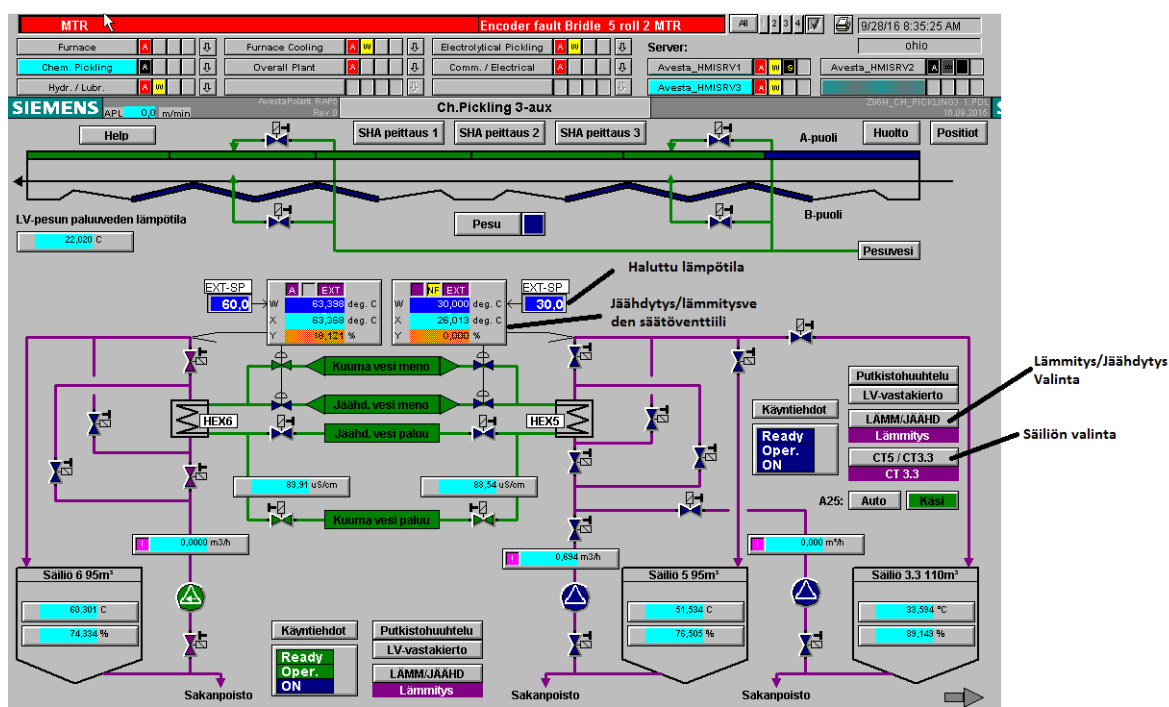


Kuvio 6. Sekahappopeittaus moodi 2 (RAP5 Sekahappopeittauksen laajennus 2008)

5 SEKAHAPPOPEITTAUKSEN LÄMMITYSKIERROT

Sekahappopeittauksen eri moodit vaativat happojen lämpötilojen muuttamista. Tämä tehdään lämmönvaihtimilla, joita on kaksi jokaisessa kierrossa. Austeniittisten happojen säiliöillä on omat lämmönvaihtimensa. RSL-laajennuksen yhdessä ei ferriittisäiliölle hankittu omaa lämmönvaihdinta, vaan putkisto vedettiin toisen austeniittisäiliön lämmönvaihtimelle. Prosessikuvaan tehtiin muutos, jotta voidaan operoida halutaanko lämmönvaihdinta käyttää ferriittis- vai austeniittisäiliön lämmönvaihteluun.

Kuviossa 7 on esitelty lämmityskierron prosessikuva. Operaattori voi valita tavoitelämpötilan, halutaanko happoa jäähdyttää vai lämmittää ja säiliön, jolle toimenpide tehdään. Säätoventtiilit säätelevät automaattisesti kylmän- ja kuumaveden virtausta, jolloin halutussa lämpötilassa pysytään.



Kuvio 7. Sekahappo 3, lämmityskierto (HMI chemical pickling 3 2016)

5.1 Lämmönvaihtimien toiminta

Lämpö on energiaa, joka siirtyy aina kuumemmasta kylmempään. Kun kahden systeemin välillä ei tapahdu lämmönsiirtymistä, ovat ne termisessä tasapainossa eli niiden lämpötila on sama. Lämpö siirtyy aineiden välillä kolmella eri tapaa. Siirtymistavat ovat kuljetus eli konvektio, lämmön johtuminen ja lämpösäteily. (Fagerholm 1986,25; Hautala & Peltonen 2003,165)

Termodynamiikan nollannen pääsäännön mukaan kosketuksissa olevat kappaleet saavuttavat vähitellen saman lämpötilan. Tästä syystä metallitangon toista päätä lämmittäessä tangossa olevien atomien kineettinen energia lisääntyy ja lämpötila nousee. Tangon päätyjen välillä syntyy lämpötilaero, joka pyrkii tasoittumaan. Lämpö siirtyy tankoa pitkin johtumalla. Lämmön johtuminen tapahtuu molekyylitasolla, kun vierekkäin olevat molekyylit vaihtavat energiaa. Ominaislämpökapasiteetti on lämmönjohtumisen tarkastelussa käytetty verrannollisuuskerroin, joka kertoo miten nopeasti lämpötilaerot tasoittuvat. (Hautala & Peltonen 2003,165&188)

Lämmönsiirtimien tarkoitus on siirtää lämpöenergiaa toisesta ainevirrasta toiseen. Lämmönsiirtimet voidaan jakaa toimintaperiaatteeltaan regeneraattoreihin ja rekuperaattoreihin. Regeneraattoreissa ainevirrat kulkevat vuoron perään lämpöä varastoivan rakennelman läpi, kun taas rekuperaattoreissa kulkee jatkuvasti kaksi ainevirtaa, ja lämpöä siirtyy lämpötilaeron takia kuumasta ainevirrasta kylmään ainevirtaan erottavan seinämän läpi. Regeneraattoreiden huono puoli on se, että ainevirrat pääsevät jonkin verran sekoittumaan keskenään. (Fagerholm 1986,289)

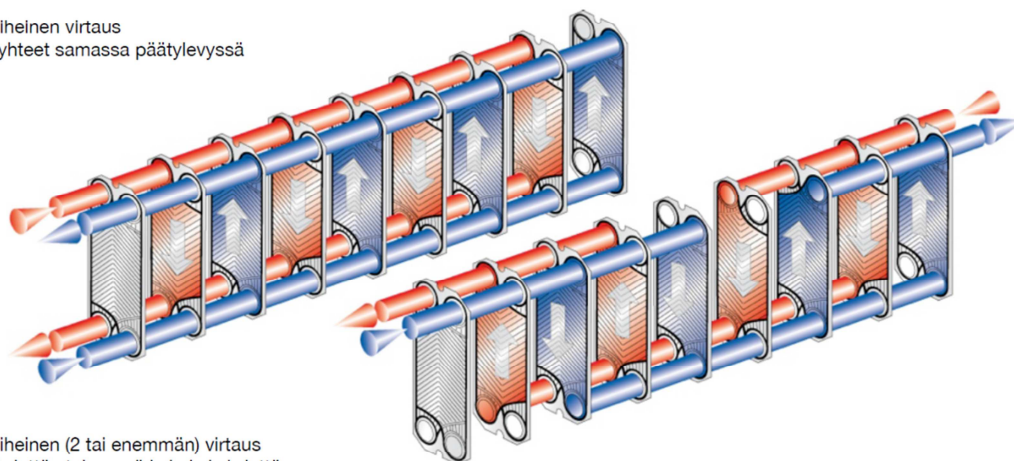
Lämmönvaihtimet mahdollistavat kierrätyspiirin lämmönvaihtelun. Sekahapon lämmityspiireissä käytetään Alfa Lavalin grafiittilevylämmönvaihtimia, jotka ovat haponkestäviä. Levylämmönvaihtimen levyjä jäähdytetään tai lämmitetään vedellä, joka kulkee levyjen välissä. Lämmönvaihtimien toiminta perustuu termodynaamiseen ilmiöön, jossa lämpö siirtyy aina kuumemmasta kylmempään ja tällä tavalla koko systeemin lämpötila pyrkii tasoittumaan. Hapnoseos kulkee levyjen läpi, jolloin jäähdytyksessä levyt keräävät lämpöä hapnoseoksesta ja lämmityksessä luovuttavat lämpöä hapnoseokseen. Vaihtimissa on siis kaksi eri

kiertoa: jäähdytys- tai lämmitysvesi kiertää ensiöpiirissä riippuen siitä halutaanko happoa jäähdyttää vai lämmittää ja happoseos toisiopiirissä. Vesi ja happoseos eivät ole suoraan kosketuksissa toisiinsa, vaan lämmönsiirtyminen tapahtuu levyjen avulla. (Fagerholm 1986.34; Diabon 2016)

Levylämmönvaihtimen levyt on sijoitettu niin että joka toisessa kiertää kuuma seos ja joka toisessa kylmä seos. Näin ollen koko systeemin lämpötila tasaantuu lämmönjohtumisen avulla. Kuviossa 8 on esitelty levylämmönvaihtimen virtaustyypit. Outokummun sekahappopeittauksen lämmönvaihtimet ovat yksivaiheisia. (Tiivisteelliset levylämmönvaihtimet 2016)

Virtaus

Yksivaiheinen virtaus
kaikki yhteen samassa päätylevyssä



Monivaiheinen (2 tai enemmän) virtaus
kaksi yhdettä etulevyssä ja kaksi yhdettä takalevyssä

Kuvio 8. Levylämmönvaihtimen virtauskuva (Tiivisteelliset levylämmönvaihtimet 2016)

5.2 Lämmönvaihtimien jäähdytysvesi

Lämmönvaihtimissa käytetään jäähdytysvetenä jäähdytysvesilaitokselta tulevaa tornivettä. Jäähdytysvesilaitos sijaitsee kylmävalssaamo 1:n vieressä, mistä jäähdytysvesi kulkee putkisiltaa pitkin RAP5:lle. Jäähdytysvesialtaan kokonaisvesimäärä on noin 820 m³ ja prosessista palaavaa vettä jäähdytetään kolmella jäähdytysvesitornilla. (JVL2-RAP5 Jäähdytysvesikiertokaavio laitteiden mitoitus-tiedoilla 2004)

Jäähdytysaltaalta vesi pumpataan viidellä sähköpumpulla, joiden jokaisen nimellisteho on 355 kw:n ja 400 kw:n välillä. Sähköpumppujen lisäksi on kolme dieselpumppua hetkellisiä piikkejä tai sähköpumppujen rikkoutumista varten. Putkisillalla kulkee halkaisijaltaan kaksi 900 mm:n putkea, toinen on jäähdytysveden meno- ja toinen paluuputki. Torniveden painetta säädellään jäähdytysvesilaitoksella pumppujen tehoa rajoittamalla. RAP5:n päässä paine pyritään pitämään kuudessa barissa. (JVL2-RAP5 Jäähdytysvesikiertokaavio laitteiden mitoitustiedoilla 2004; Runkoputkistojen reittipiirustus 2004)

Sekahapon lämmönvaihtimille vesi haarautuu suoraan putkisillalta tulevalta pääputkesta. SHA- lämmönvaihtimille vesi kulkee 200 mm:n putkessa, josta haarautuu jokaiselle vaihtimelle oma 80 mm:n putki. Luonnollisesti paluuputket ovat samanlaisia. (Runkoputkistojen reittipiirustus 2004)

Aikaisemmin sekahapon jäähdytysvesilinja toimi myös elektrolyyttipeittauksen lämmönvaihtimien jäähdytysvetenä, mutta RSL-projektin yhteydessä haluttiin varmistua jäähdytysveden riittävydestä ja elektrolyyttipeittaukseen rakennettiin oma jäähdytysvesilinja. (Piippola 2016)

6 TOTEUTUSSUUNNITELMA

Jäähdytykseen kuluva aika saadaan laskettua kaavasta

$$T = \frac{Q}{P} \quad (1)$$

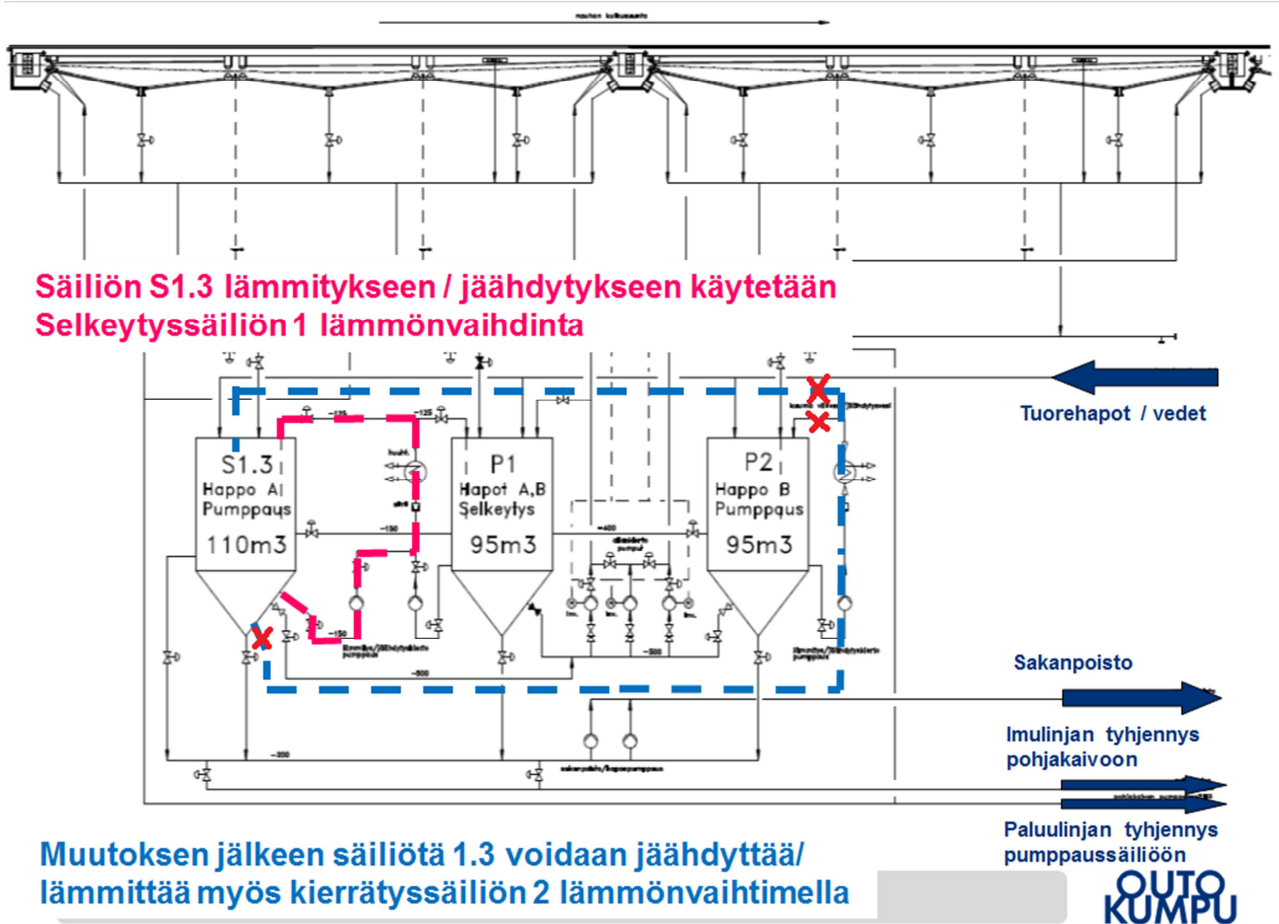
missä

T	on	Jäähdytykseen kuluva aika [s]
Q	on	happoseoksen lämpömäärä [kJ]
P	on	Lämmönvaihtimen teho [kw]= $[\frac{kJ}{s}]$

Kun lämmönvaihtimen teho on kaavassa jakajana, helpoin tapa lähteä parantamaan jäähdytystä on lisätä lämmönvaihtimen jäähdytystehoa. Tämä on halvin ja helpoin toteuttaa ottamalla lämmityskierroissa olevat toiset lämmönvaihtimet käyttöön ongelmallisia ferriittisiä ajettaessa. Toisen vaihtimen käyttöönotto kaksinkertaistaa jäähdytystehon.

6.1 Tarvittavat laitemuutokset

Uusi lämmityskiertoputkisto rakennetaan kuvion 9 osoittamalla tavalla. Putkistoina täytyy rakentaa uusi imulinja lämmönvaihtimelle happoa pumppaavan pumpun imupuolelle. Imulinja on halkaisijaltaan 150 mm ja siihen sijoitetaan automaattiventtiili, sekä käsiventtiili huoltoa varten. Lämmönvaihtimen jälkeen rakennetaan uusi paluulinja säiliölle 1.3. Paluulinja on 125 mm:n halkaisijalla ja linjaan tulee automaattiventtiili toimilaitteineen. Lisäksi lämmönvaihtimelta austeniittisten happojen säiliöön palaavaan linjaan lisätään automaattiventtiili, joka sulkeutuu kun lämmönvaihtimella jäähdytetään ferriittissäiliötä. Samanlainen järjestelmä rakennetaan jokaiseen kolmeen kiertoan, jotka ovat toiminnaltaan identtisiä.



Kuvio 9. Sekahappopeittauksen lämmityskierrot (RAP5 Sekahappopeittauksen laajennus 2008)

Toteutus siis vaatii jokaiseen kiertoon kolme automaattiventtiiliä, jotka pitää yhdistää automaatiojärjestelmään. Venttiilien sijainnit on merkitty kuvioon 9 punaisilla rasteilla. Automatisoinnin jälkeen operaattori voi valita HMI-näytöltä haluuko käyttää lämmönvaihtinta, säiliön kaksi vai 1.3 lämmitykseen tai jäähdyttämiseen.

6.2 Jäähdytysveden riittävyys

Jäähdytysveden riittävyttä voidaan lähteä tarkistelemaan putkikoon mukaan määräytyvällä virtausnopeudella. Virtausnopeuden nähdään liitteenä olevasta teräsputkien virtaustaulukosta. Maksimivirtausnopeutena pidetään 3 m/s, koska liian suuret nopeudet aiheuttavat hiekkapuhalluksen omaisen vaikutuksen putkistoon, mikäli jäähdytysvedessä esiintyy epäpuhtauksia. Jäähdytysveden virtausmäärä yhdelle lämmönvaihtimelle on $60 \text{ m}^3/\text{h}$ (Liite 1; Leinonen 2016)

Tästä saadaan laskettua kaikille kuudelle vaihtimelle tarvittava määrä kaavasta

$$V_{kok} = V_1 * c \quad (2)$$

missä

V_{kok}	on	kokonaisvirtausmäärä [m^3/h]
V_1	on	yhden lämmönvaihtimen virtaus [m^3/h]
c	on	lämmönvaihtimien lukumäärä

eli

$$V_{kok} = \frac{60m^3}{h} * 6 = 360m^3/h.$$

Jäähdytysvesi kulkee sekahappopeittaukseen putkessa, jonka halkaisija on 200 mm. Kun kokonaisvirtausmäärä $360 m^3/h$ muutetaan litroiksi sekunnissa, pystytään tarkistamaan liitteenä olevasta virtaustaulukosta putkessa virtaavan veden nopeus.

$$\frac{360m^3/h}{3600s} = \frac{360000l}{3600s} = 100l/s.$$

Halkaisijaltaan 200 mm:n putkessa 100 l/s antaa virtausnopeudeksi 2,5 m/s-3m/s väliin. Eli jäähdytysvesi riittää siinäkin tapauksessa, kun kaikki kuusi lämmönvaihdinta jäähdyttävät täydellä teholla yhtä aikaa. Lisäksi nykyinen järjestelmä mahdollistaa jäähdytyksen kuudella lämmönvaihtimella yhtä aikaa, joten mitoituksen pitäisi olla riittävä. (Liite 2)

7 NYKYINEN JÄÄHDYTYSTEHO JA MUUTOKSEN TUOMA HYÖTY

Happojen jäähdytyksen riittämättömyys korostuu erityisesti ferriittisillä teräslajeilla kesäaikaan, jolloin jäähdytysvetenä käytetty tornivesikin on lämpimillään. Lasketaan kuvitteellisen tilanteen jäähdytysaika, jotta saadaan kokonaiskäsitys nykyisen jäähdytyskapasiteetin riittämättömyydestä. Laskelmassa verrataan koko ferriittisäiliön jäähdyttämiseen kuluva aika yhdellä lämmönvaihtimella ja uuden järjestelmän mahdollistamalla kahdella vaihtimella. Tilanteena on ferriittishappojen jäähdyttäminen 45 asteesta 30 asteeseen.

7.1 Laskennan alkutiedot

Aloitetaan laskemalla koko ferriittisäiliössä oleva lämpömäärä, joka on vakio molemmissa tilanteissa.

Ferriittisäiliön kokonaistilavuus $V=110\text{ m}^3$, ajotilanteeseen lähtiessä säiliön täyttöaste on n. 90 %, jolloin tilavuudeksi saadaan

$$0,9 * 110\text{ m}^3 = 99\text{ m}^3$$

Happoseoksen, joka koostuu vedestä, rikkihaposta, typpihaposta ja fluorivetyhaposta ominaispaino p on $1076 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ja ominaislämpökapasiteetti c on $3,61 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg} * \text{K})}$. (Liite1)

Tilavuuden avulla voidaan laskea happoseoksen kokonaismassa kaavasta

$$m = V * p \tag{3}$$

missä

m	on	happoseoksen massa [kg]
V	on	happoseoksen tilavuus [m^3]
p	on	happoseoksen ominaispaino [kg/m^3]

Hapon kokonaismassa

$$m = 99\text{ m}^3 * 1076 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 106524\text{ kg}$$

Tämän jälkeen päästään jäähdytettävän lämpömäärän laskemiseen kaavalla

$$Q = cm\Delta t \quad (4)$$

missä

Q	on	happoseoksen lämpömäärä [kJ]
c	on	happoseoksen ominaislämpökapasiteetti [kJ/(kg*K)]
m	on	happoseoksen massa [kg]
Δt	on	happoseoksen lämpötilan muutos [K]

,kun $1^{\circ}\text{C}=1\text{K}$ saadaan lämpötilan muutokseksi

$$45\text{K} - 30\text{K} = 15\text{K}$$

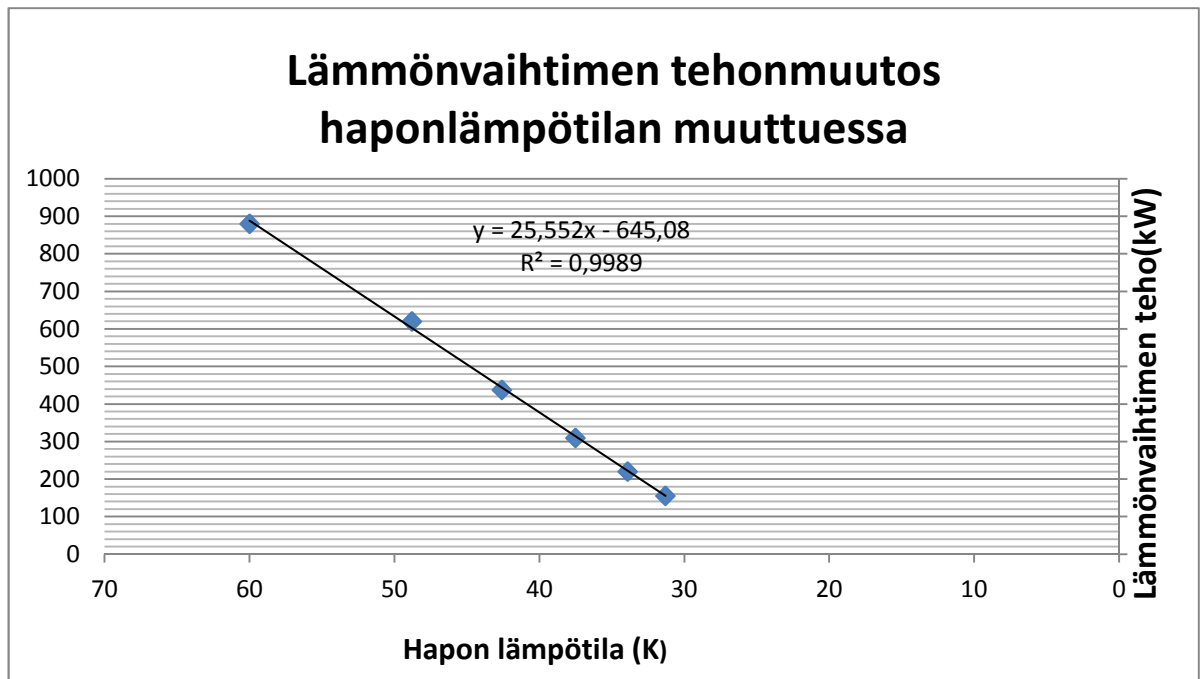
Jäähdytettävä lämpömäärä happosäiliössä on

$$Q = 3,61 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg}*\text{K})} * 106524\text{kg} * 15\text{k} = 5768274,6\text{kJ}$$

7.2 Nykyinen jäähdytysteho

Laskennassa käytetään liitteenä olevia Alfa lavalin toimittamia mitoitustietoja lämmönvaihtimien jäähdytystehosta. Lasketaan happosäiliön jäähdyttämiseen kuluva aika yhdellä vaihtimella. Lämmönvaihtimen tehon muutoksesta on piirretty kuvaaja Alfa lavalin mitoitustietojen perusteella. Lämmönvaihtimen teho laskee kuvion 10 mukaan, kun hapon lämpötila lähestyy torniveden lämpötilaa. (Liite1)

Lämmönvaihtimen tehonmuutoksen takia täytyy pilkkoa koko happosäiliön lämpömäärä osiin ja laskea kunkin lämpötilaikkunan jäähdytysaika erikseen. Kun jäähdytysajat lasketaan yhteen, saadaan kokonaisjäähdytysaika happomäärälle.



Kuvio 10. Lämmönvaihtimen tehonmuutos jäädytyksessä (Liite1)

Lasketaan ensin jokaisen vaiheen lämpömäärä kaavalla

$$Q = cm\Delta t \quad (5)$$

missä

Q	on	happoseoksen lämpömäärä [kJ]
c	on	happoseoksen ominaislämpökapasiteetti [kJ/(kg*K)]
m	on	happoseoksen massa [kg]
Δt	on	happoseoksen lämpötilan muutos [K]

Kun jokaisen jäädytysvaiheen lämpömäärä on selvillä, saadaan sen jäädyttämiseen kuluva aika laskettua kaavalla

$$T = \frac{Q}{P} \quad (6)$$

missä

T	on	Jäädytykseen kuluva aika [s]
Q	on	happoseoksen lämpömäärä [kJ]
p	on	Lämmönvaihtimen jäädytysteho [kw]= $\left[\frac{kJ}{s}\right]$

Lämpömäärä 1 lasketaan seuraavasti:

45K->42,6K, Vaihtimen teho 619,6 kW, Tornivesi 25K

$$\Delta t = 45K - 42,6K = 2,4K$$

$$Q = 3,61 \frac{kJ}{(kg * K)} * 106524kg * 2,4K = 922923,936 kJ$$

Tämän jäähdyttämiseen kuluva aika:

$$T = \frac{922923,936kJ}{619,6 \frac{kJ}{s}} = 1489,55s.$$

Lämpömäärä 2 lasketaan seuraavasti:

42,6K->37,5K, Vaihtimen teho 437,5 kW, Tornivesi 25K

$$\Delta t = 42,6K - 37,5K = 5,1K$$

$$Q = 3,61 \frac{kJ}{(kg * K)} * 106524kg * 5,1K = 1961213,364 kJ$$

Tämän jäähdyttämiseen kuluva aika

$$T = \frac{1961213,364kJ}{437,5 \frac{kJ}{s}} = 4482,77s.$$

Lämpömäärä 3 lasketaan seuraavasti:

37,5K->33,9K, Vaihtimen teho 309,6 kW, Tornivesi 25K

$$\Delta t = 37,5K - 33,9K = 3,6K$$

$$Q = 3,61 \frac{kJ}{(kg * K)} * 106524kg * 3,6K = 1384385,904 kJ$$

Tämän jäähdyttämiseen kuluva aika

$$T = \frac{1384385,904kJ}{309,6 \frac{kJ}{s}} = 4471,53s.$$

Lämpömäärä 4 lasketaan seuraavasti:

33,9K->31K, Vaihtimen teho 219,8 kW, Tornivesi 25K

$$\Delta t = 33,9K - 31K = 2,9K$$

$$Q = 3,61 \frac{kJ}{(kg * K)} * 106524kg * 2,9K = 1115199,756 kJ$$

Tämän jäädyttämiseen kuluva aika

$$T = \frac{1115199,756 \text{ kJ}}{219,8 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}} = 5073,70 \text{ s.}$$

Lämpömäärä 5 lasketaan seuraavasti:

31K->30K, Vaihtimen teho 155,3 kW, Tornivesi 25K

$$\Delta t = 31\text{K} - 30\text{K} = 1\text{K}$$

$$Q = 3,61 \frac{\text{kJ}}{(\text{kg} * \text{K})} * 106524 \text{ kg} * 1\text{K} = 384551,64 \text{ kJ}$$

Tämän jäädyttämiseen kuluva aika:

$$T = \frac{384551,64 \text{ kJ}}{155,3 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}} = 2476,2 \text{ s.}$$

Jäädytykseen kuluva aika yhteensä:

$$1489,55 \text{ s} + 4482,77 \text{ s} + 4471,53 \text{ s} + 5073,70 \text{ s} + 2476,2 \text{ s} = 17993,75 \text{ s} = 299,9 \text{ min}$$

Jäädytykseen kuluva aika siis muodostuu, kun lämpömäärä jaetaan lämmönvaihtimen jäädytysteholla. Jäädytykseen kuluva aika on kesäisin kohtuuttoman suuri, kun tornivesi on niin lämmintä, että yhden lämmönvaihtimen jäädytysteho ei riitä.

7.3 Jäädytyksen tehostamisella lisääntynyt tuotanto

Muuttamalla jäädytys kahdella lämmönvaihtimella toimivaksi saadaan edellä laskettu jäädytysaika puolitettua. Eli yhdessä esimerkin kaltaisessa tilanteessa saadaan tuotantoaika lisättyä:

$$\frac{299,9 \text{ min}}{2} = 149,95 \text{ min.}$$

Kuten kuviossa 11 esitetään, on linjalla happoja jäädytetty kahden viimeisen vuoden aikana 2651 minuuttia. Kun tämä puolitetaan, saadaan lisää tuotantoaika kahden vuoden tarkastelujaksolle:

$$\frac{2651 \text{ min}}{2} = 1325,5 \text{ min eli 22 tuntia.}$$

Lisäksi 850 teräslajien ajosarjoja voidaan pidentää. Ajosarjoja on jouduttu supistamaan RAP5-linjalla, kun happolämmöt eivät ole pysyneet tavoitteessa, vaan happoseos on alkanut radikaalisti lämpenemään. Kun pystytään ajamaan isompia eriä, vähenee moodinvaihtojen määrä.

Muutoksella saadaan ferriittisäiliöille varalämmityspiiri, jos olemassa olevasta piiristä hajoaa esimerkiksi pumppu. Tällöin voidaan säiliöitä jäähdyttää tai lämmittää toisella piirillä, eikä ferriittisten ajoa tarvitse lykätä.

Happojen jäähdytys/lämmitys linjan seisomisajat 19.9.2014-19.9.2016				
	Päivämäärä	Toimenpide	Laadut	Kesto(min)
	18.2.2015	Jäähdytys	850-853	44
	27.3.2015	Jäähdytys	850	82
	2.4.2015	Jäähdytys	850-853	285
	12.4.2015	Jäähdytys	850-853	189
	2.5.2015	Jäähdytys+pumppaus	kuna-853	48
	20.5.2015	Jäähdytys	850-853	199
	24.5.2015	Jäähdytys	850-853	169
	6.6.2015	Jäähdytys	850	94
	23.6.2015	Jäähdytys	Ferr ?	48
	25.7.2015	Jäähdytys	812-810	79
	4.8.2015	Jäähdytys	850	125
	5.9.2015	Jäähdytys+peeleri korj.	850-853	179
	9.9.2015	Jäähdytys+Hätä-seis	850-853	84
	23.9.2015	Lämmitys	850-822	158
	9.12.2015	Lämmitys	853-810	119
	17.3.2016	Jäähdytys	850	36
	17.5.2016	Jäähdytys	812	161
	27.5.2016	Jäähdytys	850	38
	14.6.2016	Jäähdytys	850	92
	26.6.2016	Jäähdytys	812-850	197
	30.6.2016	Jäähdytys	kuna-850	225
			Yhteensä	2651

Kuvio 11. Happojen jäähdytysajat 2014-2016 (Happojen jäähdytykseen kuluneet apuajat 2016)

7.4 850-laadun ajosarjojen pidentämisen tuoma etu

RAP5-linjalla on siirrytty ferriittisten ajokaksotuksessa kahden viikon väliseen ajojärjestykseen. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että ferriittisiä nauhoja aje-

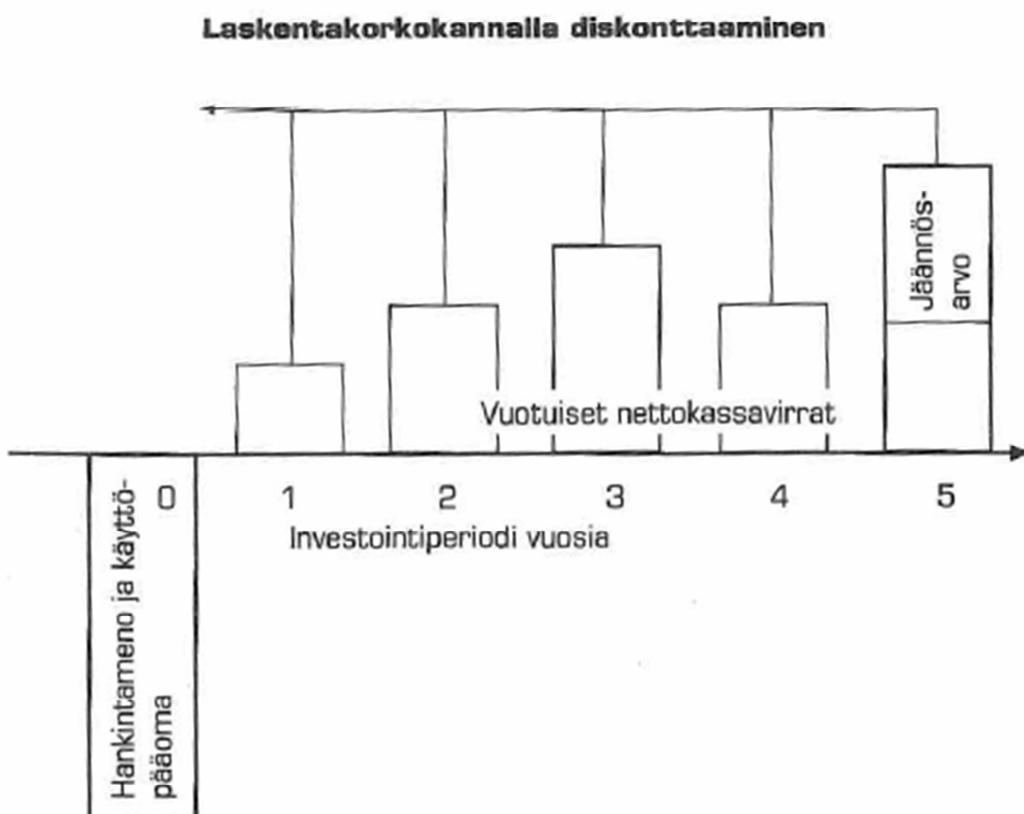
taan vain kahden viikon välein mahdollisimman isoissa erissä. Ongelmaksi on muodostunut 850-laadun kohonneet happolämmöt. Tämän takia on 850-laadun ajosarjan pituutta jouduttu rajoittamaan.

850-laadun rullia kuitenkin ohjataan niin paljon RAP5-linjalle, että kaikkia rullia ei pystytä ajamaan samassa ajosarjassa. Ongelman ratkaisuksi on ajettu kaksi sarjaa 850-laadun rullia, joiden välissä on ajettu MOODI1 happojen ferriittisiä tai kuumanauhaa. Toisen peittäusmoodin ajojen aikana on jäähdytetty hapot jälleen haluttuun lämpöön. Tämä ratkaisu aiheuttaa kuitenkin kaksi ylimääräistä moodinvaihtoa, happomoodinvaihto vie keskimäärin 20 minuuttia tuotantoaika. Mikäli lisääntyneen jäähdytyksen avulla pystytään ajamaan kaikki 850-laadun rullat samassa sarjassa, saadaan lisää tuotantoaika 40 minuuttia jokaista ferriittiserää kohden.

8 INVESTOINTILASKELMA

Kustannusten laskemisella pyritään osoittamaan eri kokonaisuuksien kannattavuus. Laskennan tavoitteena on auttaa päätöksentekijöitä tunnistamaan mitkä toimet ovat kannattavia toteuttaa. Investoinneille tyypillistä on pitkä ajallinen kesto, laajat vaikutukset, suuri sitoutunut pääoma ja epävarmuus. (Ikäheimo, Lounasmeri & Walden 2009,135,202)

Investointilaskelman keskeisimmät komponentit on esitelty kuviossa 12. Investoinnin kokonaiskannattavuus saadaan selville, kun lasketaan vuotuiset kassavirrat investoinnin oletetun eliniän ajalta ja vähennetään niistä hankinta- ja käyttöpääomat. Jäljelle jäävä jäännösarvo on investoinnin tuotto. (Ikäheimo ym. 2009,209)



Kuvio 12. Investointilaskennan komponentit (Ikäheimo ym. 2009,209)

Tässä kustannuslaskelmassa on laskettu toisen lämmönvaihtimen käyttöönoton vaatimat kustannukset. Tietojen keräämiseen on käytetty putkistosuunnittelijan kanssa yhdessä tehtyä alustavaa putkistosuunnitelmaa. Automaattiventtiilit on kilpailutettu, sähköistyksen ja automatisoinnin osalta sähköpuolen työnjohtajat ovat antaneet arvionsa. Putkistoista on pyydetty alustava tarjous toimittajalta.

8.1 Investoinnin takaisinmaksu

Takaisinmaksu on se aika, jonka kuluessa investointi maksaa itsensä takaisin eli saatu tuotto on yhtä suuri kuin alkuperäinen sijoitettu pääoma. Mitä nopeammin investointi kykenee tuottamaan rahat takaisin, sitä paremmasta investoinnista on takaisinmaksuajan perusteella kyse. (Ikäheimo ym. 2009,213)

Lasketaan investoinnin takaisinmaksu moodinvaihtojen vähentämisen tuoman lisätuotannon kautta. Moodinvaihtojen vähentäminen on nykyisellä ajokajotuksella todennäköisin hyödyn tuoma tapa. Kahden viikon ajokajotuksessa ferriitisten ajokajotus on pyritty optimoimaan niin, että linjaa ei jouduta seisottamaan happojen takia, mutta moodinvaihdot lisääntyvät.

Takaisinmaksu lasketaan kontribuutiolaskennalla, jossa käytetään RAP5-linjan nettotuotantokapasiteettia linjan käyttöaste huomioon ottaen. Kun saavutettu lisätuotanto on saatu laskettua, pystytään takaisinmaksu laskemaan teräksen valmistuksesta saatavan nettovoiton kautta. Laskelmat on laskettu alimman saatavan voiton mukaan, jolloin takaisinmaksulle jää kohtuullinen varmuuskerroin.

Investointilaskelman luvut ovat salassa pidettävää tietoa. Laskennan tuloksena saatiin takaisinmaksuajaksi hieman alle kuusi kuukautta ja investointia lähde-tään esittämään toteutetuksi. Laskenta saatiin kaavalla (Sieppi 2016)

Takaisinmaksuaika

$$= \frac{\text{Investoinnin kokonaiskustannus}}{\text{Moodinvaihtojen kesto} * (\text{nettotuotantokapasiteetti} / \text{min} * \text{käytettävyysaste}) * \text{valmiin tuotteen kate}}$$

9 POHDINTA

Opinnäytetyöni oli mielenkiintoinen, haastava ja opettava prosessi. Prosessin kehittämiseen liittyvässä työssä sain hyödyntää niin koulussa oppimaani, kuin Outokummulla työskennellessä karttunutta tietoa. Pääsin tutustumaan peittauksen lämmityskiertoihin tarkemmin ja onnistuin mielestäni kartoittamaan nykyisen ongelman laajuuden ja tuomaan tarvittavat tiedot kierrätysjärjestelmän kehittämiseen esille.

Työn tekemisessä hyödynnettiin pääosin Outokummun sisäisiä lähteitä, kuten verkkolevyä, virtuaaliokaluja ja sisäistä intranettiä. Työn aikana tutustuin Outokummun erilaisiin sidosryhmiin, kuten suunnitteluosastoon ja tutkimuskeskukseen. Sidosryhmiltä saaduista tiedoista oli suuri apu työn teossa. Työn tuloksien perusteella jäähdytyksen kapasiteetin tehostamista lähdetään toteuttamaan, tarkoituksena on toteuttaa laitemuutokset vuoden 2017 kevään vuosihuollossa.

Opinnäytetyötä tehdessä sain paljon uutta tietoa putkistoihin, venttiileihin ja lämmönvaihtimiin liittyen. Opin myös yrityksen hankintatoimintatavoista, kun sain olla mukana investointiesityksen tekemisessä.

Suurin happolämpöihin vaikuttava tekijä on torniveden lämpötila, jonka lämpötila kesän hellejaksojen aikana nousee. Lämmönvaihtimien jäähdytysteho laskee radikaalisti torniveden lämmitessä. Jäähdytysvesilaitoksella on varaus olemassa jäähdytysvesitornien määrän kasvattamiseen. Mielestäni kannattaisi tutkia onko jäähdytysvesitornien lukumäärän kasvattamisella merkittävää vaikutusta torniveden lämpötilaan.

LÄHTEET

01 KYVA – Kiertoromujen lajittelu – Teräslajikohtaisen värikoodit. 2016. Outokumpu. Notes-tietokanta. Viitattu 14.11.2016.

Diabon. 2016. Alfa-Laval Oy. Viitattu 4.10.2016.
<http://www.alfalaval.com/products/heat-transfer/plate-heat-exchangers/gasketed-plate-and-frame-heat-exchangers/diabon/>

Fagerholm N-P. 1986. Termodynamiikka. 1. painos. Otaniemi: Otakustantamo.

Ferriittisten koulutus RAP. 2011. Outokumpu. Notes-tietokanta. Viitattu 15.11.2016.

Hautala M & Peltonen H. 2003. Insinöörin (AMK) Fysiikka Osa1. 6. painos. Lahti: Lahden teho-Opetus Oy.

HMI chemical pickling 3. 2016. Outokumpu. Viitattu 28.9.2016.

Ikäheimo S, Lounasmeri S & Walden R. 2009. Yrityksen laskentatoimi. 3. uudistettu painos. Helsinki: WSOYpro Oy.

JVL2-RAP5 Jäähdytysvesikiertokaavio laitteiden mitoitusiedoilla. 2004. Outokumpu. Webdoha. Piir. nro. 1201143. Viitattu 13.10.2016.

Kalapudas A. 2011. Ruostumattomat teräslajit ja materiaalinvalinta. Outokumpu. Notes-tietokanta. Viitattu 14.11.2016.

Leinonen J. 2016. Outokumpu Stainless Oy. Putkistosuunnittelijan haastattelu 28.9.2016.

Metallinjalostajat Ry. 2014. Teräskirja. 9. painos. Helsinki: Metallinjalostajat Ry.

Piippola L. 2016. Outokumpu Stainless Oy. Asiantuntijan haastattelu 20.9.2016.

RAP5 Esittely. 2007. Outokumpu. K-asema. Viitattu 3.9.2016.

RAP5 Laitetekoulu koulutusaineisto. 2007. Outokumpu. Notes-tietokanta. Viitattu 30.9.2016.

RAP5 Sekahappopeittauksen laajennus. 2008. Outokumpu. K-asema. Viitattu 30.9.2016.

Runkoputkistojen reittiirustus. 2004. Outokumpu. Webdoha. Piir. nro. 1012925-9. Viitattu 13.10.2016.

Ruostumattomat ja haponkestävät teräkset 2016. Oy Flinkenberg AB. Viitattu 14.11.2016. <http://www.flinkenberg.fi/steel/teraslevyt/ruostumattomat-ja-haponkestavat-terakset/>

Sieppi J. 2016. Outokumpu Stainless Oy. Käyttöpäällikön haastattelu 24.11.2016.

Happojen jäädytykseen kuluneet apuajat. 2016. Outokumpu. Tehdasselain, Häiriöseuranta. Viitattu 19.9.2016.

Tiivisteelliset levylämmönvaihtimet. Viflow Finland Oy. Viitattu 10.10.2016 <http://www.viflow.fi/uploads/tiivisteelliset.pdf>

Tornion tehtaat ja Kemin kaivos esittelymateriaali. 2016 Outokumpu. Onet. Viitattu 20.0.2016. <http://onet.outokumpu.com/fi/Work/Content/EMEA/Sivut/Tornion%20presentaatio%20ja%20julkaisut/Tornion-tehtaiden-ja-Kemin-kaivoksen-esittelymateriaali.aspx>

Yleisimpien ruostumattomien terästen kemialliset analyysit. 2016. Polarputki Oy. Viitattu 14.11.2016. http://www.polarputki.fi/files/Polarputki_Ruostumattomat_Kemialliset_Analyysit.pdf

LIITTEET

Liite 1 1(6) Lämmönvaihtimien mitoituslaskelma 60°C ->49,8°C

Liite 1 2(6) Lämmönvaihtimien mitoituslaskelma 48,8°C->42,6°C

Liite 1 3(6) Lämmönvaihtimien mitoituslaskelma 42,6°C->37,5°C

Liite 1 4(6) Lämmönvaihtimien mitoituslaskelma 37,5°C ->33,9°C

Liite 1 5(6). Lämmönvaihtimien mitoituslaskelma 33,9°C->31°C

Liite 1 6(6). Lämmönvaihtimien mitoituslaskelma 31,3°C->29,5°C

Liite 2 Virtaustaulukko teräsputkissa 1989 (Leinonen 2016)

Liite 1 1(6) Lämmönvaihtimien mitoituslaskelma 60°C ->49,8°C

Levylämmönvaihdin



Tekninen erittely

Customer : Outokumpu Stainless Oy Tornio
 Malli : M10G-FLR
 Projekti : Grafiittien tehon lisäys
 Positio 1 : jäähditys 60 → 49,8°C Päiväys : 23.11.2007

		<u>Kuuma puoli</u>	<u>Kylmä puoli</u>
Väliaine		Happoseos Torn	Water
Ominaispaino	kg/m ³	1076	993.9
Ominaislämpökapasiteetti	kJ/(kg*K)	3.61	4.18
Lämmönjohtavuus	W/(m*K)	0.572	0.619
Viskositeetti sisään	cP	0.653	0.895
Viskositeetti ulos	cP	0.741	0.684
Virtausmäärä	m³/h	80.0	60.0
Lämpötila sisään	°C	60.0	25.0
Lämpötila ulos	°C	49.8	37.7
Painehäviö	kPa	26.8	15.3
Teho	kW	880.4	
Logaritminen lämpötilaero	K	23.5	
Lämmönläpäisykerroin, puhdas	W/(m ² *K)	2311	
Lämmönläpäisykerroin, likainen	W/(m ² *K)	2201	
Lämpöpinta-ala	m ²	17.0	
Likaantumisvastus * 10000	m ² *K/W	0.22	
Likaantumislisa	%	5.0	
Väliaineiden virtaussuunta		Vastavirtaan	
Levyjen lukumäärä		70	
Vaiheiden lukumäärä		1	1
Levylisäys mahdollisuus		0	
Levymateriaali		DIABON F100	
Tiivistemateriaali		PTFE GLUED	PTFE GLUED
Yhdemateriaali		Rubber PTFE	Rubber PTFE
Yhteen halkaisija	mm	100	100
Yhteiden sijainti		S1 -> S2	S4 <- S3
Painelaite standardi		PED , Category 0	
Aineiden vaarallisuus		No Danger	No Danger
Has risky vapour pressure			
Laippastandardi		DIN PN10	
Rakennepaine	barg	6.0	6.0
Koeponnistusaine	barg	7.8	7.8
Rakennelämpötila	°C	120.0	120.0
Pituus x leveys x korkeus	mm	1162 x 512 x 1170	
Nestetilavuus	dm ³	24.5	23.8
Paino, tyhjänä / vedellä täytettynä	kg	812 / 862	
Paino pakattuna (OCEAN)	kg	922	
Tilavuus, pakattuna	m ³	1.2	
Pituus x leveys x korkeus, pakattuna	mm	1350 x 1310 x 670	

Performance is conditioned on the accuracy of customer's data and customer's ability to supply equipment and products in conformity therewith.

Liite 1 2(6) Lämmönvaihtimien mitoituslaskelma 48,8°C->42,6°C

Levylämmönvaihdin



Tekninen erittely

Customer : Outokumpu Stainless Oy Tornio
 Malli : M10G-FLR
 Projekti : Grafiittien tehon lisäys
 Positio 1a : 48.8->42.6 C Päiväys : 23.11.2007

		<u>Kuuma puoli</u>	<u>Kylmä puoli</u>
Väliaine		Happoseos Torn	Water
Ominaispaino	kg/m ³	1076	994.5
Ominaislämpökapasiteetti	kJ/(kg*K)	3.61	4.18
Lämmönjohtavuus	W/(m*K)	0.572	0.617
Viskositeetti sisään	cP	0.741	0.895
Viskositeetti ulos	cP	0.810	0.737
Virtausmäärä	m³/h	80.0	60.0
Lämpötila sisään	°C	49.8	25.0
Lämpötila ulos	°C	42.6	33.9
Painehäviö	kPa	27.1	15.3
Teho	kW	619.6	
Logaritminen lämpötilaero	K	16.7	
Lämmönläpäisykerroin, puhdas	W/(m ² *K)	2288	
Lämmönläpäisykerroin, likainen	W/(m ² *K)	2179	
Lämpöpinta-ala	m ²	17.0	
Likaantumisvastus * 10000	m ² *KW	0.22	
Likaantumislisä	%	5.0	
Väliaineiden virtaussuunta		Vastavirtaan	
Levyjen lukumäärä		70	
Vaiheiden lukumäärä		1	1
Levylisäys mahdollisuus		0	
Levymateriaali		DIABON F100	
Tiivistemateriaali		PTFE GLUED	PTFE GLUED
Yhdemateriaali		Rubber PTFE	Rubber PTFE
Yhteen halkaisija	mm	100	100
Yhteiden sijainti		S1 -> S2	S4 <- S3
Painelaite standardi		PED , Category 0	
Aineiden vaarallisuus		No Danger	No Danger
Has risky vapour pressure			
Laippastandardi		DIN PN10	
Rakennepaine	barg	6.0	6.0
Koeponnistuspaine	barg	7.8	7.8
Rakennelämpötila	°C	120.0	120.0
Pituus x leveys x korkeus	mm	1162 x 512 x 1170	
Nestetilavuus	dm ³	24.5	23.8
Paino, tyhjänä / vedellä täytettynä	kg	812 / 862	
Paino pakattuna (OCEAN)	kg	922	
Tilavuus, pakattuna	m ³	1.2	
Pituus x leveys x korkeus, pakattuna	mm	1350 x 1310 x 670	

Performance is conditioned on the accuracy of customer's data and customer's ability to supply equipment and products in conformity therewith.

Liite 1 3(6) Lämmönvaihtimien mitoituslaskelma 42,6°C->37,5°C

Levylämmönvaihdin



Tekninen erittely

Customer : Outokumpu Stainless Oy Tornio
 Malli : M10G-FLR
 Projekti : Grafiittien tehon lisäys
 Positio 1B : 42.6 C->37.5 C
 Päiväys : 23.11.2007

		<u>Kuuma puoli</u>	<u>Kylmä puoli</u>
Väliaine		Happoseos Torn	Water
Ominaispaino	kg/m ³	1076	995.0
Ominaislämpökapasiteetti	kJ/(kg*K)	3.61	4.18
Lämmönjohtavuus	W/(m*K)	0.572	0.615
Viskositeetti sisään	cP	0.810	0.895
Viskositeetti ulos	cP	0.863	0.779
Virtausmäärä	m³/h	80.0	60.0
Lämpötila sisään	°C	42.6	25.0
Lämpötila ulos	°C	37.5	31.3
Painehäviö	kPa	27.3	15.3
Teho	kW	437.5	
Logaritminen lämpötilaero	K	11.9	
Lämmönläpäisykerroin, puhdas	W/(m ² *K)	2271	
Lämmönläpäisykerroin, likainen	W/(m ² *K)	2162	
Lämpöpinta-ala	m ²	17.0	
Likaantumisvastus * 10000	m ² *K/W	0.22	
Likaantumislisä	%	5.0	
Väliaineiden virtaussuunta		Vastavirtaan	
Levyjen lukumäärä		70	
Vaiheiden lukumäärä		1	1
Levylisäys mahdollisuus		0	
Levymateriaali		DIABON F100	
Tiivistemateriaali		PTFE GLUED	PTFE GLUED
Yhdemateriaali		Rubber PTFE	Rubber PTFE
Yhteen halkaisija	mm	100	100
Yhteiden sijainti		S1 -> S2	S4 <- S3
Painelaite standardi		PED , Category 0	
Aineiden vaarallisuus		No Danger	No Danger
Has risky vapour pressure			
Laippastandardi		DIN PN10	
Rakennepaine	barg	6.0	6.0
Koeponnistuspaine	barg	7.8	7.8
Rakennelämpötila	°C	120.0	120.0
Pituus x leveys x korkeus	mm	1162 x 512 x 1170	
Nestetilavuus	dm ³	24.5	23.8
Paino, tyhjana / vedellä täytettynä	kg	812 / 862	
Paino pakattuna (OCEAN)	kg	922	
Tilavuus, pakattuna	m ³	1.2	
Pituus x leveys x korkeus, pakattuna	mm	1350 x 1310 x 670	

Performance is conditioned on the accuracy of customer's data and customer's ability to supply equipment and products in conformity therewith.

Liite 1 4(6) Lämmönvaihtimien mitoituslaskelma 37,5°C ->33,9°C

Levylämmönvaihdin



Tekninen erittely

Customer : Outokumpu Stainless Oy Tornio
 Malli : M10G-FLR
 Projekti : Grafiittien tehon lisäys
 Positio 1C : 37.5C-> 33.9 C Päiväys : 23.11.2007

		<u>Kuuma puoli</u>	<u>Kylmä puoli</u>
Väliaine		Haposeos Torn	Water
Ominaispaino	kg/m ³	1076	995.3
Ominaislämpökapasiteetti	kJ/(kg*K)	3.61	4.18
Lämmönjohtavuus	W/(m*K)	0.572	0.613
Viskositeetti sisään	cP	0.863	0.895
Viskositeetti ulos	cP	0.902	0.810
Virtausmäärä	m³/h	80.0	60.0
Lämpötila sisään	°C	37.5	25.0
Lämpötila ulos	°C	33.9	29.5
Painehäviö	kPa	27.4	15.4
Teho	kW	309.6	
Logaritminen lämpötilaero	K	8.5	
Lämmönläpäisykerroin, puhdas	W/(m ² *K)	2258	
Lämmönläpäisykerroin, likainen	W/(m ² *K)	2150	
Lämpöpinta-ala	m ²	17.0	
Likaantumisvastus * 10000	m ² *K/W	0.22	
Likaantumislisä	%	5.0	
Väliaineiden virtaussuunta		Vastavirtaan	
Levyjen lukumäärä		70	
Vaiheiden lukumäärä		1	1
Levyliäys mahdollisuus		0	
Levymateriaali		DIABON F100	
Tiivistemateriaali		PTFE GLUED	PTFE GLUED
Yhdemateriaali		Rubber PTFE	Rubber PTFE
Yhteen halkaisija	mm	100	100
Yhteiden sijainti		S1 -> S2	S4 <- S3
Painelaite standardi		PED , Category 0	
Aineiden vaarallisuus		No Danger	No Danger
Has risky vapour pressure			
Laippastandardi		DIN PN10	
Rakennepaine	barg	6.0	6.0
Koeponnistusaine	barg	7.8	7.8
Rakennelämpötila	°C	120.0	120.0
Pituus x leveys x korkeus	mm	1162 x 512 x 1170	
Nestetilavuus	dm ³	24.5	23.8
Paino, tyhjänä / vedellä täytettynä	kg	812 / 862	
Paino pakattuna (OCEAN)	kg	922	
Tilavuus, pakattuna	m ³	1.2	
Pituus x leveys x korkeus, pakattuna	mm	1350 x 1310 x 670	

Performance is conditioned on the accuracy of customer's data and customer's ability to supply equipment and products in conformity therewith.

Liite 1 5(6). Lämmönvaihtimien mitoituslaskelma 33,9°C->31°C

Levylämmönvaihdin



Tekninen erittely

Customer : Outokumpu Stainless Oy Tornio
 Malli : M10G-FLR
 Projekti : Grafiittien tehon lisäys
 Positio : 33.9->31 C Päiväys : 23.11.2007

		<u>Kuuma puoli</u>	<u>Kylmä puoli</u>
Väliaine		Happoseos Torn	Water
Ominaispaino	kg/m ³	1076	995.5
Ominaislämpökapasiteetti	kJ/(kg*K)	3.61	4.18
Lämmönjohtavuus	W/(m*K)	0.572	0.613
Viskositeetti sisään	cP	0.902	0.895
Viskositeetti ulos	cP	0.931	0.833
Virtausmäärä	m³/h	80.0	60.0
Lämpötila sisään	°C	33.9	25.0
Lämpötila ulos	°C	31.3	28.2
Painehäviö	kPa	27.5	15.4
Teho	kW	219.8	
Logaritminen lämpötilaero	K	6.0	
Lämmönläpäisykerroin, puhdas	W/(m ² *K)	2249	
Lämmönläpäisykerroin, likainen	W/(m ² *K)	2142	
Lämpöpinta-ala	m ²	17.0	
Likaantumisvastus * 10000	m ² *K/W	0.22	
Likaantumislisä	%	5.0	
Väliaineiden virtaussuunta		Vastavirtaan	
Levyjen lukumäärä		70	
Vaiheiden lukumäärä		1	1
Levylisäys mahdollisuus		0	
Levymateriaali		DIABON F100	
Tiivistemateriaali		PTFE GLUED	PTFE GLUED
Yhdemateriaali		Rubber PTFE	Rubber PTFE
Yhteen halkaisija	mm	100	100
Yhteiden sijainti		S1 -> S2	S4 <- S3
Painelaite standardi		PED , Category 0	
Aineiden vaarallisuus		No Danger	No Danger
Has risky vapour pressure			
Laippastandardi		DIN PN10	
Rakennepaine	barg	6.0	6.0
Koeponnistuspaine	barg	7.8	7.8
Rakennelämpötila	°C	120.0	120.0
Pituus x leveys x korkeus	mm	1162 x 512 x 1170	
Nestetilavuus	dm ³	24.5	23.8
Paino, tyhjänä / vedellä täytettynä	kg	812 / 862	
Paino pakattuna (OCEAN)	kg	922	
Tilavuus, pakattuna	m ³	1.2	
Pituus x leveys x korkeus, pakattuna	mm	1350 x 1310 x 670	

Performance is conditioned on the accuracy of customer's data and customer's ability to supply equipment and products in conformity therewith.

Liite 1 6(6). Lämmönvaihtimien mitoituslaskelma 31,3°C->29,5°C

Levylämmönvaihdin



Tekninen erittely

Customer : Outokumpu Stainless Oy Tornio
 Malli : M10G-FLR
 Projekti : Grafiittien tehon lisäys
 Positio 1E : 31.3C->29.5 C Päiväys : 23.11.2007

		<u>Kuuma puoli</u>	<u>Kylmä puoli</u>
Väliaine		Haposeos Torn	Water
Ominaispaino	kg/m ³	1076	995.6
Ominaislämpökapasiteetti	kJ/(kg*K)	3.61	4.19
Lämmönjohtavuus	W/(m*K)	0.572	0.612
Viskositeetti sisään	cP	0.932	0.895
Viskositeetti ulos	cP	0.953	0.851
Virtausmäärä	m³/h	80.0	60.0
Lämpötila sisään	°C	31.3	25.0
Lämpötila ulos	°C	29.5	27.2
Painehäviö	kPa	27.6	15.4
Teho	kW	155.3	
Logaritminen lämpötilaero	K	4.3	
Lämmönläpäisykerroin, puhdas	W/(m ² *K)	2243	
Lämmönläpäisykerroin, likainen	W/(m ² *K)	2136	
Lämpöpinta-ala	m ²	17.0	
Likaantumisvastus * 10000	m ² *K/W	0.22	
Likaantumislisä	%	5.0	
Väliaineiden virtaussuunta		Vastavirtaan	
Levyjen lukumäärä		70	
Vaiheiden lukumäärä		1	1
Levylisäys mahdollisuus		0	
Levymateriaali		DIABON F100	
Tiivistemateriaali		PTFE GLUED	PTFE GLUED
Yhdemateriaali		Rubber PTFE	Rubber PTFE
Yhteen halkaisija	mm	100	100
Yhteiden sijainti		S1 -> S2	S4 <- S3
Painelaite standardi		PED , Category 0	
Aineiden vaarallisuus		No Danger	No Danger
Has risky vapour pressure			
Laippastandardi		DIN PN10	
Rakennepaine	barg	6.0	6.0
Koeponnistuspaine	barg	7.8	7.8
Rakennelämpötila	°C	120.0	120.0
Pituus x leveys x korkeus	mm	1162 x 512 x 1170	
Nestetilavuus	dm ³	24.5	23.8
Paino, tyhjänä / vedellä täytettynä	kg	812 / 862	
Paino pakattuna (OCEAN)	kg	922	
Tilavuus, pakattuna	m ³	1.2	
Pituus x leveys x korkeus, pakattuna	mm	1350 x 1310 x 670	

Performance is conditioned on the accuracy of customer's data and customer's ability to supply equipment and products in conformity therewith.

