

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikan koulutus

2023

Patrik Nakari

Lämpökäsittelyprosessien kartoitus



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Konetekniikan koulutus

2023 | 43 sivua

Patrik Nakari

Lämpökäsittelyprosessien kartoitus

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, miten voitaisiin kerätä tietoa karkaisuprosesseista ja mitä etävalvontamahdollisuuksia on olemassa ja mitä etuja voitaisiin saavuttaa näiden avulla. Tämän työn toimeksiantajana toimi Konecranes Finland Oy ja työ suoritettiin Hyvinkään tehtaalle. Opinnäytetyö tehtiin Industrial Equipment ETO Manufacturing Technology – tuotannonkehitystiimissä.

Aluksi työssä esitellään Konecranes yrityksenä. Lämpökäsittelyn teoriaosuus käsitellään sen jälkeen, koska työ vaati paljon ymmärrystä prosesseista. Teorian jälkeen esitellään vielä yrityksen lämpökäsittelyprosessit, jotka ovat hyvin oleelliset työssä.

Energiankulutuksen näkökulmasta tutkittiin, miten voidaan mitata sähkön- ja kaasunkulutusta. Tarkoitus oli erityisesti keskittyä kaasujärjestelmän toimintaan turvallisuuden ja tehokkuuden näkökulmasta. Tukea kartoitukseen haettiin karkaisimojen työntekijöiltä, joille suoritettiin kysely, sekä osalle haastattelu. Kaiken informaation noutamisen jälkeen ryhdyttiin purkamaan myös työntekijöiltä heränneitä huomioita.

Työssä heräsi paljon erilaisia projekteja ja osaan saatiin löydettyä ratkaisu. Osa ongelmista jäi ajatustasolle, josta yritys voi jatkaa halutessaan. Työn huomattavin tulos oli parannettu kaasuturvallisuus. Tämän ohessa voidaan nähdä parannus karkaisimon informaation tiedonkulussa työnjohdolle ja suunnittelulle. Lisäksi parannus kaasunkulutuksen seurannassa kunhan projektit saatetaan loppuun.

Asiasanat:

Lämpökäsittely, metalli, kartoitus

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Mechanical Engineering

2023 | 43 pages

Patrik Nakari

Survey of heat treatment processes

The goal of the thesis was to find out how to collect information about the hardening process and what remote monitoring possibilities exist and what advantages could be achieved with these. This thesis was commissioned by Konecranes Finland Oy and made for the Hyvinkää factory. The thesis was done in the Industrial Equipment ETO Manufacturing Technology – manufacturing development team.

At first, the thesis introduces Konecranes as a company. The theory part of heat treatment will be familiarized after that, because the work required a lot of understanding of the processes. After the theory, the company's heat treatment processes are introduced, which are very essential considering the thesis.

From the point of view of energy consumption, it was investigated how electricity and gas consumption can be measured. The purpose was specially to focus on the operation of the gas system from the point of view of safety and efficiency. Support for the survey was requested from the employees of the hardening facilities, who were surveyed and some of them were interviewed. After gathering all the information, the observations made by the employees were also analyzed.

The project generated many different ideas, and solutions were found for some of them. Some problems remained at the conceptual stage, which the company can continue to work on if desired. The most significant result of the work was the improved gas safety. In addition to this, one can see an improvement in the information flow of the hardening facility for work management and planning. Moreover, there will be improved gas consumption monitoring once the projects are completed.

Keywords:

Heat treatment, metal, survey

Sisältö

1 Johdanto	7
1.1 Työn tarkoitus	7
1.2 Työn tausta	7
1.3 Työn rakenne	8
2 Konecranes	9
2.1 Liiketoimintasegmentit	10
2.1.1 Kunnossapito	10
2.1.2 Teollisuuslaitteet	11
2.1.3 Satamaratkaisut	11
2.2 Strategia	12
2.3 Hyvinkään tehdas	12
3 Lämpökäsittelyprosessit	13
3.1 Lämpökäsittely	13
3.2 Hiiletyskarkaisu	16
3.3 Liekkikarkaisu	18
3.4 Lämpökäsittelyn tulevaisuus	19
4 Konecranesin lämpökäsittelyprosessien esittely	22
4.1 Hiiletyskarkaisuprosessi	22
4.2 Liekkikarkaisu prosessi	25
5 Karkaisimojen turvallisuus	27
5.1 Kaasuturvallisuus	27
5.2 Hiiletyskarkaisimon turvallisuus	28
5.3 Liekkikarkaisimon turvallisuus	29
6 Mittaustulosten edut ja mahdollisuudet	30
6.1 Mittaamisen hyötyjä	30
6.2 Kaasun ja sähkön mittaaminen	31
7 Ongelmien kartoittaminen ja ratkaisu	32

7.1 Kartoittamisen aloittaminen	32
7.2 Protherm Production logs	32
7.3 Kaasuhälytysjärjestelmän päivittäminen	34
7.4 Lämpötilaongelma	37
7.5 Karkaisimon ja Smart Factoryn yhdistäminen	37
7.6 Kaasun- ja sähkönkulutuksen seuraaminen	39

8 Johtopäätökset

41

Lähteet

42

Kuvat

Kuva 1. Nosturien esimerkki käyttö (Konecranes 2023b.).	9
Kuva 2. Liiketoiminnan jakauma segmenteissä (Konecranes 2022a).	10
Kuva 3 Metallin yleiset rakenteet (mukaillen Advanced Heat Treat Corp 2019.	15
Kuva 4. EZ Lynks- lämpökäsittelylaitos (AFC Holcroft 2022.).	21
Kuva 5. Konecranesin hiiletyskarkaisuprosessi.	22
Kuva 6. Hiiletetyn kappaleen siirto sammutusaltaaseen.	23
Kuva 7. Hiiletyskarkaisun prosessikartta.	24
Kuva 8. Kantopyörän kuumennus.	25
Kuva 9. Konecranesin liekkikarkaisu prosessi.	26
Kuva 10. Etävalvonta näkymä.	36
Kuva 11. Esimerkki massavirtausmittarista.	39
Kuva 12. Virrankulutus topologia.	40

Kuviot

Kuvio 1 Rauta-hiili tasapainopiirros (Velling 2020).	17
--	----

Käsitteiden määrittely

Hehkutus	Lämpökäsittelyprosessi, jonka avulla vähennetään kappaleen kovuutta ja kasvatetaan sitkeyttä.
Karkaisu	Karkaisun avulla voidaan muokata kappaleen mekaanisia ominaisuuksia ja parantaa sen kestävyyttä.
Päästö	Lämpökäsittelyprosessi, joka suoritetaan yleensä karkaisukäsittelyn jälkeen alhaisessa lämpötilassa.
Nitraus	Pintakäsittelymenetelmä, jossa kappaleen pintaan johdetaan typpeä sekä usein hiiltä.
Austenoituminen	Prosessi, jossa metallin mikrorakenne muunnetaan austeniitiksi sen mekaanisten ominaisuuksien parantamiseksi.
Austeniitti	Raudan ja sen metalliseosten erityinen kiderakenne.
Martensiitti	Erittäin kova ja hauras kiderakenne, joka muodostuu teräkseen nopean jäähtymisen aikana.
Ferriitti	Pehmeä ja sitkeä kiderakenne, joka voi muodostua teräkseen sen jäähtyessä.
Perliitti	Teräksen hitaan jäähtymisen aikana muodostuva kerrosrakenne (ferriitti- ja sementiitti kerrokset)
Diffuusio	Hiukkasten liikkumista korkean pitoisuuden alueelta matalan pitoisuuden alueelle.
Faasi	Materiaalin yhtenäinen kemiallinen koostumus ja kristalli- tai molekyylirakenne
Mikropitting	Pintavaurio, jota voi esiintyä hammaspyöräjärjestelmissä
Deformaatio	Materiaalin muodon tai koon muutos vasteena siihen kohdistetun voiman tai jännityksen vaikutuksena.
Endoterminen	Kemiallinen reaktio, joka sitoo lämpöä ympäristöstä.

1 Johdanto

Opinnäytetyön toimeksiantaja toimi Konecranes Finland Oy. Konsernin pääkonttori on Hyvinkäällä ja työ tehtiin siellä sijaitsevaan tuotannonkehitystiimiin.

1.1 Työn tarkoitus

Insinööritöiden tarkoitus oli keskittyä tehtaan lämpökäsittelyprosesseihin ja siihen, miten voitaisiin kerätä tietoa prosesseista ja edistää kyseisiä karkaisuprosesseja. Tutkintaan kuului myös selvittää mitä etävalvontamahdollisuuksia on olemassa prosessin seuraamiseen, sekä mitä etuja niiden avulla voitaisiin saavuttaa. Energiankulutuksen näkökulmasta tutkitaan sähkön- ja kaasunkulutuksen mittaushetkillisyyksiä. Tarkoitus oli myös keskittyä kaasujärjestelmän toimintaan niin turvallisuuden kuin energiatehokkuudenkin näkökulmasta.

Työn tavoitteena oli löytää ratkaisuja, joiden avulla kaasun- ja sähkönkulutuksen seuraaminen olisi mahdollista. Muita tavoitteita oli parantaa karkaisimoiden toimivuutta ja turvallisuutta, sekä löytää mahdollisia yleisiä kehitysideoita, joiden avulla voidaan kehittää karkaisimoiden ongelmakohtia.

1.2 Työn tausta

Konecranesin tavoitteena on nostolaitteiden valmistuksen ohella vähentää kokonaisenergiankulutusta sekä liiketoimintansa hiilijalanjälkeä. Näiden asioiden kehittäminen vaatii riittävän yksityiskohtaista ja reaaliaikaista dataa tuotantoprosesseista.

Hyvinkään tehtailla tehdään lämpökäsittelyä kahdella erilaisella prosessilla. Vaihteiden hammaspyörät ja -akselit karkaistaan hiiletyskarkaisemalla ja kantopyörät puolestaan liekkikarkaisemalla. Molempien laitoksien ohjaaminen tapahtuu paikallisesti operaattorien toimesta ja reaaliaikaista näkymää

prosessien toimintaan tai tilanteeseen ei ole. Sähkön- ja kaasunkulutusta ei seurata systemaattisesti ja saatavilla olevaa mittausdataa on hyvin niukasti.

Prosesseja varten on kaavailtu erillistä valvontajärjestelmää, koska molemmat laitokset kuluttavat merkittäviä määriä nestekaasua, joka johdetaan laitoksille keskitetystä kaasuasemasta putkistoa pitkin. Kaasun käyttöön liittyy muutenkin paljon turvallisuus- ja ympäristötekijöitä. Kaasuista syntyvät höyryt voivat olla myrkyllisiä hengittäessä suuria määriä puhumattakaan niistä syntyvistä räjähdysvaaroista. Ympäristötekijöiden kannalta esimerkiksi hiilidioksidi on kasvihuonekaasu, joka vangitsee lämpöä ilmakehässä ja johtaa ilmaston lämpenemiseen.

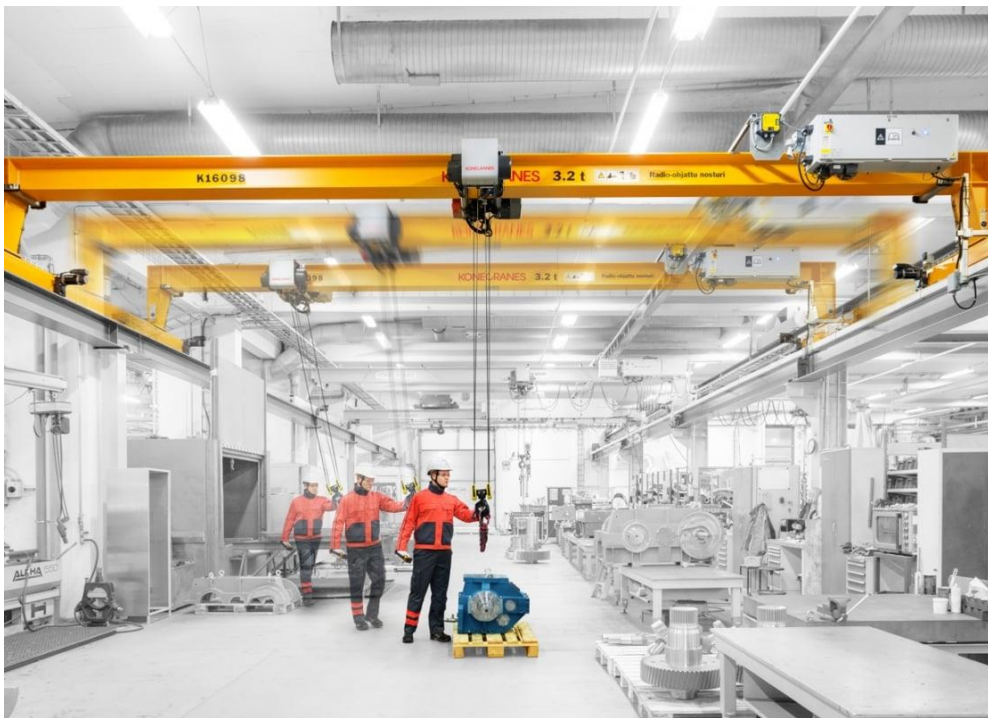
1.3 Työn rakenne

Tämän insinööriyön rakentaminen aloitettiin aluksi keräämällä tietoa lämpökäsittelyprosesseista. Tässä vaiheessa hyödynnettiin kirjallisuuden tutkimista tiedonhankintamenetelmänä, koska lämpökäsittelyprosesseihin perehtyminen auttoi ymmärtämään prosesseja paremmin. Tämän jälkeen suoritettiin kysely sekä haastattelu karkaisimoiden työntekijöille, jonka avulla pystyttiin aloittamaan lämpökäsittelyprosessien kartoittaminen. Haastattelun ja kyselyn ero on se, että kysely on enemmänkin tietopyyntö esimerkiksi tässä tapauksessa Google Forms lomake ja haastattelu on muodollisempi prosessi eli henkilökohtainen haastattelu. Ongelmakohtien löydettyä pohditaan miten ongelmien ratkaisuja voitaisiin lähteä tavoittelemaan. Työssä on myös hyödynnetty paljon erilaisten alan ammattilaisten apua keskustelemalla heidän kanssa aiheeseen liittyvistä asioista. Usea Konecranesin työntekijä tarjosi työn aikana apuaan ja jakoi tietotaitoaan.

2 Konecranes

Konecranes on maailman johtava nostolaittevalmistaja, jonka asiakkaisiin kuuluvat muun muassa konepaja- ja prosessiteollisuuksia, telakoita, satamia ja terminaaleja. Konecranes toimittaa nostolaitteita ja huoltopalveluita kaikkiin mahdollisiin nostotarpeisiin ja tämän avulla lisää asiakkaidensa liiketoiminnan arvoa ja tehokkuutta. (Konecranes 2023.)

Yritys on tavoitteellisesti parantanut asiakkaidensa liiketoimintaa ja suorituskykyä kaikilla teollisuuden osa-alueilla. Tavoite on saavutettu tuottamalla nostolaitteitaan ja palvelujaan asiakkailleen jatkuvalla menestyksellä. Menestys on lähtöisin maailmanlaajuisesta kokemuksesta, asiantuntemuksesta ja paikallisesta osaamisesta. (Konecranes 2023a.). Kuvassa 1 nähdään esimerkki tilanne Konecranesin nosturista toiminnassa.

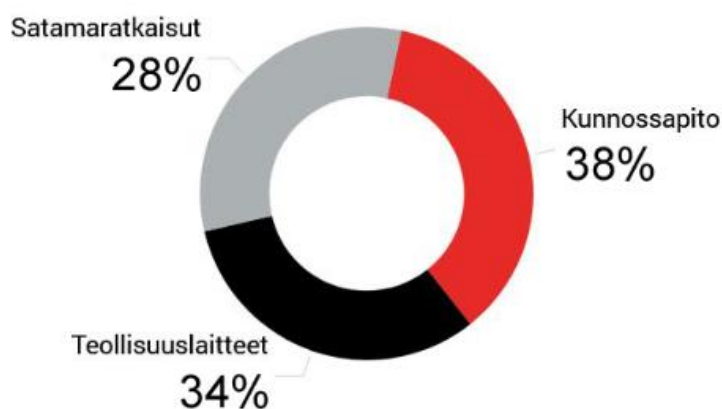


Kuva 1. Nosturien esimerkki käyttö (Konecranes 2023b.).

2.1 Liiketoimintasegmentit

Konecranesin liiketoiminta jakautuu kolmeen segmenttiin, jotka ovat kunnossapito, teollisuuslaitteet ja satamaratkaisut. Kuvassa 2 esitellään Konecranesin liiketoiminnan jakaumaa vuodelta 2021. Kuvasta nähdään hyvin miten yrityksen toiminta on jakautunut ja tämä ei ole muuttunut suuremmin kahden vuoden aikana. (Konecranes 2022a.)

Myynti segmenteittäin 2022



Kuva 2. Liiketoiminnan jakauma segmenteissä (Konecranes 2022a).

2.1.1 Kunnossapito

Joka vuosi digitalisaatio on entistä suuremmassa osassa yritysten toimintaa. Konecranesin strategiaan kuuluu keskittyminen kunnossapito- ja huoltopalveluihin. Siirtyminen ennakoivaan ja ohjailevaan kunnossapitoon helpottuu vahvan digitalisaation myötä. Kiinnostuksen keskittymiselle tähän osaluueeseen on syynsä, kunnossapito on huomattavasti vähemmän riippuvainen talouden suhdanteista ja kasvu potentiaali on massiivinen. Suuri potentiaali tuo myös mukanaan mahdollisuuden kasvattaa yrityksen tuottoja. (Konecranes 2022a.)

2.1.2 Teollisuuslaitteet

Vuosien saatossa Konecranes on kehittynyt yrityksenä. Perinteisestä nostureiden valmistamisesta on pystytty ottamaan suuria askeleita materiaalikäsittelyratkaisujen kehittämisen suuntaan nykypäivän automaation ja modernin teknologian avulla. Konecranes on maailman suurin teollisuusnostureiden ja köysinostinten valmistaja. Kyseinen yritys on saavuttanut vakuuttavan maineen sekä kotimaassa että kansainvälisessä konepaja- ja prosessiteollisuuden aloilla. Mahdollisuus tehdä räätälöityjä ratkaisuja asiakkaan yksilöllisiin tarpeisiin huomioiden kuitenkin työympäristön haasteet luo yritykselle huomattavan edun. Hyödyntämällä uusinta teknologiaa ja digitaalisia ratkaisuja pystyy yritys lisäämään asiakkailleen mahdollisuuden kehittää omaa liiketoimintaansa. (Konecranes 2022a.)

2.1.3 Satamaratkaisut

Konecranes on myös johtava satamalaitteiden ja palveluiden toimittaja. Yrityksen tuotteet vaihtelevat raskaista nostureista ja terminaaleista automatisoituihin kontinkäsittelyjärjestelmiin ja integroituihin satamahallintaratkaisuihin. Satamaratkaisuiden avulla voidaan auttaa asiakkaita tehostamaan heidän satamatoimintaansa, samalla kun heiltä vähenee kustannukset ja tuotot nousevat. Yrityksen kattava tuote- ja palveluvalikoima sisältää kokonaisia avaimet käteen -ratkaisuja, sekä ennaltaehkäiseviä huoltoja ja korjauksia. Yritys tarjoaa myös terminaalien toiminnanohjausjärjestelmiä ja laitehallintajärjestelmä -ohjelmistoja konttiterminaaleille. (Konecranes 2022a.)

2.2 Strategia

Konecranes hyödyntää neljää globaalia megatrendiä ja omaa ydinosaamista. Nämä megatrendit ovat vastuullisuus, geopolitiikka, digitalisaatio ja tuottavuus, jotka ovat tärkeä osa yrityksen liiketoiminnan kasvua. Ensiluokkainen perusta yritykselle syntyy maailmanlaajuisesta asiakaskunnasta eri toimialoilla, huippuosaajien tiimistä, johtavista teknologioista ja huippuluokan kunnossapitopalveluista. Näiden avulla Konecranesin on helppo siirtyä seuraavalla kehitysvaiheelle ja lähestyä kannattavaa kasvua, johon vaikuttaa asiakastyytyväisyys, työntekijöiden sitoutuminen ja innovatiivinen tarjonta. Olemalla toimialansa johtava yritys näiden saavuttaminen on mahdollista. (Konecranes 2022b.)

2.3 Hyvinkään tehdas

Hyvinkää on Konecranesin päätoimipiste ja suuri tehdasalue koostuu eri halleista, mukaan lukien toimistorakennukset. Työhön kuuluvat karkaisimot sijaitsevat kahdessa vierekkäisessä hallissa. Kokonaisuudessaan Hyvinkäällä valmistetaan laajasti kaikkea hammasvaihteiden välitysosien, telaputkien ja koteloiden koneistuksesta kokonaisten sähkökaappien valmistukseen. Yritys valmistaa itse nosturien tärkeät komponentit ja järjestelmät.

3 Lämpökäsittelyprosessit

Seuraavassa luvussa esitellään lämpökäsittelyä yleisesti. Hiiletyskarkaisuun ja liekkikarkaisuun keskitytään syvällisemmin, koska ne ovat työssä keskeisessä osassa. Konecranesilla hiiletyskarkaistaan vaihteiden hammaspyörät ja -hammasakselit ja kantopyörät puolestaan liekkikarkaistaan. Molempia laitoksia ohjataan paikallisesti operaattorien toimesta.

3.1 Lämpökäsittely

Terästä voidaan lämpökäsitellä usealla tavalla. Yleisempiin menetelmiin luetaan useita käsittelytapoja, jotka ovat: hehkutus, karkaisu ja päästö, nuorrutus, pintakarkaisu, hiiletyskarkaisu, nitraus sekä kylmäkäsittely (Kivivuori 2016, 68, 75, 84, 93, 95, 102, 104.). Lämpökäsittelyn avulla voidaan muokata materiaalin erilaisia ominaisuuksia esimerkiksi lujuutta, sitkeyttä, työstettävyyttä tai jopa magneettisia ominaisuuksia käyttövaatimusten vaatimalle tasolle (ThermoFusion 2020.). Hehkutusta tyypillisesti käytetään materiaalien pehmentämiseen ja niiden kovuuden vähentämiseen. Käsittelyn tarkoitus on helpottaa kappaleen käsittelyä ja muokkaamista. Prosessi sisältää materiaalin kuumentamisen tiettyyn lämpötilaan ja sen pitäminen kyseisessä lämpötilassa tietyn ajan ja sen jäädyttäminen. Erilaisiin hehkutus prosesseihin kuulu sintraus, tasaushehkutus, normalisointi, perlitointi, myöstö-, vedynpoisto-, rekristallaatio ja pehmeäsihehkutus. (Kivivuori 2016, 68–74.) Prosessissa käytettävä tarkka lämpötila ja jäähdytysnopeus riippuvat hehkutuksessa riippuu metallista ja halutusta lopputuloksesta.

Teräksen tunnetuin lämpökäsittelymenetelmä on austeniittiseen tilaan saatetun teräksen karkaisu, jonka jälkeen se päästetään tai nuorrutetaan. Näiden prosessivaiheiden avulla teräksen lujuusominaisuuksia voidaan säädellä tehokkaasti. Toimintaidea prosessissa perustuu teräksen mikrorakenteen muuttamisesta martensiittiseksi, joka saavutetaan teräksen austenoinnin ja

nopean sammutuksen avulla. Karkaisu tyypillisesti jaetaan kolmeen eri vaiheeseen, jotka ovat:

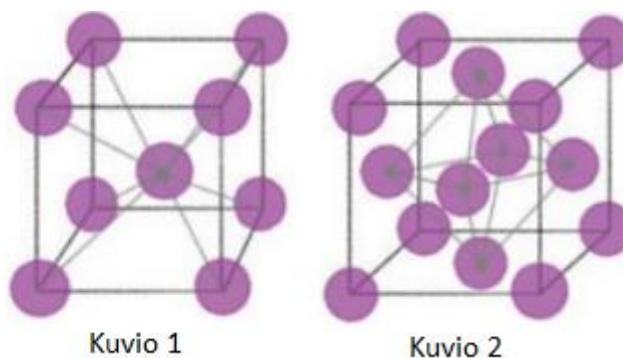
- Karkaisuhehkutus (austenointi)
- Sammutus
- Päästö

Karkaisuhehkutuksen avulla raudan rakenne saatetaan oleelliselta osalta austeniitiksi. Sammutus muuttaa austeniitin martensiitiksi, estäen samalla ferriitin ja perliitin muodostumisen. (Kivivuori & Härkönen 2004, 18.)

Metallin hila on kolmiulotteinen rakennelma, johon atomit järjestäytyvät. Hilaan muodostuu pienempiä alueita, joita nimitetään kiteiksi (Kotiranta 2014.). Tavallisia metalleja kuumentaessa korkeisiin lämpötiloihin tapahtuu atomitasolla. Rauta-atomien järjestäytynyt kiderakenne muuttaa muotoaan kuumennettaessa. Metallilla on kaksi yleistä rakennetta tilakeskinen kuutiollinen (BCC) ja pintakeskinen kuutiollinen (FCC) kiderakenne (kuva 3). BCC-rakenne on yleensä huoneenlämpötiloissa ja muunnos FCC-tilaan tapahtuu teräksen kuumentuessa kriittisen lämpötilansa yläpuolelle. Kyseisessä tila johtaa lisääntyneeseen rakojen määrään hilassa. Nämä raot rakenteessa tarjoavat lisäliitosmahdollisuuksia seoselementeille, kuten tässä tapauksessa hiilelle. Hiili pääsee kiinnittymään rautaan ja hilan sisälle. Lisääntyneiden rakojen ansiosta hiiliatomit voivat liikkua vapaammin raudan ympärillä korotetuissa lämpötiloissa. Tämä lisääntynyt liikkuvuus johtaa siihen, että rauta muuttuu vähemmän sitkeäksi, mutta vahvemmaksi geometriaa häiritsevien hiiliatomien vuoksi. Pelkästään metallien kuumentaminen kohotetussa hiili-ilmakehässä ei kuitenkaan riitä sitomaan hiiltä hiloihin ja lisäämään kovuutta. Ilman asianmukaista jäähdytystä hiili hajoaa takaisin ulos rakenteen muuttuessa FCC:stä BCC:ksi. Tämän takia suoritetaan nopea jäähdytys ja korkeasta lämpötilasta muutos alhaiseen lämpötilaan mahdollistaa hiilen vangitsemisen kiderakenteeseen. Tuloksena muuttunut uusi BCC-rakenne tunnetaan martensiittina. (Advanced Heat Treat Corp 2019.)

Kuvio 1: Tilakeskinen kuutiollinen kiderakenne

Kuvio 2: Pintakeskinen kuutiollinen kiderakenne



Kuva 3 Metallin yleiset rakenteet (mukaillen Advanced Heat Treat Corp 2019.)

Karkaisuprosessissa kappaleeseen syntyy tilavuuden muutoksia, jotka aiheuttavat jännityksiä. Tämä on haitallista kappaleelle ja jännitykset saattavat johtaa kappaleen murtumiseen. Päästön avulla syntyneet karkaisujännitykset laukaistaan, joka johtaa muutoksiin martensiitin rakenteessa. Hiiliteräkset voidaan päästää hyvin alhaisissa lämpötiloissa (100–200°C), keski- ja runsashiilisten terästen päästölämpötilat ovat yli tuplasti korkeammat. Päästön aikana martensiitin hajaantuminen ja hiilen diffuusio martensiittikiteiden ulkopuolelle tapahtuu jo alhaisissakin lämpötiloissa. Tämä johtaa rakenteiden jännitystilojen laukeamiseen. (Kivivuori 2016, 79.)

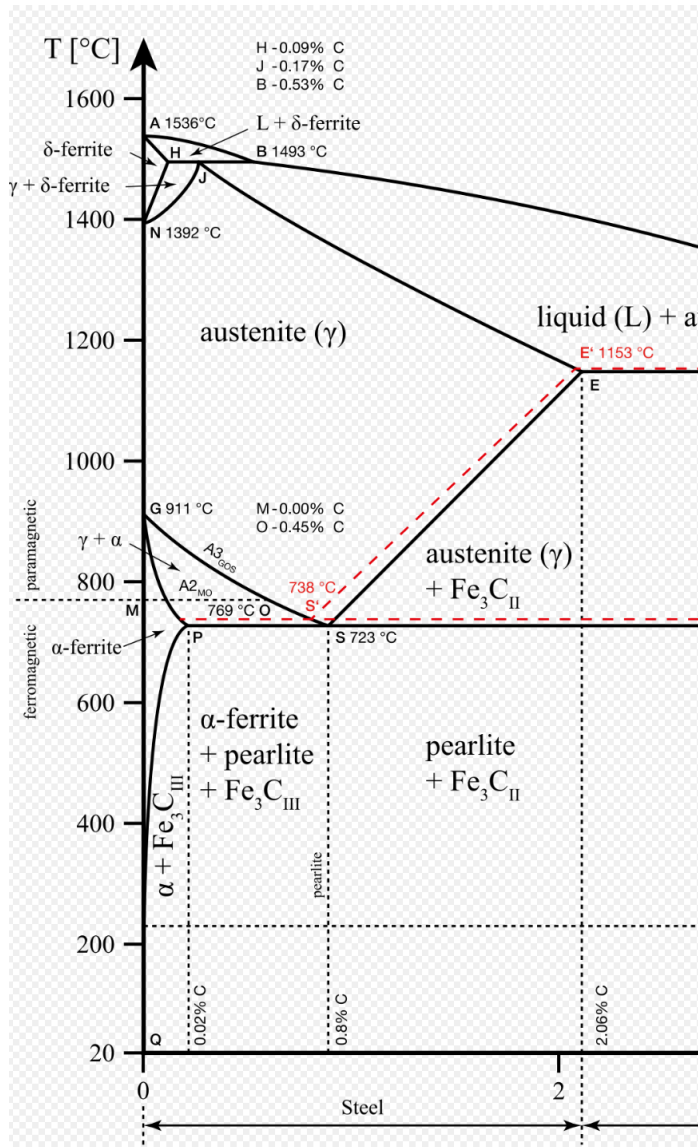
Teräksen karkaisun jälkeen kappale voidaan päästää 500–700°C lämpötilassa ja tätä lämpökäsittelyä kutsutaan nuorrutukseksi. Käsittelyn avulla voidaan saavuttaa loistava sitkeyden, lujuuden ja väsymislujuuden yhdistelmä. Induktiokarkaisussa ja nitrauksessa nuorutus on yleensä näitä edeltävä lämpökäsittely vaihe. (Kivivuori 2004, 87.)

Pintakarkaisu on myös vaihtoehto, kun kappaleelle halutaan suuri pintakovuus ja hyvä ytimen sitkeys. Prosessissa saavutetaan myös kappaleen pintaan puristusjännitys, joka parantaa väsymislujuutta. (Kivivuori 2016, 93.) Pintakarkaisu menetelmiä on nykypäivänä erilaisia muun muassa hiiletys, alipainehiiletys (LPC), boorikäsittely, tyyppihiiletys tai liekki- ja induktiokarkaisu. Pintakarkaisu on myös mahdollista suorittaa ilman sammutuskarkaisua ja tästä esimerkki tapaus on Ioni-implantaatio, jossa kappaleen pintaan kohdistetaan

energiaionisuihku. Tämä parantaa hioantakulumisenkestävyyttä ja pinnan kovuutta. (Bodycote 2022.)

3.2 Hiiletyskarkaisu

Hiiletyskarkaisu kuuluu pintakarkaisuluokkaan, jolla tarkoitetaan termokemiallista prosessia, jossa tavoitteena on saavuttaa suuri pintakovuus kuitenkin säilyttäen hyvä sitkeys. Hiiletyskarkaisulla pyritään valmistamaan osia, jotka joutuvat raskaaseen kulutukseen. Esim. tässä tapauksessa hammaspyörät ja -akselit. Prosessin tarkoitus on hehkuttaa niukkahillistä terästä austeniittialueella (taulukko 1) hiiltä luovuttavassa väliaineessa. Kappaleen pintaan syntyy suurempi kovuus kuin sisustassa ja tämä saa aikaan suuremman kovuuden karkaisussa. Hiilipitoisuuden ansiosta pinnalle syntyy myös väsymislujuutta parantava puristusjännitys. Hiilipitoisuus voidaan määrittää, mutta yleensä keskimäärin 0,7 % hiilipitoisuus tuo suurimman kovuuden. (Teknologia Teollisuus 2009.) Hiili siirtyy teräspinnalle pääasiassa vety-vesireaktion kautta, joka tarkoittaa kemiallista reaktiota, jossa hiilimonoksidi ja vety reagoivat peräksen pinnalla ja muodostavat vesihöyryä (Åström 2021.).



Kuvio 1 Rauta-hiili tasapainopiirros (Velling 2020).

Seoksista valmistetuissa metalleissa voi olla useita faaseja, jotka ovat fyysisesti homogeenisiä seoksia tarkalla kemiallisella koostumuksella, mukaan lukien atomien tietty järjestely ja niiden välinen sidos. Jokaisen faasin atomien erillinen rakenne antaa erilaisia ominaisuuksia. Tiedyt erikoiseokset voivat olla useissa faaseissa, mikä voidaan saavuttaa lämpökäsittelyllä tietyissä lämpötiloissa. Joillakin erikoiseoksilla voi olla useita faaseja samassa lämpötilassa. (Velling 2020.)

Austenoituminen tarkoittaa teräksen rakenteen muuttumista austeniitiksi lämpötilan kohotessa tietyn rajan yli. Taulukossa 1 on esitelty eri faasien ominaisuuksia ja austeniitin muodostumislämpötila. Yleensä lämpökäsiteltävät teräkset kuumennetaan homogeenisen austeniitin alueelle. A_1 -lämpötilan yläpuolella austeniitin muodostuminen alkaa heti. Lämpötilan kohotessa austeniitin määrä lisääntyy ferriitin kustannuksella ja ylittäessä faasiraja A_3 ferriitti on täysin hävinnyt rakenteesta. (Kivivuori & Härkönen 2004, 25.)

Etenkin hiiletyskarkaistujen kappaleiden pinnan kovuutta voidaan lisätä kuulapuhalluksen avulla. Yleensä hammaspyörien hampaiden pinta kuulapuhalletaan, koska pinnan kesto mikropitting-kulumista vastaan nousee huomattavasti. (Kivivuori 2016, 100.)

Kuulapuhalluksessa ilmanpaineen avulla puhalletaan pieniä teräskuulia suurella nopeudella kappaleen pintaan. Tämä estää deformaation syntymisen, koska kappaleen pinta venyy. Pinnan venyminen kuitenkin aiheuttaa kappaleen pintaosiin puristavan jäännösjännitystilän syntymisen. (Kivivuori 2016, 100.)

3.3 Liekkikarkaisu

Liekkikarkaisussa kappaleen pintaa kuumennetaan, Konecranesin tapauksessa kaasuliekillä, mutta prosessi on mahdollista myös suorittaa sähkömagneettisen induktion avulla. Kuumennus tapahtuu 0,5–10 mm syvyydeltä ja kuumennukseen käytetään liekkikarkaisussa happi-asetyleenipolttimen liekkiä. Kuumennuksen jälkeen kappale jäähdytetään välittömästi. Menetelmällä voidaan käsitellä vain yksi kappale kerrallaan. (Kivivuori 2016, 93–94.)

Kappaleen pintaan muodostuu suuri puristusjännitystila, koska pinnan tilavuus kasvaa siihen muodostuvan kova martensiittisen mikrorakenteen takia. Kappaleen keskustan mikrorakenne ei muutu prosessissa vaan pelkästään pinta muuttuu kovaksi. Pintarakenteen ansiosta kappaleelle tulee hyvä pintapaineen- ja kulumisenkestävyys. (Kivivuori 2016, 93–94.)

3.4 Lämpökäsittelyn tulevaisuus

Lämpökäsittely prosessien tulevaisuuden vaikuttaa monia asioita kuten teknologian kehittyminen, ympäristö huolenaiheet ja muuttuvat teollisuusvaatimukset (Fortify 2023, Sandia National Laboratories 2018, Nordström 2021, Troell ym. 2017, Nitrex 2022, Epicor 2023.). Asiat, jotka mahdollisesti vaikuttavat lämpökäsittelyprosessien tulevaisuuteen ovat:

1. Edistyneiden materiaalien käyttö
2. Tarkempi ja automatisoitu ohjaus
3. Kestävä kehitys ja energiatehokkuus
4. Integrointi muihin valmistusprosesseihin

Materiaalit kehittyvät teknologian kehittyessä. Komposiitit ja korkean lujuusluokan seokset omaavat ainulaatuisia ominaisuuksia. Komposiitin hyödyntäminen yleistyy joka vuosi enemmän, sitä käytetään nyt jo korvaamaan perinteisiä materiaaleja kuten terästä ja alumiinia. Digitaalisen valmistuksen yritys Fortify on listannut 4 syytä miksi komposiitit ovat korvaamassa perinteiset materiaalit ja nämä syyt ovat: komposiittien vahvuus-painosuhte, kestävyys, uudet suunnittelumahdollisuudet ja niiden helppo tuotanto (Fortify 2023).

Aikasemmin mainittu korkean lujuusluokan seokset ovat myös tulevaisuuden kannalta isossa roolissa. Hyvänä esimerkkinä Sandia National Laboratories (2018) oli tehnyt tutkimuksen, jossa he olivat valmistaneet platina-kulta seoksen, jonka uskotaan olevan maailman kulumiskestävin metalli maailmassa. Verrattuna korkealujuuksiseen teräkseen, seos oli 100 kertaa kestävämpi tehden seoksesta ensimmäisen metallien yhdistelmän, joka oli samassa kestävyysluokassa kuin timantti ja safiiri (Sandia National Laboratories 2018.). Toki massavalmistukseen tällä hetkellä tämän kaltaiset kalliit seokset eivät sovellu, mutta tapaus on hyvä esimerkki siitä, mitä tulevaisuuden seokset voi mahdollistaa teknologian kehittyessä.

Toisessa artikkelissa Nordström kertoo 3D-tulostuksen valtavasta roolista tulevaisuudessa. Se on nyt jo mahdollistanut metallijauheseoksista tulostamisen kuten titaani jauheesta, tämä vie hänen mukaansa koneenosien valmistuksen

uudelle tasolle (Nordström 2021.). Lämpökäsittelyprosessien on kehityttävä vastaamaan näiden materiaalien tasoa tarkoittaen, että 3D-tulostetut metalli osat vaativat lämpökäsittelyä samalla tavalla kuin koneistetut osat. Tulostamisen aikana kappaleeseen syntyy sisäisiä jännityksiä ja sen mikrorakennetta joudutaan muokkaamaan tarvittaessa. Yritykset, jotka siirtyvät tulevaisuudessa metallin 3D tulostamiseen joutuvat epäilemättä muuttaamaan heidän lähestymistapaa lämpökäsittelyyn (Delva 2020.).

Ympäristöhuolenaiheet ja -säädökset pakottavat kehittämään kestävämpiä ja energiatehokkaampia prosesseja. Massatuotannossa korkea kovuuksisille kappaleille hiiletyskarkaisu on yleisin lämpökäsittelymenetelmä, mutta nitraus ja typpihiiletys ovat mielenkiintoisia vaihtoehtoja kertoo Troell, Haglund ja Westlund (2017) julkisessa raportissaan. Troellin ym. (2017) mukaan nitrausprosessit mahdollistavat useilla tavoilla ympäristön kuormituksen vähentämisen, molemmissa tuotannossa ja tuotteen käyttöiän aikana. Nitraamisen avulla tarjotaan lisäetuja tuotantoon, koska kappaleen vääristymät ovat vähäisempiä ja prosessi kuluttaa vähemmän energiaa kuin hiiletyskarkaisu. Prosessin etuihin kuuluu kappaleen parempi suorituskyky hyvien pintaominaisuuksien ansiosta, parantunut väsymislujuus ja korroosionkestävyyden lisääntyminen (Troell ym. 2017.). Nitraus ja typpihiiletys ovat nyt jo yleistyneet, mutta tulevaisuuden kannalta voidaan vahvasti olettaa näiden prosessien vain yleistyvän.

Nitrexin julkaisemassa artikkelissa kerrotaan digitalisaation hyödyistä lämpökäsittelyssä. Yhä enemmän yrityksiä siirtyy digitalisoimaan toimintojaan ja siirtymä kohti neljättä teollista vallankumousta on väistämätöntä. (Nitrex 2022.). Epicor kertoo, että teollisuus 4.0 on hyvinkin paljon tekemisissä esineiden internetin (IoT) kanssa, jonka avulla voidaan kehittää järjestelmien yhdistettävyyttä. On siis odotettu neljännen teollisen vallankumouksen tarjoavan kattavamman toisiinsa linkitetyn ja kokonaisvaltaisen lähestymistavan valmistukseen. Se yhdistää fyysisen digitaaliseen ja sallii paremman yhteistyön eri sidosryhmien kanssa. (Epicor 2023.) Palaten kuitenkin Nitrexin artikkeliin, digitalisaation hyödyt lämpökäsittelyssä johtavat tuottavuuden nousuun, tiedon keskittämiseen, yhdistettävyyteen, hiilijalanjäljen pienentymiseen ja tietosuojahaasteiden vähentymiseen.

Koneoppimisen ja tekoälyn kaltaiset edistyneet teknologiat mahdollistavat lämpökäsittelyparametrien tarkemman ja tehokkaaman ohjauksen. Digitalisaation avulla voidaan myös minimoima hukka-aikaa ja maksimoida tuotantonopeutta Nitrexin mukaan (2022.). Yritykset etsivät tapoja optimoida tuotantoprosesseja ja vähentää kustannuksia integroimalla lämpökäsittely laajempaan valmistusprosessiin. Hyvä esimerkki tapauksesta alla olevassa kuvassa 4, jossa on AFC-Holcroftin valmistamaa teknologiaa. Kyseinen EZ Lynks integroi suuren kuorman käsittelyn lämpökäsittely prosessiin samalla eliminoiden ylimääräisiä liikkeitä kuten siltanostureita vaativia siirtoja. Laitoksessa on automaattinen nosto- ja siirtosukkula. (AFC Holcroft 2022.)



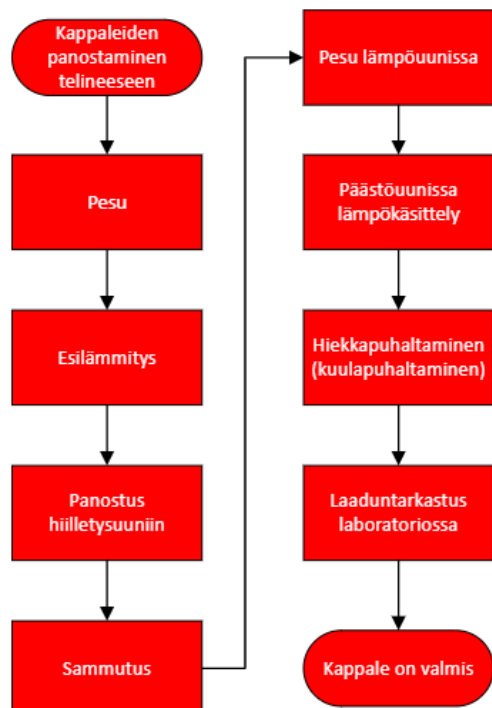
Kuva 4. EZ Lynks- lämpökäsittelylaitos (AFC Holcroft 2022.).

4 Konecranesin lämpökäsittelyprosessien esittely

Tässä luvussa avataan enemmän Konecranesin lämpökäsittelyprosesseja ja toimintatapoja. Ensiksi käydään läpi hiiletyskarkaisu ja tämän jälkeen jatketaan liekkikarkaisulla.

4.1 Hiiletyskarkaisuprosessi

Konecranesin hiiletyskarkaisuprosessin etenemisen näkee alla olevasta kuvasta 5. Itse hiiletyskarkaisuprosessi koostuu esilämmityksestä, liuotuksesta (hiiletys), sammutuksesta ja päästöstä. Uuneja varten yrityksellä on erikoistelineitä, joihin kappaleet asetetaan. Teline, joka on ladattu kappaleilla, on nimeltään panos ja panoksen uuniin laittamista kutsutaan panostukseksi. Kappaleet panostetaan telineeseen hiiletysyvyvyyden ja kappaleen koon mukaan. Hiiletysuunin lämpötila on 880 - 980 °C. Konecranesin karkaisimossa on neljä kuoppauunia ja suurimman uunin maksimikantavuus on 5000kg. Laaduntarkastus suoritetaan laboratoriossa, johon testikappale lähetetään.



Kuva 5. Konecranesin hiiletyskarkaisuprosessi.

Prosessin toimintaa ohjataan ohjelmalla nimeltä Protherm 9800. Se on modulaarinen tuotannonhallinnan sovellus, joka on tarkoitettu lämpökäsittelyn valvomiseen, hallintaan ja prosessien arkistointiin. Ohjelma on apuväline hiiletyskarkaisimon tuotannon optimoinnin ja tehokkuuden mahdollistamiseksi. Tämä ohjelma sisältää tiedot panoksista, panosten prosessivaiheen, sekä tietoa uuneista. Karkaisimon ja laboratorion työntekijät tekevät yhteistyötä ja merkkäavat ohjelmaan panoksista oleelliset tiedot.

Hiiletyskarkaisun uuniratkaisuihin on monenlaisia eri vaihtoehtoja esimerkiksi kammiouuni, kiertoilmauuni tai kuoppauuni. Konecranesin karkaisimossa käytetään kuoppauuneja. Panostus uuneihin tapahtuu uunin päällä olevan luukun kautta lattiatasolta, koska uunit ovat upotettu lattiatason alapuolelle tai kellasitason. Panostus ja panoksen poistaminen uuneihin suoritetaan katonosturin avulla. Panoksen poistamisen jälkeen seuraa panoksen sammutus sammutusaltaassa. (Kuva 6.)

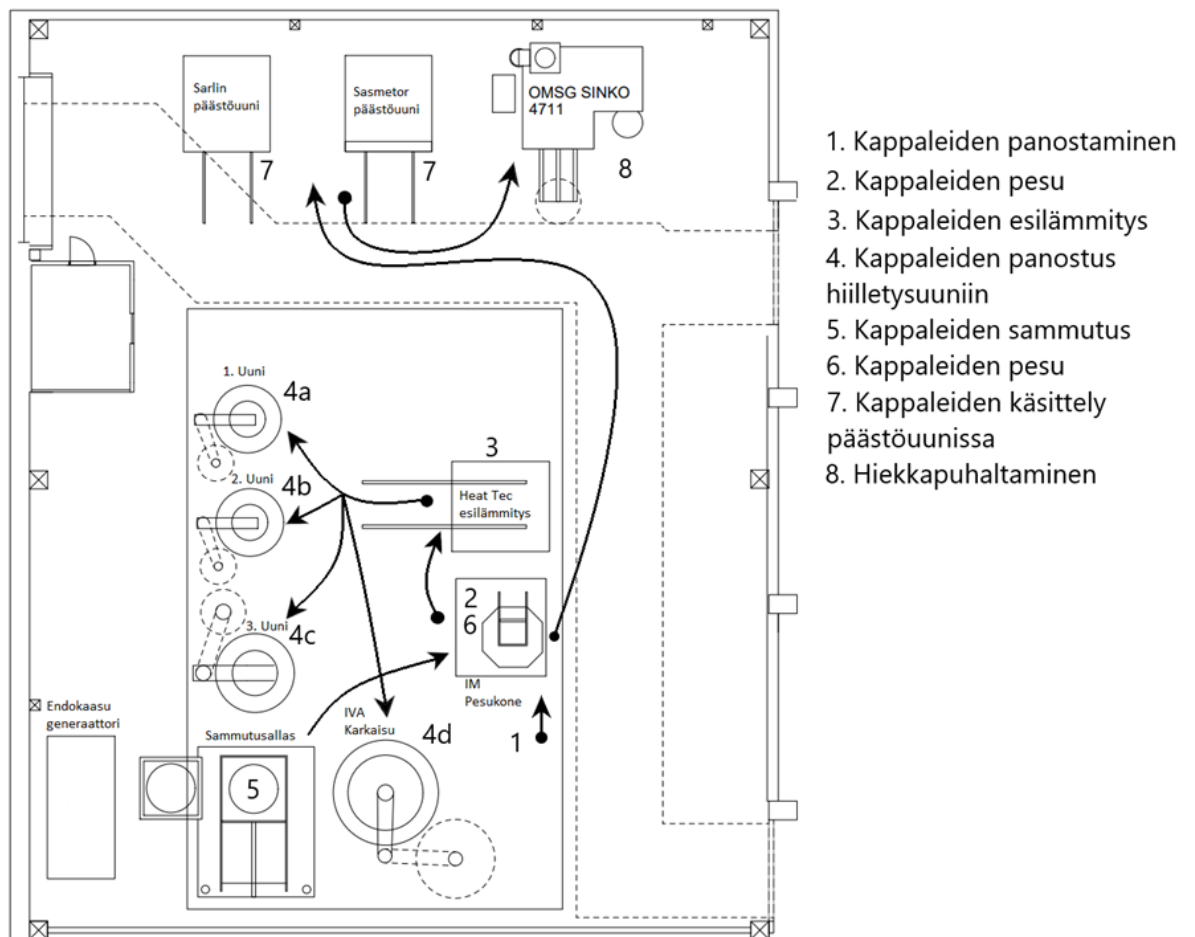


Kuva 6. Hiiletetyn kappaleen siirto sammutusaltaaseen.

Kyseisellä uunityypillä voidaan käsitellä hyvin pitkiä ja raskaita kappaleita ilmatäi suojakaasuatmosfäärissä. Empiiristen tutkimusten pohjalta on pystytty

toteamaan, että tämä karkaisutapa ja layout ovat tällä hetkellä kannattavin toimintatapa kappaleiden, karkaisuajan ja tuottavuuden kannalta. Akselit, joita Konecranesilla valmistetaan, pysyvät suurempina käsittelyaikana kuoppauunien ansiosta.

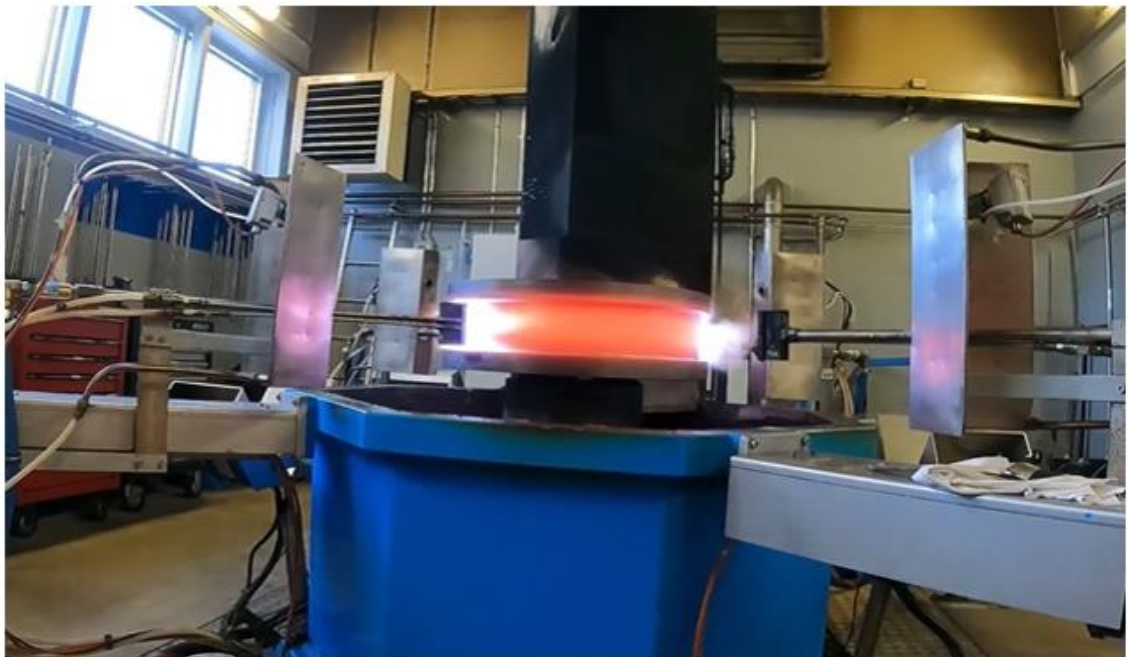
Hiiletyskarkaisuprosessin kaasutusmenetelmä on endoterminen eli hiiletysuuniin syötetään endokaasua ja hiililähteenä toimivaa rikastavaa kaasua. Endokaasu tehdään kaasugeneraattorissa, jonka sijainti näkyy kuvassa 6. Endokaasun koostumus on 45 % typpeä, 32 % vetyä, 23 % hiilimonoksidia, 0,5 % hiilidioksidia ja 0,1 metaania. Alla olevasta kuvasta 7 voidaan nähdä miten hiiletyskarkaisuprosessi etenee.



Kuva 7. Hiiletyskarkaisun prosessikartta.

4.2 Liekkikarkaisu prosessi

Konecranesilla liekkikarkaisulaitteen käyttämä nestekaasu tulee tehtaan nestekaasujärjestelmästä. Happi siirtyy höyrystimen kautta liekkikarkaisulaitteelle. Prosessi on hyvin saman tyylinen kuin hiiletyskarkaisussa, mutta ohjelman säädöissä on suurin ero. Laite on logiikkaohjattu ja toimii automaattisesti annettujen parametrien mukaisesti. Ohjauksessa on muisti johon pystytään tallentamaan kaikkien pyörätyyppien parametritiedot, jonka avulla parametrejä ei tarvitse muistaa ja syöttää joka kerta itse. Aluksi nostetaan pyörä koneeseen ja kiristetään pakka. Liekkikarkaisussa pitää valita prosessiin oikeanlaiset polttimet ja asennetaan ne koneeseen, sekä varmistetaan vesikierron toimivuus. Työkierto hoitaa liekkien sytytyksen, kaasujen säädön, liekinvalvonnan, polttimien oikean sijainnin, kuumennuksen sekä karkaisun ja pyörän ylösnoston karkaisunesteestä automaattisesti. Kuvassa on 8 kantopyörän kuumennusvaihe.

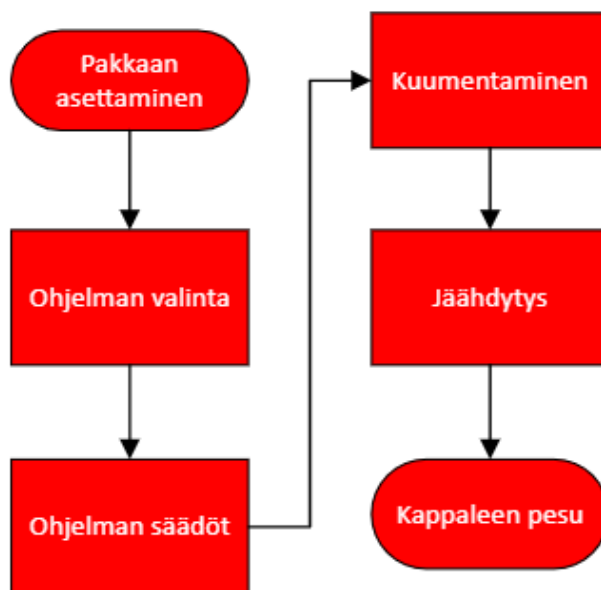


Kuva 8. Kantopyörän kuumennus.

Liekkikarkaisimon toiminnot keskittyvät ohjauspaneeliin, jolla voidaan hallita koko karkaisimon toimintaa. Ohjauspaneelin avulla tehdään reseptit, niiden muokkaus

ja tallentaminen. Reseptissä määritellään tulokohtaiset parametrit, joiden perusteella automaattiajon työkierto suoritetaan. Tällaisia ovat muun muassa pyörän lämmitys ja jäähdytysaika. Prosessissa voidaan myös säätää hapen määrää polttimilla 1 ja 3, sekä polttimilla 2 ja 4. Propanin säätö on yhteinen kaikille neljälle polttimelle. Resepti tallennetaan ja ladataan laitteistoon.

Automaattiajon aikana paneelista voidaan nähdä pyörän halkaisija, pöydän asema, karkaisunesteen lämpötila ja lämmitysaika. Asetuksilla määritellään myös koneen globaalit toimintoparametrit. Näihin kuuluu pyödän asetukset (pyöritysnopeus ja upotussyvyys). Liekkiasetuksella pystytään hallitsemaan sytytyshapen määrää, sytytyskaasun määrää, lämmitysetäisyyttä ja polttimen etäisyyttä pyörän pinnassa, jossa hissi voidaan laskea alas. Ohjauspaneeli myös ilmoittaa lukuisista häiriöistä, jos polttimet eivät käynnisty. Kuvasta 9 voidaan nähdä liekkikarkaisun toimintavaiheet.



Kuva 9. Konecranesin liekkikarkaisu prosessi.

5 Karkaisimojen turvallisuus

Työturvallisuus on tärkeä kulmakivi työtapaturmien välttämisen kannalta. Työympäristön suunnittelu ja rakentaminen on suoritettava huolellisesti ja tämän avulla voidaan turvata työntekijän, kuin myös yrityksen turvallisuus. Karkaisimoissa turvallisuuteen vaikuttaa erityisesti laitoisten käyttämät kaasut.

5.1 Kaasuturvallisuus

Lämpökäsittelyssä ja ylipäättänsä kaasun kanssa työskentelyyn liittyy vaaroja. Vaarallisilla kaasuilla on kolme tyyppiä ja ne ovat helposti syttyvä, myrkyllinen ja tukehduttava. Helposti syttyviin kaasuihin kuuluu esimerkiksi tässä työssä oleellinen propaani. Laitoksissa käytettäviä kaasuja on erilaisia ja laitteissa muodostetaan suuria määriä häkääkaasua, joka kuuluu myrkyllisiin kaasuihin. Tukehduttavalla kaasulla tarkoitetaan tilannetta, jossa toinen kaasu on syrjäyttänyt tilassa olevan hapen ja happipuutteisen ilman hengittäminen voi johtaa tukehtumiseen. (Fitzpatrick 2023.)

Standardin EN746 mukaan on määritelty lämpökäsittelylaitteiden turvallisuusvaatimukset ja kaasunjakojärjestelmiin sovelletaan ATEX-direktiivejä. Nestemäisinä toimitettujen kaasujen varastoinnissa ja käytössä pitää huomioida kylmyys. Tämä on kaasujen käsittelyssä merkittävä riski mahdollisten paleltumavammojen takia, ja materiaalien haurastumisen takia. Säiliöt, verkostot ja käyttölaitteet täytyy rakentaa austeniittisesta ruostumattomasta teräksestä, jotta riittävä iskusitkeys voidaan varmistaa. Paineastioille ja kaasuverkostoille on omat lainsäädäntönsä, koska korkea paine asettaa vaatimukset laitteistoille. Nestemäinen tyyppi ja argon laajenevat höyrystyessään noin 700 kertaisesti, joten säiliöt, verkostot ja käyttölaitteet täytyy suojata hyvin paineen nousuilta. (Kivivuori 2016, 148.)

Työturvallisuuslain 23.8.2002/738 pykälän 38 § mukaan:

”Työntekijän altistuminen turvallisuudelle tai terveydelle haittaa tai vaaraa aiheuttaville kemiallisille tekijöille on rajoitettava niin vähäiseksi, ettei näistä

tekijöistä aiheudu haittaa tai vaaraa työntekijän turvallisuudelle tai terveydelle taikka lisääntymisterveydelle. Erityisesti on huolehdittava myrkytyksen, hapen puutteen tai muun vastaavan vakavan vaaran ehkäisemiseksi tarpeellisista suojelutoimenpiteistä.”

Työnantajan tehtäviin kuuluu kiinteistön ilmanvaihdon huolto ja toimivuuden varmistaminen, sekä sisäilman terveellisyyteen vaikuttavien tekijöiden poistaminen (Työsuojelu.fi 2021.). Konecranesilla työntekijöiden turvallisuus otetaan huolella huomioon ja yritys noudattaa tarkasti turvallisuuteen liittyviä käytäntöjä. Seuraavissa kappaleissa kerrotaan Konecranesin ratkaisuista, joiden avulla karkoisimoissa säilyy turvallisuus.

5.2 Hiiletyskarkaisimon turvallisuus

Konecranesin räjähdysriskiselvityksessä on huomioitu ATEX-laitedirektiivi 94/WFY, joka on tullut täysimääräisesti voimaan 1.7.2003 ja ATEX-työolosuhdedirektiivi 1999/92/YE, joka puolestaan tuli täysimääräisesti voimaan 30.06.2006 valtioneuvoston asetuksella 576/2003.

Karkaisimossa propaani tai siitä valmistettava endokaasu voivat aiheuttaa räjähdysalttiin kaasuseoksen. Endokaasuntuotosta ja hiiletysprosessista syntyvä ylijäämäkaasu hävitetään polttamalla. Polttoprosessi on turvallinen, koska se on suojattu varojärjestelmällä, joka pysäyttää kaasun vuotamisen rakennuksen sisätiloihin häiriötilanteessa. Varojärjestelmä pysäyttää endokaasun tuoton ja sulkee varoventtiilit, joten räjähdynkelpoisen ilmaseoksen syntyminen muuttuu erittäin epätodennäköiseksi. Karkaisimolle on mitoitettu räjähdysrajat, jotka määrittyvät pitoisuusvälin eli kaasu-ilmaseoksen ala- ja ylärajan mukaan jolloin kaasu-ilmaseos ei voi enään syttyä.

Räjähdysalttiista kaasuista propaani on ainoa ilmaa raskaampi kaasu, jonka takia mahdollisen propaanivuodon yhteydessä karkaisimoissa on kaivanto ja riittävä ilmanvaihto poistoilmavirrälle. Varotilanteen tapahtuessa kaasu kerääntyy kaivantoon, koska se on ilmaa raskaampaa. Muut ilmaa kevyemmät kaasut poistetaan tilasta huippuimurien avulla. Minimipoistovirtaa varten eri kaasuille on

laskettu tarkat arvot. Hiekkapuhalluksessa syntyvä pöly imetään poistoilmapuhaltimella suodattimeen ja siitä jäteastiaan.

5.3 Liekkikarkaisimon turvallisuus

Liekkikarkaisimoa varten on laadittu huoltosuunnitelma, jota noudatetaan siihen määriteltyjen päivämäärien mukaan. Erilaisia huoltotoimenpiteitä on päivittäin, viikottain, kuukausittain, vuosittain, kahden vuoden välein ja neljän vuoden välein. Liekkikarkaisukoneen pitää myös täyttää konedirektiivin (2006/42/EY) ja sen voimaansaattavien kansallisten säädösten vaatimukset. Turvallisuuden maksimoimiseksi on noudatettava myös standardia ISO 4414¹ (Pneumaattinen voima – Suositukset voimansiirto- ja ohjausjärjestelmäsovelluksia varten), JIS B 8370² (Pneumaattisten järjestelmien aksiooma, Japani) ja muita turvallisuusstandardeja (EN ISO 13849-1³: Koneturvallisuus – Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat).

Mikäli prosessin aikana tapahtuu häiriötilanne, liekki sammuu itsestään tai ei syty ollenkaan. Ohjelma lopettaa toiminnan ja kaasuventtiilit sulkeutuvat. Sähköhäiriötilanteissa järjestelmä toimii sulkemalla jousikuormitteiset kaasuventtiilit. Esim. sähkökatkon sattuessa. Karkaisimossa on kaasuhälytysjärjestelmä, joka valvoo molempien kaasujen pitoisuuksia ilmassa. Propanianturi alkaa hälyttämään propanipitoisuuden ollessa x määrän räjähdyskonsentraatorajasta. Happianturi hälyttää, jos happi on enemmän kuin x tai vähemmän kuin x. Kaasuhälytyksen syntyessä kaasuvalvontajärjestelmä sulkee kaasuventtiilit ja polttimen liekkivahdit pysäyttävät koneen, sekä sulkevat sen kaasuventtiilit.

6 Mittaustulosten edut ja mahdollisuudet

Luvussa käydään läpi mitä ylipäättänsä yritykset hyötyvät mittaamisesta, sekä Konecranesin kaasun- ja sähkömittaamisen mahdollisuuksista.

6.1 Mittaamisen hyötyjä

Yleensä ottaen miksi asioita mitataan, riippuu pitkälti yritysten tarpeista tarkoittaen, että mitä he haluavat seurata prosesseissaan. Mittaaminen liittyy aina kustannuksiin, koska ilman rahaa ei tapahdu tuotantoa ja tuotannon tulisi olla kustannustehokasta. Mittaamalla asioita autetaan ymmärtämään prosesseja, joita ovat esimerkiksi:

1. Tehokkuus – käyttöaste ja mitä tuotannon poikkeamia prosesseissa tapahtuu. Anturitekniikoita tähän on useita kuten virranmittaus, värinä, kontaktori, lämpötila.
2. Laatu – mitä laatuun vaikuttavia asioita tuotteessa tai ympäristössä tapahtuu, kuinka paljon tuotetaan kelvottomia tuotteita.
3. Turvallisuus – millä aluilla on tapahtunut onnettomuuksia, minkälaisia onnettomuuksia ja lisäksi esim. ensiapulaitteiden vanhenemispäivät. Työtapaturmat ovat kalliita työnantajalle ja yhteiskunnalle.
4. Hälytykset – mikäli jonkin suureen raja-arvot eivät ole toleranssissa, jotta prosessia voidaan korjata hukkien välttämiseksi tarvitaan ilmoitus käyttäjälle.
5. Dokumentointi – ohjeiden ja kommenttien lisääminen ohjelmaan nopeuttaa tiedon hakemista huolloissa tai ongelmissa.
6. Huollot – suunnitellut ja suunnittelemattomat huollot auttavat pitämään prosesseja yllä tasaisesti.
7. Big data (massadata) – keräämällä ja taltioimalla dataa historiatieto prosesseista säilyy, jolloin voidaan tarkastella tuloksia mitä on tapahtunut. Tekoälyn käytön lisääntyessä dataa voidaan myöhemmin antaa tekoälyn tulkittavaksi ja sitä voidaan hyödyntää esimerkiksi prosessien ohjauksissa.

8. 3D-mallinnus – tekee ohjelmasta visuaalisen, selkeän ja helppokäyttöisen auttaen työntekijöitä hahmottamaan ympäristönsä paremmin, kuten turvalaitteiden, kokoontumispaikkojen ja koneiden sijainnit.
(Siren 2023.)

6.2 Kaasun ja sähkön mittaaminen

Uuden kaasunvalvontajärjestelmän avulla pystyttäisiin laskemaan kuinka paljon kaasua käytetään missäkin kohteessa. Tällä hetkellä ei tiedetä missä kohteessa käytetään minkäkin verran kaasua. Mittaus ei myöskään ole reaaliaikaista. Tämän takia ei tiedetä tarkkaan, kuinka paljon kaasua menee minnekin. Mittaaminen auttaisi kustannusten laskennassa, kaasujen oikeanaikaisissa tilauksissa, sekä mahdollisten vuotojen seurannassa.

Energiankulutuksen mittaaminen tietyssä laitteessa tai uunissa auttaisi mahdollisesti tunnistamaan paikkoja, joissa energiatehokkuutta voisi parantaa. Tietyn uunin energiankulutus voitaisiin erottaa kokonaiskulutuksesta ja sen avulla voitaisiin tunnistaa keinoja sen kulutuksen vähentämiseksi vaikuttamatta karkaisimon kokonaiskulutukseen. Nyt kulutus on keskimäärin aina kohtalaisen samanlaista, koska koko laitoksen kulutus on yhden mittauksen takana. Kuitenkin materiaalin määrä uuneissa vaihtelee eri päivinä ja viikkoina. Tarkempi ymmärrys voisi auttaa tekemään oikeita päätöksiä esim. tuotannosuunnittelussa tai tehtaan johdossa.

Hyvä esimerkki tästä olisi, kun karkaisimoon on kytketty useita eri uuneja, ja yksi niistä kuluttaa huomattavasti enemmän energiaa kuin muut. Erottamalla sen kulutus kokonaiskulutuksesta voitaisiin löytää keinoja sen kulutuksen vähentämiseksi ilman, että karkaisimon kokonaiskulutus kärsii. Tällainen prosessi voisi olla esim. uunin eristäminen paremmin tai sen käyttäminen vain silloin kun on tarpeen. Tämän avulla voitaisiin vähentää energiankulutusta ja kustannuksia samalla, kun karkaisimon tuottavuus pysyy ennallaan.

7 Ongelmien kartoittaminen ja ratkaisu

Tässä luvussa käydään läpi kartoittamisen yhteydessä esille tulleita ongelmia, sekä käydään läpi toteutettuja tai mahdollisia ratkaisuja.

7.1 Kartoittamisen aloittaminen

Karkaisimojen kartoittaminen aloitettiin tekemällä Google Forms -kysely karkaisimojen työntekijöille ja haastatamalla heitä paikan päällä. Lyhyessä kyselyssä kysyttiin kolmea asiaa, jotka olivat:

1. Koetko yleisesti työntekijän näkökulmasta, että olisi joitain tarpeita karkaisuprosessissa laitosten toimintaa kohtaan?
2. Onko mielestäsi ilmennyt turvallisuusseikkoja, joita pitäisi tutkia tarkemmin? Jos kyllä niin mitä?
3. Yleisiä kehitysehdotuksia?

Kyselyssä ja haastatteluissa nousi esille hyvin ongelmia, joihin olisi mahdollista löytää ratkaisu. Seuraavissa kappaleissa on esille tulleita ongelmia sekä niihin mietittyjä ratkaisuja.

7.2 Protherm Production logs

Karkaisimossa käytetään ohjaukseen Protherm 9800 -ohjelmaa, johon liittyen löytyi myös kehitysideoita liittyen tiedonhakuun. Ohjelman sisällä on Production Logs -näkyvä, josta voidaan nähdä panosten tilanne: muun muassa onko panos valmis, uunissa tai odottomassa uuniin pääsyä. Ohjelmasta näkee myös kuinka kauan panos on suunnilleen vielä uunissa ja muutenkin yleishyödyllistä tietoa kappaleista. Työnjohtajilla, sekä työnsuunnittelijoilla ei ole näkymää tästä välilehdestä omalla tietokoneellaan. Tähän liittyen nousi kehitysidea, koska työnjohdolla ja työnsuunnittelijoilla on usein tarve tietää panosten tila, joka edellyttää karkaisimoon menemistä ja ylimääräistä kyselyä.

Ongelma olisi kuitenkin korjattavissa yksinkertaisesti lataamalla lisenssi heidän tietokoneelle, jolloin tiedon etsiminen olisi muutaman hiiren painalluksen päässä. Tämä helpottaisi tiedon kulkua, sekä informaation saatavuutta, koska selvästi tälle on tarvetta. Ongelmaa voisi lähteä ratkomaan ohjelman kehittäjän kautta, koska he ovat tuottaneet lisenssit yritykselle. Lisäksi täytyy selvittää kuinka monelle työntekijälle lisenssi olisi tarpeellinen, ja tämän jälkeen verrata lisenssin hintaa todelliseen hyötyyn.

Projektin purkaminen aloitettiin selvittämällä henkilöt, jotka hyötyisivät eniten ohjelmasta. Selvityksessä tuli ilmi, että kaksi henkilöä olivat selvästi sellaisia, jotka tekevät saadulla datalla eniten ja kolme muuta henkilöä voisivat hyötyä ohjelmasta jollain tasolla. Tärkeimmät henkilöt olivat yksi henkilö työnjohdosta ja yksi työnsuunnittelusta, koska he ovat eniten tekemisissä karkaisimon kanssa. Samalla suoritettiin tiedustelu heiltä, että mitä ajatuksia Production Logs -näkymän heidän tietokoneelle herättää ja idea sai kannatusta molemmilta. Työnjohdosta tuli vielä ilmi, että tämä voisi ratkaista ongelman, joka liittyy välillä tiedottomuuteen panosten tilasta. Esimerkkutilanne, joka on tapahtunut, että työnjohto kuvittelee panoksen olevan tällä hetkellä uunissa, mutta heidän käydessä karkaisimossa he tajuavat panoksen olevan vielä lattialla.

Oleellisten henkilöiden keräämisen jälkeen tehtiin tiedustelu ottamalla yhteyttä ohjelman kehittäjiin ja selvittämällä onko mahdollista hyödyntää olemassa olevia lisenssejä, koska niitä on yrityksellä tällä hetkellä 2 (1 karkaisimossa ja 1 laboratoriossa). Olemassa olevan lisenssin hyödyntäminen olisi säästänyt projektin kustannuksessa. Kehittäjiltä saadusta vastauksesta saatiin selville, että lisenssiä pystyy käyttämään useampi ihminen, kuitenkin vain yksi ihminen kerrallaan. Tämän johdosta pystyttiin sulkemaan pois olemassa olevan lisenssin hyödyntämisvaihtoehto, koska karkaisimossa ja laboratoriossa hyödynnetään ohjelmaa jatkuvasti, mikä olisi varmasti tuottanut ongelmia. Myös selville saadun hinnan perusteella pystyttiin rajaamaan, että tässä tilanteessa lisenssin saisivat edellä mainitut kaksi lisenssistä eniten hyötyvät henkilöt. Samassa yhteydessä selvitettiin, että kuinka jatkuva tarve henkilöillä on lisenssille, jos olisi mahdollista ostaa vain yksi ja he voisivat jakaa sen. Tämä kävi henkilöille todella hyvin, koska käyttötarve vaikutti juuri sopivalta lisenssin jakamiselle.

7.3 Kaasuhälytysjärjestelmän päivittäminen

Tärkeä turvallisuushuomio liittyi tehtaan karkaisimojen kaasuhälytysjärjestelmään. Hiiletyskarkaisimo on toiminnassa myös öisin, joten sitä joudutaan päivystämään. Päivystämisen hoitaa iltavuorossa oleva henkilö puhelimitse ja portilla oleva henkilö. Portilla tarkoitetaan tässä tapauksessa vartijaa, joka valvoo tehdasalueen turvallisuutta. Hälytyksen ilmaantuessa molemmat päivystävät henkilöt saavat ilmoituksen puhelimeensa hälytyksestä. Ongelma on kuitenkin siinä, että hälytysviesti ei anna mitään informaatiota ongelmasta. Jos olisi mahdollista saada enemmän tietoa hälytyksestä, niin portti ja päivystävä työntekijä tietäisivät ongelman vakavuuden heti. Ratkaisu voisi mahdollisesti löytyä hälytysjärjestelmän päivittämisestä, koska nykyinen on todella vanha ja uudesta on käyty keskustelua. Jos järjestelmää ryhdytään päivittämään niin Konecranesin pitää varmistua, että se täyttää kaikki vaatimukset. Investointi ei ole halpa yritykselle ja halutaan välttyä ongelmalta, että jos kaasuhälytysjärjestelmä päivitetäisiin niin asennuksen jälkeen ei tulisi huomautuksia puutteista. Kaiken kaikkiaan kaasuhälytysjärjestelmä tarjoaisi useita etuja. Uusi järjestelmä olisi todennäköisesti tarkempi ja luotettavampi, joka auttaa vaaratilanteiden ennaltaehkäisemisessä. Järjestelmän päivittäminen toisi mukanaan myös paljon yksinkertaisemman ja informatiivisemmän käytön.

Yritys oli saanut tarjouksen uudesta järjestelmästä viime vuonna, mutta asian kanssa ei oltu edetty. Tämän opinnäytetyön yhteydessä laitettiin projekti takaisin aluilleen, koska turvallisuusaspekti oli myös läsnä työssä. Projekti aloitettiin pitämällä kokous laitetoimittajan kanssa, jossa kerrattiin viime vuoden tarjous ja tutkittiin onko sensoreitten kuvitetut lokaatiot muuttuneet tai onko tarpeita lisääntynyt tai poistunut. Kokouksen aikana tultiin lopputulokseen, jossa koettiin hyödylliseksi ensiksi pitää kokous Konecranesin asianomaisten turvallisuushenkilöiden kanssa. Kokouksen avulla voitaisiin minimoida jälkiasennusten tarpeet ja saataisiin luotua paketti, joka tyydyttää kaikki osapuolet. Suurena kysymyksenä myös on taloautomaation osuus projektissa, koska automaatioaspekti on hyvin mielenkiintoinen. Kaasuhälytysjärjestelmän liittäminen taloautomaation toisi mahdollisuuden potentiaalisesti ohjata LVIS-

laitteita automaattisesti tilanteen mukaan niin, että hälytystilanteessa riskit minimoidaan automaattisesti.

Asianomaisten kanssa pidetyssä kokouksessa heräsi mielenkiintoisia näkökulmia järjestelmään liittyen. Taloautomaation rooli on todella iso projektissa ja lopputuloksessa päätettiin jakaa projekti kahteen vaiheeseen. Ensimmäisen vaiheen aikana asennetaan kaasuhälytysjärjestelmä ja päätavoitteena on saada järjestelmä käyttöön. Uuden järjestelmän käytön yhteydessä portin rooli turvallisuuden varmistamisessa kasvaa syystä, että nykyisellä asetelmalla portin henkilö on ensimmäisenä paikan päällä ja hänen on helpompi toimia tilanteen vaatiessa. Uudet ilmoitukset ovat enemmän informatiivisia, joten henkilön, joka päivystää portilla, täytyy tietää mitä hänen on tehtävä hälytyksen yhteydessä. Vakavemman tilanteen sattuessa täytyy myös portilla olla valmius soittaa hätänumeroon ja kutsua pelastuslaitos paikalle. Uuden järjestelmän avulla voidaan vastaan ottaa sähköposti ja GSM-viestinä hälytysilmoitus. Turvatoimia miettiessä laitetarjoaja tarjosi mahdollisuutta robottipuhelimeen, joka soittaa portille uudesta hälytyksestä. Tähän ratkaisuun päädyttiin, koska akuutin vaaratilanteen syntyessä portilla päivystävältä henkilöltä saattaa mennä ohi tekstiviesti tai sähköpostiviesti. Uusi järjestelmä tarjoaa myös uuden etävalvontamahdollisuuden, jonka avulla järjestelmää voidaan valvoa esim. tabletin tai puhelimen kautta. Kuvassa 10 on esimerkki kuva miltä järjestelmä näyttää etävalvonnan kautta. Samanlainen näyttö löytyy myös pääkeskuksesta, jota pystyy hallitsemaan kosketusnäytön kautta.



Kuva 10. Etävalvonta näkymä.

Toisen vaiheen suorittamisen aloittamisesta ei ole tietoa ja sen asentamista ei ehditä tässä työssä kattamaan. Alustava suunnitelma taloautomaatioon liittymisestä kuitenkin on tämän työn yhteydessä valmistunut. Asianomaisten kanssa pidetyssä kokouksessa keskusteltiin taloautomaation roolista järjestelmässä ja yhtenä lisäyksenä, jota aikaisemmin ei oltu mietitty oli kolmen LEL-pitoisuusrajan (Lower Explosive Limit) lisääminen. Ensimmäinen raja olisi tietyn määrän LEL-pitoisuudesta, toinen raja puolet enemmän ja kolmas raja olisi niin kutsuttu ”katastrofiraja”, joka käynnistää taloautomaation toimintoja. Automaattisia turvatoimia voisivat olla esimerkiksi automaattinen järjestelmän sulkeminen, ilmanvaihdon tehostamisoimet, palo-ovien sulkeutuminen ja automaattihälytys katastrofitasolla pelastuslaitokselle. Automaattisten turvatoimien avulla prosessi pystyy ajamaan itsensä alas riskien ollessa liian suuret. Taloautomaatio järjestelmän liittäminen kaasuhalvitysjärjestelmään vaatii yhteensopivan liitosrajapinnan. Järjestelmä kuitenkin tukee kaikkia liitännäistyyppisiä muun muassa Profinet, Profibus tai MODBUS, joten siltä ongelmalta pystyttiin välttymään.

7.4 Lämpötilaongelma

Ongelma, joka nousi myös esille liittyy ilmanvaihtoon. Kesäaikaan karkaisimossa on todella kuuma ja prosessin sammutuksen aikana leviävä savu jää leijumaan halliin. Ilmanvaihto-ongelmaan ei kuitenkaan etsitä suurempaa ratkaisua, koska tehtaalla suoritetaan projekti vuoden 2023 aikana, jonka yhteydessä on tarkoitus on parantaa ilmanvaihtoa. Lämpöongelma on todella hankala ratkaista, koska työolosuhteet ovat niin poikkeukselliset. Tällä hetkellä on mahdollista etsiä vain helpostusta työntekijöiden olosuhteisiin enemmänkin käytännöllisen ratkaisun kannalta.

Projektin ratkaisu oli hyvin yksinkertainen. Lämpöongelmia tutkiessa suojaintukku.fi-sivustolta löytyi tuote nimeltä viilennysliivi. Tuote oli hyvin uusi tuttavuus kaikille, mutta lopulta tehtiin päätös ettei kokeilu olisi haitaksi. Yksi työntekijöistä osoitti eniten mielenkiintoa kokeilua kohtaan, joten päätös oli tilata ensin yksi kappale ja sen jälkeen saada palautetta työntekijältä. Jos tuote koetaan toimivaksi, ja loput karkaisimon työntekijät haluavat kokeilla, niin he saavat päättää haluavatko he omansa. Valitettavasti tuotteen toimivuutta voidaan arvioida parhaiten vasta kesän lämpimien kelien saapuessa, joten tämän työn aikana todellista hyötyä ei pystytä tulkitsemaan.

7.5 Karkaisimon ja Smart Factoryn yhdistäminen

Yhtenä projektina lähdettiin tutkimaan Smart Factoryn hyödyntämistä karkaisimossa. Smart Factory on Process Genius -yrityksen tuottama ohjelma, jota voidaan käyttää muun muassa tuotantoprosessien optimointiin, reaaliaikaiseen seurantaan ja ennakoivaan huoltoon. Ohjelmalla voidaan esimerkiksi seurata sähkön ja kaasun kulutusta, joka on suuri syy minkä takia asiaa tutkimaan tämän opinnäytetyön näkökulmasta. Smart Factorya hyödynnetään jo vaihdehallissa muissa työstökoneissa, mutta karkaisimoa ei ole liitetty tähän. Projektin ideana oli tutkia minkälaista tietoa karkaisimosta olisi mahdollista saada ohjelmaan, keskittyen eniten kuoppauuneihin.

Aluksi ongelmaksi nousi pintaan uunien suuri teho, joka voisi tuottaa ongelmia mittaamiseen. Process Geniuksen asiantuntija kuitenkin korjasi ettei uunien tehot ole ongelma, koska heiltä löytyy virtamuuntimia ainakin 500A ja he ovat ennenkin mitanneet asiakkailta uunien virrankulutuksia. Jos uuneista haluttaisiin mitata laadullista toimintoa, niin olisi järkevämpää tässä tapauksessa mitata lämpötilaa energian sijaan. Toimintaperiaate perustuu siihen, että ohjelma antaa hälytyksiä mikäli arvot eivät vastaa toleransseja. Lopputuloksessa kuitenkin päädyttiin ratkaisuun, että yrityksen ei tarvitse seurata kappaleita laadullisesti. Tehtaan muut toiminnot prosessissa kattavat tämän osa-alueen. Tekniikka, jolla mitataan uuneja riippuu aina kohteesta ja Process Genius tutkii myös olemassa olevia järjestelmiä, joita pystyisi hyödyntämään datan keräämisessä. Tämä ei ole kuitenkaan kustannustehokkaiden malli, joten siksi lisäantureiden asentaminen tulee todella usein kyseeseen.

Miettiessä kustannustehokasta ratkaisua karkaisimon datan saamisesta, heräsi idea Protherm 9800 - tuotannonohjausohjelman ja Smart Factoryn yhdistämisestä. Ajatuksena oli tutkia mahdollisuutta saada Protherm ja Smart Factory kommunikoimaan keskenään, koska Protherm ohjelmasta olisi mahdollista saada hyödyllistä tietoa irti. Smart Factory hyödyntää MQTT-protokollaa, joten ensimmäiseksi täytyi selvittää olisiko Protherm ohjelmasta mahdollista saada dataa eteenpäin protokollan mukaisesti. MQTT on viestintäprotokolla, joka on suunniteltu erittäin kevyeksi julkaisu/tilaus viestintäkuljetukseksi. Tämä on todella hyödyllinen protokolla etälaitteiden yhdistämiseen pienellä koodijalanjäljellä, joka vaatii vain minimaalisen verkon kaistaleveyden. MQTT:tä hyödynnetään tänä päivänä monilla eri aloilla joista yksi on teollisuusala. (MQTT 2022.)

Pitkän tutkimisen ja selvittelyn jälkeen kuitenkin selvisi, että Protherm 9800 - ohjelma ei pysty lähettämään tarvittavan protokollan mukaisesti dataa. Projektia ei pystytty jatkamaan enää tämän jälkeen, mutta energiankulutusaspektia tutkittiin sähkönkulutuskappaleessa.

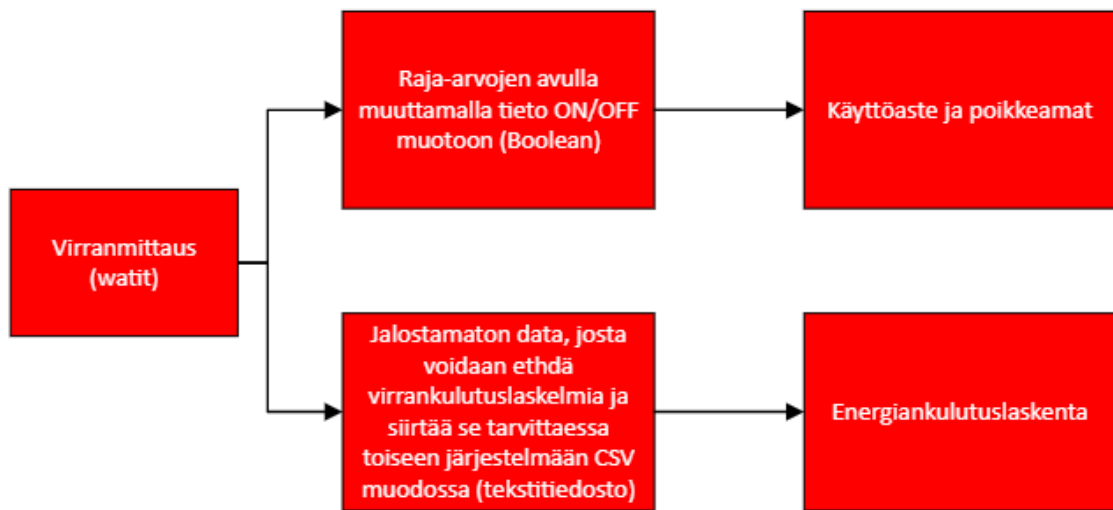
7.6 Kaasun- ja sähkökulutuksen seuraaminen

Kaasunkulutuksen seuraamisen kannalta aikasemmin mainittiin, että uuden järjestelmän avulla pystyttäisiin laskemaan kaasunkulutus tietyissä kohteissa. Tällä hetkellä yrityksellä ei ole tietoa kuinka paljon hiiletyskarkaisimo ja liekkikarkaisimo kuluttavat kaasua erikseen. Projektin ratkaisu ei ole monimutkainen, vaan se vain vaatii propaanin massavirtausmittareita ja ne pitää asettaa oikeisiin kohtiin putkistoa. Ainoa ongelma tässäkin projektissa on hinta, koska kaasumittarit eivät ole halpoja. Tämän johdosta on myös pohdittu mahdollisuutta asentaa vain yksi mittari (kuva 11.), esimerkiksi vain hiiletyskarkaisimoon. Kaasun toimittajalta saadaan kaasun kokonaiskulutus, joten loogisesti tästä pystytään laskemaan liekkikarkaisimon kulutus vähentämällä määrä hiiletyskarkaisimon kulutuksesta.



Kuva 11. Esimerkki massavirtausmittarista.

Ratkaisun etsiminen virrankulutukseen oli ongelmallista, koska kustannustehokkaan vaihtoehdon löytäminen oli hankalaa. Työn aikana ei löydetty edullista ratkaisua, mutta yksi idea nousi esille. Yritys, jonka kanssa Konecranes on tehnyt yhteistyötä virrankulutuksen laskemisen kanssa hyödyntää kyseistä topologiaa (kuva 12.). Kyseinen yritys käyttää antureiden dataa jalostaen siitä käyttöastelaskennan ja tämän lisäksi heidän asiakkaat esimerkiksi Konecranes pystyy laskemaan kulutuksia jalostamattomasta datasta.



Kuva 12. Virrankulutus topologia.

Sähkökulutuksen mittaaminen olisi mahdollista toteuttaa virtamuuntimien avulla. Yhteistyötä tekevältä yritykseltä saatiin tietoa, että heiltä saa muuntimia 500A asti ja he ovat ennenkin asentaneet uunien virrankulutusta varten virtamuuntimia. Uuneista on mahdollista mitata myös laadullista toimintoa, joka vaatii lämpötilan mittaamista energian sijaan. Käytyjen keskustelujen perusteella kuitenkin tultiin lopputulokseen, että Konecranes ei tarvitse laadullista mittausta, koska prosessin muut vaiheet kattavat sen. Lisäantureiden asentaminen tulisi prosessissa kyseeseen, koska olemassa olevien järjestelmien hyödyntäminen ei ollut mahdollista. Yrityksellä on siis valmius ryhtyä seuraamaan energiankulutusta, mutta tämän tutkinnan perusteella se tulisi kustantamaan huomattavan määrän rahaa. Tämän opinnäytetyön aikana ei ainakaan ryhdytä ostamaan lisäantureita ja virtamuuntia, mutta tulevaisuuden kannalta se on mahdollista.

8 Johtopäätökset

Työn tavoiteena oli löytää ratkaisuja, joiden avulla kaasun- ja sähkönkulutuksen seuraaminen olisi mahdollista. Muita tavoitteita oli parantaa karkaisimojen toimivuutta ja turvallisuutta, sekä löytää mahdollisia yleisiä kehitysideoita, joiden avulla voidaan kehittää karkaisimojen ongelmakohtia.

Tavoitteita lähdettiin tavoittelemaan ensiksi opiskelemalla monipuolisesti lämpökäsittelyn teoriaa, koska niin kuin työstä voidaan tulkita on monenlaisia erilaisia tapoja, joiden avulla lämpökäsittelyä voidaan suorittaa. Teorian läpi käyminen helpotti ymmärtämään mitä metallille tapahtuu lämpökäsittelyn aikana, sekä miksi näitä kyseisiä prosesseja suoritetaan näille kappaleille. Työn loppupuolella suoritettiin soveltava osio teorian jälkeen. Työ aloitettiin suorittamalla kysely karkaisimon työntekijöille, koska heillä on eniten tietoa karkaisimojen ongelma- ja kehityskohdista. Vastauksien saamisen jälkeen aloitettiin purkamaan saatuja kehityskohteita ja miettimään, miten olisi mahdollista kehittää ratkaisuja ongelmiin.

Suurimpaan osaan ongelmista löytyi mahdollinen ratkaisu ja osa ehdittiin jopa ottamaan työn alle tai kokonaan valmiiksi. Työn päätarkoituksena ei ollut saada projekteja valmiiksi vaan enemmänki ajatustasolla tuoda uusia ideoita yritykselle. Työn isoimpana tuloksena saatiin ehdottomasti parannettua yrityksen kaasuturvallisuutta. Tämän ohessa voidaan nähdä parannus karkaisimon informaation tiedonkulussa työnjohdolle ja suunnittelulle, sekä kaasunkulutuksen seurannassa kunhan projektit saatetaan loppuun. Ajatustasolla sähkönkulutuksen seuraaminen on mahdollista, mutta tällä hetkellä hinta-hyöty suhde ei ole sen arvoinen.

Suurin osa tavoitteista saatiin työssä toteutettua ja omat odotukseni täyttyivät suurimmaksi osaksi. Työ oli haastava ja se vaati paljon teorian tietämystä lämpökäsittelystä, sekä Konecranesin toimintatavoista. Osassa projekteja olisi jäänyt vielä hieman tarkastaluvараa, mutta omana tavoitteena oli auttaa Konecranesia työssä mainituilla osa-alueilla ja koen, että työstä on apua yritykselle.

Lähteet

Advanced Heat Treat Corp 2019. What's Happening to Metals During Heat Treatment?. Viitattu 30.3.2023.

https://www.ahtcorp.com/webres/File/WhitePaper1_Metallurgy_CS_02_04_16.pdf

AFC Holcroft 2022. SINGLE LAYER SYSTEM FOR LARGE LOADS (EZ LYNKS). Viitattu 23.3.2023.

<https://afc-holcroft.com/products/batch-furnaces/single-layer-system-for-large-loads-ez-lynks>

Bodycote 2022. Lämpökäsittely. Viitattu 17.2.2023.

<https://www.bodycote.com/fi/palvelut/lampokasittely/>

Delva 2020. Heat treatment of 3D printed metal components has a big impact. Viitattu 23.3.2023.

<https://delva.fi/en/heat-treatment-of-3d-printed-metal-components-has-a-big-impact/>

Epicor 2023. Mikä on Teollisuus 4.0 – Teollinen esineiden Internet (IIoT, Industrial Internet of Things)?. Viitattu 3.4.2023

<https://www.epicor.com/fi-fi/resources/articles/what-is-industry-4-0/>

Fitzpatrick, T. 2023. Effective Gas Safety Practices In The Workplace. Viitattu 30.3.2023

<https://www.rockallsafety.co.uk/effective-gas-safety-practices/>

Fortify 2023. 4 Reasons Why Composites Are Replacing Traditional Materials. Viitattu 6.3.2023.

<https://3dfortify.com/composites-replace-traditional-materials/>

Siren, J.2023. Sähköposti keskustelu. Viitattu 14.2.2023.

Kivivuori, S. & Härkönen, S. 2004. Lämpökäsittelyoppi. Helsinki: Teknologia teollisuus ry.

Kivivuori, S. 2016. Lämpökäsittelyoppi 2. Lämpökäsittelytietoa suunnittelijoille. Helsinki: Teknologiateollisuus ry.

Konecranes 2023a. Tietoa yhtiöstä. Viitattu 12.1.2023.

<https://www.konecranes.com/fi/tietoa>

Konecranes 2023b. Quality. Viitattu 30.3.2023.

<https://www.konecranes.com/about/sustainability/quality>

Konecranes 2022a. Liiketoimintasegmenttien kehitys. Viitattu 13.1.2023.

<https://investors.konecranes.com/fi/liiketoimintasegmenttien-kehitys>

Konecranes 2022b. Strategia. Viitattu 18.1.2023.

<https://investors.konecranes.com/fi/strategia>

Kotiranta, R. 2014. Yläkoulun eKemia 7–9: Vihreä kemia (OPS 2014) (kopio) Metallien ominaisuudet. Viitattu 30.3.2023.

<https://peda.net/p/RiikkaKotiranta/k7uo/kemia-79-v1/V/mo>

MQTT 2022. MQTT: The Standard for IoT Messaging. Viitattu 1.3.2023.

<https://mqtt.org/>

Nitrex 2022. Why Heat Treaters Should Go Digital?. Viitattu 3.4.2023

<https://www.nitrex.com/en/why-heat-treaters-should-go-digital/>

Nordström, L. 2021. Tulevaisuuden lämpökäsittelyä. Viitattu 10.3.2023.

<https://linde-stories.com/fi/tulevaisuuden-lampokasittelya/>

Sandia National Laboratories 2018. Most wear-resistant metal alloy in the world engineered at Sandia National Laboratories. Viitattu 6.3.2023.

https://newsreleases.sandia.gov/resistant_alloy/

Teknologia Teollisuus 2009. Lämpökäsittelyn ohjelehdet. Viitattu 20.1.2023.

https://www.sten.fi/document/1/37/119689f/muuram_4f09d35_lampokasittelyn_ohjelehdet.pdf

ThermoFusion 2023. The Key Benefits of Heat Treating Your Metals. Viitattu 10.2.2023

<https://thermo-fusion.com/key-benefits-of-heat-treating-metals/>

Troell, E., Haglund, S. & Westlund V. 2017. Surfaces with optimal friction and fatigue properties of nitrated/nitrocarburized components (SurfNit). Viitattu 10.3.2023.

https://www.vinnova.se/globalassets/mikrosajter/ffi/dokument/slutrapporter-ffi/hallbar-produktion-rapporter/sr2016-05600_surfnit_en.pdf

Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738.

Työsuojelu.fi 2021. Työympäristö. Viitattu 2.2.2023.

<https://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/tyoymparisto>

Velling, A. 2020. Iron-Carbon Phase Diagram Explained. Viitattu 10.02.2023.

<https://fractory.com/iron-carbon-phase-diagram/>

Åström, A. 2021. Kaasuhiiletys – ”pehmeiden” terästen kovettaminen, pintakarkaisu. Viitattu 20.1.2023.

<https://linde-stories.com/fi/kaasuhiiletys-pehmeiden-terasten-kovettaminen-pintakarkaisu/>