

**Ilkka Piispanen**

## **LASERPINNOITUSTUOTANNON KEHITTÄMINEN**

**Opinnäytetyö**

**KESKI-POHJANMAAN AMMATTIKORKEAKOULU**

**Tekniikan ylempi ammattikorkeakoulututkinto**

**Teknologiaosaamisen johtaminen – koulutusohjelma**

**Kesäkuu 2010**

## TIIVISTELMÄ

Yksikkö Kokkola	Aika kesäkuu. 2010	Tekijä/tekijät Ilkka Piispanen
Koulutusohjelma Teknologiaosaamisen johtaminen		
Työn nimi Laserpinnoitustuotannon kehittäminen		
Työn ohjaaja KTL Pekka Nokso-Koivisto		Sivumäärä 43 + 15
Työelämäohjaaja ins. Seppo Heiskanen		
<p>Laserpinnoitus ei ole tuttua monellekaan asiakkaalle, joten lähes aina on lähdettävä kehittämään uutta mahdollisuutta parempaan ja kestävämpään tulevaisuuteen asiakkaiden tuotteiden kautta.</p> <p>Tässä työssä haettiin kehittämismahdollisuuksia tuotannon ja koko yrityksen tarpeisiin. Teorian alkuosassa perehdyttiin laserpinnoituksen työstömenetelmiin ja siihen liittyviin sovelluksiin. Yrityksen tuotannon kehittämiseen liittyy myös uudet tuotantotilat sekä laserpinnoituslaitteiston päivittäminen.</p> <p>Henkilöstön kouluttaminen laserpinnoituskoneelle vaatii kouluttajalta erikoisosaamista. Henkilöstökyselyllä selvitettiin, miten koulutusta voidaan tehostaa jatkossa. Kyselyssä haettiin myös mielipiteitä yrityksen nykyisestä toiminnasta, tiedottamisesta ja testaamisesta. Saatujen tulosten perusteella todettiin, että koulutuksessa on kehitettävää.</p> <p>Asiakkaisiin liittyviä kehityskohteita haettiin materiaalien, kunnossapidon ja uustuotannon tarpeisiin. Markkinointi kulkee jokaisen toiminnan mukana ja luo pohjan tulokselliseen toimintaan. Markkinoimalla ja verkostoitumalla pienikin Pk-yritys voi toimia globaalisti omalla sektorillaan. Menestyminen vaatii kuitenkin hallittua kasvua ja kehitystä, jossa Kokkola LCC aikoo pysyä vahvasti mukana.</p> <p>Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että Kokkola LCC Oy on siirtymässä kehityksessä uudelle portaalle. Konekannan uudistuminen ja siirtyminen toimivimpiin tuotantotiloihin antaa paremmat mahdollisuudet kilpailla niin koti- kuin ulkomaanmarkkinoilla. Edellytykset parempaan tulevaisuuteen ovat olemassa, mutta tuotantoa ja toimintaa on edelleen kehitettävä voimakkaasti sekä hallitusti.</p>		
<b>Asiasanat</b> Laserpinnoitus, henkilöstökysely, kehittäminen		

## ABSTRACT

CENTRAL OSTROBOTHNIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES	Date May. 2010	Author Ilkka Piispanen
Degree programme Master's Degree for Technology Competence Management		
Name of thesis Development of laser cladding production		
Instructor Pekka Nokso-Koivisto	Pages 43 + 15	
Supervisor Seppo Heiskanen		
<p>Laser cladding is not well-known to many of our customers. That's why it is very important to develop new possibilities to a better and durable future by means of our customers' products.</p> <p>In this project I sought chances for improvement in production and the whole enterprise. In the beginning of the theory part I got acquainted with laser cladding working methods and related applications. New production premises and laser cladding machines relate also to the development of the company.</p> <p>The training of personnel requires specific know-how. The results of the staff survey gave us the information how to increase the efficiency of training in the future. We also got opinions of the current activity, giving information and testing products in the company. In the light of the results obtained, it was found that we still have to improve education.</p> <p>I sought new subjects of development for the needs of the materials, maintenance and reproduction. Marketing is related to each activity, and supports successful function. By marketing and networking even a tiny medium-size enterprise can operate globally in their own area. Success requires, however, managed growth and development, in which Kokkola LCC is going to keep up.</p> <p>The research shows that Kokkola LCC is entering in the new step. New machines and new production places will give us better chances to compete in domestic and foreign market. The conditions for a better future are there, but the production and operation will have to be developed strongly and in a controlled manner.</p>		

**Key words****Laser cladding, staff survey, development**

## KÄYTETYT KÄSITTEET JA MÄÄRITELMÄT

Aallonpituus	Sähkömagneettisen säteilyn ominaisuus
Absorptio	Laservalon energian siirtyminen materiaaliin ilmaistaan prosentteina pinnalle tulleesta kokonaistehosta
CO <sub>2</sub> -laser	Hiilidioksidilaser
Diodilaser	Diodien avulla aikaansaatu laser
Excimer-laser	Laser, jonka toiminto perustuu epästabiliin kaasu-yhdisteeseen
Itsesammutus	Jäähtyminen ilman ulkoista väliainetta lämmön johtuessa kylmään perusmateriaaliin
Jauheen syöttönopeus	Nopeus, millä syötetään jauhetta laserpinnoituskohtaan
Koaksiaalipinnoituspää	Pinnoituspää, jossa pinnoitejauhe johdetaan pinnoituskohtaan samansuuntaisesti ja symmetrisesti lasersäteeseen nähden
Laser	Laservaloa tuottava laite
Laserpinnoitus	Laserin avulla tapahtuva pinnoitus
Laserpintakarkaisu	Laserin avulla tapahtuva pintakarkaisu
Nd:YAG-laser	Lasertyyppi, jossa laserointi tapahtuu YAG-kiteeseen dopatussa neodyymiatomissa

TIIVISTELMÄ  
ABSTRACT  
KÄYTETYT KÄSITTEET JA MÄÄRITELMÄT  
SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
1.1 Tehtävä ja sen rajaus	1
1.2 Yrityksen esittely	2
1.3 Tutkimuksen tekeminen	2
1.4 Teoreettinen viitekehys	3
2 LASERPINNOITUS	4
2.1 Konetyypit	6
2.2 Pinnoitustyöasema	8
2.3 Koaksiaalipinnoituspää	8
2.4 Laserkarkaisu	9
2.5 Laserpinnoituslisäaineet	11
2.6 Seosaineen koostumuksen vaikutus pinnoitteen ominaisuuksiin	11
2.7 Pinnoituslisäaineen koostumus	13
2.8 Kaasut	15
2.9 Laserpinnoituksen etuja ja rajoituksia	15
3 TUOTANNON KEHITTÄMINEN	16
3.1 Henkilöstön kehittäminen	16
3.2 Työmotivaatio	16
3.3 Työturvallisuus	18
3.4 Ympäristömyötäinen tuotesuunnittelu	19
3.5 Tiedon arvoketju	20
3.6 Luovuus ja innovatiivisuus	21
3.7 Verkostoituminen	22
4 UUSI KIINTEISTÖ JA TUOTANNON SEURANTA	24
4.1 Projektisuunnitelma ja toteutuminen	24
4.2 Layoutin muutos	24
4.3 Laitteiston asennus	25
4.4 Laitteiston soveltaminen tuotantoon	25
4.5 Tämänhetkinen käyttö	25
4.6 Testaaminen	26
4.7 Laatuominaisuudet	26
4.8 Dokumentointi	28
4.9 Tuotteiden tarkastaminen ja tutkiminen	28
4.10 Pinnoituksen aikainen laadunvalvonta	29
4.11 Materiaalit laserpinnoituksessa	29
4.12 Kunnossapitoteollisuus	30
4.13 Uustuotanto	31

5 HENKILÖSTÖKYSELY JA TULEVAISUUDEN KEHITYSNÄKYMÄT	33
5.1 Henkilöstökysely	34
5.2 Henkilöstökyselyn analysointi	35
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	37
LÄHTEET	
LIITTEET	

**Opinnäytetyön luonteesta johtuen varsinaiset tulokset sekä liitteenä olevat henkilöstökyselyn tulokset kuuluvat yrityssalaisuuden piiriin. Opinnäytetyön julkisesta versiosta on poistettu sivut 38 - 41 sekä liitteet.**

## 1 JOHDANTO

Kesällä 2009 hankittu uusi diodilaserpinnoituslaite vaatii testaamista ja parametrien ajoa, jotta tuotannollinen toiminta saadaan kannattavaksi tällä laitteella myös tulevaisuudessa. Uuden koneen avulla pyritään parantamaan kilpailukykyä ja valtaamaan markkinoita uusilta alueilta. Lamasta huolimatta olemme pyrkineet myös ulkomaisille markkinoille, joista on tarkoitus saada tulevaisuudessa yhä suurempi osa liikevaihtoa. Koulutus ja varsinkin testaaminen vaativat aikaa, jotta voidaan luottavaisin mielin rakentaa tulevaisuutta yrityksen strategian mukaisesti. Uusien toimitilojen valmistuminen ja niihin siirtyminen tuovat omat haasteensa sekä mahdollisuudet toiminnan kehittämiseen.

Laseria käytetään maailmalla jo nyt monissa elektroniikan ja mekaniikan sovelluksissa. Osa näistä työstösovelluksista on vielä maassamme tuntemattomia ja vain murto-osa laserin mahdollisuuksista hyödynnetään teollisessa tuotannossa. Lasertyöstötekniikan kehitys on johtanut lumipalloefektiin, jossa uusi laite lisää sovelluksia ja uudet sovellukset lisäävät paineita tehokkaampien tai toimintaperiaatteiltaan erityyppisten laserien kehittämiseen.

Laserin työstösovellukset ovat hyvin monimuotoiset. Vuoden 2008 loppupuolella alkanut taantuma on omalta osaltaan vaikeuttanut yrityksen toiminnan suunnitelmallista kehitystä. Taantumien antaman ajan myötä ei kuitenkaan ole ollut mahdollista tehdä kaikkea testaamista ja tutkimista, mitä olisi muulloin voitu tehdä. Vaatii ”henkistä kanttia” jaksaa uskoa parempaan tulevaisuuteen. Tämä opinnäytetyö etsii vastauksia kysymykseen, miten laserpinnoitustuotantoa kehitetään.

### 1.1 Tehtävä ja sen rajaus

Opinnäytetyön teoriaosuudessa tulen aluksi lähestymään laajahkosti laserpinnoitusta ja siihen liittyviä näkökohtia sekä niiden merkitystä yritykselle. Tämän jälkeen on tarkoitus saadun aineiston perusteella löytää oleellisia

asioita, jotka liittyvät laserpinnoitukseen ja siihen liittyvään liiketoimintaan sekä kehitysmahdollisuuksiin. Koska laserpinnoitus ja yrityksen liiketoiminta ovat historialtaan melko nuoria, on mielenkiintoista nähdä, miten toiminta on viime vuosina kehittynyt.

Kun ajatellaan liiketoimintaamme, niin se sisältää joukon erilaisia sidosryhmiä ja muita tekijöitä, jotka vaikuttavat tulevaisuuteemme tavalla tai toisella. Toiminnan kehittämistä täytyy jatkaa ja tämäkin työ pyrkii löytämään osaltaan mahdollisia parannusideoita. Lisäksi tulen käymään läpi henkilöstön arvioinnin yrityksen menneestä ja nykytilasta. Henkilöstökyselyssä tulee myös selvitettyä yrityksen nykytilaa esimerkiksi motivaation kannalta.

## **1.2 Yrityksen esittely**

Kokkola LCC Oy on aloittanut laserpinnoituksen vuonna 2000, jolloin yritys oli osa Fortum-konsernia. Toimintamme omana yrityksenä alkoi keväällä 2004. Tarjoamme laserpintakäsittely- ja asiantuntijapalveluja sekä koneistusta konepaja-, metalli-, energia- ja prosessiteollisuuden asiakkaille. Laserpinnoitus sopii sekä uustuotannon että kunnossapidon kohteisiin. Työntekijöitä on tällä hetkellä 15. Yrityksellä on laatujärjestelmä ISO 9001: 2004 sekä ympäristöjärjestelmä ISO 14001. Kokkola LCC Oy on ainoa laserpinnoitusta kaupallisesti ja teollisesti harjoittava yritys Suomessa. Lähimmät vastaavalla alalla toimivat yritykset löytyvät Ruotsista. Täten Kokkola LCC Oy:n kilpailijoina eivät niinkään ole toiset laserpinnoitusyritykset, vaan perinteisiä pintakäsittelymenetelmiä käyttävät yritykset. Vaikka lasertyöstö on jo tätä päivää, laserpinnoitusta edelleenkin pidetään jokseenkin outona ja kalliina menetelmänä. Tästä syystä LCC on joutunut tekemään paljon töitä levittääkseen tietoa laserpinnoituksesta ja sen hyödyistä mahdollisten asiakkaiden keskuudessa. (LCC 2010a.)

## **1.3 Tutkimuksen tekeminen**

Tutkimuksen tavoitteena on löytää uusia keinoja kehittää toimintaa ja tuotantoa. Henkilöstön mukaan ottaminen kehittämiseen tulee jatkossa olemaan yhä vahvemmin läsnä. Muutto uusiin toimitiloihin vaatii suunnittelua ja toteuttamisen



on tapahduttava ajallaan. Tämä opinnäytetyö on toimintatutkimus, jossa monenlaista aineistoa käyttäen tutkitaan toimintaa sen omassa ympäristössä. Tutkimus kohdistuu nykyisyyteen sekä etsii kehitysmahdollisuuksia tulevaisuuteen. Yhtenä tarkastelunäkökulmana ovat toimintaan osallistuvat tuotannon henkilöt ja heidän näkemyksensä kehitettävästä tuotannosta.

#### 1.4 Teorettinen viitekehys

Kuviossa 1. on kuvattu kartta, jossa esitetään, mitä eri aihealueita on otettu opinnäytetyöhön mukaan. Ulkopuolelle on jätetty useita aihealueita, joilla tuotantoa myös pitää kehittää.



KUVIO 1. Työn rajaus

Työ rajataan tuotannolliselle alueelle, jossa käsitellään laserpinnointusta, pinnointusparametreja sekä lisäaineita. Henkilöstökyselyn avulla selvitetään, mitä kehitettävää heidän mielestä yrityksellä on. Laatuun toiminnassa täytyy kiinnittää aina huomiota, jotta ainakin asiakaslaatu täytyisi. Pienelle yritykselle myös yhteistyökumppanit ovat elintärkeitä.

## 2 LASERPINNOITUS

Laseria on käytetty konepajatoiminnassa noin 30 vuotta. Sen tavallisimpia käyttökohteita metalliteollisuudessa ovat olleet metallisten ohutlevyjen leikkaus sekä laserhitsaus. Etenkin autoteollisuus on hyödyntänyt laseria jo pitkään. Jatkuvan tutkimustyön ansiosta lasermenetelmät ja laitteet ovat kuitenkin kehittyneet niin, että laser on valtaamassa alaa yhä enemmän perinteisiltä valmistusmenetelmiltä. Tehojen kasvamisen ja menetelmien kehittymisen myötä myös uudet valmistusmenetelmät ja käyttökohteet ovat mahdollisia ja todennäköisiä. Laserpinnoitus on teollinen pinnoitusmenetelmä, jolla voidaan parantaa erilaisten laitteiden ja koneen osien ominaisuuksia. Laserpinnoituksessa kappaleen pinnalle tuodaan pinnoitejauhetta, joka sulatetaan siihen kiinni laserin avulla (kuvio 2.) Pinnoitepaksuus on tyypillisesti 0,5 - 3 mm.

Laserpinnoitusmenetelmät jakautuvat viiteen osaan:

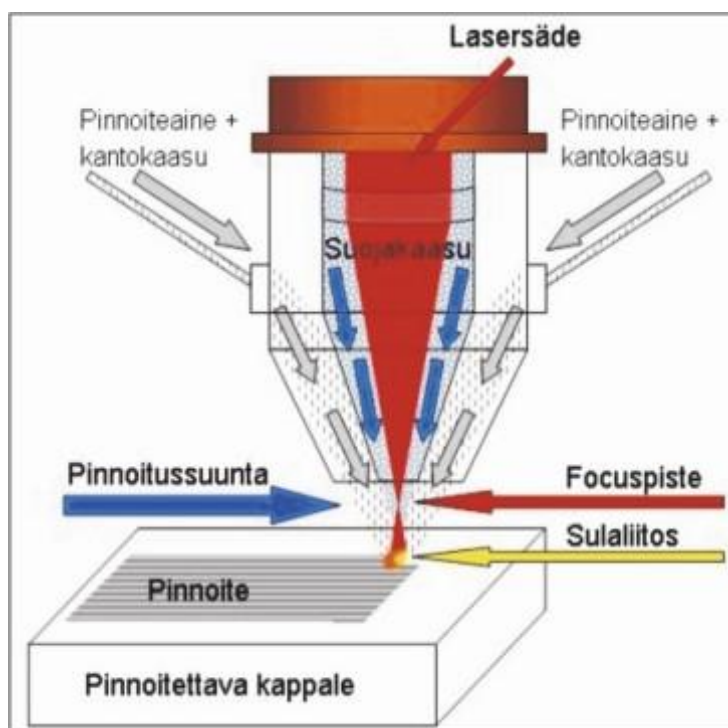
- Faasimuutoskarkaisu laserilla, jolla tarkoitetaan karkaisua, joka ei ole varsinaista pinnoittamista.
- Pinnan modifiointi ja sulatus laserilla.
- Esiasetetun ja esipinnoitetun kerroksen lasersulatus.
- Laserpinnoitus jauheella tai langalla.
- Hybridimenetelmät, jossa käytetään kahta menetelmää samanaikaisesti.

Laserpinnoitus sopii useille erilaisille perusaineille esim. teräkselle, valuraudalle, kuparille ja titaanille. Kunkin pinnoitettavan kappaleen ja pinnoitejauheen yhteen sopivuus on todennettava käytännön pinnoituskokeilla. Yleisimpiä laserpinnoituksella tavoiteltavia ominaisuuksia ovat rikkoutumien korjaus, kulumiskestävyuden lisääminen ja korroosiokulumisen korjaus.

Laserpinnoituksen tärkeimpiä ominaisuuksia ovat: säteen suuri tehotiheys, luja metallurginen sidos, vähäiset muutokset perusaineen rakenteessa ja ominaisuuksissa sekä tarkka pinnoitepaksuus. Laserpinnoituksessa

työkappaleen pinnalle tuodaan lisäainetta, joka sulatetaan lasersäteen avulla perusaineen pintaan. Lasersäteen vaikutuksesta myös pieni osa perusaineen pinnasta sulaa, jolloin saavutetaan kestävä hitsausliitos lisäaineen ja perusaineen välille. Perinteisiin menetelmiin verrattuna laserpinnoitus on monesti paljon kestävämpi ja laadukkaampi menetelmä.

Vaikka kappale saattaa maksakin enemmän, niin on huomioitava, että se kestää kauemmin, kunnossapitokustannukset vähenevät eikä tarvitse usein pysäyttää koko prosessia yhden pienen osan vaihtamiseksi.



KUVIO 2. Laserpinnoituksen periaate (LCC 2010a.)

Laserpinnoitteella saavutetaan erinomainen tiiviys sekä alhainen perusaineen ja pinnoitteen seostuminen. Pinnoitteen ominaisuudet ovat samanlaiset pinnoitetta vastaavan umpiaineen kanssa. Pinnoitepaksuus on tyypillisesti 0,3-3 mm. Pieni lämmöntuonti aiheuttaa perusaineeseen hyvin vähäisiä muodonmuutoksia. Laserpinnoitus soveltuu useimmille pinnoite-perusaine-yhdistelmille. Uusien tuotteiden ja kunnostettavien komponenttien laserpinnoitus on mahdollista useilla eri lisäaineilla. Pinnoitettavana voi olla sekä pyörähdys- että tasomaisia kappaleita. (LCC 2010a.)

## 2.1 Konetyypit

Hiilidioksidilaserlaitteissa erotetaan kaksi rakennetyyppiä: pitkittäis- ja poikittaisvirtaavat järjestelmät. Pitkittäisvirtaavassa järjestelmässä kaasuseos puristetaan tehokkaan pumpun avulla suurella nopeudella läpimitaltaan pieneen laserputkeen. Poikittaisvirtaavassa järjestelmässä kaasuseos virtaa poikittain optiseen akseliin nähden alhaisella nopeudella, mutta suurempina määrinä. Hiilidioksidilaserilla (kuviossa 3) saavutetaan teollisuuskäytössä korkeimmat tehot. Hiilidioksidilaser on kehitetty vuonna 1964. Hiilidioksidilaserin kaasu muodostuu hiilidioksidista, typestä ja heliumista. Eniten suuritehoisia hiilidioksidilasereita käytetään leikkaamiseen. Leikkaamisessa on tärkeää, että lasersäde on hyvin kohdistettavissa. Pitkittäisvirtaava laser tuottaa erittäin pienen sädepisteen ja tasaisen tehon jakauman, joten se on hyvä leikkaamiseen. Hiilidioksidilaser on nimenä harhaanjohtava, koska kaasusta vain n. 10 % on hiilidioksidia ja tyypeä on noin 10 %:a ja muu osa on heliumia. (Kulina, Richter, Ringelhahn & Weber 1996, 9.)



KUVIO 3. Puoliportaali CO<sub>2</sub>-työasema (LCC 2010b.)

Ensimmäinen kaasulaser, Helium- neon- laser (HeNe) kehitettiin vuonna 1961. Hene- laserin pumppaus tehdään sähköpurkauksella, joka ionisoi aktiivikaasun. HeNe- laserin tehot ja aallonpituudet vaihtelevat tyyppin mukaan. Seuraavanlaisia aallonpituus- maksimitehopareja on olemassa: 1,523  $\mu\text{m}$ - 1 mW, 0,633  $\mu\text{m}$ - 40 mW, 0,612  $\mu\text{m}$ - 7 mW, 0,594- 4 mW ja 0,543  $\mu\text{m}$ - 3 mW. (Kulina ym. 1996, 11.)

Puolijohdelasereita (diodilaser) käytetään mm. CD/DVD- soittimissa ja laser- tulostimissa. Puolijohdelaserit keksittiin vuonna 1962 ja ne ovat olleet siitä asti merkittävässä roolissa monissa optoelektronisissa sovelluksissa kuten tiedon lukemisessa levyiltä, tiedon siirtämisessä optista kuitua pitkin tai optisissa sensoreissa. Puolijohdelaserin teho jatkuvana on luokkaa 10mW, pulssitettuna 100 W. Aallonpituudet vaihtelevat välillä 0,7 - 30  $\mu\text{m}$ . (Pöysti, Tuurinkoski & Virtanen, 2004.)

Neodyymilasereilla Co2 on kaksi käyttötapaa: pulssitettu ja jatkuvatoiminen. Ratkaiseva etu neodyymilaserilla verrattuna hiilidioksidilaseriin on, että laservaloa voidaan johtaa joustavien valokuitujen avulla pitkiäkin matkoja lähes häviöttä. Pulssitetut Nd: YAG- laserit ovat toimivia erityisesti hienotyöstössä.



KUVIO 4. Nd:YAG-robottityöasema (Laserco 2010.)

Esimerkiksi alle 10  $\mu\text{m}$  reikien poraus onnistuu YAG- laserilla (kuviossa 4) hyvin. Nd: YAG-laser on teollisuuskäytössä tavallisin kidelaser, jonka aallonpituus on 1,06  $\mu\text{m}$ . Jatkuvatoimisena tehot ovat parhaimmillaan luokkaa 1 KW ja pulssitettuna jopa 100 MW. (Kulina ym. 1996, 12.)

## 2.2 Pinnoitustyöasema

Kuviossa 5. esitetty rakennetyyppi on puoliportaali. Tässä työasematyypissä runko sijaitsee vain yhdellä puolella työaluetta, jolloin työasema on avoin kolmelta eri suunnalta tapahtuvaan kappaleen käsittelyyn.



KUVIO 5. Diodilaser laitteisto (BALLIU 2010.)

Työasemassa lasersäde tuodaan kappaleen pintaan kuitua pitkin. Etuina diodilaserilla on pieni koko suhteessa tehokkuuteen. Verrattaessa muihin lasereihin, sillä on myös korkea hyötysuhde sekä alemmat investointi- ja käsittelykustannukset.

## 2.3 Koaksiaalipinnoituspää

Jauheensyöttö työstettävään kappaleen pintaan voidaan tehdä periaatteessa kahdella eri tavalla. Jauhe voidaan kantokaasun tai painovoiman avulla tuoda säteen ja perusaineen väliselle vuorovaikutusalueelle säteen sivusta off-

aksiaalimenetelmän tai samanaikaisesti säteen kanssa ns. koaksiaalipinnoituspään avulla.



KUVIO 6. Koaksiaalipinnoituspää (LASERCO 2010.)

Kuviossa 6. tuodaan jauhe kantokaasun avulla samanaikaisesti säteen ja suojakaasun kanssa, jolloin ei tarvita erillistä jauheensyöttöä.

## 2.4 Laserkarkaisu

Laserkarkaisulla tarkoitetaan sitä, että laserilla käsitellään kappaleen pintaa ilman, että siihen lisättäisiin materiaalia. Laserkarkaisun (kuviossa 7) etuihin kuuluvat pieni lämmöntuonti, tarkkuus, nopeus, erinomainen toistettavuus, monimutkaisten kappaleiden käsittely, suuri tehokkuus, pienet käyttökulut ja vähäinen jälkityöstö. Laserkarkaisuleveys on yhtä suuri kuin lasersäteen leveys, tyypillisesti 5 - 20 mm. Karkaisusyvyys on tyypillisesti 0,3 - 2,0 mm. Kappaleen sammutus tapahtuu yleensä itsesammutuksena eli sammuttamiseen ei käytetä



muita aineita kuten öljyä tai vettä. Tehokkaan itsesammutuksen edellytyksenä on, että kappaleessa on riittävästi massaa verrattuna karkaistavaan massaan.



KUVIO 7. Laserkarkaisu (LASERCO 2010.)

Laserkarkaisulla tavoiteltavia ominaisuuksia:

- suurempi kovuus ja kestävyys
- kitkan pienentäminen
- kulumisen vähentäminen
- karbidien muodostuminen
- pidentynyt väsymisikä

Energiantuonti laserilla vaihtelee 20 - 40 W/mm<sup>2</sup>. Tärkeimpiä laserilla karkaistavia teräksiä ovat seostamattomat rakenne-, nuorrutus-, hiilletyskarkaisuteräket sekä työkalu-, kylmätyöstö- ja kuumatyöstöteräket. (LCC 2010b.)



## 2.5 Laserpinnoituslisäaineet

Laserpinnoittamisessa perusaine sulatetaan ja siihen tuodaan lisäainetta, joka voi olla lankana tai jauheena. Lisäainetta sulatetaan lasersäteellä niin kauan, että se yhdistyy perusaineen kanssa. Laserpinnoituksen avulla voidaan pinnoittaa erittäin kovia, hyvin korroosiota kestäviä tai korkeita lämpötiloja kestäviä alueita. Pinnoitettavat alueet voivat olla myös hyvin pieniä ja tarkasti rajattuja. Laserpinnoituksessa seostuminen on hyvin vähäistä, jolloin haluttu lopputulos saadaan aikaiseksi hyvinkin ohuella pinnoitekerroksella. Langan etuna lisäaineena on saatavuus, käyttöaste, homogeeninen sekä edullinen kilohinta. Jauheen etuna voidaan pitää sen muunneltavuutta, jossa useaa lisäainetta sekoitetaan keskenään haluttuun ominaisuuteen.

## 2.6 Seosaineen koostumuksen vaikutus pinnoitteen ominaisuuksiin

Hiilipitoisuus vaikuttaa terästen ominaisuuksiin lähinnä kiderakennneosien määräsuhteen kautta. Mitä enemmän alieutektoidisessa teräksessä on hiiltä, sitä suurempi on perliitin osuus rakenteesta, eli teräs on kovempaa ja lujempaa, mitä enemmän siinä on hiiltä. Yli 0,7 % hiiltä sisältävien terästen  $M_f$  – lämpötila on niin alhainen, että karkaisusammutuksessa rakenteeseen jää jäännösausteniittia. Hiili on vaikutukseltaan tärkein kaikista alkuaineista, joita teräs raudan lisäksi sisältää.

Piitä käytetään teräksen tiivistämiseen. Piin atomit hylkivät hiiltä eivätkä asetu sementtiittikiteisiin. "Ylimääräinen" pii jää rakenteeseen ferriittiin liuenneena, eli se lisää teräksen kovuutta ja lujuutta, mutta huonontaa iskusitkeyttä. Pii on halpa seosaine. Piitä käytetään esim. lisäämään materiaalin ominaisvastusta dynamo- ja muuntajalevy-teräksissä sekä jousiteräksissä nostamassa myötörajaa.

Kaikissa teräksissä on jonkin verran mangaania, vähintään 0,3 %, koska mangaani poistaa teräksestä ylimääräisen hapen ja sitoo rikin vähemmän haitalliseen sulkeumamuotoon. Mangaanin atomit liittyvät hiiliatomiin ja pyrkivät sementtiittikiteisiin. Mangaani lisää rakenteen kovuutta, parantaa

kulumiskestävyyttä ja lujuutta sekä myös karkenevuutta. Mangaani on halpa seosaine. Mangaani lisää teräksen taipumusta päästö- ja sinihaurauteen. Sellaisissa tarkoituksissa, joissa hauraisuusilmiöistä voi olla haittaa, karkenevuuden parantamiseen käytetään kalliimpia seosaineita.

Kromiseostuksella voidaan saada aikaan monipuolisia vaikutuksia terästen ominaisuuksiin. Kromi lisää karkenevuutta ja sitä käytetään paljon nuorutusteräksissä. Kromiatomit liittyvät mielellään hiileen. Se koventaa sementtiä ja parantaa hiiletysterästen, kuulalaakeriterästen ja työkaluterästen kulumiskestävyyttä. Kromi muodostaa teräksen pintaan kromi-oksidikerroksen, joka suojaa terästä korroosiolta. Korkeassa lämpötilassa kromiseostus poistaa grafitoitumisriskin ja lisää hilseilykestävyyttä.

Nikkeli lisää hiukan teräksen karkaisuusvyvyttä. Se parantaa teräksen sitkeyttä sekä alhaisissa (alle 0 °C) että korkeissa lämpötiloissa. Molybdeenin vähentää teräksen päästöhaurautaitaipumusta. Se on yleinen seosaine hiiletys- ja nuorutusteräksissä pitoisuudella 0,2 %. Ns. kuumalujat teräkset, joiden käyttölämpötila on noin 400-500 °C, molybdeeniseostus suuruusluokkaa 0,5 %. Mo –seostus + Cr –seostus takaavat korkeammat myötölujuuden arvot ja paremman virumislujuuden. Austeniittiset ruostumattomat teräkset (norm. Cr + Ni –seostus) 2,5 % Mo-seostus on yleinen. Haponkestävissä teräksissä molybdeeni parantaa syöpymiskestävyyttä pelkistävässä oloissa. Molybdeeni on kallis seosaine.

Niobi, titaani ja vanadiini; Nämä kolme ovat ns. mikroseosaineita, eli pienet pitoisuudet muodostavat pieniä karbideja, jotka tehokkaasti estävät austeniitin rakeenkasvua esim. hitsauksessa. Titaania käytetään tiivistysaineena ja joidenkin ruostumattomien terästen stabilointiaineena. Se parantaa syöpymiskestävyyttä.

Vanadiini lisää työkaluterästen karbidien kovuuksia, josta seuraa parantunut kulumiskestävyys. Vanadiinia käytetään myös päästönkestävyyden lisääjänä. Myös alumiinia käytetään tiivistysaineena esim. valuteräksissä. Hyvin pienet, 0,05 % pitoisuudet riittävät tarvittavan efektin aikaansaamiseksi. Alumiinia käytetään seosaineena myös ns. tyytysteräksissä, joissa hyvä

kulumiskestävyys perustuu koviin alumiininitridikiteisiin. Hyvin pienellä alumiini-seostuksella voidaan myös vähentää teräksen hitsauksen yhteydessä esiintyvää vanhenemistaipumusta, jota typpi ferriitin hilaan seostuneena aiheuttaa. Alumiininitridi vähentää rakeenkasvua valssauksessa, minkä vuoksi alumiini on hienoraeterästen perusseosaine. Sitä käytetään myös hiiletysterästen rakeenkasvun ehkäisyyn pitoisuuksina 0,02 %.

Fosfori on tyypillinen teräksissä esiintyvä haitta-aine, joka juontaa juurensa raaka-aineena käytetyistä malmeista tai romuista. Se pyritään poistamaan valmistusvaiheessa. Mitä suurempi on terästen fosforipitoisuus, sitä huonompi on teräksen iskutkeys.

Typpi katsotaan yleisesti haitta-aineeksi, joka aiheuttaa vanhenemisherkkyyttä. Ferriitihilaan lienneet typpiatomit haurastuttavat terästä vanhenemisen kautta, esim. hitsaus hitsattavien terästen typpipitoisuuden on oltava alle 0,01 %.

Rikki on haitta-aine, joka häiritsee hitsausta ja kuumamuovausta aiheuttaen teräkseen repeilyä. Rikin enimmäispitoisuus on 0,05 %, käytännössä kuitenkin jopa 0,01-0,03 %. Joissakin kohteissa rikin haurastuttavaa vaikutusta voidaan hyödyntääkin. Esim. automaattiteräkset, joissa sulfidisulkeumat katkovat lastuja koneistuksen aikana. Rikin haittavaikutukset voidaan eliminoida mangaanilisäyksellä.

Boori parantaa terästen karkenevuutta pieninäkin seosainepitoisuuksina. Käytetään esim. pulttiteräksissä ja sellaisissa kulutuslevyteräksissä, jotka karkaistaan vesisuihkulla valssauksen jälkeen. (IMS 2010.)

## **2.7 Pinnoitelisäaineen koostumus**

Kobolttipohjaiset pinnoituslisäaineet ovat käytetyin pinnoitelisäaine laserpinnoituksessa. Niitä käytetään matalan ja korkean lämpötilan sovelluksissa, joissa pinnoite joutuu hankaukseen metallipintaa vasten, alttiiksi abrasiiviselle kulumiselle, eroosiolle tai iskulle ja usein vielä syövyttävissä olosuhteissa. Tyypillisiä kohteita ovat mm. muotit, työkalut, venttiilit, ruuvikuljettimet, turbiinin siivet sekä erilaiset akselit, karat ja telat. Kulumis- ja korroosionkesto-ominaisuuksia säädellään seosainepitoisuuksia muuttamalla.

Seosainepitoisuuksien perusteella kovapinnoitelisäaineet voidaan jakaa kolmeen ryhmään:

- liuoslujitetut seokset (Stelliitti 21, Ultimet)
- karbidityyppiset seokset (Stelliitti1, 6, 12, 20)
- metallien väliset yhdisteet (Tribaloy T-400, T-800, T-900)

Nikkeli- ja rautapohjaisia pinnoitelisäaineita on kehitetty korvaamaan kobolttipohjaisia kovapinnoitelisäaineita. Seoksia on kehitetty erityisesti ydinvoimalasovelluksiin, kun halutaan päästä eroon säteilyä aiheuttavasta isotooppi Co-60:stä. Kobolttia sisältämättömien pinnoitusmateriaalien kehittelyä on jouduttanut myös halu välttää myrkyllisiä kobolttihöyryjä, joita vapautuu hitsattaessa. Kolmantena tekijänä voidaan pitää tarvetta korvata suhteellisen kallis koboltti halvemmalla nikkellillä tai raudalla. Nikkelipohjaisilla seoksilla on parempi korroosionkestävyys korkeissa lämpötiloissa, mutta huonompi liukuominaisuus kuin kobolttipohjaisilla pinnoituslisäaineilla. Nikkelipohjaisia seoksia käytetään komponenteissa, jotka ovat alttiita korkean lämpötilan hapettumiselle, kuumakorroosiolle tai märkäkorroosiolle. Nikkelipohjaisia seoksia käytetään mm. kaasuturbiinien siivissä, voimalaitosten kattilaputkissa ja ruuvikuljettimissa.

Kovapinnoitelisäaineiden kovuus ja kulumiskestävyys ei riitä, voidaan metallimatriisiin lisätä kovia karbideja ( $WC$ ,  $Cr_3C_2$ ,  $TiC$ ,  $SiC$ ). Karbidien tilavuusosuuden lisääntyessä kulumiskestävyys kasvaa. Laserilla valmistetuissa pinnoitteissa karbidien tilavuusosuus on yleensä luokkaa 10 – 60 %. Olennaista komposiittipinnoitteiden valmistuksessa on välttää karbidien liukeneminen matriisiin. Karbidien liuetessa matriisi menettää sitkeytensä ja haurastuu. Karbidien liukenemisen minimoimiseksi matriisilla ja karbidilla tulisi olla mahdollisimman suuri ero sulamislämpötiloissa. Matriisimetalleina käytetään usein ns. vapaasti juoksevia Ni-, Co- tai Fe-pohjaisia seoksia, joihin on lisätty piitä ja booria laskemaan sulamislämpötilaa ja lisäämään seoksen juoksevuutta sulatilassa. (Kujanpää, Salminen & Vihinen 2005, 289-291.)

## 2.8 Kaasut

Laserpinnoituksessa sula suojataan suojakaasulla hapettumiselta. Suojakaasu tuodaan pinnoituspään kautta lasersäteen kanssa. Suojakaasun virtausnopeus säädetään riittäväksi hapettumisen estämiseksi. Liiallinen suojakaasu sekoittaa sulaa perusainetta pinnoitteeseen liikaa, jolloin seostuminen lisääntyy. Tyypillisiä kaasuja ovat argon ja helium. Lisäksi käytettäessä lisäaineena jauhetta, tarvitaan kantokaasu, jolla jauhe siirretään säiliöstä kappaleen pinnalle ja lasersäteeseen.(LCC 2010b.)

## 2.9 Laserpinnoituksen etuja ja rajoituksia

Etuina ovat pieni seostuminen ja muodonmuutos, tiivis pinnoitteen ja perusaineen sulaliitos, hieno mikrorakenne, lisäaineen tehokas hyötykäyttö, suuri määrä perus- ja lisäaineyhdistelmiä, toistettavuus, hyvä automatisoitavuus, hyvin hallittavissa olevat parametrit, kapea lämpövaikutusalue, soveltuvuus korjauspinnoitukseen ja sisäpuolisiin pinnoituksiin. Rajoituksena on edelleenkin suhteellisen kallis laserpinnoituslaitteiston hankintahinta. Myös laserpinnoituksen tuotto suurille pinta-aloille on vielä melko matala. Parametrien ja pinnoiteominaisuuksien selvittäminen ja tunteminen on erittäin aikaa vievää työtä, varsinkin, kun on olemassa suuri määrä eri pinnoite-perusaineyhdistelmiä.(LCC 2010b.)

### **3 TUOTANNON KEHITTÄMINEN**

Tuotannon kehittämiseen kuuluu olennaisena osana henkilöstään liittyvät asiat, kuten työmotivaatio ja työturvallisuus. Muita tuotantoon liittyviä kehityskohteita ovat seuraavissa luvuissa ympäristömyötäinen tuotesuunnittelu, tiedon arvoketju, luovuus ja innovatiivisuus sekä verkostoituminen.

#### **3.1 Henkilöstön kehittäminen**

Laatu ei synny pelkästään hyvästä johtamisesta, hienoista tekniikoista ja toimivista prosesseista, vaan sen takana ovat aina inhimilliset tekijät. Käytännössä on lukuisia esimerkkejä tilanteista, joissa on sattunut inhimillisen virheen vuoksi onnettomuuksia (laatupoikkeamia), vaikka tietokoneet valvovat automaattisia prosesseja esimerkiksi voimaloissa ja raideliikenteen ohjauksessa. Ihmisten rooli on ollut valvoa, että systeemit toimivat. Paras tae laadukkaalle toiminnalle on motivoitunut, koulutettu ja työhönsä harjaantunut henkilöstö. (Lecklin 1999, 225.)

#### **3.3 Työmotivaatio**

Motivaatio määritellään tiettyyn tilanteeseen liittyväksi, yksilön muuttuvaksi henkiseksi tilaksi, joka määrää, millä vireydellä (aktiivisuudella, ahkeruudella) ja mihin suuntautuneena yksilö toimii. (Peltonen & Ruohotie 1991, 9). Motivaatio virittää yksilön käyttäytymistä, käyttäytymisen suuntaa ja sen jatkuvuutta (Strömmer 1999, 150). Koironen (1993, 69) katsoo puolestaan motivaation määrittävän pitkälti sen, kuinka halukkaasti yksilö käyttää aineellisia ja henkisiä voimavarojaan tavoitellessaan päämääriään. Työmotivaatiosta siis riippuu se, miten halukas ihminen on käyttämään fyysisiä ja henkisiä voimavarojaan tehdessään työtä. Henkilö, jonka työmotivaatio on korkea, työskentelee ahkerasti saavuttaakseen asetetut työtavoitteet. (Peltonen & Ruohotie 1991, 9.)

Motivaatio voidaan määritellä myös motiivien aikaansaamaksi tilaksi. Motiivit ovat syitä, aiheita tai vaikuttimia, jotka saavat aikaan ja ylläpitävät henkilön motivaatiota. Motiivina voi toimia esimerkiksi tarve, sosiaalinen normi, ulko-

puolelta tullut yllyke (annettu tavoite), palkkio tai tilannemuutos. (Peltonen & Ruohotie 1987, 20, 22, 102.) Ihmisen motiivit ovat Peltonen ja Ruohotien (1987, 102) mukaan jaettavissa kolmeen, sekä sisäiseen että ulkoiseen yrittäjyyteen vaikuttavaan ryhmään:

1. instrumentaaliset motiivit (yrittäminen on keino ansaita elanto)
2. ekspressiiviset motiivit (yrittäminen ruokkii tunteita, viihdyttää, antaa arvostusta)
3. henkisen kasvun motivaatiot (ammattitaito paranee, yrittäjä tuntee kehittyvänsä ihmisenä)

Aito *mielenkiinto* työtä kohtaan on yksi tärkeimmistä takeista motivaation syntymiselle. Työ, jota ei voi arvostaa ja josta ei voi pitää, heijastaa negatiivisia vaikutuksia helposti koko elämään ja myös työympäristön muihin jäseniin. *Asenteet* määrittävät puolestaan työntekijän suorituskäyttäytymistä: työntekijät, jotka ovat tyytymättömiä työhönsä ja esimiehiinsä, saattavat olla haluttomia ponnistelemaan työssään. Suoritukseen ja motivaatioon vaikuttavat myös yksilön asenteet omasta itsestään (ns. minäkuva): ihmiset pyrkivät käyttäytymään tavalla, joka on yhdenmukainen heidän minäkuvansa kanssa. Jos he kokevat itsensä epäonnistuneiksi työssään, heidän ponnistelunsa laimenee ja suoritustasonsa saattaa jäädä heikoksi. *Tarve* voidaan määrittellä sisäiseksi epätasapainotilaksi, joka saa yksilön toimimaan määrättyllä tavalla ja ponnistelemaan sisäisen tasapainon saavuttamiseksi. (Peltonen & Ruohotie 1991, 12–13; Strömmer 1999, 152.)

Yksilön ulkopuolisista tekijöistä *työn ominaisuudet* ovat työmotivaation säätelyn näkökulmasta keskeinen tekijäryhmä. Etenkin työn sisällölliset tekijät – se, mitä työ itsessään tarjoaa työntekijälle vaikuttaa voimakkaasti yksilön haluun suoriutua hyvin työtehtävistään. (Peltonen & Ruohotie 1991, 13.) Sisällöltään hyvä työ mahdollistaa itsenäisyyden ja on kokonaisvaltaista ja monipuolista. Lisäksi se tarjoaa mahdollisuuden ihmisen henkiselle, sosiaaliselle ja ammatilliselle kasvulle. (Pirnes 1994, 29–30.)

Kolmas motivaation kannalta merkittävä tekijäryhmä on *työympäristön ominaisuudet*. Työympäristö voidaan jakaa välittömään työympäristöön, joka

kattaa muun muassa esimiehen ja työryhmän vaikutuksen yksityisen työntekijän työpanokseen sekä koko organisaation kattavaan ympäristöön, johon sisältyy muun muassa organisaation yleinen ilmapiiri. (Peltonen & Ruohotie 1991, 13, 91.)

### **3.4 Työturvallisuus**

Lasersäteilyn vaarallisuus johtuu siitä, että laserilla on mahdollista kohdistaa suuria säteilyenergioita ja -tehoja hyvin pieneen pisteeseen. Lasersäteilyn teho vaimenee hyvin hitaasti etäisyyden kasvaessa. Lasersäteily ei tunkeudu syvään kudokseen, minkä vuoksi sen aiheuttamat haittavaikutukset kohdistuvat lähes yksinomaan ihoon ja silmän eri osiin. Silmään osuessaan säde voi olla vaarallinen. Laserin aiheuttamista kudosvaurioista suurin osa johtuu lämpövaikutuksesta.

Lasersäteilyn energia absorboituu kudoksiin, mikä voi aiheuttaa paikallisen ja erittäin voimakkaan kuumenemisen. Lämpövaurioiden laajuus ja vakavuus vaihtelevat ihon punoituksesta vakaviin palovammoihin. Silmään osuva lasersäde voi vahingoittaa verkkokalvoa pysyvästi, koska lasersäde fokusoituu verkkokalvolla äärimmäisen pieneksi pisteeksi. Tähän pisteeseen osuu silloin suuri määrä energiaa, joka polttaa verkkokalvon soluja niin vakavasti, että ne eivät kykene toipumaan.

Ensisijaisesti laserlähde tulee pyrkiä koteloimaan siten, että laite kuuluu turvallisuusluokkaan 1. Aina kun sovelluksen kannalta on mahdollista, tulee käyttää laserlähdettä, jonka teho on alle luokan 2 tai 3R emissiorajan. Käytännössä kaikkien luokan 3B tai 4 laserlähteiden täydellinen koteloiminen ei ole mahdollista, jolloin laitteen käyttäjien silmät ja tarvittaessa iho tulee suojata.

Erityisesti huoltotöiden aikana suojakotelon ollessa poistettuna huoltohenkilöstön lisäksi myös muiden työntekijöiden tulee suojautua lasersäteilyltä. Suurtehoisen laserlaitteen ympärille tulee asentaa riittävät suojarakenteet.

Lisäksi huoltohenkilökunnan tulee käyttää laser-suojalaseja. Silmiensuojainten valinnassa tulee ottaa huomioon laserlähteen aallonpituus, teho ja pussitettujen lasereiden pulssipituus. Lasersäteilyltä suojaavien silmiensuojainten



läpäisyvaatimukset ja valintaohjeet on esitetty standardeissa [SFS-EN 207](#) ja [SFS-EN 208](#). Vastaavat suojarakenteita koskevat vaatimukset on esitetty standardissa [SFS-EN 60825-4](#). (TTL 2010.)

### **3.5 Ympäristömyötäinen tuotesuunnittelu**

Ympäristömyötäinen tuotesuunnittelu ja tuotekehitys (Eco-Design, Design for the Environment, DFE) tarkoittaa pyrkimystä liittää ympäristöasiat osaksi tuotesuunnittelua ja tuotteita. Perusajatuksena on vähentää tuotesuunnittelun keinoin ympäristökuormitusta tuotteen koko elinkaaren aikana. Tämä merkitsee ympäristönäkökohtien ottamista yhdeksi tuotesuunnittelun kriteeriksi toiminnallisuuden, laadun, kustannustehokkuuden ja turvallisuuden rinnalle. Koska jopa 80 prosenttia tuotteisiin liittyvistä ympäristövaikutuksista määräytyy tuotesuunnitteluvaiheessa, on ympäristömyötäinen tuotekehitys tehokas tapa parantaa tuotteiden ympäristöominaisuuksia.

Ympäristömyötäinen tuotesuunnittelu voi merkitä joko olemassa olevan tuotteen parantamista tai uudelleensuunnittelua tai kokonaan uuden tuotteen tai tuotetta korvaavan palvelun kehittämistä. Tuotesuunnittelun keskeisiin tavoitteisiin voidaan asettaa viisi keskeistä tavoitetta: Materiaalien käytön tehostaminen tuotteissa ja niiden valmistuksessa, energian käytön minimointi tuotteissa ja niiden valmistuksessa, kierrätettävyyden kehittäminen, tuotteen käyttöiän optimointi sekä ympäristölle vaarallisten ja haitallisten aineiden käytön minimointi tuotteissa ja niiden valmistuksessa.

Tuotesuunnittelun apuvälineistä on viime vuosina laadittu oppaita sekä kehitetty erilaisia ohjelmistoja. Kansainvälinen standardisointiorganisaatio ISO on julkaissut standardin (ISO 14062) ympäristömyötäisestä tuotesuunnittelusta. Käytettiinpä näistä mitä tahansa, on oleellista varmistaa, että ympäristöasiat liitetään osaksi jokapäiväistä tuotesuunnittelutyötä. Energiaa käyttävien tuotteiden ekologinen suunnittelu, jolla tarkoitetaan ympäristömyötäistä tuotesuunnittelua, on toistaiseksi edennyt pääosin yritysten ja niiden asiakkaiden oman toiminnan innoittamana. Nyt ympäristönäkökohdat ja elinkaariajattelu halutaan yhdistää energiaa kuluttavien tuotteiden tuotesuunnitteluun.

Kesäkuussa 2005 hyväksyttiin EU:n ensimmäinen tuotesuunnittelun ja ympäristöasiat toisiinsa kytkevä direktiivi. Tämä ns. EuP-direktiivi koskee energiaa käyttävien tuotteiden ekologiselle suunnittelulle asetettavia vaatimuksia. EuP-direktiivin toimeenpanemiseksi Suomessa on tehty esitys puitelaista, joka koskee energiaa käyttävien tuotteiden ekologiselle suunnittelulle ja energiamerkinnälle asetettavia vaatimuksia. Valtioneuvosto teki puitelaista esityksen lokakuussa. Lailla pyritään parantamaan tuotteiden energiatehokkuutta, ympäristönsuojelullista tasoa ja energiahuoltovarmuutta. Suomen puitelakiin tulevat säännökset energiaa käyttävien tuotteiden vaatimustenmukaisuuden arvioinnista ja siitä annettavasta todistuksesta, CE-merkinnästä ja markkinavalvonnasta. Lisäksi laki sisältää energiamerkintää ja energiatehokkuutta sekä siihen liittyvää tarkastustoimintaa koskevat säännökset. (Ympäristö 2010.)

### **3.6 Tiedon arvoketju**

Tiedon arvoketju on ketju, jossa data kehittyy ja jalostuu viisaudeksi. Data ei sisällä suhteita eikä merkityksiä vaan vain irrallista tietoa. Informaatio on dataa, joka on muunnettu merkitykselliseksi kokonaisuudeksi. Informaatio pitää sisällään viestin. Sana "inform" tarkoittaa alun perin "antaa muoto jollekin". Informaatio muuttuu tiedoksi, kun sen vastaan ottaa joku henkilö. Henkilö tulkitsee tiedon oman aiemman tietonsa pohjalta.

Tieto on sekoitus sisäistettyä informaatiota, jäsenyneitä kokemuksia, arvoja ja oivalluksia, jotka tarjoavat viitekehyksen arvioida uusia kokemuksia ja informaatiota. Informaatio muuttuu tiedoksi tekemällä vertailuja ja johtopäätöksiä, selvittämällä yhteyksiä ja keskustelemalla muiden kanssa.

Osaaminen on tiedon siirtämistä käytäntöön. Osaaminen muodostuu tiedoista, taidoista, asenteista, kokemuksista ja kontakteista, jotka mahdollistavat hyvän suorituksen tietyissä tilanteissa. Tieto on vain siis yksi osa osaamista; tarvitaan myös taitoa viedä osaaminen käytäntöön. Myös asenne on tärkeä osa osaamista. Älykkyys tarkoittaa kykyä käyttää erilaista osaamista - fyysistä, rationaalista, emotionaalista ja henkistä – ratkaistaessa ongelmia ja toimittaessa tietyssä ympäristössä.

Viisaus on syvästi testattua, sovellettua ja sisäistettyä älykkyyttä. Viisaus koostuu fyysisestä, rationaalisesta, emotionaalisesta ja henkisestä älykkyydestä, joka on onnistuneesti siirtynyt käytäntöön. Viisaus on siten pitkän henkilökohtaisen oppimisen tulos. (Sydänmaalakka 2009, 42 – 44.)

### **3.7 Luovuus ja innovatiivisuus**

Luovuus on kokonaisvaltainen ilmiö, joka sisältää kolme tasoa: yksilön, ryhmän ja koko organisaation. Luovuus ei siis ole pelkästään yksilön luova ilmaus vaan ryhmäilmiö, jolle organisaatio tarjoaa toteutumismahdollisuuden. (Piha 1984, 104, 106–107.) Peltonen (1986, 187) puolestaan määrittelee luovuuden itsensä toteuttamisen muodoksi ja katsoo sen perustuvan ihmisen lahjakkuuden monipuoliseen ja ennakkoluulottomaan käyttöön.

Korpelaisen ja Lampikosken (1997, 9–10, 56) mukaan luovuus on mielikuvituksen rikkautta ja innovatiivisuus sen lisäksi ideoiden toteuttamista ja niiden myymistä. Pelkkä luovuus ei siis riitä, ideat pitää myös saada kehitettyjä innovaatioiksi. Innovatiivisuus puolestaan merkitsee yksilön, työryhmän, yksikön tai organisaation ominaisuutta, taitoa tai kapasiteettia luoda ideoita ja hyödyntää niitä. Innovatiivisuutta voidaan kuvailla myös yksilön, ryhmän tai organisaation avoimuutena ja joustavuutena uusille ideoille, mutta myös kapasiteettina ja taitona luoda ideoita ja kehittää ne käyttökelpoisiksi asiakasmarkkinoille tai omaan organisaatioon. Luovuuden ja innovatiivisuuden kehittämisessä organisaatiotasolla on oleellista organisaatioiden kyky hyödyntää jäsentensä luovuutta. On tärkeää, että yritykseen luodaan luovuutta tukeva avoin ilmapiiri, joka tarjoaa henkilöstölle vapauden ja edellytykset luovaan ajatteluun ja ilmaisuun ja saa ihmiset tuntemaan itsensä hyödyllisiksi ja tekemään innostuneina työtään.

Innovatiivisessa organisaatiossa korostetaan aloitteellisuutta, investoidaan tutkimukseen ja tuotekehitykseen sekä ollaan paljon vuorovaikutuksessa ulkomaailman kanssa. Innovatiiviset yritykset ovat onnistuneet luomaan kulttuurin, joka suosii osallistumista ja saa työntekijät sitoutumaan yritykseen. Innovatiivisen yrityksen arvot ovat innovatiivisia: niissä painotetaan uusiutumista, asiakassuuntautuneisuutta, yhteistyötä, viestintää ja vapautta. (Korpelainen & Lampikoski 1997, 47–50, 53; Lampikoski & Emden 1999, 68.)

### 3.8 Verkostoituminen

Usein kuvitellaan, että yrityksellä on hyvät partnership-suhteet. Sitten onkin huomattu, että ollaan strategisten kumppaneiden sijasta vaan tasaamassa kapasiteettiä. Verkostoituminen ei ole kehittynyt sille asteelle, että olisi oikeasti erikoistuttu omiin ydinosamisalueisiin. Erityisesti alihankintateollisuudessa aitoon verkottumiseen ja kaikkia osapuolia hyödyttävään yhteistyöhön on vielä matkaa. Toinen verkostoitumisen muoto on horisontaalinen verkottuminen, jossa yritykset täydentävät toistensa osaamista ja resursseja siten, että voidaan vastata isoihin tarjouspyyntöihin. Yritysten pitäisi pystyä muodostamaan konsortioita ja verkottumaan, jotta ne olisivat uskottavia tarjoajia esimerkiksi todella suuriin ympäristö- ja energiahankkeisiin. (Epaper 2010.)

Yritystoiminnassa ja sen kehittämisessä yhdeksi avaintemaksi on noussut verkostoituminen ja sen myötä mahdollisuus joustavaan toimintatapaan. Verkostoituminen avaa pk-yrityksille mahdollisuuksia yhteistyöhön ja keskittymiseen omaan ydintoimintaan. Verkostolla tarkoitetaan yrityksiä muodostamaa yhteistä yhteisöä, jossa jokainen yritys on keskittynyt tekemään sitä, mitä yritys tekee parhaiten. Kaikki toimijat ovat yhteydessä toisiinsa sähköisen verkostojärjestelmän avulla, jolloin osapuolet pystyvät toimimaan itsenäisesti, joustavasti ja edullisesti huolimatta muiden osapuolien sijainnista.

Verkostoituminen mahdollistaa myös yhteisen tuotekehittelyn ja toiminnan suunnittelun. Verkostoitumisen kautta potentiaaliset hankkijat pääsevät mukaan yhteistyöhön vähäisin panostuksin. Lisäksi se antaa mahdollisuuden pienille yrityksille päästä tiedon lähteille, joten se ei ole vain suurten yritysten oikeus. Verkostoitumisen avulla yritykset pystyvät kehittämään yhdessä verkoston kykyjä ja osaamista, jotka parantavat muun muassa yritysten toimintoja, tuotteita ja palveluita. (Kolehmainen 2001.)

Verkostoituminen on noussut keskeiseen asemaan sekä taloudellisessa toiminnassa että laajemmin alueellisessa kehittämisessä sekä niitä koskevissa tutkimuksissa. Verkostonäkökulma on tuonut tuotantotoimintaan, alueelliseen kehittämiseen ja elinkeinotoiminnan edistämiseen monia uusia ajattelu- ja toimintamalleja. Verkoston oletetaan mahdollistavan avoimen kommunikaation ja monensuuntaisen ihmisten ja ideoiden liikkeen. Myös alueellisen

kehittäjäverkoston voidaan ajatella ihanteellisessa tilanteessa koostuvan useiden solmukohtien muodostamasta tiivistä kokonaisuudesta, jossa kommunikaatio on avointa ja uusilla innovatiivisilla ajatuksilla on mahdollista nousta esiin. (Linnamaan & Sotarauta 2001, 61–63.)

## **4 UUSI KIINTEISTÖ JA TUOTANNON SEURANTA**

Kokkola LCC Oy:n ja Kokkolan koulutuskuntayhtymän välinen kiinteistökauppa mahdollisti uuden tuotantotilan rakennuttamisen Jänismaan teollisuusalueelle. Uuden hallin suunnittelu alkoi syksyllä 2009 ja rakentaminen helmikuussa 2010. Yrityksellä ei ole tarvetta omistaa uutta kiinteistöä vaan se siirtyy uusiin tiloihin vuokralle.

### **4.1 Projektisuunnitelma ja toteutuminen**

Tuotantotilat valmistuvat projektiaikataulun mukaisesti kesän 2010 aikana. Muutto uusiin tiloihin tapahtuu kesällä ja toiminta jatkuu pääosin nykyisellä konekannalla. Uudistamme vanhan laserpinnoituslaitteen, joka on palvellut noin 10 vuotta. Vanha laitteisto on aika modernisoida tätä päivää vastaavaksi pinnoituslaitteeksi. Rakennusyhtiö tekee uudet nykyhetken tarpeita vastaavat tilat yhdessä suunnitellun ja tarkoituksenmukaisen suunnitelman pohjalta.

### **4.2 Layoutin muutos**

Tuotantotilat uuteen halliin on suunniteltu tämän hetken toiminnalle ja konekannalle. Koneiden sijoittelua on ajateltu ja mietitty samanaikaisesti kun hallin pohjapiirrosta on tehty. Materiaalin kulku pyritään saamaan joustavaksi ja konesijoittelu käyttäjäystävälliseksi.

Vanhassa toimitilassa aiheutti ongelmia hallin kaksiosainen nosturirata ja materiaalin poikkiliikenne hallissa. Myös suurimpien koneiden lattia ei vastannut laitetoimittajien suosituksia, joten ongelmia oli niiden tarkkuuksien pysymisessä lattian osalta. Koneiden ja tuotannon toimiessa tiedetään, mitä koneita halliin tulee ja kuinka paljon ne tarvitsevat tilaa.

### **4.3 Laitteiston asennus**

Uusiin tuotantotiloihin tulee suurimmille sekä painavimmille koneille omat konepetit, jotta koneiden tarkkuus säilyy lattiarakenteen osalta muuttumattomana. Muuton aikana koneiden asennuksesta vastaa ulkopuolinen koneasennusyritys.

### **4.4 Laitteiston soveltaminen tuotantoon**

Toimittaessa vaativissa olosuhteissa, käytettäviltä materiaaleilta halutaan erityisiä ominaisuuksia. Usein kyseisten materiaalien hinnat ovat korkeat. Laserpinnoituksen avulla voidaan kappaleissa käyttää normaaleja, edullisia perusmateriaaleja ja tehdä pinnasta vaaditun olosuhteen mukainen. Näin pystytään säästämään materiaalikustannuksissa. Tuotteiden hintojen ja kestoikien perusteella suoritetun tutkimuksen tulokset antavat hyvin rohkaisevan kuvan laserpinnoituksen kilpailukyvystä. Osin korkeampi hankintahinta asiakkaalle takaa usein pidemmän käyttöiän ja tätä kautta säästöjä kunnossapidon kustannuksiin.

Laserpinnoituksella on omat vahvat sovellusalueensa. Jokainen sovellus on tutkittava erikseen ja arvioitava laserpinnoituksen soveltuminen juuri kyseiseen kohteeseen. Tulevaisuudessa laserpinnoituksen kilpailukyky tulee paranemaan, kun laitteistojen investointikustannukset laskevat ja prosessia saadaan kehitettyä siten, että hyötysuhde ja pinnoitusnopeus kasvavat. Myös koko ajan kertyvä tieto materiaaleista ja niiden käyttäytymisestä laserpinnoituksessa parantavat kilpailukykyä. (LCC 2010b.)

### **4.5 Tämän hetkinen käyttö**

Laserpinnoituslaitteiden käyttöaste vuoden 2009 laman aikana ei ole ollut kuormitukseltaan riittävää eikä tasaista. Vanhan laserpinnoituskoneen käyttö on vähentynyt ja siihen ei ole panostettukaan johtuen koneen tulevasta modernisoinnista.

Uudempi laserpinnoituslaite on ollut käytössä kesästä 2009 saakka. Uudella laitteella on tehty tuotannon lisäksi myös testausta ja koeajoa. Tuotanto on mennyt tietenkin koeajon ja testaamisen edelle. Testaamiseen on kuitenkin panostettava ja siitä on saatava tuloksia, joiden avulla tulevaisuuden asiakastyö voidaan tehdä kannattavasti sekä tuottaen asiakkaalle lisäarvoa.

#### **4.6 Testaaminen**

Lasertyöstön kannalta vaikeita materiaaleja ovat alumiini, kupari ja valurauta. Optimi testaaminen vaatii toistettavuutta parametrien suhteen. Laserparametrit saadaan koneen ominaisuuksista ja prosessi- ja lisäaineparametrit haetaan testikappaleisiin tehtyjen koeajojen avulla.

Pinnoituksessa on monia parametrejä, joita muuttamalla vaikutetaan lopputulokseen. Pinnoitusparametreja haettaessa testien ja koeajojen avulla haetaan optimiarvot, joilla tuotantokappaleisiin voidaan laserpinnoitus toistuvasti toteuttaa.

Laserparametrit: aallonpituus, polarisaatio, säteen pinta-ala ja muoto, tehotiheys ( $W/cm^2$ ), tehojakauma

Prosessiparametrit: teho (kW), pinnoitusnopeus (mm/min), suojakaasu, suojakaasun virtaus (l/min) ja paine(bar), limitys (%/mm)

Lisäaineen syöttöparametrit: jauheen syöttömäärä (g/min), jauhesuuttimen kulma, jauhesuuttimen etäisyys, kantokaasu ja virtaus (l/min)

Materiaaliparametreja: perusaineen koostumus, pinnankarheus, lämpötila, kappaleen massa, absorptio, lämmönjohtavuus, sulamispiste, lisäaineen koostumus, partikkelikoko ja jakauma, absorptiokerroin, sulamispiste sekä tiheys

#### **4.7 Laatuominaisuudet**

Laserpinnoitus on korkeatasoinen pinnoitusmenetelmä, jonka yhtenä käyttökriteerinä on nimenomaan korkea laatu. Useimmiten tämä tarkoittaa tiivistä ja vähän seostunutta pinnoitetta. Tiiveydellä tarkoitetaan tässä



pinnoitetta, jossa ei ole säröjä eikä huokosia. Varsinkin korrodoivissa olosuhteissa tämä on tärkeä laserpinoitteiden kriteeri.

Normaalisti laserpinoitteet ovat tiiviitä, mutta joissakin tilanteissa virheitä syntyy. Säröjä on lähinnä kahta tyyppiä: jähmettymisjännityksistä muodostuvia palon poikittaissuuntaisia säröjä kovapinnoitteissa ja kuumasäröjä esim. tietyissä nikkelseoksissa. Niiden havaitseminen on hyvin hankalaa, elleivät ne jatku pintaan saakka. Huokosia esiintyy ennen kaikkea paljon hiiltä sisältävissä seoksissa. Tällaisia seoksia käytetään yleensä kulutuspinnoissa, jolloin riippuu käyttökohteesta, ovatko ne sallittuja.

Metallimatriisikomponenteissa esiintyy myös usein huokosia sulaneiden karbidien hiilen vaikutuksesta. Seostuma on prosenttiosuus siitä, kuinka paljon pinnoitteessa on perusaineesta sulanutta ja sekoittunutta materiaalia. Jos esimerkiksi nikkelipinnoitteessa rakenneteräksen päällä on 10 % rautaa (10 % seostuma), niin tämä rauta on peräisin sulaneesta alustamateriaalista ja tällöin vaikuttaa pinnoitteen ominaisuuksiin.

Yksi laserpinoituksen suurimpia etuja on pieni seostuma. Seostuma on onnistuneissa laserpinoitteissa 2...5 %, joka yleensä takaa pinnoitteen ominaisuuksien olevan hyvin lähellä vastaavaa umpiainetta. Kaikissa tilanteissa ei kuitenkaan päästä näin pieneen seostumaan joko pinnoite-perusaineyhdistelmän takia tai prosessissa tapahtuneiden muutosten takia. Suuri seostuma, esim. 20 %, ei kuitenkaan aina tarkoita sitä, että pinnoite olisi epäonnistunut vaan tämä riippuu pinnoitteen ja perusaineen välisestä metallurgiasta. Esim. stelliittin kulumiskestävyys alkaa selvästi huonontua yli 8 % rautapitoisuudella (8 % seostuma rakenneteräksen päälle pinnoitettaessa). Samoin nikkelseosten korroosion kestävyys alkaa heikentyä samoilla seostumisasteilla. Toisaalta esim. työkaluterästen seostuminen rakenneteräkseen tuskin huonontaa sen ominaisuuksia paljoakaan. Suuri seostuma voi olla myös syynä sitkeiden ja pehmeiden materiaalien kuumasäröilyyn.

Metallimatriisikomposiitteja valmistettaessa laserpinoituksella syötetään lasersäteeseen sekä matriisimateriaalia että karbideja. Prosessi onnistuu, jos matriisimateriaali sulaa ja muodostaa tiiviin ja hyvin tarttuvan "liiman" kovien

karbidien ympärille siten, että karbidit eivät sulaa tai hajoa. Karbidit lämpenevät tai osittain sulavat jo lasersäteessä, mutta matriisisulan ja karbidin keskinäiset fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet määräävät lopulta kuinka paljon ne hajoavat prosessissa. Tämä sulamisen/hajoamisen määrä yleensä määrää pinnoitteen onnistumisen. Suuri huokosten määrä ja halkeilu voivat olla merkkejä liian suuresta karbidien sulamisesta.

#### **4.8 Dokumentointi**

Koekappaleiden ja laserpinnoitustutkimusten dokumentointi on tehtävä huolellisesti. Dokumentointia voidaan myöhemmin hyödyntää vastaavien tuotekehitysten apuna ja myös muihin tuotteisiin. Yhteistyökumppanit ovat tärkeitä asiakastestien tutkimisessa. Omien resurssien ollessa rajalliset, täytyy metallurgisia tutkimuksia teettää alihankkijoilla. Tiedon hallinta on rajattava tutkimuksissa niin, ettei liikaa tietoa pääse ulkopuolelle. Tarvittaessa on tehtävä salassapitosopimuksia. Tuotantokappaleiden dokumentointi täytyy sopia asiakkaiden kanssa etukäteen, jotta riittävät tiedot säilyvät.

#### **4.9 Tuotteiden tarkastaminen ja tutkiminen**

Rikkova tarkastus sisältää ennen kaikkea pinnoitteen poikkileikkauksen mikrorakennetarkastelun, josta suurin osa pinnoitteen mahdollisista virheistä, kuten säröistä tai huokosista, voidaan nähdä. Poikkileikkaushiet tehdään tavallisesti palkoja vastaan kohtisuorasti, joten palkoja vastaan kohtisuorasti olevia säröjä ei välttämättä havaita. Poikkileikkauksesta voidaan määrittää seostuma joko graafisesti tai elektronimikroskoopin EDS-analysaattorilla. Samoin voidaan määrittää graafisesti esim. karbidiosuus. Rikkomatonta tarkastusta voidaan käyttää laserpinnoitteiden tutkimiseen jossain määrin. Tunkemanestetarkastus on näistä tärkein, jolla saadaan näkyviin pintaan asti ulottuvat säröt ja huokokset. Tarkastus voidaan suorittaa suoraan pinnoituksen jälkeen ilman koneistamista, vaikka pinta onkin hieman epätasainen.

Ultraäänitarkastusta voidaan käyttää koneistetulle pinnalle, kun halutaan tarkastaa, onko pinnoitteen ja perusaineen välissä mahdollisesti liitosvikaa, joka voisi irrottaa pinnoitteen. Tämä onnistuu normaalilla ultraäänilaitteella käyttäen kaksoisluotainta. Minimipinnoitusvahvuus on noin 1 mm., joka voidaan

tarkastaa. Tarkastuksessa tulee olla huolellinen varsinkin stelliittipinnoitteita luodatessa. Pinnoitteen ja perusaineen välillä on äänennopeusero, joka voi antaa virheindikaation nopeuden muutoskohdasta, vaikka liitos olisi täysin ehjä.

Seostuman tarkastusta varten on olemassa kannettavia analyysilaitteita, joilla saadaan mitattua pinnasta materiaalin kemiallinen analyysi ilman pinnan rikkomista. Laitteet perustuvat joko röntgensäteilyyn (XRS) tai valokaaresta emittoituneen valon aallonpituuteen (OES).

#### **4.10 Pinnoituksen aikainen laadunvalvonta**

Pinnoituksen tulosta voidaan tarkastella pinnoituksen aikana siten, että prosessi joko kirjaa mahdolliset poikkeamat pinnoitteessa tai korjaa prosessia automaattisesti sen aikana. Poikkeamia pinnoitteessa voidaan tarkastella mm. ultraääniantureilla tai kamerapohjaisilla järjestelmillä. Tällaisia järjestelmiä on kuitenkin vielä vähän käytössä. Prosessia korjaavista järjestelmistä eli adaptiivisista säädöistä yleisimpiä ovat sulan lämpötilaa monitoroivat järjestelmät, jotka säätävät lasertehoa siten, että sulan lämpötila pysyy vakiona. (LCC 2010b.)

#### **4.11 Materiaalit laserpinnoituksessa**

Laserpinnoitus on suhteellisen tunteeeton menetelmä perusaineen pienille vaihteluille, mutta joitakin huomioitavia asioita on kuten esim. materiaalien erilainen absorptio lasersäteeseen, jolloin esim. kuparin ja alumiini heijastavat enemmän säteestä takaisin kuin teräkset. Mikäli pinnoitettavan kappaleen materiaali on korkeammassa lämpötilassa sulavaa kuin pinnoitemateriaali, niin hyvä lopputulos on helpompi saavuttaa. Pinnoitettavan kappaleen lämpölaajenemiskertoimen ollessa suurempi kuin pinnoitemateriaalin, on säröjen ehkäisy helpompaa. Yleensä perusaine ja pinnoite sekoittuvat aina hieman toisiinsa, joten metallurgiset tekijät voivat tuottaa huokosia tai säröjä. Rakenneteräkset ovat tavallisimpia laserpinnoitettavia materiaaleja, koska ne ovat edullisia ja pinnoitteella haetaankin nimenomaan parannettuja pintaominaisuuksia. Yleensä ongelmia ei esiinny, joskin pinnoiteaineen tulee sietää hieman raudan seostumista perusaineesta. Helposti karkenevat teräkset

kuten nuorrutus-, työkalu- yms. karkenevat teräkset käyttäytyvät yleensä samoin kuin niukkaseosteiset rakenneteräksetkin.

Suuren hiilipitoisuuden esim. yli 1 % hiiltä omaavat työkaluteräkset voivat aiheuttaa huokosia pinnoitteeseen. Perusaineen halkeilu on myös mahdollista, joskin suhteellisen harvinaista. Austeniittiset ruostumattomat teräkset kuten AISI 304 ja 316 ovat ihanteellisia perusaineita, koska niillä on suuri lämpölaajenemiskerroin. Tämä tuottaa pinnoitteeseen yleensä puristusjännitystilaa, joka on hyvin edullista varsinkin hauraita pinnoitemateriaaleja käytettäessä.

Nikkeliseosten pinnoittamisessa ei ole erityisiä ongelmia, joskin jotkin erkaumalujitetut materiaalit saattavat aiheuttaa säröytymistä. Alumiinin pinnoittamisessa on ongelmana sen alhainen sulamispiste, joka tuottaa helposti suuren seostumisasteen, jos pinnoitetaan korkeammassa lämpötilassa sulavalla lisäaineella. Alumiinin seostaminen kulutuskestävyyden parantamiseksi on sen sijaan mahdollista, samoin kuin korjaus alumiinilisäaineella.

Valurautojen pinnoittaminen on ongelmallista. Suuri hiilipitoisuus aiheuttaa palaessaan huokosia pinnoitteeseen ja hauras valurauta on herkkä halkeamaan. Seostuessaan pinnoitemateriaaliin valuraudan seosaineet voivat aiheuttaa mm. kuumahalkeamia. Pallografiittivalurauta on huomattavasti sitkeämpää kuin suomugrafiittivalurauta ja kestää näin paremmin pinnoituksessa syntyviä jännityksiä. Sopivia pinnoitusmateriaaleja on rajoitetusti, mutta nikkelivälikerros antaa mahdollisuuden käyttää normaaleja pinnoitusmateriaaleja. (LCC 2010b.)

#### **4.12 Kunnossapitoteollisuus**

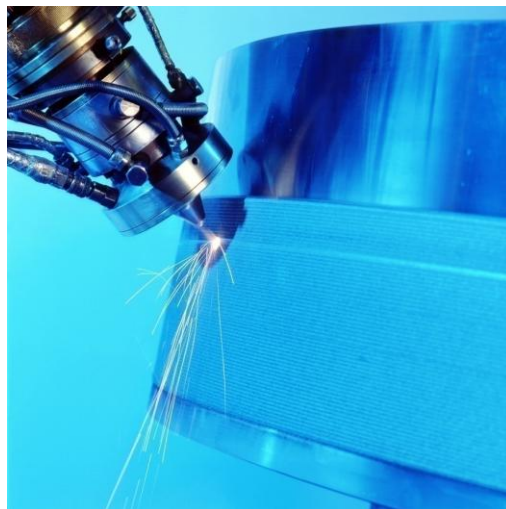
Korjattavien ja kuluneiden osien kunnostus ovat tärkeimpiä laserpinnoituksen sektoreita. Laserpinnoitusta käytetään varsinkin kalliiden ja usein suurten komponenttien kunnostukseen mm. voimalaitoksissa, joissa kunnostus säästää huomattavasti kustannuksia, ja toisaalta komponenttien toimitusajat voivat olla hyvin pitkiä. Yleisimmät kohteet ovat erilaisia laakeri-, liuku-, tiiviste- ja kulutuspinnoja. Suurin osa komponenteista, jotka kunnostetaan laser-

pinnoituksella, ovat erilaisia akselityyppisiä koneenosia, joiden materiaali on nuorrutusterästä tai martensiittista ruostumatonta terästä. Nämä kunnostetaan useimmiten noin 40...50 HRC kovuudella stelliillä (esim. Stelliitti 21) tai martensiittista ruostumatonta terästä (esim. AISI 431) käyttäen. Pinta koneistetaan haluttuun mittaan pinnoituksen jälkeen. Tällöin saadaan kunnostuksen lisäksi usein alkuperäistä paremmin kohteessa kestävä pinta. Jos tarvitaan paksu korjauskerros esim. yli 3 mm, voidaan käyttää ensin halpaa teräsjauhetta täyttökerroksiin.

Suomessa laserpinnoitusta tekee teollisesti Kokkola LCC Oy. Yrityksemme valmistaa erilaisia pinnoitussovelluksia, joista esimerkkeinä akselirengaan pinnoitus kuvio 9. Tyypillisiä pinnoitettavia osia ovat erilaiset pyörähdyssymmetriset kappaleet; karat, akselit, telat, pumppujen osat, sylinterit esimerkkinä kuvio 10.

#### **4.13 Uustuotanto**

Ensimmäisen teollisen laserpinnoitussovelluksen esitteli Rolls Royce 1980-luvun alkupuolella. Laserpinnoitus syrjäytti turbiinin siipien ja siipien päiden pinnoitukseen ja korjaukseen aikaisemmin käytetyn TIG-hitsausprosessin, joka oli hidas, operaattorin taidoista riippuva ja siten huonosti toistettavissa oleva pinnoitusmenetelmä. Laserpinnoitusta sovelletaan laajasti myös vaikeissa kulumis- ja korroosio-olosuhteissa käytettäviin koneen osiin ja komponentteihin. (Kujanpää, ym. 2005, 201.)



KUVIO 9. Akselirengas (LCC 2010a.)

Kuviossa 9. on pinnoituksessa vesivoimalaitoksen akselitiivisterengas. Pinnoituskerros tehdään kappaleen ulkokehälle, jonka jälkeen pinnoitettu pinta sorvataan kuvan mukaiseen mittaan.



KUVIO 10. Voimalaitoskomponentteja (LCC 2010a.)

Voimalaitoksissa on monenlaisia venttiilin osia, joita voidaan pinnoittaa laserilla. Laserpinnoituksen avulla voidaan kunnostaa vanhoista osista jopa alkuperäistä kestävämpiä osia.

## 5 HENKILÖSTÖKYSELY JA TULEVAISUUDEN KEHITYSNÄKYMÄT

Kehittämistä on tapahduttava tulevaisuudessakin ja työn antamalla tuloksilla voidaan henkilöstöä ottaa mukaan kehittämiseen jatkossa enemmän. Alihankintaverkostoa on myös kehitettävä, mikäli yritys aikoo palvella yhä laajemmalla olevia asiakkaita. Uudet toimitilat ja toimivampi layout sekä konekannan uudistaminen antavat mahdollisuudet parempaan ja vakaampaan huomiseen. Lisäaineiden hallintaan vaaditaan osaamista, kuten luvusta 2.6 käy ilmi. Pk-yrityksen resurssit eivät riitä kuitenkaan metallurgian laajaan hallitsemiseen, joten tällä hetkellä täytyy keskittyä käytössä oleviin ja tunnettuihin lisäaineisiin. Laserpinnoituksen edut on löydetty ja asiakkaille voidaan kertoa, mihin menetelmää voidaan tehokkaasti käyttää. Kunnossapidon vähentäminen ja uustuotannon lisääminen helpottavat jatkossa toimintaa suunnittelun sekä markkinoinnin osalta.

Kuten Sydänmaalakka toteaa (Sydänmaalakka 2009, 200.), kaikki lähtee hyvästä asioiden johtamisesta. Ihmisten johtaminen on ennen kaikkea hyvän yhteistyön edellytysten luomista, jossa tavoitteena on jäsenten sisäinen motivaatio ja korkea sitoutuminen. Avoin ja rakentava ilmapiiri sekä toisista välittäminen ovat tärkeitä luovuuden edistämiseksi. Jatkovaa uudistumista tuetaan avoimella palautteella. Nopea uudistuminen nähdäänkin onnistumisen edellytyksenä.

Asiakkaiden kanssa innovointiin kuuluvat esimerkiksi parannusehdotukset asiakkaiden tuotteista sekä laserpinnoituksen uudet menetelmät, ”kohdeinnovaatiot”. Lisäksi asiakkaan kanssa on neuvoteltava mm. lisäaineen tyypistä (jauhe tai lanka), jauheseoksesta, pinnoitteen paksuudesta, suola-sumutesteistä, perusaine- ja pinnoiteyhdistelmistä, koekäytöstä, koekäytön perusteella uusien variaatioiden testaamisesta, parametritesteistä (WPS), menetelmäkokeista sekä ympäristöä säästävistä kunnostuskohteista.

Tärkeimpänä nyt ja tulevaisuudessa näen kuitenkin markkinoinnin ja sen onnistumisen. Yrityksen on huolehdittava tiedon pysymisestä talon sisällä myös jatkossa. Tuotteet täytyisi suunnitella uutena ennen markkinoille tuloa niin, että niitä voidaan kunnostaa ja korjata. Monimateriaaliset osat ja -tuotteet kestävät

tuotannossa pidempään ja kunnostus- sekä seisokkiväliä voitaisiin pidentää. Pitämällä henkilöstön asiat kunnossa saadaan paras lopputulos myös yrityksen kannalta. Palkkaus, koulutus ja joustavat neuvottelut antavat työntekijöille tunteen kuulumisesta työyhteisöön, jossa he myös haluavat olla mukana. Mitä yhtenäisempi henkilöstö on, sen vaikeampi on myös kilpailijan tulla markkinoille. Mikäli sellainen tulee, olemme yhtenäisenä ”tiiminä” valmiita taistelemaan markkinaosuuksista. Tosin tällä hetkellä uskon, ettei kilpailuetuamme saa kovin helposti kiinni. Markkinoinnin kannalta toki kilpailija olisi tervetullut, jolloin saisimme menetelmälle ”laserpinnoitus” tunnettavuutta.

Myös Asikaisen mukaan on tärkeää huomata hiljaisen tiedon olemassaolo. Siitä saa kokonaan uuden näkökulman oman yrityksen, henkilökunnan ja työtovereiden osaamiseen. Tästä syntyy arvostusta, tämä voimavaraistaa ja rakentaa myönteistä ilmapiiriä; asiantuntijuus on meillä ja meissä, ei ulkopuolisilla konsulteilla ja kouluttajilla. (Asikainen & Toivonen 2004.)

Laserpinnoitus ei ole tuttua monellekaan uudelle asiakkaalle, joten lähes aina on lähdeittä kehittää uutta mahdollisuutta parempaan ja kestävämpään tulevaisuuteen heidän tuotteidensa kautta. Asiakas saattaa löytää kuvien ja aiempien tehtyjen tuotteiden avulla vastaavia tuotteita, joita voisi laserpinnoittamalla kunnostaa ja siten pidentää tuotteen kestävyyttä. Henkilöstön kehittäminen ja hallinta menestyäkseen vaatii tietoa myös henkilöstöltä itseltään, miten he ajattelevat ja näkevät yrityksen toiminnan.

## **5.1 Henkilöstökysely**

Kyselyllä haetaan vastausta henkilöstön- ja yrityksen kehittämiseen. Uuden diodilaserin hankinnan yhteydessä heinäkuussa 2009 koulutettiin henkilöstöä uudelle koneelle. Kyselyyn osallistui koko henkilöstö lukuun ottamatta yrityksen toimitusjohtajaa sekä hallituksen puheenjohtajaa. Painopisteinä käytettiin opinnäytetyön teoriaosassa olleita aiheita ja koulutuksen kehittämistä yrityksessä. Aiemmin ei ole kirjallista kyselyä aiheesta tehty, joten tuloksien avulla voidaan myös päätellä, onko jatkossa hyödyllistä uusia kyselymääraajoin. Kaikkiin kysymyksiin ei koko henkilöstö ole vastannut, koska ne oli laadittu osalle ydinhenkilöstöä, jotka työskentelevät laserpinnoituksen parissa. Kyselyn ajankohta on myös sopiva, koska pian saadaan uusi diodilaser



käyttöön muuton jälkeen ja koulutuksessa voidaan ottaa huomioon henkilöstökyselyn tuloksia. Kyselyn tulokset auttavat seuraavissa koulutuksissa sekä niiden suunnitteluvaiheessa. Henkilöstö vastasi kirjalliseen kyselyyn nimettömänä ja työvuoron yhteydessä. Ennen kyselyyn vastaamista käytiin läpi lyhyesti, mihin tällä kyselyllä pyritään ja miten tietoja tullaan käyttämään. Vastauksia saatiin palautuksena 7 / 9 kpl. (noin 80 %). Pyynnöstä huolimatta kaikkia ei saatu vastaamaan kyselyyn.

Kyselylomakkeen 1 kohdissa 1 - 10 kysyttiin asioita diodilaserkoulutuksesta, joka toteutettiin uuden laitteen käynnistyttyä kesällä 2009. Koulutukseen osallistui 3 henkilöä, jotka kaikki vastasivat kyselyyn. Vastaukset annettiin rengastamalla vaihtoehto, joka parhaiten kuvasi vastaajan mielipidettä: hyvä, melko hyvä, melko huono tai huono. Kohdat 11 - 25 liittyivät yleisempiin yrityksen asioihin, kuitenkin laserpinnoitukseen nekin. Opinnäytetyön teoriassa käydyt pinnoitukseen liittyvät kysymykset antavat tukea johtopäätöksiin ja tulevaisuuden suunnitteluun.

Kyselylomakkeessa 2 kysyttiin odotuksia sekä tuntemuksia ennen ja jälkeen uuden laserpinnoituskoneen hankinnan. Kysymyksillä haettiin henkilöstön omia näkemyksiä yrityksen tulevaisuudesta ja toimintatavasta konehankinnoissa. Antamalla henkilöstön vastata kysymyksiin kirjallisesti nimettöminä, haluttiin taata jokaiselle mahdollisuus tuoda esille vapaasti ajatuksiaan.

## **5.2 Henkilöstökyselyn analysointi**

Henkilöstökyselyn varsinaiset tulokset ovat liitteessä 2. Sivun 1 vastauksista näkyvät keskiarvot ja yhteenveto siitä, mitkä asiat ovat kohdallaan ja mitä kannattaa lähteä kehittämään vastaajien mielestä. Sivulta 2 on kerätty olennaiset asiat, jotka ovat nousseet esiin.

Sivulla 1 olleet kysymykset; 3, 5, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 22, 25 olivat vastaajien mielestä kunnossa tai lähes kunnossa. Kehitettävää oli eniten kohdissa; 2 Laserkoulutus kokonaisuutena, 4 Koulutuksen pituus, 6 Koulutusmateriaalin laatu, 8 Testaaminen koulutuksen aikana, 20 Koulutus vastasi odotuksia, 21 Pystyn hyödyntämään koulutusta, 23 Millainen on oma työmotivaatiosi nyt.

Mielenkiintoinen havainto oli kohdassa 25 Kiinnostaako lisäkoulutus jatkossa, jossa kaikki vastaajat olivat halukkaita lisäkoulutukseen.

Sivun 2 vastauksista voi tehdä seuraavanlaista yhteenvetoa. Uusi laser antaa mahdollisuuksia ja varmuutta jatkaa yrityksen toimintaa. Se on myös nopeampi kuin vanha laserpinoituskone. Työpaikka koettiin epävarmana edelleen, mutta tilanne on kuitenkin parempi kuin ennen uuden laserpinoituskoneen hankintaa. Vaihtelu ja uusi tekniikka kiinnostivat. Konehankinta on pääsääntöisesti vastannut odotuksia, mutta pieniä korjattavia kohtia löytyi kuitenkin esim. suojat ja työasema. Henkilöstö haluaisi enemmän mukaan hankintoihin ja hankittavien laitteiden valintaan ja soveltuvuuteen. Yhteenvetona vastauksista voidaan todeta, että uusi pinnoitustyöasema on saatu melko hyvin toimintaan mukaan.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työssä haettiin kehittämismahdollisuuksia laserpinnoitustuotantoon ja yrityksen kehittämiseen. Niitä löytyikin monista eri toiminnoista. Yrityksen siirtyessä uusiin tuotantotiloihin, tulee toiminta olemaan tuotannolle joustavampaa uuden layoutin myötä. Vanhan Co2-laserin modernisointi diodilaseriksi helpottaa myös tulevaisuudessa toimintaa. Siirryttäessä teollisuusalueelle saadaan yhteistyökumppanit lähemmäs samalle alueelle. Validiteettina käytettiin henkilöstön arviointeja siitä, miten hyvin kysymykset mittasivat tiettyä asiaa. Ennen tutkimusajankohtaa järjestettiin myös tiedotus kaikille vastaajille, jolloin osallistuvilla oli mahdollisuus tarkentaa tietoja, joita ei ymmärretty tai jotka oli ilmaistu puutteellisesti. Tässä tutkimuksessa reliabiliteettia pyrittiin nostamaan mittaamalla laserpinnoitusta useammalla muuttujalla. Henkilöstökysely osoitti, että toiminnassa on tehostamista monilla osa-alueilla. Jatkossa henkilöstökyselyä voi pitää pohjana, josta tulisi säännöllisesti selvitys henkilöstön ajatuksista ja mielipiteistä yrityksen toiminnasta. Vaikka toiminta henkilöstön kanssa on jokapäiväistä kanssakäymistä, niin ei kuitenkaan tule tallennettua tietoa ilman valmista pohjaa, johon henkilöstö voi oman mielipiteensä kertoa. Henkilöstökysely täytyy ottaa todesta, eikä kyseenalaistaa sen tuomia tuloksia.

Haastavaksi tekee toiminnan kehittämisen myös se, että vastaavia laserpinnoitusyrityksiä ei ole. Kehittämisen ”pioneeri” työtä on siis jatkettava. Toiminnan kehittäminen on monelta osin vastaavaa kuin muissakin Pk-yrityksissä, mutta eroaa kuitenkin laserpinnoituksen ja siihen liittyvien toimintojen osalta. Jatkotutkimuksia varmasti tarvitaan monin osin ja toimintaa tulee kehittää jatkossakin. Laserpinnoitusprosessi on laaja alue, jossa riittää jatkotutkimusaiheita moneen opinnäytetyöhön.

**Opinnäytetyön luonteesta johtuen varsinaiset tulokset sekä liitteenä olevat henkilöstökyselyn tulokset kuuluvat yrityssalaisuuden piiriin.**

**Opinnäytetyön julkisesta versiosta on poistettu sivut 38 - 41 sekä liitteet.**

## LÄHTEET

- Asikainen R. & Toivonen V. 2004. Yrityksen hiljainen osaaminen. Ai-Ai kustannus
- Kujanpää V. Salminen A. & Vihinen J. 2005. Lasertyöstö. Tammer - Paino Oy
- Kulina P. Richter K. Ringelhahn H. & Weber H. 1996. Lasertyöstö. Suomenkielisen laitoksen toimittajat: Andersson P. Hämäläinen V. & Kivistö H. Keuruu; Jyväskylän ammatillinen aikuiskoulutuskeskus, Keuruun aikuiskoulutusosasto.
- Koiranen M. 1993. Ole yrittäjä- ulkoinen ja sisäinen yrittäjäyys. TT-Kustannustieto Oy.
- Kolehmainen J. 2001. Yritykset ja alueet tietointensiivisessä globaalitaloudessa. Tampereen yliopisto, työelämän tutkimuskeskus, Työraportteja 62/2001. Tampere
- Korpelainen K. & Lampikoski K. 1997. Innovatiivisuus-muutosvoima. WSOY
- Lampikoski k. & Emden J. 1999. Johda innoitiivisesti. WSOY
- Lecklin O.1999. Laatu yrityksen menestystekijänä. Gummerus Kirjapaino Oy.
- Linnamaa R. & Sotarauta M. 2001. Alueiden kilpailukyvyyn kahdeksan elementtiä, Suomen kuntaliitto Acta-sarja. Helsinki
- Peltonen M. & Ruohotie P.1991. Ihmisten Johtaminen. Aavaranta-sarja n:o 24. Otava.
- Peltonen M. 1986. Yrittäjäyys. Helsinki Otava
- Piha K. 1984. Luovuus yrityksen voimavarana. Raportti koulutuskampanjasta Valkea-koskella 1984. Tampereen yliopisto.
- Pirnes U. 1994. Kehittyvät tiimit. JTO tutkimussarja 8. Tammer-Paino Oy.
- Pöysti T. Tuurinkoski K. & Virtanen A. 2004. Laser metalliteollisuudessa. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Helsinki.
- Strömmer R. 1999. Henkilöstöjohtaminen. Edita.
- Sydänmaalakka P. 2009. Jatkuva uudistuminen. Kariston kirjapaino Oy
- Tikkanen H. & Vassinen A. 2010. Yrityksen hiljainen osaaminen Strateginen markkinointiosaaminen. Talentum Media Oy

## SÄHKÖISET LÄHTEET

- Balliu 2010. Balliu nv. Yrityksen kotisivut. www-dokumentti. Saatavissa:<http://www.balliu.be>. Luettu 30.03.2010
- Epaper 2010. Teollisuussuomi huhtikuu 2010. I Niemelä Teknologiateollisuus ry. www-dokumentti.

Saatavissa:<http://www.epaper.fi/reader/?issue=11380;887e4411fc3037f432e3dda1c489e8db>. Luettu 16.04.2010

IMS 2010. Tampereen teknillinen yliopisto. Materiaaliopin laitos. www-dokumentti. Saatavissa:[http://www.ims.tut.fi/vmv/2004/vmv\\_4\\_1\\_4.php](http://www.ims.tut.fi/vmv/2004/vmv_4_1_4.php). Luettu 16.04.2010

LCC 2010a. Kokkola LCC Oy. Yrityksen kotisivut. www-dokumentti. Saatavissa:[www.lcc.fi](http://www.lcc.fi). Luettu 12.12.2009

LCC 2010b. Kokkola LCC Oy. Laserpinnoitusopas. www-dokumentti. Saatavissa:<http://www.lcc.fi/pdf/Laserpinnoitusopas>. Luettu 24.03.2010

Laserco 2010. ESR- Lasertyöstön oppimisympäristö . www-dokumentti. Saatavissa:<http://www.laserco.fi/lasertiedostot/Laserkarkaisu.pdf>. Luettu 20.02.2010

TTL 2010. Työterveyslaitos. Säteily. www-dokumentti. Saatavissa:<http://www.ttl.fi/Internet/Suomi/Aihesivut/Tyohygienia/Sateily+ja+valaistus/as.pdf>. Luettu 15.03.2010

Ympäristö 2010. Valtion ympäristöhallinto. verkkopalvelu. www-dokumentti. Saatavissa:<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=79101&lan=fi>. Luettu 15.04.2010