

Opinnäytetyö (AMK)

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Tekniikka ja liiketoiminta, Teknologiateollisuus, Konetekniikka

2021

Arttu Tauriainen

TYÖN ESIVALMISTELU JA HINNOITTELU KONEISTUKSESSA

HT Laser Kaarina

OPINNÄYTETYÖ (AMK / YAMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Konetekniikka

2021

Arttu Tauriainen

TYÖN ESIVALMISTELU JA HINNOITTELU KONEISTUKSESSA

Case HT Laser Kaarina

Opinnäytetyö tehtiin HT Laser Kaarinan yksikölle. HT Laser on metalliteollisuuden järjestelmätoimittaja, jolla on 9 eri toimipistettä. HT Laserin erikoisosaamista ovat kokoonpanot ja komponenttivalmistus sekä tarpeiden mukaan optimoidut ja jalostetut leikkeet. Kaarinan yksikössä tehdään metallin leikkausta, särmäystä, hitsausta ja koneistusta. Työn tavoitteena oli lyhentää koneistuksen läpimenoaikaa ja tarkentaa koneistuksen hinnoittelua Kaarinan yksikössä.

Työ aloitettiin tutustumalla koneistuksessa käytettyihin menetelmiin. Työssä tarkasteltiin työstökoneen työympäristön soveltuvuutta koneistukseen, työstettäviä kappaleita ja minkä tyyppiseen työhön kone soveltuu parhaiten. Henkilöstön kanssa keskusteltiin heidän näkemyksistään hinnoittelun ja koneistuksen suhteen. Työn aikana selvitettiin mistä koneistuksen pitkät läpimeno ajat aiheutuvat ja millä keinoilla näihin voidaan vaikuttaa. Hinnoittelun osalta selvitettiin, miten yrityksen hinnoittelu on hoidettu tällä hetkellä ja mitkä tekijät aiheuttavat suurimmat virheet hinnoittelussa.

Koneistuksessa suurimmat haasteet aiheutuivat uusia töitä aloittaessa. Tätä varten kehitettiin työn esivalmistelu vaihetta, jonka avulla saadaan työn aloitusta helpotettua. Hinnoittelun osalta keskityttiin tarkentamaan koneistuksen työstöaikojen arviointia. Työstöaikojen arviointia varten kehitettiin Excel-taulukko, jonka avulla saadaan yksinkertaisista koneistettavista muodoista laskettua tarkka arvio. Jatkossa seurataan, miten arvioitu työstöaika on toteutunut käytännössä, ja tehdään muutoksia sen mukaan.

ASIASANAT:

Koneistus, asetus, ohjelmointi, menetelmäsuunnittelu, jysintä

BACHELOR'S / MASTER'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical Engineering

2021

Arttu Tauriainen

PREPARATION AND PRICING OF WORK IN MACHINING

Case HT Laser Kaarina

The thesis was commissioned by HT Laser Kaarina unit. HT Laser is a system supplier to the metal industry with 9 different locations. HT Laser specializes in assemblies and component manufacturing, as well as clips optimized and processed as needed. The Kaarina unit performs metal cutting, edging, welding and machining. The aim of the work was to shorten the machining lead time and specify the machining pricing in the Kaarina unit.

The work began with an introduction to the methods used in machining. The suitability of the machine tool and work environment for machining was studied. During the work it came clear what kind of parts the machine is best suited for. There was discussion with the staff about their views on pricing and machining. During the work, it became clear what causes the long lead time in machining and by what means these can be influenced. In terms of pricing, it was necessary to investigate how the company's pricing is handled at the moment. During investigation it became clear which factors cause the biggest pricing errors.

In machining, the biggest challenges arose when starting a new work. To this end, a work preparation phase was developed to facilitate the start of work. In terms of pricing, the focus was on refining the assessment of machining times. For estimating machining times, an excel spreadsheet was developed that can be used to calculate an accurate estimate from simple machinable shapes. In the future, it will be monitored how the estimated machining time has been realized in practice and make changes accordingly.

KEYWORDS:

Machining, setting process, programming, method design, milling

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	7
1 johdanto	7
2 HT Laser oy	8
2.1 Yritysesittely	8
2.2 Toimeksianto	9
3 Koneistus	10
3.1 Sorvaus	10
3.2 Jyrsintä	11
3.3 CNC TYÖSTÖKONEET	11
3.3.1 Ohjausjärjestelmä	12
3.3.2 Lastuavan työstön ohjelmointi	13
3.4 LASTUAMISPARAMETRIT	14
3.4.1 Karan pyörimisnopeus	14
3.4.2 Jyrsinnän pöytäsyöttö	15
3.5 KONEISTUSTYÖN ALOITUS	15
3.5.1 Työstökoneen koordinaatisto	16
3.5.2 Työstökoneen ohjelman testaus	17
3.6 Laadun seuranta	17
4 HINNOITTELU	19
4.1 Koneistuksen hinnoittelu	19
4.2 Kustannuspohjainen hinnoittelu	21
4.3 Arvopohjainen hinnoittelu	21
4.4 Markkinapohjainen hinnoittelu	21
4.5 Tuotekustannuslaskenta	22
4.5.1 Tuotekalkyyli	23
4.5.2 Tuotteen valmistusarvo ja omakustannusarvo	25

5	NYKYTILANNE	26
5.1	Työnsuunnittelu	26
5.2	Omakustannehinnan laskenta	26
5.3	Katelaskelma	27
5.4	Työstöajan arviointi	28
5.5	Työstökoneen ominaisuudet	28
5.6	Työympäristö	29
5.7	Esimerkki asetus	32
5.8	Työstökoneen ohjelmointi	37
6	TULOKSET	37
6.1	Työympäristö	37
6.2	Koneistuksen hinnoittelu	40
6.3	Uuden työn aloitus	40
7	YHTEENVETO JA POHDINTA	42
	LÄHTEET	44

KUVAT

Kuva 1.	Kaarinan tehtaasta	8
Kuva 2.	Sorvaus tapahtumasta	10
Kuva 3.	Jyrsintä	11
Kuva 4.	Työstökoneen koordinaatistosta	16
Kuva 5.	Minimikalkyyli	23
Kuva 6.	Minimikalkyyli laskennasta	23
Kuva 7.	Keskimääräiskalkyylin kaava	24
Kuva 8.	Normaalikalkyylin kaava	24
Kuva 9.	Täyskatteisesta kalkyylistä	25
Kuva 10.	OKA-hinnoittelusta	27
Kuva 11.	Katelaskelman sivu 1	27
Kuva 12.	Hylly	30
Kuva 13.	Koneen oma nosturi	31
Kuva 14.	Porat ja kierretapit	32
Kuva 15.	Pultit, mutterit ja aluslevyt	33
Kuva 16.	Makasiinin ulkopuolella olevat työkalut	34

Kuva 17. Lestit ja tunkit	35
Kuva 18. Asetuksen ensimmäinen kiinnitys	36
Kuva 19. Irrotettavan jigien kiinnityksestä	38
Kuva 20. Kappaleen kiinnitykseen käytetystä jigistä	38
Kuva 21. Toisen vaiheen kiinnityksestä	39

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

Lyhenne	Lyhenteen selitys (Lähdeviite)
CAD	Computer assisted design, tietokone avusteinen suunnittelu.
CAM	Computer assisted manufacturing, tietokone avusteinen valmistus.
CNC	Computer Numeric Control, Tietokoneistettu numeerinen ohjaus.
Jigi	Kappaleen kiinnitykseen käytetty väline. Yleensä teräksestä valmistettu. Kappale kiinnitetään jigiin käyttämällä pultteja ja kiinnittimiä.
Lesti	Kappaleen kiinnityksessä käytetty pidin, yleensä teräs levystä leikattu U-mallinen osa, jossa on reikä tai ura pultille.
Posta	Post Processor ohjelma, joka kääntää CAM ohjelman CNC koneen ohjauksen kielelle.
Terä	Yleisnimitys lastuavaan työstöön käytetyistä työkaluista.
Tunkki	Koneistettavan kappaleen alle kiinnitettävä tuki.

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan, mitä tulee ottaa huomioon työn esivalmistelussa koneistuksessa ja kuinka koneistusta hinnoitellaan.

Koneistuksen esivalmistelussa tulisi huomioida kaikki kappaleen valmistamiseen vaikuttavat tiedot. Näiden tietojen perusteella kappaleen valmistus voidaan suunnitella tehokkaasti ja pystytään toimimaan kilpailukykyisesti. Tehokas kappaleen valmistus ei yksistään riitä. Hinnoittelun tulisi myös olla totuudenmukainen. Tällä tavoin saadaan pitkiä pysyviä asiakassuhteita, jotka ovat avain kannattavuuteen.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää mistä pitkät läpimeno ajat aiheutuvat koneistuksessa ja kuinka niihin voi vaikuttaa menetelmiä kehittämällä. Hinnoittelun osalta tavoitteena oli tarkentaa työstöaikojen arviointia, joka on ratkaisevassa osassa koneistuksen hinnoittelua.

Koneistus-osiossa käsitellään koneistukseen liittyvää teoriaa. Hinnoittelu-osiossa esitellään eri hinnoittelustrategioita ja asioita, joita tulee ottaa huomioon erityisesti koneistuksen hinnoittelussa. Nykytilanne osiossa analysoin yrityksen tilannetta koneistuksen näkökulmasta ja kuinka hinnoittelun toteutusta. Samalla selvitetään, mistä aiheutuvat suurimmat haasteet koneistuksessa ja millä toimilla näihin voidaan vaikuttaa.

2 HT LASER OY

2.1 Yritysesittely

HT Laser on vuonna 1989 perustettu perheyritys. Toimipisteitä on kahdeksan ja työntekijöitä yhteensä yli 400. HT Laser tarjoaa kokonaisvaltaisesti hitsauksen, leikkauksen, särmäyksen, koneistuksen, pintakäsittelyn, 3D-tulostuksen, kokoonpanon ja tuotekehityksen.

HT Laserille tärkeitä arvoja ovat työturvallisuus, tasa-arvo ja ympäristö.

Työntekijöiden turvallisuus on tärkeää. Kaikessa toiminnassa tavoitteena on, ettei sattuisi työtapaturmia. Työntekijöitä koulutetaan ja kannustetaan toimimaan turvallisesti. Työntekijöitä kannustetaan kehittämään oman työn turvallisuutta ja uudet ideat palkitaan.

Kaikki saavat samat mahdollisuudet ja saman kohtelun taustasta huolimatta. Eettisten ohjeiden noudattamista valvotaan tarkasti. Yhteistyö kumppaneiden on myös noudatettava samoja eettisiä ohjeita, muuten yhteistyö lopetetaan.

HT Laserin toimintaa ohjaavat sertifioidut, ISO 9001- ja ISO 14001 -standardien mukainen laatu- ja ympäristöjärjestelmä. Jätteiden määrää ja niiden hyöty käyttöastetta seurataan. HT Laser on mukana Suomen Pakkauskierätyks RINKI -järjestelmässä, jonka avulla huolehditaan markkinoille tuotettujen pakkausten kierrätyksestä (Htlaser.fi).

Kaarinan tehdas sijaitsee hyvien kulkuyhteyksien varrella Kaarinan Krossissa.



Kuva 1. Kaarinan tehtaasta.

2.2 Toimeksianto

Toimeksianto koskee uuden työn aloitusta koneistuksessa ja koneistuksen hinnoittelua. Työssä tarkastellaan, mitä tulee ottaa huomioon arvioidessa uuden koneistuskappaleen työstöaikaa ja koneen soveltuvuutta työhön.

Työstöaikaa arvioidessa tulee ottaa huomioon aika varsinaisen koneistuksen lisäksi mm. kappaleen asetus, kiinnittäminen, vaihtaminen ja mahdollinen viimeistely. On tärkeää pystyä hahmottamaan, kuinka monta eri kiinnitystä tarvitaan ja kuinka monta työkalua. Valmistukseen kuluvia aikoja seuraamalla pystytään havaitsemaan mikä osa vaatii eniten kehitystä.

Koneen soveltuvuutta arvioidessa pyritään valitsemaan kappaleita, joissa saadaan koneen ominaisuuksia hyödynnettyä. Tavoitteena olisi pystyä hyödyntämään koneen pitkiä liikeratoja ja jyrsin karan kääntömahdollisuutta. Näiden toimien kautta valmistamisesta tulee kilpailukykyistä.

Työssä tarkastellaan konetta: TOS FUTQ 150 VR/4. Kone on varusteltu kääntyvällä jyrsinkaralla ja 2000 mm*4000 mm pöydällä.

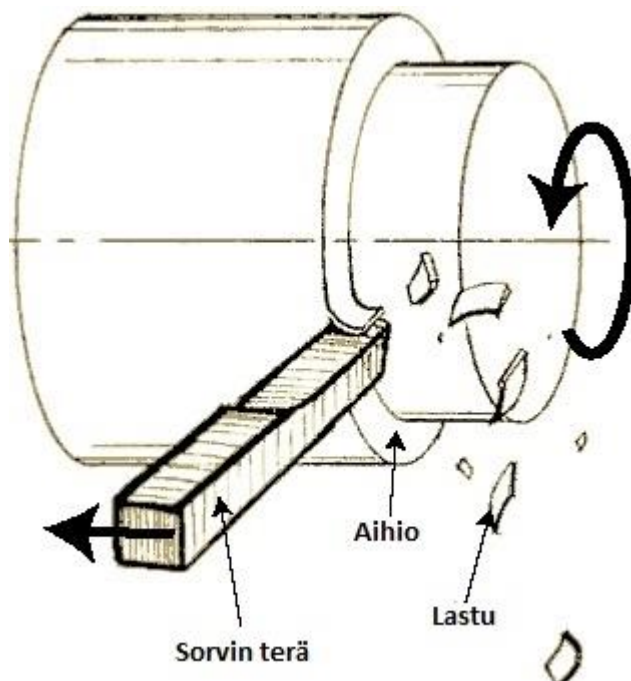
3 KONEISTUS

Koneistus on lastuavaa työstöä, kappaleesta poistetaan materiaalia saavuttaen haluttu muoto. Perinteisesti koneistus on jaettu kolmeen eri kategoriaan: jyrsintä, poraus ja sorvaus. Nykyaikaisilla jysinkoneilla hoidetaan niin poraus kuin jyrsintätoiminnot, joka selittää miksi nykyään on harvemmin erillistä porakonetta (www.engineeringarticles.org).

Lastuamalla valmistetaan yleensä tarkkamittaisia osia. Esimerkiksi polttomoottorin osat on suurimmaksi osaksi koneistettuja. Koneistuksessa käytettävät koneet on varustettu paikka mittauksella ja tietokone ohjauksella, ja laadun valvonta jää monesti koneistajan tehtäväksi.

3.1 Sorvaus

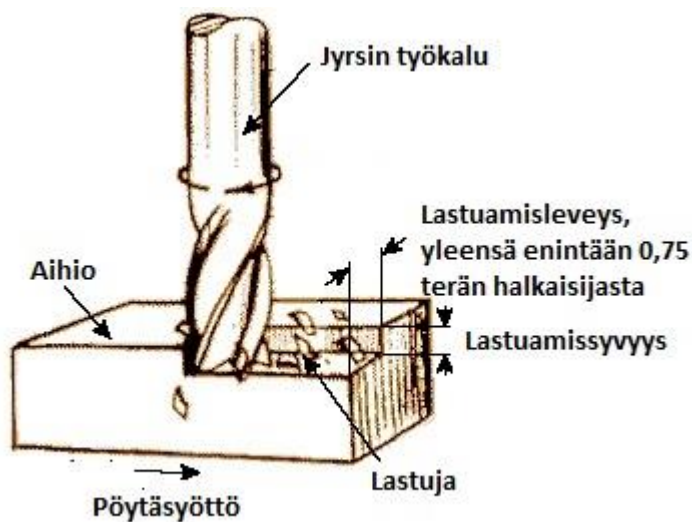
Sorvattaessa lastuttava kappale eli aihio pyörii kiinnitettynä sorvin karaan, työkalua ohjataan syöttöliikkeellä pyörivään kappaleeseen poistaen materiaalia ja saavutetaan haluttu muoto (www.engineeringarticles.org).



Kuva 2. sorvaustapahtumasta (engineeringarticles.org).

3.2 Jyrsintä

Jyrsimällä valmistetaan ei pyörähdyssymmetriset kappaleet. Jyrsittäessä karalle kiinnitetty työkalu pyörii ja jyrsinkoneen pöytää ohjataan syöttöliikkeellä, johon työstettävä kappale on kiinnitetty (www.engineeringarticles.org).



Kuva 3. jyrsinnästä (engineeringarticles.org).

Jyrsintä luo enemmän mahdollisuuksia millä tavoin kappale voidaan valmistaa. Esim. reiän voi valmistaa poraamalla, jyrsimällä tapilla tai avartamalla. Samaan lopputulokseen voi päästä usealla eri tavalla, mistä johtuen täytyy tunnistaa, mikä on tehokkain tapa käytettävissä olevilla työkaluilla ja kiinnityksillä. Toleranssit ja pinnankarheusvaatimukset vaikuttavat myös mihin työstötapaan päädytään.

Jyrsinnän työvaiheet CNC koneella ovat: asetus, ohjelmointi, työstö ja viimeistely.

3.3 CNC TYÖSTÖKONEET

CNC-Koneiden kehitys koneistustarkoitukseen alkoi 1940 luvulla ja ensimmäiset kaupalliseen käyttöön suunnitellut koneet valmistuivat 1950 luvulla. Aluksi oli kyse oikeastaan NC tekniikasta, sillä koneita ohjattiin reikäkorteilla tai -nauhoilla. Tietokoneella ohjatut CNC koneet yleistyivät 1960-luvun loppupuolella.

CAD/CAM teknologiaa päästiin hyödyntämään CNC-koneissa 1970-luvulla. Tähän asti ohjelmat tehtiin tekstimuotoon G-koodina, tai reikänauha aikaan G-koodeja vastaavina reikäkuviaina. CNC-koneisiin on matkan varrella tullut lisää akseleita, liikesuuntia ja CNC-koneita on alettu yhdistellä useita koneita ja robotteja sisältäviksi soluiksi (Heinonen & Kalliolahti 2020, s12).

Eniten käytettyjä ohjauksia työstökoneissa on mm. Fanuc ja Heidenhain. Fanuc on yleisin ohjaus, joka on varmasti yhteensopiva eri CAM-ohjelmien kanssa. Fanuc on hyvin monipuolinen ohjaus, se ei kuitenkaan sovellu hyvin käytettäväksi ilman CAM-ohjelmaa. Fanuc-ohjelma on kömpelö kirjoittaa käsin koneella tai muokata.

Heidenhain on ohjauksena suppeampi kuin Fanuc, mutta käyttäjäystävällisempi. Yksinkertainen ohjelma on nopea luoda työstökoneella käsin, ja sen muokkaus on helppoa myös vähemmän kokeneelle koneistajalle.

Kone liikkuu ohjelman määäämiin pisteisiin käyttäjän määrittelemästä nollapisteestä laskettuna. Koneistettavat muodot määritellään työkiertojen avulla, jos mahdollista. Työkierrossa määritellään haluttu muoto, sen syvyys, sijainti, jne. Tämän jälkeen ilmoitetaan koordinaatit ohjelmassa ja kone suorittaa halutun muodon ilmoitetussa koordinaatissa. (Vesämäki, 2018, s25-26.)

3.3.1 Ohjausjärjestelmä

CNC-koneiden ohjaus koostuu kahdesta osasta, laitteistosta (hardware) ja ohjelmistosta (software). Fyysiset osat kuten muistit, keskusyksikkö jne. muodostavat laitteiston. Laitteiston kanssa yhteen kuuluu ohjelmisto, joka koostuu käyttöjärjestelmästä ja ohjelmoitavasta logiikasta (PLC), tätä edellä mainittua kokonaisuutta kutsutaan systeemiohjelmaksi. Systeemiohjelma antaa koneelle ohjeet eri NC-käskyjen toteuttamiseksi. Systeemiohjelman toimittaa koneen valmistaja.

Systeemiohjelman ja työstöohjelman ero: koneistaja luo työstöohjelman, joka sisältää geometrisiä tietoja ja teknologisia tietoja kappaleen valmistamista varten, kun taas systeemiohjelma ohjaa työstökoneita näiden tietojen perusteella. (Vesämäki, 2018, s26.)

3.3.2 Lastuavan työstön ohjelmointi

Ohjelmointitavat jaetaan seuraavasti (Vesämäki, 2018, s56).

- käsin ohjelmointi
- ohjelmointi kyselevällä ohjauksella (mm. Heidenhain, Mazatroll, FAPT)
- tietokoneavusteinen ohjelmointi (CAD/CAM)

Käsin ohjelmointi on vanhin ohjelmointi tapa. Siinä ohjelma luodaan suoraan työstökoneen ymmärtämään muotoon. Ohjelmoija laskee työstöarvot, radan, aputoiminnot, jne. ja kirjoittaa ne lause kerrallaan ohjelmaan. Ohjelmointi on hidasta, mutta sillä saadaan todella tarkka ohjelma, koska jokainen liike tulee ohjelmoida itse, ei ole automaattisia lähestymis- ja poistumisliikkeitä. Virhemahdollisuus kasvaa tätä kautta ja ohjelman muokkaaminen on työlästä.

Vuorovaikutteinen eli ns. kyselevä ohjelmointi on huomattavasti käsin ohjelmointia tehokkaampi ratkaisu. Ohjauksessa on valmiina työratoja, joihin syötetään tietoja ja ohjelma luo työratoja näiden tietojen perusteella. Esim. porauksessa määritellään reiän syvyys ja syötetään reikien koordinaatit ja kone luo työstöradan näitä varten. Tätä ohjelmointitapaa voidaan pitää kehittyneenä käsin ohjelmointina. Kyselevä ohjelmointi sopii yleisesti ottaen hyvin yksittäiskappaleen valmistukseen.

CAD/CAM ohjelmoinnissa tietokone tekee ohjelmointi rutiinit, ohjelmoija voi valita haluamansa muodot 3D mallista ja määritellä parametrien avulla, kuinka haluaa piirteen koneistaa. CAM ohjelma luo työstöradan, joka voidaan simuloida tietokoneen näytöllä ja ohjelmoija voi parametrejä muuttamalla vaikuttaa suoraan koneistus tapahtumaan. (Vesämäki, 2018, s56-57). CAM-ohjelman luoma tiedosto muunnetaan CNC-koneen ymmärtämään muotoon postan avulla.

3.4 LASTUAMISPARAMETRIT

Työstöarvot tarkoittavat karan pyörimisnopeutta ja pöydänsyöttönopeutta. Oikeiden työstöarvojen valinta on tärkeää työkalujen keston ja tehokkaan käytön kannalta.

3.4.1 Karan pyörimisnopeus

Lastuamis- eli leikkuunopeus tarkoittaa nopeutta, jolla työstettävä kappale liikkuu terän ohitse. Lastuamisnopeus on välttämätön karan pyörimisnopeuden määrittämiseksi. Lastuamisnopeuden valintaan vaikuttaa ensisijaisesti (Heinonen & Kalliolahti, 2020, s30):

- työstettävän kappaleen ja terän materiaali
- haluttu lastun muoto
- kiinnityksen tukevuus

Karan pyörimisnopeus lasketaan kaavalla (www.sandvik.coromant.com):

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times DC_{ap}}$$

V_c = Lastuamisnopeus (m/min)

DC_{ap} = Työkalun halkaisija (Sorvatessa työkalun halkaisijan sijaan käytetään työstettävän kappaleen halkaisijaa.)

Yleisesti lastuamisnopeus kovametalliterillä on luokkaa:

150-200 Teräs (m/min)

100-150 Ruostumaton teräs (m/min)

200-300 Alumiini (m/min)

3.4.2 Jyrsinnän pöytäsyöttö

Jyrsinnän pöytäsyöttö (mm/min) lasketaan kaavalla: (www.sandvik.coromant.com):

$$v_f = f_z \times n \times Z_{EFF}$$

f_z = Hammaskohtainen syöttö tarkoittaa, kuinka monta millimetriä yksi leikkaava särmä liikkuu kierrosta kohden. Tämä arvo on noin 0,2 mm – 0,4 mm rouhinnassa. Jälleen kerran täytyy ottaa huomioon teräpalan geometria, kiinnityksen tukevuus ja pinnankarheus vaatimukset. Viimeistelyssä käytetään 0,1 mm – 0,15 mm.

n = Karan pyörimisnopeus (RPM).

Z_{EFF} = Leikkaavien särmien lukumäärä.

3.5 KONEISTUSTYÖN ALOITUS

Koneistustyön aloittamista kutsutaan asetuksen teoksi. Asetus muodostuu kappaleen kiinnityksestä pöytään, työkalujen mittaamisesta ja nollapisteen asettamisesta.

Kappaleen kiinnityksessä tulee varmistaa työstön turvallisuus, niin ihmisen kuin koneen kannalta. Kappaleen tulee olla tukevasti kiinni, ei ylimääräisiä liikkeitä tai värinöitä. Kiinnitys tulee suunnitella siten, että se on toistettavissa uudelleen samalla tavalla. Kappale kiinnitetään ja tuetaan kohdista, joista ei aiheudu siihen mitään muodon muutoksia.

Tarkistetaan kaikkien tarvittavien työkalujen olevan makasiinissa. Lisäksi tarkistetaan niiden halkaisija, näin varmistetaan niiden olevan säädetty oikein työtä varten:

- Avartimien halkaisijan tarkistus
- Tarkistetaan työkalujen varren pituus
- Varmistetaan että työkaluissa on materiaalille sopivat teräpalalaadut käytössä.

Myös työkalujen kuluma on hyvä tarkistaa ennen työn aloittamista, jolloin vältetään yllättäviä työkalujen hajoamisilta. Työkalujen kohdalla vakioasetuksen merkitys

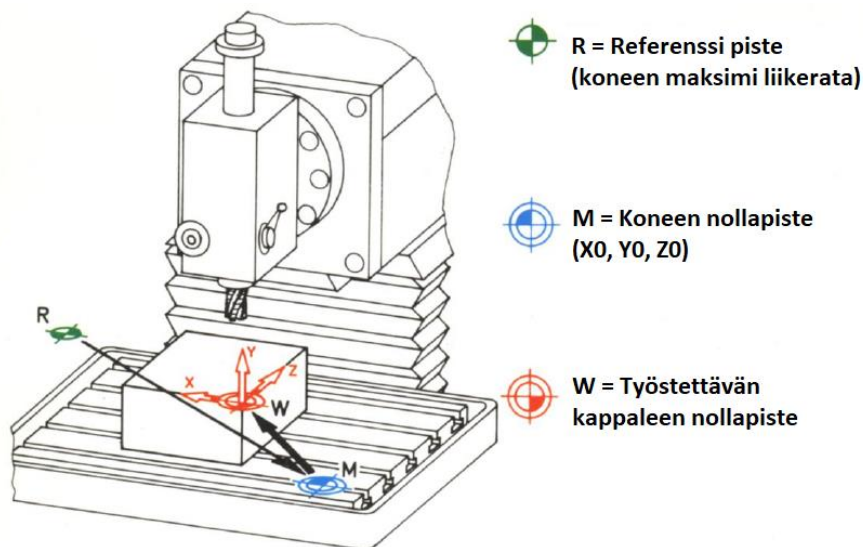
korostuu. Vakioasetus tarkoittaa sitä, että koneessa on valmiina asetettuna työkalut, joita tarvitaan eniten. (Vesamäki, 2018, s55.)

3.5.1 Työstökoneen koordinaatisto

NC-työstökoneissa on sekä kiinteitä, että siirrettäviä pisteitä. Jokaisella koneella on oma rakenteellinen nolapiste ja koneen koordinaattijärjestelmä perustuu tähän pisteeseen. Koneen mittausjärjestelmä toimii koneen oman nolapisteen perusteella.

Referenssipiste on kiinteä piste koneen liikealueella, johon kone pystytään aina ajamaan. Useasti referenssipiste on sama kuin koneen oma nolapiste. Kun kone käynnistetään, täytyy koneen tietää akselien asema. Tämä tapahtuu ajamalla kone referenssipisteeseen, sillä koneella on tiedossa referenssipisteen sijainti suhteessa koneen omaan nolapisteseen.

Ohjelman nolapisteen mukaan ilmoitetaan ohjelmassa käytetyt mitat. Ohjelmoija voi vapaasti valita ohjelman nolapisteen sijainnin siten, että laskeminen jää mahdollisimman vähälle ohjelmaa luodessa. (Vesamäki, 2018, s74.)



Kuva 4. työstökoneen koordinaatistosta (pdfslide.net).

3.5.2 Työstökoneen ohjelman testaus

Kun kappale on asetettu ja aloitetaan varsinainen koneistus, seuraava vaihe on ohjelman testaus. Kun ajetaan uutta ohjelmaa, on se aina testattava ensimmäisellä ajokerralla. Tarkoituksena on varmistaa, että koneistus on mahdollista kyseisillä menetelmillä, haetaan työstöarvoja kohdalleen ja vältetään mahdollisia törmäyksiä työstön aikana. Tässä vaiheessa voidaan samalla myös optimoida ohjelmaa samalla.

Tyypillisiä testausmenetelmiä ovat:

- liikeratojen simulointi
- ilmassa-ajo
- ensimmäisen kappaleen lauseittain ajo

Graafinen simulointi kannattaa yleensä tehdä CAM-ohjelmalla. Ilmassa-ajolla tarkoitetaan kappaleen irrottamista, tai nollapisteen siirtoa siten, ettei terä kosketa kappaletta. Lauseittain ajossa kone pysähtyy jokaisen käskyn jälkeen. Tällä tavoin on helppo mitata etäisyyksiä törmäyksien välttämiseksi. (Vesamäki, 2018, s56-57.)

3.6 Laadun seuranta

Koneenrakennuksen suurin haaste on saada eri yrityksissä valmistetut kappaleet toimimaan keskenään asiakkaan haluamalla tavalla. Laitteen suunnittelija on vastuussa tuotteen toimivuudesta ja teknisten piirustusten luontiin on sovittu yhteiset säännöt, joiden mukaan toimitaan. Edellä mainitut yhteiset säännöt määritellään standardissa SFS-ISO 286-1. Standardi määrittelee kuinka paljon mitta saa heittää annetusta perusluvusta. Mitan vaihteluväliä kutsutaan toleranssiksi. Suunnittelijan tulee tarkkaan valita toleranssi, joka mahdollistaa tuotteen toiminnan.

Koneistajan on hyvä tuntea:

- mittatoleranssit
- geometriset toleranssit
- pinnankarheuteen liittyvät toleranssit

Koneistetusta kappaleesta pitää pystyä tunnistamaan täyttyvätkö sille asetetut vaatimukset. (Heinonen & Kalliolahti, 2020, s93.) Koneistaja on itse vastuussa oman työnsä laadusta, mitä varten tarvitaan kalibroidut mittalaitteet, joiden avulla pystytään mittaamaan koneistettu kappale luotettavasti.

4 HINNOITTELU

Hinnoittelu yritysmarkkinoilla on tehtävä tiukan kilpailun takia hyvin tarkasti. Toiminnan kannattavuus ja kate syntyvät yleensä järkevästi suunnitellun ostamisen avulla. Toinen ohjaava periaate on ”pitkän aikavälin kannattavuus syntyy asiakassuhteilla”. Edellyttäen että asiakas voi luottaa hinnoittelun olevan kohdallaan, eikä koe tulleeensa huijatuksi (firma.fi).

Hinnoittelu ja erityisesti miten hinnoittelusta puhutaan, vaikuttaa siihen millaisia asiakkaita saadaan. Jos yritys puhuu laadusta, sille todennäköisemmin hakeutuu asiakkaita, jotka arvostavat korkeaa laatua. Vastaavasti jos yritys mainostaa halpaa hintaa, sille todennäköisemmin hakeutuu asiakkaita, jotka arvostavat halpoja hintoja (firma.fi).

4.1 Koneistuksen hinnoittelu

Koneistajan on hyvä ymmärtää mitä kustannuksia työ pitää sisällään, sillä työskentely pitää suunnitella kustannustehokkaasti. Kustannuslaskenta pitää sisällään asioita, joihin koneistaja voi vaikuttaa ja niitä, joihin ei voida vaikuttaa.

Kustannuksia joihin koneistuksessa ei voida vaikuttaa (Heinonen & Kalliolahti 2020, s23):

- tilavuokra
- työstökoneiden hankintakustannukset
- sähkö, vesi, lämpö
- voiteluaineet
- palkka ja sivukulut
- materiaalikulut
- kuljetuskulut

Kustannuksia joihin koneistuksessa voidaan vaikuttaa:

- työajan käyttö
- koneen tehokas käyttö
- asetusajat
- hukkatyö
- virhekustannukset
- materiaalikulut
- teräkulut

4.2 Kustannuspohjainen hinnoittelu

Kustannuspohjainen hinnoittelu on luultavasti yleisin hinnoittelutapa, sillä se on helppo ja lisäksi turvallinen tapa. Lasketaan tuotteen tai palvelun hinta ja lisätään päälle jokin prosenttiosuus. Hinta on helppo perustella, sillä se perustuu suoraan valmistuskustannuksiin. Kustannuspohjaisen hinnoittelun mahdollinen ongelma on, ettei se johda parhaaseen mahdolliseen hintaan, jonka asiakas olisi valmis tuotteesta maksamaan (parosterlund.com).

4.3 Arvopohjainen hinnoittelu

Arvopohjaisen hinnoittelun perusteena on ajatus, kuinka arvokas tuote on asiakkaalle?

Esimerkiksi, yritys kehittää laitteen, joka vähentää rekkojen polttoaineen kulutusta 3%. Jos asiakasyritys käyttää esimerkiksi miljoona euroa vuodessa polttoaineeseen, on laite heille 30 000 euron arvoinen. Luultavasti laitteesta ei voi suoraan pyytää sitä hintaa, mutta se antaa suuntaa hinnoittelulle.

Tämän hinnoittelun ongelmana on, että tulisi tietää tarkkaan minkä arvoinen tuote on asiakkaalle. Harvemmin tuotteella on yhtä arvoa, vaan se vaihtuu asiakkaan ja tilanteen mukaan. Arvopohjainen hinnoittelu on selkeä win-win malli, jos tuotteen hyöty ja arvo olisi selkeästi mitattavissa (parosterlund.com).

4.4 Markkinapohjainen hinnoittelu

Markkinapohjaisen hinnoittelun periaate on, että pyydetään suurin piirtein samaa mitä kilpailijat. Jos vaikka kehitetään jokin uusi tuote, joka on kehittyneempi kuin kilpailijoilla, niin voidaan pyytää hiukan enemmän.

Markkinapohjainen hinnoittelu on myös aika turvallinen tapa hinnoitella, jos kilpailijoiden hinnat ovat selvitetävissä. Kilpailijoiden kanssa samaa luokkaa oleva hinta on myös helppo perustella.

Markkinapohjaisen hinnoittelun suurin hyöty tulee silloin kun pystytään tuottamaan kilpailijoita vastaava tuote pienemmillä kustannuksilla (parosterlund.com).

4.5 Tuotekustannuslaskenta

Tuotekustannuslaskennan tehtävä on selvittää yhdestä työsuoritteesta aiheutunut kustannus. Kustannus tarkoittaa rahassa mitattua käyttöä, joka aiheutuu tuotteen valmistuksen eri vaiheista. Tuotantokustannukset on selvitettävä tarkasti, laskenta tulee suorittaa oikein ja riittävän tarkasti.

Jokapäiväiseen toimintaan kuuluu uuden, tai uudestaan valmistukseen otettavan tuotteen hinnoittelu. Jos tuotantokapasiteetista on pulaa, tuotevalikoinnin merkitys korostuu ja tällöin tulee valikoida omaan tuotantoon parhaiten sopivat työt. Kustannusohjaus tarkoittaa tuotteen budjettiseurantaa valmistuksen aikana. Tuotekehityspäätökset tehdään näiden valmistuksen aikana muodostuneiden kulujen perusteella. Tuotantomenetelmien vertailussa edullisimman valmistusmuodon ominaisuudet tuotteen kustannusten osalta. Investointipäätöksiä tehtäessä tarvitaan tarkka tieto siitä, miten tuotteen kustannukset rakentuvat. Ulkoisessa laskentatoimessa suoritetaan vuosittainen inventaario, eli materiaalin ja valmisvaraston arvon määrittely. Budjettitoiminnassa selvitetään valmistettuihin tuotteisiin käytetyt resurssit ja tuotteista saadut tulot. Alihankintapäätöksissä käydään läpi, onko tuote kannattavaa valmistaa itse, vai ostetaanko ulkopuolelta (wiki.aalto.fi).

Yleisin perusjako laskennassa on muuttuvien ja kiinteiden kustannuksien välillä. Muuttuvat kustannukset muodostuvat suoraan myynnin ja tuotannon mukaan, myynnin kasvaessa kasvaa myös muuttuvat kustannukset, myynnin laskiessa laskee myös muuttuvat kustannukset (tieto.osaavayrittaja.fi). Koneistuksessa muuttuvia kustannuksia ovat mm. materiaali, työkalut, sähkö, voiteluaineet ja leikkuuneste.

Kiinteät kustannukset eivät riipu myynnin määrästä, kiinteät kustannukset pysyvät samana, vaikka tuotanto seisoisi täysin. Kiinteitä kustannuksia ovat mm. palkat, vuokra, vakuutus jne.

Kokonaiskustannukset saadaan yhdistämällä kiinteät ja muuttuvat kustannukset.

4.5.1 Tuotekalkyyli

Tuotekalkyylien avulla lasketaan tuotteen kappale kohtaisia kustannuksia. Kalkyyleissa joudutaan sarjojen välillä erilaisten valintojen eteen, kustannusten laskeminen ei ole yksiselitteistä. Valitaan mitä kustannuksia laskelmissa otetaan huomioon. Suoritekohtaiset kalkyylit jaetaan kolmeen eri ryhmään (wiki.aalto.fi):

- Minimi- eli katetuottokalkyyli
- Keskimääräiskalkyyli
- Normaalikalkyyli

$$\text{Minimikalkyyli} = \frac{\text{Laskentakauden muuttuvat kustannukset}}{\text{Suoritemäärä}}$$

Kuva 5. Minimikalkyyli otetaan vain huomioon muuttuvat kustannukset, eli paljonko tuotteeseen sisältyy valmistuksesta aiheutuvia kustannuksia (wiki.aalto.fi).

MINIMIKALKYYLIPOHJAINEN TUOTEKALKYYLI		
Tilausnumero:		Tilaajan nimi:
Tuotenumero:		Tuotetyyppi:
Tilausmäärä:	100 tonnia	Hinta:
		7,10 € /kg
Valmistuserä-erittely:		
	Euroa/tonni	Euroa/Valmistuserä
Raaka-aine	2 599,60 €	259 960,00 €
Täyteaine	25,47 €	2 547,00 €
Lisäaine	132,10 €	13 210,00 €
Kate 1	4 342,83 €	434 283,00 €
Palkat	486,61 €	48 661,00 €
Sähkö	329,03 €	32 903,00 €
Höyry	141,37 €	14 137,00 €
Pakkaus	140,88 €	14 088,00 €
Kate 2	3 244,94 €	324 494,00 €
Asetuskustannukset	13,15 €	1 315,00 €
Menetetty tuntikate	16,38 €	1 638,00 €
Kate 3	3 215,41 €	321 541,00 €
Koneen tuntikate:		X Euroa/tunti

Kuva 6. minimikalkyyli laskennasta (wiki.aalto.fi).

Taulukossa näkyy kolme katetasoa, ensimmäisessä on raaka-aineet ja alihankinta osien kustannukset, toisessa palkka ja sähkö, kolmannessa sarjan asennus kustannukset (wiki.aalto.fi).

Tämä laskenta tapa muodostaa tuotteen valmistusarvon. Minimikalkyyli on käytännössä omakustannelaskennan kevyempi versio.

Keskimääräiskalkyyliissa huomioidaan kaikki laskentakaudet kustannukset. Laskenta pohjautuu siten, että muuttuvat ja kiinteät kustannukset muodostuvat kappaleen valmistuksesta ja markkinoinnista. Pitkällä ajan jaksolla keskimääräiskalkyyli voi antaa hyvin tarkan kuvan (wiki.aalto.fi).

$$\text{Keskimääräiskalkyyli} = \frac{\text{Laskentakauden kokonaiskustannukset}}{\text{Suoritemäärä}}$$

Kuva 7. keskimääräiskalkyylin kaava (wiki.aalto.fi).

Laskelmassa kustannukset muuttuvat suoraan toimintasuhteen mukaan. Toimintasuhteiden vaihtelujen vähentämistä varten on normaalikalkyyli. Siinä kiinteät kustannukset lasketaan aina normaalin toiminta-asteen mukaan. Perusteena on, kiinteät kustannukset ovat välttämättömiä kappaleen valmistamista varten, mutta toimintasuhte ei saa vaikuttaa kiinteiden kustannusten määrään. Normaalikalkyyli lasketaan seuraavasti (wiki.aalto.fi):

$$\text{Normaalikalkyyli} = \frac{\text{Muuttuvat kustannukset}}{\text{Todellinen suoritemäärä}} + \frac{\text{Kiinteät kustannukset}}{\text{Normaali suoritemäärä}}$$

Kuva 8. Normaalikalkyylin kaava (wiki.aalto.fi).

TÄYSKATTEINEN TUOTEKALKYYLI

Tilausnumero:		Tilaaajan nimi:	
Tuotenumero:		Tuotetyyppi:	
Tilausmäärä:	100 tonnia	Hinta:	7,10 € /kg

Valmistuserä-erittely:

	Euroa/tonni	Euroa/Valmistuserä
Raaka-aine	2 599,60 €	259 960,00 €
Täyteaine	25,47 €	2 547,00 €
Lisäaine	132,10 €	13 210,00 €
Kate 1	4 342,83 €	434 283,00 €
Palkat	486,61 €	48 661,00 €
Sähkö	329,03 €	32 903,00 €
Höyry	141,37 €	14 137,00 €
Pakkaus	140,88 €	14 088,00 €
Kate 2	3 244,94 €	324 494,00 €
Asetuskustannukset	13,15 €	1 315,00 €
Menetetty tuntikate	16,38 €	1 638,00 €
Kate 3	3 215,41 €	321 541,00 €
Johdon palkat	52,00 €	5 200,00 €
Tehdaskoneiston poistot	680,00 €	68 000,00 €
Voitto (Tappio)	2 483,41 €	248 341,00 €

Kuva 9. täyskatteisesta tuotekalkyylista (wiki.aalto.fi)

4.5.2 Tuotteen valmistusarvo ja omakustannusarvo

Tuotteen valmistusarvo saadaan, jos huomioidaan ainoastaan valmistuksesta aiheutuneet kustannukset. Jos valmistusarvossa otettiin huomioon pelkät muuttuvat kustannukset, silloin puhutaan minimivalmistusarvosta. Normaalikalkyyllillä laskettuna puhutaan normaalivalmistusarvosta (tilisanomat.fi).

Kun valmistusarvoon lisätään yrityksen myynnin ja hallinnon kustannukset, niin saadaan tuotteen omakustannusarvo eli OKA. Vastaavasti jos se on laskettu minimikalkyyllillä, niin puhutaan minimiomakustannusarvosta. Normaalikalkyyliä käyttäen saadaan puolestaan normaaliomakustannusarvo (tilisanomat.fi).

5 NYKYTILANNE

Tutkin mitkä tekijät vaikuttavat vääristyneisiin hintoihin koneistuksessa. Tämän lisäksi tutkin työympäristön soveltuvuutta koneistukseen ja minkälaiseen työhön käytössä oleva työstökone soveltuu parhaiten. Tutkimus tehtiin mittaamalla koneistuksen eri vaiheisiin kulunutta aikaa ja tutustumalla käytössä olevan työstökoneen ominaisuuksiin.

5.1 Työnsuunnittelu

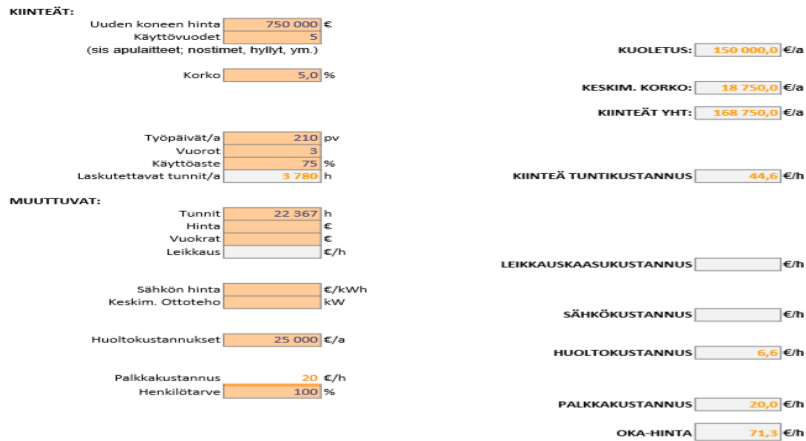
Tällä hetkellä tuotannonohjaus aiheuttaa suurimmat haasteet uuden koneistustyön aloituksessa. Joko koneistusta edeltävät työvaiheet ovat ruuhkautuneet ja kappaleet saapuvat myöhässä koneistukseen, tai koneistukseen on kuormitettu liikaa työtä yhdelle viikolle.

Koneistuksen työnsuunnittelu aloitetaan vasta kun kappale on saapunut koneistusvaiheeseen. Tämän seurauksena koneistuksen kiinnitys ja työvaiheet joudutaan suunnittelemaan hätäisesti. Kaikkia kappaleen valmistamiseen tarvittavia työkaluja ei välttämättä ole valmiina. Valmistuksen suunnittelu jää puolitiehen. Tästä aiheutuu ongelmia, jotka näkyvät laadussa ja toimitusvarmuudessa.

5.2 Omakustannehinnan laskenta

OKA-hintaan vaikuttaa eniten se, käykö kone kahdessa vai kolmessa vuorossa, jolloin otetaan huomioon suuren koneen kuoletusarvosta koituvat kustannukset. Myös käyttöaste vaikuttaa oleellisesti OKA-hintaan. Kappaleita on myyty suuremmalla OKA-hinnalla suhteessa taulukkoon, mikä on osaltaan kompensoinut virheellisiä työstöaikoja. Hinta on myös yleensä uuden tuotteen kohdalla ajateltu alaspäin, ikään kuin tavoiteaikana mihin pyritään pääsemään, kun on saatu enemmän kokemusta kappaleen valmistamisesta. Koneistuksen OKA-hinta on laskettu seuraavasti:

KONEISTUS TUNTIKUSTANNUS



Kuva 10. koneistuksen okalaskenta excel-taulukosta.

5.3 Katelaskelma

Katelaskelmasta selviää eri vaiheiden kannattavuus. Tässä esimerkki tapauksessa koneistus on ainoa työvaihe, joka on tuottanut negatiivisen katteen. Kyseisessä tapauksessa koneistukseen on laskettu 5 tuntia aikaa työn tekemiseen ja todellisuudessa aikaa on kulunut enemmän.

Tilaaja		asiakas X		Tarjouspyyntö		TIKAA9 / 2 642				11.2.2021
Laskija	Keijo Poraaja	Tarj.	saapunut	Tarj.	voimassa					Sivu 1/2
Työvaiheet	Määrä(h)	YksHinta	KustYht	Myhint	Ale-%	Mynetto	MyYht	Kate-%	KateEur	
JCHM4	7.06	48.000	338,88	60.000		60.000	423.60	20,00	84,72	
JCHT1	0.77	52.650	40,54	60.000		60.000	46.20	12,25	5,66	
JCKIER	0.54	52.650	28,43	60.000		60.000	32.40	12,25	3,97	
JCKL1	0.07	129.750	9,08	187.290		187.290	13.11	30,72	4,03	
JCKO1	5.00	140.000	700,00	111.000		111.000	555.00	-26,13	-145,00	
JCLL1	0.10	129.750	12,98	187.290		187.290	18.73	30,72	5,75	
JCLL2	0.37	129.750	48,01	163.770		163.770	60.59	20,77	12,59	
JCLL2	0.82	129.750	106,39	187.290		187.290	153.58	30,72	47,18	
JCLL3	0.22	129.750	28,54	163.770		163.770	36.03	20,77	7,48	
JCLL3	0.66	129.750	85,64	187.290		187.290	123.61	30,72	37,98	
JCOHJ	0.98	30.000	29,40	52.460		52.460	51.41	42,81	22,01	
JCOHJ	1.59	30.000	47,70	60.000		60.000	95.40	50,00	47,70	
JCPO1	0.48	60.000	28,80	80.000		80.000	38.40	25,00	9,60	
JCPOR1	0.54	52.650	28,43	60.000		60.000	32.40	12,25	3,97	
JCSM1	0.85	68.920	58,58	80.000		80.000	68.00	13,85	9,42	
JCSM4	1.50	68.920	103,38	80.000		80.000	120.00	13,85	16,62	
JCULK	10.00									
JCVI1	0.35	52.650	18,43	60.000		60.000	21.00	12,25	2,57	
		1 714,29		Vaiheet Yht € Vaiheilta		1 889,46			175,17	

Kuva 11. erään tuotteen katelaskelma.

JCHM4 = Hitsaus, aikaa käytetty 7,06H, katetta kertynyt 84,72 euroa.

JCKO1 = Koneistus, aikaa käytetty 5 tuntia, kate -145 euroa.

Hitsaus ja koneistus ovat yleensä eniten aikaa vieviä työvaiheita. Tämän takia niiden totuudenmukainen hinnoittelu on välttämätöntä.

5.4 Työstöajan arviointi

Tällä hetkellä suurin virhe hinnoittelussa aiheutuu virheellisistä työstöaika arvioista. Koneita on kuitenkin myyty reilusti suuremmalla hinnalla kuin laskettu OKA-hinta, joka kompensoi virhettä. Työstöaikojen arvioinnin myötä hinta kuitenkin kasvaa huomattavasti ja hinnoittelua joudutaan luultavasti miettimään uudelleen. Olisi tarpeen katsoa hinnoitteluun totuudenmukaisempia arvoja, joiden mukaan hinnoittelu tulisi tehdä sen mukaan.

Uusia töitä hinnoiteltaessa ei ole osattu ottaa huomioon työn aloitukseen vaadittua aikaa. Tämä on johtanut epätarkkaan hinnoitteluun. Ajan arvioinnissa yhteistyö koneistajien kanssa on tärkeää, sillä on välttämätöntä hahmottaa mitä eri työvaiheita kappale sisältää ja kuinka kauan niihin kuluu aikaa. Tämän lisäksi olisi hyvä tietää onko tarvittavat työkalut olemassa ja tarvitaanko uusia kiinnittimiä kappaleen valmistamista varten.

Arvioituja työstöaikoja ei ole verrattu toteutuneeseen työstöaikaan. Ei ole selvitystä siitä mihin aikaa kului esim. asetus, lastuaminen, mittaus, viimeistely, kappaleen vaihto, jne. Tämä vaikeuttaa taas seuraavien töiden hinnoittelua, sillä ei ole tietoa kuinka hyvin aikaisempi hinnoittelu on toteutunut. Pahimmassa tapauksessa huomataan vasta vuosien päästä, että tuotetta on valmistettu tappiolla.

5.5 Työstökoneen ominaisuudet

Konetta hankkiessa ei ole täysin ehkä ymmärretty minkälaisia töitä sillä tullaan tekemään, tai työtilanne on muuttunut koneen hankintahetkestä. Tämän seurauksena on useita kappaleita tuotannossa tällä hetkellä, missä ei päästä hyödyntämään koneen ominaisuuksia. Kun saamme koneen ominaisuuksista kaiken hyödyn irti, voimme valmistaa kustannustehokkaasti kappaleita ja saamme pysyviä töitä taloon tätä kautta, jolloin kilpailijat eivät helpolla pysty vastaamaan meidän tarjoukseemme.

Tämän koneen vahvuudet soveltuvat seuraavanlaiseen työhön:

- Hitsatut rakenteet, koneella on hyviä mahdollisuuksia ottaa nollapistet ja mitoittaa reikien sijaintia.
- Työstetään useammasta eri suunnasta, kone on varustettu kääntyvällä jyrsinkaralla ja pöydällä.
- Pitkät liikeradat, koneen liikerata on 4 metriä X-suunnassa ja 2,5 metriä Y-suunnassa.
- Pitkät lastuamisajat, koneen tukevuus on hyvä, saadaan tehoja irti, kun on paljon lastuttavaa materiaalia. Työkalun vaihto on hidas. Tämän seurauksena, jos esimerkiksi porataan 2 reikää kappaleeseen, niin työkalun vaihtoon kuluva aika on todella pitkä suhteessa työstöaikaan.

Hitsatuissa rakenteissa on etuna, että pystymme suorittamaan levyn leikkauksen, särmäyksen ja hitsauksen kaikki saman katon alla. Valitettavasti hitsatut rakenteet harvemmin sisältävät haastavaa tai monipuolista koneistamista.

Hitsaus- ja leikkausosaaminen myös mahdollistaa jigien valmistuksen, jonka kaltaista osaamista täytyy päästä hyödyntämään. Hyvin valmistetut jigit nopeuttavat kappaleen vaihtoa, laadusta tulee tasaisempaa ja samalla mahdollistuu myös vaikeampien kappaleiden valmistuksen.

5.6 Työympäristö

Tällä hetkellä yleisessä järjestyksessä olisi parannettavaa, koska ei ole selkää säilytyspaikkaa teräpaloille, porille, varaosille jne. Tämän seurauksena työkaluja on vaikea löytää, tai vastaavasti on vaikea selvittää mitä puuttuu työtä aloittaessa. Kappaleiden kiinnittämiseen käytettävät pultit, t-ura mutterit, mutterit, jne. ovat kaikki yhdessä laatikossa. ”Lestit”, ”tunkit” ja työkalut säilytetään lattialla. Jigejä on käytössä toistaiseksi vähän ja niille ei ole selkeää säilytyspaikkaa. Jigit on varastoitu lattialle ja lähellä olevia hyllyjä käytetään entisen asiakkaan valmiiden tuotteiden säilytykseen.

Kappaleiden siirtämiseen käytettävä nosturi on epäkäytännöllisesti sijoitettu. Kappaleet täytyy nostaa ”sivusta” aidan yli, kiertää aita ja kääntää nosturi jyrsinkoneen pöydän päälle. Nostaminen ei ole hallittua sillä, kappale täytyy jättää nosturiin roikkumaan siksi

aikaa, kun kierrät aidan koneen puolelle, jonka aikana kappale liikkuu nosturissa ja yleensä törmää aitoihin.

Koneistuskeskuksen ”oma nosturi” ei jaksaa nostaa useimpia kappaleita tai jigejä, minkä takia joudutaan käyttämään isompaa nosturia, jota käyttävät myös hitsarit. Tämä aiheuttaa odotusaikoja kappaleen vaihdossa ja asetuksen teossa.

Ei ole selkeää käytäntöä, miten työkalut nimetään työkaluluetteloon tai ohjelmaan, mikä aiheuttaa epäselvyyksiä pohdittaessa mitä työkalua tarvitaan seuraavaksi. Ohjelmissa ei ole toistuvaa rakennetta eikä työvaiheita ole selkeästi merkitty ohjelmaan. Tämän seurauksena koneistaja ei ole varma siitä, mitä ohjelmassa tapahtuu seuraavaksi.



Kuva 12. lestit, tunkit ja muut kiinnittimet lattialla.

Kappaleen kiinnitykseen käytettäville välineille tarvitaan säilytyspaikka, josta ne ovat helposti saatavilla. Kiinnittimien lisääntyessä uusien töiden myötä, lattiatila alkaa käymään vähiin, eikä se ole työturvallisuuden kannalta paras vaihtoehto.



Kuva 13. kuva koneistuskeskuksen "omasta" nosturista.

Kuva havainnollistaa nosturin sijoittelua. Se on epäkäytännöllinen, mutta toisaalta sitä on vaikea muuten sijoittaa työpisteelle. Nosturin tulisi olla matalampi, ettei iso katon rajassa kulkeva nosturi törmäisi siihen, mikä taas mahdollistaisi sen sijoittamisen käytännöllisempään paikkaan.

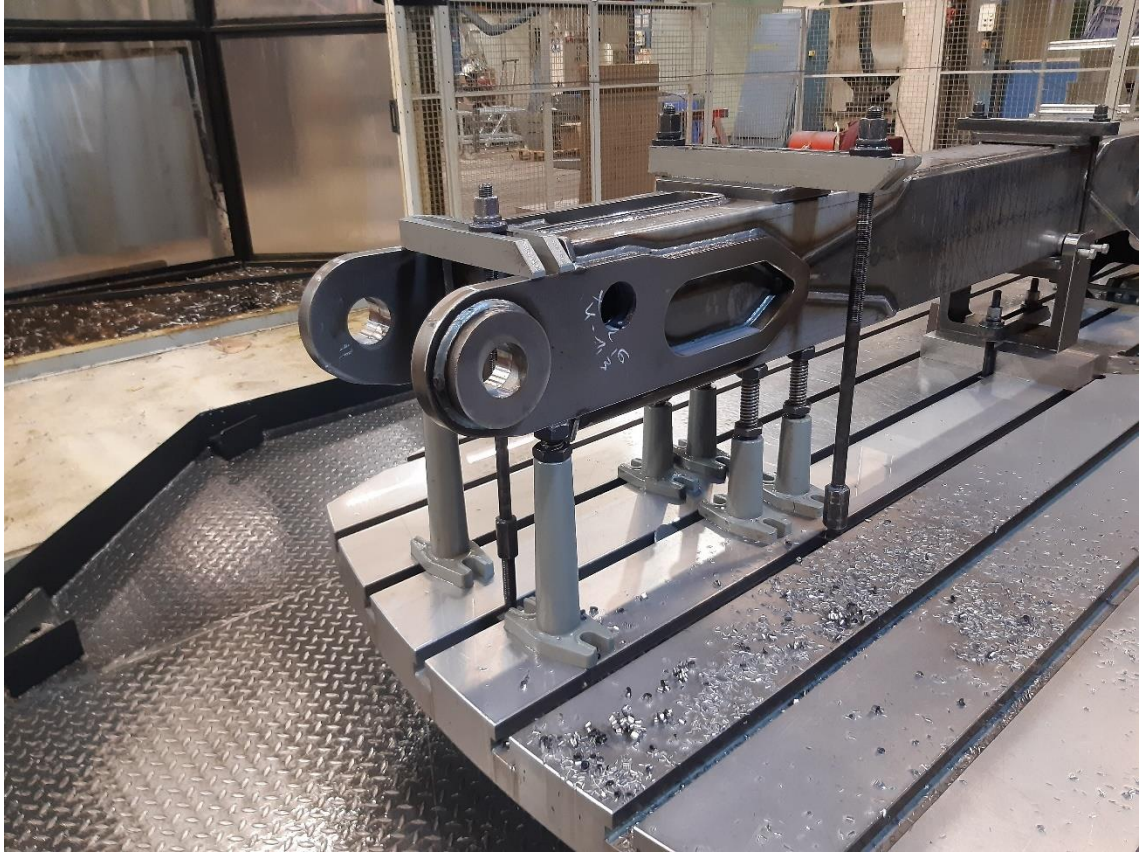


Kuva 14. hyllyyn on varastoitu entisten asiakkaiden valmiita tuotteita.

Koneistuskeskuksen ympärillä olevaan tilaa voisi hyödyntää jigien ja kiinnittimien säilytystä varten.

5.7 Esimerkki asetus

Kyseinen kappale valmistetaan 2–3 kappaleen sarjoissa. Koneistus suoritetaan kahdessa vaiheessa. Kappale joudutaan siirtämään vaiheiden välissä ja ensimmäisen vaiheen kiinnitys täytyy purkaa toisen vaiheen kiinnitystä aloittaessa. Asetukseen käytetty aika on 3 tuntia kappaletta kohden, mikä on 40 % kappaleen koneistusajasta.



Kuva 15. ensimmäisen vaiheen kiinnityksestä.

Kappale on kiinni pöydässä kahdella jigillä. Kappaleen pääty, johon koneistetaan kuvassa näkyvät reiät, on tuettu tunkeilla ja lesteillä. Tunkit ja lesti pitää irrottaa pöydältä kappaleen siirtämistä varten, kun aloitetaan toinen kiinnitys, mihin kuluu turhaa aikaa joka kerta koneistuksessa.



Kuva 16. kappaleen kiinnittämiseen käytetystä jigistä.

Kappale on kiinnitetty kahdella kuvassa näkyvällä jigillä, eikä kappaletta voi irrottaa jigistä kesken ajan. Jigi irrotetaan pöydästä, jonka jälkeen siirretään kappale ja jigit toista kiinnitystä varten. Kuten kuvasta näkyy, jigiiä ei ole suunniteltu riittävän korkeaksi Jigin alle joudutaan laittamaan koroke paloja ja jigi on kiinnitetty pöytään lestin avulla. T-urassa oleva hiottu suorakulmainen mittapala kohdistaa jigin uran mukaisesti.

Jigin tulisi olla korkeampi, ettei tarvittaisi ylimääräisiä korokepaloja ja pohjassa tulisi olla kiila tai tappi, joka kohdistaa jigin t-uran mukaisesti. Jigissä tulisi olla pultin reikä, josta se kiinnitetään suoraan pöytään, jolloin ylimääräisiä lestejä tarvita, mikä taas nopeuttaa jigin kiinnittämistä, kun pultti voi kulkea aina jigin mukana.



Kuva 17. kappaleen kiinnittämiseen käytetystä jigistä.

Keskeltä kappale on tuettu jigillä, jossa olevat pultit kiristetään molemmin puolin kappaletta vasten. Pulttien tarkoituksena on auttaa poistamaan koneistuksesta aiheutuvaa värinää. Jigi on kiinnitetty pöytää vasten lestin avulla. Tämä kiinnitys täytyy myös aina purkaa kappaletta siirrettäessä.



Kuva 18. toisen vaiheen kiinnityksestä.

Toisessa vaiheessa kappale on kiinnitetty jigini, lestien ja tunkkien avulla. Jigi kappaleen päässä tukee kappaletta ja poistaa värinöitä. Jigiä joudutaan korottamaan apupalikoita käyttäen ja kiinnittämään se lestillä pöytään. Kappale on kiinnitetty lestin ja tunkkien avulla. Kiinnitys vie paljon aikaa ja täytyy purkaa pois pöydältä, kun aloitetaan tekemään ensimmäistä vaihdetta seuraavaan kappaleeseen.

Kappaleeseen on merkitty valkoisella alkureikien sijainnit. Kummassakin kiinnityksessä joudutaan mittaamaan alkureikien sijainti tarkastusanturilla ja laskemaan nollapisteen siirto, jotta reiät puhdistuisivat. Tässä kuvan tapauksessa oikeanpuoleinen reiän sijainti poikkesi x-suunnassa 1 millin nollapistestä ja 2,5 millia y-suunnassa. Vasemmalla olevan reiän sijainti poikkesi -0,7 mm x-suunnassa ja -1,6 mm y-suunnassa.

Koneistaja joutuu mittaamaan kaikki reiät kappaleen molemmilta puolin ja tasoittamaan poikkeamat reikien välillä. Suurin poikkeama miinus ja plus suuntaan on oltava saman verran. Tässä tapauksessa esimerkiksi, kun reikien mitat poikkesivat y-suunnassa +2,5 mm ja -1,6 mm, niin nollapistettä siirrettäisiin +0,45 mm. Tämän jälkeen mittojen poikkeamat olisivat 2,05 mm ja -2,05 mm.

5.8 Työstökoneen ohjelmointi

Tällä hetkellä kappaleen ohjelmointi suoritetaan samaan aikaan kun aloitetaan uutta työtä. Koneen ohjelmointi tapahtuu yksi muoto kerrallaan käsin ohjelmoiden työstökoneella ja tällä ohjelmointityyillä on vaikea hahmottaa tehokkain tapa valmistaa kappale.

Kappaleen ohjelmointiin ei haluta käyttää tolkuttomasti aikaa. Yleinen sarja koko on 1-3 kappaletta. Koneistus aika vaihtelee eri tuotteiden välillä. Useasti toistuvissa töissä koneistus aika on noin 4-5 tuntia per kappale. Uutta työtä aloittaessa ohjelmointiin tarvitaan vähintään 8 tuntia, useasti enemmän. Lyhyen sarjan kohdalla ohjelmointi muodostaa suuren osan läpimeno ajasta.

Usein päädytään ensimmäisellä kerralla tekemään ohjelma helpoimmalla tavalla, että päästään valmistamaan kappaletta. Tästä aiheutuu ongelmia, jos halutaan parannella ohjelmaa seuraavalla kerralla. Käsin ohjelmoitua ohjelmaa on työlästä muokata jälkikäteen ja työstökone on jouten ohjelmoinnin ajan.

6 TULOKSET

Saatujen mittaus tulosten perusteella vaikutti selvältä mitä koneistuksessa ja hinnoittelussa tulisi kehittää. Näillä keinoilla saadaan koneistuksen läpimenoaikaa lyhennettyä ja tarkennettua koneistuksen hinnoittelua.

6.1 Työympäristö

Työstökoneen yleistä järjestystä ja sitä kautta työturvallisuutta on saatu kehitettyä paljon. Työkalumakasiinin ulkopuolella oleville terille on nyt oma paikkansa ja eniten käytetyille porille ja kierretapeille on oma paikkansa. Pultit, t-uramutterit ja aluslevyt on lajiteltu omiin laatikkoihinsa. Näiden toimien avulla koneistuksen työkalut ja kiinnittimet löytyvät tarvittaessa.

Kuukulkijaa apuna käyttäen saatiin vaihdettua palaneet lamput kattoon, jonka seurauksena työpisteen valaistus parani huomattavasti. Leikkuunestesäiliö tyhjennettiin,

putsattiin "levästä" ja muusta epämääräisestä tavarasta, mitä sinne oli kertynyt. Leikkuunestejärjestelmä on nyt puhdas ja siellä on puhdas neste. Lisäksi säiliöön asennettiin öljynerotin, joka auttaa ylläpitämään nesteen laatua.



Kuva 19. eniten käytetyt kierretapit ja porat omilla lokeroissaan.



Kuva 20. t-uramutterit, pultit, mutterit ja aluslevyt omilla laatikoissaan.



Kuva 21. työkalumakasiinin ulkopuolisille työkaluille on nyt oma hylly ja liikutettava kärry.



Kuva 22. teräpalalaatikat on keskitetty yhteen paikkaan.

6.2 Koneistuksen hinnoittelu

Hinnoittelun osalta keskityttiin tarkentamaan koneistuksen arvioitua aikaa. Luotiin Excel- taulukko, jota voi käyttää apuna koneistusajan arvioinnissa. Taulukko antaa tarkemman arvion koneistus ajasta. Taulukossa on eroteltu eri koneistuksen vaiheisiin käytetty aika toisistaan, tämän perusteella pystytään arvioimaan koneistusaikaa ensimmäisen valmistuskerran ja sarjatuotannon välillä.

Hinnoittelu täytyy pyrkiä tekemään kilpailukykyisesti, vaikka tiedetään ensimmäiseen aioon menevän enemmän aikaa. Meillä tulisi olla käsitys valmistusajasta mihin voimme mahdollisesti päästä, kun saamme puhekielisesti ilmaistuna niin sanotusti homman toimimaan. Tulosta ei tarvitse tehdä heti ensimmäisestä kappaleesta lähtien, jos työ on toistuvaa. Toistuva työ edellyttää pitkiä asiakassuhteita, joiden luominen tulee olla meidän prioriteetti.

Hinnoittelussa kappaleen esivalmistelu ja asetus on erotettu toisistaan. Esivalmistelua pystytään tekemään samaan aikaan kun kone on tuotantokäytössä, jolloin se voidaan myydä alhaisemmalla hinnalla.

6.3 Uuden työn aloitus

Uuden työn aloituksessa asetusaika ja ohjelmointi veivät suurimman osan ajasta. Näihin haetaan apua työn esivalmistelu vaiheella. Työn esivalmistelu on yksi tärkeimmistä vaiheista, joita koneistuksessa tulee tehdä. ”Hyvin suunniteltu on puoliksi tehty.” Työn esivalmistelussa käydään läpi piirustuksessa olevat tiedot, joka helpottaa valmistuksen aloittamista. Hyvin tehty suunnitelma tarkoittaa käytännössä kappaleen koneistamista paperilla.

Työn esivalmistelussa huomioitavia asioita:

- Työkalut ja lastuamis parametrit tulee valita materiaalin mukaan.
- Selvitetään mitä muotoja kappaleesta koneistetaan ja mitkä muodot voidaan valmistaa muilla menetelmillä, esim. reikien leikkaus polttokoneella.
- Pinnankarheus vaatimus määrittää mitkä tasot tulee koneistaa ja tarvitaanko eri muodoissa mahdollisesti viimeistely vaihe erikseen, jolla saavutetaan parempi pinnankarheus.

- Tulee huomioida eri muotojen välinen mitoitus. Tämä määrittelee kuinka, monta kiinnitystä kappaleen koneistaminen vaatii ja mitkä muodot ovat riippuvaisia toisistaan.
- Muoto ja sijainti toleranssit määrittävät mm. mitkä muodot tulee koneistaa saman kiinnityksen aikana, jotta varmistetaan muotojen samansuuntaisuus.
- Uusien töiden kohdalla myös koneistuksen ohjelmointi pitäisi pyrkiä tekemään esivalmistelun aikana. Tällä tavoin saadaan työstökoneen jouten olo aikaa vähennettyä ja ohjelmointi voidaan suorittaa huolellisemmin.

Ohjelmoinnissa huomioitavaa:

- Riittävä työvara kappaleen työstämistä varten.
- Miten kappaleen kiinnitetään.
- Ohjelmoitaessa nollapisteen sijainti tulisi miettiä keskeisten muotojen mukaan. Tällä tavoin voidaan tarvittaessa muuttaa valmistuksen kannalta keskeisten muotojen sijaintia helposti nollapistettä siirtämällä.
- Muotojen työstöjärjestys on tärkeää miettiä siten, että kappaleen toiminnan kannalta kriittiset muodot koneistetaan viimeisenä, jos mahdollista. Tällä tavoin vältetään mahdollisia ongelmia, jos kappaletta joudutaan korjaamaan esimerkiksi hitsaamalla koneistuksen aikana.
- Työkalut tulee valita siten että pystytään koneistamaan mahdollisimman monta muotoa samoilla työkaluilla, joka tehostaa valmistamista.
- Työstöarvoja valittaessa tulee materiaalin lisäksi huomioida kappaleen kiinnityksen tukevuus.

Uusien töiden kohdalla luodaan työohje, joka sisältää kappaleen valmistamisen kannalta oleellisen tiedon. Työohje toimii muistilistana työn esivalmistelua tehdessä.

Ohjelmiin luotiin yhtenäinen ja selkeä rakenne. Tämä helpottaa ohjelmien lukua ja muokkaamista. Koneistajan täytyy tietää ohjelmaa lukiessa, mikä työvaihe tapahtuu seuraavaksi ja millä työkalulla.

Säädettävät työkalut, kuten avartimet ja jyrshintapit pyritään pitämään kappalekohtaisina. Esim. avartimia ei säädetä uudelleen toista reikäkokoa varten, vaan sitä varten ostetaan uusi avarrin. Näin varmistutaan siitä, että työkalut ovat valmiiksi asetettu oikealla tavalla työtä varten.

7 YHTEENVETO JA POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli lyhentää läpimenoaikaa koneistuksessa ja tarkastella koneistuksen hinnoittelua HT-Laserin tehtaalla Kaarinassa. Työssä analysoitiin mitä tulisi kehittää koneistuksen läpimenoajan lyhentämiseksi ja kuinka saadaan hinnoittelua tarkemmaksi.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsiteltiin koneistuksen ja hinnoittelun perusteita. Lisäksi esitettiin CNC-työstökoneiden toimintaa, lastuamisparametrien laskentaa ja koneistustyön aloitukseen liittyvää teoriaa. Hinnoittelussa selvitettiin mitä tulee ottaa huomioon koneistustyötä hinnoiteltaessa ja yleisesti käytettyjä hinnoittelustrategioita. Nykytilanteessa analysoitiin koneistukseen liittyviä haasteita ja tarkastettiin, kuinka hinnoittelu on hoidettu yrityksessä. Tulokset-osiossa esitettiin parannuksia, joita tehtiin opinnäytetyön perusteella.

Koneistuksessa asetusten teko ja ohjelmointi aiheuttivat suurimmat ongelmat. Näihin haettiin apua kehittämällä työn esivalmistelu vaihetta, jossa koneistustyö pyritään suunnittelemaan perinpohjaisesti. Tämän lisäksi luodaan kappale kohtainen työohje, johon kirjataan kaikki tarvittavat tiedot kappaleen valmistamiseksi.

Hinnoittelun osalta pyrittiin tarkentamaan koneistusajan arviota. Tätä varten kehitettiin Excel-taulukko, jonka avulla voidaan laskea arvio työstöajasta. Tämän lisäksi seurataan arvioituja läpimeno aikoja ja verrataan niitä toteutuneeseen läpimenoaikaan. Tällä tavoin saadaan palautetta siitä, kuinka hyvin arvioitu työstöaika piti paikkansa ja voi tehdä tarvittavia muutoksia sen perusteella.

Opinnäytetyö sujui mielestäni hyvin. Uuden koneistuskeskuksen opettelu, erityisesti Heidenhain-ohjaus, josta minulla ei ollut aikaisempaa kokemusta vaati paljon työtä. Kappaleiden hinnoittelusta tai näin tarkasta työstöaikojen arvioinnista ei minulla ollut aikaisempaa kokemusta, eikä myöskään tuotekustannuslaskennasta. Tämä osoittautui haasteellisemmaksi kuin odotin ja en osannut odottaa, kuinka paljon omat arviot saattavat heittää todellisuudessa. Laskentaan perehtymällä oppi todella paljon uutta, mikä avasi omaa näkemystä koneistuksesta.

Aluksi en oikein ymmärtänyt, mihin aika kuluu koneistuksessa, tai miksi asetusten teko ja tietyt työvaiheet kestävät niin kauan. Nyt on paljon parempi käsitys siitä, minkälaiseen työhön kone soveltuu parhaiten. Kilpailu alalla on kovaa ja hinnoittelun täytyy olla

täsmällinen, että työ on taloudellisesti tuottavaa ja kannattavaa. Tämä vaatii varmasti paljon kokemusta. Uuden koneen ja työympäristön kanssa tulee aina uusia haasteita ja aluksi on vaikea hahmottaa, mihin aikaa kuluu koneistuksessa. Koneita käyttäessä ja uusia töitä aloittaessa selkeytyy, mitkä ovat suurimpia ongelmakohtia.

Työtä on vielä paljon edessä, sillä koneistus toiminta on vielä niin alkutekijöissään. Yleistä järjestystä on alettu kehittämään ja nyt ymmärretään jigien suunnittelun, PC:llä ohjelmoinnin tärkeys. Työstömenetelmiä ja kappaleiden kiinnityksiä kehitetään jatkuvasti. Tällä tavoin pyritään varmistamaan kilpailukyky myös jatkossa.

LÄHTEET

[Engineeringarticles.org/machining-operation-and-types-of-machining-tools](https://www.engineeringarticles.org/machining-operation-and-types-of-machining-tools) viitattu 10.2.2021

[Firma.fi/tuotteiden-ja-palveluiden-hinnoittelu/](https://firma.fi/tuotteiden-ja-palveluiden-hinnoittelu/) viitattu 10.2.2021

Heinonen, Mika – Kalliolahti, Jyrki 2020: Koneistustekniikka.

[Htlaser.fi](https://htlaser.fi) viitattu 4.12.2020

[Parosterlund.com/tuotteen-hinnoittelu](https://parosterlund.com/tuotteen-hinnoittelu) viitattu 10.2.2021

Sandvik Coromant Training Handbook viitattu 12.1.2021

[Sandvik.coromant.com](https://sandvik.coromant.com) viitattu 4.1.2021

tieto.osaavayrittaja.fi/tuotot-ja-kustannukset

tilisanomat.fi/koulut/johdon-laskentatoimen-koulu-koulut/johdon-laskentatoimen-peruskasitteet-menetelmat-ja-teknikat viitattu 8.4.2021

[Tos-kurim.cz](https://tos-kurim.cz) viitattu 2.2.2021

Vesämäki, Hannu 2018: Lastuavan työstön NC-ohjelmointi.

wiki.aalto.fi/display/TU22/4.+Tuotekustannuslaskenta viitattu 11.2.2021