

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Miro Martikainen

KIINNITTIMEN SUUNNITTELU AVARRUSKONEELLE

Opinnäytetyö
Toukokuu 2013



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2013
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
p. (013) 260 6800

Tekijä(t)
Miro Martikainen

Nimeke
Kiinnittimen suunnittelu avarruskoneelle

Toimeksiantaja
New Steel Oy

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella New Steel Oy:lle yhteinen kiinnitin kolmelle erikokoiselle metsäkoneissa käytettävälle vetonupille. Vetonupit ovat valukappaleita ja niiden viimeistely tehdään avarruskoneella. Aikaisemmin jokainen vetonuppi koneistettiin omalla kiinnittimellään. Tavoitteena oli helpottaa asetustyötä ja lyhentää asetusajaa.

Suunnittelu aloitettiin kartoittamalla jo käytössä olevat kiinnittimet ja niihin liittyvät ongelmat sekä koneistuksen suunnittelulle aiheuttamat rajoitteet. Esisuunnitteluvaiheessa selvitettiin toimivat ratkaisut simuloimalla erilaisia kiinnittimen toteutustapoja ja työkappaleen kiinnitysvaihtoehtoja. Useista kiinnittimen toteutustavoista valittiin paras ja sitä lähdettiin kehittämään toimivaksi varsinaisessa suunnitteluvaiheessa. Lopputuloksena saatiin suunniteltua kolmelle vetonupille yhteinen ja toimiva kiinnitin. Asetusajan pienentämiseksi tätä versiota muokattiin vielä nopeammaksi käyttää. Suunnittelu toteutettiin Creo Parametric 1.0-3D-suunnitteluohjelmistoa apuna käyttäen.

Kiinnittimen arvioinnissa siinä huomattiin kuitenkin olevan vielä muutamia ongelmakohtia, joita ei ehditty ratkaisemaan tämän opinnäytetyön puitteissa. Samoin kiinnittimen valmistus ja testaus jäivät toteuttamatta. Kiinnitin todettiin kuitenkin mielenkiintoiseksi ja sen kehittämistä tullaan jatkamaan.

Kieli
suomi

Sivuja 39

Asiasanat
tietokoneavusteinen suunnittelu, lastuava työstö, kiinnitys



THESIS
May 2013
**Degree Programme in Mechanical and
Production Engineering**

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
FINLAND
Tel. (013) 260 6800

Author(s)
Miro Martikainen

Title
Design of Fastener for Boring Machine

Commissioned by
New Steel Ltd.

Abstract

The main goal of this thesis was to design a common fastener for three different size pull knobs which are used in forest machines. Thesis was commissioned by New Steel Ltd. Pull knobs are manufactured by casting and finishing is done by boring machine. Previously each pull knob was machined with own fastener. The aim of this thesis was to make a new fastener that is easier and faster to operate.

Problems of the old fasteners and limits caused by the machining process were surveyed at the beginning of the design process. The functionality of multiple fastener designs were simulated in a pre-designing phase. The actual designing started after the best design was found. At this stage the fastener was developed into a functional tool. The result of designing resulted in a functional and common fastener for all three pull knobs. Consequently, this version of the fastener was modified to be also faster to operate. Designing was done with the help of Creo Parametric 1.0 3D design software.

A few problems were noticed when the fastener was evaluated but there was not time enough to solve those within this thesis. Moreover, the manufacturing and testing of the fastener were left undone. However, the fastener was regarded interesting and its development will be continued in the future.

Language
Finnish

Pages 39

Keywords
computer-assisted designing, machining, fastening

Sisältö

Tiivistelmä

Abstract

1	Johdanto	5
1.1	New Steel Oy	5
1.2	Opinnäytetyön kuvaus ja tavoitteet	5
2	Avartaminen	6
2.1	Avartamisen periaate	6
2.2	Konetyypit	6
2.3	Käyttökohteet	7
3	Työvälinetekniikka	8
3.1	Käyttö ja merkitys	8
3.2	Työvälineiden suunnittelu	9
3.2.1	Suunnitteluvarmuus	11
3.2.2	Toleranssit	12
3.2.3	Työvälineen materiaali	13
3.3	Työvälineiden valmistus	14
3.3.1	Työvälineiden lastuaminen	14
3.4	Lastuavien työstökoneiden kiinnittimet	15
3.4.1	Kiinnittimien suunnittelu	15
3.4.2	Työkappaleen kiinnittäminen	16
3.4.3	Kiinnityselimet	17
3.4.4	Koneistuskeskusten kiinnittimet	17
3.4.5	Modulaariset kiinnitinsarjat	17
3.4.6	Erikoistyökalut	18
4	Kiinnittimen suunnittelu	19
4.1	Lähtötilanteen kartoittaminen	19
4.2	Vetonappien koneistus	20
4.3	Esisuunnittelu	21
4.4	Varsinainen suunnittelu	26
4.5	FEM-analyysi	28
4.5.1	Lastuamisvoimat	28
4.5.2	Analyysi	29
4.5.3	Tulokset	31
4.6	Muutokset	33
5	Pohdinta	36
5.1	Sisällön ja tulosten tarkastelu	36
5.2	Työn luotettavuus	37
5.3	Kehittämissideat ja ammatillinen kasvu	37
	Lähteet	39

1 Johdanto

1.1 New Steel Oy

Työn toimeksiantajana oli New Steel Oy, joka on osa NS Group konsernia. NS Group koostuu New Steelin lisäksi kolmesta muusta metallialan yrityksestä, joita ovat Okun Hammaspyörä, Okun Koneosa sekä Jormet. New Steel Oy on vuonna 1989 perustettu Outokummussa sijaitseva alihankintakonepaja, joka omaa pitkän kokemuksen erilaisten koneiden ja prosessilaitteiden valmistuksesta ja kokoonpanosta. Yrityksen erikoisosaamista ovat ruostumattomien ja haponkestävien rakenteiden valmistaminen sekä valmistusteknisesti vaativien yksittäiskappaleiden koneistukset ja hitsaukset. Tuotantotiloja yrityksellä on noin 2000 m² ja se työllistää noin 20 henkilöä. Konsernissa tuotantotiloja on yhteensä noin 13000 m² ja työntekijöitä noin 100. Konsernin liikevaihto vuonna 2012 oli hieman alle 17 M€.

1.2 Opinnäytetyön kuvaus ja tavoitteet

Tämän opinnäytetyön aiheena on kiinnittimen suunnittelu avarruskoneelle. Työn tavoitteena oli suunnitella kolmelle erilaiselle vetonupille yhteinen kiinnitin. Uuden kiinnittimen tuli myös olla aikaisempiin kiinnittimiin verrattuna helpommin ja nopeammin käytettävä. Vetonupit ovat erikokoisia, mutta muodoltaan samankaltaisia valukappaleita, joita käytetään erään asiakkaan metsäkoneissa. Suunnittelun tuloksena oli tarkoitus valmistaa kiinnitin ja testata sen toiminta käytännössä.

Opinnäytetyö koostuu kolmesta pääosa-alueesta, jotka ovat työn teoria, suunnitteluprosessi ja tulosten tarkastelu. Teoria osiossa tarkastellaan työn kannalta oleellisia asioita, kuten avartamista sekä työvälinetekniikkaa. Toisessa osiossa kerrotaan suunnitteluprosessin eri vaiheista sekä käydään läpi tekijät, jotka vaikuttivat lopullisen kiinnittimen suunnitteluun. Viimeisessä osiossa tarkastellaan työn tuloksia ja menetelmiä, joilla tavoitteisiin on pyritty.

2 Avartaminen

Avarruskone on varsin suurikokoinen laite, jolla koneistetaan suuria työkappaleita. Työkalut kiinnitetään karaan, joka on karalaatikossa vaakatasossa. Kara pyörii ja liikkuu keskiviivansa suuntaisesti sekä karalaatikon mukana pystysuunnassa. Muunsuuntaisia liikkeitä voi toisissa koneissa suorittaa pääpylväs karoineen, toisissa pöydän liikkeet. Avarruskoneen etuna on se, että suuria ja raskaita työkappaleita ei tarvitse välillä siirtää. (Ansaharju, Ilomäki & Maaranen 1989, 365.)

2.1 Avartamisen periaate

Avartamisella tarkoitetaan poraamalla, valamalla tai muulla tavalla leikkaamalla tehtyjen reikien lastuamista suuremmiksi, tarkkamittaisemmiksi tai toisenmuotoisiksi. Avartamiseen käytetään yksi- tai moniteräisiä työkaluja. Avarruskoneen karalle on mahdollista kiinnittää erilaisia poraus- ja jyrätyökaluja. Tyypillisiä avarruskoneella tehtäviä koneistuksia ovat myös työkappaleen poraus, kierteitys ja tasojen jyrätyö. Avarruskone mahdollistaa lisäksi ulkopuolisten pyörähäypintojen työstämisen. Tässä tapauksessa työstettävä kappale pysyy paikallaan terän pyöriessä sen ympäri. (Ansaharju & Maaranen 1997, 569.)

2.2 Konetyypit

Rakenteeltaan erilaiset avarruskoneet voidaan jakaa kappaleen kiinnittämistavan mukaan pöytätyypisiin ja lattiatyypisiin. Pöytätyypiset avarruskoneet on mahdollista jaotella ristipöytätyypisiin ja höylätyypisiin. Ristipöytätyypiset koneet ovat konetyypeistä pienimpiä ja niille tunnusomaista on perusliikkeiden lisäksi pöydän kiertoliike, joka mahdollistaa työkappaleen työstämisen usealta sivulta samalla kiinnityksellä. Höylätyypiset koneet ovat pitkälti samankaltaisia ristityyppisten koneiden kanssa, mutta niille on ominaista pöydän pitkä pitkittäisliike, joka mahdollistaa suurempien työkappaleiden koneistuksen. Lattiatyypiset koneet ovat konetyypeistä suurimpia ja niillä koneistetaan suuria työkappa-

leita. Lattiatyyppisessä avarruskoneessa on valurautalaatoista lattialle koottu taso, johon työkappaleet kiinnitetään. (Ansaharju ym. 1997, 570-571)

Nykyisin avarruskoneet ovat manuaaliohjauksen sijaan numeerisesti ohjattuja. Avarruskoneet ovat pitkälti automaattiohjattujen työstökeskusten kaltaisia ja myös niissä työkalujen vaihtaminen suoritetaan automaattisesti. (Ansaharju ym. 1997, 570)

2.3 Käyttökohteet

Yleensä avarruskoneilla työstetään yksittäisiä työkappaleita tai pieniä sarjoja. Avarruskoneita käytetään paljon muottien ja muiden monimutkaisten kappaleiden koneistuksessa, sekä teollisuudessa tarvittavien erilaisten työkalujen valmistuksessa. Myös suurten työkappaleiden, kuten vaihdekoteloiden tai sylinteriryhmien tarkkamittaisten reikien työstäminen suoritetaan avarruskoneella. (Ansaharju ym. 1989, 365.)

3 Työvälinetekniikka

3.1 Käyttö ja merkitys

Työvälinetekniikka sisältää perinteisten käsityökalujen ohella työstökoneiden ja automaatiolaitteiden apuvälineitä, sekä meistejä, muotteja ja malleja. Tärkeimpiä työvälineitä ovat:

- levytöiden meistotyökalut (meistit, jonoleikkaimet ym.)
- levytöiden muovaustyökalut (syvävetotyökalut, taivutustyökalut)
- muovimuotit ja -suulakkeet (ruiskupuristusmuotit, pursotustyökalut, muovaustyökalut)
- valumuotit ja mallit
- taontatyökalut
- lastuavan työstön työkalut ja kiinnittimet
- robottien tarraimet
- hitsauskiinnittimet

(Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997, 155.).

Kaikki työvälineet eivät liity koneisiin, sillä käytössä on hyvin paljon myös käsityökaluja. Myös eräät valumuotit ja hitsauskiinnittimet ovat koneisiin kuulumattomia työvälineitä. Yleisimmin työvälineitä kuitenkin käytetään koneissa. (Aaltonen, Ekman, Kamppari, Kauppinen, Kivivuori, Paro & Vuorinen 1991, 10.)

Työväline on rajapinnoiltaan suorassa kosketuksessa työkappaleeseen ja sen tehtävänä on erottaa kappale varsinaisesta työstökoneesta. Työkappaleen kiinnitys koneeseen vaihtelee työstömenetelmän mukaan. Sorvissa työkappale kiinnitetään kolmieleukaistukaksi kutsuttuun kiinnittimeen, joka sijaitsee koneen karassa ja sitä lastutaan kelkassa olevilla sorvaustyökaluilla. Jyrsinkoneessa työkappale kiinnitetään pöydällä sijaitsevaan ruuvipuristimeen työkalujen ollessa kiinnitettynä karaan. Särmäys- ja syvävetopuristimissa levyaiho viedään kaksiosaisen työvälineen väliin, jolloin kosketus työkaluun tapahtuu molemmilta puolilta. (Aaltonen ym. 1991, 10-11.)

Työstökoneissa työstäminen tapahtuu työkalulla. Lastuavassa työstössä työkaluja ovat esimerkiksi pora tai jyrsin, jotka kiinnitetään porakoneeseen ja jyrsinkoneeseen. Lastuava teräaine ei aina ole kiinteästi osa työkalua, vaan joissakin hioivissa menetelmissä lastuaminen tapahtuu irrallisilla rakeilla. (Aaltonen ym. 1991, 11.)

3.2 Työvälineiden suunnittelu

Uuden tuotteen kehittäminen ja suunnitteleminen ovat olennaisia yrityksen laatuun vaikuttavia tekijöitä. "Toiminnan laatu siirtyy tuotteeseen tuoteprosessin laatuun." (Aaltonen ym. 1991, 45). Tuotteen käyttäjän tyytyväisyyden tulisi toimia lähtökohtana tuotekehitykselle, jotta laadun säilyttäminen olisi mahdollista. Lisäksi tuote tulisi suunnitella valmistuksen kannalta mahdollisimman helpoksi. Suunnittelijoiden tulee selvittää tuotteen käyttäjäkunnan mieltymykset ja toiveet sekä mahdolliset valmistustekniset ongelmat. Suunnittelijan on selvitettävä edellytykset valmistukselle, eikä vain luotettava omiin mielikuviin siitä, mikä on mahdollista toteuttaa ja mikä ei. (Aaltonen ym. 1991, 45.)

Työvälineen valmistus on yhteistyötä, jossa on otettava huomioon seuraavat asiat:

- Työvälineen valmistus on myös päätöksentekoprosessi
- Jokainen työväline on erilainen
- Toimitusajan varmistamiseen vaikuttavat kaikki osapuolet: tilaaja, toimitaja ja työvälinevalmistaja
- Osapuolten on sitouduttava
- Yhteistyö ylläpitää toiminnan kehitystä
- Lopputuote ja työväline tulevat sekä valmistus- että tuotemielessä paremmin optimoitua, ts. lähemmäksi ihanneratkaisua

Työvälinevalmistukseen osallistuvien kaikkien osapuolten toiminnan kannattavuus paranee yhteistyön ansiosta. (Aaltonen ym. 1991, 46.)

Työvälineen kokonaissuunnittelussa on huomioitava monia asioita. Useimmat työvälineet ovat peruspiirteiltään tunnettuja, kuten jonoleikkaimet, muovimuotit ja monet koneistuskiinnittimet. Yleensä työvälinesuunnittelulla sovelletaan olemassa olevia rakenteita tai parannetaan vanhoja ratkaisuja. Erikoiskiinnittämiä suunniteltaessa voidaan kuitenkin tarvita aivan uudenlaisia ratkaisuja. (Aunio, Kettunen, Kääriä, Niinimäki & Riski 1989, 16.)

Loogisen suunnittelujärjestyksen avulla suunnitteluprosessista on mahdollista saada nopeaa ja johdonmukaista. On tärkeää varmistaa, että kaikki suunnitteluun vaikuttavat seikat tulevat huomioituiksi. Suunnitteluprosessista voidaan laatia esimerkiksi vuokaavio tai luettelo. (Aunio ym. 1989, 16.)

Työvälinesuunnittelusta puuttuvat esimerkiksi itsenäiset näkökohdat markkinoinnista, sillä se liittyy alitoimintona tuotteen suunnitteluun. Työväline voi olla myös varsinainen tuote, jolloin kokonaissuunnittelu on tuotesuunnittelua. (Aunio ym. 1989, 16.)

Kunkin työvälineen suunnittelumenetelmä on erilainen, vaikka yhdistäviäkin tekijöitä on havaittavissa. Työvälineen suunnitteluvaiheet voidaankin jakaa pääpiirteittäin seuraavasti:

1. Valmistelu

- tehtävänantoon ja työkappaleeseen perehtyminen
- taloudellisten edellytysten selvittäminen (esimerkiksi kappaleiden valmistusmäärä)
- periaateratkaisu (valitaan työvälinelaji)

2. Varsinainen suunnittelu

- tiedonhankinta tai nykyisten tietojen tarkistus ja työkappaleen valmistusmenetelmän selvittäminen
- ratkaisuvaihtoehtojen luonnokset
- itse suunniteltavat ja muualta hankittavat osat
- työvälineen valmistusmenetelmän ja materiaalin valinta
- kustannusten tarkistus

- ratkaisu

3. Toteutus

- rakenteelliset yksityiskohdat
- työpiirustusten ja kokoonpanopiirustuksen laatiminen
- työvälineen valmistus, kokeilu ja muutokset

(Aunio ym. 1989, 16-17.)

Suunnitelmat ovat yksilöllisiä, koska työvälineiden suunnittelu on aina tuotekoh- taista. Kaikista valmistettavista osista on oltava valmistuspiirustus. Työvälinei- den suunnittelussa virheettömyysvaatimus on korkea ja sen tarkoituksena on helpottaa sekä varmistaa tuotteen valmistamista. On hyvin tärkeää, että suun- nittelija tietää tarkasti sillä hetkellä käytössä olevan valmistuskapasiteetin, sillä suunnittelu on sovitettava sen mukaiseksi. (Aaltonen ym. 1991, 49.)

Yksittäiskappaleita valmistettaessa asetusajat ovat suhteellisen pitkiä ja kappale valmistuu useassa vaiheessa. Virheellisiä kappaleita ei saisi syntyä missään vaiheessa, sillä ne huomataan usein vasta kokoonpanovaiheessa. Tällöin kap- paleen valmistamiseen on tavallisesti käytetty paljon aikaa. Työvälinesuunnitte- lun tehtävänä on laatia mahdollisimman yksiselitteisiä ja oikeita työohjeita työ- välineen valmistamiseksi. (Aaltonen ym. 1991, 49.)

Vakio-osien käyttö antaa suunnittelijalle mahdollisuuden keskittyä tuotteen yksi- löllisiin osiin. Vakio-osat ovat sarjoina valmistettavia tavallaan standardisoituja komponentteja työvälineisiin. Niillä on yleensä lyhyet toimitusajat omaan tuotan- toon verrattuna. Vakio-osien käyttö kasvattaa työvälineen huoltoa ja muunnelta- vuutta, samalla sidonnaisuus työvälinevalmistajaan vähenee. (Aaltonen ym. 1991, 49.)

3.2.1 Suunnitteluvarmuus

Kun lähdetään valmistamaan uutta työvälinettä, niin kyseessä on strateginen investointi. Suunnittelijan täytyy olla varma siitä, että hänen aloittamansa val-

mistusketjun lopputulos on oikea. Prototyyppien valmistuksella ja simulointiohjelmien käytöllä voidaan korvata ja täydentää kokemuksen tuomaa suunnitteluvarmuutta. (Aaltonen ym. 1991, 59.)

Kalliiden työvälineiden toimivuuden tarkastamisella ennen valmistusta, voidaan säästää kustannuksia. Työvälineen toimintaa voidaan tarkastella työvälineiden suunnittelujärjestelmiin tarkoitetuilla erilaisilla simulointiohjelmistoilla. (Aaltonen ym. 1997, 178.)

CAD-sovelluksilla on mahdollista saavuttaa työvälinesuunnittelussa samankaltaisia etuja kuin muussakin tietokoneavusteisessa koneensuunnittelussa. CAD-ohjelmistoilla saatavia etuja ovat nopeus, tarkkuus, virheiden väheneminen ja suunnittelun muuntelumahdollisuus sekä laadukkaat työpiirustukset. (Aunio ym. 1989, 18.)

3.2.2 Toleranssit

Suomessa käytetään ISO-toleranssijärjestelmää, joka on kansainvälisesti standardisoitu ja käsittää muun muassa metrisen ISO-kierteen toleranssit sekä eräät työtapakohtaiset toleranssit. Järjestelmä muodostuu toleranssi-, sovite- ja mittausvälinejärjestelmästä ja sen avulla pyritään seuraaviin päätavoitteisiin:

- osien vaihtokelpoisuus
- osien yhteensopivuus
- mahdollisuus määritellä sovitteet ja toleranssit luotettavasti etukäteen
- tarkasti valmistettavien kappaleiden, tarkkuustyökalujen sekä mittausvälineiden hintojen alentaminen

(Pere 2007, 20-1 - 20-2.).

Kiinnittimen suunnittelussa huomioon otettavia seikkoja ovat mittojen ja muodon sallitut vaihtelut kiinnitettävässä kappaleessa. Mitä karkeampaa on valmistus sitä enemmän rajamitat vaihtelevat. (Aunio ym. 1989, 21.)

3.2.3 Työvälineen materiaali

Työvälineiden materiaalinvalinta on haasteellista ja hyvin merkittävää työväline-suunnittelun kannalta. Materiaalinvalinnassa on suotavaa pitää lähtökohtana koko tuotteen elinkaarianalyysiä sekä niin sanottua jäävuorimallia. Jäävuorimallin avulla voidaan selvittää suunnittelijan usein unohtamat materiaalin valinnasta riippuvat työvälineen kustannukset, joita ovat:

- valmistuskustannukset
- huoltokustannukset
- korjauskustannukset
- varastointikustannukset
- häiriöistä johtuvat seisokkikustannukset

(Aaltonen ym. 1997, 159.).

Väärä materiaalivalinta voi johtaa tuotantohäiriöihin, katetuottomenetyksiin sekä toimitusongelmiin, mikä puolestaan vähentää asiakkaan luottamusta työväline-toimittajaan ja voi mahdollistaa tilausten vähentymisen. Työvälineiden materiaalinvalinnassa pyritään usein hankintahinnassa säästöihin miettimättä sitä, kuinka huono materiaali vaikuttaa työvälineen valmistuskustannuksiin ja asiakkaalle työvälineistä aiheutuviin käyttökustannuksiin. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997, 160.)

Työvälinevalmistuksessa käytettäviltä materiaaleilta edellytetään suurta lujuutta ja kovuutta. Mekaanisten lujuusvaatimusten lisäksi materiaalille asettaa lisää vaatimuksia työvälineen käyttöolosuhteet. Käyttöolosuhteet määräävät sen, vaaditaanko materiaalilta kuumalujuutta, hyvää virumisen kestoa tai korroosionkestävyyttä. Oikeat materiaalivalinnat helpottavat työvälineen valmistusta. Työkaluteräksille on ominaista vaikea lastuttavuus, jonka vuoksi työkalun pinta joudutaan viimeistelemään hiomalla tai hienotyöstömenetelmillä. Sisäisiä virheitä materiaalissa ei saa olla. (Aaltonen ym. 1997, 160.)

3.3 Työvälineiden valmistus

Perinteisillä työstökoneilla työvälineiden valmistus ja kokoonpano on vienyt paljon aikaa. Nykyiset NC-ohjatut työstökoneet ovat parantaneet työstötarkkuutta ja nopeuttaneet työvälineiden kokoonpanoa. Tuotantoautomaation ja työstökoneiden ohjauksen kehittyminen on nopeuttanut ja yksinkertaistanut työvälineiden valmistusta, mutta se on edelleenkin yksi koneenrakennuksen vaativimpia osa-alueita. Monipuoliset työstökoneet, korkeatasoinen ammattitaito ja kokemuksen tuoma osaaminen ovat edellytyksiä kunnollisten työvälineiden valmistukselle. (Aaltonen ym. 1997, 179-180.)

Työvälineiden valmistusketjuun kuuluu toisiinsa liittyviä vaiheita, joita ovat:

- suunnittelu
- työvälineen runkojen valmistus
- elektrodien suunnittelu ja valmistus
- muottipesien, tyynyjen ja pistinten NC-ohjelmien teko
- muotojen koneistus
- lämpökäsittely
- kipinätyöstö
- hionta
- kiillotus
- kokoonpano

(Aaltonen ym. 1991, 73.).

3.3.1 Työvälineiden lastuaminen

Työvälineiden valmistuksessa ei ole vaihtoehtoisia valmistusmenetelmiä tiukkojen toleranssivaatimusten vuoksi. Työvälineiden materiaalit on ensisijaisesti valittu toimivuuden ja kestävyuden mukaan lastuttavuuden jäädessä toissijaiseksi. Hyvin lastuttavia koneenrakennuksen materiaaleja käytetään harvoin työkalujen materiaalina. Nuorrutusteräkset ovat koneistettavista työkalumateriaaleista parhaita. Hionta tai hienotyöstömenetelmät ovat käytettyjä työstömenetelmiä valmistettaessa kovia karkaistuja työvälineitä. (Aaltonen ym. 1997, 182.)

3.4 Lastuavien työstökoneiden kiinnittimet

Hyvin oleellinen osa tehokasta työstöä ovat lastuavien työstökoneiden kiinnittimet. Hyvin suunniteltujen kiinnittimien avulla voidaan nopeuttaa ja yksinkertaistaa asetuksia ja kiinnityksiä, jolloin työstökoneen tuottamattomat sivuajat lyhenevät. Uuden työstökoneen hankintaan kuuluvat kiinteästi kiinnittimien suunnittelu ja valmistus, sillä yleensä uuden koneen mukana hankitaan vain peruskiinnittimet tavallisimmille työkappaleille. Erilaisten työkappaleiden työstössä kiinnittimiltä vaaditaan muunneltavuutta. Kiinnittimiä voidaan valmistaa tuoteperhekohtaisiksi, mutta yleensä ne suunnitellaan ja valmistetaan vain yhtä tuotetta varten. Koneistuskeskuksissa pyritään usein käyttämään kiinnittimiä, joihin voidaan kiinnittää useita työkappaleita samasta kokoonpanoryhmästä. Tällaisten ryhmäkiinnittimien käyttö estää yksittäisten osien puuttumisen kokoonpanossa sekä tekee tuotannonohjauksesta yksinkertaisempaa ja varmempaa. (Aaltonen ym. 1997, 244.)

Käyttämällä koneistuskiinnittimiä saavutetaan sarjatyössä kaikkien koneistettavien työkappaleiden välille samat mitat ja varmuus hyvään laatuun. Erikoiskiinnittimillä hankalankin muotoisten työkappaleiden tukeminen ja tehokas lastuminen on mahdollista. Työkappaleen työstäminen useilta eri suunnilta samalla kiinnityksellä kasvattaa pintojen sijaintitarkkuutta, vähentää työvaiheiden määrää sekä pienentää osan läpimenoaikaa. Erikoiskiinnittimiä käyttämällä voidaan vähentää liiallista työstöä ja tarkkuutta asemoimalla työkappale aikaisemmissa työvaiheissa koneistettujen pintojen avulla. Joskus työkappaleisiin koneistetaan niin sanottu turha pinta, joka toimii asemointipintana seuraavissa työvaiheissa. (Aunio ym. 1989, 86-87.)

3.4.1 Kiinnittimien suunnittelu

Asioita, jotka on huomioitava työstökoneiden kiinnittimiä suunniteltaessa, ovat:

- Runkorakenteen on oltava riittävän tukeva ja jäykkä
- Dynaaminen jäykkyys saavutetaan parhaiten oikealla muotoilulla ei välttämättä suurella massalla

- Kevyet kiinnittimet ovat edullisia pienten hitausvoimien ja helpon käsittelyn kannalta
- Muotoilulla on suljettava pois mahdollisuus asemoida kappale väärin kiinnittimeen
- Kiinnityselementtien on oltava nopeita käyttää
- Voimatoimiset kiinnittimet takaavat varman kiinnipysymisen
- Lastuamisvoimien aiheuttamat muodonmuutokset on minimoitava
- Päälastuamisvoimien suunta ja luonne ratkaisee tukipisteiden ja kiinnitysvoimien sijoittelun
- Pyritään koneistamaan kappaleet mahdollisimman harvoilla kiinnityksillä
- On varattava riittävät väistö- ja ylikoneistusalueet
- On vältettävä ulokkeita rungossa
- Ruuvikiinnitykset pitää rationalisoida

(Aaltonen ym. 1991, 245-246.)

Suunnittelussa tulisi käyttää hyödyksi tuotesuunnittelun CAD-malleja, jos se vain on mahdollista. CAD-järjestelmällä suunniteltua kiinnittimen mallia olisi hyvä käyttää apuna NC-ohjelmointia tehtäessä, sillä näin voidaan välttää mahdolliset kiinnittimen aiheuttamat kolarointitilanteet tuotannossa. (Aaltonen ym. 1997, 245.)

3.4.2 Työkappaleen kiinnittäminen

Kiinnitysvoimien tehtävänä on pitää työstettävä kappale luotettavasti paikoillaan huolimatta siihen vaikuttavista suunnaltaan vaihtelevista lastuamisvoimista, työkappaleen massasta ja hitausvoimista. Kiinnitysvoiman tulisi kuitenkin olla sellainen, että se ei aiheuta työkappaleeseen jälkiä tai muodonmuutoksia. Ennen kappaleen lukitsemista paikoilleen pääkiinnitysvoimilla, voidaan sen asemointi varmistaa vielä apukiinnitysvoimilla. Suurimman jäykkyyden aikaansaamiseksi kiinnitysvoimat tulisi mieluiten suunnata paikoittimen kiinteitä elementtejä kohti, joita ovat paikoittimen asemoitavat elementit. Aina näiden käyttö ei kuitenkaan ole mahdollista, jolloin kiinnitysvoimat saadaan aikaan elementeillä, joiden on oltava mahdollisimman jäykkiä. Kappaleen paikallaan pitävien kiinnitysvoimien

noustessa tarpeeksi suuriksi kyseeseen tulee kitkavoimien käyttö. (Aunio ym. 1989, 95-96.)

3.4.3 Kiinnityselimet

Kiinnittimet voidaan jaotella itsetoimisiin, lihasvoimatoimisiin ja laitetoimisiin. Jaottelu perustuu kiinnitysvoiman aikaansaamistapaan. Itsetoimisissa kiinnittimissä esimerkiksi työkappaleen massa, sopivasti suuntautunut työstövoima tai työliike pitää kappaleen paikoillaan. Kiinnittimet saavat energiansa joko lihasvoimasta (lihasvoimalla toimivat) tai esimerkiksi pneumatiikasta, hydraulikasta, sähköstä ja magnetismista (laitetoimiset). (Aunio ym. 1989, 99.)

3.4.4 Koneistuskeskusten kiinnittimet

Koneistuskeskuksissa käytettävien kiinnittimien on oltava tukevia työkappaleiden tasojen jyrynnän sekä reikien poraamisen vuoksi. Lisäksi kappaleen koneistamisen tulisi olla mahdollista useasta suunnasta samalla kiinnityksellä. Yleensä koneistuskeskuksissa palettia on mahdollista muuttaa pöytää kääntämällä. Kiinnittimet tulisi näin ollen suunnitella nelisivuisiksi, jolloin voidaan välttää ylimääräisiä asetusten ja kappaleiden vaihtoja koneella sekä pidentää yhden paletin koneistusaikaa. (Aaltonen ym. 1997, 245.)

Tavallisesti koneistuskeskusten kiinnittimien runkojen valmistuksessa käytetään valurautaa tai se voidaan hitsata teräslevystä. Kappaleen kiinnitykseen käytetään ruuveja, kampi- ja nivelmekanismeja sekä joissakin tapauksissa paineilma- tai hydraulitoimisia leukoja. (Aaltonen ym. 1997, 245.)

3.4.5 Modulaariset kiinnitinsarjat

Perinteisesti lastuttavat kappaleet kiinnitetään työstökoneen pöydälle käyttäen hakarautoja, kiristysruuveja ja T-uramuttereita, mutta tämä on hankalaa ja teho-

tonta. Jokainen kiinnitys on rationaalisen kiinnityksen sijaan enemmän rakente-
lua. Modulaaristen standardiliitospintaisten kiinnityssarjojen myötä yksittäiskap-
paleiden kiinnitys on nopeampaa ja yksinkertaisempaa. Kiinnitinsarjoja käyte-
tään erityisesti suurikokoisten kappaleiden asemoimisessa ja kiinnityksissä, sillä
niille on harvoin järkevää valmistaa erikoiskiinnittimiä. (Aaltonen ym. 1997, 246.)

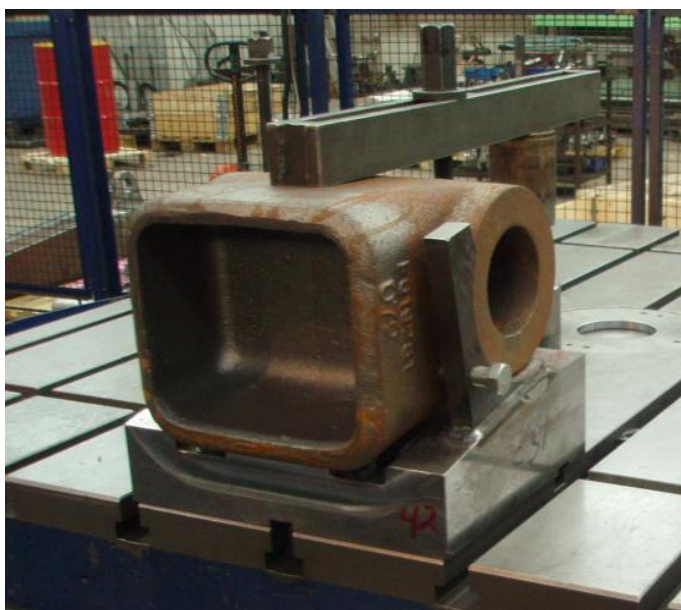
3.4.6 Erikoistyökalut

Lastuavassa työstössä käytetään perinteisesti erikoisteriä ja erikoistyökaluja.
Nykyisillä NC-ohjatuilla työstökoneilla suurin osa aikaisemmin erikoistyövälineil-
lä tehtävistä töistä on mahdollista tehdä ohjelmallisesti standarditerällä. Joissa-
kin tapauksissa erikoistyövälineiden käyttö on välttämätöntä työstökoneiden
rajallisten työkalurevolverien ja -makasiinien vuoksi. Erityisesti avarruskoneille
erikoistyökalujen suunnittelu ja valmistus on kannattavaa. (Aaltonen ym. 1997,
247.)

4 Kiinnittimen suunnittelu

4.1 Lähtötilanteen kartoittaminen

Tehtävänä oli suunnitella kiinnitin kolmen samankaltaisen vetonupin koneistamiseksi avarruskoneella. Aikaisemmin kiinnittimiä oli kolme, eli jokaiselle vetonupille omansa. Vanhassa kiinnittimessä työkappale asetetaan vaaka-asennossa kahden sivupidikkeen ja säätöruuvien varaan (kuvio 1). Sivupidikkeet ovat kiinteästi kiinni alustassa ja ne asemoivat työkappaleen kiinnittimen keskelelle sekä estävät sen liikkeen sivuttaissuunnassa. Työkappaleen etureuna asemoidaan suoraan säätöruuvien ja vatupassin avulla. Varsinainen kiinnitys tapahtuu työkappaleen yläpuolelta lestillä, joka painaa sen tukevasti kiinnitintä vasten. Vanhat kiinnittimet ovat toimivia, mutta niiden käyttö on varsin kömpelöä ja hidasta.



Kuvio 1. Keskikokoinen vetonuppi asetettuna vanhaan kiinnittimeen. Työkappale asetetaan kahta kiinteää pidikettä vasten ja säädetään suoraan kahden säätöruuvien ja vatupassin avulla. Varsinainen kiinnitys tapahtuu työkappaleen päälle asetettavalla lestillä.

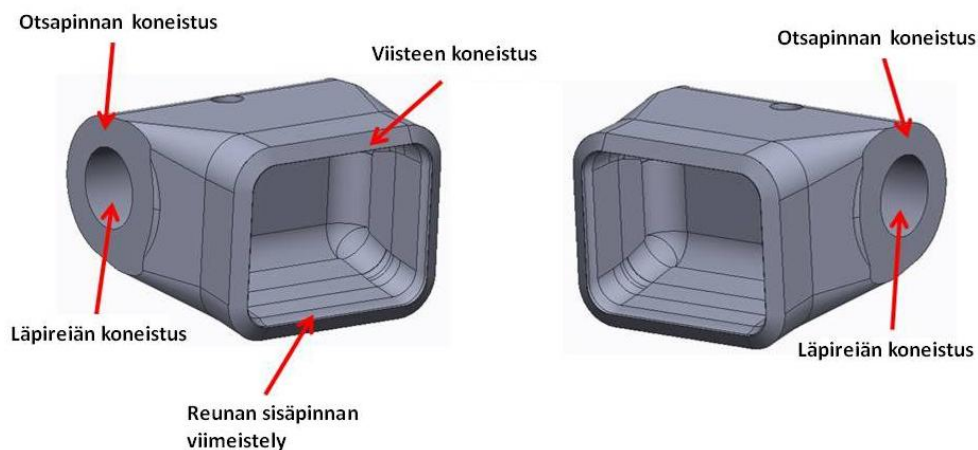
4.2 Vetonuppien koneistus

Vetonupit on esitetty kuvioissa 2-4. Vetonuppien aihio valmistetaan valamalla, jonka jälkeen ne koneistetaan mittatarkoiksi avarruskoneella. Vetonuppien materiaalina käytetään 25CrMo4 nuorutusterästä.

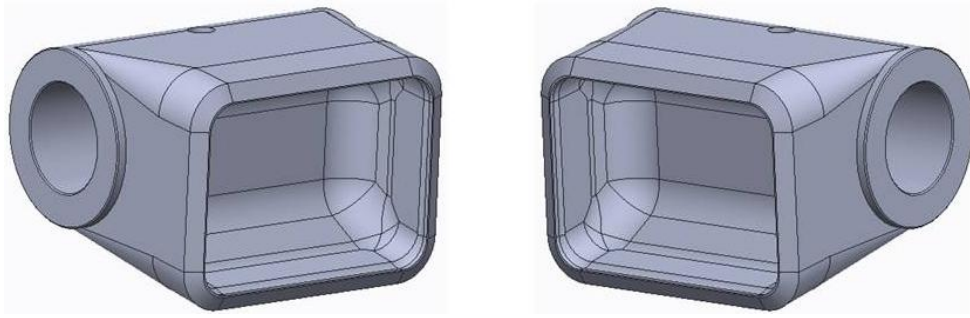
Valukappale asetetaan kiinnittimeen vaaka-asentoon ja koneistetaan neliön muotoinen pää. Ensiksi viimeistellään reunan sisäpuoli ja sen jälkeen koneistetaan viiste ulkoreunaan. Tämän jälkeen kappale käännetään kiinnittimessä 90° ja viimeistellään iso läpäreikä sekä ulkopinnan ympyrämuoto.

Seuraavaksi kappale ja kiinnitin käännetään ympäri, jonka jälkeen ajetaan toinen puoli samalla tavalla. Läpäreikä porataan vain puoleenväliin kummaltakin puolelta mittatarkkuuden säilyttämiseksi. Keskipokoinen vetonuppi poikkeaa muista nupeista siten, että sen ympyrämuodon ulkoreunaan koneistetaan 1 millimetrin viiste.

Viimeisessä vaiheessa työstettävä kappale käännetään pystyyn toiseen kiinnittimeen, jossa porataan reikä rasvanipalle.



Kuvio 2. Pieni vetonuppi ja sen koneistuskohdat.



Kuvio 3. Keskikokoinen vetonuppi.



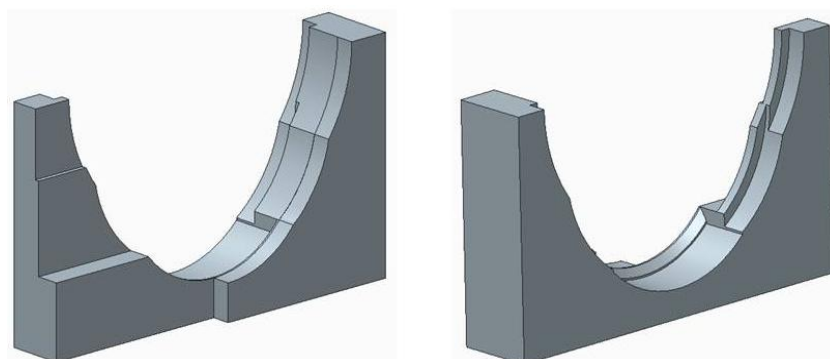
Kuvio 4. Iso vetonuppi.

4.3 Esisuunnittelu

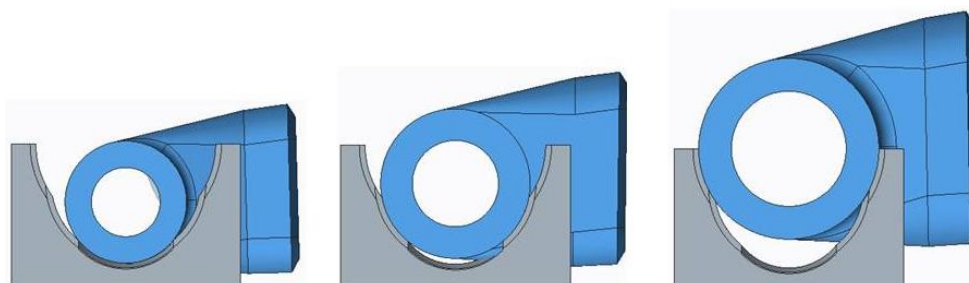
Uudessa kiinnittimessä työkappaleen kiinnitys oli tarkoitus toteuttaa siten, että kaikki kolme tuotetta olisi mahdollista koneistaa samalla kiinnittimellä. Työkappaleen asettamiseen kuluva aika oli myös tarkoitus saada pienennettyä. Esi-suunnitteluvaiheessa mietittiin erilaisia kiinnittimen toteutustapoja ja työkappaleen kiinnitysvaihtoehtoja. Simuloimalla eri vaihtoehtoja voitiin selvittää, mitkä ratkaisut toimivat ja mitä oli vielä kehitettävä.

Vetonuppien koneistuksen ja muodon aiheuttamien rajoitteiden vuoksi kiinnitysmahdollisuudet olivat varsin rajalliset. Kaikki kolme tuotetta ovat lähes joka suunnassa erikokoisia ja niiden koneistuksen tuli tapahtua vaaka-asennossa. Lisäksi piti ottaa huomioon koneistuksessa kappaleeseen kohdistuvat lastaamisvoimat, joten kappaleen paikallaan pysymiseksi kiinnityksestä oli saatava riittävän tukeva.

Yksi vaihtoehtoinen kiinnitystapa oli hyvin samankaltainen kuin vanhassa kiinnittimessä. Työkappale asetetaan kahden alustaan hitsatun sivupidikkeen (kuvio 5) ja etupään säätöruuvien varaan. Tämän jälkeen kappale kiinnitetään yläpuolelta lestillä tukevasti paikoilleen. Sivupidikkeet on suunniteltu siten, että kappaleet asettuvat niihin päällekkäin (kuvio 6). Ongelmaksi muodostui työkappaleiden erilaiset muodot ja näin ollen kiinteästi paikallaan pysyvät kiinnittimet eivät olisi tulleet toimimaan.

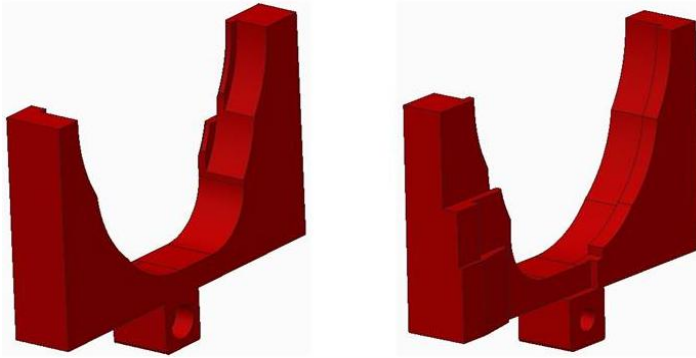


Kuvio 5. Kiinteästi asennettava pidike. Toisen puolen pidike valmistetaan peilikuvana.

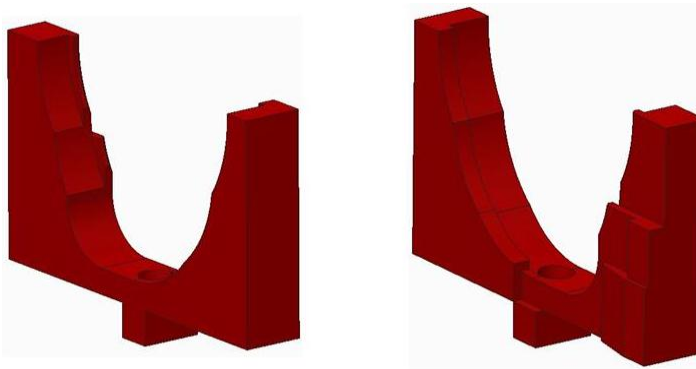


Kuvio 6. Pieni, keskikokoinen ja iso vetonuppi asetettuna kiinteästi asennettavaan pidikkeeseen.

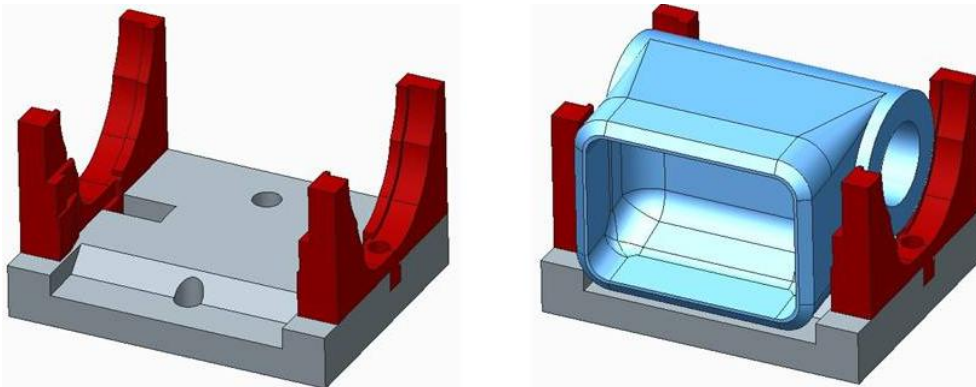
Melko pian kävi selväksi, että valukappaleiden huonon mittatarkkuuden vuoksi kiinnittimessä oli oltava säätömahdollisuus. Säätö päätettiin toteuttaa toisen puolen pidikettä liikuttamalla (kuvio 7). Liike suoritetaan ruuvia kiertämällä, jolloin työkappale puristuu toisen puolen kiinteää pidikettä vasten (kuvio 8). Muodostamalla pidikkeiden ja työkappaleen välille tarpeeksi suuri puristusvoima, voidaan yläpuolinen kiinnitys jättää kokonaan pois (kuvio 9). Etupään tuenta ja asettaminen suoraan tapahtuu säätöruuvia kääntämällä.



Kuvio 7. Toisen version säädettävä pidike.



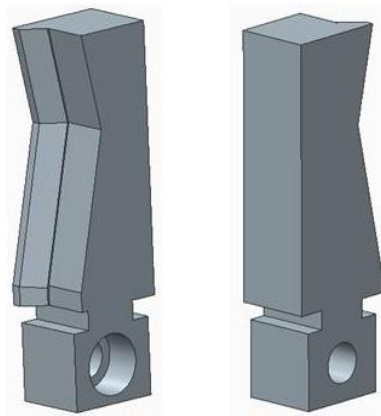
Kuvio 8. Toisen version kiinteästi asennettava pidike.



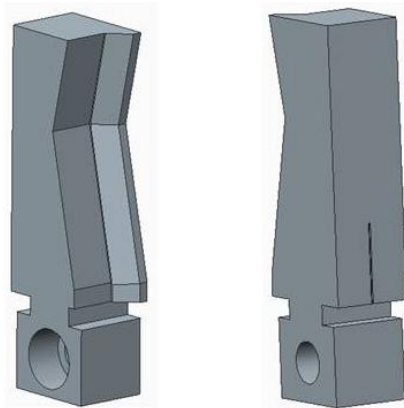
Kuvio 9. Keskikokoinen vetonuppi asetettuna säädettävään kiinnittimeen. Kuvasta puuttuu työkappaleen etupäätä tukeva ja asemoiva säätöruuvi.

Kiinnitin haluttiin pitää mahdollisimman yksinkertaisena ja helppona käyttää, joten liian monimutkaisia komponentteja pyrittiin välttämään. Tästä syystä kiinnittimen edellä kuvattu versio päätettiin hylätä. Pidikkeiden muodot olivat niin hankalia, että niiden koneistaminen olisi ollut todella haastavaa ja hidasta. Lisäksi niiden toimivuudesta ei ollut täyttä varmuutta.

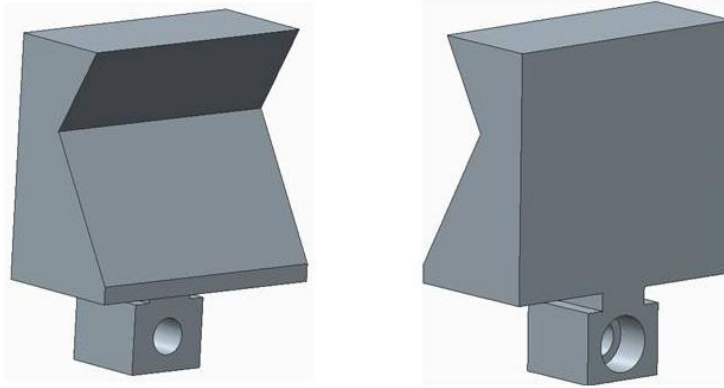
Useita erilaisia pidikkeitä simuloimalla parhaaksi valikoituivat v-prisman muotoa mukailevat pidikkeet. Pidikkeitä tuli kiinnittimeen yhteensä kolme kappaletta, kaksi työkappaleen sivuille ja yksi sen taakse (kuviot 10-12). Kaikki pidikkeet ovat säädettävissä alustan uria pitkin (kuvio 13) ja kappaleen kiinnitys tapahtuu puristamalla se pidikkeiden väliin. Pidikkeiden liike saadaan aikaiseksi ruuveja kääntämällä. Etupään tuenta ja säätö tapahtuu säätöruuvilla. Kiinnittimen koonpano on esitelty kuviossa 14. Tätä kiinnitinvaihtoehtoa lähdettiin kehittämään varsinaisessa suunnitteluvaiheessa.



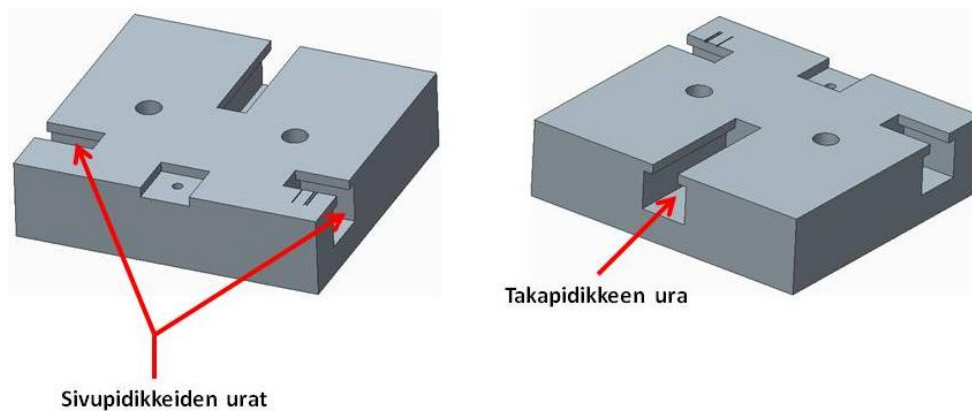
Kuvio 10. Kiinnittimen säädettävä sivupidike.



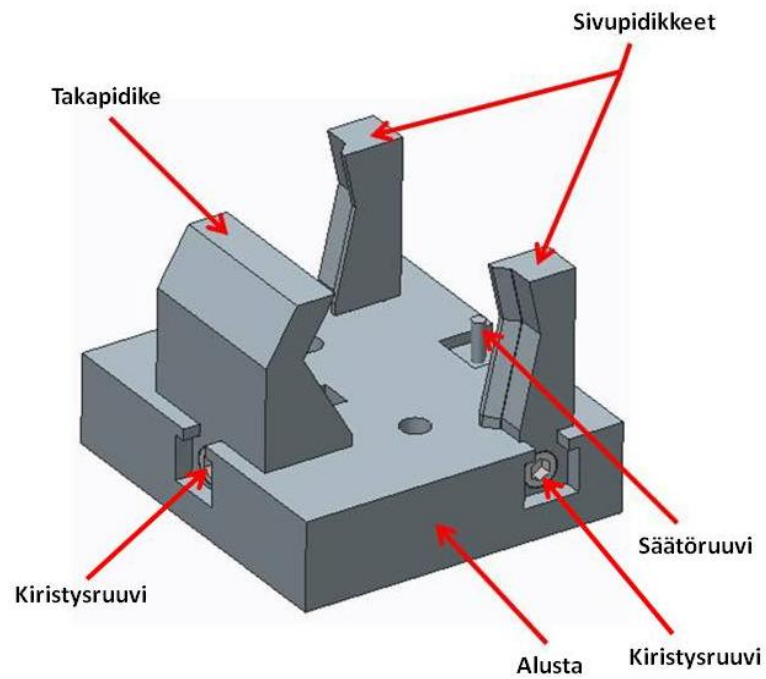
Kuvio 11. Työkappaleen kiinnittimen keskelle kohdistava sivupidike.



Kuvio 12. Työkappaleen taakse tuleva säädettävä pidike.



Kuvio 13. Kiinnittimen alusta.

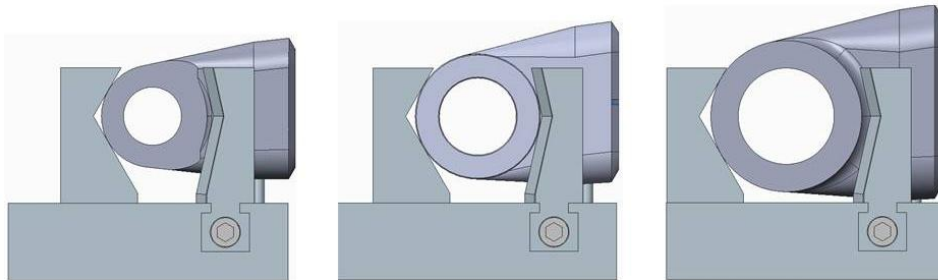


Kuvio 14. Kiinnittimen kokoonpano.

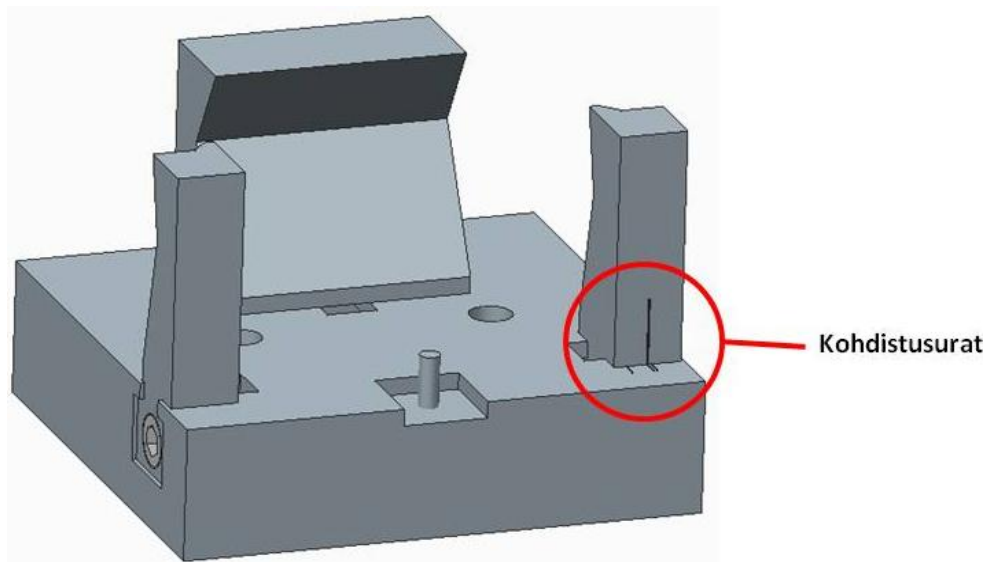
Esisuunnittelua nopeutti huomattavasti se, että käytössä oli valmiit 3D-mallit valetuista ja koneistetuista tuotteista. Aikaa tuotteiden mallintamiseen ei tämän vuoksi tarvinnut käyttää ollenkaan. Valmiiden mallien avulla mahdolliset ongelmatilanteet olivat heti havaittavissa kiinnittintä suunniteltaessa. Komponenttien mallintaminen suoritettiin Creo Parametric 1.0 3D-suunnitteluohjelmiston avulla.

4.4 Varsinainen suunnittelu

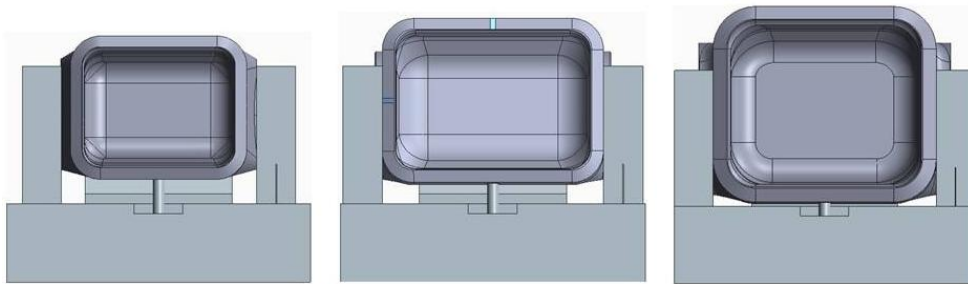
Kiinnittimen esisuunnittelun valmistuttua kiinnittimestä alettiin suunnitella hyvin toimivaa kokonaisuutta. Vetonuppeja ajetaan vuodessa noin 200 kappaletta, joten pidikkeet suunniteltiin siten, että ne kestävät koneistuksen niihin aiheuttamat rasitukset ilman ongelmia. Pidikkeiden v-muodon ansiosta työkappaleet asettuvat takapidikettä kiristettäessä aina samalle korkeudelle (kuvio 15). Työkappaleiden asemointi sivuttaissuunnassa kiinnittimen keskelle tapahtuu alustaan ja toiseen sivupidikkeeseen koneistettujen urien avulla (kuvio 16). Urat kohdistetaan koneistettavan kappaleen koon mukaan ja kiristetään säädettävällä sivupidikkeellä paikoilleen (kuvio 17).



Kuvio 15. Pidikkeiden muodon ansiosta työkappaleet asettuvat takapidikettä kiristettäessä aina samalle korkeudelle.

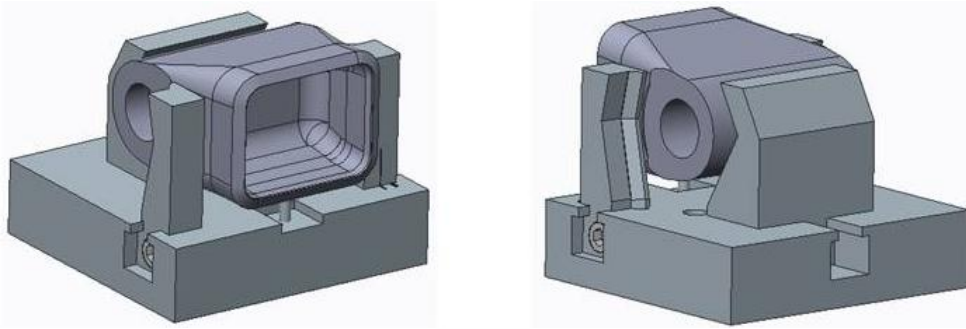


Kuvio 16. Sivupidikkeen ja alustan kohdistusurat.

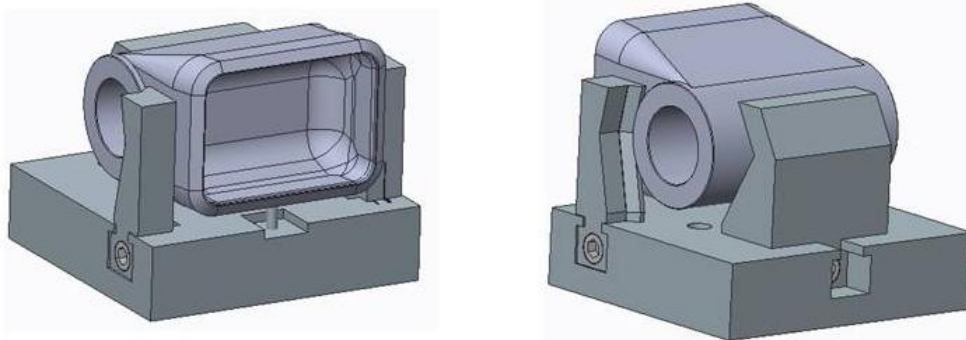


Kuvio 17. Työkappaleet kohdistetaan kiinnittimen keskelle alustan ja oikeanpuoleisen sivupidikkeen kohdistusurien avulla. Kappaleet kiristetään paikoilleen vasemmanpuoleisella sivupidikkeellä.

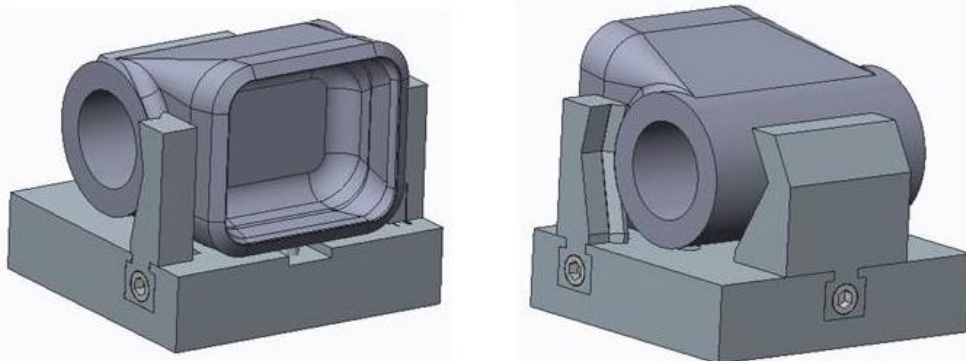
Kappaleen paikallaan pysyminen kiinnittimessä tapahtuu periaatteessa kitkan avulla. Työstettävän kappaleen ja puristimien välisen kitkan on oltava niin suuri, että kappale pysyy paikallaan lastuamisvoimien kohdistuessa siihen. Simuloimalla koneistustilannetta Creon FEM-sovelluksen avulla voidaan päätellä se, kuinka suurella puristusvoimalla tarvittava kitka saavutetaan. Samalla myös nähdään, ovatko puristuskomponentit asianmukaisia vai täytyykö niihin tehdä muutoksia. Kuvioissa 18-20 on esitelty valukappaleet kiinnittimessä.



Kuvio 18. Pieni vetonuppi kiinnittimessä.



Kuvio 19. Keskipokoinen vetonuppi kiinnittimessä.



Kuvio 20. Iso vetonuppi kiinnittimessä.

4.5 FEM-analyysi

4.5.1 Lastuamisvoimat

Oletuksena alaspäin ja sivuille kohdistuvat lastuamisvoimat eivät aiheuta ongelmia, mutta kriittisin tilanne syntyy kappaleen pyrkiessä kääntymään ylöspäin.

Tällainen tilanne syntyy ainoastaan läpireiän porausvaiheessa. Poraus aiheuttaa kappaleeseen vääntömomenttia, joka pyrkii kääntämään sitä ylöspäin. FEM-analyysin avulla voidaan selvittää, aiheuttaako se ongelmia kiinnityksen suhteen. Koska tarkoituksena oli suunnitella mahdollisimman yksinkertainen, mutta toimiva kiinnitin, kappaleen yläpuolinen tuenta on jätetty tarkoituksella pois.

FEM-analyysiä varten oli selvitettävä kappaleeseen kohdistuvat lastuamisvoimat kussakin työvaiheessa. Lastuamisvoimien ja niiden aiheuttamien momenttien laskemiseksi tarvittiin taulukossa 1 luetellut työstöarvot sekä lastuttavan materiaalin kovuus (255 HB).

Taulukko 1. Työstöarvot ja niiden suuruudet.

Työstöarvot	Neliömuoto	Ympyrämuoto	Läpireikä
Terähalkaisija	88 mm	63 mm	63 mm
Hammasluku	3x2	5	2
Lastuamisnopeus	600 mm/min	600 mm/min	
Lastuamissyvyys	mm	0,8 mm	0,5 mm
Lastuamisleveys	12 mm	25 mm	2,5 mm
Hammassyöttö	0,1 mm/hammas	0,1 mm/hammas	0,1 mm/hammas

Voimien laskemiseksi apuna käytettiin kennametal.com sivuston laskureita. Neliömuodon lastuamisvoimaksi saatiin laskettua noin 1200 N ja pyöreän muodon lastuamisvoimaksi noin 100 N. Läpireikään kohdistuvan tangentialisen voiman suuruudeksi saatiin noin 160 N. Tästä voitiin laskea läpireikään kohdistuva vääntömomentti kertomalla tangentialinen voima leikkuuterän säteellä, joka oli 63 mm. Vääntömomentin suuruudeksi tuli 50,4 Nm. Analyysissä momentin suuruudeksi asetettiin varmuuden vuoksi 70 Nm.

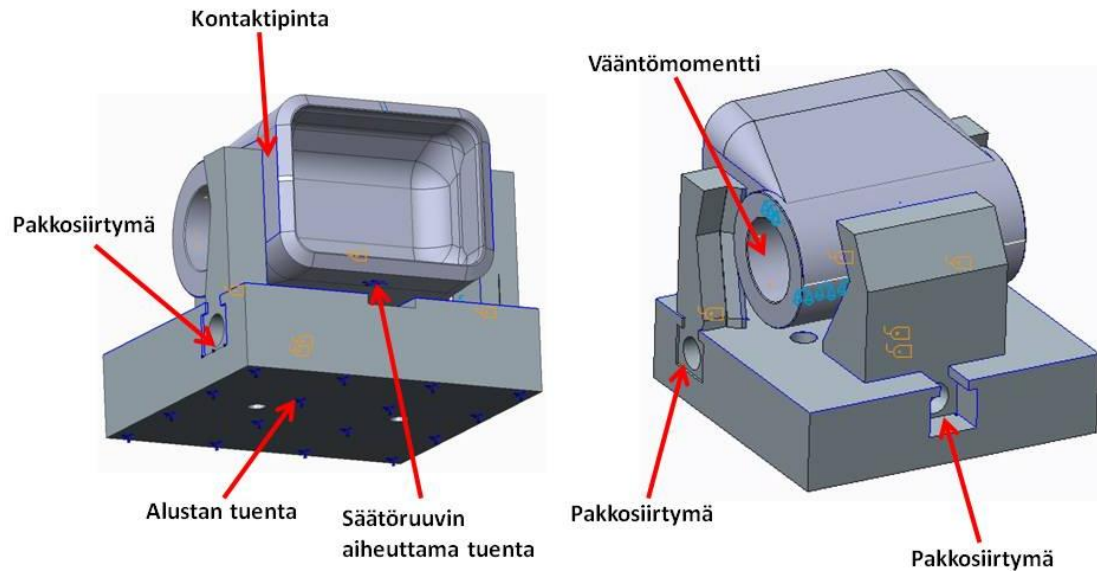
4.5.2 Analyysi

FEM-analyysi päätettiin toteuttaa kokoonpanossa, jossa on itse työstettävä kappale sekä kiinnitin kaikkine komponentteineen. FEM-analyysin valmistelu aloitettiin valitsemalla kaikille kokoonpanon komponenteille oikeat materiaalit.

Vetонуpeissa materiaalina käytetään 25CrMo4 nuorrutusterästä ja kiinnittimesä S235 rakenneterästä.

Materiaalivalintojen jälkeen kiinnitin ja työkappale oli tuettava oikein. Kiinnitin tuettiin pohjasta jäykästi, joten se ei pääse liikkumaan mihinkään suuntaan. Kappaleen ja kiinnittimen väliset pinnat oli määritettävä siten, että ne vastaavat todellista tilannetta. Jos kontaktipintoja ei määritetä oikein, ohjelma olettaa, että kaikki komponentit ovat yhtä kappaletta. Kappaleen ja pidikkeiden välisissä kontaktipinnoissa kitkakertoimeksi määritettiin 0,5. Pidikkeiden ja alustan väliset kontaktipinnat määritettiin vapaiksi. Seuraavaksi takapidikkeen ja sivupidikkeiden pohjaan määritettiin 0,5 mm:n pakkosiirtymät, joilla työkappaleeseen kohdistuva puristus saatiin aikaiseksi. Tämän jälkeen oli määritettävä kappaleeseen vaikuttavien voimien sijainti, suuruus ja suunta. Voimien asettelussa pyrittiin simuloimaan mahdollisimman tarkasti todellista koneistustilannetta.

Materiaalivalintojen, tuentojen, pakkosiirtymien ja voimien asettamisen jälkeen ohjelma pystyi laskemaan kokoonpanolle analyysin (kuvio 21). Analyysistä saadaan ulos lastuamisvoiman aiheuttamat siirtymät ja jännitykset. Analyysistä saadaan selville myös Contact Slippage Indicator, jonka avulla voidaan tutkia kontaktipintojen välillä tapahtuvaa liukumista.

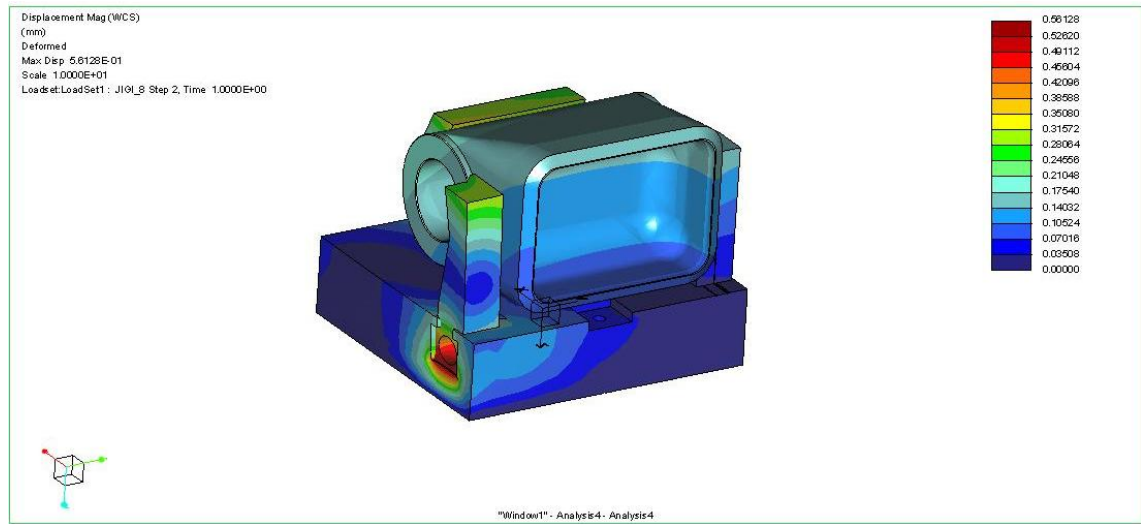


Kuvio 21. Kiinnitin ja työkappale valmiina laskentaa varten. Alustan alapinta on tuettu koko alueelta jäykästi. Säätöruuvien tuenta tukee kappaletta pystysuunnassa. Pakkosiirtymä on suuruudeltaan 0,5 mm ja se on sijoitettu sivupidikkeiden alapinnan ja alustan pinnan välille. Takapidikkeen pakkosiirtymä on toteutettu samalla tavalla. Vääntömomentti pyrkii kääntämään kappaletta ylöspäin ja sen suuruudeksi on asetettu 70 Nm.

4.5.3 Tulokset

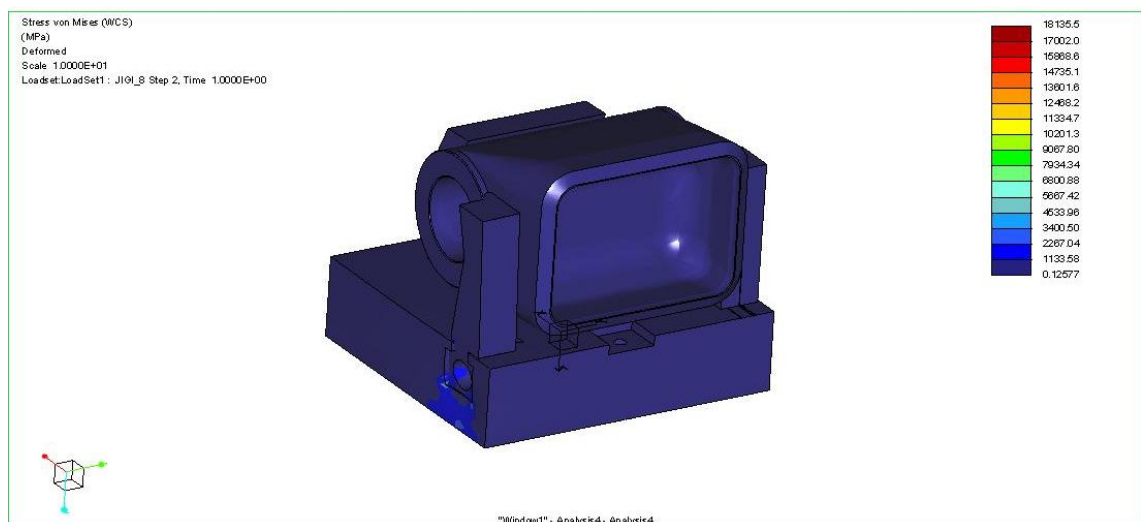
Kaikkein kriittisin tilanne kappaleen koneistuksessa syntyy läpireiän porauksen yhteydessä, kun siitä aiheutuva vääntömomentti pyrkii nostamaan kappaletta ylöspäin. Neliömuodon ja ympyrän muotoisen otsapinnan koneistuksesta ei aiheudu kappaleen kiinni pysymisen kannalta ongelmia, sillä voimat suuntautuvat joko alas tai sivulle. Tästä syystä päätettiin keskittyä ainoastaan kriittisimmän tilanteen analysoimiseen.

Analyysiä tutkimalla voitiin todeta, että ulkopintojen koneistuksen aiheuttamat jännitykset jäävät niin pieniksi, että niillä ei pitäisi olla vaikutusta kiinnittimen kestämisen suhteen. Tuloksia tutkimalla voidaan päätellä, että lisätuentoja ei välttämättä tarvittaisi kappaleen kiinni pysymiseksi.



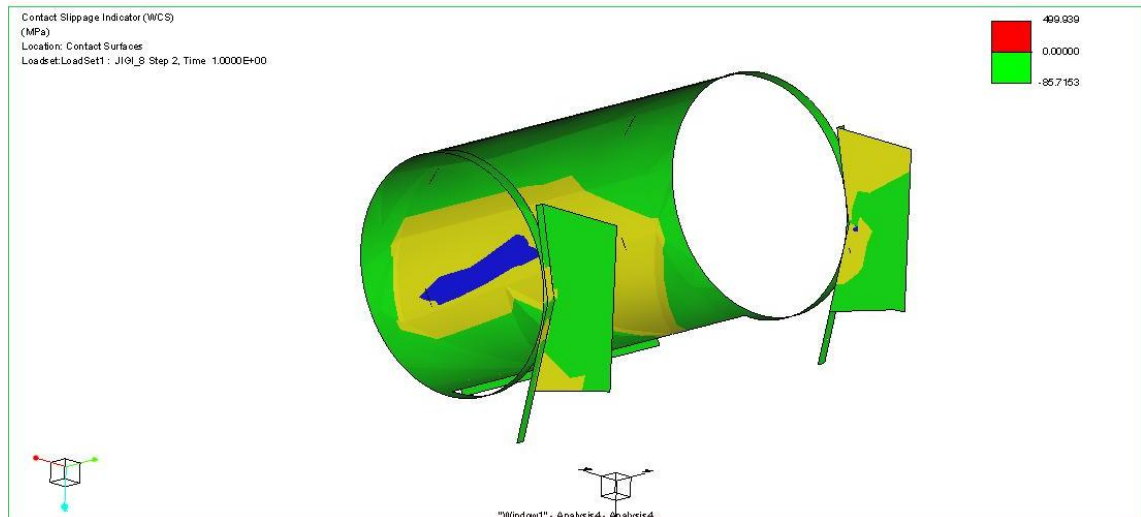
Kuvio 22. Siirtymät kiinnittimen komponenteissa reiän koneistuksen aikana.

Kuviosta 22 voidaan nähdä, että läpireiän koneistuksesta aiheutuvan vääntömomentin vaikutuksesta kiinnittimen komponentit joustavat hieman. Suurimmat siirtymät kiinnittimen komponenteissa ovat kuitenkin vain noin 0,5 mm, joten kiinnittimen komponenttien muodonmuutoksien ei pitäisi vaikuttaa lastuamiseen.



Kuvio 23. Kiinnittimen komponentteihin kohdistuvat von Mises-jännitykset.

Kuviosta 23 voidaan huomata, että kiinnittimeen kohdistuvat von Mises-jännitykset jäävät hyvin alhaisiksi. Suurimmat kiinnittimen komponentteihin kohdistuvat voimat olivat noin 10-20 MPa. Nämä voimat eivät aiheuta kiinnittimen suhteen ongelmia, sillä sen valmistusmateriaaliksi on valittu rakenneteräs S235.



Kuvio 24. Kiinni puristetun työkappaleen liukuminen reiän koneistuksen aikana. Lukuarvot ovat kontaktipinnoilla negatiivisia, joten liukumista ei tapahdu.

Contact Slippage Indicator on ehkä tärkein analyysi tämän työn kannalta. Siitä ilmenee tapahtuuko kappaleen ja kiinnittimen kontaktipintojen välillä liukumista. Vääntömomentti on asetettu vaikuttamaan siten, että kappale pyrkii kääntymään ylöspäin. Tämä on kaikkein kriittisin tilanne, kun kappaletta koneistetaan, sillä yläpuolista tukea ei kiinnittimessä ole.

Tutkimalla kuviota 24 voidaan todeta, että kontaktipinnoissa ohjelman antama arvo on negatiivinen, joka tarkoittaa sitä, että liukumista kontaktipintojen välillä ei ainakaan ohjelman mukaan pitäisi tapahtua.

4.6 Muutokset

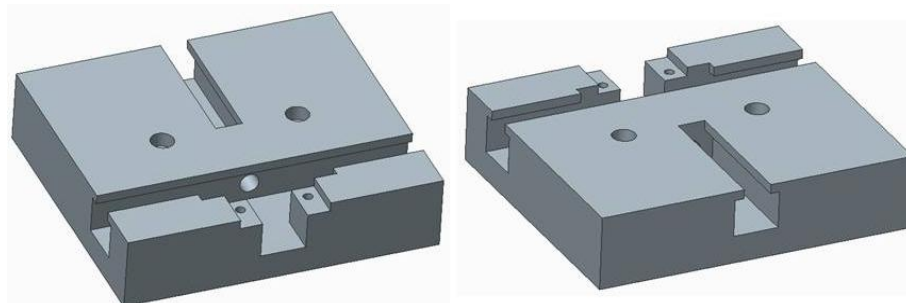
Suunnittelun tavoitteena oli saada kaikki työkappaleet koneistettua samalla kiinnittimellä. Lopputuloksena saatiin suunniteltua toimiva kiinnitin, joka täyttää tämän vaatimuksen. Suunnittelussa jäi kuitenkin huomioimatta asetusaika, jota oli myös tarkoitus saada pienennettyä. Vanhoissa kiinnittimissä kappale tuetaan yläpuolelta lestillä, joka kiristetään paikoilleen yhdellä mutterilla, mutta uudessa kiinnittimessä kappaleen tuenta suoritetaan kahta ruuvia kiristämällä.

Kiinnittimen komponentit oli todettu toimiviksi, joten uusia ei lähdetty suunnittelemaan. Sen sijaan vanhoja komponentteja päätettiin muokata siten, että niiden

käyttö olisi nopeampaa. Tavoitteeksi asetettiin kiinnityksen tukevuutta heikentämättä korvata kaksi ruuvia yhdellä.

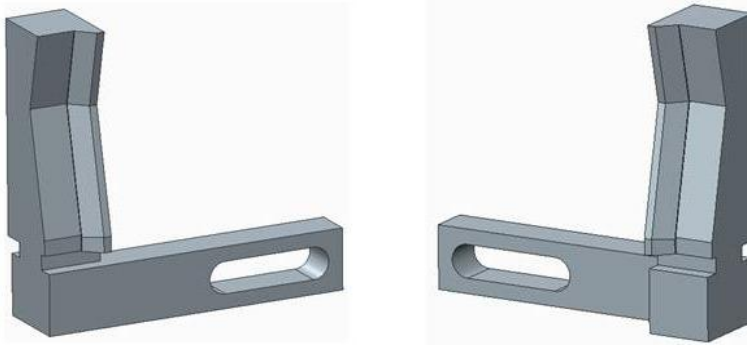
Vaihtoehtoisena toteutustapana oli käyttää kiristyksessä kiiloja, joilla kaikkien pidikkeiden liikkeet olisi saatu aikaiseksi yhtä ruuvia kiristämällä. Tämä toteutustapa päätettiin kuitenkin hylätä sen monimutkaisen rakenteen ja valmistettavuuden vuoksi. Myös erilaisten ruuvivaihteiden käyttöä mietittiin, mutta niissä ongelmaiseksi muodostui välityssuhde. Mittojen muutokset työkappaleiden välillä eivät ole tasaisia, joten vakio välityssuhteen käyttö ei ole mahdollista. Lisäksi kiinnittimen rakenne olisi muuttunut liian monimutkaiseksi.

Kiinnitin onnistuttiin siihen kohdistuneista muutoksista huolimatta pitämään rakenteeltaan varsin yksinkertaisena ja helppona käyttää. Alustaa muutettiin siten, että takapidikkeen uraa pidennettiin ja sivupidikkeiden ura on koko alustan levyinen (kuvio 25). Lisäksi etupäähän jouduttiin uuden kiinnittimen rakenteen vuoksi lisäämään toinen säätöruuvi.

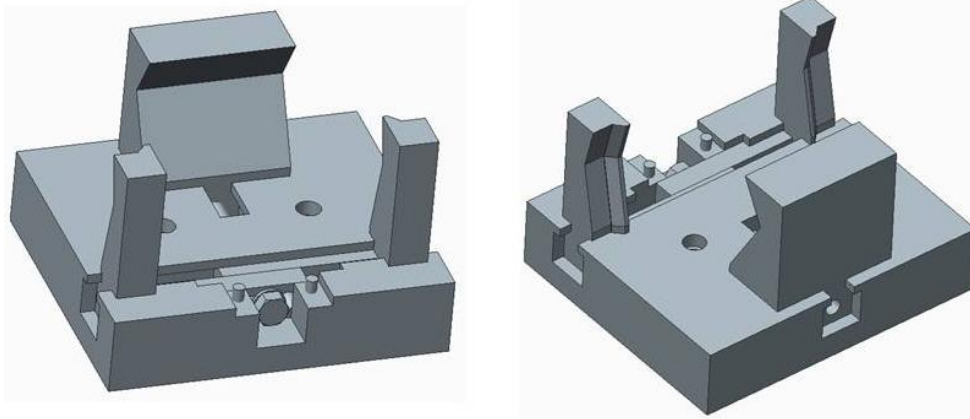


Kuvio 25. Alusta muutoksien jälkeen.

Sivupidikkeiden rakennetta muutettiin siten, että niiden asettaminen työkappaletta vasten tapahtuu käsin asettamalla. Pidikkeisiin lisättiin ulokkeet, jotka kulkevat alustaan koneistetussa urassa ja ne lukitaan paikalleen ruuvilla (kuvio 26). Ruuvi vetää samalla takapidikkeen työkappaletta vasten, jolloin saadaan aikaan kappaleen kiinnittävä puristusvoima. Kuviossa 27 on esitetty muutetun kiinnittimen kokoonpano.



Kuvio 26. Sivupidikkeet muutosten jälkeen.



Kuvio 27. Kiinnittimen kokoonpano muutoksien jälkeen. Työkappale asetetaan silmämääräisesti kiinnittimen keskelle säätöruuvien varaan. Tämän jälkeen sivupidikkeet asetetaan työkappaletta vasten. Kiristysruuvi vetää takapidikettä ja lukitsee samalla sivupidikkeet paikoilleen.

5 Pohdinta

Tehdyistä muutoksista huolimatta työn toimeksiantajan kanssa todettiin kiinnittimessä olevan vielä puutteita, joiden vuoksi sen valmistaminen tässä vaiheessa ei olisi kannattavaa. Tiukan aikataulun vuoksi kiinnittimeen ei ehditty tekemään enää uusia muutoksia, joten kiinnittimen suunnitteluprosessi päätettiin tähän. Työn aloittamisen aikaan tarkoituksena oli päästä testaamaan kiinnittimen toimintaa käytännössä, mutta edellä mainituista syistä sitä ei valitettavasti ehditty tekemään. Kiinnitin todettiin kuitenkin mielenkiintoiseksi ja sen kehittämistä kohti varsinaista tuotantoversiota tullaan jatkamaan.

5.1 Sisällön ja tulosten tarkastelu

Työn ensimmäisenä tavoitteena oli suunnitella ja valmistaa kolmelle vetonupille yhteinen ja toimiva kiinnitin. Vetonuppien koneistustavan aiheuttamien rajoitteiden vuoksi sen suunnittelu oli haastavaa. Työssä esitelty kiinnitin on suunniteltu siten, että kaikkien vetonuppien koneistaminen on sillä mahdollista ja kiinnittimelle tehtyjen simulointien perusteella sen pitäisi olla myös hyvin toimiva kokonaisuus. Työkappaleen kiinnipysyminen varmistettiin tekemällä kiinnittimestä FEM-analyysi, jonka perusteella todettiin kiinnitysvoimien olevan riittäviä. Toiseksi tavoitteeksi asetettiin kiinnittimen nopeampi käyttö verrattuna vanhoihin kiinnittimiin. Ensimmäistä kiinnitinversiota suunniteltaessa asetusajaksi jäi kokonaan huomioimatta. Syynä tähän saattoi olla se, että sen suunnittelussa keskityttiin pelkästään kaikkien vetonuppien saamiseen samaan kiinnittimeen asetusajasta välittämättä.

Kiinnitin saatiin muutettua nopeammaksi muokkaamalla jo olemassa olevia komponentteja, mutta muutoksien jälkeen kiinnittimessä havaittiin uusia ongelmia, joita ei aikataulun vuoksi ehditty enää korjaamaan. Näitä ongelmia olivat kiinnittimen avonaisuus ja työkappaleen keskittäminen. Avonaisuudella tarkoitetaan sitä, että työkappaleen koneistuksesta muodostuvat lastut tukkivat alustan pidikkeille tarkoitetut urat ja näin ollen estävät pidikkeiden liikkeitä. Urat olisi

puhdistettava jokaisen työkappaleen koneistuksen jälkeen, jolloin myös asetus-aika kasvaa. Muutetussa kiinnittimessä työkappaleen keskittäminen sivuttaisuunnassa tehdään silmämääräisesti, joten kappale ei asetu aina tarkasti kiinnittimen keskilinjaan.

5.2 Työn luotettavuus

Tiesin jo aikaisemmin suoritettujen suunnitteluprojektien perusteella, että ongelmatilanteilta ei voi välttyä, joten kiinnittimen suunnittelussa olen pyrkinyt noudattamaan suurta huolellisuutta. Kiinnittimessä käytettävät ratkaisut ovat tarkkaan harkittuja ja ongelmien ratkaisemiseksi olen hakenut apua ja mielipiteitä muun muassa koulun opettajilta sekä toimeksiantajan henkilökunnalta. Kiinnittimen oletetut heikot kohdat on tutkittu ja eliminoitu FEM-analyysin perusteella. Kaikki analyysiin liittyvät laskelmat on suoritettu koululta saatujen ohjeiden mukaisesti ja hyväksytyt koulun opettajilla, joten tuloksia voidaan pitää luotettavina.

5.3 Kehittämisideat ja ammatillinen kasvu

Kiinnittimen avonaisuudesta johtuvat ongelmat olisi voitu ratkaista esimerkiksi sen päälle asetettavalla peitelevyllä, joka suojaisi alustan uria lastuilta. Jos pidikkeitä liikuttava mekanismi sijoitettaisiin kokonaan alustan sisälle, lastut eivät aiheuttaisi ongelmia kiinnittimen toiminnalle. Työkappaleiden keskittäminen olisi toimeksiantajan mukaan pitänyt hoitaa niin sanotulla kolmipistekiinnityksellä. Perinteisen S235 rakenneteräksen sijaan kiinnittimen materiaaliksi olisi pitänyt valita suuremman kovuuden omaava nuorrutusteräs, jota käytetään yleisesti työvälineissä.

Tämä työ on ollut minulle varsin opettavainen kokemus. Olen oppinut paljon työvälineiden suunnittelusta ja nyt ymmärrän kuinka monta eri asiaa työvälineen suunnitteluprosessissa on otettava huomioon. Tutkimalla aihetta ymmärsin hyvin suunniteltujen ja toimivien työvälineiden merkityksen tuotannossa. Työ on

tukenut hyvin koulutustani ja uskoisin siitä olevan paljon hyötyä tulevaisuudessa.

Lähteet

- Aaltonen, K., Andersson, P. & Kauppinen, P. 1997. Levytyö- ja työvälinetekniikat. Porvoo: WSOY
- Aaltonen, K., Ekman, K., Kamppari, J., Kauppinen, V., Kivivuori, S., Paro, J. & Vuorinen, J. 1991. Työvälinetekniikka. Hämeenlinna: Karisto Oy
- Ansaharju, T., Ilomäki, O. & Maaranen, K. 1989. Lastuava työstö. Porvoo: WSOY
- Ansaharju, T. & Maaranen, K. 1997. Koneistus. Porvoo: WSOY
- Aunio, M., Kettunen, E., Kääriä, H., Niinimäki, M. & Riski, P. 1989. Työväline-suunnittelu. Helsinki: Valtion painatuskeskus
- Pere, A. 2007. Koneenpiirustus 1 & 2. Espoo: Kirpe Oy