

---

# Induktiojuotto



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Kone- ja tuotantotekniikka

Hamk Riihimäki, kevät 2016

Pirhonen Tommi



<b>Tekijä</b>	Pirhonen Tommi	<b>Vuosi</b> 2016
<b>Työn nimi</b>	Induktiojuotto	

## TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyössä selvitettiin mahdollisuuksia tehdä juottamista induktiokoneen avulla. Toimeksiantajana toimi Kenno Tech Oy, jonka tarkoitus oli saada lisäkäyttöä heidän ostamalleen induktiokoneelle. Tavoitteena oli kehittää toimiva menetelmä juottamiseen induktion avulla sekä näin tehostaa tuotantoa lisäämällä induktiokoneen käyttöä aikaisemman levyn oikaisemisen ja vastalämmön antamisen lisäksi.

Työssä tutkittiin myös mahdollisia liitettäviä nippoja, joita käytetään lämmönvaihtimissa. Lämmönvaihdin on yksi Kenno Techin tuotteista ja sen takia sovelsimme opinnäytetyön kokeet pääasiassa tämän tuotteen kehityksen ympärille.

Työssä käytettiin perustietoa sekä induktiosta että juottamisesta. Aineistoa saatiin internetistä sekä Kimmo Korhoselta, joka toimii asiantuntijana induktiokoneiden parissa maahantuonnin lisäksi.

Saatujen tulosteiden perusteella induktiojuottaminen on mahdollista, sekä Kenno Techin kohteissa myös suositeltavaa ajan säästämisen sekä yksinkertaisuuden vuoksi. Työstä saatuja tuloksia tullaan käyttämään lämmönvaihtimien valmistuksessa, sekä muissa projekteissa.

**Avainsanat** Induktio, juotto, lämmönvaihdin, nippa

**Sivut** 13 s. + liitteet 2 s.

**HAMK**HÄMEEN AMMATTIKORKEAKOULU  
HÄME UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Riihimäki

Mechanical Engineering and Production Technology

Product development engineer, design engineer

**Author**

Pirhonen Tommi

**Year 2016****Subject of Bachelor's thesis**

Induction soldering

## ABSTRACT

The purpose of this Bachelor's project was to find out it is possible to perform soldering through induction heatening. The project was made for Kenno Tech Oy which been using had induction heatening in a small scale only and company wanted to get more benefits from it. The main objective was to develop method to solder with their machine and to make production more efficient by adding more ways to use induction in projects. With Kenno Tech the only use for induction heatening was straightening sheet metals after welding.

At this project nipples which were used in condensers were also examined. Condensers are one of Kenno Tech's main products and that is why we applied induction soldering mainly around developing that product.

In the thesis project basic knowledge from both induction and soldering was used. Data was gathered from the internet and from Kimmo Korhonen, who works as an importer and specialist for induction heaters.

Based on the test results acquired here it is possible to use induction heatening for soldering, but it is also recommendable for Kenno Tech production to use this process, since it is time saving and simple to perform. The results will be used in the production of condenser from now on, but also in other projects.

**Keywords** Induction, soldering, condenser, nipple (mechanical)**Pages** 13 p. + appendices 2 p.

---

## SISÄLLYS

Johdanto .....	1
Yritys .....	1
Tutkimus Teoria .....	3
Induktio .....	3
Juottaminen .....	4
Pehmeäjuotokset .....	4
Kovajuotokset.....	4
Tutkimus .....	5
Tulokset ja pohdintaa .....	12
Lähteet .....	13

Liite 1	Nippa
Liite 2	Lopullinen nippa

### Johdanto

Opinnäytetyön aiheena oli tutkia induktiokoneen soveltuvuutta juottamisessa. Aiheen tarjosi minulle Kenno Tech Oy, jolla oli induktiokone vähäisessä käytössä levyn suoristuksissa. Kenno Tech Oy halusi saada mahdollisimman paljon laitteestaan hyötyä, sekä tehostaa tuotantoaan sen avulla. Löytyi tuote, johon sovelsimme testeijämme tehostaaksemme kyseisen tuotteen valmistusta. Työssä tutkittiin erilaisten liittimien ja juote-aineiden soveltuvuutta juottamiselle induktion avulla ja lisäksi yritimme helpottaa ja nopeuttaa tuotteen valmistamista.

### Yritys

Kenno Tech Oy, Tehdaskylänkatu 3 11710 Riihimäki

Puhelinnumero 040 551 5383

fax 019 732 751



### KennoTech Oy

Kenno Tech Oy on vuonna 2003 perustettu laserhitsattujen kerroslevyelementtien ("kennoelementtien", "sandwich elements") kehitys-, alihankintavalmistus- ja tuotantoteknologiapalveluja tarjoava yritys. Kenno Tech perustettiin insinööritoimistoksi joka valmisti tuotteensa alihankintana, kunnes vuonna 2005 se avasi ensimmäisen oman tuotantolaitoksensa Riihimäen teollisuusalueelle. Vuonna 2008 alkuvuodesta KennoTech otti käyttöönsä ISO9000 vaatimusten mukaisesti tuotetun laatujärjestelmän. samana vuonna se hyväksyttiin Cleantech Finlandin jäsenyritykseksi. Kenno Tech toimii mm. Puolustusvoimien kanssa yhteistyössä kehittämässä ja valmistamassa ballistista suojajärjestelmää eli kennosuojajärjestelmää. Yrityksen strategisiksi fokusalueikseen keskipitkällä tähtäimellä on määritetty teollisuuden lämmönvaihdinelementit ja suojatuotteet. (Kenno Tech Oy)

### Tuote

Kenno Tech Oy:n tuotteena on kokometallisten laserhitsattujen kerroslevyrakenteiden kehitys-, alihankintavalmistus- ja tuotantoteknologiapalvelut. (Kenno Tech Oy)

## Laserhitsatut kerroslevyt

Kennotuote tarkoittaa rakennetta, jossa on pintalevyjä yhdistävät ydinrakenteet (englanniksi sandwich structures/sandwich elements). Kenno Tech ei valmista hunajakenkoja (honeycomb structures). Hitsattu teräskennorakenne koostuu siis pintalevyistä ja niitä yhdistävästä ydinrakenteesta. Tällaisella rakenteella voidaan saavuttaa huomattavasti yhtenäistä levyrakennetta keveämpi, jäykempi ja taivutusta paremmin kestävä rakenne. Metallisilla kennorakenteilla tavoitellaan rakenteelle mahdollisimman suurta lujuus-painosuhdetta mahdollisimman pienellä materiaalikäytöllä. Lujuusominaisuuksien esimerkki taulukossa 1 ja sen alapuolella kuva ns. VF -kennosta (Kuva 1). (Kenno Tech Oy)

Taulukko 1. Kennorakenteiden lujuusominaisuudet paksuuden funktiona

Paksuus (t)	Jäykkyys	Paino
<b>1</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>
<b>2</b>	<b>7,0</b>	<b>1,03</b>
<b>4</b>	<b>37,0</b>	<b>1,06</b>



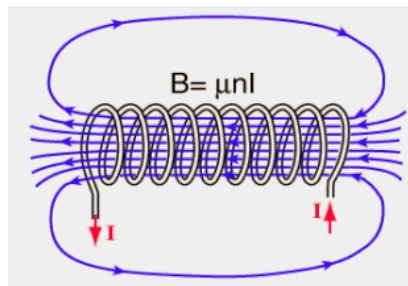
Kuva 1. VF -mallinen kennorakenne

## Tutkimuksen Teoria

Tässä osiossa kerron lyhyen teoriaosuuden induktiosta sekä juottamisesta.

### Induktio

Induktio on liekkivapaa, kontaktiton tapa lämmittää haluttu metallialue sekunneissa kirkkaan punaiseksi. Kun vaihtovirta kulkee induktiokelan (kuva 3) läpi, muodostaa virta kelan ympärille magneettikentän. Magneettikenttä (kuva 2) voidaan kohdentaa haluttuun suuntaan ja sen voimakkuus on riippuvainen induktiokelan läpi johdettavasta suurtaajuudesta virrasta. (What is Induction Heating?)



Kuva 2: Induktiokelan magneettikenttä [7]

Kun sähköä johtava materiaali on magneettikentän vaikutusalueella, niin kohteeseen indusoituu pyörrevirta. Materiaalin sähkön johtamista vastustavasta ominaisuudesta, resistanssista johtuen, lämpö kehittyy materiaalissa alueella, missä pyörrevirrat vaikuttavat. (What is Induction Heating?)



Kuva 3: Induktiokela

Induktiokelan sisällä kulkee jäähdytysvesi, mikä estää kela sulattamasta itseään magneettikentän takia.



Kuva 4: Induktiokelan käyttö

### Juottaminen

Juottamisella tarkoitetaan kappaleiden liittämistä sulattamalla metallista sideainetta - juotetta, jonka sulamispiste on alhaisempi kuin yhdistettävien metallikappaleiden perusaine. Vaikka juottamisessa käsiteltävät metallikappaleet eivät saavuta sulamispistettään, niin juoteaine sulaessaan muodostaa metalliseoksen juotettavien kappaleiden kanssa. Liitos kestää mekaanisia rasituksia, esimerkiksi vetoa, vääntöä ja painetta. Kestävyys riippuu juoteaineesta sekä lämpötilasta, jolla juote on tehty. Juotetta voidaan oikeaoppisesti tehtynä pitää tiiviinä, eli se kestää kaasuja ja nesteitä. Kannattaa huomioida, että myös puristusliitos on kaasutiivis, mutta se on parempi vaihtoehto mekaanisia rasituksia vastaan.

Teollisuudessa juottaminen tehdään yleensä automaattikoneilla, mutta ajoittain täytyy myös tehdä käsijuotoksia. Harrastetoiminnassa käsijuottaminen on yleisempää, koska yleensä yksityisellä henkilöllä ei ole varaa eikä halukkuutta panostaa automaatiolaitteisiin, ellei kyseessä ole sarjatuotanto.

Juottamisessa on kaksi ryhmää, kova- ja pehmeäjuottaminen. Esimerkiksi elektroniikkajuotoksissa käytetään lähes poikkeuksetta pehmeäjuottamista. Juotostapojen erot kohdistuvat sulamislämpötilaan sekä juoteaineen koostumukseen. Rajalämpötilana pehmeä- ja kovajuottamisen välillä pidetään +450 °C. (Kolvinkäyttäjän abc)

### Pehmeäjuotokset

Pehmeäjuotokset ovat yleisiä sähkötekniikan puolella, sillä ne eivät kestä paljoa mekaanista rasitusta, mutta ovat sähköisesti hyviä liitostapoja. Osat kiinnitetään yleensä mekaanisesti ennen juottamista, jos niihin kohdistuu mekaanisia rasituksia. Kyseisellä juotoksella voidaan koota esimerkiksi piirilevyrakenteita suurtaajuussuojiksi, jos ne eivät kestä mekaanista rasitusta. (Kolvinkäyttäjän abc)

### Kovajuotokset

Kovajuotokset ovat mekaanisesti kestävämpiä kuin pehmeät juotokset, koska niissä käytetään pääasiassa hopea- ja kupariseoksia. Siksi ne tarvitsevat korkeammat lämpötilat saavuttaakseen sulamislämpötilan. Yleensä kovajuotoksissa haetaan mekaanista kestävyyttä, eikä sähkönjohtavuutta. Kovajuotoksia käytetään myös tiiviinä liitoksina, esimerkiksi putkiin ja liittimiin. (Kolvinkäyttäjän abc)



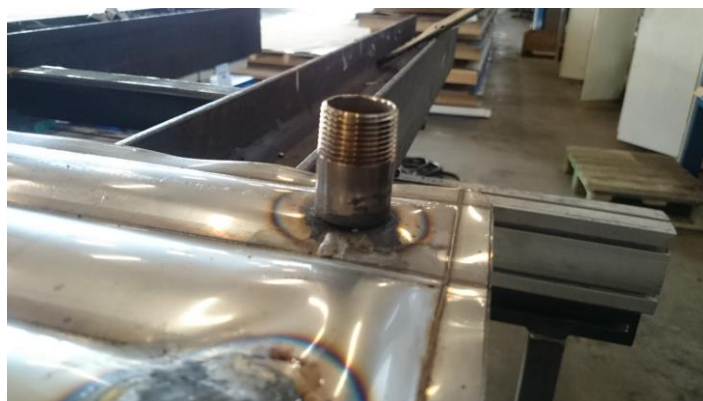
## Tutkimus

Tutkimuksen tavoitteena oli tuotannon kehitys, jolla Kenno Tech säästäisi aikaa sekä resurssejaan hyödyntämällä induktiokonetta. Pohjana työlle toimi Kenno Techin kehittämä lämmönvaihdin, jossa oli suuri kehitystarve valmistuksessa. Otimme kehitettäväksi aiheeksi nipan (putkimainen, metallinen yhdistyskappale) kiinnityksen lämmönvaihtimeen. Näin saimme kehitettyä aiheen induktiojuottamisesta, joka soveltuisi oikeaan käyttötilanteeseen. Induktiokoneena toimi EFD-induktio Minac 12/18 SM.

Tutkimus aloitettiin kokeilemalla laitetta erilaisilla ylimääräisillä putkilla sekä hyllystä löytyvillä satunnaisilla juoteaineilla. Kokeiluissa käytettiin kahdenlaista kelausta, lattakelausta sekä ympyräkelausta. Lattakelalla tehdään pääasiassa suoristusmuovauksia ja ympyräkelausta olisi tarkoitus käyttää juottamisessa.



Kuva 5: Laitteen opettelua sekä kokeiluja käytännössä



Kuva 6: Laitteen opettelua sekä kokeiluja käytännössä



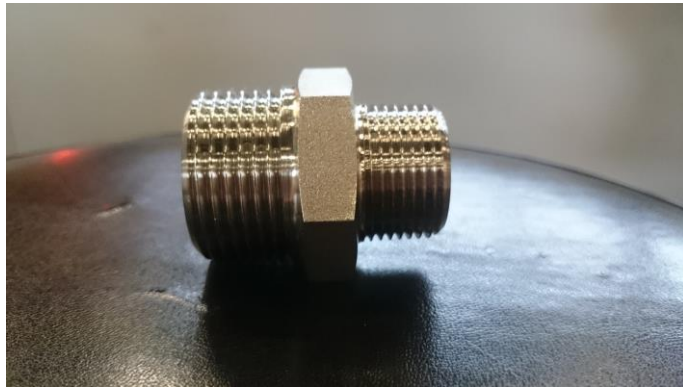
*Kuva 7: Lattakela*



*Kuva 8: Ympyräkela*

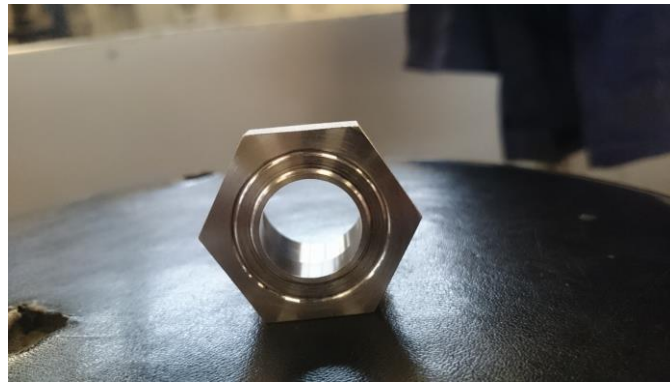
Koska tuleva liitostapa tulisi olemaan ruostumaton teräs – ruostumaton teräs, päätin kysyä maahantuojalta Kimmo Korhoselta mahdollisista juotosaineista. Korhonen suositteli käyttämään L-Ag45Sn, eli 45 % hopea kadmiumitonta kovajuotetta, sillä se oli hinnaltaan, ominaisuuksiltaan sekä saatavuudeltaan järkevin vaihtoehto. (Juoksutteet ja juoteaineet, Korhonen Kimmo)

Juotosaineen tilauksen jälkeen piti alkaa suunnittelemaan nippaa (liite 1), joka tulisi lopulliseen liitokseen. Nippaa suunniteltaessa piti ottaa huomioon materiaalin paksuus liitettäessä, sen koneistaminen sekä juotosaineen helppo lisääminen pellin ja nipan väliin.

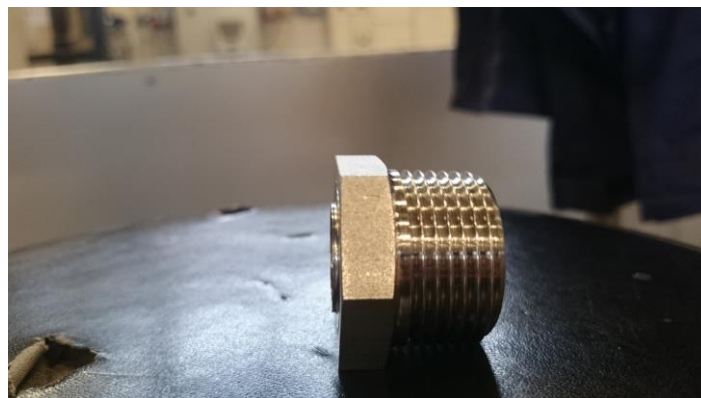


*Kuva 9: Alkuperäinen nippa, minkä pohjalta suunnitelin tulevan nipan*

Nipan suunnittelussa huomioitiin myös reikien kohdistuksen helpottaminen, joka nopeuttaisi ja helpottaisi myöhemmin juottamisprosessia.



*Kuva 10: Koneistettu nippa*



*Kuva 11: Koneistettu nippa sekä kohdistus ura*

Lopulliseen nippaan tehtiin myös juotosura, johon tuleva juotosaine asetettaisiin juotosaineen kanssa. Se estää juotteen tippumista peltiin aseteltaessa, sekä pitää sulan juoteaineen joka puolella nipan pohjaa tasaisesti kapillaari-ilmion takia.

Juoteaineesta piti tehdä juotosuran kokoisia ympyröitä. Tämä tehtiin pyörittämällä juoteainetta akselia vasten, joka oli suuruudeltaan juotosura - 2x juotosaineen paksuus. Ympyröiden koko vastasi näin juoteuran kokoa.



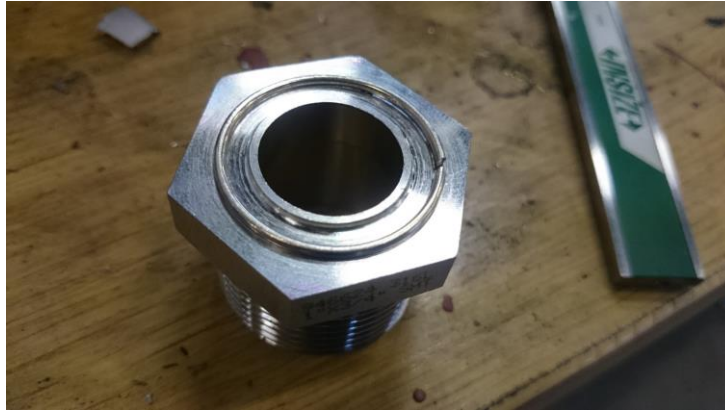
*Kuva 12: Juoteaine muotoilua*



*Kuva 13: Juoteaine muotoilua 2*



*Kuva 14: Juoteaine muotoilua 3*



*Kuva 15: Juoteaine sekä nippa valmiina*

Koepalaan koneistettiin reikä, joka vastaisi kohdistusuran halkaisijaa. Tämä estää nippaa liikkumasta paikaltaan sekä suojaa juoteainetta valumiselta reiän sisälle.



*Kuva 16: Koepalan koneistus*



*Kuva 17: Nippa ja levy (ilman juotosainetta välissä)*

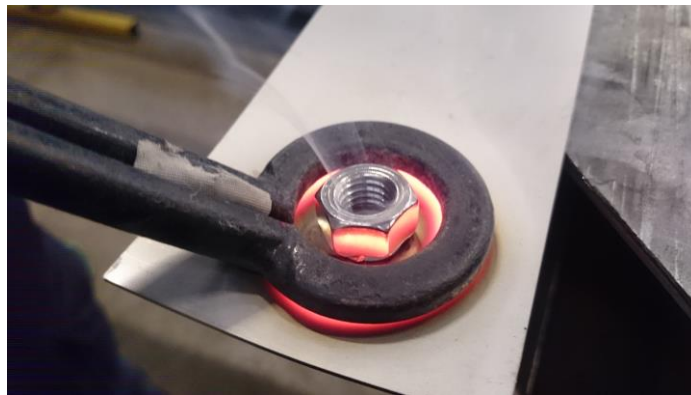
Seuraavaksi alkoi juottamisprosessi. Asetukset kohdistettiin sopiviksi erilaisilla koepaloilla, joiden materiaalin vahvuus vastasi lopullista nippaa. Koepalojen lämmönvaraus olisi sama ja sillä näkisi optimaaliset asetukset



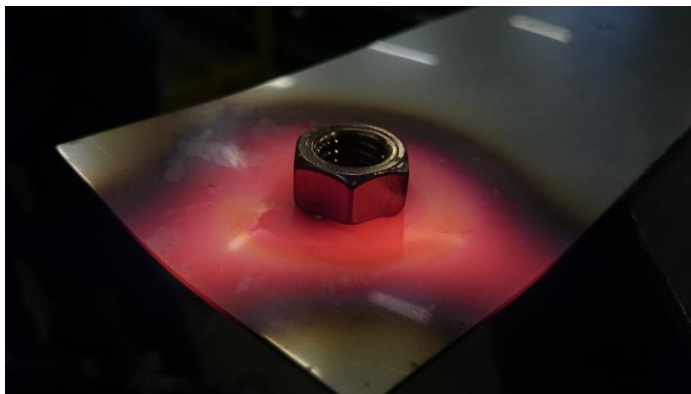


*Kuva 18: Induktio asetusten kohdistamista*

juottamisprosessiin. Asetuksien säädöllä pyritään estämään juoteaineen palaminen sekä saamaan parhain mahdollinen hallittu sula juoteaineelle.

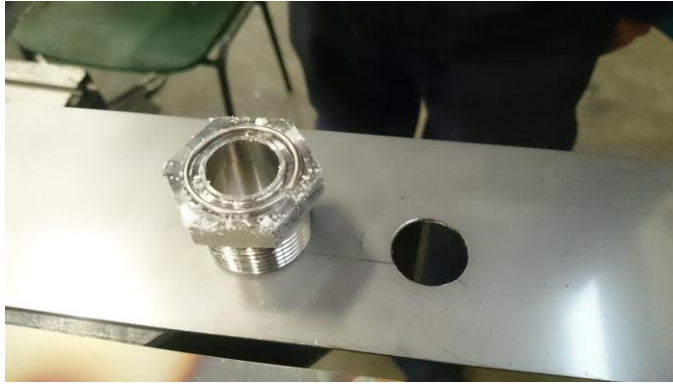


*Kuva 19: Induktio asetusten kohdistamista 2*

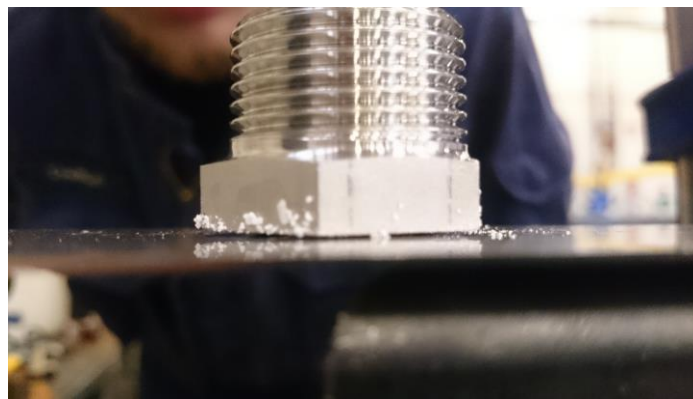


*Kuva 20: Induktio asetusten kohdistamista 3*

Kun asetukset saatiin kohdistettua sopiviksi, putsattiin levyn pinta sekä nipan pohja teollisuusalkoholilla. Tämä putsaa molemmat pinnat rasvasta sekä liasta, joilla on mahdollisuus pilata juotos. Nipan pohjaan lisättiin lisäainetta, joka auttaa kapillaari-ilmion saavuttamisessa sekä nopeuttaa juotosaineen sulamista.



*Kuva 21: Puhdistettu levy ja nippa, lisäaineella ja juotteella varustettuna*



*Kuva 22: Nippa kohdistettuna levyyn juoteaineen kanssa*

Juottaminen aloitettiin nipan yläosasta, jolloin nippa itsessään johtaa lämpöä nipan alaosiin. Tämä auttoi myös siinä, että juoteaine ehtii sulaa kunnolla ennen kuin levy lämpenee. Levyn ollessa ohutta, piti varoa myös sen taittumista lämmitettäessä korkeilla lämpötiloilla.



*Kuva 23: Juottamista*

## Tulokset ja pohdintaa

Tuloksena saatiin onnistunut juotos. Juotoksen jälkeen kuitenkin todettiin, että nippaa pitää silti muuttaa lopulliseen tuotteeseen (liite 2). Myös juoteaine olisi voinut olla pehmeämpää, sillä sen suuri hopeisuus teki siitä jäykkää ja sitä oli vaikea saada sulamaan tasaisesti. Tähän riittäisi noin 30–35 %:set hopeapitoiset juoteaineet, sillä se myös ehkäisisi pellin taittumista lämmön vaikutuksesta.

Uudelleen suunnitellun nipan (liite 2) lämmönvaraus on pienempi ja tämä mahdollisti nopeamman juoteaineen sekä nipan lämpenemisen. Uudella nipalla on helpompi kontrolloida lämpötilaa ilman, että pelti lämpenee liikaa nipan lämmityksestä. Tämä vaikuttaa myös siihen, että kylmäjuotosta on käytännössä mahdotonta tapahtua ja lisäksi virheellisten juotosten määrä tippuu olemattomiin. Myös juotoksen onnistuneisuutta on helpompi tarkastella, koska nipassa ei ole levennystä peltiä vasten. Muita vaikutuksia uudelle nipalla oli myös, että koneistusaika sekä hinta tippuivat paljon. Ensimmäisen nipan hinnaksi laskettiin noin 10 euroa kappale ja nykyisen n. 3 euroa kappaleelta. Koneistusaika tippui myös todella paljon, koska koneistettavaa oli paljon vähemmän verrattuna vanhaan nippaan.



### Lähteet

Induktiokone valmistaja, perustietoa induktiosta sekä laitteista. Viitattu 5.12.2015. Saatavissa <http://www.efd-induction.com/>

Juoksutteet ja juoteaineet. Lista juoteaineista sekä juoksutteista mistä työn juoteaine ja juoksute valittiin. Viitattu 4.12.2015. Saatavissa [http://www.impomet.com/media/downloadable\\_files/hitsajaan\\_kasikirja/osio-d\\_juottaminen.pdf](http://www.impomet.com/media/downloadable_files/hitsajaan_kasikirja/osio-d_juottaminen.pdf)

Kenno Tech Oy kotisivu. Tietoa kennorakenteista sekä yrityksestä. Viitattu 4.12.2015. Saatavissa <http://www.kennotech.fi/index.php>

Kolvinkäyttäjän abc, eli perusasioita juottamisesta. Viitattu 21.1.2016 Saatavissa <http://koti.mbnet.fi/~ijl/juottaminen.html>

What is Induction Heating? Perustietoa induktiosta. Viitattu 4.12.2015 Saatavissa [http://www.gh-ia.com/induction\\_heating.html](http://www.gh-ia.com/induction_heating.html)

Solenoidi, Havainnollistava kuva solenoidista / käämistä. Viitattu 2.1.2016. Saatavissa [http://1.bp.blogspot.com/\\_tn7tfxgs-w/SXH4BIFPFOI/AAAAAAAAAFM/\\_c5jmlWi1rw/s320/solenoid.gif](http://1.bp.blogspot.com/_tn7tfxgs-w/SXH4BIFPFOI/AAAAAAAAAFM/_c5jmlWi1rw/s320/solenoid.gif)

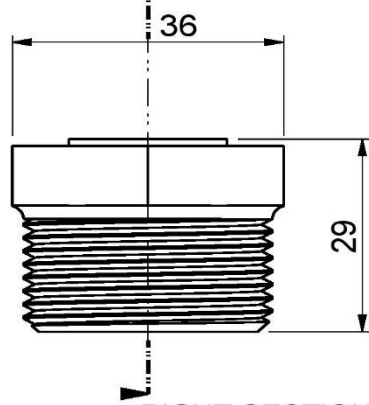
### Haastattelut

Korhonen Kimmo, maahantuoja, asiantuntija. EFD-Induction maahantuoja, spesialisti. Haastattelu 4.12.2015

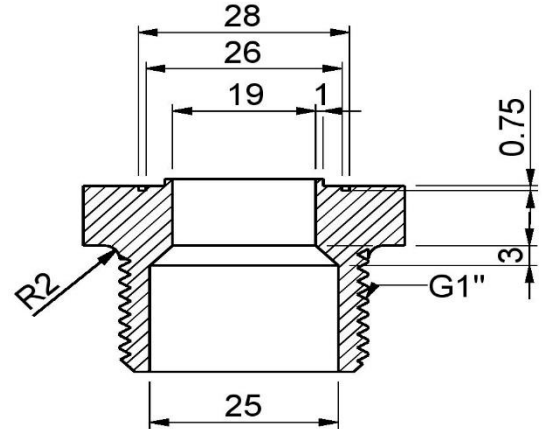
Ensimmäinen nippa

Revision:	Kuvaus: / Description:	Pvm: / Date:	Muuttaja: / By:

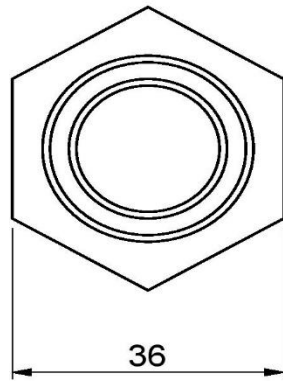
RIGHT-SECTION



RIGHT-SECTION



RIGHT-SECTION-RIGHT-SECTION



No part of this document may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in a data base, without the written permission of owner.

Tätä dokumenttia ei saa kopioida, uudelleenyrittää tai kukaan tallentaa missään muodossa eikä mihinkään tarkoitukseen, ilman kirjallista lupaa omistajalta.

Osa Part	Descript: Nimitys:	Additional Description: Kuvaus:	Tunnus: Identification:	Koko: Size:	Massa Mass	Kg Kg	Kpl Pcs
<b>HAMK</b>	University of Applied Sciences						
	Yleistoleranssit: General tolerances:	Skaala: Scale:	Suunnittelija / Pvm: Designer / Date:	Kokonaismassa: Total mass:	0.108	Kg	
		1:1	Pirhonen Tommi -	Materiaali: Material:	STEEL		
			Hyväksytty / Pvm: Approved / Date:	Värisävy: Color:			
			Tuote: Product:	Pinta käs: Treatment:			
			Nippa	Pint. viimeist: surf. finish:			
			Korvaa: Replays:	Sivu numero: Sheet nro:			1/1

Nipan viimeinen versio

