

Opinnäytetyö AMK

Konetekniikka

2022

Juhana Purtsi

RUISKUVALUMUOTIN SUUNNITTELU

– POM-kiekko



Opinnäytetyö AMK | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Konetekniikka

2022 | 24 sivua

Juhana Purtsi

Ruiskuvalumuotin suunnittelu

POM-kiekkko

Projektin tavoitteena oli suunnitella korvaava muotti jo olemassa olevalle muotille erään koneenosan valmistukseen. Valettava kappale on kiekko, jota käytetään nastatuotannossa koneenosana. Kiekossa olevan reiän muoto sekä koko vaihtuvat tuotannossa olevan nastatuotteen mukaan. Reiän mitoitusta täytyy siis voida muuttaa mahdollisimman helpoin muutoksin.

Alkuperäinen muotti on erään muottikonepajan suunnittelema ja valmistama eikä siihen ole alun perin tilattu optiota erillisille vaihto-osille. Tässä tapauksessa reiän muutoksia varten on koneistettava vaihdettavat muottipesät kokonaan uudelleen. Koko muottipesien valmistus on hyvin aikaa vievää niiden monimutkaisuuden takia.

Ratkaisuna muotti suunniteltiin kokonaan uudelleen. Muottiin suunniteltiin vaihto-osiksi vaihdettavat keerna sekä pohja. Tällä ratkaisulla saadaan kappaleesta muokattua reiän kokoa, muotoa, sijaintia, reiän suun viisteitä sekä kappaleen kokonaiskorkeutta. vaihto-osat on suunniteltu koneistettavuus etusijalla, joten muutokset saadaan tehtyä nopealla aikataululla. Tällä pystytään osaltaan vastaamaan kilpailuun nopean tuotekehityksen ja tuotannon ylösajon osalta.

Asiasanat:

Ruiskuvalu, muovimuotti, työkalusuunnittelu

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Mechanical engineering

2022 | 24 pages

Juhana Purtsi

Designing of injection mold

POM-puck

Goal for this project was to design injection mold for POM-pucks. These plastic parts are used in stud manufacturing as a machine part. There is already injection mold for these pucks, but it's not designed to be modular as mold in this thesis. Puck has a hole in the center of it. Dimensions of this hole have to be changed every time stud product changes or small changes occur in the stud.

When ordered the latest mold it was not high priority to make the mold work with other stud products as well. It would need the mold cavities to be machined from stock to finished part. This would take plenty of time because of the complexity of cavities. With this second mold modularity was one of the main reasons why this project was started.

Solution for versatile mold was to simplify all components as much as possible. Mold was designed by keeping in mind manufacturing of the parts. Therefore design for manufacturing was in key role in this project. Main invention was changeable parts in mold cavity. All features that need to be modified are made by changeable core and bottom of cavity. Modifying these two components it's possible to affect on location, size, shape of the hole. Also chamfers of the hole can be modified by changing dimensions of these parts.

Keywords: Injection molding, plastic mold, tool design

Sisältö

Sanasto	5
1 Johdanto	6
2 Ruiskuvalu	7
3 Muovimuotit	8
4 projektin lähtötilanne	10
5 Suunnitteluprosessi	11
5.1 Sivuliikkuvat luistit	12
5.2 Ulostyöntö	14
5.3 Vaihtokeerna	15
5.4 Vaihtopohja	15
5.5 Syöttökanavat	15
5.6 Jäähdytyskanavat	16
5.7 Keskityslukot	17
5.8 Virtaussimulaatio	17
6 Ratkaisut	20
Lähteet	21

Liitteet

Liite 1. Muotin avautuminen vaiheittain

Liite 2. Lämpileikkauskuva muotista

Liite 3. kiekko

Sanasto

CNC	Computer numerical control, tietokoneohjaus
Cavity	Solidworksin kappaleella leikkaus -toiminto
Keerna	Muotissa kappaleen sisäpuolen muodostava osa
Lankasaha	Kipinätyöstökone jossa on elektrodina messinkilanka
POM	polyasetaali, yleisesti koneenosissa käytetty muovi
Solidworks	Dassault systemesin kehittämä suunnitteluohjelmisto
Solid-malli	Solidworksin 3D-mallityyppi

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön aiheena on ruiskuvalumuotin suunnittelu eräiden pienten muovisten koneenosien valamiseen. Työ tehtiin Turvanasta Oy:n toimeksiannosta.

Ruiskuvalettava kappale on äärimitoiltaan 15 x 15 x 6 millimetrin kokoinen kiekko. Kappaleen materiaali on POM-muovi. Kiekon keskellä on läpireikä jonka kokoa, sekä muotoa on pystyttävä muuttamaan valmistamatta koko ruiskuvalumuottia uudelleen. Yksilöllisten vaihto-osien on syytä olla suunniteltu mahdollisimman yksinkertaisiksi, jotta niiden valmistuskustannukset pysyvät alhaisina ja päivitetty osat saadaan mahdollisimman nopeasti tuotantokäyttöön.

Tässä tekstissä käydään läpi ensin ruiskuvalamista ja muovimuotteja yleisesti jonka jälkeen tarkastellaan projektin tavoitteita sekä löydettyjä ratkaisuja. Lopuksi tehdään yhteenveto projektista ja sen tuloksista.

2 Ruiskuvalu

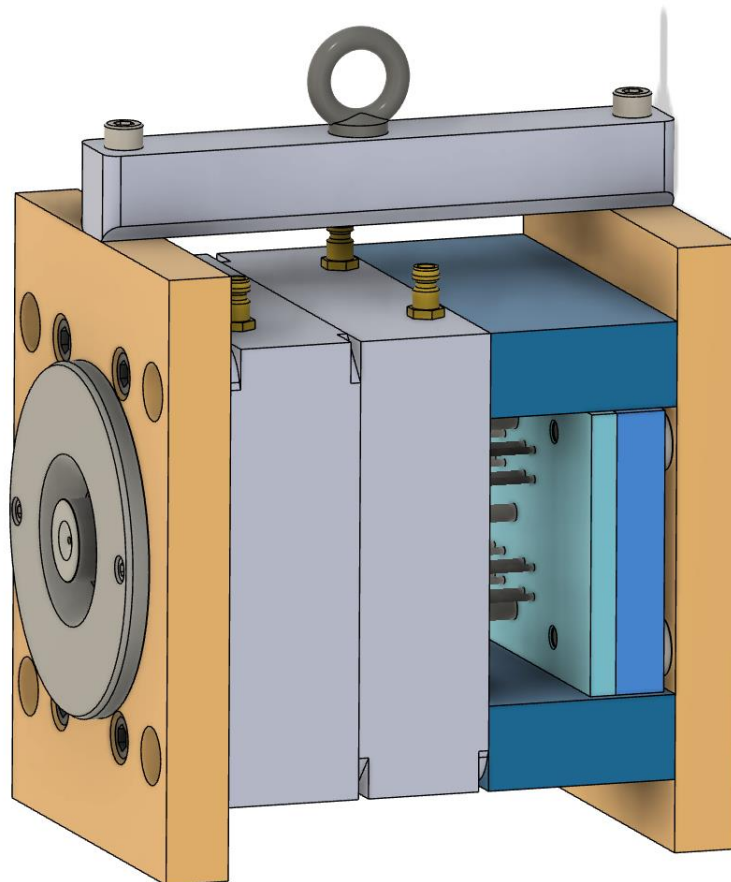
Ruiskuvalussa kappale valmistetaan ruiskuttamalla sulaa muovimassaa koneistettuun muottiin. Muovi sulatetaan ja annostellaan sähkövastuksilla lämmitetyllä ruuvikuljettimella. Tätä tapahtumaa pystytään toistamaan joillain kappaleilla hyvinkin lyhyellä sykliajalla, joten ruiskuvalu on erittäin kilpailukykyinen tuotantomenetelmä erityisesti suurilla tuotantomäärillä. Ruiskuvalaminen on keksitty vuonna 1851, eli se on valmistustekniikkana suhteellisen uusi (Järvelä 1999, 12). Ruiskuvalu on käytännössä mahdollistanut muovin laajan käytön teollisuudessa. Ruiskuvalulle ei vielä tänäkään päivänä ole haastajaa tehokkuudessa. Tämän takia lähes kaikki muovikappaleet jotka tälläkin hetkellä näemme, on valmistettu ruiskuvalamalla.

Ruiskuvalamiseen tarvitaan siis kappaletta varten valmistettu muotti. Tämä muotti asetetaan ruiskuvalukoneeseen pöytien väliin. Toinen pöydistä on kiinteä ja toinen liikkuu johteita pitkin hydraulisynterin voimalla, jotta muottipuoliskot saadaan puristettua kymmenien tonnien voimalla yhteen ja ruiskutuksen jälkeen jälleen erilleen. Koneen kiinteällä puolella oleva syöttöruuvi syöttää muovisulaa muottiin.

3 Muovimuotit

Muovimuotti on valettavan kappaleen mukaan valmistettava työkalu. Muotti koostuu useista työkaluteräksisistä levyistä, ohjuritapeista sekä muista tarpeen mukaan valittavista komponenteista. Muovimuottien valmistus on hyvin yleistä, joten muotteja varten on kehitetty useita eri teräslaatuja. Tämän opinnäytetyön keskiössä on yksittäinen muottiprojekti eikä muotit yleisesti, joten muottien yleistietoa käydään läpi hyvin kevyesti.

Karkeasti yksinkertaistettuna muotti koostuu kiinteän sekä liikkuvan puolen muottipuoliskoista. Kuvassa 1 esitetään tässä opinnäytetyössä suunniteltu muotti.



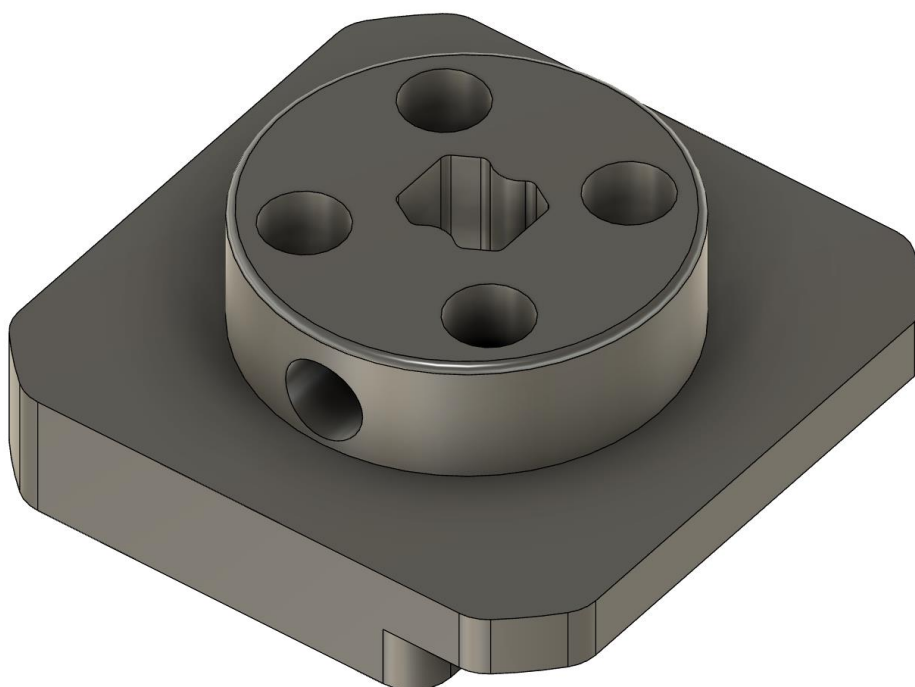
Kuva 1

Muottipuoliskojen tärkein tehtävä on antaa valettavalle kappaleelle vaadittu muoto sekä jäähdyttää se tehokkaasti ja tasaisesti (Järvelä 1999, 113). Ne täytyy kohdistaa sadasosamillien tarkkuudella toisiinsa yhteen painettaessa. Kohdistus tapahtuu erillisillä kohdistuskartioilla tai -kiiloilla. Nämä kohdistusmuodot voidaan koneistaa suoraan muottilevyihin tai käyttää valmiita keskityskomponentteja koneistaen pelkät poterot komponenteille.

Tässä opinnäytetyössä käsitelty muotti on ruiskuvalumuotiksi yksinkertainen valettavan kappaleen yksinkertaisuuden takia. Muotti on valmistettu kahdella varsinaisella muottilevyllä sekä minimimäärällä tukilevyjä. Myös jäähdytys- ja ulostyöntöjärjestelmä sekä keernat ovat hyvin yksinkertaisia.

4 projektin lähtötilanne

Tässä työssä esitetyn projektin tavoitteena oli suunnitella muotti, jolla valmistetaan tuhansia nastatuotannossa koneenosana käytettäviä kiekkoja. Kiekon keskireiän muoto sekä koko vaihtuvat valmistettavan nastatuotteen mukaan. Muotin tulee olla helposti muokattavissa, jotta samalla muotilla voitaisiin valmistaa kiekkoja kaikille eri nastatuotteille. Muokattavuus pyrittiin tekemään mahdollisimman tehokkaaksi suunnittelemalla muotin vaihdettavat osat helposti valmistettaviksi sekä nopeiksi valmistaa.



Kuva 2

5 Suunnitteluprosessi

Suunnittelutyö alkoi tekemällä karkea hahmotelma muotin rakenteesta sekä siihen tulevista komponenteista. Heti aluksi oli tärkeää määrittää tuotteen jakotaso sekä sivuliikkuvien keernojen koko. Näiden määritysten jälkeen muottilevyn kooksi valittiin 156x156 mm. Levyjen materiaaliksi valikoitui 1.2311 teräs eli kaupanimeltään Impax. Tämä on hyvin yleisesti käytössä oleva muottiteräs. Kuvassa 3 Meusburgerin verkkokaupan käyttöliittymä. Vasemmalla olevasta taulukosta valitaan muottilevyjen koko.

Muotin koko

B	L	d1	d2
96	96	14	M 8
126	126	14	M 8
126	126	14	M 8
156	156	20	M10
156	156	20	M10
196	196	20	M10
246	246	20	M10
296	296	20	M10
346	346	20	M10
196	196	26	M10
246	246	26	M10
296	296	26	M10
346	346	30	M12
396	396	30	M12
446	446	30	M12
496	496	30	M12
216	246	26	M10
246	246	26	M10
296	296	30	M12
346	346	30	M12
396	396	30	M12
446	446	30	M12
496	496	30	M12
546	546	30	M12
596	596	30	M12
296	296	30	M12
346	346	30	M12
396	396	30	M12
446	446	30	M12

Muottirakenne pituus.

F 10
F 10s
F 20
F 30
F 40
F 40s
F 50
F 55
F 53
F 60
F 70
F 90
F 80
F 85
F 15
F 15s
F 25
F 35
F 45
F 45s

F 53: Muottikehyslevy

H1000 Kiinnitysjärjestelmä

Kuva 3

Valettava kappale on POM-muovia joten se skaalataan taulukon mukaan 2,3 % suuremmaksi, jotta lopullinen kappale on halutun kokoinen (TN sisäiset muistiot, 2020). Skaalatut kappaleet sijoitettiin muottilevyjen väliin ja levyihin

leikattiin muottipesät cavity-toiminnolla. Suunnittelun tässä vaiheessa lähdetään varsinaisesti rakentamaan toimivaa muottia olemassa olevien aihioiden ympärille. Kuvassa 4 ohjaustappien valinta Meusburgerin verkkokaupasta.

Ryhmäsuodatin

Ohjaus

Kaikki alakategoriat

E 1000

Ohjauspylväs keskityskauluksella

> Kaksi sovitehalkaisijaa yksinkertaiseen asennukseen ja tarkaan istuvuuteen

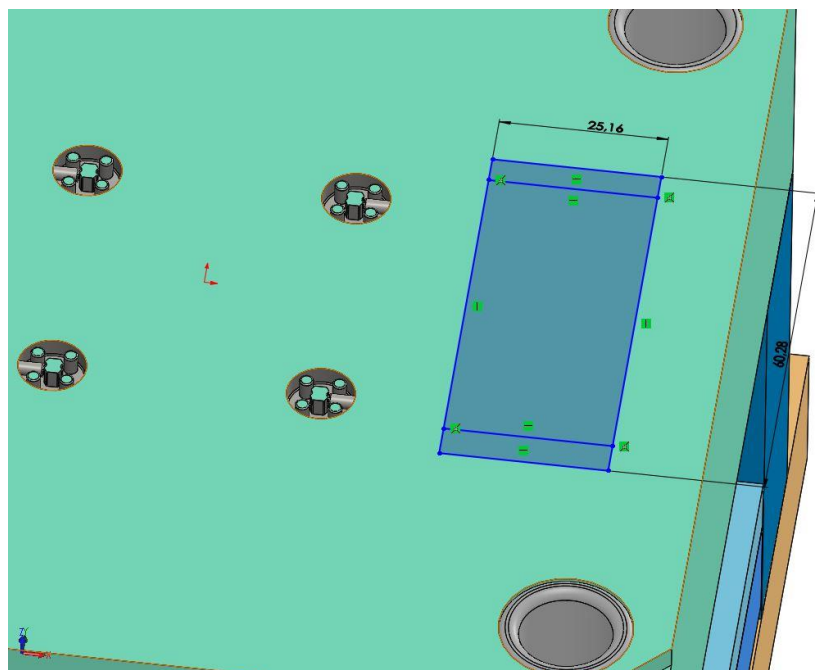
Mat.: 1.7131 ≈ 60 HRC

d1		l1						Nr./No.		Nr./No.		EUR/1
l3	l4	l5	d3	d1	d2	l1	l2					
6	5	9	25	20	14	46	35	E 1000/14- 46/ 35	15	E 1000/15- 46/ 35		
							55	E 1000/14- 46/ 55		E 1000/15- 46/ 55		
							75	E 1000/14- 46/ 75		E 1000/15- 46/ 75		
							95	E 1000/14- 46/ 95		E 1000/15- 46/ 95		
							115	E 1000/14- 46/115		E 1000/15- 46/115		
							135	E 1000/14- 46/135		E 1000/15- 46/135		

Kuva 4

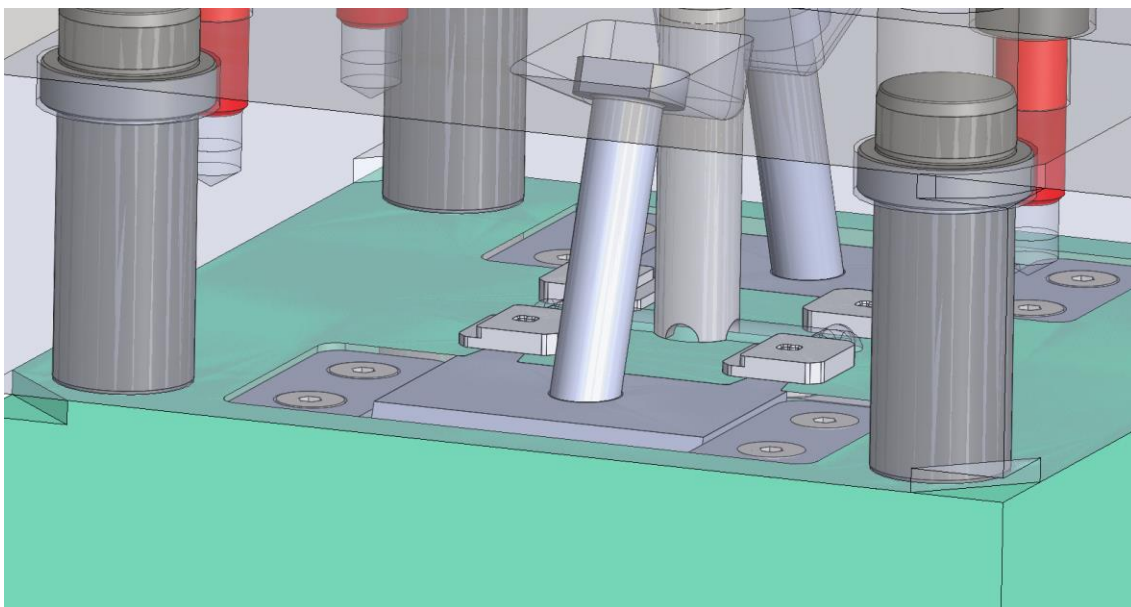
5.1 Sivuliikkuvat luistit

Suunnittelu aloitettiin mahdollisesti haastavimmasta komponentista eli sivuliikkuvista luisteista. Hahmotelma luistien mitoituksesta esitetään kuvassa 5. Sivuliikkuviin oli tarve saada 5mm isku, jotta kappaleen kylkeen tuleva tuurna siirtyisi riittävän matkan päähän muotin avautuessa. Kappaleen kylkeen tuleva reikä on noin 4mm syvä, joten 5mm iskulla jää varaa säätää reiän syvyyttä vielä reilusti. Luistin sulkevat kiilat ja avaavat tapit mitoitettiin myös sopivaksi 5mm iskulle. Näiden vaiheiden jälkeen sivuliikkuvat sekä niiden poterot viimeisteltiin pyöristyksineen ja kiinnityksineen.



Kuva 5

Seuraavassa kuvassa kiinteä muottilevy muutettuna läpinäkyväksi, jotta muun muassa valmiit sivuliikkuvat kiinnityslevyineen näkyy. Kuvassa 6



Kuva 6

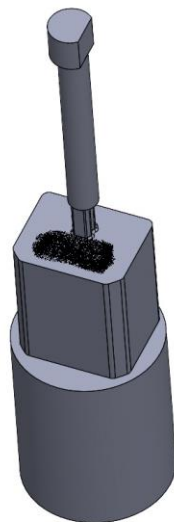
näky myös luistin avaavat vinotapit.

5.2 Ulostyöntö

Toinen hyvin oleellinen komponentti muotissa on ulostyöntöjärjestelmä. Kappaleen ulostyöntö toteutetaan perinteisesti ulostyöntötapeilla. Ulostyöntö tapahtuu ruiskuvalukoneessa olevan hydraulisylinlerin voimalla.

Muotin ulostyöntöjärjestelmää päätettiin muuttaa yhteisellä päätöksellä siirtämällä ulostyöntötapit jakopinnan tasalle, aivan kappaleen ulkoreunalle, jotta saataisiin enemmän tilaa vaihtokeurnalle. Tämä ratkaisu mahdollisti muotin teossa toteutetun vaihtokeurnan aksiaalisen pulttikiinnityksen. Ulostyöntötapeiksi valikoitui 2,5 mm pinnoitetut ulostyöntötapit, niiden ollessa suurimpia, jotka mahtuvat sopivasti sekä muottilevyyn että kappaleen tasopintaan. Tappeja on neljä jokaista kappaletta kohden, jotta ulostyöntö on tasainen eikä kappale pääse kallistumaan ulostyöntövaiheessa. Yhteensä tappeja on siis 16 kappaletta.

Ulostyöntöjärjestelmän jälkeen vuorossa oli komponentit, joiden takia projekti alunperin aloitettiin eli tuotekohtaiset vaihtopalat. Kuvassa 7 esitetty



Kuva 7

vaihtokeerna ja vaihtopohja.

5.3 Vaihtokeerna

Vaihtokeernan malli hahmottui hyvin pitkälle jo edellisessä suunnitteluvaiheessa. Vaihtokeerna suunniteltiin vahvasti koneistusnäkökulma edellä. Tavoitteena oli suunnitella keerna, joka on kooltaan pieni sekä helposti koneistettava. Tässä onnistuttiin. Keerna toteutettiin pyörötangosta joka CNC-hiotaan aihiksi ja koneistetaan kappalekohtaisen muodot. Vaihtokeerna orientoituu poteroonsa kyljessä olevan tasopinnan avulla. Tämän saman tasopinnan avulla kappale saadaan orientoitua työstökeskukseen muotojen jysintää varten.

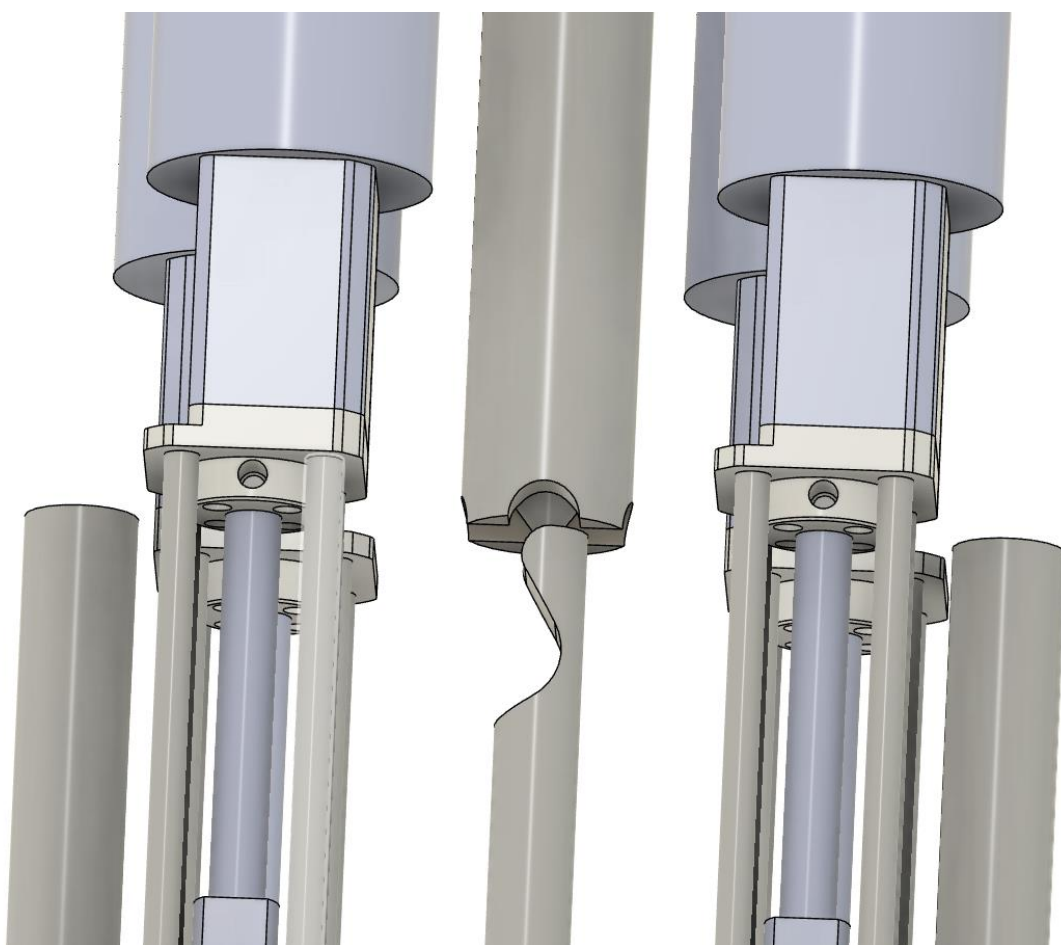
5.4 Vaihtopohja

Vaihtokeernaan vastaava kappale on toinen vaihdettavista komponenteista eli vaihtopohja. Pohja muodostaa kappaleeseen sen suurimman tasopinnan, reiän viisteen sekä tuotenimen. Pohjan suunnittelu oli yksinkertaisempaa kuin keernan, sen ollessa kooltaan huomattavasti isompi. Myös pohjan kohdalla otettiin vahvasti huomioon sen valmistusystävällisyys. Pohja voidaan koneistaa hyvin yksinkertaisilla vaiheilla tavanomaisella kolmeakselisella työstökeskuksella. Muottilevyyn tulee monikulmainen läpireikä pesän pohjaa varten. Tässäkin on otettu valmistus huomioon, sillä lankasahalla pienitoleranssisen läpireiän koneistaminen on hyvin helppoa.

5.5 Syöttökanavat

Vaihtopalojen ja sivuliikkuvien jälkeen muottipesät ovat lopullisessa muodossaan, joten voidaan aloittaa muotin kanavien suunnittelu. Kanavat ovat tässä muotissa toteutettu kylmäkanavalla. Kylmäkanavaan jäänyt muovi jäähtyy samaan aikaan kappaleiden kanssa. Kanava poistetaan jokaisen työkierron lopuksi ulostyöntötapilla.

Muovimassan ruiskutus muottiin tapahtuu ruiskuvalukoneen suuttimesta muotin syöttöholkkiin (kuvassa keskellä oleva pystytolppa). Syöttöholkista massa virtaa joko kahteen tai neljään muottipesään, riippuen miten päin syöttöholkki on asennettu. Syöttöholkkiin jäähtyy syklin aikana kartion mallinen kanava. Tämä kanava vedetään työkierron lopussa ulos holkista vastapäätäisellä ulostyöntötapilla. Seuraavassa kuvassa keskellä syöttöholkki sekä alempana kanavan ulostyöntö.



Kuva 8

5.6 Jäähdytyskanavat

Jäähdytyskanavien tarkoitus on pitää muotin lämpötila vakaana. Mikäli muotilla ajetaan haastavia kappaleita tai suuria sarjoja, täytyy jäähdytyksen olla kappaleen suhteen symmetrinen sekä riittävän tehokas.

Tässä projektissa jäähdytys toteutettiin yksinkertaisilla jäähdytyskanavilla kumpaankin levyyn. Kanavat ovat yksinkertaiset porareiät muotin ympäri. Kaksi reikää samaan pintaan ja yksi ne yhdistävä reikä viereiselle sivulle. Tällainen ratkaisu on molemmissa muottilevyissä. Yksittäinen reikä tulpataan, niin porareiät muodostavat U-muotoisen lenkin muottilevyn ympäri. Jäähdytyskanaviin lisättiin pikaliittimet ruiskuvalukoneen jäähdytysletkuille, nämäkin valmiskomponentteina Meusburgerilta.

5.7 Keskityslukot

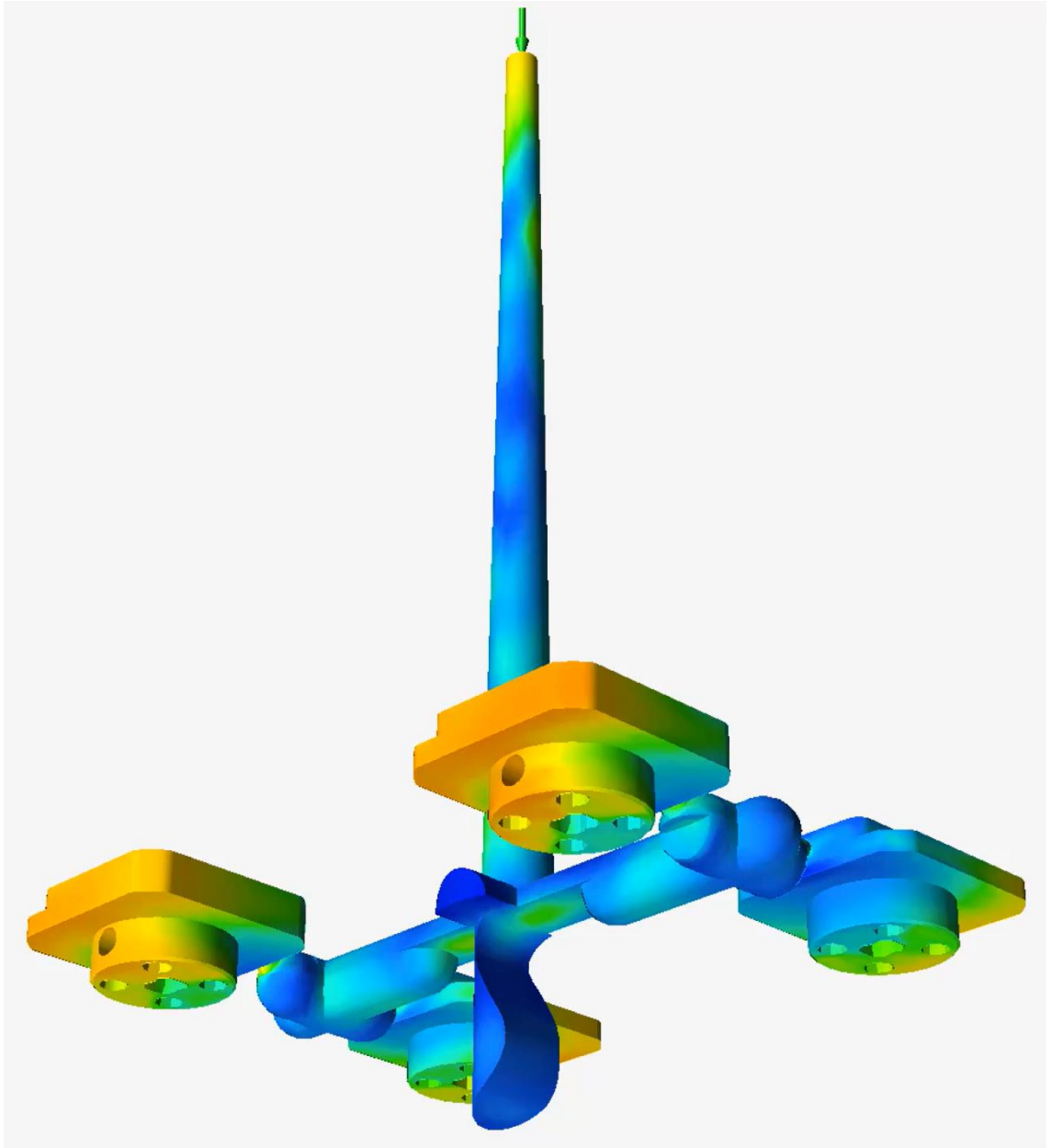
Lukkojen tehtävänä on keskittää muottipuoliskot tarkasti yhteen niiden kohdatessa sulkuvaiheessa. Lukkoja voi ostaa valmiskomponentteina tai ne voi koneistaa suoraan muottilevyyn. Tässä tapauksessa päädyttiin käyttämään valmislukkoja niiden helppouden sekä koneistuksen yksinkertaistamisen takia. Keskityslukoiksi valittiin pyöreät kartiotapit vastinkappaleineen. Näitä tuli muottiin kaksi kappaletta. Tällä saadaan varmasti riittävä keskitystarkkuus.

5.8 Virtaussimulaatio

Muotin ollessa lähes kokonaan valmis simuloitiin muotin virtaus vielä varmistuksena, että ilma pääsee poistumaan muottisulan edellä. Muotin mukaan tehtiin testikappale joka sisältää kanavat syöttöholkista asti sekä kaikkien pesien kappaleet. Tällä erillisellä solid-kappaleella voitiin simuloida muovisulan virtaus syöttöholkista kappaleiden perimmäiseen nurkkaan. Etenkin kappaleen viimeisen nurkan täyttymistä on syytä tarkkailla umpikujien ja kylmäsaumojen varalta.

Simulaatio todisti arviot oikeaksi. Viimeisenä muottipesästä täyttyy ruiskutusporttia vastapäätä oleva sivu jossa on sopivasti muottipuoliskojen väli eli jakopinta. Jakopinnasta ilma pääsee poistumaan hallitusti eikä aiheuta niin sanottua diesel-ilmiötä eli ylikuumenemista ilmanpaineen noustessa. Samalla havaittiin, että kappaleeseen ei synny kylmäsaumoja joissa kaksi massavirtaa

kohtaa toisensa vapaassa tilassa. Tällainen sauma heikentää kappaletta merkittävästi.



Kuva 9

6 Ratkaisut

Projektin tavoitteena oli suunnitella kiekkojen valamiseen modulaarinen muotti ja tässä onnistuttiin. Muotti pysyi yksinkertaisena sekä vaihto-osat helposti valmistettavina. Itse suunnittelutyö oli hyvin hidasta vähäisen muottisuunnittelukokemuksen takia. Suunnittelutunteja meni kokonaisuudessaan moninkertaisesti kokeneen suunnittelijan suunnittelu-aikaan verrattuna. Askel kerrallaan päästiin valmiiseen muottiin asti. Nähtäväksi jää toimiiko muotti tuotannossa suoraan ilman muutoksia. Moni asia kun näyttää hyvin erilaiselta Solidworksissa tietokoneen näytöllä kuin tosielämässä.

Lähteet

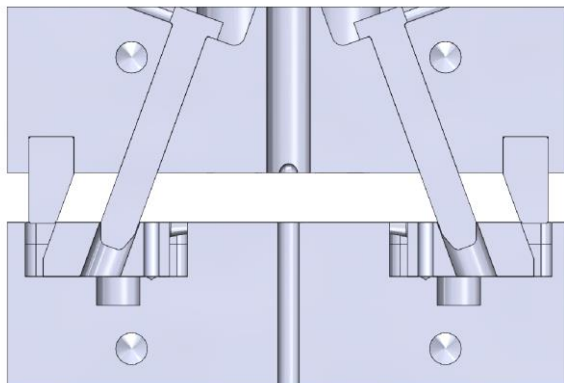
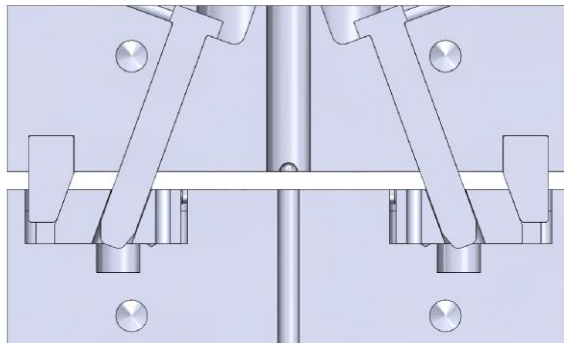
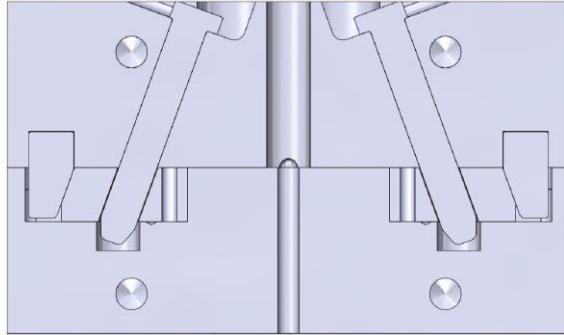
Järvelä, P. Syrjälä, K. Vastela, M. 1999. Ruiskuvalu. Tampere: Plastdata Oy.

Turvanasta Oy sisäiset muistiot, 2020

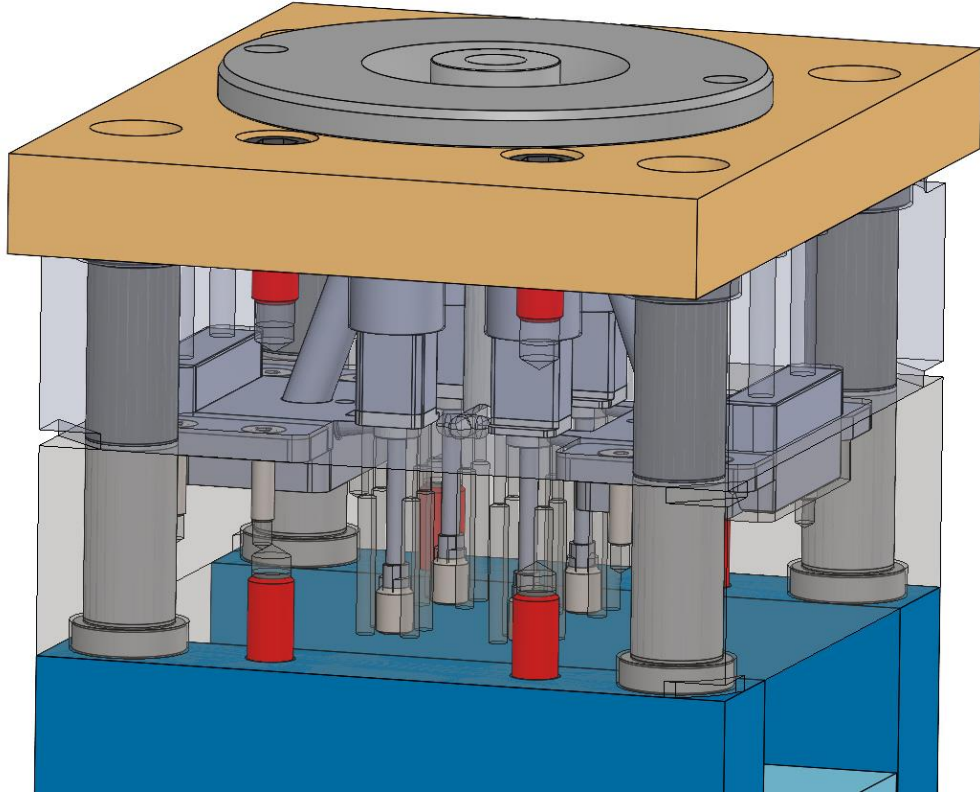
Uddeholm 2022. Uddeholm Impax Supreme. Viitattu 1.12.2022

<https://www.uddeholm.com/finland/fi/products/uddeholm-impax-supreme-for-plastic-moulding/>

Muotin avautuminen vaiheittain

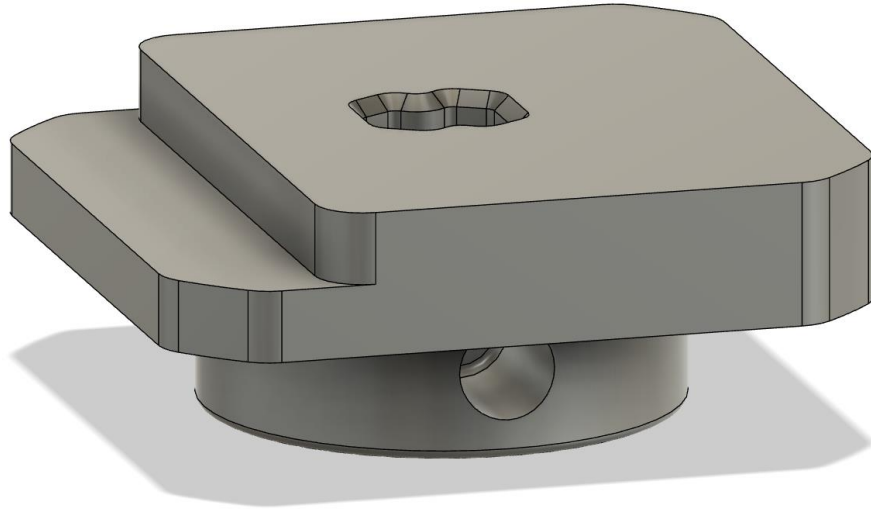


Läpileikkauskuva muotista



Kuvassa muotti kokonaisuudessaan. Tästä näkyy myös vaihtokeernojen pulttikiinnitys.

Kiekko



POM-kiekko. Kuvassa näkyy reiän viiste joka tässä muotissa jää keernan ja pohjan jakotasoon.