



Karelia-ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)

Ruiskuvalettavien muovituotteiden tuotannon aikainen laadunvarmistus

Vili Luostarinen

Opinnäytetyö, huhtikuu 2023

www.karelia.fi



OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2023
Konetekniikan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä
Vili Luostarinen

Nimeke
Ruiskuvalettavien muovituotteiden tuotannon aikainen laadunvarmistus

Toimeksiantaja
Suomen Biathlon Oy

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä suunniteltiin ja toteutettiin ruiskuvalettaville muovituotteille laaduntarkastus-menetelmä, jolla voidaan mahdollisimman helposti tarkkailla valmistusprosessia. Muovituotteet tarkastettaisiin visuaalisesti ja tulkkeja käyttäen. Tarkoituksena oli saada ongelmat prosessissa kiinni mahdollisimman aikaisessa vaiheessa ja tarkastaa tuotteiden päämuodot, -elementit ja -mitat loppukokoonpanon toiminnan varmistamiseksi. Työ toteutettiin toimeksiantajan Suomen Biathlon Oy:n tarpeeseen tarkkailla suuren eräkoon ruiskuvalutuotteiden laatua.

Toteutus tapahtui aiheeseen liittyvää kirjallisuutta käyttäen sekä Kurvinen Perheyhtiöiden työntekijöitä haastattelemalla ja hyödyntämällä heidän osaamistaan ja kokemustaan. Tulkit suunniteltiin osakohtaisesti mahdollisimman yksinkertaisiksi ja ohjeet visuaaliseen tarkastukseen nopeaksi.

Lopputuloksena luotiin tarkastus- ja tuotantosuunnitelmat ja mittatulkit yhden tuotteen ruiskuvalettaville osille. Visuaalisen ohjeen avulla voidaan muutamassa sekunnissa paikantaa selkeät ongelmat ja hylätä tuote. Tulkkeja käyttäen voidaan mitata tuotteen elementtien paikat ja olemassaolo sekä tarkastaa mittojen pysyminen toleranssissa. Tulkkeja käytetään osien muodon takia, sillä niiden mittaus käsimitattavilla työkaluilla olisi erittäin hankalaa. Tulkit myös mitoitetaan päästämään läpi mahdollisimman paljon toleranssien ylä- ja alarajoilla olevia kappaleita.

Kieli
suomi

Sivuja 32
Liitteet 3
Liitesivumäärä 9

Asiasanat
Laadunvarmistus, Tulkki, tarkastussuunnitelma, tuotantosuunnitelma,



THESIS
April 2023
Degree Programme in Mechanical Engineering

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author
Vili Luostarinen

Title
Injection moulded plastic products quality control.

Commissioned by
Suomen Biathlon Oy

Abstract

In this Thesis quality control method is designed and put into practice for injection moulded plastic products. Method should be as simple as possible, but still give all the necessary information about the process. Plastic products should be inspected visually and using metrology jigs. The purpose was to catch problems in process as early as possible and to check main geometries, elements, and measurements of the products. This was done to ensure the functionality of the assembly and maintain the quality of the moulding process. The thesis is done for the commissioner's need for quality control of a large batch of injection moulded products.

Thesis is done using subject related literature, and interviewing Kurvinen perheyhtiöt employees and utilize their experience and knowledge on the subject. Jigs were designed to be as simple as possible and instructions for the visual inspection to be as fast as possible.

As a result, control plans and metrology jigs for the plastics parts that make the assembly were created. Visual inspection can catch clear problems and disqualify a product in a few seconds. Jigs are used to locate and check existence of elements in the product, and measure that the products stay within tolerances. This is necessary since the geometries are extremely difficult to measure by hand. Jigs are designed to pass as much as possible products within the upper and lower limit of the tolerances.

Language
Finnish

Pages 32
Appendices 3
Pages of Appendices 9

Keywords
Quality control, Metrology jig, control plan

Sisältö

1	Johdanto	5
2	Toimeksiantaja.....	5
3	Teoria.....	6
3.1	Standardit	6
3.2	Materiaali	8
3.3	Muovituotteiden ruiskuvalu	8
3.4	Muovituotteiden kutistuma	9
3.5	Osakokoonpano.....	10
3.6	Tarkastus- ja tuotantosuunnitelma.....	11
3.7	Geometriset toleranssit.....	12
3.8	Kiinnitinsuunnittelu.....	12
4	Työn toteutus	15
4.1	Lähtötilanne	15
4.2	Työolosuhteet	15
4.3	Menetelmät.....	16
4.4	Työn aloitus	17
5	Työvaiheet	18
5.1	Suunnittelu.....	18
5.2	Prototyyppi.....	21
5.3	Tarkastuskokoonpano	24
5.4	Koneistus.....	25
5.5	Tarkastus- ja tuotantosuunnitelma.....	26
5.6	Dokumentointi.....	27
5.6.1	Tulkkien dokumentointi	27
5.6.2	Tuotteen dokumentointi	28
6	Tulokset	28
7	Pohdinta.....	30
	Lähteet.....	32

Liitteet

Liite 1 tarkastus- ja tuotantosuunnitelma

Liite 2 Esimerkkiosa piirustus

Liite 3 Esimerkkitulkki piirustus 1–3

1 Johdanto

Työ kohdistuu kasvavan yrityksen tarpeeseen hallita suurempia ruiskuvalettavien muoviosien valmistus- ja vastaanottoeriä. Osat ovat pienehköjä, suurimmillaan 200 millimetriä pitkiä, ja niiden toleranssit menevät sadasosamillimetreihin. Ylläpidettäessä tuhansien kappaleiden tuotantomääriä tarvitaan prosessille laadunvarmistusmenetelmä.

Tuotannon aikaisella laadunvarmistuksella tarkkaillaan ruiskuvaluprosessin toimivuutta. Prosessia tarkkaillaan valmistettavien tuotteiden avulla. Tarvitaan menetelmä, jolla voidaan tarkastaa ruiskuvalettavien muoviosien mittoja ja muotoja. Yksittäisen osan tarkastus on oltava nopea ja yksinkertainen. Sen toteuttamiseksi osille luodaan tarkastussuunnitelmat ja mittatulkit.

Yrityksen toimeksiantona oli luoda noin kahdellekymmenelle osalle tulkit sekä tarkastussuunnitelmat mahdollisten tuotannon häiriöiden huomaamiseksi nopeasti. Työn aikana hyödynnettiin myös yrityksen omia mittalaitteita ja koneistamoita. Osat ja niistä koostuva tuote ovat salaisia, joten tämän työn etenemistä ja vaiheita seurataan esimerkkiosan avulla. Työssä hyödynnettiin toimeksiantajan, samaan konserniin kuuluvien Ecoaims Oy:n ja Myllyn Koneistuksen sekä Muotituote Oy:n kokemusta ruiskuvalettavista muoviosista. Tulkkien suunnittelussa käytettiin aiheesta löytyvää kirjallisuutta sekä DIN- ja ISO-standardeja pohjana.

2 Toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Suomen Biathlon Oy. Yritys kuuluu yrittäjäryhmään Kurvinen perheyhtiöt, johon toimeksiantajan lisäksi kuuluu Ecoaims Oy ja Myllyn Koneistus. Kurvinen yhtiöt on maailmanlaajuisesti toimiva, kasvava yritys. Yhtiöt työllistävät noin 40 henkeä. (Suomen Biathlon Oy 2023.) Yritykset

toimivat samoissa tiloissa Liperin ylämyllyllä. Yhtiöiden liikevaihto oli noin 3,8 miljoonaa euroa vuonna 2022.

Biathlon Target System Kurvinen suunnittelee ja tuottaa ampumahiihtoratoja ja –tauluja. Yritys tarjoaa myös asiantuntijapalveluita kilpailunjärjestämiseen. Kilpailutapahtumia toteutetaan maailmanlaajuisesti olympiatasolle asti. (Suomen Biathlon Oy 2023.)

Ecoaims Oy on markkinoita johtava, optisia aseita kehittävä ja myyvä yritys. Toiminta tapahtuu kokonaisuudessaan yrityksen sisällä suunnittelusta valmistukseen ja kokoonpanoon asti. Yritys tekee myös yhteistyötä urheilijoiden ja tapahtumanjärjestäjien kanssa. (Ecoaims Oy 2023.)

Myllyn Koneistus on konsernin osana toimiva koneistuspaja, joka valmistaa osia ja tuotteita Biathlon Target System Kurviselle ja Ecoaims:lle. Kyseessä on kasvava ja nykyaikainen konepaja, jonka osaamiseen kuuluu tarkkojen tuotteiden valmistuksessa alihankkijana esimerkiksi Abloy Oy, John Deere Oy ja Valmet Oy. Yritysryhmän tuotteita menee yli 60 maahan. (Myllyn Koneistus 2023.)

Yhtiöiden toimiessa alihankkijana muille alan yrityksille on laadunvarmistus tärkeä osa tuotteiden valmistusta. Kasvavaan tuotantoon kaivataan tehokasta tapaa tarkkailla valmistusprosesseja, jotta ongelmat voidaan havaita ajoissa.

3 Teoria

3.1 Standardit

Saksalaisen standardoimisjärjestön valettujen muovituotteiden standardi DIN 16742:ssä mainitaan, että muovituotteissa on odotettavissa huomattavia mittaja muotovaihteluita. Materiaalin vuoksi toiminnalliset mittatarkkuudet ovat huomattavasti alhaisempia kuin vastaavassa metallikappaleessa, jotta tuotteen

valmistaminen olisi taloudellista. Eri kokoluokkien tuotteiden toleransseille annetaan ohjearvot (taulukko 1), jotka havainnollistavat hyväksyttävässä muovituotteessa tapahtuvaa vaihtelua.

DIN 16742:n mukaan muovituotteen suunnittelussa seurataan seuraavanlaista prosessia:

1. Valettavan tuotteen suunnittelija määrittelee sille toleranssit käyttöolosuhteiden ja kokoonpanon mukaan ottaen huomioon kappaleen vaatimukset.
2. Tuotteen suunnittelija varmistaa toiminnallisten toleranssien olevan suuremmat tai yhtä suuret kuin kappaleen valmistukseen liittyvät toleranssit.
3. Tuotteen materiaali on sitovasti määritelty, ja sen jälkikutistuma määritellään yhdessä suunnittelijan ja valmistajan toimesta.

DIN 16742:2013-10

Table 2 — Plastic moulded part tolerances as symmetrical limit dimensions for sizes

Dimensions in millimetres

Tolerance group	Limit dimensions (GA) for nominal size ranges																
	1 to 3	> 3 to 6	> 6 to 10	> 10 to 18	> 18 to 30	> 30 to 50	> 50 to 80	> 80 to 120	> 120 to 180	> 180 to 250	> 250 to 315	> 315 to 400	> 400 to 500	> 500 to 630	> 630 to 800	> 800 to 1000	
TG1	W	± 0,007	± 0,012	± 0,018	± 0,022	± 0,026	± 0,031	± 0,037	± 0,044	—	—	—	—	—	—	—	
	NW	± 0,012	± 0,018	± 0,022	± 0,026	± 0,031	± 0,037	± 0,044	± 0,050	—	—	—	—	—	—	—	
TG2	W	± 0,013	± 0,020	± 0,029	± 0,035	± 0,042	± 0,050	± 0,060	± 0,090	± 0,13	± 0,15	± 0,16	± 0,18	± 0,20	—	—	
	NW	± 0,020	± 0,029	± 0,035	± 0,042	± 0,050	± 0,060	± 0,090	± 0,13	± 0,15	± 0,16	± 0,18	± 0,20	± 0,22	—	—	
TG3	W	± 0,020	± 0,031	± 0,05	± 0,06	± 0,07	± 0,08	± 0,10	± 0,15	± 0,20	± 0,23	± 0,26	± 0,29	± 0,40	± 0,55	± 0,63	± 0,70
	NW	± 0,031	± 0,050	± 0,06	± 0,07	± 0,08	± 0,10	± 0,15	± 0,20	± 0,23	± 0,26	± 0,29	± 0,40	± 0,55	± 0,63	± 0,70	± 0,77
TG4	W	± 0,03	± 0,05	± 0,08	± 0,09	± 0,11	± 0,13	± 0,15	± 0,23	± 0,32	± 0,35	± 0,41	± 0,45	± 0,63	± 0,88	± 1,00	± 1,15
	NW	± 0,05	± 0,08	± 0,09	± 0,11	± 0,13	± 0,15	± 0,23	± 0,32	± 0,35	± 0,41	± 0,45	± 0,63	± 0,88	± 1,00	± 1,15	± 1,30
TG5	W	± 0,05	± 0,08	± 0,11	± 0,14	± 0,17	± 0,20	± 0,23	± 0,36	± 0,50	± 0,58	± 0,65	± 0,70	± 1,00	± 1,40	± 1,60	± 1,80
	NW	± 0,08	± 0,11	± 0,14	± 0,17	± 0,20	± 0,23	± 0,36	± 0,50	± 0,58	± 0,65	± 0,70	± 1,00	± 1,40	± 1,60	± 1,80	± 2,10
TG6	W	± 0,07	± 0,12	± 0,18	± 0,22	± 0,26	± 0,31	± 0,37	± 0,57	± 0,80	± 0,93	± 1,05	± 1,15	± 1,60	± 2,20	± 2,50	± 2,80
	NW	± 0,12	± 0,18	± 0,22	± 0,26	± 0,31	± 0,37	± 0,57	± 0,80	± 0,93	± 1,05	± 1,15	± 1,60	± 2,20	± 2,50	± 2,80	± 3,10
TG7	W	± 0,13	± 0,20	± 0,29	± 0,35	± 0,42	± 0,50	± 0,60	± 0,90	± 1,25	± 1,45	± 1,60	± 1,80	± 2,60	± 3,50	± 4,00	± 4,50
	NW	± 0,20	± 0,29	± 0,35	± 0,42	± 0,50	± 0,60	± 0,90	± 1,25	± 1,45	± 1,60	± 1,80	± 2,60	± 3,50	± 4,00	± 4,50	± 5,00
TG8	W	± 0,20	± 0,31	± 0,45	± 0,55	± 0,65	± 0,80	± 0,95	± 1,40	± 2,00	± 2,30	± 2,60	± 2,85	± 4,00	± 5,50	± 6,25	± 7,00
	NW	± 0,31	± 0,45	± 0,55	± 0,65	± 0,80	± 0,95	± 1,40	± 2,00	± 2,30	± 2,60	± 2,85	± 4,00	± 5,50	± 6,25	± 7,00	± 7,75
TG9		± 0,30	± 0,49	± 0,75	± 0,90	± 1,05	± 1,25	± 1,50	± 2,25	± 3,15	± 3,60	± 4,05	± 4,45	± 6,20	± 8,50	± 10,00	± 11,50

NOTE 1 W: Tool-specific dimensions; NW: Non-tool-specific dimensions.
NOTE 2 The differentiation of tool-specific and non-tool-specific dimension is not necessary for TG9.
NOTE 3 Tolerance mean dimensions apply as nominal sizes for moulded part drawings ($V_0 = C_1$). For tolerancing of the distance between parallel surfaces that do not face each other directly but are arranged shifted to one another, the V_0 dimension according to 7.2 of this standard is to be used as nominal size.
NOTE 4 Dimensions under 1 mm and above 1 000 mm are subject to mandatory agreement.
NOTE 5 Only the limit values for non-tool-specific dimensions are to be used for general tolerances.
NOTE 6 Tolerances for material thicknesses are subject to mandatory agreement.
NOTE 7 General tolerances are to be indicated in the design documentation as follows. Example: DIN 16742 – TG6.
NOTE 8 For validation of machine and process capability, see Annex E.

Taulukko 1. DIN16742 toleranssien ohjearvot eri mittaluokkien kappaleille.

Kansainvälinen ISO 20457 toteaa, että väistämättömän valmistusprosessista johtuvan vaihtelun takia asiakkaan ja myyjän on sovittava valmistusmenetelmä, jolla päästään toiminnan kannalta riittävään lopputulokseen.

Viallisten kappaleiden syntyä pyritään vähentämään suunnittelun keinoin, työvälineen oikeanlaisella käytöllä ja määrittelemällä hyväksyttävä poikkeama. Poikkeavuuksien hyväksyntä vaatii dokumentaatiota muutoksista. Jos määrittelyihin mittoihin ei päästä, kappaletta ei välttämättä hylätä, jos sen toiminnallisuus ei kärsi.

ISO 20457 toteaa hyvin pitkälti samat asiat kuin saksalainen DIN. Molemmat käyttävät samaa toleranssitaulukkoa ohjeena (taulukko 1), määrittävät kappaleen mittoja, orientaatiota ja paikkaa sekä pisteyttävät valmistettavaa kappaletta eri vaikuttavien ominaisuuksien osalta.

3.2 Materiaali

Ruiskuvalussa lopputulokseen vaikuttaa merkittävästi materiaali. Materiaalin vaikutus otetaan huomioon kappaleen suunnittelussa ja on kompensoitu valmistusprosessin parametreissa. Kuitenkin materiaali on otettava huomioon tulkkeja ajatellessa. Materiaali kohtainen käyttäytyminen vaikuttaa toleransseihin ja sitä kautta tulkkiin sekä sen luotettavuuteen ja toimintaan. Jos tulkattavan tuotteen materiaali naarmuuntuu helposti, on tämän otettava tulkkikappale kokoonpanossa huomioon.

Kappaleissa käytettävistä materiaaleista suurin osa on yleisiä teollisuudessa käytettyjä muoveja. Niiden lisäksi käytetään jonkin verran luonnonkuitukomposiittia ja silikonia. Tutkittavissa kappaleissa käytetään seuraavia materiaaleja: SAN, PC-ABS, Karelina PS4060, ABS, Silicon, PMMA, PP.

3.3 Muovituotteiden ruiskuvalu

Ruiskuvalaessa on mietittävä monia osa-alueita, kuten materiaalia, kappaleen muotoa, valmistusmenetelmiä ja käytettäviä työkaluja. Nämä voivat aiheuttaa lopulliseen kappaleeseen rasituksia, vääntymiä tai muotovaihteluita.

Ruiskuvalutuotteiden toleranssit on mietittävä lopputuotteen eli kokoonpanon kannalta. Lopputuote koostuu useasta ruiskuvaluosasta, joiden toleranssien on oltava tarpeeksi lähellä teoreettista mitta, ettei tuotteen toiminta kärsi. Toisaalta kappalekohtaisia tulkkeja suunniteltaessa kokoonpano on yksinkertainen kahden osan tuote. Työn kohteena olevien osien toleranssit määrittelee tilaaja yhdessä toimeksiantajayrityksen kanssa.

3.4 Muovituotteiden kutistuma

Vapaasti kutistuvien kappaleiden kutistumaa voidaan ennustaa lineaarisella isotrooppisella kutistumalla, joka on noin kolmasosa kappaleen tilavuuden kutistumasta. Lineaarinen kutistuma on nimensä mukaisesti tasaista kappaleen joka pisteessä.

Anisotrooppinen kutistuma aiheuttaa tuotteeseen erilaisia kutistumia eri kohtiin, josta seuraa esimerkiksi sisäisiä rasituksia, vääntymisiä ja vaihtelevia mittoja. Epätasaista kutistumaa voi aiheuttaa esimerkiksi epätasainen jäähtyminen, epätasainen tilavuuskutistuminen, materiaalin käytös suhteessa ruiskutus-suuntaan ja eroavat lämpökuormat muotin geometriassa. Materiaalikeskittymistä johtuva epätasainen kutistuma aiheuttaa vaihtelua kappaleen jäähtyessä, mutta sitä voidaan ehkäistä esimerkiksi pitämällä tuotteen seinämäpaksuus vakiona. (Malloy 1994, 75.)

Kutistuma on tärkeä tieto etenkin jälkikutistuman kannalta. Jälkikutistuma kertoo, millainen kappaleen voidaan olettaa olevan jäähdyttyään tietyn ajan. Tulkki täytyy olla tehty kutistuman kannalta oikealle ajankohdalle, jotta se ei hylkää hyviä kappaleita. Suunnitellessa täytyy määrittää, tehdäänkö tulkki suoraan koneesta tulevalle kappaleelle vai odotetaanko kappaleen jäähtymistä tai koko jälkikutistuma. Heti valmistuksen jälkeen tapahtuva tarkastus antaisi välittömästi tiedon prosessin sen hetkisestä tilasta. Toisaalta jäähtynyttä kappaletta on helpompi käsitellä. Täysin jälkikutistumansa läpi käynyt kappale taas on paras

kokoonpanon kannalta paras vaihtoehto, sillä muodonmuutosta ei tapahtuisi tarkastuksen jälkeen, joten viallisia kappaleita ei joudu kokoonpantavaksi.

Ennen tuotteen poistamista muotista jähmettymisen aikaan tapahtuu muottikutistuma. Se vaikuttaa merkittävästi kappaleen mittoihin, geometrioihin ja ulostyöntöön. Muottikutistuman hallitseminen aiheuttaa helposti ongelmia lopputuotteen mittatarkkuuteen, sillä siihen vaikuttaa moni tekijä kuten:

- jälkipainetaso
- jälkipaineaika
- muottilämpötila
- massan lämpötila
- kappaleen seinämävahvuus
- etäisyys ruiskutusportista
- muovilaji.

Kutistuma ei myöskään ole tasaista, vaan saattaa vaihdella kappaleen eri kohdissa aiheuttaen jännitteitä. (Järvelä, Syrjälä & Vastela 1999, 141.)

3.5 Osakokoonpano

Yksittäiset osat valmistetaan osaksi isompaa kokoonpanoa, lopputuotetta, joten kokoonpanomenetelmä vaikuttaa myös osan tärkeisiin, tulkattaviin, elementteihin. (Malloy 1994, 333.) Lopputuotteessa tärkeää on myös estetiikka, toiminnallisuus sekä käyttöolosuhteisiin ja rakenteeseen liittyvä suorituskyky.

Estetiikka sanelee osaltaan kappaleiden kokoonpanomenetelmiä. Suunnittelijan on mietittävä kuluttajatuotteessa ulkonäköä ja käyttömukavuutta. Toiminnallisuudella pyritään pääsemään hyvään kokoonpantavuuteen ja purkamiseen riippuen tuotteen tarpeista. Esimerkiksi paristolla toimiva laite ei mielellään voi olla hitsattu kiinni, jotta pariston pääsee vaihtamaan. Suorituskykyä mittaavat esimerkiksi käytetty materiaali, käytössä syntyvät rasitukset kuten iskut, väsyttävät ja staattiset kuormat sekä käyttöolosuhteista aiheutuvat rasitukset, kuten esimerkiksi lämpökuorma. (Malloy 1994, 333.) Kaikki edellä mainittu on

huomioitava kokoonpanoa suunniteltaessa, jolloin se vaikuttaa myös tulkkien valmistukseen.

Tulkkien suunnittelussa voidaan ajatella kokoonpanoa kaksiosaisena, jossa toinen osa on ruiskuvalutuote ja toinen yksinkertaistettu vastakappale ruiskuvalutuotteelle. Kuitenkin tulkkauksen kannalta on mietittävä myös lopputuotteen kokoonpanoon merkittäviä mittoja ja elementtejä. Tämän työn kohteena olevan lopputuotteen kokoonpano koostuu painosovituksista sekä mekaanisista kiinnittimistä. Näiden paikoituksen on oltava kohdallaan, jotta tuote voi toimia, saati on edes kasattavissa.

3.6 Tarkastus- ja tuotantosuunnitelma

Tuotantosuunnitelma on yksityiskohtainen, kirjallinen kuvaus prosessista. Siitä käy ilmi prosessin vaiheet ja parametrit, ja kuinka ne tulee toteuttaa. Tuotantosuunnitelma koostuu prosessin valvonnasta ja prosessin kontrolloinnista. Valvonta mahdollistaa prosessin katselmuksen, arvioinnin ja toiminnan. Kontrollin sijaan antaa palautetta ja varmistaa prosessin olevan koko ajan hallinnassa. Sillä mahdollistetaan muutokset heikentämättä laatua. (Six Sigma Development Solutions 2021.)

Tässä työssä tarkastus- ja tuotantosuunnitelma tehdään puhtaasti toimeksiantajan toivomuksen mukaan. Siihen sisältyy molemmat prosessin tarkkailun osat visuaalisen tarkastuksen ja mittauksen muodossa.

Kappaleille tehdään ohjeet visuaaliseen tarkastukseen. tarkastussuunnitelman avulla kappale tarkastetaan nopeasti, noin viidessä sekunnissa. Tarkoitus on saada kiinni isommat ongelmat esimerkiksi muotissa tai prosessissa. Visuaalinen tarkastus tehdään ennen tulkkausta, sillä se on nopeampaa, ja jos osa on silminnähden huono, voidaan olettaa, ettei se läpäise tulkkausta.

Ohjeet tehdään siten, että niitä noudattamalla päästään toimivaan kokoonpanoon tuotteiden osalta. Ohjeen on oltava mahdollisimman lyhyt ja yksinkertainen, jottei yksittäisen kappaleen tarkastuksessa mene kauaa.

3.7 Geometriset toleranssit

Geometrisillä toleransseilla määritetään kappaleen muotoja, suuntaa ja sijaintia. Perinteisistä mittatoleransseista poiketen niillä voidaan asettaa ehtoja mittojen lisäksi pinnan erilaisille muodoille, kappaleen vääntymälle ja suunnalle. (Pere 1990, 20-76--20-78.) Perinteisellä mitoituksella virheet saattavat kertyä. Esimerkiksi jos kappaleessa olevia reikiä on mitoitettu toisistaan, saattaa ensimmäisen sijaintivirhe moninkertaistua viimeisessä. Geometrinen toleranssin mitta otetaan peruselementeillä, jolloin oikeassa kappaleessa olevat virheet eivät vaikuta elementtien ja muotojen sijaintiin.

Peruselementit geometrisiä toleransseja varten luodaan käyttäen kappaleen muotoja kuten viivoja, tasojen ja pisteitä. Jos kappaleessa on taso, valitaan se monesti peruselementin pohjaksi. Kappaleen fyysinen taso ei kuitenkaan ole peruselementti vaan peruselementti on simuloitu täydellinen taso, johon suhteessa elementit mitoitetaan. Esimerkiksi jos kappaleessa ja sen tulkissa on vastaavaan elementtiin sidotut peruselementit, voidaan olettaa tulkin aina toimivan. Peruselementtejä on yleensä kolme, A, B ja C. A:n paikotukseen tarvitaan kolme pistettä, joilla se paikoitetaan. B tarvitsee kaksi pistettä ja C yhden, sillä toinen elementtien ehto on, että ne ovat kohtisuorassa toisiinsa.

3.8 Kiinnitinsuunnittelu

Kiinnitinsuunnitteluun kuuluu mm. kiinnittimen ideointi, pohja-asetelma ja elementtisuunnittelu. Pohjana luodaan alustava 3D-malli kiinnittimestä. Elementtisuunnittelussa mietitään paikoittajien, puristimien ja tukien paikoitusta. (Nee,

Tao & Kumar 2004, 6.) Kuvassa 1 on havainnollistettu kiinnitinsuunnittelun vaihteita.

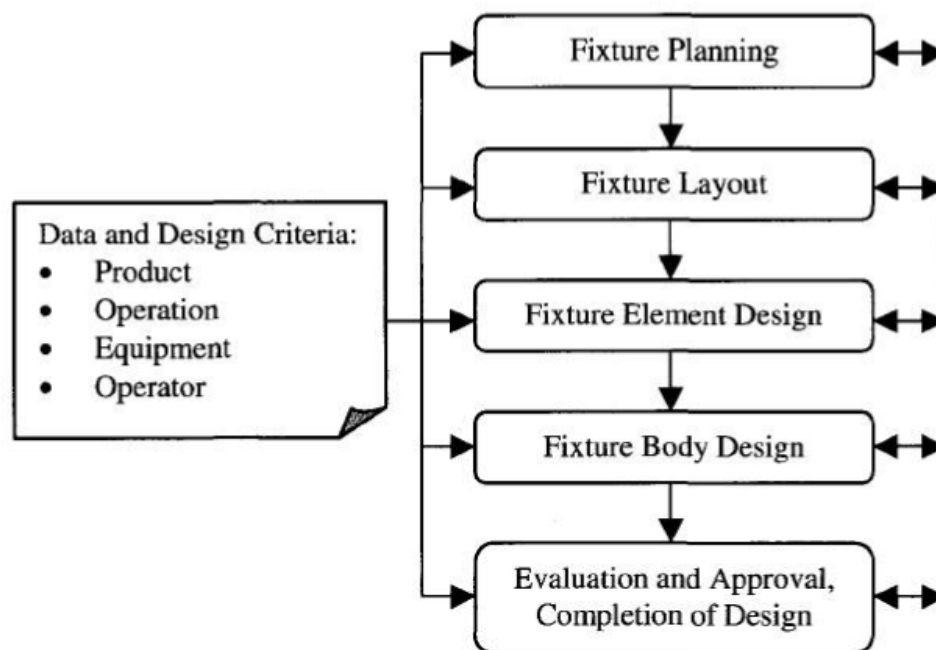


Figure 1.4 Various aspects of fixture design

Kuva 1. Kiinnitinsuunnittelun vaiheet (Nee, Tao & Kumar 2004, 7.)

Kiinnittimen suunnittelussa on tarkoitus luoda konsepti kiinnittimestä. Tässä otetaan huomioon pohjatieto kiinnittimen geometriasta ja materiaalista, sen käytöstä ja käyttäjästä. Layout-vaiheessa luodaan kappaleen perusgeometria. Tähän kuuluvat esimerkiksi tukien, puristimien ja paikoittajien sijainnit ja niiden tyytit. Elementtisuunnittelu vaiheessa luodaan malli tuotteesta, paperille tai CAD-ohjelmalla. Tähän vaiheeseen kuuluu yksityiskohtainen suunnittelu aikaisemmin mietityille ominaisuuksille. Rungonsuunnittelussa kiinnittimille luodaan käyttötarkoitukseen sopiva runko, joka pitää kiinnittimen elementit paikoillaan. (Nee, Tao & Kumar 2004, 6–7).

Kiinnittimien suunnittelu voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa kerätään tarvittavat tiedot kiinnittimen käytöstä, materiaalista, käytettävyydestä, tärkeimmistä elementeistä, mitoista ja käyttäjästä. Toisessa vaiheessa mietitään tukien, puristimien ja paikoittajien toiminta ja sijainnit niin,

etteivät ne estä prosessissa käytettävien muiden työkalujen tai vaiheiden toimintaa. Kolmannessa vaiheessa suunnitellaan kappaleen runko. Rungon valmistus tapahtuu yleensä jonkun tuotteen keskeisen elementin ympärille, jonka perusteella muut muodot mitoitetaan. Tämä kolmen vaiheen prosessi on ohjenuora kiinnittimien suunnittelulle, ja sitä sovelletaan tapauskohtaisesti. (Nee, Tao & Kumar 2004, 8.)

Vaikka työssä ei suunnitella kiinnittimiä vaan tulkkeja, kiinnittimien suunnittelu-
metodit pätevät ja ovat sovellettavissa tulkkien suunnitteluun. Tulkkisuunnittelussa luodaan tavallaan kiinnitin valmistuksen jälkeiselle vaiheelle, jolloin tuote on jo ottanut valmiin muotonsa. Samoja vaiheita ja elementtejä on, mutta kyseessä on koko valmistusprosessin eri vaihe.

Kiinnitinsuunnittelussa keskeistä on valmistettavan tuotteen laatu ja vaihdettavuus. Kiinnittimien tarve teollisuudessa voidaan jakaa neljään pääluokkaan: Työn määrittely, jossa asiakkaalta tulee tiettyjä vaatimuksia tuotteelle, joihin tulee aina päästä. Erätuotanto, jossa tiettyä osaa tai osia valmistetaan x-määrä. Vaihtelua osien laadussa yhdessä erässä ei sallita. Tuotannon virtaus, jossa tiettyä tarkoitusta varten oleville tuotteille on omat tilat, esimerkiksi tehtaot, jolloin tuotantovälineet on suunniteltu niitä varten. Massatuotanto, jossa edellisiä esimerkkejä vastaavissa tiloissa valmistetaan suuria määriä tuotetta samalla työtavalla. (Venkataraman 2015, 19.)

Tärkeimpien asioiden yhteenvedoksi Venkataraman (2015) mainitsee laadun ja vaihdettavuuden, erilaiset tuotantotyytit, joissa kiinnittimiä eniten tarvitaan, sekä niiden määritelmien ja ominaisuuksien selittämisen. Yksittäisen kiinnittimen suunnittelussa korostetaan toiminnan osalta elementtien paikoitusta, kiinnitystä, käytettävien työkalujen ja kiinnittimen yhteistoimintaa, ja sen käytettävyyttä tuotteen asettamisen ja poistamisen kannalta. Lisäksi suunnittelussa tulee miettiä kappalekohtaisia toleransseja, prosessikohtaista työjärjestystä, ja prosessisuunnittelua. (Venkataraman 2015, 19.)

Laatu ja vaihdettavuus kulkevat käsi kädessä varsinkin, kun puhutaan massa-tuotettavista kokoonpano-osista, joiden pitäisi teoriassa olla identtisiä. Käytännössä kokoonpanoista ja osista ei saada identtisiä, mutta niiden osien pitäisi olla keskenään vaihdettavissa vaikuttamatta tuotteen toimintaan.

4 Työn toteutus

4.1 Lähtötilanne

Tämä työ on tarpeellinen, sillä toimeksiantaja tarvitsee laaduntarkkailumenetelmän toimiessaan alihankkijana toiselle yritykselle. Toimeksiantajayrityksen on määrä aloittaa ruiskuvalutuotteiden valmistus tuhansien kappaleiden erissä. Tilaaja toimittaa mallit tuotteestaan, jota toimeksiantajayritys rupeaa valmistamaan. Kokoonpano muodostuu useasta osasta, joten toleranssien on oltava tarpeeksi tiukat, että monesta osasta kasattava tuote toimii. Tarvitaan laadunvarmistusmenetelmä, jolla voidaan tarkkailla tehokkaasti prosessia. Ideana on mitatulkit, joilla tarkastetaan 1/200 erästä. Tulkeilla varmistetaan osien toleransseissa pysyminen. Tulkkien rinnalle tehdään osakohtaiset tarkastus- ja tuotantosuunnitelmat, joilla tarkkaillaan kappaleen visuaalista puolta. Visuaalisella tarkastuksella pystytään heti hylkäämään selkeästi huonot kappaleet, sekä tarkkailemaan prosessin mahdollisia ongelmia kuten muottirikkoa tai vääriä parametrejä. Lyhyesti sanoen tarkoituksena on saada kiinni ruiskuvalun mahdolliset ongelmat mahdollisimman ajoissa, jotta pidemmiltä seisokeilta voidaan välttyä.

4.2 Työolosuhteet

Työ toteutetaan Suomen Biathlon Oy:n toimeksiannosta heidän käytössään olevissa tiloissa. Tiloihin voi lukea myös Ecoaims Oy:n ja Myllynkoneistuksen, jotka toimivat samassa osoitteessa yhteistyössä. Vinkkejä ja materiaaleja saatiin

myös Muottituote Oy:ltä heidän aikaisemman ruiskuvalutuotantonsa kokemuk-
sista.

Työpiste on ergonominen ja työolosuhteet hyvät. Apuna työssä on ohjaaja sekä
työkaverit, joilta voi kysyä mielipiteitä ja näkökulmia.

4.3 Menetelmät

Omat tehtäväni tapahtuvat pääsääntöisesti Creo 5 ja Microsoftin Office -ohjel-
millä. Mallien valmistuttua ensimmäiset prototyypit koneistetaan. Testaamalla
tutkitaan tulkkien puutteet ja virheet, jotta ne voidaan viimeistellä käyttöä varten.
Myös tarkastajien kokemus tulkkien käytettävyydestä ja selkeydestä otetaan
huomioon. Tulkeille tehdään kerätyn tiedon pohjalta käyttöohjeet.

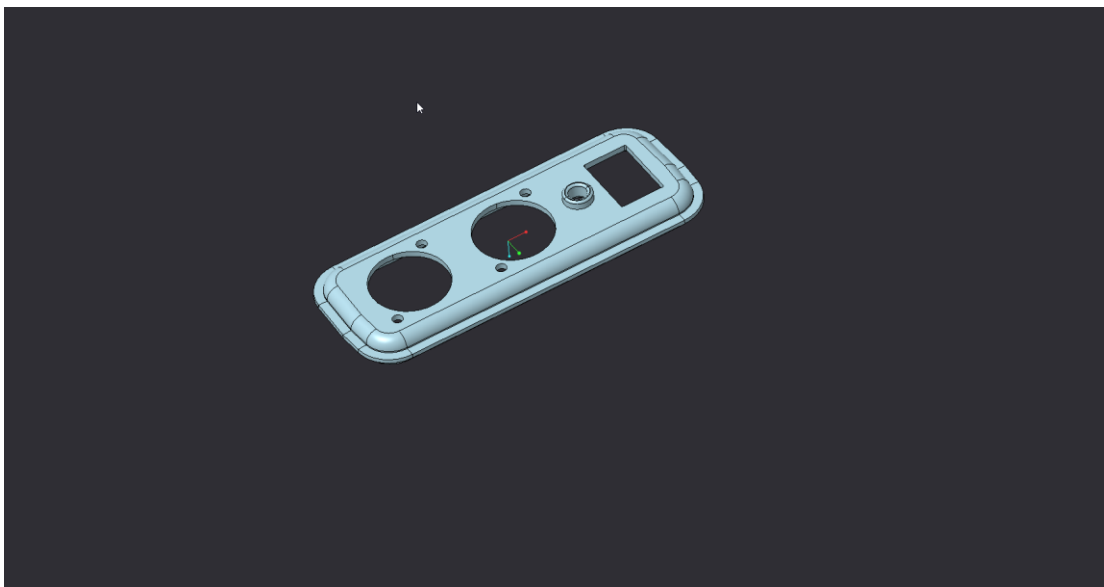
Visuaalista tarkastusta varten tehtiin tarkastussuunnitelmat. Osista paikanne-
taan yleisimmät ruiskuvalusta johtuvat virheet ja tärkeimmät elementit, joiden on
oltava kunnossa. Ohjeita varten osia verrataan malliosaan, joka on todettu hy-
väksi, ja sitä käytetään referenssinä.

Työ pohjautuu standardien mukaisiin yleistoleransseihin, joiden perusteella luo-
daan osakohtaiset, toiminnalliset toleranssit, sekä määritellään tulkattavat muo-
dot. Toleranssien määrittely tuotteelle on suunnittelijan eli tässä tapauksessa
asiakkaan vastuulla. Kuitenkin toleransseista on neuvoteltu paljon, sillä osalle
osista standardien mukaan määritellyt toleranssit ovat turhaan hyvin tarkat. To-
leransseilla halutaan varmistaa tuotteen toiminta ja ulkonäkö, mutta liian tiu-
koilla toleransseilla valmistaminen hidastuu ja kustannukset kasvavat. Tämän
takia asiakkaan ja valmistajan välillä käytiin neuvotteluja toleransseista. Työssä
käytetään myös geometrisia toleransseja mitoituksessa ja toiminnan varmistuk-
sessa, mutta tulkkien koneistus tehdään perinteistä mitoitusta käyttäen, koska
niillä päästään riittävään tarkkuuteen.

4.4 Työn aloitus

Työ aloitettiin suunnittelemalla tulkkien prototyypit asiakkaan toimittamien mallien pohjalta. Suunnitellessa pohdittiin mittauksessa tärkeät muodot, sekä muodot, joita voidaan järkevästi mitata tulkilla. Asiakkaalta tulleet toleranssit neuvoteltiin käytännössä toimiviksi, jonka jälkeen osien mallien pohjalta tehtyjen tulkkien mallien mittoja ruvettiin sovittamaan toleransseihin. Tulkkien 3D-mallien valmistuttua ne koneistetaan käytännössä testattavaksi.

Työn havainnollistamiseksi käytetään esimerkki tuotetta (kuva 2–4) ja sille suunniteltua mittatulkkia. Työssä esiintyy myös osittaisina kuvina päätuotteen liittyviä tulkkeja, ja muuten sallituiksi määritellyjä kappaleita.



kuva 2. Esimerkkiosa (Kuva: Vili Luostarinen).



Kuva 3 ja 4. Esimerkkiosa ja -tulkki, ja niiden käytön havainnollistaminen (Kuvat: Vili Luostarinen)

5 Työvaiheet

5.1 Suunnittelu

Suunnittelu aloitetaan oletuksella kappaleiden mittojen paikkansapitävyydestä, sillä toleransseja ei vielä ole. Kappaleista määritetään tärkeät, tulkattavat muodot ja mitat, joiden perusteella lähdetään mallintamaan mahdollisimman yksinkertaista tulkkia, jolla ne voidaan tarkistaa. Kappaleiden mallinnus tapahtuu Creo 5 – ohjelmalla. Monimutkaisempien osien tulkkeja mallintaessa cut out -toiminto on osoittautunut hyväksi. Mallinnettu, esimerkiksi suorakulmion muotoinen palikka, johon muoto kaivettaisiin. Tämän osan mallia käyttäen leikataan suorakulmiosta pala, jolloin tulkin malliin jää osan vastakappale. Tämän jälkeen vastakappaleen muotoja on lähdetty yksinkertaistamaan.

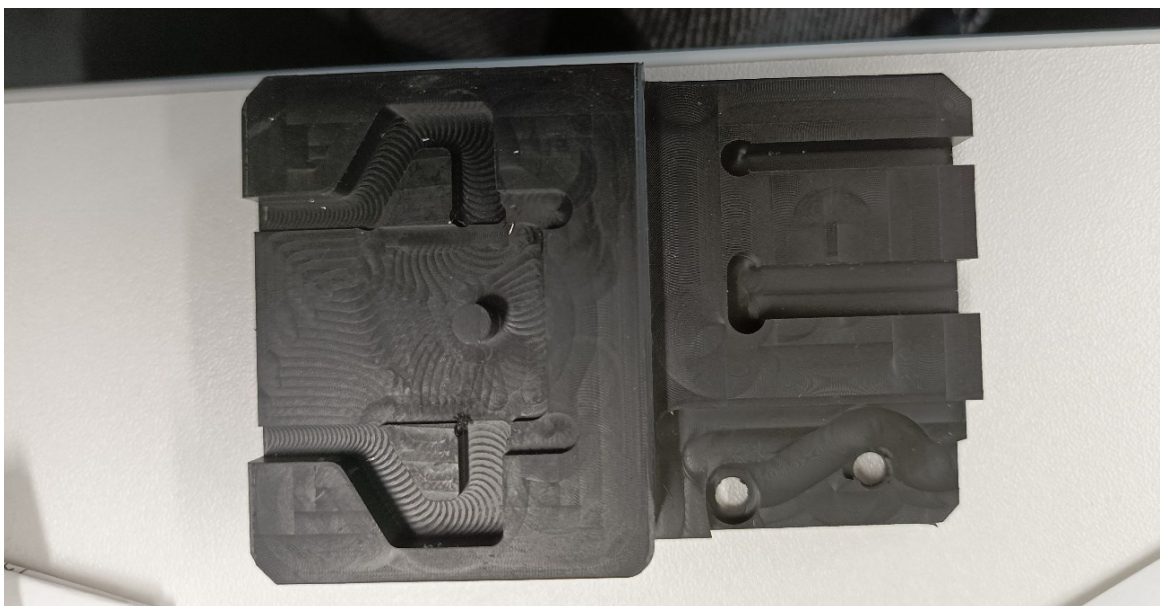
Creon työkaluista on hyödynnetty flexible modeling-, scale- ja perusmallinnus-työkaluja. Flexible modeling on osoittautunut hyödylliseksi ainoastaan yksinkertaisissa muodoissa ja scale melkein turhaksi. Ongelmia tarkkuuden kanssa tulee myös tavallisilla työkaluilla johtuen kappaleen suurimman ja pienimmän mitan erosta. Tämä on cut out -työkalun ongelma, sillä itse muoviosien pienimmät geometriat ja mitat voivat olla liian pieniä verrattuna tulkkikappaleen ulkomitoille, vaikeivat itse tulkin toiminnallisen osan mitat olisivatkaan. Absolute accuracy -asetusta säätämällä voidaan osittain kompensoida liian suurta mittavaihtelua, eikä tämä ongelma riitä cut out:n hylkäämiseen.

Tulkkien tarkkuuden ja toiminnan varmistamiseksi myös keskipiste- ja yksivaiheideat ovat tulleet esille. Tarkoituksena keskipisteideassa on valita kappaleesta yksi piste, jonka ympärille muut tulkattavat muodot mitoitetaan. Yksivaiheideassa taas tähdätään koko kappaleen kaikkien tärkeiden asioiden mittaamiseen yhdellä tulkkauksella. Näin vähennettäisiin mittaajasta ja mittalaitteesta, tässä tapauksessa tulkista, johtuvia vaihteluita.

Asiakas on määritellyt tuotteilleen toleranssit, joiden on toteuduttava, jotta tuote toimii ja näyttää hyvältä. Määriteltyihin toleransseihin pääsyä valvotaan tulkeilla, sillä eräkoot ovat suuria. Tulkkien toleranssit määritetään niin, että ne päästävät mahdollisimman paljon kappaleita läpi toleranssien ylä- ja alarajoilla. Esimerkiksi jos tulkataan rengasta, tulkin sisähalkaisija on toleranssin alarajalla ja ulkohalkaisija ylärajalla. Näin saadaan hyväksytyjä kappaleita mahdollisimman suurella vaihteluvälillä, kuitenkin täyttäen toleranssivaatimukset.

Suuren eräkoon takia myös taloudellisuus on osana tulkkien suunnittelua. Aiemmin mainittu tapa toleroida tulkkeja on osana myös taloudellista ajattelua, sillä mitä vähemmän tuotteita menee hylkyyn, sen paremmin rahalle saadaan vastinetta. Prosessikustannuksiin vaikuttaa moni asia. Käyttöä ajatellen tulkin on oltava yksinkertainen ja helppokäyttöinen. Yhdellä tulkilla voidaan myös tehdä useampia tulkkauksia, jolloin yhdelle tuotteelle ei tarvittaisi useampia tulkkeja. Lähtökohtana on yksi tulkki per tuote. Jos kappaleella on enemmän kuin yksi

tulkattava muoto, olisi hyvä saada tarvittavat tulkkaukset yhteen tulkkiin (kuva 5).



Kuva 5. Kolmeasentoinen tulkki (Kuva: Vili Luostarinen)

Tulkit voivat olla myös kaksipuoleisia. Kaksipuoleisuutta käytetään, kun tuotteelle ei haluta valmistaa toista tulkkia, mutta kaikkien elementtien tarkastus yhdellä puolella tekisi tulkkikappaleesta todella ison. (kuva 6 ja 7).



Kuva 6 ja 7. Kaksipuoleinen halkaisijan tulkki (Kuva: Vili Luostarinen)

Kaksipuoleisia tai useampiosaisia tulkkeja tehtäessä on huomioitava, ettei niiden käytöstä tule liian monimutkaista tai hidasta. Käytettävyys on huomioitava myös kustannustehokkuuden kuin käyttäjänkin takia. Tulkkien taloudellisuuteen vaikuttaa myös niiden valmistus, josta mainitaan myöhemmin.

5.2 Prototyyppi

Toleranssien määrittelyn jälkeen tulkkien prototyypit saatiin mallinnettua koneistettavaksi. Esimerkkiosan prototulkki tehtiin 3D-tulostamalla. Samalla voidaan myös todeta, ettei 3D-tulostuksen tarkkuus riitä tulkkien valmistukseen, sillä ne täytyy tehdä millimetrin sadasosien tarkkuudella, johon tulostimella ei päästä. Idean tasolla mittalaitteen on oltava mitattavaa tuotetta tarkempi. Esimerkkiosassa kuitenkin 3D-tulostetulla versiolla päästään havainnollistamaan ideaa hyvin. Prototyypistä nähdään tulkin toiminta yksinkertaisena vastakappaleena, joka ottaa huomioon osan tärkeät muodot. Saadaan kahdesta osasta koostuva kokoonpano, joka toimii osan ja tulkin ollessa oikeissa mitoissa. Kun

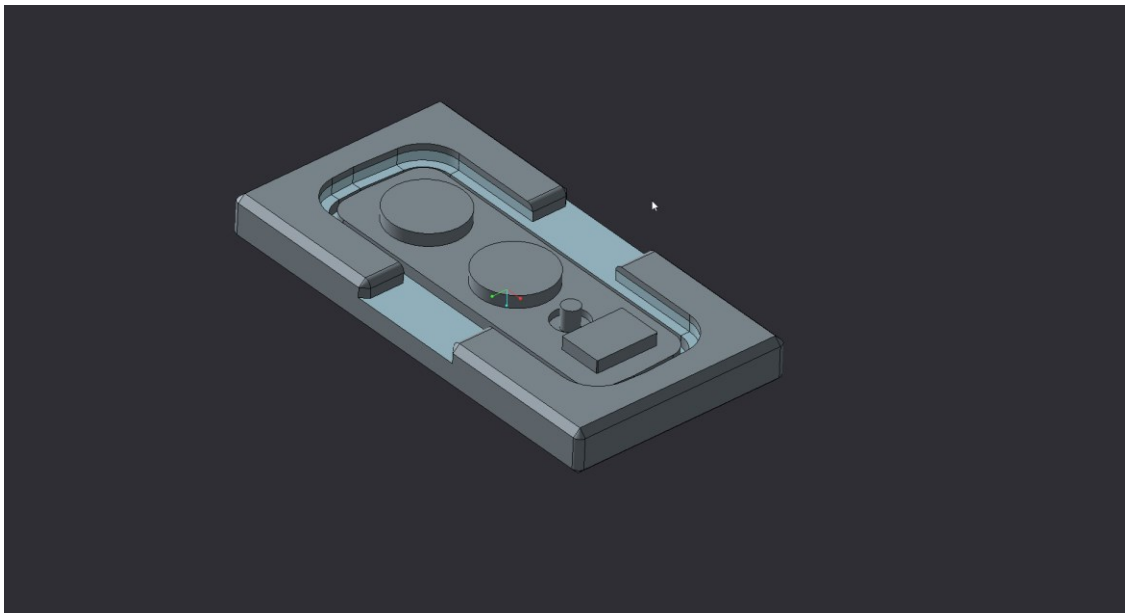
prosessissa käytettävät tulkit tehdään tarkoiksi, voidaan rajata kokoonpanon toimimattomuus osasta johtuvaksi.

Prototulkista voidaan myös hahmotella ideaa, jossa kappaleen muodot ohjautuvat jonkun tarkan pisteen ympärille (kuva 2 ja 3) (liite 3, 3). Voidaan esimerkiksi ajatella keskimmäisen ympyrän olevan tarkka ja hahmotetaan muiden muotojen paikka suhteessa siihen.

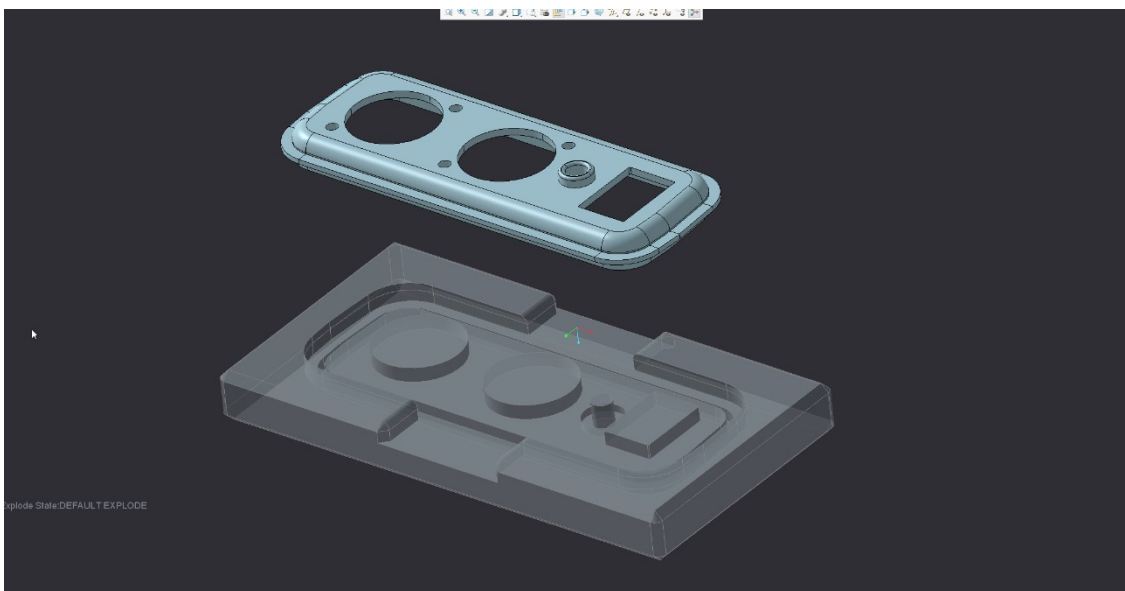
Tässä vaiheessa todetaan myös, että tulkit suunnitellaan valmiille kappaleille, eli jälkikutistumasta aiheutuva muodonmuutos odotetaan ennen kappaleen tarkastusta. Tällä tavoin kutistuman ja normaalin vaihtelun aiheuttamat virheet saadaan kiinni joko visuaalisesti tai tulkkaamalla, eivätkä niistä johtuvat vialliset kappaleet pääse kokoonpanovaiheeseen asti. Tällä tavalla voidaan myös halutessa tehdä tarkistuskokoonpanoja kokoonpanon toiminnan tarkastamiseksi.

Prototulkista huomataan myös ongelmia käytettävyydessä. Tuotteen poistaminen tulkista on hankalaa ja toleranssin ylärajalle sattuvan kappaleen sattuessa kohdalle se ei onnistu ilman työkalua. Tästä taas aiheutuu jälkiä ja jopa rikkoutumisia sekä tulkille että tuotteelle. Esimerkkikappaleen tulkin versio 2 tehdään koneistamalla muovista, sillä niin päästään tarkempaan lopputulokseen.

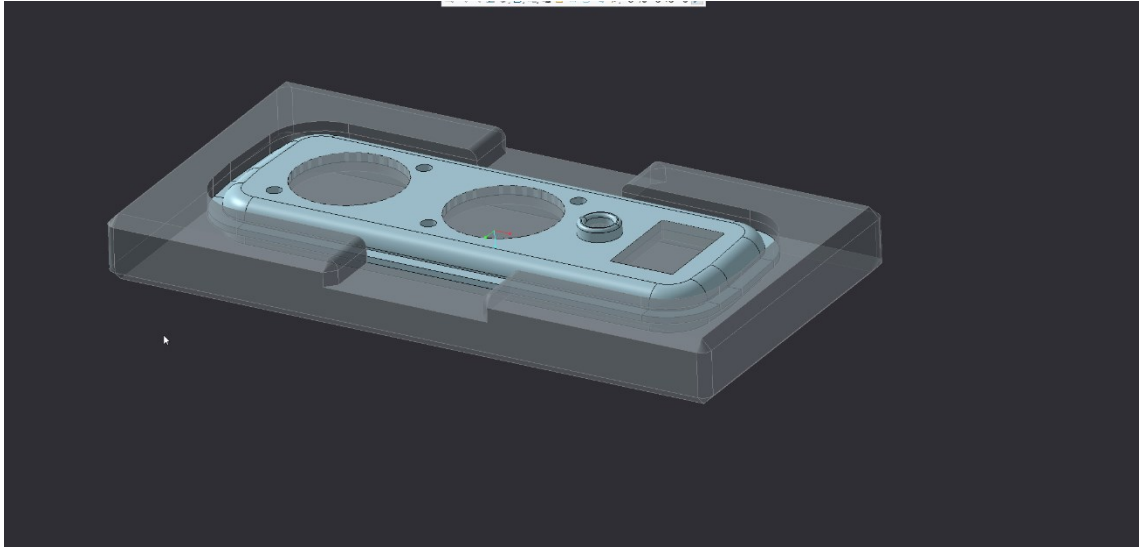
Tulkin toiminnalliset elementit pysyvät samoina, mutta niiden mittoja säädetään sallimaan mahdollisimman paljon toleranssien ylä- ja alarajoilla olevia tuotteita. Rungon reunoihin avataan 30 mm leveät urat kappaleen poistamisen helpottamiseksi (kuva 8). Tarkoituksena on, että tulkki voi haluttaessa levätä pöydällä, kun tarkistuksia tehdään.



Kuva 8. Esimerkkitulkki versio 2 (Kuva: Vili Luostarinen)



Kuva 9. Esimerkkitulkki version 2 toiminnan havainnollistaminen (Kuva: Vili Luostarinen)



Kuva 9. Esimerkkitulkki version 2 toiminnan havainnollistaminen (Kuva: Vili Luostarinen)

Monimutkaisimmassa osassa todettiin, ettei tulkin teko kannata tai se ei ole riittävä, sillä osassa on liian paljon muuttujia. Johtopäätöksenä kyseinen osa tarkastetaan testikokoonpanolla.

5.3 Tarkastuskokoonpano

Tarkastuskokoonpano tehtiin monimutkaisemmille osille, sillä niissä on liikaa muuttujia, jotta tulkkaminen onnistuisi tai olisi riittävää. Ongelmana on myös jälkikutistuman aiheuttama kappaleen muotojen vaihtelevuus. Vaikka kutistuma on vain noin 0.09 %, huomataan osassa käyryyttä, reikien koon vaihtelua sekä niiden suhteellisen paikan muutoksia. Kutistuman kanssa pelaaminen on haastavaa, vaikka se onkin jossain määrin ennustettavissa. Mallin muodon takia pysty- ja vaakasuunnan muutos on erilaista, joten se olisi erittäin haastavaa tulkita pelkästään tulkilla.

5.4 Koneistus

Tulkkien toleroitujen mallien valmistuttua päästään koneistamaan ensimmäiset versiot. Alustavasti olisi tarkoitus koneistaa alumiinista. Tulkkien koneistuksessa käytetään kolmiakselista HAAS VF 3 CNC-konetta, ja sille radat suunnitellaan GibbsCam-ohjelmalla. Ensimmäinen koneistettu tulkki on alumiinia (kuva 6–7), eikä toimi, sillä malliosa ei sovi siihen. Jo työntömitalla voidaan todeta kappaleen olevan liian iso mahtuakseen tulkkiin, joten tulkin mittoja täytyy muuttaa. Tulkkien 3D-mallit on tehty teoreettisten mittojen ja toleranssien pohjalta, joten on oletettavaa, että vastaava ongelma tulee toistumaan. Joitain kuukausia menee seuraavien kappaleiden valmistumiseen, ja ongelma toistuu tulkin ollessa liian tiukka. Koneistus-materiaali on vaihdettu POM-muoviin sen ollessa pehmeää, helposti koneistettavaa ja hyvin muotonsa säilyttävää. Alumiinin kovuus jättää helposti visuaalisia haittoja tuotteisiin. POM:in käyttö myös laskee aavistuksen koko valmistusprosessin hintaa.



Kuva 10. Esimerkkitulkki koneistettu versio 2 (Kuva: Vili Luostarinen)

Samasta erästä saadaan myös ensimmäinen toimiva tulkki. Se on hyvin väljä, mutta mitattaessa voidaan havaita sen kuitenkin pysyvän halutuissa toleransseissa.



Kuva 11. Koneistettu kaksivaiheinen tulkki (Kuva: Vili Luostarinen)

Tulkit täytyy valmistaa sadasosamillimetrien tarkkuudella, sillä ruiskuvalettavien osien on oltava kymmenesosa millimetrien tarkkuudella. Muovisillakin tulkeilla voidaan tulkata tuhansia osia ennen niiden hajoamista, mutta on tärkeää seurata tulkin kulumista tarkistusmittauksilla. Valmistuksen hintaan vaikuttaa sen nopeus, muovia koneistettaessa voidaan työstää nopeasti sen ollessa pehmeää. Koneistetuissa tulkeissa ei myöskään tarvitse miettiä kutistumaa, vaikka ne ovatkin muovia.

5.5 Tarkastus- ja tuotantosuunnitelma

Jokaiselle tarkastettavalle osalle tehdään suunnitelma, josta käy ilmi tuote, sen mitat ja toleranssit, prosessiparametrit ja yleistä mitä täytyy tietää (liite 1). Tarkastus- ja tuotantosuunnitelma tehdään valmiiksi olevassa olevalle Excel-pohjalle, jota yritys on käyttänyt muissa ruiskuvalutuotteissaan.

5.6 Dokumentointi

Prosessin, osien ja tulkkien dokumentointi tehdään toimeksiantajayrityksen sisäisten menetelmien mukaisesti. Niiden päivittäminen ja arkistointi tapahtuu niin, että tiedot niistä löytyvät samoista järjestelmistä kuin tämän työn ulkopuolistakin tuotteista.

5.6.1 Tulkkien dokumentointi

Dokumentointiin kuuluvat piirustukset, STP:t, DXF:t ja 3D-mallit. Mallit koodataan ja revisioidaan, jotta ne löytyvät tarvittaessa. Piirustukset tehdään mallien pohjalta sekä perinteisellä mitoituksella sekä että geometrisia toleransseja hyödyntäen. Piirustukset päivitetään ja revisioidaan yhdessä mallien kanssa, ja päivitettyyn piirustukseen kirjataan muutos edellisestä versiosta.

Mallit tallennetaan myös STP-tiedostoina, joka on universaalimpi tiedostomuoto kuin CREO-tiedosto, jotta ne saadaan avattua muilla ohjelmilla, kuten GibbsCam ohjelmalla työstöratojen suunnittelua varten. Myös DXF-tiedostot tehdään valmistusta varten. Kaikkia tiedostoja päivitetään ja revisioidaan mallien päivityksen yhteydessä.

Tulkeista tehdään perinteinen (Liite 3–1) ja geometrisesti toleroitu (liite 3–2,3) piirustus. Perinteinen piirustus riittää tulkin työstöön, ja geometrisesti toleroitua voidaan hyödyntää tulkin mittojen tarkastuksessa, sillä siinä on mittaajalle tehty peruselementit, joihin suhteessa kappaleen elementit on mitoitettu. Geometrisiä toleransseja tehtäessä huomataan, että mittaajalle helpot peruselementit eivät välttämättä ole toiminnan varmistamiseksi parhaat. Geometrisiä toleransseja käyttäen tehdään toinen piirustus, jossa peruselementtinä A käytetään tulkin keskellä olevaa sylinteriä (liite 3–3). Mitatessa sylinteristä tulkin elementtien paikat tarkastetaan suhteessa ns. pääelementtiin tai keskipisteeseen, jolloin toimivuus varmistuu tulkikappaleen reunojen vaihtelusta huolimatta. Tämä johtuu siitä, ettei tulkikappaleen tulkaavia elementtejä ole sidottu tiettyyn kohtaan koko kappaletta, vaikka teoriassa se onkin keskellä.

5.6.2 Tuotteen dokumentointi

Tuotteiden tarkastus- ja tuotantosuunnitelmasta (liite 1) käy ilmi prosessiparametrit, hyvän kappaleen ulkonäkö, tärkeimmät ja tulkattavat mitat ja elementit ja yleistä tietoa kuten materiaali. Suunnitelman yhteydessä on myös ohjeet visuaaliseen ja tulkilla tehtävään tarkastukseen.

Tarkastus- ja tuotantosuunnitelma tallennetaan muiden kappalekohtaisten tiedostojen yhteyteen. Suunnitelma toimitetaan valmistajille ja tarkastajille.

6 Tulokset

Tulkeista voidaan saada toimivia jopa ensiyrittämällä, toisaalta joidenkin kappaleiden kohdalla ei ollenkaan. Muodon ja mittojen tulkkausta varten ne ovat nopeita ja helppoja eli täyttävät prosessille asetetut tavoitteet. Tulkin käyttö kohdistuu parhaiten kappaleisiin, joiden vaihtelu ei suoraan vaikuta kappaleen toimintaan. Esimerkiksi pelkästään visuaalisesti tärkeiden osien mitat on kätevä tarkastaa tulkeilla. Tulkeilla voidaan myös helposti tarkastaa yksinkertaisten kappaleiden toimivuus omassa tehtävässään. Monimutkaiset kappaleet vaativat myös testauskoonpanoa, sillä niiden tarkastus tulkeilla ei onnistu kokonaan. Kaikissa osissa on kuitenkin elementtejä joille tehdään tulkki. Tulkeilla voidaan osittain tarkastaa esimerkiksi vain päämitat.

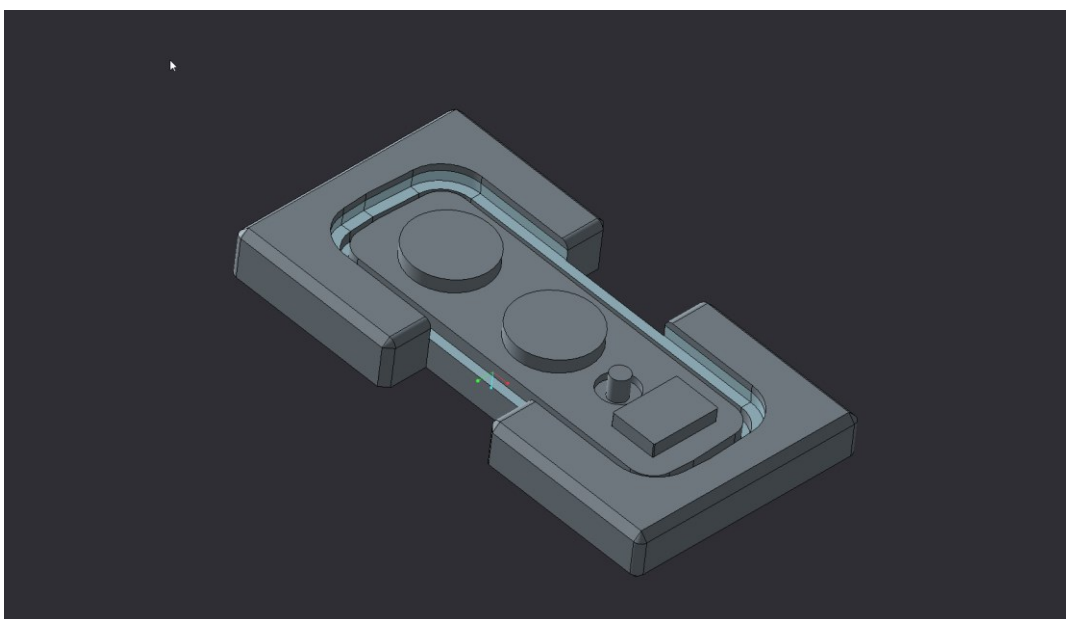
Tarkastussuunnitelma on myös tärkeässä asemassa tarkastuksessa. Sen avulla tarkastajan ei tarvitse miettiä, mitä tarkastaa ja mikä on liian huono kappale läpäisyyn.

Kuvista 12 ja 13 nähdään toimiva tulkki käytössä. Tulkki tarkastaa päämitat, sekä reikien avonaisuuden, koon ja sijainnin suhteessa toisiinsa. Kappaleen syvyyttä tulkataan painamalla se pohjaan, jolloin reikätulkkien pinta on kappaleen yläpinnan tasolla. Aikaisempaan versioon (kuva 2) verrattaessa tulkkiin on

lisätty urat kappaleen poistamisen helpottamiseksi. Huomataan kuitenkin, että urat voisivat olla syvemmät tai tilalla voisi olla aukot parantamassa käytettävyyttä edelleen paremmaksi (kuva 14).



Kuva 12 ja 13. Esimerkkitulkki koneistetun versio 2:n toiminnan havainnollistaminen (Kuva Vili Luostarinen)



Kuva 14. Esimerkkitulkki versio 3 3D-malli (Kuva: Vili Luostarinen)

7 Pohdinta

Ruiskuvalutuotteiden tarkastus tulkkeja käyttäen on yleisesti toimiva ratkaisu. Tulkeilla voidaan tulkata toiminnalliset elementit sekä kappaleen muodot ja mitat. Kun visuaalinen tarkastus otetaan tulkkien rinnalle, prosessin toimintaa voidaan tarkkailla suhteellisen vähällä vaivalla ja nopeasti. Tulkkien valmistaminen ja suunnittelu on myös halvempaa kuin kone- tai muottirikosta johtuva seisokki.

Ongelmana tulkeissa on liian monimutkaiset kappaleet, tai ”pääosat”, joiden pitää toimia yhtä aikaa monen muun osan kanssa kokoonpanossa. Jos lopputuote rakentuu yhden osan ympärille, sen osan on toimittava monimutkaisemmassa kuin kahden osan kokoonpanossa. Muovituotteelle tämä tuottaa haasteita sen jälkikutistuman takia. Jälkikutistuma saattaa muovata kappaletta esimerkiksi vääntymillä, vääristymillä ja reikien mitta- ja paikkavaihtelulla. Monimutkaisemmissa osissa tämä aiheuttaa niin suuria muutoksia osan elementtien paikkoihin, että eri kohtien toleranssien huomioimisesta tulee liian haastavaa, jotta tulkin valmistaminen olisi järkevää. Täten tulkkien ja visuaalisen tarkastuksen rinnalle otetaan myös testikokoonpanot.

Tulkeilla voidaan tarkastaa muotoja, joita ei pysty mittaamaan käsimitavälineillä. Ne ovat helppokäyttöisiä, joten kappaleen mittaukset ja elementit on helppo tarkastaa. On kuitenkin huomioitava, ettei tulkeista saa tehdä liian monimutkaisia, jolloin niiden käyttökelpoisuus häviää.

Tulkkien etuna mittakoneisiin on niiden käytettävyys ja hinta. Tulkkien käyttöön voidaan kouluttaa kenet tahansa minuuteista tunteihin. Se auttaa sillä kyseessä olevat osat valmistetaan toiselle yritykselle, joten tulkkien käyttöön täytyy löytyä henkilö myös heiltä. Tulkit ovat myös helposti kuljetettavissa yritysten välillä, tai molemmille pystytään valmistamaan omat. Tulkit ovat myös sen takia taloudellisempia kuin mittakone. Mittakoneista pitäisi hankkia molemmille yrityksille oma, ja niiden käyttö vaatii koulutusta. Tarkkuuden kannalta tulkit ovat tällä hetkellä riittäviä. Niillä pystytään varmistamaan osien toiminta, ja osien tai toleranssi

vaatimusten muuttuessa myös tulkkeja voidaan päivittää. Liiallinen tarkkuus mittauksessa ei olisi taloudellisesti järkevää.

Yhdessä visuaalisen tarkastuksen kanssa mittatulkit, ja hankalissa osissa testikokoonpanot, ovat arvokas väline koko valmistusprosessin mittakaavassa. Ne ovat olennainen osa prosessin ylläpitoa.

Työn toteutus meni hyvin, lopputulos on toimiva ja käyttökelpoinen tuotannossa. Toisaalta työn toteutuksessa oli ongelmia. Aihe oli teorian kannalta haastava ja vaatii tuotteiden miettimistä uudella tavalla, kokoonpanona. Vastaavaa työtä uudestaan toteutettaessa lähtisin liikkeelle tarkastussuunnitelmasta, jotta tuotteet tulisivat toimintoiltaan tutuiksi ennen tulkkien suunnittelua. Näin jo suunnittelua aloitettaessa olisi ajatus tärkeimmistä elementeistä, mitoista ja niiden suhteista. Myös lopputuotteeseen tutustuminen olisi tärkeää. Tuotteen toiminnan kannalta kriittisimpiin osiin tulisi suhtautua eri lailla kuin visuaalisiin osiin ja käyttää niihin enemmän aikaa.

Lähteet

- Alfredo Campo, E. 2006. The complete part design handbook. Munich: Hanser Publishers.
- Biathlon Target System Kurvinen. 2023. Ampumahiihdon ratatekniikan edelläkävijä. <https://www.biathlontargets.com/meista>. 1.4.2023.
- DIN 16742. 2013. Plastic Moulded part tolerances for position tolerances. DIN Deutsches Institut für Normung.
- Eko-Aims Oy. 2023. Ecoaims – Precision sport system. <https://www.ecoaims.com/fi/>. 1.4.2023.
- ISO 20457. 2018. Plastics moulded parts — Tolerances and acceptance conditions. International organization for standardization.
- Järvelä, P., Syrjälä, K. & Vastela, M. 1999. Ruiskuvalu. Tampere: Plastdata Oy.
- Malloy, R. 1994. Plastic part design for injection molding. Munich: Hanser Publishers.
- Nee, A., Tao, Z. & Kumar, A. 2004. An Advanced Treatise on Fixture Design and Planning. Singapore: World Scientific Publishing.
- Pere, A. 1990. Koneenpiirustus 2. Helsinki: Offsetpiste Ky.
- Six Sigma Development Solutions. 2021. What is a Six Sigma Control Plan? <https://sixsigmadsi.com/what-is-a-six-sigma-control-plan/>. 3.4.2023.
- Venkataraman, K. 2015. Design of Jigs, Fixtures and Press Tools. Chichester: John Wiley & Sons. E-Book Central. 13.3.2023.

Tarkastus- ja tuotantosuunnitelma

MITTAPÖYTÄKIRJA

Tuotekoodi:

Nimitys

Tuotteen mitat Mallin mukaiset

Näytetiheys Poikkeavat mallista

1 kpl Muutovirhe Hyväksytyt Hylätyt

200 kpl:sta

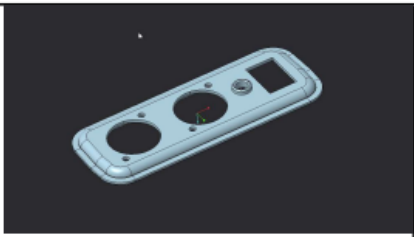
Poikkeamat:
(merkitse piirustukseen)

Ulkonäkö: Palojälkeä Virtausjälkeä Tuote vajaa kalvoa

Huomautettavaa Porrastaa Pintavirheitä Imuja Yhtymäsauma

Likaa Kuplia Väri

Muuta, mitä? _____



Tarkistettavat mitat kappale

	Tol ±	Nimellinen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tuikkaus		OK										
Cageing												
1 Reikä Ø	0,10	22,20										
Hole Ø	0,00											
2 Reikä Ø	0,10	22,20										
Hole Ø	-0,06											
Leveys	0,30	40,15										
Width	-0,30											
3 Paino/g	0,34											
Weight/g	-0,34											
Reikä Ø	0,10	5,15										
Hole Ø	-0,10											
4 LED kolo Ø	0,00	OK										
LED pocket Ø	-0,15											
Pituus	0,30	105,72										
Length	-0,40											
Suorakulmio	0,35	19,00										
rectangle w	-0,35											
Suorakulmio	0,35	13,00										
rectangle l	-0,35											
Mitta 10	0,35											
	-0,35											
Mitta 11	0,35											
	-0,35											
Mitta 12	0,35											
	-0,35											
Mitta 13	0,35											
	-0,35											
Mitta 14	0,35											
	-0,35											
Mitta 15	0,35											
	-0,35											
Mitta 16	0,35											
	-0,35											
Mitta 17	0,35											
	-0,35											

Muut huomiot: _____

Mittaaaja _____ pvm _____ pp.kk.vvvv

**MOLD FILE / OPTIMIZED
PROCESS
PARAMETERS**

Muotti **Tuote** **Laskettu kiertoaika**

Laskija **Päiväys** **Eränumero** **Operaattori**

Kone **Sukkuvoima** **Ruuvi** **Suuttimen halkaisija**

Materiaali **Kulvaus** **Erikoisruuvi**

Väriaine **Suutin**

Lämpötilat

Kuumakanava

	1	2	3	4	5	6	7
	8	9	10	11	12	13	14

Injection pressure

	1	2	3	4	5
Nopeus	15	9			
mm					
bar	120	120	120		
Virtaus	20	20	10		

Massan ruiskutusaine

Jäähdytys

Annoskoko **Nisto** **Nopeus** % **Vaihtopiste**

	1	2	3	4	5
bar	5	5	5		
Hydr. bar	2,00	2,00	2,00		
s					

Pitoaika

Plastisointi

	1	2	3	4	5
Ruisk. aika					
Jäähd. aika					
Tyyny					
Kiertoaika					7

Virtaus %

Kehänopeus m/s

Vastapaine bar

Plastisointipaine

mm

mm

Muotilämmöt

	1	2	3	4	5	6	7	8
Set	75°C	75°C	75°C	75°C	75°C	75°C	75°C	75°C
Kiinteä								
Kiinteä pesä								
Liikkuva pesä								
Liikkuva								

Paino

	1	2	3	4	5	6	7	8
Pesä								
Tuote								
	9	10	11	12	13	14	15	16
	-	-	-	-	-	-	-	-
	17	18	19	20	21	22	23	24
	-	-	-	-	-	-	-	-
	25	26	27	28	29	30	31	32
	1kg 2kpl	-	-	-	-	-	-	-

Jöös

Isku

	1	2	3	4	5	6	7	8

Huomioita:

Tuotekortti

Perustiedot:

Asiakas:	SB Oy
Asiakkaan yhteyshenkilö:	

Tuotteen nimi:	Esimerkki	Tuotekuvaus:	
Tuotekoodi:	0		
Asiakkaan tuotekoodi:			
Kokoonpano, johon tuote liittyy:			
Volyyymi:			
Toimintaympäristö:			

Muotityyppi

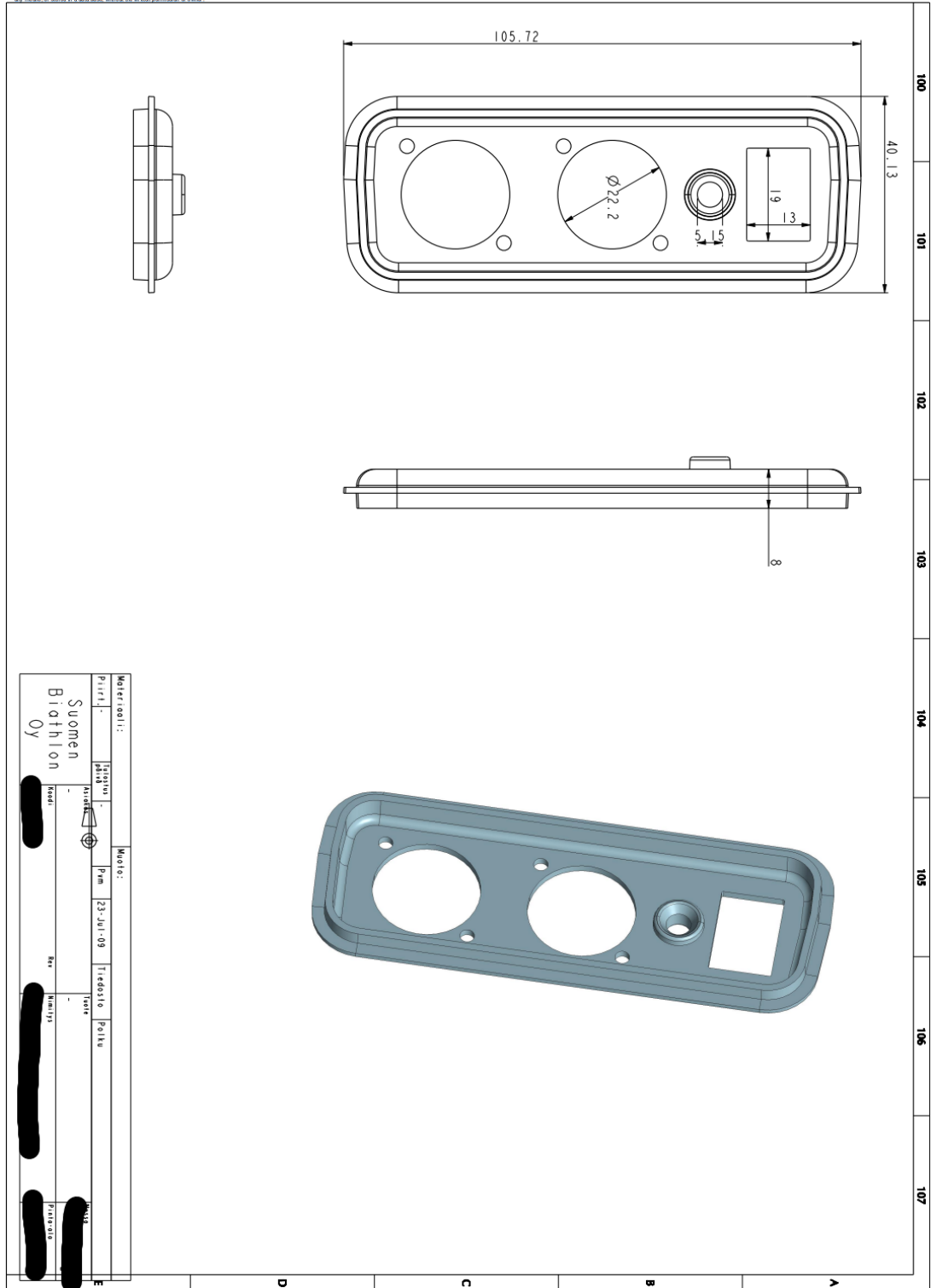
Käytettävä materiaali:	
Materiaalin toimittaja:	
Käytettävä väri:	GREY
Värin toimittaja:	
Laatuvaatimukset:	Tuotteessa ei saa olla palojälkeä tai kalvoa

Värin painoprosentti:	4%
-----------------------	----

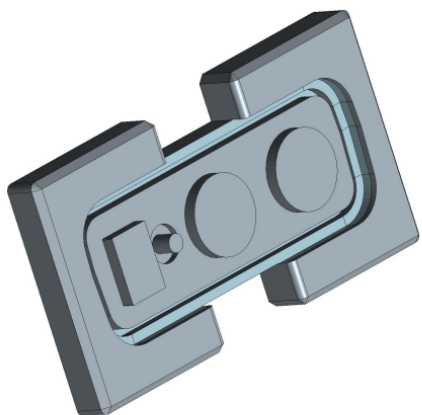
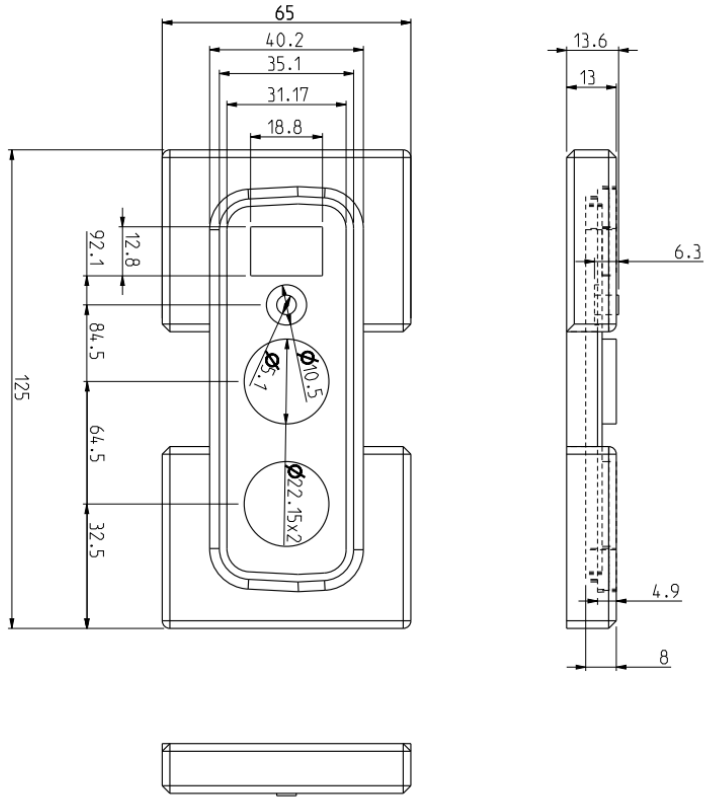
Aiotapa	
---------	--

Pakkaus	
Toimustiedot	

Esimerkkiosa piirustus



Esimerkkitulkki piirustus 1



Sheet	Identification	Description	Additional Description	Material	Part
1/2	Suomen Blathlon Oy	A3	Identification: [Redacted]	Material: 0.8720g	
1:1	Scale	1:1	Company: [Redacted]	Production Method: [Redacted]	
	General Information	Design/Version	Sheet	Address	Sheet
					1/2
Drawing File Name: 10_11_2018					

Esimerkkitulkki piirustus 3

