



Rainer Ansu

FILTERELEMENDI TOOTMESTAMINE

LÕPUTÖÖ

Tehnikainstituut

Masinaehituse õppekava

Juhendaja: Peter Šverns

Tallinn 2023

Mina Rainer Ansu tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autorile ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Juhendaja

Lõputöö on kaitsmisele lubatud instituudi direktori korraldusega nr. kuupäev
.....

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Rainer Ansu

sünnikuupäev: 05.04.1998

annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose
Filterelemendi tootmestamine

1. reprodutseerimiseks paberkandjal kõrgkooli raamatukogus avaldamise ja säilitamise eesmärgil;
2. elektroonseks avaldamiseks kõrgkooli repositooriumi kaudu;
3. kui lõputöö avaldamisele on instituudi direktori korraldusega kehtestatud tähtajaline piirang, lõputöö avaldada pärast piirangu lõppemist.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et:

1. lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi;
2. PDF-failina esitatud töö vastab täielikult kirjalikult esitatud tööle.

Tallinnas
(kuupäev) (autori allkiri)

SISUKORD

SISSEJUHATUS	5
1 ETTEVÕTTE TUTVUSTUS	6
1.1 Seadmete kirjeldus	6
2 DETAILI LÄHTEANDMED	8
2.1 Detaili analüüs	9
2.2 Materjali valimine	9
2.3 Tsükliaja arvutamine	10
3 TOOTMISPROTSESSI KIRJELDUS	12
3.1 Masina valimine	13
3.3 Programmi kirjutamine	15
4 TOOTE MODIFITSEERIMINE	17
4.1 Toote parameetrite muutmise	17
4.2 Stantsi muutmise	18
5 MAJANDUSLIK OSA	19
5.1 Vormi hinnapakkumine	19
5.2 Toote hind	19
5.3 Stantsi hind	21
6 TOOTMINE	22
6.2 Stantsimine	22
6.3 Kvaliteedi kontroll	23
KOKKUVÕTE	25
SUMMARY	26
VIIDATUD ALLIKAD	27

LISAD..... 28

SISSEJUHATUS

Lõputöö autori ülesanne oli olla kliendi ja Plastoteci vaheline koordinaator, kes tegeles tootmiseks vajalike protsesside kaardistamisega ja arvutuste tegemisega. Lõppeesmärgiks oli tagada stabiilne tootmis- ja stantsimisprotsess ning välja töötada tootmistehnoloogia. Lisaks sellele organiseerida sobiv survealuvorm ja stants.

Üheks oluliseks ülesandeks on sobiva survealumasina programmi väljatöötamine. Selleks tuleb valida sobiv survejõud ja leida parameetritele vastav masin, mis tagab kvaliteetse tootmisprotsessi. Lisaks on vaja arvutada tööde ajakulu ja kulunormid, et selgitada toote valmistamise maksumus.

Kuna antud projekt on allhanke tellimuse pakkumine, on äärmiselt oluline koostada täpne ja konkurentsivõimeline hinnapakumine, mis võimaldab Plastotec Pärnu OÜ-l võita pakkumiskonkurssi ning saavutada püsikliendi usaldus.

Antud töö on jaotatud kuueks peatükiks ning selles käsitletakse Plastotec Pärnu OÜ osalemist allhanke tellimuse pakkumisel. Esimeses peatükis antakse ülevaade ettevõtte tegevusest ja missioonist.

Teises peatükis kirjeldatakse toote filter ring (Sele 2) detaili andmeid.

Kolmandas peatükis tutvustatakse tootmisprotsesside läbiviimist, sealhulgas sobiva survealumasina programmi väljatöötamist ning vajalike survejõudude arvutamist.

Neljandas peatükis käsitletakse tootmisprotsessis tekkinud probleeme ja nendele leitud lahendusi.

Viies peatükk annab ülevaate toote hinnakujundusest.

Viimases, ehk kuuendas peatükis, kirjeldatakse masin programmi loomist, stantsimist ja kvaliteedikontrolli.

Kokkuvõtlikult on antud lõputöö eesmärk välja töötada optimaalne tootmisprotsess, mis võimaldab valmistada kvaliteetset toodet efektiivselt ja kulutõhusalt ning koostada täpne ja konkurentsivõimeline hinnapakumine.

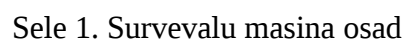
1 ETTEVÕTTE TUTVUSTUS

Tootmisettevõtte Plastotec Pärnu OÜ (edaspidi Plastotec) on asutatud 2002 aastal, mille tegevusalaks on plastmass-survevalu toodete, juhtmeköidiste ja vaakumpumpade koostamine ning allhangete tegemine Soome, Rootsi, Ameerika Ühendriikide, Saksamaa ning Eesti turule. Plastoteci peamised koostööpartnerid on autotööstuse, elektromehaanika tööstuse, masinatööstuse ettevõtted. Plastoteci esmaseks prioriteediks on kindlustada oma toodete ja teenuste kvaliteet. Plastoteci juhtimissüsteem tugineb ning on dokumenteeritud standardi (ISO 9001) järgi, mille tulemusena on klientidele tagatud toodete ja teenuste ühtne kvaliteet. Plastotec omab tootmis- ja laopindu kokku 4000 m² ulatuses. Masinapark koosneb 20-st survevalumasinast sulgemisjõuga 15t kuni 500t. Survevalu vormide maksimaalne suurus 1m x1m[1]. Firmas on hetkel koos juhtkonnaga 18 töötajat.

1.1 Seadmete kirjeldus

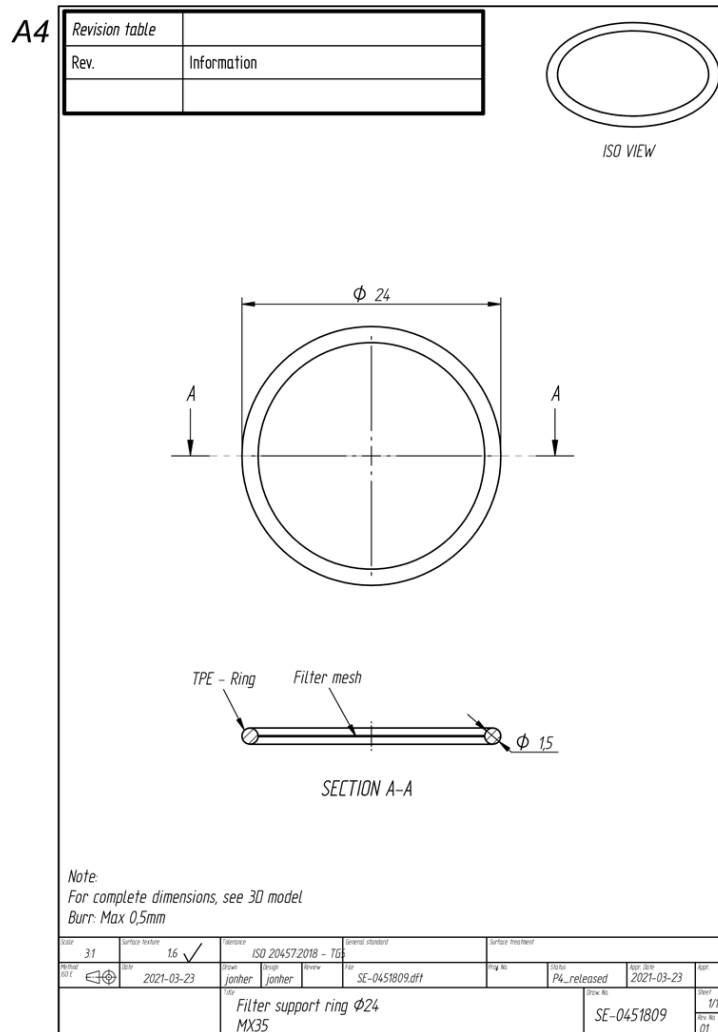
Käesolevaga on kronoloogiliselt kirjeldatud plastmassi survevalu masina (sele 1) tööoperatsioonid kulgemine:

- silindri töötemperatuuri saavutamine;
- koguse doseerimine;
- sissepritse;
- jahtumine;
- uue annuse kerimine;
- vorm lahti;
- tõukurid ette;
- tõukurid taha;
- vorm kinni;
- tsükli kordus.



2 DETAILI LÄHTEANDMED

Tööprotsessi alustati tähtsamate lähteandmete dokumentatsiooni koostamisega. Mis koosnesid 2D (sele 2), 3D joonistest, aastasest diraažist, materjali spetifikatsioonidest ja lisatööristadest. Lähtandmed on vajalikud hilisema toote, vormi ja santsi hinnapakkumiseks.



Sele 2. filter ring toote joonis

Hinnapakkumise tegemiseks koostas töö autor Exceli tabeli, kust on võimalik leida toote tükihind sisestades algandmed. Survealuvormile küsiti hinnapakkumist koostööpartneritelt Hiinast ja stantsile Eestist.

Lisaks leiab autor erinevate tööde aja- ja kulunormid, mille tulemusena leitakse tootmis- ja tootehind.

Vormi valmistamiseks on printsiibis vajalik koguda lähteandmed:

- toote mõõdud;
- pesade arv;
- aastane vajadus;
- kaal;
- materjal;
- lisa tööriistad.

Antud andmetega saame koostööpartneritelt küsida vormi hinnapakumist.

2.1 Detaili analüüs

Detailide analüüsiks vajas Plastotec kliendilt toodete joonist, mille ettevõtte lubas saata 2D formaadis. Joonisega tutvudes leiti, et tolerantsid ja materjaliinfo oli puudulik. Plastotec palus kliendilt täiendavat informatsiooni hindade kujundamiseks, mille tulemusena saadeti 3D joonis, kus oli märgitud valukanalid koos pesade arvuga ning lisaks ka aastane vajadus. Täiendatud andmed andsid ülevaate, kui suure vormiga on tegu ja mis suurusel pressi on tootmiseks vaja. Lisaandmed olid vajalikud, kuna vormi valmistamiseks vajalikud mõõtmised kantakse üle 3D jooniselt. Valukanalite paiknemine ja suurus annab täpse ülevaate, mis koguses lisaplastikut vajatakse.

2.2 Materjali valimine

Järgnevas alapeatükis analüüsitakse tootele sobiliku materjali leidmist. Konkreetse toote puhul ei olnud klient kursis sobivate ja saadaolevate materjalidega, seega andis Plastotec võimaluse valida kahe materjali vahel: EVA (Etüleen-vinüülatsetaat) ning Termoplastne polüuretaan (TPU). Mõlemad aineühendid olid tootele sobilikud. Antud olukorras sai siiski määravaks toormaterjali saadavus ja hind. Valikuks jäi EVA (Etüleen-vinüülatsetaat)(lisa 2), millel on head elastsed omadused tihendamiseks. Toormaterjal tellitakse maaletoojalt naturaalse värvusega, mis tähendab, et toote algupärane värv on hall. Tegu on hüdrokoopilise ainega, mida ei ole vaja kuivatada ehk ei ole vaja kasutada kuivatusprotsesse, mis eemaldab tootest liigse niiskuse.[5] Enne tootmisprotsessi alustamist veendutakse materjali korrektse niiskuse tasemes. Selleks kasutatakse niiskumõõturit.

Reeglina kuivatatakse 70-80% tooraine niiskusest, mis tagab optimaalse survevalu protsessi. Kuivatades materjali liiga suurel kuumusel muutuvad aine omadused, mis raskendab materjali voolavust valukanalist tootesse.

Kuna filter paigaldatakse kahe detaili vahele, peab valatav osa olema paindlik ja võimeline taluma deformeerimist, et tihendada kaks pinda omavahel. Kui valida liiga rabe materjal, on tulemuseks tihenduspinna ajapikkune rabenemine ja tihenduspinna purunemine, mille tagajärjel filtri töövõime kaob. Filterriide valikul oli kliendil ainult üks nõudmine - et õhu läbilaskevõime oleks 1700-2000 l/m² kohta. Selle eesmärgi tagamiseks soovitas Plastotec kliendil valida filterriie PES 41/14, mille läbilaskevõimsus on 1800 l/m² (Sele 3). Klient nõustus plastikaine ja filter materjali valikuga. [2]

Reference No.	Alternative References	Aperture microns	Open Area %	Mesh Count cm	Thread Diameter microns	Weave	Weight g/m ²	Thickness microns	Air Permeability l/m ² @ 20 mm WG
PES 41/14		41	14	90	64	Twill	86	125	1,800

Sele 3. Filterriide andmed

2.3 Tsükliaja arvutamine

Antud alapeatükis leitakse filter ringile kuuluv ajaline määr. Tsükliageg kujundab suuresti toote hinna ning seetõttu on oluline leida ligilähedane tsükliageg, millega arvutada toote hinnapakkumine. Teades, et press suudab 22,5 sekundiga toota neli filtrit saame antud informatsioon kasutada majanduslikus osas toote hinna arvutamiseks (Tabel 1).

Operatsioonide kirjeldus	Aeg, s
Vormi sulgemine	1,7
Sissepritse	1,9
Surve hoidmine	2,2
Plastifitseerimine	2,5
Jahtumine	7,5
Vormi avanemine	1,5
Tõukurid edasi	1,2
Tõukurid tagasi	1
Tooriku pealetõmbamine	3
Kokku	22,5

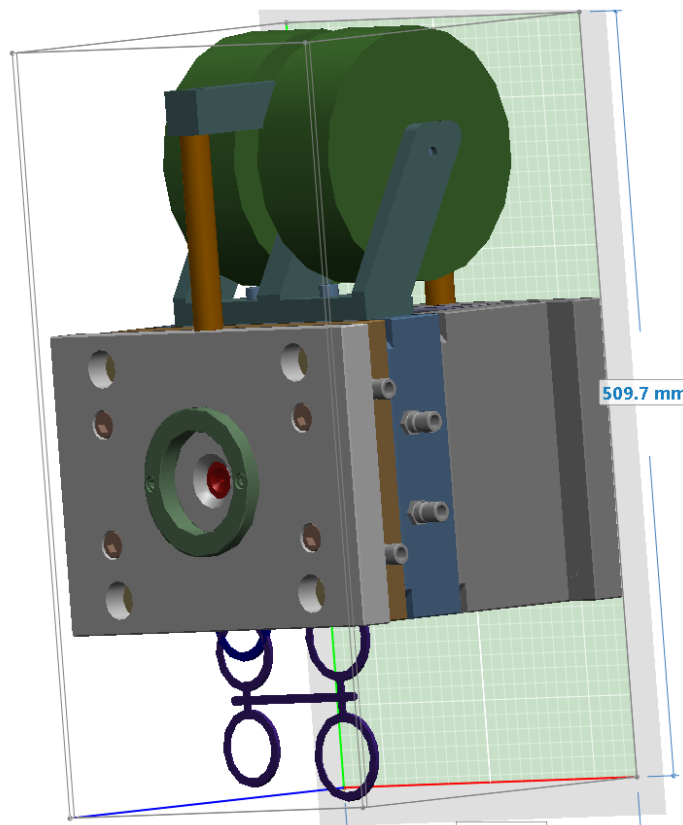
Tabel 1. Survevalu operatsioonid

Materjali mõjutavad tingimused nagu sisekliima temperatuur ja õhuniiskus võivad muuta aine omadusi ning mõjutada tsükliaga. Reeglina lisatakse ajavaru, näiteks kahe sekundit, et tagada stabiilsus tootmises ning vältida kahjumit. Kirjalikult väljaarvutatud tsükliag ei pruugi alati vastata tegelikule tsükliajale, reaalne tsükliag võib muutuda sõltuvalt materjali tingimustest või muudest teguritest. Oluline on jälgida esimese partii valmimist, et saada täpne tsükliag ning vajadusel kohandada tsükliaga vastavalt.

3 TOOTMISPROTSESSI KIRJELDUS

Selles peatükis kirjeldab autor tootele sobivat survevalu masinat, mille võimsus oleks piisavalt suur, et täita vormi kõik valukanalid. Toodete valmistamine 500 tonnise sulgemisjõuga pressiga ei pruugi olla võimalik ega otstarbekas. Antud juhul oleks tegu potentsiaali raiskamisega, kuna suuremad masinad vajavad töötamiseks rohkem energiat, mis tõstab toote hinda. Masinat valides oli oluline arvestada materjaliga, mida hakatakse valama. Masina kruvi suurus on üks aspektidest, mida tuleb arvestada, kuna keeruka geomeetriaga toodetel tuleb kasutada väiksemat kruvi ja suuremaid sissepritse kiiruseid. Mida paksem toode seda aeglasem sissepritse ning mida õhem toode seda kiirem sissepritse.

Vormi sulgedes jääb filterriie kahe vormiplaadi vahele. Seejärel surub masin vedela plastiku kanalitesse, moodustades toote ning stantsimiseks vajaliku toetuspinna. Vormi avanemisel tõmbab operaator uue filter tooriku lindi plaatide vahele ja protsess kordub (Sele 4)



Sele 4. Toote valuvorm

Vormi valukanalid on disainitud selleks, et stantsimisel jääks toode stantsi tsentrisse. Kliendil puudus spetsiaalne tehnoloogia filtrit eemaldamiseks, pakkus Plastotec kliendile võimaluse koostöö variandiks. Selleks pöördus Plastotec Zircon OÜ poole, kellelt on varasemalt sarnaseid stantse tellitud. Plastoteci eesmärgiks oli pakkuda stantsi kliendile võimalikult soodsa hinnaga. Valides stantsi, mille matriitsid ja templid on vahetatavad ja sobivad suurustele 24mm, 32mm, 38mm, 42mm, 48mm.

3.1 Masina valimine

Vajaliku jõuga masin valitakse selleks, et tootmishind oleks minimaalne. Masina üks põhiülesanne on kruvis olev sulanud mass surumine peenest sisselaskest vormi kanalitesse. Valides liiga tugeva kinni surumis jõu, ei pääse gaasid ventilatsiooniavadest välja ja vormi ei ole võimalik täis valada. Lisaks on oht kõrbemise efektide tekkimiseks tootel. Valides liiga madala kinnitusjõu, surub vedel mass ennast vormi plaatide vahele, mis jätab toote poolituskohtadel poolitusservad ning seejärel on tegu praaktootega.

Selleks, et leida sobiv masin valuvormile, peame teadma toote pindala, milleks on $21,2 \text{ mm}^2$.

Vormi kinnitusjõu leidmiseks kasutame valemit (1) [9]

$$F = p \cdot A \cdot n \quad (1)$$

Kus F – pinnale mõjuv jõud, N

p – valandi rõhk, 1,4 MPa

A – detailide projektsioonide pindala, $21,2 \text{ cm}^2$

n – pesade arv

Leiame kinnitusjõu (1)

$$F = 1,4 \cdot 21,2 \cdot 4 = 118,72 \text{ kN}$$

Sedme tööaja arvutamiseks kasutame valemit (2) [6]

$$T_{RT} = T_T - T_{ST} - T_{SM}, \quad (2)$$

kus T_{RT} – seadme tööaeg tundides perioodi kohta

T_T – seadme tooreetiline kogutööaeg tundides perioodi kohta

T_{ST} – seisuajad, vabad päevad, tööseisakud

T_{SM} , – aeg hoolduseks ning teeninduseks

Töötaja leidmiseks kasutame valemit (2) mis on:

$$T_{RT} = 4015 - 2007,5 - 180 = 1827,5 \text{ h.}$$

Järgnevalt leiame seadme tunnihinna (3) [6]

$$C_{Mhr} = \frac{C_f}{T_{RT}} + C_v/h \quad (3)$$

kus C_{Mhr} – seadme tunnihind, €

C_f – seadme püsikulud aastas, €

T_{RT} – seadme tööaeg tundides perioodi kohta, h

C_v/h – seadme muutuvkulud tunnis €/h

Seadme tunnihinnaks kujuneb (3) :

$$C_f = \frac{65040}{15} = 4336\text{€}$$

$$T_{RT} = 1827,5 \text{ h.}$$

$$C_v/h = 0,179 \times 15 = 2,685 \text{ €/h}$$

$$C_{Mhr} = \frac{4336}{1827,5} + 2,685 = 5,06 \text{ €/h}$$

Toote kahanemise arvutamiseks kasutame valemit (3) [7]

$$S = 100 \times \frac{lc - l}{lc} \quad (4)$$

Kus: S – Toote kokkutõmme, %

lc – Vormi mõõtmed, mm

l – Toote mõõtmed, mm

Toote kokkutõmbe määraks saame (4):

$$S = 100 \times \frac{220 - 215}{220} = 2,27\%$$

Vastavalt arvutustele valisime masin Kraussmaffei KM125 520c. Masin survejõud on 125 tonni, kruvi suurus 30mm. Antud masina survejõud on tootele liiga suur, mille tulemusena optimeerisime masina survejõudu, mille tulemusena pääsevad gaasid vormi vahelt välja. Kruvi suurus on samuti määrava tähtsusega toote valmistamisel. Kruvi diameetri valimisel tuleb arvestada mitmeid tegureid, sealhulgas tooraine omadusi, tootmisprotsessi nõudeid ning seadistamise võimalusi. Kui kruvi diameeter on liiga suur, võib see raskendada kiiruse profiilide seadistamist ning suurendada ohtu ülejäänud silindris oleva aine keemilise struktuuri muutumiseks.



Sele 5. Valitud survevalu masin kraussmaffei KM125 520c

3.3 Programmi kirjutamine

Korrekse toote saamiseks on vaja katse eksitus meetodil (tabel 2) hakata valama toodet seniks kuni vormi kõik õõnsused on täidetud. Juhul, kui õõnsuseid ei täitu sulanud materjaliga ei jõua sulanud mass vormi kõige kaugemasse otsa ja tagajärjeks on poolik toode. Teisisõnu raisatud materjal ja energia, mida võib pidada Plastotecile iga tsükli kohta kahjumiks. Selle vältimiseks tuli alustada parameetrite algusest ja lisada materjali ja survet, kuni saavutatakse korrektne, joonisele vastav toode. Veatu detaili tunnusmärkideks on sirged servad ja pindadel ei esine deformatsioone ega ilmne visuaalseid defekte.

Viimaseks tuleb leida tootele sobiv jahtumisaeg. Kui eemaldada toode vormist liiga kiiresti, ehk plastmassvalu pole jõudnud piisavalt tahkuda, võib tekkida materjali kokkutõmme ja detaili mõõtmed võivad kahaneda või muuta kuju. Kui sobivad parameetrid leitakse toote valmistamiseks, siis saab neid kasutada programmi seadistamiskaardi loomiseks. Seadistamiskaardist tehakse koopia paberkandjale juhul kui vormi on vaja paigaldada teise võimsusega valumasinale. Koostatud programmi näidised saadetakse tellijale, mille klient sobivuse korral kinnitab. Programm salvestatakse seadme mälusse, mis välistab parameetrite käsitsi sisestamise. See kiirendab järgmisel korral paigaldustööd ja vähendab manuaalset tööd. Partiist heaks kiidetud näidistooted pannakse tootetekappi, kus neid saab tulevikus võrrelda tootmisprotsessis olevate partiidega.

Tähis	Survevalu temperatuur, celcius	Vormi temperatuur, celcius	Surve baari	Kahanemine %
PE	160-300	20-70	500	1.4-3.5%

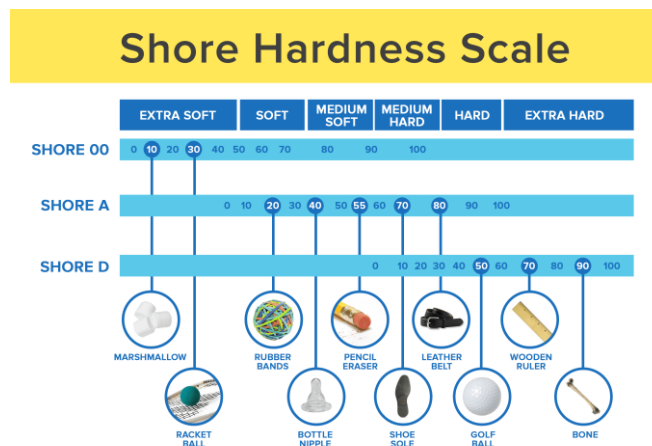
Tabel 2. Plastide töötlemine

4 TOOTE MODIFITSEERIMINE

Viga üritati parandada, viies stantsi toetuspinda allapoole, kuid see ei andnud oodatud tulemust. Antud toote puhul selgus saabunud näidiste stantsimisel, et toetuspind kuhu valukanal toetub, ei asetse täpselt tsentris ja on lubatust suurema diameetriga. Tulemuseks oli filtri servadele tekitatud suured kahjustused. Selleks vaatleme järgmistes alapeatükkides, kuidas muuta toote parameetreid ja stantsi.

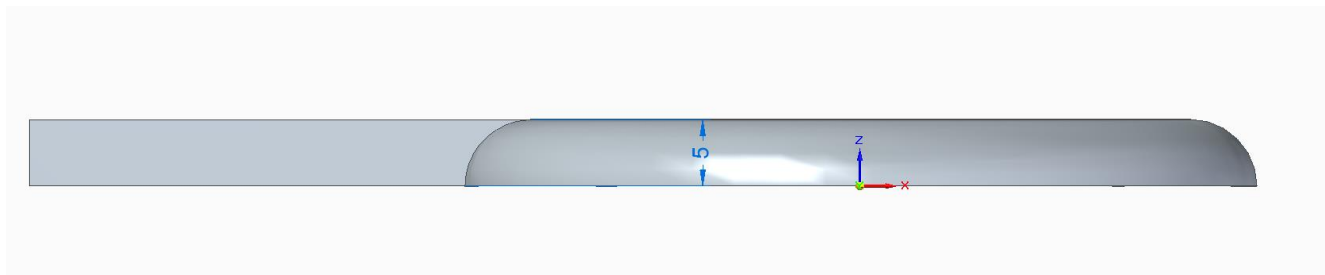
4.1 Toote parameetrite muutmine

Vea parandamiseks prooviti stantsi toetuspinda madalamale tuua, mis ei andnud soovitud tulemust. Valukanalil oli raadius ja toetuspind oli projekteeritud vertikaalselt, mistõttu ei olnud tulemused stabiilsed ja toode võis potentsiaalselt stantsi pesas nihkuda. Tegemist on ainega mille kõvadus *shore 90A*, mis on võrdlemisi kergelt deformeeruv aine.[9]

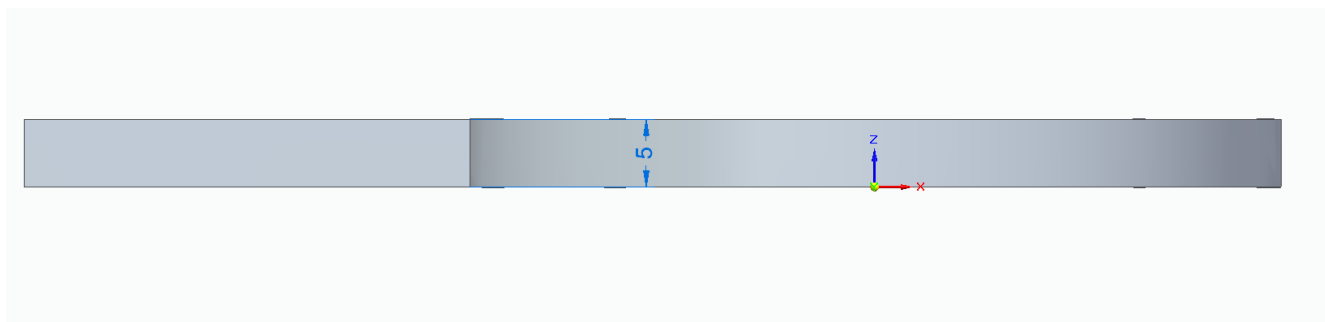


Sele 6. Shore 90A kõvadus võrreldes teiste toodetega

Selleks, et kontaktpind oleks siduv, soovitas Plastotec kliendil vormi valukanalit muuta horisontaalseks, mis muutis kanali tugevamaks. Antud lahendus oli operaatorile kiireks ja stabiilseks stantsimiseks vajalik.



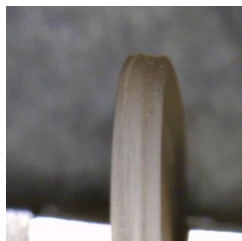
Sele 7. Esimene versioon



Sele 8. Uuendatud versioon

4.2 Stantsi muutmine

Järgmise sammuna tegi Plastotec esimestest näidistest mõõteprotokolli, kus ilmes asjaolu, et filtri väline diameeter oli joonisel märgitust suurem. Antud muutus tekitas stantsimisel filterringi servadele suure löikeääre, mis ei olnud kliendile aktsepteeritav(sele 5). Vea kõrvaldamiseks tuli mõõta filtri tegelik suurus, mis oli vormi valmistaja poolt valesti arvutatud. Uueks diameetriks saadi fotomikroskoobiga 32.47mm, mille järgi freesiti uued matriits ja tempel. Sellise modifitseerimise tulemuseks oli korrektne raadius ja puhta lõikeservaga toode. Lisaks sellele tehti täiendavaid mõõtmisi ning testiti uut filtri prototüüpi, et tagada selle vastavus kliendi nõuetele. Uus filter vastas kõikidele spetsifikatsioonidele ning kliendi tagasiside oli positiivne.



Sele 5. Praaktoode

5 MAJANDUSLIK OSA

Lõputöö majandusliku osa peatükk sisaldab ülevaadet sellest, kuidas Plastotecis filtri tootmisel kujunevad vormi, toote ja stantsi hinnad ning nendega seotud kulud. Detaili maksumus koosneb materjali-, tööjõu- ja masinkuludest. Nendest kuludest tulenevalt määratakse ka tootja müügihind, mis sisaldab kõiki neid kulusid ning lisaks kasumimarginaali.

5.1 Vormi hinnapakumine

Vormide hinnapakumisteks pöördus Plastotec oma partneri poole, kuhu saadeti 2D ja 3D joonised. Pakkumisele lisati Plastoteci-poolne juurdehindlusprotsent, mis edastati kliendile ning seejärel jäädi tagasisidet ootama. Kirjutamata reegli alusel kuuluvad plastitööstuses kõik vormid klientidele, seega teeb tehas kliendile allhanget. Kõik parandustööd vormile ja sellega seotud kulud on kliendi kanda. Vormi tellimise üheks aspektiks on teada toote eluiga. Reeglina kestavad vormid 100000-300000 tsükli, olenevalt vormi kõvadusest ja tehnilistest lahendustest. Antud juhul on aastane toodangu vajadus 5000 tükki, mis on keskmisest vähem. Üksikutel tootjatel on võimalus ka toota vorme iseendale. Vormi põhiosad on saadaval soetamiseks kataloogidest. Vormi pesad, tõukurid ja jahutuskanalid töötleb vormi valmistaja vastavalt toote jooniste järgi.

5.2 Toote hind

Toote hinna leidmiseks on vaja teada järgmisi parameetreid: tooraine kilohind, masina tunnihind, aastane kogus, tsükliäeg. Töö autor leidis, et palju kiirem ja efektiivsem oli teha Excelisse tabel(tabel 3), kuhu lisada lahtrid, mida enne toote hinna sisse ei arvestatud. Hinna kalkuleerimisel tuleb ka arvestada kliendisidemeid või ettevõtte suurust. Suurkliendid nagu ABB on hindade suhtes väga tundlikud ja tagantjärele hinna tõstmine on väga keerukas protsess. Mida suurem on aastane toodang, seda vähem on vaja vormi masinale paigaldada, mis tähendab vähem aega seadistamisele ja see on omakorda soodsam kliendile. Kuigi toodete hinnad varieeruvad mõnest sendist kuni paari euron, läheb see kliendile maksma kordades rohkem, kuna vormi maksumus võib olla seitse kuni viisteist tuhat eurot või isegi rohkem, sõltuvalt toote keerukusest ja pesade arvust vormis. Eelnevalt ei olnud arvestatud kõrvaltöödega.

Lisatud sai:

- operaatori aeg;
- järeltöö;
- pakkimine;
- kvaliteedikontroll;
- muud tööd.

Tabel lihtsustas ja kiirendas hinnapakkumise tegemist ja lisaks andis ka selgema ülevaate tootehindade tekkimisest. Kui uus tootehind oli välja arvestatud, oli võimalik edastada täpsustatud hinnapakkumine kliendile.

Hinna arvestustabel

Toote:

ID:58675902

Joonis/ID:

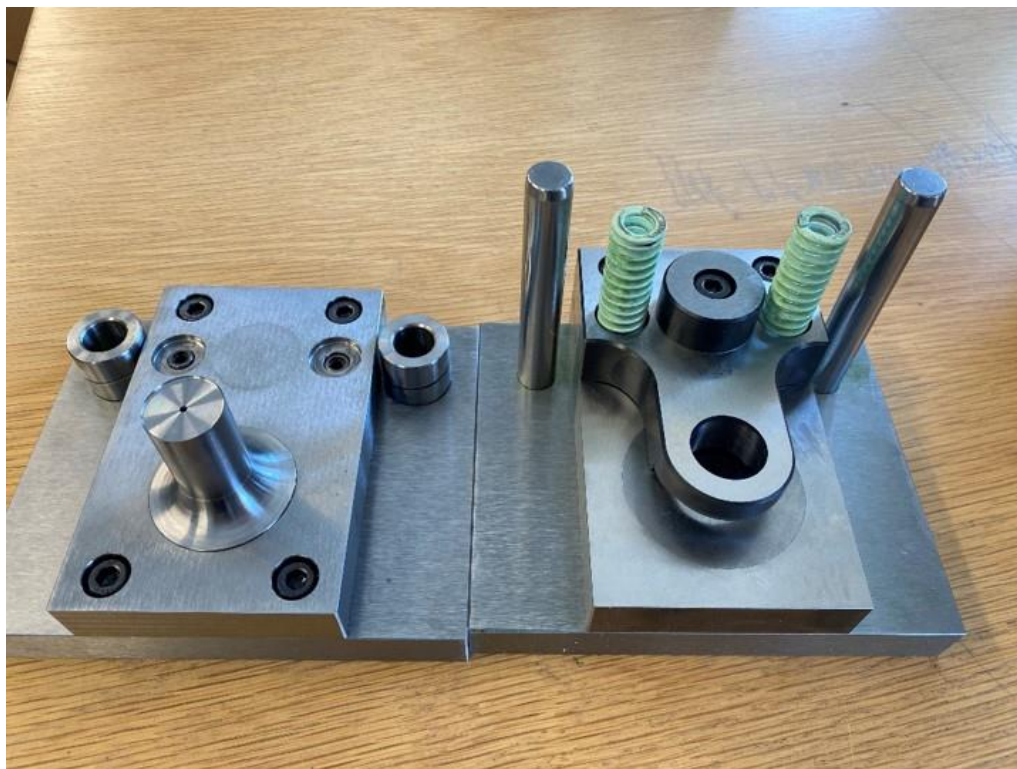
	EUR	EUR	NB
Materjali kilo hind, €	7.00 €	0.007	
Värv kilo hind, €	0.00 €	0	
Muud koostisosad, inserdid, €	0.00 €		
Masina tunnihind, €	5.06 €		
Kasitöö tunnihind, €	20.00 €		
Operaatorite arv, tk	1		
Pesade arv vormis, tk	4		
Aasta kogus, tk	5000		

TEGEVUS	KULUV	TOOTE	VÄRVI KAAL G	KOKKU EUR/TK	HIND/TK
	AEG, s	KAAL, g	TOOTES		
VORMI PAIGADUS JA MAS. SEADISTUS hind_kord	7200			0.00 €	120.00 €
VÄRVI HIND TOOTES	0		0	0.00 €	0.00 €
TOOTE KAAL GRAMMIDES		15		0.11 €	525.00 €
TSÜKLIAEG SEKUNDITES	22.50			0.01 €	39.53 €
OPERAATORITE AEG SEKUNDITES	5.00			0.03 €	138.89 €
JÄRELTOOD SEKUNDITES	4.00			0.02 €	111.11 €
KONTROLL SEKUNDITES	1.00			0.01 €	27.78 €
PAKKIMINE SEKUNDITES	4.00			0.02 €	111.11 €
MUUD TÖÖD SEKUNDITES	0.00			0.00 €	0.00 €
TÖÖAEG KOKKU /TK	2.010			0.19 €	0.21 €

Tabel 3. Tootehinna arvutamise tabel

5.3 Stantsi hind

Plastotec edastas filtreringide mõõdud koostööpartnerile. Antud pakkumise olukorras leidis Plastotec, et ei ole kuluefektiivne teha viite eraldi seisvat stantsipressi. Kuluefektiivsem oli tellida vahetatavate viie eri diameetriga: 24, 32, 38, 42,48 mm stantsi Nõudmiseks oli, et matriitsid ja templid peavad olema omavahel kombineeritavad, et hind oleks kliendile võimalikult soodne. Plastotec edastas pakkumise kliendile, mille klient muudatusteta aktsepteeris.



Sele 10. Stantsi matriits ja tempel

6 TOOTMINE

Antud peatükis kirjeldatakse masina seadistamist ja tootmise käivitamist. Esimeseks sammuks on töökäsu leidmine teadete tahvilt, mille järel alustatakse masina hüdraulikapumba soojendamisega, et õli saavutaks vajaliku töötemperatuuri, tagades jätkusuutliku tootmise.

Seejärel lülitatakse sisse küttekehad, mis sulatavad plastmassi graanulid silindris ühtseks vedelaks massiks. Kui mass on piisavalt kuum, tuuakse laost vajalik valuvorm ja paigaldatakse survealumasin kahe plaadi vahele. Kui vormi tsentreerimiseks mõeldud rõngas ei ühti masina esi- või tagaplaadiga, paigaldatakse sobivas mõõdus rõngas.

Tõukuri paigalduseks mõõdetakse väljalükkaja ja tagaplaadi vaheline kaugus, mis annab varda pikkuse. Seejärel suletakse tagaplaat ja kinnitatakse tõukur ning vorm nelja klambriga tagaplaadile. Tõukurite tagumine asend fikseeritakse juhtpuldist, et masin saaks aru, kust maalt algab liikumine. Vormi kõrguse määramiseks tuleb vormi kõrgused nullida.

Edasi seatakse paika vormi liigendid, mis hõlmavad esimest, teist ja kolmandat kiirust ning turvasurvet, mis kaitseb vormi deformatsioonide eest, kui toode pole pesast välja kukkunud. Pärast seda puhastatakse kruvi eelnevalt masinas olnud materjalist, kasutades spetsiaalset segu, mis võtab endaga kaasa eelnevalt masinas olnud materjali.

Järgmiseks tuuakse kuivatuslaost kuivatatud materjal, mis kallatakse anumasse, mis seejärel keritakse teokruviga silindrisse sulama. Toote materjal pressitakse silindrist välja, kuni tuleb puhas aine. Seejärel lisatakse filterriie rullikule ja tõmmatakse läbi vormi.

Enne tootmise alustamist puhastatakse vormi pinnad ja määratakse vormi juhttapid ning tõukurid. Seejärel leitakse seadme mälust üles toote programm, installitakse ja kontrollitakse parameetrid üle. Kui eelnevad protsessid on läbi käidud, alustab masin tootmistsükli.

6.1 Stantsimine

Järgmiseks etapiks toote valmimisel oli stantsimine. Kui tootmismaht on täitunud, siis transporditakse toorikud stantsimisosakonda, kus järgmine tööline alustab filterringide stantsimist. Tööline lõikab linnid läbi iga paari meetri järel, mis tagab lihtsama ja kiirema käsitlemise. Stantsimiseks kasutatakse suruõhu

jõul töötavat pressi, mida opereeritakse jalgpedaaliga. Tööline asetab lindi stantsi toetuspesasse, veendub korrektses paiknemises ja seejärel vajutab pedaali, võtab tühjaks pressitud tooriku välja ja kordab tegevust. Tooted kogutakse pressi all olevasse kasti, kuhu need nii-öelda maanduvad läbi stantsi põhja.



Sele 11. Stantsi press

6.2 Kvaliteedi kontroll

Kvaliteedikontroll on vaatluse ja jälgimise teel läbiviidav tegevus, mida kasutatakse, et hinnata toote või teenuse vastavust kvaliteedinõuetele. Kvaliteedinõuded pannakse paika kvaliteedi planeerimise

protsessis. Nõuded sisaldavad nii projektiprotsesse kui ka toote eesmärke. Oluline on, et kvaliteedikontroll kestaks terve projekti vältel. Kvaliteedikontroll on üks osa terviklikust kvaliteedijuhtimisest. [8]

Plastotec järgib kvaliteedi süsteemi ISO 9001, mis tagab kliendile kvaliteetse toodangu. Selleks koostatakse mõõteprotokoll ja tehakse test stantsimine esimestele Hiinast saabunud näidistele, et kinnitada nende täpsed parameetrid andmete kinnitamiseks. Kontrollmõõtmise käigus ei läbinud toode kvaliteedikontrolli, kuna toote baseerimispinna diameeter oli lubatust suurem ning seetõttu esines valukanalitel defekte. Stantsimis testil oli tulemuseks toote servast ligi poole tihenduspinna eemaldamine, mis oli kliendile vastuvõetamatu. Andmed saadeti tagasi Hiina koostööpartnerile, kes pidi viga tunnistama. Vea parandamiseks otsustati muuta toetuspind raadiuselt täisnurkseks (Sele 8). Test stantsimine uute näidistega aga ei andnud soovitud tulemust ja probleemi ei lahendatud. Vormivalmistaja tunnistas omapoolset eksimust ja oli nõus kompenseerima uue suurema diameetriga stantsi hinna. Uute näidiste saabudes korraldati protsessi ja kinnitati andmed. Uued näidised edastati kliendile, mis said ka kooskõlastuse tootmise alustamiseks. Vormi saabudes Plastoteci, teostati ka vormile väljavalitud masinaga testtootmine, mis näitas, kas suudetakse toota sama või parema kvaliteediga tooteid. Valatud partii stantsiti ja uued näidised saadeti kliendile kooskõlastamiseks. Koostööpartner aktsepteeris meie saadetud näidised ja lisasime näidistoote näidiste kappi, kust on võimalik enne töö alustamist või toodangu käigus veenduda, et tootetava partii kvaliteet ja parameetrid ei oleks langenud vastuolulisele näidisele. Kui töötaja on avastanud, et toodetav partii ei vasta näidisele, annab ta sellest esimesel võimalusel teada, kas masina operaatorile või koordinaatorile.

KOKKUVÕTE

Antud lõputöö eesmärk oli koostada kliendile toote, survealuvormi ja stantsi hinnapakumised ning võita pakkumine. Lisaks tuli välja töötada optimaalne tootmisprotsess Plastoteci masinapargile. Töö käigus arvutati vajaminevad survejõud, leiti parameetritele vastav survevalu masin, mis on seeriatootmise jaoks piisav ning arvutati tööde aja- ja kulunormid ning maksumus.

Töö käigus selgus, et stantsi suurused ei ühti olemasolevate toodete suurustega ning seetõttu oli vajalik tellida uute näidiste järgi sobiva diameetriga stants. Vormile teostatud modifitseering raadiuselt täisnurkseks aitas kaasa toote tsentreerimise stantsi pesas, kuid ei parandanud üleüldist diameetri viga.

Kvaliteedikontrolli käigus avastati, et sisse ostetud filterriide materjal muutus poole toodangu käigus. Materjali muutuse avastamine toimus tänu mõõteprotokolli teostamisele, mis ennetas saatmast praaktooteid kliendile.

Suurimaks tagasilöögiks oli Hiina näidiste mitte ühildumine valmis olnud stantsi mõõtemetega. Seda viga oleks saanud ennetada, kui vorm ja stants oleks tellitud ühelt ja samalt tootjalt või kui stantsi valmistamist poleks alustatud enne, kui Hiina näidised on jõudnud Plastoteci.

Kokkuvõtlikult saab öelda, et antud töös läbiviidud analüüsi ning arvutuste tulemusena oli võimalik saavutada püstitatud eesmärk. Hanke pakkumine võideti ning uus, stabiilne ja võimalikult efektiivne töökorraldus töödati välja ja rakendati.

Hetkel Eestis puudub koolitusasutus, mis tegeleks plastikute edasiarendamise ja sellega seotud teadmiste õpetamisega. Plastoteci juhtkond väidab, et antud valdkonnas kompetentseid spetsialiste on Eestis väga raske leida ning seetõttu tuleb ettevõttesiseselt inimesi koolitada, et suurendada nende teadmisi plastiku valdkonnas.

SUMMARY

The purpose of this thesis was to prepare product, injection mold and die price offers for the customer and win the offer. In addition, an optimal production process for Plastotec's machinery had to be developed. During the work, the required compression forces were calculated, an injection molding machine that matched the parameters was found, which is sufficient for series production, and the time and cost norms and cost of the works were calculated.

During the work, it turned out that the sizes of the die did not match the sizes of the existing products, and therefore it was necessary to order a die with a suitable diameter according to new samples. Modifying the mold from a radius to a right angle helped to center the product in the die slot, but did not correct the overall diameter error.

During the quality control, it was discovered that the purchased filter cloth material changed halfway through production. The discovery of the change in material took place thanks to the execution of the measurement protocol, which prevented sending scrap products to the customer.

The biggest setback was that the Chinese samples did not match the dimensions of the finished die. This mistake could have been prevented if the mold and die had been ordered from the same manufacturer, or if the production of the die had not started before the Chinese samples reached Plastotec.

In summary, it can be said that as a result of the analysis and calculations carried out in this work, it was possible to achieve the set goal. The tender was won and a new, stable and as efficient as possible work organization was worked out and implemented.

At the moment, there is no training institution in Estonia that would deal with the further development of plastics and the teaching of related knowledge. The management of Plastotec claims that it is very difficult to find competent specialists in this field in Estonia, and therefore people must be trained within the company to increase their knowledge in the field of plastics.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] Plastotec Pärnu Oü „Tootmine“, [võrgumaterjal]. <http://plastotec.ee/tootmine/> [Kasutatud 6. märts, 2023]
- [2] „Filterriide andmed“, [võrgumaterjal]. <https://www.yumpu.com/en/document/view/40687605/information-fujifilm-sericol> [Kasutatud 6. märts, 2023]
- <https://sites.google.com/site/bestplasticinjectionmoulding/manufacturers> [Kasutatud 6. märts, 2023]
- [5] „Materja andmed“, [võrgumaterjal]. <https://www.ulprospector.com/plastics/en/datasheet/243677/escorene-ultra-ul-00218cc3> [Kasutatud 27. aprill, 2023]
- [6] Priit Kulu, *Mehaanikainseneri käsiraamat*, Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 2012 [Kasutatud 27. aprill, 2023]
- [7] „Kahanemis valem“, [võrgumaterjal]. <https://www.keyence.com/ss/products/measure-sys/machining/formula/injection-molding.jsp> [Kasutatud 1. mai, 2023]
- [8] „Kvaliteedikontroll“, [võrgumaterjal]. <https://et.wikipedia.org/wiki/Kvaliteedikontroll> [Kasutatud 09.mai, 2023]
- [9] „Vormi kinnitusjõu“, [võrgumaterjal]. <https://brilliant.org/wiki/pressure/> [Kasutatud 09.mai, 2023]
- [10] „Shore tabel“, [võrgumaterjal]. <https://www.aeromarineproducts.com/durometer-shore-hardness-scale/> [Kasutatud 09.mai, 2023]

LISADE LOETELU

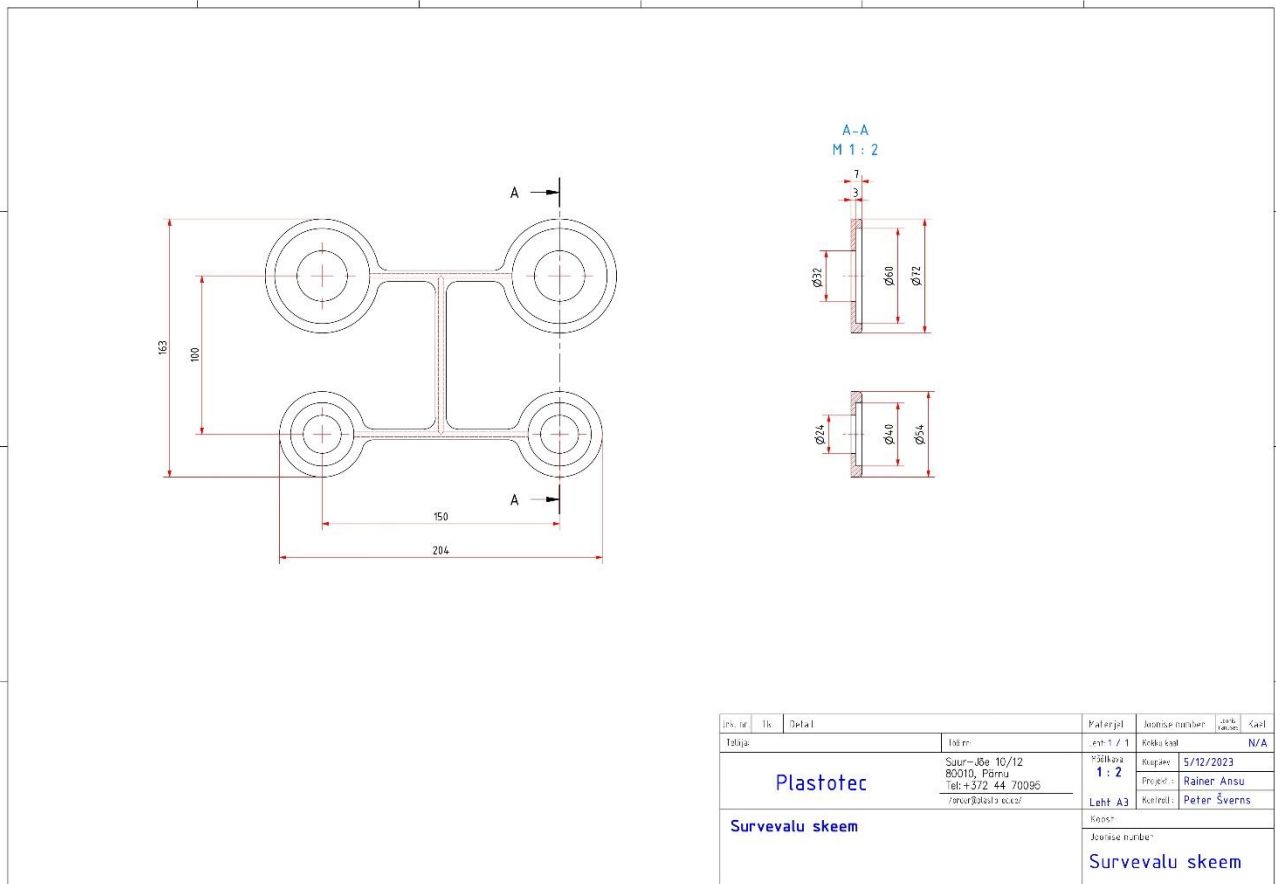
Lisa 1. Tootejoonis koos valukanalitega

Lisa 2. Plastmassi materjali andmed

Lisa 3. Mõõteprotokoll

LISAD

Lisa 1. Tootejoonis koos valukanalitega



Lisa 2. Plastmassi materjali andmed



Escorene™ Ultra UL 00218CC3 Ethylene Vinyl Acetate Copolymer Resin

Product Description

UL 00218CC3 is a copolymer of ethylene and vinyl acetate.

Processing Conditions

Processing temperatures above 240 °C (464 °F) may cause resin degradation.

General

Availability ¹	• Africa & Middle East	• Asia Pacific	• Europe
Additive	• Antiblock: No	• Slip: No	• Thermal Stabilizer: Yes
Applications	• Compounding	• Injection Molding	
	• Hot Melt Adhesives	• Wire and Cable Compounds	
Revision Date	• March 2013		

Resin Properties	Typical Value	(English)	Typical Value	(SI)	Test Based On
Density	0.940	g/cm ³	0.940	g/cm ³	ExxonMobil Method
Melt Index (190°C/2.16 kg)	1.7	g/10 min	1.7	g/10 min	ASTM D1238
Vinyl Acetate Content	18.0	wt%	18.0	wt%	ExxonMobil Method
Peak Melting Temperature	189	°F	87	°C	ExxonMobil Method

Thermal	Typical Value	(English)	Typical Value	(SI)	Test Based On
Vicat Softening Temperature	144	°F	62	°C	ASTM D1525

Molded Properties	Typical Value	(English)	Typical Value	(SI)	Test Based On
Tensile Modulus (0.20 in/min (5.0 mm/min))	6700	psi	46	MPa	ASTM D638
Elongation at Break (20 in/min (500 mm/min))	> 100	%	> 100	%	ASTM D638
Durometer Hardness (Shore A, 15 sec)	90		90		ASTM D2240

Lisa 3. Mõõteprotokoll

 plastotec		Esimese toote Mõõtmisprotokoll First sample inspection report		TOJ: Esimese toote mõõtmisprotokoll File: Server/Jagatud/Dokumendi põhjad, plankedid/Esimese toote mõõtmisprotokoll Kinnit.kp. 01.02.22 Allk. R.A.	
		ID NUMBER 58675902		PROTOKOLLI NR 827	
TOOTE NIMI Filtrering					
JOONISE NR: KUUPÄEV/DATE: MUUDATUSE/CHANGE NR:					
		VASTAVUS/CONFORMITY			
NR järjekorras	NÕUDMINE / DEMAND	TEGELIK / ACTUAL	OK	EWNOT OK	
1	24mm	26,1mm			not ok
2	1,5mm	1,5mm	ok		
3	7,5g	15g			not ok
4					
5	No broken edges	Broken edges			not ok
6					
7	No bubbles	no bubbles	ok		
8					
9	No burr	burr on edges			not ok
10					
11	Filter mat. Good	filter mat good	ok		
12					
13	Color: natural	Color: natural	ok		
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
MÕOTMISE TEOSTAJA / INSPECTED BY		KLIENDI OTSUS / CUSTOMER DECISION			
NIMI	Rainer Ansu	Aksepteeritud/accepted		-	
TEL/FAKS		Aksepteeritud tingimuseel/accepted with obligations			
E-MAIL		Prask, uus näidis vajalik/rejected, new sample needed		+	
KUUPÄEV	01.02.2022	NIMI	Rainer Ansu		
ALLKIRI		TEL/FAKS			
		E-MAIL			
		KUUPÄEV	01.02.2022		
		ALLKIRI			