



TALLINNA TEHNIKAKÕRGMKOO

Kaarel Kruuser

**TOOTETEHNOLOOGIA
JUURUTAMINE
PAINDTOOTMISKOMPLEKSIS**

LÕPUTÖÖ

Mehaanikateaduskond
Masinaehituse eriala

Tallinn 2013

SISUKORD

Sissejuhatus	5
1. Paindtoomiskompleks	6
1.1. Töötlemiskeskused	7
1.1.1. DMC 100 U duoBLOCK	7
1.1.2. DMC 80 FD duoblock.....	9
1.1.3. Laosüsteem.....	11
2. Toote analüüs	12
2.1. Toorik	12
3. Marsruuttehnoloogia määramine	13
3.1. Detaili marsruuttehnoloogia	13
3.2. Lõikeinstrumentide valimine.....	17
3.3. Režiimide määramine	19
3.4. Instrumendi kulu.....	22
3.5. NC juhtprogrammi.....	27
4. Rakise projekteerimine	29
5. Majanduslik osa	35
Kokkuvõte	38
Summary	39
Viidatud allikad	40
Lisad	41

Lisa 1. DMC 100 U duoBLOCK® tehnilised parameetrid	41
Lisa 2. DMC 80 FD duoBLOCK® tehnilised parameetrid.....	42
Lisa 3. Instrumentide koond tabel	43
Lisa 4. Masinaegade koond tabel	44
Lisa 5. Toote joonis	Error! Bookmark not defined.
Lisa 6. Rakise koostejoonis	Error! Bookmark not defined.
Lisa 7. Alusplaat tööjoonis	Error! Bookmark not defined.
Lisa 8. Tihvt tööjoonis.....	Error! Bookmark not defined.
Lisa 9. Tehnoloogia kaart	Error! Bookmark not defined.
Lisa 10. Pingiseade kaart	Error! Bookmark not defined.

SISSEJUHATUS

Tänapäeva toomises on olulisim aeg ja selle efektiivne kasutamine. Iga mehaanilise töötlemisega seotud ettevõtte püüab võimalikult efektiivselt ära kasutada enda käsutuses olevaid töötlemiskeskuseid. Moodsaim lahendus selleks on painttootmiskompleks, mis võimaldab ajaressurssi võimalikult efektiivselt ära kasutada. Painttootmiskompleks FMS-XMD on ainulaadne ja uusim painttootmisüksus Eestis.

Painttootmiskompleks koosneb kahest töötlemiskeskusest, mis on omavahel ühendatud automatiseeritud lao-ja transpordisüsteemiga ning on võimeline valmistama keerulisi, väga täpseid tooteid 24 tunni jooksul. Painttootmissüsteem suudab programmeeritud tarkvara abil iseseisvalt toota erinevaid detaile ilma inimese sekkumiseta. [1]

Antud lõputöös tegeletakse kliendi soovil tootetehnoloogia uuendamise ja arendamisega. Hetkel kasutatavas tehnoloogias valmistatakse toode manuaal- ja algeliste NC-pinkidega. Seega on vajalik välja töötada uus ja kaasaegne tehnoloogia, mis on mõeldud toote valmistamiseks painttootmiskompleksis. Seeläbi saab ettevõtte automatiseerida tootmist ja vähendada inimfaktori mõju. See annab ettevõttele võimaluse astuda sammu tänapäevase tootmise suunas. Antud lõputöö eesmärgid on:

- 1) Välja töötada sobiv tehnoloogia toote PUMP joonis nr 560063E tootmiseks painttootmiskompleksis FMS-XMD;
- 2) Tagada efektiivseim detaili valmistamisaeg, eesmärk 1 tund 55 min detaili kohta;
- 3) Arvutada detaili valmistamiskulud;
- 4) Anda hinnang toote sobivusele painttootmiskompleksis valmistamiseks.

1. PAINDTOOMISKOMPLEKS

Antud arendustöö viiakse läbi MTÜ Mehhatroonika assotsiatsiooni kaudu, mis võimaldab kasutada tootmise arendamiseks paindtootmiskompleksi FMS-XMD.

MTÜ Mehhatroonika assotsiatsiooni eemärk on pakkuda Eesti tootmisettevõtetele tuge järgmistes tegevusvaldkondades.

- Ettevõtetele kõrgekvaliteedilise toe pakkumine insenerlike lahenduste ja projektide väljatöötamisel;
- Olla eestvedaja tootearendusprojektide arendamisel mehhatroonika ja protsesside automatiseerimise valdkonnas;
- Tootmisressursside optimeerimine.

FMS kompleks on kaasaegseim ja uusim paindtootmisüksus Baltimaades. Paindtootmiskompleks FMS MLS-XD on mõeldud suurte keerukate ja seeriatootmises olevate detailide tootmiseks. Kompleks on tarnitud firma Fastems OY poolt. Paindtootmissüsteemi kasutamisel eeldatakse, et toode on väikeseeriatootmises või toode on piisavalt keerukas, et toote valmistamishind kataks süsteemi kulud ja toote käivitamiseks kuluva seadistusaja. Paindtootmissüsteemi eesmärgiks on kasutada efektiivselt tootmiseks 24 tundi ööpäevas, kasutades selleks võimalikult vähe inimressurssi. FMS süsteem võimaldab valmistada korraga mitmeid erinevaid keerukaid detaile.



Sele 1.1

Painttootmiskompleks

1.1.Töötlemiskeskused

Töötlemiskeskused on eraldiseisvad CNC-tööpingid, millega saab teha erinevaid tehnoloogilisi operatsioone ning automaatset tööriistavahetust, kasutades vastavalt töötlemisprogrammile tööpingi enda tööriistamagasi või eraldiseisvat laosüsteemi, vastavalt töötlemisprogrammile.[8: 191]

1.1.1. DMC 100 U duoBLOCK

DMC 100 U duoBLOCK on 5-teljeline töötlemiskeskus, mis on kaasaegseim ja võimsaim mudel omasuguste seas. Töömasina eripäraks on suur töö ala. Töölaua suurus on 1000x1000 mm. Töötlemiskeskus suudab tagada kõrge täpsuse ka keerukatel detailidel.

Töötlemiskeskus kasutab juhtsüsteemi “Siemens Sinumerik 840 D solutionline“. Juhtsüsteem on jagatud kaheks, CNC ISO ja Shopmill. CNC ISO on mõeldud NC- programmide käitamiseks. Shopmill võimaldab masinas programmeerida lihtsamaid detailide tööradu.

Töötlemiskeskusel on kasutusel 5 telge. Nendeks telgedeks on X-, Y-, Z-, B- ja C-telg. X-telje käigupikkuseks on 1000mm Y-telje käigupikkuseks on 1250 mm ja Z-telje käigupikkuseks on 1000 mm. B- ja C-telje käigupikkused on antud kraadides. C-telg liigub 360° ulatuses ning B-telg 210° ulatuses. Töötlemiskeskus on väga kõrge täpsusastmega. X-, Y- ja Z-telje lahutusvõime on 0,001 mm. X-, Y- ja Z-telgede asenditolerants on 0,007 mm. B-telje asenditolerants on 8 kaarsekundit ja C-telje asenditolerants on 7 kaarsekundit (vt Sele 1.2).

Masina töölaua kinnituspinnaks on 800x1000 mm ja töölaua massiks on 630 kg. Tööplaadile võib kinnitada tooriku massiga kuni 2000 kg. Maksimaalseks lubatud tooriku kõrguseks on kuni 1600 mm. Töölaua keskmes on seadistusava mõõduga 50H6. Töölauas on 7 T-soont, mis paiknevad iga 100 mm järel. Seadistussoone laius on 18H7 mm.

Masina spindli ajami võimsuseks on 40 kW. Spindel arendab maksimaalselt kuni 18000 p/min. Spindli ajamis on kasutusel keraamilised laagrid. Töötlemiskeskus kasutab lõikeriista kinnitussüsteemi HSK63. Lõikeriist kinnitub mehaaniliselt vedrujõul. Lõikeriista vabastamine spindlist toimub hüdrauliliselt. Töomasina juurde kuulub lõikeriistamagasin, mis mahutab kuni 60 lõikeriista. Magasini juurde kuulub ka tööriista koonuse puhastaja, mis enne igat tööriista vahetust puhastab lõikeriista kinnituskoonuse.

Töötlemiskeskus on varustatud duoblock süsteemiga, mis võimaldab vahetada tööaluseid. Pingi juurde kuulub 10 tööalust. Tööplaatide vahetamiseks kasutatakse pöörlevat alust, millele asetatakse korraga 2 tööplaati. Üks tööalus paikneb tööruumis ja teine pingi laadimispositsioonis. Tööruum ja laadimispositsioon on eraldatud terasest seinaga. Tööaluse vahetuseks kulub 15 sekundit.

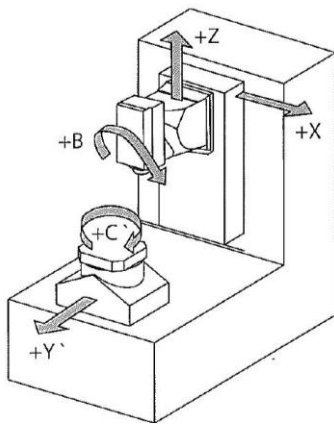
Lõikeriistade mõõtmiseks kasutatakse lasermõõteseadet firmalt BLUM. Laser võimaldab mõõta tööriista pikkust ja läbimõõtu. Laseri mõõtmistäpsus on 0,01 mm. Laseri kordamistäpsus on 0,001 mm. Laser võimaldab mõõta tööriistu läbimõõduga 0,6 kuni 200 mm. Maksimaalne tööriista pikkus võib olla kuni 1057 mm.

Toorikute mõõtmiseks ja ülesseadmiseks kasutatakse Infrapuna andmeedastusega puutetundlikku sondi. Sondi täpsus on 0,002 mm.

Laastu eemaldamiseks masinast kasutatakse laastukonveierit. Konveieri kogupikkus on 3000 mm ja laius koos jahutus-määrdevedeliku mahutiga 1070 mm. Konveieri lindi liikumiskiirus on 2 m/min.

Jahutusvedelikku ladustatakse masinast eraldiseisvas lintfiltreerimisseadmes. Seade mahutab 980 l jahutusvedelikku. Seade on varustatud lintfiltriga, mis eraldab jahutusvedelikust laastuosakesed, et tagada jahutusvedeliku puhtus ja pidev voolavus süteemis. Töötlemiskeskus on varustatud kõrgsurvepumbaga, mis võimaldab kasutada läbi spindli jahutust. Kõrgsurvepumba töösurve on 40 bar.

Töötlemiskeskuse parameetrite koondtabel on toodud lisas 1.



Sele 1.2 Töötlemiskeskuse DMC 100 U telgede asetus [3; 4 – 8]

1.1.2. DMC 80 FD duoblock

DMC 80 FD duoblock on 7-teljeline töötlemiskeskus. Masinas on kasutusel X-, Y-, Z-, B- ja C-telg. Treimisfunktsioon lisandub sellega, et C-telg ehk masina pöördlaud suudab pöörelda kiirusega kuni 800 p/min. Masina B-telge ehk pöördpeasse on võimalik kinnitada treiinstrumente, kus on tagatud nende jäik kinnitus ja võimalus neid positsioneerida detaili suhtes erinevate nurkade all (vt. Sele 1.3).

Töötlemiskeskuse X-telje käigupikkuseks on 800 mm Y-telje käigupikkuseks on 1050 mm ja Z-telje käigupikkuseks on 800 mm. B- ja C-telje käigupikkused on antud kraadides. C-telg liigub 360° ulatuses. B-telg liigub 180° ulatuses. Töötlemiskeskus on väga kõrge täpsusastmega. X-, Y- ja Z-telje

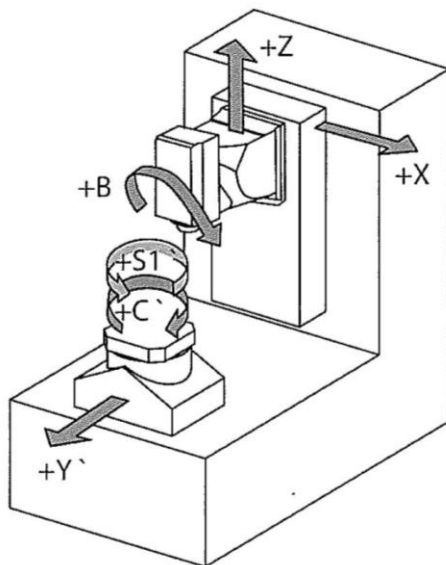
lahutusvõime on 0,001 mm. X-, Y- ja Z-telgede asenditolerants on 0,007 mm. B-telje asenditolerants on 8 kaarsekundit ja C-telje asenditolerants on 7 kaarsekundit.

Töötlemiskeskus kasutab juhtsüsteemi „Sinumerik 840 D solutionline“. Tegemist on Siemensi juhtsüsteemiga. Antud pingi juhtsüsteemil on võimalik luua nii freesimis- kui ka treimisoperatsioone,

Töölaua kinnituspind on D=800x630 mm. Plaadi mass on 300 kg. Töölauale asetatava tooriku lubatud mass on kuni 1000 kg. Maksimaalne lubatud tooriku kõrgus on 1300 mm. Tööplaadil on 4 T-soont mõõduga 14H7 ja 12 T-soont 14H12. Tööplaadi tsentris on positsioneerimisava mõõduga 50H6.

Töötlemiskeskuse spindli ajami võimsus on 28 kW, mis suudab arendada kuni 12000 p/min. Spindli ajamis on kasutusel keraamilised laagrid. Treimisfunktsiooni andvas C-teljes on kasutusel ajam võimsusega 36 kW. Tööalus suudab arendada kuni 800 p/min.

Töötlemiskeskuse parameetrite koondtabel on toodud lisas 2.

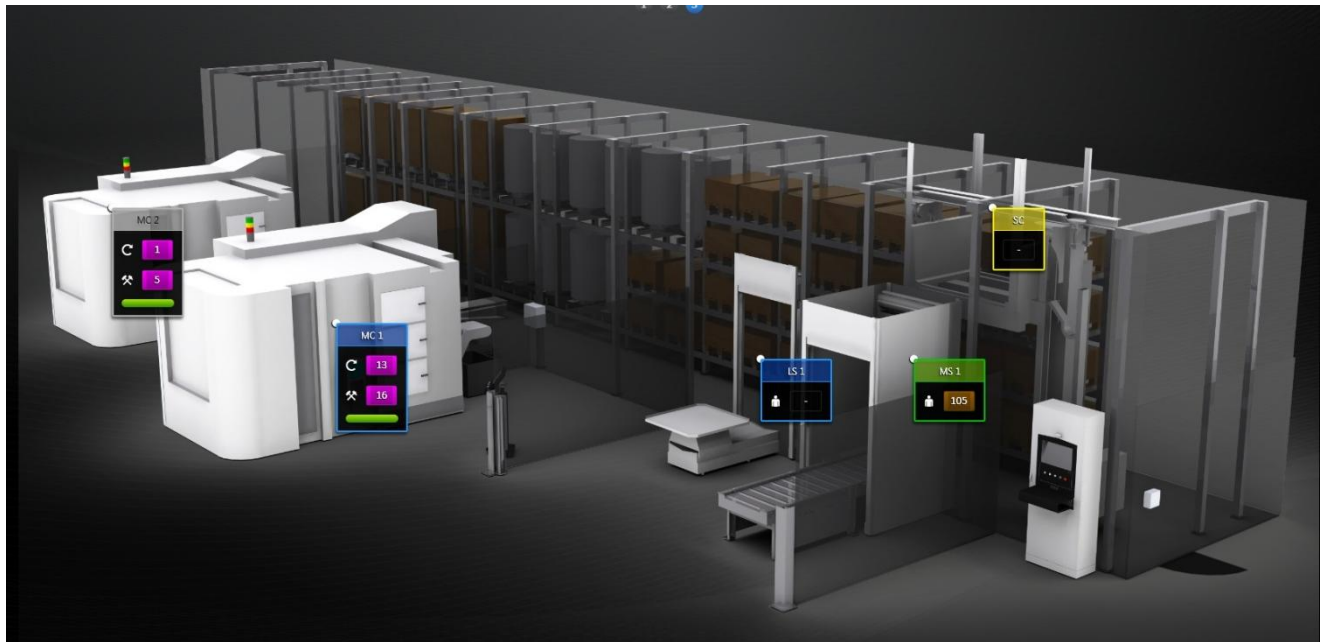


Sele 1.3 Töötlemiskeskuse DMC 80 FD telgede asetus [4; 4 – 8]

1.1.3. Laosüsteem

FMS laosüsteem on mõeldud toormaterjali ja ootel tööaluste ladustamiseks. Laosüsteemis on 36 EUR aluse kohta. Igale alusele tohib ladustada 1000 kg toorikuid. Laosüsteemis on hoiul ka töötlemiskeskuste tööalused. Mõlemal töökeskusel on 10 tööalust ehk kokku on laos 20 tööalust. Lao osa teenindamiseks on süsteemis virnastuskraana (vt. Sele 1.2 SC). Virnastuskraana ülesanne on teenindada töötlemiskeskuseid tööalustega, liigutada EUR-aluseid laost laadimisalasse ja liigutada tööaluseid töötlemiskeskustest toorikute laadimisalasse.

Laosüsteemi koosseisu kuulub ka laadimiskoht (vt. Sele 1.2 LS1), kus toimub detailide kinnitamine tööalustele ja rakistesse. Samuti on laadimisalas tooraine sisestus- ja väljastusüksus (MS1). Kogu süsteemi asetust vaata sele 1.4.



Sele 1.4

Painttootmiskompleksi asetus [5]

2. TOOTE ANALÜÜS

Töödeldavaks detailiks on traktorile paigaldatava jaotus pumba korpus. Pumba korpus on valmistatud malmist GJS-700-2. Materjali iseloomustavad parameetrid on tõmbetugevus $R_m = 700$ (MPa) ja voolavuspiir $R_{p0,2} = 380$ MPa ja erilõikejõud $K_c = 70$ Mpa.

2.1. Toorik

Toorikuna on kasutusel valutoorik. Tooriku mõõdud on 236x171x86 mm. Toorik on valatud malmist GJS-700-2. Toorik on töötlemisvaruga 3-3,5 mm pinnale olenevalt valupartii kvaliteedist. Toorik kaalub 12,8 kg. Toorikult on eelnevalt eemaldatud valukanalite jäägid. Enne tooriku paigaldamist rakisesse kontrollitakse, et detailil ei esineks valudefekte.

Materjal on kõvadusega 210-350 HB. Materjali töötlemisel esineb malmile iseloomulikku peenikeste osakeste eemaldumist ehk tolmamist. Materjali kõvadus ja teraline struktuur avaldab mõju ka lõikeriistade kulumisele.

Detaili töötlemisel on ette määratud neli täpsemat mõõtu. Täpselt on määratud pumba tööpindade raadiused, detaili paksus, pumpamispindade raadiuste vaheline kaugus ja pikkus gabariitmõõde.

Detaili nõutavad täpsused ja pinnakaredused on saavutatavad kasutades erinevaid freesimisoperatsioone. Detail ei nõua täiendavat mehaanilist töötlemist.

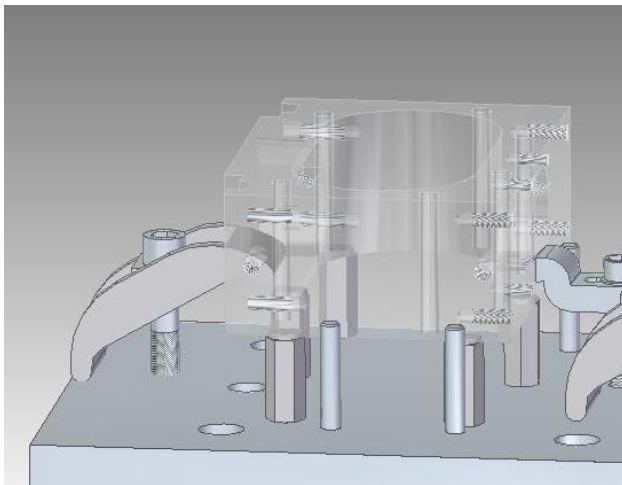
Järeltöötlusena eemaldatakse tekkinud kraadid, detail puhastatakse suruõhuga ja teostatakse nõutavad kontrollmõõtmised.

3. MARSRUUTTEHNOLOOGIA MÄÄRAMINE

3.1. Detaili marsruuttehnoologia

Antud peatükis käsitletakse detailile marsruuttehnoologia loomist. Kirjeldatakse töötlemistingimusi ja nõudmisi. Kirjeldatakse teostatavaid siirdeid ja üldist töökäiku.

Detail paigaldatakse rakisele, mis on projekteeritud antud toote valmistamiseks freesimiskeskuses DMC 100 duoBLOCK ja DMC 80 FD. Rakise projekteerimisel on silmas peetud tootmise ümberkorraldamise vajadust. Rakis on valmistatud kasutamiseks paindootmissüsteemi mõlemas töötlemiskeskuses. Rakis on kahepositsiooniline ja võimaldab ühe laadimisega saada ühe valmis detaili. Esimene paigaldus toimub rakise positsioonis 1 nii, et lähtepinnaks on detaili pind A (vt. Lisa 3) Detail asetatakse tugipakkudele ja detaili asend fikseeritakse kolme tihvti abil. Detail kinnitatakse klambritega. (Sele 3.1)



Sele 3.1 Detaili kinnitamine klambritega

Toorikute saabumisel ettevõttesse ladustatakse need süsteemi automatiseeritud lattu. Toorikud laotakse EUR alustele ja sisestatakse süsteemi. Toorik asetatakse rakisesse süsteemi laadimisalas (v.t sele 1.2).

Tootmistsükli alustatakse tooriku asetamisega rakise esimesse positsiooni. Detail asetatakse tugedele, lähte pinnaks võetakse pind A. Toorik positsioneeritakse kolme tihvti abil. Rakise teise positsiooni asetatakse detail, mis on eelnevalt töödeldud positsioonis 1. Rakise positsioonis 2 paigaldatakse detail tugipakkudele pinnalt C, mis on töödeldud eelnevalt positsioonis 1. Detail positsioneeritakse kahe tihvtiga avadelt $\varnothing=11\text{mm}$. Tihvtid tagavad detaili õige asetuse igal paigaldusel. Detail kinnitatakse kahe klambriga.

Peale detaili kinnitamist transpordib süsteem tööaluse transpordikraana abil automaatselt masinasse, kus see asetatakse paletivahetisse. Paleti vahetus toimub automaatselt juhtprogrammi kirjutatud käsu alusel.

Alljärgnevalt on toodud siirete järjekord, mis teostatakse rakise paigaldus 1 (Tabel 1).

Tabel 1. Siirete järjekord paigaldus 1

Nr	Siire
1	Pinna C kooriv töötlus
2	Pinna C puhas töötlus
3	Siseava kooriv töötlus
4	Siseava puhastöötlus
5	Avade $D=11\text{mm}$ puurimine
6	Vabastuste freesimine $D=12$ pinnalt B
7	Keerme eelavade puurimine $D=8,6$ pinnal B
8	Keermestamine M10 pinnal B

Rakise positsiooni 2 paigaldatakse eelnevalt positsioonis 1 töödeldud detail. Detaili lähtepinnaks on pind C, mis on eelnevalt töödeldud. Detail asetatakse tugipakkudele. Detaili asend fikseeritakse kahe

paigaldussõrme abil avadest D=11mm. Detail kinnitatakse kahe klambriga. Alljärgnevalt on toodud siirete järjekord paigalduses 2 (tabel 2).

Tabel 2. Siirete järjekord paigalduses 2

Nr	Siire
1	Pinna A kooriv töötlus
2	Pinna E kooriv töötlus
3	Pinna F töötlus
4	Pinna B töötlus
5	Pinna A puhas töötlus
6	Keerme eelavade puurimine D=10,3 pinnal E
7	Keerme eelavade puurimine D=10,3 pinnal F
8	Keermestamine M12 pinnal E
9	Keermestamine M12 pinnal F
10	Eelavade puurimine D=6,8 pinnal D
11	Keermestamine M8 pinnal D
12	Eelavade puurimine D=8,6 pinnal D
13	Keermestamine M10 pinnal D

Järeltöötlus

Peale teise paigalduse töötlussiirde lõppu eemaldatakse detail rakisest. Detail puhastatakse emulsiooni jääkidest suruõhuga. Lukksepp eemaldab freesimisel tekkinud teravad kraadid. Teostatakse vajalikud kontrollmõõtmised. Mõõdetakse detaili gabariitmõõtmed ja tööpindade läbimõõdud. Tööd teostatakse kruviku ja indikaatorkellaga.

Detail ei vaja peale töötlust töötlemiskeskuses täiendavat mehaanilist töötlust.

3.2.Lõikeinstrumentide valimine

Antud alapunktis käsitletakse tööriistade valikut. Tööriistade valikul lähtuti töötlemiskeskuse võimalustest ja piirangutest. Valikul sai määravaks ka instrumentide hinna ja kvaliteedi suhe. Antud hinnaklassis olevatest instrumentides on valitud instrumendid pikima tööeaga. Oluline oli ka instrumentide kuluosade maksumus.

Lauprees AHX640S-100B07AR .

Valujäägi eemaldamiseks pindadelt kasutatakse Mitsubishi laupreesi AHX640S-100B07AR. Freesi diameetri määramisel oli oluline, et freesi liikumisteedel detaili töötlemisel oleks võimalikult optimaalne. Näiteks detaili külgpindade töötlemisel katab 100 mm läbimõõduga frees detaili pinna nii, et pinda on võimalik töödelda ühe läbimiga, olles seega optimaalseim valik. Freesi keha valikul sai otsustavaks antud freesil olev lõikehammaste arv (7 lõikehammast). Samuti on igal lõikehamba terikul 16 lõikeserva, mis viib freesi kulumi maksumuse minimaalseks.

Lauprees ASX445-080A08R

Pindade puhastöötluks kasutatakse Mitsubishi laupreesi ASX445-080A08R. Freesi valikul lähtutakse sellest, et freesi diameeter võimaldaks töödelda pindu ühe läbimiga. Antud freesil on 8 lõikehammast, mis võimaldab kasutada intensiivseid lõikerežiime. Freesil kasutatakse viimistlevaid lõiketerikuid, millega on võimalik tagada nõutav pinnakareduse aste freesimisel. Ühel lõiketerikul on 4 lõikeserva, mis viib lõikeriista kulumi maksumuse minimaalseks.

Lauprees VOX400-063A06R

Freesi VOX400-063A06R kasutatakse pumba tööpindade koorivtöötluksel. Freesi valikul sai määravaks just see, et tegu on spetsiaalselt malmi töölemiseks mõeldud freesiga. Antud freesi lõiketeriku geomeetria võimaldab freesida malmi kõrgetel parameetritel. Antud lõiketerikul on valitud režiimide juures pikk eluiga. Üks teriku lõikeserv kestab 1,5h. Freesil on 6 lõikehammast. Ühel lõiketerikul on 8 lõikeserva, mis tagab kulumi minimaalse maksumuse.

Siseviimistlus pea MVS80-36(100-130)

Pumba tööpindade puhastöötlemiseks kasutatakse Mitsubishi MVS80-36(100-130) viimistluspead. Tegemist on sisetreipeaga. Antud instrument suudab tagada pumpamispindadel nõutavate mõõtude täpsuse. Samuti on antud instrument parim ja kiireim lahendus saavutamaks pumpamispindadel nõutav pinnakaredus.

Avade puurimine.

Puuride valikul leiti optimaalseim valik, milleks osutusid läbijahutusega kõvasulamist puurid. Kõvasulami eelis HSS ja HSS kattega puuride ees on nende kuni 2 korda pikem eluiga. Samuti võimaldavad kõvasulampuurid kasutada 2 korda suuremaid lõikekiiruseid, mis teeb töötlemise kiiremaks. Kuigi kõvasulamist puuride maksumus on kõrgem, tasuvad need puurid kiiresti tagasi pikema eluea ja suurematest lõikeparameetritest tuleneva masinaja võiduga.

Kasutusel olevad puurid on teritusnurgaga 135° , mis võimaldab puurimist ilma eelneva tsentreeimiseta. Samuti on puurimisprotsess pidev, ilma laastu eemaldus liikumiseta. Laastu eraldamise tagab kõrgel surveel teostatav läbijahutus.

Keermestamine

Keermestamisel kasutan Yamaha pinnakattega umbava keermepuure. Keermepuuride valikul sai määravaks keermepuuridel võimaldatav suur lõikekiirus kuni 12 m/min. Keermepuuride pinnakate tagab puuride pika eluea.

Vabastuste freesimine

Vabastuste freesimisel otsustasin kasutada kõvasulamifreesi, sest antud freesidel on suhteliselt pikk eluiga ja väike maksumus.

See teeb antud operatsiooni kulumi maksumuse minimaalseks. Freesiks valiti Mitsubishi MS3MC1000E. Freesil on 4 lõikeserva. Frees kasutakse täieliku kulumiseni ja seejärel utiliseeritakse.

3.3.Režiimide määramine

Antud alapunktis kirjeldatakse lõikerežiimide määramist ja valikut. Režiimide valikul lähtuti detaili materjalist ja tööriistatootja poolt töötlemiseks ette antud soovituslikest režiimidest. Esmased režiimi parameetrid valiti tööriistatootja kataloogist. Freesimise instrumentide puhul valiti tööriistatootja kataloogist järgmised parameetrid: lõikekiiruse V_c , ettenihke hambale f_z ja lõikesügavuse a_p .

Lõikerežiimide arvutamisel kasutasin järgnevaid valemeid.

$$n = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times D}, \quad (1) [6]$$

kus $V_c [m/min]$ – Lõikekiirus

$D [mm]$ – Freesi läbimõõt

$n [p/min]$ – Spindli pöörlemiskiirus

Lõikekiiruse leidmiseks kasutatakse valemit (2)

$$V_f = f_z * n * z_n, \quad (2) [6]$$

kus $V_f [mm/min]$ – lõikekiirus

z_n – hammaste arv

Valitud lõikerežiimid freesidele on toodud tabelis 3.

Tabel 3.

Freeside lõikerežiimid

Instrument	Lõikekiirus	Ettenihe	Lõikesügavus,	Spindli pöörlemiskiirus	Lõikekiirus
	Vc m/min	f _n mm/f	ap, mm	p/min	Vf, mm/min
AHX640S-100 B07AR	180	0,2	2,5	573	802
ASX445- 080A08R	180	0,12	0,2	716	687
VOX400- 063A06R	220	0,2	3	1111	1333
MS3MC1000E			0,5	4000	700

Määratud lõikerežiimid puuridele ja viimistluspeale on toodud tabelis 4.

Tabel 4. Lõikerežiimid puuridele ja viimistluspeale

Instrument	Lõikekiirus m/min	Ettenihe f _z mm/p	Spindli pöörlemiskiirus
MVS80-36(100-130) viimistluspea	65	0,2	200
EC5170811000	70	0,15	2027
EC5170861000	70	0,12	2593
EC517010300	70	0,14	2164

EC517086000	70	0,12	3231
YAM9726N80	8	1,25	318
YAM9726N120	8	1,75	212
YAM9726N100	8	1,5	254

Masinaaegade arvutused

Arvutuslikud masinaajad on määratud instrumentide kulumi arvutamiseks. Samuti kasutatakse masinaaegu esmase tööaja kulu arvestamisel

Masinaaja arvutamiseks freesimisel kasutatakse valemit

$$T_p = \frac{60 * l * i}{V_f}, \quad (3)$$

kus $l[mm]$ – freesi liikumise pikkus

i – Läbimite arv

$T_p[sek]$ – töötlemise põhiaeg

Masinaaja arvutamiseks puurimisel kasutatakse valemit

$$T_p = \frac{l * i}{f_z * n}, \quad (4)$$

kus $l[mm]$ – puuri liikumise pikkus

i – avade arv

$T_p[sek]$ – töötlemise põhiaeg

f_z – ettenihe pöördele

$n[p/min]$ – spindli pöörlemiskiirus

Antud valemitega välja arvutatud masinaajad on toodud lisas 2.

Masinaaja juurde tuleb arvestada ka tööriista vahetusele kuluv aeg. Tööinstrumendi vahetuse aeg on 8s. Antud programmis toimub 18 instrumendi vahetust. Seega kulub instrumendi vahetuse peale 120 s ehk 2 min.

Arvutatakse summaarne masinaaeg.

$$T_m = T_p + T_1 = 25,13 + 2 = 27,13 \text{ min}, \quad (5)$$

kus T_m – summaarne masinaaeg

T_1 – instrumendi vahetus aeg

Ühele detaile kuluva abiaeg on 6 min. Abiaeg koosneb järgmistest komponentidest: detaili paigaldamine rakisesse, kraatide eemaldamine, kontrollmõõtmine ja ladustamine.

Tehnilise teenindamise ajaks ühe detaili kohta määratakse 0,8 min. $T_{\text{teen}} = 0,8 \text{ min}$

Arvutatakse ühele detailile kuluv aeg.

$$T_{\text{det}} = T_m + T_{\text{abi}} + T_{\text{teen}} = 27,13 + 6 + 0,8 = 33,93 \text{ min}, \quad (6) [9]$$

kus T_{det} – ühele detailile kuluv aeg

T_{abi} – abiaeg

T_{teen} – teenindusaeg

3.4. Instrumendi kulu

Selles alapunktis käsitletakse instrumentide kulu arvutamist tootmistingimustes. Arvutatakse, kui suur on lõikeinstrumentide plaatide kulu ühe aastapartii tootmiseks. Tööinstrumentide ja plaatide eluaeg on

reaalses tootmises mõõdetud aeg (v.t Lisa 1). Arvutatakse instrumentide kulu 1000 detaili tootmiseks. Saritootmise puhul on see leitav valemiga

$$L_i = \frac{A_{pr} \cdot T_m}{T_i \cdot 60}, \quad (7)$$

kus L_i – lõikeinstrumentide arv

$A_{pr} [tk]$ – aasta tootmisprogramm

$T_m [min]$ – masinaeg

$T_i [h]$ – instrumendi kasutusega kuni selle täieliku kulumiseni

Arvutatakse välja lauprees $D=100$ terikute kulu. Freesil on kasutusel korraga 7 plaati. Ühel terikul on kokku 16 lõikeserva. Ühe teriku püsivuse leidmisel korrutan lõikeservade arvu püsivusajaga. Järelikult on üheplaadi püsivus $T_i = 16 \cdot 0,7 = 11,2$ h

Arvutatakse terikute hulk ühele lõike hambale 1000 detaili tootmiseks

$$L_{tera} = \frac{1000 \cdot 5,18}{11,2 \cdot 60} = 7,7. \quad (7)$$

Arvutatakse juhusliku väljalangevus protsent

$7,7/0,95 = 8,1 \Rightarrow 9$ terikut.

Kuna freesil on kasutuses korraga 7 terikut, siis 1000 toote valmistamiseks läheb vaja

$9 \cdot 7 = 63$ terikut.

Arvutatakse välja lauprees $D=80$ terikute kulu. Freesil on kasutusel korraga 8 terikut. Ühel terikul on kokku 4 lõikeserva. Järelikult on ühe teriku püsivus $4 \cdot 1 = 4$ h.

$$L_{tera} = \frac{1000 \cdot 2,08}{4 \cdot 60} = 8,6 \text{ terikut} \quad (7)$$

Arvutatakse juhusliku väljalangevus protsent

$8,6/0,95=9,1 \Rightarrow 10$ terikut.

Kuna freesil on kasutuses korraga 8 terikut, järelikult 1000 toote valmistamiseks on vaja

$10 \cdot 8 = 80$ terikut

Arvutatakse välja laupfrees $D=63$ terikute kulu. Freesil on kasutusel korraga 6 terikut. Ühel terikul on kokku 8 lõikeserva. Teriku püsivus on reaalselt mõõdetud teriku püsivusaeg töötingimustes. Järelikult on ühe teriku püsivus $4 \cdot 1,5 = 12$ h.

$$L_{\text{tera}} = \frac{1000 \cdot 6,2}{6 \cdot 60} = 17,2 \text{ terikut} \quad (7)$$

Arvutatakse juhusliku väljalangevus protsent.

$17,2/0,95=18,1 \Rightarrow 19$ terikut.

Freesil on kasutuses korraga 7 terikut järelikult, 1000 toote valmistamiseks on vaja

$19 \cdot 6 = 114$ terikut.

Arvutatakse välja vajamineva puuride kogus. Puuride eluiga on reaalselt mõõdetud tootmisolukorras.(v.t Lisa 3.)

Arvutatakse välja puuri $D=11$ kulu. Puuri eluiga on 3h.

$$L_{\text{puur}} = \frac{1000 \cdot 1,7}{3 \cdot 60} = 8,6 \text{ puuri} \quad (7)$$

Arvutatakse juhusliku väljalangevus protsent

$9,4/0,95=9,9 \Rightarrow 10$ puuri

Vaja läheb 10 puuri

Arvutatakse välja puuri $D=6.9$ kulu. Puuri eluiga on 1,5h.

$$L_{\text{puur}} = \frac{1000 \cdot 0,23}{1,5 \cdot 60} = 1,95 \text{ puuri} \quad (7)$$

Arvutatakse juhusliku väljalangevus protsent

$$2,55/0,95=2,7 \Rightarrow 3$$

Vaja läheb 3 puuri

Arvutatakse välja puuri D=8,6 kulu. Puuri eluiga on 1,5h.

$$L_{\text{puur}} = \frac{1000 \cdot 0,83}{1,5 \cdot 60} = 9,2 \text{ puuri} \quad (7)$$

Arvutatakse juhusliku väljalangevus protsent

$$9,2/0,95=9,7 \Rightarrow 10 \text{ puuri}$$

Vaja läheb 10 puuri

Arvutatakse välja puuri D=10,3 kulu. Puuri eluiga on 1,5h.

$$L_{\text{puur}} = \frac{1000 \cdot 0,36}{1,5 \cdot 60} = 4 \text{ puuri} \quad (7)$$

Arvutatakse juhusliku väljalangevus protsent

$$4/0,95=4,2 \Rightarrow 5 \text{ puuri}$$

Vaja läheb 5 puuri

Arvutatakse välja keermepuuri M8 kulu. Keermepuuri eluiga on 1h

$$L_{\text{puur}} = \frac{1000 \cdot 0,16}{1 \cdot 60} = 2,66 \text{ keermepuuri} \quad (7)$$

Arvutatakse juhusliku väljalangevus protsent

$$2,66/0,95=2,8 \Rightarrow 3 \text{ keermepuuri}$$

Vaja läheb 3 keermepuuri M8

Arvutatakse välja keermepuuri M10 kulu. Keermepuuri eluiga on 1h

$$L_{\text{Puur}} = \frac{1000 \cdot 0,61}{1 \cdot 60} = 10,1 \text{ keermepuuri} \quad (7)$$

Arvutatakse juhusliku väljalangevus protsent

$$10,1/0,95=10,7 \Rightarrow 11 \text{ keermepuuri}$$

Vaja läheb 11 keermepuuri M10

Arvutatakse välja keermepuuri M12 kulu. Keermepuuri eluiga on 1h

$$L_{\text{Puur}} = \frac{1000 \cdot 0,22}{1 \cdot 60} = 3,66 \text{ keermepuuri} \quad (7)$$

Arvutatakse juhusliku väljalangevus protsent,

$$3,66/0,95=3,85 \Rightarrow 4 \text{ keermepuuri}$$

Vaja läheb 4 keermepuuri M12

Arvutatakse välja freesi D=10 kulu. Freesi eluiga on 2 h.

$$L_{\text{Puur}} = \frac{1000 \cdot 2,05}{2 \cdot 60} = 17,08 \quad (7)$$

Arvutatakse juhusliku väljalangevus protsent.

$$17,08/0,95=17,98 \Rightarrow 18 \text{ freesi}$$

Järelikult läheb 1000 toote valmistamiseks vaja 18 freesi.

Arvutatakse välja viimistluspea plaatide kulu. Viimistluspeal on kasutusel korraga 1 plaat. Ühel plaadil on kokku 2 lõikeserva. Järelikult on üheplaadi püsivus $2 \cdot 1,5 = 3$ h

$$L_{\text{tera}} = \frac{1000 \cdot 5,5}{3 \cdot 60} = 30,5 \text{ plaati} \quad (7)$$

Arvutatakse juhusliku väljalangevus protsent.

$$30,5/0,95=32,1 \Rightarrow 32 \text{ plaati}$$

Järelikult 1000 toote valmistamiseks läheb vaja 32 plaati

Aasta toodangu instrumendid on toodud koondtabelis (v.t Lisa 2)

3.5. NC juhtprogrammi

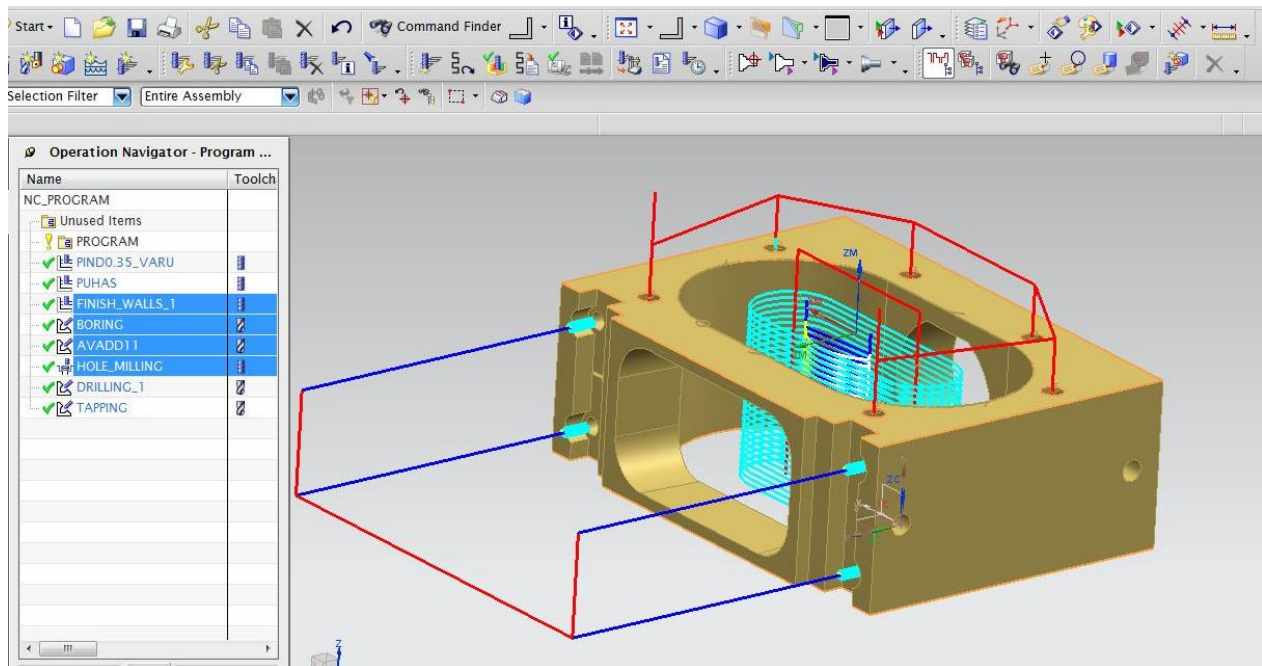
Selle alapunktis käsitletakse NC juhtprogrammi koostamist ja masinate seadistamist. NC programmi koostamiseks kasutatakse tarkvara paketti Siemens NX 8.5. Antud programmi pakett on mõeldud nii CAD kui ka CAM programmide tegemiseks. Programm võimaldab teostada visuaalset simulatsiooni loodud programmis. Simulatsioonis on näha tööriistade liikumine ja töörajad. Samuti on näha töödeldavaid pindu ja saadud tulemust. Programmide loomisel kasutatakse detaili 3D mudelit. Samuti on võimalik simulatsioonis näha töötlemiskeskuse 3D mudelit. See võimaldab keeruliste programmide puhul ennetada kokkupõrkeid ja mittevajalikke liikumisi programmis

NC programmi tegemiseks kasutatakse CAM funktsiooni. NX 8.5 on Siemensi viimase põlvkonna CAM süsteem. Antud süsteem võimaldab teha programmi nii 3-,5-, kui ka 7- teljelistele töötlemiskeskustele.

NC programmis koostamiseks tuleb süsteemi sisestada tööriistad ja nende tehnilised andmed. Programmi loomisel tuleb arvestada tööriista pikkust ja läbimõõtu. Korrektselt tuleb määrata instrumendi lõikehammaste arv. Lõikehammaste arvu kasutab programm lõikerežiimide arvutamisel. Programm võimaldab luua täieliku instrumendi mudeli, mis võimaldab täpselt jälgida tööriista liikumist ja vältida kokkupõrkeid detaili ja instrumendi vahel.

Iga siirde jaoks tuleb luua oma töörada (vt. Sele 3.2). Tööriista loomisel tuleb jälgida, et loodav töörada ei läheks vastuollu freesile lubatud liikumistega. Samuti tuleb tagada, et tööspindlil oleks vaba liikumisruum ja ei tekiks kokkupõrget spindli ja detaili vahel.

Programmi koostamist alustatakse detaili 3D mudeli toomisega töökeskkonda. Seejärel defineeritakse programmis töödetail, toorik ja rakis. Järgmisena alustatakse tööradade loomist detailile. Iga siirde jaoks valitakse vastav tööriist ja määratakse lõikeparameetrid. Siirde loomist alustatakse pindade valimisega. Tööradade loomisel tuleb järgida õiget tehnoloogilist järjekorda.



Sele 3.2

Tööradade loomine programmis Nx 8.5

4. RAKISE PROJEKTEERIMINE

Rakise projekteerimisel tuleb lähtuda töötlemiskeskuse poolt seatavatest piirangutest ja võimalustest. Tuleb arvestada masinate eripära. Rakis peab olema lihtsalt ümber paigutatav paindootmiskeskuse erinevatesse tööpinkidesse.

- Töötlemiskeskuse poolt seatud nõue eeldab detaili töötlemisel, et kui pöörteelg B on pööratud 180° peab detaili alumine serv olema töölauast vähemalt 120 mm kõrgusel.
- Rakis peab olema projekteeritud nii, et detail valmistatakse ühes operatsioonis.
- Rakis peab tagama töötlemis võimalused, mis tagavad joonisel nõutud täpsuse.
- Projekteeritud rakis on kahes paigalduses. Nendes kahes positsioonis on võimalik teostada detaili valmimiseks vajalikud operatsioonid.

Rakis on valmistatud 600x300x70 mm terasplaadile. Plaadile on asetatud 50 mm kõrgused toed. See tagab, et detail oleks töölaualt 120 mm kõrgusel. Detail asetatakse tugedele. Detaili positsioneerimiseks kasutatakse tihvte. Detail on kinnitatud rakisesse kahe klambriga.

Rakise kinnitusjõudude arvutamisel lähtuti siirdest, kus potentsiaalselt esineb kõige suurem löikejõud ning arvutati siirdel vajaminevad kinnitusjõud. Kuna mõlemas rakise paigalduses teostavates operatsioonidest on potentsiaalselt kõige suuremad löikejõud samasugustes operatsioonides, siis arvutan vajamineva kinnitusjõu ühele operatsioonile.

Arvutatakse pinnakoorimisel tekkivad lõikejõud.

Arvutatakse vajaliku võimsuse kW

$$P_c = \frac{a_p * a_e * V_f * K_c}{60 * 10^6 * \eta}, \quad (8)$$

[4]

kus a_p [mm] – lõikesügavus

a_e [mm] – Lõikelaius

K_c [MPa] – Materjali erilõikejõud

P_c [kW]- vajalik võimsus

$$P_c = \frac{2,5 * 70 * 802 * 3000}{60 * 10^6 * 0,8} = 8,7 \text{ kW} \quad (8)$$

Arvutatakse pöördemoment:

$$M = \frac{9548 * P_c}{n} = \frac{9548 * 8,7}{573} = 145 \text{ Nm}, \quad (9)$$

kus M [Nm] – pöördemoment

n [p/min] – spindli pöörlemiskiirus

Arvutatakse mõjuvt lõikejõud:

$$M = F * L \Rightarrow F = \frac{M}{L} = \frac{145}{0,05} = 2899 \text{ N},$$

kus L - jõuõlg 1/2 D freesi

Freesimisel mõjuv lõikejõud on $F \approx 2,9 \text{ kN}$

Lõikejõud puurimisel.

Arvutatakse A-laastu ristlõige lõikeserva kohta.

$$A = \frac{d \cdot f_z}{4} = \frac{11 \cdot 0.15}{4} = 0,412 \text{ mm}^2 \quad (10)$$

[10: 338]

Arvutatakse F_c - lõikejõud lõikeserva kohta.

$$F_c = 1,2 \cdot A \cdot K_c \cdot C,$$

kus K_c – erilõikejõud N/mm^2

C – Lõikekiiruse parandustegur

$$F_c = 1.2 \cdot 0,412 \cdot 2250 \cdot 1.1 = 1223 \text{ N}$$

Arvutatakse lõikevõimsus

$$P_c = \frac{z \cdot F_c \cdot V_c}{2} = \frac{2 \cdot 1223 \cdot 70}{2 \cdot 60s} = 1426 \text{ W} = 1.4 \text{ kW}$$

Arvutatakse pöördemoment:

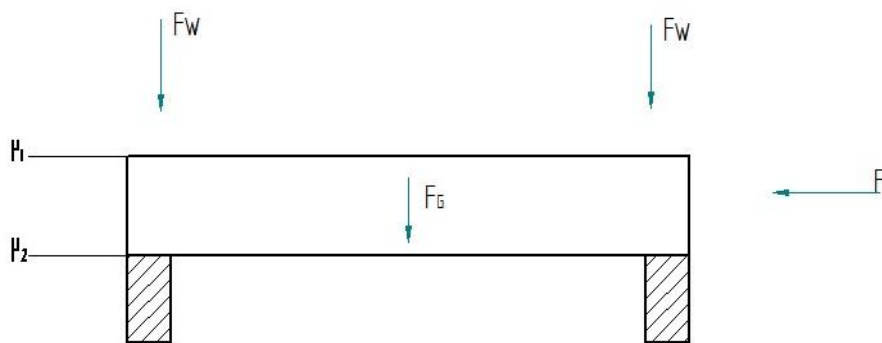
$$M = \frac{9548 \cdot 1.4}{2027} = 6.6 \text{ Nm} \quad (9)$$

Arvutatakse mõjuv lõikejõud:

$$M = F * L \Rightarrow F = \frac{M}{L} = \frac{6,6}{0,005} = 1319 \text{ N} = 1,3 \text{ kN}$$

Kinnitusjõu arvutamine

Arvutan detaili kinnitamiseks vajalikud kinnitusjõud.



Sele 4.1 Kinnitusjõu skeem

kus $F_w [N]$ – Kinnitus jõud

$F_G [N/kg]$ – Raskusjõud

$F [N]$ – Lõikejõud

Arvutatakse kinnitusjõud pinnakoorimis operatsioonile, kuna pinnafreesimisel mõjuvad teostatavates operatsioonidest suurimad lõikejõud.

Tasakaaluvõrrand antud skeemi kohta (vt. Sele 4.1):

$$\mu_1 * 4F_w + \mu_2 * F_G - k_x * F = 0 \quad (11)$$

[2: 25]

kus μ_1, μ_2 Hõõrdekoefitsient detaili ja rakise vahel.

$$\mu_1, \mu_2 = 0,2$$

k_x – riskitegur jäikadele kinnitussüsteemidele, valitud $k_x = 2,5$

$F = 2899 \text{ N}$ freesimisel mõjuv löikejõud

$$F_G = m * g = 8,76 * 9,8 = 876 \text{ N},$$

kus $m [kg]$ – tooriku mass

$g [m/s^2]$ – raskuskiirendus

Vastavalt tasakaaluvõrrandile arvutatakse kinnitusjõud

$$F_w = \frac{k_x * F - \mu_2 * F_G}{\mu_1 + \mu_2} = \frac{2,5 * 2899 - 0,2 * 876}{0,2 + 0,2} = 13745 \text{ N}$$

[2: 25]

Klambrid ja rakise valmistamiseks vajalikud detailid valiti standardse rakise valmistamise toodete seast. Klambrite valikul tuleb arvestada vajaminevat kinnitusjõudu. Samuti tuleb arvestada rakise konstruktsioonist tulenevaid eripärasid. [5]

Valitud standardtooted on toodud rakise detailide maksumuse tabelis Tabel 5.

Tabel 5 Rakise detailide maksumus

Toode	Tähis	Tootja	Maksumus, EUR/tk	Kokku EUR
Reguleeritav Astme klamber	04205-16	Norelem	39.-	78.-
Nokk klambrid reguleeritava tallaga	04193-1214	Norelem	28.-	56.-
Tugipakud	02041-212050	Norelem	12.-	144.-
Rakise alusplaat				165-
Tihvtid				38.-
Töötlemis kulud				220.-
Kokku:				701.-

5. MAJANDUSLIK OSA

Majandusliku osa eesmärk on välja arvutada toote valmistamishind antud projektis koostatud tehnoloogia alusel. Valmistamishinna arvutused on läbi viidud eeldusel, et aastapartii suurus on 1000 detaili aastas ja tehtud investeeringud tööriistadesse ja rakisessse tasuvad ühe aastapartii jooksul.

Arvutada toote valmistamiskulud ühele tootele. Ettevõttel on arvutatud välja tunnihind, kuhu on arvestatud kõik kulud, mis ei ole seotud toorme ja kulumaterjalidega. Selleks hinnaks on 64,45 EUR/h.

Arvutan tootmise põhiaja maksumuse ühe detaili kohta.

Ettevõtte tunnihind on 64,45 EUR/h. Detailile kuluv aeg 33,93min ehk 0.57 h

$$64,45 * 0,57 = 36,74 \text{ EUR}$$

Instrumentide maksumus.

Toote valmistamishinnas arvestati 30 % tööriista mitte kuluosade maksumusest. Instrumendi maksumus on toodud tabelis 6.

Tabel 6. Instrumentide maksumus

Instrument	Maksumus, EUR	Antud projektile 30%, EUR
Laupfrees D=100mm + freestorn L=60mm	647,76	194.32

Laupfrees D=63 + Freestorn L=100mm	504,31	151,29
Laupfrees D=80 + Freestorn L=50mm	403,29	120,98
Viimistlus pea D=100-130+ kinnitus	1139,91	341,97
Kinnitustsangid puuridele ja freesidel	852,25	255,67
Tsang padrunid	281,75	84,52
Kokku:	3829,27	1148,75

Arvutatakse tööriista kuluosa maksumus aastapartiis ühe detaili kohta teades, et tööriistade kuluosa maksumus on 6324,2 eurot aastas.

$$6324,2 / 1000 = 6,32 \text{ EUR}$$

Arvutatakse instrumentide investeering aastapartiis teades, et investeeringu maksumus on 1145,75 eurot.

$$1148,75 / 1000 = 1,14 \text{ EUR}$$

Arvutatakse rakise maksumus detaili kohta aastapartiis.

$$701 / 1000 = 0,70 \text{ EUR}$$

Arvutan toote valmistamishinna aastapartii kohta.

$$36,73 + 6,32 + 1,14 + 0,7 = 44,89 \text{ EUR}$$

Arvutatakse ühe detaili valmistamise hind 1000 detaili tootmise puhul.

Tabel 7 Ühe detaili valmistamise hind

Detaili maksumus EURtk	aja Kuluosa maksumus EUR /tk	Instrumendi investeering EUR /tk	Rakise maksumus	Kokku, EUR/tk
36,73	6,32	1,14	0,7	44,89

Vana ja uue tehnoloogia maksumuse võrdlus. Arvutatakse välja vana tehnoloogia järgi ühe detaili maksumuse teades, et ühe detaili valmistamiseks kulus 2,35 h. Ettevõtte tunni hind on 20 EUR/h.

$$20 \cdot 2,35 = 51,7 \text{ EUR}$$

Arvutatakse välja vana tehnoloogia ja uue tehnoloogia maksumuse erinevuse.

$$51,7 - 44,89 = 6,81 \text{ EUR}$$

Klient võib antud projektis välja töötatud tehnoloogiaga 6,81 eurot detaililt. Järelikult on kliendil kasumlik ja mõistlik kasutada antud detaili tootmiseks uut tehnoloogiat.

KOKKUVÕTE

Lõputöö käigus töötati välja uus tehnoloogia toote pumbakorpuse töötlemiseks paindtootmiskompleksis. Antud tehnoloogia väljatöötamise käigus kaasajastati antud toote valmistamistehnoloogiat. Tehnoloogia töötati välja paindtootmiskompleksi FMS-XDM põhjal, lähtudes antud kompleksi võimalustest. Antud tehnoloogia lähtus 5-teljelise freesimiskeskuse kasutamisest. Tehnoloogia loomise käigus oli kaks keerulist momenti. Esimeseks oli instrumentide valik. Instrumentide valikul tuli hoida tehtavate investeeringute maht väike, kuid ei tohtinud kaotada masinaajas. Lisaks tuli lahendada $D=11$ mm avade töötlemine. Õeldud siirde puhul oli rakse määrata lõiketöötlemise parameetreid. Kuna tegemist oli sügavavaga, tuli leida sobiv ettenihe, mis tagaks laastu õige murdumise ja eemaldumise. Kuigi laastu eemaldamiseks kasutati kõrgel surveel läbijahutust, oli probleemiks laastu kogunemine laastueemaldussoonde.

Antud tehnoloogia välja töötamisega saavutati seatud eesmärid ning saavutati toote valmistamisel efektiivsem tulemus. Uue tehnoloogiaga kulub ühe detaili valmistamiseks 33 min 53 sek.

Detaili valmistamise maksumuseks kujunes 44,89 eurot, mis 6,81 eurot madalam võrreldes eelnevaga.

Paindtootmiskompleksis tootmiseks on sobivad suuregabariidilised või keerukate pindadega detailid. Selleks, et süsteemi võimalikult efektiivselt kasutada, peaksid tooted olema seeriatootmises. See võimaldab luua tehnoloogiaid kus on kasutusel rakised ja süsteemi on võimalik käitada automaatselt. Projektis käsitletud toode sobib tootmiseks paindtootmiskompleksis, juhul kui tegemist on saritootmisega. Toote aastapartii peab olema vähemalt 1000 detaili.

SUMMARY

The title of the thesis is „Product Technology Implementation in the Flexible Manufacturing System“. This project deals with the product development and technological modernization of a product, following the example of a manufacturing enterprise in Estonia. Product technology development is carried out based on the modern flexible manufacturing complex FMS XMD. The flexible manufacturing complex is the most modern and efficient manufacturing method, which enables to automate the production to a large extent, thus reducing the relevance of people in the production process.

The objectives were to develop an appropriate and modern technology for the production of the pump casing. The developed technology is intended to provide a more efficient means of manufacturing the parts. The manufacturing costs of the parts must also be calculated. These factors had to be considered to evaluate the suitability of the product for the FMS.

The project has developed a new and modern technology for the manufacturing of the product. It was necessary to monitor that the investment for completing the entire project would be minimal during the development of the technology. The technology was developed in view of 5-axis operating centers. The choice of tools was based on the optimal choice which would enable the best performance. A mount was designed for the product that made it possible to create the part in the course of a single operation.

This project developed a technology for making parts more efficiently and economically profitably than it was possible with prior technology. The project therefore met its stated objectives. This project led to the conclusion that the product is suitable for manufacture in the FMS system in case of serial production.

The flexible manufacturing system FMS XMD is useful for producing big gauge or complex surfaces with high accuracy, as well as classic products. This ensures the most efficient use of the system.

VIIDATUD ALLIKAD

1. Anvelt, J., Riives, J., MECA teel kõrgtehnoloogilise tootmise suunas. Inseneeria 49, lk 30-31
2. Buschmann H. (2008) Rakisete projekteerimine. Tallinn: Tallinna Tehnikakõrgkool,
3. DMC 100 U duoblock Kasutusjuhend (2012) 2258
4. DMC 80 FD duoblock Kasutusjuhend (2012) 2259
5. Flexible manufacturing system Users manual 25808 Mechatronics association (2012) 5.0.1
6. Mitsubishi materials. (2012) General catalogue Turning tools/ Rotating Tools.
7. NoremlemTootekataloog.[WWW] <https://www.norelem.de/App/WebObjects/XSeMIPSNORELEMDE.woa/cms/page/locale.enDE/pid.7.98/Shop-basket.html> (20.05.2013)
8. Riives, J. (2011) Uuenduslik tootmine käsiraamat. Tallinn TTÜ kirjastus
9. TTÜ Masinaehituse instituut. Metoodilised materjalid detaili tehnoloogilise protsessi ja omahinna arvutamiseks. [WWW] <http://innomet.ttu.ee/oppetoo/ayx/Ainetoojuhend.pdf> (20.05.2013)
10. TTÜ Mehaanikateaduskond, (2012). Mehaanikainseneri käsiraamat. Tallinn TTÜ Kirjastus

LISAD

Lisa 1. DMC 100 U duoBLOCK® tehnilised parameetrid

X- / Y- / Z-telg	Mm	1000/1250/1000
B- telg		210
C-telg		360
Peaajami võimsus (40 % DC)	kW	40
Spindli max pöörded	rpm.	18000
Kiirliikumise kiirus X/Y/Z	m/min	60
Tööriista kohti		60
Töölaua mõõtmed	Mm	1000x800
Kandevõime	Kg	2000
Tööriista kinnitus		HSK 63

Lisa 2. DMC 80 FD duoBLOCK® tehnilised parameetrid

X- / Y- / Z-telg	mm	800/1050/800
B- telg		180
C-telg		360
Peaajami võimsus (40 % DC)	kW	28
Spindli max pöörded	rpm.	1200
Kiirliikumise kiirus X/Y/Z	m/min	60
Tööriista kohti		60
Töölaua mõõtmed	mm	800
Kandevõime	kg	1000
Tööriista kinnitus		HSK 63
Töölaua kiirus treimis funktsioonil	rpm.	800

Lisa 3. Instrumentide koond tabel.

Instrument	Valmistaja	Hind eur/tk	Masinaeg T_m , min	Püsivus aeg T_p , h	Li, tk	Hind, eur
Laupfrees D=100mm	Mitsubishi	12,76	5,18	0,7	63	803,88
Laupfrees D=63	Mitsubishi	10,87	6,2	1,5	114	1239,18
Laupfrees D=80	Mitsubishi	6,61	2,08	1	80	528,8
Viimistlus pea D=100	Mitsubishi	4,68	5,5	1,5	32	149,76
Puur D=11	Mitsubishi	146,7	1,7	3	10	1467
Puur D=6,9	Ecostar	46,12	0,23	1,5	3	138,36
Puur D=8,6	Ecostar	42,31	0,83	1,5	10	432,1
Puur D=10,3	Ecostar	60,46	0,36	1,5	5	302,3
Keermepuur M8	Yamaha	22,78	0,16	1	3	68,34
Keermepuur M10	Yamaha	26,31	0,61	1	11	289,41
Keermepuur M12	Yamaha	35,82	0,22	1	4	143,28
Frees D10	Mitsubishi	42,32	2,05	2	18	761,76
Kokku:						6324,17

Lisa 4. Masinaegade koond tabel

Instrument	Siire	Pind	Masinaeg Tp, min
AHX640S-100 B07AR	Koorivtöötlus	A	0,93
		C	0,93
		E	1
		F	1
		B	1,32
ASX445-080A08R	Puhastöötlus	A	1.04
		C	1.04
VOX400-063A06R	Koorivtöötlus	Siseava	6,2
MS3MC1000E	Vabastused	D	2,05
MVS80-36(100-130)	Puhastöötlus	Siseava	5,5
EC5170811000	Avade puurimine	A	1,7
Instrument	Siire	Pind	Masinaeg Tp, min
EC5170811000	Avade puurimine	D	0,42
		B	0,41

EC5170810000	Avade puurimine	E	0,18
		F	0,18
EC517086000	Avade puurimine	B	0,23
YAM9726N100	Keermestamine	D	0,31
		B	0,31
YAM9726N120	Keermestamine	E	0,11
		F	0,11
YAM9726N80	Keermestamine	B	0,16
		Kokku:	25,13