



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Jyrki Auerkari

# Robotin monitoimitarttujan suunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööritutkinto

Konetekniikka

Opinnäytetyö

16.1.2021

Tekijä Otsikko	Jyrki Auerkari Robotin monitoimitarttujan suunnittelu
Sivumäärä Aika	18 sivua 16.1.2021
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Konetekniikka
Ammatillinen pääaine	Koneautomaatio
Ohjaajat	Lehtori, Heikki Paavilainen Senior automation designer, Ari Karttunen
<p>Insinööriyössä suunniteltiin teollisuusrobotille monitoimitarttuja, joka oli osana suurempaa projektia. Projektin tarkoituksena oli luoda kustannussäästöjä rakentamalla yrityksen omiin tuotantotiloihin tampopainosolu, joka valmistaa pipetinkärkien kotelon kansia. Työn tavoitteena oli tehdä tarkka suunnitelma monitoimitarttujasta, joka siirtelee tuotteita tuotantosolun eri pisteille. Tarttujasta täytyi tehdä kaikki tarvittavat dokumentit, joiden pohjalta sen pystyisi valmistamaan. Työssä keskitytään erityisesti monitoimitarttujan mekaniikan suunnitteluun.</p> <p>Projekti aloitettiin suunnittelemalla tampopainosolu, jonka aikana syntyi vaatimukset tarttujalle. Tampopainosolun rakenne ja toimintaperiaate esitellään insinööriyössä, mutta sen suunnitteluun ei syvennytä. Monitoimitarttujasta valmistui kolmiulotteinen tietokonemalli, joka täytti kaikki tuotantosolun asettamat vaatimukset. Tuotantosolun rakentamisen aloitus viivästyi, jonka seurauksena valmistus ja testaaminen jäi uupumaan insinööriyöstä.</p>	
Avainsanat	tuotantosolu, robotintarttuja, suunnittelu

Author Title	Jyrki Auerkari Design of a Multi-Functional Robot Gripper
Number of Pages Date	18 pages 16 January 2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Professional Major	Machine Automation
Instructors	Heikki Paavilainen, Senior Lecturer Ari Karttunen, Senior Automation Designer
<p>This Bachelor's thesis consists of designing an industrial robot's multi-functional gripper, which is part of a larger project. The project's goal was to create cost savings by building a production cell in the company's premises. The production cell manufactures injection molded plastic lids for product packaging containing consumable pipette tips. The objective was to make a design for a multi-functional gripper, which performs all the production cell's tasks. All necessary documentation had to be done so that all the parts and components could be ordered. The thesis focuses mainly on the mechanical designing perspective.</p> <p>The project was started by first designing all the other parts of the production cell, and during this process, the requirements for the gripper were examined and defined. In addition, the construction and principles of the production cell are briefly explained.</p> <p>As a result, a 3D model of the multi-functional gripper was created, which met all the given requirements. However, the production cell's construction work was delayed, and therefore the manufacturing and testing of the designed gripper were not included in this thesis.</p>	
Keywords	production cell, robot gripper, design

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tampopainosolun esittely	1
2.1	Valmistettava tuote	1
2.2	Tuotantosolun layout	2
2.3	Tuotantosolun toiminta	2
2.3.1	Ruiskuvalu	2
2.3.2	Tampopainoasema	3
2.3.3	Pakkauslaatikkoon pinoaminen	3
2.4	Tampopainokoneen toiminta	3
3	Monitoimitarttujan vaatimukset	5
3.1	Massa	5
3.2	Geometriset rajoitteet	5
3.3	Muut vaatimukset	5
3.4	Toiminnot	6
4	Suunnittelu	6
4.1	AloitUS	6
4.2	Tartuntamekanismi	6
4.3	Rungon suunnittelu	8
4.4	Kannen kääntömekanismi	9
4.4.1	Kääntömekanismin vaatimukset	9
4.4.2	Kääntömekanismin vaihtoehdot	9
4.4.3	Kääntötoiminnon ratkaisu	9
4.4.4	Jakomitan muutoksen toteutus	10
4.5	Välipahvin siirto	12
4.5.1	Pahvin tartunta	12
4.5.2	Imukuppipään kääntömekanismi	13
4.5.3	Sylinterin valinta	14
4.6	Pikakiinnike ja kaapelointi	16
5	Tulokset	17

6 Yhteenveto

18

Lähteet

19

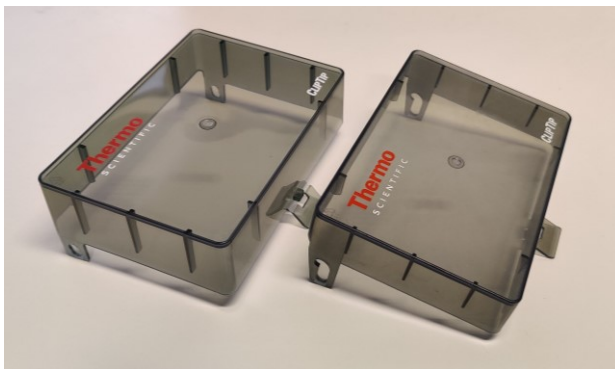
## 1 Johdanto

Thermo Fisher Scientific on globaali yritys, joka kehittää ja valmistaa laboratorionstrumentteja ja -tuotteita (1, s. 1). Suomen toimipisteet ovat Vantaalla ja Joensuussa. Kertakäyttötuotteet, kuten pipetinkärjet valmistetaan Joensuun tehtaalla, johon opinnäytetyöni tein. Projektin tavoitteena oli luoda kustannussäästöjä rakentamalla automaattinen tuotantosolu, jonka avulla yritys voi itse valmistaa pipetinkärkien koteloiden kannet. Esittelen tuotantosolun rakenteen ja sen toimintaperiaatteen, koska ne ovat tärkeä ymmärtää ennen kuin voi edetä varsinaiseen aiheeseen. Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella robotin monitoimitarttuja, joka on osana tuotantosolua. Keskityn suunnittelemaan tarttujan mekaniikan. Tavoitteena oli luoda tarkka suunnitelma monitoimitarttujasta, joka pystyisi suoriutumaan kaikista sille asetetuista tehtävistä.

## 2 Tampopainosolun esittely

### 2.1 Valmistettava tuote

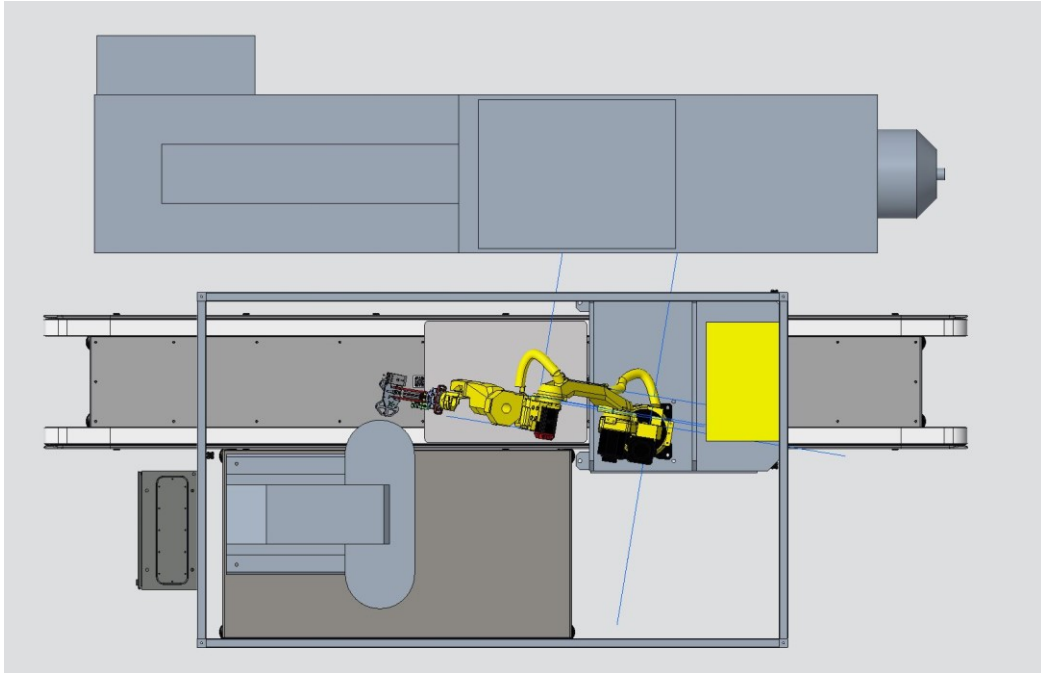
Tuotantosolussa käsiteltävä tuote on erään tuoteperheen pipetinkärkien kotelon kansiosa. Kansi on ulkomitoiltaan noin 125 x 86 x 23 millimetriä ja se on valmistettu ruiskuvalamalla polypropeeni muovista. Kansia on kahta eri korkeutta, jotka ovat 23 ja 32 millimetriä.



Kuva 1. Valmiit kannet.

## 2.2 Tuotantosolun layout

Tuotantosolu koostuu ruiskuvalukoneesta, robotista, tampopainokoneesta ja kuljettimesta. Laitteet ovat sijoitettu niin, että yksi robotti ylettää siirtelemään valmistettavaa tuotetta kuhunkin työvaiheeseen.



Kuva 2. Tampopainosolun pohjapiirustus

## 2.3 Tuotantosolun toiminta

### 2.3.1 Ruiskuvalu

Automaattinen tuotantosolu rakennetaan kiinni ruiskuvalukoneeseen niin, että ruiskuvalukoneelta voidaan ottaa valmistettavat kannet suoraan käsittelyyn. Ruiskuvalukone valaa kaksi kantta kerrallaan. Muotti avataan, kun valetut kannet ovat jähmettyneet sen verran, että ne pitää muotonsa. Pukkaritapit työntävät tuotteet irti muotista, jonka jälkeen kannet voivat edetä linjastolla. Muotin auettua, tarttujalla varustettu robotti ajetaan tarkasti kansien kohdalle. Tarttuja ottaa kansista kiinni ja vie ne pois muotin välistä.

### 2.3.2 Tampopainoasema

Robotti kuljettaa kannet tampopainokoneen luona olevalle kuljettimelle ja se jättää ne sinne. Tampopainokoneessa käytetty kuljetin on toteutettu ketjumaisella rakenteella. Kuljettimeen on räätälöity kansia varten itsekohdistavat asemat, joihin robotin on helppo ja nopea jättää tuotteet paikoitustarkkuudesta tinkimättä. Kuljetin siirtää kansia leimauspään alle, missä niihin painetaan yrityksen logo ja tuotenimi. Tekstit painetaan kannelle kahdella iskulla, koska kannessa käytetään punaista ja valkoista mustetta. Tampopainokoneen kuljetin siirtää kannen eteenpäin, kohtaan mistä robotti voi tarttua siihen uudelleen.

### 2.3.3 Pakkauslaatikkoon pinoaminen

Robotti siirtää valmiin tuotteen laatikkoon, johon kansia kerätään odottamaan pakkausvaihetta. Laatikko sijaitsee robotin alapuolella kahden kapean kuljetinhihnan päällä. Kansia asetetaan laatikkoon useampaan kerrokseen. Jokainen kerros jaetaan välipahvilla, koska kansia ei ole suunniteltu pinottaviksi. Välipahvi asetetaan laatikkoon saman robotin avulla. Laatikon täytyttyä kuljetinhihnat siirtävät laatikkoa eteenpäin linjastolla. Täyden laatikon siirryttyä pois alta, siirtyy tyhjä laatikko täyden laatikon tilalle ja sama prosessi toistuu uudelleen.

Tuotantotyöntekijän on tuotava kuljetinhihnalle tyhjiä laatikoita ja vietävä täysiä laatikoita eteenpäin pakattavaksi. Prosessin täytyy pysähtyä vain silloin, kun tampopainokoneesta loppuvat musteet tai välipahvit. Kaikki muut kohteet ovat huollettavissa niin, ettei tuotantosolua tarvitse pysäyttää.

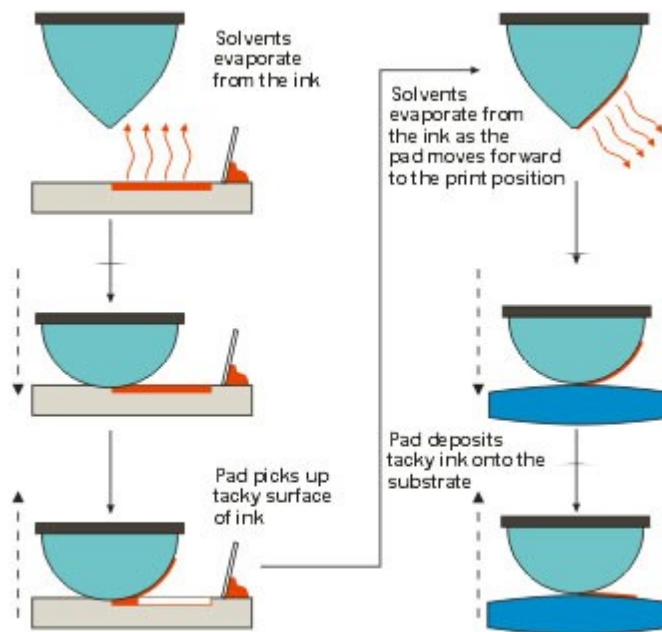
## 2.4 Tampopainokoneen toiminta

Tampopainotekniikassa siirretään mustetta painolaatasta tuotteeseen silikonityynyn avulla. Muste annostellaan kiillotetulle painolaatalle, johon on syövytetty tässä tapauksessa yrityksen logo ja tuotenimi. Muste hakeutuu kiillotettua pintaa matalampiin kohtiin ja ylimääräinen muste pyyhitään pois. Tuloksena muste on annosteltu tarkasti haluttuun muotoon.



Kuva 3. Musteen annostelutekniikka (2, s. 2).

Muste muuttuu tahmeaksi, kun liuotin haihtuu pois musteen pinnasta. Tämän jälkeen muste voidaan siirtää painolaatasta silikonityynyn pintaan. Siirto tapahtuu tyynyä painamalla painolevyä vasten. Siirron aikana muste muuttuu tahmeaksi myös toiselta puolelta mustekerrosta. Silikonityyny on mustetta hylkivää, jonka seurauksena muste tarttuu lujemmin kannen puolelta. Tyynyn pinta jää tällöin puhtaaksi.



Kuva 4. Musteen siirtotekniikka (2, s. 3).

### 3 Monitoimitarttujan vaatimukset

#### 3.1 Massa

Tarttujalle annettiin vaatimuksia sen toimintaympäristön mukaan. Tärkeimpinä vaatimuksina oli tarttujan massa, fyysiset mitat ja toiminnallisuus. Massa määräytyi suoraan tuotantosoluun valitun Fanuc M-10iA/10M nivelvarsirobotin maksimaalisen nostokapasiteetin mukaan. Kyseinen robotti kykenee käsittelemään tehokkaasti ja luotettavasti 10 kilogramman painoista kappaletta robotin ranteen kohdalla, joka on robotin kauimmainen nivel (3, s. 1).

#### 3.2 Geometriset rajoitteet

Geometriset rajoitteet määräytyivät pääosin ruiskuvalukoneen mukaan. Tarttujan täytyy olla tarpeeksi pieni, jotta se mahtuisi muotin väliin. Ahtain paikka on ruiskuvalukoneen johdeväli. Ruiskuvalumuotti liikuu näiden johteiden välissä. Ruiskuvalukoneen valmistajan kuvien mukaan johteiden välissä on tilaa 420 millimetriä (4, s. 5). Lisäksi tarttujassa täytyisi olla vartta sen verran että robotti ylettäisi kaikkiin solun työpisteisiin.

#### 3.3 Muut vaatimukset

Tarttujan täytyy myös pystyä tarttumaan kiinni muovikannesta niin, ettei siihen jäisi minkäänlaisia jälkiä. Tartuntamekanismi täytyy olla varmatoiminen, jottei siirrettävä tuote pääse putoamaan tai tuotteen paikoitusasema muuttumaan siirron aikana. Vaikka käsiteltävä tuote itsessään on todella kevyt, täytyy tarttujan rungon olla riittävän jäykkä, ettei se taipuisi oman painon vaikutuksesta. Tämä vaikuttaa merkittävästi tarttujan kestävyteen ja paikoitustarkkuuteen. Kaiken tulisi olla sen verran ylimitoitettua, jotta huollon tarve olisi minimaalista. Koska tarttujaa puhdistetaan ja desinfioidaan säännöllisesti, täytyisi sen kestää vahvaa alkoholi pohjaista puhdistusainetta.

### 3.4 Toiminnot

Robotin monitoimitarttujalla oli kolme päätehtävää.

1. Noutaa muotin välistä kannet ja viedä ne tampopainokoneelle.
2. Siirtää leimatut kannet tampopainokoneelta laatikkoon.
3. Asettaa välipahvi laatikkoon jokaisen täyden kerroksen väliin.

## 4 Suunnittelu

### 4.1 Aloitus

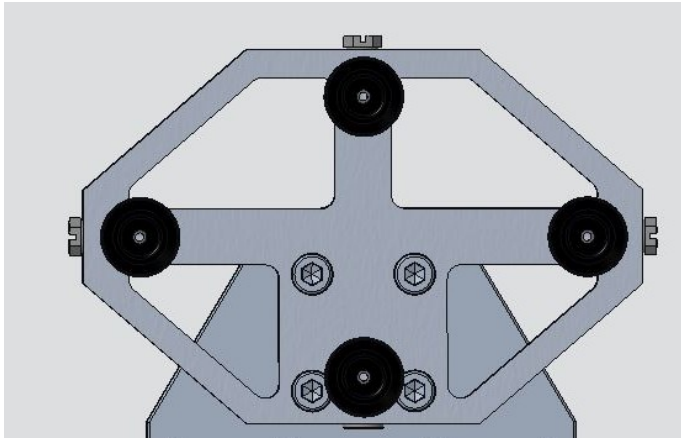
Robotin monitoimitarttujan suunnittelu aloitettiin käymällä perusteellisesti läpi tampopainosolun asettamat vaatimukset. Tämä tarkoitti sitä, että tuotantosolusta täytyi ensin tehdä suunnitelma, jotta näkisi miten kaikki koneet asettuisivat sen sisään. 3D-malliin koottiin valmiita kokoonpanoja, kuten fanuc-robotti ja jos valmiita malleja ei ollut saatavilla niin sellaiset mallinnettiin. Kuvasta kaksi voi havainnoida tuotantosolun pohjapiirustuksen. Teollisuusrobotti asetettiin keskeiselle paikalle, mistä se pystyy kurottamaan kaikkiin työpisteisiin. Tämän suunnitelman pohjalta oli hyvä jatkaa itse tarttujan suunnitteluun. Kaikki suunnitelmat esiteltiin ja hyväksyttiin yrityksen sisäisissä suunnittelupalavereissa. Palavereihin osallistui sähköautomaatio- ja mekaniikka-asiantuntijoita, joilla on paljon kokemusta vastaavanlaisista projekteista. Kaikki mallinnukset ja valmistuskuvat on tehty Creo 5.0 3D-mallinnusohjelmistolla.

### 4.2 Tartuntamekanismi

Tuotteesta oli saatava jotenkin ote sitä vaurioittamatta millään tavalla. Tämä sulki pois kouramaiset tarttujamekanismit, sillä ne aiheuttaisivat kanteen herkästi muodonmuutosta, tai muita näkyviä jälkiä. Tähän ongelmaan kuitenkin löytyi yksinkertainen ratkaisu.

Kansi on todella kevyt, joten siihen ei tarvitsisi suurta voimaa kannattelemaan sitä tukevasti. Kannen pinta on suhteellisen suora ja sileä, joten se olisi ideaalinen paikka käyttää imukuppia. Imukuppivalmistajien taulukoista pystyi mitoittamaan, minkä kokoinen imukuppi riittäisi kannattelemaan kannen painon. Taulukot kuitenkin kertoivat pitovoiman staattiselle kappaleelle, joka ei vastaisi robotti sovelluksen dynaamisia voimia. Lisäksi imukupin helman ohivuotoa olisi hankala määrittää, joten taulukoiden arvoja pystyi käyttämään vain suuntaa antavina. Onneksi muutamaa erikokoista imukuppia oli saatavilla ja niitä pääsi testaamaan fyysisesti kannen kanssa. Jo 10 millimetrin halkaisijalla oleva imukuppi riitti kannattelemaan kannen painon, mutta se ei kuitenkaan aivan riittänyt, kun kantta liikutteli ripein liikkein. Halkaisijaltaan 16 millimetrin imukuppi piti kantta jo lujasti kiinni, vaikka kantta heilutti rajummin.

Imukuppeja testatessa ilmeni kuitenkin se, ettei yksi imukuppi riittäisi. Imukuppi ei pysynyt kohtisuorassa kanteen nähden, vaan se jousti pallonivelen tavoin. Imukuppeja täytyi siis olla neljä kappaletta, jotta kansi pysyisi tukevasti paikoillaan koko siirron ajan. Imukuppien määrä ei ollut kuitenkaan ongelma, koska kansi on tartuntapinnaltaan riittävän suuri. Imukuppien määrän kasvaessa olisi voinut niiden halkaisijoita pienentää, mutta päätettiin, että tartuntavoima voi olla reilusti ylimitoitettu varman toiminnan takaamiseksi. Esimerkiksi yksi imukuppi voisi vioittua, eikä se keskeyttäisi tuotantoa. Imukupit täytyi vain sijoittaa symmetrisesti ja välttää kohtia joihin muste painetaan. Lopputuloksena oli neljä kappaletta 16 millimetrin polyuretaani imukuppia, jotka on sijoitettu kannen reunoille sivujen puoleen väliin. Imukupit kierretään kiinni apurunkoon, jonka sisään on porattu imukanavat ristiin ja niiden päät tukittu kierrettävillä tulpilla. Tällöin ei tarvitse liittää, kuin yksi imuletku per puoli, joka pitää kokonaisuuden siistimpänä ja helpommin puhdistettavana.

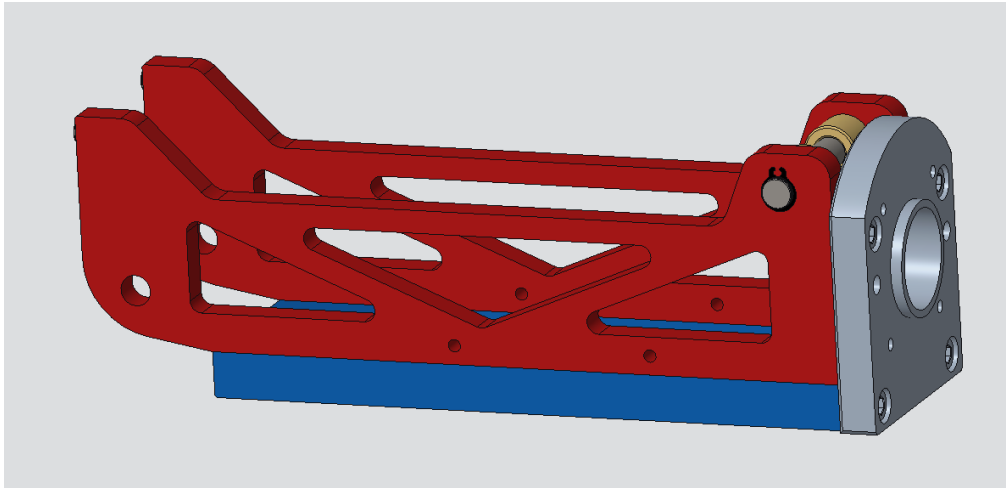


Kuva 5. Imukuppi tarttujan kokoonpano.

#### 4.3 Rungon suunnittelu

Thermo Fisherin tuotantotiloissa käytössä olevia robotinottimia tutkittiin olisiko niissä piirteitä, joita haluttaisiin käyttää uudessa monitoimitarttujassa. Tarttujissa käytetyt rungot olivat todettu toimiviksi. Uuteen monitoimitarttujaan päätettiin tehdä runko vastaavanlaisella ratkaisulla. Runko tehtäisiin useasta alumiinilevystä koneistetusta osasta. Tällöin rungosta tulisi jäykkä, mutta paino pysyisi kohtuullisena. Rungon geometriset muodot saa jyrskittyä tarkoiksi, jolloin osat saa sopimaan hyvin yhteen. Lopuksi koneistetut alumiiniosat anodisoitaisiin eli pinnoitettaisiin, jolloin ne olisi helppo pitää puhtaana ja pinnasta tulisi kulutusta kestävämpi. Lisäksi rungon valmistus olisi kustannustehokasta kyseisellä valmistusmenetelmällä.

Kun rungon valmistusmenetelmä oli päätetty, pystyi aloittamaan sen muotojen suunnittelun. Rungosta muodostui T-mallinen, jossa robotti kiinnitettäisiin pitkälle sivulle ja poikittaispalkkiin tulisi itse tarttumat. Rungon varsi suunniteltiin U-profiilin muotoiseksi, koska se on rakenteeltaan jäykkä ja lisäksi sen sisässä pystyisi viemään paineilmaletkuja ja anturikaapeleita. Rungon varsiosaan tehtiin kevennysaukkoja ja ylimääräistä materiaalia poistettiin sieltä missä sitä ei tarvittu. Sivulevyjen ainevahvuudeksi valittiin 8 millimetriä, jolloin kierteet ja niveltappien reiät pystyi tekemään suoraan runkoon. Rungon muoto tarkentui suunnittelun edetessä ja lopullinen malli oli valmis vasta aivan suunnittelun lopussa, kun kaikki kiinnityspisteet olivat selvät.



Kuva 6. Valmis varsiosa kokoonpantuna.

#### 4.4 Kannen kääntömekanismi

##### 4.4.1 Kääntömekanismin vaatimukset

Kaksipesäinen ruiskuvalumuotti on suunniteltu siten, että kansipari valetaan peilikuvana toisistaan. Kannot täytyy kuitenkin asettaa tampopainokoneelle samassa orientaatioissa, jotta tekstien painaminen onnistuisi oikein. Toinen kansista täytyy siis kääntää 180 astetta sen jälkeen, kun se otetaan ulos muotista. Lisäksi muotin ja tampopainokoneen kuljettimen jakomitta on eri kuin tuotteiden jakomitta muotissa.

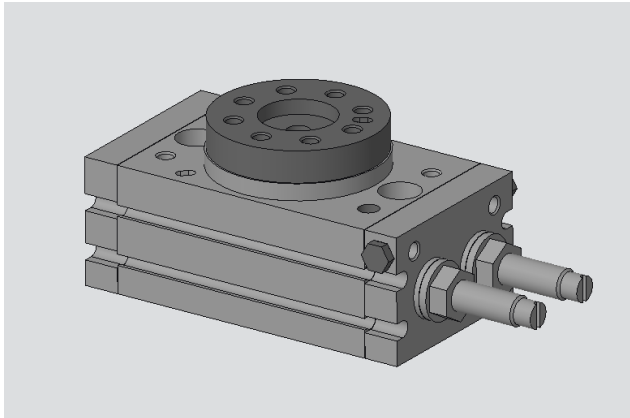
##### 4.4.2 Kääntömekanismin vaihtoehdot

Kääntö voitaisiin toteuttaa myös erillisellä kääntöasemalla, johon robotti tuo väärinpäin olevan kannen ja tarttuu siihen uudestaan. Tämä lisävaihe kuitenkin kasvattaa työkierron jaksonaikaa liikaa, joten sen idean joutui hylkäämään. Kannen kääntö tulisi siis tehdä silloin, kun se on tarttujassa vielä kiinni.

##### 4.4.3 Kääntötoiminnon ratkaisu

Kääntömekanismin toimilaitteeksi valittiin pneumaattinen kääntösylinteri. Sylinteri on kaksitoiminen ja sen liikeratoja voi säätää tarkasti mekaanisilla vasteilla. Mallisarjasta

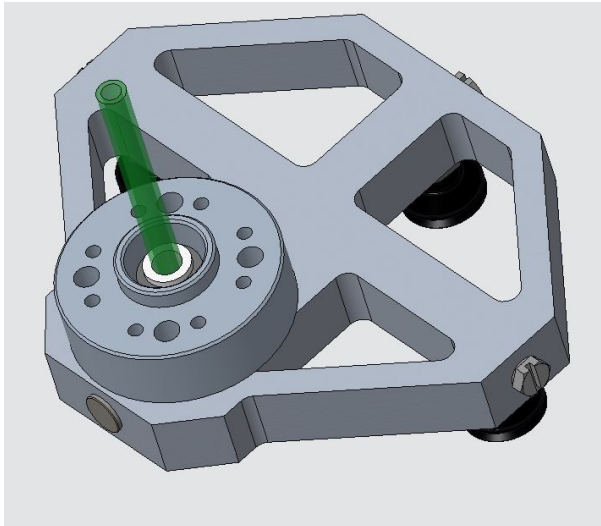
valittiin pienin ja kevyin pneumaattinen kääntäjä. Se soveltuu voimien ja massan puolesta tarttujaan ja lisäksi kääntäjä on suunniteltu niin, ettei kääntömekanismi tarvitse erillistä tukea.



Kuva 7. SMC pneumaattinen kääntösyylinteri.

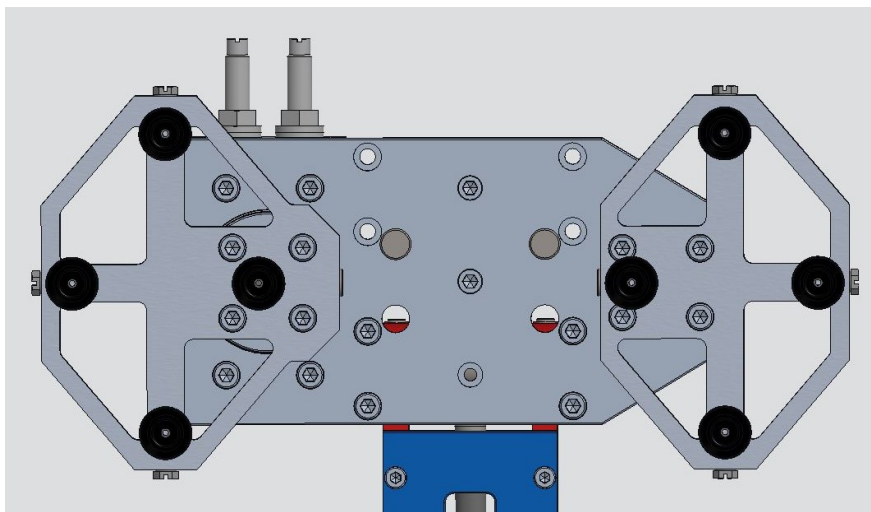
#### 4.4.4 Jakomitan muutoksen toteutus

Jakomitan muutos täytyi vielä ratkaista. Siirron toteuttaminen lineaarisella liikkeellä tekisi tarttujasta todella raskaan, koska tarttujaan täytyisi lisätä lineaarijohteet ja toinen toimilaite. Kaikki lisäpaino tulisi vielä tarttujan varren päähän, joka taas kuormittaa robottia lisää. Jakomitan muutokseen löytyi kuitenkin ratkaisu kääntöliikkeestä. Mitoittamalla imukupit epäkeskeisesti kääntösyylinterin akseliin nähden, korjautuu jakomitta automaattisesti, kun kantta käännetään 180 astetta.



Kuva 8. Käännettävän imukupitarttujan kokoonpano.

Imukupitarttujaan joutui lisäämään vielä alumiinista valmistetun väliholkin, jotta runkolevy mahtuisi olemaan tarttujan ja kääntäjän välissä. Väliholkin sisälle tehtiin riittävästi tilaa, jotta sen sisään saisi sopimaan imukuppien pneumatiikkaliittimen. Pneumatiikkaletku vietään kääntösynterinin karan läpi, jolloin paineilmaletkun ei tarvitse kiertää imukupitarttujan ulkokehällä.

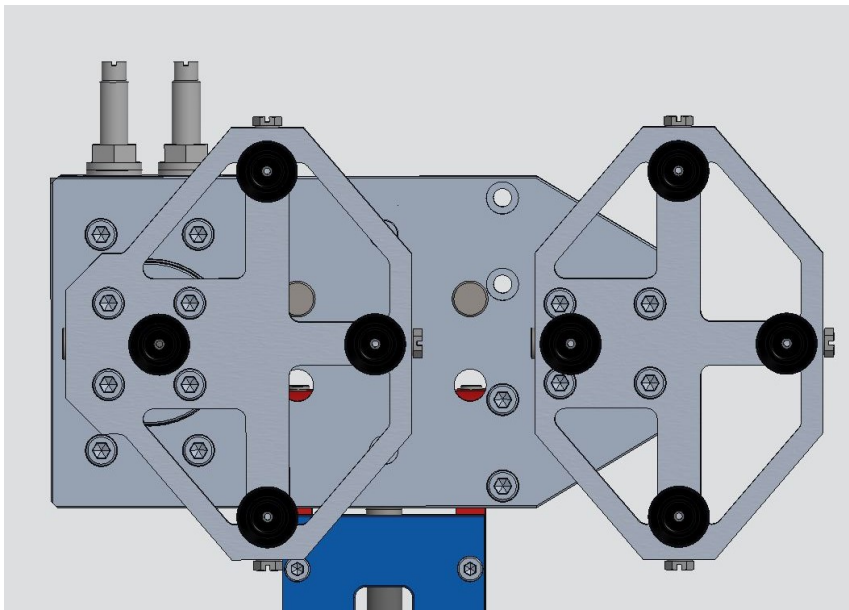


Kuva 9. Tarttuja muotilta noutoasennossa.

Imukupitarttuja kannattelevaan runkolevyyn tehtiin varren kiinnitysreiät molemmille puolille. Nämä reiät mahdollistivat runkolevyyn kiinnittämisen varteen myös toisinpäin.

Tämä mahdollisuus jätettiin, koska ei vielä tiedetty kumpi kansien jättöasunnoista on parempi tampopainamisen kannalta. Lisäreiät mahdollistivat sen, että kansien jättöasennon pystyi valitsemaan myöhemmin ja sen pystyi tarvittaessa kääntämään jälkikäteen. Lisäreiät poistivat myös turhaa massaa runkolevystä.

Kiinteän puolen imukuppitarttujaan joutui myös lisäämään korotuspalan, jotta kaikki imukupit olisivat samalla tasolla. Korotuspalaan tehtiin myös vastaavanlainen onkalo, johon sai pneumatiikkaliittimen sopimaan. Tällä tavoin kaikki pneumatiikkaletkut sai pidettyä siististi tarttujan yläpuolella. Korotuspaloista ei syntynyt juurikaan lisäpainoa verrattuna lineaariseen jakomitan muutosratkaisuun.

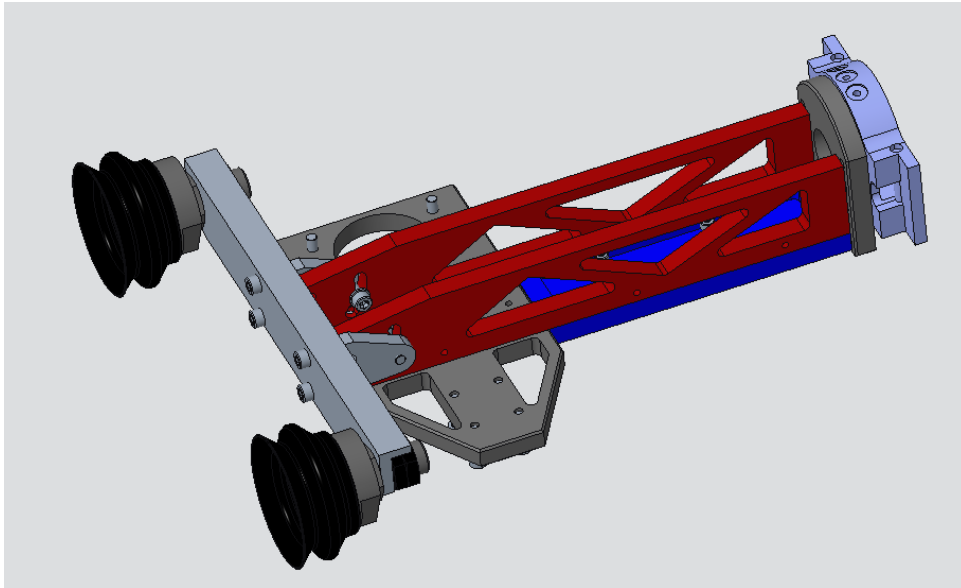


Kuva 10. Tarttuja tampopainokoneelle jättöasennossa. Kannot samassa orientaatiossa ja jakomitta muutettuna.

## 4.5 Välipahvin siirto

### 4.5.1 Pahvin tartunta

Valmiita kansia pakattaessa laatikkoon täytyy joka kerroksen väliin laittaa välipahvi. Välipahvina käytetään laatikon pohjapinta-alan kokoista kartonkia, jossa on muovikalvo laminoituna. Päätettiin käyttää pahvin siirtelyyn myös imukuppeja. Ensimmäisessä versiossa oli pahville erilliset suuret imukupit.



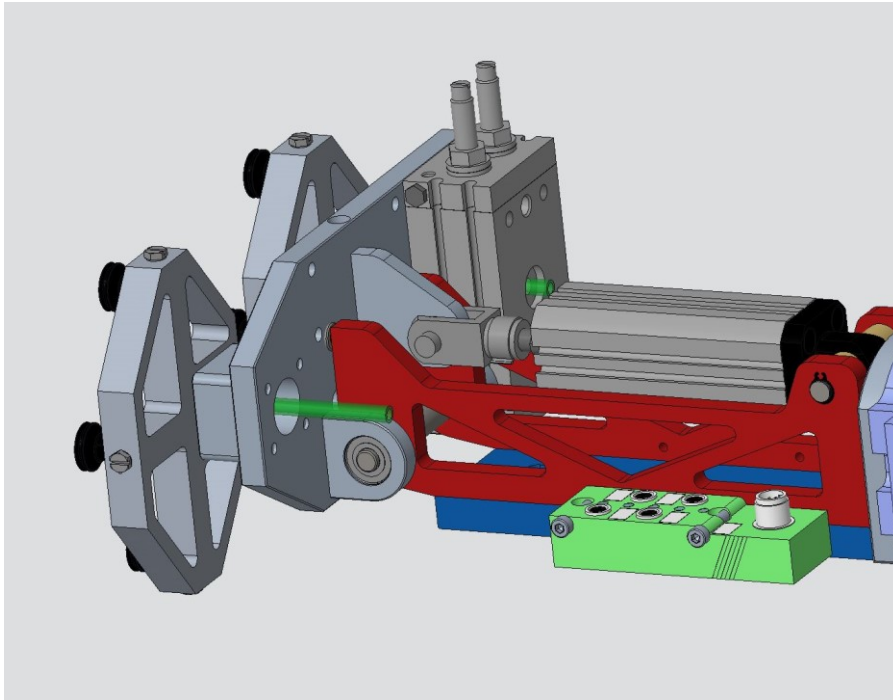
Kuva 11. Ensimmäinen tarttuja versio erillisillä imukupeilla.

Ensimmäisessä versiossa käytetyt suuret imukupit olisivat toimineet pahvin siirtelyssä hyvin, mutta todettiin niiden tekevän tarttujasta kömpelön. Niistä olisi tullut reilusti lisäpainoa ja kansien käsittely olisi hankaloitunut niitä laatikkoon vietäessä. Tämä malli täytyi hylätä.

Seuraavassa versiossa päätettiin käyttää samoja imukuppeja, joita kansien siirtelyssä käytetään. Thermo Fisherin automaatio suunnittelijoiden kokemuksesta, kahdeksan kappaletta 16 millimetrin imukuppeja kannattelisi pahvia varmasti. Tämä ei kuitenkaan vielä ratkaissut täysin pahvin siirto-ongelmaa, sillä pahvia kannatellessa keskeltä, törmäisi robotin varsi laatikon kylkeen. Imukuppitarttujien sijaintia täytyisi muuttaa mekanismeilla 90 astetta niin, että ne osoittaisivat eteenpäin.

#### 4.5.2 Imukuppipään kääntömekanismi

Runkolevyyn täytyi lisätä nivel, joka mahdollistaisi mekanismin kääntämisen. Niveleen valittiin kaksi kappaletta kuulalaakereita, jotka on sovitettu alumiiniseen pesään. Alumiinipesät liitetään runkolevyyn ruuviliitoksella. Laakereiden läpi menevä terästappi kulkee tarttujan varren läpi ja se on muotoiltu niin, että akseli ei tarvitse erillistä lukitusta. Laakereiden ja tarttujan varren välissä on nylon-prikat, jotka poistavat päittäisvällyksen ja estävät alumiiniosien hankautumisen vastakkain.



Kuva 12. Tarttuja käännettävällä imukuppipäällä.

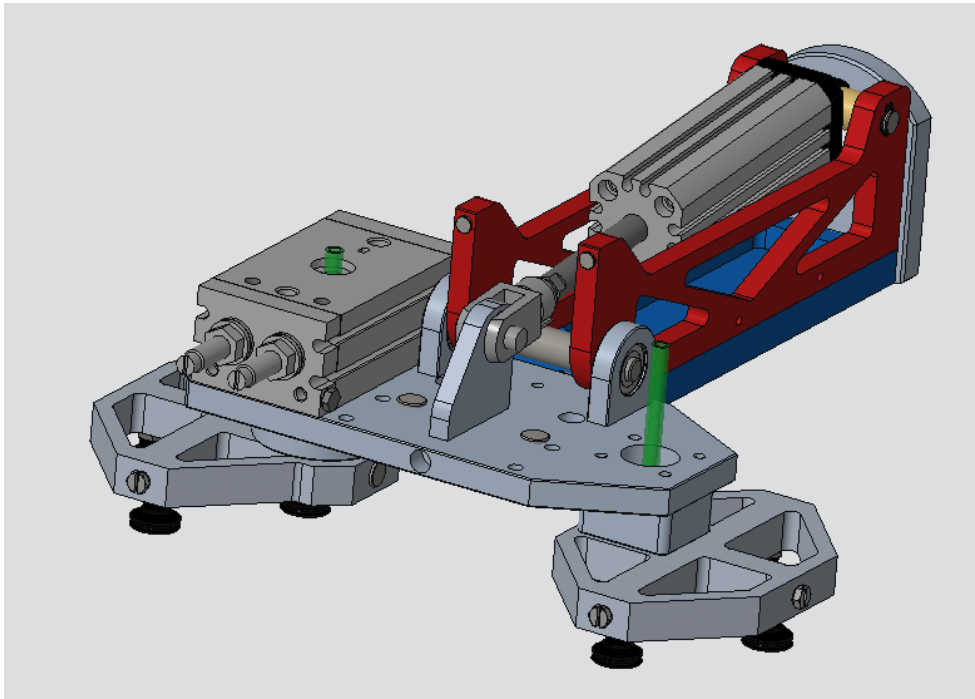
#### 4.5.3 Sylinterin valinta

Käännön suorittaa pneumaattinen kaksitoiminen sylinteri. Kääntömekanismi ei tarvitse juurikaan voimaa, joten kääntöön riittää melko pienihalkaisijainen pneumatiikkasylinteri. Ääriasennoissa mekanismi ei kuitenkaan saa joustaa, jotta imukupit painuvat kunnolla siirrettävää kappaletta vasten. Pneumatiikkasylinterin täytyy siis olla hieman järeämpi, jotta se ei painu kasaan, kun sylinterin mäntä on ulkoasennossa. Lisäksi sylinterin konstruktion täytyy olla riittävän lyhyt, jotta runkolevy mahtuu kääntymään ylös asti. Kuitenkin sylinterin iskunpituus pitäisi olla suhteellisen pitkä, jotta se ylettäisi työntämään runkolevyn alas asti. Nämä vaatimukset rajasivat pois paljon sylinterimalleja niiden pitkän rakenteen vuoksi. Jäljelle jäi SMC:n valmistama lyhyen rakenteen omaava sylinterimalli, jossa iskunpituus on hieman vaadittua pidempi. Teholliseksi halkaisijaksi valittiin 20 millimetrinen sylinteri. Tämä valittiin lähinnä sen takia, koska se on suurin, joka mahtuu tarttujan varren sisälle kompaktisti. Sylinteriin valittiin yksinkertaiset nivelet, jossa teräksinen tappi luistaa messinki puslassa.

Kääntömekanismiin lisättiin mekaaniset vasteet kumpaankin ääriasentoon, jotta runkolevy asemoituisi aina tarkasti samaan asentoon. Sylinterin mäntä ei siis pääse

koskaan pohjaamaan vaan se jää vetämään tai työntämään mekaanista rajoitinta vasten. Vaikka sylinterin niveliin syntyisi ajan saatossa kulumaa, vasteiden ansiosta mekanismi olisi välyksetön kappaleisiin tartuttaessa. Liikkeen rajoittimina toimivat alumiiniin upotetut terästapit, joita vasten hienonousuiset säätöruuvit pohjaavat.

Sylinterin iskunpituutta määrittäessä täytyi ensin suunnitella varsi, johon mäntä kiinnittyisi. Ilman runkolevyyn kiinnittyvää vartta, törmäisi männänvarsi runkolevyä kannattelevaan akseliin. Optimaalista nivelen paikkaa etsiessä täytyi tasapainotella liikeratojen ja riittävän vääntömomentin kanssa. Nivelen paikkaa muuttelemalla pituus- ja korkeussuunnassa, löytyi optimaalinen kohta. Tässä löydetyssä kohdassa olisi mahdollisimman paljon vääntöä, kuitenkin sylinterin iskunpituutta ylittämättä. Nivelen paikan selvittyä, pystyi suunnittelemaan alumiinista valmistettavan varren, joka näkyy kuvissa 12 ja 13.

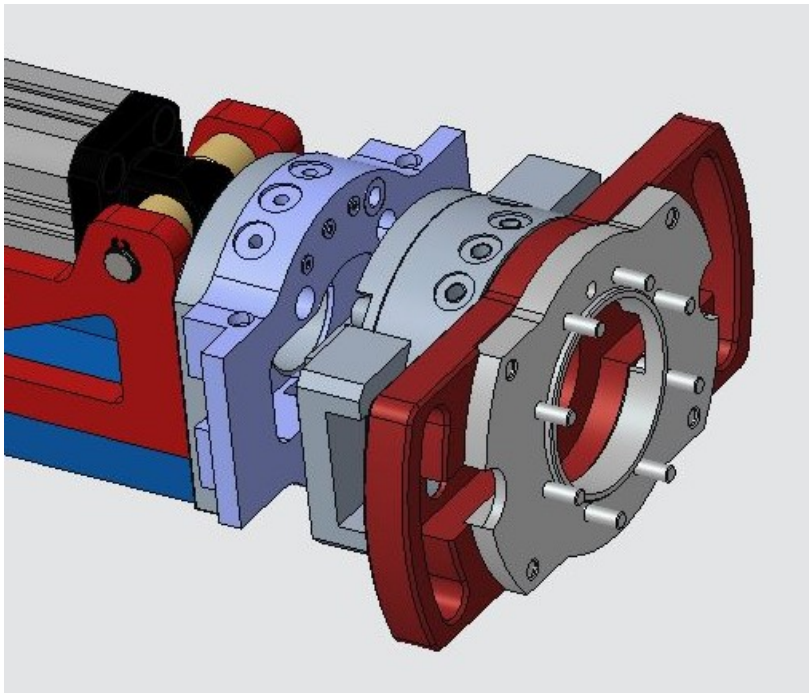


Kuva 13. Imukuppipää ala-asennossa.

#### 4.6 Pikakiinnike ja kaapelointi

Tarttujaan lisättiin SMC:n valmistama pneumaattinen pikakiinnike, joka mahdollistaa helpon ja nopea irrottamisen ilman työkaluja. Pikakiinnike ei sopinut tarttujan ja robotin väliin semmoisenaan, vaan sitä varten joutui suunnittelemaan sovitelevyt. Robotin puoleiseen levyyn suunniteltiin kohdistinrenkas, joka sopii tarkasti robotin kiinnityslaippaan. Rotaatiosuunnan paikoitukseen laitettiin lieriösokka. Sovitelevy kiinnittyy robottiin ja pikakiinnikkeeseen ruuviliitoksella. Vastaava liitos tehtiin tarttujan ja pikakiinnikkeen toiselle puoliskolle. Kun tarttujan joutuu irrottamaan pikakiinnikkeestä, saa sen asemoitua tarkasti paikoilleen ilman, että robotin ohjelmaa täytyy korjata.

Pikakiinnikkeessä on erilliset paineilmaläpiviennit ja antureiden johtimia varten liitoskohta. Paineilmaläpiviennit hyödynnettiin, mutta sylintereiden paikoitusanturit liitettiin kuitenkin erilliseen anturiterminaaliin, joka näkyy kuvassa 12. Tarttujaa irrottaessa joutuu ensin kiertämään väyläkaapelin irti, jonka jälkeen tarttujan voi irrottaa robotista. Tämä tapa on yrityksen kokemuksen mukaan luotettavampi ratkaisu.



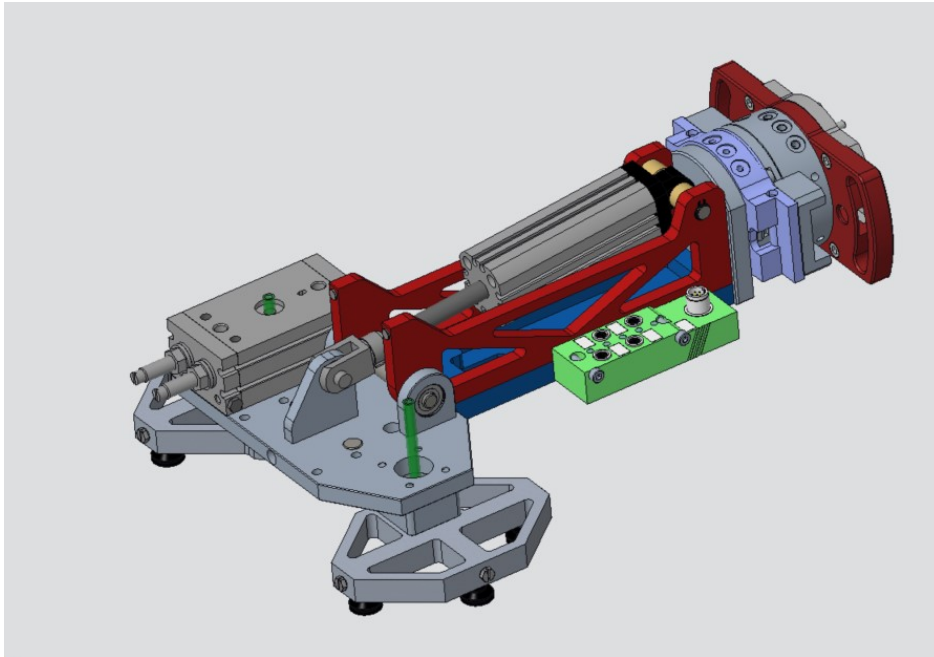
Kuva 14. Tarttujan pikakiinnike

## 5 Tulokset

Creo 5.0 mallinnusohjelmalla pystyy tekemään 3D-mallista analyysin, joka laskee osille massan niiden tilavuuksien ja määritettyjen tiheyksien perusteella. Ohjelmisto laski monitoimitarttujan massaksi 6,5 kilogrammaa, joka pitää sisällään kaikki toimilaitteet, koneistetut osat ja pikavaihtimen. Kiinnitysruuvit, lukkorenkaat, pienet pneumatiikka osat ja muut vastaavat osat jätettiin pois analyysistä. Näiden kokonaismassaksi arvioitiin maksimissaan 100 grammaa. Tarttujan massa jäi siis reilusti alle kymmenen kilogramman.

Monitoimitarttuja on ulkomitoiltaan noin L260 x P351 x K132 millimetriä. Tarttuja mahtuu siis työskentelemään kaikissa tuotantosolun työpisteissä. Jopa ahtaimmissa kohdissa kuten ruiskuvalukoneen muotin välissä on reilusti työskentelytilaa, joka mahdollista teollisuusrobotin käyttämisen suurilla nopeuksilla. Lisäksi kompakti koko helpottaa robotin ohjelmoijaa tekemään robotille liikeradat.

Kaikki käytetyt materiaalit ovat samoja mitä yrityksellä on jo käytössä tuotannossa, joten niiden tiedetään kestävän puhdistamiseen käytettyjä kemikaaleja. Mekaaniset osat ja toimilaitteet ovat ylimitoitettuja, jotta ne kestäisivät tuotannossa pitkään ilman huollon tarvetta. Monitoimitarttuja pystyi teoriassa suoriutumaan kaikista sille määritetyistä tehtävistä. Vaikka kaikki vaatimukset täytyivät teoriassa, ei tarttujaa päässyt testaamaan käytännön tasolla.



Kuva 15. Valmis monitoimitarttuja.

## 6 Yhteenveto

Insinööriyössä suunniteltiin yksityiskohtaisesti tampopainosolulle robotin monitoimitarttuja. Työn tuloksena saatiin aikaiseksi tarkka suunnitelma tarttujasta, joka täytti kaikki asetetut vaatimukset. Olisi pitänyt valmistaa yksi tarttuja, jotta olisimme päässeet kokoonpanemaan ja testaamaan sen käytännössä. Tämän avulla olisimme voineet havaita tarttujan mahdollisia suunnitteluvirheitä tai tehdä siihen parannuksia. Rasiustestien tekeminen olisi antanut arvokasta dataa tarttujan kestävydestä, jonka pohjalta olisimme voineet kehittää suunnitelmia vielä enemmän.

Tarttujasta tehtyjen valmistuskuvien ja osalistojen avulla olisi voinut kaikki tarvittavat osat tilata ja kokoonpanna. Yritys ei kuitenkaan lähtenyt valmistamaan tuotantosolua, jonka seurauksena emme päässeet tarttujaa vielä valmistamaan. Todennäköisesti projekti tultaisiin kuitenkin toteuttamaan tulevaisuudessa, kun sille löytyy sopiva ajankohta. Vaikkei kyseistä tuotantosolua valmistettaisi, voidaan suunnitteluprosessissa syntyneitä ideoita ja ratkaisuja hyödyntämään tulevissa projekteissa. Esimerkiksi kannenkääntömekanismi on erittäin onnistunut ja innovatiivinen ratkaisu, jota varmasti pystyy soveltamaan vastaavanlaisessa ongelmassa.

## Lähteet

- 1 Yrityksen esittely. Verkkoaineisto  
<<https://www.thermofisher.com/fi/en/home/brands/thermo-scientific.html>>  
Luettu 9.1.2021
- 2 Tampopaino periaate. 2016 Verkkoaineisto. Makor Ky  
<<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwilyOvcvKXuAhVnhosKHRZjAY4QFjAAegQIAhAC&url=http%3A%2F%2Fmaktor.fi%2Ftampopaino.pdf&usg=AOvVaw3rmiopoSQOmJ14yABjJSGo>>
- 3 Fanuc M-10iA/10M. Verkkoaineisto <<https://www.robots.com/robots/fanuc-m-10ia-10m>> Luettu 22.11.2020
- 4 Ruiskuvalukone. Verkkoaineisto  
<[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiExtvhyKXuAhWq-ioKHd9uDlcQFjAAegQIAhAC&url=https%3A%2F%2Fwww.arburg.com%2Ffileadmin%2Fredaktion%2FMediathek%2FTechnische\\_Daten%2FARBURG\\_ALLROUNDER\\_420C\\_GOLDEN\\_EDITION\\_TD\\_523677\\_en\\_GB.pdf&usg=AOvVaw2cQD6tt5VVvsE5K-RGkUnVh](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiExtvhyKXuAhWq-ioKHd9uDlcQFjAAegQIAhAC&url=https%3A%2F%2Fwww.arburg.com%2Ffileadmin%2Fredaktion%2FMediathek%2FTechnische_Daten%2FARBURG_ALLROUNDER_420C_GOLDEN_EDITION_TD_523677_en_GB.pdf&usg=AOvVaw2cQD6tt5VVvsE5K-RGkUnVh)> Luettu 17.10.202