

Tampereen ammattikorkeakoulu
Auto- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma
Auto- ja työkonetekniikka
Timo Viinikainen

Opinnäytetyö

Mikrotehtaan osiensiöttöjärjestelmän kehittäminen

Työn ohjaaja tekniikan lisensiaatti Tauno Kulojärvi
Työn tilaaja Tampereen teknillinen yliopisto, tuotantotekniikan laitos, Riku Heikkilä

Tampere 11/2010
Timo Viinikainen
Mikrotehtaan osiensiöttöjärjestelmän kehittäminen
Sivumäärä 38
Valmistumisaika 10/2010
Työn ohjaaja tekniikan lisensiaatti Tauno Kulojärvi
Työn tilaaja Riku Heikkilä/Tampereen teknillinen yliopisto, tuotantotekniikan laitos

TIIVISTELMÄ

Työn tarkoituksena oli kehittää osiensiöttöjärjestelmä puhelinten kokoonpanoon suunniteltuun desktop-tehtaaseen. Työn toinen tarkoitus oli luoda toimintakuvaus kyseisen osiensiöttöjärjestelmän toiminnasta.

Projektin haasteita olivat desktop-tehtaan mahdollisimman pieni koko ja järjestelmän universaalisuus. Vaikka kokoonpantavat osat olivat usean senttimetrin kokoisia, toimilaitteita suunniteltaessa käytettiin millimetrejä sekä millimetrin kymmenyksiä. Tämä vaikeutti suunnittelua, laakereiden ja muiden kaupallisten tuotteiden etsintää sekä itse laitteiden kokoonpanoa.

Tuotekehityksen kannalta tuotantolinjaston olisi selvittävä mahdollisimman pienillä muutoksilla kappaleen vaihtuessa. Projektissa pyrittiin ottamaan huomioon jokaisen toimilaitteen mahdollisuudet tuotteen vaihtuessa. Konenäön avulla tuotteet voidaan hahvata helposti eikä osan tarvitse olla täsmälleen samassa kohdassa kuten perinteisessä kokoonpanojärjestelmässä.

Toteutettu osien syöttö on kolmivaiheinen. Ensimmäisessä vaiheessa osat tuodaan järjestelmään palettisiirtimellä. Jokainen osa tuodaan omalla paletillaan. Siirrin kuljettaa palettia niin, että paletilla olevat osat voidaan poimia. Toisessa vaiheessa osat nostetaan paletilta nostimen avulla, joka siirtää osan alemmalta paletilta sen yläpuolella sijaitsevalle liukuhihnalle. Kolmannessa vaiheessa hihnakuljetin siirtää osan syöttöjärjestelmästä kokoonpanosoluun.

Opinnäytetyöhön kuului toimilaitteiden mekaaninen suunnittelu, mallinnus ja toimintakuvaus. Mallinnettavat kappaleet pyrittiin rakentamaan mahdollisimman loogisesti, jotta niitä on helppo jälkeinpäin muokata ja käyttää samoja pohjia. Työ aloitettiin ideoimalla tehtaan layout-malli. Layoutin ollessa selvillä suunniteltiin yksittäiset laitteet. Laitteiden 3D-malleista tehtiin työkuvat ja tarvittavat osat tilattiin. Lopuksi osat kokoonpantiin ja tehtiin niiden ohjaamiseen tarvittava ohjelmisto. Valmiit yksittäiset laitteet koottiin tehtaaksi.

Valmistetut tehtaan osat toimivat odotusten mukaisesti. Osiensiöttöjärjestelmä kehitettiin puhelimen osille, mutta sama järjestelmä voidaan muokata soveltumaan lähes kaikkien osien syöttöön.

Timo Viinikainen

Development of part feeding system in microfactory

Pages 38

Graduation time 10/2010

Thesis supervisor Licentiate in Technology Tauno Kulojärvi

Co-operating company Riku Heikkilä/ Tampere University of Technology, Department of Production Engineering

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to develop and report a part feeding system for micro factory. The part feeding system is a part of prototype micro factory that is used for the assembly of mobile phones.

Part feeding process is threefold. Parts are brought to system with tray feeder. Feeder indexes trays so that parts are always in same position for picking. Parts are lifted from the tray with turn unit. Turn unit lifts the part from tray conveyor. Conveyor moves the part from feeding system to assembly system where parts are assembled to mobile phone.

Primary challenges of this project were small size of the desktop factory and flexibility of the system. Parts of the system are measured in centimeters and tolerances in fractions of millimeters. This brought challenges to the design process and especially to finding suitable bearings and other commercial components that are usually quite large. Also the assembly of devices was a challenge because of the small scale.

It is important that required changes to assembly line are minimal when the assembled product is changed. In this project every component was designed thinking how it will function if assembled product is changed. With machine vision parts are easy to spot and assemble.

My thesis consisted of mechanical development, modeling and reporting of devices used in part feeding system. When modeling parts the main concept was that it will be easy to modify them afterwards by anyone.

Keywords

micro factory, part feeding system, production line

Esipuhe

Työtä tehdessäni olen oppinut paljon kappaleiden valmistusmenetelmistä, suunnittelutavoista ja vaatimuksista. Kappaleiden suunnittelu on ollut monipuolista ja haastavaa.

Moni on tukenut minua tavalla tai toisella työtä tehdessäni. Haluan kuitenkin esittää erikoiskiitoksen tuotantotekniikan laitoksen Riku Heikkilälle, Ipo Karjalaiselle ja Niko Siltalalle. He neuvoivat kärsivällisesti opiskellessani kappaleiden mallintamista ja antoivat erinomaisia neuvoja kappaleiden suunnittelussa sekä opinnäytetyön kirjoittamisessa.

Tampereella marraskuussa 2010

Timo Viinikainen

Sisällysluettelo

1	Johdanto.....	6
2	Tutkimuksen taustaa.....	7
2.1	Mikrotehtaista.....	7
2.2	Hankkeen lähtökohta.....	7
2.3	Hankkeen tavoitteet.....	8
2.4	Kokoonpantavat osat.....	8
2.5	Tuotantolinja.....	10
2.6	Tuotantolinjan osat.....	11
3	Osiensyöttöjärjestelmä.....	14
3.1	Toimilaitteet.....	14
3.1.1	Palettisiirrin.....	14
3.1.2	Nostin.....	20
3.1.3	Hihnakuuljetin.....	22
3.2	Muunneltavuus.....	23
3.3	Tarraimet.....	24
4	Osiensyöttöjärjestelmän ohjaus.....	29
5	Syöttölaitteet.....	32
5.1	Syöttölaitteista yleisesti.....	32
5.2	Projektissa kehitetyt syöttölaitteet.....	32
6	Kehittämiskohteet.....	34
7	Yhteenveto.....	36
	Lähteet.....	37

1 Johdanto

Tampereen teknillisen yliopiston tuotantotekniikan laitoksella valmistettu puhelimen kokoonpanolinjasto on toteutettu desktop-tehdas-ajattelulla. Mikro- ja desktop-tehtaita on tutkittu etenkin Japanissa 1990-luvun alusta lähtien. Tuotantotekniikan laitoksella on tutkittu tuotantojärjestelmien minityriasointia 90-luvun alusta lähtien ja varsinainen mikrotehdastutkimus alkoi 2000-luvulla.

Projektin tavoitteena on rakentaa puhelimen kokoonpanoon tarkoitettu desktop kokoluokan tehdas. Puhelimen kokoonpanoprosessi on kolmivaiheinen. Osiensyöttöjärjestelmässä osat tuodaan paletilta yksitellen kokoonpanosoluun. Kokoonpanosoluissa osat liitetään toisiinsa. Ruuvaussolussa kaikki osat ruuvataan kiinni toisiinsa. Kokoonpano tapahtuu automaattisesti.

Työn tarkoituksena on kehittää osiensyöttöjärjestelmä puhelinten kokoonpanoon suunniteltuun desktop-tehtaaseen. Työn toinen tarkoitus on luoda toimintakuvaus kyseisen osiensyöttöjärjestelmän toiminnasta. Suunnittelussa hyödynnetään Cad-ohjelmaa, joka mahdollistaa osien helpon ja halvan suunnittelun. Layout-mallin varmistuttua suunnitellaan itse toimilaitteet. Suunnittelu oli lähinnä osiensyöttöjärjestelmän mekaanista suunnittelua. Luotujen 3D-mallien avulla suunnitellusta laitteesta voidaan etsiä mahdollisia vikoja ja parannuksia ennen varsinaisten osien tilaamista.

2 Tutkimuksen taustaa

Mikrotehdas ei ole uusi käsite. Konseptia on tutkittu jo vuosikymmeniä niin Suomessa kuin ulkomaillakin. Osien valmistukseen käytettävän teknologian kehityksen myötä on tuotantojärjestelmien miniatyrisointi tullut paljon helpommaksi ja houkuttelevammaksi vaihtoehdoksi. [1] [2] [3]

2.1 Mikrotehtaista

Mikro- ja desktop- tehtaita on tutkittu erityisesti Japanissa jo 1990-luvun alusta lähtien. Valmistettaessa pieniä osia tarkoilla toleransseilla on perinteisesti jouduttu käyttämään suuria ja kalliita laitteita. Tehtaiden miniatyrisoinnin avulla voidaankin ongelmaa lähestyä aivan uudesta näkökulmasta vastaamalla energiankulutuksen ja kilpailukyvyn asettamiin haasteisiin. Nimeensä viitaten mikrotehtaat on tarkoitettu pienten osien käsitteilyyn. Desktop-tehtaat ovat tarkoitettu hieman suuremman kokoluokan työpöytäkokoluokan valmistukseen. [1] [2] [3]

Tehtaiden koon pienentyessä sekä lattiatilan että energian tarve vähenee, materiaalin hyödyntäminen paranee ja tuotantolaitteiden nopeus ja tarkkuus kasvavat. Pienempiä tuotantojärjestelmiä on helpompi suunnitella sekä räätälöidä lähellä asiakasta. [1] [2] [3]

2.2 Hankkeen lähtökohta

Erityisesti Japanissa mikrotehtaita käytetään jo teollisuuden sovelluksissa. Useat yliopistot ja tutkimuslaitokset ympäri maailmaa kehittävät uusia desktop-tehtaita. Hallitusten ja suuryritysten energiansäästöpolitiikka edesauttaa mikrotehdas ajattelua entisestään. Mikrotehdaskonsepti onkin saanut suurta maailmanlaajuista huomiota. Tampereen teknillisen yliopiston Tuotantotekniikan laitoksella on tutkittu tuotantomenetelmien pienentämistä 1990-luvulta alkaen. Mikrotehdastutkimus aloitettiin Tomi-projektissa 2000–2002 ja on jatkunut siitä asti muun muassa Beyond-, M4-, Next-, Desk- ja Mz-DTF-projekteissa. Tuotantotekniikan laitoksen tutkimustyö on alan kansainvälistä kär-

keä, kuten Suomen Akatemian teettämä kansainvälinen konetekniikan tutkimus osoittaa. Tuotantotekniikan laitos tekeekin yhteistyötä monien kansainvälisten yritysten ja yliopistojen kanssa. [1] [2] [3]

2.3 Hankkeen tavoitteet

Tuotantotekniikan laitoksen tämänhetkisen tutkimuksen tavoitteena on tutkia mikro- ja desktop-valmistuksen taloudellisia ja ekologisia mahdollisuuksia ja edistää tietotaidon siirtymistä tuotantoon yrityksissä. Aiemman tutkimuksen ansiosta on mahdollista toteuttaa yksittäisen prosessin sijasta kokonaisen tuotantovaiheketjun demonstraatio. Tutkimuksessa keskitytään myös logistisiin ratkaisuihin ja erityyppisten laitteiden rajapintoihin ja liittämiseen. [1] [2] [3]

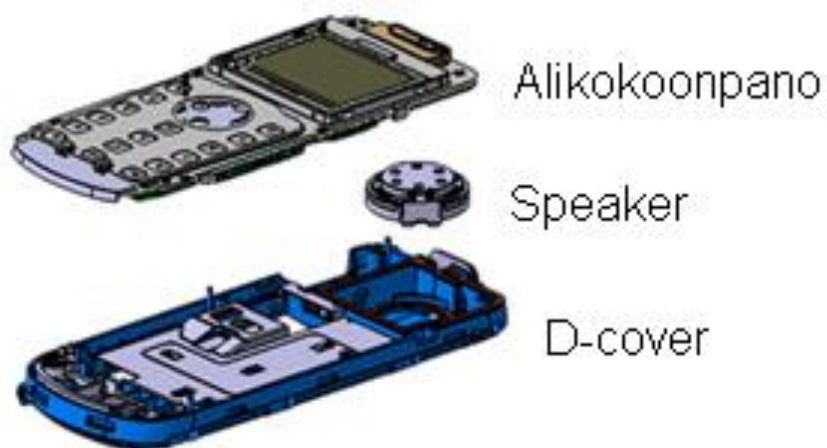
2.4 Kokoonpantavat osat

Desktop-kokoluokan tuotantoketjua demonstroidaan puhelimen kokoonpanolla. Kokoonpanoon kuuluu viisi osaa. Osat tuodaan järjestelmään kahdesta eri osiensiöttöjärjestelmästä. Puhelimen yläosa koostuu UI-framesta, light guidesta sekä PWB-coverista (kuvio 1).



Kuvio 1. Puhelimen yläosan muodostavien osien mallit.

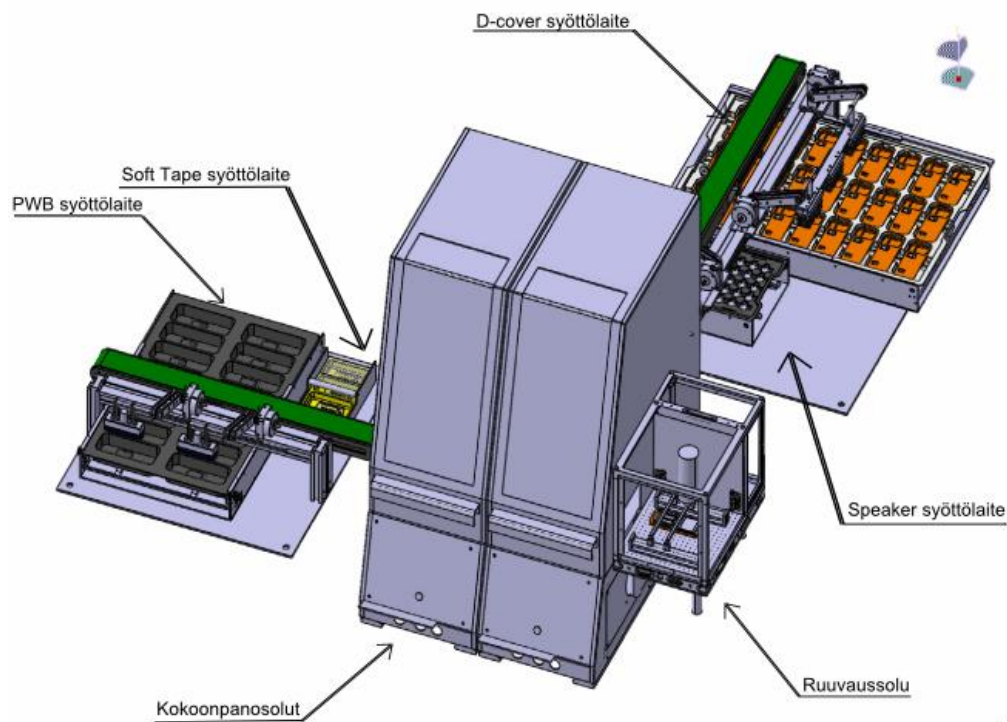
Yläosa kootaan ensimmäisessä kokoonpanosolussa. UI framen sivuissa olevin hakasten ansiosta kokoonpantu yläosa pysyy koossa. Kokoonpantu yläosa tuodaan toiseen kokoonpanosoluun, jossa siihen yhdistetään D-cover ja speaker (kuvio 2).



Kuvio 2. Puhelimen osien mallit.

2.5 Tuotantolinja

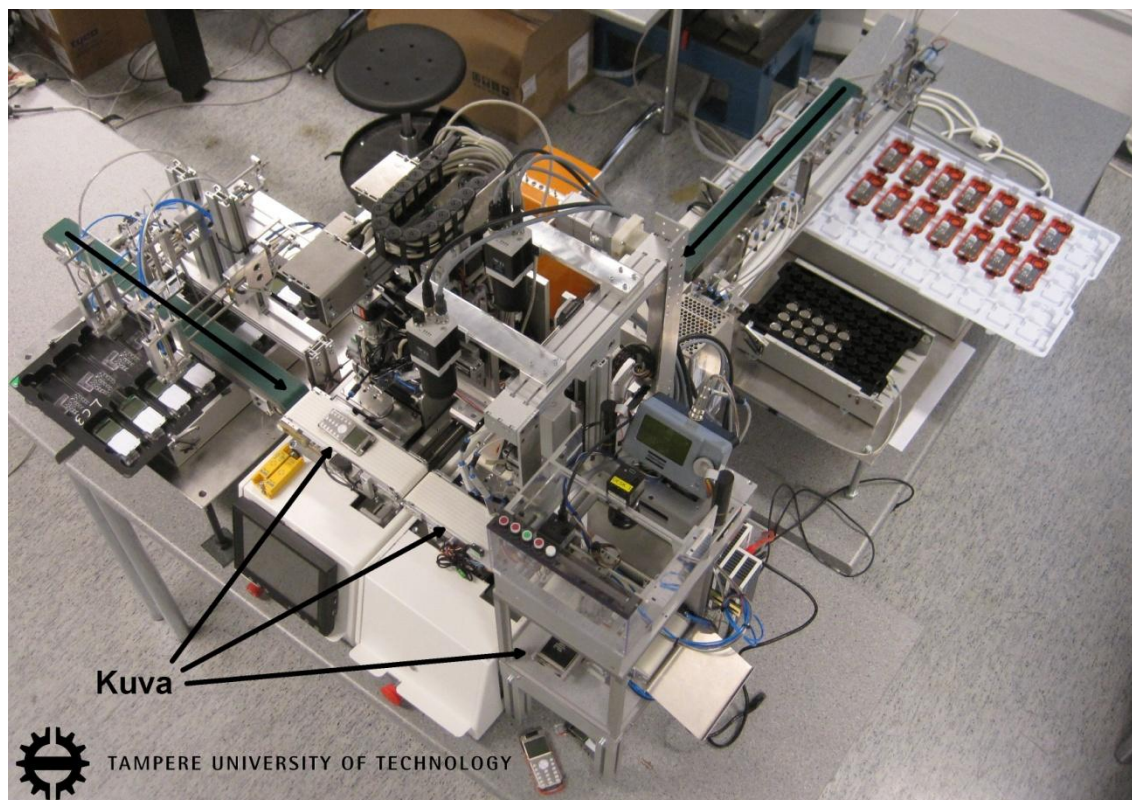
Kokoonpanolinjasto koostuu kahdesta osiensyöttöjärjestelmästä, kahdesta kokoonpanosolusta ja ruuvaussolusta (kuvio 3).



Kuvio 3. Puhelimen kokoonpanolinjaston malli.

Kuviossa 3 vasemmalla on puhelimen yläosaan käytettävien osien osiensyöttöjärjestelmä. Osat tuodaan järjestelmään paletilla ja soft tape -syöttimellä. Soft tape on nimitys, jota käytetään pakattaessa osat kahden ohuen muovikelmun väliin. Purettaessa muovikelmut erotetaan toisistaan ja osa saadaan esille. D-cover ja speaker tuodaan ylempäästä osiensyöttöjärjestelmästä.

Yksittäiset osat tuodaan vuorotellen osiensyöttöjärjestelmästä kokoonpanosoluun hihnakuljettimella. Kokoonpanosolussa osasta otetaan kuva. Kuvasta nähdään osan asento, ja siihen voidaan tarttua (kuvio 4).

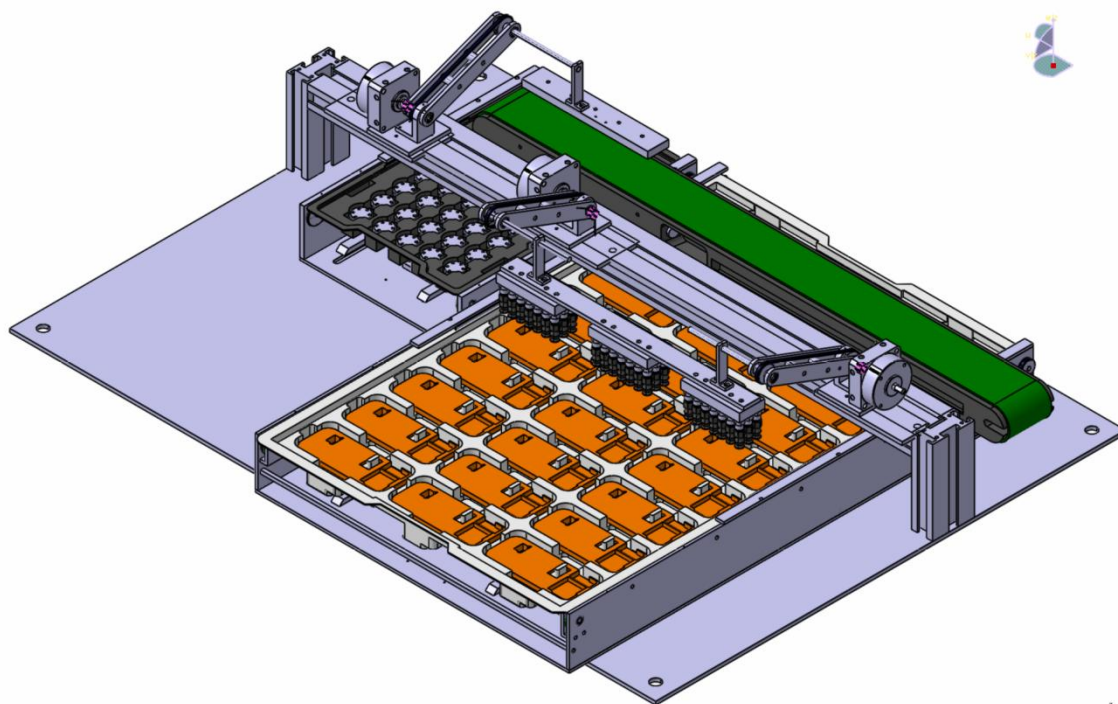


Kuvio 4. Mikrotehdas

Kokoonpanosolun sisällä tapahtuvassa kokoonpanossa osat nostetaan hihnakuljettimelta jigiin. Jigissä osa saadaan asemoitua paremmin. Lisäksi hihnakuljetin on vapaana tuomaan uusia osia. Osien kuljettaminen ja kokoonpano suoritetaan samalla manipulaattorilla. Kokoonpantu puhelin tuodaan ruuvaussoluun, jossa osat kiinnitetään toisiinsa ruuveilla.

2.6 Tuotantolinjan osat

Osat tuodaan paleteilta samalla periaatteella molemmista osiensiöttöjärjestelmistä (kuvio 5).

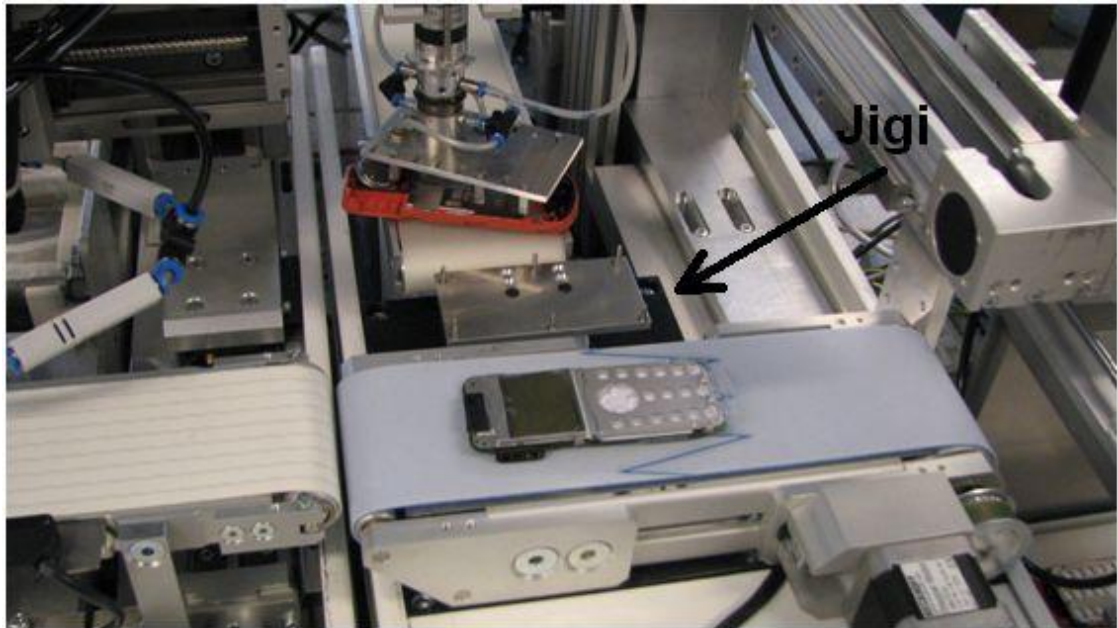


Kuvio 5. Osiensyöttöjärjestelmän malli.

Demonstraatiossa keskitytään tuomaan osat järjestelmään paletilla. Solussa on kuitenkin mahdollisuus käyttää vaihtoehtoisia syöttölaitteita esimerkiksi soft tape -syötintä. Käytettävän syöttimen on syötettävä osat aina samaan kohtaan. Kuljettimen on myös oltava yläosasta niin avoin, että nostin voi tarttua kappaleeseen. Nostin ja hihnakuljetin on sijoitettu profiilin päälle. Profiilin asemaa voidaan tarvittaessa muuttaa. Syöttölaitteen koko ei siis ole ongelma.

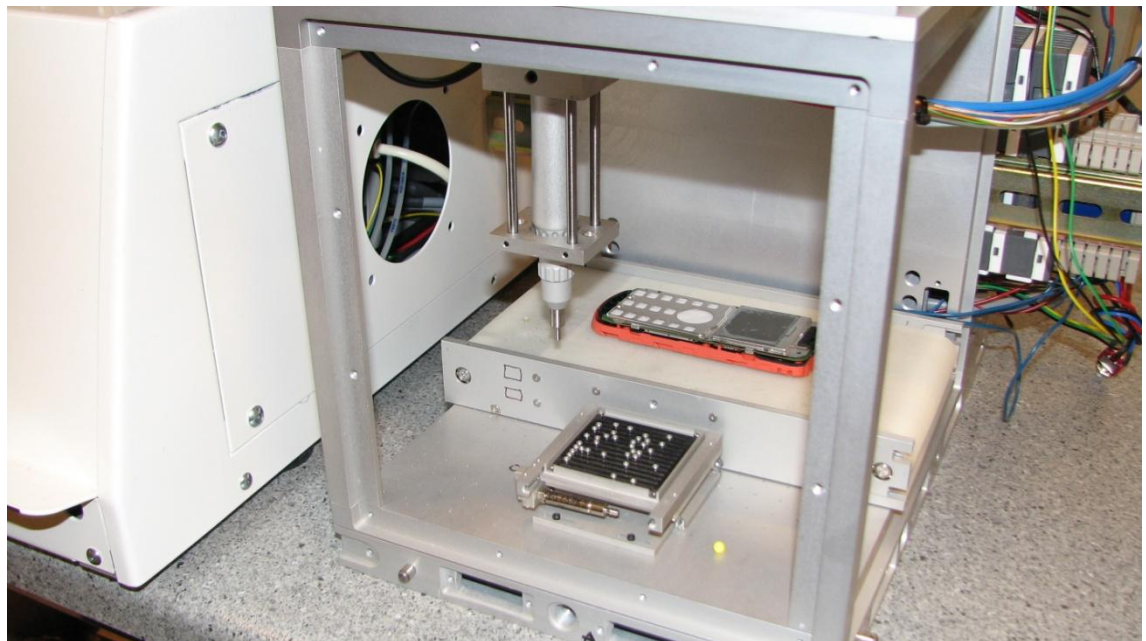
Palettisiirrin tuo osan aina samaan kohtaan, eli kallista älykkyyttä ei järjestelmään tarvita. Molemmille paleteille on oma nostimensa, joka siirtää osan paletilta hihnakuljettimelle. Kokoonpanon helpottamiseksi eri osat tuodaan kokoonpanosoluun vuorotellen. Ohjauksessa käytettävä logiikka muistaa, mikä osa on tuotu kokoonpanoon viimeksi, ja poimii tarvittavan osan automaattisesti.

Kokoonpanosoluun tulevat hihnakuljettimet ovat taustavalaistuja. Tulevat osat kuvataan konenäöllä, jolloin manipulaattori osaa nostaa osan missä asennossa tahansa. Konenäön ansiosta osan kuljetusasennolla ei ole väliä, mikä mahdollistaa osien yksinkertaisen poimimisen paleteilta. Osat kootaan hihnan vieressä olevassa jigissä. Näin osat saadaan vakaalle alustalle hihnoja tukkimatta (kuvio 6).



Kuvio 6. Kokoonpanosolun hihnakujuettimet ja jigi.

Kokoonpantu puhelin tuodaan ruuvaussoluun (kuvio 7). Koneäöllä kuvataan puhelin sekä ruuvipaletti. Kuvien avulla manipulaattori osaa poimia paletilta ruuvin ja ruuvata sen puhelimesta olevaan ruuvireikään. Manipulaattori ruuvaa ruuvit oikeaan momenttiin. Valmis puhelin tuodaan linjastosta ulos.



Kuvio 7. Ruuvaussolu.

3 Osiensyöttöjärjestelmä

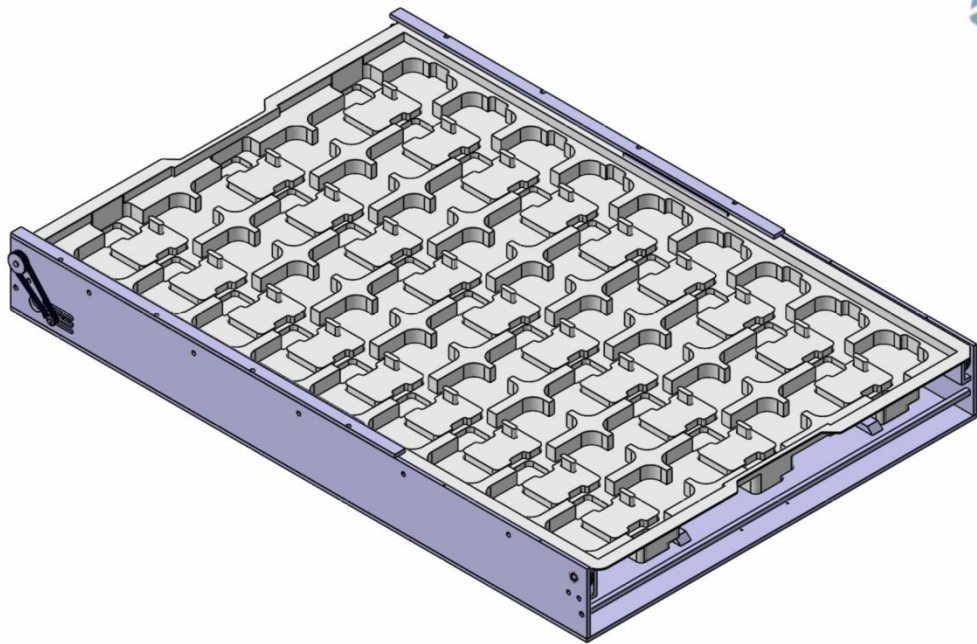
Tarkasteltavan osiensyöttöjärjestelmän tarkoitus on siirtää d-cover ja speaker kokoonpanosoluun. Osat poimitaan paleteilta ja kuljetetaan seuraavaan soluun hihnakuljettimella. Koska kokoonpanosolussa tuote havaitaan konenäöllä, osan asento hihnalla ei ole tärkeä. Osien poiminnasta paletilta voidaan siis tehdä hyvin yksinkertainen. Ohjauksellisia haasteita järjestelmässä onkin osien tuominen kokoonpanoon oikeassa järjestyksessä.

3.1 Toimilaitteet

Osan siirtäminen paletilta kokoonpanosoluun tapahtuu kolmevaiheisesti. Osa tuodaan paletilla järjestelmään. Nostin siirtää osan paletilta hihnakuljettimelle. Hihnakuljetin siirtää osan seuraavaan soluun.

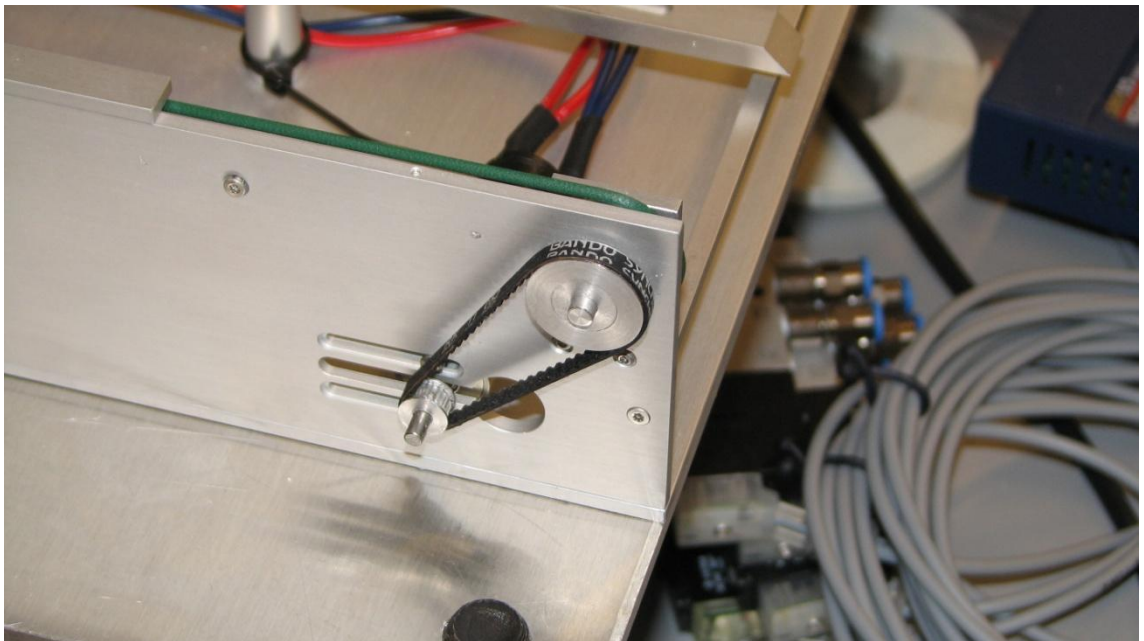
3.1.1 Palettisiirrin

Osien syötöstä pyrittiin tekemään yksinkertainen. Paletit tuodaan järjestelmään palettisiirrimellä (kuvio 8). Palettia indeksoidaan eteenpäin rivi kerrallaan, jolloin osa on aina samassa kohdassa nostimeen nähden. Siksi myös nostimen suunnittelu helpottuu.



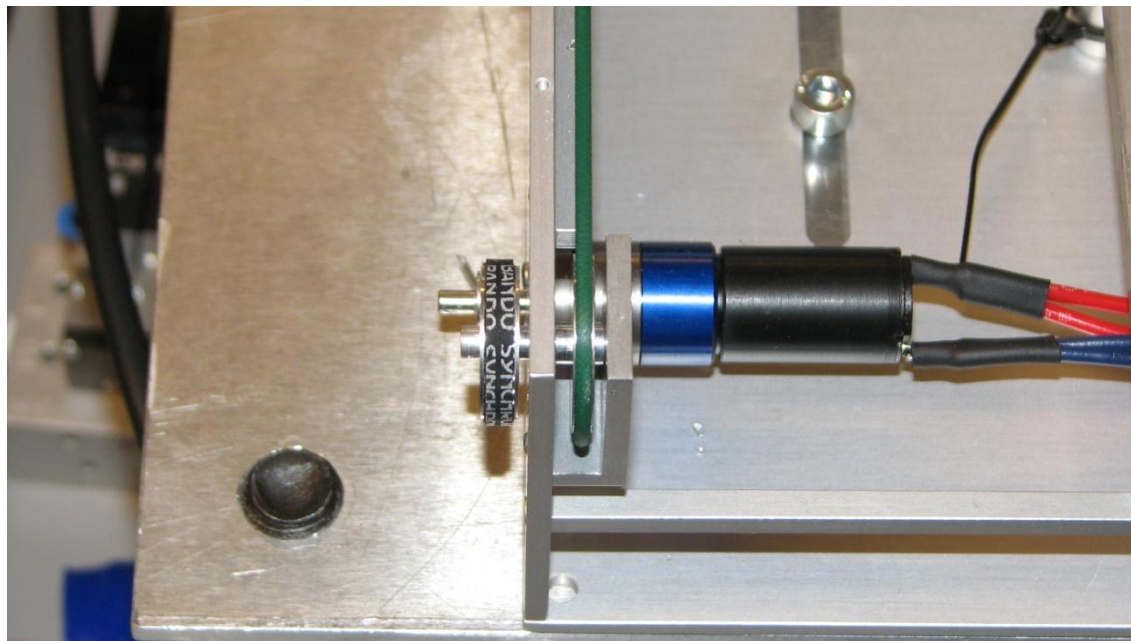
Kuvio 8. Palettisiirtimen malli paletin kanssa.

Palettisiirtimessä olevaa palettia liikutetaan rullahihnojen avulla. Siirtimen molemmilla sivuilla on hihna, jota pyöritetään sähkömoottoreilla (kuvio 9).



Kuvio 9. Indekslerin hihnakuiljetuksen voimansiirto sähkömoottorilta.

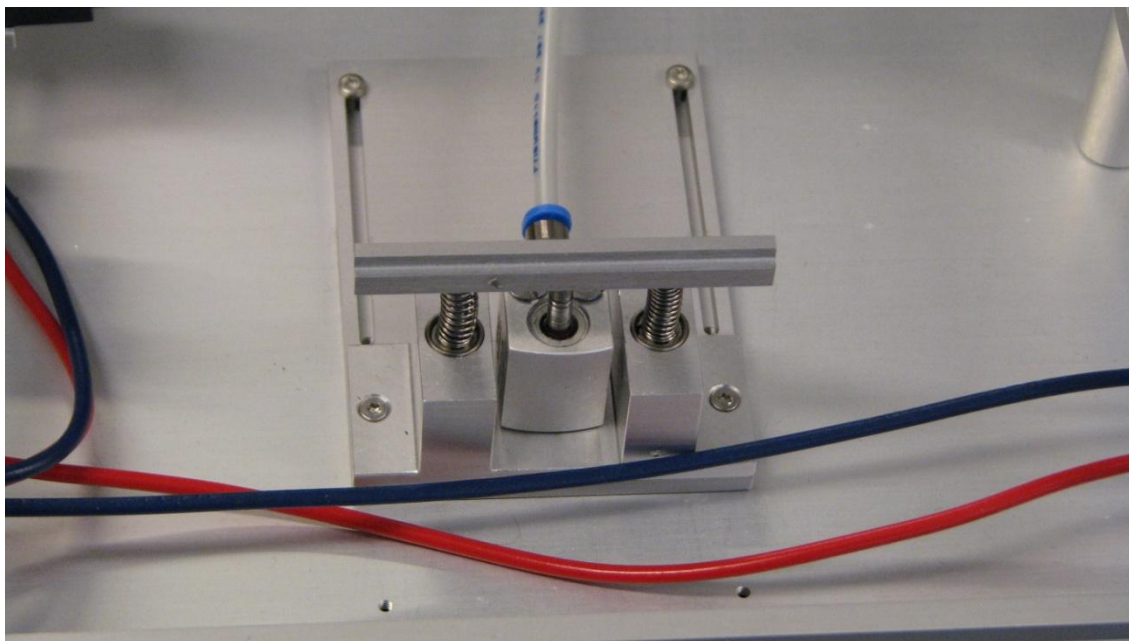
Sähkömoottori on kiinnitetty siirtimen kylkeen. Hihnaveto on sijoitettu laitteen ulkopuolelle. Palettien sivuissa on kapeat suorat ulokkeet, joista palettia on helppo liikuttaa. Ulokkeet ovat kuitenkin kapeat, mikä asettaa haasteen palettia kuljettavan hihnan akselien suunnittelulle (kuvio 10).



Kuvio 10. Indeksarin hihnavedon akselin kiinnitys.

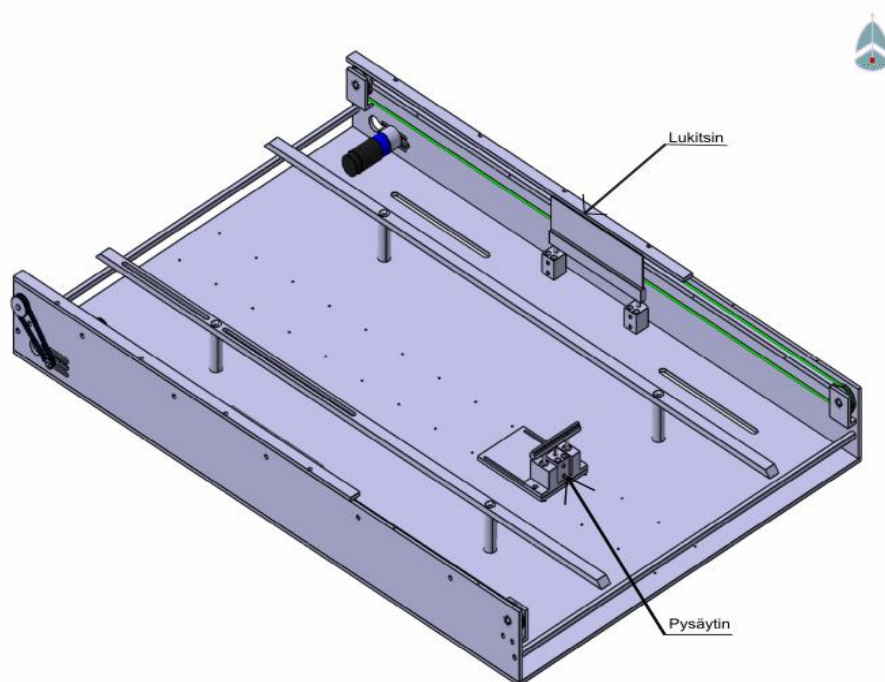
Akseli on laakeroitu hihnan molemmin puolin kolmen millimetrin levyisillä laakereilla. Palettisiirtimen laitaan on kiinnitetty L-pala, jotta akseli saadaan tuettua hihnan molemmin puolin. Hihnavedon hammaspyörä ja hihnaa pyörittävä rulla on lukittu akseliin, mikä estää akselin liikkumisen sivusuunnassa.

Paletin indeksointi toteutetaan jousella toimivan nostimen avulla (kuvio 11).



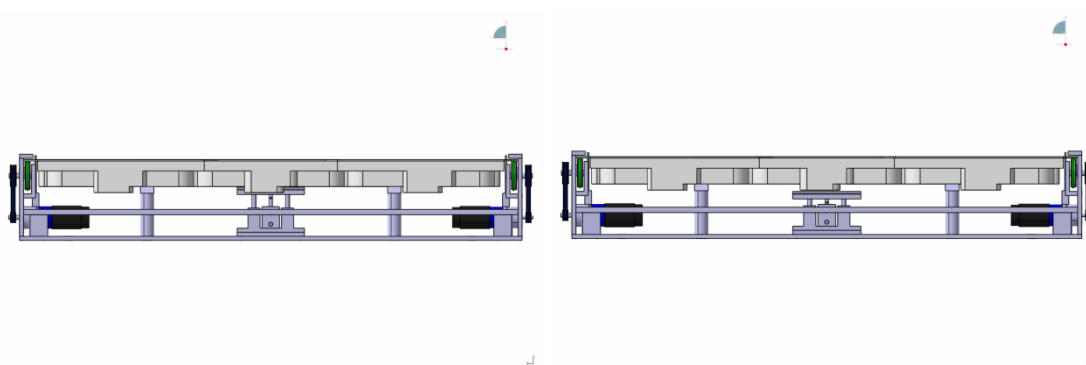
Kuvio 11. Paletin kulkua säätelevä pysäytin.

Kaikissa paletteissa on pohjassa säännöllisiä kohoumia. Palettia pystytään indeksoimaan näiden kohoumien avulla. Kuviossa 11 näkyvät jouset nostavat pysäyttimen varren ylös. Varsi estää paletin liikkeen. Palettia liikuttava hihna pysähtyy, ja sivuissa olevat lukitsimet lukitsevat paletin puristamalla sen yllä oleviin kynsiin (kuvio 12).



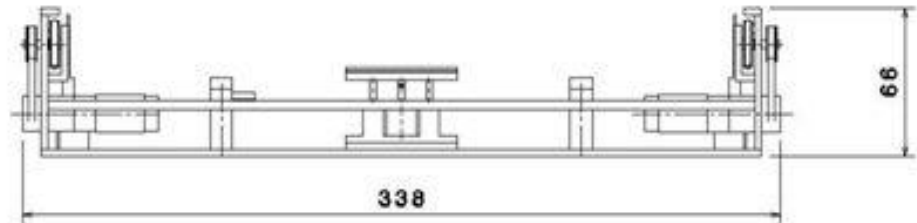
Kuvio 12. Palettisiirtimen malli ilman palettia.

Kun rivillinen osia on poimittu ja palettia halutaan siirtää eteenpäin, sivuissa olevat lukitsimet ja pysäytin laskevat alas. Paletilla ei siis ole mitään estettä, ja hihna käynnistyy liikuttaen palettia eteenpäin (kuvio 13). Pysäytin nousee ylös hihnan lähdettyä liikkeelle ja seuraa jousen varassa paletin pohjaa. Seuraavan kohouman kohdalla pysäytin estää paletin liikkeen. Hihna pysähtyy ja sivuissa olevat lukitsimet nousevat. Näin saadaan osat aina samaan kohtaan ja ne on helppo poimia. Siirtimessä on kiskot, jotka kannattelevat paletin painoa. Kiskoihin on kiinnitetty optinen anturi, jolla havaitaan onko järjestelmässä paletti.

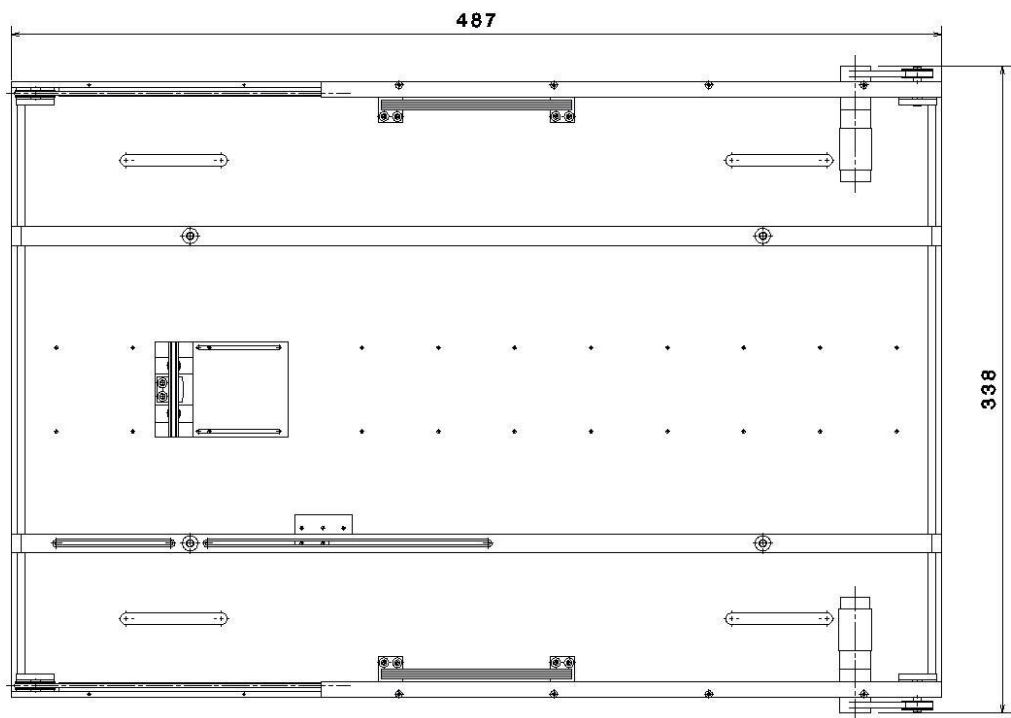


Kuvio 13. Pysäyttimen malli ylä- ja ala-asennossa.

Palettisiirtimen mitat on esitetty kuvioissa 14 ja 15. Mittoihin vaikuttaa pääosin paletin koko. Siirtimestä tulee noin 30 mm leveämpi ja korkeampi kuin paletista.



Kuvio 14. Palettisiirtimen mitat edestä kuvattuna.

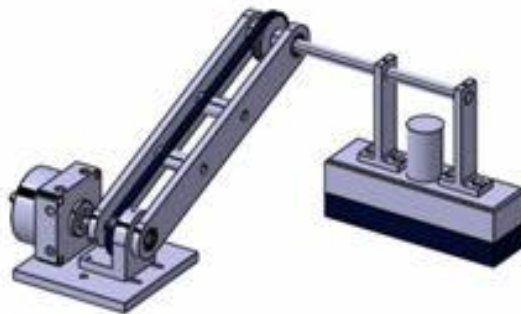


Kuvio 15. Palettisiirtimen mitat ylhäältä kuvattuna.

Siirtimen paikkaa alustalla voidaan muuttaa soikeiden kiinnitysreikien ansiosta. Myös pysäyttimen paikkaa, samoin kuin paletin havaitsevan anturin paikkaa, voidaan muuttaa. Anturi ja pysäytin voidaan sijoittaa aina samalle tasolle.

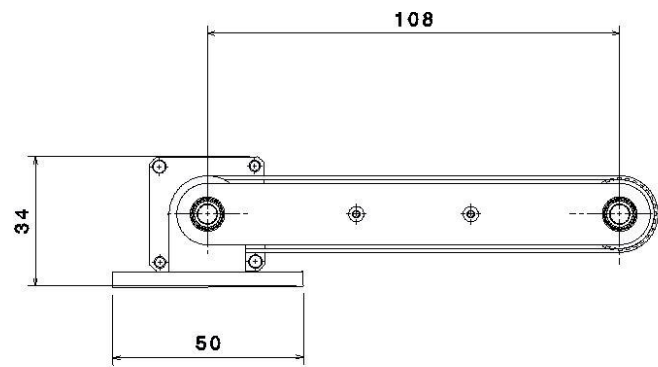
3.1.2 Nostin

Osat siirretään paletilta hihnakuljettimelle nostimen avulla (kuvio 16). Koska osat saadaan paleteilla aina samaan kohtaan, pitää nostimen olla tarkka ainoastaan nosto- ja las-
kupaikasta. Nostinta ohjataan pneumaattisella kaksitoimisella manipulaattorilla. Manipulaattorin ääriasennot voidaan säätää 180 asteen sisällä. Nostin sijaitsee ylemmällä tasolla hihnakuljettimen vieressä ja nostaa alemmalta tasolla olevalta paletilta osan kuljettimelle. Nostimen tarraimen on pysyttävä vaakatasossa noston ajan. Tämä on toteutettu hammaspyörien sekä hihnan avulla. Alempi hammaspyörä on lukittu nostimen runkoon. Yläakseli on laakeroitu nostimen varteen, joten se pääsee liikkumaan varren asennosta riippumatta. Toinen hammaspyörä on lukittu yläakseliin ruuviliitoksilla. Hammashihna on hammaspyörien välissä. Yläakseli pysyy aina samassa asennossa runkoon nähden, koska alempi hammaspyörä on lukittu ja ylempi liikuttaa koko akselia.

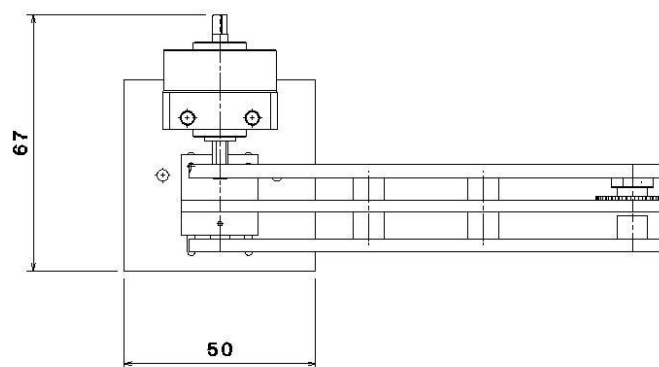


Kuvio 16. Nostimen malli.

Käytettävissä olevat osat ovat kevyitä, eikä voimanlähteen ei tarvitse olla suuri. Nostimen koon määrittää lähinnä tarvittavan pitkä varsi (kuvio 17 ja 18).



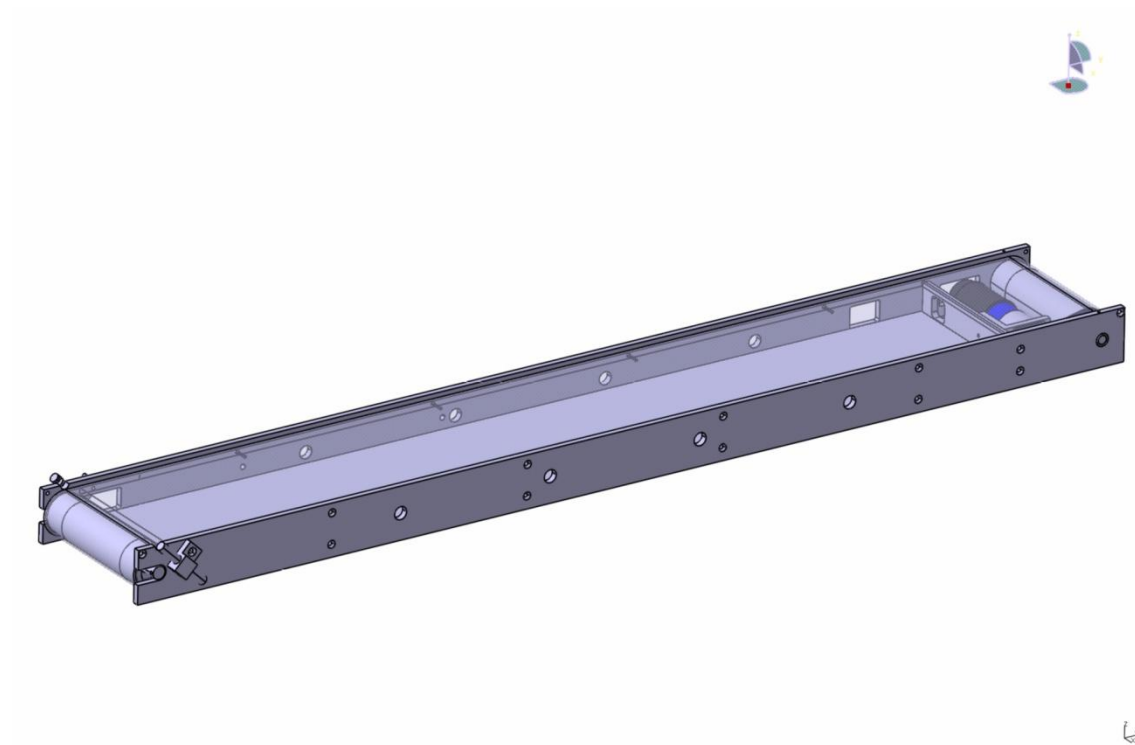
Kuvio 17. Nostimen mitat edestä



Kuvio 18. Nostimen mitat päältä.

3.1.3 Hihnakuji

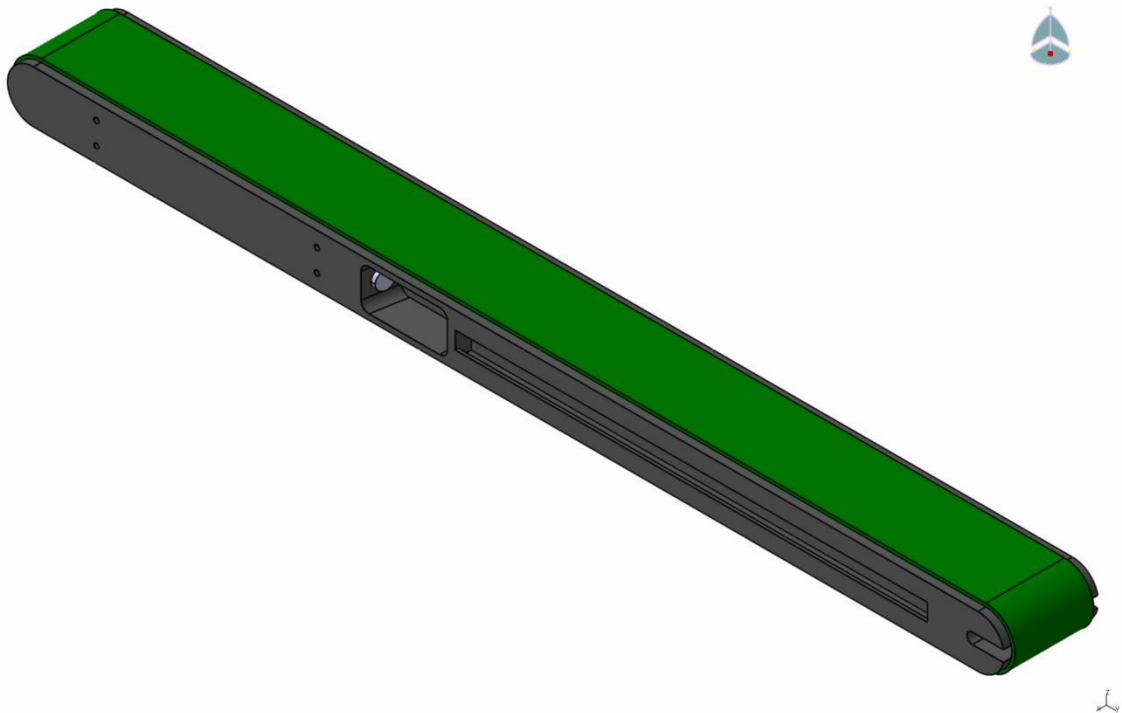
Osat kuljetetaan osiensyöttöjärjestelmästä kokoonpanosoluun hihnakujiimella. Hihnakujiimessa on suuri pinta-ala poimitun osan laskemiseen. Koska kokoonpanosolussa osan poimimiseen käytetään konenäköä, ei osan tuloasennolla ole merkitystä. Tämä edesauttaa yksinkertaista osan poimintaa. Demonstraatiossa tutustuttiin kaupallisiin hihnakujiimiin ja suunniteltiin omia tarpeita vastaava malli. Itsetehdyissä kujiimissa käytetään taustavalaistua vaaleaa hihnaa (kuvio 19).



Kuvio 19. Taustavalaistun hihnakujiimen malli.

Hihnaa liikutetaan yhdellä sähkömoottorilla. Voimansiirto moottorilta hihnalle tapahtuu hammaspyörien välityksellä. Kuljetushihna kiristetään kujiimien päissä olevien rullien välille. Kujiimen toisessa rullassa on säätömahdollisuus, jolla saadaan hihna halutulle kireydelle. Hihnan välissä on tila taustavalaistukselle. Päällimmäinen levy on valmistettu läpinäkyvästä pleksistä, joka kannattelee hihnaa sekä päästää taustavalon lävitseen. Hihnan päissä on optiset anturit, jotka havaitsevan kappaleen. Taustavalaistuksen tarkoituksena on selventää kameroiden ottamia kuvia.

Kaupalliseksi hihnakujujettimeksi valittiin Vetterin hihnakujujetin (kuvio 20). Kujujetin on kompaktin kokoinen ja moottori on kujujetimen sisällä. Kujujetimessa ei ole varsinaisia laitoja, vaan kaikki komponentit on mahdutettu hihnan väliin. Kujujetin voidaan kuitenkin kiinnittää sivuissa olevien urien avulla. Tynnyrimäiset rullat pitävät hihnan keskellä kujujetinta.



Kuvio 20. Vetter-kujujetimen malli.

3.2 Muunneltavuus

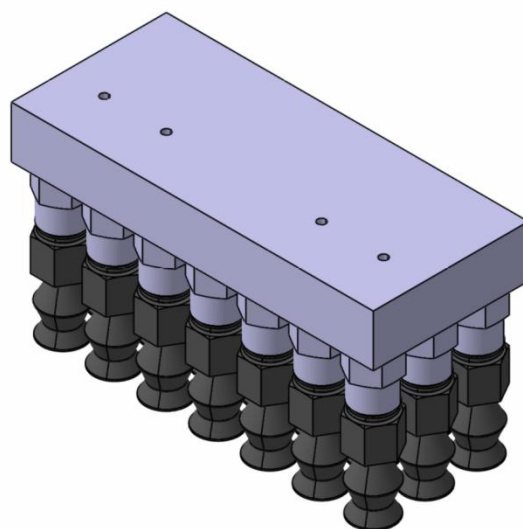
Molemmat osiensyöttöjärjestelmät toimivat samalla periaatteella. Käsiteltävässä projektissa suurin osa tuotteista tuodaan järjestelmään palettien avulla. Osien syöttö on kuitenkin mahdollista lukuisilla eri tavoilla. Syöttölaitetta rajoittavat sen fyysinen koko ja kappaleiden syöttötapa. Syöttölaitteen on mahduttava nostimia sekä hihnakujujetinta kannattelevan profiilin alle ja pinta-alallisesti kannatinlevylle. Syöttölaitteen on myös tuotava kappale aina samaan kohtaan, ja sen on oltava päältä avoin osan poiminnalle. Samantapaisilla kappaleilla tarraimen vaihto ei ole välttämätöntä. Nostimet ovat sijoitet-

tu profiilin päälle irti indekseritasosta. Nostin on kiinnitetty profiiliin ruuviliitoksella, joten nostimen säätö on portaaton yhden akselin suhteen. Korkeussuunnassa säätövaraa on nostimen 180 asteen liikematkan varassa. Syöttölaitteen vaihtaminen järjestelmään käy siis helposti.

3.3 Tarraimet

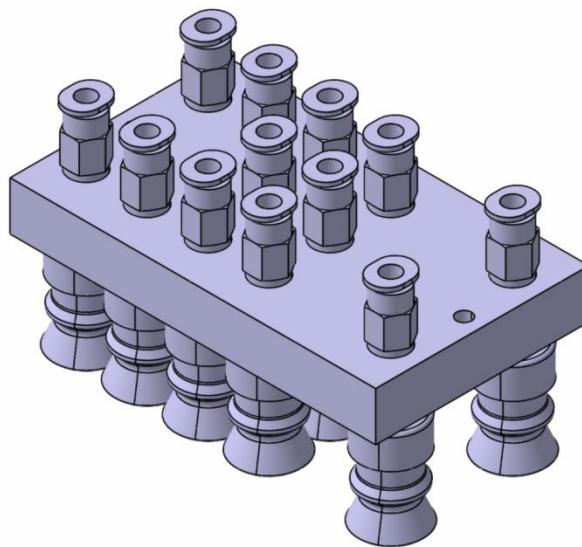
Eräs projektin tavoitteista oli mahdollistaa helppo kokoonpantavan tuotteen vaihtaminen. Tarraimissa pyrittiin siis suunnittelemaan mahdollisimman universaalit. Tarkasteltavat tarraimet on tarkoitettu osien poimimiseen paleteilta.

Matriisitarraimessa on lukuisia imukuppeja sijoitettuna matriisiin (kuvio 21). Tarraimen toimiessa alipaineella tulee ongelma imukupeissa, joissa ei ole mitään vastusta. Koska imukupit on kytketty samaan ilmalinjaan, jos yksi imukuppi vuotaa, alipaine häviää koko linjastosta. Venttiilit, jotka estäisivät imun kyseisessä tilanteessa, ovat melko kookkaita ja kalliita.



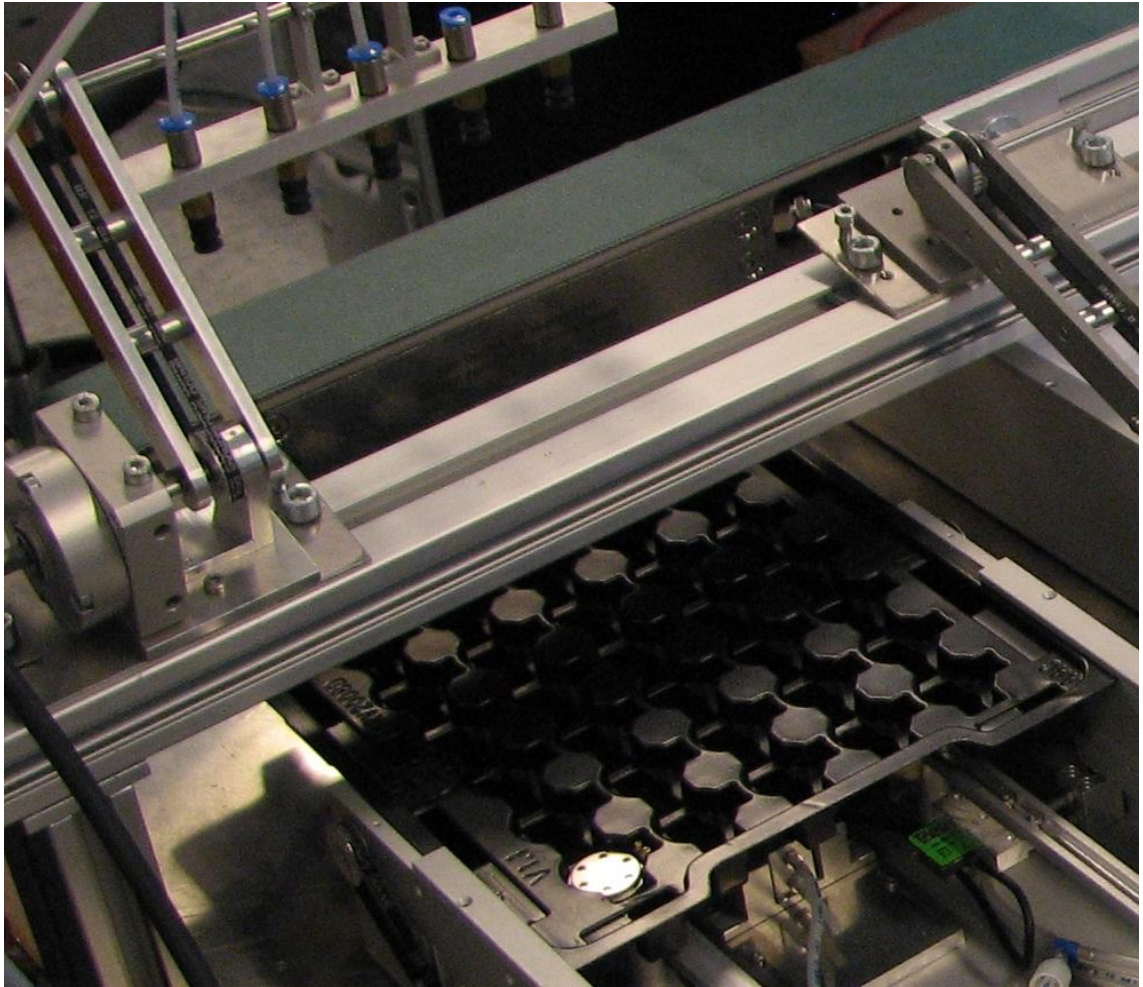
Kuvio 21. Matriisitarraimen malli.

PWB-coverin nostamiseen suunniteltu tarrain on matriisitarraimen tapainen, mutta alipaine kulkee jokaiseen imukuppiin omassa linjassaan (kuvio 22). Koska kappaleet ovat kevyitä, ei nostamiseen tarvita lukuisia imukuppeja. Imukuppien paikoista voidaan valita ainoastaan tarttumiseen käytettävät kohdat, kappaleen muodon mukaan. Siksi kappaleen vaihtuessa vain imukuppien paikkaa tarvitsee muuttaa.



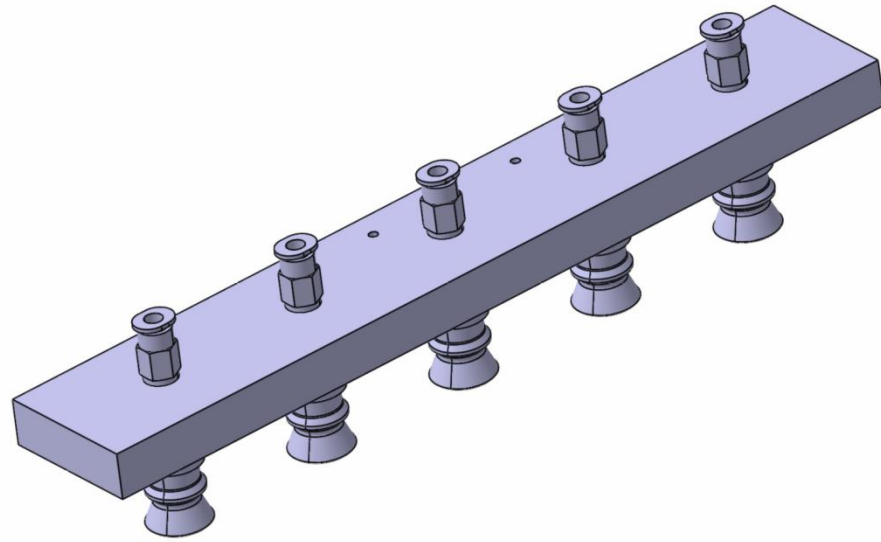
Kuvio 22. PWB-cover -tarraimen malli.

Speaker-paletissa on viisi kaiutinta sijoitettu vierekkäin. Koska kaiuttimet ovat paletin reunan alapuolella, ei niiden poimimiseen käy edellä mainitut tarraimet (kuvio 23).



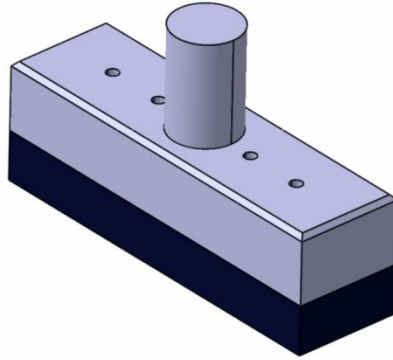
Kuvio 23. Speaker-paletti sekä nostin.

Ratkaisussa jokainen kaiutin poimitaan omalla imukupillaan (kuvio 24). Kaiuttimia nostetaan siis koko rivi kerrallaan. Osat varastoidaan tarraimessa ja syötetään liukuhihnalle vuorotellen d-coverin kanssa. Seuraava kaiutin saadaan hihnalle katkaisemalla paine imukupista. Kun kaikki tarraimessa olevat kappaleet on syötetty, nostetaan palettilta seuraava rivi.



Kuvio 24. Speaker-tarraimen malli.

Kaupallisista vaihtoehdoista tutustuttiin Schmallin matriisityyppiseen tarraimeen (kuvio 25). Tarraimessa on ilmareikiä matriisin muodossa ja kiinnityspintana vaahtomuovi-vaippa. Kappaleeseen tartuttaessa vaippa mukaillee kappaleen muotoja ja tarttuu siihen tiiviisti. Kappaleen ollessa kovin pieni tapahtuu kuten matriisitarraimessa ja alipaine häviää.



Kuvio 25. Schmal-tarraimen malli.

4 Osiensyöttöjärjestelmän ohjaus

Osiensyöttöjärjestelmän ohjaus on toteutettu käyttämällä ohjelmoitavaa logiikkaa.

Osiensyöttöjärjestelmä on Ethernetin kautta yhteydessä kokoonpanosolun logiikkaan.

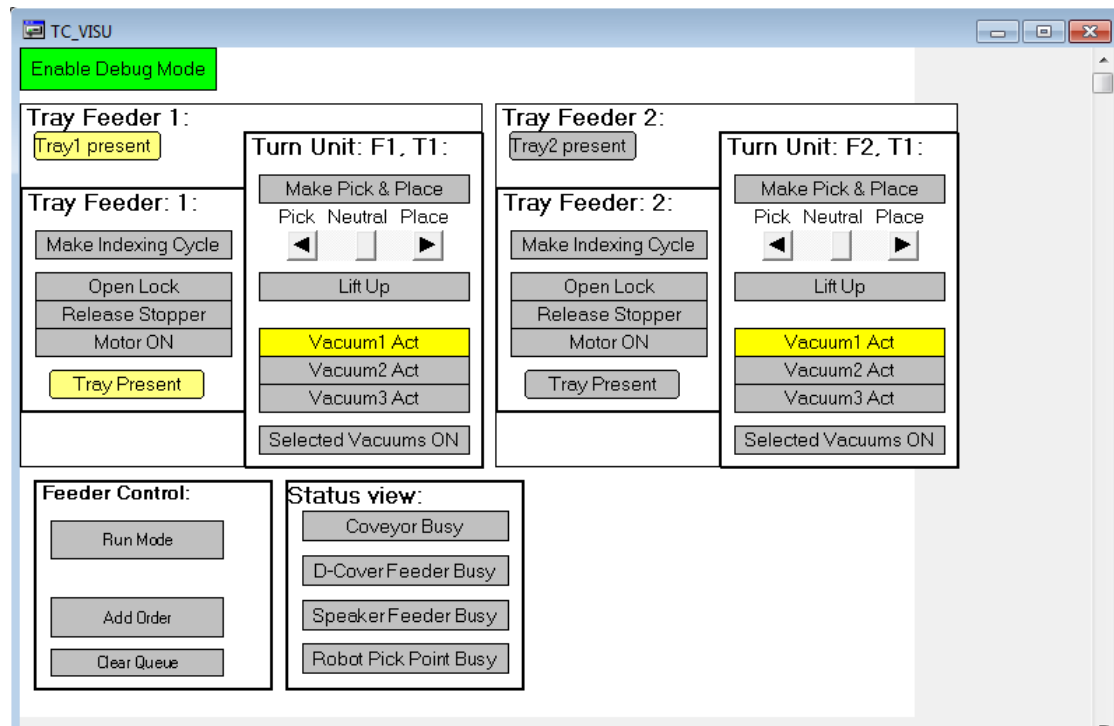
Kokoonpanolta tulee tilausjono tarvittavista osista. Tilausjonon täyttämiseksi toimilaitteiden on oltava tietoisia toisistaan. Ensimmäisessä vaiheessa tilausjonon täyttämiseen hihnakuljetin pyytää palettisiirtimeltä osan.

Siirtimessä oleva optinen anturi tunnistaa, onko paletti poimintakohdassa. Jos palettia ei ole, sähkömoottorit alkavat pyörittää hihnaa. Anturi tunnistaa vain paletin, ei sen liikettä. Paletin indeksoiminen on siis suoritettava ajastimilla. Anturin havaitessa paletin se käynnistää ajastimen, joka päästää pysäyttimen vapaaksi. Pysäytin nousee jousen varassa ylös ja pysäyttää paletin seuraavan kohouman kohdalla. Anturin havaitessa paletin myös hihnan ja lukitsimien ajastin käynnistyy. Paletin pysähtyttyä hihna pysähtyy ja lukitsimet nousevat ylös.

Paletin ollessa oikealla paikalla nostin siirtää kappaleen hihnakuljettimelle. Logiikka pitää lukua, mitkä osat on nostettu. Kun koko rivin osat on nostettu, palettia siirretään eteenpäin. Paletin siirto tapahtuu samalla periaatteella niin kauan, kunnes anturi havaitsee paletin olevan paikallaan. Kun kaikki paletin osat on poimittu, kierto alkaa alusta.

Tarkasteltavasta solusta tuodaan kaksi osaa. Molemmat osat tuodaan omilta paleteiltaan samalla periaatteella. Hihnakuljettimelle luodaan jokaiselle osalle virtuaalinen tila. Tila on kyseisen osan syöttölaitteen levyinen. Tässä tapauksessa d-coverin sekä speakerin syöttölaitteen kokoinen. D-cover tilan tullessa d-cover syöttölaitteen kohdalle nostin nostaa osan hihnalle. Osan tultua hihnalle ylimääräinen virtuaalinen tila pyyhkiytyy pois ja osan sijainti hihnalla tiedetään. Kuljettimella siirtyy nyt fyysinen d-cover ja speakerin virtuaalinen tila. Speakerin virtuaalisen tilan tullessa speakerin syöttölaitteen kohdalle nostin nostaa speakerin hihnalle. Samalla tavoin ylimääräinen virtuaalinen tila pyyhkiytyy pois ja d-cover sekä speaker siirretään kokoonpanosoluun. Kokoonpanoon tultaessa konenäkö havaitsee osan, poimii sen hihnalta ja ilmoittaa osiensiötölle, että osa on poimittu.

Ohjauksen käyttöliittymä on tietokoneella. Ohjaus tapahtuu automaattisesti, mutta saadaan myös manuaaliohjaustilaan (kuvio 26).



Kuvio 26. Ohjauspaneelin käyttöliittymän kuvankaappaus.

Kuviossa on kaksi palettisiirintä (tray feeder) sekä nostinta (turn unit). Toimilaitteet ovat periaatteeltaan samanlaisia. Tray feeder 1 on havainnut paletin (tray present). Palettisiirtimeen voidaan valita tekemän kokonainen indeksointi kierto. Kiertoon kuuluu paletin siirto seuraavaan riviin, eli lukkojen avaus, pysäyttimen lasku ja moottorin käynnistäminen. Kaikki toimenpiteet voidaan tehdä myös erikseen.

Nostin toimii pneumaattisesti. Turn Unit F1, T1:ssä on imu kohdassa 1 (vacuum1 act) päällä. Kääntölaitteessa on paineilma molempiin suuntiin kääntymiseen ja alipaineella toimiva imukuppi. Laitetta voidaan myös käskellä tekemään kokonainen Pick & place -kierto, jossa tarrain lasketaan paletille, käynnistetään alipaine ja siirretään tarrain hihnakuljettimen päälle. Tarrain voidaan nostaa keskiasentoon pois indekserin tai kuljettimen tieltä Lift Up -valinnalla. Selected Vacuums ON päättää, käynnistääkö vai sammuttaako valittu tila alipaineen.

5 Syöttölaitteet

Automaattisessa kokoonpanossa syöttölaitteilla on tärkeä osa. Tuotekehityksen kannalta on tärkeää, että uutta tuotetta voidaan valmistaa samassa järjestelmässä mahdollisimman pienillä muutoksilla. [4]

5.1 Syöttölaitteista yleisesti

Perinteisesti kappaleiden syöttö tapahtuu kolmessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa varastossa olevista osista luodaan tasainen kappalevirta, jossa ne kulkevat eteenpäin määrittämättömässä asennossa. Yleensä tähän käytetään hihnakuljetinta, tärymaljaa tai vastaavaa kuljetuslaitetta. [4]

Seuraavassa vaiheessa kappale pyritään saamaan oikeaan asentoon. Kappalevirta tuodaan laitteistoon, joka muuttaa jokaisen kappaleen orientaation samanlaiseksi. Väärässä asennossa oleva kappale havaitaan ja palautetaan varastoon. Kappaleiden asennon järjestelemiseen käytetään yleensä jonkinlaista tärymaljaa. [4]

Kolmannessa vaiheessa kappaleet poistetaan syöttölaitteesta. Kaikkien kappaleiden kulkiessa samassa asennossa poisto on helppoa esimerkiksi manipulaattorilla. Manipulaattori siirtää osat syöttölaitteesta yleensä kokoonpanovaiheeseen. [4]

Tällaisessa järjestelmässä syöttölaitteet eivät ole erityisen joustavia. Etenkin orientatiovaiheessa pieni kappaleen muutos edellyttää koko järjestelmän uudelleensuunnittelun. [4]

5.2 Projektissa kehitetyt syöttölaitteet

Käytettävät syöttölaitteet on enimmäkseen suunniteltu itse. Pienen koon lisäksi pyrittiin mahdollisimman universaaleihin laitteisiin. Kokoonpanossa kappaleiden paikka havaitaan konenäöllä. Konenäkö tuo lisäkustannuksia sekä kamerat vievät paljon tilaa, mutta

se helpottaa muiden toimilaitteiden suunnittelua huomattavasti. Parhaassa tapauksessa valmistettavan tuotteen vaihtuessa joudutaan muuttamaan ainoastaan ohjelmistoa. Tarraimet ovat yksinkertaisia ja vaativat yleisesti pienen tarttuma-alan. Jos tarrainta pitää vaihtaa, on manipulaattoreissa helposti vaihdettava tarrainpää. Hihnakuljettimet ovat yleispätevä ratkaisu osien siirtämiseen solusta toiseen, koska osan muodolla ei ole väliä.

6 Kehittämiskohteet

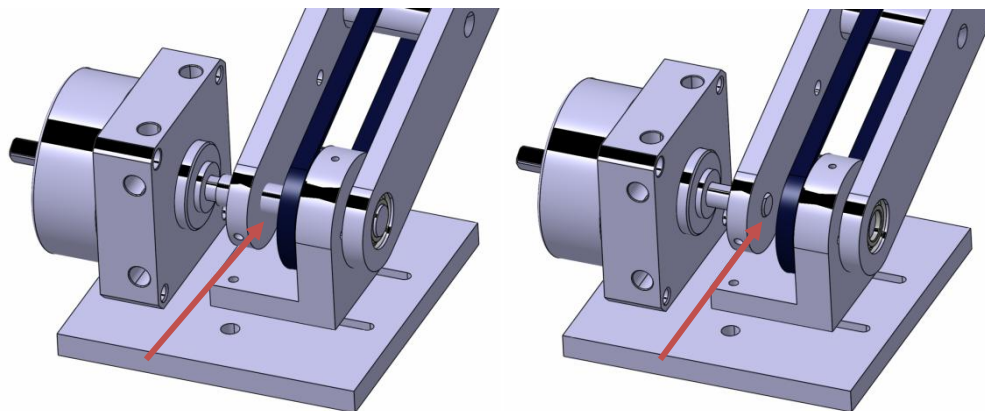
Nostimen ylävarsi on pyöreä tanko. Tangon kiinnitys sitä ohjaavaan hammaspyörään tulisi olla tukevampi, ettei tanko pääse pyörimään tarkoituksettomasti. Kiinnitykseen on tällä hetkellä toteutettu puristavalla ruuvilla. Tangon on tarkoitus olla puristettuna hammaspyörään ja tarraimen kiinnituleviin tukipaloihin. Kiinnitystä voidaan parantaa useammalla ruuviliitoksella tai tangon läpi menevällä akselilla (kuvio 28). Hammaspyörä on 4 mm paksuinen, mikä rajoittaa kiinnitysmahdollisuuksia. Koska kiinnitysreikä jää pieneksi, siinä on pienet kierteet eikä ruuvia saada kovin kireälle. Ruuviliitosta voidaan myös tehostaa käyttämällä liimaa, mutta tämä vähentää laitteen muunneltavuutta.



Kuvio 28. Yläakselin kiinnitysehdotukset.

Nostimen alaosassa toinen tukivarsi on kiinnitetty pneumaattiseen moottoriin, ja toinen tukivarsi on kiinnitetty tukipalaan. Vaikka molemmat tukivarret on kiinnitetty samalla kohtaa oleville akseleille, eivät akselit kuitenkaan ole samaa kappaletta. Ajan kuluessa näiden akseleiden paikka voi muuttua, joka aiheuttaa ongelmia nostimen käytössä. Tä-

mä voitaisiin estää asettamalla molemmat tukivarret samalle yhtenäiselle akselille (kuvio 29)



Kuvio 29. Vasemmalla kiinnitysehdotuksen malli, oikealla nykyisen kiinnityksen malli.

7 Yhteenveto

Projektiin liittyi paljon suunnittelutyötä. Vaikka kaupallisten toimilaitteiden soveltuvuutta tutkittiin, suurin osa laitteista on suunniteltu itse. Palavereissa suunniteltiin tehtaan yleinen rakenne sekä tarvittavat toiminnot. Suunnittelun jälkeen piirrettiin Catia-ohjelmalla järjestelmän layout-malli.

Mikrotehtaiden markkinat ovat vielä niin pienet, että kaupallisilla valmistajilla ei juuri ole valmiita ratkaisuja toimilaitteisiin. Tästä syystä projektin osiensaajajärjestelmän kaikki toimilaitteet suunniteltiin itse. Mekaniikkasuunnittelun kannalta projektin haasteellisimpia osia olivat paletinsiirtimet ja kääntimet.

Osien kuljetukseen käytettävissä paleteissa on kapeat reunat, joiden avulla palettia liikutetaan palettsiirtimessä. Kahden laakerin ja hihnapyörän kokoonpanon mahdolluttaminen tämän kapean reunan alueelle oli haastava ja aikaa vievä tehtävä. Riittävän pienikokoisia standardikomponentteja, kuten laakereita, ei juuri ole saatavilla. Nämä toiminnan kannalta välttämättömät osat rajoittavat suunniteltavien osien kokoa.

Nostimessa haasteena oli saada tarrain pysymään vaakatasossa koko liikkeen ajan. Ongelma saatiin ratkaistua käyttämällä hammaspyöriä ja hammashihnaa. Hammashihna sopii tarkoitukseen hyvin, mutta menetelmä vaatii kaksi tukivartta. Tukivarret tulisi kiinnittää samaan akseliin, koska kulutuksen myötä akseleiden asema saattaa muuttua.

Suunnittelutyössä pääsi käyttämään omaa luovuuttaan, koska tehtaan layout suunniteltiin alusta lähtien itse. Suunnittelua helpotti se, että voitiin keskittyä yhteen soluun kerrallaan, koska jokainen solu on itsenäinen ja vain kappale matkaa solusta toiseen. Työtovereiden asiantuntemus ennaltaehkäisi monia ongelmia ja säästi turhia työtunteja. Kaikki mikrotehtaan toimilaitteet saatiin toimimaan toivotulla tavalla jo ensimmäisillä versioilla.

Lähteet

- [1] Heikkilä, Riku. 2007. DESK Elektroniikkatuotteiden integroitu desktop- volyyymi- valmistus ja -koonpano tutkimussuunnitelma

- [2] Heikkilä, Riku. 2008. MZ-DTF Desktop tuotantojärjestelmä tutkimussuunnitelma

- [3] Heikkilä, Riku. 2009. DeskConcept Desktop-tuotantokonseptin mahdollisuudet ja tulevaisuus tutkimussuunnitelma

- [4] Hongler, M.-O. et al. 2001. Highly Flexible Feeding of Components for Automatic Assembly. The SyFA module. Emerging Technologies and Factory Automation, 2001. Proceedings. 2001 8th IEEE International Conference, October 15 – 18, 2001, Antibes, France

- [5] Wicht Nicolas. 2010. Generic Ethernet controller for µfactory