

LASIMURSKAN LAJITTELUN PARANTAMINEN

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotantopainotteinen mekatroniikka
Opinnäytetyö
Syksy 2007
Tuomas Jaakkola

Lahden ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka

JAAKKOLA, TUOMAS: Lasimurskan lajittelun parantaminen
Pilkington Lahden Lasitehdas Oy

Mekatroniikan opinnäytetyö, 37 sivua, 3 liitesivua

Syksy 2007

TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö käsittelee lasimurskan muodostumista ja lajittelua sekä ratkaisuja uusiokäytön parantamiseksi lasinvalmistusprosessissa. Työ on tehty Pilkington Lahden Lasitehtaalle. Työ toimii esisuunnitelmana myöhemmin tehtävää investointityötä varten.

Lasimurskan uusiokäytöllä saadaan huomattavia säästöjä raaka-ainekustannuksissa ja energian kulutuksessa. Uusiokäytön parantamiseen tarvitaan menetelmä, jolla saadaan eri lasimurskalaadut lajiteltua erilleen.

Nykyistä lasimurskan keräysjärjestelmää parantamalla laadut saadaan lajiteltua erilleen ja näin lisättyä uusiokäyttöä. Työssä on käsitelty kahta erityyppistä menetelmää, jotka ovat mekaanisesti kouruhihnakuuljettimilla toteutettu lajittelu ja konenäöllä automaattisesti toteutettu lajittelu.

Mekaanisella lajittelulla saadaan teoriassa lajiteltua 100 % tehtaan sisällä muodostuva lasimurska. Todellisuudessa kaikkea syntyvää lasimurskaa ei saada uudelleenkäytettäväksi lasimurskan joukkoon päässeiden epäpuhtauksien takia. Konenäöllä saadaan lajiteltua 60- 80 % syntyvästä lasimurskasta.

Konenäkö lajittelu on huomattavasti edullisempi ratkaisu, ja sen liittäminen nykyiseen järjestelmään vaatii vähäisiä muutostöitä.

Avainsanat: lajittelu, uusiokäyttö, lasimurska, konenäkö, kouruhihnakuuljetin

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
1.1	Työn tavoitteet	1
1.2	NSG Pilkington	2
1.3	Pilkington Lahden Lasitehdas Oy	2
2	LASINVALMISTUS	3
2.1	Lasinvalmistusprosessi	3
2.2	Lasin ominaisuudet	4
2.3	Floatlasi	4
2.4	Raaka-aine	4
2.5	Pintti	5
2.6	Lasin sulatus	7
2.7	Tinakylpy	7
2.8	Jäähdytystunneli	8
2.9	Vastaanottolinja	8
3	LASINKÄSITTELY	10
3.1	Lasinkäsittelyn toiminta	10
3.2	A-linja	10
3.3	B-linja	11
3.4	C-linja	12
3.5	D-linja	13
3.6	Sivulinja	15
4	PINTIN SYNTYMISEN NYKYTILAKUVAUS	16
4.1	Vastaanottolinja	16
4.2	A-leikkauslinja	17
4.3	B-leikkauslinja	18
4.4	C-leikkauslinja	18
4.5	D-leikkauslinja	19
4.6	Ulkopuoliset toimittajat	19
5	PINTINKÄSITTELYJÄRJESTELMÄ	20

5.1	Pinttinpoistojärjestelmän toiminta	20
5.2	D-linjan pinttijärjestelmä	22
6	RATKAISUJA PINTIN LAJITTELUUN	23
6.1	Mekaaninen lajittelu	23
6.1.1	Suljettu kouruhihnakuuljetin PK-2.1	23
6.1.2	Kouruhihnakuuljetin PK-3.1	24
6.2	Konenäkö	25
6.3	Konenäköjärjestelmän valaisumenetelmät	26
6.4	VISI 40 Smart-konenäköjärjestelmä	29
6.5	VISI 40 Smart-konenäköjärjestelmällä ohjattu pinttinpoistojärjestelmä	30
6.6	D-linjan pinttisiilo	31
6.7	Kustannukset ja säästöt	32
6.7.1	Mekaaninen lajittelu	33
6.7.2	VISI 40 Smart konenäkösovellus	33
6.7.3	D-linjan pinttisiilo	34
	LÄHTEET	36
	LIITTEET	37

1 JOHDANTO

1.1 Työn tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada Pilkington Lahden Lasitehdas Oy:n lasinvalmistuksessa ja – käsittelyssä syntyvän lasimurskan uusiokäyttö tehokkaammaksi ja miettiä teknisiä ratkaisuja lajitteluun. Tämä työ toimii esisuunnitelmana myöhemmin tehtävään investointityöhön.

Lasimurskasta käytetään ammattikielessä nimeä pintti jota käytetään tästä eteenpäin. Pintin uusiokäyttö haluttaisiin saada nostettua 60 % tasolle nykyisestä 30–40 %:sta. Tämä tavoite vaatii pintin kahden eri lasilaadun erottelun toisistaan. Nykyisin pintti kulkee samoilla kuljettimilla ja sekoittuu keskenään. Lasilaadut jotka pitäisi erotella toisistaan, ovat kirkas (GL) lasilaatu ja vaaleanvihreä (GN) lasilaatu. Hyödyt, johon pintin lajittelulla pyritään pääsemään, voivat nostaa pintin käyttöprosenttia uudelleensulatuksessa, vähentää energian kulutusta, vähentää syntyvän jätelasin määrää ja pienentää raaka-aine kustannuksia.

Pilkington Lahden Lasitehdas Oy:n puolesta esitettiin asioita joihin he haluavat työn ottavan kantaa. Esitetyt asiat ovat:

- tavoite saada 80 % pintistä lajiteltua ja lisätä pintin käyttöä sulatuksessa
- pintin lajittelu lasinkäsittelyssä ja valmistuksessa sekä näiden keskinäinen toiminta
- teknisten ratkaisujen esisuunnitelmien laatiminen
- kustannukset ja säästöt eri menetelmillä.

1.2 NSG Pilkington

NSG Pilkington on yksi maailman suurimmista lasin ja lasituotteiden valmistajista. NSG Pilkington valmistaa lasituotteita rakennus- ja ajoneuvoteollisuudelle ja teknisille markkinoille. NSG Pilkingtonilla on tuotantolaitoksia 26 maassa ja myyntiä yli 130 maassa. Omistajana tai osakkaana konserni on 53 floatlasia valmistavassa lasitehtaassa maailmanlaajuisesti. NSG Pilkingtonin Suomen yhtiöiden liikevaihto viime tilikaudella oli 171 milj. € ja henkilökunnan määrä 1200.

Suomessa NSG Pilkingtonilla on tasolasitehdas Lahdessa, erikoisajoneuvoihin karkaistujalaseja valmistava tehdas Tampereella, henkilöautojen ja kuorma-autojen tuulilaseja valmistava tehdas Ylöjärvellä, eristyslaselementtejä rakennusteollisuuteen valmistava tehdas Nivalassa ja tukkuliike Espoossa sekä Laitilassa sijaitseva linja-autojen tuulilaseja valmistava tehdas, joka tuottaa myös vaativia lasituksia laivateollisuuteen. (NSG Pilkington. 2007.)

1.3 Pilkington Lahden Lasitehdas Oy

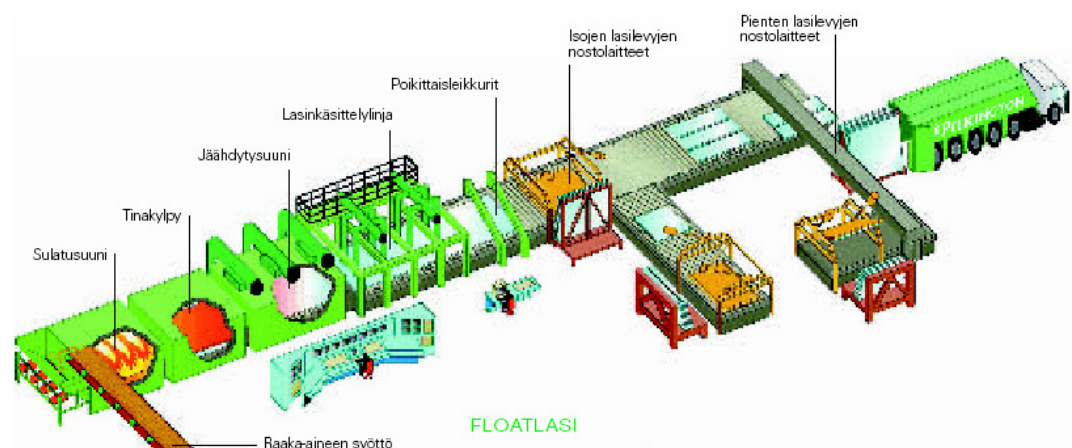
Pilkington Lahden Lasitehdas Oy on ainoa suomalainen suomessa tasolasia valmistava lasitehdas ja Pohjoismaiden mittavin yksikkö lasinleikkauksessa. Yhtiö on perustettu vuonna 1923. Koneellinen lasinvalmistus aloitettiin vuonna 1927. Vuodesta 1987 tasolasia on valmistettu nykyisellä Float-menetelmällä. Tehdas keskittyy sekä kirkkaan että vaaleanvihreän floatlasin valmistukseen, joka menee pääasiassa autolasiteollisuuden tarpeisiin. Tehtaassa tehdään myös ohutta microfloatlasia, joka menee Pilkingtonin ulkopuolisille asiakkaille eri puolille maailmaa. Tuotantokapasiteetti on noin 83000 tonnia vuodessa, ja tuotetun lasin pinta-ala noin 13 600 000 m². Tehtaan liikevaihto on 30 milj. €. ja henkilöstömäärä noin 120 henkilöä. (Pilkington Lahden Lasitehdas Oy. 2006.)

2 LASINVALMISTUS

2.1 Lasinvalmistusprosessi

Prosessin pääosat koostuvat viidestä alueesta, jotka ovat raaka-aineen valmistus, lasinsulatus, tinakylpy, jäähdytystunneli ja vastaanottolinja. Lasinvalmistusprosessia ei voi keskeyttää ja mikä tuo haasteita laitteistolle sekä prosessista vastaavalle henkilöstölle. Keskeytys tapahtuu ainoastaan uuninkorjaustilanteessa, jolloin prosessi ajetaan hallitusti alas. Silloin uuni jäähdytetään kokonaan, ja prosessi aloitetaan kokonaan alusta. Uuninkorjaus tapahtuu noin 10 vuoden välein.

Prosessin toimimisen kannalta tärkeitä järjestelmiä ovat sähkö, paineilma, maa-kaasu, nestemäinen happi, vesi, typpi, vety ja erilaiset prosessinohjausjärjestelmät. Sähkön, veden ja paineilman saanti on turvattu varajärjestelmillä. Sähköä johdetaan Lasitehtaalle kahdesta eri 20kV sähköverkosta, jolloin sähkötoimitus varmuus on hyvä. Typpi valmistetaan Lasitehtaan yhteydessä olevassa Aga Oy:n erillisessä yksikössä. Aga Oy toimittaa myös vedyn konteissa ja hapen säiliöautolla erilliseen happisäiliöön. Kuviosta 1. nähdään lasinvalmistusprosessin kuvaus.



KUVIO 1. Lasinvalmistusprosessi

2.2 Lasin ominaisuudet

Lasin rakenne on järjestymätön eli amorfinen. Amorfinen rakenne on tyypillistä nesteille, joten lasin voidaan sanoa olevan alijäähtynyttä nestettä. Se on jäähdytetty kiinteään olomuotoon kiteyttämällä, jolloin sitä voidaan sanoa epäorgaaniseksi sulatustuotteeksi. Lasin viskositeetti eli sitko riippuu lämpötilasta. Tarkkaa sulamispistettä ei ole vaan olomuodon muutos tapahtuu suurella lämpötila-alueella. Normaaleilla lasilla se on noin 500 °C ja lasin tiheys on 2500 kg/m³. Kirkas floatlasi läpäisee valoa 85–92 % ja floatlasin veto- ja taivutuslujuus on 30 MPa. (Lasifakta 2007.)

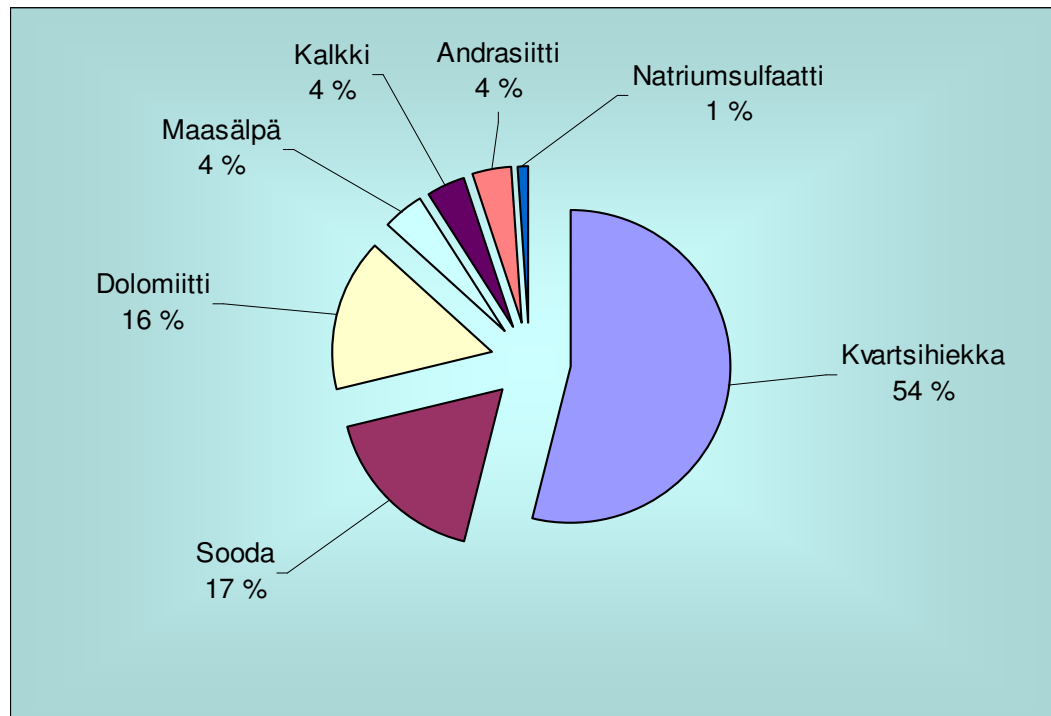
2.3 Floatlasi

Pilkingtonin vuonna 1952 kehittämä floatlasiprosessi on nykyään korkealaatuisen lasinvalmistuksen standardimenetelmä kaikkialla maailmassa. Floatlasi jalostetaan monissa tapauksissa edelleen ennen kuin se asennetaan rakennuksiin ja ajoneuvoihin. Alun perin prosessi sai aikaan vai 6 mm:n paksuista lasia, mutta nyt sillä pystytään valmistamaan ohuimmillaan 0,3 mm:n ja paksuimmillaan 25 mm:n lasia. Tarkkaan koostettu raaka-aineseos sulatetaan uunissa. Sula lasimassa, noin 1200 °C, virtaa uunista jatkuvana nauhana tinakylpyyn, jossa on typpivetyatmosfääri. Lasi leviää sulan tinan päälle tasaiseksi pinnaksi. Lasin paksuus määrätään säätelemällä vetonopeutta, jolla jähmettyvää lasinauhaa kuljetetaan tinakylvystä eteenpäin. Kontrolloidun jäähtyksen jälkeen lasi on käytännöllisesti katsoen yhtä tasaista kummaltakin puolelta. (NSG Pilkington. 2007.)

2.4 Raaka-aine

Lasin raaka-aine koostuu monesta eri materiaaleista: kvartsihiekkä, sooda, dolomiitti, kalkki, maasälpä, antrasiitti, natriumsulfaatti ja vesi koostavat seoksen joita sulattamalla lasi syntyy. Lisäksi seokseen tulee lasin laatuun vaikuttavia aineita kuten rautaoksidia. Kuvioista 2. nähdään raaka-aineiden osuudet. Seokseen voidaan lisäksi lisätä lasimurskaa, joka vähentää raaka-aineiden kulutusta.

Raaka-aineet tulevat tehtaalle säiliöautoilla ja junavaunuilla. Raaka-aineet puretaan kuljettimilla ja varastoidaan siloihin, joista ne annostellaan ruuvikuljettimilla vaakojen kautta myllyyn. Myllyssä syntyy valmis seos jota kutsutaan mengiksi. Mengin valmistus on miehittämätön prosessi lukuun ottamatta raaka-aineiden vastaanottoa.



KUVIO 2. Raaka-aineet

2.5 Pintti

Pintti on murskattua lasia, jota ei ole voitu hyödyntää jatkokäsittelyyn. Pintin kierätys on erittäin hyödyllistä ja se on arvokas lisä raaka-aineen seassa valmistettaessa uutta lasia. Sen osuus raaka-aineesta on yleensä 30–40 %, ja tavoitteena on päästä yli 60 % uusiokäyttöön.

Vaalean vihreää (GN) lasilaatua valmistettaessa pintin osuus on tänä päivänä jo yli 60 %, koska silloin voidaan käyttää sekapinttiä. Sekapintti sisältää vaaleanvihreää (GN) lasilaatua ja kirkasta (CL) lasilaatua. Sekapinttiä syntyy, kun nämä murskatut lasilaadut menevät sekaisin pintinpoistojärjestelmässä.

Kirkkaan (CL) lasilaadun valmistuksessa ei voida käyttää muuta kuin kirkasta pinttiä, mikä laskee keskimääräistä pinttiprosenttia, koska kirkasta pinttiä ei ole tarpeeksi saatavilla. Kirkkaan (CL) lasin valmistamisessa rautapitoisuus on enintään 0,15 %, ja tämä estää vaaleanvihreän (GN) pintin käyttämisen, koska siinä rautapitoisuus on suurempi.

Parhaimmillaan pintin ollessa puhdasta voidaan sitä uudelleen sulattaa raaka-aineen joukossa jopa 80 %. Pintin ominaispaino on noin 800 kg/m³, joka on lasia pienempi ja johtuu sen murskatusta muodosta.

Pintin uusiokäytöllä saadaan huomattavia säästöjä lasinvalmistuksessa. Uusiokäytöllä raaka-ainekustannukset laskevat ja energian kulutus vähenee. Jokainen tonni pinttiä mengin seassa vähentää raaka-aineiden tarvetta yli 1,2 tonnia, koska osa raaka-aineista haihtuu sulatuksen aikana.

Pintin sulattaminen ei vaadi yhtä suurta sulatuslämpötilaa kuin raaka-aineet. Jokainen tonni lasia, jonka valmistamiseen käytetään 50 % pinttiä, kuluttaa 300kWh vähemmän energiaa kuin lasi, joka valmistetaan pelkästään puhtaista raaka-aineista ja kymmenen prosentin lisäys pinttiä vähentää noin 3 % energiankulutusta.

Lasinvalmistuksesta syntyvät päästöt ovat valvonnan alaisia, ja päästöistä joudutaan maksamaan. Hiukkaspäästöt vähenevät, mitä enemmän pinttiä käytetään, mutta sillä päästään vastaavasti suurempaan tuotantokapasiteettiin, joka lisää päästöjä. Kuviossa 3. on kuvattuna pinttiä tehtaan pihalla sijaitsevassa pinttivarastossa.



KUVIO 3. Pinttiä tehtaan pihalla sijaitsevassa pinttivarastossa

2.6 Lasin sulatus

Sulatus alkaa, kun raaka-aine syötetään uuniin syöttimellä. Regeneroidussa sulatusuunissa lasimassan lämpötila on noin 1200 °C, ja uunin korkein lämpötila on 1550 °C. Sulatusenergiana käytetään maakaasua, nestemäistä happea ja sähköä. Sulatusteho on noin 26MW, josta noin 7MW regeneroidaan hyötylämmöksi. Savukaasut poistetaan regeneraattoreiden kautta, jolloin ne lämmittävät paloilmakennostot seuraavaa polttoa varten. Palosuunta vaihtuu automaattisesti 20 minuutin välein. Pituutta uunilla on 42 metriä. Uunissa on sulaa lasimassaa noin 800 tonnia ja sulatuskapasiteetti on noin 9 tonnia tunnissa. Vuodessa valmista lasia saadaan noin 83000 tonnia.

2.7 Tinakylpy

Tämä on float-valmistusmenetelmän tärkein osa, ja se saa nimensä tästä tapahtumasta. Tinakylpy on 33 metriä pitkä ja sulaa tinaa siinä on noin 80 tonnia. Suoja-kaasuna toimii typpi / vety-seos.

Sula lasimassa valutetaan sulatusuunista tasaisena nauhana sulan tinan päälle. Lasin ominaispainon 2500 kg/m^3 ollessa tinan ominaispainoa 7265 kg/m^3 kevyempi jää se kellumaan tinan päälle. Tässä vaiheessa lasimassan lämpötila on noin $1100 \text{ }^\circ\text{C}$.

Tinan päällä kelluvasta lasimassasta otetaan tartunta reunakoneilla jotka alkavat työntää lasimassaa hitaalla nopeudella eteenpäin. Tinakylvystä ulos tulevan lasin nauhan haluttu paksuus säädetään reunakoneiden nopeudella. Reunakoneita on käytössä 2-9 paria, mikä riippuu lasin paksuudesta. Tinakylvystä poistuessaan lasi on muuttunut sulasta kiinteäksi vesijäähdyttimillä suoritetun lämpötilan alenemisen johdosta. Tinakylvyn ulostulopäässä lasin lämpötila on noin $600 \text{ }^\circ\text{C}$.

2.8 Jäähdytystunneli

Jäähdytystunnelissa lasin lämpötila lasketaan hallitusti alkupäässä lämpöä ime-mällä ja loppupäässä puhaltamalla viileää ilmaa lasin pintaan. Tällä menetelmällä saadaan lasille myös haluttu jännitys jakauma. Jännitys jakaumalla on suuri merki-tys lasinkäsittelyssä. Lasin lämpötila on jäähdytystunnelin alkupäässä noin $600 \text{ }^\circ\text{C}$ ja loppupäässä sen tullessa ulos jäähdytystunnelista loppulämpötila on noin $60 \text{ }^\circ\text{C}$. Lasin nauhan suurin leveys on 3600 mm ja lasin nauhan nopeus $150\text{-}1000 \text{ m/h}$. Pituutta jäähdytystunnelilla on 44 metriä .

2.9 Vastaanottolinja

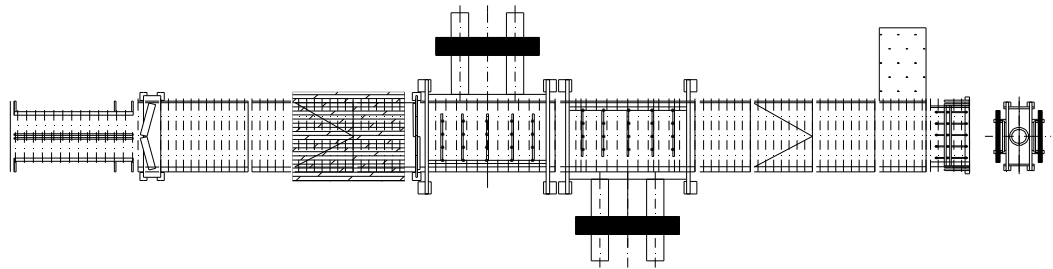
Vastaanottolinjalla lasi pestään ja kuivataan. Sille tehdään laaduntarkastus, virhe-merkkäus, leikkaus, saumantaitto, pölytys ja niputus.

Laatu tarkastetaan automaattisella Laser 2fl Vision System – laaduntarkkailulaitteistolla, joka erottelee virheet $0,01 \text{ mm}$ tarkkuudella. Se perus-tuu kamera- ja LED-heijastumaan. Konenäön skannaus nopeus on noin 5000 kais-taa sekunnissa.

Tunnistetut virheet merkataan servotekniikkaa käyttävällä merkkuslaitteistolla. Merkkuslaitteisto maalaa lasinauhaan vesiliukoisenmaalitöplän virheen kohdalle. Merkkusyksikköjä järjestelmässä on 3 kpl, mikä mahdollistaa suurenkin virhetiheyden merkkauksen.

Lasinauhan leikkaus x-suunnassa tapahtuu lentävällä leikkurilla leikkujärjestelmään asetettujen mittojen mukaan ja y-suunnassa manuaalisesti säädettävillä leikkureilla. Leikkauksen jälkeen suoritetaan dynaaminen auki taitto. Määrämittaan leikatuista lasista poistetaan reunasaumat saumantaittoasemassa. Saumauslaadun tarkkailussa käytetään VISI 100-konenäköjärjestelmää, jossa on kaksi viivakameraa. Niillä havaitaan mahdolliset epäonnistuneet taitot, jotka esiintyvät sauman lohkeamisella.

Saumantaiton jälkeen suoritetaan akryylipölytys sähköstaattisella pulverointilaitteistolla. Oxy-Dry pulverointilaitteisto levittää lasin päälle ohuen akryylipölykerroksen, joka estää lasilevyjen juuttumisen toisiinsa pukituksen jälkeen. Lopuksi jumbolevyt pukitetaan telineille 1-tai 2-pukittajalla. Tietyt pienemmät lasikoot ajetaan edelleen sivulinjalle jatkokäsittelyä varten. Pukituksen jälkeen lasi toimitetaan edelleen leikattavaksi lasinkäsittelyyn tai toimitetaan suoraan asiakkaalle. Kuviossa 4. on esitetty vastaanottolinjan layout.



KUVIO 4. Vastaanottolinja

3 LASINKÄSITTELY

3.1 Lasinkäsittelyn toiminta

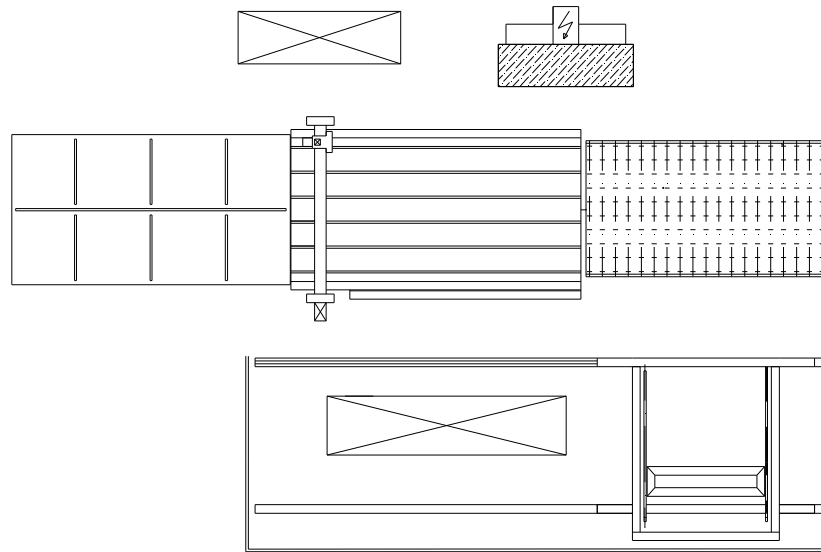
Lasinkäsittely koostuu leikkauslinjoista, sisäisistä ja ulkoisista kuljetuksista, tuotannosuunnittelusta, leikkaussuunnittelusta ja laadunvalvonnasta. Leikkauslinjoja on viisi: A-, B-, C- ja D-leikkauslinjat sekä vastaanottolinjan yhteydessä oleva sivulinja. C-linja toimii ainoastaan ohuen microfloatlasin leikkauksessa.

3.2 A-linja

A-linja on osittain automaattinen, jossa lasin nouto ja leikkaus tapahtuvat automaattisesti, mutta lasin taittaminen tapahtuu käsityönä. Linja koostuu ottajasta, kippipöydästä, leikkuupöydästä ja käsintaittopöydästä.

Ottaja hakee pystysuunnassa olevan lasin pukilta ja siirtää sen kippipöydälle. Kippipöytä kääntää lasin vaakatasoon ja siirtää sen leikkuupöydälle. Leikkuupöytä leikkaa lasin leikkuukaavioon annettujen mittojen mukaan ja siirtää leikatut lasit käsintaittopöydälle. Käsintaittopöydällä tehdään laaduntarkastus ja niputetaan lasinkuljetustelineisiin. Laaduntarkastus toteutetaan operaattoreiden johdolla silmämääräisesti, ja virheelliset maalilla merkatut lasit siirretään pinttikuuppaan.

Linjan kapasiteetti on noin 12 tonnia työvuoron aikana ja leikkaustoleranssi $\pm 0,3$ mm. Lasin enimmäiskoko on 3300x6100 mm, vähimmäiskoko 2540x3500 mm ja paksuus 1,5–6,0 mm. Linja on toiminut vuodesta 1992, ja sen on valmistanut Bys-tronic. Kuviossa 5. on esitetty A-linjan layout.



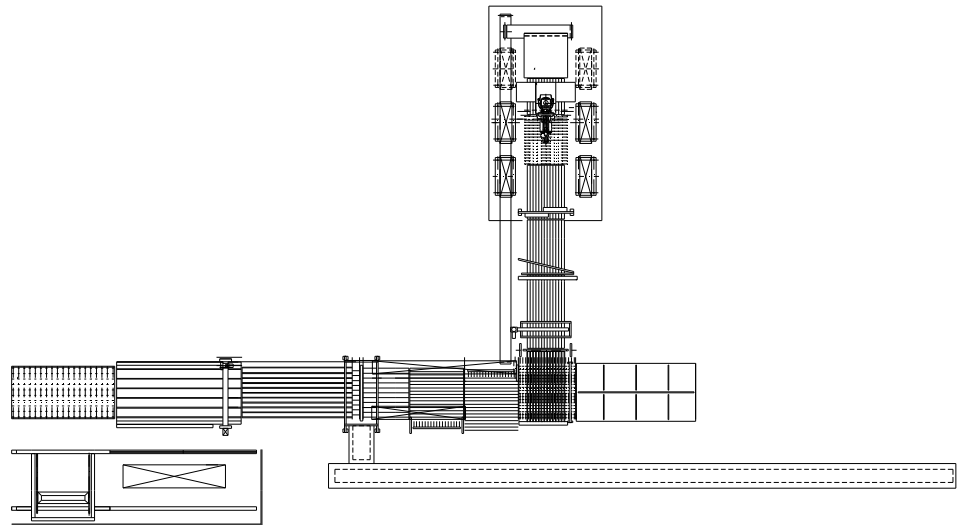
KUVIO 5. A-linja

3.3 B-linja

B-linja on kehittynein leikkauslinja, jossa kaikki tapahtuu automaattisesti operaattorin valvonnan alaisena. Lasi noudetaan varastosta, ja vastaanottolinjalla merkattut virheet katsotaan VISI 500-konenäköjärjestelmällä joka sisältää kaksi kameraa. Leikkauskaaviota muutetaan lasissa olevien virheiden mukaan Precut-optimointijärjestelmällä, jolloin saadaan mahdollisimman hyvä hyötöprosentti.

Linjassa on myös toinen VISI 500-konenäköjärjestelmä, jolla tarkastetaan leikatun lasiruudun ristimitta ja profiili, jos niissä esiintyy poikkeamia, minkä jälkeen lasi ajetaan suoraan murskattavaksi. Tämä konenäköjärjestelmä havainnoi myös virhemerkkejä lasissa ja ohjaa merkattut lasit pinttimurskaan. Tarkastuksen jälkeen lasilevyille suoritetaan akryylipölytys Oxy-Dry pulverointilaitteistolla. Hyväksytyt lasit nostellaan pölytyksen jälkeen telineille teollisuusrobotilla. Robotiasemassa on kaksi telinepaikkaa, mikä mahdollistaa kahden eri lasikoon niputtamisen samaan aikaan.

Lasin enimmäiskoko on 3300x3500 mm, vähimmäiskoko 2540x3500 mm ja paksuus 1,5–6,0 mm. Leikkauskapasiteetti on noin 18 tonnia 8 tunnin aikana ja leikkaustoleranssi on $\pm 0,3$ mm. Robotti pystyy käsittelemään enimmillään 2250x2540 mm ja vähimmillään 400x600 mm lasikokoja. Linja on valmistunut 1992, ja sen on valmistanut Bystronic. Optimointijärjestelmä otettiin käyttöön 2005. Kuviossa 6. on esitetty B-linjan layout.

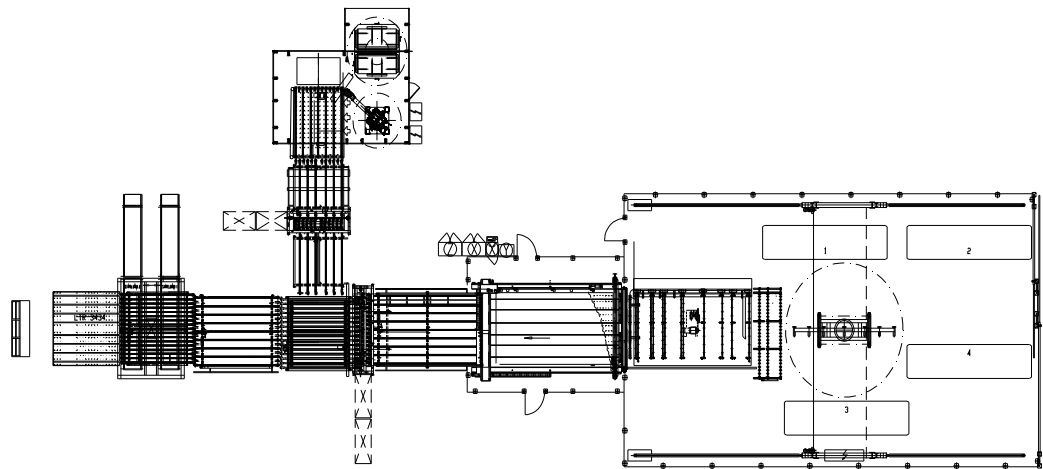


KUVIO 6. B-linja

3.4 C-linja

C-linja on tarkoitettu microfloatlasille, joka on paksuudeltaan vain 1,0–1,6 mm. Tämä on uusien leikkauslinjoista, ja se on otettu käyttöön vuonna 2002. Linjan on toimittanut Hegla. Linja toimii automaattisesti operaattorin valvonnassa. Microfloatlasia ei merkata maalityplillä, joten konenäköjärjestelmää ei linjassa tarvita. Tässä linjassa on erikoisuutena ottaja, joka voi hakea lasin neljästä eri varastopaikasta. Käsiteltävän lasin pienen paksuuden takia laitteiden liikkeet ovat hitaammat kuin muissa leikkauslinjoissa.

Linja koostuu ottajasta, kippipöydästä, leikkauspöydästä ja kolmesta eri pukituslaitteesta. Lasi leikataan leikkauskaavion mukaisesti ja ohjataan haluttuun pukituspisteeseen. Ennen pukitusta lasilevyille suoritetaan akryylipölytys. Lasin pukituksessa voidaan käyttää kolmea eri toimintoa, jotka ovat teollisuusrobotti, nipputaitto ja käsintaitto. Robotti on eniten käytetty pukitusmuoto. Nipputaitto tapahtuu osittain käsin missä nipputaittolaitteen päällekkäin niputtamat lasit taitetaan ja laitetaan kuljetuslaatikkoihin. Kuviossa 7. on esitetty C-linjan layout.

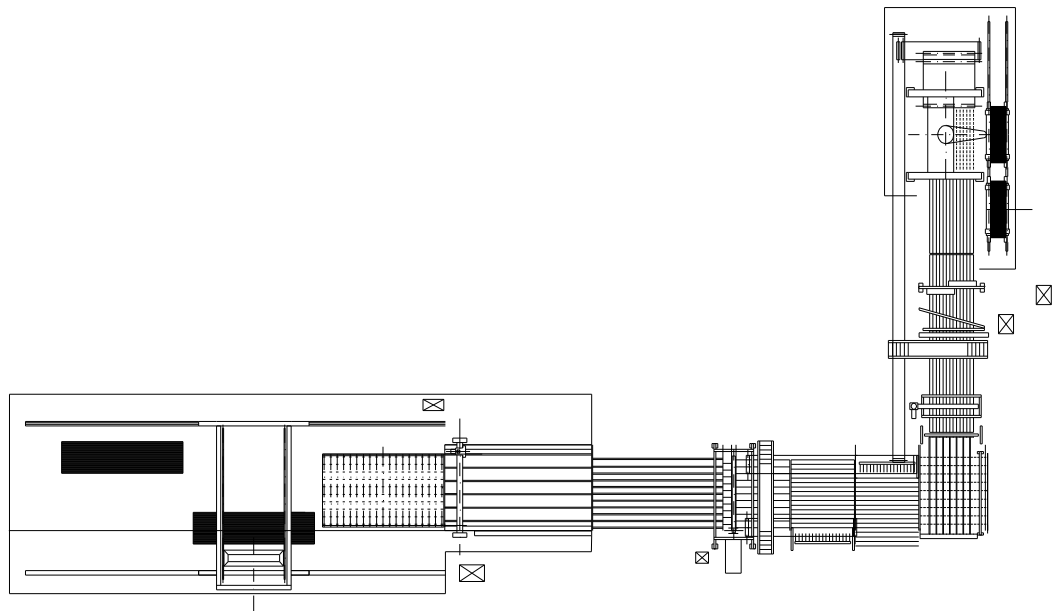


KUVIO 7. C-linja

3.5 D-linja

D-linja on automaattinen leikkauslinja, joka on vanhin leikkauslinjoista. Se on otettu käyttöön 1989, ja sen valmistaja on Bystronic. Linja koostuu ottajasta, kippipöydästä, leikkuupöydästä, monihihnakuljettimista, teollisuusrobotista ja pinttjärjestelmästä.

Ottaja noutaa lasin varastopisteestä ja siirtää sen kippipöydälle. Kippipöydältä lasi siirtyy leikkauspöydälle, jossa se leikataan halutun leikkauskaavion mukaan. Lasista poistetaan trimmipalat ja saumat taitetaan auki x- ja y-suunnassa. Leikatut lasiruudut tarkastetaan Grenzebach GMBH-konenäköjärjestelmällä, joka tunnistaa maalityplällä merkätyn virheellisen lasin ja mittaa ristimitan. Jos lasissa on maalityplä tai mitta ylittää toleranssirajan, se hylkää lasin ja se ajetaan murskattavaksi. Hyväksytyt lasit pulveroidaan akryylipölyllä Oxy-Dry GMBH -laitteistolla ja pukeetaan teollisuusrobotilla pukeille. Linjalla on oma pintinpoistojärjestelmä, joka siirtää pintin kuljettimilla ulkona olevaan siiloon. Kuviossa 8. on esitetty D-linjan layout.



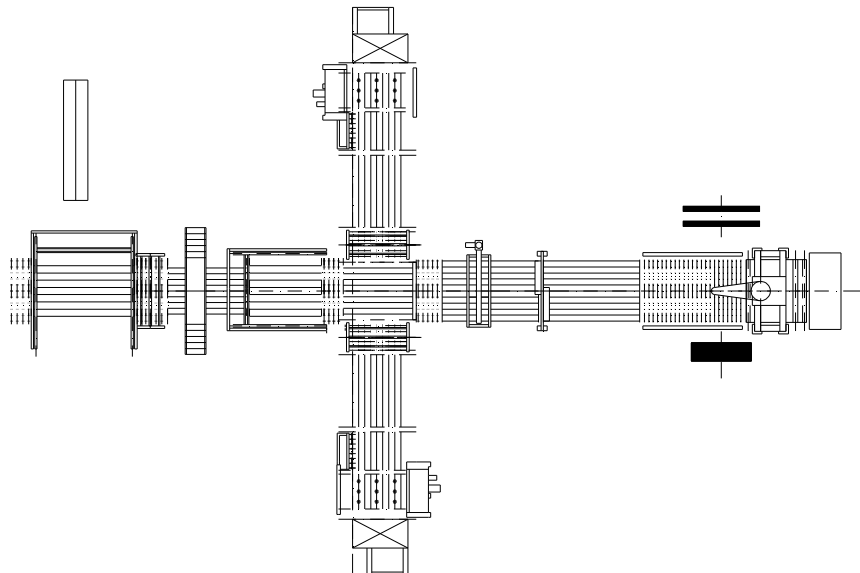
KUVIO 8. D-linja

3.6 Sivulinja

Sivulinja on yhdistetty suoraan vastaanottolinjaan. Linja koostuu erillisistä x- ja y-suuntaisista leikkauspöydistä, kahdesta pukituslaitteistosta, teollisuusrobotista ja monihihnakuuljettimista.

Tietyt lasikoot ohjataan suoraan vastaanottolinjalta sivulinjalle jossa ne leikataan haluttuun mittaan ensin x-suuntaisessa leikkauksessa ja sen jälkeen y-suuntaisessa leikkauksessa. Leikkausten jälkeen tapahtuu x- ja y-suuntaiset auki taitot. Tämän jälkeen leikatut lasit voidaan ohjata pukittavaksi oikealle tai vasemmalle pukittajalle, sekä teollisuusrobotiasemalle. Ennen pukitusta lasilevyille suoritetaan siirunpoisto ilmapuhaltimella ja akryylipölytys sähköstaattisella Oxy-Dry pulverointilaitteistolla.

Robotti pystyy käsittelemään lasimittoja, joiden koko on 560x1200mm-2540x3210mm. Pukittajat pystyvät käsittelemään korkeintaan 2100x321mm lasikokoja. Lasin paksuudet vaihtelevat 1,5–3,0 mm välillä. Kuviossa 9 on esitetty sivulinjan layout.



KUVIO 9. Sivulinja

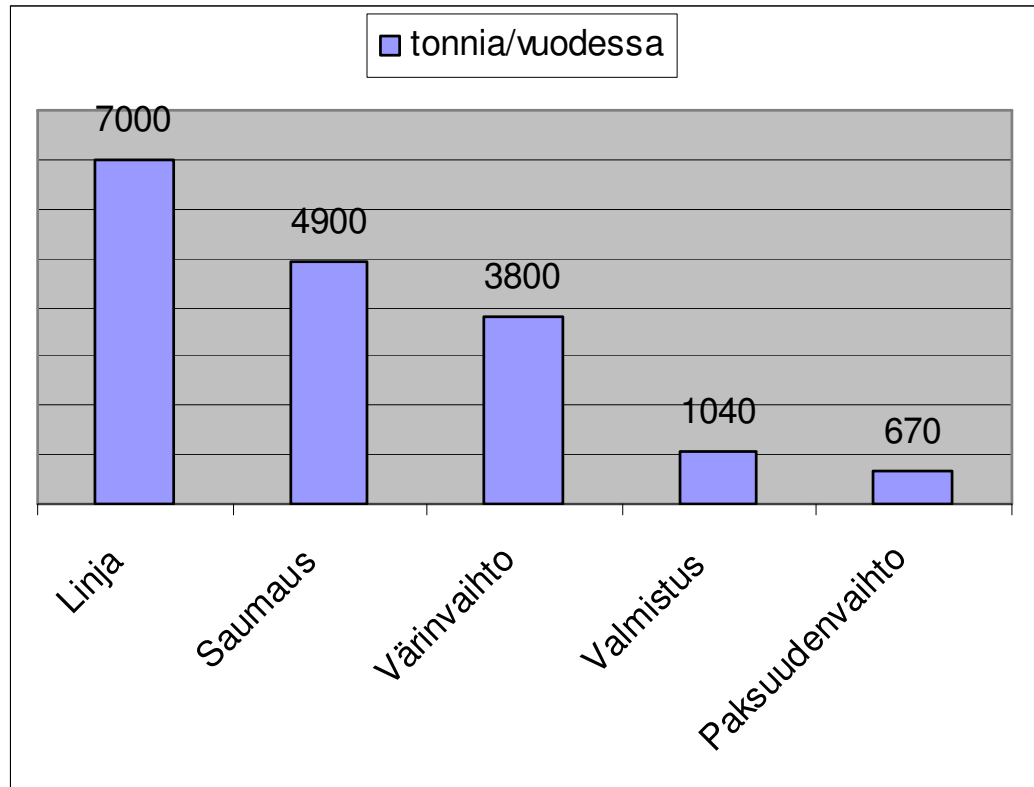
4 PINTIN SYNTYMISEN NYKYTILAKUVAUS

4.1 Vastaanottolinja

Lasinauhan tullessa jäähdytystunnelista vastaanottolinjalle se voidaan ajaa suoraan pintiksi pinttimurskalla PM-1, jota kutsutaan myös hätämurskaksi. Tästä pinttimurskasta lasi siirtyy pinttikuljetin PK-3:lle. Pinttimurskaa PM-1 käytetään myös, kun vastaanottolinjalla syntyy vikatilanne eikä sinne voida ohjata lasia tai kun lasin laatua muutetaan ja tiedetään sen olevan kelvotonta talteen otettavaksi. Värvinvaihdon aikana käytetään myös PM-1 pinttimurskaa, jolloin voidaan huoltaa linjan loppuosaa. Värvinvaihdosta syntyvä hävikki on vuodessa noin 3800 tonnia.

Lasin paksuuden muutoksen aikana lasia ei oteta talteen vaan se ajetaan suoraan pintiksi. Lasin paksuutta muutettaessa syntyy hävikkiä 674 tonnia vuodessa, mikä on suhteellisen pieni lyhyen vaihtoajan vuoksi. Hävikkiä syntyy myös valmistuksen häiriöiden ja vastaanottolinjan koneellisten vikatilanteiden seurauksena ja sitä käsitellään valmistushävikkinä. Valmistushävikki käsittää isot laatuhäiriöt ja konehäiriöt. Tällaisia ovat esimerkiksi lasinauhan halkeaminen, kiviryöpyn aiheuttama suuri virhetiheys ja koneellisista häiriöistä syntyvä laadullinen häiriö. Valmistushävikkiä syntyy noin 1040 tonnia vuodessa.

Normaalissa ajossa jatkokäsittelyyn kelpaamaton lasi ajetaan pinttimurskiin PM-2 tai PM-3 joista se siirtyy pinttikuljetin PK-2:lle. Uunista tullessa lasinauhan reunoissa on reunakoneiden tarttujien aiheuttamat jäljet, jotka leikataan y-suuntaisessa leikkauksessa ja samalla määritellään lasin leveys. Leikatut saumat poistetaan saumantaitossa ja siirretään pinttikuljetin PK-2:lle. Saumauksesta syntyvä hävikki on noin 4900 tonnia vuodessa. Linjahävikkinä käsitellään saumauksen epäonnistumisesta, pienistä virheistä ja leikkauksesta syntyvää hävikkiä. Leikkauksessa hävikkiä syntyy leikkauskaavion ylittävästä osasta, jota ei pystytä hyödyntämään. Linjahävikin osuus on suurin kokonaishävikin määrästä ja se on noin 7000 tonnia vuodessa. Kuvioista 10 näemme hävikkien määrän kokonaiskuormasta.



KUVIO 10. Valmistuslinjan hävikit

4.2 A-leikkauslinja

Linjalla taitto tapahtuu täysin käsityönä käsintaittopöydällä. Virheettömät lasiruudut nostellaan telineisiin ja leikkauksesta syntyvä leikkuuhukka siirretään pintti-kuoppiin. Pintti-kuopat tyhjennetään trukilla pinttivarastoon kullekin laadulle tarkoitettuun paikkaan. Linjan lasinleikkauksen bruttoarvo on noin 3730 tonnia vuodessa ja nettoarvo noin 2570 tonnia vuodessa. Leikkaushävikkiä syntyy 1160 tonnia vuodessa ja se koostuu pääasiassa kahdesta lasilaadusta: 74 % on kirkasta (CL) lasilaatua, 24 % on vaaleanvihreää (GN) lasilaatua ja hyvin vähäinen osa 2 % koostuu tummanvihreästä (GD) ja harmaasta (GY) lasilaaduista.

4.3 B-leikkauslinja

Linjalla on mahdollista leikata lasia täysin automaattisesti tai käyttää käsintaittoa. Automaattisessa leikkauksessa pinttiä syntyy trimmipalojen poistosta sekä konenäköjärjestelmän hylkäämistä lasiaihioista. Etupään trimmipala poistetaan tarvittaessa X-taitossa, josta pala tippuu pinttikuljettimelle. Jos optimointi ei ole mennyt tasan, joudutaan sivutrimmipalat poistamaan saumanpoistossa. Palat tipputuvat linjan molemmilla sivuilla oleville pinttikuljettimille.

Konenäköjärjestelmä tarkastaa lasiaihioista virheestä ilmoittavat maalitäplät sekä X- ja Y-muodon mitat. Järjestelmän havaittua poikkeaman lasiaihion mitoissa tai maalilla merkatun virheen ne siirtyvät suoraan linjan päässä sijaitsevan pinttimurskan läpi pintinpoistokuljettimille. Automaattisessa leikkauksessa pintti siirtyy pinttikuljettimia pitkin suoraan pinttivarastoon. Käsintaittoa käytettäessä virheelliset lasiaihiot ja trimmipalat siirretään pinttikuoppiin, joista ne siirretään trukilla pinttivarastoon.

Linjan lasinleikkauksen bruttoarvo on noin 10650 tonnia vuodessa ja nettoarvo noin 8200 tonnia vuodessa. Leikkaushävikkiä syntyy 2450 tonnia, josta 60 % on kirkasta (CL) lasilaatua ja 40 % vaaleanvihreää (GN) lasilaatua.

4.4 C-leikkauslinja

Linjalla leikataan ohutta mircofloatlasia, joka on yleisesti kirkasta (CL) lasilaatua ja paksuudeltaan 1,0–1,6 mm. Pukitukseen voidaan käyttää robottia, käsintaittoa tai nipputaittoa. Leikkaus tapahtuu aina samalla tavalla. Trimmipalat poistetaan X- ja Y-taitossa ja trimmipalat tipputuvat linjan alla oleviin pinttikuoppiin. Robotilla pukitettaessa virheelliset lasiaihiot ajetaan pinttimurskan läpi pinttikuoppaan. Käsintaitossa käytetään myös pinttikuoppia virheellisten lasiaihoiden poistamiseen. Nipputaitossa ei pinttiä synny normaalissa tilanteessa. Linjalla käytettävät pinttikuopat tyhjennetään trukilla pinttivarastoon. Linjan lasinleikkauksen bruttoarvo on noin 1730 tonnia vuodessa ja nettoarvo noin 1570 tonnia vuodessa. Leikkaushävikkiä syntyy 160 tonnia vuodessa joka on kirkasta (CL) lasilaatua.

4.5 D-leikkauslinja

Linjalla leikkaus tapahtuu täysin automaattisesti. Pinttiä syntyy trimmipalojen poistosta sekä konenäköjärjestelmän hylkäämistä lasiaihioista. Etupään trimmipala poistetaan tarvittaessa X-taitossa, josta tippuu pala pinttikuljettimelle. Jos optimointi ei ole mennyt tasan, joudutaan sivutrimmipalat poistamaan saumanpoistossa. Palat tippuvat linjan molemmilla sivuilla oleville pinttikuljettimille.

Konenäköjärjestelmä tarkastaa lasiaihioista virheestä ilmoittavat maalitäplät, sekä X- ja Y-muodon mitat. Järjestelmän havaittua poikkeaman lasiaihion mitoissa tai maalilla merkatun virheen linja ajaa ne linjan päässä sijaitsevan pinttimurskan läpi pintinpoistokuljettimille. Linjalla on pintinpoistojärjestelmä, joka siirtää pintin ulkona sijaitsevaan pinttisiiloon. Pinttisiilo tyhjennetään kuorma-auton siirtolavalle ja siitä edelleen pinttivarastoon.

Linjan lasinleikkauksen bruttoarvo on noin 10370 tonnia vuodessa ja nettoarvo 7500 tonnia vuodessa. Vuodessa syntyy 2870 tonnia leikkaushävikkiä, joka koostuu pääasiassa kahdesta lasilaadusta: 61 % on kirkasta (CL) lasilaatua, 38 % on vaaleanvihreää (GN) lasilaatua ja hyvin vähäinen osa 1 % koostuu tummanvihreästä (GD) ja harmaasta (GY) lasilaaduista.

4.6 Ulkopuoliset toimittajat

Pinttiä pyritään kierrättämään mahdollisimman tehokkaasti takaisin käytettäväksi uudelleensulatuksessa myös ulkopuolisten toimittajien kautta. Envor Recycling Oy toimittaa NSG Pilkingtonin Tampereen tehtaalta lajiteltua pinttiä noin 1400 tonnia vuodessa.

OkLine Oy toimittaa NSG Pilkingtonin Riihimäen keskusvarastolta kuljetuksessa ja käsittelyssä syntynyttä kirkasta pinttiä noin 600 tonnia vuodessa ja lisäksi Laitilan, Tampereen ja Ylöjärven tehtailta sekapinttiä noin 7300 tonnia. Suomen Uusioaines toimittaa kirkasta pinttiä PL-Glass Oy:sta, NSG Pilkingtonin Nivalan tehtaalta ja Lumon Oy:sta yhteensä noin 2500 tonnia vuodessa. (Parkkali Jussi. 2007.)

5 PINTINKÄSITTELYJÄRJESTELMÄ

5.1 Pintinpoistojärjestelmän toiminta

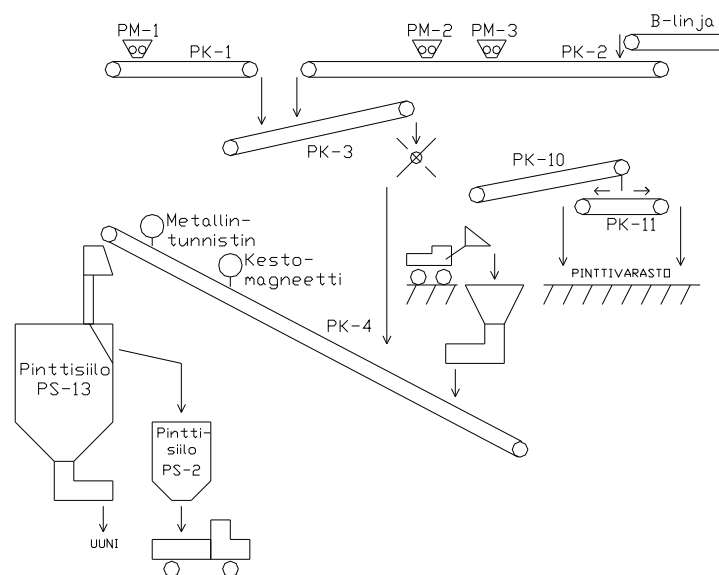
Tehtaalla on käytössä automaattinen pintinpoistojärjestelmä, joka siirtää vastaanottolinjalta ja B-linjalta syntyvän pintin ulkona sijaitsevaan pinttivarastoon tai pinttisiiloon. D-linjalla on oma automaattinen pintinpoistojärjestelmä, joka kerää pintin siiloon ja se tyhjennetään kuorma-autolla pinttivarastoon. Pinttivarastosta voidaan myös syöttää kauhakuormaajalla suppilon kautta pinttiä siirrettäväksi pinttisiiloon.

B-linjalla on oma pinttijärjestelmä, joka käsittää kahdeksan eri kouruhihnakuljettinta ja neljä hihnamurskainta. Se siirtää pintin vastaanottolinjan alla sijaitsevalle varsinaiselle pintinpoistojärjestelmälle. Pintinpoistojärjestelmä koostuu seitsemästä kouruhihnakuljettimesta, kuudesta pölynpoistolaitteesta, kääntöpeltiyksiköstä, magneettierottimesta ja metallin-ilmaisimesta.

Pinttikuljettimet PK-1 ja PK-2 kuljettavat vastaanottolinjalla sekä B-linjalla syntyvän pintin pinttikuljetin PK-3:lle jonka jälkeen kääntöpelti ohjaa pintin halutun valinnan mukaan joko pinttisiiloon PS-13 tai pihalle pinttivarastoon. Jos ajetaan pinttisiiloon PS-13, niin kääntöpelti ohjaa pintin pinttikuljetin PK-4:lle, joka kuljettaa pintin siiloon. Pinttivarastoon ajettaessa kääntöpelti ohjaa pintin pinttikuljetin PK-10:lle, josta pintti siirtyy pinttikuljetin PK-11:lle. Se on kääntyvä kuljetin, jolla saadaan pintti ohjattua kahteen eri kasaan riippuen laadusta.

Järjestelmää voidaan ohjata käsiajolla tai automaattiajolla. Kun kääntöpellin ajotapa on automaattilla, pintti voidaan ohjata näyttöpäätteeltä siiloon siten, että pinttisiilon PS-13 ylitäytönestorajat ohjaavat täyttöä automaattisesti. Käsiajolla järjestelmässä ei ole minkäänlaisia keskinäisiä lukituksia, mikä vaati operaattorilta jatkuvaa silmälläpitoa.

Magneettierotin sijaitsee pinttikuljetin PK-4 yhteydessä, ja se toimii kestmagneettiperiaatteella. Mikäli hinnakuljettimella PK-4 magneettierottimen alla on metallia, vetää kestmagneetti metallin ja siirtää sen sivuun hihnalta. Metallin ilmaisimen aktivoituessa pinttisiilossa PS-13 oleva jakokuljetin siirtää metallia sisältävän pintin hylkysiiloon PS-2. Hylkysiilo PS-2 tyhjenetään siirtolavalle, josta saastunut pintti toimitetaan jatkokäsittelyyn ulkopuoliselle yritykselle. Kuviossa 11 on esitetty pintinpoistojärjestelmän toiminta.

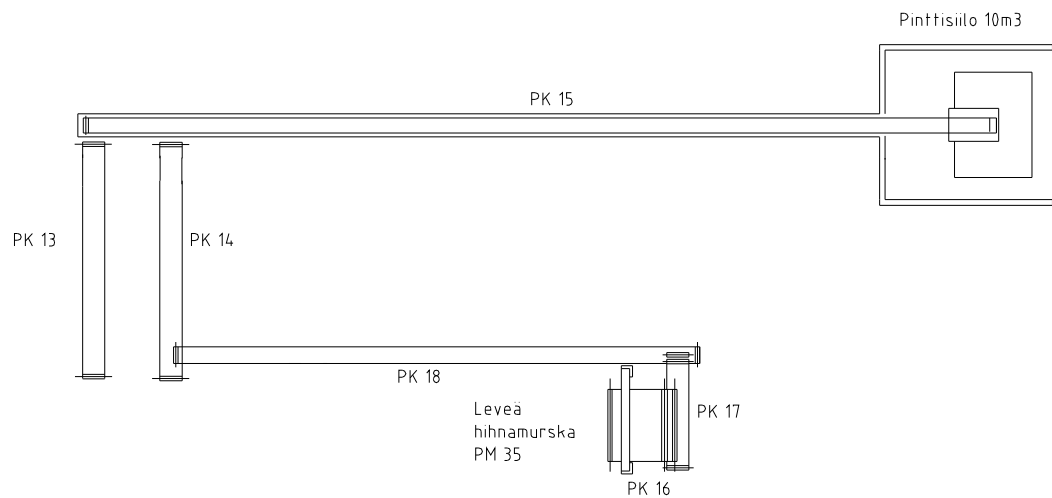


KUVIO 11. Pintinpoistojärjestelmä

5.2 D-linjan pinttijärjestelmä

Automaattinen pinttijärjestelmä sisältää kuusi kouruhihnakuljetinta ja neljä hihnamurskaa. Konenäköjärjestelmän hylkäämät lasiaihiot ajetaan leveän hihnakuljettimen PK-16 hihnamurskan läpi. Murskaimen hihnakuljetin PK-17 kuljettaa pintin poistokuljettimelle PK-18. Trimmikuljettimet PK-13 ja PK-14 keräävät trimmipalat ja murskaavat ne kuljettimien päissä olevilla hihnamurskilla.

Poistokuljetin PK-15 siirtää pintin linjan omaan pinttisiiloon jonka tilavuus on noin 10 m³. Pinttisiilossa on ylitäyttöraja, joka pysäyttää automaattisen pinttijärjestelmän ja linjan automaattiajon. Pinttisiilo tyhjenetään siirtolavalle, josta pintti viedään kuorma-autolla pinttivarastoon. Kuviossa 12. on esitetty pinttijärjestelmän layout kuva.



KUVIO 12. D-linjan pinttijärjestelmä

6 RATKAISUJA PINTIN LAJITTELUUN

6.1 Mekaaninen lajittelu

Mekaanisella lajittelulla saadaan luotettavin lopputulos ja lähes täydellinen lajitteluprosentti. Tällä sovelluksella kirkasta CL-laatua ja vaaleanvihreää GN-laatua ei tarvitse ajaa samalle hihnakuiljettimelle, jolloin kumpikin laatu saadaan ohjattua erillään haluttuun paikkaan. Nykyistä pintinpoistojärjestelmää muokkaamalla ja lisäämällä kaksi uutta pinttikuljetinta aikaan saadaan luotettava lajittelujärjestelmä. Nykyisten pinttikuljettimien PK-2 ja PK-3 vierelle sijoitetaan uudet pinttikuljettimet PK 2.1 ja PK 3.1. Lisäksi tarvitsee rakentaa kaksi uutta keräyssuppiloa ja yksi suppilo, jossa on kääntöpelti.

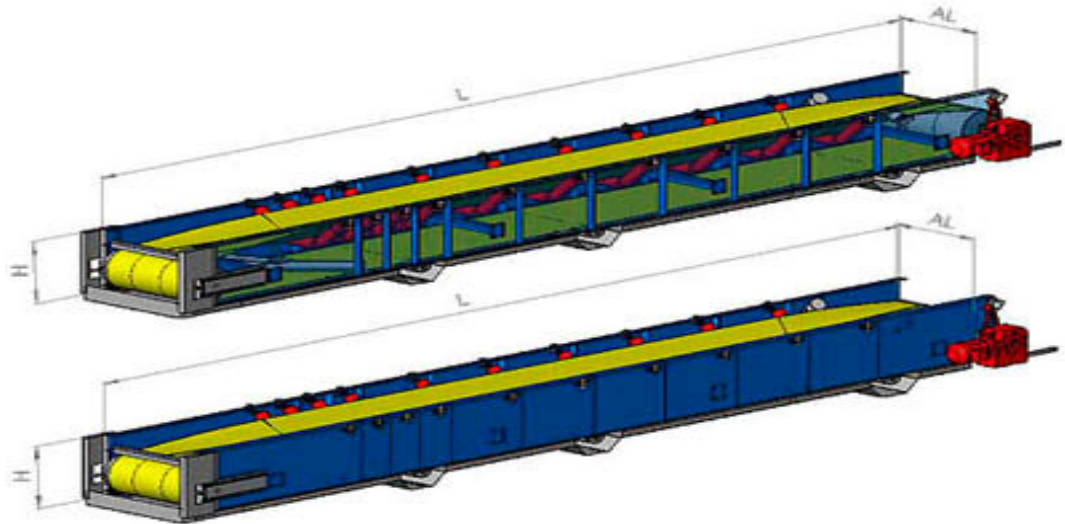
6.1.1 Suljettu kouruhihnakuiljetin PK-2.1

Pinttikuljetin PK-2.1 tulisi olla koteloitu kouruhihnakuiljetin jonka, suljetut sivut estäisivät pintin pääsyn hihnan ulkopuolelle. Ahtaan tilan vuoksi pintin siivoaminen pinttitunnelin lattialta on vaivalloista. Kuljettimen tulisi olla pituudeltaan 76 m ja hihnan leveyden 500 mm. Pinttikuljettimien nopeus on noin 1m/s, jolloin tämän suljetun kouruhihnakuiljettimen kuljetusteho olisi 36 tn/h ja kapasiteetti 45 m³/h.

Kuljettimen enimmäiskorkeuden tulisi olla 600mm, jolloin kuljettimen päälle voidaan asentaa kävelytaso. Tällä varmistetaan pinttitunnelissa esteetön liikkuminen ja huoltotoimenpiteet.

Kuljettimen ohjauksen tulisi toimia rinnakkain pinttikuljetin PK-2:n kanssa. B-linjan PK-24 pinttikuljettimelta tuleva pintti ohjataan syöttösuppilon avulla pinttikuljetin PK-2.1:lle, josta pintti siirtyy suppiloon, joka ohjaa pintin edelleen pinttikuljetin PK-3.1:lle.

Optiona on vastaanottolinjan pintin siirtämisen turvaaminen rakentamalla vastaanottolinjan keräyssuppiloihin manuaaliset ohjurit joilla voidaan ohjata vastaanottolinjalla syntyvä pintti hätätapauksissa pinttikuljetin PK-2.1:lle, jolloin sitä voidaan käyttää pintin siirtämisessä, jos nykyinen PK-2 hajoaa. Tällöin ei voida lajitella pinttiä täydellisesti. Kuviossa 13. on esitetty koteloitun kouruhihnakuljettimen rakenne.



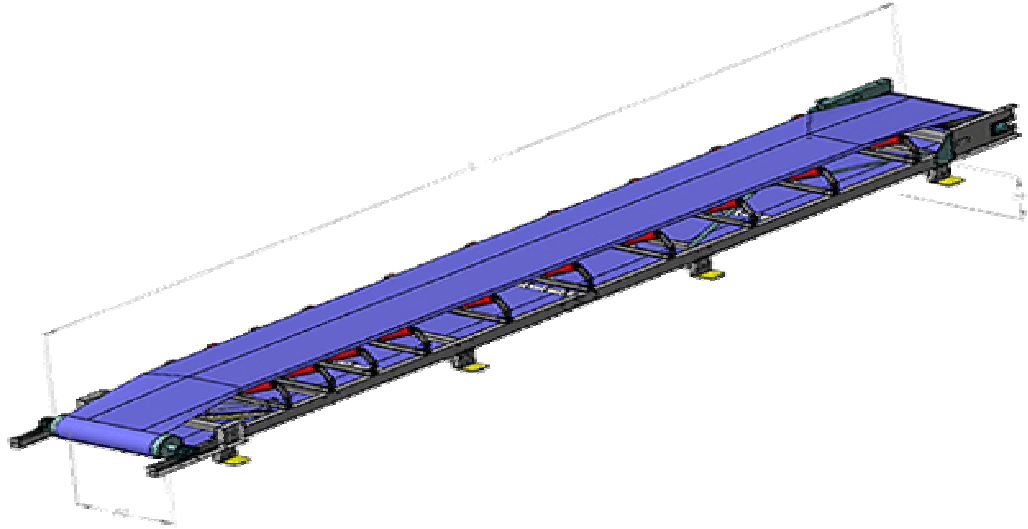
KUVIO 13. Koteloitu kouruhihnakuljetin

6.1.2 Kouruhihnakuljetin PK-3.1

Pinttikuljetin PK-3.1:n tulisi olla tavallinen kouruhihnakuljetin hyvän huollettavuuden ja tarkkailun takia. Tila, johon kuljetin sijoitettaisiin, on hyvin avoin ja tilaa on riittävästi. Kuljettimen tulisi olla pituudeltaan 23 m ja hihnanleveys 500 mm. 1m/s nopeudella pinttikuljettimen kuljetusteho tulisi olla sama kuin edeltävän pinttikuljettimen PK-2.1 jolloin ruuhkaa ei voisi syntyä.

Kuljettimen ohjaus tulisi toteuttaa rinnakkain pinttikuljettimen PK-3:n kanssa. Pinttikuljettimen PK-2.1 päässä olevan suppilon avulla pintti siirtyisi pinttikuljetin PK-3.1:lle, jonka päähän asennettaisiin kääntöpellillä varustettu suppilo, joka ohjaa pintin halutun toiminnon mukaan pinttivarastoon tai pinttikuljetin PK-4:lle,

josta se ohjataan pinttisiiloon. Kääntöpelti ohjaa myös pinttikuljetin PK-3:lta tulevan pintin haluttuun paikkaan. Kuviossa 14. on esitetty tavallisen kouruhihnakuuljetin rakenne.



KUVIO 14. Kouruhihnakuuljetin

6.2 Konenäkö

Konenäkö on optinen tekniikan laitteiden muodostama laiteyhdistelmä. Konenäkölaitteisto hyödyntää optiikkaa, elektroniikkaa ja tietokoneohjelmointia, ja näiden ominaisuuksien avulla suoritetaan esimerkiksi mittauksia ja laadunvalvontaa. Konenäkö sovelluksia on erilaisia riippuen kuvattavasta kohteesta. Viiva- ja matriisikamerat ovat yleisempiä teollisuuden käyttämiä kameralaitteita.

Konenäön toiminnan peruseriaate on kuvata näkyvän valon aallonpituudella tapahtuvia ilmiöitä. Konenäkölaitteiston peruskomponentteja ja – toimintoja ovat kamera, kuvankäsittely, valaistus, mittausohjelmisto ja ohjausjärjestelmä.

Kamera kuvaa mitattavana olevaa tuotetta. Kamerassa on optiikka, jonka avulla tuotteesta heijastuva valo siirretään valoherkälle kennolle. Kenno varautuu sähköisesti siihen tulevan valon kirkkauden perusteella. Kenno muodostuu suuresta mää-

rästä varausyksiköitä, joita kutsutaan pikseleiksi. Kameran tarkkuus määräytyy pikselien määrän perusteella. Kennossa olevat pikselit voiva olla yhdessä rivissä eli viivana tai useassa rivissä eli matriisina.

Kameralla otettu kuva siirtyy muistiin, josta sitä hyödynnetään kuvankäsittelyllä. Kuvankäsittely tuottaa tietoa mittausohjelmiston käyttöön mittausten suorittamista varten. Kuvankäsittelyssä voidaan kuvasta erottaa tarvittava tieto ja jättää tarpeeton pois. Käsittelyn ansiosta vähenee siirrettävä informaatio, joka nopeuttaa mittausohjelmiston ja tiedonsiirron toimintaa.

Valaistus tuottaa olosuhteet, joissa kameran suorittama kuvaaminen voi tapahtua. Tuotteiden tarkalla kuvaamisen ja virheettömien mittaustulosten aikaansaamisen edellytyksenä on oikea valaistus. Käytettävä valaistus on valittava huomioiden mittaamisen vaatimukset ja olosuhteet. Muutokset valaistuksessa aiheuttavat virheitä mittaustuloksiin. Valaistusta voidaan pitää käytön osalta haasteellisimpana osana konenäöllä suoritettavaa mittaamista.

Mittausohjelmisto saa kuvankäsittelyltä tiedot, joiden perusteella se suorittaa ohjelman mukaiset matemaattiset laskutoimitukset. Laskutoimitusten tuloksena saadaan vastaus tuotteen mittaukseen liittyen.

Ohjausjärjestelmä toimii mittaustiedon tulosten hyödyntäjänä. Ohjausjärjestelmässä mittaustulokset käytetään päätösten tekemiseen, jonka avulla suoritetaan tuotantoa ohjaavia toimenpiteitä. Ohjausjärjestelmä on ohjelma, joka toimii logiikassa tai tietokoneessa ja järjestelmä voidaan kytkeä suoraan toimilaitteeseen tai toiseen ohjausjärjestelmään. (Opettajan verkkopalvelu. 2007.)

6.3 Konenäköjärjestelmän valaisumenetelmät

Oikeantyyppisen valaisun suunnittelu ja valinta on yleensä vaikein osuus. Valaisuksen suunnittelu on usein interaktiivinen prosessi, jossa oikein valitun valon tuoton täytyy yhdistyä oikeaan valaisugeometriaan, jolloin kokonaisuus eli kuva-

usgeometria saadaan optimaaliseksi. Kuvausgeometriaan vaikuttavia tekijöitä on oikean valaisumenetelmän ja valonlähteen löytäminen.

Useilla eri valaisumenetelmillä päästään tarkkaan lopputulokseen. Vinosti suunnatulla valaisulla saadaan aikaiseksi tilanne, jossa pinnassa olevat epätasaisuudet korostuvat. Suunnatulla taustavalaisulla saadaan generoitua hyvin terävät varjot niihin kohtiin, joissa on valoa poikkeuttavia tai estäviä kohtia. Tällä menetelmällä saadaan myös analysoitua läpinäkyvien aineiden valonläpäisyä. Sivultapäin suunnatussa valaisussa valo heijastuu lähes ainoastaan pinnan epäpuhtauksista ja kohoumista, jolloin itse pinta ja siinä olevat kuopat jäävät varjoon. Koaksiaalinen suunnattu valaisu minimoi varjojen syntymisen, mutta riskinä on suorien heijastusten syntyminen ja kuvan ylivalottuminen. Diffuusivalaisussa valo pyritään saamaan mahdollisimman tasainen ohjaamalla se kohteeseen monesta eri suunnasta ja se minimoi varjojen syntymisen, mutta mahdollistaa myös pinnan piirteiden kuvaamisen. Joihinkin kamera malleihin on saatavana integroituja valaisimia, jolloin erillistä valaisinta ei tarvita.

Konenäköjärjestelmän valontuottotyyppisiä, eli valonlähteitä, on nykyään saatavilla useita eri malleja. Valonlähdeä valittaessa merkitseviä asioita ovat valotehokkuus ja hyötysuhde, väri, spektrin muoto, syttymis- ja sammumisaika, elinikä, fyysinen muoto ja ympäristönsietokyky. Näiden ratkaisevien asioiden yhteensovittaminen on usein hankala prosessi suunnittelussa. Perinteisimpiä valonlähteitä ovat hehkulamput, halogeenihehkulamput, loisteputket, LED, kaasupurkauslamput ja laserit.

Hehkulamppu on keinotekoinen valonlähde, jossa valo syntyy lämmittämällä valoa lähettävä lanka hehkuun sähkövirran avulla. Hehkulampussa on laaja aallonpituusalue, joka muistuttaa absoluuttisen mustan kappaleen säteilyä ja siinä on jatkuva säteily spektri. Hankintahinta on hehkulampuissa edullinen, mutta niiden hyötysuhde on heikko, jolloin hukkalämpöä syntyy runsaasti.

Halogeenihehkulamppu eroaa tavallisesta hehkulampusta sen sisällä olevan halogeenihöyryn ansiosta. Sisällä oleva höyry on bromi- tai jodihöyryä, jonka ansiosta

valotehokkuus on jopa 50 % suurempi kuin tavallisen hehkulampun, ja sen vaadittava sisätilavuus on huomattavasti pienempi kuin tavallisella hehkulampulla. Halogeenihehkulampusta syntyy enemmän UV-säteilyä, jota pyritään usein estämään sopivilla suojakuvun suojakerroksilla.

Loisteputkessa näkyvä valo syntyy pienipaineisen kaasutäytteisen putken ionisoidussa kaasussa syntyvän lyhyen aallonpituuden säteilyn virittämien fluoresoivien aineiden emissiosta. Loisteputken hyötysuhde on erittäin hyvä, ja sopivilla seoksilla fluoresoivia ainetta saadaan erilaisia värilämpötiloja. Vaikka spektri on loisteputkessa varsin epätasainen, piikkejä on niin tiheässä, että normaaleille materiaaleille sitä voidaan käyttää myös värianalyysisovelluksissa. Koneäössä loisteputken haittana on sen välkyntä normaalissa vaihtosähköverkossa, mutta välkyntää eliminoimaan voidaan käyttää suurtaajuuskonvertteria lampun ja teholähteen välissä.

LED on valoa emittoiva diodi eli eräänlainen puolijohde- valonlähde. LED-valojen toiminta perustuu kahden eri tavoin saostetun ainekerroksen, puolijohteiden tai metallien liitoksessa tapahtuvaan elektronin ja aukon yhtymiseen, jossa syntyvä energia vapautuu säteilyä. LED-valojen hyötysuhde on 80 lm/W ja sitä kehitetään jatkuvasti. Yksittäisen LED-komponentin tehonkesto on hyvin pieni, joten tehokkaaseen valaisuun tarvitaan suuri joukko yksittäisiä komponentteja. Koneäössä käytetään valonlähteenä palkkeja, jotka sisältävät yleensä tuhansia komponentteja.

Kaasupurkauslampussa valo syntyy kaasumaisessa väliaineessa siten, että ensin korkealla jännitteellä saadaan aikaan läpilyönti, joka ionisoi kaasun ja saattaa sen siten johtavaan tilaan. Tämä jälkeen jännitettä voidaan alentaa ja ionisoidun kaasun lämpötilaa kasvattaa suurella virralla. Kaasupurkauslampussa on piikikäs spektri, joka on lähellä valkoista ja se ei sovellu värianalyysiin. Kaasupurkauslamppu on pitkäikäinen, se kestää tärinää ja siinä on hyvä hyötysuhde. Huono ominaisuus on pitkä syttymisaika, eikä nopea uudelleen sytytys aina ole mahdollista.

Laserin toiminta perustuu sähkömagneettisen säteilyn ja materian vuorovaikutukseen joka syntyy fotonin luovutusprosessissa, sitä kutsutaan stimuloituksi emissioksi. Laserin synnyttämä valo on hyvin kollimoitunutta. Tämä tarkoittaa sitä, että suunnattaessa laserin valo kaukaiselle pinnalle sen muodostama valopisteen ala on suhteellisen pieni. Konenäössä laseria käytetään strukturoidun valon tuottamiseen viivoiksi, pisteiksi, ruudukoiksi yms. Laserit ovat olleet aikaisemmin erittäin kalliita, mutta niiden suosio kasvaa kokoajan hintojen laskiessa. (Korpinen, Juha 1999.)

6.4 VISI 40 Smart-konenäköjärjestelmä

VISI 40 Smart on yleiskäyttöinen integroitu konenäköanturi, joka on suunniteltu teollisiin mittaus- ja laadunvalvontasovelluksiin. Anturissa hyödynnetään CMOS-värimatriisikennoa, jossa on 640x480 kuvapistettä ja tehokasta integroitua DSP-kuvankäsittelytekniikkaa. Anturin suorituskyky on 50–500 mittausta sekunnissa. Käyttöliittymänä ja sovellusohjelmana toimii helppokäyttöinen VISI 40 UI, jonka avulla voidaan asetella mittausikkunat ja -alueet, valita mittaustoiminnot, valaisutyyppi ja asetella kuvausparametrit. Ohjelman avulla on mahdollista seurata mittaustapahtumia ja tuloksia tietokoneella sekä kerätä historiatietoja. CMOS-tekniikan ansiosta anturin mittaus- tai tunnistusalue on vapaasti määriteltävissä halutun kokoiseksi ja muotoiseksi sekä soveltaa laitetta viiva- tai matriisikameraana. Laite voi toimia täysin itsenäisenä mittaus-, valvonta- tai ohjauslaitteena tai se voidaan liittää automaatiojärjestelmään. Anturilla voidaan tuottaa monipuolista mittaus- ja laadunvalvontainformaatiota ja muodostaa suoria ohjaussignaaleja koneille tai toimilaitteille, ja se sisältää monipuoliset liitännät. Anturiin voidaan määrittellä kaksi toisistaan riippumatonta mittaus- ja tunnistusikkunaa. Vaativissa olosuhteissa anturi voidaan varustaa erillisellä Visieye-suojakotelolla, jonka avulla suojaikkuna pysyy puhtaana ja jäähdytys saadaan toimivaksi. LIITE 2.

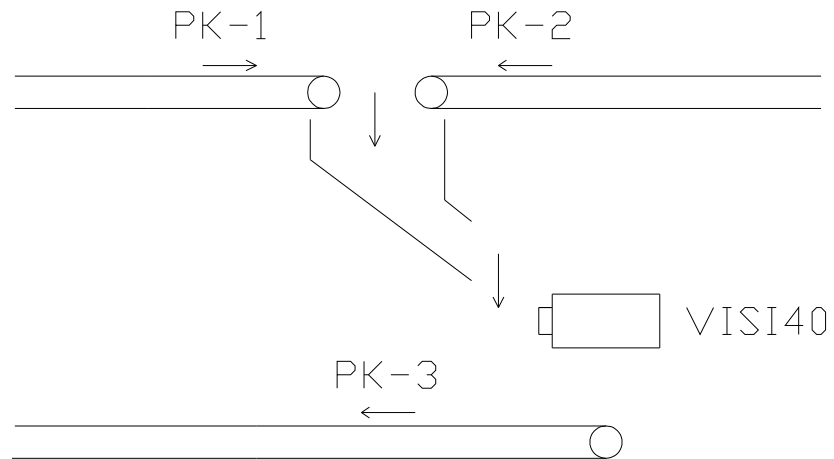
6.5 VISI 40 Smart-konenäköjärjestelmällä ohjattu pintinpoistojärjestelmä

Integroimalla konenäköjärjestelmä nykyiseen pintinpoistojärjestelmään mekaaniset muutokset jäävät hyvin pieniksi. Ainoa mekaaninen muutos nykyiseen pintinpoistojärjestelmään tarvitsee tehdä kohtaan, jossa pinttikuljettimet PK-1, PK-2 ja PK-3 kohtaavat. Pinttikuljetin PK-1:sta ja pinttikuljetin PK-2:sta tuleva pintti ohjataan keräilysuppilon, josta lasi tippuu tasaisena nauhana pinttikuljetin PK-3:lle. Konenäköjärjestelmä asennetaan paikkaan, jossa kamera pääsee kuvaamaan vapaana tippuvaa pinttinauhaa noin 300 mm päästä.

Konenäköjärjestelmä tarkkailee lasimurskan väriä R, G, B väriavaruudessa ja muodostaa tästä vertailuarvon. Ulostulotietona saadaan pintin värit kirkas CL-laatu, vaaleanvihreä GN-laatu tai näiden sekoitus. Tieto saadaan I/O-tietona tai sarjaliikenteen kautta, joka edelleen ohjaa kääntöpeltiä määrittämään pintin siirtyminen haluttuun paikkaan. Tämä tapahtuu täysin automaattisesti, ja pintin väritietoa voidaan seurata valvomosta näyttöpäätteeltä graafisena kuvaajana ajan funktiona sekä saada virheilmoituksia yksittäisinä kuvina.

Sovellusohjelma VISI 40 UI yhdistetään vastaanottolinjan valvomon ja prosessin valvomon välillä olevan valokuitukaapelin avulla Lahti Precision Oy:n toteuttamaan ohjelmistoon, jolla ohjataan nykyistä pintinpoistojärjestelmää. Nykyiseen ohjelmistoon joudutaan tekemään joitakin muutoksia pintin paikan määrittelyn osalta. Verkkoyhteyden tulee olla riittävän nopea näytekuvioiden siirtoa varten. Valokuitukaapelilla nopeus on riittävä.

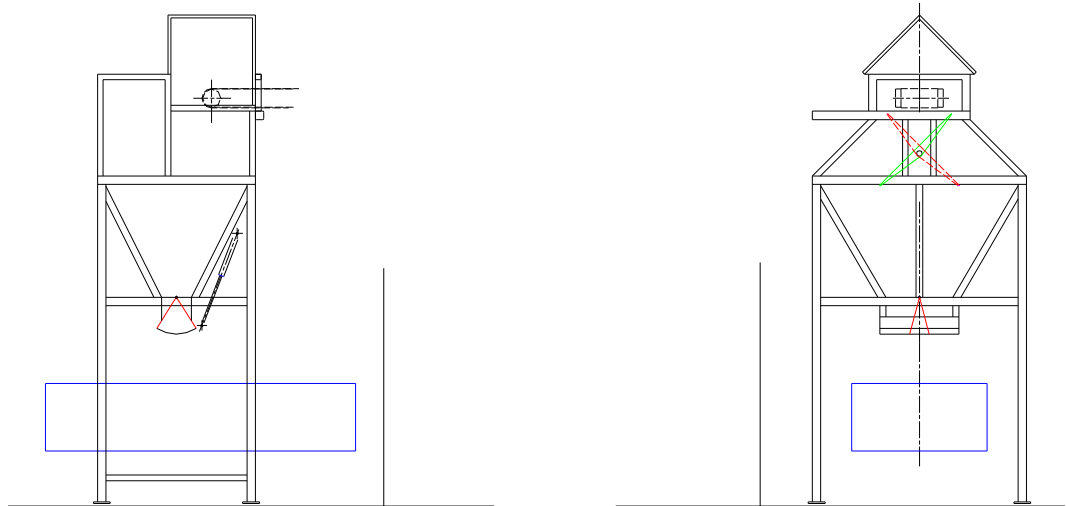
Järjestelmä koostuu Visi40 kamerasta ja Visieye-kotelosta, johon on integroituna valkoinen suurteho LED-valaisin, joka suunnataan mittausalueelle linssien avulla. Valaisu ja suojaus ovat vaativissa olosuhteissa tärkeä asia toiminnan takaamiseksi. Visieye-kotelo suojaa kokonaisuuden pölyltä ja lämmöltä. Jäähdytys ja linssin puhtaana pito tapahtuu paineilmalla ja ympäristön ja valaistuksen muutoksien kompensointi suoritetaan referenssi tunnistetta, jolla toimintaa kalibroidaan ohjelmallisesti. Tämä on tärkeä toimenpide pölyisässä ja muuttuvassa ympäristössä. Kuviossa 15. on esitetty periaatekuva konenäköjärjestelmän sijoittamisesta.



KUVIO 15. VISI 40-konenäköjärjestelmä

6.6 D-linjan pinttisiilo

Nykyinen pinttisiilo on yksiosainen ja tilavuudeltaan 10 m^3 . Kun pinttisiiloa muokataan housusiiloksi, siihen voidaan ajaa kahta eri lasilaatua. Pinttisiilo puoliteetaan asentamalla väliseinä, jolloin se voidaan täyttää 5 m^3 GN-lasilaadulla ja 5 m^3 CL-lasilaadulla tai jompaakumpaa pelkästään 10 m^3 . Siilon yläpuolelle asennetaan kääntöpelti, joka määrittää täytettävän puoliskon. Siilon tyhjentämiseen käytettävä purkuyksikkö tarvitsee jakaa kahteen osaan, jolloin siilonpuolikkaiden tyhjentäminen voidaan suorittaa eri aikaan sekoittamatta kahta eri pinttिलातua siirtolavalla. Kääntöpeltiä ohjataan operaattoreiden johdosta, samalla kun syötetään leikkaustiedot leikkausjärjestelmälle. On myös mahdollista saada leikkausjärjestelmästä suoraan tieto, mitä lasilaatua linjalla leikataan ja kääntöpelti kääntyisi automaattisesti. Kuviossa 16. on esitetty kaksiosaisen siilon rakenne. LIITE 3.



KUVIO 16. D-linjan pinttisiilo

6.7 Kustannukset ja säästöt

Laitteistoista on pyydetty tarjoukset toimittajilta heinäkuussa 2007. Toimittajia ja annettuja tarjouksia ei julkaista salassapitosopimuksen takia. Säästölaskelmissa on käytetty 2006 voimassa olleita valmistuksesta syntyviä kustannuksia.

Pintin lajittelun suurin hyöty saavutetaan kirkkaan (CL) lasilaadun erilleen saamisesta muusta pintistä. Lähtökohtana käytetään kirkkaan (CL) lasin valmistusta 1600 tn:n kuormalla. Nykyisellä sekapintillä, jossa on kirkasta (CL) ja vaaleanvihreää (GN) lasia sekaisin, käytettävä pinttimäärä on noin 30 % raaka-aineseoksesta. Kun pinttiprosentti nostetaan 60 %, saavutetaan raaka-ainesäästöä 84 tn/vrk. Pintin hinta huomioituna raaka-aineseoksessa kokonaissäästöksi saadaan 1400€/vrk. Pintin 30 % lisäys raaka-aineseokseen vähentää energian kulutusta 9 %.

Käytännössä nykyisellä tehtaan omasta tuotannosta syntyvällä pintin määrällä ei saada pinttiprosenttia nostettua halutulle tasolle. Hyötysuhteen noustessa käytettävissä olevan pintin määrä on liian alhainen.

6.7.1 Mekaaninen lajittelu

Tarjouksessa annetut kustannukset koostuvat suljetusta kouruhihnakuljettimesta ja tavallisesta kouruhihnakuljettimesta. Lisätyöt tehdään tilaajan toimesta, ja niiden aiheuttamat kustannukset ovat arvioita, jotka perustuvat aiempaan tietämykseen. Lisäkustannuksia tuovat nykyisen kääntöpeltisuppilon muutostyöt ja syöttö- ja purkusuppilon valmistus. Kuljettimet (2kpl) valmistetaan toimittajan toimipisteessä ja kasataan tilaajan osoittamaan paikkaan.

Toimittajan 6.7.2007 antaman alustavan tarjouksen perusteella suljettu kouruhihnakuljetin PK-2.1 maksaa 45700€ ja tavallinen kouruhihnakuljetin PK-3.1 maksaa 16300€ paikalleen asennettuina. Lisätöistä syntyvät kustannukset ovat noin 10000€. Mekaanisen lajittelun kokonaiskustannukset ovat 72000€.

6.7.2 VISI 40 Smart konenäkösovellus

VISI 40 Smart-konenäköjärjestelmän liittäminen nykyiseen pintinpoistojärjestelmään vaatii muutostöitä pinttikuljettimien PK-1, PK-2 ja PK-3 risteyskohdassa olevaan keräyssuppiloon ja pinttikuljetin PK-3 lopussa olevaan kääntöpelti yksikköön.

Konenäköjärjestelmä toimittajan 14.8.2007 antaman alustavan tarjouksien perusteella koostuu kolmesta eri osa-alueesta. Visi40 kamera ja erilliskotelo Visieye maksaa 8200 €. Tilaajakohtainen projektityö koostuu projektin hoidosta ja suunnittelusta. Arvioitu hinta on 3800 €. Optiona on esitetty laitteiston liittämiseen tuotannontietoverkkoon tarvittavaa keskusyksikköä ja kameran jäähdytyslaitteistoa. Nämä ovat erittäin tärkeitä laitteita järjestelmän toiminnan takaamiseksi ja liittämiseen olemassa olevaan tuotannontietoverkkoon. Laitteistojen hinta yhteensä on 2400 €.

Käyttöönotto ja koulutus ovat tuntiveloitusperiaatteella. Alustavan arvion mukaan näihin menee neljä työpäivää. Yhteenlaskettu hinta on 4000 €. Nykyisen pinttijärjestelmän muutostyöt ja konenäköjärjestelmän liittäminen nykyiseen tietoverk-

koon maksavat arvion perusteella 10000 €. Koneäköjärjestelmän kokonaiskustannukset ovat 28400 €.

6.7.3 D-linjan pinttisiilo

Nykyisen pinttisiilon muutostyöt tehdään Lasitehtaan tehdaspalvelu osaston toimesta. Muutostyössä huomioitavat kustannukset koostuvat siilon jakamiseen käytettävän väliseinämän materiaalikuluista, kääntöpeltiyksiköstä, tiedonsiirtokaapeloinnista ja työkustannuksista. Arvioidut kokonaiskustannukset ovat noin 12000 €.

5 YHTEENVETO

Lasi on vaikea elementti tekniikalle, mikä lisäsi työn haasteellisuutta. Lasinvalmistus prosessiin ja pintin muodostumisen joutui perehtymään huolella. Nykyisen pintinpoistojärjestelmän hyödyntäminen ja siihen lisättävä lajittelu järjestelmä vaati runsaasti esiselvityksiä. Laitteistoja ei ole voitu kokeilla niiden suurten hankinta kustannusten takia vaan suunnitelmien toimivuus perustuu teoria tietoihin ja asiantuntijoiden lausuntoihin.

Mekaanisesti toteutettu lajittelu osoittautui erittäin toimivaksi ja sillä saataisiin lähes kaikki tehtaan sisällä muodostuvat pinttilaadut kuljetettua erillään haluttuun loppusijoituspaikkaan. Tämä menetelmä on varmatoiminen, mutta kustannukset nousevat kuitenkin erittäin suuriksi ja kuljettimet ovat suurikokoisia. Tämä vie tilaa pintitunnelista ja lisää huollettavien laitteiden määrää. Tehtaan sisällä muodostuvan pintin määrä vähenee jatkuvasti hyvän hyötysuhteen ansiosta, siksi suuriin investointeihin ei kannata panostaa, jos siitä saatava hyöty vähenee tulevaisuudessa.

Konenäköjärjestelmä ja lasi ovat vaikea yhdistelmä. Siihen on kuitenkin runsaasti pohjatietoa tehtaalla nykyisin käytössä olevista konenäkölaitteista. Tämän menetelmän toimivuutta ei voitu kokeilla käytännössä, koska pelkkä testi olisi tullut maksamaan paljon. Menetelmän toimivuutta arvioitiin asiantuntijan kanssa teoriassa ja aikaisempien tietojen perusteella. Pintti, joka kulkee nykyisellä pintinpoistojärjestelmällä, on osittain valmiiksi sekapinttiä, koska B-linjalta tulevan pintin päälle tippuu pinttiä valmistuslinjalta. Tämän vuoksi kirkasta ja vaaleanvihreää pinttiä ei saada täysin erilleen. Sekapintin osuus on kuitenkin pieni kokonaismäärästä. Konenäön oletetaan tunnistavan eri pinttilaadut noin 60- 80 % kokonaismäärästä.

Konenäköjärjestelmän lisääminen nykyiseen pintinpoistojärjestelmään ei vaadi suuria muutostöitä, ja kustannuksien nopea takaisinmaksuaika saavutetaan pienelläkin lajitteluprosentilla. Tämä on järkevä investointi sen alhaisten kustannusten ja pienien muutostöiden takia.

LÄHTEET

Korpinen, Juha. 1999. Valaistus ja optiikka. VTT Automaatio. PowerPoint.

Lasifakta. 2007. Perustietoa lasista [verkkajulkaisu]. Pilkington Lahden Lasitehdas Oy [viitattu 2.10.2007]. Saatavissa: <http://www.pilkington.com/europe/finland>

NSG Pilkington. 2007. Floatlasi [verkkajulkaisu]. Pilkington Automotive Finland Oy [viitattu 2.10.2007]. Saatavissa: <http://www.pilkington.com>

NSG Pilkington. 2007. This is Pilkington [verkkajulkaisu]. NSG Pilkington [viitattu 2.10.2007]. Saatavissa: <http://www.pilkington.com>

Opettajan verkkopalvelu. 2007. Konenäkö [verkkajulkaisu]. Opetushallitus [viitattu 5.9.2007]. Saatavissa: <http://www.edu.fi>

Parkkali, J. Tehdaspäällikkö. Pilkington Lahden Lasitehdas Oy. Sähköposti 17.8.2007

Pilkington Lahden Lasitehdas Oy. 2006. Esite.

Varjovirta, M. 2004. Lasinvalmistuslinjan melun ja pölyn kartoitus. Mekatroniikan opinnäytetyö. Lahti: Lahden Ammattikorkeakoulu, Tekniikan Laitos

LIITTEET

LIITE 1. Lasitehtaan layout

LIITE 2. Visi 40 Smart

LIITE 3. D-linjan pinttisiilo