

LASTULEVYN LAADUN JA PINNOITEMATERIAALIN VAIKUTUS TYÖSTETTÄVYYTEEN

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Puutekniikan koulutusohjelma
Puutuotetekniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2008
Torniainen Aleks

Lahden ammattikorkeakoulu
Tekniikan Laitos

TORNIAINEN, ALEKSI: Lastulevyn laadun ja pinnoitemateriaalin vaikutus työstettävyyteen

Puutuotetekniikan opinnäytetyö, 49 sivua, 2 liitesivua

Kevät 2008

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia lastulevyn työstettävyyttä. Tarkoituksena oli tutkia, kuinka lastulevyn laatu ja pinnoitemateriaali vaikuttavat lastulevyn reunan rispaantumiseen. Tutkimuksissa tutkittiin kolmea eri lastulevylaatua: P2, P3 ja P6 ja viisi eri melamiinipinnoitetta. Opinnäytetyö tehtiin Isku Teollisuus Oy:lle Lahteen; yritys halusi selvittää, eroavatko lastulevyn P2- ja P6-laatu työstettävyydeltään toisistaan.

Tutkimus tehtiin tuotannon yhteydessä TL-6 levyntyöstölinjalla. Työstettyjä levyjä tutkittiin linjakoneistuksen jälkeen. Levyistä laskettiin esiintyneiden rispaantumien määrä metriä kohden. Levykuormia ei tutkittu kokonaan, vaan jokaisesta otoksesta pyrittiin tutkimaan noin 100 metriä särmää.

Tulokset osoittivat, että pinnoitemateriaali oli vaikuttavin tekijä reunan rispaantumiselle, ja paras sekä vähiten rispaantunut pinnoite oli Mel-127. Lastulevyn laadun merkitys työstettävyyteen oli vähäistä. Tulokset osoittivat myös terien ja syöttönopeuden vaikuttavan työstettävyyteen riippuen pinnoitemateriaalista, jotkut kalvot kestivät paremmin nopeampia nopeuksia ja tylsempiä teriä kuin toiset.

Avainsanat: Lastulevy, P2, P6, työstettävyyden, pinnoitemateriaalit

Lahti University of Applied Sciences
Faculty of Technology

TORNIAINEN, ALEKSI: The effect of quality and coating materials to the
workability of chipboard

Bachelor's Thesis in wood product technology, 49 pages, 2 appendices

Spring 2008

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with the cutting quality of chipboard. The objective of the study was to investigate how the quality, coating materials, feed speed and different tools affect the workability of chipboard. Workability was measured by investigating the edges of chipboards. There were three different types of chipboard -p2, p3 and p6 with five different melamine coatings. The study was commissioned by Isku Teollisuus Oy because the company wanted to find out if there were differences in workability between p2 and p6 chipboards.

The study was done in connection with production meaning that boards were machined in normal conditions. Boards were investigated after machining and the number of frays/metre was calculated. There were at least 100 metres of edges examined of every batch after machining.

The results indicate that coating material is the main thing that affects the workability. The best coating was Mel-130. The quality of chipboard is not a significant factor in this respect. Work speed and tools affect workability depending on the coating materials; some coatings sustained faster machining and blunter tools better than other coatings.

Keywords: chipboard, P2, P6, workability, coating materials.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
	1.1 Opinnäytetyön lähtökohdat	2
	1.2 Opinnäytetyön tavoitteet	2
2.	LASTULEVYN LUOKITTELU	3
	2.1 Levyjen käyttökohteet ja luokat	3
	2.2 Lastulevy luokkien erot	3
3.	LASTULEVYN TEKNISET OMINAISUUDET	4
4.	LASTULEVYN JALOSTUSTUOTTEET JA NIIDEN KÄYTTÖKOhteET.	5
5.	PINNOITUKSEN TAVOITTEET JA EDELLYTYKSET	6
6.	KALVOPINNOITTEET	6
7.	LIIMAUTUVAT PINNOITTEET	7
	7.1 Paperin kyllästys hartsilla	8
	7.2 Melamiinimuovikalvo	9
	7.2.1 Melamiinimuovikalvon pintakuvioidin- nen	10
	7.2.2 Pinnoitus melamiinimuovikalvolla	10
	7.3 Muut liimautuvat pinnoitteet	12
8.	LIIMATTAVAT PINNOITTEET	13
	8.1 Muovilaminaatti	14
	8.2 Muovilaminaateilla pinnoittaminen	16
9.	KEINOJA TYÖSTÖJÄLJEN PARANTAMISEEN	17
	9.1 Terän bombeeraus ja leikkuusuunta	17
	9.2 Terähuolto	20
10.	TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TAVOITTEET	20
11.	TUTKIMUKSEN SUORITUS	21

11.1 TL-6 levyntyöstölinja	21
11.2 Syöttönopeus	23
11.3 Lastulevyn laatu ja pinnoitemateriaali	23
11.4 Terät	24
12 TUTKIMUS TULOKSET	26
12.1 Mel-130, hopeanharmaa pinnoite	26
12.1.1 Keskimääräinen rispaantuma	27
12.1.2 P2- ja P6-laatuero	27
12.1.3 Syöttönopeuden ja tylsempien terien vaikutus	27
12.1.4 Yhteenveto	28
12.2 Mel-127, tumman harmaa pinnoite	28
12.2.1 Keskimääräinen rispaantuma	29
12.2.2 P2- ja P6-laatuero	29
12.2.3 Syöttönopeuden ja tylsempien terien vaikutus	30
12.2.4 Yhteenveto	30
12.3 Mel-124, pyökkijäljitelmä	30
12.3.1 Keskimääräinen rispaantuma	31
12.3.2 Syöttönopeuden ja tylsempien terien vaikutus	32
12.3.3 Yhteenveto	32
12.4 Mel-121, koivujäljitelmä	32
12.4.1 Keskimääräinen rispaantuma	33
12.4.2 Syöttönopeuden ja tylsempien terien vaikutus	33
12.4.3 Yhteenveto	33
12.5 Mel-114, valkoinen	34
12.5.1 Keskimääräinen rispaantuma	35
12.5.2 P2-, P3- ja P6-laatuero	35
12.5.3 Syöttönopeuden ja tylsempien terien vaikutus	36
12.5.4 Yhteenveto	36
12.6 Syöttönopeuden vaikutus	36
13. JOHTOPÄÄTÖKSET JA TULOKSET	39
13.1 Lastulevyn laadun vaikutus työstettävyyteen	39
13.2 Pinnoitemateriaalin vaikutus työstettävyyteen	40
13.3 Syöttönopeuden vaikutus työstettävyyteen	41

13.4 Muut työstettävyyteen vaikuttavat tekijät	42
14. TOIMENPIDE-EHDOTUKSET JA NIIDEN VAIKUTUSTEN ARVIOINTI	42
14.1 P6-levyjen vaihto P2-levyihin	42
14.2 Laadun tarkkailu	43
14.3 Terät	43
14.4 Syöttönopeuden määrittäminen	45
14.5 Kalvojen tekniset ominaisuudet	45
15. JATKOTUTKIMUS TARPEET	46
16 YHTEENVETO	46
LÄHTEET	48
LIITTEET	50

1 JOHDANTO

Isku Teollisuus Oy kuuluu Isku-konserniin. Isku konserni on kotimainen huonekaluvalmistaja, joka työllistää keskimäärin 1700 työntekijää ja sen liikevaihto on yli 200 miljoonaa euroa. Toimintaa yrityksellä on seitsemässä maassa ja kolmasosa liikevaihdosta tulee ulkomailta. Konserni on jaettu viiteen eri yritykseen:

Isku Interior Oy - Julkisten tilojen kalusteet

Isku Koti Oy - Kodin kalusteet

Isku Keittiöt Oy - Keittiöiden ja kylpyhuoneiden kiintokalusteet

Isku Teollisuus Oy - Teollisuuden tuotteet ja palvelut

Isku Invest Oy - Kiinteistöt ja hallinto

Isku konsernilla on yli 75 vuoden mittainen kokemus korkealaatuisten huonekalujen valmistajana. Konsernin toimintaa ohjaavat, korkeatasoinen laatu, muotoilu ja ympäristöystävällisyys. Isku konsernille tärkeitä arvoja ovat tyytyväiset asiakkaat ja hyvä palvelu, henkilöstön hyvä ammattitaito ja toiminnan tuloksellisuus. (Isku Konserni 2007.)

Isku Teollisuus Oy toimii Isku-konsernin tiloissa Lahdessa. Isku Teollisuus Oy:n tuotteita ovat koivusahatavara, koivuaihiot, muotopuristeet, komponentit ja levyosat. Yrityksellä on Suomen suurin levyosien valmistuskapasiteetti ja sen konekantaan kuuluu useita cnc-työstökeskuksia, nc-ohjattuja työstökoneita sekä kolme levyntyöstölinjaa. Isku Teollisuus Oy:n asiakkaita ovat puusepänteollisuus, huonekalujen ja kiintokalusteiden valmistajat, rakennusliikkeet sekä suurimpana asiakkaana Isku-konsernin muut toimialat. (Isku Teollisuus Oy 2007.)

Isku Teollisuus Oy käytti pääasiassa melamiinipintaisia lastulevyjä erilaisten kaappien-, hyllyköiden- ja pöytienosien tekoon. Yleisesti käytettyjä melamiinipintoja oli 5 erilaista, mutta käytössä oli myös harvinaisempia pinnoitteita. Melamiinilevyjä oli paksuudesta ja käyttökohteesta riippuen käytössä joka P2-, P3- tai P6-laatuksena.

Levyjä työstettiin niin reunalistoittavilla levyntyöstölinjoilla kuin CNC-työstökeskuksilla. Tässä työssä tutkittiin melamiinipintaisten levyjen työstöä Iskun moderneimmalla TL-6 levyntyöstölinjalla.

1.1 Opinnäytetyön lähtökohdat

Yritys halusi tutkia ja kehittää lastulevyn reunan laatua. Lastulevyn reunan rispaantumiseen vaikuttavia tekijöitä ei ollut tiedossa, vaan jokaisella linjantyöntekijällä tai muilla lastulevyn ja laadun kanssa tekemisissä olleilla henkilöillä oli omat mielipiteensä lopputulokseen vaikuttavista tekijöistä. Tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia reunan laatuun vaikuttavat tekijät, ja näiden avulla selvittää pystyttäisiinkö kalliimpi käytössä ollut lastulevylaatu P6 korvaamaan halvemalla P2-laadulla.

1.2 Opinnäytetyön tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia lastulevyn laadun ja pinnoitemateriaalin vaikutusta työstettävyyteen. Tutkimuksessa tarkasteltiin lastulevyn reunan rispaantumista TL-6 levyntyöstölinjan työstössä. Työn tavoitteena oli selvittää, millainen ero P2-laatuiseen lastulevyn työstettävyydellä oli verrattuna P6-laatuiseen lastulevyyteen, sekä kuinka paljon eri melamiinimuovikalvot vaikuttivat työstettävyyteen. Tutkimuksessa vertailtiin eri laatuisten ja pinnoitteisten lastulevyjen työstössä esiintynyttä reunan rispaantumista. Tässä työssä työstettävyydellä tarkoitetaan lastulevyn ja pinnoitemateriaalien eri ominaisuuksien vaikutusta levyn särmien laatuun koneistuksen jälkeen. Myös muita lopputulokseen vaikuttavia tekijöitä ja ongelmakohtia tuli selvittää tutkimuksen aikana.

2. LASTULEVYN LUOKITTELU

Lastulevyn luokittelu on standardisoitu Euroopan unionissa. Laatuvaatimuksia ovat levyn taivutus- ja poikittaisvetolujuus, formaldehydipitoisuus, pituusturpoama, toimituskosteus sekä mittojen, suorakulmaisuuuden, reunan suoruuuden ja tiheyden sallitut poikkeamat sekä ulkonäkövaatimukset. SFS-EN 312 standardissa on lastulevyt jaettu seitsemään eri luokkaan: P1-P7. Vakiolastulevyä paremmin kosteutta kestäviä ovat luokat P3, P5 ja P7. (Koponen 2002, 87; Puhos Board Oy 2007.)

2.1 Levyjen käyttökohteet ja luokat

Lastulevystandardissa SFS-EN 312 levyt on jaettu 7 eri luokkaan ja 2 erikosteusluokkaan. Kosteusluokka 1 on tarkoitettu kuiviin olosuhteisiin, ja kosteusluokka 2 on tarkoitettu kosteuden kestoja vaativiin olosuhteisiin.

TAULUKKO 1. Lastulevylaadut ja käyttökohteet

laatu	käyttötarkoitus	kosteusluokka
P1	yleislevy	1
P2	kalustelevy	1
P3	kalustelevy	2
P4	rakennus- ja kalustelevy	1
P5	rakennus- ja kalustelevy	2
P6	raskas rakennuslevy	1
P7	raskas rakennuslevy	2

2.2 Lastulevy luokkien erot

Lastulevyluokille on määritetty tarkat arvot SFS-EN 312 standardissa. Eri määritteet ovat tehty huomioon ottaen levypaksuudet.

TAULUKKO 2. Lujuusluokkien vaatimukset >6-13 mm paksuille lastulevyille, arvot vastaavat 65 %:n suhteellista kosteutta ja 20 °C lämpötilaa (SFS-EN 312)

Lujuusluokka	Taivutuslujuus N/mm ² (min)	Poikittaisvetolujuus N/mm ² (min)	Kimmomoduuli N/mm ² (min)
P1	12,5	0,28	ei määritelty
P2	14,0	0,40	1800
P3	15,0	0,45	2050
P4	16,0	0,40	2300
P5	18,0	0,45	2550
P6	20,0	0,60	3150
P7	22,0	0,75	3350

Kosteusluokkaan 2 kuuluviin levyihin; P3 ja P5 ja P7 on määritelty maksimi turpoamat, kosteusluokka 1:n levyihin turpoamia ei ole määritelty SFS-EN 312 standardissa.

3. LASTULEVYN TEKNISET OMINAISUUDET

Lastulevy on hygroσκοoppista, koska se on suureksi osaksi puuta. Lastulevyssä esiintyy vähemmän anisotrooppisuudesta johtuvia haitallisia ominaisuuksia kuin massiivipuussa, koska puu on pilkottu ja lastut ovat liimattu sekaisin levyyn. Partikkelien järjestelemättömyyden ansiosta on eläminen levyn pituus- ja poikkisuunnassa samansuuruista, noin 5 % puun tangentialisesta elämisestä. Lastulevyn pinta on homogeenista, eikä siinä esiinny massiivipuulle tyypillisiä vikoja, kuten oksia. Lastulevyn heikompia ominaisuuksia verrattaessa massiivipuuhun ovat heikommät lujuusominaisuudet sekä reunojen ”harvuus” eli suuri karkeus. Parempia ominaisuuksia ovat suuret dimensiot, runsaat paksuus valikoimat (3.2-40 mm), hyvä mitatarkkuus ja suorakulmaisuus, halpa hinta ja helppo jalostettavuus. (Kuikka & Kunelius, 1992, 82.)

Ominaisuus	Yksikkö	d<13	Paksuus	20<d<25
Tiheys	kg/m ³	680–760	650–730	630–710
Taivutuslujuus	N/mm ²	15–23	14–22	13–20
Taivutuskimmomoduuli	N/mm ²	2700–3800	2500–3500	2300–3300
Taivutuslujuus, syrjällään	N/mm ²	12–16	11–15	10–14
Poikittaisvetolujuus	N/mm ²	0,40–0,90	0,35–0,75	0,30–0,65
Vetolujuus levyn tasossa	N/mm ²	7–11	6–10	5–9
Vetokimmomoduuli	N/mm ²	2200–3000	2000–2800	1800–2600
Puristuslujuus levyn tasossa	N/mm ²	13–17	11–16	10–15
Puristuskimmomoduuli	N/mm ²	2400–3200	2200–3000	2000–2800
Leikkauslujuus				
– levyn tasossa	N/mm ²	1,2–2,5	1,0–2,2	0,8–2,0
– kohtisuoraan levyn pintaa vastaan	N/mm ²	6–10	5–9	4–7
Liukumoduuli	N/mm ²	450–800	350–550	250–400
Pintalujuus	N/mm ²	1,0–1,8	0,9–1,6	0,8–1,5
Ruuvien tartuntalujuus				
– levyn tasossa	N/mm ²	40–70	40–70	40–70
– kohtisuoraan levyn pintaa vastaan	N/mm ²	60–90	60–90	60–90
Naulan tartuntalujuus				
– levyn tasossa	N/mm ²	0,8–1,8	0,8–1,8	0,8–1,8
– kohtisuoraan levyn pintaa vastaan	N/mm ²	1,0–2,5	1,0–2,5	1,0–2,5
Pituusturpoama kosteassa ilmassa (RH 35%>RH 85%)	%	0,25–0,35	0,25–0,35	0,25–0,35
Paksuusturpoama 2 h vesiliotuksessa	%	4–12	4–12	4–12
Vesihöyryn läpäisevyys	g/ms Pa	3–7×10 ⁻⁹	3–7×10 ⁻⁹	3–7×10 ⁻⁹
Ilman läpäisevyys	m ⁴ /Ns	1025×10 ⁻⁹	10–25×10 ⁻⁹	10–25×10 ⁻⁹
Lämmönjohtavuus	W/mK	0,10–0,12	0,10–0,12	0,10–0,12
Formaldehydipitoisuus	mg/100g	15–25	15–25	15–25

KUVIO 1. Lastulevyn tekniset ominaisuudet (Kuikka & Kunelius 1992, 83)

4. LASTULEVYN JALOSTUSTUOTTEET JA NIIDEN KÄYTTÖKOHTEET.

Lastulevyn jalostamisessa on kyse levyn ominaisuuksien parantamisesta ja käyttökohteiden lisäämisestä. Jalostettuja tuotteita ovat spaklattu eli silotettu, maalattu tai melamiinimuovikalvolla, muovilaminaatilla, kestumuovikalvolla, viilulla, maalauskalvolla pinnoitettu lastulevy. Lastulevy voidaan myös jalostaa kemiallisesti käsittelemällä se esimerkiksi hyönteis- tai lahosuojalla. Pinnoitettua lastulevyä käyttää pääasiassa huonekaluteollisuus, ja yleisimpiä käyttökohteita ovat kodin huonekalujen eri osat, kuten pöytälevyt, kaappien ovet, kirjahyllyjen osat sekä keittiökalu- teet ja julkiskalusteet (Koponen, 2002, 121.).

5. PINNOITUKSEN TAVOITTEET JA EDELLYTYKSET

Pinnoittamaton lastulevy on herkkä kulumiselle, kosteudelle ja likaantumiselle. Pinnoituksella pyritään ehkäisemään lastulevyn kohdistuvaa fyysistä ja kemiallista rasiusta ja näin pidentämään lastulevyn käyttöikää. Pinnoite suojaa lastulevyä kulukselta, kosteudelta, säältä, kemikaaleilta, auringonvalolta ja naarmuuntumiselta, ja pinnoitteella parannetaan myös lastulevyn ulkonäköä (Koponen 2002, 148.)

Pinnoitettavan lastulevyn tulee olla pinnaltaan tavallista parempaa. Pintalastun on oltava hienolastuista ja homogeenista, ja isot lastut ja karkea hiomajälki näkyvät pinnoitteen läpi. Lujuusominaisuuksilta on tärkeä pintakerroksen vetolujuus kohdistuoraan pintaa vastaan; sen tulee olla vähintään $1,2 \text{ N/mm}^2$. Jos pinnan lujuus on liian alhainen, lisääntyy pinnoitteen halkeiluerkkyys. Riittävä tilavuuspaino on $650\text{--}680 \text{ kg/m}^3$. Lastulevyn tulisi tasaantua noin kaksi viikkoa valmistumisen ja pinnoituksen välillä, jotta kosteus tasaantuisi. (Juvonen & Pekkinen 1985, 169.)

Pinnoitteen on tartuttava lastulevyn pintaan adheesiovoimien avulla. Adheesiovoiman ollessa liian pieni ei kiinnittymistä tapahdu, ja pinnoitteen riittäväksi kiinnittymiseksi on sideaineen tunkeuduttava pinnan rikkoutuneen solukon lävitse ehjään puuaineseen. Pinnoitteen on kostutettava puunpinta jolloin kiinnittyminen on mahdollista. Pinnoitteen sisäisen lujuuden, koheesion on oltava riittävä, ja kovetuttuaan pinnoitteen on oltava riittävän elastinen pystyäkseen mukautumaan jännityksiin sekä kosteus- ja lämpöliikkeiden aiheuttamaan elämiseen. (Koponen 1988, 12–13.)

6. KALVOPINNOITTEET

Kalvopinnoitteet ovat avanneet erilaisille puulevyille aivan uusia käyttöaloja, ja lastulevyn pinnoitus ohuilla melamiinikalvoilla ja laminaateilla on yleistynyt voimakkaasti. Kalvopinnoitteet ovat jaettavissa sideaineen perusteella kahteen eri ryhmään:

1. Kalvo, jonka sideaineena on kertamuovi. Pinnoite on yleensä itsestään liimautuva, ja kalvon runko-osa on yleensä paperia. Kertamuovit kovettuvat polykondensaatiolla tai polymerisaatiolla. Aineilla on ominaista kovettumisreaktion palautumattomuus ja aineet kestävätkin muoveille korkeita lämpötiloja ja niillä on hyvät mekaaniset ja kemialliset kestävyysominaisuudet. Tärkeimpiä kalvopinnoitteissa käytettyjä kertamuoveja ovat fenoliformaldehydiharts, ureaformaldehydiharts, melamiiniformaldehydiharts, polyesteriharts ja epoksiharts

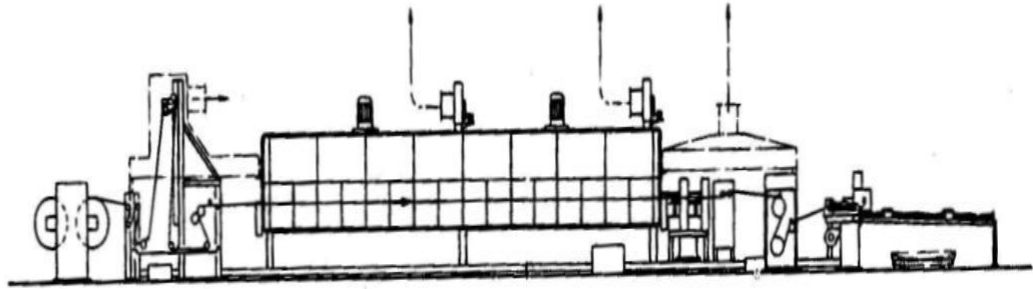
2. Kalvo, jonka sideaineena on kestopuovi. Pinnoitteen kiinnittämiseen on yleensä käytettävä liimaa. Kalvon runko osana on paperi tai kalvo on kauttaaltaan koostunut kestopuovista.. Kestomuoveille on ominaista pehmeneminen vähintään 90 °C lämpötilassa, jolloin ne ovat suuressa määrin muovailtavissa. Jäähdytettäessä huoneen lämpötilaan paalaavat aineen ominaisuudet ennalleen. Tärkeimpiä kalvopinnoitteissa käytettyjä kestopuoveja ovat polyeteeni, polypropeeni, polyvinyylikloridi, polyamidi, polystyrooli, polyvinyylikloridi. Yleisimmin käytetty kestopuovi on polyvinyylikloridi (PVC). (Koponen 1988, 101–102.)

7. LIIMAUTUVAT PINNOITTEET

Pinnoitettaessa lastulevyjä puristetaan lämmössä kovettava hartsilla kyllästetty kalvo kappaleen pintaan tavallisesti yli 100 °C lämpötilassa korotetussa paineessa. Lastulevyn pintakerroksessa ei saa olla liian suuria partikkeleita, kuoppia tai halkeamia, ja levyn on kestävä myös korkeita lämpötiloja ja kosteuden vaihteluita. Paras pinnanlaatu saadaan, kun levyn kosteus on noin 10 %, jolloin kyllästysaineena käytettyjen hartsien juoksevuus korkeassa lämpötilassa on riittävä kiinnittämään kerroksen puuhun ja muodostamaan paperista kovan ja kestävä pinnan. Yleisen kalvotyypin on hartsilla kyllästetty eli impregnoitu paperi. Kyllästysaineen tarkoituksena on kiinnittää pinnoite puuhun ja muodostaa paperin kanssa yhtenäinen kestävä kerros kappaleen pinnalle. (Koponen 1988, 102.)

7.1 Paperin kyllästys hartsilla

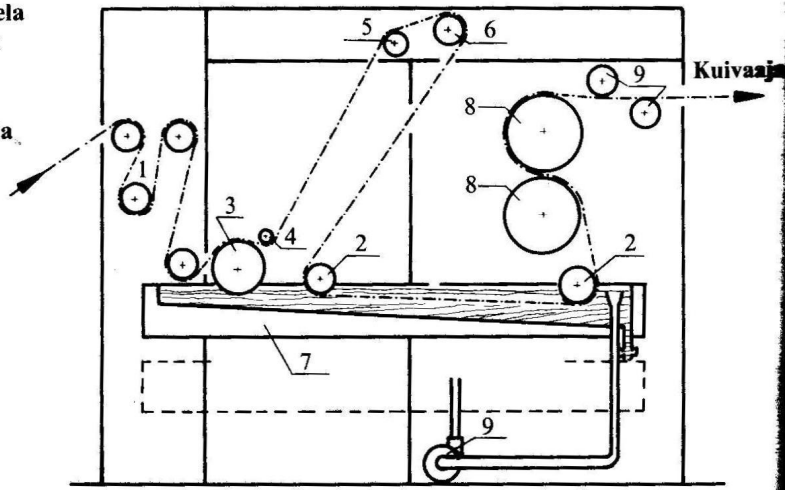
Paperin kyllästys tapahtuu impregnointilaitoksessa. Paperiin imeytetään käyttötarkoituksen mukaan joko melamiini-, fenoli- tai ureahartsia. Hartsin valmistus tapahtuu kondensoimalla melamiinia, fenolia tai ureaa formaldehydin vesiliuoksen kanssa noin 90–100 °C lämpötilassa. Hartsiin lisätään vielä kovettajaa ennen impregnointia. Hartsin ominaisuuksia voidaan säädellä lisäaineilla.



KUVIO 2. Paperin impregnointilaitos (Koponen 1991, 122)

Kyllästyksessä rullalta kulkevan paperin toinen puoli kastetaan hartsiin, minkä jälkeen paperia kuljetetaan muutama metri ilmassa, niin ettei se kosketa mihinkään. Tällöin saadaan paperista poistettua ylimääräinen ilma. Upotuksen jälkeen painoteiloilla säännöstellään haluttu hartsimäärä. Kyllästysaste on lisäksi riippuvainen paperinimukyvyistä, hartsin viskositeetista, lämpötilasta ja kondensaatioasteesta sekä upotusajasta. Impregnoinnin jälkeen paperi kuivataan kuivausuunissa, ja kuivauksessa paperista poistetaan liiallinen vesi. Yleisimmissä kuivausuuneissa paperi kulkee vapaasti ilmassa radan alle asetuista suihkulaatikoista puhalletun kuumen ilman kannattamana. Kuivauksen jälkeen hartsin on jatkettava kondensoitumistaan asteeseen, jossa se parhaiten soveltuu pinnoitettavaksi. Paperi jäähdytetään ja leikataan arkeiksi. Lopullisen kyllästetyn paperin hartsipitoisuus on noin 56–59%, ja kyllästys voidaan suorittaa myös kaksivaiheisena, jolloin paperiin saadaan joko toisella tai molemmille puolille lisää hartsia. Kaksivaiheinen menetelmä mahdollistaa myös eri hartsien käytön paperin eri puolille. (Koponen 1991, 103–104; Juvonen & Pekinen 1985, 168–169.)

- 1 Vetotelat
- 2 Korkeussuunnassa säädettävä upotustela
- 3 Molempiin suuntiin pyörivä sivelytela
- 4 Korkeussuunnassa säädettävä painotela
- 5 Käytöllä varustettu levitystela
- 6 Hengitystela
- 7 Hartsiallas
- 8 Annostelutelat
- 9 Tasoitustelat



KUVIO 3. Paperin impregnointikone (Juvonen & Pekkinen 1987, 168)

7.2 Melamiinimuovikalvo

Melamiinimuovikalvoja käytetään erityisesti lastulevyn pinnoitukseen. Lastulevy pinnoitetaan melamiinimuovikalvolla aina molemmiin puolin, yksipuolinen tai epäsymmetrinen pinnoitus aiheuttaa levyn käyristymistä. Melamiinimuovikalvoista valmistetaan myös useampi kerroksia laminaatteja, jotka liitetään erillisessä työvaiheessa puulevyjen pintaan. Yleensä levyt pinnoitetaan yhdellä kalvolla, mutta voidaan myös käyttää kahta kalvoa päällekkäin. Pinnan kulutuksenkestoa voidaan parantaa myös erillisellä pintafileillä. (Koponen 2002, 161; Juvonen & Pekkinen 1985, 169.)

	Paperin paino g/m ²	Hartsin paino g/m ²	Paino yhteensä g/m ²	Hartsin %
Pinnoituskalvo	80	120	200	67
	90	130	220	59
	20	150	270	56
Pintakalvo	20	60	80	75
Pohjakalvo	80	80	160	50
	120	120	240	50

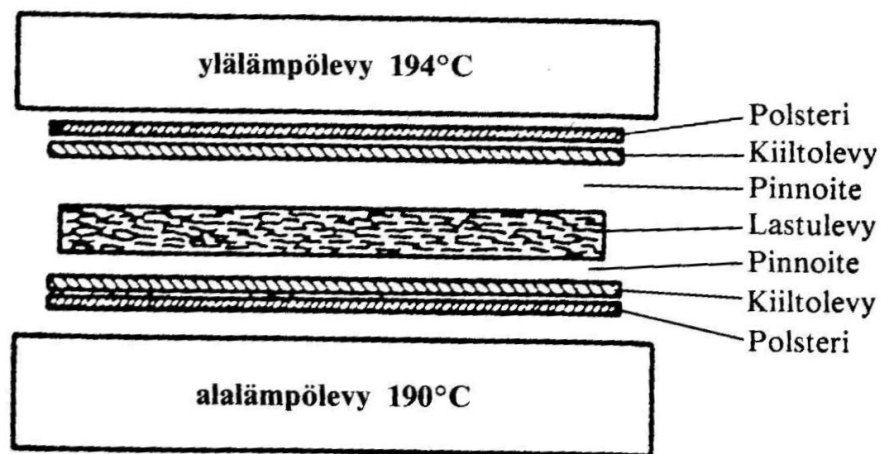
KUVIO 4. Yleisimmät kalvot (Koponen 1991, 125)

7.2.1 Melamiinimuovikalvon pintakuvion pintakuvioinnin muodostaminen

Melamiinimuovikalvoon voidaan painaa myös pintakuvio. Pintastruktuuri puristetaan kalvoon pinnoituksen yhteydessä. Kuviointi saadaan aikaan manttelilevyllä (kiiltolevyllä). Mantteli toimii tavallaan muottina, jolla voidaan puristaa erilaisia pintakuvioita, kuten puusyykuvioita, nahkajäljitelmiä, uria tai ruudutusta. Manttelilevyt on valmistettu joko messingistä tai haponkestävästä teräksestä, levyn pinta on kromattu. Manttelilevyjä voidaan käyttää noin 100 000 kertaa, jos mekaanista vaurioitumista ei ole tapahtunut.

7.2.2 Pinnoitus melamiinimuovikalvolla

Lastulevyn pinnoitus melamiinimuovikalvolla tapahtuu yleensä yksivälisellä pika-
tahtipuristimella, mutta pinnoitus voidaan myös tehdä useavälisellä puristimella. Yksiväli puristin on yleensä varustettu yläpuolisilla puristusmännillä ja öljyhydrauliikalla.

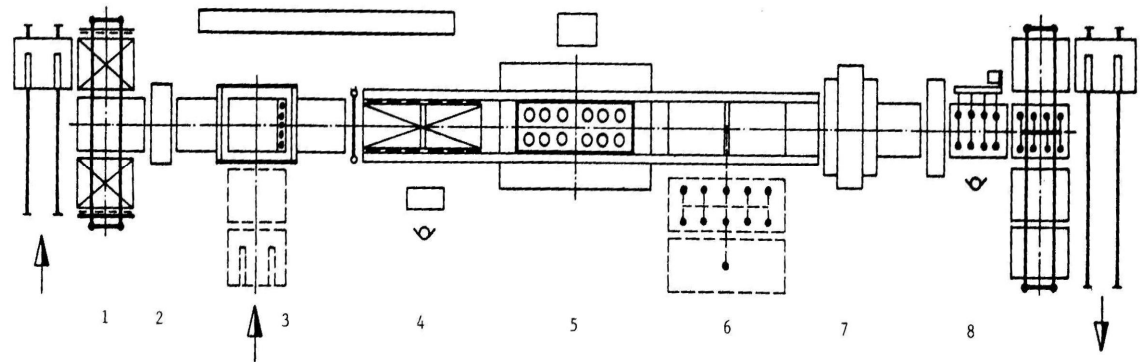


KUVIO 5. Puristimen rakenne (Juvonen & Pekkinen 1987, 170)

Puristimen rakenne on yleensä kuvion 5 mukainen. Polstereiden tarkoitus on tasata puristuspainetta. Polesterit ovat kudottu normaalisti mattomaisiksi synteettistä kuituista (aikaisemmin asbestista) ja messinki-, kupari- tai pronssilangasta, ja ne painavat normaalisti 1800–2600 g/m². Polsterit kestävät noin 30 000–50 000 puristuskertaa.

Pinnoitettaessa melamiinimuovikalvoilla on tärkeää, että puristin sulkeutuu nopeasti sekä puristuspaineen nopea nosto, koska levy koskettaa ennen puristimen sulkeutumista paineettomana puristimen alapintaa ja tämä saattaa kovettaa hartsin ja aiheuttaa huonon pinnan ja tartunnan. Erityisen merkityksellinen on aika, jonka pinnoite joutuu koskettamaan paineettomana kuuman lämpölevyn lämmittämää manttelia. Puristimen sulkeutumista vaiheeseen, jossa ylälämpölevy koskettaa pinnoitettavaa levyä, voidaan nopeuttaa monin tavoin. Yleisin tapa on puristussylintereiden varustus esitäyttöventtiileillä, joiden kautta öljy virtaa vapaasti sylintereihin lämpölevyn laskeutuessa alas omalla painollaan tai erillisten mäntien vauhdittamana.

Pinnoituksen puristusaine voidaan valita korkeaksi, koska puristusaika on lyhyt; lastulevy ei paineen ja lämmön vaikutuksesta ehdi painua kokoon. Sileillä pinnoilla voidaan käyttää alemmaa puristusainetta kuin struktuuripinnoilla. Struktuuri pintojen paineen tulisi olla 3,0 N/mm², kun taas sileiden pintojen 2,0–2,5 N/mm². Korkeasta puristusainesta on myös hyötyä sen vuoksi, että puristusaine tasaantuu ja hartsin juoksee puristuksen aikana paremmin. Hartsin juoksevuuteen vaikuttaa kosteus sekä lämpötila. Lämpölevyjen lämpötilan tulee olla 180–200 °C, joka vastaa 150–160 °C lämpötilaa pinnoitteessa. Lämpölevyissä tulee olla erilliset lämpötilan säädöt, koska alemman lämpölevyn tulee olla 2–4 °C alhaisempi kuin ylälämpölevyn. Lämpötilaero johtuu siitä, että melamiinimuovikalvo osuu alalevyyn ennen ylälevyä. Hartsin polymerisoitumisaste on tärkeää pinnoitetussa levyssä, koska se määrää pitkälti pinnan halkeilun kestävyden ja kovuuden. Melamiinihartsin ei saisi puristuksen jälkeen olla liian pehmeää, jolloin pinnan kiilto ja kulutusominaisuudet ovat huonoja. Liaksi kovettunut pinta on taas arka halkeilulle ja lohkeilulle työstössä. Kondensoitumisaste pystytään mittaamaan parhaiten värjätyllä suolahapolla, jota tiputetaan puristimesta juuri tulleen levyn pintaan. Minuutin vaikutettuaan suolahappo pyyhitään pois, imeytymisen määrästä on pääteltävissä kondensoitumisaste. Oikeilla lämpötiloilla ja paineilla puristusaika on 20–40 s ja tahtiajat noin 50 sekuntia, mikä käytännössä tarkoittaa noin 70 puristusta tunnissa. (Koponen 1991, 120–121; Juvonen & Pekkinen 1987, 169–171.)



- 1 Pinnoitettavan levyn syöttö
- 2 Harjaus
- 3 Pinnoitteen syöttö
- 4 Puristimen syöttölaitteet
- 5 Yksiaukkoinen puristin
- 6 Manttelilevyjen vaihtolaitteet
- 7 Reunanpuhdistuslaitteet
- 8 Pinnoitettujen levyjen tarkastus ja lajittelu

KUVIO 6. Yksiaukkoinen pikatahtipuristuslinja (Juvonen & Pekkinen 1987, 172)

7.3 Muut liimautuvat pinnoitteet

Melamiinimuovikalvon lisäksi valmistetaan fenolimuovikalvopinnoitetta. Fenolimuovikalvoa käytetään pääasiassa vaneriteollisuudessa, muovilaminaatin pohjapaperina tai siitä valmistetaan maalauspohjapaperia. Suurin fenolimuovikalvoilla pinnoitettava levyryhmä on betonoimisvanerit. Maalauspohjapaperilla saadaan levyille aikaan tasainen maalausalusta, ja maalauspohjapaperit ovat vähähartsisia, koska liiallinen hartsimäärä haittaa maalin tarttuvuutta. (Koponen 1991, 122–125.)

	Paperin paino g/m ²	Hartsin paino g/m ²	Paino yhteensä g/m ²	Hartsi %	Väri
Betonointi- kalvo	42	75	117	64	vaalean ruskea
	42	75	117	64	tumman ruskea
	42	75	117	64	kuparin ruskea
	42	75	117	64	vihreä
	42	75	117	64	musta
	40	80	120	67	harmaa
	60	107	167	64	vaalean ruskea
	60	107	167	64	tumman ruskea
	60	107	167	64	punainen
Sisäkäyttö- kalvo	42	75	117	64	keltainen
	60	107	167	64	keltainen
Maalauskalvo	150	64	214	30	vaalean ruskea
Liimauskalvo	30	47	77	61	vaalean ruskea

KUVIO 7. Yleisimmät fenolikalvot (Koponen 1991, 123)

8. LIIMATTAVAT PINNOITTEET

Yleisimpiä liimattavia pinnoitteita ovat muovilaminaatit, puuviilut, PVC-kalvot, lasikuitupinnoitteet ja metallipinnoitteet. Päälyste kiinnitetään tuotteisiin erillisessä työvaiheessa liimaamalla, ja kiinnitykseen käytettävä liima valitaan käytettävän pinnoitteen mukaan. (Koponen 2002, 163.)

TAULUKKO 3. Liimattavien kalvojen kiinnitykseen sopivat liimat (Koponen 1991, 128)

	PVC	Paperikalvo	Viilu
UF-liima	-	x	x
PVAc-liima	-	-	x
Polyuretaaniliima	x	x	x
Polyesteriliima	x	x	x
EVA-sulateliima	o	x	x
Foliodispersio	x	-	-

	Tela levyyn	Tela kaavin kalvoon	Valmis liima kalvoon	Liima- kalvo
Liima				
- UF-liima	x	x	—	—
- PVAc-liima	x	—	—	—
- Polyuretaani	x	x	—	—
- Polyesteri	x	x	—	—
- Eva-sulate	x	—	x	x
Liimaus				
- Tela				
- Kylmä	x	x	x	—
- Kuuma	x	—	—	—
- Tasopuristus				
- Kuuma	x	o	o	x

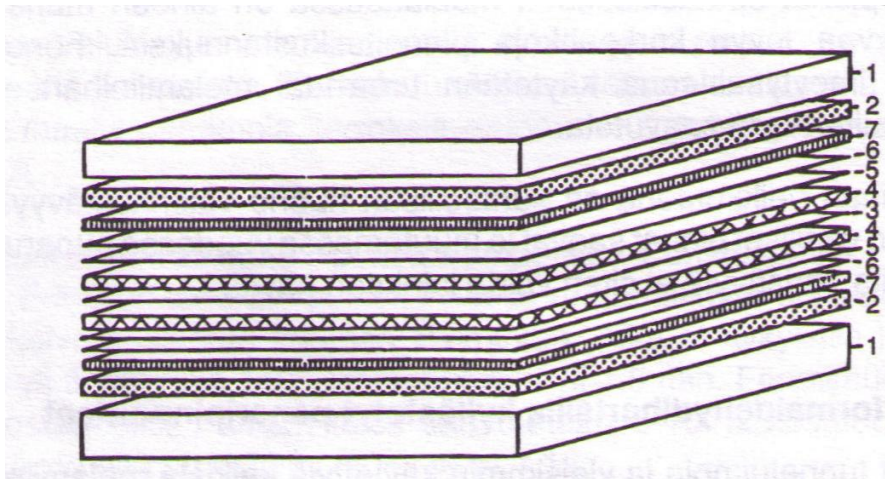
KUVIO 8. Liimojen levitystavat ja liimausmenetelmät, x soveltuu, o varauksin, - ei sovellu (Koponen 1991, 128)

8.1 Muovilaminaatti

Muovilaminaatilla tarkoitetaan useasta fenoli- tai melamiinihartsilla kyllästetystä paperista puristettua pinnoitemateriaalia. Muovilaminaatin paksuus on 1,0-1,4mm, ja paksuus vaihtelee papereiden määrän mukaan. Muovilaminaatti on puolivalmiste, joka erillisessä työvaiheessa kiinnitetään liimaamalla kantavan peruslevyn pintaan. Pinnoitettaessa muovilaminaatilla tulee kappaleen kummallakin puolella käyttää kalvoja, jotka käyttäytyvät samalla lailla niin kosteuden kuin lämmön muuttuessa, muuten levy saattaa käyristyä. Muovilaminaattien tunnusomaisuuksia ovat suuri kuulutuksen- lämmönkestävyys, ja ominaisuuksiltaan muovilaminaatit soveltuvat hyvin keittiökalusteiden pinnoitukseen. Vaikka muovilaminaatit eivät varsinaisesti ole säänkestäviä, voidaan niitä käyttää kylpyhuonekalusteiden ja muiden kosteati-lakalusteiden pinnoitteina.

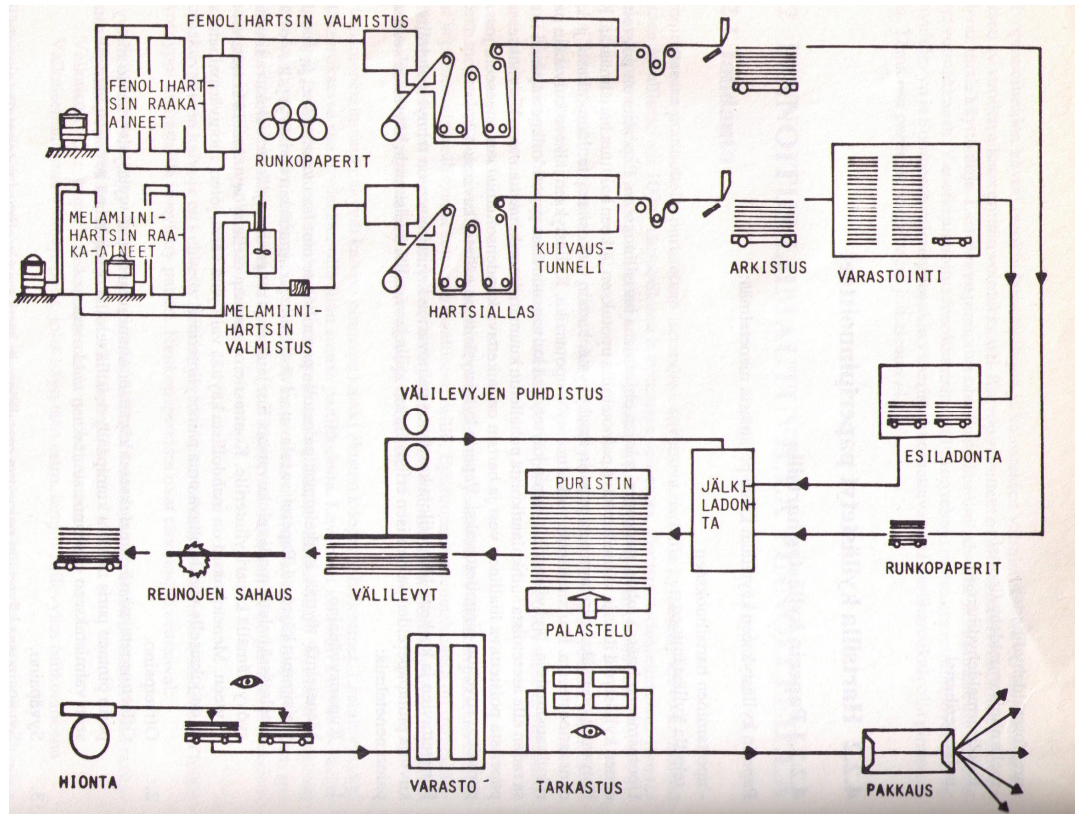
Muovilaminaatissa yleensä käytettävät kalvot:

- pintakalvo 20-40g/m², joka on korkealuokkaista selluloosapaperia imeytettynä melamiinihartsilla 60-80g/m²
- kuviopaperi 80-120g/m², joka on imeytetty melamiinihartsilla 120-150g/m²
- pohjapaperi 80-120g/m², joka on voimapaperia imeytettynä fenolihartsilla 80-120g/m²



KUVIO 9. Muovilaminaatti puristuksen rakenne 1) lämpölevy, 2) aluslevy, 3) irroituskalvo, 4) fenolimuovipaperi, 5) kuviopaperi, 6) pintakalvo 7) kiiltolevy (Koponen 1991, 128)

Muovilaminaatti puristetaan 4-8MPa:n paineessa lämpötilan ollessa 140–180 °C. Puristuksen jälkeen muovilaminaatin reunat leikataan ja liimattava puoli hiotaan. Puupintaan muovilaminaatti kiinnitetään normaaleilla puuliimoilla kuten PVAC-, urea-, melamiini-, resorsinoliimat. (Koponen 2002, 161; Koponen 1991, 125–127.)



KUVIO 10. Paperin kyllästys ja sen käyttö muovilaminaatteihin (Koponen 1988, 104)

8.2 Muovilaminaateilla pinnoittaminen

Muovilaminaatit puristetaan kappaleisiin kiinni 50 °C lämpötilassa. Puristusaika on 20-60 s. Puristuksessa tulee käyttää aluslevyjä, jos halutaan tuotteen pinnasta tulevan korkealaatuinen. Pinnan kovuus ja halkeilun kestävyys on riippuvainen kappaleen muovilaminaatin hartsien polymerisointisasteesta. Jos hartsit jäävät liian

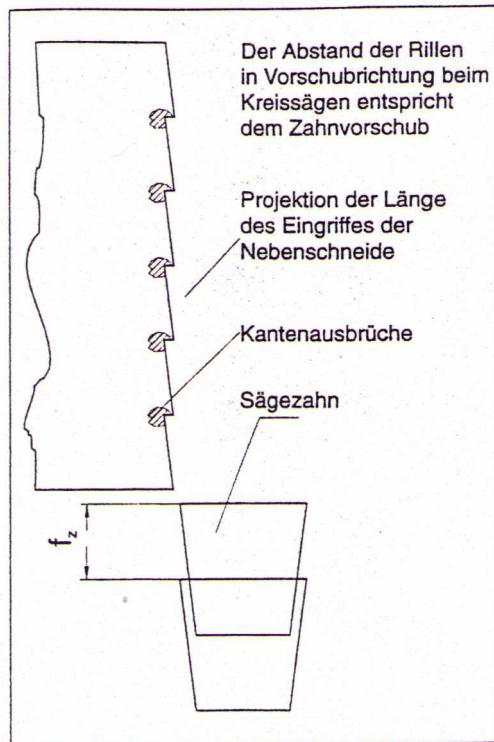
pehmeiksi, pinnan kiillosta ja kulutusominaisuuksista tulee huonoja, ja liian kovaksi kovettunut hartsi taas edesauttaa halkeilua. (Koponen 1991, 127.)

9. KEINOJA TYÖSTÖJÄLJEN PARANTAMISEEN

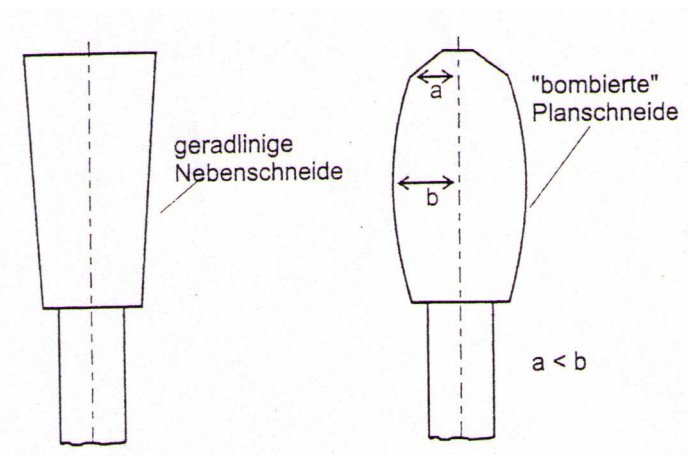
Keinot työstöjäljen parantamiseen löytyvät terätekniikasta ja terien kunnossapidosta. Markkinoilta löytyy erilaisia vaihtoehtoja lastulevyn reunan työstöjäljen parantamiseen. Terien leikkuu suunnilla ja terien muodoilla pystytään vaikuttamaan pinnoitetun lastulevyn särmän rispaantumiseen. Hyvälaatuiset ja terävät terät aikaansaavat paremman työstöjäljen kuin huonolaatuiset ja tylsät terät. Oikeanlainen ja määräaikainen terien vaihto ja huolto edesauttaa ja pitää hyvää työstöjälkeä yllä.

9.1 Terän bombeeraus ja leikkuusuunta

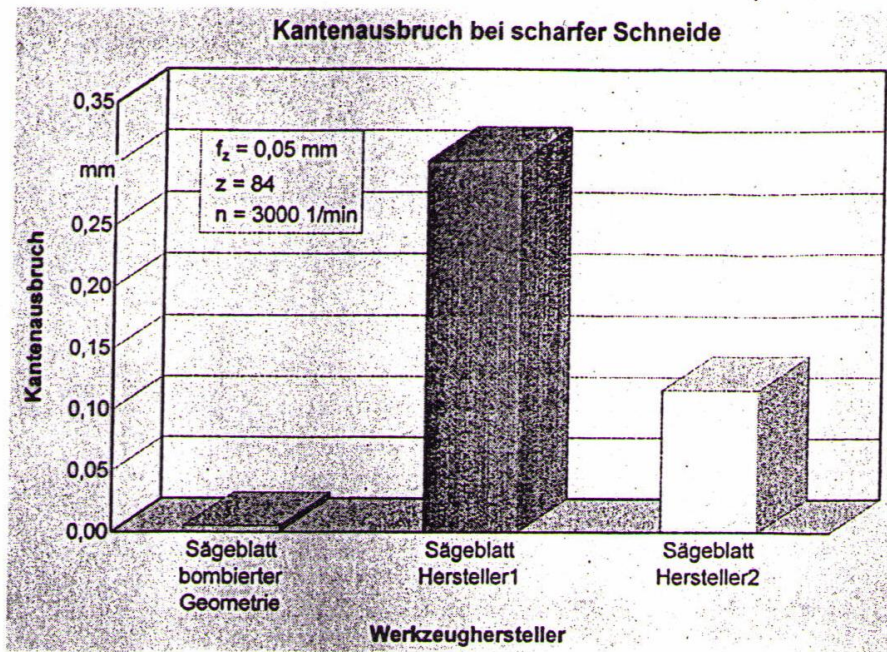
Kuviossa 11. on esitetty normaalin terän leikkuujälkeä. Terän työstöjälki on porrasmaista, ja aiheuttaa pinnan lohkeilua. Leikkuujäljen porrasmaisuus aiheutuu terän hampaiden kiilamaisesta muodosta. Kuvioon 11. on merkitty tummat kohdat, joissa pinnan lohkeilua esiintyy työstettäessä. Särmän lohkeilua pystytään ehkäisemään käyttämällä terää, jossa on bombeeratut hampaat. Kuviossa 12. on esitetty normaalin muotoinen hammas ja bombeerattu hammas. Bombeeratun terän työstöjälki vähentää kuviossa 11. esitettyä porrasmaista työstöjälkeä, ja näin ehkäisee pinnan halkeilua. Kuviossa 13. on vertailtu särmän rispaantumista bombeeratun terän ja kahden normaalin terän kesken. Bombeerattu terä on kuviossa 13. esitetysessä taulukossa aiheuttanut kahta muuta terää selvästi vähemmän rispaantumaa.



KUVIO 11. Tavallisen terän leikkujälki levyn särmässä (Die Holzbearbeitung 1997)

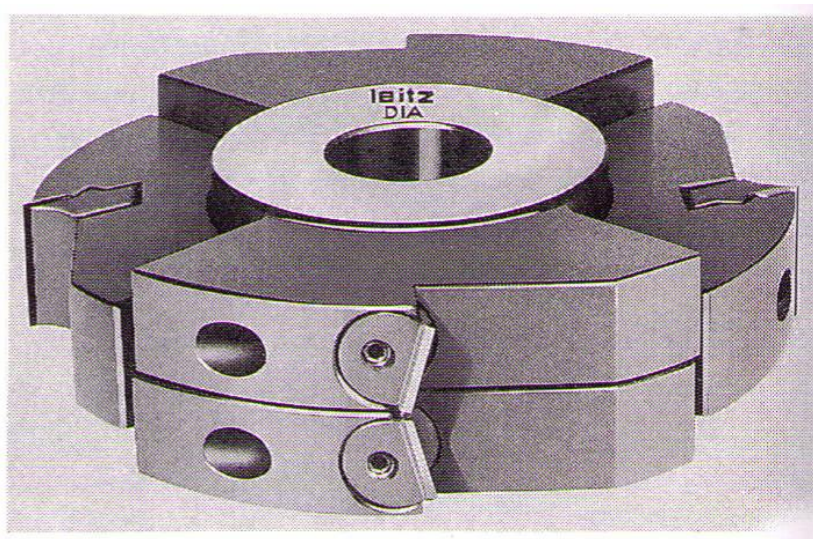


KUVIO 12. Tavallinen hammas ja bombeerattu hammas (Die Holzbearbeitung 1997)



KUVIO 13. Särmän rispaantumisen vertailu (Die Holzbearbeitung 1997)

Työstöjälkeä voidaan parantaa bombeeratun terän ohella myös terän leikkuusuunnalla. Kuviossa 14. on esitetty jysinterä jossa ylä- ja alapinnan terät ovat käännetty työstettävän levyn keskikohtaa kohti. Terien asento on suunniteltu painamaan levyn pintaa hiukan alaspäin, ja näin ehkäisemään levyn rispaantumista. Kyseinen terä ei käy tutkimuksissa käytettyyn TL-6 työstölinjaa, koska linjalla särmän työstöön käytettiin pyörösahan teriä. TL-6 työstölinjalla käytettyjä teriä on esitelty kuvioissa 18. ja 19.



KUVIO 14. Särmän työstöön tarkoitettu terä (Soiné 1995, 280)

9.2 Terähuolto

Terähuolto on yksi keino ehkäistä huonoa työstöjälkeä. Terät vaihdetaan yleensä säännöllisin välein. Terien vaihtoon syynä on yleensä terien tylsyminen ja huonokunto. Terät voivat myös vahingoittua osuessa työstettävien levyjen epäpuhtauksiin. Muita terän vaihtamiseen johtavia syitä voivat olla esimerkiksi terän murtuminen tai terän sisäiset jännitykset. Huonoa työstöjälkeä voidaan myös pitää syynä teränvaihtoon.

Puuntyöstössä kuluvat leikkaavaan terän sen särmä, rinta- ja päästöpinta ja myös sivupinta, mikäli se on puun kanssa kosketuksessa. Terien tylsymiselle ei ole käytössä yleisesti hyväksyttyä mittaumenetelmää. Terien vaihtoväli tulisi optimoida tuotantoon vaikuttavien tekijöiden mukaan, tarkoituksena aikaan saada mahdollisimman suuri tuottavuus.(Opetushallitus 2008.)

10. TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TAVOITTEET

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää melamiinipintaisen lastulevyn työstettävyyden vaikuttavia ominaisuuksia. Isku Teollisuus Oy:n puolelta tarkoituksena oli selvittää, onko P2- ja P6-laadullisten lastulevyjen välillä merkittävää eroa työstettävyydessä ja miten eri melamiinipinnoitteet käyttäytyivät työstössä.

Lastulevyjen laatujen työstettävyyden eroa yrityksen puolelta selvitettiin kustannusten, laadun, toiminnan tehostamisen ja varastojen pienentämisen takia. P6-laadullinen lastulevy oli selvästi kalliimpaa kuin P2-laadullinen lastulevy. Puhos Board Oy valmisti P2-lastulevyä vakiotuotteena kalusteteollisuuden käyttöön, mutta melamiinipintaista P6-lastulevyä yritys teki vain Isku Teollisuus Oy:lle. Yritys ei kertonut ostohintojaan, mutta P6-levyt ovat noin 15–20% kalliimpia kuin vastaavat P2-levyt. Melamiinipintaisten P6-lastulevyjen toimitusajat olivat pitemmät kuin vastaavien P2-lastulevyjen. Tutkimuksen tarkoituksena oli myös löytää tuotannossa esiintyviä ongelmia, jotka aiheuttivat huonoa laatua; tällaisia asioita olivat muun muassa syöttönopeuksien määrittäminen, terät ja terien käyttöikä.

11. TUTKIMUKSEN SUORITUS

Lastulevyn työstettävyyttä tutkittiin Iskun levyntyöstölinja TL-6:n yhteydessä. Linjalta kerättiin tietoa noin 1,5 kuukauden ajan. Tutkimus suoritettiin normaalin tuotannon yhteydessä, ottaen huomioon eri muuttujat, kuten syöttönopeudet, terät, viisteet, muut erilaiset työstöt tai normaalista työstöstä poikkeavat seikat.

Levykuormat tutkittiin linjakoneistuksen jälkeen, ja niistä laskettiin rispautumien määrä metriä kohden. Kuormia ei tutkittu kokonaan, vaan ne pyrittiin tutkimaan noin 100 metriä särmää. Särmit tutkittiin niin ylä- että alapuolelta, tarkoittaen sitä, että yhdessä suorakulmion muotoisessa levyssä oli neljä pitkää ja neljä lyhyempää särmää. Ylä- ja alapuoli luokiteltiin eri särmiksi siksi, koska niitä työstivät eri terät, minkä takia työstöjäljessä saattoi esiintyä eroja.

Yrityksellä oli luokittelu lastulevyn reunan laadulle, mutta levyn työstön kanssa toimivilla henkilöille ei ollut riittävää käsitystä työstöjäljen luokittelusta. Rispaantumien kokoa ja määrää pyrittiin määrittämään lähinnä silmämääräisesti, jos selviä jälkiä ei näkynyt metrin päästä, niin levyt olivat hyviä. Luokittelun ongelma oli, se että toiset levyt olivat toisia tummempia, jolloin vaalea pintalastu paistoi silmään selvästi herkemmin kuin vaaleista levyistä.

11.1 TL-6 levyntyöstölinja

TL-6 levyntyöstölinja oli Homag Ag:n valmistama reunalistoittava työstölinja. Linja koostui syöttölaitteesta, kahdesta kääntökuljettimesta, kahdesta työstö/listoitusyksiköstä ja vastaanottolaitteesta. Ensimmäinen työstöyksikkö koneisti useimmiten pisimmät sivut, enemmän näkymään jäävät sivut. Toinen työstöyksikkö koneisti yleensä lyhyemmät sivut. Ensimmäisessä yksikössä käytettiin timanttimurskateriä, ilman erillisiä piirtoteriä. Toisessa yksikössä oli käytössä piirtoterä ja kovametallimurskaterät.



KUVIO 15. TL-6 linjan ensimmäinen työstöyksikkö



KUVIO 16. TL-6 ensimmäinen reunalistoitusyksikkö

11.2 Syöttönopeus

TL-6 linjan teoreettinen syöttönopeus työstöyksiköillä oli 100m/min. Teoreettinen syöttönopeus ei kuitenkaan käytännössä toiminut, koska linjan muut laitteet eivät pystyneet yhtä kovaan nopeuteen. Linjan syöttönopeudet kappaleille laskettiin Excel-taulukolla, johon syötettiin eri muuttujat. Syöttönopeuteen vaikuttavat muuttujat olivat kappaleen paksuus, pituus, leveys sekä reunalistoitusten määrä ja lavalle ladontatapa. Ohjelman oli toimittanut linjan valmistaja.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
2	Pitkäsivu HG1		A = Karsinta / 0,5 mel B = PVC 1-3 mm C = Viilutettu 2mm D = Hgppgura				Nopeus m/min.	Levyväli mm	Mitä tehdään	Max. T/min
3						A	40	450	A = Karsinta / 0,5 mel	50
4						B	40	400	B = PVC 1-3 mm	50
5						C	40	400	C = Viilutettu 2mm	50
6						D	30	400	D = Hgppgura	50
7										
8										
9										
14	Lghysivu HG 2		A = Karsinta / 0,5 mel katkasut B = Kopiointi PVC C = Viilutettu kopiointi D = Hgppgura				Nopeus m/min.	Levyväli mm	Mitä tehdään	Max. T/min
15						A	45	350	A = Karsinta / 0,5 mel katkasut	50
16						B	28	400	B = Kopiointi PVC	32
17						C	22	400	C = Viilutettu kopiointi	22
18						D	28	400	D = Hgppgura	30
19										
20										
21										
22							Nokat	500		
24	KPL koko			min	max					
25			Pituus	267,0	2500,0				Muuta ainoastaan harmaita arvoja!!!!	
26			Leveys	240,0	1200,0					
27			Paksuus	10,0	45,0					
28										
29	Pituus	Leveys	Paksuus	Lavalla SP T/SP	Pitkäsivu Nauhoitus	Lghysivu Nauhoitus	Tahti Syöttölaite	HG 1 Syöttö	HG 2 Syöttö	Nokat
30										
31	760,0	385,0	18,0	201	b	a	KPL/min	m/min	m/min	
32	OK	OK	OK	OK			28,0	35,0	28,0	2

KUVIO 17. Syöttönopeuden määrittämiseen käytetty Excel-ohjelma

Vaikka linjalla noudatettiin melko tarkasti Excel-taulukon antamia syöttönopeuksia, saattoivat kuitenkin työntekijät vaihtaa niitä kokemuksensa perusteella. Lähihinä työntekijät hidastivat linjan syöttönopeutta, kun he kokivat työstöjäljen olevan huonoa. Viimeisen yksikön syöttönopeus oli lähes aina sama 22 tai 28 metriä minuutissa.

11.3 Lastulevyn laatu ja pinnoitemateriaali

Tutkitut lastulevyt olivat laadultaan P2, P6 ja P3. P2-laatuset levyt olivat alle 18 mm paksuja levyjä, lukuun ottamatta muutamaa poikkeusta. P6-laatuset levyt oli-

vat 18 mm paksuudesta ylöspäin. Isku Teollisuus Oy:stä ei löytynyt henkilöä joka olisi pystynyt selittämään, miksi osa levyistä oli eri laatuista kuin toiset. P6 levyn käyttö juonsi vuosien päähän. P3-laatuista levyä käytettiin Isku Keittiöt Oy:lle työstetyissä kosteudenkestoa vaativissa osissa. Kaikki tutkitut lastulevyt olivat Puhos Board Oy:n valmistamia levyjä.

Pinnoitemateriaaliltaan tutkitut levyt olivat tuotannossa yleisesti esiintyviä levyjä. Tutkimuksissa esiintyi pääasiassa viittä eri pinnoitetta: Mel-130 (hopean harmaa melamiinipinta), Mel-127 (tumman harmaa melamiinipinta), Mel-124 (pyökki melamiinipinta), Mel-121 (koivu melamiinipinta) ja Mel-114 (valkoinen melamiinipinta).

11.4 Terät

TL-6 työstölinjan työstöyksiköissä oli tutkimusten aikana useita erilaisia teriä. Linjan terätoimittajaksi oli vaihdettu uusi terätoimittaja, joka oli toimittanut ensimmäiseen työstöyksikköön timantti terät. Toisen työstöyksikön terinä käytettiin pääasiassa kovametalli murska- ja piirtoteriä, koska terätoimittajalta ei ollut saatu toimivia teriä. Tutkimusten aikana ensimmäisessä työstöyksikössäkin käytettiin myös kovametalliteriä sekä toisen toimittajan timanttiteriä. Timanttiterien vaihdot tapahtuivat noin 3 kuukauden välein, kun taas kovametallipalat vaihdettiin noin kerran vuorossa.



KUVIO 18. Uuden terätoimittajan timanttimurskaterä

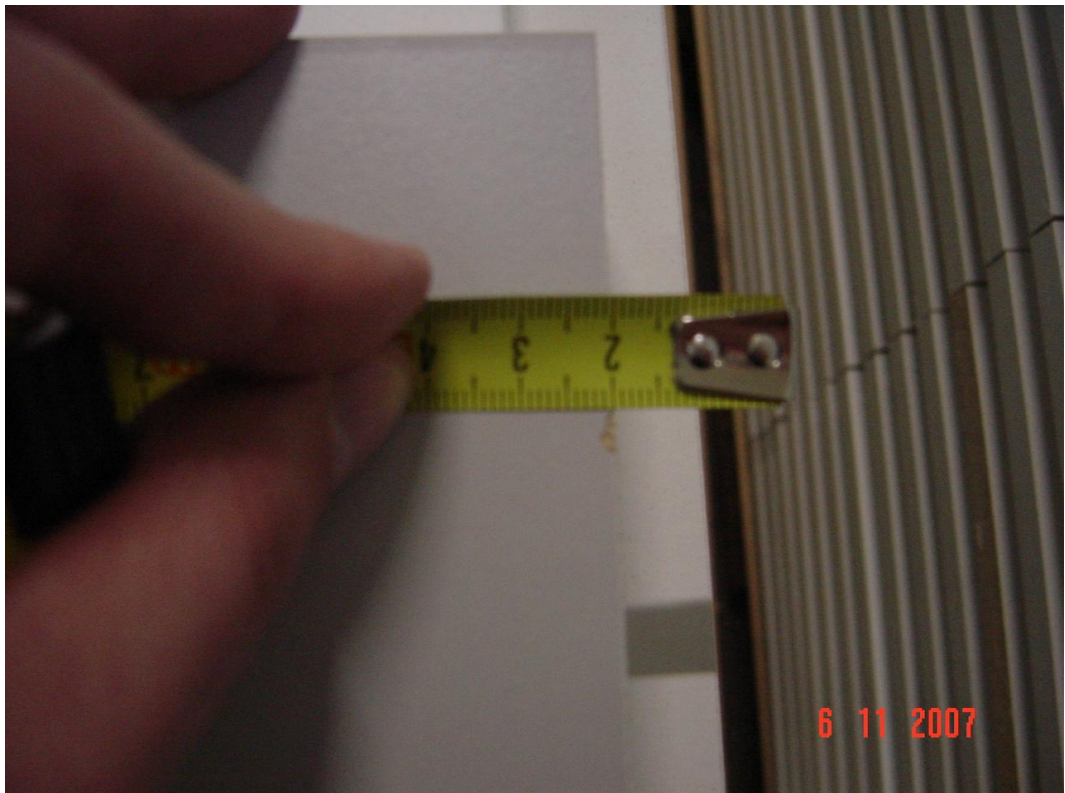


KUVIO 19. Uuden terätoimittajan timanttimurskaterä

12 TUTKIMUS TULOKSET

12.1 Mel-130, hopeanharmaa pinnoite

Mel-130-pinnoitetta käytettiin pääasiallisesti kaapistojen osissa. Pääosa Mel-130-levyistä oli vähintään 18 mm paksuja ja täten laadultaan P6. Tutkimuksia varten oli Puhos Board Oy:ltä tilattu 18 mm paksua ja P2-laatua olevaa Mel-130-levyä.



KUVIO 20. Iso rispaantuma mel-130 levyssä

TAULUKKO 4. Mel-130 pinnoite

Levyn laatu	Pituus (mm)	Leveys (mm)	Paksuus (mm)	Syöttönopeus yksikkö 1(m/min)	Syöttönopeus yksikkö (m/min)	Syöttönopeus 2	Rispaantumaa / m
P2	705	378	18	36	28		0,06
P6	808	434	18	29	22		0,02
P6	705	378	18	29	22		0,27
P6	802	420	18	29	22		0,06
P2	1310	710	12	20	22		0,28
					Keskiarvo		0,14

TAULUKKO 5. Mel-130 pinnoite, yksiköiden rispaantumamat

Sarja	Laatu	Rispaantumaa /m yksikkö 1	Rispaantumaa /m yksikkö 2
1	P2	-	-
2	P6	0,04	0,00
3	P6	0,05	0,68
4	P6	0,08	0,02
5	P2	0,19	0,46
Keskiarvo		0,09	0,29

12.1.1 Keskimääräinen rispaantuma

Mel-130-levyt rispaantuivat keskimäärin 0,14 rispaantumaa metriä kohti. Keskiarvoa voitiin pitää erittäin hyvänä, ja siitä saatiin hyvä vertailukohde muille levyille. Tulosta nosti selvästi huonommilla terillä työstetyt levyt joiden rispaantumien määrät metriä kohden olivat 0,27–0,28 rispaantumaa metrillä. Esimerkiksi viimeinen Mel-130-levysarja työstettiin normaalia tylsemillä terillä, etenkin yksikkö kahden terät olivat tylsiä, ja sarja rispaantui yhteensä 0,28 rispaantumaa metrille, vaikka syöttönopeuskin oli erittäin hiljainen: 20 metriä minuutissa.

12.1.2 P2- ja P6-laatuero

Mel-130-levyä oli tilattu 18 mm:n paksuudessa P2-laatuna koesarjaa varten. P2-levy toimi hyvin, koska siinä esiintyi vain 0,06 rispaantumaa metriä kohden. Vertailussa käytetty P6-levy rispaantui hiukan vähemmän kuin P2-levy; tulos ei kuitenkaan ollut suoraan vertailtavissa, koska P2-levy oli työstetty selvästi suuremmalla syöttönopeudella. Huonommilla terillä työstettäessä ei P2- ja P6-laatuero välillä esiintynyt merkittäviä eroja.

12.1.3 Syöttönopeuden ja tylsempien terien vaikutus

Mel-130-levyt kestivät hyvin nopeita syöttönopeuksia, esimerkiksi 36 metrin minuutti nopeudella työstettäessä Mel-130-levy rispaantui vain 0,06 rispaantumaa

metrille. Tyksillä terillä työstettäessä levyjen rispaantumien määrä pysyi alle 0,30 kappaleessa metriä kohden, mitä voitiin pitää hyvänä tuloksena tylsille terille.

12.1.4 Yhteenveto

Mel-130-levy oli tutkituista levyistä yksi parhaimmista, ja sen antamiin tuloksiin oli hyvä verrata muita levyjä. P2- ja P6-laatuojen välillä ei esiintynyt merkittäviä eroja, ja Mel-130-levyt kestivät tyydyttävästi työstöä tylsemilläkin terillä. Terävillä terillä työstettäessä levyt kestivät keskimääräistä nopeampiakin syöttönopeuksia.

12.2 Mel-127, tumman harmaa pinnoite

Mel-127-levyjä työstettiin kaapistojen osiksi. Mel-127-levyjä ei työstetty yhtä paljon kuin Mel-130 levyjä, tutkimusten aikana saatiin tietoa kerättyä vain kolmesta sarjasta.



KUVIO 21. Iso rispaantuma Mel-127 levyssä

TAULUKKO 6. Mel-127 pinnoite

Levyn laatu	Pituus (mm)	Leveys (mm)	Paksuus (mm)	Syöttönopeus yksikkö 1 (m/min)	Syöttönopeus yksikkö 2 (m/min)	Rispaantumaa / m
P2	476	402	15	25	22	0,04
P6	1830	384	18	34	22	0,07
P6	808	434	18	29	22	0,01
					Keskiarvo	0,04

TAULUKKO 7. Mel-127 pinnoite, yksiköiden rispaantumamat

Sarja	Laatu	Rispaantumaa /m yksikkö 1	Rispaantumaa /m yksikkö 2
1	P2	0,06	0,03
2	P6	0,02	0,33
3	P6	0,00	0,03
	Keskiarvo	0,02	0,13

12.2.1 Keskimääräinen rispaantuma

Mel-127-pinnalliset levyt rispaantuivat keskimäärin vain 0,04 rispaantumaa metriä kohti. Mel-127-levyt antoivat parhaat tulokset kaikista testeissä olleista levyistä. Keskiarvo pysyi alhaisena myös siksi, että levyjä ei työstetty kertaakaan tylsillä terillä. Kyseisten levyjen otos tutkimukseen jäi erittäin pieniksi, mutta tulokset olivat erittäin lupaavia. Mel-127-levyt teki myös ongelmalliseksi se seikka että levyt olivat tummia, jolloin erittäin pienetkin rispaantumamat näkyivät selvästi.

12.2.2 P2- ja P6-laatuojen ero

Mel-127 levyjä työstettiin sekä P2- että P6-laatuina. Laatuojen välillä ei esiintynyt merkittäviä eroja, kummatkin laadut toimivat kiitettävästi testeissä. Tutkimusten ainoa P2-laadullinen Mel-127 sarja rispaantui 0,04 rispaantumaa metrille, kun kaksi P6-laadullista sarjaa rispaantui 0,07 ja 0,01 rispaantumaa metriä kohden. Kummankin levytyypin tulokset olivat erittäin hyviä.

12.2.3 Syöttönopeuden ja tylsempien terien vaikutus

Tylsemmillä terillä ei Mel-127-levyjä työstetty ollenkaan. Levyt kestivät hyvin korkeita syöttönopeuksia, esimerkiksi 34 metrin minuuttivauhdilla työstetty levy rispaantui vain 0,07 rispaantumaa metriä kohden, ja tulosta voitiin pitää erittäin hyvänä.

12.2.4 Yhteenveto

Mel-127 oli testatuista levyistä kaikkein paras levy, tosin levyä ei työstetty tylsillä terillä kertaakaan. Hyvillä terillä työstettäessä tulokset olivat lähes samanlaisia kuin Mel-130-levyn antamat tulokset. P2- ja P6-laatuojen välillä ei esiintynyt merkittäviä eroja, ja levyt kestivät hyvin korkeitakin syöttönopeuksia. Tutkittujen sarjojen pieni määrä tarjosi vain suuntaa antavia tuloksia, mutta jokaisen Mel-127-sarjan työstöjälki oli erittäin hyvää, ja levyt toimivat ongelmitta.

12.3 Mel-124, pyökkijäljitelmä

Mel-124 pinnallisesta levystä työstettiin kaapistojen osia sekä keittiökalusteiden osia. Mel-124 levyä ei tutkimuksissa ollut kuin P6-laatusena, P2-laatuista levyä ei saatu tutkimuksiin.

TAULUKKO 8. Mel-124 pinnoite

Levyn laatu	Leveys Pituus (mm)	Leveys ys (mm)	Paksuus (mm)	Syöttönopeus yksikkö 1(m/min)	Syöttönopeus yksikkö 2 (m/min)	Rispaantumaa / m
P6	705	378	18	34	26	0,04
P6	490	310	22	27	22	0,24
P6	1920	411	22	33	21	0,48
P6	1920	315	22	33	21	0,36
P6	802	420	18	29	22	0,07
					Keskiarvo	0,24

TAULUKKO 9. Mel-124 pinnoite, yksiköiden rispaantumamat

Sarja	Laatu	Rispaantumaa /m yksikkö 1	Rispaantumaa /m yksikkö 2
1	P6	-	-
2	P6	0,30	0,16
3	P6	0,52	0,31
4	P6	0,38	0,24
5	P6	0,07	0,06
Keskiarvo		0,32	0,19

12.3.1 Keskimääräinen rispaantuma

Pyökkijäljitelmä Mel-124-levyjen keskimääräinen rispaantuma oli noin 0,24 rispaantumaa metriä kohden. Saatujen tulosten joukossa oli sekä hyviä että huonoja tuloksia, ja keskiarvoa nostivat tylsemillä terillä työstetyt 3 sarjaa, jotka oli vielä työstetty melko nopeilla syöttönopeuksilla.

12.3.2 Syöttönopeuden ja tylsempien terien vaikutus

Mel-124-levyt eivät kestäneet kovempia syöttönopeuksia yhtä hyvin kuin Mel-130-levyt. Tylsien terien ja korkeiden syöttönopeuksien yhdistelmä antoi huonoja tuloksia nostoen rispaantumien määrän huonoimmassa tapauksessa jopa 0,48 rispaantumaa metriä kohden.

12.3.3 Yhteenveto

Mel-124 levyt eivät toimineet yhtä hyvin kuin Mel-130- tai Mel-127-levyt, osa tuloksista oli lupaavia, mutta osa taas todella huonoja. Levyt eivät selvästikään kestäneet tylsiä teriä. Hyvillä terillä työstettäessä levyt toimivat hyvin ja kestivät nopeitakin syöttönopeuksia. Lastulevyn laatujen välistä eroa ei pystytty tutkimaan pyökijäljitelmäkalvolla, koska yhtään P2-laadullista levyä ei ollut työstetty, sillä kyseisiä levyjä ei ollut varastossa tai tuotannossa.

12.4 Mel-121, koivujäljitelmä

Mel-121 koivujäljitelmäpinnoitettua levyä työstettiin erilaisten kaapistojen osiksi. Koivujäljitelmä osia ei tehty kovinkaan usein, ja siksi niiden otos tutkimukseen jäi melko suppeaksi.

TAULUKKO 10. Mel-121 pinnoite

Levyn laatu	Pituus (mm)	Leveys (mm)	Paksuus (mm)	Syöttönopeus yksikkö 1 (m/min)	Syöttönopeus yksikkö 2 (m/min)	Rispaantumaa / m
P6	760	430	18	28	22	0,12
P6	476	495	18	26	22	0,31
P6	430	390	18	20	22	0,11
					Keskiarvo	0,18

TAULUKKO 11. Mel-121 pinnoite, yksiköiden rispaantumamat

Sarja	Laatu	Rispaantumaa /m yksikkö 1	Rispaantumaa /m yksikkö 2
1	P6	0,02	0,30
2	P6	0,05	0,56
3	P6	0,15	0,07
Keskiarvo		0,07	0,31

12.4.1 Keskimääräinen rispaantuma

Koivujäljitelmä levyjen keskimääräinen rispaantuma oli 0,18 rispaantumaa metrille. Keskiarvo nosti yksi tylsemillä terillä työstetty sarja. Terävillä terillä työstetyt levyt rispaantuivat hiukan enemmän kuin Mel-130- ja Mel-127-levyt. Koivujäljitelmän levyt eivät olleet testatuista levyistä parhaimpia, mutta tulokset olivat kuitenkin kohtalaisia.

12.4.2 Syöttönopeuden ja tylsempien terien vaikutus

Levyjä ei työstetty kovinkaan korkeilla syöttönopeuksilla: jo matalatkin syöttönopeudet saivat levyihin aikaa normaalia enemmän rispaantumaa aikaiseksi. Tylsillä terillä työstetty levyt antoivat vain hiukan heikompia tuloksia kuin Mel-130-levyt. Yksi kolmesta sarjasta työstettiin keskimääräistä selvästi hitaammalla nopeudella (20 m/min), mutta kuitenkin rispaantumien määrä nousi yli 0,1 kappaleeseen metrille.

12.4.3 Yhteenveto

Mel-121-levyt rispaantuivat enemmän, sekä hyvillä että tylsillä terillä, verrattaessa Mel-130-levyihin. Tuloksia voitiin pitää kohtuullisina, koska ne olivat vain hiukan huonompia kuin mallikelpoisilla Mel-130-levyillä. P2-laadullisille levyille ei ollut tilauksia, ja eikä niitä siksi työstetty.

12.5 Mel-114, valkoinen

Mel-114 pinnallista levyä työstettiin eniten. Mel-114 levyjä työstettiin keittiökääpistöjen osiksi. Muista levyistä poiketen, Mel-114 levyä oli kolmea eri laatua: P2, P3 ja P6. P3-laatua käytettiin keittiö olosuhteisiin tarkoitetuissa levyissä.



KUVIO 22. Neljä rispaantumaa Mel-114-levyssä

TAULUKKO 12. Mel-114-pinnoite

Levyn laatu	Pituus (mm)	Leveys (mm)	Paksuus (mm)	Syöttönopeus yksikkö 1 (m/min)	Syöttönopeus yksikkö 2 (m/min)	Rispaantumaa / m
P6	333	400	25	20	21	0,43
P6	1920	411	22	28	21	0,36
P6	2430	315	22	28	21	0,33
P6	490	310	22	22	22	0,13
P3	1002	310	15	42	28	0,40
P3	720	310	15	28	22	0,15
P2	2209	580	16	41	22	0,37
P2	719	575	16	27	22	0,62
P2	739	376	15	34	22	0,94
P6	458	398	22	23	22	0,31
P2	535	358	15	25	22	0,14
P2	880	438	15	38	22	0,20
					Keskiarvo	0,37

TAULUKKO 13. Mel-114-pinnoite, yksiköiden rispaantumamat

Sarja	Laatu	Rispaantumaa /m yksikkö 1	Rispaantumaa /m yksikkö 2
1	P6	0,87	0,07
2	P6	0,39	0,24
3	P6	0,30	0,56
4	P6	0,09	0,20
5	P3	0,51	0,04
6	P3	0,16	0,12
7	P2	0,21	0,99
8	P2	0,59	1,06
9	P2	1,26	0,33
10	P6	0,33	0,30
11	P2	0,14	0,15
12	P2	0,09	0,43
	Keskiarvo	0,41	0,37

12.5.1 Keskimääräinen rispaantuma

Mel-114 kalvolliset levyt rispaantuivat selvästi muita levyjä enemmän, rispaantumia esiintyi metriä kohden keskimäärin 0,37 kappaletta. Tulosta voidaan pitää erittäin huonona. Tuloksia nosti yksi tutkittu erä, jossa rispaantumien määrä oli 0,94 kappaletta metrillä ja muutama muu erittäin huonon tuloksen antanut sarja. Joukossa oli vain muutama edes kohtuullinen, alle 0,20 rispaantumaa/metrillä-tulos.

12.5.2 P2-, P3- ja P6-laatuero

Lastulevyjen laadulla ei ollut tuloksiin vaikuttavia ominaisuuksia tutkittaessa P2-, P3- ja P6-laatuja, kaikki laadut antoivat niin todella huonoja kuin kohtuullisia tuloksia. TL-6 linjan työntekijöiden mukaan P3-laatu oli parhaiten toimiva levylaatu linjan työstössä. Tutkimusten perusteella P3-laatu käyttäytyi saman lailla kuin P2- ja P6-laadut.

12.5.3 Syöttönopeuden ja tylsempien terien vaikutus

Levyt eivät kestäneet tylsiä teriä. Huonoilla terillä ajettaessa rispaantumien määrä nousi todella suuriksi. Nopeat syöttönopeudet eivät toimineet Mel-114-kalvollisten levyjen kanssa, ja hitaammilla nopeuksilla saatiin kohtalaisia tuloksia aikaan. Mel-114 toimi vain terien ollessa hyviä ja syöttönopeuksien hitaita.

12.5.4 Yhteenveto

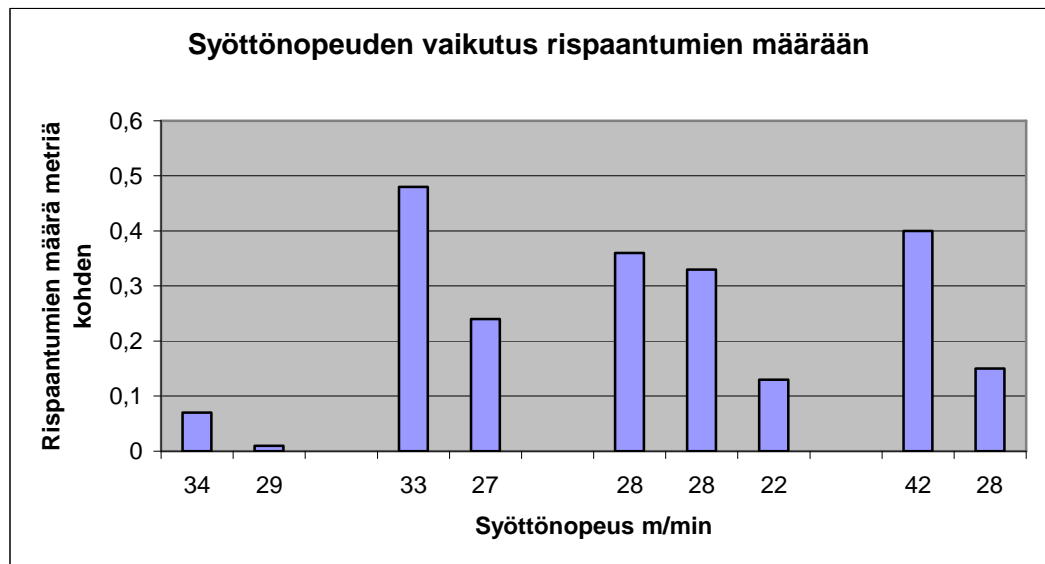
Mel-114-kalvot olivat tutkimusten huonoimpia ja ongelmallisimpia. Syöttönopeuksien ja huonompien terien kesto oli heikkoa. Eri lastulevylaatujen välillä ei esiintynyt merkittäviä eroja, ja kalvojen erityispiirteenä oli rispaantuma röykkiöiden esiintyminen. Kun muissa kalvoissa rispaantumet olivat lähinnä yksittäisiä, niin Mel-114 kalvojen rispaantumet esiintyivät yleensä usean rispaantumien joukoissa, kuten kuviossa 18. on esitetty.

12.6 Syöttönopeuden vaikutus

Tutkimukset osoittivat selvästi syöttönopeuden kasvun vaikutuksen rispaantumien määrään kasvuun. Taulukossa 8 on vertailtu sarjoja, jotka ovat työstetty peräkkäin, ja joiden ainoana muuttujana on syöttönopeus.

TAULUKKO 14. Syöttönopeuden vaikutus rispaantumiseen

Kalvo	Le- vyn laatu	Pituus (mm)	Leveys (mm)	Paksuus (mm)	Syöttönopeus yksikkö 1(m/min)	Syöttönopeus yksikkö (m/min)	Rispaan- tumaa / m
127	P6	1830	384	18	34	22	0,07
127	P6	808	434	18	29	22	0,01
124	P6	490	310	22	27	22	0,24
124	P6	1920	411	22	33	21	0,48
114	P6	1920	411	22	28	21	0,36
114	P6	2430	315	22	28	21	0,33
114	P6	490	310	22	22	22	0,13
114	P3	1002	310	15	42	28	0,40
114	P3	720	310	15	28	22	0,15



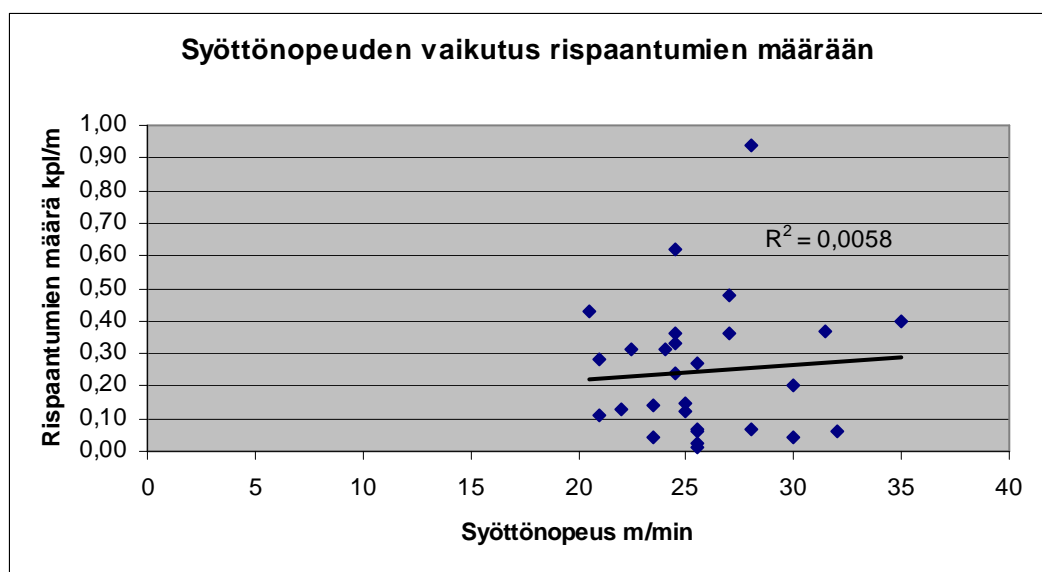
KUVIO 23. Syöttönopeuden vaikutus rispaantumien määrään

Syöttönopeuden kasvattaminen lisäsi levyjen rispaantumista kuten taulukosta 14. ja kuviosta 23. käy ilmi. Hyvin nopeitakin syöttönopeuksia kestänyt mel-127 kalvo, rispaantui 0,06 rispaantumaa enemmän syöttönopeuden noustessa 5 metriä minuutissa.

Mel-114-kalvon kestävyyttä tutkittaessa ajettiin kaksi peräkkäistä sarjaa samalla 28 m/min syöttönopeudella, sarjojen keskinäistä eroa rispaantumien määrässä oli vain 0,03 rispaantumaa metrille. Kun syöttönopeutta laskettiin kuudella metrillä minuutissa.

tissa, rispaantumien määrä tippui 0,20 rispaantumaa metrille antaen tulokseksi 0,13 rispaantumaa metrillä.

Rajuin esimerkki taulukossa 14. on alin kahden Mel-114-levyvertailu. Vertailussa ensimmäinen levy työstettiin 42 metrin minuuttinopeudella, jolloin rispaantumien määrä oli 0,4 rispaantumaa metrille. Nopeuden tippuessa 28 metriin minuutissa rispaantumien määrä tippui 0,15 kappaleeseen metrille.



KUVIO 24. Syöttönopeuden vaikutus rispaantumien määrään, kaikki tutkitut levyt

Syöttönopeuden vaikutusta rispaantumien määrään tutkittaessa tehtiin yhteenveto kaikista tutkituista levysarjoista, yhteenveto on esitetty kuviossa 24. Selvää yhteyttä syöttönopeuden ja rispaantumien määrän välillä ei isossa otoksessa ilmennyt. Koska rispaantumien määrään vaikuttivat myös muut muuttujat kuten pinnoitemateriaali ja terien kunto, ei pystytty isossa yhteen vedossa todentamaan selvästi syöttönopeuden vaikutusta rispaantumien määrään. Kuvion 23. ja taulukon 14. tulokset antavat selemmän kuvan syöttönopeuden vaikutuksesta rispaantumien määrään, koska niissä muuttujat ovat rajattu vain syöttönopeuteen. Kuviossa 24. on kuitenkin huomattava regressiosuoran lievä nousu, joka antaa vähäistä viitettä syöttönopeuden ja rispaantumien määrän välisestä yhteydestä.

13. JOHTOPÄÄTÖKSET JA TULOKSET

13.1 Lastulevyn laadun vaikutus työstettävyyteen

Tutkimukset eivät osoittaneet lastulevyn laadulla olevan huomattavaa merkitystä työstettävyyteen. Laatujen välisistä työstettävyys eroista saadut tulokset olivat riskitöitä, välillä P6-levyt antoivat parempia tuloksia kuin P2-levyt, ja välillä tulokset olivat juuri päinvastaisia. P3-levyjen työstettävyys ei myöskään eronnut merkittävästi P2- ja P6-levyistä. Levyjen väliset erot olivat erittäin minimaalisia, joten laadun merkitys reunan rispaantumiseen vaikutti olevan merkityksetöntä. Taulukossa 15. on levyt luokiteltu laatujen mukaan, P6-levyjen keskiarvo oli noin 0,10 rispaantumaa metriä kohden parempi kuin P2-levyjen. Taulukon 15. arvoja ei kuitenkaan voida pitää täysin luotettavina, koska P2-levyjen keskiarvoa nosti suuri Mel-114-kalvoillisten levyjen määrä; nämä levyt olivat kaikista tutkimuksen levyistä selvästi huonoimpia. Tilastollinen keskiarvotesti ei anna täysin selvää kuvaa lastulevylaatueroista, pitkällä aikavälillä ja laajemmalla kalvovalikoimalla tulokset luultavasti lähenisivät toisiaan.

TAULUKKO 15. Lastulevyjen rispaantumamat lastulevyalaatuluokittain

Kalvo	Levyn laatu	Pi-tuus (mm)	Le-veys (mm)	Pak-suus (mm)	Syöttönope-us yksikkö 1(m/min)	Syöttönope-us yksikkö 2 (m/min)	Rispaantu-maa / m
130	P6	808	434	18	29	22	0,02
130	P6	705	378	18	29	22	0,27
130	P6	802	420	18	29	22	0,06
127	P6	1830	384	18	34	22	0,07
127	P6	808	434	18	29	22	0,01
124	P6	705	378	18	34	26	0,04
124	P6	490	310	22	27	22	0,24
124	P6	1920	411	22	33	21	0,48
124	P6	1920	315	22	33	21	0,36
124	P6	802	420	18	29	22	0,07
121	P6	760	430	18	28	22	0,12
121	P6	476	495	18	26	22	0,31
121	P6	430	390	18	20	22	0,11
114	P6	333	400	25	20	21	0,43
114	P6	1920	411	22	28	21	0,36
114	P6	2430	315	22	28	21	0,33
114	P6	490	310	22	22	22	0,13
114	P6	458	398	22	23	22	0,31
Keskiarvo					27,83	21,94	0,21
Keskihajonta					4,34	1,11	0,15
130	P2	705	378	18	36	28	0,06
130	P2	1310	710	12	20	22	0,28
127	P2	476	402	15	25	22	0,04
114	P2	2209	580	16	41	22	0,37
114	P2	719	575	16	27	22	0,62
114	P2	739	376	15	34	22	0,94
114	P2	535	358	15	25	22	0,14
114	P2	880	438	15	38	22	0,20
Keskiarvo					30,75	22,75	0,33
Keskihajonta					7,48	2,12	0,31
114	P3	1002	310	15	42	28	0,40
114	P3	720	310	15	28	22	0,15
Keskiarvo					35,00	25,00	0,28
Keskihajonta					9,90	4,24	0,18

13.2 Pinnoitemateriaalin vaikutus työstettävyyteen

Tutkimus osoitti, että pinnoitemateriaali oli tärkein työstettävyyteen vaikuttava tekijä. Pinnoitemateriaalien välillä esiintyi suuria eroja. Tutkimuksissa löytyi erittäin hyvin toimivia pinnoitteita, kuten Mel-127 ja Mel-130. Selvästi huonoin kalvo oli Mel-114. Kalvojen teknisiä tietoja, hartsimääriä, papereiden paksuuksia ja muita

tekniisiä ominaisuuksia ei ollut mahdollista saada tutkimukseen, koska kalvojen ajoreseptit olivat kalvon valmistajien yrityssalaisuuksia. Levyn toimittajallakaan ei ollut omia tutkimuksia kalvojen teknisistä ominaisuuksista.

Kalvojen teknisten ominaisuuksien tietojen puuttuessa oli mahdotonta selvittää, mikä teki toisista kalvoista parempia kuin toisista. Tutkimus osoitti kuitenkin, mitkä kalvot toimivat ja mitkä eivät. Hyvien kalvojen löytyminen antoi tiedon, mihin suuntaan huonoja kalvoja tulisi kehittää, esimerkiksi Mel-114 ominaisuuksien tulisi kehittää vastaamaan Mel-130-kalvoa.

13.3 Syöttönopeuden vaikutus työstettävyyteen

Syöttönopeuden vaikutuksesta työstettävyyteen saatiin tutkimuksissa näyttöä. Syöttönopeuden kasvaessa rispaantumien määrä nousi. Hyvin toimiviin kalvoihin syöttönopeus vaikutti selvästi vähemmän kuin huonommin toimiviin kalvoihin. Mel-114-kalvo antoi erittäin huonoja tuloksia syöttönopeuden noustessa yli 28 metriin minuutissa. Tutkimuksissa hyvin toimineet kalvot kestivät hyvin syöttönopeuksia, jotka olivat yli 30 metriä/minuutissa.

Syöttönopeuden määrittäminen Excel-ohjelmalla vaikutti toimivalta ratkaisulta: kun työstettävät levyt olivat lyhyitä kappaleita, pitkille kappaleille ohjelman määrittämät syöttönopeudet olivat selvästi liian suuria. Excel-ohjelman ja työntekijän kokemuksen sekoitus syöttönopeuden määrittämiseen vaikutti parhaimmalta vaihtoehdolta, liian nopean työstön määrittäminen lisäsi rispaantumien määrää selvästi. Syöttönopeuksien noustessa, nousi aina myös rispaantumien määrä. Hyvänä syöttönopeuden ohjearvona voitiin pitää 28 metriä minuutissa, jolloin tuotantomäärät pysyivät kohtuullisen korkeina ja virhekappaleiden määrät pieninä.

13.4 Muut työstettävyyteen vaikuttavat tekijät

Terien terävyys oli kalvon laadun ja syöttönopeuden ohella tärkein työstettävyyteen vaikuttava tekijä. Linjalla ei tutkittu tarpeeksi terien terävyyttä ja valmistettujen kappaleiden laatua. Timanttiterät vaihdettiin tottumuksen mukaan 3 kuukauden välein, jolloin terät saattoivat olla jo luokattomassa kunnossa. Tylsät terät vaikuttivat huonosti toimivien kalvojen työstettävyyteen todella paljon. Paremmat kalvot kestivät tylsempää teriä selvästi paremmin, mutta niidenkään antamat tulokset eivät olleet kuin kohtalaisia.

Timanttiterien teroitusväli oli liian pitkä ja aiheutti huonoa laatua työstetyissä kappaleissa. Lastulevyn sisältämät epäpuhtaudet kuluttivat teriä nopeasti. Terät olisi tullut vaihtaa, kun työstöjälki alkoi olla heikohkoa. Työstöjäljen tutkimista olisi pitänyt tapahtua työntekijöiden osalta enemmän koneistuksen yhteydessä. Muutaman asetekappaleen tutkiminen ei ollut riittävää, vaan levyjä olisi tullut tutkia myös työstön aikana tai sen jälkeen. Timanttiterien vaihtoväli voitaisiin pienentää 1,5-2 kuukauteen 3 kuukauden sijasta, jolloin työstö vähenisi huonokuntoisilla terillä.

14. TOIMENPIDE-EHDOTUKSET JA NIIDEN VAIKUTUSTEN ARVIOINTI

14.1 P6-levyjen vaihto P2-levyihin

Tutkimus osoitti, ettei lastulevyalaaduilla ollut merkittävää osuutta pinnan työstettävyyteen, kalliimman P6 laadun työstettävyys, ei eronnut merkittävästi P2-laadusta. Tutkimusten perusteella voitaisiin kaikki P6 laadulliset melamiinipintaiset lastulevyt korvata P2 laadullisilla lastulevyillä, jos vain P2 laatu täyttää muutkin kuin työstettävyydelle asetetut kriteerit.

P6-levyjen korvaaminen P2-levyillä pienentäisi varastojen kokoa ja varastoihin si-
dottua pääomaa. Varastokirjanpitoa ja tilausten tekoa helpottaisi kun kaikki levyt olisivat samaa laatua. P2-levyt olivat levytoimittajan vakiotuotteita, toisin kuin P6-levyt, joten toimitusaikojen lyheneminen olisi todennäköistä. Tärkein vaikutus olisi

P2-levyjen selvästi halvempi hinta. Opinnäytetyön taloudellista vaikutusta ei ole pystytty laskemaan, koska Isku Teollisuus Oy ei kertonut omia ostohintojaan. Prosentuaalisesti ajatellen taloudellinen säästö olisi noin 15–20%.

14.2 Laadun tarkkailu

TL-6 työstölinjan laadun tarkkailu oli tutkimuksen aikana heikohkoa. Työntekijät tutkivat vain ensimmäisiä niin sanottuja asetekappaleita sekä epämääräisesti linjalla kulkevia kappaleita usein vain näkyvältä kappaleen yläpinnalta. Laadun tarkkailua tulisi suorittaa myös koneistuksen jälkeen valmiille kappaleille tutkimalla esimerkiksi kuorman 20 päällimmäistä kappaletta jokaiselta särmältä, näin pystyttäisiin seuraamaan paremmin terien kulumista sekä muita kappaleiden laatuun vaikuttavia tekijöitä.

Työstölinjalle voisi myös harkita koneellista tarkistusta, kameranäköä. Kameranäön suurin ongelma olisi alapuolen särmien tarkkailu, koska linjan kuljettimet peittävät särmät lähes kokonaan. Myös kameranäön hinta olisi luultavasti iso este. Kameranäköä halvempi ja toimivampi ratkaisu olisi kouluttaa työntekijöitä laadun ja terien kunnan tarkkailuun. Parempi laadun tarkkailu vähentäisi reklamaatioiden määrää sekä antaisi parempaa tietoa terien toimivuudesta ja kulumisesta.

Laadun valvontaa tulisi kehittää ohjeistus, jonka noudattaminen olisi työntekijöille helppoa. Käytössä ollut silmämääräinen ”mikä ei metrin päästä näy, on hyvää”-tarkastus ei ollut kovin toimiva, eikä työntekijöillä tuntunut olevan kovinkaan tarkkaa käsitystä siitä.

14.3 Terät

Tutkimusten aikana työstölinjan eri yksikössä käytettiin useita erilaisia teriä. Pääasiassa käytetyt terätoimittajan terät kun tylsyivät, niin ei vaihtoon välttämättä löytynyt uusia samanlaisia teriä, vaan käyttöön otettiin kovametalliteriä tai toisen toi-

mittajan vanhoja timanttiteriä. Teräpolitiikan yhtenäistäminen olisi suotavaa ja vähentäisi linjan työstössä esiintyvää vaihtelua. Tutkimusten aikana myös yksiköiden eri puolille vaihdettiin terät eri aikoihin, mikä johti siihen, että kappaleiden toista puolta työstivät terävämmät terät kuin toista puolta. Linjalla oli yleensä kolme työntekijää, ja terien vaihtoon tarvittiin vain yksi työntekijä. Terien vaihto vei paljon aikaa, jolloin kahdella muulla työntekijällä olisi ollut aikaa vaihtaa yksikön toisen puolen terät.

Vaikka terätoimittajan timanttiterien teroitusajat olivatkin nopeita, linjalla tulisi olla aina terävät timanttiterät valmiina. Teriä tulisi olla kolme sarjaa molempiin yksiköihin, jolloin työstössä olisi yksi teräsarja kiinni, terien tylsyyssä vaihdettaisiin uudet terät kiinni, tylsät lähetettäisiin suoraan teroitukseen ja teroituksessa olleet terät tulisivat varastoon odottamaan vuoroaan. Yksiköiden kummallekin puolelle tulisi vaihtaa terät samanaikaisesti, mikä vähentäisi linjan seisonta-aikaa ja nopeuttaisi terien teroitukseen lähettämistä. Terien vaihto myös tasaisi levyjen työstöjälkeä, koska levyn särmiä työstäisi yhtä terävät terät.

Jälkimmäiseen yksikköön tulisi myös hankkia toimivat timanttiterät, koska päivittäinen kovametalliterien vaihtaminen hidasti tuotantomääriä ja seisotti linjaa. Kovametalliterien kesto oli heikkoa, mikä aiheutti myös paljon huonoa laatua, kuten käy ilmi aikaisemmista taulukoista, joissa rispaantumien määrät ovat luokiteltu yksiköittäin.

Terillä oli suuri vaikutus tutkimuksen tarkkuuteen, kuluneet terät aiheuttivat selvästi huonompaa työstöjälkeä kuin terävät terät. Tutkimuksen kannalta oli tärkeää pyrkiä ajamaan mahdollisimman paljon levyjä lähes samanlaisilla terillä, näin pystyttiin tutkimaan esimerkiksi syöttönopeuden vaikutusta rispaantumien määrään. Tutkimus kuitenkin suoritettiin normaalin tuotannon yhteydessä, mistä johtuen useasti levyjä työstettiin huonommilla terillä kuin toisia. Terien laadun vaihtelu vaikutti selvästi tutkimuksen tarkkuuteen ja vaihtelua pyrittiin huomioimaan kirjaamalla ylös terien vaihtoajoja, sekä merkkamalla tutkimukseen, jos käytössä oli normaalia selvästi enemmän käytetyt terät.

14.4 Syöttönopeuden määrittäminen

Syöttönopeus oli TL-6 linjan yksi ongelma kohta. Käytössä ollut Excel-ohjelma antoi joillekin kappaleille selvästi liian suuria syöttönopeuksia ja näin aiheutti tiettyillä kalvoilla ala-arvoista työstöjälkeä.

Syöttönopeus tulisi määrittää kappaleille sopivaksi ja tuotanto määrällisesti järkeväksi. Liian hitaat nopeudet alentaisivat kapasiteetin liian pieneksi, kun taas liian suurilla nopeuksilla ajaminen taas lisäisi rispaantumien määrän liian suureksi. Kappaleille tulisi kokemuksen perusteella määrittää maksimi syöttönopeus, jota ei ylitettäisi vaikka Excel-ohjelma sitä vaatisi, tällainen maksiminopeus olisi tutkimusten perusteella noin 35 metriä minuutissa.

14.5 Kalvojen tekniset ominaisuudet

Suurin syy rispaantumien aiheutumiseen oli eri kalvojen ominaisuudet. Tutkimuksen kannalta erittäin huono seikka oli se, että nämä tekniset ominaisuudet ovat yritysalaisuuksia. Kuitenkin tutkimukset osoittivat, että jotkut kalvot toimivat selvästi toisia kalvoja paremmin. Levyn valmistajaa sekä kalvojen valmistajia tulisi informoida hyvin toimivista sekä huonosti toimivista kalvoista. Huonosti toimivien kalvojen tekniset ominaisuudet tulisi muuttaa vastaamaan hyvin toimivia kalvoja, kuten Mel-130 ja Mel-127.

Kalvojen ominaisuuksien saaminen samalle tasolle vähentäisi kalvojen kesken esiintyviä eroja. Se pidentäisi terien kestoa, koska tutkimus osoitti että paremmat kalvot kestävät paremmin heikompi laatuista teriä. Myös syöttönopeuksien kesto paranisi huonoimmilla kalvoilla, kuten Mel-114 kalvolla, jota työstettiin linjalla tutkimusten aikana eniten. Kalvojen parantaminen kasvattaisi tuotantomääriä ja vähentäisi rek-lamaatiomääriä.

15. JATKOTUTKIMUS TARPEET

Tutkimuksen otokset jäivät suppeahkoksi, koska tutkimuksiin varattu aika noin 1,5 kuukautta, oli melko lyhyt. Työstölinjalla työstettiin myös muun tyyppisiä levyjä kuin melamiinipintaisia, esimerkiksi viilupintaisia levyjä, jotka vähensivät tutkimukseen varattua aikaa. Levyt koneistettiin myös normaalin tuotannon yhteydessä, eli eri muuttujien rajaaminen oli melko hankalaa. Kuitenkin tutkimusta voidaan pitää vähintäänkin suuntaa antavana ja luotettavana. Kalvojen teknisten tietojen määrittäminen ja niiden vertaaminen saatuihin tuloksiin olisi ollut suotavaa, mutta kyseisten tietojen saati oli mahdotonta, minkä takia hyvään työstöjälkeen vaikuttavien teknisten ominaisuuksien rajaaminen oli mahdotonta.

Jatkotutkimusta voitaisiin suorittaa muun muassa levyjen laaduille ja pinnoitemateriaaleille ympäristössä, jossa eri muuttujat pystyttäisiin pitämään kurissa. Edellä mainittu rajattu ympäristö voisi olla esimerkiksi CNC-koneella tehty jatkotutkimus, jossa jokaista levyä työstettäisiin täysin samalla tavalla ja yhtä suurilla syöttönopeuksilla. Optimaalisen työstö nopeuden määrittäminen olisi myös hyvä jatkotutkimus. Terätoimittajien erilaisten terävaihtoehtojen tutkiminen olisi myös hyvin suotavaa. Kalvojen kovuuden tutkiminen tulisi myös tarpeeseen, jos siihen vain keksittäisiin toimiva tutkintamenetelmä. Kalvon kovuudella on luultavasti merkitystä rispaantumiseen ja työstönkestävyyteen. Kovuuksien määrittäminen voisi auttaa ymmärtämään eri kalvojen keskinäisiä eroavaisuuksia.

16 YHTEENVETO

Opinnäytteen tarkoituksena oli tutkia lastulevyn laadun ja pinnoitemateriaalin vaikutusta työstettävyyteen. Opinnäyte tehtiin Isku Teollisuus Oy:lle Lahteen. Yritys halusi tietää, kuinka paljon eroa P2- ja P6-laaduilla oli työstettävyyden kannalta ja miten eri melamiinipinnoitteet toimivat työstössä.

Tutkimuksia suoritettiin normaalin tuotannon ohessa TL-6 levyn työstölinjalla. Tutkittavia levylaatuja oli 3 erilaista ja pinnoitemateriaaleja 5 eri kappaletta. Tut-

kimuksiin käytettiin aikaa noin 1,5 kuukautta, minä aikana tutkittiin noin 25 levy-sarjaa. Sarjoista laskettiin rispaantumien määrä metriä kohden myös eri muuttujat, esimerkiksi syöttönopeudet kirjattiin ja huomioitiin.

Tutkimukset osoittivat, että lastulevyn laadulla ei ollut käytännön vaikutus työstettävyyteen. Työstöjäljen laatua määräsivät eniten pinnoitemateriaali ja syöttönopeudet. Eri pinnoitteiden väliset erot olivat huomattavia. Osa pinnoitteista toimi työstössä hyvin, osa kohtalaisesti ja osa erittäin huonosti.

Opinnäytetyössä saavutettiin yrityksen asettamat tavoitteet. Lastulevyjen laadun ja pinnoitemateriaalien vaikutus työstettävyyteen saatiin selville. Koska lastulevyn laatu ei vaikuttanut levyjen työstettävyyteen, vaihtoi Isku Teollisuus Oy käytössä olleet P6-laadulliset lastulevyt P2-laatuun. Tulokset osoittivat eri melamiinipinnoitteiden vaikutuksen levyn reunan laatuun. Parhaiten toimineet kalvot olivat Mel-130 ja Mel-127. Tulokset osoittivat, että suuremmat syöttönopeudet aiheuttivat enemmän rispaantumista levyn reunassa kuin hitaammat.

Vaikka tutkittujen levyjen määrä jäi melko pieneksi, voitiin tuloksia pitää suuntaa antavina. Tarkempia tutkimuksia varten opinnäytetyöhön listattiin eri jatkotutkimus tarpeet, joiden avulla lastulevyn reunan työstöä voitaisiin parantaa. Erilaiset kehitysideat ja niiden vaikutukset listattiin tutkimusten ja tehtyjen havaintojen perusteella, näistä tärkein oli ehdotus vaihtaa kalliimpi lastulevyn laatu, P6, halvempaan P2-laatuun.

LÄHTEET

Juvonen, R. & Pekkinen, P. 1985. Mekaaninen Metsäteollisuus 3: Lastulevyteollisuus. Valtion Painatuskeskus, Helsinki.

Kuikka, K. & Kunelius, K. 1992. Puutekniikka 2: Materiaalit. Kustannusosakeyhtiö Otava, Keuruu.

Koponen, H. 2002. Puulevyteollisuus 4: Puulevytuotanto. Edita Oy, Helsinki.

Koponen, H. 1988. Puutuotteiden Pinnoitus. Karisto Oy, Hämeenlinna.

Soiné, H. 1995. Holzwerkstoffe: Herstellung und Verarbeitung: Platten, Beschichtungstoffe, Formteile, Türen, Möbel. Leinfelden-Echterdingen DRW-Verlag.

Die Holzbearbeitung 09/1997.

EN-standardi SFS-EN 312 Lastulevyt. Spesifikaatit 29.09.2003

Isku-Yhtymä Oy 2007. Yritysesittely [Verkkajulkaisu].[viitattu 01.11.2007]. Saatavissa:

<http://www.isku.fi/IskuASP/Iskukonswww.nsf/sivut/index02?OpenDocument&cid=lyhyesti>

Isku Teollisuus Oy 2007. Yritysesittely [Verkkajulkaisu].[viitattu 01.11.2007]. Saatavissa:

<http://www.iskuteollisuus.fi/IskuASP/iskuteollisuuswww.nsf/sivut/index01?OpenDocument&cid=index>

Puhos Board Oy 2007. Tekniset tiedot [Verkkajulkaisu]. [viitattu 01.11.2007]. Saatavissa: <http://www.puhosboard.fi/puhos.php?p=5.21>

Opetushallitus 2008. Terähuolto [Verkkójulkaisu]. [viitattu 28.04.2008]. Saatavissa:

<http://www.edu.fi/oppimateriaalit/puutuoteteollisuus/teratekniikka/terahuolto/etusivu.html>

LIITTEET

LIITE 1. Esimerkki levysarjan tarkastelupohjasta, hyvin toiminut levy

Kappale	Tendo nokkahylly	Päivämäärä	21.11.2007
Koodi	2712_313	Linja	TL-6
Työstönopeus yks 1 (m/min)	29	Kalvo	130(hopharm)
Työstönopeus yks 2 (m/min)	22	Erä (kpl)	30
Pituus (mm)	802	Tutkittujen särmien pituus yht. (m)	146,64
Leveys (mm)	420	Paksuus (mm)	18

Ris pantuman koko		>1mm ²	1-2mm ²	>2mm ²	yhteensä
Ris pautuman esiintymä paikka					
Yläpuoli					
Reuna	802mm	0	0	0	0
<i>pvc 1,0mm</i>	vas				
Reuna	802mm	2	0	0	2
<i>ei listaa(hyllyyura)</i>	oik				
Reuna	420mm	0	0	0	0
<i>pvc 1,0mm</i>					
yhteensä		2	0	0	2
Alapuoli					
Reuna	802mm	0	0	0	0
<i>pvc 1,0mm</i>	vas				
Reuna	802mm	5	1	0	6
<i>ei listaa(hyllyyura)</i>	oik				
Reuna	420mm	0	1	0	1
<i>pvc 1,0mm</i>					
yhteensä		5	2	0	7
Ris pantumaa /jm		>1mm²	1-2mm²	>2mm²	
Ris pautuman esiintymä paikka					
Yläpuoli					
Reuna	802mm	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>pvc 1,0mm</i>	vas				
Reuna	802mm	0,08	0,00	0,00	0,08
<i>ei listaa(hyllyyura)</i>	oik				
Reuna	420mm	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>pvc 1,0mm</i>					
yhteensä		0,03	0,00	0,00	0,03
Alapuoli					
Reuna	802mm	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>pvc 1,0mm</i>	vas				
Reuna	802mm	0,21	0,04	0,00	0,25
<i>ei listaa(hyllyyura)</i>	oik				
Reuna	420mm	0,00	0,04	0,00	0,04
<i>pvc 1,0mm</i>					
yhteensä		0,07	0,03	0,00	0,10
Rispaantumia yhteensä /jm		0,06			

LIITE 2. Esimerkki levysarjan tarkastelupohjasta, huonosti toiminut levy

Kappale	Laatikoston sivu	Päivämäärä	26.11.2007
Koodi	14000_306	Linja	TL-6
Työstönopeus yks 1 (m/min)	27	Kalvo	114(valk)
Työstönopeus yks 2 (m/min)	22	Erä (kpl)	10

Pituus (mm)	719	Tutkittujen särmien pituus yht. (m)	51,76
Leveys (mm)	575	Paksuus (mm)	16

Ris pantuman koko		>1mm ²	1-2mm ²	>2mm ²	yhteensä
Ris pantuman esiintymä paikka					
Yläpuoli					
Reuna	719mm	0	0	0	0
0,4mm	vas				
Reuna	719mm	0	1	0	1
ei	oik				
Reuna	575mm	1	0	0	1
0,5mm					
yhteensä		1	1	0	2
Alapuoli					
Reuna	719mm	0	0	0	0
0,4mm	vas				
Reuna	719mm	11	4	1	16
ei	oik				
Reuna	575mm	10	2	2	14
0,5mm					
yhteensä		21	6	3	30
Ris pantumaa /jm		>1mm²	1-2mm²	>2mm²	
Ris pantuman esiintymä paikka					
Yläpuoli					
Reuna	719mm	0,00	0,00	0,00	0,00
0,4mm	vas				
Reuna	719mm	0,00	0,14	0,00	0,14
ei	oik				
Reuna	575mm	0,09	0,00	0,00	0,09
0,5mm					
yhteensä		0,04	0,04	0,00	0,08
Alapuoli					
Reuna	719mm	0,00	0,00	0,00	0,00
0,4mm	vas				
Reuna	719mm	1,53	0,56	0,14	2,23
ei	oik				
Reuna	575mm	0,87	0,17	0,17	1,22
0,5mm					
yhteensä		0,81	0,23	0,12	1,16
Ris paantumia yhteensä /jm		0,62			

