



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

POLÜMEERMATERJALIDE INSTITUUT
PUIDUTÖÖTLEMISE ÕPPETOOL

MÖÖBLITÖÖSTUSES KASUTATAVAD SERVAPEALISTUSTEHNoloogIAD

Bakalaureusetöö

Jana Lodjak

Juhendaja: Triinu Poltimäe,

Puidutöötlemise õppetool, teadur

Kaasjuhendaja: Tarvi Tara,

AS Sarkop, projektidirektor

Materjalitehnoloogia õppekava KAOB02/09

Tallinn 2015

Autorideklaratsiooni vorm

Deklareerin, et käesolev bakalaureusetöö, mis on minu iseseisva töö tulemus, on esitatud Tallinna Tehnikaülikooli bakalaureusekraadi taotlemiseks ja et selle alusel ei ole varem taotletud akadeemilist kraadi.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud või (avaldamata tööde korral) toodud autorlus välja põhitekstis.

.....

Jana Lodjak

BAKALAUREUSETÖÖ ÜLESANNE

Lõpetaja andmed:

Ees- ja perekonnanimi Jana Lodjak Üliõpilaskood 123472KAOB

Bakalaureusetöö teema:

Mööblitööstuses kasutatavad servapealistustehnoloogiad

(eesti keeles)

Edge Banding Technologies Used in Furniture Industry

(inglise keeles)

Juhendaja:

Ees- ja perekonnanimi Triinu Poltimäe

Töökoht Tallinna Tehnikaülikooli Puidutöötlemise õppetool

(TTÜ instituut/õppetool või asutus)

Ametikoht teadur

Kaasjuhendaja:

Ees- ja perekonnanimi Tarvi Tara

Töökoht AS Sarkop

(TTÜ instituut/õppetool või asutus)

Ametikoht projektidirektor

Töö eesmärk ja ülesanded:

Bakalaureusetöö eesmärk on kirjeldada ettevõttes AS Sarkop kasutusel olevaid servapealistustehnoloogiaid ning selleks kasutatavaid materjale ja seadmeid. Lisaks selgitada välja missugused liimid on AS Sarkop'is servapealistuseks kasutusel olevatest vastupidavamad ja tutvustada uuemaid servapealistustehnoloogiaid.

SISUKORD

LÜHENDITE LOETELU	6
SISSEJUHATUS.....	7
1 SERVAPPEALISTUSE MEETODID	9
1.1 Pealistatavad materjalid	9
1.1.1 Puitlaastplaadid.....	9
1.1.2 Puitkiudplaadid	11
1.1.3 Keskmise tihedusega puitkiudplaat	12
1.2 Servapealistusmaterjalid.....	13
1.2.1 Akrülonitrilbutadieenstüreen	13
1.2.2 Spoon.....	13
1.2.3 Kõrgsurvelaminaat.....	14
1.2.4 Freesitud täispuidust servapealistusmaterjal	15
1.2.5 3D servapealistusmaterjal	15
1.3 Liimid.....	17
1.3.1 Polüvinüülatsetaat.....	17
1.3.2 Polüuretaanliimid.....	18
1.3.3 Kuumsulamliimid	18
1.4 Liimühenduse testimise meetodid	20
1.4.1 Standardid liimliite katsetamiseks	21
2 TEHNOLOOGIA	23
2.1 Servapealistuse protsess	23
2.2 Servapealistamine AS Sarkopis täna	24
2.3 Vajaminevad seadmed	26
2.3.1 Kaasaskantavad servapealistusmasinad.....	27
2.3.2 Ühepoolsed ja kahepoolsed servapealistusliimid	29
2.3.3 AirTec servapealistus	29

2.3.4 LaserTec servapealistus	30
3 KATSED.....	32
3.1 Katsekehade valmistamine	33
3.2 Liimliidete katsetamine.....	35
3.2.1 Katse meetodika	35
3.2.2 Katsetulemused.....	36
3.3 Katsetulemuste analüüs	38
3.3.1 Kõrgsurvelaminaadiga pealistatud plaatmaterjal.....	38
3.3.2 ABS-ga pealistatud plaatmaterjal	40
KOKKUVÕTE.....	43
SUMMARY.....	45
KASUTATUD KIRJANDUS.....	46
LISAD	49
Lisa 1. Kõrgsurvelaminaadiga pealistatud MDF maksimaalne koormus(N) purunemisel.....	49
Lisa 2. ABS'ga pealistatud MDF maksimaalne koormus(N) purunemisel	50

LÜHENDITE LOETELU

ABS – akrülonitriilbutadieenstüreen

EVA – etüleenvinüülatsetaat

HPL – kõrgsurvelaminaat

MDF – keskmise tihedusega puitkiudplaat (ingl k. *medium density fibreboard*)

OSB – orienteeritud kiududega plaat (ingl k. *oriented strand board*)

PMMA – polümetüülmetakrülaat

PVA – polüvinüülatsetaat

PVC – polüvinüülkloriid

SISSEJUHATUS

Tänapäeval on kõiki tootmisvaldkondi mõjutamas komposiitmaterjalid ning seda ka mööblitööstuses. Täispuidust mööbel on küll vastupidav ja kvaliteetne, kuid selle tõttu omab ka kõrgemat hinda kui puitplaatidest valmistatud mööbel. Iga tootmisettevõtte eesmärgiks on tarbija vajaduste rahuldamine võimalikult suur kasumit teenides. Komposiitmaterjale arendatakse pidevalt ning nende kasutamine pakub lõputult võimalusi mööbli tootmiseks ja seda mõistliku hinna juures.

Mööblitööstuses kasutatakse puitlaastplaati ja keskmise tihedusega puitkiudplaati ehk MDF-i (ingl k *medium-density fibreboard*), sest neid on lihtne lamineerida ja teostada servapealistust. Servapealistamine annab tootele esindusliku välimuse ning suurema kulumiskindluse ja takistab vedeliku ja niiskuse imendumist plaatmaterjali.

Bakalaureusetöö eesmärk on kirjeldada ettevõttes AS Sarkop kasutusel olevaid servapealistustehnoloogiaid ning selleks kasutatavaid materjale ja seadmeid. Lisaks selgitada välja missugused liimid on AS Sarkopis servapealistuseks kasutusel olevatest vastupidavamad ja tutvustada lühidalt ka mõningaid uuemaid servapealistustehnoloogiaid.

Teema valik on tingitud autori varasemast kokkupuutest ettevõttega ning teema aktuaalsusest ettevõttes AS Sarkop, kus on probleemiks servakantide lahtitulemine. AS Sarkop on mööblitootmisettevõtte, mis on spetsialiseerunud mööbli ning terviklike sisekujundusprojektide valmistamisele, paigaldamisele ja sellealasele projektijuhtimisele. Sisustust toodetakse põhiliselt ühiskondlikele asutustele nagu hotellid, bürood, restoranid, laevad, koolid, lasteaiad, muuseumid, kauplused jne. AS Sarkop on üks suurimaid sisekujundusprojektide alusel mööblit tootvaid ettevõtteid Eestis. Täna töötab ettevõttes umbes 80 inimest ning toodangust osa turustatakse Eestis, kuid eksport toimub peamiselt Soome.

Bakalaureusetöö uurimisobjektiks on ettevõttes kasutusel olevad puitplaadid ning servapealistumaterjalid. Mehaaniliste katsetustega võrreldakse erinevate ettevõttes kasutuselolevate liimide nihketugevust.

Bakalaureusetöö on jagatud kolmeks osaks. Esimene peatükk annab ülevaate servapealistamise meetoditest, kus kirjeldatakse kasutatavaid plaatmaterjale, servapealistusmaterjale ning liime. Lisaks kirjeldatakse liimühenduse testimise metoodikat.

Käesoleva töö teises peatükis kirjeldatakse servapealistuse protsessi ettevõttes AS Sarkop ning vajaminevaid seadmeid. Seadmetest on välja toodud need, mida kasutatakse ettevõttes ning on kirjeldatud ka muid kasutusel olevaid ja uuemaid tehnoloogiaid, mida ettevõtte küll ei kasuta, kuid mis võiksid olla tuleviku väljavaadeteks.

Kolmandas ja ühtlasi viimases peatükis kirjeldatakse katsekehade valmistamist, metoodikat ning katsetulemusi selgitamaks välja parimaid liimühendusi eelnimetatud ettevõttes kasutusel olevatest. Viimasena tuuakse välja autori poolt tehtud järeldused ja antakse mõned ettepanekud.

1 SERVAPeALISTUSE MEETODID

1.1 Pealistatavad materjalid

Puit on oma omaduste poolest hea ehitus- ja tarbematerjal, kuid selle tööstuslikul kasutamisel tulevad esile sellised nõrgad küljed nagu oksakohad, kaldkiulisus, lõhed ja puitu kahjustavate organismide mõju. Puidu nõrku külgi võib parendada erineva koostisega puitkomposiite tootes. Need jagunevad plaatmaterjalideks ning konstruktsioonimaterjalideks.[1][2][3]

Puitkomposiit on komposiitmaterjal, mis koosneb põhiliselt puiduelementidest, mis on omavahel seotud tavaliselt mõne termoreaktiivse liimiga. Puitplaatide tootmiseks tuleb puittooraine tükeldada, mille tulemusel kallineb toote hind. Teatud tüüpi plaatmaterjali valmistamiseks saab kasutada puidutööstuse jäätmeid, näiteks saepuru. Plaatide tootmisel on väljatulek kogu toorainest 90...95%, mis on väga efektiivne. Võrreldes massiivse saematerjaliga on puitplaatidel aga väiksemad reoloogilised ja nõrgemad tugevusomadused. [1][2]

Servapealistust teostatakse mööblitööstuses kasutatavatel plaatmaterjalidel, millest on enimlevinud puitlaastplaat ja puitkiudplaat.

1.1.1 Puitlaastplaadid

Puitlaastplaadid koosnevad kõrge temperatuuri ja surve all kokku pressitud puidulaastudest ja liimist. 1950-ndate aastate alguses võeti puitlaastplaatide tööstuslik tootmine kasutusele eesmärgiga ära kasutada puidutööstuse tootmisjäätmeid. Nendeks on näiteks saepuru,

puiduosakesed saeveskitest ning akna- ja mööblitootmise jäätmed. Algselt oli plaatmaterjalide kvaliteet halb kuid nüüdseks on kvaliteet ja viimistlus suuresti arenenud. Laastplaatide omadusi mõjutavad laastu kuju, suurus, puidu tihedus, laastu suund plaadis, niiskussisaldus kuumpressimisel. Lisaks liimi tüüp ja kogus ning tootmisviis. 85% laastudest pärinevad tavaliselt okaspuudest nagu kuusk ja mänd, kuigi kasutatakse ka lehtpuitu nagu kask. [1][4][5]

Puitlaastplaatide tootmiseks peenestatakse puittooraine tavaliselt kahe erineva suuruse laastudeks. Laastud segatakse liimiga, saadud segu vormitakse konveierliinil soovitud kihtide arvu ja paksusega laastuvaibaks nii, et suuremad laastud jäävad plaadi sisemusse ning väiksemad laastud plaadi pinnale. Seejärel pressitakse osakesed järkjärgult kokku ja kuumutatakse tavaliselt 250 °C-ni. Levinud sideained on sünteetilised vaigud. Kuivades tingimustes kasutamiseks sobib karbamiidformaldehüüd või melamiinformaldehüüd, mis sobib kasutamiseks niiskemates tingimustes, kuid on ka kallim. Lõpuks lõigatakse plaadid mõõtu, lihvitakse, sorteeritakse ja pakendatakse.[1][4][5]

Puitlaastplaadid on niiskuse ja pideva koormamise suhtes tundlikumad kui massiivpuit. See mõju on veel suurem õhuniiskuse pideval muutumisel. Plaatide süttimiskindlust, vastupidavust mädanikele ja pinnakõvadust saab suurendada kasutades vineerist pinnakihte või lisades laastu-liimiseks spetsiaalseid aineid. Laastplaatide omadusi mõjutab ka laastude asetus plaadis. Tavapärasel plaadis on laastude asetus küllaltki ebakorrapärane ja selle mõõtmete stabiilsus on kõigis suundades suhteliselt hea, kuid paraku on tugevus madal. Plaatide tugevusomaduste suurendamiseks pööratakse üha suuremat tähelepanu laastude suunale, seda eriti plaadi pindmises kihis. Asetades sisekihtide laastud pinnakihi suhtes risti on võimalik saavutada plaadi pinna mõlemas põhisuunas samaväärne tugevus. [1][5]

Sõltuvalt laastu tüübist toodetakse vahvelplaati, mis on suurte, õhukeste ja lamedate laastudega plaadid ning orienteeritud laastudega plaati (OSB, ingl k *oriented strand board*), kus laastud koosnevad õhukestest, pikkadest ning kitsastest ribadest. Need plaadid erinevad teineteisest laastu suuruse, kuju ja suuna poolest ning sellest tulenevalt on neil ka erinevad tehnilised omadused. [1]

OSB-plaat koosneb tavaliselt kolmest üksteise suhtes risti paiknevatest laastu kihtidest. Laastud, millest koosneb OSB-plaat saadakse väikese diameetriga (<350 mm) okaspuu (mänd ja kuusk Euroopas ja Põhja-Ameerikas) ning lehtpuu (haab USA-s) palkidest tangentsiaalsel laasimisel. Puidu murdumise tõttu ei ole lõikamise faasis võimalik kontrollida laastu laiust ning seetõttu on oluline käidelda puitu ettevaatusega kuivamisel, segamisel jne, et laastud ei läheks liiga kitsaks. Laastud plaadi väliskihis on orienteeritud plaadi pikisuunas ning plaadi

keskel ristisuunas. Sideainena kasutatakse OSB-plaadi tootmisel vedelat karbamiidliimi või pulbrilist fenoolliimi. Selle plaadi puuduseks on aga see, et kokkupuutel vee või liigse õhuniiskusega plaat paisub märgatavalt, kuid seda on võimalik vältida veekindlate materjalide või niiskuskindlate vaikude kasutamisega. OSB-plaat on kallim kui harilik puitlaastplaat ning selle peamised kasutusala on mööbli- ja tiseritööstuses, ehituses ning konstruktsioonides.[1][3][5][6]

Vahvelplaadi puhul kasutatakse peamiselt tangentsiaalsuunaliselt lõigatud haavapuidu laaste, sest see on välja töötatud Kanadas, kus haavapuit on suhteliselt odav ja ülejääv materjal. Liimimiseks kasutatakse plaaditootmisel pulbrilist fenoolvaiku. Liimi on plaadis ainult 2...5% ning plaadi veekindluse suurendamiseks lisatakse enne liimi sissesegamist umbes 1,5% sulatatud vaha. Laastude laius on 15...70 mm ja pikkus 30...40 mm ning paksus jääb tavaliselt 0,4...1 mm vahele. [1]

1.1.2 Puitkiudplaadid

Puitkiudplaate eristavad puitlaastplaatidest kõige rohkem peenestatud materjali füüsikalised omadused. Kuna lignotselluloos on oma olemuselt kiuline, siis on puitkiudplaatidel suurem tugevus kui puitlaastplaatidel. Puitkiudplaate toodetakse kuival ja märjal meetodil ning enamuse neist ilma sideaineta. Ainsaks sideainet vajavaks puitkiudplaadiks on MDF. Valmistamismeetodi järgi jaotatakse puitkiudplaadid märja ja kuiva meetodi plaatideks. [7]

Märjal meetodil valmistatavad plaadid jaotatakse:

- a) Pehmed puitkiudplaadid tihedusega $0,2-0,4 \text{ g/cm}^3$, mida kasutatakse ehituses isolatsioonimaterjalina.
- b) Keskmised puitkiudplaadid tihedusega $0,4-0,9 \text{ g/cm}^3$. Seda kasutatakse termovormimise tööstuses valuvormimaterjalina.
- c) Kõvad puitkiudplaadid, mille tihedus on suurem kui $0,9 \text{ g/cm}^3$. [7]

Puitkiudplaatide valmistamisprotsess märjal meetodil baseerub puidukiudude kleepumisvõimel ilma sideaine juuresolekuta, puidukiudude vahele tekivad vesiniksidemed. Puidukiude toodetakse puiduosade lahustamisel või mehaanilisel peenestamisel. Puitlaastplaatide areng on vähendanud puitkiudplaatide osatähtsust. [1][8]

1.1.3 Keskmise tihedusega puitkiudplaat

Keskmise tihedusega puitkiudplaat ehk MDF plaat on üks põhilisi plaatmaterjali tüüpe mööblitootmises. MDF-plaati toodetakse peeneksjahvatatud puiduosakestest kuivmeetodil lisades kiududele sideainet. Saadud massist moodustatakse matid mis pressitakse tihedaks ja suhteliselt ühtlase koostisega kiudplaadiks kõrge temperatuuri juures ning kõrge surve all. [9]

MDF-plaadi tihedus on 500...900 kg/m³ ning seda toodetakse paksustes 2...100 mm. Selle tootmiseks eraldatakse puidulaastudest surve ja soojuse mõjul puidukiud. Kiud kuivatatakse 6...8% niiskussisalduseni kõrgel temperatuuril ning peale mõningast seismajätmist juhitakse puidukiud masinasse, kus need segatakse liimiga. Liimiga segatud kiud juhitakse vormimismasinasse ning seejärel asetatakse pressi alla. Viimaks konditsioneeritakse MDF-plaadid niiskussisalduselt ühtlaseks ja jäetakse mõneks ajaks seisma. Tootmisel kasutatakse karbamiidliimi, mis võib tekitada probleeme lenduvate orgaaniliste ühenditega nagu formaldehüüdidega. Seda saab vähendada lisades liimiseigule ammoniaaki, mis aga omakorda võib raskendada plaatide viimistlemist. [1][2][3]

MDF-plaadis on plaadi struktuur terve plaadi ulatuses küllaltki ühtlane. Saagimisel, puurimisel, freesimisel ja hõveldamisel jäävad plaadi servad ja pinnad puhtaks ning plaadi servi pole vaja eraldi liistuga pealistada. Samuti võib MDF-plaate värvida ja lakkida ilma eeltööluseta, kuid oluline on neid siiski eelnevalt puhastada. [1][10]

MDF-plaate kasutatakse mööbli- ja tiseritööstuses mööbli, köögisisustuse, lauaplaatide, uste jne valmistamiseks. Tänapäeval toodetakse ka eriotstarbelisi MDF-plaate. Niiskuskindlaid plaate kasutatakse vannitoasisutuse ning välisuste valmistamise tarbeks ja tulekindlaid plaate, mis sisaldavad mittesüttivaid kaitseaineid, kasutatakse ehitusplaatidena. [1][10]

1.2 Servapealustusmaterjalid

1.2.1 Akrüülonitriilbutadieenstüreen

Akrüülonitriilbutadieenstüreen ehk ABS on polümeer, mida saadakse stüreeni ja akrüülonitriili kopolümeeriseerimisel butadieeni juuresolekul. Akrüülonitriil annab hea kuuma- ja kemikaalikindluse, butadieen annab venivuse ja tugevuse ning stüreen annab läikiva pinna. ABS on levinud termoplast, mida kasutatakse kergete jäikade valatud toodete valmistamiseks. Tänu selle tootmise lihtsusele on see üks levinumaid plaste inseneritööstuses. ABS-i omadusi on võimalik mõjutada kasutades koostisosi erinevas proportsioonis ning seetõttu on võimalik toota väga palju erinevate omadustega ABS plastikuid. Selle kõige märkimisväärsamad mehaanilised omadused on tema vastupidavus ja tugevus. Saadaval on vähemalt 1700 erinevat ABS plastikut. Võimalik on suurendada tulekindlust lisades sobivaid lisandeid või segades polüvinüülkloriidiga (PVC). Loomulikult on ABS läbipaistmatut elevandiluuvärvi ning seda on kerge värvida pigmentide ja värvidega.[11][12]

ABS polümeerid on vastupidavad hapete vesilahustele, leelistele, kontsentreeritud soolhappele ja fosforhappele, alkoholile ning loomsetele-, taimsetele ja mineraalõlidele. Lahustuvad estrites, ketoonides ja etüleendikloriidis. Tema vananemisomadused on suuresti mõjutatud polübutadieeni sisaldusest.[11]

1.2.2 Spoon

Spoon on õhuke puiduleht, millest valmistatakse ristvineeri ning pealustatakse vähemväärtuslikke puitmaterjale. Spooni kasutamisega on võimalik kokku hoida väärtuslikku puitu, sest 1 m³ palgist saab tavaliselt 600-1000 m³ spooni. [13]

Spoonid toodetakse peamiselt kahel moel: koorimisel ja hõõveldamisel. Tooraineks kasutatakse võimalikult veatuid palke. Puitplaatide dekoratiivseks pealustamiseks kasutatakse kallimate ja haruldasemate puiduliikide palkidest hõõveldamisel saadud spooni. Kuna spooni puhul on oluline välimus, siis sõltub vastavalt heledama või tumedama spooni kasutamine

traditsioonidest või moest. Hõõvelspooni lehe laius jääb vahemikku 10-40 cm ja pikkus 0,5-4 m. Erinevate mustrite saamiseks liidetakse spoonilehed omavahel kasutades erinevaid koostamisviise, mis annavad ühtlase struktuuri või muu soovitud välimuse.[2][13][14]

Vineeri valmistamiseks kasutatakse koorimise meetodil saadud spooni. Selleks kooritakse spoon pideva lindina pöörlevalt ümarpakult. Siinkohal on oluline puidu ühtlane struktuur, hea töödeldavus ja mehaanilised omadused.[13]

1.2.3 Kõrgsurvelaminaat

Kõrgsurvelaminaat (HPL) on pinnakattematerjal, mis valmistatakse fenool-formaldehüüdvaiguga immutatud jõupaberi kihtidest kuumpressimise teel ehk vesi eemaldatakse ilma vaiku kõvendamata. Oma madala molekulaarsuse tõttu tungib vaik kiu seinale ning asendab vee. Seejärel selliselt kuivatatud lehtedest moodustatakse pakk ja pressitakse suure rõhu (6,90 MPa või rohkem) ja kõrge temperatuuri (u 150 °C) juures vastu peegelsiledat terasplaati. Laminaat peab jahtuma pressis 90 °C-ni, et vältida kihistumist. See muudab aga tootmisprotsessi aeglasemaks ning see on lisakoormuseks pressile, sest see peab korduvalt kuumenema ja jahtuma. Vaik hoiab kihte koos ning annab laminaadile niiskuskindluse. Laminaadi soovitud värvus või muster saavutatakse pindmise dekoorpaberi või fooliumikihiga, mida toonivad erinevad pinnastruktuurid. Dekoorpaberile kantakse melamiinvaigust kattekiht, mis garanteerib suure kulumiskindluse ja vastupidavuse kriimustustele ning seda on võimalik liimida erinevatele plaatmaterjalidele. Kõrgsurvelaminaadi enamlevinud paksus on 0,8 mm ning põhilisteks kasutuskohtadeks köögi töötasapinnad, töölauad ja teised intensiivset kasutust nõudvad kohad. [15][16][17]

Kõrgsurvelaminaat on väga kõva, jäik, veekindel, sile ning vastuvõtmatu liimidele. Sellegi poolest on leitud erinevaid süsteeme, millega on võimalik saavutada piisav liimühendus. Näiteks kuumsulamliime kasutatakse nende kasutuskiiruse tõttu, sest sideme moodustumiseks kulub ainult liimi kuivamise aeg. Samas seab see piirangud kasutusele, sest materjale tuleb käsitleda kiiresti enne liimi kõvenemist. Liim kantakse peale sulaolekus, objektid liimitakse koheselt ning pannakse surve alla, sest side tekib ainult liimi vedelas olekus. Liimsideme

kvaliteet sõltub sel juhul peaaegu täielikult liimi temperatuurist hetkel mil pinnad omavahel ühendatakse ning seetõttu võib olla vajalik liimitavaid pindu eelnevalt soojendada.[17]

1.2.4 Freesitud täispuidust servapealistusmaterjal

Täispuidust servapealistusmaterjale kasutatakse detaili servas juhul, kui on vaja muuta serv kulumiskindlaks või vastupidavamaks löökidele. Samuti juhul kui detaili serva on vaja freesida profiil, mis peab olema naturaalsest puidust või kui täispuidust servapealistusmaterjal peab moodustama visuaalse terviku ülejäänud pindadega.

Materjali sisseostul peab arvestama töötlemisvarudega. Selle pealekandmisel servapealistusliinis peab materjal detaili mõlemast pinnast ulatuma üle 2 mm ja olema pikem kui 100 mm, profiili freesimise varu on 2 mm ning eerungisse lõikamise varu 10 mm. Servapealistusliinis materjali paigaldamiseks kasutatakse kuumsulamliimi ning käsitsi paigaldades PVA liimi. Polüuretaanliimi kasutatakse, kui tegemist on termopuidu või rasvase puiduga nagu näiteks tiikpuu.

Puitmaterjale, millega servapealistust teostatakse on võimalik valida erinevaid ning seetõttu on materjali hinnad varieeruvad.

1.2.5 3D servapealistusmaterjal

3D servapealistusmaterjali toodetakse läbipaistvast akrüülist, mille tagumisele küljele prinditakse või kantakse soovitud muster või värv. Kuna dekoratiivne viimistlus kantakse servapealistusmaterjali tagumisele küljele jääb puutumatuks pealmine külg, millele lihvitakse raadius, siis on tulemuseks ühtlane üleminek servapealistusmaterjalilt plaatmaterjalile. Dekoratiivse viimistluse asetuse tõttu on see täielikult kaitstud kahjustuste eest. Valikus on ühevärvilised, puiduimitatsiooniga, mustrilised, sillerdavad, metalsed ning matid pealistusmaterjalid(vt joonis 1).[18][19]



Joonis 1. Näited 3D servapealustusmaterjalist [20]

3D servapealustusmaterjale on võimalik peale kanda nii käsitsi kui servapealustusmasinate abil. Viimaste puhul on oluline jälgida, et need ei kahjustaks protsessi käigus pealustusmaterjali. Kuna polümetrüülmetakrülaat (PMMA), millest neid servapealustusmaterjale valmistatakse, on termoplastne materjal, siis on oluline jälgida, et pealustusmaterjal oleks piisavalt soojenenud, et see saaks kinnituda plaatmaterjali pinnale. Siinkohal mängib olulist rolli ka servapealustusmaterjali värv. Standardsed värvid ja puiduimitatsioonid soojenevad kiiremini, kuid metalsed värvid peegeldavad osa soojust ning vajavad pikemat soojendamist.[18]

Paljud servapealustusmasinate tootjad soovivad nende servapealustusmaterjalide puhul kanda kuumsulamliimi otse pealustusmaterjalile. Neid on võimalik liimida enamike etüleenvinüülatsetaadil ja polüuretaanil põhinevate kuumsulamliimidega, vältida tuleks lahustipõhiseid kontaktliime. Tavalise PVA liimiga ei ole võimalik neid servapealustusmaterjale peale liimida. 3D pealustusmaterjalide kasutamiseks vee- ja kuumakindlust vajavates tingimustes on soovitatav kasutada polüuretaanliime või teisi sarnaste omadustega liime.[18]

Masinatega servapealustust teostades on oluline jälgida, et plaatmaterjali pind oleks ühtlane ning peale kantava liimi kogus nii väike, et materjali peale surudes ei pressiks liim külgedelt välja. Olenevalt liimi tüübist peaks olema pealekandmise temperatuur vahemikus 90-210 °C.[18]

1.3 Liimid

1.3.1 Polüvinüülatsetaat

Polüvinüülatsetaat (PVA) on termoplastne polümeer mida saadakse vinüülatsetaadi vabaradikaalsel polümeriseerimisel. Liime saadakse vinüülatsetaadi emulsioon-polümerisatsioonil vees initsiaatori ja stabilisaatorite juuresolekul. Parimaks stabilisaatoriks on osaliselt hüdrolüüsitud PVA. Vees oleva liimaine kontsentratsioon on 35...60%. Atsetaatrühmade osaline hüdrolüüs stabiliseerib emulsiooni ja loob võimaluse täiendavaks ristsidumiseks reaktsioonidel hüdroksüülrühmadega, näiteks puidu liimimine.[21][22]

PVA-l on eriti oluline roll just puittoodete tööstuses. Liimina on sellel palju eeliseid nagu näiteks kasutamise lihtsus, madal hind ning see on ohutu keskkonnale. Lisaks on sellel hea adhesioon, kiire kõvenemine, väike mahukahanemine, bio-, valgus-, ja oksüdatsioonikindlus. Sellele vaatamata on PVA liimidel mõned puudused, mis takistavad nende laialdasemat kasutust nagu näiteks haprus, madal vee- ja kuumuskindlus.[21][22]

PVA liimid on ühefaasilised ja neid kasutatakse vesiemulsioonina ning need kõvenevad tänu sellele, et liimides sisalduv vesi aurustub kuivamisel. Kuivamise kiirus sõltub liimitavate detailide niiskusesisaldusest ja peale kantud liimikihi paksusest. Optimaalsete tingimuste korral kõveneb liim toatemperatuuril umbes 15 minutiga. Paksem liimikiht ja niisked tingimused pikendavad kuivamisega. Kuivamisega on võimalik lühendada liimliidet soojendades, kuid PVA termoplastsuse tõttu pehmenevad need liigse kuumuse juures ning suurim soovituslik kuumus soojendamiseks on 80°C. [22]

Hetkel AS Sarkopis servapealustusmaterjalide liimimiseks kasutusel olev Henkel Aquence KL072/6 on samuti PVA baasil montaažiliim.

1.3.2 Polüuretaanliimid

Polüuretaanid (PU) on kopolümeerid, mis sisaldavad lisaks eeter või esterrühmadele ka amino- ja uretaanrühmi. Tänapäeval varieeruvad polüuretaanliimide termilised ja morfoloogilised omadused jäikadest termoreaktiividest rõhutundlike liimideni. Nende liimide unikaalne sitkus on tingitud nende ehitusest, kus vahelduvad pehmed segmendid, mis sisaldavad pika ahelaga polüoolset komponenti, ja kõvad segmendid, mis sisaldavad lühikese ahelaga dialkoholi või diamiini.[14][21]

Polüuretaanliime kasutatakse nii ühe- kui ka kahekomponentsetena. Ühekomponentsed jagunevad kaheks: isotsüanaatrühmi sisaldav prepolümeer, mis kõveneb niiskuse toimele ja blokeeritud isotsüanaatrühmi sisaldav prepolümeer, mis kõveneb kõrgel temperatuuril lagunedes ja reageerides ahela laiendiga. Kahekomponentiline liim kõveneb aga toatemperatuuril, kui moodustuvad uretaanrühmad kahe sobivalt valitud prepolümeeri või monomeeri reageerimisel. Nende liimide eeliseks on suurepärase adhesioon, kiire kõvenemine, lai omaduste skaala, väike mahukahanemine, väikesed sisepinged kõvenemisel ja liimliite suurepärase sitkus. Madalal temperatuuril kasutamiseks on need liimid suurepärased ning sobivad kõige paremini elastsete liimliidete saamiseks.[21]

1.3.3 Kuumsulamliimid

Kuumsulamliimid on vaigud mis on tavatingimustes tahkel kujul, kuid sulavad kuumutades nii, et neid on võimalik kasutada tilgutades liimi pinnale. Sulamina kasutatavaks liimaineks sobivad põhiliselt kõik mõõdukal temperatuuril (alla 170 °C) pehmenevad termoplastid. Enam kasutatakse eteeni ja vinüülatsetaadi kopolümeeri, aga ka polüamiidliimi, küllastatud polüesterliimi, polüvinüülbutüraali, elastoplastseid plokk-kopolümeere ja juhuslikke kopolümeere. Neid on saadaval graanulitena, pulbrina, liistudena, plokkidena, kilede ja lintidena. Mõnikord kantakse neid pinnale lahuse või emulsioonina ning hiljem kuivatatakse soojuse abil lahusti välja. Jahtudes saavutavad nad oma kleepuvad omadused. Tavaliselt kasutatakse neid liime kohtades kus soovitakse saavutada suurt tugevust ning eriti dekoratiivsete elementide kinnitamiseks nagu servapealistamiseks. Tihti on kuumsulamliimid

eelistatud automatiseeritud tootmises tänu nende kiirele kuivamisele, mis võtab kõigest sekundi või sekundimurdosa sõltuvalt liimikihi paksusest ja liimitava materjali omadustest. Suur osa kuumsulamliimidest ei ole keemiliselt reageerivad ja jäävad kasutamisel termoplastseks.[21][23][24][25]

Kuumsulamliimid koosnevad üldjuhul kolmest komponendist:

- a) kõrge molekulmassiga polümeer, mis aitab saavutada sobivat sulaviskoossust ja kohesioonitugevust peale jahtumist;
- b) sünteetiline elastomeer, mis annab suurendatud viskoelastsuse ja tugevuse;
- c) sünteetiline või looduslik vaik, mis annab suurema kleepuvuse ja paremad märgumisomadused.[25]

Täpsemad kuumsulamliimide koostised sõltuvad liidetavate materjalide omadustest ja pealekandmise tingimustest. Komponentide vahekord võimaldab varieerida sulamliimide jäikuse/sitkuse vahekorda, roomet ja adhesiooni. Suurema tugevuse saamiseks on võimalik kuumsulamliime keemiliselt ristsiduda.[21][25]

Kuumsulamliime iseloomustab:

- a. 100% kuivainesisaldus ja lahustite puudumine.
- b. Märgumise soosimiseks on sulanud liimil madal viskoossus.
- c. Kristalliline või amorfne struktuur. Kristalliline tahkestumisel võimaldab saavutada suurema kohesiooni tugevuse madalama sulaviskoossuse juures. Amorfne struktuur on stüreeni plokk-kopolümeeridel, kus faassepareerunud polüstüreen on piisavalt jäik.
- d. Maksimaalne klaasistumistemperatuuri ja sulamistemperatuuri vahe ei saa tõusta üle 170 °C tehnoloogilisuse ja lagunemisohu tõttu.
- e. Põhiomaduseks on kiire kõvenemine, mida tuleb reguleerida substraatide temperatuuriga, kuna kiire tahkestumine koos kristallumisega võib takistada märgamist ja põhjustada adhesiooni languse.
- f. Kasutamine fikseeritavate liimidena, sest konstruktsiooniliimideks on nende kohesiooni tugevus ebapiisav ja roome liiga suur. [21]

AS Sarkopis on kuumsulamliimina servapealistuses kasutusel graanulite kujul Henkel Dorus KS351, mis põhineb etüleenvinüülatsetaadil. See sobib puidu, spooni ja melamiinmaterjalidega pealistamiseks ning samuti HPL-i, PVC ja ABS-iga olenevalt nende individuaalsetest omadustest ja ettevalmistusviisist. Henkel Dorus KS351 liimil on keskmine

viskoossus, väga hea termiline vastupidavus ja hea märguvus. Soovitatav töötemperatuur seadme sulamisanumas on 180-200 °C ning pealekandmistemperatuur 190-200 °C. [26]

1.4 Liimühenduse testimise meetodid

Hea liimliite eelduseks on liimi õige valik, puhas aktiveeritud substraat, hea märgumine sobiva pinnaenergiaga liimiga ja liimi kvaliteetne kõvenemine. Liimi valik sõltub liimitavast materjalist, liimimistingimustest, liimliite ekspluatatsioonist ja hinnast. Liimitava materjali juures tuleb hinnata tugevusomadusi, füüsikalisi näitajaid, keemilist inertsust, poorsust ja pinna omadusi, materjali mõõtmeid ja geomeetrilist kuju, materjali hinda. [21]

Liimi tugevus on mehaaniliselt defineeritav kui jõud mis on vajalik liimliite lõhkumiseks. See sõltub omakorda aga polümeeriahela keemilistest sidemetest liimis, puidus ning liimi ja puidu liitekohas. Liimimise tugevus sõltub peamiselt liimi ja substraadi mehaanilistest omadustest, sisepingetest, termodünaamilisest adhesioonitööst ja liimimise geometriast. Liimliidetes võivad tekkida järgmised pinged:

- a) tõmbepinged risti pinnaga ja samas suunas mõjuva jõuga;
- b) nihkepinged pinna ja mõjuva jõuga samas suunas;
- c) rebimispinged elastsete substraatide puhul;
- d) lõhestamispinged jäikade substraatide puhul[21][27]

Liimliited töötavad paremini nihkele, liimide elastsuse suurenedes paraneb rebimis- ja lõhestamistugevus.[21][27]

Testitakse liimühenduse tugevust pidevate jõudude all, mis sisaldavad endas sisemisi jõude liimi kahanemise tulemusel kõvastumisel ja erinevatest laienemise/kokkutõmbumise jõududest liimi ja pinna vahel keskkonnamõjude või muude väliste faktorite tõttu.[27]

Liimide ja liimliidete katsetamine toimub standardite järgi. Ühed autoriteetsemad on ASTM (*American Society for Testing and Materials*) standardisüsteemi katsetamise meetodid ning liimide ja liimirühmade omaduste normid, lähtudes objektist ja katsetamise tingimustest.[21]

Mehaaniline katsetamine tähendab liimliite reageerimist erinevatele jõu rakendamise viisidele. Tuleb katsetada konstruktsiooni, mille üks komponent on liimivuuk. [21]

Katsete eesmärgid:

- a. Katsetatakse tõmbel, niikel, nii tõmbe- kui ka surverežiimil, rebimisel, vähem paindel ja väändel kasutades ajas lineaarselt muutuvad jõudu.
- b. Katsetamine voolamisele staatilisel koormamisel.
- c. Kestvusaja prognoosimine, kasutades jõu rakendamise viise pärast katsekehade allutamist vanandamisrežiimidele.
- d. Katsetamine dünaamilistel režiimidel löögi- ja väsimuskindluse suhtes.
- e. Standard peab määratlema jõu rakendamist iseloomustavad andmed. Pinge ja purunemispilt registreeritakse purunemise hetkel.[21]

Juhul kui mõlemad substraadid on painduvad on kõige levinumaks katsemeetodiks rebimisteim. Rebimisjõud on võrdeline liimvuugi laiussega ega sõltu liimvuugi pikkusest. Määratakse keskmist konstantset jõudu, mille juures toimub pidev maharebimine. Jõud on otseseks purunemisenergia mõõduks ja oleneb põhiliselt rebimise nurgast, milleks on T-rebimisteim, 180° ja 90° nurga all rebimisteim.[21]

1.4.1 Standardid liimliite katsetamiseks

Levinuim standard liimühenduse katsetamiseks on EVS-EN 1465:2009 Liimid. Jäik jäigal ülestikku liimühendusel nihketugevuse määramine tõmbel.

Painduv-jäiga liimühenduse katsetamiseks on kasutusel kaks järgnevat standardit:

- a. EVS-EN ISO 8510-2:2010 Liimid. Painduv-jäiga liimühendusega teimikeha rebiteim. Osa 2: Rebimine 180-kraadise nurga all.
- b. EVS-EN 28510-1:2014 Adhesives – Peel test for a flexible-bonded-to-rigid test specimen assembly – Part 1:90° (eesti k. Liimid. Painduv-jäiga liimühendusega teimikeha rebiteim. Osa 1: Rebimine 90-kraadise nurga all).

Viimatinimetatud kaks standardit on oma sisult sarnased. Mõlema korral koostatakse katsekehad kahe pinna liitmisel ning tõmmatakse liimitud pinnad lahti võimalikult ühtlasel kiirusel alustades liimliite lahtisest otsast nii, et eraldamine toimub positiivselt piki liimitud pindu. 90-kraadise nurga all rebimise korral peab katsekeha painduv pind olema võimeline

painduma natukene rohkem kui 90° ilma pöördumatute mõõtmete muutusteta. Rebimine 90-kraadise nurga all on sobiv juhul, kui üks katsekeha komponentidest on liiga rabe, et taluda painutamist 180-kraadise nurga all.[28][29]

Jäik jäigal ülestikku liimühendusel nihketugevuse määramine tõmbel on kõige klassikalisem liimühenduse testimise viis ning seda on võimalik teostada, kui katsekeha on koostatud kahest jäigast materjalist.

2 TEHNOLOOGIA

2.1 Servapealistuse protsess

Enne servapealistusmaterjali liimimist plaatmaterjalile on oluline liimitavad pinnad puhastada, sest tööstuslikult kasutatavate plaatmaterjalide pinnal võib olla õlisid või määrded, mis takistavad adhesiooni. Samuti on puit poorne ja anisotroopne materjal, mistõttu imab see endasse hästi kõikvõimalikud vedelikud. Eesmärgiks on tagada parim võimalik liimiga märgumine ja pinna füüsikalise-keemilised omadused suurima adhesiooni saavutamiseks vältimaks liimliite adhesiivset purunemist. Plaatmaterjali puhul kasutatakse selleks abrasiivmaterjaliga lihvimist ning freesimise põhimõttel eemaldatakse pindmisi nõrku kihte. Oluline on teada täpselt missuguse pinnaga on tegemist, et vajadusel muuta liimi omadusi parima võimaliku adhesiooni saavutamiseks. Pinnaanalüüsi tehnoloogiad on puidu puhul tihti keerulisemad kui muude materjalide puhul puidu keerulise keemia ning ehituse tõttu.[21][27]

Selleks, et liim saavutaks kokkupuute pinnaga molekulatasandil ühenduse peab liim olema vedel. See protsess sisaldab endas nii reoloogiat kui pinnaenergia teadust. Reoloogia on füüsika haru, mis käsitleb vedelike ja amorfsete ainete voolamisomadusi. Pinnaenergiad on määratud nii liimi kui puidu polaarsete ja mittepolaarsete komponentide poolt. Tugevamaid ja vastupidavamaid sidemeid on võimalik luua muutes ühte või mõlemat komponenti.[27]

Kolmandaks sammuks on liimi kõvenemine, mille protsess sõltub liimi tüübist. Kuumsulamliimide puhul sisaldab see protsess endas sula liimi jahtumist ning tahkumist. Teist tüüpi liimides on polümeerid lahustunud vedelikus, milleks võib olla vesi või muu orgaaniline aine. Selliste liimide puhul lahusti aurustub ning vedelik tahkestub. Kolmandat tüüpi liimid on tehtud väikestest molekulidest mis polümeriseeruvad liimiks, nendeks on näiteks super-liimid ja kaheosalised epoksüvaigud. Enamik puiduliime kõvenevad nii polümerisatsiooni kui lahustiaurustumise meetodil.[27]

Pinna ettevalmistusel on väga suur mõju puidu pinna lõplikule kvaliteedile. Üheks probleemiks on nõrk piirkiht, mis on õhuke vedelikukiht voolavas vedelikus jäiga keha pinna juures. Nõrgad ühendused on jagatud keemiliselt ning mehaaniliselt nõrkadeks. Keemiliselt nõrk kiht sisaldab pinnale eralduvaid aineid ning mehaaniliselt nõrk kiht sisaldab purustatud või vigastatud rakukihti. Põhiliseks faktoriks halva adhesioonitugevuse puhul peetakse eralduvate ainete rolli, täpsemini madala polaarsusega pinnale eralduvad väikesed molekulid võivad takistada märgumisprotsessi. Oluliseks probleemiks on märgumine eriti kuna enamus puiduliimid on veepõhised. Vee suure pinnaenergia tõttu on paljude pindade märgamine keeruline. [27]

2.2 Servapealistamine AS Sarkopis täna

Plaatmaterjalidena kasutatakse ettevõttes AS Sarkop peamiselt puitlaastplaati ja MDF plaati. Servapealistusmaterjalidena kasutatakse ABS-i, spooni, kõrgsurvelaminaati ehk HPL (*ingl k. high-density laminate*) laminaati ning täispuitu. Sirgete detailide jaoks on tehases ühepoolne servapealistusliin IMA Advantage Expert 6216-2/L12. Erikujuliste detailide jaoks on olemas servapealistusliin SCM Contura.

Servapealistusmaterjalide liimimiseks on tänasel päeval kasutusel PVA baasil liim Henkel Aquence KL072/6, Henkel Dorus KS351 Transparent kuumsulamliim ning STA-PUT SPH. STA-PUT on survetundlike omadustega kontaktliim aerosooli kujul. See põhineb sünteetilisel polümeeril ning lahustiks on metüleenkloriid. Liimi eelisteks on kiire kuivamis- ja pikk töötamisaeg, suurepärane adhesioon paljude substraatidega ja tugev liimliide. Kasutamisel peab olema liimi temperatuur 15...35 °C. Liim kantakse mõlemale liimitavale pinnale ning lastakse 2-5 minutit kuivada enne nende liitmist. Oluline on pinnad koheselt õigesti paigutada, sest peale nakkumist ei ole võimalik neid liigutada. Peale pindade liitmist on oluline osutada liimliitele survet detaili keskosast otste poole liikudes.[30]

IMA Advantage Expert servapealistusliin (vt joonis 2) töötab kõikide erinevate servapealistusmaterjalidega ning liimina kasutatakse selles sünteetiliste vaikude põhiseid kuumsulamliime. Algselt toimub masinasse sisestatud plaatmaterjali mõõtmine, seejärel kantakse plaatmaterjalile nii liim kui pealistusmaterjal ning lõpuks likvideeritakse

ebatäpsused nii, et sisestatud plaatmaterjali mõõtmed ei muutu servapealistusel. Maksimaalne servapealistusmaterjali rulli läbimõõt võib olla 900 mm. Pealistusmaterjali laius peab jääma vahemikku 14-55 mm ning paksus 0,4-20 mm. Plaatmaterjali miinimumpaksus on 10 mm, laius minimaalselt 60 mm ning pikkus 150 mm.[31]



Joonis 2. Servapealistusliin IMA Advantage Expert 6216-2/L12 Sarkopis

Erikujuliste detailide puhul tehakse servapealistust ka käsitsi. Selleks kantakse PVA liim plaatmaterjalile ning pealistusmaterjal triigitakse peale triikrauaga, et liim kiiremini kuivaks ja viimistletakse kandifreesiga(vt joonis 3).



Joonis 3. Triikraud ja kandifreesid

Tiheda kasutusega kohtade puhul nagu näiteks laud restoranides kasutatakse servapealistamiseks täispuitliistu selle suure vastupidavuse tõttu. Liist liimitakse plaatmaterjali servale ning seejärel lamineeritakse kogu pind.

Värvilise mööbli puhul kasutatakse tihti valget värvialust servapealistusmaterjali. Värvitud mööblit valmistatakse alati eelkrunditud MDF plaadist, mille hind on küll kallim kui tavalise MDF plaadi hind ent sel moel on võimalik säästa palju aega ning jätta vahele mitmeid operatsioone, mis omakorda muudab tootmise efektiivsemaks. Eelkrunditud MDF plaadile liimitakse valge värvialune servapealistusmaterjal ning värvitakse kogu detail.

Kõige tugevama liimühenduse servapealistusel tagaks polüuretaanliimide kasutamine. Selleks on aga vajalik osta lisaseade servapealistusliinile, mis on väga kallis ning õhu ligipääs võib seadme rikkuda.

Tänapäeval on AS Sarkopis suurimaks probleemiks servapealistusmaterjali lahtitulemine plaatmaterjalist ning seda eriti väga kuivades ruumides kütteperioodide alguses.

2.3 Vajaminevad seadmed

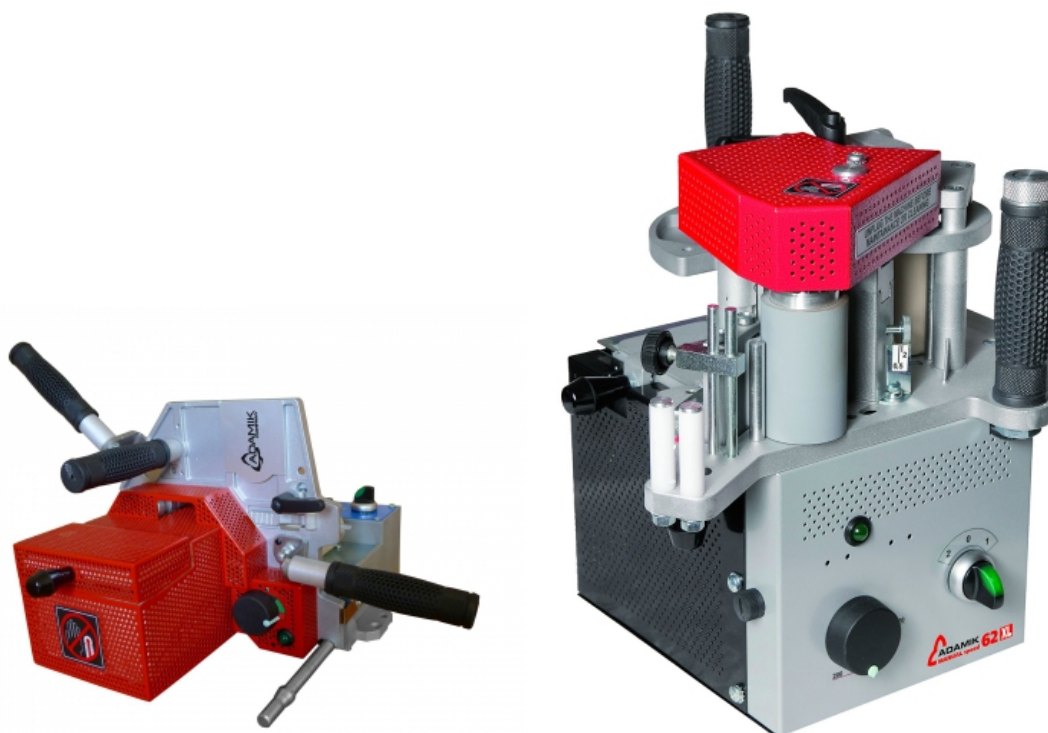
Servapealistamiseks on kasutusel väga suures valikus erinevaid seadmeid. Lihtsaim ning odavaim viis serva pealistamiseks on servapealistusmaterjali plaatmaterjalile triikimine. Selleks kantakse plaatmaterjali pinnale õhukene kiht liimi ning pealistusmaterjal triigitakse sellele triikrauaga. Üle servade jäänud materjali eemaldamiseks võib kasutada freesi, kääre või žiletti. Lisaks pakutakse lihtsaid algtaseme masinaid ning täisautomaatseid servapealistusliine. Turul pakutavad masinad erinevad nii enda suuruse, kaalu, kiiruse ja funktsioonide poolest, mida need täita suudavad.

2.3.1 Kaasaskantavad servapealistusmasinad

Kaasaskantavad servapealistusmasinad on lihtsad seadmed, millesse on integreeritud spetsiaalne liimianum kuumsulamliimiga servapealistusmaterjali käsitsi pealekandmiseks. Nendega on võimalik pealistada nii sirgeid kui erikujulisi detaile.

Adamik Company toodab kaasaskantavaid servapealistusmasinaid. ADAMIK R.A.M.B.O (vt joonis 4) on esimene kaasaskantav seade, mis kannab liimi plaatmaterjali pinnale. See annab liimliitele parema kvaliteedi, seade on kerge ning operatsioone on võimalik teostada juhtmevabalt. Sellele seadmele on võimalik soetada lisaks spetsiaalne trimmer servadele, klamber hoidmaks plaatmaterjali ning lõikur viimistluseks.[32]

ADAMIK Speed 65 XL (vt joonis 4) on disainitud kuni 65 mm paksusega plaatmaterjali peelistamiseks. Seade on varustatud temperatuuri regulaatoriga temperatuurini 200 °C, kiiruse regulaatoriga ning liimipaagi mahutavuseks on 450 g. Samuti nagu eelmise seadme puhul on võimalik osta juurde erinevaid lisasid viimistluseks.[32]



Joonis 4. ADAMIK R.A.M.B.O (vasakul) ja ADAMIK Speed 65XL (paremal) [32]

Kaasaskantavaid servapealistusmasinaid toodab ka Le-Matic. Nende Le-Matic AR500 (vt joonis 5) on mõeldud sirgete või kumerate servade peelistamiseks. Võimalik on peale kanda

servapealustusmaterjali paksusega 0,3-3 mm. Varustusse kuulub digitaalne liimitemperatuuri ja etteande kiiruse regulaator. Kummist käepidemed võimaldavad seadme täpset kasutamist ning metallist tugiplaat on loodud selleks, et toetada seadet detailile, mis vähendab töötamisest tulenevat koormust. Seade kannab liimi otse servapealustusmaterjalile, mistõttu ei ole vajalik kasutada eelliimitud materjale.[33]



Joonis 5. Le-Matic AR500 [33]

Nimetatud kaasaskantavate servapealustusmasinate parameetrid on võrdluseks välja toodud tabelis 1.

Tabel 1

Kaasaskantavate servapealustusmasinate parameetrid

Parameetrid	Ühik	ADAMIK R.A.M.B.O [32]	ADAMIK Speed 65XL [32]	Le-Matic AR500 [33]
Servapealustusmaterjali paksus	mm	0,4-3	0,4-3	0,3-3
Plaatmaterjali paksus	mm	12-62	12-65	16-65
Temperatuur	°C	150-200	120-200	120-200
Soojenemisaeg	min	12	8	7
Etteande kiirus	m/min	0-12	0-3,5	1-6
Liimipoti mahutavus	g	500	450	
Seadme kaal	kg	4	8,9	8,7

2.3.2 Ühepoolsed ja kahepoolsed servapealistusliinid

Ühepoolsete servapealistusliinide puhul asetatakse masinasse plaatmaterjal ning masin pealistas korraga selle ühe külje. Seejärel on vaja manuaalselt plaatmaterjal uuesti sisestada, et pealistada teised küljed.

Homag Group pakub laias valikus erinevaid ühepoolseid servapealistusliine nagu näiteks Ambition, Highflex ja profiLine seeriad ning võimalik on isegi tellida vastavalt individuaalsetele vajadustele koostatud servapealistusliin. Kõik masinad täidavad küll servapealistusfunktsiooni ning on varustatud liimimissõlme ja servapealistusmaterjali lõikuriga, kuid automatiseerituse tase ning parameetrid on väga erinevad. Liinide mõõtmed, kaal ja võimalused on väga erinevad ning sellest tulenevalt on ka hinnaskaala väga lai.[34]

Lisaks pakuvad ühepoolseid servapealistusliine veel sellised tootjad nagu Biesse, IMA, Stefani.

Kahepoolsed servapealistusliinid on kõrgema automatiseerituse astmega kui ühepoolsed servapealistusliinid ning need seadmed on võimelised pealistama järjest kõiki plaatmaterjali külgi, ent täidavad siiski sama funktsiooni mis ühepoolsed servapealistusliinid. Selliseid servapealistusliine pakuvad samuti erinevad tootjad nagu Homag Group, IMA jne.

2.3.3 AirTec servapealistus

Mööblitööstuses on suurenenud ootused kvaliteedile ning püüeldakse nähtamatute ühenduste poole. Kontori-, vannitoa- ja köögisüsteemide tootjad keskenduvad erinevatele null-ühenduse tehnoloogiatele. AirTec servapealistus on uudne tehnoloogia, mille on välja töötanud ning mille teostamiseks vajalikke seadmeid toodab Homag Group (vt joonis 6).

AirTec lisaseade on olemas järgnevatel servapealistusliinidel:

- a) BRANDT Ambition 1440 airTec – algtaseme servapealistusliin
- b) BRANDT Ambition 1650 airTec – sobilik kõrgemate nõudmistega kasutajale
- c) BRANDT Ambition 1860 airTec – selle seeria kalleim ning võimalusterohkeim servapealistusliin

- d) HOMAG Ambition 2272 airTec – täielikult automatiseeritud ning võimalik on kasutada EVA ja poliüuretaan liime
- e) HOMAG Ambition 2274 airTec - täielikult automatiseeritud ning võimalik on kasutada EVA ja poliüuretaan liime [36]

AirTec servapealistuse puhul kasutatakse erist servamaterjali, mis koosneb kõvemast dekoorkihist ning sulatatavast sisemisest kihist. Sisemine kiht sulatatakse airTec seadmega kuuma õhu abil ning materjal surutakse töödeldavale plaatmaterjalile. HOMAG airTec-i saab kasutada kõikide materjalidega, mida on võimalik laseriga töödelda. Sisemine sulatatav kiht on võimalik sobitada nendega vastavalt tootele ning kliendi soovidele.[35]

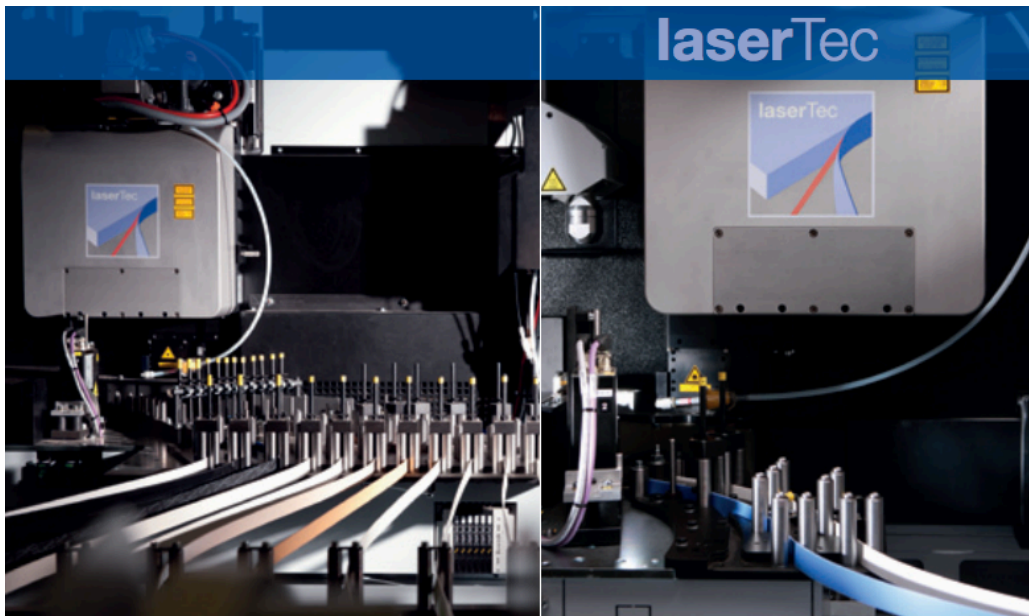


Joonis 6. airTec [35]

2.3.4 LaserTec servapealistus

Lisaks airTec tehnoloogiale on Homag Group välja töötanud ka laserTec tehnoloogia (vt joonis 7). HOMAG laserTec kasutab laserkiirt, et sulatada kogu liimitava servapealistusmaterjali pinda, mis pressitakse seejärel otse detaili pinnale. See võimaldab saavutada kõigeima kvaliteediga servapealistust. LaserTec abil on võimalik saavutada äärmine kokkuhoid tootmises, sest väheneb praaktoodangu kogus, käitlemine on lihtne ning

lisakulud on minimaalsed. Vastavalt Saksamaa patendiõigusele on laserTec kasutatav ainult Rehau servapealistusmaterjalidega. [37]



Joonis 7. LaserTec [37]

HOMAG laserTec-i on võimalik kasutada kõikide kasutusel olevate servapealistusmaterjalidega nagu PVC, ABS, PMMA, spoon ja melamiin. Laser-aktiivset ainet on võimalik lisada pealistusmaterjalile vastavalt toote ja kliendi nõudmistele. Laserservapealistusega on võimalik saavutada tugevamat ühendust liimitavate pindade vahel ning ka kõrgemat kuuma- ja niiskusekindlust, sest sulanud polümeer tungib pealistatava materjali struktuuri, kus see kõveneb ja tekib adhesioon kahe materjali vahel.[37]

Tänu protsessi lihtsusele ja liimi puudumisele on võimalik toota rohkem ühes ajaühikus kõrvaldades ooteajad servapealistusmaterjali vahetamiseks või seadme puhastamiseks. Samuti ei ole vajalik määrata lisaseadeid liimi kogusele või temperatuurile ega ka plaatmaterjalile. Võrreldes kuumsulamliime kasutatavate seadmetega säästab laserTec energiat kuni 36,911 kWh aastas, ja CO₂ emisioon väheneb kuni 26 tonni aastas. Liimivaba tootmine on loodussõbralik, sest ei eraldu liimi auru ning puudub risk kuumsulamliimi põlemiseks masinas.[37]

LaserTec lisaseadet on võimalik paigaldada ka CNC masinale. See võimaldab teostada laserservapealistust erikujulistel tööpindadel ning kasutada seda väiksemate koguste tootmisel.[37]

3 KATSED

Katsete eesmärgiks on välja selgitada missuguste liimidega on võimalik saavutada parimat adhesiooni plaatmaterjali ning servapealustusmaterjali vahel ettevõttes AS Sarkop kasutatavate materjalide näitel. Kuna puuduvad standardid servapealustuse kohta, siis leiti algselt lähim sobiv standard, mille katsemeetod imiteeriks servapealustusmaterjali lahtitulemist plaatmaterjalist ning valmistati selle järgi katsekehad. Selleks on Eesti standard EVS-EN 28510-1:2014 Adhesives – Peel test for a flexible-bonded-to-rigid test specimen assembly – Part 1:90° (eesti k. Liimid. Painduv-jäiga liimühendusega teimikeha rebiteim. Osa 1: Rebimine 90-kraadise nurga all).

Valitud plaatmaterjaliks oli 25 mm paksusega MDF, millele kanti järgnevad servapealustusmaterjalid:

- a) HPL
- b) ABS

Katsetamiseks valiti kolm liimi:

- a) PVA baasil liim Henkel Aquence KL072/6
- b) Kontaktliim STA-PUT
- c) Kuumsulamliim Henkel Dorus KS351 Transparent

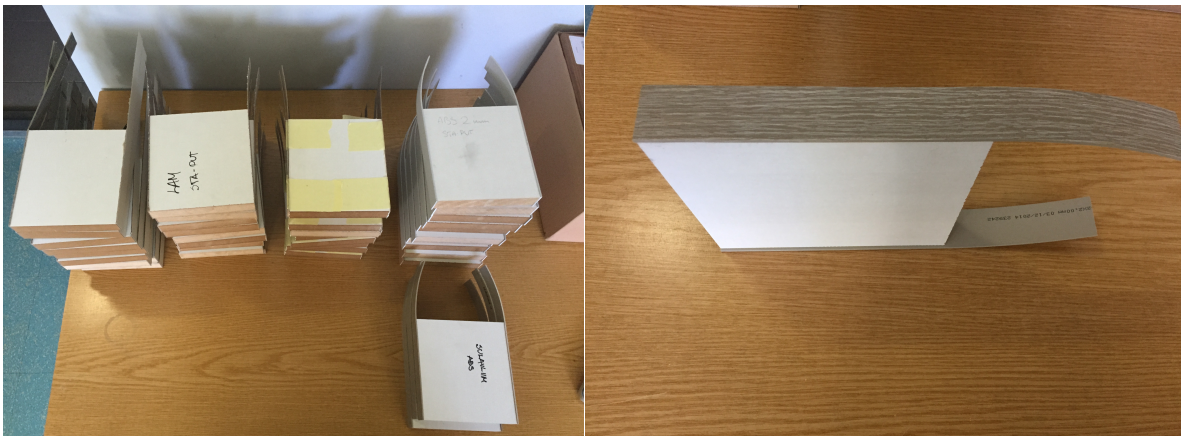
Standardis seisab, et 90° rebimiskatse on sobiv vähempainduvatele materjalidele, millele ei sobi 180° katse, sest materjal võib murduda või katki minna. Peale katsekehade valmimist selgus, et ka see standard ei ole sobiv, sest katsekehad murdusid juba vähesel painutamisel. Seetõttu võeti kasutusele standard EVS-EN 1465:2009 Liimid. Jäik jäigal ülestikku liimühendusel nihketugevuse määramine tõmbel.

3.1 Katsekehade valmistamine

Servapealustusmaterjalideks valiti kõrgsurvelaminaat ning ABS, sest nende liimliidete püsimine on ettevõtte sõnul probleemsem. Katsetati kõiki ettevõttes servapealustuseks kasutatavaid liime, kuid PVA liimi abil ABS-ga pealstatud katsekehi ei valmistatud, sest need materjalid omavahel ei nakku.

Kokku valmistati AS Sarkop tehases 50 katsekeha (vt joonis 8):

- a) 10 PVA liimi ja HPL-ga
- b) 10 STA-PUT liimi ja HPL-ga
- c) 10 kuumsulamliimi ja HPL-ga
- d) 10 STA-PUT liimi ja ABS-ga
- e) 10 kuumsulamliimi ja ABS-ga.



Joonis 8. Algselt valmistatud katsekehad

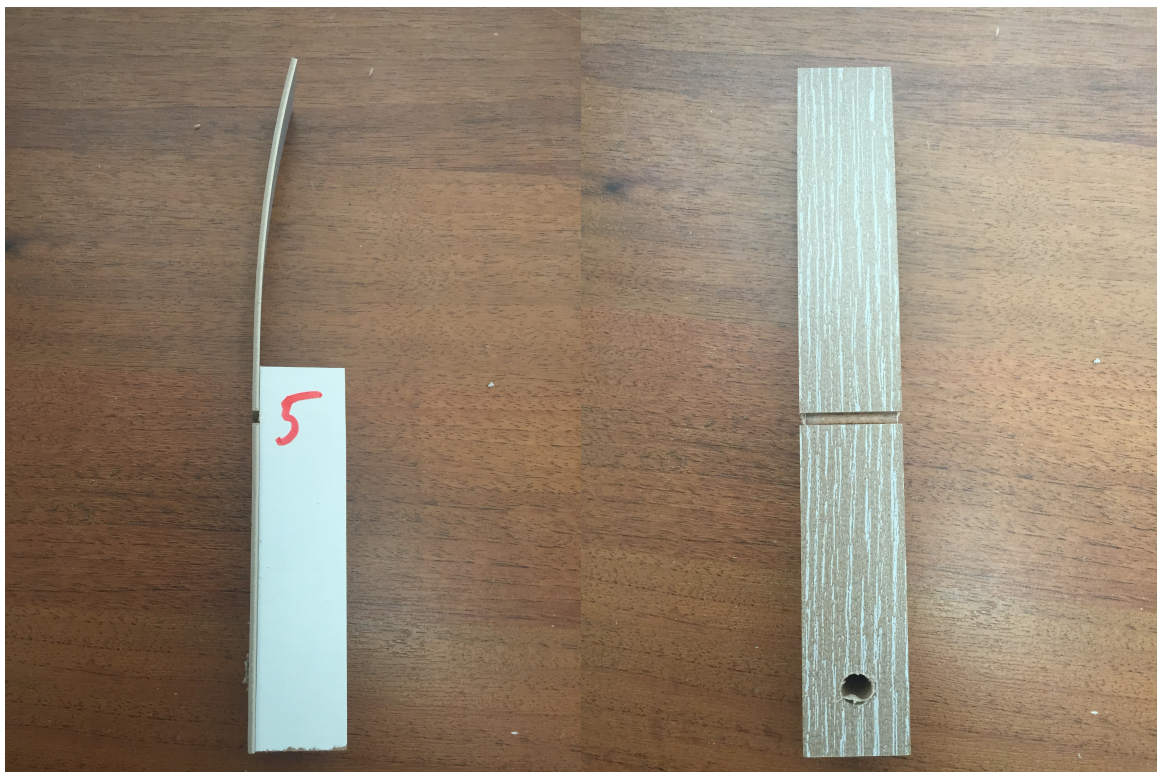
Kuumsulamliimiga katsekehade valmistamiseks kasutati ettevõttes kasutusel olevat ühepoolset servapealustusliini IMA Advantage Expert 6216-2/L12. STA-PUT ning PVA liimidega servapealustusmaterjalid kanti peale käsitsi.

90° rebimiskatse puhul tõmmatakse liimitud pinnad lahti võimalikult ühtlasel kiirusel, soovitatav kiirus (50 ± 5) mm/min, alustades liimliite lahtisest otsast nii, et eraldamine toimub positiivselt piki liimitud pindu. Liimitavad pinnad peavad olema piisavalt paksud, et need taluksid eeldatavat tõmbejõudu ja soovitatud paksus plastikute puhul on 1,5 mm. Jäiga pinna laius peab olema $25,0 \pm 0,5$ mm ja minimaalne pikkus 150 mm. Painduv pind peab olema

võimeline painduma natukene rohkem kui 90° ilma pöördumatute mõõtmete muutusteta. Mõõdud peavad olema $(250 \pm 0,5) \times (25,0 \pm 0,5)$ mm.[28]

Standardi järgi peab katsekehade valmistusprotsess olema selline, et tekiks võimalikult vähe variatsioone katsekehades. Pindade ettevalmistus peab olema kooskõlas tootjapoolsete juhistega. Testis kasutatav liim peab kuivama või vajadusel kõvenema vastavalt liimi tootja poolsele soovitusel. Standardi järgi tuleb valmistada minimaalselt 5 katsekeha.[28]

Valminud katsekehi käsitsi painutades selgus, et kõrgsurvelaminaadist servapealistusmaterjalid on rabedad ja murduvad ning nendega ei ole võimalik vastavalt esialgu valitud standardile katseid teha. Seejärel valiti kasutatavaks standardiks EVS-EN 1465:2009 Liimid. Jäik jäigal ülestikku liimühendusel nihketugevuse määramine tõmbel. Selleks, et viia katse läbi selle standardi järgi, tuli katsekehi muuta. Juba varem 25 mm paksusest MDF plaadist valmistatud katsekehad saeti Tallinna Tehnikaülikooli Puidutöötlemise õppetooli õppetöökojas 10 cm pikkusteks klotsideks ning servapealistusmaterjalile tehti sisselõige nii, et liimi ülekatte pikkuseks jäi 12,5 mm ning ülekatte pindalaks 312,5 mm (vt joonis 9). Katseseadmesse kinnitamiseks puuriti augud läbi katsekeha ning katseid tehti kokku 55 katsekehaga (vt joonis 10).



Joonis 9. Katsekehad jäik jäigal ülestikku liimühenduse nihketugevuse määramiseks tõmbel



Joonis 10. Kõik katsekehad

3.2 Liimliidete katsetamine

3.2.1 Katse meetoodika

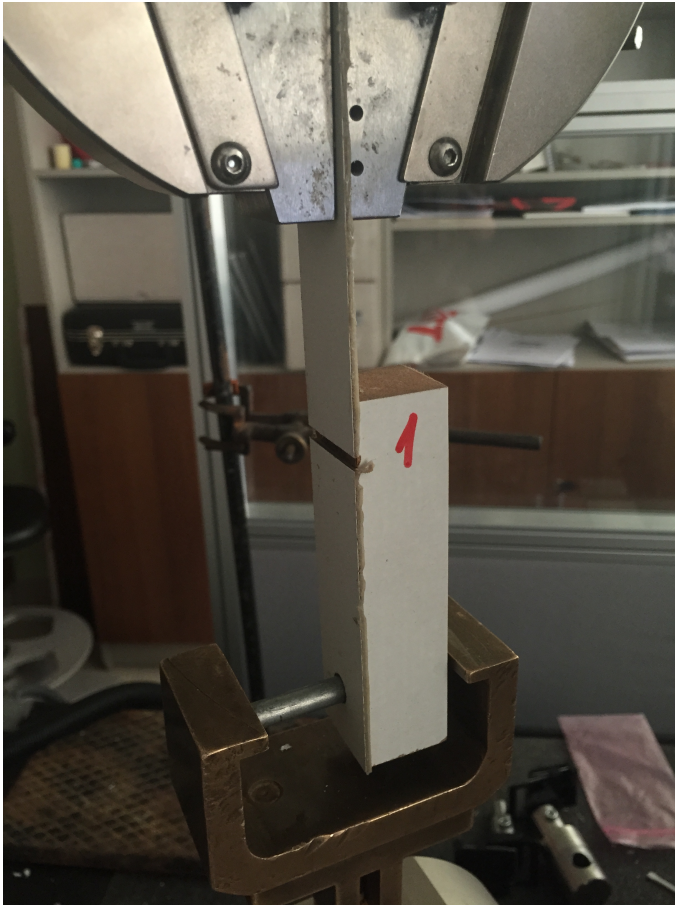
Standard EVS-EN 1465:2009 määrab kindlaks meetodi, millega määratakse tõmbenihketugevus liimliitel, mida testitakse standardis kirjeldatud katsekehadel. [38]

Liimühenduse tugevus on määratud liimliitele rakendatud jõuga jäikade pindade vahel nii, et liimitud pindadele rakendatakse tõmbejõudu, mis on paralleelne nii liimliite kui katsekeha peateljega. Esitatud tulemus on saadud purunemisi jõud. [38]

Standardi järgselt on katse teostamiseks vajalik tõmbekatseseade, mis on võimeline ühtlasel kiirusel kasvava tõmbejõuga kaht keha eraldama. Antud katses valiti kõigile katsekehadele ühtlane tõmbekiirus 10 mm/min, mis võimaldab võrrelda materjalide maksimaalseid tugevusi.

Ülekatte pikkus katsekehadel on $(12,5 \pm 0,25)$ mm ning testis kasutatud liim on kuivanud vastavalt liimi tootja poolsele soovitusel. [38]

Testimiseks paigutati katsekeha sümmeetriliselt klambrite vahele selliselt, et klambrid jäid ülekatte lähimast äärest (30 ± 10) mm kaugusele (vt joonis 11). Standardi järgselt tulnuks masin käivitada selliselt, et koormus kasvaks ühtlasel kiirusel, mis peaks olema selline, et liimliide puruneks (65 ± 20) s jooksul. Antud katses purunemiseks kulunud aega ei jälgitud, sest see ei olnud katsetulemuste võrdlemiseks oluline. Salvestatud suurimat jõudu purunemisel käsitletakse katsekeha purunemisjõuna. [38]



Joonis 11. Katsekeha tõmbemasinas

3.2.2 Katsetulemused

Läbiviidud katsetes saadud erinevate liimliidete tugevused on esitatud tabelis 2 ja tabelis 3. Samadel katsetel saadud maksimaalsed koormused liimliite purunemisel, millest on liimliite pindala abil arvutatud liimliidete tugevused, on esitatud Lisas 1.

Tabel 2

Liimliite tugevus MDF ja HPL-i vahel (N/mm²)

	HPL+kuumsulam- liim	HPL+STA-PUT	HPL+PVA
1	2,70	1,22	3,76
2	1,74	0,90	4,29
3	3,33	1,38	4,29
4	2,62	1,77	4,36
5	1,57	0,88	2,70
6	3,03	1,37	4,74
7	3,61	1,19	4,35
8	2,32	1,03	4,42
9	2,85	0,85	4,31
10	3,45	1,38	4,37
11	2,49	1,51	4,79
Maksimum	3,61	1,77	4,79
Miinumum	1,57	0,85	2,70
Aritmeetiline keskmine	2,70	1,22	4,22
Standardhälve	0,66	0,29	0,57

Tabel 3**Liimliite tugevus MDF ja ABS-i vahel (N/mm²)**

	ABS+STA-PUT	ABS+kuumsulamliim
1	0,90	2,30
2	1,33	4,11
3	1,21	2,88
4	1,07	3,39
5	0,79	2,97
6	0,95	3,29
7	0,82	3,25
8	1,24	3,27
9	1,04	2,94
10	1,41	3,45
11	0,90	2,64
Maksimum	1,41	4,11
Miinumum	0,79	2,30
Aritmeetiline keskmine	1,06	3,14
Standardhälve	0,21	0,47

3.3 Katsetulemuste analüüs**3.3.1 Kõrgsurvelaminaadiga pealistatud plaatmaterjal**

Suurim mõõdetud keskmine tugevus kõrgsurvelaminaadiga peelistamisel väärtusega 4,22 N/mm² oli PVA liimil. Üheteistkümnest katsekehast purunes vaid kahel korral liimühendus liimliite kohast. Ülejäänud katsete korral purunesid liimliitekohast kas MDF plaat või servapealustusmaterjal, mis näitab suurepärasest liimühendusest (vt joonis 12). Minimaalset tugevust omanud katsekeha korral purunes liimühendus servapealustusmaterjali ja liimi vahelt ehk liim oli nakkunud väga hästi plaatmaterjaliga, kuid mitte servapealustusmaterjaliga.



Joonis 12. Purunenud katsekeha HPL ja PVA liimiga

Head liimliidet MDF plaadi ja HPL-ga on võimalik saavutada ka kasutades kuumsulamliimi. Nende katsete puhul oli keskmiseks tugevuseks $2,70 \text{ N/mm}^2$. Suurimaks probleemiks on kuumsulamliimi adhesiooni saavutamine plaatmaterjaliga täies ulatuses. Jooniselt 13 on näha antud purunenud katsekeha HPL+kuumsulamliim, kus liimliite keskmine osa on alusmaterjalist tõmmanud välja kiud, aga katsekeha servades on toimunud purunemine liimi ja plaatmaterjali vahelt, mis näitab, et liimühendus on olnud ebahühtlane.



Joonis 13. Purunenud katsekeha HPL ja kuumsulamliimiga

Halvima tulemuse antud katses saavutas kontaktliim STA-PUT, mille keskmiseks jõuks oli $1,77 \text{ N/m}^2$, mis on ligi kolm ja pool korda kehvem tulemus kui PVA liimil. Kõikide läbiviidud katsete puhul jäid plaat- ning servapealistusmaterjal terveks, mis tähendab seda, et purunemine toimus liimist, liim hakkas katse käigus venima. Lisaks selgus, et liimi adhesioon on parem HPL-i kui MDF-i pinnaga (vt joonis 14).



Joonis 14. Purunenud katsekeha HPL ja STA-PUT liimiga

Soovides saavutada maksimaalset liimliite tugevust teostades käsitsi servapealistust kasutades servepealistusmaterjalina kõrgsurvelaminaati, on kõige kasulikum kasutada selleks PVA liimi. Kasutades aga servapealistusliini on võimalik saavutada rahuldavaid tulemusi ka kuumsulamliimiga.

3.3.2 ABS-ga pealistatud plaatmaterjal

ABS materjali pealekandmiseks kasutatud kuumsulamliim andis tugevuse seisukohalt palju paremaid tulemusi kui STA-PUT liim. Maksimaalseks jõuks kuumsulamliimi puhul oli $4,11 \text{ N/m}^2$ ning keskmiseks $3,14 \text{ N/m}^2$. Katsekehad purunesid sarnaselt, mis näitab toote küllaltki ühtlast kvaliteeti. Poolte katsekehade puhul oli probleemiks liimi halb adhesioon MDF

plaadiga (vt joonis 15) ning poolte puhul purunes liimliide plaat- ja servapealustusmaterjali keskelt. Maksimaalset tugevust omanud katsekehal jäi liim võrdselt mõlemale materjalile, minimaalset tugevust omanud katsekehal aga servapealustusmaterjalile.



Joonis 15. Purunenud katsekeha ABS ja kuumsulamliimiga

Kehvem tulemus saavutati STA-PUT liimi kasutades, mille maksimaalseks tugevuseks oli $1,41 \text{ N/m}^2$ ning keskmiseks $1,06 \text{ N/m}^2$. Kõik katsekehad purunesid liimliitekohast. Maksimaalse tugevuse korral jäi suur osa liimist ABS servapealustusmaterjali külge ning minimaalse tugevuse korral jäi kogu liim ABS külge. Liimliite purunemine väljendub selle paigalt nihkumise ja venimisena (vt joonis 16).



Joonis 16. Purunenud katsekeha ABS ja STA-PUT liimiga

Katsetatud liimidest on parim ABS servapealustusmaterjali pealekandmiseks kuumsulamliim, sest see andis kolm korda suurema liimliite tugevuse kui STA-PUT kontaktliim. Kuumsulamliimi puhul on probleemiks küll hea adhesiooni saavutamine, kuid STA-PUT liim kaldub kergemini nihkele liimi venivuse tõttu.

KOKKUVÕTE

Bakalaureusetöö koostamisega sooviti uurida mööblitööstuses kasutatavaid servapealistustehnoloogiaid. Selleks andis töö teoreetiline osa ülevaate servapealistuse meetoditest, pealistatavatest materjalidest, servapealistusmaterjalidest ja kasutatavatest liimidest. Lisaks käsitleti tehnoloogilisest küljest servapealistuse protsessi nii üldiselt kui ettevõttes AS Sarkop ja selleks vajaminevaid seadmeid. Lühidalt tutvustati ka uudsemaid servapealistustehnoloogiaid.

Töö eesmärgiks oli kirjeldada ettevõttes AS Sarkop kasutusel olevaid servapealistustehnoloogiaid, materjale ja seadmeid ning tutvustada ka uudsemaid servapealistustehnoloogiaid. Lisaks selgitada välja missugused liimid on ettevõttes kasutusel olevatest vastupidavamad. Püstitatud eesmärgid said autori hinnangul täidetud: töö esimeses ja teises peatükis on antud ülevaade servapealistamise teostamiseks vajalikest materjalidest ning seadmetest ja uuriti ka uudsemaid võimalusi. Liimide tugevuse määramiseks kasutati nihkekatsed, mis aitasid välja selgitada liimliidete tugevused ning võimaldasid liime võrrelda nii saadud arvtulemuste kui visuaalse vaatluse põhjal.

Bakalaureusetöö teooriaosas kirjeldati levinumaid plaatmaterjale milleks on puitlaastplaadid ja puitkiudplaadid. Samuti kirjeldati selliseid servapealistusmaterjale nagu ABS plastik, spoon, kõrgsurvelaminaat, freesitud täispuidust servapealistusmaterjal ning uudsemat akrüülist 3D servapealistusmaterjali. Liimidest käsitleti polüvinüülatsetaati, polüuretaanliime ning kuumsulamliime. Servapealistuse tehnoloogia peatükis käsitleti servapealistuse protsessi ning seadmeid nagu kaasaskantavad servapealistusliinid, ühe- ja kahepoolsed servapealistusliinid ning uued tehnoloogiad airTec ja laserTec servapealistus.

Uurimuslikus osas selgitati välja missugused liimid on AS Sarkop-is servapealistuseks kasutusel olevatest vastupidavamad. Jäik jäigal ülestikku liimühendusel nihketugevuse määramisel leiti liimliidete tugevus. Katsekehade valmistamisel kasutati alusmaterjalina MDF plaati ja pealistamiseks valiti kaks erinevat servapealistusmaterjali ning kolm erinevat liimi.

Valitud servapealistusmaterjalideks olid ABS ning HPL ja liimideks PVA, kuumsulamliim ning kontaktliim STA-PUT.

Katsetulemustest selgus, et ABS materjaliga servapealistust teostades on võimalik saavutada suurim liimliite tugevus kasutades selleks kuumsulamliimi. Kuumsulamliim andis koguni kolm korda suurema liimliite tugevuse kui STA-PUT kontaktliim. Kuumsulamliimi puhul oli küll probleemiks hea adhesiooni saavutamine plaatmaterjali pinnaga, kuid STA-PUT oli alim nihkele.

Teostades servapealistust HPL-ga on tugevaimat liimliidet võimalik saavutada kasutades PVA liimi, sest katsetes selle liimiga purunesid enne materjalid kui liimliited. Kuumsulamliimi puhul oli suurimaks probleemiks adhesiooni saavutamine plaatmaterjaliga täies ulatuses ning seetõttu andis liimliide järelle plaatmaterjali kiuliselt pinnalt. Kõige kehvema liimliite MDF-i ja HPL-i vahel andis STA-PUT kontaktliim, mille puhul oli liimliite tugevus kolm korda nõrgem kui PVA liimiga liimitud katsekehadel.

Autori hinnangul oli antud teema uurimine põnev ning vajalik ettevõtte tootmiskvaliteedi parandamiseks. Antud tööd oleks võimalik edasi arendada testides veel erinevaid turul pakutavaid liime. Lisaks võiks teostada sarnaseid katseid erinevaid kasutustingimusi simuleerides, et näha liimide käitumist näiteks väga kuivades või niisketes tingimustes.

SUMMARY

Nowadays there are composite materials being used in all kinds of production areas thus are composites also common in furniture manufacturing. Every production company wishes to satisfy their customers' needs while earning the greatest possible profit. Composites offer great properties for a good price and a wide range of using options. It is inexpensive to produce furniture from wood composites but these products need edge banding to give them presentable appearance and protect them from moisture and scratching.

The aim of this bachelor thesis is to describe the edge banding technologies, materials and apparatus used in Sarkop AS. An additional goal is to find out which of the adhesives used for edge banding in Sarkop AS are the most durable. Also introduce some of the most modern edge banding technologies.

In the theoretical part, an overview of the most common wood composites, edge banding materials and adhesives was given. In the technology chapter there were the edge banding process, apparatus like portable edge banders, single- and double-sided machines and new technologies such as airTec and laserTec edge banding described.

The objects of research were the test specimens prepared to test the tensile lap-shear strength of rigid-to-rigid bonded assemblies. The chosen substrate was MDF and the tested edge banding materials were ABS and HPL laminate. The three used adhesives were PVA, hot-melt adhesive and solvent-based contact adhesive STA-PUT.

Based on the results, it can be said that the best adhesive to use for edge banding with ABS is hot-melt adhesive which was three times stronger than STA-PUT. The best adhesive to use for HPL laminates out of the three tested adhesives is PVA.

Further work may include testing some more adhesives. In addition, it would be useful to carry out similar tests simulating different conditions.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Endel Saarman, Udo Veibri. Puiduteadus. Vali Press OÜ. Tartu: Eesti Metsaselts, 2006. 560lk
2. John C.F Walker. Primary Wood Processing. Principles and Practice. Ilmumiskoht: Springer Netherlands, 2006. 596lk
3. Roger. M. Rowell. Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites, Second Edition. Ilmumiskoht: CRC Press, 2012. 703lk
4. H.J Blass, P. Aune, B.S Görlacher, D.R. Griffiths, B.O. Hilson, P. Racher, G.Steck. Timber Engineering Step 1. Salland De Lange. Almere: Centrum Hout. 1995.
5. Hans Larsen, Vahik Enjily. Practical Design of Timber Structures to Eurocode 5. Ilmumiskoht: ICE Publishing, 2009. 280lk
6. Alfredo Aguilera, J. Paulo Davim. Research in Wood Engineering and Technology. IGI Global. Ilmumiskoht: Engineering Science Reference, 2014. 410lk
7. James L Throne. Technology of Thermoforming. Ilmumiskoht: Hanser Publishers, 1996. 882 lk
8. Güneri Akovali. Polymers in construction. Ilmumiskoht: Smithers Rapra Technology, 2005. 526lk
9. Oi-Ming Lai, Chin-Ping Tan, Casimir C. Akoh. Palm Oil - Poduction, Processing, Characterization, and Uses. Ilmumiskoht: AOCs Press, 2012. 838lk
10. William D. Mahoney. Wood Engineering Handbook(2nd edition). Ilmumiskoht: BNI Building News, 2000. (7.05.2014)
11. Laurence W. McKeen. Effect of Creep and other Time Related Factors on Plastics and Elastomers (3rd Edition).. Ilmumiskoht: William Andrew, 2015. 506lk
12. [www] <http://www.grantadesign.com/education/datasheets/ABS.htm> (7.05.2014)
13. [www] <http://www.puumarket.ee/?op=body&id=437> (7.05.2014)
14. J.R Shelly. Wood, materials for furniture – Encyclopedia of Materials – Science and Technology, Volumes 1-11. Ilmumiskoht: Elsevier, 2001. 9658-9664

15. [WWW] <http://www.sisustuspoodee/toopinnad/> (01.05.2015)
16. [WWW] <http://moobliproff.ee/materjalid/korgsurvelaminaat/> (01.05.2015)
17. Alan A. Marra. Technology of Wood Bonding. Ilmumiskoht: Van Nostrand Reinhold, 1992. 454lk
18. [WWW] http://www.doellken-woodtape.com/fileadmin/user_upload/Woodtape/Downloads/Edgebands/Doellken_Woodtape_3D_Processing_Information.pdf (15.05.2015)
19. [WWW] <http://www.doellken-woodtape.com/products/3d-edgebanding/edgebanding-designs/> (15.05.2015)
20. [WWW] http://www.doellken-woodtape.com/fileadmin/user_upload/Woodtape/Downloads/Edgebands/3D_Designer_Brochure.pdf (15.05.2015)
21. Peep Christjanson. Adhesioon ja adhesiivid. Infotrükk. Ilmumiskoht: TTÜ Kirjastus, 2004. 144lk
22. Roger Tout. A review of adhesives for furniture. International Journal of Adhesion & Adhesives 20(2000) 269-272. 25 December 1999
23. C.W. Paul. Hot-Melt Adhesives. – Materials Science of Adhesives: How to Bond Things Together, Volume 28, Issue 06. Ilmumiskoht: MRS Bulletin, 2003, 440-444.
24. Carl A. Eckelman. Brief Survey of Wood Adhesives. Ilmumiskoht: Forestry & natural resources, Purdue University
[WWW] <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/FNR/FNR-154.pdf> (28.05.2015)
25. G.V. Malysheva and N.V Bodrykh. Hot-Melt Adhesives. – Polymer Science, Series D. Glues and Sealing Materials vol 4 no 4. Ilmumiskoht: Pleiades Publishing, 2011, 301-303.
26. [WWW] http://www.doellken-woodtape.com/fileadmin/user_upload/Woodtape/Downloads/Adhesives/Dorus_Product_Leaflets/TDS_TECHNOMELT_DORUS_KS_351_EN.pdf (15.05.2015)
27. Roger M. Rowell. Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites. Ilmumiskoht: CRC Press, 2005. 475lk
28. Adhesives – Peel test for a flexible-bonded-to-rigid test specimen assembly – Part 1:90°. Standardised kvaliteedinõuded: Eesti standard EVS-EN 28510-1:2014. Tallinn: Eesti Standardikeskus

29. Liimid. Painduv-jäiga liimühendusega teimikeha rebiteim. Osa 2: Rebimine 180-kraadise nurga all. Standardsed kvaliteedinõuded: Eesti standard EVS-EN ISO 8510-2:2010. Tallinn: Eesti Standardikeskus
30. [WWW] http://itwstaput.com/wp-content/uploads/bsk-pdf-manager/109_SPHCANISTER_TDS.PDF (5.06.2015)
31. [WWW] <http://www.bizator.com/advert/m0113-2002319100-edge-banding-machine-ima-advantage-6216-2-112-2004-century.html> (01.05.2015)
32. [WWW] <http://www.adamikcompany.com/edgebanding-machines/portable-edgebanders> (15.05.2015)
33. [WWW] <http://www.axminster.co.uk/le-matic-ar500-edgebander> (15.05.2015)
34. [WWW] http://www.homag-group.com/en-en/products/machines/sizing_edgebanding/edgebanding/Pages/Produkte_einseitige_kantenleimmaschinen.aspx (15.05.2015)
35. [WWW] http://homaggroupwebapp.homag.de/Medien/airTec_Flyer_EN_29795.pdf (15.05.2015)
36. [WWW] http://homaggroupwebapp.homag.de/Medien/Ambition_airTec_Aktion_BRANDT_HOMAG_EN_29797.pdf (15.05.2015)
37. [WWW] http://homaggroupwebapp.homag.de/Medien/LaserTec_EN_14698.pdf (15.05.2015)
38. Liimid. Jäik jäigal ülestikku liimühendusel nihketugevuse määramine tõmbel. Standardsed kvaliteedinõuded: Eesti standard EVS-EN 1465:2009. Tallinn: Eesti Standardikeskus

LISAD

Lisa 1. Liimliite maksimaalne koormus purunemisel (N) HPL ja MDF vahel

	HPL kuumsulamliimiga	HPL STA- PUT liimiga	HPL PVA liimiga
1	843,56	382,02	1175,85
2	543,76	280,05	1339,30
3	1041,23	431,15	1341,88
4	818,48	552,27	1361,37
5	491,76	273,46	844,21
6	947,22	429,59	1480,86
7	1127,61	372,9	1360,72
8	724,54	321,56	1381,57
9	891,13	266,56	1348,04
10	1078,42	430,28	1366,34
11	778,04	470,68	1496,74
Maksimum	1127,61	552,27	1496,74
Miinumum	491,76	226,56	844,21
Aritmeetiline keskmine	844,16	382,78	1317,90
Standardhälve	205,10	91,16	177,53

Lisa 2. Liimliite maksimaalne koormus purunemisel (N) ABS ja MDF vahel

	ABS STA-PUT liimiga	ABS kuumsulamliimiga
1	281,08	718,79
2	416,43	1284,86
3	377,20	901,41
4	333,23	1060,85
5	245,61	929,52
6	298,24	1029,32
7	255,69	1015,32
8	386,81	1023,13
9	324,64	917,88
10	441,22	1078,09
11	281,58	826,33
Maksimum	441,22	1284,86
Miinumum	245,61	718,79
Aritmeetiline keskmine	331,07	980,50
Standardhälve	66,12	148,01