

PUUN SYÖTTÖRULLIEN KU- MITUKSEN TESTAUS JA MENETELMÄKEHITYS

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Perttu Hämäläinen	
Työn nimi Puun syöttörullien kumituksen testaus ja menetelmäkehitys	
Päiväys	20.1.2017
Sivumäärä/Liitteet	23/12
Ohjaaja(t) Yliopettaja Mika Mäkinen, Moisio Forest Oy tuotantopäällikkö Jyri Linnakoski	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Moisio Forest Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön aiheena oli harvesteripään syöttörullien valmistusprosessin nopeuttaminen, menetelmäkehitys sekä laadunvarmistuksen parantaminen. Työssä keskityttiin Moisio Forest Oy:n valmistamiin Moipu Plate -rulliin joissa on erikoisuutena rullan rakenteessa käytetty kuminen kerros.</p> <p>Tavoitteena oli selvittää Moisio Forest Oy:lle, voiko se automatisoida valmistusprosessia käyttämällä raekuulapuhallusta eli ns. sinkopuhallusta syöttörullan vanteen puhdistamiseen hiekkapuhalluksen sijaan sinkopuhalluksen muodostaman erilaisen pinnanlaadun takia. Työssä tutkittavan valmistusprosessin vaihe oli kumin vulkanointi ja liimaus metallivanteeseen sekä tätä edeltävä vanteen pinnan mekaaninen ja kemiallinen puhdistus. Valmistusprosessissa oli tähän asti käytetty manuaalista hiekkapuhallusta mikä oli hidasta. Tavoitteena oli myös valmistaa testikappale yrityksen käyttöön laadunvalvontaa varten.</p> <p>Laadunvalvontaan ja kumituksen testaukseen sopiva testi löytyi standardista SFS-ISO 813. Tässä testissä kumi vedetään 90 asteen kulmassa irti metallilevystä. Työssä valmistettiin tarvittavat testikappaleet ja kiinnitykset standardin vaatimusten mukaista testiä varten. Testit suoritettiin Savonia-ammattikorkeakoulun materiaalitekniikan laboratorioissa Kuopiossa.</p> <p>Testissä käytettiin vetokoelaitetta, jolla toisiinsa liimatut metalli ja vulkanoitu kumi vedettiin irti toisistaan. Testissä käytettiin nivellettyä kiinnitystä metallilevyn puolella, jonka avulla veto saatiin pidettyä mahdollisimman lähellä 90 asteen kulmaa metallin pintaan nähden, kuten standardi edellyttää. Kumin kiinnitykseen käytettiin kiilautuvaa kiinnitystä jossa kiinnitysleuat puristuvat kappaleeseen enemmän vedon kasvaessa. Vetokoetta jatkettiin aina niin kauan kunnes kumi oli revennyt kokonaan irti metallista.</p> <p>Testeistä saatiin 12 mittaustulosta kumin irrottamisesta eri tavoin käsitellyistä metallilevyistä. Tuloksista selvisi, ettei pinnanlaadulla tai pinnan puhdistusmekaniikalla ollut suurta merkitystä liimauksen lujuuteen. Tuloksien perusteella yritys pystyi aloittamaan sinkopuhaltimen käytön vanteiden puhdistuksessa. Myös puhdistamattomat ja hiekkapuhaltamattomat testikappaleet kestivät hyvin. Ainoastaan epäonnistunut liimaus eli yhden väliaineen puuttuminen huononti merkittävästi liimauksen lujutta. Työn tuloksen avulla syöttörullan valmistusprosessia saatiin nopeutettua huomattavasti.</p>	
Avainsanat vulkanointi, hiekkapuhallus, sinkopuhallus, vetokoe, kumi, metalli	
Julkinen	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Perttu Hämäläinen			
Title of Thesis Testing and development of applying rubber to a feed roller			
Date	January 20, 2016	Pages/Appendices	23/12
Supervisor(s) Mr. Mika Mäkinen, Senior Lecturer, Savonia University of Applied Sciences; Mr. Jyri Linnakoski, Production Manager, Moisio Forest Oy			
Client Organisation /Partners Moisio Forest Oy			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this final project was to study the process of vulcanizing rubber to a metal wheel used in a feed roller of a logging machine. The aim was to shorten the process by using a wheel blast machine instead of sand blasting to clean the wheel prior to applying the glue and vulcanizing the metal and rubber pieces together. To do this a test method and a series of tests were needed to make sure that wheel blasting cleans the surface well enough to keep the quality of the product same. Moisio Forest Oy also wanted a test piece to be used with every manufacturing series for quality control.</p> <p>The test used in this work is a standard test found in SFS-ISO 813. In this test the rubber is peeled in 90 degree angle from a sheet of metal. This makes sure that the adhesion is successful and can withstand enough force. Testing was conducted in the laboratory of Savonia UAS in Kuopio, using a tensile testing machine. For the testing it was necessary to find a proper fixing method for the rubber and the metal plate.</p> <p>The results showed that the wheel blasted test pieces can take approximately the same amount of strain as the sand blasted ones. After these results the company, Moisio Forest Oy, was capable to start using their wheel blasting machine and thus shorten the time needed for manufacturing the feed rollers.</p>			
Keywords vulcanization, wheel blasting, sandblasting, rubber, metal			
Public			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
2	HARVESTERIPÄÄ	6
2.1	Syöttörullat.....	7
2.2	Moipu Plate -rullat.....	7
3	SYÖTTÖRULLIEN VALMISTUSPROSESSI	8
3.1	Vulkanointi	8
3.2	Vulkanoinnin kemiaa	9
4	VALMISTUSPROSESSIN NOPEUTTAMINEN.....	10
4.1	Sinkopuhallus	10
4.2	Pinnanlaatu	10
5	KUMIN TESTAUS	11
5.1	Testilaitteisto	11
5.1.1	Kiilapenkin suunnittelu.....	12
5.1.2	Latan kiinnitys.....	13
5.2	Testikappaleet	15
5.3	Testaus ja tulokset.....	18
6	YHTEENVETO.....	22
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	23
	LIITE 1: MITTAUSTULOKSET	24

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on selvittää Moipu Plate -syöttörullan valmistusprosessissa tapahtuvan vanneputken pintakäsittelyn vaikutuksia kumin liimauksen onnistuvuuteen sekä kehittää testausmenetelmä kumituksen ja kumin liimauksen onnistumiseksi Moisio Forest Oy:n käyttöön. Helpomman ja nopeamman pintakäsittelymenetelmän osoittautuminen soveltuvaksi tuotantoon nopeuttaisi syöttörullan valmistusprosessia ja saisi sitä mielekkäämmäksi. Aikaisemmin syöttörullavanteiden puhdistukseen on käytetty manuaalista hiekkapuhallusta, jonka vuoksi vanteet joudutaan puhdistamaan yksi kerrallaan. Yrityksen käytössä on myös suuri sinkopuhallin, jossa saataisiin puhdistettua useampia vanteita kerralla vähemmällä työmäärällä.

Pintakäsittelymenetelmien vertailussa ovat perinteinen sinkopuhallus sekä raekuulapuhallus eli ns. sinkopuhallus. Tutkittavana on, vaikuttaako sinkopuhalluksen muodostama erilainen pinnanlaatu ja karheus liimaukseen. Tutkimuksen apuna käytettiin kumin ja metallin liimaukseen liittyvää standardia SFS-ISO 813.

Tuotekehitystehtävänä on tuotannossa käytettävä testausmenetelmä, jolla tehdään kumituksen laadunvarmistus jokaiseen tuotantosarjaan. Laadunvarmistukseen käytetään testikappaletta, joka valmistetaan jokaisen liimaus- ja vulkanointisarjan yhteydessä. Tavoitteena on vähentää kumin tai liima-aineen vanhenemisesta tai muusta niissä esiintyvistä virheistä johtuvaa laadun heikkenemistä ja tästä johtuvaa syöttörullien ennenaikaista hajoamista.

Opinnäytetyö tehdään Viitasaarella toimivalle Moisio Forest Oy metsäkonealan konepajalle, joka harjoittaa myös metsäkoneurakointia. Yrityksen toimintaan kuuluu energiapuun korjuuseen sopivien harvesterikourien sekä Moipu-puunsyöttörullien tuotekehitys ja valmistus sekä kuormatilan jakajien, Moipu Sortereiden, kehitys ja valmistus. Yrityksen asiakkaita ovat metsäkoneurakoitsijat ja johtavat metsäkone- ja laitevalmistajat. (Moisio Forest Oy, 2014)

2 HARVESTERIPÄÄ

Harvesteripää eli hakkuupää tai korjuupää on yleensä metsäkoneen tai jonkin muun soveltuvan työkoneneen puomin päässä oleva laite, jolla korjattavat puut katkaistaan ja karsitaan.



KUVA 1 Moipu-harvesteripää (Moisio Forest Oy, 2016.)

Laitteeseen kuuluu vähintään karsimaterät, syöttörullat ja katkaisulaite (kuva 1). Lisänä kourissa voi olla monenlaisia varusteita, kuten pituusmittalaite ja värimerkkkausjärjestelmä tai kantokäsittelyjärjestelmä.

Katkaisulaitteena voi olla esimerkiksi sahalaite tai giljotiiniterät. Pituusmittalaitteella taas saadaan tietoon korjatun puun määrä. Värimerkkauksella saadaan lajiteltua eri puulajit ja kantokäsittelyllä pyritään estämään haitallisten sienilajien leviäminen kantoihin.

2.1 Syöttörullat

Syöttörullilla (kuva 2) tarkoitetaan syöttävässä korjuukourassa käytettäviä puun syöttörullia, jotka tarttuvat katkaistuun runkoon ja liikuttavat sitä haluttuun katkaisukohtaan ja/tai karsimaterien läpi, jolloin puu saadaan karsittua. Rullia voidaan käyttää myös puunipun pitelemiseen keräilypihtien asemasta kevyemmissä keräävissä kourissa. Keräilyn avulla kouraan saadaan kerättyä enemmän runkoja. Tätä menetelmää käytetään erityisesti energiapuun korjuussa. Syöttörullien voimanlähde on yleensä hydraulimoottori, joka saa voimansa peruskoneen hydrauliliikasta. Rullia on yleensä kaksi, mutta myös useamman rullan ratkaisuja on olemassa.



KUVA 2 Moipu Plate -syöttörulla (Moisio Forest Oy, 2016.)

2.2 Moipu Plate -rullat

Tässä työssä käsitellään patentoituja Moipu Plate -syöttörullia. Nämä eroavat perinteisistä syöttörullista siten, että ne muodostuvat kumirenkaalla vaimennetuista telalapuista. Kumikerros ei kuitenkaan ota vastaan pyörimisestä aiheutuvia rasituksia, vaan telalaput on saranoitu rullien sivukiekkoihin. Näin kumiin kohdistuu puristusvoimaa ainoastaan säteen suunnassa telalappujen painuessa kumia vasten. Telarakenne parantaa puun syöttönopeutta ja katkaisun mittatarkkuutta. Rakenne myös mahdollistaa pienemmät puuhun kohdistuvat puristuspainheet, mikä vähentää puuhun tulevia vahinkoja sekä vaimentaa koneeseen kohdistuvaa tärinää (Moisio Forest Oy, 2016)

3 SYÖTTÖRULLIEN VALMISTUSPROSESSI

Moipu Plate -rullien valmistusprosessiin liittyy monia vaiheita, mutta tämän työn kannalta oleelliset ovat syöttörullan runkona toimivaan vanneputkeen liittyvät prosessit.



KUVA 3 Vanneputken hiekkapuhallus ja maalaus (Jyri Linnakoski, 2016.)

Valmistus alkaa vanneputken sahauksella ainesputkesta putken koon vaihdellessa valmistettavan rullan mukaan. Putken ulkohalkaisija on useimmiten kokoluokka 300 mm. Sahauksen jälkeen vanneputki sorvataan ja sen sisälle asennetaan sorvattu ja koneistettu keskiölevy. Keskiölevyn hitsaukseen yrityksessä käytetään hitsausautomaattia joka hitsaa levyn ympäri molemmin puolin.

Seuraava prosessi on rulla-aihon kumittaminen. Tämä aloitetaan vanteen ulkopinnan puhdistamisella hiekkapuhaltamalla, minkä jälkeen vanteet pohjamaalataan kumitusta varten (kuva 3). Juuri tähän vaiheeseen pyritään vaikuttamaan tällä opinnäytetyöllä. Alkuperäisen valmistusprosessin mukaan vanteet hiekkapuhalletaan, yksi kerrallaan, käsin hiekkapuhalluskaapissa. Puhallukseen kuluu kuitenkin paljon aikaa, koska manuaalinen hiekkapuhallus on hidasta. Jos rullat saataisiin puhallettua esimerkiksi valmistuserä kerrallaan, säästyisi paljon aikaa.

3.1 Vulkanointi

Rullalle kierrettävä vulkanoimaton kumi on sellaisenaan hyvin sitkeää ja tahmeaa ohutta nauhaa. Se on myös hyvin pehmeää eikä kestäisi käytössä. Kumi on myös useana irtonaisena kerroksena rullan pinnalla, minkä vuoksi syöttörulla hajoaa nopeasti käytössä. Kumikerros täytyy vulkanoida tarvittavan lujuuden saavuttamiseksi.

Vulkanoinnissa syöttörullalle kierretyt kumikerrokset sulautetaan yhteen, jolloin kumista muodostuu paksu yhtenäinen ja kestävä kerros rullan pinnalle. Vulkanointia varten rullan ympärille kääritään vielä kiristysliina, joka puristuu rullaa vasten uunissa.



KUVA 4 Syöttörulla-aihiot vulkanointiuunissa (Jyri Linnakoski, 2016.)

Vulkanointi tapahtuu kovan paineen alla tarkoitukseen tehdyssä uunissa (kuva 4).

3.2 Vulkanoinnin kemiaa

Ennen vulkanointia kumi on helposti plastisesti muokkautuva aine, joka voidaan saada monimutkaisiinkin muotoihin, tässä tapauksessa rullalle vanteen ympärille.

Vulkanoinniksi kutsutaan elastomeerien linkittymistä kemiallisessa reaktiossa. Vulkanointi suoritetaan yleensä korkeassa lämpötilassa. Reaktiossa kuumennettuun elastomeeriin tuodaan rikkiyhdisteitä ja rikkiketjut muodostavat sidoksen polymeerin perushiiliketjujen kanssa. Reaktio toteutetaan yleensä vulkanointiuunissa, jossa kappaleet vulkanoidaan muotin muotoon kovassa paineessa. On olemassa myös jatkuvan vulkanoinnin prosesseja joissa kumia ei suljeta muottiin. Vulkanoinnissa kumissa näitä sidoksia on hyvin vähän, mikä tekee siitä pehmeän ja tahmaisen. Mitä tiheämmässä sidoksia on, sitä vähemmän kumi on kumimaista eli kestää venytystä. Näin ollen suuren venymän kestävässä kumissa tulee olla melko vähän sidoksia ja ne ovat harvassa, kun taas kovassa kumissa niitä tulee olla paljon ja tiheässä. Vulkanoinnilla saavutetaan kumille suurempi kimmomoduuli, parempi vetolujuus sekä kestävyys hapen aiheuttamalle haurastumiselle. (Callister)

4 VALMISTUSPROSESSIN NOPEUTTAMINEN

Valmistusprosessin nopeuttamiseksi yritys haluaa siirtyä käyttämään sinkopuhallusta tavanomaisen hiekkapuhalluksen sijaan. Tämä nopeuttaisi valmistusprosessia huomattavasti, koska syöttörullien vanneaihioiden manuaalinen hiekkapuhallus tapahtuu tällä hetkellä yksi vanne kerrallaan. Prosessi myös vaatii yhden henkilön työpanoksen koko hiekkapuhalluksen ajan.

Tällä hetkellä vanteet puhdistetaan hiekkapuhalluskaapissa käyttäen paineilmalla toimivaa hiekkapuhalluslaitetta ja hiekkapuhalluskaappia. Abrasiivisena aineena puhalluksessa käytetään hiekkapuhallushiekkaa.

4.1 Sinkopuhallus

Moisio Forest Oy:llä on tiloissaan suuri sinkopuhalluslaite, jossa puhdistetaan muun muassa polttoleikatut osat hitsausta varten ja hitsatut kokoonpanot maalausta varten. Laitteen kammio on noin 2 metrin mittaisilla sivuilla oleva kuutio, ja niinpä sinne mahtuu valmiita kokonaisuuksia tai suuria eriä pienempiä osia.

Sinkopuhallin toimii siten, että abrasiivinen aine singotaan nopeasti pyörivien lapojen avulla puhdistettavaan kohteeseen suurella nopeudella, jopa 250 km/h. Eli toisin kuin tavanomaisessa paineilmatoimisessa hiekkapuhalluksessa prosessi ei vaadi paineilmaa. Sinkopuhalluksessa käytetään yleensä metallirakeita tai jotain muuta paremmin kierrätettävää materiaalia kuin hiekka. (Heston, 2013)

Rakeiden nopeudella ja koolla voidaan vaikuttaa puhdistuksen voimakkuuteen ja pintajännityksien muodostumiseen. Ohut kappale tai esimerkiksi metallilevy, joka on vaikkapa vain millin vahvuinen, vääntyy käyttökelvottomaksi, jos se puhdistetaan samoilla parametreillä kuin jokin paksummasta materiaalista valmistettu kappale. (Heston, 2013)

4.2 Pinnanlaatu

Ongelmana sinkopuhalluksen käyttämisessä oli sen muodostama erilainen pinnanlaatu hiekkapuhallukseen verrattuna. Hiekkapuhalletussa pinnassa liiman tiedettiin pitävän, mutta sinkopuhallusta ei uskallettu käyttää ennen tutkimusta siitä, onnistuuko liimaus yhtä hyvin sinkopuhallettuun pintaan. Pinta kylmämuokkautuu enemmän sinkopuhalluksella kun taas hiekkapuhallus tekee pinnasta karhemman ja ns. avaa puhdistettavaa pintaa. Tämä voi vaikuttaa pohjamaalin tarttuvuuteen. Sinkopuhalluksessa voidaan kuitenkin käyttää erilaisia raesekoituksia, esimerkiksi pyöreiden kuulien ja kulmikkaiden rakeiden sekoitus on yleensä toimiva. (Heston, 2013)

5 KUMIN TESTAUS

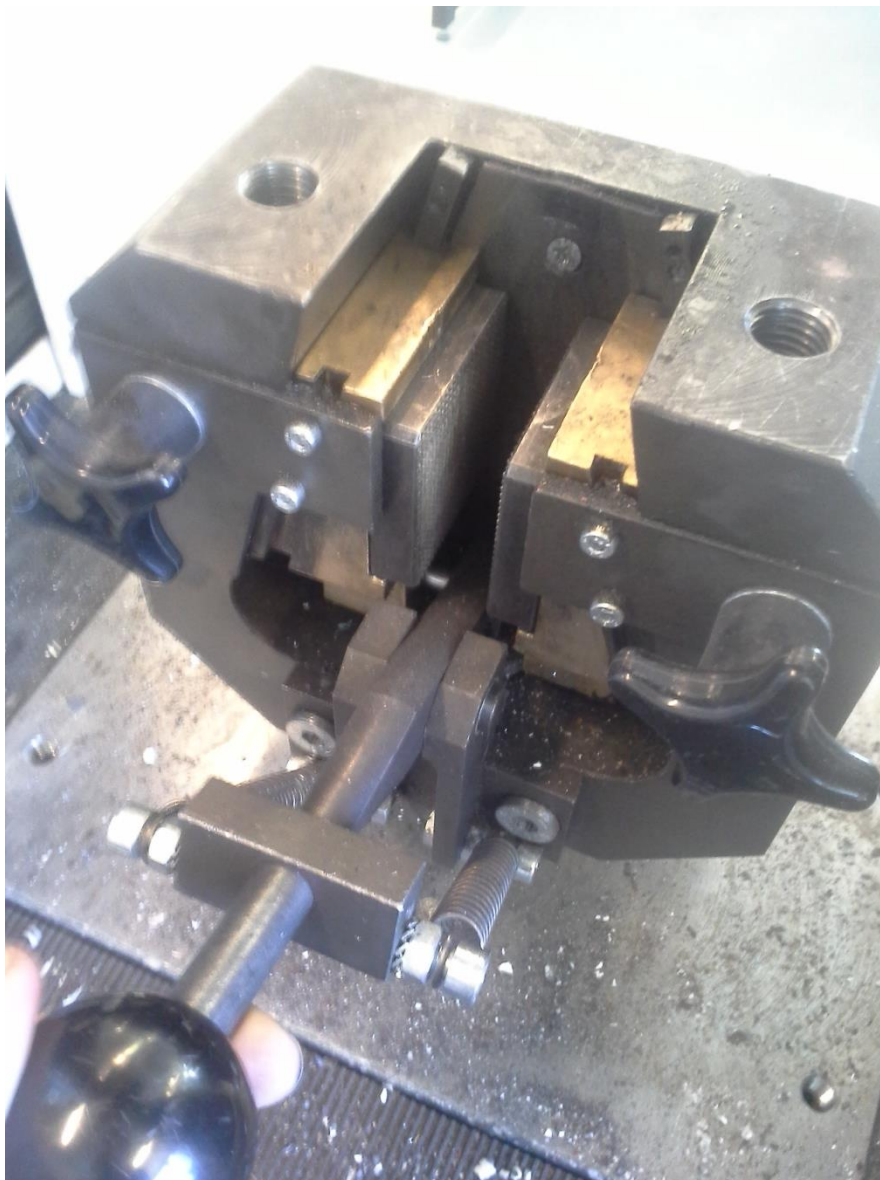
Tavoitteena oli etsiä kumin liimauksen ja vulkanisoinnin onnistumisen selvittävää testausmenetelmää työtä varten ja myöhemmin myös yrityksen käyttöön valmistussarjojen testaukseen.

Päädettiin tutkimaan kumin ja metallin rajapinnan repeytymistä, koska se vaikutti kriittisimmältä kohdalta rakenteessa. Kumi pitäisi saada vedettyä irti metallikappaleesta testiä varten. Tähän sopiva menetelmä löytyi standardista: SFS-ISO 813: Rubber, vulcanized or thermoplastic. Determination of adhesion to a rigid substrate. 90 degree peel method.

Standardi sisältää kaiken tarvittavan tiedon kumin liimautumisen testaamiseen, sekä malliesimerkin testauslaitteistosta. Tämän standardin pohjalta lähdettiin suunnittelemaan työssä käytettävää laitteistoa ja testiä.

5.1 Testilaitteisto

Standardin kuvaaman testin, jossa kumi vedetään irti 90 asteen kulmassa kappaleesta johon se on liimattu, ongelmana on saada veto pysymään mahdollisimman suorassa kulmassa sekä se miten elastinen kumi saadaan pysymään kiinni riittävän hyvin testin ajan. Kumia vedettäessä se venyy paljon ja tästä seuraa sen oheneminen, joten kiinteä puristus ei tulisi pitämään kumissa tarpeeksi hyvin. (SFS-ISO 813)

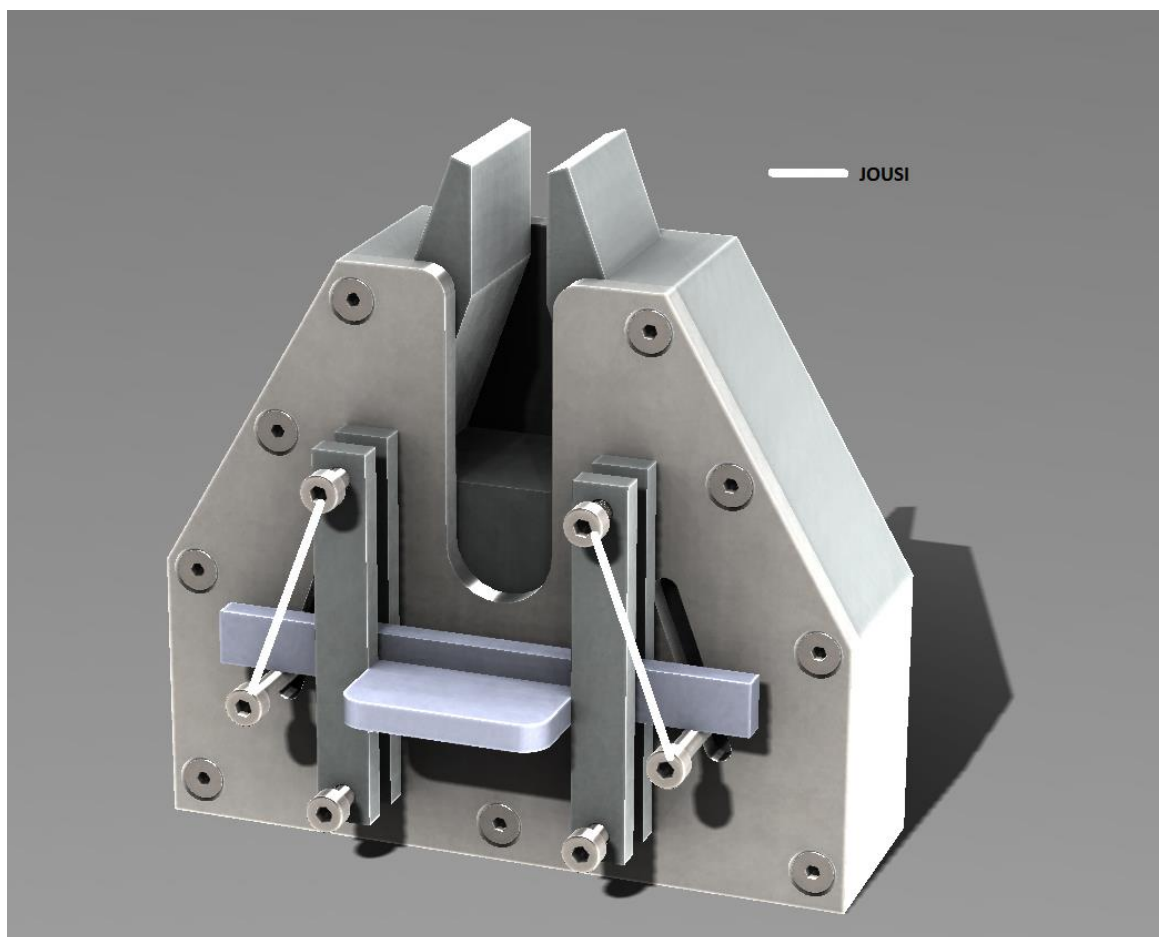


KUVA 5 Kiilapenkki (Perttu Hämäläinen, 2016.)

Erilaisten kiinnitysmenetelmien tutkimisen jälkeen parhaaksi osoittautui ns. kiilapenkki, (engl. wedge grip) (kuva 5) jossa puristusvoima kiinnitettyä materiaalia kohtaan kasvaa sitä mukaa kun kappaletta vedetään ulospäin penkistä. Tässä kiinnitystavassa penkin leuat ovat kiilamaiset ja liukuvat lähemmäs toisiaan. Leuat ovat myös jousikuormitteiset, joka helpottaa kappaleen kiinnittämistä. Savonia-ammattikorkeakoulun laboratoriossa oli valmiiksi olemassa tällainen kiinnitysmekanismi, joten suunniteltua penkkiä ei tarvita vasta kuin yrityksen tiloissa tapahtuvaa omaa testausta varten.

5.1.1 Kiilapenkin suunnittelu

Kiinnityslaitteet haluttiin valmistaa työtä varten itse, joten niiden suunnitteluun kului paljon aikaa. Valmiit kiilapenkit ovat liian monimutkaisia jotta ne voitaisiin valmistaa itse, joten laboratoriotason valmiiden kiinnitystapojen kanssa samalla tavalla toimivaa penkkiä ei kannattanut piirtää.

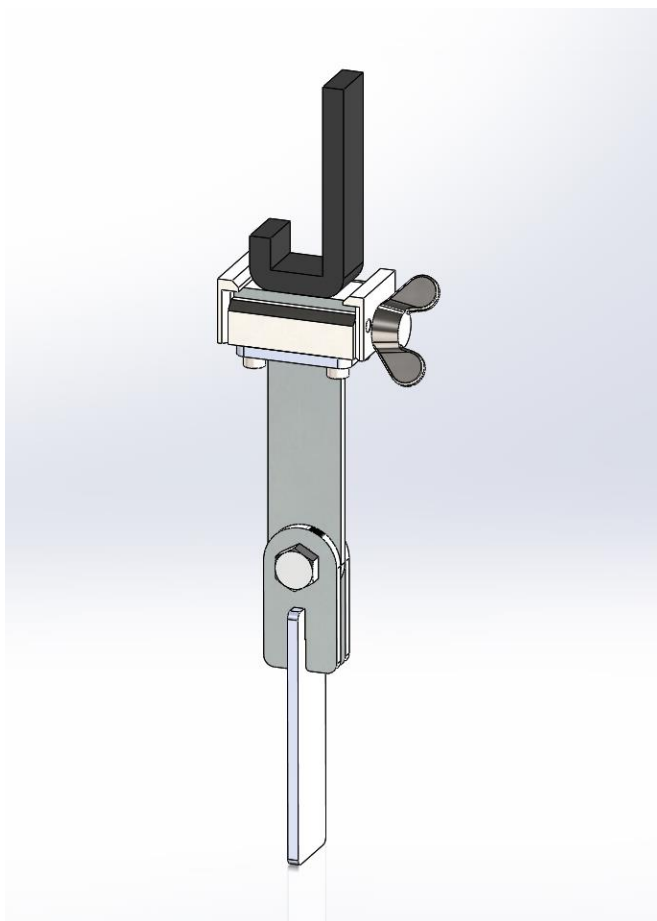


KUVA 64 Kiinnityslaite kumille (Perttu Hämäläinen, 2016.)

Suunnitellussa kiinnityslaitteessa kiinnitettiin erityistä huomiota valmistettavuuteen ja kustannuksiin. Valmistusta helpottaa muun muassa esikuormitusjousien sijoittaminen laitteen ulkopuolelle, kun yleensä ne ovat piilossa laitteen sisällä (kuva 6). Testausta varten laite kiinnitettäisiin pohjastaan tukevasti johonkin kiinteään kappaleeseen, esimerkiksi pöytään.

5.1.2 Latan kiinnitys

Testissä 25 mm leveä, ja 125 mm pitkä kumi liimattiin kiinni teräslattaan, joka on 5 mm paksu, 25 mm leveä ja 60 mm pitkä. Tämä latta tulee testin ajaksi saada kiinnitettyä siten, että kiinnitykset eivät haittaa testin suorittamista ja latta pysyy tukevasti paikoillaan.



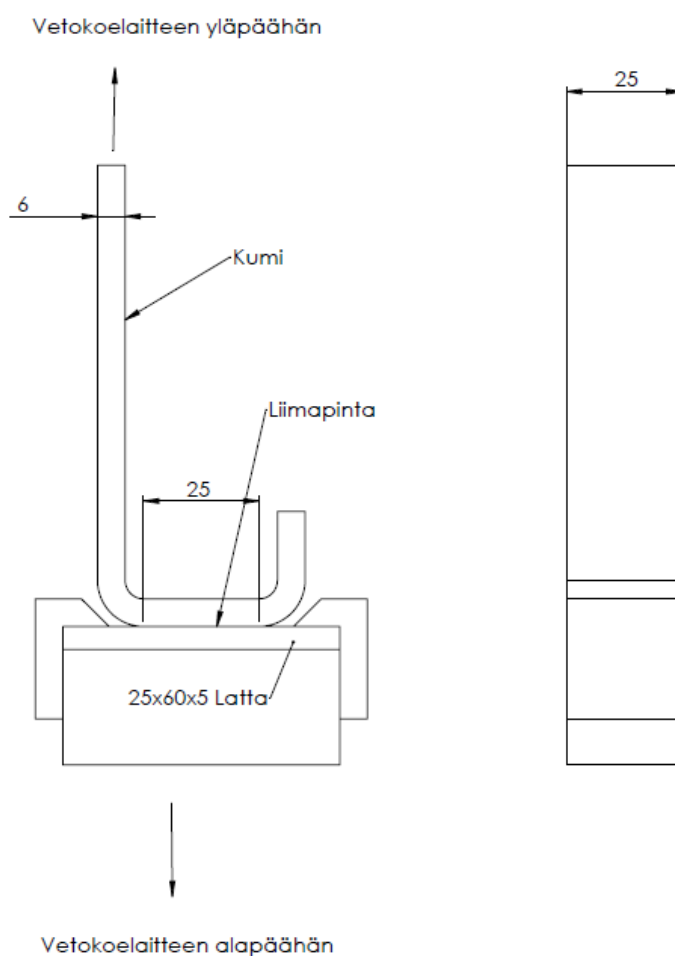
KUVA 7 Latan kiinnitys ja testikappale (Perttu Hämäläinen, 2016.)

Latan kiinnitykseen suunniteltiin standardin SFS-ISO 813 mallin mukaisesti yksinkertainen nivelletty kiinnitys, jolla pysyttäisiin tarpeeksi lähellä 90 asteen kulmaa vedon suunnan ja testikappaleen metallin pinnan välillä (kuva 7). Kiinnityspenkissä on kaksi leukaa, jotka liikkuvat ohjuritappien mukaan ja jotka kiristetään koko penkin läpi menevän ruuvien ja siipimutterin avulla. Kiinnityslaitteen toinen pää tulee kiinni normaaliin ruuvipenkkiin, joka koulun laboratorion vetokoelaitteessa on jo valmiina. Testissä käytettiin kiinnityslaitteesta hieman yksinkertaistettua, mutta toimintaperiaatteeltaan samanlaista versiota, joka oli nopeampi ja helpompi valmistaa. Suunniteltua kiinnitystä voitaisiin käyttää tulevaisuudessa yrityksen tiloissa tapahtuvaa laadunvalvontatestausta varten.

Vetokokeeseen käytettiin Savonia-ammattikorkeakoulun materiaalitekniikan laboratorion vetokoelaitetta. Testattavat kappaleet valmistettiin Moisio Forest Oy:n toimesta liitteenä olevien piirustuksien mukaan ja kappaleet testattiin Kuopiossa Savonia-ammattikorkeakoulun materiaalitekniikan laboratoriossa.

5.2 Testikappaleet

Standardi määrittelee, että kappaleen (kuva 8) tulee olla 6 mm paksu testattavalta alueelta ja sen tulee olla 125 mm pitkä ja 25 mm leveä. Tämä kumi tulee kiinnittää 25mm pitkältä ja 25 mm leveältä alueelta johonkin jäykkään kappaleeseen, tässä tapauksessa metallilattaan. Latta tulee kestää testin ajan vääntymättä ja sen tulee olla 25 mm leveä ja 60 mm pitkä. Liimausalue rajataan teippaamalla, niin että kumi ei tartu liimauksessa tai missään muussa vaiheessa metalliin kiinni muualta kuin tarkoitetulta alueelta. (SFS-ISO 813)



KUVA 8 Testin kokoonpano (Perttu Hämäläinen 2016.)



KUVA 9 Valmis testikappale, jossa kumi on liimattu metallilattaan (Perttu Hämäläinen, 2016.)

Varastossa oleva kumiraaka-aine oli kuitenkin vahvuudeltaan n. 10 mm, joten käytännön syistä testikappaleet valmistettiin käyttäen tätä kumia 6 mm vahvuisen sijaan. Testikappaleita valmistettiin 12 kappaletta erilaisin muunnoksien (kuva 9).

Testikappaleille tehtiin seuraavat pintakäsittelyt ja ne numeroitiin seuraavassa järjestyksessä:

1. Sinkopuhallus
2. Sinkopuhallus
3. Sinkopuhallus ja käsittely rasvanpoistajalla
4. Sinkopuhallus ja käsittely rasvanpoistajalla
5. Hiekkapuhallus ja käsittely rasvanpoistajalla
6. Hiekkapuhallus ja käsittely rasvanpoistajalla
7. Hiekkapuhallus
8. Hiekkapuhallus
9. Käsittely rasvanpoistajalla
10. Ei rasvanpoistajaa (ei pintakäsittelyä)
11. Pohjamaali ja embobor liima (väliaine puuttuu)
12. Pohjamaali ja embobor liima (väliaine puuttuu)

Testissä tutkitaan hiekkapuhalluksen ja sinkopuhalluksen eroja sekä pinnan puhdistamisen vaikutuksia liitoksen pysyvyyteen. Kappaleiden numero 9 ja 10 metallin pintaa ei puhdisteta mekaanisesti lainkaan

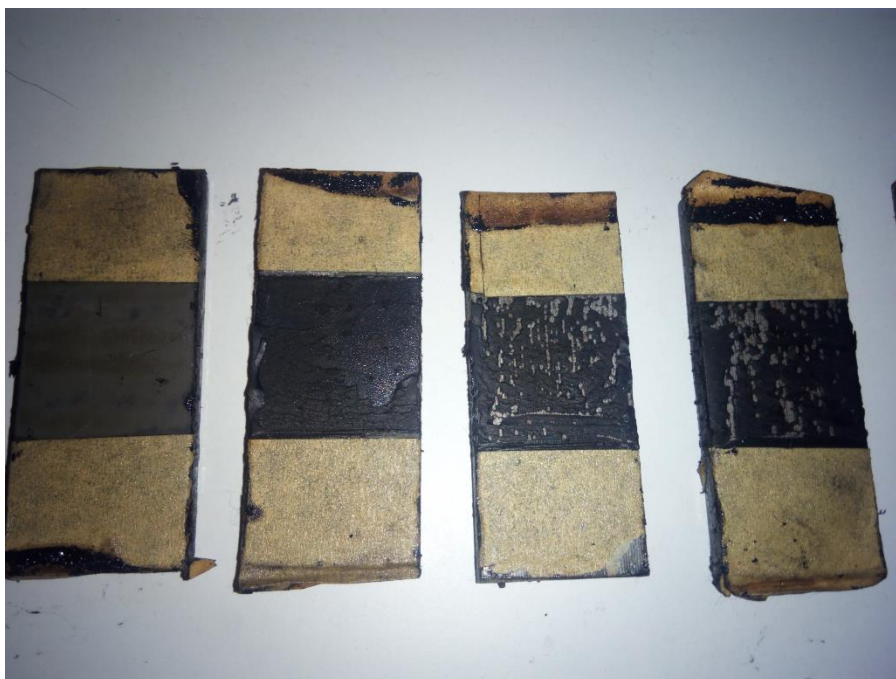
5.3 Testaus ja tulokset

Laitteisto testattiin Kuopiossa Savonia-ammattikorkeakoulun materiaalitekniikan laboratoriossa. Testiin käytettiin vetokoelaitetta, jossa oli valmiina kiilapenkki kumin kiinnitystä varten. Testin aloittamiseksi kiinnitettiin vain latta omavalmisteiseen kiinnitykseen vetokoelaitteen alapäähän ja kumi kiihlahtuvan kiinnityksen leukojen väliin koneen yläosassa. Testi suoritettiin nopeudella 50 mm/min. Testiä varten koneen siirtymärajoja piti kasvattaa huomattavasti, koska kumiset testuskappaleet venyvät paljon enemmän kuin tavallisesti käytettävät metalliset vetosauvat (kuva 10).



KUVA 50 Testilaitteisto ja testikappale paikoillaan (Perttu Hämäläinen 2016.)

Kolmannen testikappaleen testauksen aikana laitteesta loppui liikevara ja testi jouduttiin aloittamaan uudestaan samasta kohdasta pysähdyksen jälkeen, mutta tästäkin kappaleesta saatiin vertailukelpoinen mittaustulos loppuosalta.



KUVA 61 Latat joista kumi on vedetty irti (Perttu Hämäläinen, 2016.)

Kumin kiinnitys toteutettiin standardin ohjeiden mukaisesti. Ohjeen mukaan kumi tulee kiinnittää vapaasta päästään siten, että se ei pääse luistamaan eikä kiinnitys aiheuta kumin repeytymistä. Standardissa neuvottiin myös leikkaamaan kumin liimauskohtaa noin 1,5 mm matkalta terävällä veitsellä, jotta rikkoutuminen alkaisi heti kumin ja kiinnityskappaleen rajapinnasta. Tästä huolimatta testissä tapahtui suurimmaksi osaksi niin, että kumi repeytyi irti latasta ja jätti sen pintaan ohuen kerroksen kumia (kuva 11). Rikkoutumistavasta voidaan päätellä että kumin liimauksen lujuus oli vähintään riittävä kumin keston nähden. (SFS-ISO 813)

Joissain tapauksissa kumi irtosi osalta matkaa puhtaasti metallipinnasta kumin repeytymättä lainkaan. Irtoaminen on nähtävissä kuvan 11 vasemmassa reunimmaisena kappaleena puhtaana metallipintana. Kappaleiden välille ei kuitenkaan muodostunut eroja tarvittavassa voimassa riippumatta hajoamistavasta, joten puhdas irtoaminen on hyväksyttävää. Oheisessa taulukossa (taulukko 1) selvittää eri testikappaleiden rikkomiseen tarvittu maksimivoima sekä liitoksen lujuus. Standardissa ohjeistettiin selvittämään liimauksen lujuus, joka laskettiin suurimmasta voimasta jakamalla se testikappaleen leveydellä.

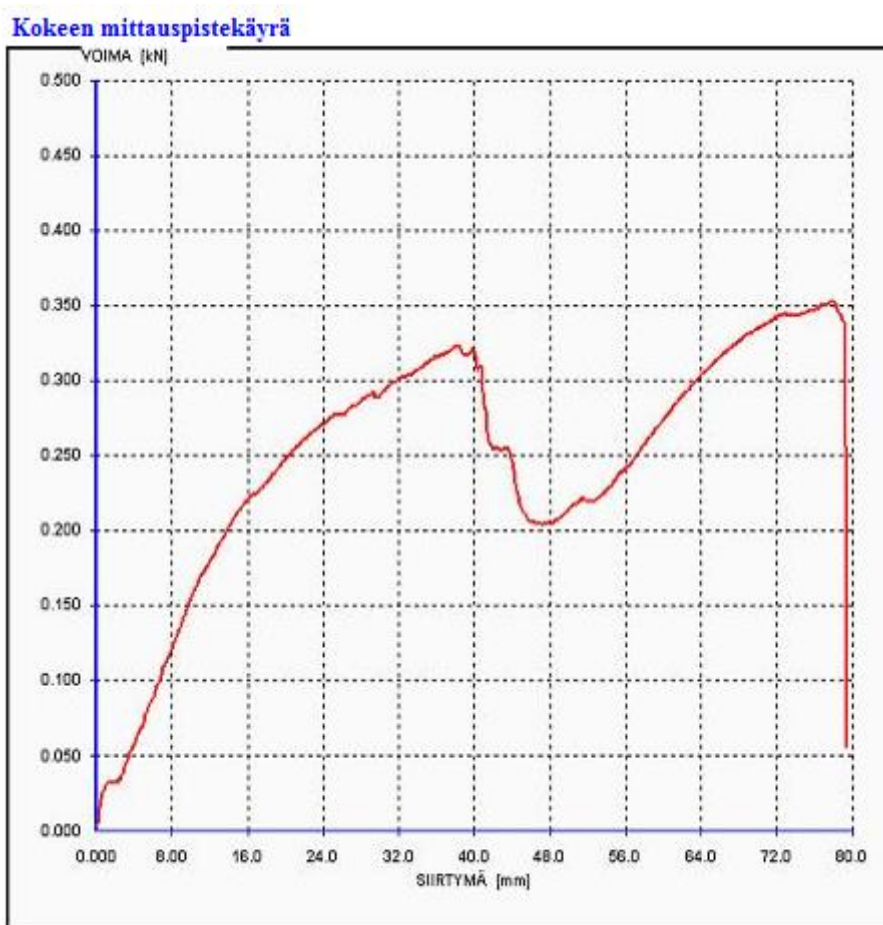
Orell pitää kriittisenä ehtona kumin ja metallin liitoksen onnistumiselle sitä, että rajapinnan lujuus tulee olla suurempi kuin kumin lujuus. Tämä ehto toteutuu hyvin testatuissa kappaleissa. Metallipinnan mekaanisella tai kemiallisella puhdistamisella ei ollut vaikutusta kappaleiden kestoon, mutta kuten Orell toteaa, on myös pintojen puhtaus eräs kriittinen ehto liitoksen pysyvyydelle, joten olosuhteiden ja ajan vaikutus johtaisi ennen aikaiseen hajoamiseen puhdistamattomissa kappaleissa.

TAULUKKO 1 Testikappaleiden lujuudet ja suurimmat mitatut voimat

Testikappale nro	Suurin voima (F _m , N)	Lujuus (R _m , N/mm ²)	Liimauksen lujuus (N/mm)
1	352	0,6	14,1
2	448	0,7	17,9
3	457	0,7	18,3
4	527	0,8	21,1
5	493	0,8	19,7
6	463	0,7	18,5
7	487	0,8	19,5
8	497	0,8	19,9
9	454	0,7	18,2
10	435	0,7	17,4
11	175	0,3	7,0
12	150	0,2	6,0

Tuloksista selviää myös että kaikissa normaalisti liimatuissa kappaleissa on liitoksen lujuus samaa suurusluokkaa. Vain puuttuvan väliaineen tapauksissa (testikappaleet numero 11 ja 12) oli suurin mitattu voima huomattavasti pienempi. Näissä kappaleissa kumi oli hyvin huonosti liimautunut ja lähti koko liimatun alueen matkalta latasta irti jättämättä lainkaan kumia metallin pintaan. Mielenkiintoista on myös, että pelkästään rasvanpoistajalla käsitelty sekä kokonaan käsittelemätön testikappale kestivät saman mitä mekaanisesti puhdistetut kappaleet.

Tarkemmat testitulokset ovat myös työn liitteenä. Näissä olevista mittauspistekäyristä näkyy kumin rikkoutumisen hetki selvästi.



KUVA 72 Testikappale numero 3:n mittauspistekäyrä jossa näkyy leikkuukohta (Perttu Hämäläinen 2016.)

Virhemarginaalia tulee standardin SFS-ISO 813 ohjeistuksen mukaisesta kumin leikkauksesta terävällä veitsellä metallipintaa myöten. Tällä yritettiin standardin mukaan varmistaa se, että kumi lähtisi mieluummin irtoamaan rajapinnasta eikä venymään ja rikkoutumaan, mutta mielestäni se haittasi enemmän testin luotettavuutta ja toimivuutta. Leikkauskohdat näkyvät myös mittauspistekäyrissä, esimerkiksi kappaleessa numero 3, 40 mm siirtymän kohdalla. (kuva 12)

Yrityksen saatua testitulokset se alkoi käyttää heti sinkopuhallinta vanteiden puhdistamiseen, joten työn tulos oli todella hyödyllinen.

6 YHTEENVETO

Tämän työn aiheena oli tutkia mahdollisuutta nopeuttaa syöttörullien valmistusprosessia ottamalla käyttöön sinkopuhallus uutena menetelmänä hiekkapuhalluksen tilalle. Tutkittavana oli kumin ja metallin liitos syöttörullan rakenteessa, koska sinkopuhalluksen pelättiin heikentävän liimauksen lujuutta. Työssä haluttiin myös parantaa laadunvarmistusta mahdollistamalla eräkohtainen testaus vulkanointivaiheen jälkeen.

Kumin ja metallin liimauksen kestävyden testaaminen osoitti, että pinnanlaadulla ei ole suurta merkitystä liimauksen onnistuvuuteen, mikäli liimauksessa noudatetaan oikeaa prosessia ja käytetään tarvittavia aineita. Testissä ei tullut ilmi pinnan puhtauden vaikutuksia liitoksen lujuuteen, mutta kuitenkin pintojen puhtaus on tärkeää liitoksen kestolle pidemmällä aikavälillä. Tämä todennäköisesti ilmenisi erilaisilla testeillä ajan ja mahdollisesti eri olosuhteiden funktiona.

Jatkossa yritys voi kuitenkin käyttää vanteiden puhdistamiseen sinkopuhallinta, mikä nopeuttaa valmistusprosessia ja toimitusnopeutta huomattavasti. Valmistuksen nopeutuminen myös laskee tuotteen valmistuskustannuksia.

Testissä ei käsitelty kahden kumikerroksen liitosta joka olisi saatu testattua muokkaamalla testikappale sellaiseksi, että siinä on kaksi kerrosta yhteen vulkanoitua kumia. Yrityksen tuotannossa käytävissä testikappaleissa näin tullaankin varmasti tekemään. Myös pidemmän ajan liimattuna ollutta kumia kannattaisi testata, jotta ajan vaikutukset tulisivat ilmi. Yrityksen kanssa keskusteltiin myös ajatuksesta altistaa testikappaleet eri olosuhteille tai kuumentaa testikappaleita. Tällöin simuloitaisiin tilannetta, jossa kumitettuun vanteeseen hitsataan keskiölevy. Syöttörullat myös altistuvat käytössä mahdollisesti hyvin kylmille lämpötiloille, joten pakastettujen testikappaleiden testaaminen olisi järkevää.

Yrityksen käyttöön suunnitellaan testauslaitteisto, jolla jokaisen tuotantoerän yhteydessä voidaan hajottaa testikappale laaduntarkkailua varten. Näin vältetään tilanteelta, jossa kumin liimaus on epäonnistunut ja syöttörullat palautuvat asiakkaalta.

Alustavan suunnitelman mukaan testilaitteisto koostuu paineilmakäyttöisestä sylinteristä, jolla saadaan sopivalla paineella aikaan hieman testien osoittaman suuruuden alle oleva voima. Tällä voimalla testikappaleen ei pitäisi hajota ja näin voitaisiin varmistua, että liimaus ja vulkanointi ovat onnistuneet, ilman voiman erillistä mittaamista ja siihen tarvittavia kalliita laitteita.

Tarkempaan laadunvalvontaan toki sopisi pieni vetokoelaitte, jolla voitaisiin tarkasti mitata kappaleen rikkomiseen tarvittava voima.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

CALLISTER, William D. Jr., RETHWICH, David G. 2010. Materials Science And Engineering 8th Edition.

HESTON, Tim 2013. The Fabricator. Saatavissa: <http://www.thefabricator.com/article/finishing/the-basics-of-wheel-blasting>

ORELL, Olli, Kumien ja metallin liitolla haastaviin kohteisiin 2015 [Seminaariluento]. Saatavissa: <https://www.tut.fi/ms/muo/kumi-instituutti/seminaarit/syksy2015/orell.pdf>

SFS-ISO 813: Rubber, vulcanized or thermoplastic -- Determination of adhesion to a rigid substrate -
- 90 degree peel method

MOISIO FOREST OY, 2016. Moipu Plate –rullat, Moisio Forest Oy historia. Saatavissa:
<http://www.moipu.com/lappurullat.html?lang=fi> <http://www.moipu.com/moisio-forest-oy.html?lang=fi>

LIITE 1: MITTAUSTULOKSET



KOETULOKSET



Vetokoeohjelma FMT-ProgSys 8.0 T/TCB

MATERTEST OY

Aineenkoetuslaitteet ja testaussynterijärjestelmät

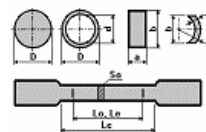
Koekappaleryhmän yleiset tiedot

Kumituksen testaus

90 degree peel method
18.03.2016Tilaus Kumituksen testaus
Erä 1
Koekappale 1
HuomKoestuspäivä 18.3.2016
Koestaja Perttu Hämäläinen

Syöttötiedot

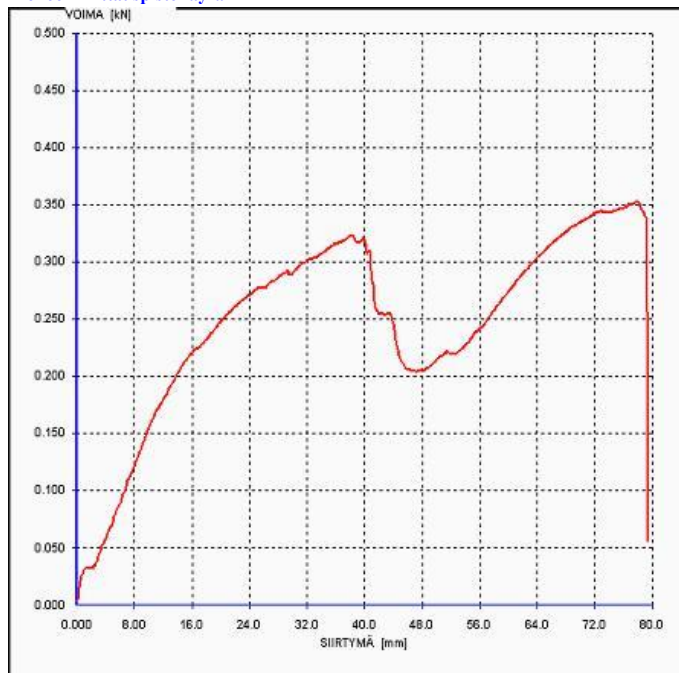
a	25,00	mm	Koepitus	Lc	100,00	mm
b	25,00	mm	Murtovenymä alkumittapitus	Lo	50,00	mm
D	10,00	mm	loppumittapitus	Lu	0,00	mm
d	0,00	mm	Venymäanturi alkumittapitus	Le	0,00	mm
Pinta-ala	So	625,00	Koekappaleen loppuhalkaisia	Du	0,00	mm



Lopputulokset

Suurin voima	Fm	0,352	kN	Kimmokerroin	E	2	10 ³ N/mm ²
Lujuus	Rm	0,6	N/mm ²	Korrelaatio		0,99	
Alempi myötöraja	ReL	0,1	N/mm ²	Venymisraja	Rp	0,00 %	0,0 N/mm ²
Ylempi myötöraja	ReH	0,1	N/mm ²	Venymisraja	Rp	0,00 %	0,0 N/mm ²
		0,000000		Venymisraja	Rp	0,00 %	0,0 N/mm ²
		0,000000		Koeaika		94,5	s
		0,000000		Murtovenymä	A	0,0	%
				Murtokuruuma	Z	0,0	%

Kokeen mittauspistekäyrä



**Koekappaleryhmän yleiset tiedot****Kumituksen testaus**

90 degree peel method

18.03.2016

Tilaus Kumituksen testaus

Erä 1

Koekappale 2

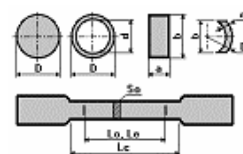
Huom

Koestuspäivä 18.3.2016

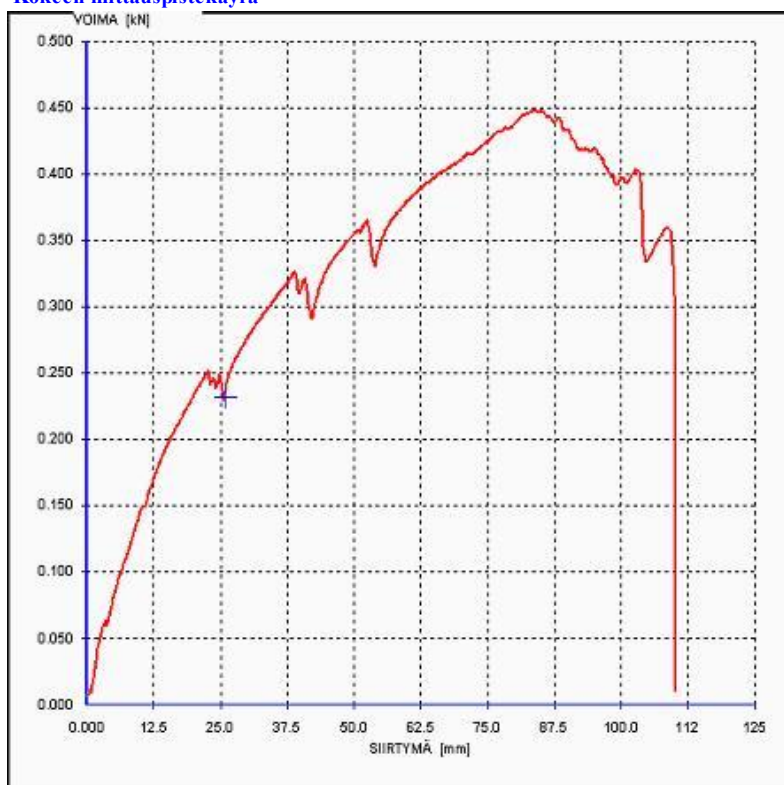
Koestaja Perttu Hämäläinen

Syöttötiedot

a	25,00	mm	Koepituus	Lc	100,00	mm	
b	25,00	mm	Murtovenymä alkumittapituus	Lo	50,00	mm	
D	10,00	mm	loppumittapituus	Lu	0,00	mm	
d	0,00	mm	Venymäanturi alkumittapituus	Le	0,00	mm	
Pinta-ala	So	625,00	mm	Koekappaleen loppuhalkaisia	Du	0,00	mm

**Lopputulokset**

Suurin voima	Fm	0,448	kN	Kimmokerroin	E	1	10 ³ N/mm ²
Lujuus	Rm	0,7	N/mm ²	Korrelaatio		0,92	
Alempi myötöraja	ReL	0,1	N/mm ²	Venymisraja	Rp	0,00 %	0,0 N/mm ²
Ylempi myötöraja	ReH	0,1	N/mm ²	Venymisraja	Rp	0,00 %	0,0 N/mm ²
		0,000000		Venymisraja	Rp	0,00 %	0,0 N/mm ²
		0,000000		Koeaika		101,8	s
		0,000000		Murtovenymä	A	0,0	%
				Murtokurouma	Z	0,0	%

Kokeen mittauspistekäyrä

**Koekappaleryhmän yleiset tiedot****Kumituksen testaus**

90 degree peel method

18.03.2016

Tilaus Kumituksen testaus

Erä 1

Koekappale 3

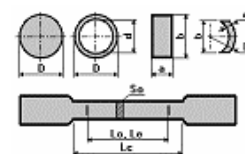
Huom

Koestuspäivä 18.3.2016

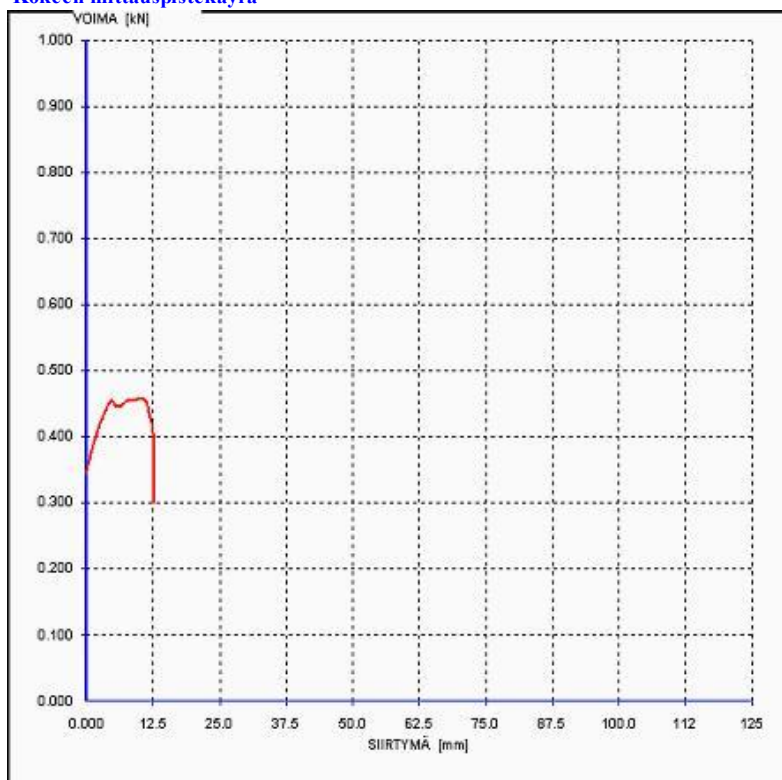
Koestaja Perttu Hämäläinen

Syöttötiedot

a	25,00	mm	Koepituus	Lc	100,00	mm	
b	25,00	mm	Murtovenymä alkumittapituus	Lo	50,00	mm	
D	10,00	mm	loppumittapituus	Lu	0,00	mm	
d	0,00	mm	Venymäanturi alkumittapituus	Le	0,00	mm	
Pinta-ala	So	625,00	mm ²	Koekappaleen loppuhalkaisia	Du	0,00	mm

**Lopputulokset**

Surin voima	Fm	0,457	kN	Kimmokerroin	E	4	10 ³ N/mm ²
Lujuus	Rm	0,7	N/mm ²	Korrelaatio		0,98	
Alempi myötöraja	ReL	0,0	N/mm ²	Venymisraja	Rp	0,00 % 0,0	N/mm ²
Ylempi myötöraja	ReH	0,0	N/mm ²	Venymisraja	Rp	0,00 % 0,0	N/mm ²
		0,000000		Venymisraja	Rp	0,00 % 0,0	N/mm ²
		0,000000		Koeaika		12,5	s
		0,000000		Murtovenymä	A	0,0	%
				Murtokuruuma	Z	0,0	%

Kokeen mittauspistekäyrä

**Koekappaleryhmän yleiset tiedot**

90 degree peel method

18.03.2016

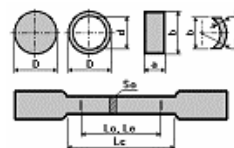
Tilaus Kumituksen testaus
Erä 1
Koekappale 4
Huom

Kumituksen testaus

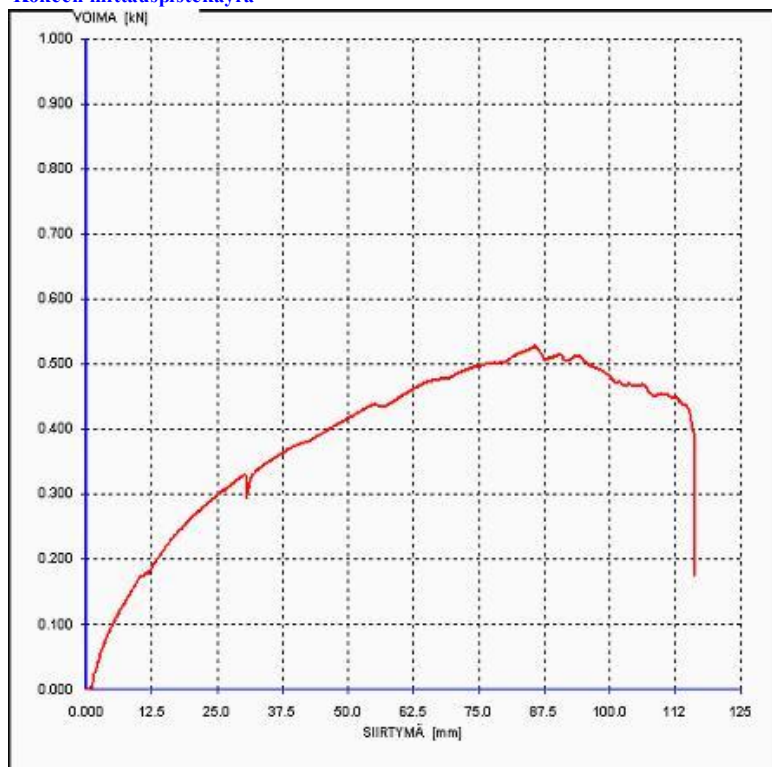
Koestuspäivä 18.3.2016
Koestaja Perttu Hämäläinen

Syöttötiedot

a	25,00	mm	Koepituus	Lc	100,00	mm
b	25,00	mm	Murtovenymä alkumittapituus	Lo	50,00	mm
D	10,00	mm	loppumittapituus	Lu	0,00	mm
d	0,00	mm	Venymäanturi alkumittapituus	Le	0,00	mm
Pinta-ala	So	625,00	Koekappaleen loppuhalkaisia	Du	0,00	mm

**Lopputulokset**

Suurin voima	Fm	0,527	kN	Kimmokerroin	E	1	10 ³ N/mm ²
Lujuus	Rm	0,8	N/mm ²	Korrelaatio		0,95	
Alempi myötöraja	ReL	0,3	N/mm ²	Veny misraja	Rp	0,00 % 0,0	N/mm ²
Ylempi myötöraja	ReH	0,3	N/mm ²	Veny misraja	Rp	0,00 % 0,0	N/mm ²
		0,000000		Veny misraja	Rp	0,00 % 0,0	N/mm ²
		0,000000		Koeaika		104,0	s
		0,000000		Murtovenymä	A	0,0	%
				Murtokouroma	Z	0,0	%

Kokeen mittauspistekäyrä

**Koekappaleryhmän yleiset tiedot****Kumituksen testaus**

90 degree peel method

18.03.2016

Tilaus Kumituksen testaus

Erä 1

Koekappale 5

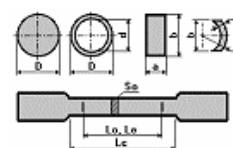
Huom

Koestuspäivä 18.3.2016

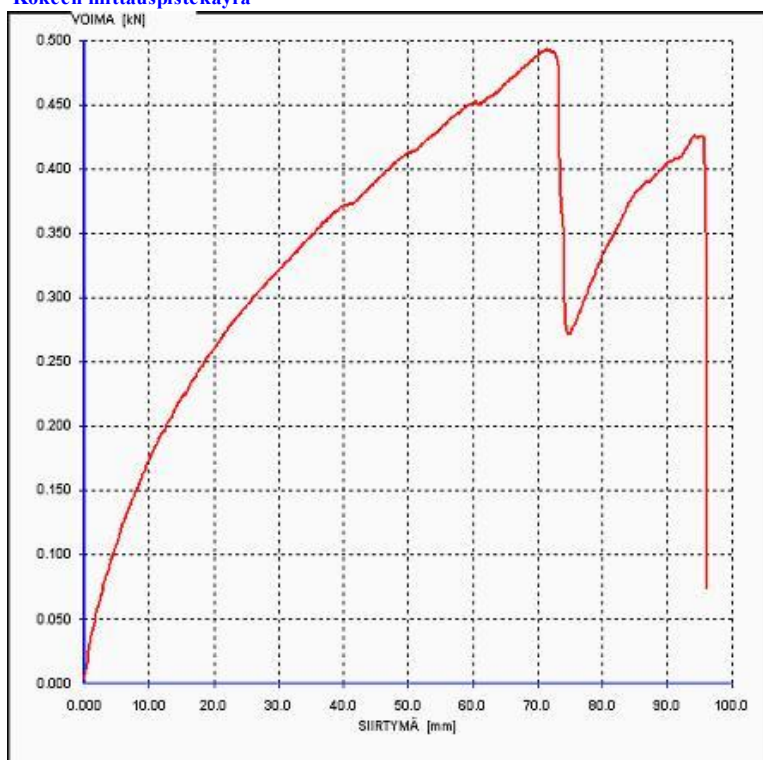
Koestaja Perttu Hämäläinen

Syöttötiedot

a	25,00	mm	Koepituus	Lc	100,00	mm
b	25,00	mm	Murtovenymä alkumittapituus	Lo	50,00	mm
D	10,00	mm	loppumittapituus	Lu	0,00	mm
d	0,00	mm	Venymäanturi alkumittapituus	Le	0,00	mm
Pinta-ala	So	625,00	Koekappaleen loppuhalkaisia	Du	0,00	mm

**Lopputulokset**

Suurin voima	Fm	0,493	kN	Kimmokerroin	E	1	10 ³ N/mm ²
Lujuus	Rm	0,8	N/mm ²	Korrelaatio		0,95	
Alempi myötöraja	ReL	0,6	N/mm ²	Venymisraja	Rp	0,00 % 0,0	N/mm ²
Ylempi myötöraja	ReH	0,6	N/mm ²	Venymisraja	Rp	0,00 % 0,0	N/mm ²
		0,000000		Venymisraja	Rp	0,00 % 0,0	N/mm ²
		0,000000		Koeaika		86,8	s
		0,000000		Murtovenymä	A	0,0	%
				Murtokuruuma	Z	0,0	%

Kokeen mittauspistekäyrä

**Koekappaleryhmän yleiset tiedot**

90 degree peel method

18.03.2016

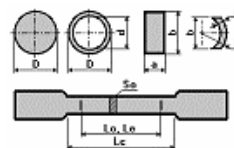
Tilaus Kumituksen testaus
Erä 1
Koekappale 6
Huom

Kumituksen testaus

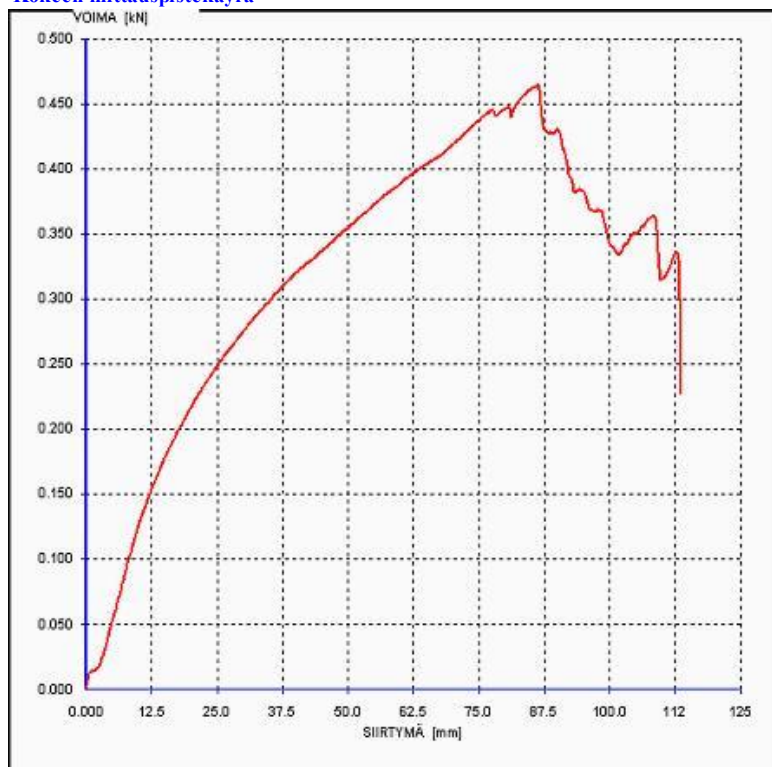
Koestuspäivä 18.3.2016
Koestaja Perttu Hämäläinen

Syöttötiedot

a	25,00	mm	Koepituus	Lc	100,00	mm
b	25,00	mm	Murtovenymä alkumittapituus	Lo	50,00	mm
D	10,00	mm	loppumittapituus	Lu	0,00	mm
d	0,00	mm	Venymäanturi alkumittapituus	Le	0,00	mm
Pinta-ala	So	625,00	Koekappaleen loppuhalkaisia	Du	0,00	mm

**Lopputulokset**

Suurin voima	Fm	0,463	kN	Kimmokerroin	E	1	10 ³ N/mm ²
Lujuus	Rm	0,7	N/mm ²	Korrelaatio		0,94	
Alempi myötöraja	ReL	0,0	N/mm ²	Veny misraja	Rp	0,00 % 0,0	N/mm ²
Ylempi myötöraja	ReH	0,0	N/mm ²	Veny misraja	Rp	0,00 % 0,0	N/mm ²
		0,000000		Veny misraja	Rp	0,00 % 0,0	N/mm ²
		0,000000		Koeaika		104,7	s
		0,000000		Murtovenymä	A	0,0	%
				Murtokouroma	Z	0,0	%

Kokeen mittauspistekäyrä

**Koekappaleryhmän yleiset tiedot****Kumituksen testaus**

90 degree peel method

18.03.2016

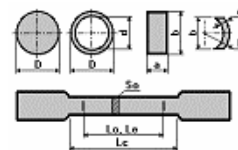
Tilaus Kumituksen testaus
Erä 1
Koekappale 7
Huom

Koestuspäivä 18.3.2016

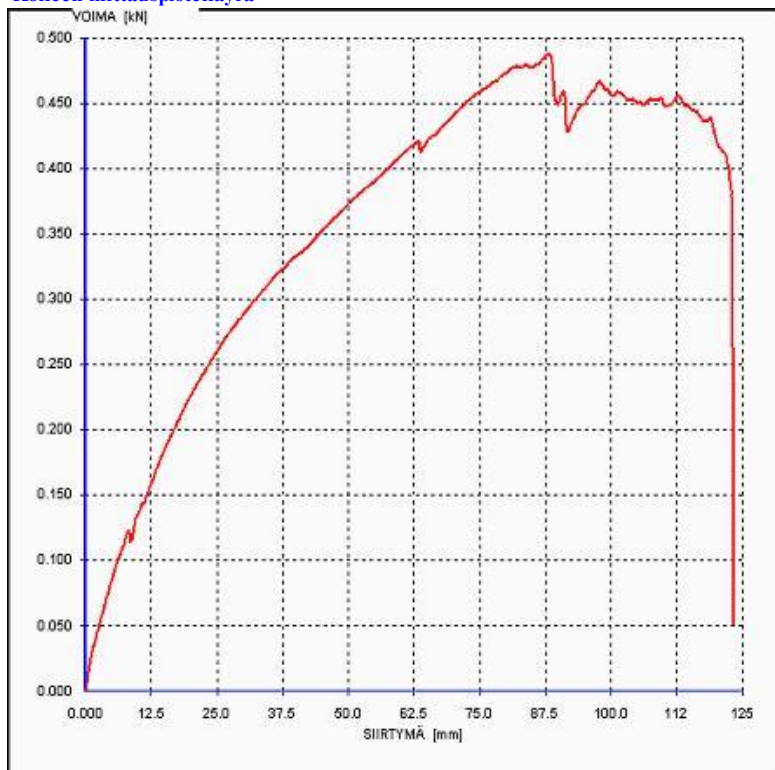
Koestaja Perttu Hämäläinen

Syöttötiedot

a	25,00	mm	Koepituus	Lc	100,00	mm
b	25,00	mm	Murtovenymä alkumittapituus	Lo	50,00	mm
D	10,00	mm	loppumittapituus	Lu	0,00	mm
d	0,00	mm	Venymäanturi alkumittapituus	Le	0,00	mm
Pinta-ala	So	625,00	Koekappaleen loppuhalkaisia	Du	0,00	mm

**Lopputulokset**

Suurin voima	Fm	0,487	kN	Kimmokerroin	E	1	10 ³ N/mm ²
Lujuus	Rm	0,8	N/mm ²	Korrelaatio		0,95	
Alempi myötöraja	ReL	0,2	N/mm ²	Venymisraja	Rp	0,00 % 0,0	N/mm ²
Ylempi myötöraja	ReH	0,2	N/mm ²	Venymisraja	Rp	0,00 % 0,0	N/mm ²
		0,000000		Venymisraja	Rp	0,00 % 0,0	N/mm ²
		0,000000		Koeaika		107,0	s
		0,000000		Murtovenymä	A	0,0	%
				Murtokouroma	Z	0,0	%

Kokeen mittauspistekäyrä

**Koekappaleryhmän yleiset tiedot****Kumituksen testaus**

90 degree peel method

18.03.2016

Tilaus Kumituksen testaus

Erä 1

Koekappale 8

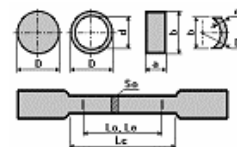
Huom

Koestuspäivä 18.3.2016

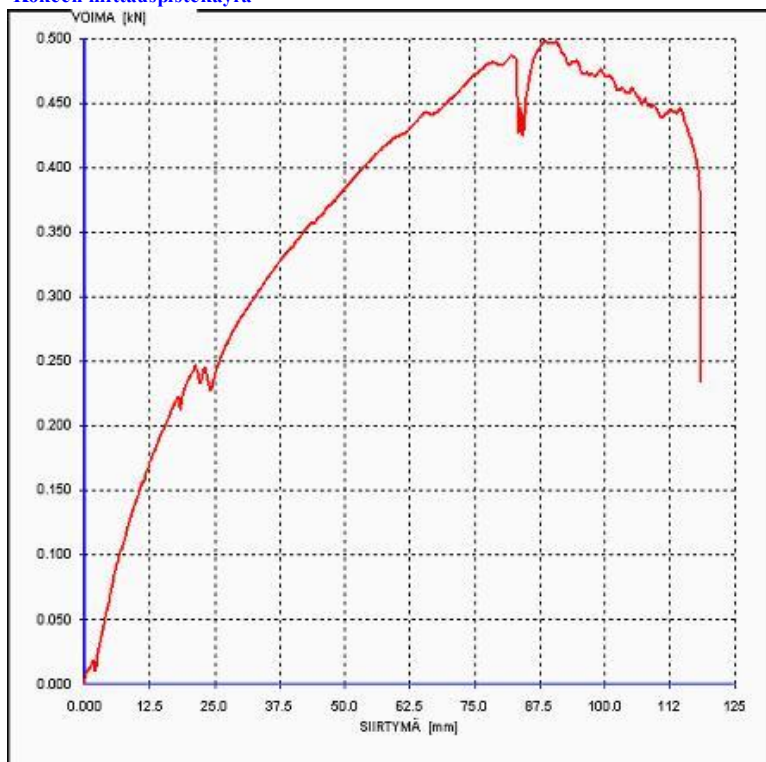
Koestaja Perttu Hämäläinen

Syöttötiedot

a	25,00	mm	Koepituus	Lc	100,00	mm
b	25,00	mm	Murtovenymä alkumittapituus	Lo	50,00	mm
D	10,00	mm	loppumittapituus	Lu	0,00	mm
d	0,00	mm	Venymäanturi alkumittapituus	Le	0,00	mm
Pinta-ala	So	625,00	Koekappaleen loppuhalkaisia	Du	0,00	mm

**Lopputulokset**

Suurin voima	Fm	0,497	kN	Kimmokerroin	E	1	10 ³ N/mm ²
Lujuus	Rm	0,8	N/mm ²	Korrelaatio		0,95	
Alempi myötöraja	ReL	0,2	N/mm ²	Venymisraja	Rp	0,00 %	0,0 N/mm ²
Ylempi myötöraja	ReH	0,0	N/mm ²	Venymisraja	Rp	0,00 %	0,0 N/mm ²
		0,000000		Venymisraja	Rp	0,00 %	0,0 N/mm ²
		0,000000		Koeaika		107,4	s
		0,000000		Murtovenymä	A	0,0	%
				Murtokurouma	Z	0,0	%

Kokeen mittauspistekäyrä

**Koekappaleryhmän yleiset tiedot****Kumituksen testaus**

90 degree peel method

18.03.2016

Tilaus Kumituksen testaus

Erä 1

Koekappale 9

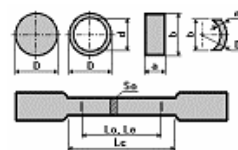
Huom

Koestuspäivä 18.3.2016

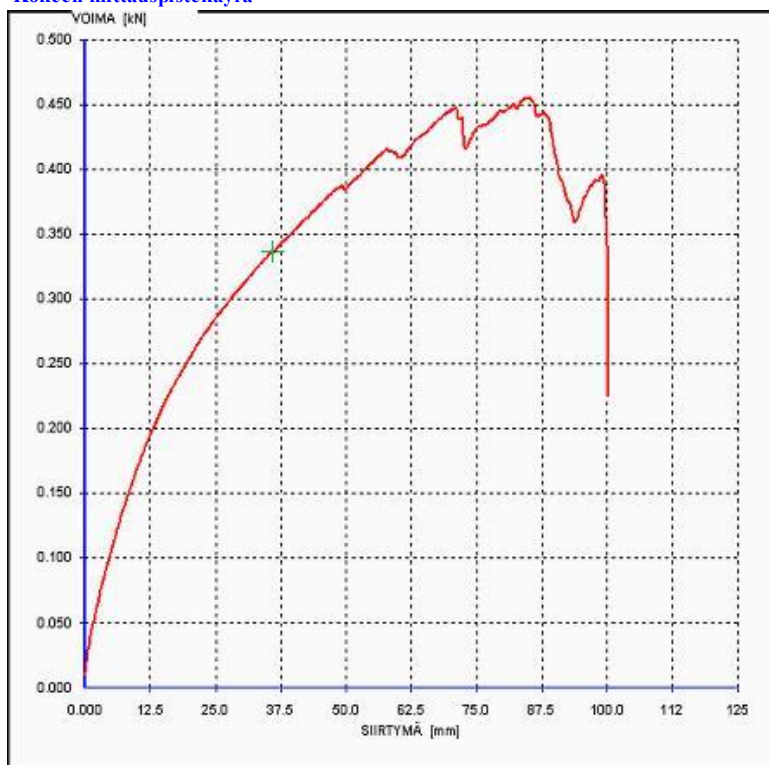
Koestaja Perttu Hämäläinen

Syöttötiedot

a	25,00	mm	Koepituus	Lc	100,00	mm	
b	25,00	mm	Murtovenymä alkumittapituus	Lo	50,00	mm	
D	10,00	mm	loppumittapituus	Lu	0,00	mm	
d	0,00	mm	Venymäanturi alkumittapituus	Le	0,00	mm	
Pinta-ala	So	625,00	mm ²	Koekappaleen loppuhalkaisia	Du	0,00	mm

**Lopputulokset**

Suurin voima	Fm	0,454	kN	Kimmokerroin	E	1	10 ³ N/mm ²
Lujuus	Rm	0,7	N/mm ²	Korrelaatio		0,94	
Alempi myötöraja	ReL	0,5	N/mm ²	Venymisraja	Rp	0,00 % 0,0	N/mm ²
Ylempi myötöraja	ReH	0,5	N/mm ²	Venymisraja	Rp	0,00 % 0,0	N/mm ²
		0,000000		Venymisraja	Rp	0,00 % 0,0	N/mm ²
		0,000000		Koeaika		103,2	s
		0,000000		Murtovenymä	A	0,0	%
				Murtokourouma	Z	0,0	%

Kokeen mittauspistekäyrä

**Koekappaleryhmän yleiset tiedot****Kumituksen testaus**

90 degree peel method

18.03.2016

Tilaus Kumituksen testaus

Erä 1

Koekappale 10

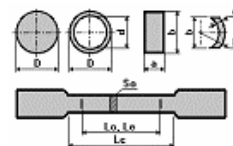
Huom

Koestuspäivä 18.3.2016

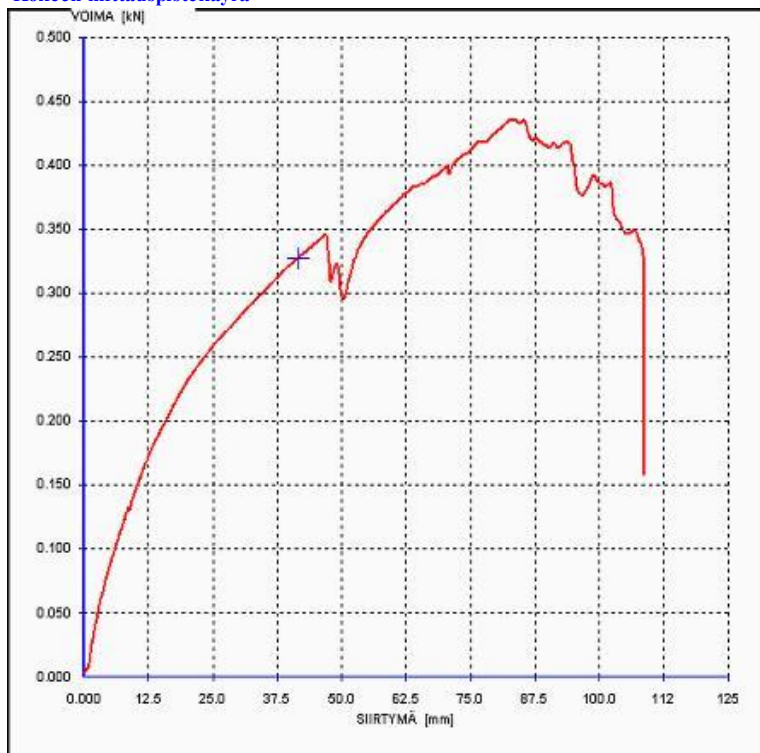
Koestaja Perttu Hämäläinen

Syöttötiedot

a	25,00	mm	Koepituus	Lc	100,00	mm	
b	25,00	mm	Murtovenymä alkumittapituus	Lo	50,00	mm	
D	10,00	mm	loppumittapituus	Lu	0,00	mm	
d	0,00	mm	Venymäanturi alkumittapituus	Le	0,00	mm	
Pinta-ala	So	625,00	mm ²	Koekappaleen loppuhalkaisia	Du	0,00	mm

**Lopputulokset**

Suurin voima	Fm	0,435	kN	Kimmokerroin	E	1	10 ⁹ N/mm ²
Lujuus	Rm	0,7	N/mm ²	Korrelaatio		0,89	
Alempi myötöraja	ReL	0,5	N/mm ²	Venymisraja	Rp	0,00 % 0,0	N/mm ²
Ylempi myötöraja	ReH	0,2	N/mm ²	Venymisraja	Rp	0,00 % 0,0	N/mm ²
		0,000000		Venymisraja	Rp	0,00 % 0,0	N/mm ²
		0,000000		Koeaika		101,4	s
		0,000000		Murtovenymä	A	0,0	%
				Murtokouroma	Z	0,0	%

Kokeen mittauspistekäyrä

**Koekappaleryhmän yleiset tiedot****Kumituksen testaus**

90 degree peel method

18.03.2016

Tilaus Kumituksen testaus

Erä 1

Koekappale 11

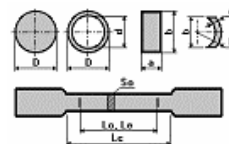
Huom

Koestuspäivä 18.3.2016

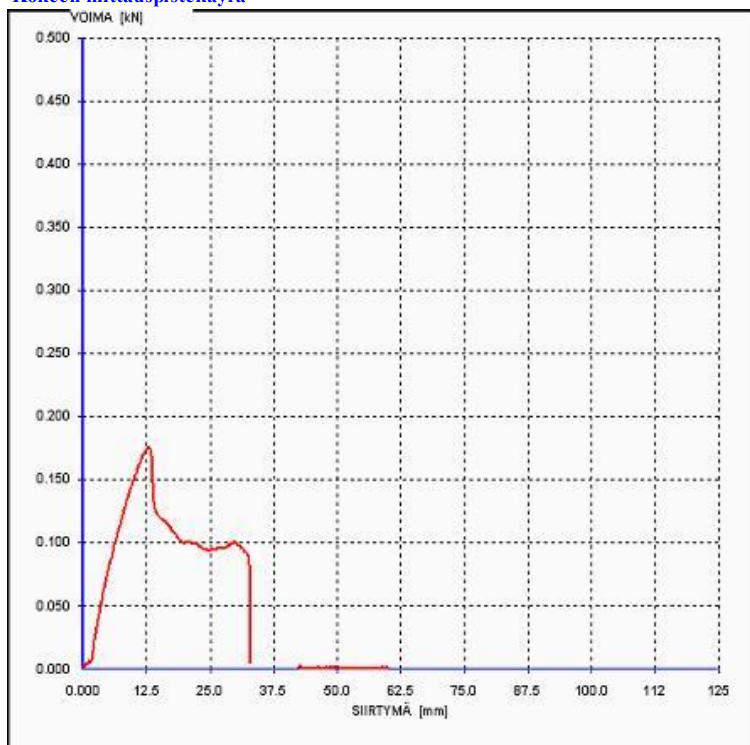
Koestaja Perttu Hämäläinen

Syöttötiedot

a	25,00	mm	Koepituus	Lc	100,00	mm
b	25,00	mm	Murtovenymä alkumittapituus	Lo	50,00	mm
D	10,00	mm	loppumittapituus	Lu	0,00	mm
d	0,00	mm	Venymäanturi alkumittapituus	Le	0,00	mm
Pinta-ala	So 625,00	mm ²	Koekappaleen loppuhalkaisia	Du	0,00	mm

**Lopputulokset**

Suurin voima	Fm	0,175	kN	Kimmokerroin	E	2	10 ³ N/mm ²
Lujuus	Rm	0,3	N/mm ²	Korrelaatio		0,98	
Alempi myötöraja	ReL	0,0	N/mm ²	Venymisraja	Rp	0,00 % 0,0	N/mm ²
Ylempi myötöraja	ReH	0,0	N/mm ²	Venymisraja	Rp	0,00 % 0,0	N/mm ²
		0,000000		Venymisraja	Rp	0,00 % 0,0	N/mm ²
		0,000000		Koeaika		16,0	s
		0,000000		Murtovenymä	A	0,0	%
				Murtokurouma	Z	0,0	%

Kokeen mittauspistekäyrä

**Koekappaleryhmän yleiset tiedot****Kumituksen testaus**

90 degree peel method

18.03.2016

Tilaus Kumituksen testaus

Erä 1

Koestuspäivä 18.3.2016

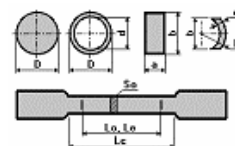
Koekappale 12

Koestaja Perttu Hämäläinen

Huom

Syöttötiedot

a	25,00	mm	Koepituus	Lc	100,00	mm
b	25,00	mm	Murtovenymä alkumittapituus	Lo	50,00	mm
D	10,00	mm	loppumittapituus	Lu	0,00	mm
d	0,00	mm	Venymäanturi alkumittapituus	Le	0,00	mm
Pinta-ala	So 625,00	mm ²	Koekappaleen loppuhalkaisia	Du	0,00	mm

**Lopputulokset**

Suurin voima	Fm	0,150	kN	Kimmokerroin	E	1	10 ³ N/mm ²
Lujuus	Rm	0,2	N/mm ²	Korrelaatio		0,38	
Alempi myötöraja	ReL	0,0	N/mm ²	Venymisraja	Rp	0,00 % 0,0	N/mm ²
Ylempi myötöraja	ReH	0,0	N/mm ²	Venymisraja	Rp	0,00 % 0,0	N/mm ²
		0,000000		Venymisraja	Rp	0,00 % 0,0	N/mm ²
		0,000000		Koeaika		11,6	s
		0,000000		Murtovenymä	A	0,0	%
				Murtokurouma	Z	0,0	%

Kokeen mittauspistekäyrä