

KARELIA AMMATTIKORKEAKOULU
Muovitekniikan koulutusohjelma

Anssi Tanskanen

ADHEESIO KAKSIKOMPONENTTIRUISKUVALUSSA

Opinnäytetyö
helmikuu 2013



OPINNÄYTETYÖ
Helmikuu 2013
Muovitekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
p. (013) 260 600 p. (013) 260 6906

Tekijä(t)
Anssi Tanskanen

Nimeke
Adheesio kaksikomponenttiruiskuvalussa

Toimeksiantaja
Perlos Oyj

Tiivistelmä

Opinnäytetyön aiheena oli adheesio tutkiminen kaksikomponenttiruiskuvalussa. Työ suoritettiin Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulun ruiskuvaluosastolla sekä mittauslaboratoriossa.

Tarkoituksena oli ruiskuvalaa annetuista materiaaleista kaksikomponenttitekniikkakappaleita, joille tehtäisiin vetokokeita, sekä testattaisiin repäisyjuuutta. Ennen kuin mitään testejä pystyi tekemään ja arvioimaan, täytyi ensin ymmärtää miten adheesio muodostuu ja miten siihen voidaan vaikuttaa.

Ensimmäisenä työssä on selvitetty perusteoriaa adheesiosta, monikomponenttitekniikasta ja mahdollisista materiaalivaatimuksista. Teoriaosion jälkeisessä osassa on selitetty taustatietoa ruiskuvalun suorituksesta, materiaaleista ja testausmenetelmistä.

Tulokset osiossa käy ilmi, miten vetokokeista saadut tulokset olivat asianmukaisia, mutta repäisytestejä saadut tulokset olivat suurimmalta osin epäonnistuneita, joka johtui testikappaleen huonosta suunnittelusta tämän kaltaiselle testaukselle ja elastisille materiaaleille.

Kieli
suomi

Sivuja
Liitteet
Liitesivumäärä

Asiasanat
adheesio, monikomponentti, ruiskuvalu, vetokoe



THESIS
February 2013
Degree Programme in plastics Engineering
Karjalankatu 3
FIN 80200 JOENSUU
FINLAND
Tel. 358-13-260 600

Author(s)

Anssi Tanskanen

Title

Adhesion in Multicomponent Injection Moulding

Commissioned by

Perlos Oyj

Abstract

The purpose of this thesis was to study adhesion in multicomponent injection moulding. It was carried out in the injection moulding department and measurement laboratory of North Karelia University of applied sciences.

The intention was to injection mould two-component test samples from the given materials and to make tensile and peel tests to them. Before any tests could be made or evaluated the theory of adhesion must be understood.

At first the basic theory of adhesion, multicomponent technology and material requirements was explained. Next the performing of injection moulding was analyzed and test methods were presented.

The results from the tensile tests were proper but most of the peel test results failed due to poor design of the test samples for this specific test method and for elastic materials.

Language

Finnish

Pages 34

Appendices

Pages of Appendices

Keywords

adhesion, multicomponent, injection moulding, tensile test

SISÄLTÖ

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | JOHDANTO | 5 |
| 2 | TEORIA | 5 |
| 2.1 | KAKSIKOMPONENTTIRUISKUVALU | 5 |
| 2.1.1 | Rotaatiolevymenetelmä | 6 |
| 2.1.2 | Indeksilevymenetelmä | 6 |
| 2.1.3 | Muottisiirtomenetelmä | 7 |
| 2.1.4 | Keernanvetomenetelmä | 8 |
| 2.1.5 | Kerrosrakennemenetelmä | 8 |
| 2.2 | ADHEESIO ELI TARTUNTA | 9 |
| 2.2.1 | Kostutus | 9 |
| 2.2.2 | Mekaaninen adheesio | 10 |
| 2.2.3 | Diffuusio | 11 |
| 2.2.4 | Materiaalien välinen vuorovaikutus | 11 |
| 2.2.5 | Johtopäätökset | 12 |
| 2.3 | RUISKUVALUASETUKSET | 13 |
| 3 | TYÖNSUORITUS | 14 |
| 3.1 | RUISKUVALU | 14 |
| 3.2 | MATERIAALIT | 15 |
| 3.2.1 | ER140 | 15 |
| 3.2.2 | Thermolast K TC4MGZ Black TPE | 15 |
| 3.2.3 | Noveon ESTANE GP85AE TPU | 15 |
| 3.2.4 | Sumito PE-bondfast | 16 |
| 3.2.5 | Santoprene 8291-55PA TPV | 16 |
| 3.2.6 | PP-GF20, musta | 16 |
| 3.2.7 | AD MAJORIS PP-GF20 | 16 |
| 3.2.8 | SEBS Shore40/Shore65 | 17 |
| 3.3 | TESTAUS | 17 |
| 3.3.1 | Vetokoe | 17 |
| 3.3.2 | Repäisykoe | 18 |
| 4 | MITTAUSTULOKSET | 19 |
| 4.1 | ER140 - THERMOLAST K TC4MGZ BLACK TPE | 19 |
| 4.2 | ER140 - NOVEON ESTANE GP85AE TPU | 22 |
| 4.3 | ER140 - SUMITO PE-BONDFAST | 23 |
| 4.4 | ER140 - SANTOPRENE 8291-55PA TPV | 24 |
| 4.5 | PP-GF20 – SEBS | 26 |
| 5 | TULOKSET | 31 |
| 6 | POHDINTA | 32 |
| 7 | LÄHTEET | 33 |

LIITTEET

| | |
|---------|---|
| Liite 1 | Repäisykoe tulokset – ER140 - PE-BF |
| Liite 2 | Repäisykoe tulokset – ER140 - Santoprene |
| Liite 3 | Repäisykoe tulokset – ER140 - Thermolast |
| Liite 4 | Repäisykoe tulokset – PP-GF20 - SEBS Shore 40 |
| Liite 5 | Repäisykoe tulokset – PP-GF20 - SEBS Shore 65 |
| Liite 6 | Repäisykoe tulokset – PP-GF20 Naturel - SEBS Shore 40 |
| Liite 7 | Repäisykoe tulokset – PP-GF20 Naturel - SEBS Shore 65 |

JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena oli tutkia ja mitata materiaalien tarttuvuutta toisiinsa kaksikomponenttiruiskuvalussa. Tarkoituksena oli ruiskuvalaa kaksikomponenttitestikappaleita Perlos Oyj:n sekä Puuru Oy:n lähettämistä materiaaleista. Testikappaleita ruiskuvalettiin muovitekniikan koulutusohjelman omistamalla kaksikomponenttiruiskuvalumuotilla. Osa testikappaleista leikattiin niin, että niiden sauman tartuntaa voitaisiin mitata vetokokeen avulla. Lisäksi mitattiin myös adheesion repäisylujuutta.

Tavoitteena oli saada aikaan onnistunut ruiskuvalu sekä testaus, sillä tämä työ oli ensimmäinen laatuaan tällä kyseisellä muotilla. Testausmenetelmät olivat sovellettuja menetelmiä, eivätkä olleet minkään standardin mukaisia. Tämän takia testikappaleiden kiinnitykselle piti keksiä omat kiinnitysmenetelmät veto-koelaitteeseen.

1 TEORIA

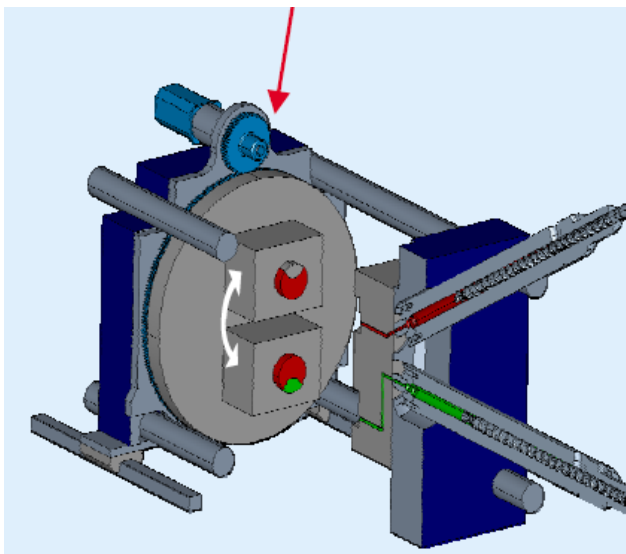
1.1 Kaksikomponenttiruiskuvalu

Kaksikomponenttiruiskuvalussa eli lyhyemmällä termillä 2K-ruiskuvalussa on kaksi vaihetta, joista ensimmäisessä ruiskuvaletaan tuotteen runko-osa, jonka jälkeen toisessa vaiheessa siihen ruiskuvaletaan lisäprofiili runko-osan päälle tai sen sisään. Ruiskuvaluvaiheita voi olla rajaton määrä, joten yleensä puhutaankin monikomponenttiruiskuvalusta.

Monikomponenttiruiskuvalulla saadaan tuotteisiin aikaan mm. useita eri värejä, elastisia kädensijoja, koteloihin ja korkeihin kumisia tiivisteitä, nivelliitoksia sekä paljon muuta. Esimerkkeinä näistä mm. autojen takavalot, lasten lelut, työkalut, mustekynät, korkit, vesitiiviit sähkölaiteiden kotelot ja niin edelleen.

1.1.1 Rotaatiolevymenetelmä

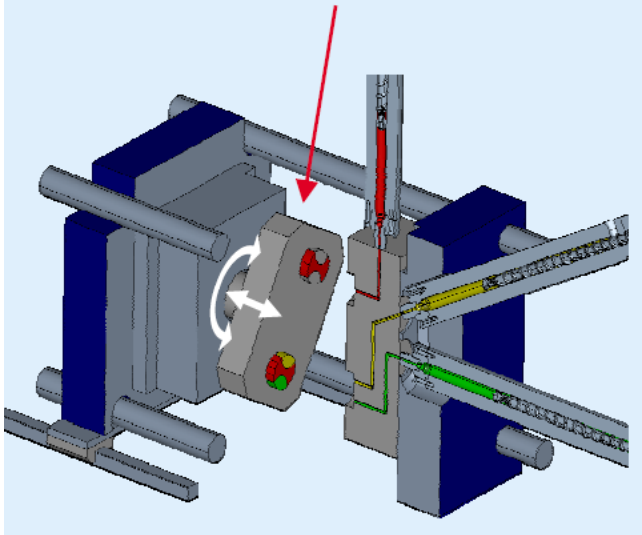
Tämä on kaikkein yleisin monikomponenttiruiskuvalutekniikka. Rotaatiolevy on ruiskuvalukoneessa liikkuvalla puolella oleva pyörivä levy johon muotti kiinnitetään. Laitte toimii niin, että ensin ruiskuvaletaan yksi isku ensimmäiseen pesään, jonka jälkeen muotti avautuu ja rotaatiolevy pyörähtää esim. 180 astetta ja muotti sulkeutuu ja vie ruiskuvaletun kappaleen uuteen muottipesään, johon ruiskutetaan uusi materiaali. (Battenfeld – Multicomponent technology 2005, 14 – 15.)



Kuva 1. Rotaatiolevy (Battenfeld – Multicomponent technology 2005, 15).

1.1.2 Indeksilevymenetelmä

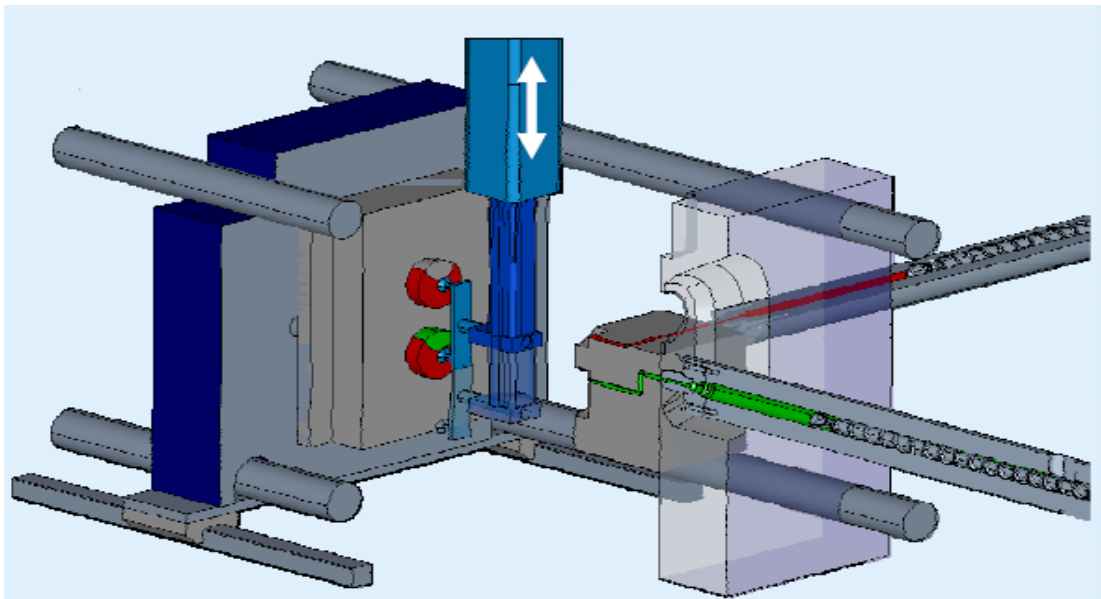
Periaate indeksilevytekniikassa on sama kuin rotaatiolevymenetelmässä, mutta indeksilevy on rakennettu itse muotin sisään eikä ruiskuvalukoneeseen. Indeksilevy toimii niin, että ruiskuvalukoneen ulostyöntömekanismi siirtää indeksilevyn ulos sen tukitapeista ja hydraulinen moottori kiertää levyn uuteen asentoon ja ulostyöntömoottori vetää sen takaisin tukitappien varaan, jonka jälkeen muotti on valmis uuteen iskuun. (Battenfeld – Multicomponent technology 2005, 23 – 24.)



Kuva 2. Indeksilevy (Battenfeld – Multicomponent technology 2005, 24).

1.1.3 Muottisiirtomenetelmä

Muottisiirtomenetelmässä ei ole minkäänlaisia pyöriä osia muotissa eikä ruiskuvalukoneessa. Tässä tapauksessa ensimmäiseksi ruiskuvaletaan alitusisku, jonka jälkeen muotti avautuu ja robotti tai tarttuja siirtää juuri valmistuneen kappaleen uuteen pesään, johon ruiskutetaan toinen materiaali. (Battenfeld – Multicomponent technology 2005, 27 – 28.)



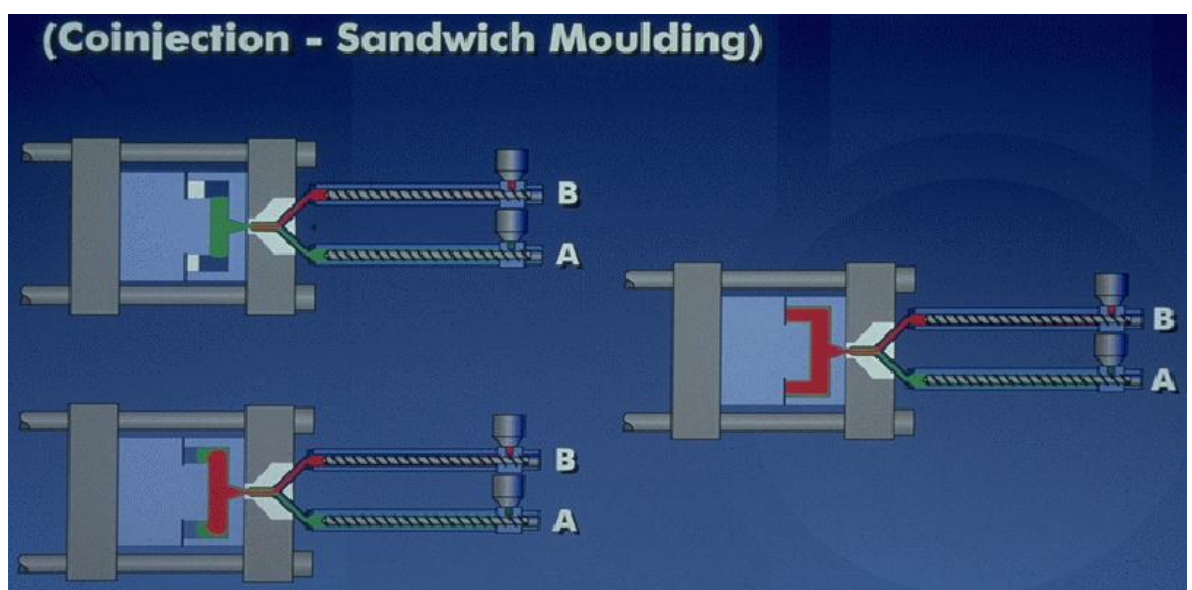
Kuva 3. Muottisiirtomenetelmä (Battenfeld – Multicomponent technology 2005, 28).

1.1.4 Keernanvetomenetelmä

Keernanvetotekniikka on erittäin edullinen tapa tehdä 2K-ruiskuvalua ja sitä käytetään paljon pienissä sarjoissa. Ensiksi ruiskuvaletaan ensimmäinen materiaali pesään, jonka jälkeen muotin sisällä oleva keerna vedetään ensimmäisen ja toisen pesän välistä hydraulisesti tai pneumaattisesti. Tämä tapahtuu ilman että muottia tarvitaan avata. (Battenfeld – Multicomponent technology 2005, 30 – 31.)

1.1.5 Kerrosrakennemenetelmä

Kerrosrakennemenetelmällä ruiskuvaletaan tuotteita, joissa on pintakerros ja sen sisällä toinen materiaali. Menetelmään tarvitaan ruiskuvalukone, jossa on kaksi ruiskutusyksikköä rinnakkain. Materiaalit ruiskutetaan saman portin kautta muottipesään. Ensiksi ruiskutetaan pintamateriaali muottipesään niin, että pesä ei tule täyteen. Seuraavaksi ydinmateriaali ruiskutetaan saman portin kautta pintamateriaalin sisään, muodostaen kaksikomponenttituotteen. Pintamateriaali on yleensä vain kosmeettinen materiaali ja kaikki tuotteen mekaaniset ominaisuudet ovat ydinmateriaalissa. (Battenfeld – Multicomponent technology 2005, 35 – 36.)



Kuva 4. Kerrosrakennetekniikka (Battenfeld – Co- injection 2005, 55).

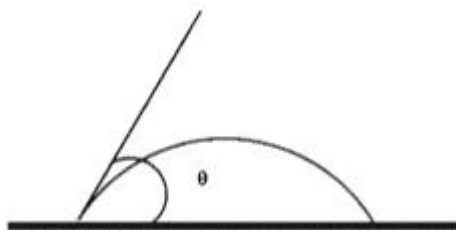
1.2 Adheesio eli tartunta

2K- ruiskuvalussa materiaalien adheesioon vaikuttaa monta eri tekijää. Materiaaleilla täytyy olla samankaltaiset mekaaniset ominaisuudet, kuten prosessointilämpötilat, kutistumat sekä jälkimmäisen iskun materiaalilla alhainen viskositeetti. On myös tärkeää että liitoskohdan pinta-ala on tarpeeksi suuri ja että pinnat olisivat kiinni mekaanisesti toisissaan. Eli toisin sanoen liitospinnan täytyy olla epätasainen ja kun uusi materiaali ruiskuvaletaan pinnalle se tunkeutuisi pinnan epätasaisuuksiin ja sitoisin materiaaleja entistä enemmän toisiinsa.

2K- ruiskuvalussa adheesiosta puhuttaessa muovien liittymiselle löytyy kolme eri tapaa: mekaaninen adheesio, diffuusio ja molekyylien välinen vuorovaikutus.

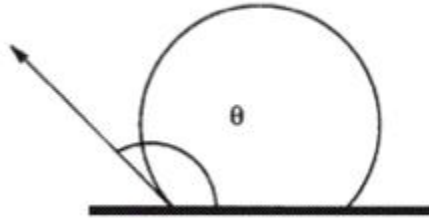
1.2.1 Kostutus

Ennen kuin mikään adheesioteorioita voisi toimia, olisi erittäin tärkeää että liitettävillä materiaaleilla olisi erittäin hyvä kontakti toisiinsa. Wetting eli suomenkielisenä nimeltään kostutus, tarkoittaa nesteen kykyä sitoutua kiinteän materiaalin pinnalle molekyylien välisten vuorovaikutusten avulla. Kostutusta voidaan mitata pisaran reunan tangentin ja kontaktipinnan välisen kulman avulla kuten kuvassa 5. (Brewis & Dahm 2005, 4.)



Kuva 5. Hyvä kostutus (Brewis & Dahm 2005, 4).

Kun kiinteän ja nestemäisen materiaalin välillä on hyvä vetovoima keskenään, kuvan 4 kulma θ lähestyy nollaa. Kun taas vetovoima on heikko voi kulma olla yli 90 astetta (Kuva 6). (Brewis & Dahm 2005, 4.)



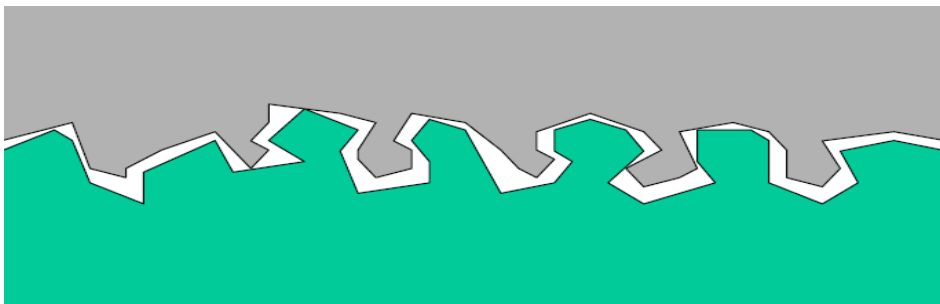
Kuva 6. Heikko kostutus (Brewis & Dahm 2005, 4).

Pisaran ja kiinteän pinnan välinen hyvä kostutus perustuu materiaalien pinta-energioihin. Jos halutaan saada aikaan hyvä kostutus, täytyy nestemäisen materiaalin pintaenergian olla pienempi kuin kiinteän materiaalin pintaenergian. Eli 2K-ruiskuvalussa ensiksi ruiskuvaletun kappaleen pintaenergian täytyy olla suurempi kuin jälkimmäisen. (Pocius 2002, 147.)

1.2.2 Mekaaninen adheesio

Mekaaninen adheesio voidaan saada aikaan kekseliään muottisuunnittelun avulla. Suunnitellaan liitospinnat niin, että materiaalit ovat lukittuneet toisiinsa esim. rivoituksen avulla siten, että ne eivät voi liukua mihinkään suuntaan.

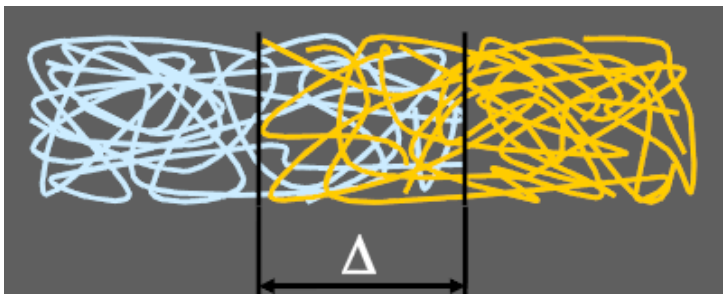
Lisäksi mekaanista adheesiota voi tapahtua täysin suorilla liitospinnoilla, jolloin jälkimmäisellä iskulla ruiskutettu materiaali tunkeutuu liitospinnan huokosiin muodostaen adheesiota (Kuva 7). Tosin tässä tapauksessa jälkimmäisen iskun materiaalilla täytyy olla erittäin alhainen viskositeetti ja huokosten pitää olla erittäin pieniä halkaisijoiltaan, jotta materiaali pystyisi tunkeutumaan huokosen pohjalle asti, poistaen matkallaan ilman pois. (Pocius 2002, 144.)



Kuva 7. Mekaaninen lukkiutuminen (Lahtinen, 2006, 10).

1.2.3 Diffuusio

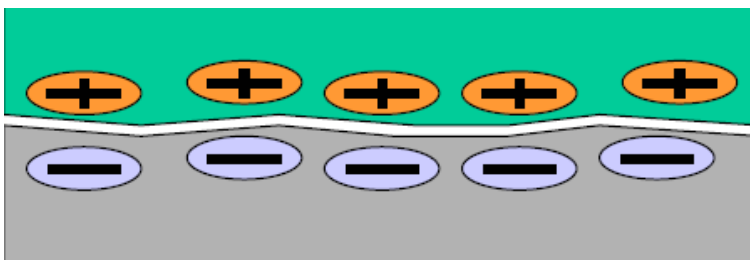
Diffuusiosta puhuttaessa käytetään myös termiä ”autoheesio”. Yleensä diffuusiota tapahtuu kun kahta samaa materiaalia liitetään toisiinsa. Kun nämä materiaalit tuodaan yhteen suhteellisen korkean lämmön ja paineen alaisena polymeeriketjujen päät ylittävät materiaalien välisen rajapinnan muodostaen liitoskohtaan sekoituksen kumpaankin materiaalia (Kuva 8). Diffuusiossa materiaalien tarttuminen toisiinsa on niin hyvä, että rajapintaan ei muodostu minkäänlaisia jännityksiä saaden aikaan erinomaisen liitoksen. (Brewis & Dahm 2005, 5.)



Kuva 8. Diffuusio- tapauksen rajapinta (Kunststoff institut – Fundamentals of multicomponent technology 2005, 4).

1.2.4 Materiaalien välinen vuorovaikutus

Materiaalit voivat liittyä toisiinsa kemiallisin sidoksain. Kahden atomin tai molekyylin välille voi syntyä kovalenttinen sidos materiaalien rajapinnassa joka pitää materiaalit yhdessä (Kuva 9). Kovalenttisessä sidoksessa kaksi atomia tai molekyyliä jakaa elektroniparin keskenään saaden aikaan sähkömagneettista vetovoimaa joka pitää sidosta kasassa. (Pocius 2002, 151)



Kuva 9. Staattinen sähkökenttä joka edesauttaa adheesiota (Lahtinen, 2006, 11).

1.2.5 Johtopäätökset

Haluttaessa hyvä tarttuvuus 2K-ruiskuvalussa on materiaalit valittava niin, että ne diffuusioituvat keskenään tai niin, että ne kostuvat hyvin toisiinsa, josta seuraa kemiallista tai staattista adheesiota. Lisäksi on suotavaa, että liitos pintaan syntyy mekaanista lukkiutumista ja tämä saadaan aikaan valitsemalla jälkimäisen iskun materiaaliksi matalaviskoosinen muovimateriaali. Seuraavissa kuvissa on kaksi taulukkoa (Kuvat 10 ja 11), joista näkee hyvät materiaaliparit ja niiden välisen sidoksen arvioidun kestävyuden.

| | ABS | ASA | CA | PA 6 | PA 6.6 | PA-Blend | PBT/PC | PC | PC/ABS | PC/PBT | PC/PET | PE | PETP | PMMA | POM | PP | PPO | PS | SAN | TPE/TPU | |
|----------|-----|-----|----|------|--------|----------|--------|----|--------|--------|--------|----|------|------|-----|----|-----|----|-----|---------|---|
| ABS | △ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | □ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | □ | □ |
| ASA | ▲ | △ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | □ |
| CA | ▲ | ▲ | △ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | □ |
| PA 6 | ▲ | ▲ | ▲ | △ | △ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | □ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | □ |
| PA 6.6 | ▲ | ▲ | ▲ | △ | △ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | □ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | □ |
| PA-Blend | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | △ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | □ |
| PBT/PC | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | △ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | □ |
| PC | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | △ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | □ |
| PC/ABS | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | △ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | □ |
| PC/PBT | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | □ |
| PC/PET | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | □ |
| PE | □ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | □ |
| PETP | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | □ |
| PMMA | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | □ |
| POM | □ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | □ |
| PP | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | □ |
| PPO | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | □ |
| PS | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | □ |
| SAN | □ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | □ |
| TPE/TPU | □ | □ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | △ |

no bonding
 limited bonding
 good bonding
 very good bonding

Kuva 10. Kestomuovien adheesio-ominaisuudet (Battenfeld – Multicomponent technology 2005, 12).

| | TPE-polyamide-bases | TPE-polyester-elastomers | TPE-polyolefin-bases | TPE-styrene-bases | TPE-thermo-plastic polyurethanes | TPE-adhesion-modified grades |
|----------|---------------------|--------------------------|----------------------|-------------------|----------------------------------|------------------------------|
| ABS | ■ | □ | ■ | ■ | ▲ | △ |
| ASA | | ▲ | | | ▲ | |
| CA | | | | | | ▲ |
| PA 6 | △ | | ■ | ■ | ▲ | △ |
| PA 6.6 | △ | | | ■ | ▲ | △ |
| PA-Blend | △ | | □ | □ | | △ |
| PBTP | ■ | □ | | ▲ | ■ | △ |
| PC | ■ | □ | ■ | □ | ▲ | △ |
| PC/ABS | ■ | □ | ■ | □ | ▲ | △ |
| PC/PBT | ■ | □ | ■ | □ | ▲ | △ |
| PC/PET | ■ | □ | ■ | □ | ▲ | △ |
| PE | ■ | | □ | □ | | ▲ |
| PETP | ■ | | | | | ▲ |
| PMMA | | | | □ | □ | ▲ |
| POM | ■ | | | | ▲ | ▲ |
| PP | ■ | ■ | | ▲ | | △ |
| PPO | ■ | | | | | ▲ |
| PS | ■ | ■ | ■ | | | △ |
| SAN | ■ | | | | ▲ | △ |

■ no bonding

□ limited bonding

▲ good bonding

△ very good bonding

Kuva 11. Kova – pehmeä parin adheesio-ominaisuudet (Battenfeld – Multicomponent technology 2005, 13).

1.3 Ruiskuvalusetukset

Ruiskuvallettaessa 2K-tuotetta kaikkein tärkeintä on saada ensimmäiseksi ruiskuvalletun kappaleen lämpötila muotin sisällä mahdollisimman suureksi ennen kuin ruiskuvaletaan toinen isku, koska mitä suurempi lämpötila tartuntapinnassa sitä paremmin kappaleet tarttuvat toisiinsa. Tämä saadaan aikaan asettamalla ruiskutusyksikön lämmöt mahdollisimman korkealle ja muotin lämmöt ylös. Täytyy myös huomioida, että liian korkeat suutinlämpötilat voivat olla haitallisia joillekin muoveille varsinkin jos ruiskuvalukone on seisahduksissa pitkän aikaa. Lisäksi korkea ruiskutusnopeus ja -paine nostaa sulan lämpöjä suuren molekyylien välisen kitkan ansiosta. Ruiskutusnopeutta ja -painetta nostettaessa on syytä lisätä muotin sulkuvoimaa, koska muuten tuotteeseen voi ilmestyä purseita. Materiaalien kuivatus on myös tärkeää, koska kostea materiaali heikentää adheesiota, joten on tärkeää kuivata raaka-aineet jotka ovat kosteudelle alttiita.

2 TYÖNSUORITUS

2.1 *Ruiskuvalu*

Ruiskuvalussa käytettiin Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulun muovitekniikan koulutusohjelman ruiskuvaluhallissa sijaitsevaa KraussMaffei 80-160/55 Cz-HV 2K ruiskuvalukonetta, jolla pystyi ruiskuvalamaan vaaka- ja pystyruiskutusyksiköillä. Muottina oli koulun oma 2K-muotti, jolla sai valettua 2K-testikappaleita. Muotti toimii niin, että ensimmäinen isku tapahtuu vaakaruisutusyksiköllä, jolla yleensä valetaan kova-pehmeä materiaaliparin kova materiaali. Ensimmäisen iskun ja jäähdytysajan jälkeen muotti avautuu 100mm ja erikoiskeernanvetohjelma vetää liikkuvan puolen muottipesät vaakatasossa uuteen asemaan, jonka jälkeen muotti sulkeutuu ja pystyruiskutusyksikkö ruiskuttaa seuraavan iskun pehmeää materiaalia. Viimeisenä tulee jäähdytysaika, jonka jälkeen muotti avautuu ja kappaleet ulostyönnetään muotista ja muotti on jo valmis seuraavaan iskuun.

Ongelmia ruiskuvalussa tuli mm. ulostyönön yhteydessä, koska elastisen materiaalin valukanavistolle ei ollut ollenkaan ulostyöntäjiä, joten koko tuote jäi aina iskun jälkeen kiinni muottiin joka nosti jaksonaikaa, koska kappaleet piti poistaa manuaalisesti muotin välistä. Lisäksi pehmeän materiaalin ruiskuvalussa tuli suhteellisen paljon purseita ja jos yritetään laskea ruiskutuspainetta tai nopeuttaa, niin kappale jäi usein vajaaksi ja tuli paljon imuja. Myöskin itse ruiskuvalukoneeseen tuli välillä ongelmia, kun materiaaleja vaihteli paljon pystyruiskutusyksikössä, alkoi ruuvien nieluun kasautua kovettunutta materiaalia, josta sitten irtosi välillä väärää materiaalia plastisointiin ja kappaleisiin tuli erilaisia värissävyjä. Tästä johtuen piti nielu puhdistaa muutamaaan otteeseen polttamalla ja repimällä kovettunut muovimöykky pois. Lisäksi itse muotista katkesi vesijäähdytysletku muutamaaan otteeseen, joka vei kohtuullisen paljon aikaa siivota ja korjata.

2.2 Materiaalit

Perlos Oyj oli lähettänyt ison lastauslavan eri muovimateriaaleja, joista piti testata adheesiota. Lisäksi sain testattavaksi Puuru Oy:n tilaaman suksenvoitelutelineen materiaaleja.

2.2.1 ER140

Tämä kyseinen materiaali on räätälöity polymeeri joka on oksastamalla tehty polyolefiinipohjainen muovi jolla on mm. erittäin hyvät antenniominaisuudet. Materiaalin on valmistanut Nippon Oil and Fat. Räätälöitynä polymeerinä kyseiselle materiaalille ei löytynyt ollenkaan tietoa, mistään lähteestä.

2.2.2 Thermolast K TC4MGZ Black TPE

Thermolast K:sta puhuttaessa tarkoitetaan aina Saksalaisen Kraiburg yrityksen valmistamaa hydrogenoitua styreeniblokkikopolymeeriä. Tällä kyseisellä termoplastisella elastomeerillä on hyvä adheesio moniin kestopuoveihin kuten ABS, SAN, ASA, PC, PC/PBT, PBT, PET, PETG ja PMMA.

TPE on kierrätettävä kertamuovi jonka ruiskuvalettavuus on samalla tasolla kuin kestopuoveilla ja jolla on erinomainen sään ja kemikaalien kesto. (Vienamo, 2009.)

2.2.3 Noveon ESTANE GP85AE TPU

Tällä aromaattisella polyesteripohjaisella termoplastisella polyuretaanilla on hyvä kulumisen ja naarmujen kesto. TPU on yksi ensimmäisistä elastomeereistä, joita voitiin prosessoida kestopuovin keinoilla. Elastomeerien keskuudessa polyuretaanilla on erinomainen kulumisen kestävyys ja venytyksen kestävyys matalissa lämpötiloissa sekä myöskin hyvä öljyn vastustuskyky. Lisäksi sillä on

hyvä repimisen kestävyys sekä hyvä hapen, otsonin ja säänkesto. Käyttökohteina mm. kenkien korot, kännykkäkotelot ja ekstruusiossa kaapelien kuoret. (Nuutamo, Muovimateriaalit – opintomateriaali 2006.)

2.2.4 Sumito PE-bondfast

Tästä kyseisestä materiaalista ei löytynyt mistään tietoa. Kyseessä on kuitenkin ER140 materiaalityöntekijän lähettämä materiaali, jolle on kuvailtu olevan hyvä adheesio ER140:en.

2.2.5 Santoprene 8291-55PA TPV

TPV on vulkanisoitu termoplastinen elastomeeri joka on polyolefiinipohjainen ja muokattu erityisesti muodostamaan hyvää tartuntaa polyamidi 6:n kaltaisten materiaalien kanssa. Santoprene on sekoitettu kestumuvista ja elastomeeristä ja yleisimpiä sekoituksia on mm. PP+EPDM-X, PP-NBR-X ja PP+NR-X. Vulkanointi tapahtuu yleensä sulasekoituksen aikana. TPV:llä on hyvät lämmönkesto-ominaisuudet ja sen Shore kovuus vaihtelee 45A:n ja 45D:n välillä. Käyttökohteina mainittakoon mm. lasitustiivisteet, sukelluslaitteet ja sähköneristeet. (Nuutamo, Muovimateriaalit – opintomateriaali 2006.)

2.2.6 PP-GF20, musta

Puuru Oy:lle tehdyissä testeissä materiaaleina käytettiin mustaa sekä väritöntä polypropeenaa, joissa oli lasikuitutäytettä 20%:ia. Kauppanimeltään Polimarky reslen PP-GF20 materiaali oli väriltään musta ja sillä on hyvä väsymislujuus ja jännitysäröilynkesto.

2.2.7 AD MAJORIS PP-GF20

Ad Majoris PP-GF20 on ominaisuuksiltaan aivan samanlainen kuin musta lasikuitulujuutettu PP, mutta Ad Majoris on väritön. Värittömyydellä haettiin parempaa kontrastia liitoskohdan tarkkailuun.

2.2.8 SEBS Shore40/Shore65

SEBS on yksi styreenipohjaisista elasteista joka valmistetaan sekoittamalla polypropeenia ja eteenipropeenidieenia eli EPDM kumia, jolla on tästä syystä erinomainen tartunta 2K-ruiskuvalussa polypropeeniin. SEBS:llä on hyvä sään- ja korkeiden lämpötilojen kesto ja sen kovuus vaihtelee 5 shore A:n ja 70 shore D:n välillä. Shore 65 kovuus SEBS:in saatiin sekoittamalla 1/3 shore 40 kovuuksista ja 2/3 shore 80 kovuuksista SEBS:iä, joka sitten värjättiin keltaiseksi massavärjäyksellä. Kauppanimi SEBS:lle, jolla oli shore kovuus 80, oli Dryflex 500800s ja shore 40 kovuuksiselle Dryflex 500400s. (Nuutamo, Muovimateriaalit – opintomateriaali 2006.)

2.3 Testaus

Ruiskuvaletulle kappaleelle oli tarkoitus tehdä vetokoe sekä repäisykoe. Kummatkin testit olivat sovellettuja testejä, jotka eivät menneet minkään tietyn standardin mukaisesti. Testit suoritettiin Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulun mittauslaboratoriossa. Testauslaitteistona käytettiin Zwick 2,5kN vetokonetta.

2.3.1 Vetokoe

Vetokokeessa testikappaletta vedetään vakionopeudella, jolloin testinäytteen mitattava kohta venyy myös vakionopeudella. Vetokoe suoritetaan mittaolosuhteissa, joissa huoneenlämpötila on 23°C ja keskimääräinen kosteus n. 50%. Kone mittaa venymiseen tarvittavaa voimaa koko ajan, sekä venymää joka tulee leukojen etäisyydestä. Vetokokeesta saatava kuvaaja esittää voimaa venymän funktiona ja siitä saadaan laskettua mm. myötöraja, myötövenymä, murtolujuus, murtovenymä, vetolujuus ja kimmomoduuli. Koetta suoritettaessa koneeseen pitää syöttää mitattavan kohdan paksuus ja leveys, joista kone saa pinta-alan lukuja laskuihinsa.

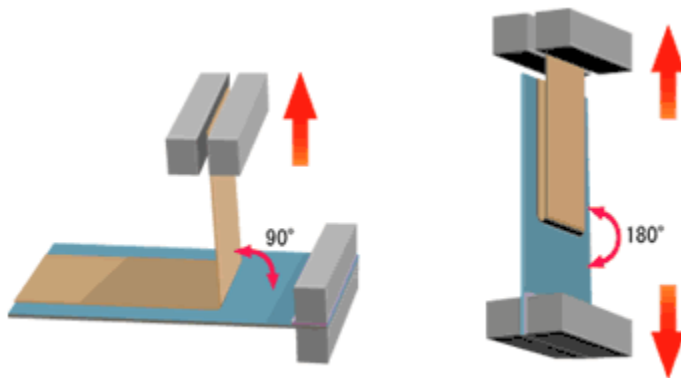
Adheesion mittauksessa tuloksena saadaan murtolujuus, keskihajonta ja variatiokerroin. Murtolujuus ilmaisee pehmeä- kova parin välisen adheesion lujuu-

den ja kyseinen arvo ilmoittaa miten paljon vetoa sidos kestää neliömillimetriä kohden. Keskihajonta ilmoittaa mittaustulosten hajonnan tulosten keskiarvon ympärille. Variaatiokerroin on tilastollinen hajontaluku, joka ilmoittaa keskiarvoon suhteutetun hajonnan. Tuloksia arvioitaessa täytyy ottaa huomioon mistä kohdasta itse vedetty näyte on murtunut, koska pehmeä materiaali voi murtua ennen kuin itse adheesiorajapinta pettää.

2.3.2 Repäisykoe

Repäisykoe, englantilaiselta nimetään peel test, mittaa voimaa, jolla testikappaleen kaksi materiaalia on kiinnittyneenä toisiinsa. Repäisykokeessa näytettä voidaan repiä 90 tai 180 asteen kulmassa siihen nähden miten näyte on kiinnitetty vetokoneeseen (Kuva 12). Näytettä vedetään siihen saakka kunnes näyte tai adheesio pettää.

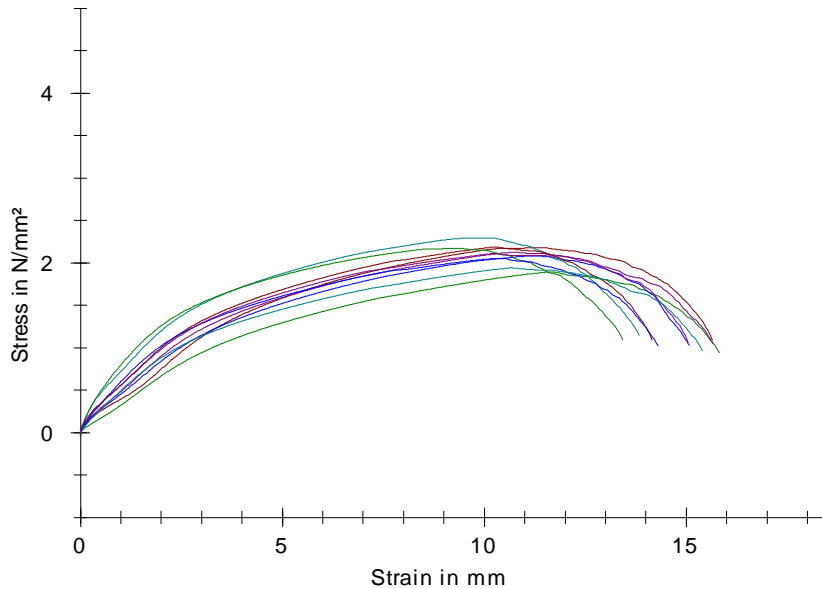
Mittaustuloksena saadaan voima, jolla pehmeä materiaali repeytyy kovasta. Ideaalitapauksessa voima tasaantuu tiettyyn arvoon kun materiaali alkaa revetä. Adheesion repäisylujuus saadaan jakamalla voima adheesiopinnan pinta-alalla.



Kuva 12. 90 ja 180 asteen repimiskoe. (Lick Sang Industrial Corporation, 2009.)

3 MITTAUSTULOKSET

3.1 ER140 - Thermolast K TC4MGZ Black TPE

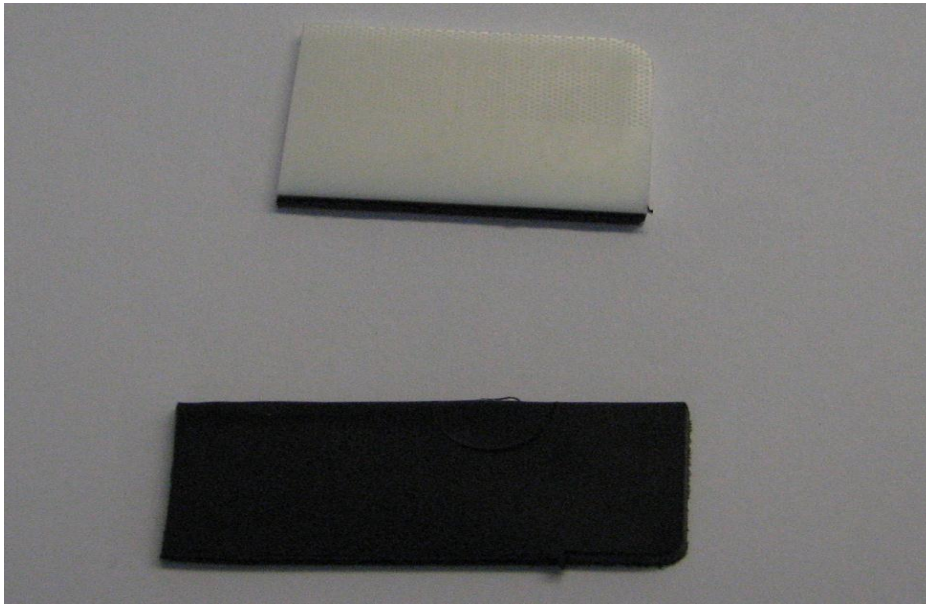


Kuvio 1. ER140:n ja TPE:n vetokoekäyrät.

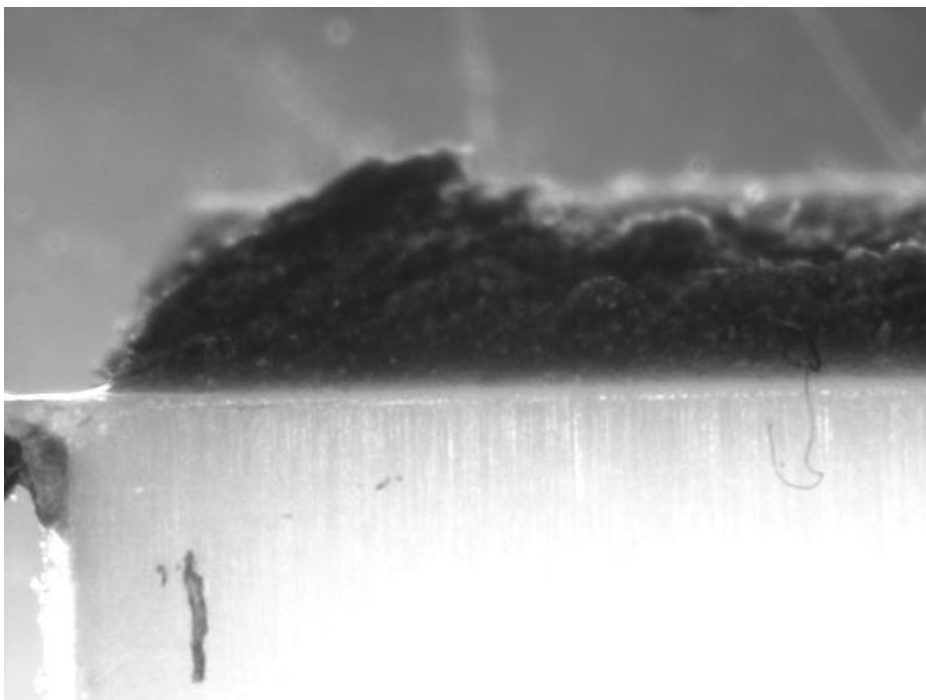
| ER140 - Thermolast | | | | |
|--------------------|--------------|---------------|--------------------|-----------------------|
| | Leveys mm | Paksuus mm | Murtolujuus Mpa | Venymä murrossa mm |
| Keskiarvo | 25,1 | 1,985 | 2,1 | 14,84 |
| Keskihajonta | 0,3304 | 0,009718 | 0,1 | 0,85 |
| Variaatiokerroin | 1,32 | 0,49 | 5,63 | 5,7 |

Taulukko 1. ER140:n ja TPE:n välisen vetokokeen keskiarvo ja -hajonta.

Vetokokeessa pehmeä materiaali (TPE) venyi jonkin verran ennen kuin adheesio petti rajapinnassa (Kuva 13) ja verratessa adheesio murtolujuutta (Kuva 1, Taulukko 1) liitteessä olevaan Thermolast TPE:n murtolujuuteen (2,8MPa), voidaan todeta että tulos on todellakin adheesio lujuus. Lähemmin tarkasteltaessa vetokokeen jälkeisiä kappaleita huomaa hyvin kuinka materiaalit olivat ylittäneet rajapinnan ja muodostaneet diffuusiota(Kuva 14).



Kuva 13. Kuvassa vetokoenäyte vedon jälkeen.

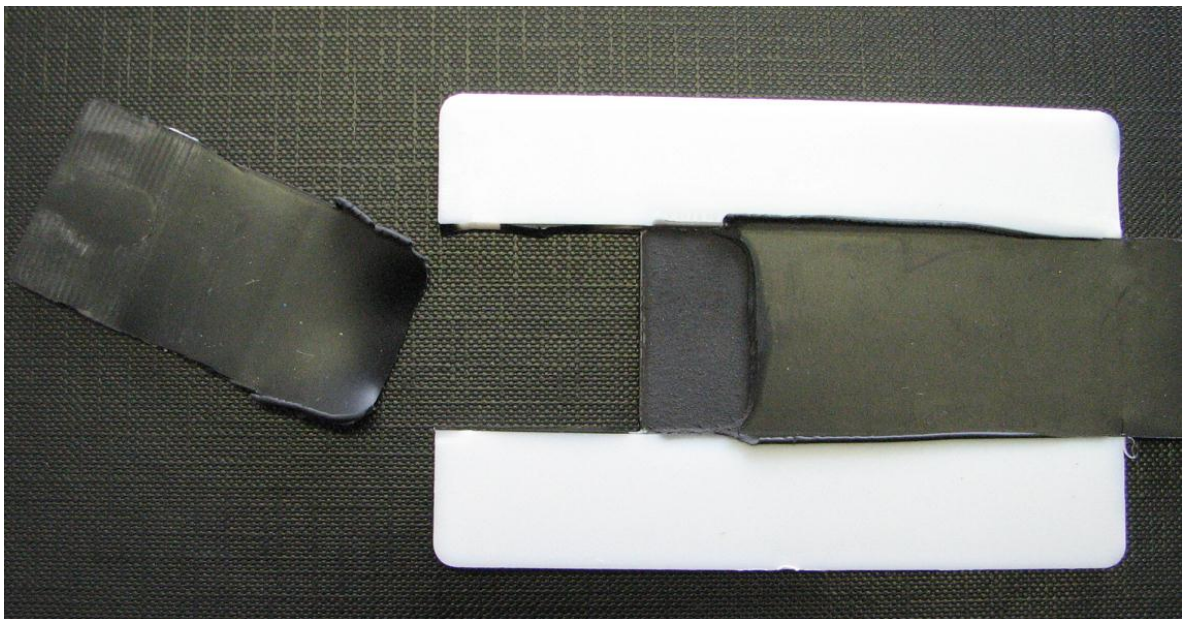


Kuva 14. 30-kertainen suurennos kappaleen reunasta.

Repimiskokeessa alku näytti lupaavalta ja TPE oli jo repeytynyt 10 mm matkalta (Kuva 15) rajapinnasta, kunnes pehmeä materiaali murtui. Vetovoima murtuma hetkellä oli 69,32N ja venymä 36,07mm.



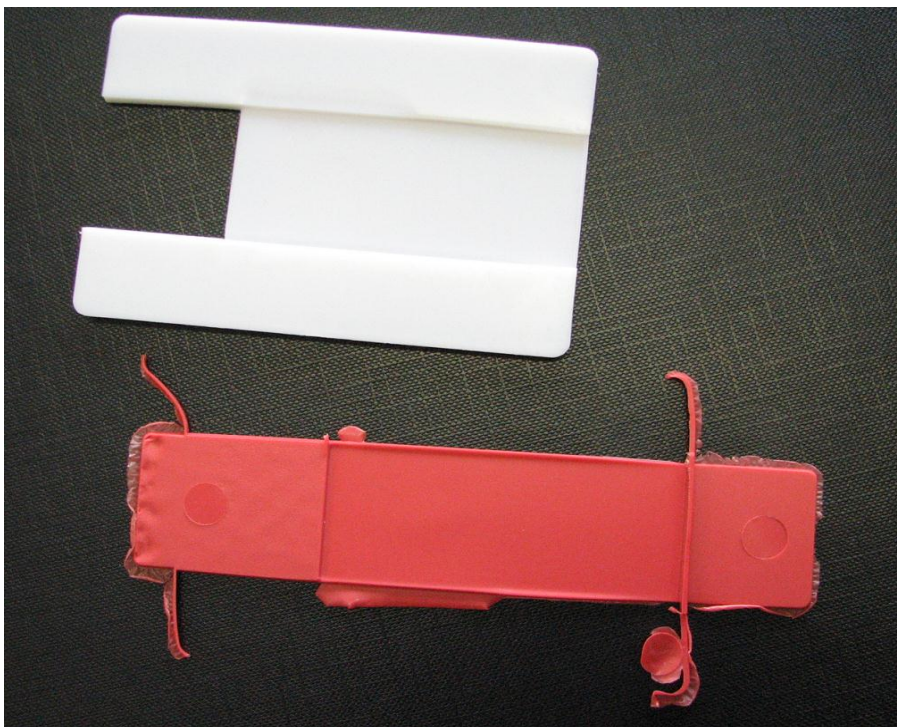
Kuva 15. Testikappale vedossa.



Kuva 16. Testikappale vedon jälkeen.

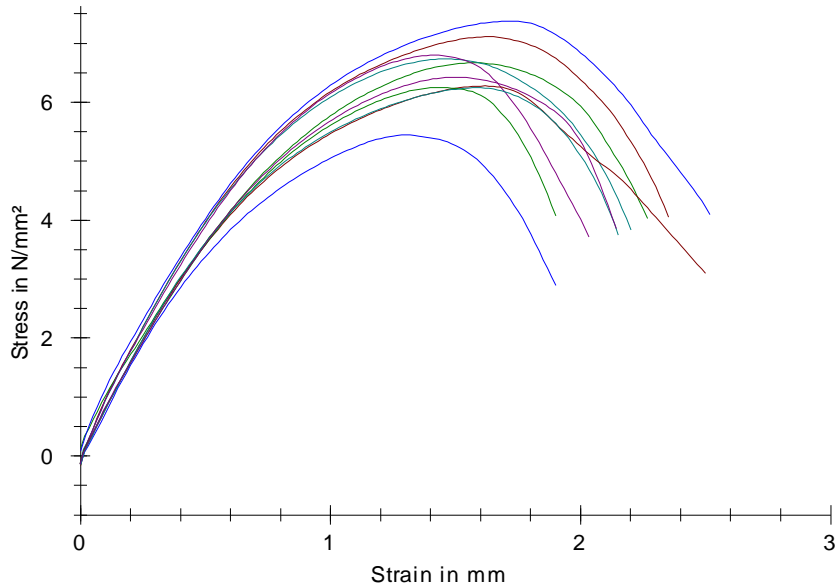
3.2 ER140 - Noveon ESTANE GP85AE TPU

Noveonin termoplastisella polyuretaanilla ei ollut ollenkaan adheesiota ER140:en. tämä huomattiin jo ruiskuvaluvaiheessa, kun tuotteet putosivat ajo-laatikkoon irti toisistaan (Kuva 17). Kokeilin vielä muuttamalla ajoparametreja hieman, mm. ylikuivata materiaalia, nostaa ruiskutuslämpötilaa ja vastapainetta, että saisin mahdollisimman kuuman aineen ruiskutuksen yhteydessä, mutta mikään ei auttanut.



Kuva 17. Ruiskuvalussa toisistaan irronneet kappaleet.

3.3 ER140 - Sumito PE-bondfast



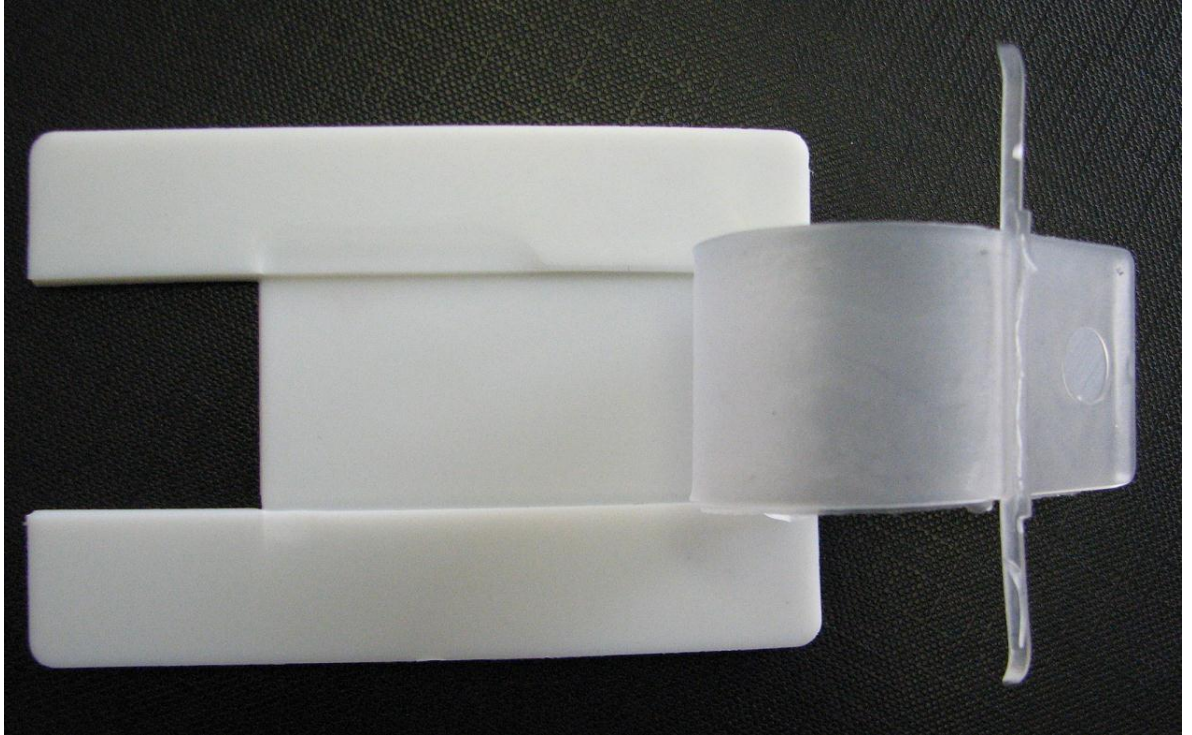
Kuvio 2. ER140:n ja PE-BF:n vetokokeen käyrät.

| ER140 - PE-BF | | | | |
|------------------|--------------|---------------|--------------------|-----------------------|
| | Leveys mm | Paksuus mm | Murtolujuus Mpa | Venymä murrossa mm |
| Keskiarvo | 24,85 | 1,97 | 6,5 | 2,2 |
| Keskihajonta | 0,1731 | 0,01054 | 0,5 | 0,22 |
| Variaatiokerroin | 0,7 | 0,54 | 8,22 | 9,96 |

Taulukko 2. ER140:n ja PE-BF:n välisen vetokokeen tulokset.

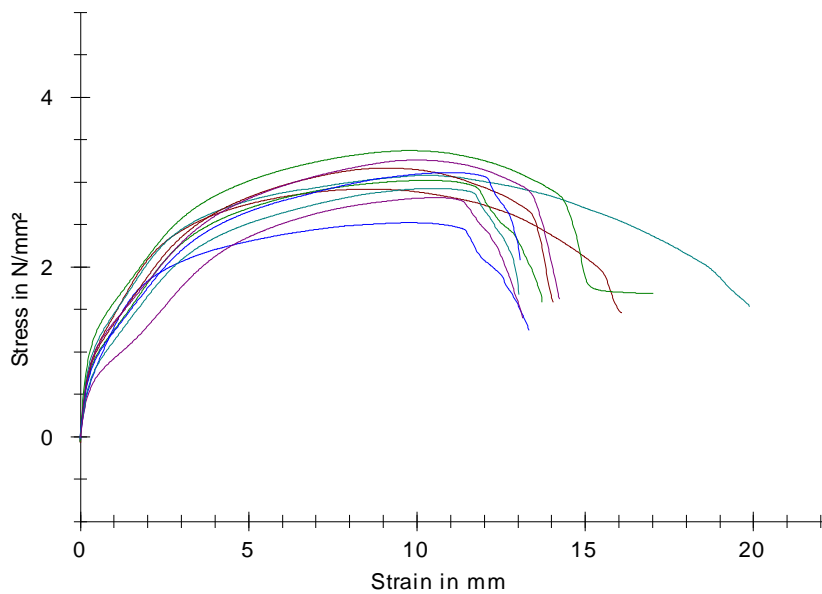
ER140 materiaalin toimittajan lähettämä materiaali PE-BF oli yksi kaikkein lujin adheesioltaan. Vaikkakin diffuusiota ei ollut, niin materiaalien välinen vuorovaikutus ja siihen liittyvien kovalenttisten sidosten voimat saivat aikaan erittäin hyvän adheesion (Kuvio 2, Taulukko 2).

Repäisykokeessa tämä materiaaliyhdistelmä oli ainoa joka repeytyi ajatellun mukaisesti (Kuva 18). Korkein voima jolla kappaletta vedettiin oli 51,33N.



Kuva 18. Repäisykokeen testikappale testin jälkeen.

3.4 ER140 - Santoprene 8291-55PA TPV

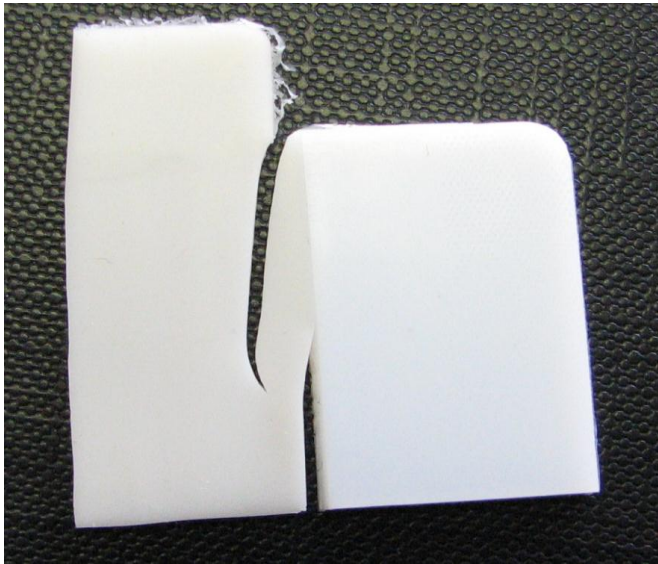


Kuvio 3. ER140:n ja TPV:n vetokoe käyrät.

| ER140 - Santoprene | | | | |
|--------------------|--------------|---------------|--------------------|-----------------------|
| | Leveys mm | Paksuus mm | Murtolujuus Mpa | Venymä murrossa mm |
| Keskiarvo | 25,59 | 1,979 | 3 | 14,76 |
| Keskihajonta | 0,237 | 0,007379 | 0,2 | 2,25 |
| Variaatiokerroin | 0,93 | 0,37 | 0,37 | 15,24 |

Taulukko 3. ER140:n ja TPV:n välisen vetokokeen tulokset.

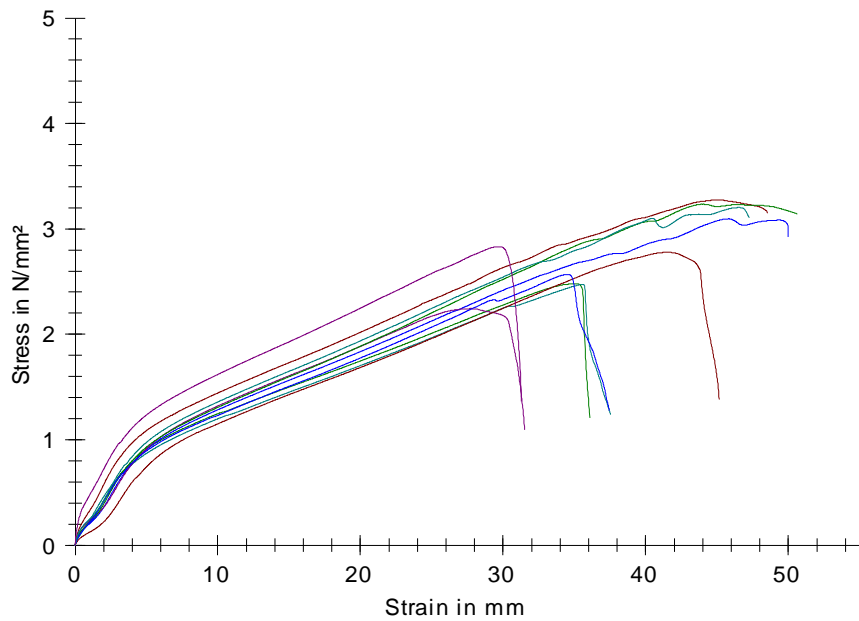
Santoprene TPV:n adheesion ER140:en oli samalla lujuustasolla kuin itse TPV:n murtolujuus. Tämä tuli hyvin ilmi vetokokeen yhteydessä, kun adheesio ja TPV murtui samanaikaisesti (Kuvio 3, Taulukko 3).



Kuva 19. Santoprene TPV, vetokokeen jälkeen.

Repäisykokeessa TPV murtui, ennekuin itse repeämistä oli syntynyt (Kuva 19). Vetovoima murtumahetkellä oli 29,33N ja venymä 17,95mm.

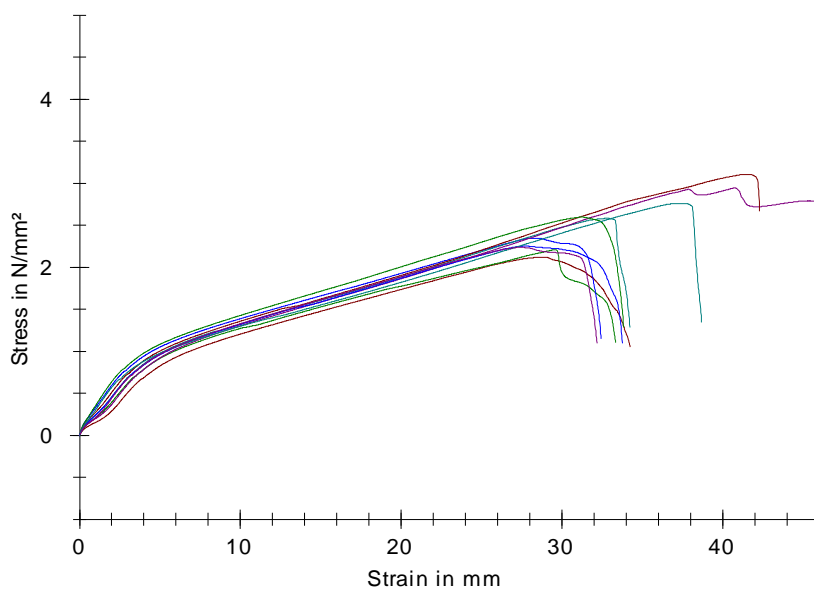
3.5 PP-GF20 – SEBS



Kuvio 4. Mustan PP-GF20:n ja shore 40 kovuuksisen SEBS:n vetokoe käyrät.

| PP-GF20 - SEBS, shore 40 | | | | |
|--------------------------|--------------|---------------|--------------------|-----------------------|
| | Leveys mm | Paksuus mm | Murtolujuus Mpa | Venymä murrossa mm |
| Keskiarvo | 25,53 | 1,977 | 2,8 | 41,54 |
| Keskihajonta | 0,235 | 0,01567 | 0,4 | 7,58 |
| Variaatiokerroin | 0,92 | 0,79 | 13,14 | 18,24 |

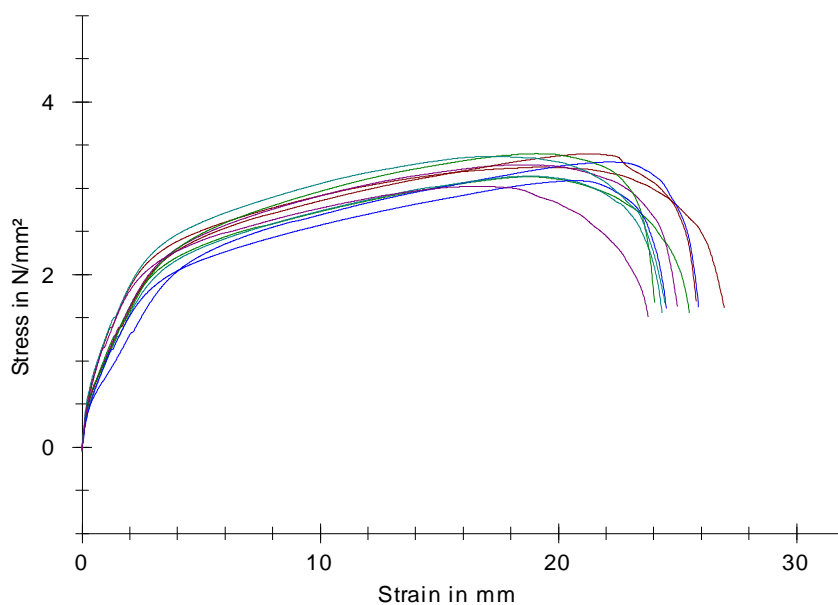
Taulukko 4. Mustan polypropeenin ja shore 40 kovuuksisen SEBS:n välisen vetokokeen tulokset.



Kuvio 5. Värittömän PP-GF20:n ja shore 40 kovuuksisen SEBS:n vetokoe käyrät.

| PP-GF20 naturel - SEBS, shore 40 | | | | |
|----------------------------------|--------------|---------------|--------------------|-----------------------|
| | Leveys mm | Paksuus mm | Murtolujuus Mpa | Venymä murrossa mm |
| Keskiarvo | 25,28 | 1,944 | 2,5 | 36,11 |
| Keskihajonta | 0,4074 | 0,02459 | 0,3 | 4,7 |
| Variaatiokerroin | 1,61 | 1,26 | 13,44 | 13,02 |

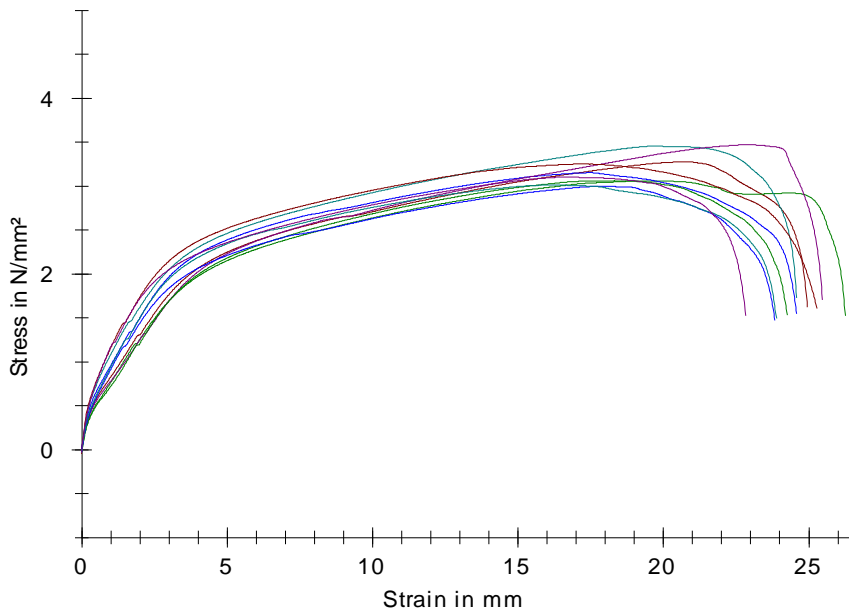
Taulukko 5. Värittömän polypropeenin ja shore 40 kovuuksisen SEBS:n välisen vetokokeen tulokset.



Kuvio 6. Mustan PP-GF20:n ja shore 65 kovuuksisen SEBS:n vetokoe käyrät.

| PP-GF20 - SEBS, shore 65 | | | | |
|--------------------------|--------------|---------------|--------------------|-----------------------|
| | Leveys mm | Paksuus mm | Murtolujuus Mpa | Venymä murrossa mm |
| Keskiarvo | 25,5 | 1,969 | 3,2 | 25,03 |
| Keskihajonta | 0,3238 | 0,01449 | 0,1 | 0,99 |
| Variaatiokerroin | 1,27 | 0,74 | 4,16 | 3,97 |

Taulukko 6. Mustan polypropeenin ja shore 65 kovuuksisen SEBS:n välisen vetokokeen tulokset.



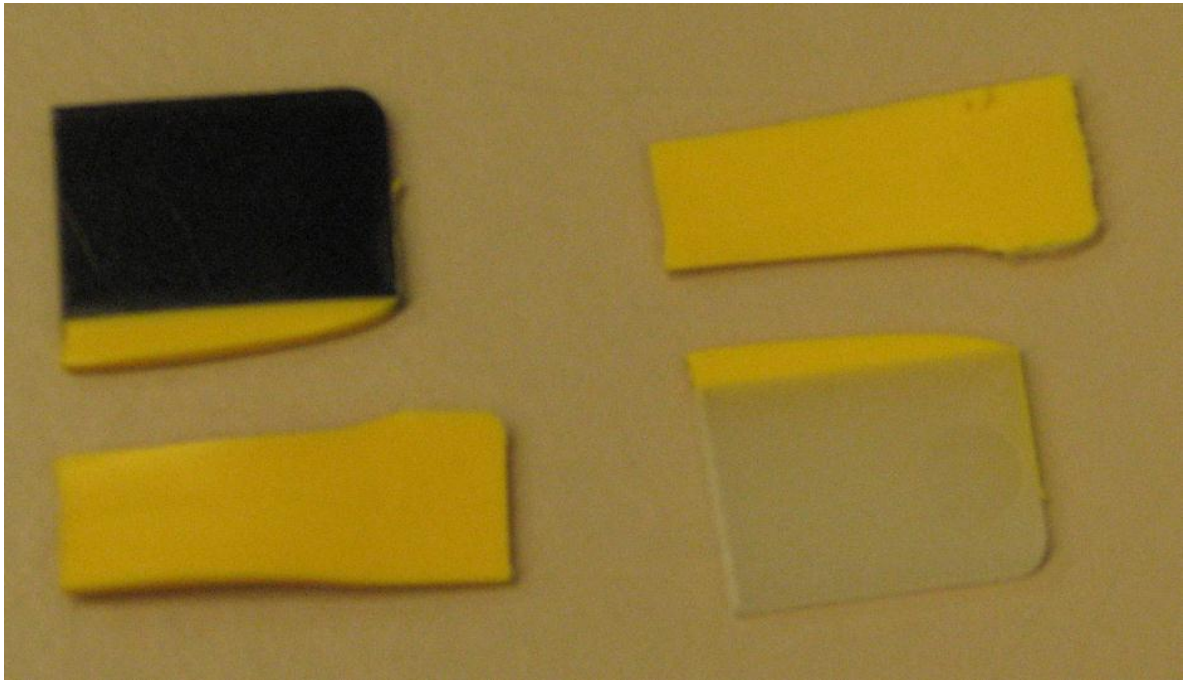
Kuvio 7. Värittömän PP-GF20:n ja shore 65 kovuuksisen SEBS:n vetokoe käy-
rät.

| PP-GF20 naturel - SEBS, shore 65 | | | | |
|----------------------------------|--------------|---------------|--------------------|-----------------------|
| | Leveys mm | Paksuus mm | Murtolujuus Mpa | Venymä murrossa mm |
| Keskiarvo | 25,37 | 1,969 | 3,2 | 24,59 |
| Keskihajonta | 0,2729 | 0,01101 | 0,2 | 0,97 |
| Variaatiokerroin | 1,08 | 0,56 | 5,43 | 3,94 |

Taulukko 7. Värittömän polypropeenin ja shore 65 kovuuksisen SEBS:n välisen
vetokokeen tulokset.

Lasikuitulujitetun polypropeenin ja SEBS:n välinen adheesio vetokokeessa oli niin hyvä, että näytteet murtuivat aina pehmeän materiaalin kohdalta. Ihmetystä tosin aiheutti se, että SEBS:lle oli annettu murtolujuudeksi 11 MPa, joka on testikappaleen murtolujuutta huomattavasti suurempi (Kuvio 4-5, Taulukko 4-5).

Murtolujuuden heikentyminen selittyy heikon rajakerroksen teorialla, missä hyvässä adheesiosidoksessa lujuudeltaan heikompi materiaali pettää ensin. Sidos pettää yleensä pienemmällä lujuudella kuin on odotettavissa, koska heikot koheesiovoimat sijaitsevat sidoskohdan lähetyvillä, josta nimitys heikko rajakerros. (Pocius 2002, 159 - 160)



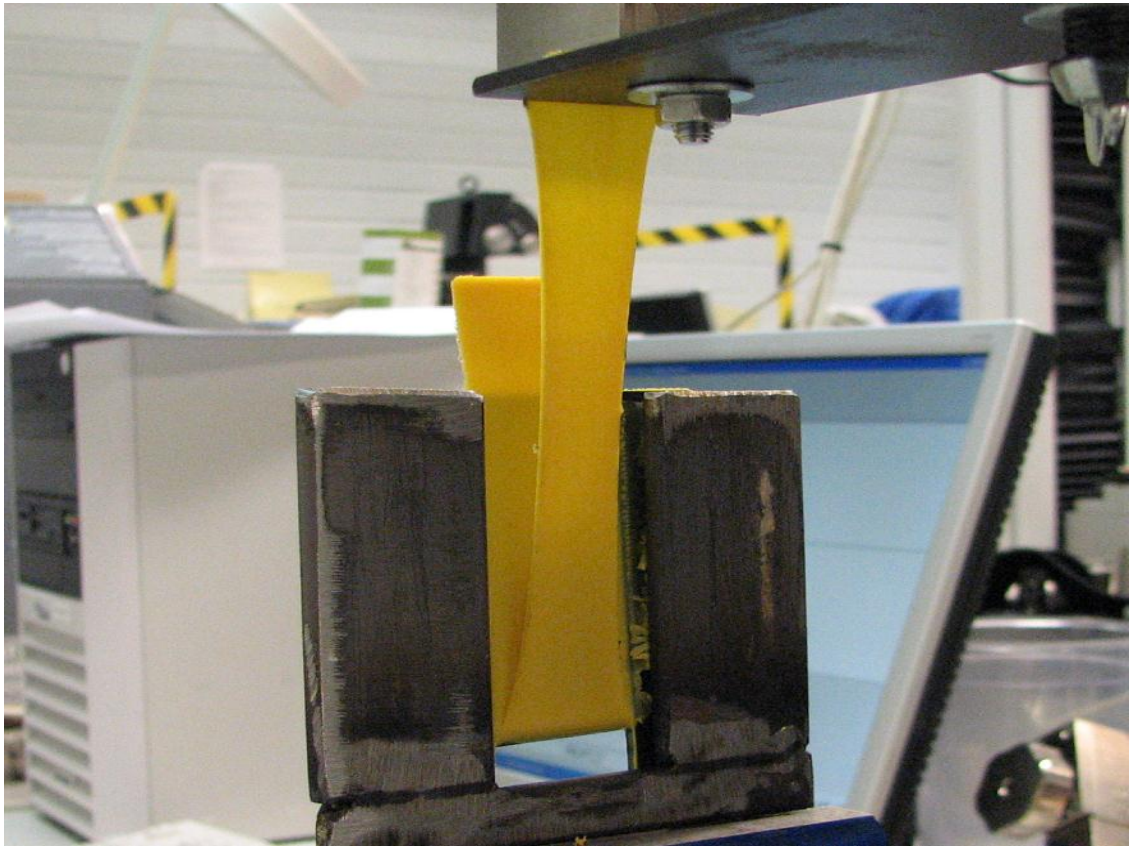
Kuva 20. Musta ja väritön PP-GF20 vetokokeiden jälkeen.

Tuloksista voidaan myös huomata että shore 65 kovuuksiset SEBS:t muodostivat hieman lujemman adheesion sekä niiden venymä murrossa oli jonkun verran pienempi (Kuvio 6-7, Taulukko 6-7).

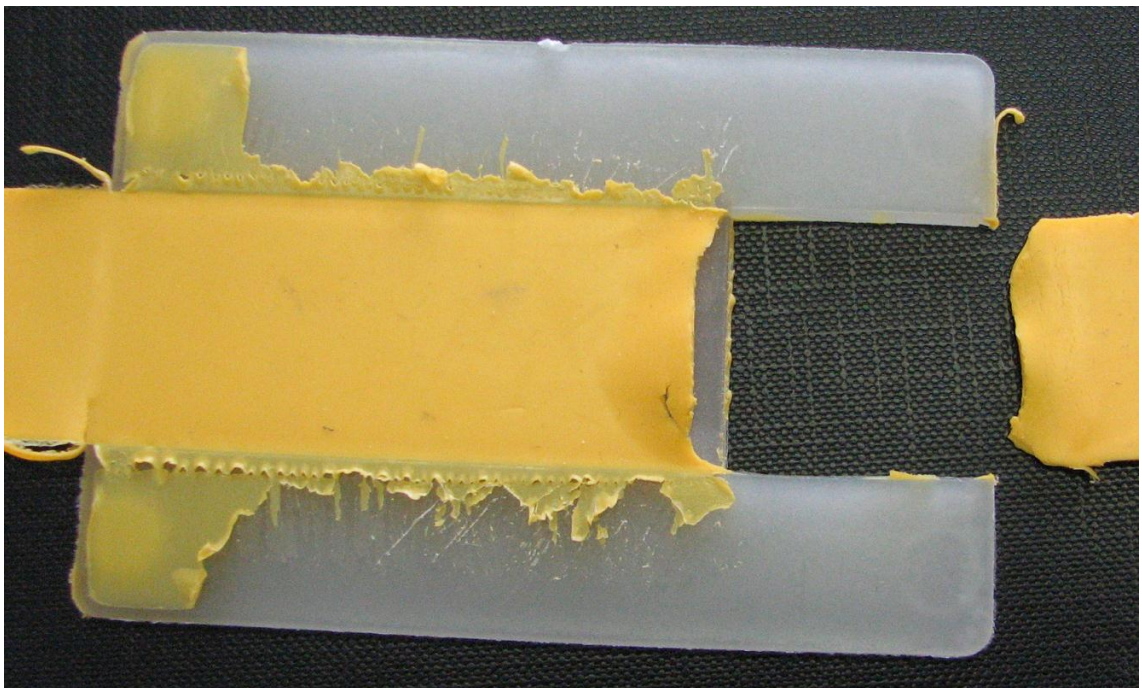
Repäisykokeissa shore 40 kovuuksiset SEBS:t repesivät n. 10mm matkalta (Kuva 21-22) ennen kuin itse materiaali murtui ja shore 65 kovuuksiset eivät alkaneet revetä juuri ollenkaan ennen kuin materiaali murtui (Taulukko 8).

| Repäisykoe | | |
|------------------------------------|--------------------------|----------------|
| | Maksimi vetovoima / N | Venymä / mm |
| PP-GF20 väritön - SEBS shore 40 | 96,24 | 104,2 |
| PP-GF20 musta - SEBS shore 40 | 103,59 | 117,44 |
| PP-GF20 Väritön - SEBS shore 65 | 114,99 | 88,28 |
| PP-GF20 musta - SEBS shore 65 | 116,16 | 67,2 |

Taulukko 8. PP-GF20:n ja SEBS:ien repäisykoetulokset.

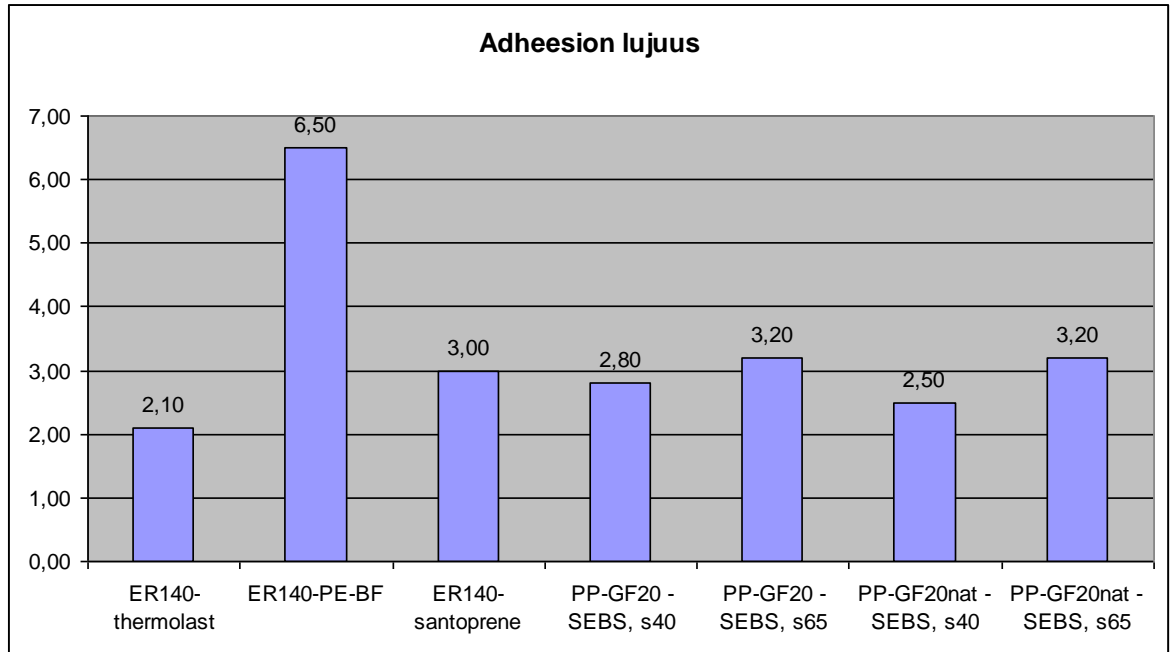


Kuva 21. Musta polypropeeni ja SEBS shore 65, repäisykokeessa.



Kuva 22. Väritön polypropeeni ja SEBS shore 40, repäisykokeen jälkeen.

4 TULOKSET



Kuvio 8. Vetokokeiden tulokset.

| Repäisykoe | | |
|---------------------------------|-----------------------|-------------|
| | Maksimi vetovoima / N | Venymä / mm |
| ER140 - TPE | 69,32 | 36,07 |
| ER140 - TPV | 29,33 | 17,95 |
| ER140 - PE-BF | 51,33 | 150,02 |
| PP-GF20 väritön - SEBS shore 40 | 96,24 | 104,2 |
| PP-GF20 musta - SEBS shore 40 | 103,59 | 117,44 |
| PP-GF20 Väritön - SEBS shore 65 | 114,99 | 88,28 |
| PP-GF20 musta - SEBS shore 65 | 116,16 | 67,2 |

Taulukko 9. Repäisykokeiden tulokset.

ER140 materiaalille paras adheesion oli PE-BF materiaalilla, joka oli saman materiaalitoimitajan lähettämä materiaali (Kuvio 8, Taulukko 9).

Lasikuitulujitetulle polypropeenille parhaat tulokset sai SEBS jolla shore- lujuus oli 65 (Kuvio 8, Taulukko 9).

5 POHDINTA

Ruiskuvalu sujui ilman suurempia ongelmia, vaikkakin muottia piti aika ajoin korjata ja ruiskutusyksikköä puhdistaa. Näytteistä tuli imuttomia ja täysisiä, mutta purseilta ei voinut välttyä johtuen pehmeiden materiaalien alhaisista viskositeeteista, sekä siitä että muotti ei ollut täysin ilmatiivis.

Vetokokeessa vedot sujuivat todella hyvin ja tulokset olivat mielestäni erittäin asiallisia. Pientä virhettä tuloksiin aiheutti se, että materiaalien rajapinnassa oli pieni päästö. Eli kun leikattua testikappaletta vedetään vetokoneella, niin adheesiopinta ei ole kohtisuorassa vetosuuntaan nähden.

Repäisykokeessa ilmeni jonkun verran ongelmia. Ensinnäkin tälle kyseiselle kappaleelle ei ole koskaan ennen tehty mitään testejä joten repäisyä varten piti suunnitella oma jigi- ja veto-ohjelma. Kun jigi oli suunniteltu ja veto-ohjelma valmis, aloitin tekemään testejä ja jo heti alkuvaiheessa huomasin kuinka kappaleet eivät repeytyneetkään oletetulla tavalla, vaan pehmeät materiaalit murtuivat ennen kuin repeämistä oli kerennyt tapahtua. Tämä johtui siitä, että revittävä materiaali oli liian leveällä jigiin tuetusta materiaalista ja pehmeää materiaalia oli liian ohuesti revittävässä kohdassa. Tämä voitaisiin parantaa pienellä muottimuutoksella, esimerkiksi lisäämällä pehmeän materiaalin paksuutta, joka kasvattaisi murtolujuutta.

6 LÄHTEET

1. Injection moulding alternatives 1998, Jack Avery
2. Alphonsus V. Pocius, 2002, Adhesion and adhesives technology, Munich, Carl Hanser Verlag
3. Derek M. Brewis, Ralph Dahm, 2005, Adhesion of fluoropolymers, Englanti, Smithers Rapra
4. Battenfeld – Multicomponent technology 2005, Microsoft PowerPoint - multi-component-technology_print_block1.pdf
5. Battenfeld – Co- injection 2005, Microsoft PowerPoint - Coinjection 30.9.05.ppt.pdf
6. Microsoft PowerPoint - Two Shot Moulding 30.9.05.ppt.pdf
7. Lick Sang Industrial Company,
www.licksang.com/products/nitto_spv_intro.html, luettu 6.3.2009.
8. Teppo Vienamo, 2009, Elastomeerit – termoelastit, University of Art and Design Helsinki, <http://www.muovimuotoilu.fi/content/view/39/71/>, luettu 6.3.2009.
9. DI Taneli Lahtinen, 2006, Liimaaminen liittämismenetelmänä, Tampereen teknillinen yliopisto, materiaaliopin laitos.
10. Vesa Nuutamo, 2006, Muovimateriaalit kurssin opintomateriaali, Pohjois- Karjalan ammattikorkeakoulu.

7 LIITTEET

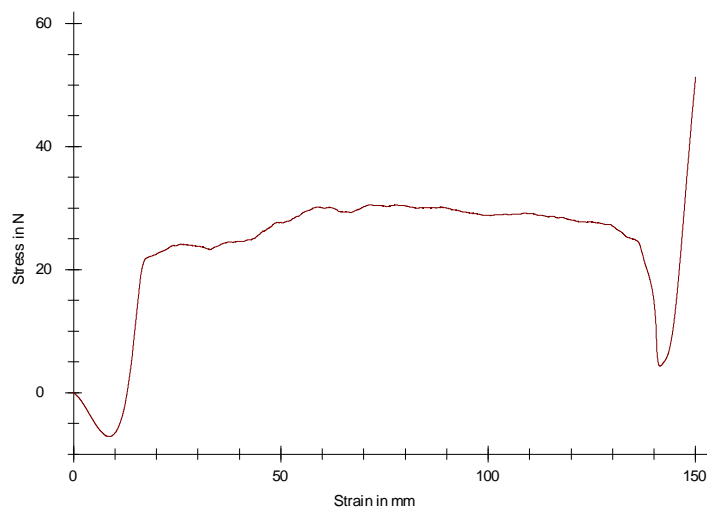
7.1 Repäisykoe tulokset

7.1.1 ER140 – PE-BF

Results:

| Nr | Rm N | Fmax. mm |
|----|---------|-------------|
| 3 | 51,33 | 150,02 |

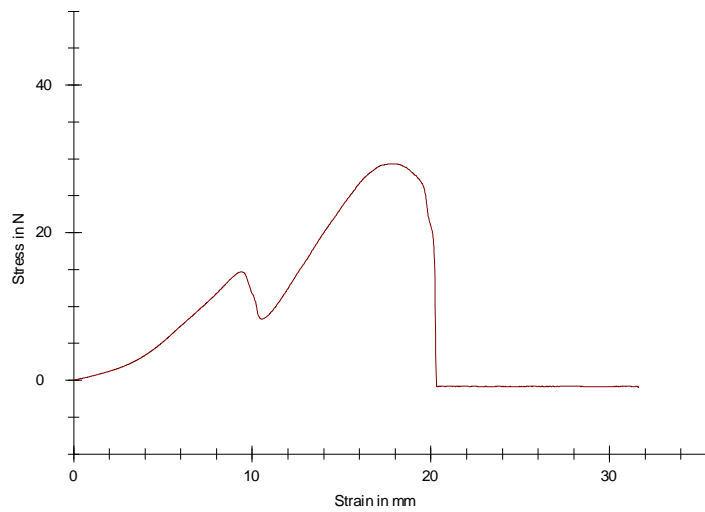
Series graphics:



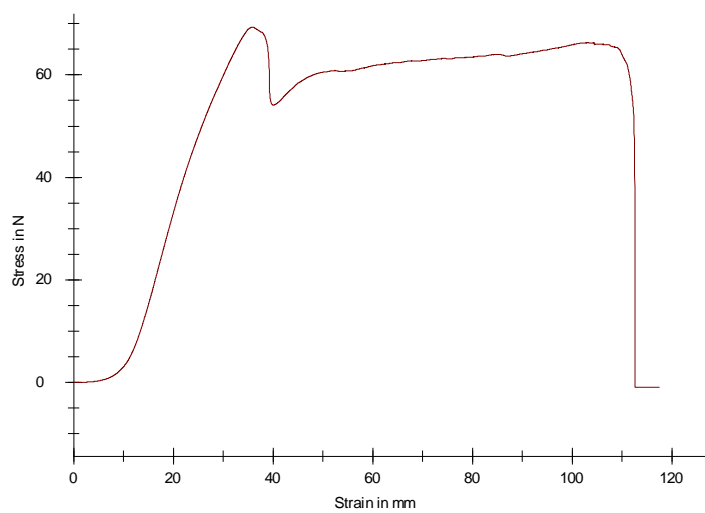
7.1.2 ER140 – Santoprene

Results:

| Nr | Rm N | Fmax. mm |
|----|---------|-------------|
| 2 | 29,33 | 17,95 |

Series graphics:**7.1.3 ER140 – Thermolast****Results:**

| Nr | Rm N | Fmax. mm |
|----|---------|-------------|
| 1 | 69,32 | 36,07 |

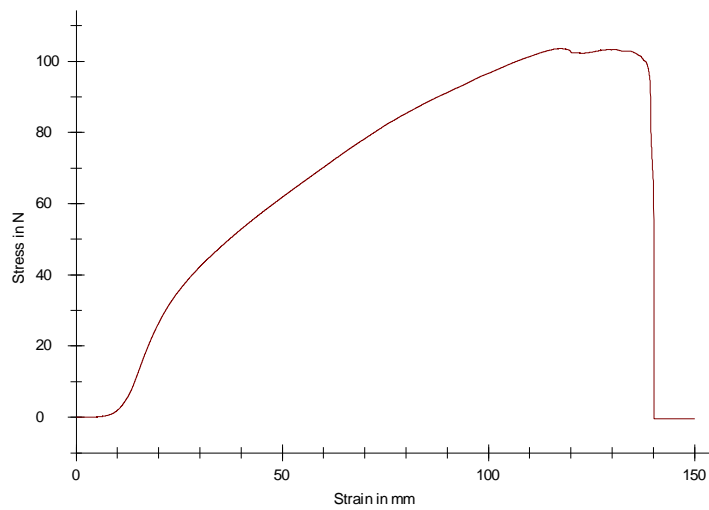
Series graphics:

7.1.4 PP-GF20 – SEBS Shore 40

Results:

| Nr | Rm N | Fmax. mm |
|----|---------|-------------|
| 5 | 103,59 | 117,44 |

Series graphics:

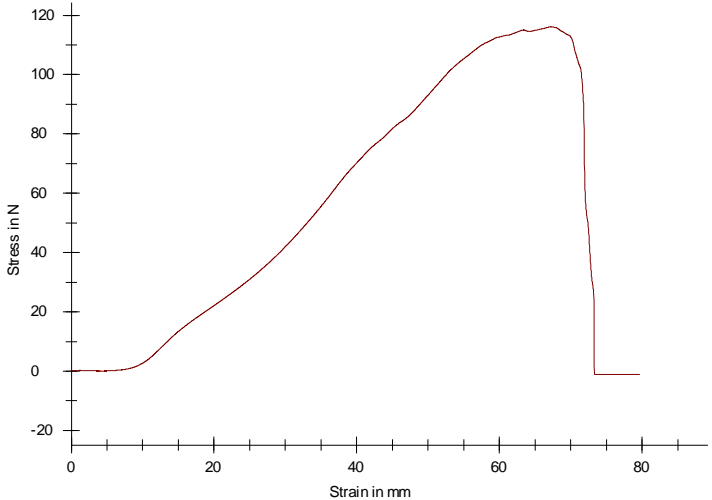


7.1.5 PP-GF20 – SEBS Shore 65

Results:

| Nr | Rm N | Fmax. mm |
|----|---------|-------------|
| 7 | 116,16 | 67,20 |

Series graphics:

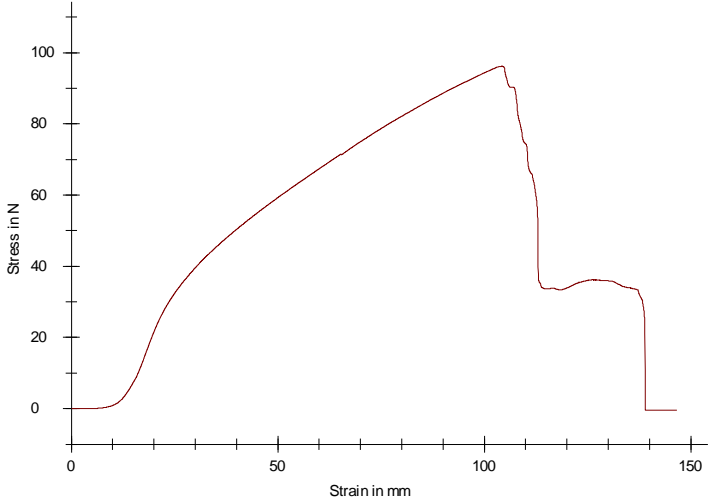


7.1.6 PP-GF20 naturel – SEBS Shore 40

Results:

| Nr | Rm N | Fmax. mm |
|----|---------|-------------|
| 4 | 96,24 | 104,20 |

Series graphics:



7.1.7 PP-GF20 naturel – SEBS Shore 65

Results:

| Nr | Rm N | Fmax. mm |
|----|---------|-------------|
| 6 | 114,99 | 88,28 |

Series graphics:

