

Jussi Lehtomäki

UUDEN DIAFRAGMARAAMIN KEHITYS NIKKELIELEKTROLYYSISSÄ

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
2015

UUDEN DIAFRAGMARAAMIN KEHITYS NIKKELIELEKTROLYYSISSÄ

Lehtomäki Jussi
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Elokuu 2015
Valvoja: Teinilä Teuvo, Lehtori, SAMK
Ohjaaja: Karjala Kalle, Tutkimusinsinööri, DI, NNh
Sivumäärä: 29
Liitteitä: 15

Asiasanat: elektrolyysi, diafragma, materiaalit

TIIVISTELMÄ

Työn tarkoituksena oli selvittää käytössä olevan diafragmaraamin huoltokustannusten alentamista sekä parantaa diafragmapussin kiinnitystä raamiin työergonomisesta näkökulmasta. Tämä tarkoitti vanhan mallin modernisointia ja uuden paremman materiaalin etsimistä joka kestäisi elektrolyysin haastavia olosuhteita. Käytössä oleva raami on pysynyt lähes muuttumattomana 1960- luvulta asti. Käytettävät raamit ovat kalliita valmistaa ja huoltaa, myös raamin käsiteltävyyttä haluttiin parantaa ja selvittää millaisia ominaisuuksia on nykytekniikalla mahdollista liittää raamiin.

Työn aikana kehiteltiin uusi malli raamille ja tehtiin materiaalitestauksia. Uusi raami olisi osista kasattava ja ensisijaisesti valmistettu pelkästään kumista. Erilaisia materiaaleja testattiin kaikkiaan 16 kpl joista yksi osoittautui soveltuvaksi elektrolyysin olosuhteisiin. Kaikki materiaalit testattiin laboratoriossa ja tuotanto-olosuhteissa.

Raamista on tarkoitus tehdä koekappale jonka toimivuutta voitaisiin testata tuotannossa. Raamin rakenne noudattaa pitkälti tässä projektissa suunniteltua rakennetta. Raami rakennetaan projektin testissä kestäväksi havaitusta kumimateriaalista.

OPINNÄYTETYÖN NIMI ENGLANNIKSI

Lehtomäki Jussi

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

August 2015

Supervisor: Teinilä Teuvo, Lecturer, SAMK

Supervisor: Karjala Kalle, Research Engineer, M. Sc. (Tech.), NNh

Number of pages: 29

Appendices: 15

Keywords: Electrowinning, diaphragm, material

ABSTRACT

The idea of this work was to decrease the maintenance costs of the diaphragm frames and to develop the fitting of cathode bags on the frames an ergonomical perspective. Moreover, the purpose of the thesis was to improve the handling of the frames this meant modernization of the old model and to find a new material that would be durable in electrowinning process. The current model has been in use since the 1960's. The frames are expensive to manufacture and to maintain.

During this work a new model for the frame was developed and several material tests were done. The new frame would be assembled of different kind of parts and it would be done primarily of rubber. Altogether 16 materials were tested, and one of these turned out to be good enough to be durable in the electrowinning process. All of these materials were tested both in laboratory and in production circumstances.

Based on the results from this project a full scale demonstration frame will be acquired for further testing. The frame will have broadly the construction designed in the project. The material used in it will be the rubber proved durable in the durability tests.

SISÄLLYS

1.	JOHDANTO	1
2.	YRITYKSESTÄ	2
3.	JOHDANTO ELEKTROLYYSIIN	3
4.	NYKYINEN RAAMI	5
4.1	PVC- muovin ominaisuuksia	6
4.1.1	Käyttöala	6
4.1.2	Mekaaniset ominaisuudet	7
4.1.3	Lämpöominaisuudet	7
4.1.4	Kemiallinen kestävyys	8
4.2	Ongelmat vanhassa raamissa	8
5.	TOIMITTAJAT & TESTATTAVAT MATERIAALIT	10
5.1	Teknikum	10
5.1.1	Teknikum testatut materiaalit	11
5.1.2	Teknikum muut materiaalit	12
5.2	CorePlast	12
5.2.1	Coreplast testatut materiaalit	13
5.2.2	Coreplast muut materiaalit	13
5.3	Aikolon	14
5.3.1	Aikolon materiaalit	14
6.	UUDEN MALLIN RAKENNE	15
6.1	Uudet mallit	15
6.2	Uuden mallin rakenne	15
7.	Materiaalitestaus	19
7.1	Teknikum	21
7.2	Coreplast	26
7.3	Aikolon	27
7.4	Muut materiaalit	27
8.	JOHTOPÄÄTÖKSET	28
9.	LÄHTEET	30

1. JOHDANTO

Opinnäytetyön idea lähti liikkeelle diafragmaraamin korkeista huoltokustannuksista.

Huoltokustannusten pienentäminen olisi mahdollista uuden pinnoitusmateriaalin löytymisellä tai mahdollisesti kokonaan uuden raamin rakentamisella. Tässä työssä pyrittiin selvittämään millainen materiaali kestäisi elektrolyysissä ja millainen uusi raami voisi olla.

Elektrolyysissä on aikojen saatossa tutkittu joitakin erilaisia mahdollisuuksia pussin kiinnittämiseksi raamiin, mutta näin laajaa materiaali tutkimusta mahdollisesta uudesta pinnoitteesta ei ole tehty. Raamien huoltokustannus elektrolyysin kokonaisuusmateriaalikustannuksista on noin 50 %. Tätä huoltoihin käytettyä summaa haluttiin pienentää.

Uusi kokonaan kumista tai muovista valmistettu raami olisi edelleen elinkaarensa lopussa ympäristö ystävällinen hävittää. Tällainen vain yhtä materiaalia sisältävä kappale voitaisiin hävittää energiajakeena. Jätettä syntyisi myös mahdollisesti vähemmän jos raami saataisiin valmistettua osista ja koko raamia ei tarvitsisi aina vaihtaa uuteen, vaan vaihdettaisiin vain vaurioitunut osa.

2. YRITYKSESTÄ

OJSC MMC Norilsk Nickel on venäläinen kaivos- ja metalliyhtiö, joka on maailman johtava nikkelin tuottaja noin 20 prosentin osuudellaan. Nikkelin lisäksi yhtiö tuottaa noin puolet koko maailman palladiumista. Muita merkittäviä tuotteita ovat platina ja kupari. Sivutuotteita ovat muun muassa koboltti, rhodium, hopea ja kulta.

Yhtiön toimipisteitä on kolmessa maanosassa, viidessä maassa: Venäjällä, Australiassa, Botswanassa, Etelä-Afrikassa – ja Suomen Harjavallassa. Vähemmistöosuuksia yhtiöllä on Talvivaaran kaivoksesta ja BCL:n sulatosta, joka sijaitsee Botswanassa.

Konsernilla on maailmanlaajuinen myyntiverkosto, ja emoyhtiön kokonaisliikevaihto vuonna 2011 oli yli 14 miljardia Yhdysvaltain dollaria.

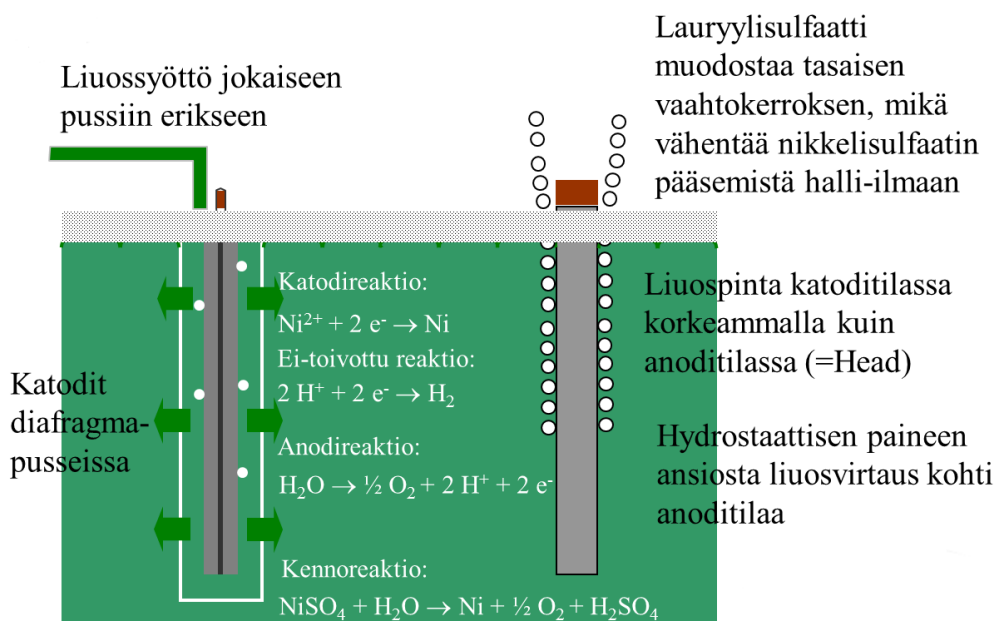
Yhtiön strategian avaintekijänä on tuotannon laaja-alaisuus, sillä se sisältää koko tuotantoketjun:

- kaivostoiminnan
- rikastuksen
- sulatuksen
- jalostuksen.

Norilsk Nickel Harjavalta Oy tuottaa metallista nikkeliä, nikkelikemikaaleja sekä kobolttisulfaattia. Metallinen nikkeli menee raaka-aineeksi ruostumattoman teräksen ja erilaisten metalliseosten valmistukseen sekä pintakäsittelytarkoituksiin, nikkelikemikaalit patteriteollisuuteen ja kobolttituotteet mm paristojen valmistukseen ja lasin ja keramiikan värjäykseen. Useista hydrometallurgisista osaprosesseista koostuvassa tuotantolinjassa käsitellään nikkelikiveä, nikkelisakkoja ja erinäisiä sekundäärisiä raaka-aineita. Jauhatus-, liuotus- ja liuospuhdistusvaiheiden jälkeen prosessiliuos jakaantuu katodi-, briketti- ja kemikaalituotantoon. Katodinikkeli valmistetaan liuoksesta elektrolyyttisesti. Briketit valmistetaan nikkeli-pulverista, jota saadaan pelkistämällä nikkeli liuoksesta vedyllä. Nikkelisulfaatti ja kobolttisulfaatti tuotteet valmistetaan puhdistetusta liuoksesta väkevöimällä, jolloin liuos alkaa kiteytyä. Nikkeli hydroksidi ja nikkeli-hydroksikarbonaatit valmistetaan kemiallisesti saostamalla. [1]

3. JOHDANTO ELEKTROLYYSIIN

Elektrolyysissä valmistetaan metallista nikkeliä jonka puhtausaste on 99,9 %. Elektrolyysissä on käytössä altaita joissa nikkeli pelkistetään. Altaissa on anodit, katodit (siemenlevyt/emälevyt) ja diafragmaraami jonka päällä on diafragmaussi. Anodit ovat vapaassa liuostilassa kun taas katodit ovat diafragmaussissa johon johdetaan nikkeli-liuoksen syöttö. Pussista liuos purkautuu anoditilaan hydrostaattisen paineen avulla. Anoditilasta liuos poistuu altaasta ylivuodon kautta prosessin alkupäähän uudelleen käytettäväksi. Altaat on kytketty sarjaan ja niille johdetaan tasasähköä joka pelkistää liuoksesta nikkeliä katodille. Sähkö kulkee anodilta katodille. Kaikkien altaiden läpi kulkee yhtä suuri virta.



Kuva 1. Elektrolyysialtaan tapahtumat

Täydellä tuotannolla ajettaessa liuos syötetään diafragmaussiin noin 25 °C lämpötilassa. Altaassa tapahtuvan reaktion vapauttaa lämpöä. Täten poistuessaan altaasta liuoksen lämpötila on noussut lähes seitsemääkymmeneen asteeseen. Reaktion johdosta altaassa muodostuu mm rikkihappoa ekvimolaarinen määrä pelkistyvän nikkelin kanssa. Poistuvassa liuoksessa rikkihapon pitoisuus on normaalisti noin 50g/L. Nikkelin pelkistymisen yhteydessä altailla muodostuu toivotunlaisessa reaktiossa rikkihapon ja nikkelin lisäksi myös happea. Muodostuva

happi pyrkii nostamaan nikkelisulfaattia halli-ilmaan. Tätä pyritään estämään luomalla elektrolyytin pinnalle vaahtokerros. Altaan olosuhteiden ollessa epäsuotuisat katodilla alkaa muodostua vetyä. Tämä johtuu nikkelin alhaisesta normaalipotentialista suhteessa vetyyn. Mikäli katoditilassa on vapaata vetyä, se pelkistyy ennen nikkeliä. Tästä syystä anodi- ja katoditila ovat eristetty toisistaan diafragmalla.

Taulukko 1. Elektronien normaalipotentiali taulukko 25 °C

$\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Ca}(\text{s})$	-2.76
$\text{Na}^{+}(\text{aq}) + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Na}(\text{s})$	-2.71
$\text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Mg}(\text{s})$	-2.38
$\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^{-} \rightarrow \text{Al}(\text{s})$	-1.66
$2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^{-}(\text{aq})$	-0.83
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Zn}(\text{s})$	-0.76
$\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^{-} \rightarrow \text{Cr}(\text{s})$	-0.74
$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Fe}(\text{s})$	-0.41
$\text{Co}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Co}(\text{s})$	-0,28
$\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Ni}(\text{s})$	-0.23
$\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Sn}(\text{s})$	-0.14
$\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Pb}(\text{s})$	-0.13
$\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^{-} \rightarrow \text{Fe}(\text{s})$	-0.04
$2\text{H}^{+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{H}_2(\text{g})$	0.00
$\text{Sn}^{4+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Sn}^{2+}(\text{aq})$	0.15
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu}^{+}(\text{aq})$	0.16
$\text{ClO}_4^{-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{ClO}_3^{-}(\text{aq}) + 2\text{OH}^{-}(\text{aq})$	0.17
$\text{AgCl}(\text{s}) + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Ag}(\text{s}) + \text{Cl}^{-}(\text{aq})$	0.22
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$	0.34
$\text{ClO}_3^{-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{ClO}_2^{-}(\text{aq}) + 2\text{OH}^{-}(\text{aq})$	0.35
$\text{Cu}^{+}(\text{aq}) + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$	0.52
$\text{ClO}_2^{-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{ClO}^{-}(\text{aq}) + 2\text{OH}^{-}(\text{aq})$	0.59
$\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{aq})$	0.77
$\text{ClO}^{-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Cl}^{-}(\text{aq}) + 2\text{OH}^{-}(\text{aq})$	0.90
$2\text{Hg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Hg}_2^{2+}(\text{aq})$	0.90

$\text{Br}_2(\text{l}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Br}^-(\text{aq})$	1.07
$\text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	1.23
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) + 14\text{H}^+(\text{aq}) + 6\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 7\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	1.33
$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cl}^-(\text{aq})$	1.36

[2]

Alkuvaiheessa valmistetaan siemenlevyaltaiissa siemenlevyjä joita sitten käytetään tuotantoaltailla katodeina. Siemenlevyaltaiilla katodina toimii titaaninen emälevy. Emälevyjen molemmille puolille kasvatetaan ohut nikkeli-kerros joka riittävän kasvuajan kuluttua stripataan emälevyn pinnalta.

Tuotantoaltaissa pelkistetään liuksesta lisää nikkeliä sähkövirran avulla aiemmin valmistettuihin siemenlevyihin. Katodina toimivan siemenlevyn paino nousee noin kymmenkertaiseksi kasvuperiodin aikana jonka se kasvaa altaassa. Kasvuperiodin pituus vaihtelee kulloinkin käytössä olevan virran mukaan. Tuotantoaltaissa tarpeeksi kauan kasvaneet katodit nostetaan pois ja tilalle laitetaan uudet siemenlevyt. Uudet siemenlevyt kasvavat taas vastaavan ajan altaassa. Valmiit katodit pestään, niputetaan, niput punnitaan ja vanteutetaan jonka jälkeen niput toimitetaan varastoon odottamaan toimitusta.

4. NYKYINEN RAAMI

Käytössä oleva malli ns. putkimalli on ollut käytössä 1960-luvulta. Pienillä muutoksilla kyseistä raamia on voitu käyttää koko pitkä elinkaari. Raamin peruselementti on haponkestävää putkea joka pinnoitetaan PVC-muovilla. Tähän malliin diafragmaussi asetetaan raamin päälle ja sidotaan ylätankoon kiinni narulla. Pussin kiinnitys sitomalla on pelkkää käsityötä ja on fyysisesti erittäin raskasta. Normaalisti tehtävä pussitusten määrä päivässä on noin 66kpl. Pussin tarkoitus on pitää katolyytti ja anolyytti erillään, koska katolyytti-tilassa ei saa olla happoa.

Elektrolyysissä on kokeiltu myös ns. ikkunamallista raamia, jossa ei käytetä nykyisen mallista pussia vaan ns. kankaan palaa joka liitetään liimaamalla tms. raamiin, jolla päästäisiin eroon sitomisesta. Tämä malli ei kuitenkaan ollut toimiva, koska katodi-tilasta ei saatu tarpeeksi tiivistä ja liimaus ei ollut kestävä.

Koko-muovisten raamien tai tässä tapauksessa lasikuituisen raamin käyttö allaslämpötilassa aiheutti muoviosien vääntymistä ja halutun muodon häviämistä.

Nykyinen raami lähetetään vikaantuessaan huollettavaksi jossa siitä puretaan kaikki muoviset osat pois ja jäljelle jäänyt putkisto pinnoitetaan uudelleen jos se on vielä käyttökelpoinen.



Kuva 2. Nykyinen raami

4.1 PVC- muovin ominaisuuksia

4.1.1 Käyttöala

PVC muovia (kova) käytetään yleensä vedenkäsittelytekniikassa ja kemikaalienkäsittelyssä. Sen käyttökohteita ovat muun muassa putket, putkenosat, venttiilit, altaat, säiliöt sekä ilmastointijärjestelmät. Kirkkaita PVC-levyjä käytetään ikkunaruuuina ja muotokappaleina. PVC on löytänyt paikkansa myös kone-, sähkö-, elintarvike- ja kemianteollisuudessa. PVC- levyt soveltuvat hyvin kylttimateriaaliksi, sillä maali ja painoväri tarttuvat hyvin sen pintaan.

Kylttimateriaalina käytetään usein vaahto-PVC:tä, jota on helppo työstää ja asentaa. Notkeammat, kumimaiset laadut soveltuvat esim. lattiasuojiksi ja joustaviin oviin. [3]

PVC:n ominaispiirteitä

- hyvää kemiallista kestävyyttä (hapot ja emäkset)
- jäykkyyttä
- iskunkestävyyttä
- muovattavuutta
- työstettävyyttä
- liimattavuus
- edullista hintaa

4.1.2 Mekaaniset ominaisuudet

PVC:a toimitetaan niin monina eri laatuina, että materiaalista on mahdotonta tehdä yhtenäistä yleiskuvaa. Kova PVC on yksi jäykimmistä muovilaaduista ja se on erittäin vahva normaaleissa lämpötiloissa. Materiaalin iskunkestävyys on hyvä eikä siihen synny helposti halkeamia. Myös kirkkaan PVC:n iskunkestävyys on hyvä. Vaahto- PVC on jäykkä vaahtotetun rakenteensa ansiosta. [3]

4.1.3 Lämpöominaisuudet

Normaalisti PVC:a ei saa käyttää yli 60 °C:ssa - kuormitettuna maksimi käyttölämpötila on n. 45 °C. Erikoislaadut kestävät suurempia lämpötiloja, PVC-C:a (kloorattu) voidaan käyttää 100 °C:n saakka. Kovan PVC:n lasittumislämpötila on n. 80 °C, jolloin materiaali muuttuu kumimaisen joustavaksi. Puolipehmeällä PVC-laadulla on kumimaiset ominaisuudet normaalilämpötilassa. PVC:n iskunkestävyys on heikko alhaisissa lämpötiloissa. [3]

4.1.4 Kemiallinen kestävyys

PVC kestää monia kemikaaleja ja sen jännityskorroosio on vähäistä. PVC kestää suolaliuoksia, laimeita ja osin myös vahvoja happoja sekä emäksiä, bensiiniä, öljyä, rasvaa ja alkoholia. Estereitä, ketoneja, aromaattisia hiilivetyjä ja bentseeniä materiaali ei kestä. Liuottimena voidaan käyttää tetrahydrofuraania tai sykloheksanonia. Hapot, kuten savuava rikkihappo ja väkevä typpihappo vahingoittavat PVC:a.[3]

4.2 Ongelmat vanhassa raamissa

Vanhan raamin kanssa toimittaessa suurimmaksi ongelmaksi on muodostunut PVC:n kestävyys elektrolyysin olosuhteissa. Käytössä oleva PVC kovettuu ikääntyessään ja halkeaa jolloin liuos pääsee kosketuksiin suojaamattoman teräsputken kanssa. Kovettumiseen vaikuttavia tekijöitä ovat PVC:lle korkeahko käyttölämpötila ja muodostuva rikkihappo. Katodin korvat alkavat hehkua oikosulku- tilanteessa aiheuttaen varsinkin yläputkeen korvien kohdalle melkoisen lämpökuorman. Toinen suurempi ongelma vanhassa raamissa on pussin kiinnitys raamiin, joka tehdään sitomalla narulla pussi kiinni raamin yläputkeen, jottei pussi pääse irtoamaan raamista. Sitominen tapahtuu käsityönä yhden henkilön toimesta ja on fyysisesti erittäin raskasta. Raamin paino aiheuttaa käsiteltävyyden kanssa ongelmia kun raamia tarvitsee nostella ja siirrellä.

Nykyisen raamin ongelmat havainnollistettu kuvissa 3- 5



Kuva 3. Yläputken pinnoitteen palaminen oikosulussa.



Kuva 4. Kourun alakulman pullistuminen.



Kuva 5. Eristeen halkeaminen

5. TOIMITTAJAT & TESTATTAVAT MATERIAALIT

Kehittelyyn valikoitui aluksi kaksi mahdollista toimittajaa, Teknikum ja Coreplast. Projektin aikana mahdolliseksi materiaali-toimittajaksi tuli myös Aikolon. Yhteistyötä ja selvitystyötä tehtiin myös VINK:n kanssa.

5.1 Teknikum

Teknikum on johtava pohjoismainen polymeeriteknologia-alan konserni, jonka ratkaisut auttavat asiakkaita ympäri maailmaa. Yhtiö on perustettu vuonna 1989.

Teknikum konserniin kuuluvat Teknikum Oy Vammalan tehdas, Teknikum Oy Kiikan tehdas ja Teknikum Sekoitukset Oy Keravalla, sekä lisäksi tuotantoyhtiöt Venäjällä ja Kiinassa sekä myyntiyhtiö Saksassa. Konsernin henkilöstömäärä on noin 440 henkilöä ja sen liikevaihto vuonna 2012 55,3 miljoonaa euroa.

Teknikumin tuotevalikoimaan kuuluvat mm. teollisuusletkut, muottituotteet kumista ja muovista, kumipinnoitteet ja -päällysteet, polyuretaani- ja nestesilikonituotteet sekä kumisekoitukset, -levyt

ja -matot. Teknikumin osaamisalueet ovat kulutuksen ja korroosion suojaukseen liittyvät tuote- ja palveluratkaisut, nesteiden ja muiden materiaalien siirtoon suunnitellut teollisuusletkut ja letkuasennelmat sekä asiakaskohtaisesti suunnitellut ja valmistetut polymeerituotteet. [4]

Teknikum:n ajatuksena oli raamin pinnoittaminen, joko pinnoittamalla vanha raami tai sitten rakentamalla uusi osista koottava raami joka myös pinnoitettaisiin ja johon voitaisiin vaihtaa vain käytössä vaurioituneet osat.

5.1.1 Teknikum testatut materiaalit

Teknikumilta testattavaksi tuli erilaisilla seos-, lisäaine- ja kovuusominaisuuksilla (shore) olevia EPDM-kumeja. EPDM valikoitui testattavaksi Teknikum:n ehdotuksesta, koska he olivat aiemmin menestyksekkäästi käyttäneet niitä erilaisissa rikkihapposeoksissa. Testauksesta karsiutui heti alussa Nyrin jonka polyamidi liukenee, pehmenee ja turpoaa rikkihapossa. Myös polyuretaani karsiutui koska sen polymeeriketjut pilkkoutuvat kemiallisesti rikkihapossa.

EPDM-kumi koostuu eteeni- propeen- ja dieenimonomeereistä, joista nimilyhenne, EPDM tulee. EPDM-kumia käytetään monissa kohteissa hyvän kemiallisen ja lämmönkestävyytensä vuoksi. EPDM-kumi säilyy joustavana alhaisissa lämpötiloissa mutta se on käyttökelpoinen myös melko korkeissa lämpötiloissa. EPDM kestää hyvin vesipohjaisia kemikaaleja (hapot, emäkset) ja liottimia korkeassa lämpötilassa ja sillä on erinomainen sään- ja otsoninkesto. EPDM-kumilla on mahdollisuus saada muottituotteella erittäin hyvä pinnanlaatu. [5]

Muovituotteiden valmistajat ilmoittavat kumi- tai muovien kovuudet shore yksikössä. Shore on muovien ja elastomeerien kovuuden mitta- arvo. Shore A:lla mitataan pehmeitä pintoja ja Shore D:llä kovia pintoja. Mittauksessa käytetään timattikärkistä iskuria, joka tiputetaan tietyltä korkeudelta mitattavaan materiaaliin, ja shore kovuus määrittyy sen mukaan kuinka korkealle iskuri kimpoaa mitattavasta kappaleesta. Shore mittaus kertoo vain kovuuden ei materiaalin muita ominaisuuksia. Shore kovuus ilmoitetaan asteikolla 0- 100, mitä suurempi arvo sen kovempi materiaali on.[6]

5.1.2 Teknikum muut materiaalit

Nyrim

Nyrim on polyamidipohjainen materiaali, josta valmistetuissa tuotteissa yhdistyvät polyamidin lujuus, jäykkyys, lämmönkestävyys ja kemiallinen kestävyys sekä kumin joustavuus ja sitkeys. Nyrim tuo ratkaisuihin kestävyyttä ja keveyttä, täyteaineet mahdollistavat tuoteominaisuuksien muokkaamisen. Reaktiovalu (RIM) mahdollistaa suuret tuotetilavuudet ja edulliset muottikustannukset.[7]

5.2 CorePlast

Coreplast Laitila Oy on maailman johtavia muoviteollisuuden sopimusvalmistajia. Coreplast tarjoaa muovituoteratkaisuja mm. sähkö-, elektroniikka-, kodinkone-, ympäristö- ja huonekaluteollisuudelle. Lisäksi Coreplast valmistaa Corefect- jalankulkijaheijastimia.

Tuotannosta yli 40 % päätyy vientiin eri maanosiin, kaikkiaan 35 maahan. Vuonna 2010 yrityksen liikevaihto oli 13 milj. euroa ja henkilökunnan määrä noin 80. [8]

Valmistajan mukaan raamin valmistaminen ruiskuvalulla onnistuisi helposti ja erilaisten ominaisuuksien lisääminen olisi myös mahdollista. Myös CorePlast:n tapauksessa ajatuksena oli raamin rakentaminen useammasta kuin yhdestä kappaleesta. Alkuvaiheen kustannuksiin tulisi valumallin tekeminen jonka hinta olisi maksimissaan noin puolet nykyisten raamien huoltokustannuksista, mutta keskimäärin hinta saattaa olla jopa vain neljännes huoltokustannuksista. Tämä hinta tulisi kustannuksiin vain ensimmäisenä vuonna, koska muotilla pystytään valamaan huomattavan suuri määrä kappaleita (väh. 200000kpl). Raamin valmistuksessa hylättäisiin nykyinen putkimalli nykyisessä muodossaan ja putkien antamaa mallia käytettäisiin lähinnä raamin jäykistämiseen.

Materiaaleiksi ajateltiin mm HDPE, Propeenit ja PVDF. Kokonaisuudessaan muovista rakennetun raamin paino voisi olla noin 3 kg nykyisen painaessa noin 15 kg. Mahdollinen ongelma uuden raamin kanssa voi olla sen kelluminen altaassa.

5.2.1 Coreplast testatut materiaalit

Coreplastilta testattavaksi tulleet materiaalit olivat korkealaatuisia kestumuoveja (polyketoneja). Polyketonisten muovien perusta on vahvasti toisiinsa liittyneet polymeeri- ketjut. Nämä nostavat materiaalien sulamispisteen jopa 2200C:n. Tämänkaltaiset materiaalit eristävät hyvin liuoksia ja omaavat hyvän mekaanisen kestävyden. Toisin kuin monet muut tekniset muovit, alifaattiset kestumuovit ovat verrattain helposti yhdistettävissä ja johdettavissa halvoista monomeereista.

HDPE

Polyeteeni (lyhenne PE) eli polyetyleni on yksi yksinkertaisimmista ja halvimmista polymeereistä. Polyeteeni on myös käytetyin muovin polymeerinen raaka-aine ympäri maailmaa. Ominaisuuksiltaan se on vahamaista ja kemiallisesti reagoimatonta muovia.

Polyeteeniä valmistetaan polymeroimalla eteeniä eli etyleeniä ($\text{CH}_2:\text{CH}_2$). Eteenin polymerisaatioreaktiossa monomeerin kaksoissidokset hajoavat. Tällöin muodostuu uusia yksinkertaisia kovalenttisia sidoksia hiiliatomien välille, jolloin syntyy makromolekyyli. Polyeteenimolekyyli sisältää ainoastaan hiili- ja vetyatomeja, ja sitä voitaisiin pitää myös pitkäketjuisena alkaanisarjan hiilivetyinä. [9]

5.2.2 Coreplast muut materiaalit

PVDF - polyvinyylideenifluoridi - on kestumuovi. Se on osittain kiteinen materiaali ja kuuluu fluorimuovien ryhmään. PVDF valmistetaan polymeroimalla difluoridikloraanimonomeereja. PVDF tunnetaan tuotemerkeistä Kynar, Solef ja Forafon.

PVDF:n käyttöala on laaja sen kemiallisten ja fysikaalisten ominaisuuksien ansiosta. PVDF:a käytetään erityisesti silloin, kun tarvitaan kemiallista kestävyttä ja mekaanisen rasituksen sekä lämpökuormituksen kestävyttä. PVDF:a käytetään usein vuorauksena tai pinnoitteena muiden materiaalien, esim. lasikuituvahvisteisen polyesterin ja teräksen kanssa. Tyypillisiä käyttökohteita ovat kemian ja petrokemian teollisuus, lääketeollisuus sekä elintarvike-, paperi-, elektroniikka-, ja galvanointiteollisuus. [10]

5.3 Aikolon

Kolmas yhteistyöyrittäjä raamikehtytsprojektissa oli Aikolon. Aikolon on saanut alkunsa moottorikelkkojen tuulilaseista 1985. Vähitellen toiminta on laajentunut teollisuusmuovien maahantuontiin, lastuavaa koneistukseen ja suunnittelupalveluun.

Heidän vahvuutena on kyky palvella asiakkaitamme joustavasti, laajalla tietotaidolla ja sovitulla toimitusajoilla.

Heidän varastoista löytyy laaja valikoima teollisuus-, mainos- ja rakennusmuoveja sekä LVI-tuotteita. [11]

5.3.1 Aikolon materiaalit

Vinyyliesterihartsit

Vinyyliesterihartsit ovat epoksien tyydyttämättömiä estereitä. Yleisimmin ne ovat metakryylihapon ja bisfenoli-A:n reaktiotuotteita styreeniin liuotettuna. Vinyyliestereihin kuuluvat myös epoksien novolakat (EPN). Novolakoihin pohjautuvat vinyyliesterihartsit ovat kemiallisesti kestävämpiä ja lämmönkestävämpiä kuin bisfenoli-A:n vinyyliesterit.

Vinyylihartsit kovetetaan samaan tapaan kuin polyesterihartsit. Kovetus voi tapahtua huoneen lämpötilassa tai korotetussa lämpötilassa. Molempiin kovetustapoihin on kehitetty omat kovetteensa ja kiihdytteensä. Vinyyliesterin ominaisuuksiin kuuluu:

- Sitkeys
- Hyvä lämmönkestävyys
- Hyvät tartunta- ja kostutusominaisuudet kaikkiin lujitteisiin
- Hyvä hapon ja emäksen kestävyys.

Hyvän syöpymiskestäväyytensä vuoksi vinyyliestereitä käytetään prosessiteollisuuden laitteissa, esim. sellu- ja paperiteollisuudessa ja jätevesien käsittelylaitteistoissa. Tyypillisiä tuotteita ovat putket, savupiiput, säiliöt, pumput, sähkölaitteet jne.[12]

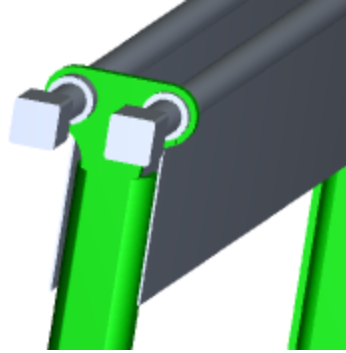
6. UUDEN MALLIN RAKENNE

6.1 Uudet mallit

Vanhan raamin korvaaminen uudella asettaa uuden raamin kehitykselle omat haasteensa, koska kaikkia vanhoja raameja ei vaihdettaisi kerralla uusiin joten uusien ja vanhojen on toimittava yhtä aikaa altaassa. Suunniteltaessa uusia raameja tärkein lähtökohta oli huoltokustannusten pienentäminen. Lisäksi kiinnitettiin huomiota raamin käsiteltävyyden parantamiseen ja pussin kiinnityksen muuttamiseksi helpommaksi nykyiseen verrattuna. Huoltokustannusten pienentäminen olisi mahdollista muuttamalla raamin rakennetta tai kestävämmän pinnoitusmateriaalin löytämisellä. Suunnittelussa ajauduttiin heti alussa siihen suuntaan, että raami valmistettaisiin kappaleista, jolloin raamista pystyttäisiin vaihtamaan vain rikkoutunut osa. Raamin pinnoittamisen sijaan suunnitelmissa oli kokonaan muovista rakennettu raami. Koko muovisessa raamissa olisi etuna mahdollisuus hyödyntää rikkoutuneita osia suoraan esim. energiajakeena. Ongelmaksi kokomuovisessa raamissa olisi mahdollisesti sen paino koska raami ei saa alkaa kellumaan altaassa. Kellumisongelmaa ei pinnoitettaessa putkea todennäköisesti esiinny. Pinnoitetussa mallissa olisi aina erotettava pinnoite ja sisällä oleva materiaali ennen hyödyntämistä uudelleen.

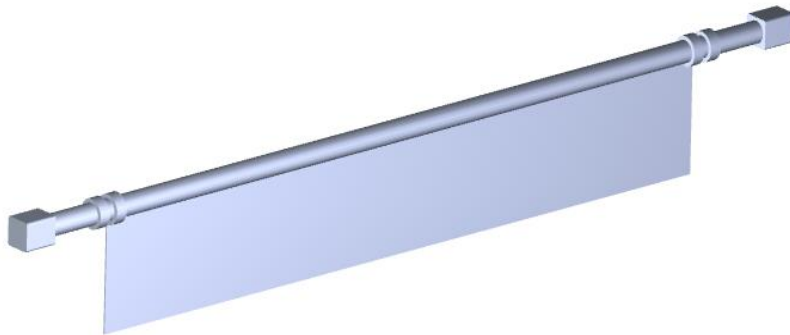
6.2 Uuden mallin rakenne

Uudessa mallissa pussin kiinnitys tapahtuisi pujottamalla raamin yläputki pussissa olevaan kujaan ja sitten pingottamalla yläputki raamin yläosaan kiinni.



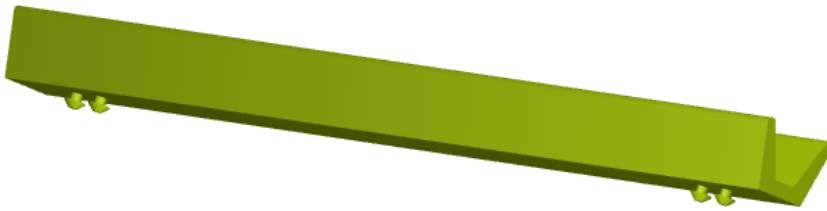
Kuva 6. Yläputken kiinnitys sivuaiseen

Varjostus olisi myös tehty kiinteästi raamin yläputkeen jolloin nykyisin Latex- maalilla tehtävästä lateksioinnista voitaisiin luopua. Kiinteä varjostus varmistaisi tasalaatuisen varjostuksen. Varjostuksella pyritään estämään virran kulkua anodilta anodille, joka lisää katodin yläreunan kasvua.



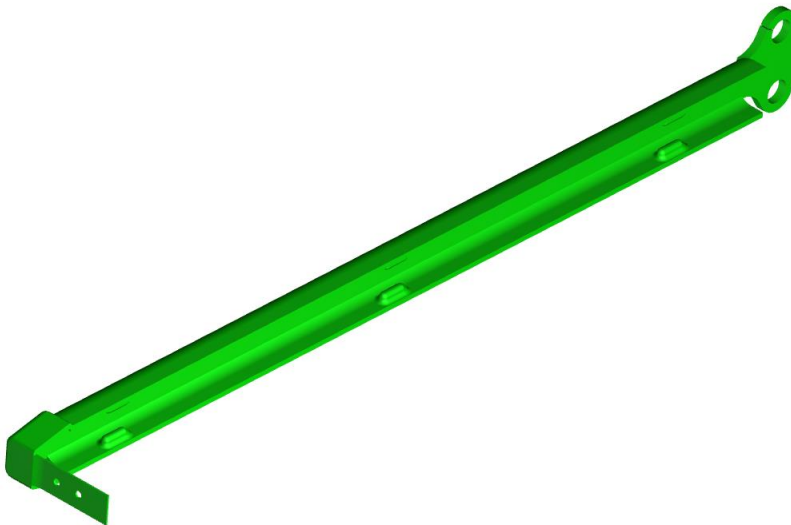
Kuva 7. Yläputki jossa kiinteä varjostus

Alakourussa olisi pohjassa napit joihin sivuaisoissa olevat liitoslevyt liitettäisiin painamalla ne kiinni toisiinsa.



Kuva 8. Alakouru

Sivuaisassa olisi ohjaimet katodille, alhaalla liitoslevyt ala- aisaan liittämistä varten ja ylhäällä kiinnitysreiät yläputken kiinnitystä varten.



Kuva 9. Sivuaisa



Kuva 10. Hahmotelma tulevasta raamista

Raamin osat valmistettaisiin kolmessa erilaisessa muotissa. Yhdessä tehtäisiin kaksi sivuaisaa toisessa pohjakouru ja kolmannessa kaksi yläputkea. Osien valmistuksen jakautuessa näin pystyttäisiin tarvittaessa tekemään huollon kannalta tarpeellisia osia.

Uutta mallia suunniteltaessa oli myös yhtenä ajatuksena liittää katolyytin syöttö kiinteästi suoraan raamiin, jolloin letkutus ja kapillaarit vähenisivät.

7. MATERIAALITESTAUS

Kaikkien toimittajien materiaalit testattiin tuotanto-olosuhteissa ja laboratoriossa. Tuotannossa testattava kappale laitettiin altaaseen anoditilaan liuotukseen vähintään kuukauden ajaksi eli vähintään noin 720 tunniksi. Laboratoriossa testikappaleille tehtiin 100 tunnin liuotuskokeet 200g/l rikkihappoliuoksessa ja anolyyttiliuoksessa (jossa n. 50g/l rikkihappoa). Materiaalitestit tehtiin 200 millilitran pulloissa joihin laitettiin 5- 15g painava materiaalinäyte. Pulloihin kuplitettiin happea anodireaktion olosuhteiden simuloimiseksi. Lämpötila kokeissa oli noin 65 °C.

Laboratorio testien olosuhteet on pyritty tekemään mahdollisimman samanlaisiksi kuin tuotanto-olosuhteet ei lyhyen ajan testit laboratoriossa kuitenkaan tuo ilmi mahdollisia pidemmän ajan vaikutuksia materiaaliin. Tästä syystä kaikille materiaaleille tehtiin testit myös tuotanto-olosuhteissa. Tuotanto- olosuhteissa testit eivät vaatineet jatkuvaa valvontaa vaan testi tapahtuu tuotannon ohessa.

Laboratorio testeillä pystyttiin tarkasti selvittämään liukeneeko tutkittavasta kappaleesta/materiaalista jotain epäpuhtauksia liuokseen, joita ei pystytä tutkimaan tuotanto-olosuhteissa. Laboratorio tutkimukset liukenemisen osalta ovat tärkeitä, koska yrityksen valmistamissa lopputuotteissa mahdollisia epäpuhtauksia saa olla erittäin vähän.



Kuva 11. Testilaitteisto laboratoriossa



Kuva 12. Testilaitteisto laboratoriossa

Erlaisia materiaaleja testattiin kaikkiaan 16 kpl. Seuraavassa taulukossa on eriteltyä kaikki testatut materiaalit:

Taulukko 2. Testatut materiaalit

Koe	Materiaali	Toimittaja	Laboratoriokokeet	Tuotantokokeet
1	EPDM 1 Sh 70	Teknikum	Happo & anolyytti	kyllä
2	EPDM 2 Sh 80	Teknikum	Happo & anolyytti	kyllä
3	EPDM 3 SH 80	Teknikum	Happo & anolyytti	kyllä
4	EPDM 1745/1	Teknikum	Happo & anolyytti	kyllä
5	EPDM 1745/2	Teknikum	Happo & anolyytti	kyllä
6	EPDM 1745/3	Teknikum	Happo & anolyytti	kyllä
7	EPDM 1745/4	Teknikum	Happo & anolyytti	kyllä
8	EPDM 1745/6	Teknikum	Happo & anolyytti	kyllä
9	EPDM 1745/9	Teknikum	Happo & anolyytti	kyllä
10	Shulaketon nv	Coreplast	ei	kyllä
11	Shulaketon mv	Coreplast	ei	kyllä
12	Shulaketon gf 15	Coreplast	ei	kyllä
13	Shulaketon GF 30	Coreplast	Happo & anolyytti	kyllä
14	lasikuitulaminaatti	Aikolon	Happo	kyllä
15	Silikoni letku	Etra	Happo & anolyytti	kyllä
16	Chesterton ARC S4+	RR site service	Happo & anolyytti	kyllä

7.1 Teknikum

Teknikum:n kanssa pidetyissä kokouksissa pyrittiin selvittämään mikä materiaali kestäisi elektrolyysin vaativia olosuhteita ja millainen tulisi olla osista koottava raami. Materiaalivaihtoehtojen selvittäminen lähti liikkeelle Teknikum:n Nyrin materiaalista, josta heti alussa todettiin ettei se kestä elektrolyysin vaativia olosuhteita. Materiaalin rajoittavaksi ominaisuudeksi todettiin myös ettei siinä saisi olla liukenevia komponentteja kuten kuparia ja alumiinia. Teknikum:n valmistamassa raamissa olisi mahdollista käyttää metallisia vahvikkeita valitun materiaalin sisällä, varmistamaan raamin muodon säilyminen. Teknikum:n kanssa päädyttiin siis materiaalin käyttämiseen pinnoituksessa.

Teknikum toimitti testattavaksi useampia materiaaleja joten testijaksoja oli useampia. Näiden testijaksojen avulla pyrittiin selvittämään paras mahdollinen materiaali.

Teknikum toimitti testattavaksi kaikkiaan yhdeksän erilaista materiaali vaihtoehtoa. Nämä kaikki materiaalit testattiin tuotanto- olosuhteissa ja laboratoriossa.

- Teknikum EPDM – Sh70: Testattu laboratoriossa ja tuotanto-olosuhteissa. Materiaalista liukeni rikkihappoliuoksessa alumiinia, kalsiumia ja natriumia huomattavia määriä. Anolyyttiliuoksessa liukeni vain hieman alumiinia. Painossa ei merkittäviä muutoksia kummassakaan kokeessa. Tuotanto-olosuhteissa materiaalissa ei tapahtunut silmämääräisesti muutoksia.

Tarkemmat tulokset laboratorikokeista liitteessä 2 ja 3.

- Teknikum EPDM 2 – Sh80. Testattu laboratoriossa ja tuotanto-olosuhteissa. Materiaalista liukeni laboratoriotestien mukaan eniten alumiinia ja hieman rautaa rikkihappoliuokseen. Anolyyttiin liukeni vain hieman rautaa. Lisäksi anolyyttiliuoksen orgaanisten komponenttien pitoisuus oli koholla testien jälkeen. Painossa ei merkittäviä muutoksia kummassakaan kokeessa. Tuotanto-olosuhteissa materiaali kesti hyvin, ei tapahtunut silmämääräisesti muutoksia.

Tarkemmat tulokset laboratorikokeista liitteessä 2 ja 3.



Kuva 13. Teknikum Sh80/2

- Teknikum EPDM3 - Sh80. Testattu laboratoriossa ja tuotanto-olosuhteissa. Materiaalista liukeni laboratoriotestien mukaan eniten alumiinia rikkihappoliuokseen. Anolyyttiliuokseen ei liuennut juurikaan haitallisia komponentteja. Tuotanto-olosuhteissa materiaali kesti hyvin. Kummassakaan testissä ei merkittäviä painonmuutoksia. Sähkönjohtavuutensa vuoksi kyseistä materiaalia ei voida käyttää elektrolyysissä.

Tarkemmat tulokset laboratorikokeista liitteessä 2 ja 3.



Kuva 124. Teknikum Sh 80/3

- Teknikum EPDM 1745/1. Testattu laboratoriossa ja tuotanto-olosuhteissa. Materiaalista liukeni laboratoriotestien mukaan huomattavia määriä alumiinia ja sinkkiä, lisäksi liukeni orgaanisia komponentteja.

Tuotanto-olosuhteissa materiaali kesti melko hyvin. Muutoksia pinnassa ainoastaan kappaleen kiinnitys kohdassa. Painon muutos laboratoriotesteissä n. +8,6 % ja tuotannossa ei merkittäviä muutoksia.

Tarkemmat tulokset laboratorionkokeista liitteessä 4 ja 5.



Kuva 135. Teknikum 1745/1

- Teknikum EPDM 1745/2. Testattu laboratoriossa ja tuotanto-olosuhteissa. Materiaalista liukeni laboratoriotestien mukaan huomattavasti alumiinia, muita metalleja pienempiä määriä. Lisäksi liukeni hieman orgaanisia komponentteja huomattava määrä.

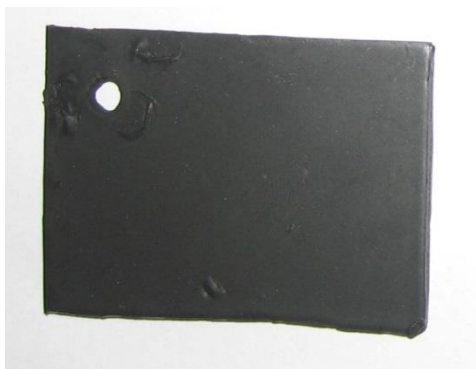
Tuotanto- olosuhteissa materiaali ei näyttänyt kestävänsä vaan alkaa kuplimaan/ kiehumaan. Muutoksia koko kappaleen alueella. Painon muutos laboratorio testeissä noin +9 % ja tuotannossa n.+22 %.

Tarkemmat tulokset laboratorionkokeista liitteessä 4 ja 5.



Kuva 146. Teknikum 1745/2

- Teknikum EPDM 1745/3. Testattu laboratoriossa ja tuotanto-olosuhteissa. Materiaalista liukeni laboratoriotestien mukaan huomattavasti alumiinia, mutta myös rautaa liukeni. Lisäksi liukeni orgaanisia komponentteja erittäin paljon. Tuotanto-olosuhteissa materiaali oli alkanut kuplimaan pinnastaan. Painon muutos laboratorio testeissä noin+10 % ja tuotannossa noin+15 %. Tarkemmat tulokset laboratoriokokeista liitteessä 4 ja 5.



Kuva 157. Teknikum 1745/3

- Teknikum EPDM 1745/4. Testattu laboratoriossa ja tuotanto-olosuhteissa. Materiaalista liukeni laboratoriotestien mukaan eniten alumiinia, myös muita metalleja mutta niitä huomattavasti vähemmän. Orgaanisia komponentteja ei liuennut juurikaan. Tuotanto-olosuhteissa materiaali oli alkanut kuplimaan. Kummassakaan testissä ei merkittäviä painonmuutoksia. Tarkemmat tulokset laboratoriokokeista liitteessä 6.



Kuva 168. Teknikum 1745/4

- Teknikum EPDM 1745/6. Testattu laboratoriossa ja tuotanto-olosuhteissa. Materiaalista liukeni hieman natriumia ja muita metalleja huomattavasti vähemmän. Myös orgaanisia komponentteja liukeni merkittävästi rikkihappoliuokseen.

Tuotanto-olosuhteissa materiaalin pinta oli alkanut kuplimaan. Painon muutos laboratorio testeissä oli n. +3,5 % ja tuotannossa ei merkittävää muutosta.

Tarkemmat tulokset laboratoriokokeista liitteessä 7.



Kuva 19. Teknikum 1745/6

- Teknikum EPDM 1745/9. Testattu laboratoriossa ja tuotanto-olosuhteissa. Materiaalista liukeni eniten alumiinia ja piitä, molempia vain pieniä määriä. Orgaanisia komponentteja liukeni myös erittäin vähän.

Tuotanto-olosuhteissa materiaali oli kestänyt erittäin hyvin ja pinnassa ei muutoksia. Painon muutos laboratorio testeissä n.+3,5 % ja tuotannossa ei merkittäviä painonmuutoksia.

Tarkemmat tulokset laboratoriokokeista liitteessä 8.



Kuva 20. Teknikum 1745/9

7.2 Coreplast

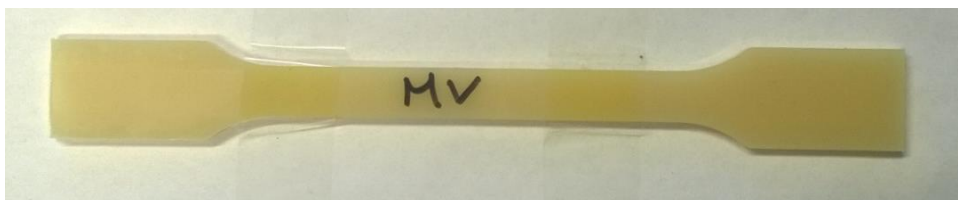
Coreplast:lta saapui neljä testikappaletta joista jokin olisi mahdollisesti raamissa käytettävä materiaali. Kaikki testikappaleet olivat kuvan 22 mukaisia vetosauvoja. Kaikki Coreplast:n toimittamat neljä kappaletta testattiin tuotanto- olosuhteissa ja ainoastaan Shulaketon gf30 testattiin laboratoriossa sen riittävän korkean ominaispainon vuoksi.

Tuotanto-olosuhteissa testatut materiaalit kestivät hyvin eikä niissä havaittu silmämääräisesti muutoksia, eikä myöskään painon muutoksia.

Laboratorio testeissä liukeni pieniä määriä alumiinia, kalsiumia ja piitä. Orgaanisia komponentteja liukeni jonkin verran. Kummassakaan testissä ei merkittäviä painonmuutoksia.

Tarkemmat tulokset laboratoriokokeista liitteessä 9.

Coreplast Schulaketon gf 30 materiaalin tekniset tiedot liitteessä 14.



Kuva 21. Coreplast shulaketon Mv

7.3 Aikolon

Aikolonilta saapui testattavaksi vinyyliesterihartsilla kovetettu lasikuitulaminaatti kappale joka testattiin tuotanto-olosuhteissa ja laboratoriossa.

Laboratoriossa testit tehtiin ainoastaan rikkihapossa. Testissä kappaleesta liukeni erittäin paljon alumiinia ja kalsiumia, myös huomattavia määriä muita metalleja. Kappaleesta liukeni myös jonkin verran orgaanisia komponentteja. Painon muutos laboratorio testeissä oli noin -3 %.

Tuotanto-olosuhteissa kappale säilytti muotonsa melko hyvin, mutta jotain kappaleesta liukeni koska pinta muuttui ja näytti myös että kappale olisi imenyt nikkeliä itseensä. Kappaleen paino oli noussut noin 3 %.

Tarkemmat tulokset laboratoriokokeista Liitteessä 10.

Seuraavassa kuvassa vasemmalla oleva kappale on uusi ja oikealla oleva kappale tuotantoaltaassa testissä ollut kappale. Tuotantoaltaassa testissä ollut kappale on selvästi imenyt nikkeliä itseensä.



Kuva 22. Aikolon lasikuitulaminaatti

Aikolon:n materiaalin ominaisuudet liitteessä 15.

7.4 Muut materiaalit

Lisäksi testattiin Chesterton ARC S4+ ruiskutettavaa pinnoitetta ja normaalia silikoni letkua.

Chesterton:in pinnoite kesti tuotanto-olosuhteissa melkoisen hyvin eikä siinä havaittu muita muutoksia kuin värin muutoksia.

Laboratoriossa materiaalia testattiin anolyytissä ja rikkihapossa joissa havaittiin, että kappaleesta liukeni melko vähän metalleja, mutta orgaanisia komponentteja jonkin verran varsinkin rikkihappoliuokseen. Laboratoriotesteissä ei merkittävää painonmuutosta

Tarkemmat tulokset Chesterton:in testistä liitteessä 11.

Silikoni letkua testattiin tuotanto- olosuhteissa ja laboratoriossa. Laboratoriossa testit tehtiin rikkihapossa ja anolyttiliuoksessa.

Tuotanto- olosuhteissa kappale näytti kestävän hyvin eikä materiaalissa ollut havaittavissa silmämääräisesti muutoksia.

Molemmissa laboratorio testeissä silikonista liukeni huomattava määrä piitä. Lisäksi rikkihappoliuokseen liukeni merkittävä määrä orgaanisia komponentteja. Laboratoriotesteissä ei merkittävää painon muutosta.

Tarkemmat tulokset silikoniletkun testistä liitteessä 12.

8. JOHTOPÄÄTÖKSET

Sopivan materiaalin löytyminen raamiin sopivaksi osoittautui haastavaksi. Erilaisia materiaaleja testattiin kaikkiaan 16 kappaletta erilaisissa olosuhteissa. Yhteistyössä Teknikum Oy:n kanssa löydettiin tuotantoon soveltuvan materiaalin. Valitussa materiaalissa ei havaittu tuotanto-olosuhteissa muutoksia pinnassa eikä painossa. Valittu materiaali osoittautui toimivaksi myös laboratoriotesteissä koska siitä mahdollisesti lienneet metallimäärät olivat erittäin pieniä. Osa testatuista materiaaleista saattoi kestää silmämääräisesti tuotanto- olosuhteita hyvinkin ja osa taas ei kestänyt tuotanto-olosuhteissa muuttumattomana testiaikaa. Laboratoriossa tehdyt testit osoittivat sitten että todellisuudessa kaikista muista materiaaleista liukeni metalleja muun muassa alumiinia ja rautaa sekä orgaanisia komponentteja.

Uuden raamin malli saatiin suunniteltua joka voisi toimia tuotannossa. Raami koostuisi viidestä erillisestä osasta, alakourusta, kahdesta sivuaisasta ja kahdesta kiinteällä varjostuksella varustetulla yläaisasta. Uuden mallin raamin paino pienenee ja käsiteltävyys paranevat. Uuden

mallin huoltokustannusten pitäisi olla huomattavasti pienemmät kuin vanhan koska osista kasattava raamin kaikkia osia ei tarvitse vaihtaa yhden vikaannuttua.

Uudesta mallista olisi tarkoitus valmistaa ainakin yksi mallikappale jotta sen toimivuutta saadaan testattua todellisissa tuotanto-olosuhteissa. Testiraamin testauksella tuotannossa varmistetaan onko mallissa vielä jotain muutettavaa ennen kaikkien raamien vaihtoa uusiin.

Uuteen raamiin joudutaan valmistamaan uusi hieman erilainen diafragmapussi, koska yläosan kiinteä varjostus ei sovi nykyiseen diafragmapussiin. Nykyisen diafragmapussin valmistajan kanssa keskusteltu mahdollisuudesta valmistaa muutamia koepusseja uuteen raamiin.

9. LÄHTEET

1. Norilsk Nickel Harjavalta Oy:n kotisivut. 2014.
<http://www.nornik.fi/fi/yritys/mmc-norilsk-nickel/>
2. Normaalipotentialiaali taulukko
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/tables/electpot.html>
3. PVC ominaisuuksista
http://www.tuotteet.vink.fi/media/tuotteet/pvc/vink_pvc_esite_a4_web.pdf
4. Teknikum yritysesittely, Teknikum www. Kotisivut
<http://www.teknikum.com/yritys/>
5. EPDM ominaisuuksia
<http://www.teknikum.com/tietoa-materiaaleista/epdm-eteenipropeeni/>
6. Shore kovuus luokittelu
http://www.calce.umd.edu/TSFA/Hardness_ad_.htm#3.5
7. Nyrim
<http://www.teknikum.com/tietoa-materiaaleista/nyrim>
8. Coreplast kotisivut
<http://www.corelect.fi/etusivu>
9. HDPE
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Polyeteeni>
10. PVDF
<http://www.tuotteet.vink.fi/tuotteet/pvdf.html>
11. Aikolon Oy kotisivut
<http://aikolon.fi/fi/yritys>
12. Vinyliesterihartsit
<http://www.tut.fi/.../Lujitemuovitekniikka%20eri%20toimialoilla-1.pdf>

13. Teknikum tuotesittely EPDM

<http://www.teknikum.com/tietoa-materiaaleista/epdm-eteenipropeeni/>

14. Polyuretaani

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Polyuretaani>

Liitteet:

Liite 1

Projekti	New Diafragma Frame	Päiväys	8.5.2014
Projektinumero	16470		
Tutkija	Kalle Karjala		
Laborantti	Ville Lautamäki		
Koeajo	-		

Koesuunnitelma:

TEHDÄÄN 6 kpl kestävyyskokeita eri kumilaaduille.
 Testattavia kumilaatuja 3 kpl. Leikataan jokaisesta niistä 2 kpl suurin piirtein yhtä suuria paloja testejä varten. Punnitaan jokainen leikattu kumipala ennen kokeiden alkua.

KOESARJA 1:

Asetetaan jokaisesta kumilaadusta yksi palanen omaan lasipulloon jossa rikkihappoa (200 g/L) oikealla olevan kuvan mukaan. Lasipulloja siis yhteensä 3 kpl. Tuetaan kumipalat kuvassa näkyvillä pidikkeillä tai vastaavilla. Ilmakuplitus rotametrin minimivirtauksella hohkakiveä käyttäen. Lasipullon päälle korkki estämään haihtumista. **Korkissa tulee olla reikiä jotta ilma pääsee sieltä pois.** Laitetaan lasipurkki vesihauteeseen ja asetetaan sen lämpötilaksi noin 65 °C.

Liuosnäyte noin 25 h välein. Ei lisätä liuosta näytteenoton jälkeen. Ajoaika alustavasti 100 h. Tämän jälkeen kumipalojen punnitus.

KOESARJA 2:

Asetetaan jokaisesta kumilaadusta yksi palanen omaan lasipulloon jossa anolyttää. Lasipulloja siis yhteensä 3 kpl. Muuten sama koejärjestely kuin koesarjassa 1.

Liuosnäyte 25 h ajon välein. Ei lisätä liuosta näytteenoton jälkeen. Ajoaika alustavasti 24h. Tämän jälkeen kumipalojen punnitus.

Ajetaan koetta ainoastaan päivävuorossa. Vuoron päätteeksi lämmitys & ilmansyöttö pois. Kirjataan ajotunnit ylös.



Tarkkaillaan pullojen liuospintoja haihtumisen varalta.

ANOLYTTIN VALMISTUS
 403,1 g NiSO₄-kiteitä
 250 mL 200 g/L H₂SO₄.
 Vettä niin että tilavuudeksi tulee 1 L.



Liite 2

Näytteet:	1	70 Sh.a sis kuparia
	2	80 Sh.a. rikkivulkanoitu
	3	80 Sh.a peroksidi

KUMIMATERIAALIEN KEMIALLISET KESTÄVYYDET 2M RIKKIHAPPOLIUKSESSA 100 H AJAN																	
	Al	Ca	Cl	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	S	Si	Zn
Kumipala, aika	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1. 25h	0,308	0,642	0	0	1,151	0,434	0,862	0,411	0	0	1,301	2,13	24,771	0	74661,3	9,232	10,337
1. 50h	0,365	23,313	13,002	0	1,411	0,441	6,898	8,04	0	0	25,713	2,199	21,371	0	66113	24,803	12,242
1. 75h	16,733	20,057	14,396	0,026	1,702	0,503	6,536	7,857	0,02	0	24,683	4,283	11,982	0,245	63285	21,303	14,962
1. 100h	22,588	20,122	12,903	0,023	1,996	0,545	6,496	7,852	0,018	0	24,811	5,312	7,74	0,27	62937,5	18,04	15,87
2. 25h	0,542	1,687	0	0	0,572	1,342	0,829	0,571	0,019	0	0,701	0	6,688	0	80595,6	8,52	3,253
2. 50h	0,558	5,204	0	0	0,532	1,252	2,019	1,739	0,017	0	4,797	0	4,955	0	71562,6	10,319	3,581
2. 75h	6,333	4,393	0	0	0,494	1,069	1,939	1,69	0,025	0	4,622	0,521	4,424	0	65896,7	8,206	3,861
2. 100h	34,151	4,189	0	0	0,458	1,18	1,631	1,636	0,03	0,091	4,531	1,502	4,831	0	61636	6,093	4,174
3. 25h	0,092	0,597	0	0	0,276	0,276	0	0,11	0	0	0,433	0	8,384	0	74256,9	6,229	1,87
3. 50h	0,156	3,009	0	0	0,334	0,282	1,363	0,853	0	0	3,196	0	4,085	0	70389,7	6,584	2,205
3. 75h	6,985	2,6	0	0	0,307	0,279	1,453	0,819	0,012	0	3,222	2,515	4,476	0	63350	5,648	2,471
3. 100h	25,143	2,687	0	0	0,313	0,397	1,502	0,828	0,014	0,101	3,177	0,293	4,568	0	65330,6	3,608	3,014

KUMIPALOJEN MASSAT				
	Ennen koetta (g)	Kokeen jälkeen (g)	Ero (g)	Ero (%)
1	4,177	4,195	0,018	0,43 %
2	7,412	7,403	-0,009	-0,12 %
3	5,249	5,256	0,007	0,13 %

Liite 3

Näytteet:	1	70 Sh.a sis kuparia
	2	80 Sh.a. rikkivulkanoitu
	3	80 Sh.a peroksidi

KUMIMATERIAALIEN KEMIAALLISET KESTÄVYYDET ANOLYTTILIUKSESSA 100 H AJAN														
	Al	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	P	Pb	Si	Zn
Kumipala, aika	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Alku	0	143,72	0	0	0	10,37	117,77	0	0	1180,07	0	0	28,69	0
1. 27h	0,72	166,55	0	0	0	11,68	138,66	0	0	1382,96	0	0	48,12	17,76
1. 51h	3,42	89,39	0	0	0	9,85	114,26	0	0	1145,97	0	0	37,19	17,74
1. 100h	4,67	141,51	0	0,17	0	11,33	132,02	0	0	1311,72	0	0	39,82	22,23
2. 27h	0	176,50	0	0	0,56	12,10	144,69	0	0	1440,23	0	0	45,77	3,48
2. 51h	0	164,38	0	0	0,56	12,21	139,37	0	0	1396,87	0	0	43,62	3,60
2. 100h	0	106,07	0	0	0,54	11,88	131,43	0	0	1312,75	0	0	39,63	3,98
3. 27h	0	166,37	0	0	0	11,72	137,45	0	0	1379,86	0	0	44,11	1,40
3. 51h	0	165,16	0	0	0	12,63	138,70	0	0	1390,15	2,77	0	43,62	1,46
3. 100h	0	161,66	0	0	0	11,63	134,91	0	0	1353,65	0	0	40,09	1,78

KUMIPALOJEN MASSAT				
	Ennen koetta (g)	Kokeen jälkeen (g)	Ero (g)	Ero (%)
1	6,675	6,692	0,017	0,25 %
2	8,218	8,199	-0,019	-0,23 %
3	5,095	5,088	-0,007	-0,14 %

Liite 4

KUMIMATERIAALIEN KEMIAALLISET KESTÄVYYDET 2M RIKKIHAPPOLIUKSESSA 100 H AJAN															
	Al	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Si	Zn
Kumipala, aika	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
KP1745-1. 25h	72,78	4,72	0	0	11,96	0	8,66	0	0,23	0,84	0	3,98	0	67,86	215
KP1745-1. 50h	197,13	7,77	0,1	0	22,51	0	15,73	0	0,43	1,31	0	4,83	0	25,14	324,43
KP1745-1. 75h	365,49	9,84	0,17	0	34,29	0,93	21,44	0	0,78	1,44	0	4,93	0	26,33	416,71
KP1745-1. 100h	638,97	13,81	0,28	0	53,6	1,41	30,48	0	1,3	1,76	0	5,97	0	24,66	603,86
KP1745-2. 25h	24,45	2,25	0	0	2,17	0	3,16	0	0	0,64	0	3,56	0	17,4	0,18
KP1745-2. 50h	88,49	4,73	0	0,14	7,01	0	7,99	0	0,21	0,87	0	4,36	0	17,79	0,3
KP1745-2. 75h	191,94	6,97	0,11	0,18	14,58	0	12,87	0	0,43	1,24	8,07	4,27	0	19,76	0,7
KP1745-2. 100h	357,17	10,83	0,19	0,27	25,17	0,84	19,1	0	0,74	1,56	7,86	4,76	0	17,56	0,89
KP1745-3. 25h	27,62	2,55	0	0,1	2,32	0	3,53	0	0	0,68	0	3,64	0	15,27	0,26
KP1745-3. 50h	112,04	5,83	0	0,18	8,63	0	9,05	0	0,26	0,86	0	4,47	0	15,77	0,5
KP1745-3. 75h	235,51	8,16	0,11	0,24	16,41	0	13,25	0	0,49	0,98	0	4,48	0	19,63	0,64
KP1745-3. 100h	441,26	11,64	0,18	0,31	28,24	1,17	18,68	0	0,92	1,31	0	4,71	0	19,18	0,83

KUMIPALOJEN MASSAT				
	Ennen koetta (g)	Kokeen jälkeen (g)	Ero (g)	Ero (%)
1	7,517	8,166	0,649	8,63 %
2	7,801	8,502	0,701	8,99 %
3	8,104	8,931	0,827	10,20 %

Liite 5

KUMIMATERIAALIEN KEMIAALLISET KESTÄVYYDET ANOLYTTILUOKSESSA 100 H AJAN															
	Al	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	P	Pb	Si	Zn	TOC
Kumipala, aika	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Alku	0	90,36	0	0	0	6,75	131,23	0	0	1815,78	0	9,05	128,06	1,47	11,9
KP1745-1. 25h	11,19	118,3	0	0	2,82	8,32	156,4	0	0	2103,15	0	5,05	68,29	88,65	
KP1745-1. 50h	23,57	134,76	0	0	6,31	9,59	177,01	0	0	2380,09	0	4,61	75,12	174,6	
KP1745-1. 75h	36,88	115,43	0	0	8,6	9,19	155,35	0	0	2023	0	6,06	66,2	211,34	
KP1745-1. 100h	55,04	120,78	0	0	11,56	9,06	161,77	0	0	2125,06	0	9,27	70,05	261,71	102,1
KP1745-2. 25h	3,27	121,47	0	0	0,63	8,45	160,96	0	0	2205,84	0	4,53	67,32	0	
KP1745-2. 50h	5,56	129,99	0	0	0,93	9,4	170,66	0	0	2351,83	0	4,54	70,52	0	
KP1745-2. 75h	11,36	115,31	0	0	1,3	8,69	152,48	0	0	2068,68	0	5,36	61,69	0	
KP1745-2. 100h	19,37	117,27	0	0	1,96	8,7	157,33	0	0	2130,22	0	9,76	62,77	0	19,15
KP1745-3. 25h	7,27	119,67	0	0	0,42	8,48	158,04	0	0	2192,93	0	4,54	66,14	1,14	
KP1745-3. 50h	16,54	163,22	0	0	1,1	10,03	180,7	0	0	2471,66	0	4,8	74,05	1,41	
KP1745-3. 75h	30,75	119,99	0	0	2,13	8,32	159,62	0	0	2143,68	0	7,82	65,28	1,32	
KP1745-3. 100h	44,21	113,7	0	0	3,28	7,88	149,97	0	0	1997,8	0	11,53	61,01	1,29	53,06

KUMIPALOJEN MASSAT				
	Ennen koetta (g)	Kokeen jälkeen (g)	Ero (g)	Ero (%)
1	5,382	5,761	0,379	7,04 %
2	5,637	5,79	0,153	2,71 %
3	5,647	5,986	0,339	6,00 %

Liite 6

KUMIMATERIAALIEN KEMIAALLISET KESTÄVYYDET 2M RIKKIHAPPOLIUKSESSA 100 H AJAN																
	Al	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Si	Zn	TOC
Kumipala, aika	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
KP1745-4. 25h	2,89	4,35	0	0,26	0,68	0	0,11	0	0	2,21	2,82	3,1	0	3,08	0,33	10,9
KP1745-4. 50h	15,48	4,63	0	0,31	0,92	0,85	0,11	0	0	2,82	3,01	2,82	0	5,03	0,36	13,9
KP1745-4. 75h	23,03	5,2	0	0,36	1,22	1,19	0,13	0	0	3,41	3,36	2,86	0	7,03	0,44	15,9
KP1745-4. 100h	25,51	5,23	0	0,4	1,39	1,19	0,18	0	0	3,64	3,49	2,67	0	8,44	0,49	14,4
KUMIMATERIAALIEN KEMIAALLISET KESTÄVYYDET ANOLYTTILIUKSESSA 100 H AJAN																
	Al	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	P	Pb	Si	Zn	TOC	
Kumipala, aika	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	
Anolyytti	0	92,45	0	0	0	10,63	252,8	0	0	1536,97	0	4,82	52,04	0	16,7	
KP1745-4. 25h	1,32	108,36	0	0	0	12,74	290,68	0	0	1772,39	0	4,62	56,57	0	16,7	
KP1745-4. 50h	5,72	99,54	0	0	0,13	11,13	260,93	0	0	1578,59	0	4,79	51,82	0	15,7	
KP1745-4. 75h	6,15	96	0	0	0,15	10,88	253,36	0	0	1533,23	0	5,06	49,85	0	13,9	
KP1745-4. 100h	6,82	96,33	0	0,17	0,22	11,37	251,78	0	0	1531,84	0	6,12	48,97	0	13,3	

KUMIPALOJEN MASSAT				
	Ennen koetta (g)	Kokeen jälkeen (g)	Ero (g)	Ero (%)
Happo	6,242	6,298	0,056	0,90 %
Anolyytti	6,195	6,187	-0,008	-0,13 %

Liite 7

KUMIMATERIAALIEN KEMIAALLISET KESTÄVYYDET 2M RIKKIHAPPOLIUKSESSA 100 H AJAN																
	Al	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Si	Zn	TOC
Kumipala, aika	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
KP1745-6. 25h	0,97	2,11	0	0,29	1,17	1,37	0,28	0	0	20,49	7,97	2,16	0	5,9	0	13,6
KP1745-6. 50h	1,39	2,46	0	0,28	1,19	2,02	0,32	0	0	25,66	7,61	2,11	0	7,95	0	17,23
KP1745-6. 75h	2,62	3,37	0	0,34	1,38	3,35	0,41	0	0	35,62	8,74	2,4	0,26	5,56	0	33,7
KP1745-6. 100h	3,43	3,86	0	0,26	1,18	4,24	0,44	0	0	39,55	7,76	1,86	0,2	3,36	0	62,78

KUMIMATERIAALIEN KEMIAALLISET KESTÄVYYDET ANOLYYTTILIUKSESSA 100 H AJAN																
	Al	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Si	Zn	TOC
Kumipala, aika	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Anolytti	0	81,1	0	0,26	0	7,08	230,99	0	0	4508,32	88942,6	0	3,71	71,93	0	35,75
KP1745-6. 25h	0	89,3	0	0,43	0,34	8,34	245,74	0	0	4961,06	97498,5	0	3,89	72,23	0	16,19
KP1745-6. 50h	0	86,67	0	0,38	0,36	8,44	243,37	0	0	4796,67	96666,3	0	4,05	77,28	0	18,09
KP1745-6. 75h	0,74	81,36	0	0,28	0,34	8,41	230,41	0	0	4547,76	89330,1	0	3,77	52,65	0	18,95
KP1745-6. 100h	1,74	75,54	0	0,27	0,35	7,42	214,23	0	0	4188,78	81827,6	0	3,49	48,79	0	19,36

KUMIPALOJEN MASSAT				
	Ennen koetta (g)	Kokeen jälkeen (g)	Ero (g)	Ero (%)
Happo	10,511	10,875	0,364	3,46 %
Anolytti	10,31	10,332	0,022	0,21 %

Liite 8

KUMIMATERIAALIEN KEMIAALLISET KESTÄVYYDET 2M RIKKIHAPPOLIUKSESSA 100 H AJAN																
	Al	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Si	Zn	TOC
Kumipala, aika	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Happo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,58	0	2,52	0,46	3,7
KP1745-9. 25h	0	0,15	0	0	0,16	0	0,21	0	0	0,25	0	2,94	0	5,41	0,1	6,7
KP1745-9. 50h	2,64	0,17	0	0	0,17	0	0,27	0	0	0,29	0	2,69	0	6,31	0	5,2
KP1745-9. 75h	2,69	0,21	0	0	0,17	0	0,32	0	0	0,3	0,73	2,42	0	6,74	0	4,8
KP1745-9. 100h	7,12	0,25	0	0	0,23	0	0,43	0	0	0,34	1,41	2,75	0	7,46	0	6,3

KUMIMATERIAALIEN KEMIAALLISET KESTÄVYYDET ANOLYYTTILIUKSESSA 100 H AJAN																
	Al	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Si	Zn	TOC
Kumipala, aika	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Anolytti	0	85,14	0	0	0	8,48	154,75	0	0	2272,17	91519,2	0	0	53,22	0	12,5
KP1745-9. 25h	0	89,28	0	0	0	9,11	161,83	0	0	2358,61	94360,3	0	0,53	54,81	0	8,7
KP1745-9. 50h	1,16	83,74	0	0	0	8,5	152,88	0	0	2196,53	87664,6	0	0,58	53,26	0	9,6
KP1745-9. 75h	1,39	77,96	0	0	0	8,27	140,3	0	0	2059,55	82590,4	0	0,56	47,62	0	9,1
KP1745-9. 100h	1,65	82,35	0	0	0	7,67	151,07	0	0	2167,95	87656,5	0	0,47	51,49	0	9

KUMIPALOJEN MASSAT				
	Ennen koetta (g)	Kokeen jälkeen (g)	Ero (g)	Ero (%)
Happo	10,511	10,875	0,364	3,46 %
Anolytti	10,31	10,332	0,022	0,21 %

Liite 9

MATERIAALIEN KEMIAALLISET KESTÄVYYDET ANOLYTTILIUKSESSA 100 H AJAN																
	Al	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Si	Zn	TOC
Kumipala, aika	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Anolyytti	0	85,14	0	0	0	8,48	154,75	0	0	2272,17	91519,2	0	0	53,22	0	12,5
GF-30. 25h	0	98,37	0	0	0	9,65	171,03	0	0	2550,48	101845	0	0,46	57,04	0	11,1
GF-30. 50h	7,43	89,69	0	0	0	9,4	160,77	0	0	2356,19	94917,1	0	0,48	53,23	0	9,1
GF-30. 75h	7,6	81,08	0	0	0	8,13	148,92	0	0	2146,87	86122,1	0	0,47	49,07	0	8,2
GF-30. 100h	7,6	79,72	0	0	0	7,74	143,22	0	0	2074,29	83880	0	0	50,51	0	9,6

MATERIAALIEN KEMIAALLISET KESTÄVYYDET ANOLYTTILIUKSESSA 100 H AJAN																
	Al	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Si	Zn	TOC
Kumipala, aika	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Anolyytti	0	85,12	0	0	0	8,53	86,14	0	0	3599,12	96930,5	0	2,06	43,43	0	14,1
GF-30. 25h	0	84,5	0	0	0	8,59	85,69	0	0	3583,78	95512,1	0	2	45,34	0	13,7
GF-30. 50h	0	57,85	0	0	1,09	6,41	58,95	0	0	2415,11	63764,7	0	1,25	31,22	0	7,2
GF-30. 75h	0,19	55,58	0	0	1,04	5,64	55,19	0	0	2241,3	59093,9	0	1,14	29,02	0	7,6
GF-30. 100h	0,87	51,2	0	0	1,01	4,9	48,75	0	0	1980,15	51597,8	0	1,06	25,17	0	6,6

MATERIAALIEN KEMIAALLISET KESTÄVYYDET 2M RIKKIHAPPOLIUKSESSA 100 H AJAN																
	Al	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Si	Zn	TOC
Kumipala, aika	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Rikkihappo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,07	0	0	0	2,27
GF-30. 25h	5,64	8,55	0	0	0,36	0	1,59	0	0	2,23	75,36	4,34	0	7,03	0	9,02
GF-30. 50h	22,3	31,62	0	0	0,85	3,23	5,29	0	0	2,32	72,9	4,98	0	10,8	0	13,07
GF-30. 75h	33,41	53,64	0	0	1,16	4,47	7,26	0	0	2,51	73,42	5,65	0	12,86	0	15,51
GF-30. 100h	13,69	18,2	0	0	0,59	0	3,35	0	0	2,34	75,9	5,32	0	9,38	0	17,08

KUMIPALOJEN MASSAT				
	Ennen koetta (g)	Kokeen jälkeen (g)	Ero (g)	Ero (%)
Anolyytti1	10,31	10,332	0,022	0,21 %
Anolyytti2	7,291	7,398	0,107	1,47 %
Happo	7,349	7,333	-0,016	-0,22 %

Liite 10.

AIKOLONIN LASIKUITUPALAN KEMIALLISET KESTÄVYYSKOKEET ANOLYYTISSÄ																
	Al	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Si	Zn	TOC
Pala, aika	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Analyytti	0	81,1	0	0,26	0	7,08	230,99	0	0	4508,32	88942,6	0	3,71	71,93	0	35,75
Aikolon 25 h	309,28	323,81	0,12	0,18	10,57	9,61	6,65	0,21	0,63	24,16	88,85	3,64	1,05	41,73	0	40,21
Aikolon 50 h	313,5	457,75	0,12	0,14	10,68	10,72	8,71	0,21	0,66	26,1	10,48	3,58	0,75	42,18	0	34,91
Aikolon 75 h	299,31	522,41	0,12	0,14	10,1	10,59	10,31	0,2	0,65	28,8	8,66	3,41	0,76	44,45	0	33,03
Aikolon 100 h	236,06	465,91	0	0,1	8,05	9,31	10,17	0,17	0,53	26,36	6,48	2,74	0,57	30,18	0	40,76

KUMIPALOJEN MASSAT				
	Ennen koetta (g)	Kokeen jälkeen (g)	Ero (g)	Ero (%)
Happo	8,004	7,772	-0,232	-2,90 %

Liite 11.

MATERIAALIEN KEMIAALLISET KESTÄVYYDET 2M RIKKIHAPPOLIUKSESSA 100 H AJAN																
	Al	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Si	Zn	TOC
Chesterton, aika	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Happo	0	0,12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,51	0	3	0	2,5
25 h	0	0,32	0	0,22	0,68	0	0	0	0	0	5,81	2,52	0	5,55	0	53,1
50 h	0,12	0,69	0	0,24	0,76	0	0	0	0	1,74	55,22	2,3	0	6,77	0	52,9
75 h	0,22	0,66	0	0,26	0,88	0	0,23	0	0	1,96	58,03	2,37	0	5,21	0	46,9
100 h	0,31	0,73	0	0,24	0,87	0	0,17	0	0	2,35	64,8	2,14	0	4,9	0	39,9

MATERIAALIEN KEMIAALLISET KESTÄVYYDET ANOLYYTTILIUKSESSA 100 H AJAN																
	Al	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Si	Zn	TOC
Chesterton, aika	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Anolyytti	0	85,12	0	0	0	8,53	86,14	0	0	3599,12	96930,5	0	2,06	43,43	0	14,1
25 h	0	85,55	0	0	0	8,79	88,1	0	0	3679,25	98671,4	0	1,9	43,94	0	28,5
50 h	0	86,36	0	0	0	8,36	86,31	0	0	3641,48	96102,1	0	2,1	44,54	0	28,2
75 h	0	81,79	0	0	0	8,06	85,58	0	0	3528,62	95647,2	0	1,96	42,74	0	26,9
100 h	0	54,67	0	0	0	6,05	56,2	0	0	2283,66	60351,3	0	1,24	27,95	0	17

KUMIPALOJEN MASSAT				
	Ennen koetta (g)	Kokeen jälkeen (g)	Ero (g)	Ero (%)
Happo	7,478	7,52	0,042	0,56 %
Anolyytti	5,865	5,953	0,088	1,50 %

Liite 12.

MATERIAALIEN KEMIAALLISET KESTÄVYYDET 2M RIKKIHAPPOLIUKSESSA 100 H AJAN																
	Al	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Si	Zn	TOC
Kumipala, aika	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Happo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,07	0	0	0	2,27
25 h	0	1,77	0	0	0,41	0	0,45	0	0	1,81	64,57	4,81	0	11,71	0	26,83
50 h	0	1,68	0	0	0,38	3,02	0,52	0	0	1,81	59,41	4,53	0	23,8	0	113,8
75 h	0	1,46	0	0	0,33	0	0,72	0	0	1,27	50,1	3,67	0	28,69	0	154,1
100 h	0	2,71	0	0	0,45	0	1,31	0	0	1,94	58,96	3,87	0	47,24	0	219,5

MATERIAALIEN KEMIAALLISET KESTÄVYYDET ANOLYTTILIUKSESSA 100 H AJAN																
	Al	Ca	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Si	Zn	TOC
Kumipala, aika	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Anolytti	0	67,56	0	0	0	13,65	94,16	0	0	2428,99	92285,3	0	7,09	25,65	0	18,32
25 h	0	71,57	0	0	0	16,09	98,72	0	0	2572,04	96264,9	0	6,66	30,17	0	16,35
50 h	0	68,91	0	0	0	15,25	95,4	0	0	2449,35	92361,7	0	5,78	31,61	0	17,17
75 h	0	67,83	0	0	0	15,25	94,68	0	0	2443,65	92657,2	0	6,44	33,58	0	18,44
100 h	0	62,9	0	0	0	14,22	86,35	0	0	2249,6	82676,5	0	8,53	32,32	0	21,77

KUMIPALOJEN MASSAT				
	Ennen koetta (g)	Kokeen jälkeen (g)	Ero (g)	Ero (%)
Happo	13,37	13,447	0,077	0,58 %
Anolytti	12,87	12,992	0,122	0,95 %

Liite 13.

	Näyte	vulkanointi	Metallit	Täyteaine1	Täyteaine 2	Kovuus (ShA)	Ominaispaino kg/dm ³
1	70 ShA EPDM	Rikki	kupari (orgaaninen yhdiste), sinkkioksidi	noki		70	
2	80 ShA EPDM	Rikki	Sinkkioksidi	noki		80	
3	80 ShA EPDM	Peroksidi	Sinkkioksidi	noki		80	
1745	1	Rikki	Sinkkioksidi, alumiinioksidi, kalsium (orgaaninen suola)	mineraali ja noki	painava mineraali	72	1,35
1745	2	Peroksidi	alumiinioksidi, kalsium (orgaaninen suola)	mineraali ja noki	painava mineraali	70	1,34
1745	3	Peroksidi	alumiinioksidi, kalsium (orgaaninen suola)	mineraali ja noki	painava mineraali	84	1,34
1745	4	Peroksidi	alumiinioksidi, kalsium (orgaaninen suola)	synteettinen ja noki	painava mineraali	77	1,40
1745	6	Peroksidi	kalsium (orgaaninen suola)	synteettinen ja noki	aiempien synteettinen vastine	80	1,43
1745	9	Peroksidi		noki	kaksi synteettistä painavaa	87	1,38



SCHULAKETON GF 30 Polyketone (Aliphatic)

Product Description

30% glass fiber reinforced aliphatic Polyketone

General

Material Status	• Pending Approval
Availability	• Africa & Middle East • Asia Pacific • Europe • Latin America • North America
Filler / Reinforcement	• Glass Fiber, 30% Filler by Weight
Processing Method	• Injection Molding
Resin ID (ISO 1043)	• PK

Physical	Nominal Value (English)	Nominal Value (SI)	Test Method
Density	1.47 g/cm ³	1.47 g/cm ³	ISO 1183/A
Melt Volume-Flow Rate (MVR) (240°C/2.16 kg)	0.366 in ³ /10min	6.00 cm ³ /10min	ISO 1133
Mechanical	Nominal Value (English)	Nominal Value (SI)	Test Method
Tensile Modulus	1.13E+6 psi	7800 MPa	ISO 527-2/1A/1
Tensile Stress (Break)	19600 psi	135 MPa	ISO 527-2/1A/5
Tensile Strain (Break)	3.5 %	3.5 %	ISO 527-2/1A/5
Flexural Modulus ¹	986000 psi	6800 MPa	ISO 178
Flexural Strength ¹			ISO 178
4.0% Strain	25400 psi	175 MPa	
3.5% Strain	24700 psi	170 MPa	
Impact	Nominal Value (English)	Nominal Value (SI)	Test Method
Charpy Notched Impact Strength			ISO 179/1eA
-40°F (-40°C)	4.8 ft lb/in ²	10 kJ/m ²	
73°F (23°C)	6.2 ft lb/in ²	13 kJ/m ²	
Charpy Unnotched Impact Strength			
-40°F (-40°C)	33 ft lb/in ²	70 kJ/m ²	ISO 179
73°F (23°C)	33 ft lb/in ²	70 kJ/m ²	ISO 179/1eU
Thermal	Nominal Value (English)	Nominal Value (SI)	Test Method
Heat Deflection Temperature			ISO 75-2/Af
264 psi (1.8 MPa), Unannealed	399 °F	204 °C	
Vicat Softening Temperature	406 °F	208 °C	ISO 306/B50
Flammability	Nominal Value (English)	Nominal Value (SI)	Test Method
Burning Rate (0.0787 in (2.00 mm))	< 3.9 in/min	< 100 mm/min	ISO 3795
Flame Rating			UL 94
0.0630 in (1.60 mm)	HB	HB	IEC 60695-11-10, -20
0.126 in (3.20 mm)	HB	HB	
Glow Wire Flammability Index			IEC 60695-2-12
0.0591 in (1.50 mm)	1290 °F	700 °C	
0.118 in (3.00 mm)	1290 °F	700 °C	
Glow Wire Ignition Temperature			IEC 60695-2-13
0.0591 in (1.50 mm)	1340 °F	725 °C	
0.118 in (3.00 mm)	1340 °F	725 °C	

Additional Information

- 1.) Not for use in food contact applications
- 2.) Not for use in medical or pharmaceutical applications

Notes

- ¹ 0.079 in/min (2.0 mm/min)

Liite 15.

Properties, general	Data	Unit	Testmethod
Specific gravity	1,77	g/cm ³	ISO 1183
Glass content	69,5	%	ISO 1172
Halogens	none		BEILSTEINPROBE
Water absorption	0,11	%	ISO 62
Properties, mechanical	Data	Unit	Testmethod
Flexural strength longitudinal (perpendicular)	320	N/mm ²	ISO 178
Flexural strength transversal (perpendicular)	260	N/mm ²	ISO 178
Modulus of elasticity in flexion longitudinal (perpendicular)	22000	N/mm ²	ISO 178
Modulus of elasticity in flexion transversal (perpendicular)	16000	N/mm ²	ISO 178
Tensile strength (parallel)	360	N/mm ²	ISO 527
Tensile strength (parallel)	200	N/mm ²	ISO 527