

MIESLUUKUN KANNEN
UUDELLEEN 3D-
MALLINTAMINEN JA
KEHITYSTYÖ

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Materiaalitekniikan
koulutusohjelma
Muovitekniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2017
Kimmo Kylliö

Lahden ammattikorkeakoulu
Materiaalitekniikan koulutusohjelma

KYLLIÖ, KIMMO: Miesluukun kannen uudelleen 3D-
mallintaminen ja kehitystyö

Muovitekniikan opinnäytetyö, 12 sivua

Kevät 2017

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tarkoituksena oli 3D-mallintaa miesluukun kansi uudelleen vastaamaan kiinnitykseltään ruostumattomasta teräksestä valmistettua miesluukun kantta Admor Composites Oy:lle. Samalla tarkoituksena oli kehittää miesluukun kantta.

3D-mallintaminen tehtiin käyttäen SolidWorks2015-ohjelmaa. Miesluukun kansi mallinnettiin kahdesta eri osasta ja yhdistettiin kokonaiseksi kappaleeksi. Sitten kappaleeseen leikattiin kiinnityslovet erikseen.

Mallintamisen jälkeen miesluukun kansi lähetettiin lujuuslaskijalle tietokoneella analysoitavaksi. Analyysiohjelma selvitti, tarvitseeko miesluukun kannen muotoon tehdä mahdollisesti muutoksia vai kestäkö se tuollaisenaan ADR-määräyksiin perustuvia voimia.

Analysointituloksista selvisi, että miesluukun kannen murtovenymät ovat ADR-määräyksiä rajojen sisällä. Tämän jälkeen päätettiin tehdä prototyyppi kappale, jolla tehdään tarvittavat painetestaukset.

Asiasanat: 3D-mallintaminen, miesluukun kansi, komposiitti, SolidWorks

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Process and Materials Engineering

KYLLIÖ, KIMMO: 3D modeling and development of a
manlid

Bachelor's Thesis in Plastic's 12 pages

Spring 2017

ABSTRACT

This thesis deals with the manlid of tanks used to transport dangerous goods. A manlid is the cover of the manhole in the tank.

The purpose of the thesis was the 3D modeling of a composite manlid that would have equipment attachment as a stainless steel manlid. At the same time, the purpose was to develop the manlid. The thesis was commissioned by Admor Composites Ltd.

3D modeling was done using the SolidWorks2015 program. The manlid was modeled from two different parts, which were merged into one. Then the points of attachment were cut separately to the part.

After the modeling, the whole manlid part was sent for strength analysis by computer and after that it was determined whether the shape of the manlid needed any changes or whether it would meet the requirements of the European Agreement concerning the transport of dangerous goods by road.

The analysis showed that the elongation at fracture in the manlid was within the limits of the agreement concerning the transport of dangerous goods by road, so it was decided that a prototype would be made which can be used in pressure tests.

Key words: 3D modeling, manlid, composite, SolidWorks

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	MIESLUUKUN KANNEN TAUSTA	3
2.1	Admor Composites Oy	4
2.2	Nykyinen miesluukun kansi ja kiinnitys	6
2.3	Ruostumattomasta teräksestä tehty miesluukun kansi	9
	LÄHTEET	12
	LIITTEET	13

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli päivittää Admor Composites Oy:n valmistamiin erilaisiin säiliöihin, kuten kuljetussäiliöihin, tulevat miesluukun kannet. Admor Composites tuottaa komposiittirakenteisia kuljetussäiliöitä. Työ on suunnittelua sisältäen patenteja sekä mallisuoja. Tuotteet ovat ADR-hyväksytyjä ja suunniteltu nestemäisten kemikaalien maantiekuljetuksiin.

Admor Composites Oy perustettiin 2010 vastaamaan kuljetussäiliöiden kasvaneeseen kysyntään. Yrityksen historia juontaa vuoteen 2002. Tällöin tuotekehitys kuljetussäiliöiden osalta sai alkunsa Muovityö Hiltunen Oy:n toimesta. Vuonna 2010 tuotemallisto saatiin sarjatuotantovalmiuteen.

Opinnäytetyössä Admor Composites Oy:lle ajatuksena oli 3D-mallintaa miesluukun kansi SolidWorks2015-ohjelmalla siten, että siitä tulee lujuusominaisuuksiltaan tarpeeksi kestävä ja että sitä voidaan haluttaessa ryhtyä valmistamaan sarjatuotantona. Massatuotanto edellyttää luonnollisesti sitä, että kansista tehdään mitoiltaan sekä kiinnitystavoiltaan vastaavan tyyppisiä kuten jo yleisimmät markkinoilla olevat teräksestä valmistetut miesluukun kannet. Tällöin jo olemassa olevilla kuljetusliikkeillä on mahdollisuus itse valita, haluavatko he säiliöidensä luukkujen kansien olevan terästä vai kenties kevyemmästä materiaalista eli komposiiteista valmistettuja.

Tällä hetkellä käytössä olevan miesluukun kannen muoto ja kiinnitys ovat Admor Composites Oy:n suunnittelema ja patentoima. Siten kansi on kiinnitykseltään täysin erilainen kuin tähän uuteen kanteen suunniteltu kiinnitys. Varsinaisen ongelman mallintamistyössä aiheuttivat lujuusominaisuudet. Kannen sekä kiinnityskohtien tulee kestää 400 kPa:n (4,00 bar) testipaine siten, ettei se aiheuta murtumia kanteen tai venymiä sallittujen rajojen yli.

Lähtökohtaisesti ei tiedetty muita parametreja kuin luukun kannen halkaisija, kiinnityslovienväiset etäisyydet ja kiinnitysruuvien halkaisijat. Käytännössä oli lähdettävä vastaavan tyyppisten kansien ominaisuuksien

ja mittojen sekä kokemusten perusteella kokeellisesti mallintamaan kannen muotoa. Tulosten pohjalta päädyttiin kahteen erilaiseen kansiversioon, kuperaan ja koveraan. Kannot mallinnettiin lujuuslaskentaan sopiviksi ja toimitettiin lujuuslaskijalle. Lujuuslaskelmien tulosten perusteella päädyttiin edelleen kehittämään sekä muokkaamaan kuperaa kantta. Kun kansi on muokattu laskennallisesti kestäväksi, voidaan lähteä tekemään MDF:sta 2 muottia, joiden avulla valmistetaan miesluukun kannen ylä- ja alaosa komposiiteista, jotka sitten liimataan keskenään yhteen. Tämä kansi lähetetään jatkossa testipaineistukseen kestävyden selvittämiseksi. Tulevaisuudessa siis selviää, tuleeko kyseistä kannesta massatuotantoon sekä myyntiin soveltuva tuote.

Tämä kannen mallintamisprosessi on opinnäytetyön varsinainen sisältö.

Tämä opinnäytetyö pitää sisällään Admor Composites Oy:n kanssa sovittuja salassapidettäviä tietoja, jotka on poistettu julkisesta versiosta.

2 MIESLUUKUN KANNEN TAUSTA

Miesluukun kannen uudelleen mallintamiseen vaikuttavista asioista suurin oli Suomen laissa hyvin selvästi kerrotut ADR-määräyksiin perustuvat lakipykälät. ADR-lyhenne tulee englanninkielisestä ilmaisusta European Agreement concerning the transport of Dangerous Goods by Road. Nämä määräykset ovat tulleet lainsäädäntöön 2. päivänä elokuuta 1994 (719/1994) ja liikenne- ja viestintäministeriön päätöksen mukaisesti määräyksiä säädetään aina tarpeen tullen. Tämä ADR on kahden vuoden välein uudistettava eurooppalainen sopimus vaarallisten aineiden maantiekuljetuksista.

Laissa (369/2011) oleva luku 6.9: ”Lujitemuovista valmistettujen kiinteiden säiliöiden (säiliöajoneuvot), irrotettavien säiliöiden, säiliökonttien ja säiliövaihtokorien suunnittelua, rakennetta, varusteita, tyyppihyväksyntää, testausta ja merkintää koskevat säännökset”. Tämä lain kohta antaa selkeät rajat miesluukun kannen suunnittelulle. (Liikenne- ja viestintäministeriö asetus vaarallisten aineiden kuljetuksesta tiellä 369/2011, 6§.)

Tulkinnanvaraiseksi kuitenkin jää asetuksissa annetut ohjeet, joiden mukaan lujitemuoville sopiva venymä määritellään hartsin valmistajan tuotteelleen antamien sallittujen murtovenymäprosenttien mukaan. Esimerkiksi Admor Composites Oy:n käyttämän hartsin murtovenymäprosentiksi koepaineessa sallitaan valmistajan mukaan jopa 4 %. Tällöin kahdeksan metriä pitkällä kuljetussäiliöllä olisi sallittu venymä jopa 24 cm. Käytännössä 24 cm:n venymä ei ole mahdollinen, siksi yritys on määritellyt koepaineessa sallituksi murtovenymäprosentiksi maksimissaan 0,3 % ja suunnittelupaineen alaiseksi venymäprosentiksi maksimissaan 0,2 %.

Lain (369/2011) oleva luku 6.9.2.8: ”Määritetyssä koepaineessa, joka ei saa olla pienempi kuin kohdissa 6.8.2.1.14 a) ja b) määritetty asianmukainen laskentapaine, säiliön rungon enimmäisvenymä ei saa olla

suurempi kuin hartsin murtovenymä” (Liikenne- ja viestintäministeriö asetus vaarallisten aineiden kuljetuksesta tiellä 369/2011, 6§).

2.1 Admor Composites Oy

Admor Composites Oy tuottaa ADR-hyväksytyjä maantiekuljetuksiin tarkoitettuja, komposiittirakenteisia kuljetussäiliöitä nestemäisille kemikaaleille. Tuotanto on pitkälti yksilöllistä suunnittelua sisältäen patenteja ja mallisuoja.

Admor Composites Oy:n tuotteisiin kuuluvat 20ft. irrotettava säiliö konttilukoilla, ajoneuvosäiliö asennettuna varusteineen, säiliöperävaunu, puoliperävaunu ja ISO-container (kuva 1). Tuotteiden lisäksi Admor Composites Oy tarjoaa huoltoa komposiittisäiliöille kokonaisvaltaisesti asiakkaan tarpeiden mukaan, oli kyseessä sitten pieni liitosvika tai revennyt säiliön kylki. Lisäksi yritys myy erillisiä tarvike- ja varaosia.

Admor Composites Oy:n erityisalaa on tuotekehittely. Tuotekehittelyllä yritys tarjoaa tuottavampia ja käytännöllisempiä kuljetuskeinoja yrityksille. Yrityksen kehittämällä komposiittisäiliöllä asiakasyritys saa kasvatettua kuljetuksen hyötykuormaa johtuen kevyemmistä materiaaleista säiliöratkaisussa.

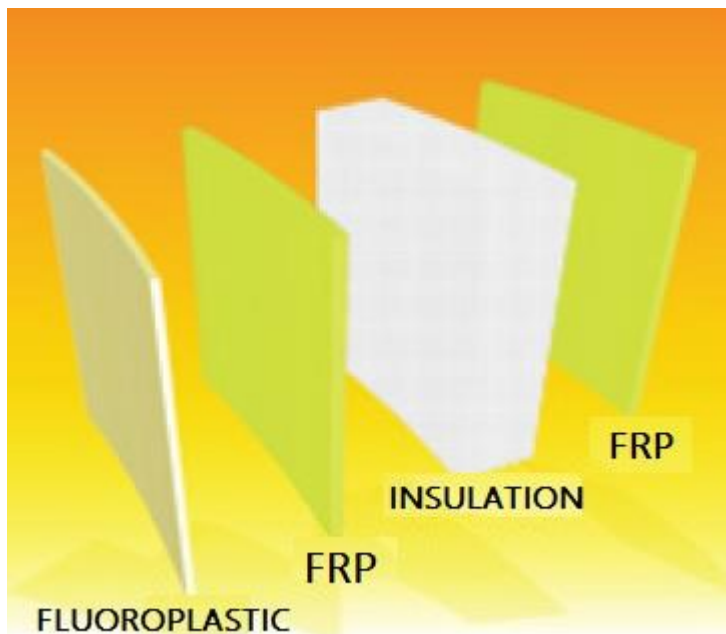
Komposiittirakenteisella säiliöllä on myös laajempi kemikaalien kesto, jolloin pystyy kuljettamaan useita eri tuotteita samalla säiliöllä. Tämä vaatii säiliön puhdistamisen kuormien välissä. Kehitettyjen säiliöiden ominaisuus onkin helppo puhdistettavuus. Keveydestään huolimatta säiliöt on todettu testien avulla turvallisiksi, johtuen paksusta ja vahvasta seinämärakenteesta. (Admor Composites Oy 2017)

Admor Composites Oy:ltä löytyy kaksi päärakennevaihtoehtoa säiliöille. Perusmalli on FRP:stä (Fibre reinforced plastic) valmistettu ja toinen vaihtoehto on fluorimuovin päälle rakennettu sandwich-FRP-rakenne (kuva 2). Valmistus tapahtuu kelaamalla lasikuitukangasta useista eri kelauskulmista, jotta säiliöt kestävät painekuorman sekä ajon aiheuttamat rasitukset. (Admor Composites Oy 2017)

Lyhyesti kuitukelausmenetelmässä kuitumuodossa oleva lujite vedetään nestemäisen kertamuovia sisältävän altaan läpi, jonka jälkeen kelataan lujite kostutettuna pyörivän muotin ympärille. (Saarela, Airasmaa, Kokko, Skrifvars & Komppa 2003, 162.)



KUVA 1. ISO-Container, eristetty komposiittinen sandwich-rakenne



KUVA 2. Fluorimuovisäiliön rakenne (Admor Composites Oy 2017)

2.2 Nykyinen miesluukun kansi ja kiinnitys

Admor Composites Oy:llä on tällä hetkellä säiliöissään käytössä heidän itse patentoima ja tuotekehittänyt miesluukun kansi, joka ei sovi muiden valmistajien säiliöihin oman kiinnitysmekanisminsa vuoksi. Nykyisessä luukkumekanismissa on käytössä ”kynsikiinnitys” joka pureutuu kannen ympäri kiertävään metallirenkaaseen tehden kannesta tiiviin ja pitäen sen paikoillaan (kuva 3). Pelkän kannen paino on 10,0 kg ja hinta tarvikeosana noin 400 €/kpl.

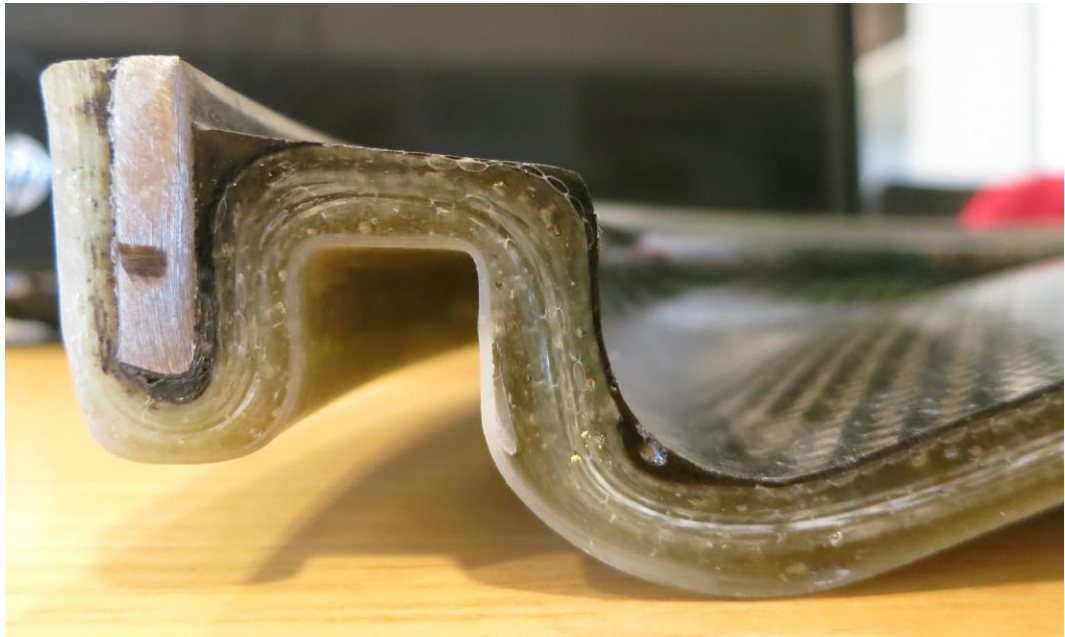


KUVA 3. Miesluukun kansi kiinnityksineen

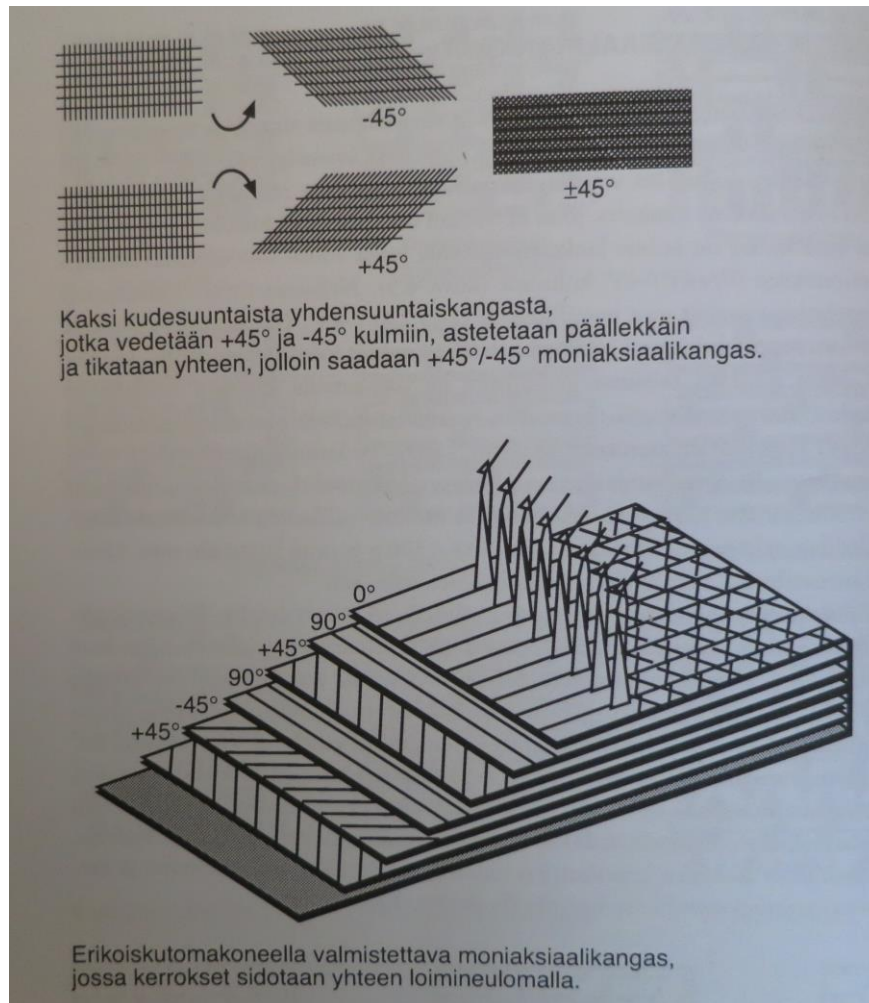
Liitteessä 1 on tekninen piirustus miesluukun kannesta, josta selviää kannen mitat, muoto sekä rakenteellisia ominaisuuksia.

Miesluukun kansi koostuu kolmesta eri kerroksesta (kuva 4). Kannen pintakerros on hiilikuitu rovingkudosta jonka neliöpaino on 200 g/m². Hiilikuidun käyttö tässä on lähinnä visuaalisista syistä sekä pinnan jäykkyyttä ja kestävyyttä antamassa. Pintalevyjen väli on erikseen kelaamalla tehty laippa, joka on valmistettu $\pm 45^\circ$ moniaksaalikudoksesta neliöpainoltaan 1200 g/m², itsessään kerroksen neliöpaino kelausten

jäljiltä on 7000 g/m². Tämä kerros tekee rakenteesta jäykän ja kestävä (kuvio 1). Ala pinta on tehty lasikuitulaminaatista (lasikuitu epoksihartsilla) jossa on täyteaineena korkeatiheyksinen polyeteeni (PE-HD) ja eteeniklooritrifluorieteeni (ECTFE), jonka kaupallinen nimi on Halar. Nämä alapinnan materiaalit siksi että saadaan kannen kemiallinen kesto säiliön vaatimalle tasolle.



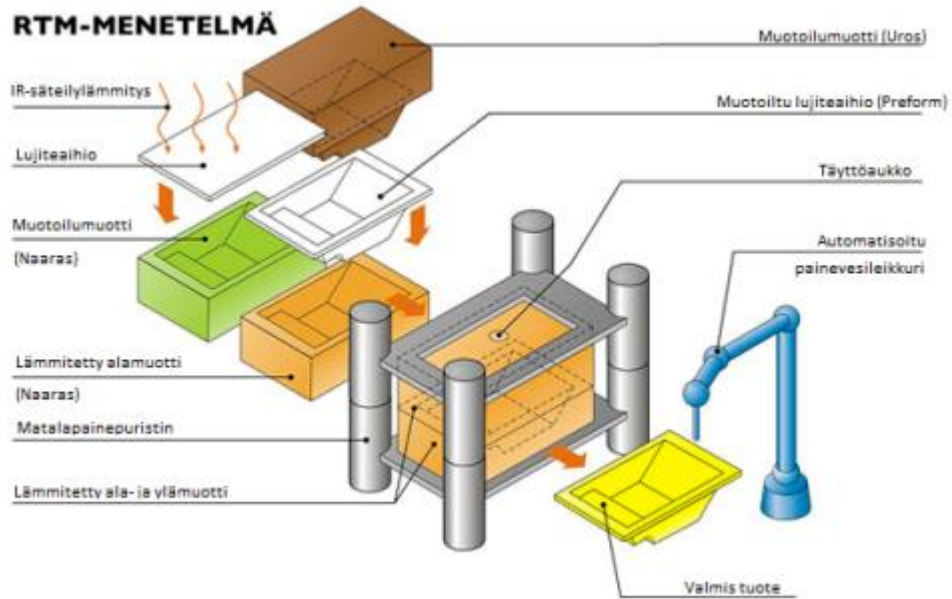
KUVA 4. Poikkileikkaus miesluukun kannenprofiilista



KUVIO 1. Moniaksaalikankaiden valmistus (Saarela ym. 2003, 132)

Miesluukun kansi valmistetaan RTM-menetelmällä (Resin Transfer Moulding), tunnetaan myös nimellä hartsi-injektio (kuvio 2). Tosin erikseen on tehty kelaamalla $\pm 45^\circ$ moniaksaalikudoksesta välikerroksen laippa, joka asetellaan muottiin muiden lujitteiden, kuitujen ja kanneraudan kanssa. Tämä muotin pakkaus on erittäin työteliäs vaihe sekä itse injektioaika on pitkä, jolloin kappaleen valmistusaika on itsessään erittäin aikaa vievä.

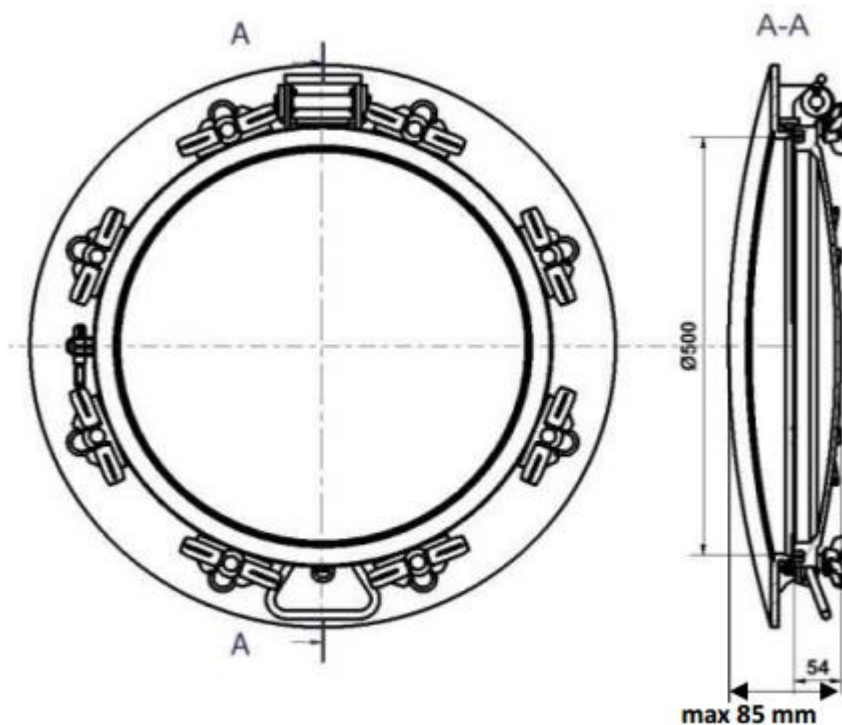
RTM-menetelmässä on kaksiosainen muotti, johon lujitteet tai lujiteaihiot asetetaan. Muotti suljetaan ja hartsi injektoidaan sen jälkeen ylipaineella muotin sisälle, tai tarvittaessa alipainetta voidaan käyttää. Kun hartsin ruiskutus on loppunut, kappale kovetetaan, poistetaan muotista ja viimeistellään. (Kurri, Malèn, Sandell & Virtanen 2002, 159.)



KUVIO 2. RTM-menetelmäperiaatekuva (Kanko 2011, 12)

2.3 Ruostumattomasta teräksestä tehty miesluukun kansi

Erilaisista teräksistä valmistetaan monia kymmeniä erilaisia miesluukun kansiä, mutta tässä työssä käsitellään sellaista kantta, jonka kanssa suunnittelema kansi on tarkoitus toimia päikseen vaihdettavana vaihtoehtona antaen kuljetusliikkeille valinnanvaraa. Tämän kyseisen miesluukun kannen halkaisija on 500 mm, ja siinä on 8-kohtainen siipimuttereilla tapahtuva standardoitu kiinnitys (kuvio 2 ja 3).



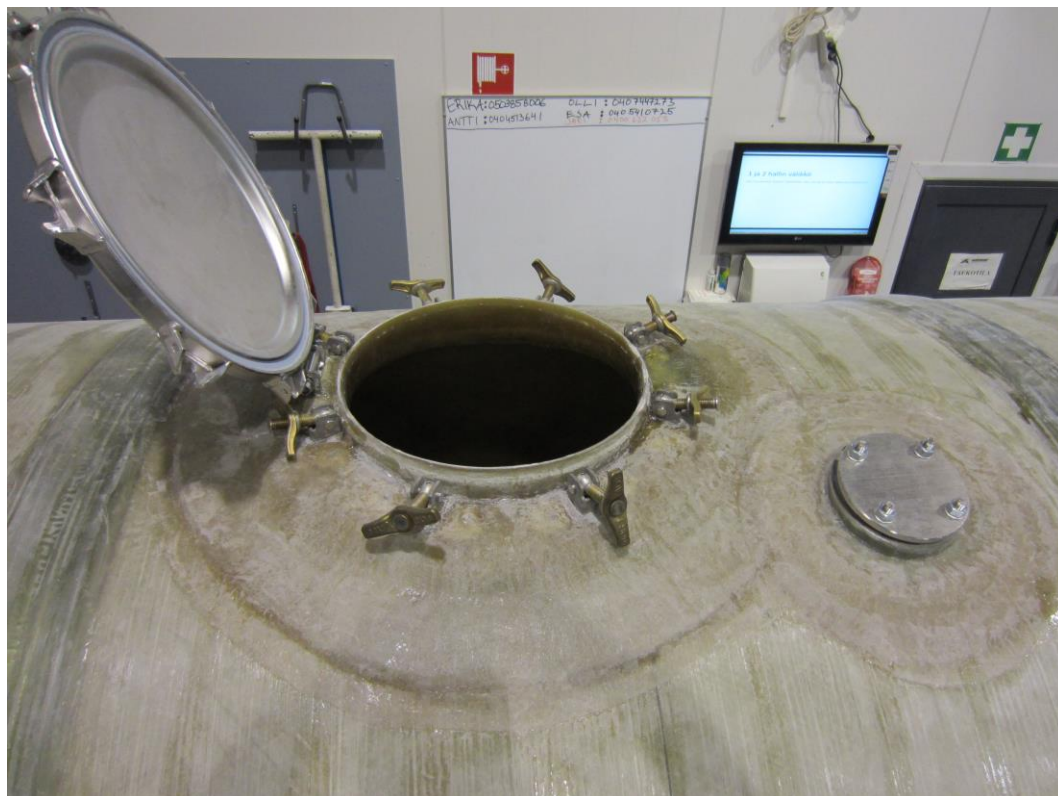
KUVIO 3. Teräksisen miesluukun kannen rakennekuva (Perolo 2017)



KUVIO 4. Selvennys kiinnikkeistä ja kiinnityskohdista (Perolo 2017)

Tällaisen pelkän ruostumattomasta teräksestä valmistetun kannen paino on 20,50 kg ja hinta on noin 400 €/kpl tarvikeosana tilattaessa.

Tällaisia ruostumattomasta teräksestä valmistettuja miesluukun kansiä on kiinnitetty asiakkaiden toiveista Admor Composites Oy:n omiin kuljetussäiliöihin, juuri tämän kiinnitysmekanisminsa vuoksi (kuva 5).



KUVA 5. Teräksinen miesluukun kansi komposiittisäiliössä

LÄHTEET

Admor Composite Oy 2017. Tuottavampia ja käytännöllisempiä kuljetuksia komposiittisäiliöille [viitattu 29.4.2017]. Saatavissa:

<http://www.admorcomposites.fi/>

Hiltunen, E. 2017. Toimitusjohtaja. Admor Composites Oy. Haastattelu 9.4.2017.

Kanko, V. 2011. KONEENRAKENNUKSESSA KÄYTETTÄVÄT MUOVIKOMPOSIITIT JA NÄIDEN VALMISTUSTEKNIIKAT.

Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Kandityö [viitattu 29.4.2017].

Saatavissa: <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/74695/nbnfi-fe201203141550.pdf?sequence=3>

Katajisto, H.2017. Componering Oy. Haastattelu 7.4.2017.

Kurri, V., Malén, T., Sandell, R. & Virtanen, M. 2002. Muovitekniikan perusteet. Helsinki: Muoviteollisuus ry.

Liikenne- ja viestintäministeriö asetus vaarallisten aineiden kuljetuksesta tiellä 369/2011.

Perolo 2017. Catalog, Manlid [viitattu 29.4.2017]. Saatavissa:

http://www.perolo.com/produits_detail.asp?id=2040

Saarela, O., Airasmaa, I., Kokko, J., Skrifvars, M. & Komppa, V. 2003 Komposiittirakenteet. Helsinki: Muoviyhdistys ry.

LIITTEET