



Opettajien Kirja

Osa 12

Muovikomposiittituotteiden valmistus

2021



 Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Tekijät

Laimonas Bačkys

Povilas Čepulkovskis

Gintautas Dervinis

Laurent Daguet

Olivier Fortin

Olivier Fortier

Federica Gallicchio

Mika Heikkilä

Bastien Hervé du Penhoat

Sirkka-Helena Ilveskoski

Genė Jakubauskienė

Ritva Klaavu

Marc Manguin

Bilel Miled

Ari Mäkinen

Dmitrij Novikov

Mindaugas Petravičius

Raimundas Petravičius

Pirjo Pietikäinen

Marjan Ranogajec

Ari Rannisto

Christian Raelison

Jolanta Sakalauskiene

Živilė Šatienė

Edita Šidlauskaitė

Jarmo Tikka

Kęstutis Viselga

Gražina Žardalevičienė

Hyvä opettaja/kouluttaja/ohjaaja,

Motivoi ja innosta oppijaa taitojensa kehittämisessä.

Tämä oppimateriaali on tuotettu eurooppalaisessa Erasmus+ UPSKILL -projektissa, www.upskill-project.eu ja on suunniteltu vastaamaan muovituotannon työntekijän työtehtävissä edellytettäviä taitoja ja tietoa.

Koulutusmateriaalia voidaan käyttää opinnoissa sekä tutkintotavoitteissa, joihin liittyy kirjallinen koe ja ammatillisen osaamisen näyttö että esimerkiksi yrityksissä organisaation koulutustarpeeseen.

Jos materiaalia käytetään tutkintotarkoituksiin, on huomioitava kansalliset ammatillista koulutusta koskevat tutkintomääräykset ja opetussuunnitelma. Materiaali on suunniteltu ammatilliseen koulutukseen oppilaitoksiin yli 16-vuotiaille, jotka voivat myös olla alan teollisuusyrityksissä koulutuksessa, ammattia vaihtaville tai opiskeluun ilman aikaisempaa kokemusta teollisuudesta ja alalla tarvittavasta tiedosta. <https://eperusteet.opintopolku.fi/#/fi/kooste/3855075>

Upskill-materiaali voidaan helposti mukauttaa erilaisiin tarpeisiin ja erilaisille oppijoille, ryhmille tai teollisuusympäristöihin.

Opettajan kirja on kopio opiskelijan kirjasta, mutta siihen on lisätty ohjausehdotuksia ja ohjeita, jotka näkyvät suoraan tekstissä erillisinä raamitettuina tekstiosioina.

Opettajien tulee olla tietoisia vaadittavasta ajantasaisesta tiedosta työturvallisuudessa ja ympäristömääräyksissä kuten mm. Euroopan tason ohjeet. Opettaja voi aina lisätä aiheisiin liittyvää materiaalia, esimerkiksi paikallisia tehdaskohtaisia vaatimuksia.

<https://osha.europa.eu/en/safety-and-health-legislation/european-directives>

Pedagoginen lähestymistapa on sekä käytäntöön painottuva ja toiminnallinen. Materiaali on jaettu muovituotannon työntekijältä vaadittavassa osaamisessa kolmeen pääalueeseen. Yhteensä 18 tutkinnon moduulia on kuvattu Upskill-opetussuunnitelmassa:

- Perustaidot, 8 moduulia
- Yleiset tekniset taidot, 3 moduulia
- Tuotantomenetelmät, 7 moduulia

Koulutuksessa on hyödyllistä käyttää myös muita soveltuvia oppimateriaaleja.

Jokaisen moduulin kirja rakentuu seitsemästä kappaleesta, joissa pyritään ohjaamaan oppimista. Seuraavilla sivuilla on lyhyesti kuvailtu kappaleiden sisältöä.

Kappale 1: Tavoitteet

Tieto, tekniset taidot, työyhteisöosaaminen ja vuorovaikutustaidot kuten ne on kirjoitettu opetussuunnitelmaan.

Huomioitavaa:

- Opetussuunnitelma on tunnettava hyvin ja selvitettävä opiskelun tavoitteet oppijalle.
- Aikataulut vaihtelee aiheen ja opiskeltavan asian mukaan.
- Opettaja vastaa, että oppijoilla on kaikki tarvittava ohjeistus ja oppimateriaali käytettävissään.
- Opettajiä kannustetaan etsimään sellaista materiaalia ja tietoa, joka liittyy oppijan/ryhmän/ teollisuusyrityksen tarpeisiin. On huolehdittava myös tietojen ajanmukaisuudesta.
- Opettajan tulisi suunnitella ja varata aikaa tarvittavien materiaalien, työtila jne. valmisteluun hyvissä ajoin etukäteen.

Kappale 2: Aiheeseen tutustuminen

Pienien tapaustutkimusten avulla (tiedon haku, ongelman ratkaisu), oppija vastaa kysymyksiin yksin tai ryhmässä. Tavoitteena on herättää mielenkiinto ja uteliaisuus opiskeltavaan aiheeseen. Ammatillisen aineiston käyttäminen auttaa oikean tiedon löytämiseen.

Huomioitavaa:

- Oppimiseen suositellaan vaihdellen ryhmä- ja yksilötyötä sekä aktiivista keskustelua.
- Aikataulutetut ja monipuoliset tehtävät pitävät yllä mielenkiintoa.

Kappale 3: Dokumentteihin tutustuminen

Yksittäisiä aihetta käsitteleviä lähdemateriaaleja tutkittuaan oppijat hankkivat lisää tietoa (Internet, päiväkirjat, kirjat tai tekniset asiakirjat...) vastaamalla kysymyksiin. Näin oppijan tieto moduulin aiheesta vahvistuu. Tämä on tärkein kappale teoreettisen tiedon hankkimisessa.

Huomioitavaa:

- Määritetään hankittavan tiedon laajuus ja tarvittavat materiaalit.
- Annetaan oppijoille tietoa erilaisista lisämateriaaleista, kuten kirjat, verkkosivustot jne.

Kappale 4: Käytännön tehtäviä

Oppijat kehittävät moduulin aiheeseen liittyviä taitoja (katso kappale 1). Näiden toimintojen tulisi liittyä mahdollisuuksien mukaan muovituotannon työntekijän työhön ja muovituotantoon. Tässä kappaleessa on tavoitteena soveltaa teoretietoa käytäntöön.

Huomioitavaa:

- Vaaditaan tarvittaessa tieto henkilösuojaimista ja työturvallisuudesta.
- Järjestetään työtila ja annetaan riittävästi aikaa ammatillisten taitojen kehittämiseen.
- Osaamisen hankintaa kohdennetaan erityisesti ammattimaisuuteen.

Kappale 5: Teoriaa

Kappaleessa määritetään ja muodostetaan kokonaiskäsitys aiheesta. Tähän liittyvät elementit kuten toimintatavat ja terminologia.

Kappale 6: Muistilista

Kappaleeseen on koottu moduulin suorittamisessa vaadittu tieto (katso kappale 1) ja tärkeimmät taidot.

Huomioitavaa:

- Edellytetään, että oppijat ymmärtävät keskeisen tiedon merkityksen riittävien taitojen hallitsemiseksi.

Kappale 7: Harjoituksia

Harjoitusten avulla oppijat vahvistavat tietojaan ja kehittävät taitojaan ammatin vaatimusten mukaisesti. Opettaja voi myös käyttää näitä harjoituksia osaamisen arviointiin.

Huomioitavaa:

- Opiskelijoille annetaan riittävästi aikaa hyväksyttävien taitojen saavuttamiseen.
- Voidaan soveltaa yksilöllisesti oppijan taitoihin ja/tai teollisuuden erityistarpeisiin/paikallisiin olosuhteisiin.

Kappaleet 2-7 voidaan suorittaa tässä esitettyssä järjestyksessä. Kouluttaja voi kuitenkin vapaasti muuttaa järjestystä tai soveltaa omaa pedagogista lähestymistapaansa joko valitsemalla vain joitain aktiviteetteja tai lisäämällä muuta aiheeseen liittyvää materiaalia. Suosittelemme kuitenkin noudattamaan tämän kirjan alkuperäistä toiminnallista ja käytännön osaamiseen suuntautunutta lähestymistapaa, jossa tavoitteena on osaamisen kerryttäminen ketjutettuna oppimisprosessina.

Toivomme, että tämä materiaali on hyödyksi tulevien muovialan työntekijöiden koulutuksessa.

UPSKILL-projektitiimi

Sisältö

Kappale 1: Tavoitteet	7
Kappale 2: Muovikomposiitteihin tutustuminen	8
Kappale 3: Dokumentteihin tutustuminen	11
Kappale 4: Käytännön tehtäviä	40
Kappale 5: Teoriaa	57
Kappale 6: Muistilista	70
Kappale 7: Harjoituksia	73

Kappale 1: Tavoitteet

TAIDOT	TIEDOT
TEKNINEN TAITO	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Pintojen valmistelu 2. Vikojen ja ongelmien tunnistus ja tarvittavat korjaavat toimenpiteet 3. Muotin irrotusjärjestelmän asennus 4. Muotin peittäminen 5. Häätäpysäytystoimintojen tunteminen ja osaaminen 6. Muovikomposiittistandardien noudattaminen johdonmukaisesti 7. Materiaalien tunnistus (matriisi, vahvike, lisäaineet) 8. Ongelmien tunnistus ja tarpeellisten toimintojen tekeminen 9. Laitteiden toimintojen valvonta ja tuotteiden laadunvalvonta 10. Tuotteiden ja materiaalien turvallinen käsittely ja työhön liittyvien vaarojen ennakointi 11. Häätäpysäytysmenettelyt, laitteiden pysäytys tai sammuttaminen myös ne epätavallisissa olosuhteissa 12. Laitteiden toiminnan ja tuotteen laadun seuraaminen 13. Laitteiden, materiaalien, prosessien ja menettelyjen valinta ja käyttö 14. Asiaankuuluvien käyttöturvallisuustiedotteiden ja tehtäviin liittyvien varotoimenpiteiden noudattaminen, henkilönsuojainten käyttö, tuotteiden ja materiaalien turvallinen käsittely 15. Rutiininomaisten työtehtävien suorittaminen kirjallisia ohjeita noudattamalla 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Työhygienian merkitys tuotteen pinnan laatuun 2. Laitetyypit, työkalut ja tarvikkeet eri muottipinnoille 3. Eriytyypiset muotin vapautusjärjestelmät ja tyypilliset ongelmat 4. Eri menetelmät muotin poistojärjestelmiin 5. Muotin poistojärjestelmien mahdolliset ongelmat 6. Materiaalien, epäpuhtauksien ja laitteiden aiheuttamien vikojen tunnistus 7. Muovikomposiittien ja niissä käytettävien komponenttien valmistus 8. Laitteiden, materiaalien, prosessien ja menettelyjen oikea käyttö 9. Tuotannon työnkulkujaksot ja materiaalien kulutus 10. Prosessin ohjaus ja lukemien tarkastelun avulla poikkeamien hallinta 11. Raaka-aineiden ja laitteiden vaihteluiden mahdolliset vaikutukset tuotteen laatuun 12. Jätehuolto ja materiaalien uudelleenkäyttö prosessissa 13. Tuotteen laatuun ja tuotannon sujuvuuteen vaikuttavia tekijöitä 14. Tyypillisimpien tuotantovirheiden mahdolliset syyt 15. Materiaalien käsittelyssä, laitteiden käytössä ja puhdistuksessa vaadittavat riskien hallinta- ja turvallisuusmenettelyt sekä henkilönsuojainten käyttö
TYÖYHTEISÖOSAAMINEN	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Oman työn suunnittelu, ennakointi ja mahdollisten parannusehdotusten tekeminen 2. Työhön liittyvien asiakirjojen täyttämisen 3. Tietoja kerääminen ja jakaminen työpaikan vaatimusten mukaan 4. Käyttö- ja työohjeiden lukeminen ja tulkitseminen oikein 	
VUOROVAIKUTUSTAIDOT	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Työpaikan vuorovaikutustilanteisiin osallistuminen 2. Tuotannon alku- ja loppupään viestintä oikea-aikaisesti ja tehokkaasti 	

Kappale 2: Muovikomposiitteihin tutustuminen

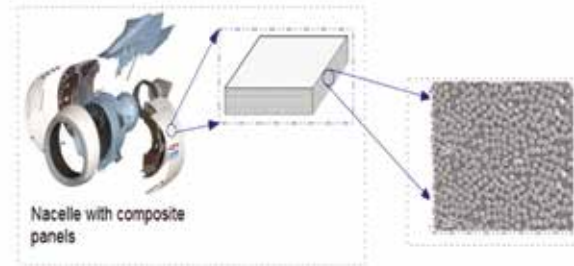
MENETELMÄ

1. Muodostan oletuksen
2. Muodostan säännön
3. Hyväksytän sen opettajalla
4. Esitän tulokset ja tulkitseen niitä
5. Hyväksyn/hylkään oletuksen
6. Vastaan kysymykseen

Kysymys 1

Mistä osista komposiittituotteet rakentuvat?

Mikä on kunkin komponentin merkitys?



Lähde: [1]

Vastaus: Komposiittimateriaali koostuu yleensä matriisista, lisäaineista ja vahvikkeista.

MATRIISI Se yhdistää materiaalit. Lisäksi se välittää lujuuden vahvikkeille ja pitää halutun muodon. Se myös suojaa vahvikkeita ulkoisen ympäristön rasituksilta (korroosiolta jne.). Termoplastiset, kestumuoviset matriisit ovat uudelleenmuovautuvia ja kierrätettäviä (esim. Polyamidi, polypropeeni, polyeteeni jne.), Kun taas lämpökovettuvat matriisit eivät muuta kovettuaan muotoaan eivätkä ole kierrätettäviä (esim. Tyydyttymätön polyesteri, epoksi, vinyyliesteri, ...).

VAHVIKKEET Yleensä ne on valmistettu kuiduista, jotka parantavat komposiittimateriaalien mekaanista lujuutta ja jäykkyyttä. Ne ovat jatkuvia kuituja/filamentteja, huovat ja mattoja tai kudoksia, 1D, 2D tai 3D. Vahvikkeita on erityyppisiä (esim. lasi, aramidi, hiili jne.)

LISÄAINEET Yleensä ne sekoitetaan matriisiin. Niiden avulla voidaan muuttaa joitain ominaisuuksia (lisätä viskositeettia, pienentää tiheyttä, alentaa kustannuksia jne. tai ne voivat tuoda joitain ominaisuuksia (palonkestävyys, iskunkestävyys, käyttäytyminen lämpöä vastaan, kutistumattomuus jne.)

Opastus: Opettaja voisi tuoda näytteitä esimerkiksi raaka-aineista (lasikuitu, hiili, aramidi jne.) ja erityyppisistä vahvikkeista (kerrattu lanka, kuitumatot, kudokset ...) ja täyteaineet (talkki, kolloidinen piidioksidi, lasimikrohelmet, ...). Näytteitä voisi olla myös erilaisista tuotteista, kuten lämpökovettuvasta hartsista valmistetut pullot (tyydyttymätön polyesteri, epoksi jne.). Tämä antaa opiskelijoille mahdollisuuden tarkastella eri komponentteja, jotka ovat välttämättömiä komposiittiosan valmistamiseksi.

Kysymys 2

Millä menetelmällä viereisten kuvien kappaleet on valmistettu?

Mitä eroa niiden valmistusprosesseilla on?



Lähde: [2]

Vastaus: Komposiittiosia voidaan valmistaa erilaisilla menetelmillä, eri materiaaleista. Menetelmät luokitellaan yleensä seuraavasti:

- Valmistettavan sarjan koko (pieni, keskikokoinen, suuri)
- Mitat (hyvin pieni, pieni, keskikokoinen, iso)
- Osien muodot (kerrostetut muodot, profiilit, 3D-muodot, jotka on valettu puristimella tai ilman, 1 tai 2 muotilla)

Kuvissa näkyvät osat voidaan valmistaa seuraavilla menetelmillä: kuva nro 1 (RTM/paineinjektio), kuva nro 2 (pakkaus, autoklaavi), kuva nro 3 (infuusio, käsin laminointi, ruiskutus) prosessi), kuva nro 4 (RTM, pakkaus).

Ohjaus: Opettaja voi esitellä joitain tilastoja Euroopan ja maailmanlaajuisista komposiittimarkkinoista (tuotantomäärät eri prosesseille, eniten käytetyt prosessit, sovellukset, kunkin sektorin vaatimukset, prosessin valintatekijät, prosessien luokittelu ...). Voisi myös esitellä lyhyesti käytetyimmät prosessit lyhyiden videoiden avulla (Esim. YouTube). Erilaisia komposiittikappaleita voisi hypistellä ja keskustella, millä prosessilla ne on valmistettu.

Kysymys 3

Työntekijä valmistaa komposiittituotetta.

Noudattaako hän kaikkia henkilökohtaiseen suojaukseen annettuja ohjeita?

Mitkä vaiheet edeltävät geelipinnoitekerroksen levittämistä?



Lähde: [3]

Vastaus: Tätä valokuvaa tarkasteltaessa voidaan huomata, että käyttäjältä puuttuu 2 henkilönsuojainta: vaaditaan silmiensuojausta (lasit) ja käsinsuojausta (käsineet).

Ennen gelcoat-kerroksen levittämistä on 3-vaiheinen valmistelu: muotin pinnan valmistelu, irrotusaineen levittäminen sekä asettelu ja peittäminen (katso lisätietoja kohdista 5 ja 6).

Opastus: Opettajan tulee korostaa tarvetta käyttää henkilönsuojaimia muovi- tai komposiittimateriaalien valmistuksessa. Hän voisi tässä yhteydessä näyttää videoita tai valokuvia työpaikan onnettomuuksista, jotka tapahtuvat, kun ei ole henkilönsuojainta.

Kysymys 4

Työntekijä levittää geelipinnoitetta.

Onko työskentelyalue suojattava ennen tätä työvaihetta? Jos on, niin miksi?



Vastaus: Kyllä, työskentelyalue on peitettävä ennen gelcoatien levittämistä muotin suojaamiseksi vahingoittumiselta.

Opastus: Opettaja voi määrittää opiskelijoille, että muottipintojen valmisteluvaihetta käsitellään kirjan kappaleissa 4 ja 5

Kappale 3: Dokumentteihin tutustuminen

I Komposiittimateriaalit

1. Määritelmä

Komposiitti on kahden tai useamman materiaalin yhdistelmä, jossa materiaalit toimivat yhdessä, mutta eivät ole lienneet tai sulautuneet toisiinsa. Joskus materiaalit ovat tasavertaisia niin, että niiden tehtävää komposiitin muodostuksessa voi määritellä.

Tutki 1:	Etsi vastaukset esimerkiksi internet-videoista, hakuterminä:
Komposiitti rakentuu kahdesta eri osasta, joiden tehtävänä rakenteessa on:	
▪ Vahvikemateriaali: tehtävä →	Vahvikemateriaali lujittaa.
▪ Matriisi: tehtävä →	Sideaine, joka varmistaa rakenteen yhtenäisyyden.
Komposiittirakenteiden käyttö autoteollisuudessa:	
▪ Vaikutus massaun →	250 kg
▪ Vaikutus energiankulutukseen →	0,4 litraa per 100 km
Mikä erityisyys liittyy kestomuovin matriisirakenteeseen?	Kestomuovi on kierrätettävissä ja uudelleen muovattavissa.
Luettele useita komposiittituotteita?	Vesi-, ilma- ja maakulkuneuvot, vapaa-ajan välineet.

2. Komposiittituotteen rakentuminen

Komposiitin osat ovat yleensä materiaaliyhdistelmän kokonaisuudeksi sitova ainesosa matriisi sekä geelipinnoite, apuaineet ja tukimateriaali.

Matriisi

Matriisi on usein hartsi. Kovettuneena se toimii materiaalien yhdistäjänä. Lisäksi se välittää rasituksen tukimateriaaliin ja mahdollistaa halutun muodon pysymisen. Se myös suojaaa tukimateriaalia ulkoiselta rasitukselta (korroosio jne.).

Tutki 2:	Tutustu kahteen eri matriisityyppiin (kerta- ja kestonuovi), joita on käytetään komposiittiosien valmistuksessa ja täytä taulukko käyttäen alla annettuja termejä:
-----------------	--

lyhyt	kuitu tai säie	jatkuva
puhtaus	jatkuva lämmitys	viskoosinen neste
rajallinen	helppo	liuotinpäästöt
kiinteä	kierrätettävä	ei rajoitteita
vaikea	pitkä (polymeroituminen)	lämmitys + jäähditys
huono	hyvä	pitkä

MATRIISI	KERTAMUOVI	KESTOMUOVI
Lähtötilanne	viskoosinen neste	kiinteä
Varastointi	rajallinen	ei rajoitteita
Vahvikemateriaalin kustutus	helppo	vaikea
Muovaus	jatkuva lämmitys	lämmitys + jäähditys
Työkierto	pitkä (polymeroituminen)	lyhyt
Lämpökäyttäytyminen	hyvä	huono
Hukka tai jäte	jäte tai täyteaineena käyttö	kierrätettävä
Työskentelyolosuhteet	liuotinpäästöt	puhtaus

Tutki 3:	Jaottele polymeerit kerta- ja kestonuoveihin:
-----------------	---

epoksi	PEEK	polyamidi
vinyyliesteri	polykarbonaatti	polypropeeni
aminomuovit (MF ja UF)	fenoliformaldehydi	tyyydyttämätön polyesteri

Termoplastiset polymeerit, kestonuovit:

PEEK, polyamidi, polykarbonaatti, polypropeeni

Termoset-polymeerit, kertamuovit:

Epoksi, vinyyliesteri, polyimidit, fenoliformaldehydrit, tyydyttymättömät polyestert

Geelipinnoite, gelcoat

MÄÄRITELMÄ	Pinnoite, lämpökovettuva hartsi, joka ruiskutetaan muottiin sileän ja värillisen pinnan muodostamiseksi.
RAKENNE	Polyesterihartsi + täyteaineet+ pigmentit (värit).
TOIMINTA	Pinnalta vaadittavat: sileys ja kiiltävyys, kosteussuoja, halutut värit, sään ja kemiallisten aineiden kestävyys, kulutuksen kesto.
KÄYTTÖ (APLIKOINTI)	Laitetaan yleensä muotin pintaan joko sivelemällä tai ruiskuttamalla, paksuus 0,4 – 0,6 mm

Tutki 4:	Mikä on gelcoatin massa, kun tiheys on $\rho = 1300 \text{ kg/m}^3$ joka ruiskutetaan 1 m^2 pinnalle $e = 0,4 \text{ mm}$ kerrospaksuuteen ja kun otetaan työskentelyvaraksi 12 %?
-----------------	--

Muistin tueksi: tiheys = massa /tilavuus \rightarrow volume = area \times thickness

Vastaus:

Tilavuus = surface * thickness = $1 * 0,4 \cdot 10^{-3} = 0,0004 \text{ m}^3$

Massa ilman hävittäjä = density * volume = $1300 * 0,0004 = 0,52 \text{ kg} = 520 \text{ g}$

Massa mukana hävikki = $520 * 112/100 = 582,4 \text{ g}$

Tutki 5:	Etsi gelcoateista tietoa toimittajien materiaaleista, tutustu millaisia aineita ne ovat ja mitä ominaisuuksia niillä on (tiheys, viskositeetti)?
-----------------	--

Vastaus:

Viskositeetti \rightarrow 25 poises for the nozzle gelcoat. 35 to 45 poises for the brush gelcoat.

Tiheys \rightarrow 1,22 (corresponds to specific gravity of 1220 kg/m^3).

Valmistajien ohjeita \rightarrow

CMS « Composites Machine Systems »: Mould gelcoat, brush gelcoat and nozzle gelcoat (see the following link for the product characteristics: <https://www.cms-france.fr/60-gel-coat>)

Easycomposites: Epoxy Gelcoat (see the following link for the characteristics of the product: <https://www.easycomposites.co.uk/#!/resin-gel-silicone-adhesive/epoxy-gelcoat>)

Lisäaineet

Lisäaineet ovat tuotteita, jotka yleensä liittyvät matriisiin. Ne ovat välttämättömiä hartsien polymerointiin (verkkoutumisreaktion aloitus, kiihdytys tai hidastus) ja vaikuttavat hartsin ominaisuuksiin (viskositeetin lisääminen, tiheyden pienentäminen, kustannusten alentaminen jne.) Ne voivat liittyä myös tiettyihin erityisominaisuuksiin (palon kesto tai iskulujuus, lämpötilan kesto, kutistuminen jne.)

Tutki 6:	Yhdistä lisäaine ja vaikutus.
-----------------	-------------------------------

Metallijauhe (alumiinijauhe)	1.	4.	viskositeetti kasvaa
Lasi (mikrorakeinen)	2.	6.	voimakasta valkoisuutta
Kolloidinen silika (hienojakoinen SiO ₂ +vesi)	3.	1.	lämmönkestoa
Mineraalitäyteaine (kalsiumkarbonaatti)	4.	2.	alentaa hartsien tiheyttä
Mineraalitäyteaine(liuskekivi)	5.	5.	dielektrisyyttä
Titaanioksidi	6.	3.	tiksotrooppinen aine (sekoituksen vaikutus viskositeettiin)

Tutki 7:	Lämpökovettuvan matriisin reagoiminen ympäristön lämpötilassa tarvitsee katalyyttijärjestelmän, joka koostuu katalyyttistä ja kiihdyttimestä.
-----------------	---

Mitä vaikutuksia lisäaineilla on?

Vastaus:

Katalyytti → saa aikaan polymeroitumisreaktion

Kiihdytin → Nopeuttaa katalysoitua reaktiota

Opastus: Opettajan tulee varmistaa, että käyttöturvallisuus toteutuu. Kiihdytin ja katalyytti ovat reaktioherkkiä tuotteita. Ne voivat sekoituksessa aiheuttaa räjähdysnomaisen reaktion.

Millaisia prosenttiosuuksia näille aineille suositellaan tyydyttymättömään polyesterimatriisiin?

Vastaus:

Katalyytti → 1 - 3 % hartsin määrästä.

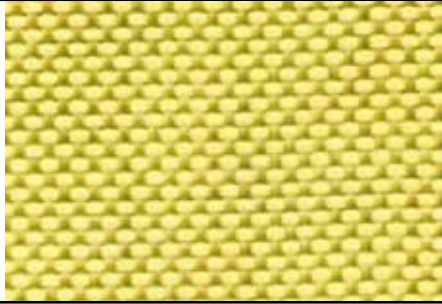
Kiihdytin → 0,05 - 0,5 % hartsin määrästä.

Opastus: Opettaja voi muistuttaa katalyytin väärän annostelun seuraukset. Katalysaattorin ylimäärä voi tuottaa huonoja mekaanisia ominaisuuksia, lyhentää työaika ja säästää aikaa. Katalyytin puute lisää ryppyisyyttä (krokotiilin iho) sekä alipolymeroitumista.

Tukimateriaalit, vahvikkeet

Vahvikkeet ovat yleensä kuituja, jotka lisäävät komposiittimateriaalien mekaanista lujuutta ja jäykkyyttä. Ne muodostavat tilavuusosuuden, joka on 30 - 70% komposiitin kokonaistilavuudesta.

Kuidut ovat usein eri vahvuisia filamentteja. Toivotut ominaisuudet ovat seuraavat: hyvät mekaaniset ominaisuudet, keveys, lämmönkestävyys, yhteensopivuus hartsien kanssa, soveltuvuus prosesseihin, alhainen hinta.

Tutki 8:	Kuvaile, millaisia kuvien kuitunäytteet ovat.	
		
Hiilikuitu	Aramidikuitu	
		
Basalti	Lasikuitu	

Tutki 9:

Etsi kaupallisista lähteistä tietoa alla oleviin lasikuitumateriaalien kuviin:



Lähde: [2]

II Irrotusaineet

Polyesteri- tai vinyyliesterihartsit kiinnittyvät lujasti useimpiin aineisiin, joten muottituotteissa irrotusaineiden käyttö on perusteltua.

1 Irrotusaineen valinta

- oveltuvuus haluttuun pinnan laadun saavuttamiseen
- yhteensopivuus käytettyyn hartsiin
- sopivuus valulämpötilaan
- tukee muovautuvuutta

2 Irrotusaineiden tyypit



Lähteet: [5, 4, 3]

Etsi lähdeaineistosta vastaukset seuraaviin tehtäviin.

Tutki 1:	Nestemäinen irrotusaine
-----------------	-------------------------

1. Etsi esimerkki nestemäisestä irrotusaineesta.
2. Mitä etuja on nestemäisillä irrotusaineilla?

Vastaus:	
1. Polyvinyylialkoholi (a splitting agent that takes the form of a transparent, viscous and slightly sticky).	
2. Käytä korkean ja matalan paineen irrotusainetta valuun yli 150 °C lämpötiloissa.	
Opastus: Ohjeista, kuinka irrotusaine levitetään (spray, sponge or brush).	

Tutki 2:	Irrotuskalvo
-----------------	--------------

1. Mistä materiaaleista kalvot voidaan valmistaa?
2. Mihin geometrisiin muotoihin kalvoja voidaan käyttää?
3. Hae esimerkki komposiittituotteesta, jossa valmistus edellyttää irrotuskalvoa?

Vastaus:	
1. Selluloosa asetaatti, polyeteeni, sellofaani, polyesteri, PVC, pelkkä lateksi.	
2. Kalvoja voidaan levittää tasaisille tai sylinterimäisille pinnoille.	
3. Sylinterit, lentokoneen runko, siilot, viemäriputket, ...	

Tutki 3:	Irrotusvaha
-----------------	-------------

1. Tunnista vähintään 3 komposiittiosien valmistusprosessia, joissa käytetään vahamaista irrotusainetta?
2. Miten vaha käytetään?
3. Mitä eroa on tavallisten ja korkea suorituskyisten vahojen (high performance) välillä?

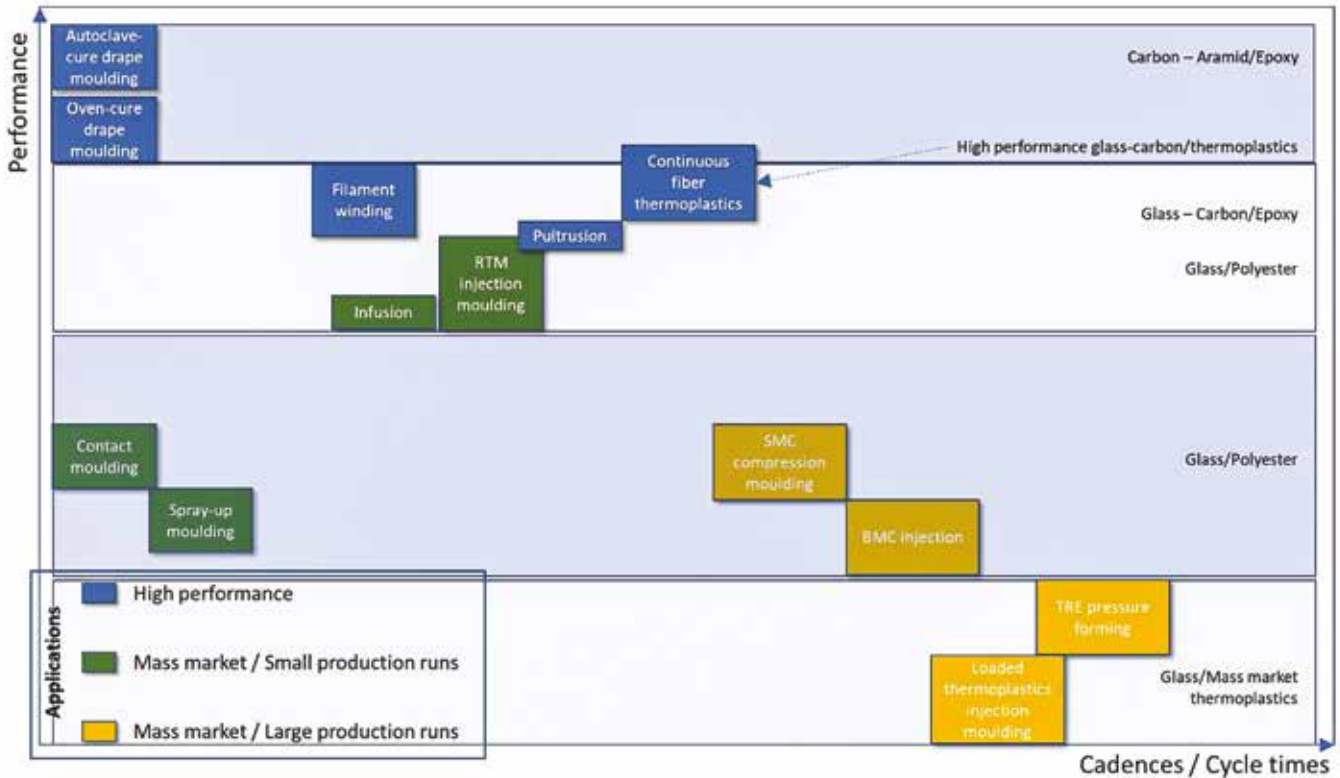
Vastaus:	
1. Kosketusmuovaus - Samanaikainen projektio - infuusio.	
2. Aineet levitetään käsin pehmeällä liinalla, pyörivällä kapea liikkeellä.	
3. Vahat (käyttölämpötila enintään 60 °C), korkean suorituskyvyn vahat (T = 60–180 °C, paine noin 100 bar)	

III Muovikomposiittituotteiden päävalmistusmenetelmät

1. Johdanto

Menetelmien esittely kaaviona

Kuva 1: Komposiittien luokittelu



Lähde: [6]

Menetelmävalintaan vaikuttavat tekijät

- osan tekniset ominaisuudet, mekaaniset, kemialliset, lämpö ja sähkö, pinnan laatu, muoto, mitat jne.
- materiaalityyppi (laatu ja kohde)
- tuotettavien kappaleiden määrä
- teknisesti vaativa kappale (large-scale, high-performance)
- ympäristövaatimukset ja työkalujen tarve
- haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) poistaminen ja tuotannon jätteet
- tuotantotilat (eri toimintojen yhdistäminen)
- kustannukset

Menetelmään liittyvät ympäristövaatimukset

KOHDE	VAATIMUKSET	KUSTANNUKSET	KESTO
Ilmailu	hyvin korkea	ei olennainen	1-10 kpl/vrk
Autoilu	kohtalainen	olennainen	> 500 kpl/vrk
Rautatie	korkea	tärkeä	10-50 kpl/vrk
Rakennukset	kohtalainen	olennainen	50-500 kpl/vrk
Lääketieteellinen	hyvin korkea	ei prioriteetti	50-500 kpl/vrk
Sähkö	korkea	olennainen	> 500 kpl/vrk
Urheilu ja vapaa-aika	hyvin korkea	tärkeä	> 500 kpl/vrk

2. Käytetyimmät menetelmät

Tässä osassa keskitytään yleisimmin käytettyihin prosesseihin, lämpökovettuvien matriisikomposiittien valmistuksista: käsinlaminointi, ruiskulaminointi, kuitukelaus, prepreg-laminointi, paineinjektio (RTM), alipaineinjektio, HP / HT -paine-prosessi, alipaineinjektio/ autoklaavi säkitys (autoclave drapping), keskipakovalu ja pultruusio (suulakeveto). Kutakin prosessia varten esitetään prosessin periaate ja sovellukset.

Kappaleessa 5 teoriaa on kuvattu komposiittivalmistuksen eri vaiheet yksityiskohtaisesti: käsinlaminointi (kulhon valmistus), alipaineinjektio (levyn valmistus) ja RTM-hartsinsiirtomuovaus (suihkuallas).

Tutki 1:	Yhdistä tuote mahdolliseen valmistusmenetelmään:
-----------------	--

Säiliö	1.	5.	Ruiskuvalu
Veneen runko	2.	4.	Kuumapuristus / HT-compression
Lentokoneen siipi	3.	1.	Keskipakovalu / Centrifugal moulding
Auton osia	4.	3.	Autoklaavi
Imuputki	5.	2.	Infuusio

Opastus:

- Säiliö: valmistettu keskipakoprosessilla sen pyöreän muodon vuoksi
- Veneen runko: Valmistettu infuusio-prosessilla, koska iso kappale (pituus * leveys * syvyys)
- Lentokoneen siipi: valmistettu autoklaaviprosessilla, koska se vaatii suurta mekaanista suorituskykyä.
- Auton konepelti: Valmistettu HP/ HT -prosessilla, koska siinä on kaksi sileää pintaa.
- Imuputki: Valmistettu vahvistetulla termoplastisella ruiskutusprosessilla, koska sillä on monimutkainen muoto.

Käsinlaminointi/ Hand lay-up

Periaate:

- manuaalinen valmistus kertamuovista huonelämpötilassa ja paineessa
- vahvikkeet asetellaan muottiin, kostutetaan nestemäisellä hartsilla, kiihdytin ja katalyytti kovettamiseen
- hartsin kovettumisen jälkeen kappale poistetaan muotista

1. Gel-Coat spraying



2. Gel-Coat hardening



3. Application resin 1st layer



4. Application of reinforcement



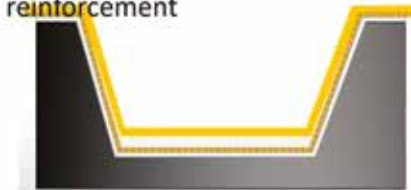
5. Adding resin



6. Debubbling



7. Application of second reinforcement



8. Adding resin



9. Debubbling



10. Polymerisation



11. Mould release and finishing



Lähde: [7]

Esimerkki:

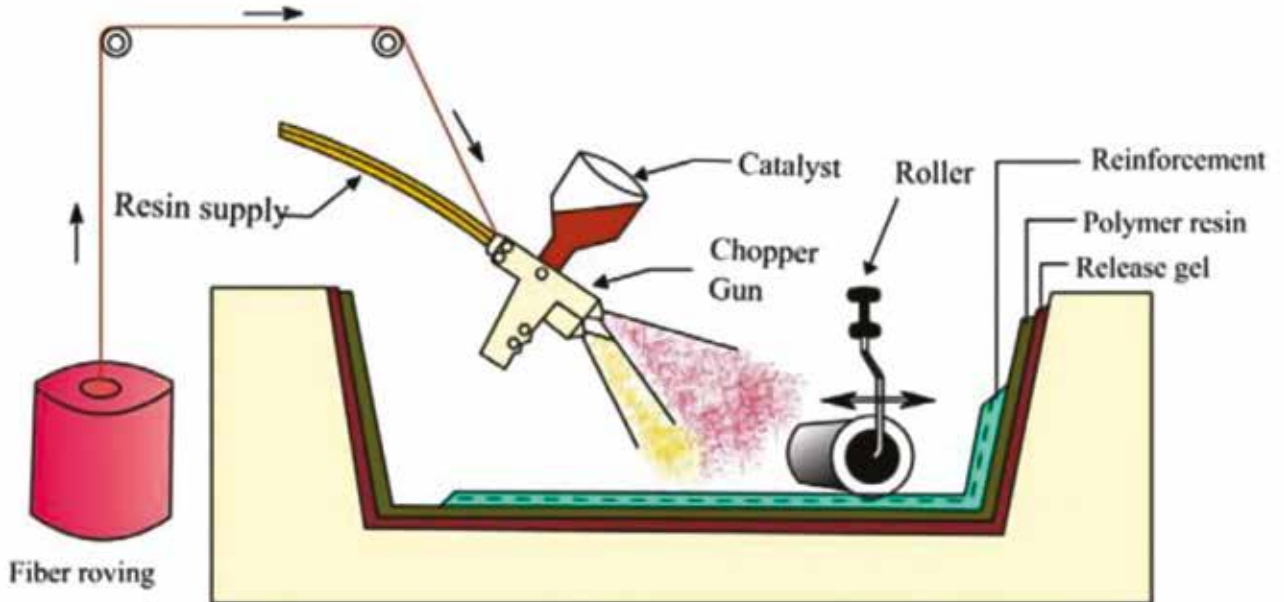


Lähde: [8]

Ruiskutus/Spray-up

Periaate:

- manuaalinen tai robottiprosessi, kappale voidaan toteuttaa lämpökovettuvista hartseista huoneenlämmössä ja ilmanpaineessa
- raaka-aineen käyttö niin sanotun ”projektio” -koneen kanssa, joka käsittelee leikkauslaitteen - leikatun vahvikkeen projektion ja hartsin laitton ruiskutuspuistoolin avulla samanaikaisesti



Lähde: [9]

Esimerkki:



Lähde: [10]

Tutki 2:

Kirjallisuushaun avulla käsinlaminoinnin ja ruiskutusvaluprosessin esittely:

1. Mitkä ovat näiden kahden prosessin edut ja haitat?
2. Mitkä ovat näiden kahden prosessin yhteisiä piirteitä?
3. Mitkä ovat näiden kahden prosessin erot?

Vastaus:**1. Etuja ja haittoja****Käsinlaminointi**

Etuja → Lähes rajattomat muotomahdollisuudet. Ei mitoitusrajoituksia. Sileä gelcoat-pinta (ulkonäkö ja tuntu, korroosionkestävyys), välttävät tai hyvät mekaaniset ominaisuudet. Hyvin pienet investoinnit Yksinkertaiset muotit (nopea valmistaa, edullisia)

Haittoja → tarvitaan vain viimeistelyjä (leikkaus, poraus jne.) Laatu työntekijän taidoista riippuen Pienet tuotantomäärät muottia kohti suuret työpaikat välttämättömät, valmisteltava työolot.

Ruiskutus

Etuja → Laaja muotoiluvalikoima ei mitoitukseen rajoitteita, suurempi tuottavuus verrattuna käsinmuovaukseen pienempiä, rovinkekustannus pienempi kuin mattokustannus, kohtalainen laiteinvestointi, yksinkertaiset muotit (nopea valmistaa, edullisia)

Haittoja → Vain yksi sileä puoli, keskinkertaiset mekaaniset ominaisuudet, Laatu työntekijän taidoista riippuen, haasteelliset työolot.

2. Yhteisiä piirteitä

Käsin- ja ruiskutuslaminoinnin yhtäläisyydet:

Materiaali → Samat kertamuovimatriisit (tyydyttymätön polyesteri, epoksi, vinyyliesteri)

Edut → erittäin suuret muotomahdollisuudet, yksinkertaisia muotteja (nopea valmistaa, edullinen)

Haitat → Vain yksi sileä puoli, Laatu riippuu työntekijän taidoista

3. Erot

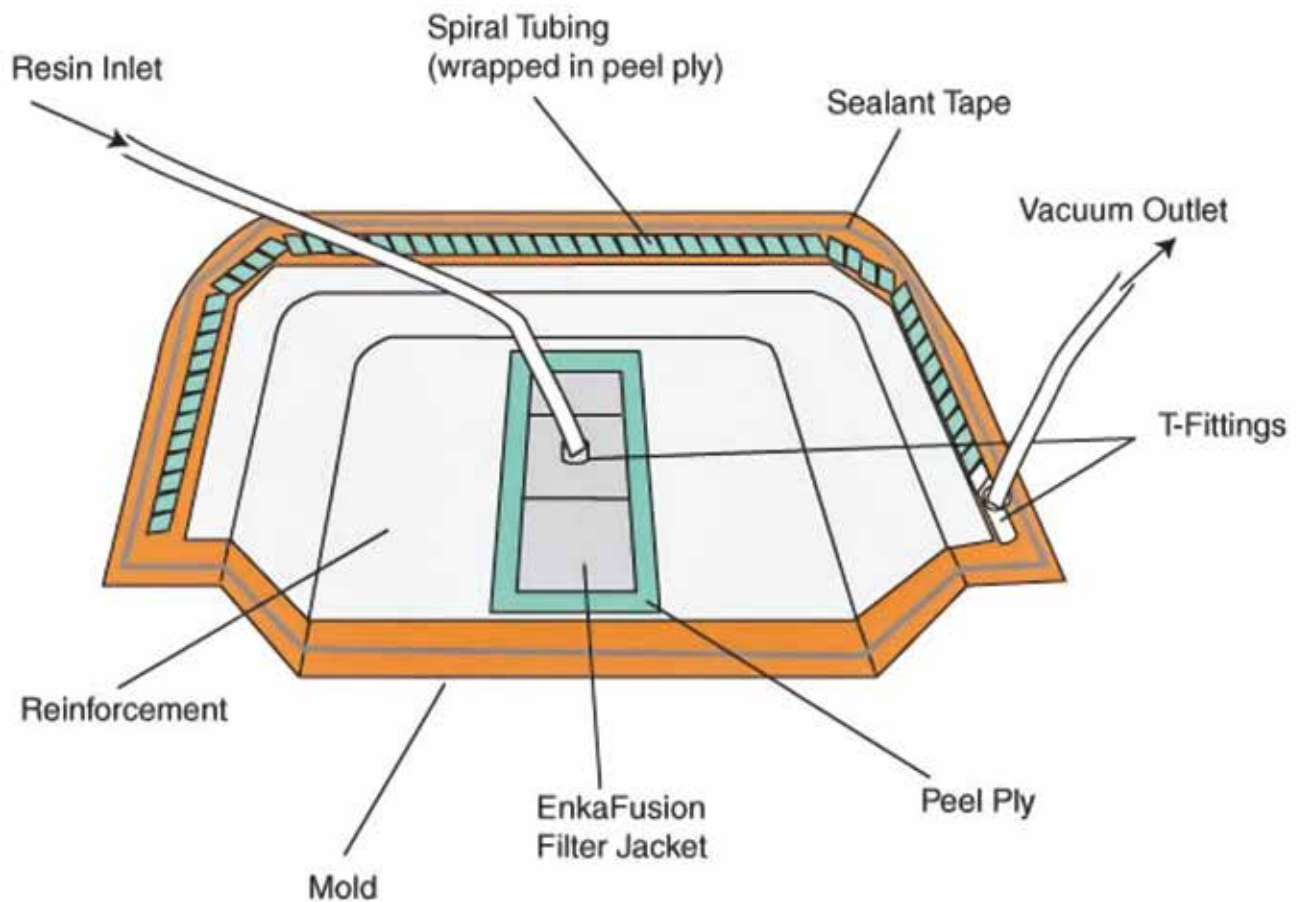
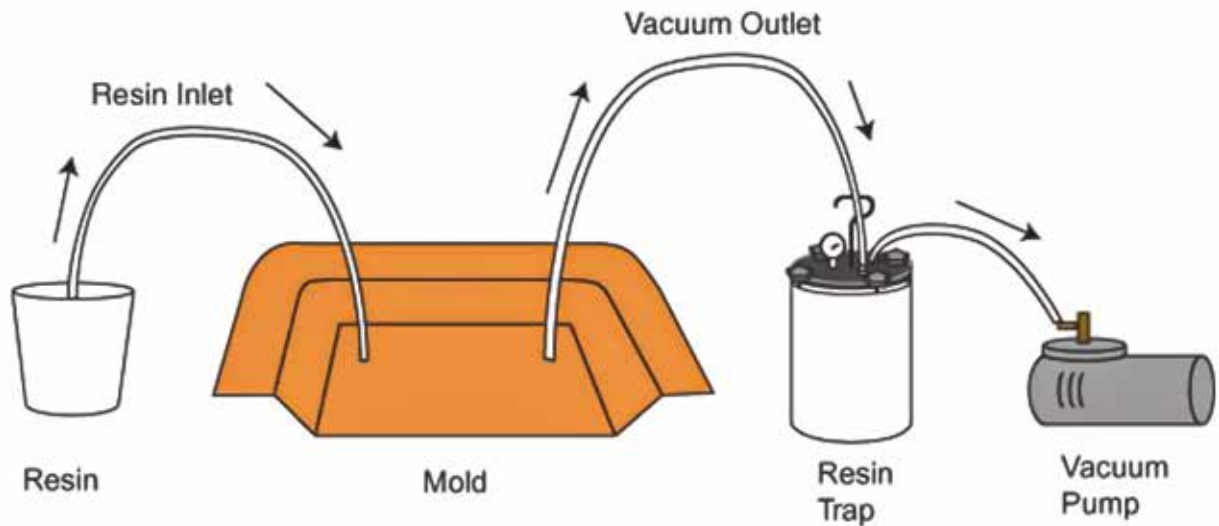
Erot Käsin- ja ruiskutuslaminoinnin välillä:

Materiaali → Käsinlaminointi (matto, kudokset), ruiskulaminointi (katkokuiturovinki)

Alipaineinjektio/Infusion

Periaate:

- Periaate kuiville vahvikkeille (kankaat, matot jne.), kerrostaminen naarasmuotissa ja ilmatiivis järjestelmä /tyhjiö.
- Alipaineinjektio koostuu sitten hartsin ruiskuttamisesta tyhjiössä kuiviin kerrostettuihin kudoksiin



Esimerkki:



Lähde: [12,13]

EDUT	HAITAT
<ul style="list-style-type: none"> • pienet liuotepäästöt (No VOC emission) • suurtenkin kappaleiden valmistus • erinomainen ominaisuuksien homogeenisuus • vahvikeaste 65 % • kerroslevyjen teko mahdollista • hyvä kostutus 	<ul style="list-style-type: none"> • työn tarve suuri • ilmastointitarve • seinämävahvuuksien hallinta vaikeaa • kertakäyttöiset laitteet • yksi sileä pinta • hidas isoihin sarjoihin

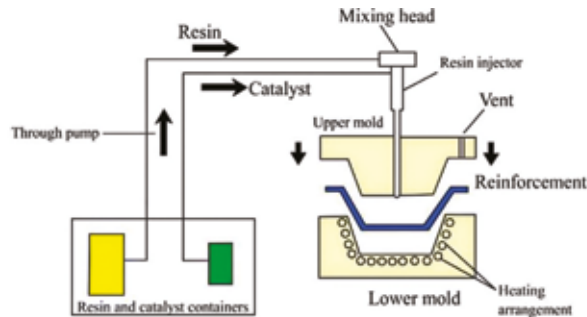
Tutki 3:	Yhdistä tarvikkeet päätoimintoon:
-----------------	-----------------------------------

Pintakerros	1.		3.	Mahdollistaa hartsin siirron vahvikkeen läpi
Rei'itetty kalvo	2.		2.	Ilmakuplien poisto
Tyhjennyskalvo	3.		4.	Liittyy vastamuottiin
Tyhjiöpussi	4.		1.	Mahdollistaa tarttumattomuuden laminaatin ja kulutusosien välillä

Paineinjektio (RTM)

Periaate:

- Nestemäisen hartsin ruiskuvalu RTM (Resin Transfer Moulding) tapahtuu muotin ja vastamuotin välillä
- Vahvike asetellaan muottiin. Kun muotti on tiukasti kiinni, ruiskutetaan kiihdytettyä ja katalysoitua hartsia matalassa paineessa vahvikkeiden läpi, kunnes muotti on täysin täytetty



Lähde: [14]

Esimerkki:



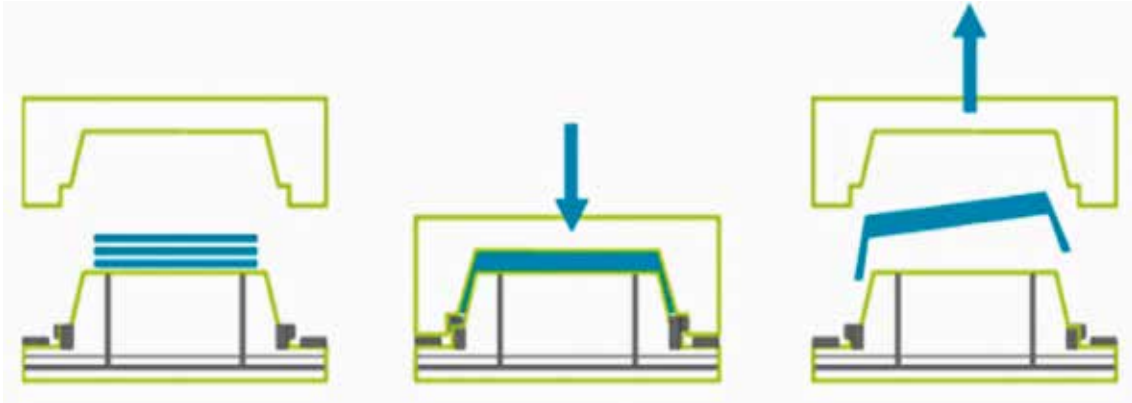
Lähde: [15]

Tutki 4:	RTM -menetelmän edut, valitse oikea(t) vastaukset:
KYLLÄ	Kaksi sileää pintaa
EI	Vaativat työ- ja hygieniaolosuhteet
KYLLÄ	Hyvin maltilliset investoinnit
EI	Suuret sarjat
EI	Erittäin suuret sarjat

Puristusmuovaus /Compression of compounds

Periaate:

- Kappaleiden puristusmuovaus tapahtuu jäykkien (metalli) muottien ja vastamuottien välillä korkeassa lämpötilassa (HT) ja korkeassa paineessa (HP)
- Aihiot (muovattavat lähtöaineet) kerrostetaan manuaalisesti tai robotin avulla avoimeen muottiin. Muotti suljetaan tiukasti, sitten hartsin polymerointi. Lopuksi muotin avaus ja kappaleen poistaminen.



Aihion puristusmuovausmenetelmä, lähde: [16]

Esimerkki:



Lähde: [17]

Tutki 5:

Tutustu eri puristusmenetelmiin ja vastaa kysymyksiin:

Mitä puolivalmisteita voidaan valmistaa HT/ HP -menetelmällä?

Mitä eroa on ahtopuristus- ja paineinjektiomenetelmillä?

Mitä etuja saadaan ahtopuristusmenetelmällä (compound compression)?

Vastaus:

Several semi-products can be transformed by HT HP. The most used are SMC (Sheet Molding Compound) and BMC (Bulk Molding Compound).

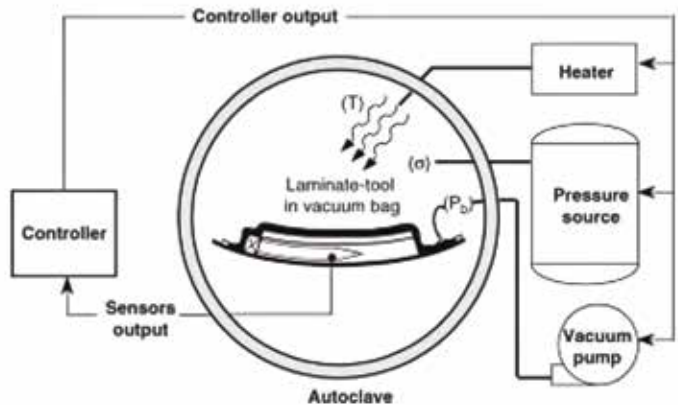
The RTM process (resin transfer moulding) consists in applying the reinforcements in the mould. Once the mould is firmly closed, the resin is injected under low pressure (<10 bars). On the other hand, the compounds pressure consists in applying semi-products into a preheated mould. After the mould closure, the press crushes the material under high pressure.

The advantages of the compound's compression process à Rather short cycle time (2 à 3 min) possibility of complex shapes possibility to multiply functions on the same part good working and health conditions larges possibilities of automatization

Alipaineinjektio, säkitys autoklaavissa

Periaate:

- Säkitys autoklaavissa, "high-performance" komposiittien valmistus on erittäin teollistettu (erityisesti ilmailutuotteet) kehittyneiden säkityslaitteiden ansiosta.
- Autoklaavi on lämmitettävä paineastia.
- Prosessi koostuu esikyllästetyn vahvikkeen kerrostamisesta muottiin, sen peittämisestä muovautuvalla kalvolla ja kokonaisuuden polymeroitumisesta autoklaavissa korkeassa lämpötilassa ja korkeassa paineessa.



Lähde: [18]

Esimerkki:



Lähde: [19]

Tutki 6:

Tutustu autoklaavissa tehtävään säkitysmenetelmään, valitse alla olevista menetelmään liittyvät edut ja haitat.

valmistuksen hitaus

high performance -komposiittituotteet

vahvikemateriaalin orientoituneisuus

erittäin korkeat kustannukset

suuri erikoisosajien tarve

optimaalinen kuitu/hartsin suhde

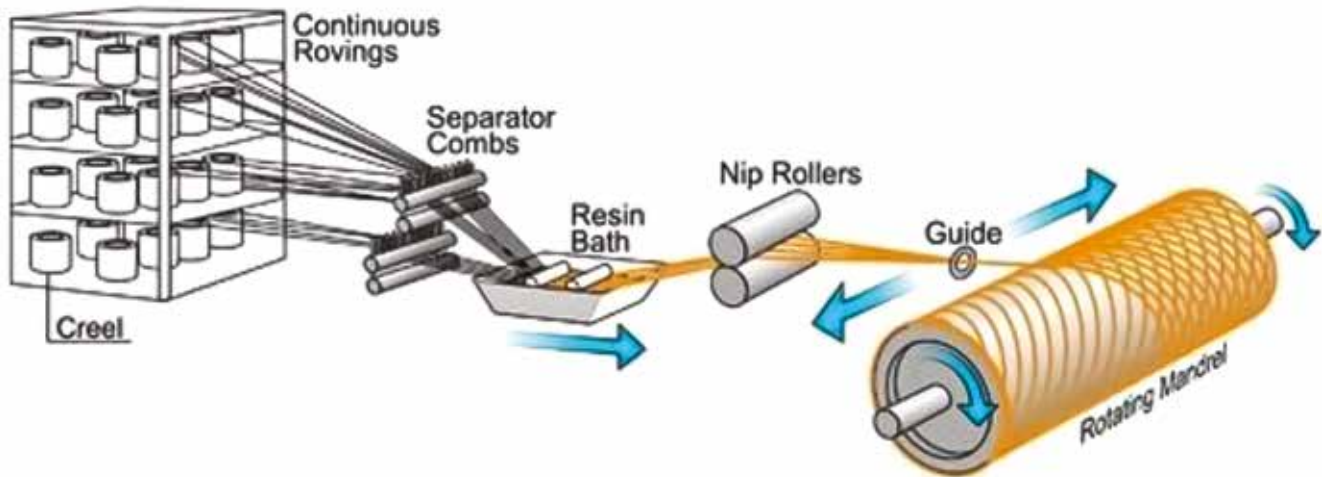
Etuja: producing high performance composite control of the orientation of reinforcements an optimum fiber/resin ratio

Haittoja: Low manufacturing rates very high cost specialized and numerous labours.

Kuitukelaus

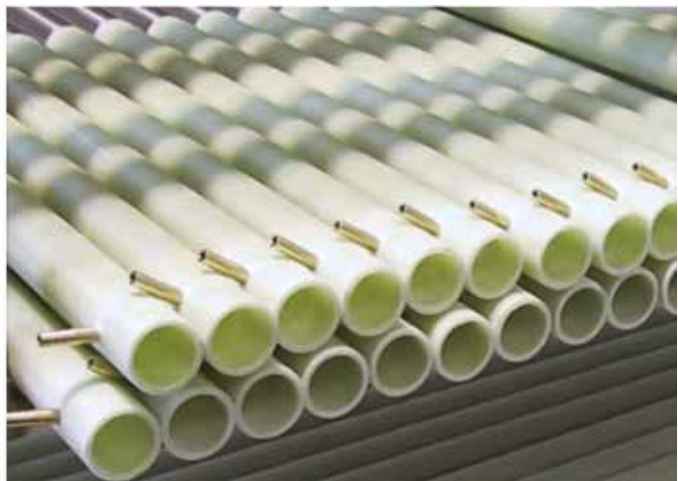
Periaate:

- menetelmällä rajoitetut käyttömahdollisuudet eri muotoihin
- menetelmässä kelataan hartsilla kostutettua lasikuitulankaa tietyssä kulmassa pyörivän muotin päälle



Lähde: [20]

Esimerkki:



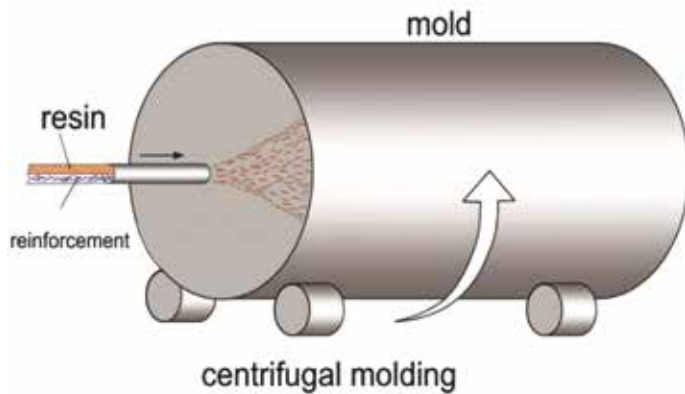
Lähde: [21]

Keskipakovalu

Periaate:

- Prosessissa valmistetaan onttoja kappaleita siten, että vahvikkeet ja hartsit asetetaan muotin sisällä pyörimään suurella nopeudella.

Esimerkki:



Lähde: [23], Lähde: [22]

Tutki 7:

Tutustu keskipakovaluun ja kuitukelaukseen, vastaa alla olevien kysymyksiin.

Mitä?

Missä kohdin menetelmät eroavat toisistaan?

Anna yksi tai useampi esimerkki kaupallisista muodoista, joiden valmistuksessa voidaan käyttää näitä prosesseja?

Vastaus:

Yhteistä näillä menetelmillä, kuitukelaus ja keskipakovalu on:

Edut → työvoimatarve pieni (mecanizing) erittäin suurikokoiset kappaleet, hyvät mekaanisen kestävyuden omaavat kappaleet.

Haittoja → vain pyöritettävät muodot melko suuret laiteinvestoinnit.

Eroja näillä menetelmillä, kuitukelaus ja keskipakovalu on: käyttöpinnat (vain 1 kuitukelauksessa ja 2 pintaa keskipakovalussa).

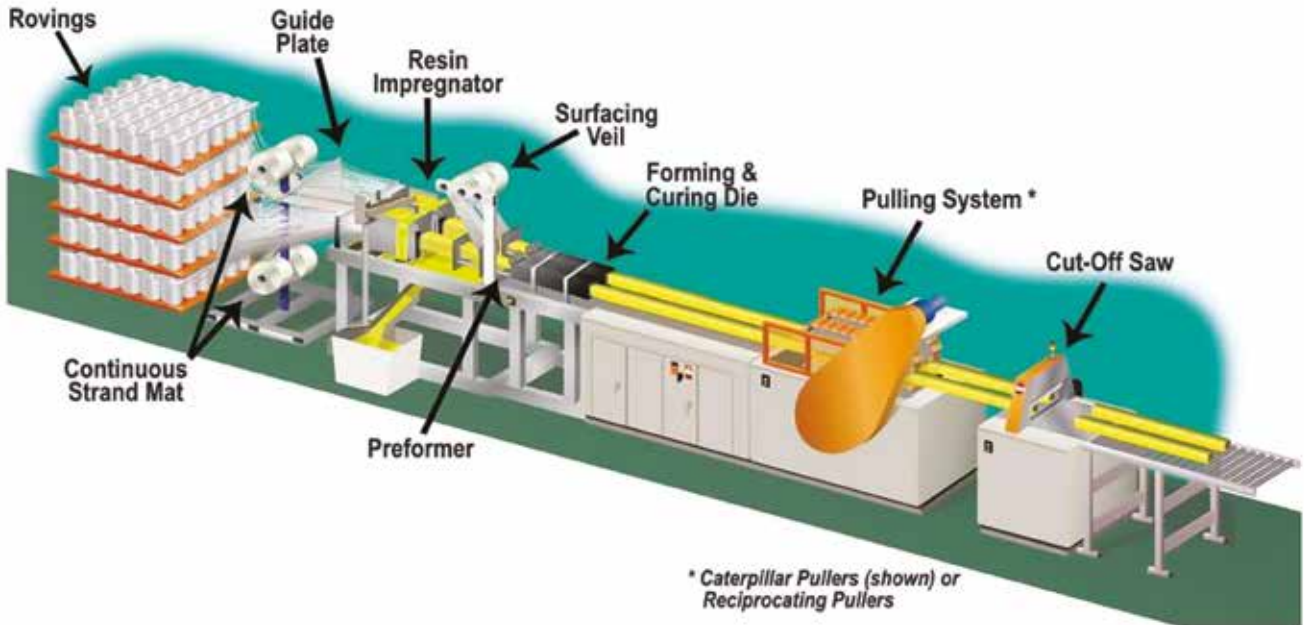
Käytetään kaupallisia vahvikkeita:

kuitukelaus → jatkuvat langat tai nauhat keskipakovalu → matto, kangas tai rakenteita (jos $\Phi_{int} < 500 \text{ mm}$) tai muottiin paikalla leikattu rovinki (jos $\Phi_{int} > 500 \text{ mm}$)

Pultrusio

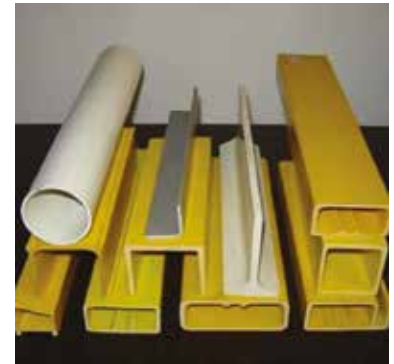
Periaate:

- Prosessi on tarkoitettu monimutkaisten kiinteiden tai onttojen profiilien jatkuvatoimiseen tuotantoon
- Prosessi koostuu tuotantolinjan päässä sijaitsevasta vetopenkistä, josta vetämällä päättymätöntä, hartsilla kostutettua vahviketta, sille annetaan haluttu muoto kuljettamalla se lämmitetyn suuttimen läpi hartsin kovettamiseksi.



Lähde: [24]

Esimerkki:



Erlaisia profileja, lähde: [25]

3. Komposiittikappaleiden virheitä

Komposiittimateriaaleja voidaan valmistaa käyttämällä prosesseissa erilaisia komposiittiyhdistelmiä. Prosesseissa voi syntyä vikoja, jotka aiheutuvat prosessointiparametreista (lämpötila, paine, tyhjiö...) tai käytetyistä materiaaleista (ainesosat ja valutusvaihe) tai niiden yhdistelmästä. Näiden vikojen esiintyminen ja niiden vaikutus valmistettujen osien mekaniisiin ominaisuuksiin on suuri ongelma, jolla on vaikutuksia asiakkaiden vaatimuksiin. Tässä esitetään havaittuja virheitä, niiden syitä ja mahdolliset korjaustoimenpiteet.

Matriisiin ja lisäaineisiin liittyvät virheet

Virhe	Kuvaus	Aiheuttaja	Korjaavat toimet
Sävyero	Sävy erilainen kuin sovittu: joko verrattuna standardikappaleeseen tai sävyn epähomogeenisuus	<ul style="list-style-type: none"> • huono esivalmistelu (ei gelcoatia) • aminokiihdyttimien käyttö • paikallinen eksotermisuus 	<ul style="list-style-type: none"> • seosten huolellinen valmistus • pienempi aminokiihdyttimien määrä
Valkoiset	Valkeat jäljet tuotteen pinnalla	vahvikkeessa, täyteaineessa tai hartsissa ollut kosteus	<ul style="list-style-type: none"> • eri ainesosien höyrytys • varastointi hyvissä kosteusolosuhteissa
		täyteaineiden suodatus	täyteaineiden raekoko

Vahvikkeisiin liittyvät virheet

Virhe	Kuvaus	Aiheuttaja	Korjaavat toimet
Vääristymät	Useita taittumia, halkeamia, raitoja muovatun osan pinnalla	Pintavahvikkeiden siirtyminen	vahvikkeiden peittäminen <ul style="list-style-type: none"> • ompele, liimaa tai nido taitokset
Paikalliset kuituylimäärät	Kuitujen kertyminen pinnalle tai läpikuultavuus	Vahvikkeiden huono sijoittelu tai siirtyminen muottia suljettaessa	vahvikkeiden sijainti (saumat ja vahvikkeiden päällekkäisyys)
Näkyvät kuidut	Yksittäiset tai useat kuidut näkyvät kohokuviona tai muovattavan esineen pinnalla	Vaihtoehtoinen menetelmä (ilman gelcoatia)	<ul style="list-style-type: none"> • gelgoatin käyttö • pintakalvon käyttö

Pinnan laatuun liittyvät virheet

Virhe	Kuvaus	Aiheuttaja	Korjaavat toimet
Reikä	pieni reikä valetun esineen pinnalla, poikkileikkaukseltaan pyöreä noin 1/10 mm	eksotermisyys	katalyyttisysteemin käyttö
		ilmataskuja materiaalin ja muotin välillä	<ul style="list-style-type: none"> vahvikkeiden sijoittelun muutos tyhjiöjärjestelmän tarkistus
		isot partikkelit	lisäaineiden tarkistus
Halkeamat	halkeilu vain valetun osan pintakerroksessa	liian eksotermien, erityisesti ruiskutusnesteessä	<ul style="list-style-type: none"> katalyyttisysteemin käyttö työkalujen lämpötilan säätö
		muotista poisto väärä	<ul style="list-style-type: none"> muotista poistoon huomio lisää täyteaineiden määrää käytä taipuisaa hartsia
Palojälki	paikallisia pintakerroksen murtumia irrotettaessa	puutteellinen suunnittelu, toteutus tai valmistelu	muovaustyökalujen huolellinen valmistelu
Halkeamat	osien paksuusero on lähtökohta rikkoutumiselle	liika eksotermisyys	katalyyttisysteemin käyttö
		lämpöshokki	asetusparametrien tarkistus
		märkä runko	vahvikkeen höyrytys
		Ilmavälin epäsäännöllisyys	työkalujen korjaus
Kappaleen	paksuusvaihtelut kappaleessa	lämpöolosuhteet (valussa, muotista irrotuksessa ja jäähtymyksessä)	massan lämpöolosuhteet homogeeniset koko paksuudessa
		materiaalin hitaan siirtymisen aiheuttamat huokoisuudet	materiaaliin kohdistuva mekaaninen kuormitus on homogeeninen ja tasainen
		vahvikkeen jakautuminen ja orientoituminen	kuituverkon jakautuminen ja suunta muotoilun aikana

Huokoisuus ja delaminoituminen

Virhe	Kuvaus	Aiheuttaja	Korjaavat toimet
Huokoisuus	Pinnan huokoisuus (joka voi aiheuttaa suuria vikoja valuun) ja sisäiset huokoisuudet erotetaan toisistaan	<ul style="list-style-type: none"> Lämpötila (jos T nousee, huokoisuus laskee) Paine (jos p ei riitä, huokoisuus) 	Tarkista säätöparametrit (lämpötila, paine, tyhjiö)
		Ruiskutusjärjestelmä huono	Työvälineiden muutos
		Huono alipainetaso muotin sisällä (vuotoja tai alipainepumppujen huono säätö)	<ul style="list-style-type: none"> Tarkista muotin tiiviys Mukauta alipainetaso osan kokoon ja muotoon
Delaminaatio	Koheesio kerrosten välillä tai matriisien ja vahvisteiden välillä	Ennenaikainen purku	<ul style="list-style-type: none"> Tarkastele purkuaikoja Tarkista työolot Säädä muotin lämpötila

Puutteet kuitujen tai matriisin jakautumisessa

Virhe	Kuvaus	Aiheuttaja	Korjaavat toimet
Kuivat alueet	Riittämättömästi kyllästetyt alueet	Liian vähän hartsia	Lisää sekoitetta
		Huono materiaalin läpäisy	Lisää tyhjiön imua
		Katalysoidun hartsin ennenaikainen geeliytyminen	<ul style="list-style-type: none"> Tarkista katalyyttijärjestelmä Säädä työkalun lämpötila
Rakkulat	Rakenteet, joiden muoto ja paksuus vaihtelevat	Huono hartsin juoksevuus	<ul style="list-style-type: none"> Muuta suojausta tai vahvistusten järjestelyä Progressiivisempi tyhjiöveto

Vieraat esineet tai likaiset työvälineet

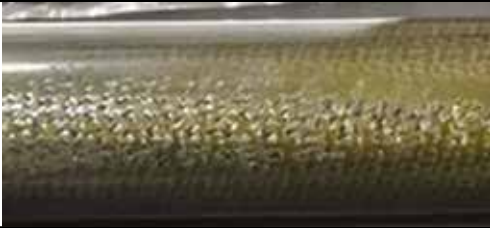
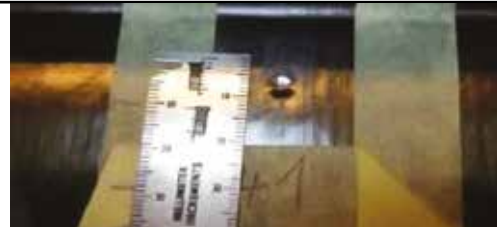
Virhe	Kuvaus	Aiheuttaja	Korjaavat toimet
Mattaisuus	Kappaleen paikallinen kiillon häiriö	Työkalun likaantuminen	Työkalun puhdistus
		Sopimaton tai väärin käytetty irrotusaine	Tarkista irrotusaineen valinta tai käyttötekniikka
		Työkalujen ikääntyminen	Kunnosta työkalun pinta
Rakeisuus	Pieni kova, vaihtelevan muotoinen ulkonema osan pinnalla	Työkalujen kiinnitys	Korjaa työkalun pinnan olotila

Viat paineen tai lämmön aiheuttamina

Virhe	Kuvaus	Aiheuttaja	Korjaavat toimet
Murtuminen	Valmistetun kappaleen vauriot	Liiallinen lämpötila	<ul style="list-style-type: none"> Alenna lämpötilaa Tarkista lämpötila-asetusten tarkkuus
		Liiallinen pitoaika	Optimoi prosessi
		Lämmitysjärjestelmä liian heikko	Lisää lämmitystehoa tai lisää lämmitysvyöhykkeitä, jos mahdollista
		Liikaa ilmaa jäljellä muotissa	Tarkista tiiveys
Ilmakuplat ja kutistumat	Kutistumat ovat muodonmuutoksia, jotka ilmenevät reunoilla tai yleisemmin paksuuden vaihdella	Riittämätön paine jäähdytyksen aikana	Paineen lisäys
		Liialliset purseet	Tarkista muotin tiiveys
		Liian nopea jäähdytys	Säädä jäähdytysnopeus
		Paine ei pysy jäähdytysjakson aikana	Pidä paine

Tutki 8:

Määritä alla olevissa kuvissa näkyvät komposiittiosien tärkeimmät viat.

**Pinnan huokoisuus****Paksuusvaihtelua****Kuiva alue****Kuitujen epätasaisuus****Delaminoitumista****Hartsiylimäärää****Vieras partikkeli, lika****Työkalu likainen**

Tutki 9:

Mitä vikoja voi syntyä taulukossa luetelluissa komposiittien valmistusmenetelmissä?

MENETELMÄ	VIKA
Käsinlaminointi	1- Hartsiyylimäärä
	2- Pinnan huokoisuus
	3- paljaita kuituja
Ruiskulaminointi	1- Kuitukasaumia paikallisesti
	2- Halkeamia
	3- Reikiä
Alipaineinjektio (alipaineinjektio)	1- Kuiva alue, hartsi ei ole kostuttanut
	2- Halkeamia
	3- Ilmataskuja
Puristusmenetelmä (ahtopuristus)	1- Paksuuerot
	2- Hajoamista
	3- Mattaisuutta
Autoklaavikövetus (säkitys)	1- Delaminaatiota
	2- Lokeamia
	3- Huokoisuutta
Paineinjektio RTM	1- Kuitujen epätasaista jakautumista
	2- Sävyeroja
	3- Rakeisuutta

IV Terveys, turvallisuus ja ympäristö valmistuksen aikana

Komposiittiteollisuuden prosesseihin liittyy vaaroja. Tuotanto perustuu kemiaan. On tärkeä tuntea käytettäviin ainesosiin liittyvät turvallisuustiedot.

Aineisiin liittyviä riskejä voi esiintyä kaikissa komposiittien tuotantovaiheissa ja ne voivat olla luonteeltaan kohtalokkaita. Sanotaan, ettei koskaan voi olla liian varovainen ja että on erittäin suositeltavaa tai jopa pakollista käyttää turvallisuuteen liittyviä toimia. Opastus ja henkilösuojaimet on oltava käyttäjien saatavilla.

Tavarantoimittajien on merkittävä kemialliset aineet ja tuotteet asianmukaisin vaaraa aiheuttavin merkinnöin ja toimitettava käyttäjille käyttöturvallisuustiedotteet.

1. Vaaran aiheutuminen

Henkilölle vaaraa voi aiheutua kolmella tavalla:

- hengityksen kautta
- suun kautta
- ihokosketuksessa

Tutki 1:	Lajittele vaarojen syihin seuraavat:
Tuotteiden käsittely ilman suojavaatetusta	Osaamaton työ
Elintarvikkeiden nauttiminen työpaikalla	Riittämätön ilmanvaihto
Jätteiden saastuttama ympäristö	Ihon puhdistus liuottimilla
Riittämätön hygienia	

Hengitys: Insufficient ventilation flow not adapted machining and done carelessly





Nieleminen: Consumption of food at the work place bad body care.



Ihokosketus: Manipulation of products without protection clothes skin cleansing with solvents environment polluted with waste.

2. Henkilösuojaimet /Personal Protective Equipment (PPE)

Niitä on lukuisia ja hyvin erilaisia. Ne suojaavat tutkitusti tehokkaasti.

Tutki 2:	Täydennä suojainten merkitykset:
-----------------	----------------------------------

Suojain	Tehtävä
<p data-bbox="161 264 823 320">Suojakäsineet</p> 	<p data-bbox="847 293 1501 371">They must resist to solvents and cover the wrists.</p> <p data-bbox="847 383 1501 461">For the composites machining, canvas or aramide safety gloves are recommended.</p> <p data-bbox="847 461 1501 618">For the draping of preimpregnated composite fibers (Prepeg), cotton gloves provide appropriate protection from contact with resins.</p>
<p data-bbox="161 678 823 734">Kasvosuojat</p> 	<p data-bbox="847 707 1501 831">Paper dust masks must be used only for pulverized loads handling or for the machining of composites that generates dust.</p> <p data-bbox="847 831 1501 999">The operators on workplaces where emanation of solvents is significant must be equipped with cartridge masks specific to the emanated solvents.</p>
<p data-bbox="161 1055 823 1111">Suojalasit</p> 	<p data-bbox="847 1133 1501 1301">Wearing safety glasses is compulsory on the machining workplace. They must be equipped with lateral protections and allow a maximum vision.</p>
<p data-bbox="161 1408 823 1464">Turvajalkineet</p> 	<p data-bbox="847 1570 1501 1626">Compulsory protection of the feet.</p>

Suojavaatetus	 <p data-bbox="767 297 1433 465">They are recommended for the machining operations, gelcoating or painting. Paper suits are more adapted because they are disposable.</p>
Kuulosuoja	 <p data-bbox="767 696 1433 824">Recommended in a noisy environment, it must reduce noise in a significant manner in order to be efficient.</p>

3. Työskentelyalueen suojaus/ Collective Protective Equipment (CPE)

Tärkeimmät komposiittimateriaalien käsittelyyn liittyvät terveyst- ja turvallisuussäännöt koskevat:

Laite	Huomioitavaa
Poistoilmajärjestelmä / Suction system	Kaikkialla, jossa syntyy liuotin- ja pölypäästöjä
Koneet / Machines tools	Ainoastaan kannettavat pneumaattiset koneet ovat sallittuja työskentelyalueella
Sähkölaitteet	Pistorasioissa on oltava suojakannet
	Rajoita pistokkeiden määrää 380 V:ssa
	Sähkölaitteiden (valaistus, lämmitys jne.) on oltava räjähdysuojatut.
Työasemat	Koneistusasemien turvallisuus on varmistettava (häätäpysäytyspainike, 2-käden käynnistys, suojakannet jne.)
Materiaalin varastointi	Vaarallisten materiaalien (asetoni, orgaaniset peroksidit jne.) varastointi työskentelyalueella on kielletty. Säilytä näitä materiaaleja hyvin ilmastoidussa tilassa, valolta suojattuna ja korkeintaan 20 ° C:n lämpötilassa

Tutki 3:	Määritä edellisellä sivulla olevaa taulukkoa seuraamalla komposiittimateriaalien valmistukseen liittyvien tärkeimpien terveys- ja turvallisuusmääräysten soveltamisen perusteita:
-----------------	---

Poistojärjestelmät

→ Reduction of the concentration of solvents in the air (less than 50 parts per million or 275 mg/m³)

Konetyökalut

→ Avoid the production of sparks or electric arc that could generate an incipient fire or an explosion depending on the concentration of solvents in the air.

Sähkölaitteet

→ Protection against a potential electric shock.

Koneistusasemat → Ensure a good protection of the operators against particular risks (electric, finger cuts, dust, burns)

Materiaalin varastointi

→ Estä räjähdys (jos katalyytti ja kiihdytin samassa tilassa). Vähennä haihtuvien orgaanisten yhdisteiden pääsyä (styreeni, asetoni, ...).

Kappale 4: Käytännön tehtäviä

(käytössä olevan laitteiston mukaan)

I Muottipinnan valmistelu

Välineet: henkilösuojaimet, tarvikkeet, irrotusaine

Tavoitteet: työtilan puhtaus, valun vaiheet, muotin puhdistus ja valmistelu

Tehtävä: Miksi väärin valmisteltu muotin pinta voi aiheuttaa virheitä valmistetun kappaleen ulkonäköön?

Valmisteluvaiheet voidaan yksinkertaisimmillaan jakaa kolmeen osaan: Muotti, materiaali ja välineet.

1. Muotti

Muotin valmistelu on toteutettava erittäin huolellisesti, jotta valmis kappale olisi koko pinta-alaltaan mukava ja helppo irrottaa.

MENETELMÄ	MUOTTI
Käsinlaminointi Ruiskutus Injektio	<ul style="list-style-type: none"> Valetun kappaleen pinnan ulkonäkö riippuu muotin pinnan kunnosta Muotit käsitellään irrotusaineella, jolloin niitä voidaan käyttää yli kymmenen kertaa ilman mitään muita toimenpiteitä. Kevyt kiillotus ja uusi käsittely ovat välttämättömiä muovatun osan helpon irrotuksen ja hyvän ulkonäön varmistamiseksi.
Siirto-/ahtopuristus	<ul style="list-style-type: none"> Oikea muotti, jonka kunto on hyväksytty työkaluosastolla, sijoitetaan ja kiinnitetään puristimille. Työntölaite on kiinnitetty välilevyihin tai poistosylintereihin.







Harjoitus 1:

Yhdistä eri menetelmiin käytetty irrotusaine:

Vaha	1.	2.	Puristus HT HP
Polyvinyylialkoholi	2.	3.	Käärintä
Polyteenikalvo	3.	1.	Käsinlaminointi

Harjoitus 2:

Mihin kuvissa olevia aineita käytetään:

		
PMEC Katalyytti	Asetoni	Vinyliesteriharts
		
Epoksi	Gelcoat	Kiihdytin

Lähteet: [1-6]

2. Laitteet

Työntekijän on tarkistettava, että tarvittavat laitteet ovat saatavilla jokaiselle komposiittivalmistusprosessille ennen siirtymistä tuotantovaiheeseen.

MENETELMÄ	LAITE
Käsinlaminointi	<ul style="list-style-type: none"> • Vaaka • Annosteluvälineet (pipetit ja astiat) • Hartsille astia • Sakset vahvikkeiden leikkaamiseen • Geelikerroksen annostelumateriaali: harja, paineilma-maalipistooli tai erityinen ruisku geelipinnoitteelle • Kyllästysmateriaali: uurretut rullat tai tuulettimet
Ruiskutus	<ul style="list-style-type: none"> • Projisointikone koostuu yleensä: <ul style="list-style-type: none"> - Paineilmakäyttöinen lasileikkuri - Hartsin syöttöön pneumaattinen pumppu ruiskupistooli, joka varmistaa toisaalta kiihdytetyn hartsin ja toisaalta katalysaattorin annostelun - Liuotinsyöttö pistoolin puhdistamiseksi ruiskutuksen jälkeen • Projisointikoneen käyttö edellyttää paineilman syöttämistä tietyn virtausnopeuden varmistamiseksi vakio paineessa. • Muiden laitteiden ohella käsityökalut.

Injektio	<ul style="list-style-type: none"> Alipainepumppu, jolla on riittävä kapasiteetti (noin 3 m3) puskuripullo samanaikaisesti useiden muottien syöttämiseen sekä ohjausmittareihin. Tarvikkeet vahvikkeiden leikkaamiseen, hartsien ja lisäaineiden annosteluun ja sekoittamiseen, muottien käsittelyyn ja kappaleen viimeistelyyn.
Puristusmenetelmä	<ul style="list-style-type: none"> Tarvittaessa lämmitin Sekoittamiseen: vaaka, käsineet, paineilmapuhallin Valmistus- ja valvontadokumentit työskentelyn avuksi

Harjoitus 3:

Tavoitteena on valmistaa veneen runko injektioprosessilla. Täytä seuraava taulukko työpaikan valmisteluvaiheesta (muotti, laitteet, materiaalit) käyttäen alla olevia käsitteitä:

Sakset, P MEC-katalyytti, karnaubavaha, kangas, maalipistooli, vaaka, hartsipurkki, tyydyttymätön polyesterihartsi, asteikollinen pipetti, gelcoat, tela, tyhjiöpussi, huokosten täyteaine, mikrorei'itetty kalvo, imeytysverkko, karhennuskangas, eristysnauha, väriaine, letku, spiraalivaippa, lasikuitukangas, tyhjiöpumppu, hartsiansa, puhdistusaine.

Muotti	Materiaali	Laitteet
Carnauba wax Cloth Pore fillers Cleaning agent	P MEC catalyst Unsaturated polyester resin Gelcoat Dye Twill glass fabric	Cissors Spray gun Scale Resin pot Graduated pipette Debubbler Sealing putty Feedig tube Spiral tub Vaccum pump Resin trap Vaccum bagging tarp Microperforated film Drain grate Delamination fabric

3. Sähkö- ja hydraulikkaliitännät

MENETELMÄ	SÄHKÖ- TAI HYDRAULIIKKAYHTEET
Puristusmenetelmä	<ul style="list-style-type: none"> • Lokeron lämmitys → Varmista, että eristyslevyt on poistettu • Nestelämmitys → Liitä alueet määritettyihin öljylämmittimiin • Integroitu lämmitys → Vastukset on kytketty rinnakkain tai sarjaan. Tarkistaa jokaisen lämmityselementin kunto ohmimittarilla • Mittapää on asetettu → Varmista, että kotelon pohjassa on oikea alue ja poikkeama pyrometrin neulan nousevista asteista. Tarkista, että eristyslevyt ovat paikoillaan.



Harjoitus 4:


Veneen rungon valmistus injektio menetelmällä.

1. Täydennä seuravilal sivuilla oleva taulukko.

2. Mitkä ovat seuraukset, jos irrotusainetta ei käytetä? (vaihe 2)?

3. Täytä tekninen protokolla käytetty aika kaikkiin vaiheisiin.

Vaihe	Menetelmä	Tarvikkeet
1. Muotin puhdistus	Poista pöly muotista liinalla ja paineilmapistoolilla. Levitä puhdistusainetta, jos muotin pinnalla on jäämiä	<ul style="list-style-type: none"> - Cloth - Blow gun - Cleaning agent
2. Muotin vahaus ja kiillotus	<div style="text-align: center;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Apply a wax layer with a regular thickness using the small sponge in the box. ▪ Make a circular narrow and circular motion. ▪ Spread the unmoulding material on the complete surface of the mould. ▪ Let dry for 10 minutes <div style="text-align: center;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Polish vigorously with the cloth ▪ Repeat 3 times. 	<ul style="list-style-type: none"> - Lint free cloth - Wax - Sponge

3. Tarkastus	Glue scotch on the waxed surface and check that the tape does not adhere to the prepared surface	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Tape</div>
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">4. Mould masking</div>	Install mould in suction booth. Protect the edges of the mould cavity with strips of tape and paper carefully laid along the edge. 	- Tape

II Alipaineinjektiomenetelmä

Välineet: henkilösuojaimet, tarvikkeet, irrotusaine, tyhjiöpumppu

Tavoitteet: työtilan muotin valmistelu, gelcoatit laitto, vahvikkeiden asettelu ja injektointi

Tehtävä: Miten kappale valmistetaan injektiomenetelmällä?

Infuusioprosessin avulla voidaan valmistaa monimutkaisia, keskikokoisia ja suurikokoisia komposiittikappaleita. Prosessin periaate ja edut selitetään kappaleessa 3. Tämä prosessi on kuvattu yksityiskohteisesti kappaleessa 5.

Harjoitus 1:

Tehtävässä jatketaan edellisestä harjoituksesta ”muottipinnan valmistelu” veneen rungon valmistamiseen injektio menetelmällä. Täydennä taulukko:

Kappale: Veneen runko

1. Kappaleen pinta-alan laskeminen:

Answer: surface = developed length * developed width
Surface = 1,8 * 0,6 = 1,08 m²



2. Ainetilavuus = Surface x Thickness:

Answer: volume = 1,08 * 0,0025 = 0,0027 m³ = 2,7 dm³

Pituus = 1.80 m
 Leveys = 0.60 m
 Paksuus = 2.5 mm



Vaihe	1. Vahaus, kiillotus ja peitto / Waxing, polishing and masking
Tarvittavat aineet ja työkalut	Puhdistusaine Vaha Kangaspala Teippi
Suunniteltu aika	30 min
Käytetty aika	Ohjeistus: noudata saamiasi ohjeita

Vaihe	2. Gelcoat-in laitto
	<ul style="list-style-type: none"> • 0,1 mm riittää 120 g/m² • vähimmäispaksuus 0,4 mm
Tuotteiden ja työkalujen nimet	<ul style="list-style-type: none"> • Gelcoat: GCBLANPIS-5KG • P MEC Katalyytti: CATA5KG • ruisku
Gelcoat- massan laskeminen	<p>Answer: 0,1 mm corresponds to 120 g/m² → 0,4 mm corresponds to 480 g/m². Mass = 480 (g/m²) * 1,08 (m²) = 518,4 g</p> <p>Guidance: A second method for calculating the mass of the gelcoat: mass = gelcoat volume * density of the gelcoat. With: volume of the gelcoat = thickness of the gelcoat * surface of the part.</p>
Työturvallisuus	Tunnista gelcoat-in vaarat, KTT: Tuote on luokiteltu erittäin herkästi syttyväksi.
	▪ Riski
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Potential risk for irritation of the eyes and the skin ▪ Potential risk of harmful effect of poisoning by inhalation
	 
	R 36/38 Irritant for the eyes
	R 20 Harmful by inhalation
R 11 Easily inflammable	
Suunniteltu aika	30 min
Käytetty aika	Ohjeistus: noudata saamiasi ohjeita

Vaihe	3. Vahvikkeiden leikkaus ja asettelu muottiin
Tuotteiden ja työkalujen nimet	1. A fold of complex Rovicore® fabric with a surface mass 1080 g/m ² . Density of the fiber $\rho_{\text{glass}} = 2540 \text{ kg/m}^3$ 2. A fold of Roving® twill fabric with a surface mass 300 g/m ² . Density of the fiber $\rho_{\text{glass}} = 2540 \text{ kg/m}^3$ 3. Scissors
Vahvikkeen määrän laskeminen	1. Tarpeen laskeminen, valmistelu ja asettelu Rovicore® complex -materiaalista <div data-bbox="448 546 1434 611" style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Answer: 1,8 m of length * 0,6 m of width</div> 2. Rovicore-kankaan tilavuuden laskeminen. Muistutus: Volume = mass / density Mass = surface * surface mass <div data-bbox="448 748 1434 898" style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Answer: Rovicore fabric mass = (1,8*0,6) *1080 = 1167 g = 1,167 kg Rovicore fabric volume = 1167 / 2,54 = 459 cm³</div> 3. Ruvinkin, twill-kankaan tarve, valmistelu ja asettelu <div data-bbox="448 983 1434 1048" style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Answer: 1,8 m of legth * 0,6 m of width</div> 4. Roving Twill Volume Calculation Reminder: Volume = mass / density Mass = surface * surface mass <div data-bbox="448 1187 1434 1337" style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Answer: Rovicore fabric mass = (1,8*0,6) *300 = 324 g = 0,324 kg Rovicore fabric volume = 324 / 2,54 = 128 cm³</div>
Suunniteltu aika	30 min
Käytetty aika	Ohjeistus: noudata saamiasi ohjeita

Vaihe	4. Työpisteen ja tarvikkeiden valmistelu
Tuotteiden ja työkalujen nimet	1. Peel Ply (PA 85) 2. Mikro-perforoitu kalvo (PE Splitter Film) 3. Drainage Grid 4. Vacuum bag 5. Butyyliitiiviste (tiivistysmateriaali), spiraalivaippa, yhdysletku tyhjiöön, hartsin annosteluletku, Hartsiansa, T-haaroitin 6. Sakset, kohdistusliima
Määrä- ja/tai massa-laskelmat	1. Calculation of requirement, preparation and installation of the delaminate fabric (peel ply): <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">Answer: 2 m of length * 0,9 m of width</div> 2. Calculation of requirement, preparation and Installation of microperforated film : <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">Answer: 1,8 m of length * 0,6 m of width</div> 3. Calculation of requirement, preparation and installation of drainage grid: <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">Answer: 1,6 m of length * 0,4 m of width</div> 4. Calculation of requirement, preparation and installation of the vacuum bag: Length (3.20 m) × width (1 m) <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">Answer: 3,2 m of length * 1 m of width</div> 5. Calculation of need, preparation and installation of different pipes: ▪ Spiral sheath for vacuum: Length: <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">Answer: a 80 cm long piece for the inside + 5 m for the periphery</div> Vacuum connection hose: <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">Answer: distance required between the vacuum pump and the mould</div>
Suunniteltu aika	30 min
Käytetty aika	Ohjeistus: noudata saamiasi ohjeita

Vaihe	5. Rungon injektio
Tuotteiden ja työkalujen nimet	Hartsi: Chemical name: Unsaturated polyester in solution in styrene Commercial name: NORESTER 822
Määrä- ja/tai massa-laskelmat	UP-hartsin tiheys: $\rho_{\text{hartsi}} = 1100 \text{ kg/m}^3$ hartsin tilavuus = Part volume – Fibre's volume
	Hartsin kokonaistilavuus = $2700 - 459 - 128 = 2113 \text{ cm}^3$
	Hartsin massa = hartsin tilavuus $\times \rho_{\text{resin}}$ Hartsin massa = $2113 * 1,1 = 2324 \text{ g} = 2,324 \text{ kg}$
Työturvallisuus	Tunnista hartsin käyttöturvallisuustiedotteen avulla neljä olennaisinta vaaraa ja niiden seuraukset Answer: <ul style="list-style-type: none"> • The product is a flammable liquid at temperatures over 21°C if it is in contact with a source of ignition. • The product is harmful in case of intense exposure and presents serious risks for health in case of inhalation. In case of eye contact, the product causes important irritation that may last over 24 hours and, in case of skin contact, causes significant inflammation. • The inhalation of highly concentrated vapors may cause a depression of the central nervous system (CNS), resulting in dizziness, feelings of drunkenness, headaches, nausea and a loss of coordination of movements. A prolonged inhalation may cause fainting then death.
Suunniteltu aika	30 min
Käytetty aika	Ohjeistus: noudata saamiasi ohjeita

Vaiheet	6. Irrotus, purseenpoisto ja puhdistus
Tuotteen ja työkalujen nimet	Puhdistusaine, kangaspala, välilevyt, puhallin, timanttilevy
Suunniteltu aika	30 min
Käytetty aika	Ohjeistus: noudata saamiasi ohjeita

Suunniteltu kokonaisaika: 3 h	Toteutunut kokonaisaika:
-------------------------------	--------------------------



FICHE DE DONNÉES DE SÉCURITÉ

1 - IDENTIFICATION DE LA SUBSTANCE/PRÉPARATION ET DE LA SOCIÉTÉ/ENTREPRISE

Identification de la substance ou de la préparation :

- Nom: SUPCOAT
- Code du produit:

Identification de la société/entreprise :

- Raison Sociale: FOURNIER COMPOSITES.
- Adresse: 65, rue du Dauphiné 69800 SAINT PRIEST, France.
- Téléphone: +33 (0)437 85 18 70. Fax: +33 (0)437 85 18 71.
- Email : info@fournier-france.fr
- <http://www.fournier-france.fr>

Numéro de téléphone d'appel d'urgence : +33 (0)1 45 42 59 59.

- Société/Organisme: INRS / ORFILA <http://www.centres-antipoison.net>.

2 - IDENTIFICATION DES DANGERS

- Ce produit est classé: Liquide facilement inflammable.
- Risque d'effets irritants pour les yeux et pour la peau.
- Risque d'effets nocifs avec des symptômes d'intoxication légère par inhalation.

Classement de la Préparation :



Nocif



Facilement inflammable

R 36/38	Irritant pour les yeux et la peau.
R 20	Nocif par inhalation.
R 11	Facilement inflammable.

FICHE DE DONNEES DE SECURITE (selon EC 1907/2006)

RUBRIQUE 1

IDENTIFICATION DU PRODUIT ET DE LA SOCIETE

PRODUIT

Nom du produit: **ANDONOX KP-9**
Utilisation/Usage : **Polymérisation de résines polyester insaturées**

IDENTIFICATION DE LA SOCIETE

Fournisseur: **Syrgis Performance Initiators AB**
Box 26083
SE – 100 41 STOCKHOLM - SWEDEN

N° du fournisseur (standard)
Courriel
N° appel d'urgence

+46 8 545 121 60
Info@fournier-france.fr – <http://www.fournier-france.fr>
ORFILA (France) : +33 1 45 42 59 59

RUBRIQUE 2

IDENTIFICATION DES DANGERS

Principaux dangers :



Comburant



Corrosif

Phrases de risques :

R7 : peut provoquer un incendie
R22 : nocif en cas d'ingestion
R34 : Provoque des brûlures

DANGERS POUR LA SANTE

Nocif par ingestion
Irritant pour les yeux et les voies respiratoires
nocif par ingestion

DANGERS POUR L'ENVIRONNEMENT

Non connus

DANGERS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

Incendie ou explosion : peut provoquer un incendie



Via Bellini, 35 - 20050 Macherio (MI) - ITALY
Tel. +390392072.1 Fax +390392072207



Fiche de Données de Sécurité: SIRESTER EC 0947/AMT/I
28/3/2011, revision 2

1. IDENTIFICATION DE LA SUBSTANCE/PRÉPARATION ET DE LA SOCIÉTÉ

Dénomination commerciale: **SIRESTER EC 0947/AMT/I**
Dénomination chimique: polyester Insaturé en solution dans le Styrène
Type de produit et emploi: Production de plastique renforcée
Fournisseur:

SIR INDUSTRIALE S.p.A.
Via Bellini 35 - 20050 Macherio (MI) - ITALY
Tel. +39 0392072.1 Fax +39 0392072207
MSDS@sirindustriale.com
Numéro de téléphone de la société de consultation en cas d'urgence: +39 03920721

2. IDENTIFICATION DES DANGERS

Le produit est un liquide qui s'enflamme à des températures supérieures à 21°C s'il est en contact avec une source d'ignition. Le produit est nocif en cas d'exposition aiguë et présente des risques graves pour la santé en cas d'inhalation. En cas de contact avec les yeux, le produit provoque des irritations importantes qui peuvent se prolonger pendant plus de 24 heures et, en cas de contact avec la peau, provoque une inflammation considérable. L'inhalation de concentrations élevées en vapeurs peut provoquer une dépression du système nerveux central (SNC), résultant en des étourdissements, des sensations d'ébriété, des céphalées, des nausées et une perte de coordination. Une inhalation poursuivie peut causer un vanouissement et la mort. Des conditions médicales préexistantes du ou des organe(s) ou groupe(s) d'organes suivant(s) peuvent être aggravées par une exposition à ce matériau. Système nerveux central (SNC) Système auditif. Foie. Système respiratoire.

3. COMPOSITION/INFORMATIONS SUR LES COMPOSANTS

Composants dangereux aux termes de la Directive CEE 67/548 et du Règlement relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des préparations, et classification relative :

30% - 50% Styrène
601-026-00-0 CAS: 100-42-5 EC: 202-851-5
Xn,Xi; R10-20-36/38

0.5% - 1% Silice synthétique amorphe
CAS: 112945-52-5 EC: 231-545-4
substance ayant une limite d'exposition professionnelle en vertu des dispositions communautaires

4. PREMIERS SECOURS

En cas de contact avec la peau :

Enlever immédiatement les vêtements contaminés.
Laver immédiatement avec beaucoup d'eau et éventuellement du savon les parties du corps ayant été en contact avec le produit toxique, même en cas de doute.
CONSULTER IMMEDIATEMENT UN MEDECIN.

III Käsinlaminointi/Hand lay-up process

Materiaalit: suojavaatetus, irrotusaine, harja

Tavoitteet: muotin valmistelu, gelcoat-laitto, vahvikemateriaalit ja hartsit

Käsinlaminointi on menetelmä, joka mahdollistaa monimutkaisten komposiittituotteiden valmistamisen, esimerkiksi monimutkainen muoto ja keskisuuri tai suuri koko. Prosessin periaate ja komposiittikappaleen erilaiset valmistusvaiheet selitetään kappaleessa 3. Tämän prosessin menetelmä on kuvattu yksityiskohtaisesti kappaleessa 5

Harjoitus 1:

Altaan valmistus käsinlaminoidulla.

Pinnan ala A = 0,16 m²

Pinnan ala B = 0,38 m²

Kappaleen paksuus = 1,5 mm



Laske altaan pinta-ala

$$\begin{aligned} \text{Vastaus: pinta} &= \text{alueen B pinta} + (2 \times \text{alueen A pinta}) \\ &= 0,38 + (2 \times 0,16) = 0,5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Laske altaan tilavuus

Kappaleen tilavuus = kappaleen pinnat × kappaleen paksuus:

$$\text{Vastaus: tilavuus} = 0,5 \times 0,0015 = 0,00075 \text{ m}^3 = 750 \text{ cm}^3$$

Täydennä taulukko

Vaihe	1. Puhdistus
Tuotteiden ja työkalujen nimet	Puhdistusaine, vaha, kangas, teippi
Suunniteltu aika	30 min
Käytetty aika	Ohjeistus: noudata saamiasi ohjeita

Vaihe	2. Gelcoat-in aplikointi
	<ul style="list-style-type: none"> 0,1 mm kulutus vastaa 120g/m² vaadittu vähimmäispaksuus: 0,4 mm
Tuotteiden ja työkalujen nimet	<ul style="list-style-type: none"> Gelcoat : GCBLANPIN-5KG Katalyytti P MEC : CATA5KG Harja
Gelcoat-massan laskeminen	<p>Vastaus: 0,1 mm vastaa to 120 g/m² → 0,4 mm vastaa 480 g/m². Massa = 480 (g/m²) * 0,5 (m²) = 240 g Opastus : toinen tapa laskea gelcoat-in massa: massa = gelcoat-in tilavuus × gelcoat-in tiheys</p>
Suunniteltu aika	30 min
Käytetty aika	Ohjeistus: noudata saamiasi ohjeita

Vaihe	3. Vahvikemateriaalin leikkaaminen
Tuotteiden ja työkalujen nimet	<ul style="list-style-type: none"> kolme kerrosta katkokuitumattoa, jonka pinta-alaan massa 450 g/m². kankaan tiheys: ρ = 2540 kg/m³ sakset
Määrä- ja /tai massalaskut	<p>Maton laskettu tarve, itse tuote ja valmistelu:</p> <p>Opastus: Voi käyttää apuna paperia haettaessa muotin muoto maton leikkaamista varten. Kukin kerros, leikkaa 3 palaa (1 pala B muotoon ja 2 A muotoon).</p> <p>Maton kokonaistilavuuden laskeminen. Muistutus: tilavuus = massa / tiheys Massa = pinta-ala x pinnan massa</p> <p>Vastaus: Maton massa = 3 × 0,5 × 450 = 675 g = 0,675 kg Maton tilavuus = 675 / 2,54 = 265,74 cm³</p>
Suunniteltu aika	30 min
Käytetty aika	Ohjeistus: noudata saamiasi ohjeita

Vaihe	4. Hartsin ja vahvikkeen aplikointi
Tuotteiden ja työkalujen nimet	Hartsi: Kemiallinen koostumus: tyydyttämätön polyesteri styreeniliuottimessa Kaupallinen nimi: RPOLYSTER-25KG
Määrä- ja /tai massalaskut	Hartsi UP tiheys: $\rho_{\text{hartsi}} = 1100 \text{ kg/m}^3$ Hartsin tilavuus= kappaleen tilavuus – kuitujen tilavuus hartsin kokonaistarve =
	$750 - 265,74 = 484,26 \text{ cm}^3$
	Hartsin massa= hartsin kokonaistilavuus $\times \rho_{\text{resin}}$ Hartsin massa =
	$484,26 \times 1,1 = 532,68 \text{ g}$
	Levitä hartsi ja kolme mattokerrosta, kuten esitetty kappaleessa 5.
Suunniteltu aika	30 min
Käytetty aika	Ohjeistus: noudata saamiasi ohjeita

Vaihe	5. Irrotus, purseen poisto ja puhdistus
Tuotteiden ja työkalujen nimet	Cleaning agent; cloth; shims; air blower; diamond disc.
Suunniteltu aika	30 min
Käytetty aika	Ohjeistus: noudata saamiasi ohjeita

Suunniteltu kokonaisaika: 2 h 30 min	Toteutunut kokonaisaika:
--------------------------------------	--------------------------

Kappale 5: Teoriaa

I Muottipinnan valmistelu

a. Poista pöly muotista rätillä ja puhaltimella.

b. Rasvan poisto muotista puhdistusaineella (esimerkki: metanoli):

- Levitä koko muottiin paksulla liinalla tai pienellä, hyvin kastetulla harjalla, anna vaikuttaa ja hiero likaa. Hävitä likaantunut rätti
- Muotin puhdistaminen tapahtuu toistamalla tämä toimenpide puhtaalla liinalla niin monta kertaa kuin on tarpeen

Lähde: [1]



Täytä mikrohalkeamat (metalli- tai komposiittimuottien tapauksessa) huokostäyteaineella suojaamalla muotin pintaa ja valmistelemalla se irrotusaineen levitykseen:

- Märkä puuvillakangas
- Levitä yksi tai kaksi kerrosta huokostäytettä pyörivällä liikkeellä ja pyyhi välittömästi kuivalla puuvillaliinalla
- Toista toisella kuivalla puuvillakankaalla, jotta muottiin tulee hyvä kiilto
- Odota 15 - 30 minuuttia, huoneenlämpö, jokaisen kerroksen välillä ja anna polymeroitua 30-60 min viimeisen kerroksen jälkeen ennen irrotusaineen levittämistä
- Jos jälkiä on jäljellä koko pinnan kiillotuksen jälkeen, laita huokosainekerros jälkien päälle ja kiillota voimakkaasti ja pyyhi sitten toisella kuivalla liinalla.

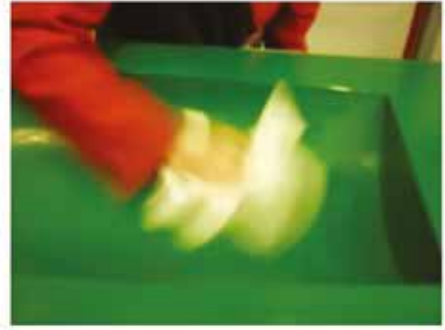


Lähde: [1]

II Irrotusaineen laitto

1. Vahat/ Paste waxes

1. Levitä tasainen vahakerros sienellä. Tukeva ja säännöllinen pyöreä liike. Levitä irrotusaine koko muotin pinnalle.
2. Odota kiinnittymistä (noin 5-10 min)
3. Pyyhi pehmeällä liinalla ylimääräisen vaha pois, jotta saadaan sileä, kiiltävä ja tasainen pinta.
4. Toista toimenpiteet (a, b, c) kolme kertaa ensimmäisten kolmen kappaleen kohdalla. Sitten vähintään 1 kerta jokaiselle valukappaleelle.



Parempi laittaa kolme ohutta kuin yksi paksu kerros!

Lähde: Rock West composites: <https://www.rockwestcomposites.com/mold-release-wax>

2. Nestemäinen irrotusaine polyvinyylialkoholi PVA

1. On suositeltavaa ruiskuttaa nestemäinen irrotusaine (paine 5-6 bar ja ruiskutusetäisyys 30-40 cm). Sieni tai harja ovat aina mahdollisia käyttää.
2. Muotin pinta on ensin vahattava ja kiillotettava silikonittomalla vahalla
3. Ohut kerros PVA:a levitetään riipeästi suorituksena yhtenäisen kalvon 50 - 150 µm saamiseksi
4. Anna PVA:n kuivua kokonaan, ennen kuin aloitat geelipinnoitteen tai hartsin levittämisen

Ohjeet:

Kun levität PVA:a ole varovainen, ettet jätä irrotusaineella kuvioita muotin pintaan, koska se aiheuttaisi heijastumisena pinnan viimeistelyssä, se myös johtaisi vaihteluun muotin viimeistelyssä.

Ruiskutuspuistooli voidaan pestä käytön jälkeen vedellä ja huuhdella liuottimella jäännösveden poistamiseksi.



Lähde: [3]

3. Puolipysyvä irrotusaine/Semi-permanent release agent

1. Varmista ennen levittämistä, ettei muotissa ole pölyä.
2. Levitä huoneenlämmössä kuitukankaalla tai 100% puuvillakankaalla
3. Levitä ohut, tasainen kerros pintaan 0,3 - 0,8 m². Märkään kerrokseen ei saa jäädä jälkiä tai pisaroita.
4. Kun puolipysyvä alkaa haihtua (3-15 s), kiillota pinta ja kiiltää puhtaalla liinalla. Tämä tehdään kolmessa vaiheessa:
 - Pyyhi pinta kerran muotin reunasta sisäänpäin
 - Purista kangas kuivaksi
 - Kiillota pinta uudelleen pyörivin liikkein. Älä paina, jos haluat kiiltävän lopputuloksen
5. Jos jälkiä on jäljellä koko pinnan kiillotuksen jälkeen, hankaa kerros puolikiinteäksi ja kiillota voimakkaasti ja pyyhi sitten toisella kuivalla liinalla.
6. Minimikuivausaika on 1 tunti, ennen kuin aloitat valun.















Lähde: [1,4]





III Muotin tarkastus ja valmistelu

1. Liimaa teippi käsitellylle pinnalle ja tarkista, ettei teippi tartu valmisteltuun pintaan
2. Asenna muotti imuastiaan. Suojaa reunat teipillä ja paperilla.






IV Käsinlaminointimenetelmä (komposiittiastian valmistus)

Vaihe	Valokuva	Työstövaihe	Huomioita
1. Muotin valmistelu		Muotin puhdistus	Tämä vaihe on erityisen tärkeä laadun tekemiseen, poista kaikki epäpuhtaudet.
		Application of release agent and gloss	A wax is applied to prevent the piece to stick on the mould
		Application of the tape around the edge of the mould	This allows to have edges well bounded and clean after applying the gel coat.
2. Vahvikkeiden valmistelu		Cut the folds (woven fabrics or matt) with scissors on a cutting table	The folds have the dimensions of the desired part
3. Laskut		<ul style="list-style-type: none"> Laske gelcoatın määrä ja valmistele gelcoat + katalyytin seos Katalyytin määrä on 1 - 3% hartsin massasta. 	
4. Gelcoatın levitys		Apply a 0.4 to 0.6 mm gel coat layer to the mould using a brush (or spray gun).	Making passages in one direction and then in the other makes it possible to plug the asperities left by the brush in the opposite direction of work.
5. Teipin poisto		Carefully remove the tape strips. Be careful not to tear the gel coat	This will allow regular edges after polymerisation of the gel coat








6. Polymeeroituminen		Wait 35 min, until the part is polymerised	Touch the gel coat in an invisible corner of the piece, if the latter does not stick to the finger, then the polymerisation is complete
7. Ensimmäinen hartsikerros		Using the brush, apply a layer of resin on the complete surface of the mould	This will allow the first folds to absorb resin
8. Impregnoituminen		Aseta kangas oikein välttämällä liikaa paksuutta. Tarvittaessa kankaat voivat olla päällekkäisiä, mutta ei saa syntyä paksuusvaihtelua	An extra-thickness from the beginning will result in too much difference in thickness on the finished part. If we just put the fabric side by side, we risk weakening the stiffness in this area.
		Levitä hartsia harjaamalla kevyin vedoin niin että kangas kostuu hyvin	Ylimääräinen hartsia ei ole ongelma, koska seuraava kerros absorboi sen yhtenäiseen rajaan.
9. Ilman poisto		Käytä rullarissaa ilman poistoon, liikuta pinnalla keskeltä reunoille	All the fibers must be impregnated and the air must be completely removed from the fiber.
10. Toistaminen	Toista impregnoitua ja ilman poistoa niin monta kertaa että koko kangas tulee peitettyksi		
11. Polymeeroituminen		Wait 4h until the part is polymerised	Verify the polymerisation is over by touching a non-visible corner of the part


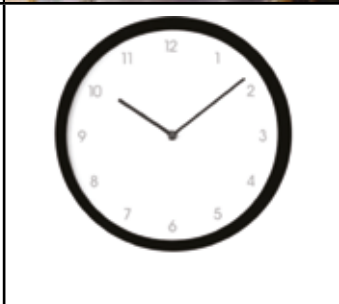
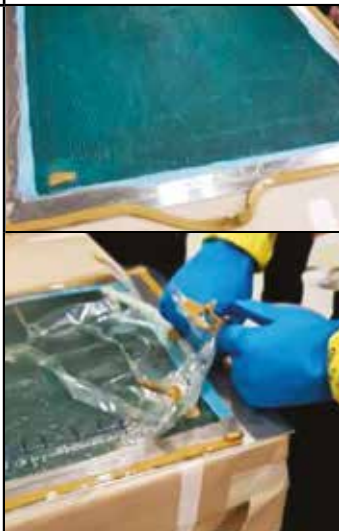



12. Muotista irrotus		<p>There are several solutions depending on the part:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ With a blow gun between the mould and the part to peel of the piece ▪ With shims, place the shims between the mould and the part and tap gently with a hammer to take off the assembly ▪ If necessary, combine these two techniques 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Depending on the geometry of the mould, it is often difficult to demould the part. To do this, ask for help from a colleague to blow and pull the part at the same time. ▪ Care must be taken not to damage the mould otherwise additional repair will be required
13. Jäysteiden poisto	 	<p>Cut-out preparation: Draw lines for cutting with a square and a ruler</p> <p>Cut the piece with a grinder</p>	<p>Cut one of the edges straight that will be useful in order to draw the other lines with the square</p> <p>Compulsory wearing of PPE with dust mask</p>
14. Muotin puhdistus		<p>Using a cloth and cleaning agent, remove impurities from the mould</p>	<p>Tässä vaiheessa on välttämätöntä saada pois kaikki hartsijäämät</p>

V Injektiomenetelmä (komposiittitason valmistus ilman gelcoatia)







Vaihe	Valokuva	Työstövaihe	Huomioita
1. Muotin valmistelu		Cleaning of the mould	Tässä vaiheessa poistetaan kaikki epäpuhtaudet ja pöly
		Place the putty outside the area to be waxed	Tämä vaihe määrittää kumpi puoli valitaan etupuoleksi
		Application of release agent and gloss	A wax is applied to prevent the part from sticking to the mould. It takes 10 minutes to allow the solvent to evaporate
2. Aineiden ja tarvikkeiden käsittely		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cut the folds (woven fabrics or mast) with scissors on a cutting table 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ The folds have the dimensions of the desired part. ▪ Glue the fabrics so that the folds do not slip relative to each other during the installation of consumables and the installation of the vacuum bag.
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Position the folds on the mould. Put some INFUTAC glue between each fold to position the fabrics well 	




2. Aineiden ja tarvikkeiden käsittely




	<p>Install a spiral sheath along the opposite sides of the mould. These two spiral sheaths are each connected to a hose with a T-fitting</p>	
	<p>Leikkaa ja asettele kuorikerros</p>	<p>Tiivistys materiaali mitat reunan rajaaman ulomman osan mukaan</p>
	<p>Leikkaa ja asettele mikroperferoitu kangas</p>	<p>Mikroperferoitu kangas on olennainen ylimääräisen hartsin ja ilmakuplien poistamiseksi</p>
	<p>Cut and lay the infusion mesh</p>	<p>This fabric is essential to facilitate impregnation of reinforcements with resin</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Leikkaa alipainepussi levyä suuremmalle pinnalle (1,5 kertaa suurempi kuin muotin ulkoreunat) 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Aseta tyhjiöpussi tiivistysmateriaalille, käytä taitoksia (korvat, nipistimet) • T-liittimen läpikulku (poraus keskelle välipohjaa, jotta massa pääsee kulkemaan) • T-liittimen tiivistys (tiivistysmateriaalin asettaminen T-liittimeen) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ompeleita käytetään varmistamaan pussin toimivuus tyhjiöhetkellä • Tämä T-liitin syöttää hartsia muottiin • Tiivistysmateriaali varmistaa eri elementtien tiivistämisen
		
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cut out and install a hose with a length equal to the distance between the vacuum pump and the Tfitting ▪ Cut and lay a hose with a length equal to the distance between the resin pot and the T-fitting 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Insertion of a tap in the middle of the different lengths (closed) ▪ The hose ensures uniform diffusion of the resin as well as suction





<p>3. Infuusio</p>		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Start the vacuum pump (vacuum between -0.5 and - 0.9 bar) ▪ Dip the hose into the resin pot and open the tap 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Opening the vacuum valve to check the seal of the mould before infusion ▪ The hose must always be immersed in the resin
<p>4. Polymeeroituminen</p>		<p>Wait 4h until the part is polymerised</p>	<p>Check that the polymerisation is complete: the resin in the pipes must be completely hardened</p>
<p>5. Muotista irrotus</p>		<p>Poista yhteen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • tyhjiöpussi • irrota kuorikerros • irrota tiivistysmateriaali muotista (auta lastalla) 	<p>All the consumables must be thrown away in the regular bin</p>
<p>6. Jäysteiden poisto</p>		<p>Cut-out preparation: Draw lines for cutting with a square and a ruler</p>	<p>Cut one of the straight edges that will be used to draw the other lines with the square</p>
<p>6. Jäysteiden poisto</p>		<p>Cut the piece with a grinder</p>	<p>Compulsory wearing of PPE with dust mask</p>
<p>7. Muotin puhdistus</p>		<p>Using a cloth and cleaning agent, remove impurities from the mould</p>	<p>This step is necessary to remove any resin residue on the mould</p>

VI Paineinjektio /RTM light process (suihkuammeen valmistus)

Vaihe	Valokuva	Työstövaihe	Huomioita
1. Muotin valmistelu		Muotin puhdistus	Tämä vaihe on tarpeen edellisen tuotannon jäännösten ja pölyn poistamiseksi
		Irrotusaineen levitys ja vahaus: Levitä sienellä tasainen vahakerros	Vaha levitetään estämään kappaleen tarttumista muottiin
			
	 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Auto-control: stick the tape on the waxed part and verify that the tape is not sticking to the prepared surface ▪ Mould Masking: Install the mould in the suction booth. Protect the edges of the mould footprint with tape strips placed carefully along the edge 	This allows to have delimited and clean edges after application of gel coat
2. Vahvikkeen valmistus		Cut the folds (woven fabrics or matt) with scissors on a cutting table	The folds have the dimensions of the desired part

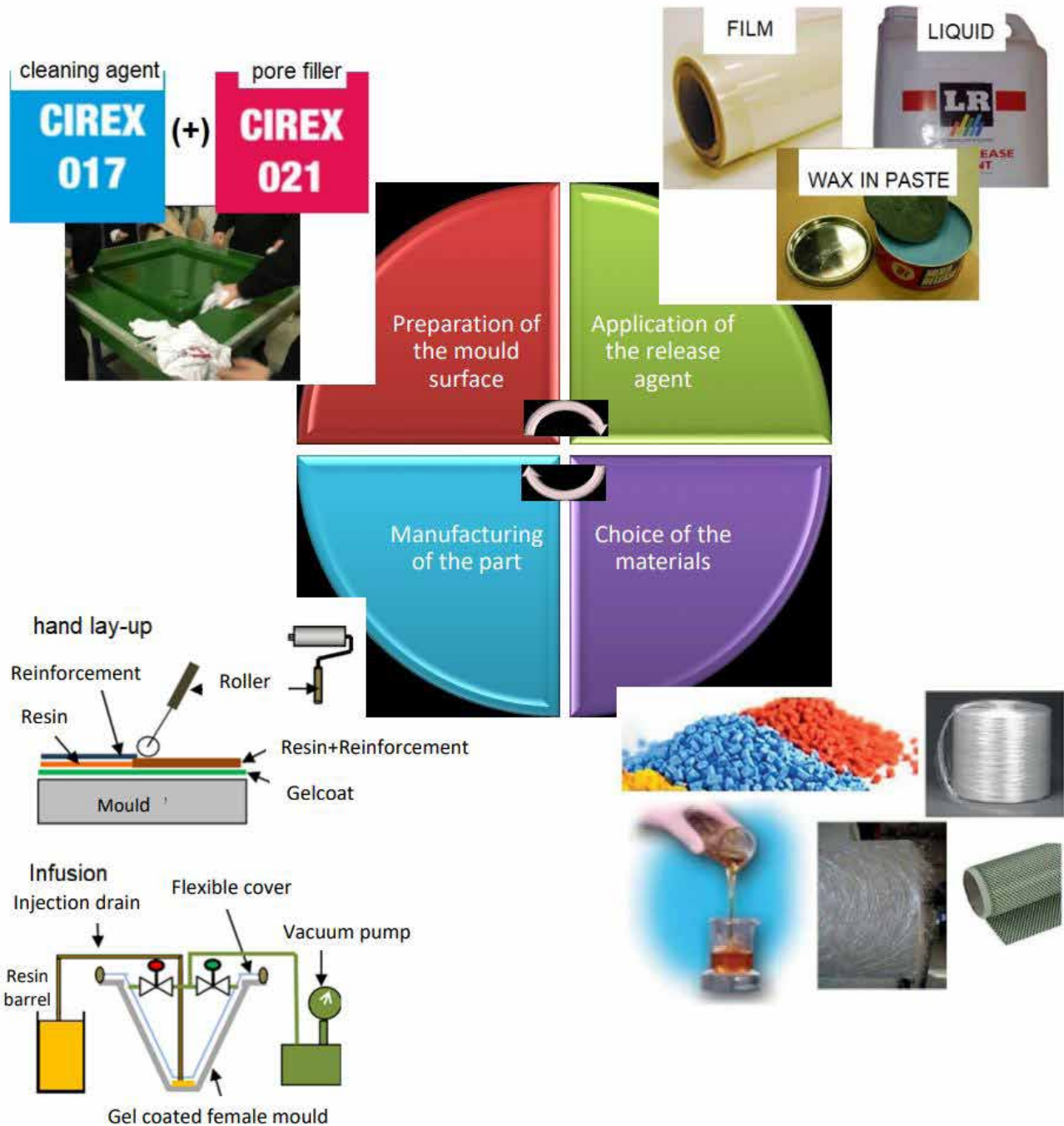
3. Laskut	<ul style="list-style-type: none"> Laske gelcoat-määrä ja valmistele gelcoat + katalyytin seos Katalyytin määrä on 1 - 3 % hartsin massasta. 	
4. Gelcoat laitto	 <ul style="list-style-type: none"> Levitä muottiin 0,4–0,6 mm:n geelikerroskerros harjalla (tai ruiskupistoolilla) Muista levittää gelcoat tasaisesti välttämättä erityisen paksuutta Mittaa kerrostunut paksuus paksuusmittarilla 	Harjaa yhteen suuntaan ja sitten toiseen, jotta harjan jättämä karheus saadaan työnnettyksi vastakkaiseen suuntaan
5. Teipin irrotus	 <p>Carefully peel off the strips of tape so as not to smudge on the technical range of the mould</p>	This will allow to have regular edges after polymerisation of the gel coat
6. Polymeeroituminen	 <p>Odota 35 min kunnes kappale on polymeeroitunut</p>	Kosketa geelikerrosta kohdassa, joka ei tule näkymään tuotteessa, jos aine ei tartu sormeen, polymerointi on valmis

<p>7. Levitä vahvikkeet</p>		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Place the cut-out on the mould. Avoid overlapping. Cut into the folds ▪ Carefully cut the fabric on the edges of the mould 	<p>Apply the fabric well in the corners. Use a mould release chock to allow the fabric to fit the mould shape</p>
<p>8. Muotti ja vastamuotti</p>		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Install the counter mould on the mould, taking care not to move the reinforcing fabric. ▪ Mount the resin trap on the counter mould, not forgetting to wax it. 	<p>Hartsiloukku estää hartsin pääsyn tyhjiöpumppuun</p>
<p>9. Muotin sulkeminen tyhjiökierrolla</p>		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Connect the closing vacuum to the counter mould ▪ Apply a vacuum of -900 mbars to ensure the closure of the mould ▪ Make sure the counter mould adheres well to the mould. 	<p>The counter-mould must remain stuck on the mould while lifting the assembly</p>

<p>10. Hartsin valmistelu</p>	<ul style="list-style-type: none"> Laske hartsitarve painon mukaan (hartsin massa lasketaan kappaletilavuuden, raudoitustilavuuden ja hartsin tiheyden perusteella) Aseta hartsi kattilaan ja punnitse laskettu määrä Sekoita hartsi katalyytin kanssa (1-3 % hartsimassasta)
<p>11. Tuotannon käynnistäminen</p>	<div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="flex: 2;"> <ul style="list-style-type: none"> Liitä hartsisyöttöletkun toinen puoli (kuvassa nro 1) hartsiloukkuun. Liitä toinen puoli -500 mbar: n alipainepumpun liittimeen Liitä hartsisyöttöletku (# 2 kuvassa) vastamuottiin. Aseta toinen puoli hartsi + katalyyttiseosta sisältävään ämpäriin seoksen imemisen aloittamiseksi ja varmista sitten vahvikkeiden kyllästys Odota 1–30 minuuttia, ennen kuin pysäytät alipainepumpun ja pidä alipaine vielä 2 tuntia </div> <div style="flex: 1; padding-left: 10px;"> <p>Varmista tiiveys hartsin syöttöputken ja hartsin imuputken välillä kittipastalla</p> </div> </div>
<p>12. Polymeroituminen</p>	<div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="flex: 2;"> <p>Wait 4 h, until the piece is polymerised</p> </div> <div style="flex: 1; padding-left: 10px;"> <p>Tarkista, että polymeroituminen on päättynyt: näet, jos hartsi on täysin kovettunut putkessa</p> </div> </div>
<p>13. Muotista irrotus</p>	<div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="flex: 2;"> <ul style="list-style-type: none"> Nosta vastamuotti. Kierrä hartsiloukun yhde auki vastamuotista. Puhalla paineilmapistoolilla avoimesta reiästä. Käytä (tarvittaessa) irrotettavia säätölevyjä varoen vahingoittamasta tiivistettä. </div> <div style="flex: 1; padding-left: 10px;"> <p>Unmould the part by using the shims and drilling a hole in the shower bin bung using a wood screw. Blow air through this hole.</p> </div> </div>
<p>14. Muotin puhdistus</p>	<div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="flex: 2;"> <p>Using a cloth and cleaning agent, remove impurities from the mould</p> </div> <div style="flex: 1; padding-left: 10px;"> <p>Tässä vaiheessa muotista poistetaan kaikki hartsijäämät.</p> </div> </div>

Kappale 6: Muistilista

Muovikomposiittiosien valmistukseen kuuluu useita eri vaiheita:



I Terveys, turvallisuus, ympäristö

TERVEYS TURVALLISUUS YMPÄRISTÖ (HSE) asiat on esitetty kappaleessa kolme. Tavoitteena on lisätä tietoisuutta mahdollisista haitoista tai riskeistä, jotka hyvällä osaamisella voidaan usein välttää. Kyse on yksinkertaisten ja tehokkaiden suojauskeinojen tunnistamisesta ja käytöstä.

II Muottipinnan valmistelu

Muotin pinnan on oltava puhdas myös aikaisemmista irrotusaineista ja muista pintakäsittelytuotteista.

Puhdistusaine (erittäin aktiivinen liuotin) levitetään muottiin polymeeroituneiden hartsien liuottamiseksi ja muotin rasvan poistamiseksi ennen irrotusaineen levittämistä.

Jos pinnalla on huokoisuutta tai mikrohalkeamia, tulisi harkita huokostäytteen käyttöä muotin maksimaaliseen suojaukseen ja irrotusaineen suorituskyvyn parantamiseksi.

III Irrotusaineen laitto

Irrotusaine helpottaa komposiittikappaleen muotista irrottamista, mahdollistaa suuren määrän muotin käyttöä ilman että kappaleeseen jää jälkiä. Irrotusaine on levitettävä muottiin kankaalla, harjalla, ruis-kulla tai millä tahansa muulla järjestelmällä.

Irrotusaineille on tunnusomaista olomuoto: vaha, neste tai kalvo.

Irrotusaineen valinnassa tulisi ottaa huomioon useita tekijöitä, kuten yhteensopivuus käytetyn hartsin kanssa, halutun pinnan ulkonäkö ja laatu, muovauslämpötila ja muovaustuki.

IV Tarkastus ja peittäminen

Lähtökohtaisesti tarkastus on tärkeä vaihe tuotannon valmisteluvaiheessa. Siihen kuuluu valmistetun pinnan kunnon tarkistaminen ennen geelipinnoitteen ja hartsin levittämistä. Kun muotin pinta on tarkistettu, tehdään viimeinen valmisteluvaihe, varovasti peittäminen kalvolla sen reunoille asetettavilla tiivistysnauhoilla suojaamaan ja tiivistämään muotin reunoja.

V Materiaalien valinta

Yleisesti ottaen komposiittimateriaali koostuu kahdesta päämateriaalista: matriisista ja vahvikkeesta, joihin liittyy erilaisia lisäaineita.

Matriisi voi olla kahta eri tyyppiä: kestumuovit (polyamidi, polykarbonaatti, polyeteeni jne.) tai kertamuovi (tyydyttämätön polyesteri, epoksi, vinyyliesteri jne.). Sen tehtävänä on sitoa rakenne, antaa kappaleelle muoto ja välittää kuitujen ominaisuuksia.

Vahvikkeet ovat eri materiaaleista (lasi, hiili, aramidi tms.) olevia kudoksia, non-woven rakenteita tai kuituja. Ne tukevat, muodostavat kappaleeseen luurangon ja myötävaikuttavat sen mekaaniseen kestävyteen yli 80%.

Lisäaineet ovat välttämättömiä hartsien (kiihdyttimet, katalyytit jne.) polymerointiin, tiettyjen parametrien muuttamiseksi (viskositeetin lisääminen, tiheyden pienentäminen jne.) tai erityisominaisuuksien (palokäyttäytyminen, ikääntymisen kestävyys, värjäytyminen jne.)

VI Kappaleen valmistus

Komposiittituote voidaan valmistaa monilla eri prosesseilla. Menetelmät luokitellaan yleensä valmistettävien sarjojen, valmistettävien osien mittojen tai muodon mukaan. Voidaan erotella:







- 3D valetut muodot, ilman puristimia yhdellä muotilla (käsinlaminointi, ruiskulaminointi, alipaineinjektio autoklaavissa jne.)
- 3D valetut muodot kahdella muotilla (paineinjektio (RTM), matalapaine puristus, korkeapainepuristus, reaktioruiskuvalu (RIM), kestopuovien HT ruiskuvalu, jne.)
- profiloidut muodot tai pitkät tuotteet (jatkuva kerrostaminen, suulakeveto (pultruusio), jne.)
- Vapaat muodot (keskipakovalu, kuitukelaus, jne.)

Komposiittimateriaalien valmistuksen eri menetelmien avulla voidaan toteuttaa suunnittelun edellyttämät kriteerit: muoto, koko, mekaaniset ominaisuudet, ulkonäkö, sarja, läpimenoaika, jne.







Kappale 7: Harjoituksia

(voidaan käyttää myös arvioinnissa)

1. Tunnista seuraavat pakolliset henkilösuojausmerkit

		
Compulsory eye protection	Compulsory foot protection	Compulsory hand protection
		
Compulsory respiratory tract protection	Compulsory body protection	Compulsory auditory protection

2. Tunnista seuraavat turvamerkkit (työsuojelu.fi):

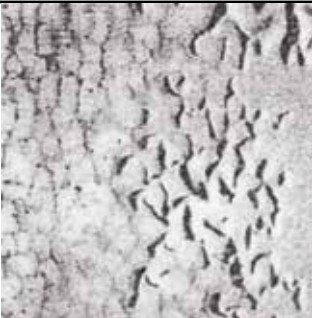
		
Danger corrosive	Danger toxic	Danger flammable material
		
Danger high voltage	Danger low temperature	Danger trip hazard

3. Merkitse toimintajärjestykseen (1 to 6) muottiin liittyvät toimet komposiittituotteen valmistuksen yhteydessä:

Huokoisen täyteaineen annostelu	2	/6
Automaattinen tarkastus tehty	5	/6
Muotin kiillotus	4	/6
Muotin valmistelu	6	/6
Vahaus on suoritettu	3	/6
Muottiin on laitettu puhdistusaine	1	/6

4. Yritys päättää valmistaa veneen rungot yhdelle asiakkaalle

	Milloin käyttäjä voisi valmistaa muotin teknisen alueen voidakseen sijoittaa vahvikkeet?
a.	Vastaus: Kun muotin gelcoat-levitysvaihe on saatu päätökseen, käyttäjä voi alkaa työstää muotin teknisen alueen.
	Mitä henkilösuojaimia käyttäjän tulisi käyttää muotin valmistusvaiheen ja gelcoat-levityksen suorittamiseksi?
b.	Vastaus: Suojapuku – käsineet – lasit – hengityssuoja – turvakengät
	Olettaen, että käyttäjä on sekoittanut 5 % katalyyttiä gelcoatiin, mitä vikoja voi ilmetä kappaleeseen?
c.	Vastaus: Yleensä katalyyttiä tarvitaan 1 - 3 % hartsin määrästä. Ylimäärä voi aiheuttaa:



"Elefantin nahka"



Mikrohuokosia
tai neulan jälkiä



Halkeamia

- d. Työtilan lämpötila on 27 °C. Kuinka suuri prosenttimäärä katalyyttiä on suositeltava tässä tapauksessa?

Muistutus: Katalyytin määrän vaihteluväli on 1 - 3 %.

Answer: The catalyst allows to trigger the polymerization reaction. The colder it is, more it is necessary to increase the quantity of catalyst mixed with the resin. For a 27°C temperature, 1% of catalyst could be sufficient.

5. Mitkä ovat Euroopassa kolme eniten käytettyä komposiittituotteiden valmistusmenetelmää?

Answer:

1. Injection of reinforced thermoplastics TPR
2. Compression HP HT
3. Hand lay-up

6. 6. Millä perusteella menetelmä valitaan (5 tekijää)?

Answer:

1. The specification of the part (mechanical, chemical, thermal, electric strength, surface finish, shape, dimensions,...)
2. The type of material (Quality and form)
3. The series to be manufactured (Production rate)
4. The technicality of the part (Large diffusion, high performance)
5. The investments
6. Reduction of VOCs and production waste
7. The typologu of the part (Functions integration)

7. Täydennä taulukko:	
Menetelmä	INJEKTIO
Laitteet	Toiminta
Karhennuskangas /Peel-ply	Avoids adhesion between the laminate and the different consumables
Tyhjiökalvo	Varmistaa tyhjiön
Spiraalivaippa/Spiral sheath	Allows an homogenous supply of resin
Mikroperforoitu kangas	Exhaust air bubbles and ensure a good impregnation of the reinforcements with resin.
Infusion mesh	Mahdollistaa vahvikkeiden kostutuksen hartsilla
Butyl joint (Mastic)	Varmistaa tiiviyn muotin ja alipainepussin välillä
Hartsirintama tai -loukku /Resin trap	Allows to trap the excess of resin and avoid resin to reach the vacuum pump.

8. Muotti on valmisteltu komposiittituotteen valmistukseen. Siinä on käytetty irrotusaineena polyvinyylialkoholia. Tuotteen valmistukseen tarvitaan tuotetiedot:

a.	Mitkä ovat tämän tuotteen käyttöön liittyvät henkilöriskit?
b.	Mitä hygieniatoimenpiteitä tulee noudattaa työtilassa työn aikana ja sen jälkeen?
c.	Tunnista henkilösuojaimet ja ympäristöltä vaadittavat tekijät maksimaalisen turvallisuuden saavuttamiseksi työpaikalla?
d.	Miten tulee toimia, jos tuotetta on nieltä tai joutunut silmiin tai syttynyt tuleen?



SAFETY DATA SHEET

PVA MOULD RELEASE AGENT

1. IDENTIFICATION OF THE SUBSTANCE / PREPARATION AND THE COMPANY

1.1 Product name	PVA Mould Release Agent
1.2 Identified Use	As a mould release/parting agent for use when fabricating mouldings in composites layups.
1.3 Company	Easy Composites Ltd Unit 39 Park Hall Business Village Longton, Stoke-on-Trent ST3 5XA United Kingdom
Email	sales@easycomposites.co.uk
1.4 Telephone	+44 (0)1782 454499

2. HAZARDS IDENTIFICATION

2.1. Classification of the substance or mixture

Classification - EC Asp. Tox. 1, Flam. Liq. 2, Eye Irrit. 2
1272/2008

2.2. Label elements

Hazard pictograms



Signal Word

Danger

Hazard Phrases

Highly flammable liquid and vapour.

Causes serious eye irritation.

May be fatal if swallowed and enters airways.

Repeated exposure may cause skin dryness or cracking.

Precautionary Phrases

Wear protective gloves/protective clothing/eye protection/face protection.

Store in a well-ventilated place. Keep cool.

Keep container tightly closed.

Keep away from heat/sparks/open flames/hot surfaces. – No smoking.

In case of fire: Use dry powder or alcohol resistant foam for extinction.

IF IN EYES: Rinse cautiously with water for several minutes. Remove contact lenses, if present and easy to do. Continue rinsing.

IF SWALLOWED: Immediately call a POISON CENTER or doctor/physician.

Do NOT induce vomiting.

Dispose of contents/container to an authorised waste collection point

3. COMPOSITION / INFORMATION ON INGREDIENTS

3.1. Substances	Conc.	CAS No.	EC No.	CAS Symbols/Risk phrases
propan-2-ol; isopropyl alcohol; isopropanol	30 - 40%	67-63-0	200-661-7	Categories: Eye Irrit. 2, STOT SE 3 Symbols: GHS02;GHS07;F; Xi R/H Phrases: H225;H319;H336;R11;R36;R67

4. FIRST AID MEASURES

4.1 Description of first aid measures

If On Skin (Or Hair) Remove/Take off immediately all contaminated clothing. Rinse skin with water/shower.

If In Eyes Rinse cautiously with water for several minutes. Remove contact lenses, if present and easy to do. Continue rinsing. Get medical advice/attention.

If Swallowed Immediately call a POISON CENTER or doctor/physician. Do NOT induce vomiting.

4.3 Indication of any immediate medical attention and special treatment needed

Immediately call a POISON CENTER or doctor/physician.

5. FIRE FIGHTING MEASURES

5.1 Extinguishing media In case of fire use water spray or fog, alcohol resistant foam, dry chemical or carbon dioxide

5.2 Special hazards Vapours are heavier than air and may travel considerable distances to a source of ignition and flashback. Flammable and Irritant. Vapours may ignite

5.3 Advice for Firefighters Fight fire with normal precautions from a reasonable distance. Keep container(s) exposed to fire cool, by spraying with water

6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

6.1 Personal precautions Follow the manufacturer's recommended procedures for the decontamination of the area affected by the spillage. Vapours are heavier than air and may travel considerable distances to a source of ignition and flashback. Wear protective clothing as per section 8.

6.2 Environmental precautions Avoid release to the environment. Refer to special instructions/Safety data sheets
- Contain spillage by any means possible
- Stop leak if safe to do so.

6.3. Methods and material for containment and cleaning up Absorb spillage in inert material and shovel up. Do not absorb spillage in sawdust or other combustible material. Remove contaminated material to safe location for subsequent disposal. Ventilate the area and wash spill site after material pick-up is complete.

7. HANDLING AND STORAGE

7.1. Precautions for safe handling Keep away from heat/sparks/open flames/hot surfaces. No smoking. Ground/bond container and receiving equipment. Use explosion-proof electrical/ventilating/lighting. Use only non-sparking tools. Take precautionary measures against static discharge. Wash hands thoroughly after handling. Wear protective gloves/protective clothing/eye protection/face protection. Dispose of contents/container to disposal contractor.

7.2. Conditions for safe storage, including any incompatibilities Keep container tightly closed. Ground/bond container and receiving equipment. Use explosion-proof electrical/ventilating/lighting. Store in a well-ventilated place. Keep cool. Store locked up.

8. EXPOSURE CONTROLS / PERSONAL PROTECTION

8.1 Control parameters

OES / LTEL	500 mg/m ³
OES / STEL	625 mg/m ³
DNEL (dermal)	888 mg/kg
DNEL (inhalational)	500 mg/m ³

8.2 Exposure controls

Wear protective gloves/protective clothing/eye protection/face protection.

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

9.1. Information on basic physical and chemical properties

Appearance	Colourless, Liquid, viscous
Colour	Blue
Odour	Alcohol odour
Boiling Point	82
Flash point	22
Density	Density 0.96 g/cm ³
Vapour Density	(air = 1) 2.1
Viscosity	35 - 40 secs Ford Cup 4 @ 20
VOC Content	35%

10. STABILITY AND REACTIVITY

10.1. Reactivity	This article is considered stable under normal conditions
10.2. Chemical stability	Considered stable under normal conditions
10.3. Possibility of hazardous reactions	No hazardous reactions known if used for its intended purpose. Vapours may ignite
10.4. Conditions to avoid	Keep away from strong oxidizing substances. Keep away from heat and sources of ignition
10.5. Incompatible materials	Incompatible with oxidizing substances.
10.6. Hazardous decomposition	Decomposition products may include carbon oxides. Decomposition products may include toxic and irritant fumes

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

11.1. Information on toxicological effects

General information	No information available but must be considered harmful
Eye contact	Irritancy (eye, human) - irritant
Skin contact	Can cause damage to the skin. Can cause damage to the digestive system. Can cause damage to the respiratory system

12. ECOLOGICAL INFORMATION

General information	On available data, substance is not harmful to the environment. Large or frequent spills into the Environment may cause damage.
12.1 Toxicity	No information available
12.2. Persistence and degradability	No information available
12.3. Bioaccumulative potential	Bioaccumulation is insignificant
12.4. Mobility in soil	miscible with water
12.5. Results of PBT and vPvB assessment	Not a PBT according to REACH Annex XIII
12.6. Other adverse effects	Toxic to sewage works organisms

13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

13.1 Waste Treatment Methods	Dispose of contents/container to authorised disposal contractor
------------------------------	---

14. TRANSPORT INFORMATION

14.1. UN number	1263
14.2. UN proper shipping name	PAINT OR PAINT RELATED MATERIAL (CONTAINS ISOPROPANOL)
14.3. Transport class	Hazard Class 3
14.4. Packing group	II
14.5. Environmental hazards	On available data, substance is not harmful to the environment
14.6. Special precautions for user	Transport Regulations apply as indicated in previous section
14.7. Transport in bulk according to Annex II of MARPOL 73/78 and the IBC Code	Not applicable

15. REGULATORY INFORMATION

15.1. Safety, health and environmental regulations/legislation specific for the substance or mixture	
Regulations	This Safety Data Sheet is provided in compliance with the EC Directive 1907/2006-453/2010
15.2. Chemical safety assessment	A REACH chemical safety assessment has not been carried out

16. OTHER INFORMATION

Text of Risk Phrases	H225 Highly flammable liquid and vapour. H319 Causes serious eye irritation. H336 May cause drowsiness or dizziness. R11 Highly Flammable. R36 Irritating to eyes. R67 Vapours may cause drowsiness and dizziness.
Further information	The information supplied in this Safety Data Sheet is designed only as guidance for the safe use, storage and handling of the product. This information is correct to the best of our knowledge and belief at the date of publication however no guarantee is made to its accuracy. This information relates only to the specific material designated and may not be valid for such material used in combination with any other materials or in any other process.

LÄHDEMATERIAALI

Kappale 1

- [1] Nantong Mach's company: <http://fr.frp-rejillas.com/frp-profiles/fiberglass-pultruded-profiles.html>
- [2] Plasticon composite: <http://www.plasticoncomposites.com/index.php>
- [3] FMC « Florian Madec Composites »: <http://www.fmc-composites.com/pre-impregne>
- [4] ampcomposite « Le composite au service des professionnels et particuliers »: <https://www.amp-composite.com/amp-composite/nos-activites/nautisme/>

Kappale 2

- [1] Senghor, F.D., Identification des propriétés anisotropes des matériaux complexes: application aux matériaux composites stratifiés. PhD thesis, Université Bretagne Loire, France 2017
- [2] Kinvi-Dossou, G.R., Etude de la résistance à l'impact et de l'endommagement des composites stratifiés à matrice Elium acrylique: caractérisation expérimentale et modélisation numérique multi-échelle. PhD thesis, Université de Lorraine, France 2019
- [3] Plastima composite: <https://www.plastima.fr/plastima-composites-moulage-projection-injection-infusion/>

Kappale 3

- [1] CASTRO COMPOSITES: <https://www.castrocompositesshop.com/>
- [2] A. Berthereau E. Dallies. Fibres de verre de renforcement. Techniques de l'ingénieur.
- [3] Rock West composites: <https://www.rockwestcomposites.com/mould-release-wax>
- [4] Special Plasters: <https://specialplasters.co.uk/fibreglass-materials-resins/pva-release-agent.html>
- [5] boesner « Matériel pour Beaux-arts »: <https://www.boesner.fr/sculpture/moulage/outils-et-accessoires-de-moulage/film-terphane-en-feuille-pour-moulage.html>
- [6] Compositec innovation & Compositec formation: www.compositec.com
- [7] YOUTUBE « moulage au contact »: <https://www.youtube.com/watch?v=5j1nOs5AevM>
- [8] ampcomposite « Le composite au service des professionnels et particuliers »: <https://www.amp-composite.com/>
- [9] EPP composites « Spray lay-up Process »: <https://www.eppcomposites.com/spray-layup-process.html>
- [10] ampcomposite « Le composite au service des professionnels et particuliers »: <https://www.amp-composite.com/amp-composite/nos-activites/deco-et-design/>
- [11] FIBREGLAST « Learning Center - Vacuum Infusion - The Equipment & Process of Hartsilnfusion Brochure»: https://www.fibreglast.com/product/vacuum-infusion-Guide/Learning_Center
- [12] ampcomposite « Le composite au service des professionnels et particuliers »: <https://www.amp-composite.com/amp-composite/nos-activites/nautisme/>
- [13] BNT MARINE CRAFT: <https://www.bntmarine.com/service.html#>
- [14] EPP « RTM Process»: <https://www.eppcomposites.com/rtm-process.html>

- [15] FMC « Florian Madec Composites »: <http://www.fmc-composites.com/rtm>
- [16] SMC Mould Solution « ningguang Mould & SMC »: <http://www.smctooling.com/Compression.html>
- [17] Hexcel company: www.hexcel.com & Tecalet Aerospace: www.carbone-forge.com
- [18] Manufacturing Techniques for polymer Matrix Composites (PMCs) « 13- Autoclave processing for composites ». 2012, Pages 414-434: <https://doi.org/10.1533/9780857096258.3.414>
- [19] FMC « Florian Madec Composites »: <http://www.fmc-composites.com/pre-impregne>
- [20] Indiamart. Orthophthalate Polyester Hartsifor Filament Winding: <https://www.indiamart.com/proddetail/orthophthalate-polyester-resin-for-filament-winding-12529859612.html>
- [21] Plasticon composites: <http://www.plasticoncomposites.com/index.php>
- [22] Youtube « Présentation Hermex »: <https://www.youtube.com/watch?v=RehyovPDTy8>
- [23] Hermex company: <http://www.hermex.fr/>
- [24] EPP « Pultrusion Process»: <https://www.eppcomposites.com/pultrusion-process.html>
- [25] Nantong Mach's company: <http://fr.frp-rejillas.com/frp-profiles/fiberglass-pultruded-profiles.html>
- [26] S. Toillon., Expertise de pièces composites – Journée d'information « PLAISANCE » - CESAM, 14 juin 2016, CETIM Nantes

Kappale 4

- [1] mundo-surf « CATALYSEUR PMEC POUR RESINE POLYESTER – 125 ML »: <https://www.mundo-surf.com/fr/additifs-resine-poliester/45-catalyseur-pmec-pour-resine-polyester-125cl-8400000039307.html>
- [2] CMS « Composites Machines Systèmes »: <https://www.cms-france.fr/acetone/188-acetone-24-litres-19kg.html>
- [3] Beyond MaterialsTM « Vinylester Infusion Hartsii»: <https://beyondmaterials.com.au/product/vinylester-infusion-resin/>
- [4] easy composites « IN2 Epoxy Infusion Hartsii 1 kg Pack SLOW »: <https://www.easycomposites.co.uk/#!/resin-gel-silicone-adhesive/epoxy-resin/epoxy-infusion-resin.html>
- [5] iLLSTREET « Orange Tooling Polyester Gelcoat – Quart »: <https://www.carbonfiberglass.com/Resin-Systems/gelcoat-gel-coat-polyester/Orange-Tooling-Gelcoat-Quart.html>
- [6] RM COMPOSITES « Accélérateur »: <https://www.rm-composites.fr/systeme-catalytique/152-accele-rateur.html>

Kappale 5

- [1] airetec « mould release agents & additives »: <http://www.airetec.fr/index.cfm>
- [2] Rock West composites: <https://www.rockwestcomposites.com/mould-release-wax>
- [3] Special Plasters: <https://specialplasters.co.uk/fibreglass-materials-resins/pva-release-agent.html>
- [4] CMS « composites Machines Systèmes »: <https://www.cms-france.fr/15-axel-plastics-demoulants>



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

