

MMAF

**Komposiittimateriaalit
moottoripyörässä**

Matti Tahlo



Komposiittimateriaalit moottoripyörässä

Muovituotteita on ollut saatavissa yleisesti vasta noin viidenkymmenen vuoden ajan. Tässä ajassa niiden käyttö on lisääntynyt valtavasti. Hyvät sinkkiämpärit vaihtuivat muoviksi kopioikseen. Ennen moottoripyörät olivat rautaa ja alumiinia. Kahdeksankymmentäluvulle tultaessa moottoripyörissä alkoi ilmetä runsaammassa määrin muoviosia muuallakin kuin sähkölaitteissa. Alkoi "guttaperkkapyörä" aikakausi ja muotoilijat sekä kaikenkarvaiset designerit hyökkäsivät innolla suunnittelemaan myös moottoripyöriä. Antoihan uusi edullinen materiaali lisää muotoilullista liikkumavaraa ideointiin. Onneksi asiassa on jo järkiinnytty ja joskus jopa käyttöominaisuuksia haitannut ylimuotoilu on väistymässä.

Silti voidaan sanoa hyviäkin sanoja muovin puolesta: sillä voi peittää virheitä, vähentää ilmanvastusta ja sitä kautta parantaa taloudellisuutta keveyden ohella ja suoda rakentelijoille mahdollisuus itseilmaisuuksiin ilman konepajatyövälineiden hankintaa.

Tarkkana hankinnoissa

Useimmat motoristit ovat törmänneet tarvikelikkeissä myytäviin kalliisiin hiilikuidusta valmistettuihin etu- ja takalokareihin tai muihin katteen osiin. Valitettavasti kaikki ei vain ole sitä miltä se näyttää tai mitä sen sanotaan olevan. Joskus se voi olla vain alkuperäisen muoviosan pintaan liimattu kuiturakennetta matkiva tarra, maalaus, värjätty lasikuitua tai näiden yhdistelmiä. Selvitän lyhyesti miten voit olla lähes varma että saat sitä mistä maksat.

Komposiitin olemus

Komposiitteja on monenlaisia. Kaikki tietävät lasikuituisen veneen. Yksinkertaisimmillaan sen rakenne koostuu lujitteesta ja muovista joka sitoo lujitekuidut toisiinsa. Kyse on pohjimmiltaan samasta ilmiöstä kuin silloin kun pitsiliina kastellaan sokeriliemessä ja laitetaan kuivumaan kulhon päälle jolloin se kuivuttuaan ja kovettuttuaan noudattaa annettua muotoa ilman ulkoista tukea. Sekin on siis tavallaan komposiitti. Komposiitissa on siis kaksi tai useampia materiaaleja yhdessä antamassa muodon ja lujuuden.

Kertamuovit ja kestopuovit

Kertamuovien ominaisuuksiin kuuluu että ne ovat enemmän tai vähemmän juoksevassa muodossa huoneenlämmössä ja kovettuvat sopivassa suhteessa aineosia sekoitettaessa kemiallisen prosessin tuloksena ilman ulkoista lämmön lähdettä tai sen avulla. Ulkoista lämpöä voidaan käyttää nopeuttamaan reaktiota.

Kertamuoveista yleisimpiä ovat polyesterit ja epoksit. Tyypillistä niille on että kovettumisprosessin jälkeen ne eivät ole enää muotoiltavissa uudelleen.

Kestomuovit esiintyvät yleensä kiinteässä muodossa mutta pehmenevät lämmössä ja ovat siten muotoiltavissa aina uu-

delleen mutta ovat hankalampia käyttää lujitteiden kanssa. Eivätkä kestä lämpöä siinä mitassa kuin useat kertamuovit.

Kestomuovista tuotetaan tyypillisesti moottoripyörän katteita ja muita rakenteita mutta verrattuna esimerkiksi lasikuitukatteeseen ovat ne kestopuovista heikompia ja useimmiten painavampia.

Japanilaisissa pyörissä on käytössä yleensä kestopuoviset katteet ilman lujitteita. Kestomuovista voidaan rakentaa massatuotantona hyvinkin monimutkaisia rakenteita. Eurooppalaisissa ja amerikkalaisissa pyörissä sen sijaan on usein käytetty edistyneempää kuiturakennetta kestopuovisten rakenteiden ohella. Komposiittirakenne soveltuu parhaiten noudattamaan sileitä ja yksinkertaisia muotoja. Piensarjavalmistuksessa komposiitti on usein edullisempi kuin kestopuovinen vastineensa. Hintaero, vain tässä tapauksessa, johtuu muotitekniikasta joka kestopuoville on vaativampaa. Sitä vastoin sarjatuotannossa kestopuovinen tulee edullisemmaksi.

Kestomuoveissa ei siis ole yleensä kuituja tukemassa rakennetta ja ne eivät siis ole komposiitteja.

Molemmista materiaaleista tehdyt rakenteet ovat korjattavissa mutta menetelmät ovat varsin erilaiset. Periaate on että kestopuovia ei korjata kertamuovilla ja päinvastoin. Joissakin tapauksissa voi kuitenkin kestopuoviin liittää kuiturakennetta korjaustarkoituksessa tai lujittamaan rakennetta yleensä.

Tutki, testaa ja vertaile

Jos ei ole varmaa kumpaa muovimateriaalia esimerkiksi jokin katteen osa on voi sen sisäpintaan näkymättömään kohtaan tehdä testin: Jos muovi sulaa ja muuttuu osittain juoksevaksi sitä lämmitettäessä vaikka tinakolvilla ja siinä ei esiinny lujitteelle tyypillistä kuiturakennetta on todennäköisesti kyse kestopuovista jota voidaan muovata, liittää ja korjata lämmön avulla. Lämpöä sulattamiseen ei useinkaan tarvita kovin paljoa. Vältä avotulta. Varmistu että koekohta ei ole maalattu. Arkikielessä puhutaan usein "ämpärimuovista". Jos koekappale vastoin edellistä käryä ja pyrkii muodostamaan purua sen sijaan että sulaisi on kyse kertamuovista. Useimmiten se sisältää lisäksi jonkin tyyppin kuitulujitteen. Kertamuovi ei siis sula lämmitettäessä eikä yleensä edes pala, käryä vain. Älä hengitä savua! Vaaka toimii lahjomattomana laadun tunnustajana. Oikein tehty, ja kallis, hiilikuitukate painaa vain muutamia satoja grammoja ilman kiinnikkeitään kun taas lasikuituinen vastineensa punnitaan kiloissa.

Huonolla menetelmällä tai "huijausmateriaalista" valmistettu komposiittiosa voi painaa enemmän kuin alkuperäinen kestopuovinen. Lujutta sillä kyllä silti voi olla enemmän kuin alkuperäisellä osalla. Oikealla menetelmällä tehty lasi- tai hiilikuituosaa voi helposti olla useita kymmeniä prosentteja keveämpi ja monta kertaa lujempi kuin kestopuovista valmistettu. Usein myös huomattavasti ohuempi. Ja, kuten sanottu, kalliimpi.

Muovien ominaisuudet

Tärkein muovin tehtävä on olla helposti muotoiltavissa. Kes-
tomuoveja voidaan siis muotoilla korotetussa lämpötilassa,
noin pääpiirteittäin. Kertamuovilla tätä mahdollisuutta ei
tyypillisesti yleensä ole vaan haluttu muoto saadaan siihen
aikaiseksi siinä vaiheessa kun se ei ole vielä kovettunut. Ta-
pauksesta riippuen kovettuminen voi tapahtua hyvinkin no-
peasti tai kestää useita vuorokausia.

Kertamuovin erinomaisuus

Kuten edellä mainittiin, kestomuovinen rakenne ei ole har-
rastajaystävällinen materiaali.

Tästä eteenpäin unohtamme kestomuoviset ”tuppervaaret”
ja keskitymme pelkästään kertamuoveihin ja niiden kanssa
käytettäviin lujitteisiin. Koska kyse nyt on moottoripyöristä,
pysymme kertamuovien kahden päälain, epoksin ja polyes-
terin parissa. Tavallinen polyesterihartsit toimii parhaiten sil-
loin kun osalle ei aseteta suuria ulkonäkö-, lämpökestävyys
tai kemiallisen kestävyuden vaatimuksia mutta siitä pitää
saada aikaiseksi toimiva osa nopeasti, muutamassa minu-
tissa tai tunnissa. Polyesterihartsit sopivat parhaiten harras-
tajakäyttöön.

Tarjontaa on

Polyesterihartsia saa niin auto- ja venetarvikeliikkeistä, rau-
takaupoista, käsityö- ja harrastemyymälöistä mutta erityi-
sesti liikkeistä jotka ovat erikoistuneet näihin materiaaleihin.
Jälkimmäisistä usein halvemmalla. Lasikuitua saa myös.
Laatuna yleisimmin suuntaamaton katkokuitumatto eri vah-
vuuksina tai jopa kankaana, yleensä palttinasidoksena jossa
kuidut ovat suunnatut kahteen suuntaan ristikkäisesti. Jäl-
kimmäisellä saa aikaiseksi kevyempiä ja lujempia rakenteita
kuin katkokuidusta. Mutta jos osa ei tule näkyviin tai sen paino-
lla ei ole suurta merkitystä, katkokuitu yhdessä polyeste-
rihartsin kanssa on helppo ja nopea materiaali satunnaiselle
harrastajalle. Epoksihartsit löytyvät lähes yksinomaan alan
erikoisliikkeistä. Sama koskee laadukkaita lasikuitukankaita
sekä hiilikuitua että muita, erikoisempia lujitteita. Polyesteri-
hartsin kovettamista varten tarvitset myös siihen tarkoitettun
kovetteen, peroksidin. Selvitä tarkka seossuhde sekä paino-
että tilavuussuhteena riippuen millä menetelmällä mittaat
seososan määrää: vaaka vai mittalasi. Seossuhde on ilmoit-
tettu yleensä prosenttiarvona. Lisäksi tarvitaan työvälineitä,
pesuliuottimia, suojavälineitä ja -vaatteita sekä erinäinen
määrä muita apuaineita. Pyydä myyjältä käyttöturvatiedo-
tteet kaikkien kemikaalien osalta. Laki velvoittaa kauppiasta
näin menettelemään.

Teetäkö vai yritäkö itse?

Tavallisen polyesterihartsin käsittely vaatii hieman huomiota
ja ensikertalaisen osalta myös perehtymistä. Kannattanee
tehdä ensin koepala että aineen käytös selviää juuri niissä
olosuhteissa joissa tullaan työskentelemään. Aineilta pitää
myös suojautua. Kovettimet ovat rankkoja myrkköjä eikä
hartsitkaan mitään nautintoaineita ole. Käyttöturvatie-
otteissa kerrotaan tarkasti mitä suojaimia tarvitset ja miten
tulee toimia jos altistuu aineille. Auringonpaisteessa ei pidä

työskennellä, eikä pakkasessa. Polyesterihartsista haihtuva
styreeni houkuttelee joitakin eläinlajeja voimakkaasti. Tuskin
haluat tehdä perhos- tai kärpäs-komposiittia! Eli valitse noin
huoneenlämpöinen, hyvällä ilmanvaihdolla varustettu työtila-
si riittävän kaukaa asuintiloista ja eläimistä, ihmiset mukaan
lukien.

Komposiittirakentamista kerroksittain kutsutaan yleensä la-
minoinniksi.

Mitä voi itse tehdä?

Perustekniikalla voi tehdä sellaisia yksinkertaisia rakenteita
kuten akkukotelon, rikkoutuneen lasikuitukatteen korjauksen
tai satulan pohjalevyn. Niistä juttua toisessa yhteydessä.

Opiskele

Lisätietoa muoveista saa tietysti alan kirjallisuudesta, alan
firmoista ja tekniikasta internetistä hakusanoilla hartsit, hiili-
kuitu, aramidi, lasikuitu, epoksi, laminaatti, jne. Perustieto-
pankki kaikille lutraajille: www.muoviyhdistys.fi

motomatti



Komposiittiosan valmistus neljässä vaiheessa.

Esityksessä on voimallisesti minimoitu menetelmäkuvaus minimivälinein. Valmistusmateriaalien lisäksi tarvitaan tosi terävät sakset, (Mainos: Fiskarsin mustakahvaiset kestää; oranssiset eivät kestä asetonia pesuaineena.) kertakäyttöhanskoja, hyvät hermot, ilmastoidun tilan, kaasunaamarin, pitkän matkan naapuriin tai hajuaistittoman naapurin, suojalasit, tarkka vaaka (+-2g), työtason joka saa sotkeutua, styreeninkestäviä astioita (Katkaistu maitotölkki toimii!), asetonin välineiden pesuun, sekoitustikun, rättejä, siveltimiä, teloja ja kaikki muut aineet mitkä tekstissä mainitaan. Polyestehartsia kannattaa sekoittaa vain sen verran kuin kerralla tarvitsee. On nimittäin itsesytyvä materiaali jos sitä jää purkin pohjalle paksultikin kovettumaan. Käytämme ohessa vai lasi- ja hiilikuituun liittyviä menetelmiä ja välineitä. Aramidikuituihin (Esim. Kevlar) ja muihin materiaaleihin en tässä yhteydessä paljon puutu. Hartsit yleensä ja erityisesti epoksit ja fenolit ovat erittäin allergisoivia ja syöpävaarallisia aineita. Työsuojelumääräysten noudattaminen on tärkeää. Materiaalin myyjällä tai toimittajalla on lain määräämä velvollisuus luovuttaa työturvallisuustiedotteet materiaalien mukana.

1. Mallin valmistus:

Aloitetaan oletuksesta että halutaan tehdä mahdollisimman kevyt mutta riittävän luja osa johon ei ole olemassa mallia kuin suunnittelijansa päässä. Tämä on vaativin osa työstä. On huomioitava tulevan kappaleen toiminnallinen muoto, kiinnitystapa, -kohdat ja materiaalista johtuvat rakenteen rajoitukset. Ei kovin teräviä muotoja, syvennyksiä eikä laajoja aivan suorilla pintoja. Lisäksi pitää ottaa huomioon että muotti voidaan irrottaa mallista ja valmis muotokappale muotista ja että reunoilla on työvaraa. Malli voidaan periaatteessa valmistaa lähes mistä materiaalista tahansa kunhan lopullinen muoto ja pinnan laatu vastaa vähintään halutun lopullisen osan pinnan laatua ja ei reagoi kemiallisesti muiden valmistusmateriaalien kanssa. Mutta jos ajattelit tavallista styroksia niin unohda se.

Uretaanivahto, autopakkeli ja kaksikomponenttinen auto-maali on toimiva minimiratkaisu isommillekin osille. Mallin tulee näyttää siltä kuin se olisi valmis osa mitoiltaan ja muodoiltaan mutta reunoissa lisäksi hiukan työvaraa. Valmis malli käsitellään irrotusaineella. Jos muotti valmistetaan polyestehartsista (Rautakauppatavaraa) voi irrotusaineena käyttää kiinteää (Ei silikonipohjaista.) autovahaa. Vahaus suoritetaan useita kertoja ja annetaan kovettua vahausten välillä useita tunteja.

Jos mallina on olemassa oleva osa, niin mallin teolta säästytään mutta työ- eli leikkuuvaran jättäminen on vaikeampaa jolloin lopullisesta osasta helposti pyrkii tulemaan pienempi ulkomitoiltaan kuin alkuperäinen malli.

2. Muotin valmistus:

Tämä menetelmä soveltuu vain hyvin yksinkertaisen osan valmistukseen.

Vahatun mallin päälle levitetään muotoon leikattu, polyesterihartsilla kyllästetty katkokuitulasikerros. (Rautakauppa-

tavaraa) Hartsia voidaan levittää siveltimellä (Älä töpöttele siveltimellä tai sekoita kuituun ilmakuplia!) tai telalla. Kappaleen koon mukaan kerroksia voidaan lisätä niin että riittävä jäykkyys saavutetaan. Tämä asia on arvioitava. Mitä muodokkaampi kappale, sitä jäykempi kappaleesta muodostuu. Viimeiseksi ulkopintaan voidaan laminoida pala keinosilkkiä. (Vuorinailonkangasta) Sillä saadaan lannistettua lasikuidun töröttävät kohdat ja ilmakuplat pois laminaatin sisältä.

Annetaan kovettua ainakin pari päivää. Korotettu lämpötila kovettaa nopeammin. Oletus on että työtila on ainakin +18 astetta. Kovettamista korotetussa lämpötilassa voidaan jatkaa muotin irrotuksen jälkeenkin. (60 – 80 astetta)

Muotti irrotetaan varovasti mallista. Jos ei irtoa niin vahaus on mennyt suteen tai mallin muodossa on ongelmia tai malli ei ollut kovettunut riittävästi ennen vahausta. Muotin reunat viimeistellään, sisäpinta puhdistetaan ja vahataan useita kertoja. Muotin pinnassa ei saa olla rösöjä, lovia, tai muuta sellaista mikä ei sinne kuulu.

3. Osan valmistus:

Koekappale tai huijaustuote tehdään näin.

Osan voi tehdä valmiiksi saakka käsinlaminoimalla katkokuitulasia muottiin aivan samoilla tavoilla kuin muotin valmistuksessa selvitettiin. Tai vaikka hiilikuidusta tai aramidista tai vanhasta froteepyyhkeestä. Osa tulee oikean muotoon mutta painava ja kohtuullisen luja. Jopa pyyhkeestä jolle se ollut märkä tai rasvainen. Reunat vain viimeistellään ja maali päälle. Tai sitten hämäyksen vuoksi pintaan yksi ohut hiilikuitukangas, loput lasia ja sisäpuolelle musta maali. Tällaisia on suuri osa tarvikekauppioiden "hiilikuituosista"! Ehkä näön vuoksi on hiukan alipainesäkitetty. Siitä lisää asiaa alla.

Kohtuullisen hyvä tapa mutta ei paras.

Tässä vaiheessa tulee kyseeseen ne asiat miten osasta tehdään luja sekä kevyt. Tarvitaan noin 0,5 - 0,8 Bar alipaine ja erinäisiä apuaineita. Hartsina eli matriisina voi käyttää joko epoksi- tai polyesterihartsia. Suosittelisin epoksia. Irrotus-ainekäsittelyn muotin pohjalle levitetään muotoon leikattu hartsilla kyllästetty hiilikuitukangaspala, yleensä palttinakudosta. Kostutettua palaa on vaikea leikata edes terävillä saksilla. Painellaan se muotoon ja lisätään päälle toinen kasteltu kangaskerros. Seuraavaksi päälle pala vuorinailonia ja telataan tai painellaan siveltimellä kaikki ilma pois laminaatista. Tämän päälle pienireikäinen muovikalvo jonka päälle laitetaan imupaperia, huopaa tai vaikka vanhoja, puhtaita T-paitoja mahdollisimman rypyttömästi. Komeus laitetaan muovipussin sisään josta alipaineen avulla imetään ilma pois jolloin ulkoilman paine puristaa muovipussin tiiviisti kappaleen vasten jolloin ylimääräinen hartsia imeytyy reikämuovin läpi imumateriaaliin ja kovettuu siihen. Koko prosessi on suoritettava niin nopeasti alusta loppuun että hartsissa ei ole ehtinyt kovettumisreaktio alkamaan ennen alipaineistusta. Toisin sanoen hartsia ei saa geeliiytyä saati kovettua ennen alipaineistusta. Tällä menetelmällä suurin osa hartsista saa-

daan pois itse tuotteesta. Annetaan kovettua alipaineessa. Voidaan käyttää jo alipainesäkityksen aikana lievästi korotettua lämpötilaa. Pitää huomioida materiaalien, lähinnä hartsin ja säkitysmuovien ja -kankaiden, paloturvallisuus. Jos säkki vuotaa voi reaktio olla liian nopea ja kappale menee pilalle vaikka ei syttyisikään palamaan. Vahtia olisi syytä pitää. Epoksit erittävät kovettuessaan myrkyllisiä mutta hajuttomia yhdisteitä.

Edellä esiteltiin karuimmassa muodossaan käsinlaminointimenetelmä ja alipainesäkitys. Tämä on siis ehdoton minimimenetelmä että kannattaa hiilikuitukangasta käyttää sen arvoisella tavalla ja niin että siitä olisi edes vähäistä hyötyä. Hiilikuituinen ulkonäköhän saadaan vähemmälläkin.

4. Viimeistelyssä huomioitavaa.

Kuvatulla tavalla tehty kappale ei ennen pinnan lakkausta siedä rasvaa, kosteutta tai juuri muita kemikaaleja kuin ase-tonia ja sitäkin vain silloin jos se on tehty epoksihartsista. Pintaa voi hioa hiekkapaperilla jos siinä on muotin virheistä aiheutuneita hartsikasauomia tai muuta röpöä. Paljain käsin ei pidä koskea eikä puhaltua paineilmalla jos ei ole veden- ja öljynerotinta paineilmajärjestelmässä. Kappaleet voidaan tuki pinnoittaa jo ennen laminointivaihetta käsittelemällä muotti maalilla tai gelcoatilla kuten venetehtaissa tehdään mutta silloin ei keveys eikä hiilikuidun "väri" pääse välttämättä esiin.

Kovettunutta hiilikuitulaminaattia voi parhaiten leikata hiovil-la menetelmillä. Pieni kulmahiomakone katkaisulaikalla. Timantti- tai wolframterä rautasahassa. Erilaiset hiomakiekot porakoneeseen, nauhahiomakone ja santapaperi ovat avuksi. Hiilikuidusta saa erittäin helposti tikkuja ihon alle jotka eivät ala tulehtua vaan jäävät sinne. Samoin kankaan leikkauksessa syntyvä mikroskooppinen pöly samoin kuin hioessa syntyvä karkeampi törky tulevat huonosti ulos keuhkoista.

Muita metodeja.

Alipainesäkitys voidaan toteuttaa myös siten että alipaineistetun muottiin joka sisältää vain lujitteet syötetään ennalta mitattu määrä hartsia jolloin säästytään kiireelliseltä käsin lutraamiselta ja käryiltä. Sarjatuotantomenetelmä jossa on tunnettava lukuisa joukko eri muuttujia.

Hartsin voidaan syöttää myös paineella lujitteen sekaan mutta silloin tarvitaan kaksipuolinen erittäin luja muotti. Kaksipuolista muottia voi myös käyttää prässissä jolloin valmiiksi kasteltu kuitunippu puristetaan muotoonsa. Mm. formula1-tallien soveltama menetelmä.

Mielenkiintoisin parhaimpia osia tuottava menetelmä on käyttää alipainesäkitystä ja autoklaavia. Silloin esimerkkinä käyttämämme säkitysydeemi imumateriaaleineen suljetaan painekammioon jota voidaan lämmittää ja täyttää esimerkiksi ylipaineisella tyypellä jolloin säkityksen puristusteho kasvaa moninkertaiseksi pelkkään ulkoilmanpaineeseen verrattuna ja säkkiin voidaan päästää ulkoilman paine jolloin laminaattiin jääneet ilmakuplat pienenevät olemattoman kokoisiksi. Käytetään mailu- ja avaruustekniikka-alalla.

Hartsin voi olla myös valmiiksi kuituun sekoitettuna ja esikove-tettuna oikeassa suhteessa jolloin imumateriaalien tarve minimoituu. Soveltuu kaikkiin em. menetelmiin eikä tarvitse lustrata hartsin kanssa.

Lisäksi löytyy lukematon määrä muita menetelmiä, kuten ruiskutus, suulakepuristus, kelaus, keskipakovalu, jne.

Toivottavasti edellä olevasta sai selville sen että kuituhommat ovat työvaltaisia, aikaa, energiaa ja kalliita materiaaleja käyttävä toimiala. Ja erittäin likaista ja allergisoivaa. Joten ihmetytely aitojen hiilikuituosien hintojen suhteen on aihee-tonta ja lähinnä köyhien puheita.

Kiinnostuneille löytyy internetistä lisätietoa alan firmoista ja tekniikasta hakusanoilla hartsin, hiilikuitu, aramidi, lasikuitu, epoksi, jne. ja www.muoviyhdistys.fi

Sanastoa:

- alipainesäkki* – muovikelmusta valmistettu ilmatiivis pussi joka voidaan imeä ilmasta tyhjäksi ja saada siten ulkoilman paine puristamaan säkissä olevat kuiturakenteet tiiviisti toisiinsa.
- aramidi* – synteettinen erittäin suuren vetolujuuden omaava kuitu.
- delaminaatio* – laminaatin kerrosten irtoaminen toisistaan. Hyvin harmillinen asia.
- eksotermia* – lämpöä vapauttava reaktio hartsin kovettuessa. Useimmiten hallinnassa.
- geelityminen* – hartsin muuttuu ennen kovettumistaan jähmeäksi. Erittäin harmittavaa jos homma on kesken. Mitä suurempi määrä sekoitettua hartsia on purkissa sitä nopeampaa on geelityminen.
- gelcoat* – useimmiten värjätty hartsin. Käytetään pinnoitteena, esim. veneet.
- hartsin* – polymeeri joka reagoidessaan toiseen polymeeriin muodostaa pitkämolekyylisiä kertamuoveja.
- hiilikuitu* – hapettomassa tilassa poltettua polyakryylikuitua, erittäin suuri vetolujuus
- imum kangas* – imukykyinen kangas tai huopa johon imeytetään muotissa oleva ylimääräinen hartsin.
- irrotusaine* – aine joka estää kappaleen tarttumisen muottiin
- katkokuitumatto* – lyhyistä suuntaamattomista kuiduista valmistettu hauraahko lujite. Hyvä muottihommassa.
- kovete* – kovettumisreaktion alkuunpanija. Epokseissa seossuhde erittäin tarkka.
- laminaatti* – tuote joka on tehty lujitekerroksia yhteen liimaamalla.
- lasikuitu* – valmistettu sulasta lasimassasta kuitumaiseksi
- malli* – valmistettavan kappaleen muotoinen, "muotin muotti"
- palttina* – kuitukangas jossa kuitukimput vuorottelevat toistensa yli ja ali.

Hiilikuitulokarin valmistus käytännössä.

Edellisessä jutussani käsiteltiin komposiitti- ja muovimateriaaleja moottoripyöräkäytössä. Siinä selvitin yleiset periaatteet yksinkertaisen kuorirakenteen valmistuksesta ja työturvallisuudesta. Sen lukeminen on välttämätöntä alla olevan ymmärtämiseksi jos ei sitten omaa alan ammattitietoa ennestään.

Esimerkkinä käytän Yhtymän Miesten toimesta TukkaJukalle valmistetun CliMax 1200 pyörän etulokarin valmistusta. Aivan kaikista vaiheista ei valitettavasti ole kuvia koska työntekijänä ja valokuvaajana toimi sama henkilö.

Kuva 1 antaa lähtökohdan. Yksipuoleisen etuhaarukkaratkaisun vuoksi ei perinteinen lokasuoja tule kysymykseen eikä 200 mm:ä leveään eturenkaaseen sellaista helposti löydy. Lisäksi yhden jarrulevyn ja kahden nelimäntäisen puristimen tuottama lämpö jarrulevystä ja -satuloista pitää johtaa pois, päädyttiin integroimaan lokasuojaan myös ilmanohjain jarrulle.



Kuva 2. Päätettiin tehdä lokarin malli suoraan vanteen ja renkaan päälle. Samalla suoritettiin päätelmät tarvittavista materiaalimääristä ja rakenteen muodosta. Muoto antaa paremmin lujuutta komposiittiratkaisussa kuin materiaalin paksuus. Vanne suojattiin vanerilevyllä, muovikelmulla ja maalarinteipillä kauttaaltaan.





Kuvat 3 ja 4. Muotoa haettiin karkeasti puupalojen ja tavallisen seinätasoiheen avulla. Tasoiheen päälle levitettiin autopakke-
liä, hiottiin muotoonsa ja maalattiin. Maalin kuivuttua malli vahattiin useaan kertaan monen päivän aikana.

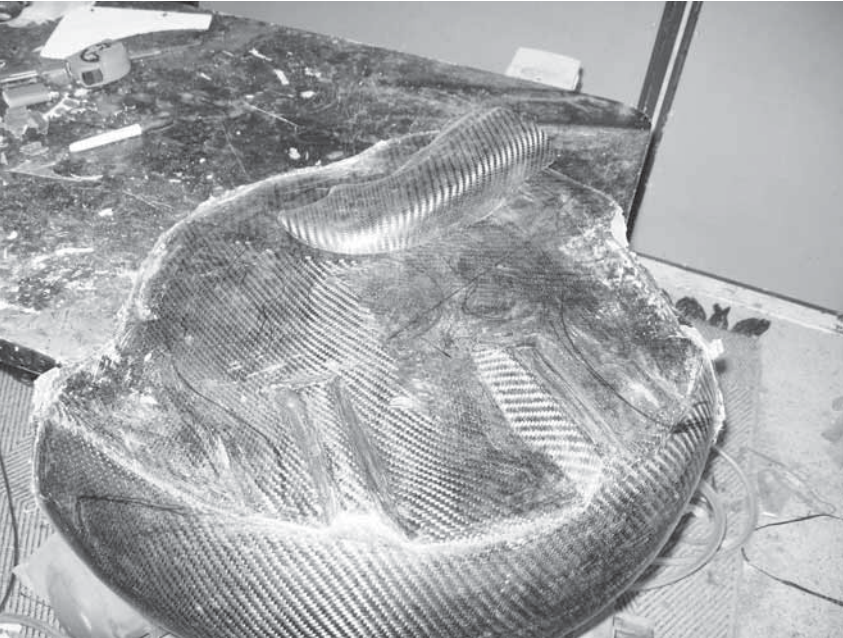


Kuva 5. Mallin päälle laminoitiin kaut-
taaltaan vähintään kolme kerrosta kat-
kokuitumattoa (lasikuitua rautakauppa-
moodissa) ja polyesterihartsia. Pintaan
vielä nailonkangas silottamaan.

Seuraavista vaiheista ei ole kuvia.
Muotti irrotettiin parin päivän kuluttua
mallista, jälkikivetettiin korotetussa
lämpötilassa, reunat viimeisteltiin ja
muottipinta vahattiin. Vahan kovettua
laminoitiin hiilikuitukankaat muotin pin-
taan ja suoritettiin alipainesäkitys



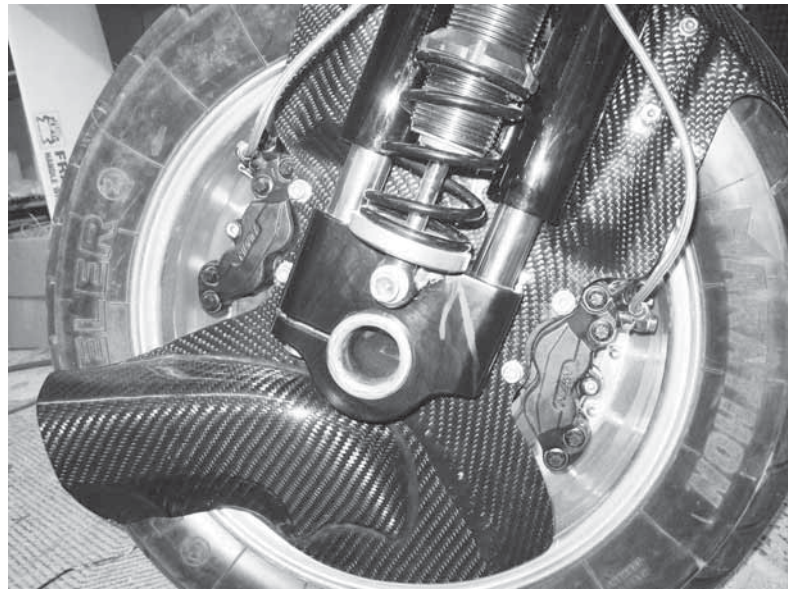
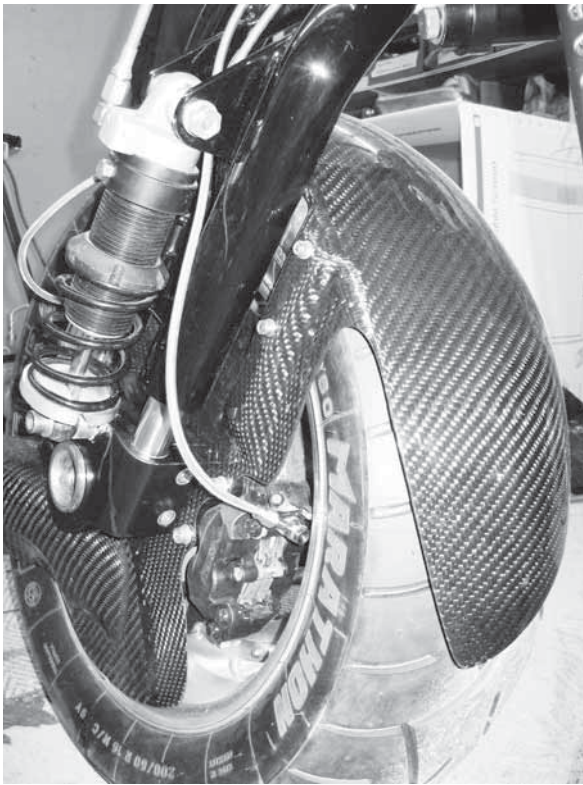
Kuva 6. TukkaJukan T-paita sai hoitaa imukan-
kaan virkaa alipainesäkitysvaiheessa. Paita on
harmaa mutta vielä sulana virtaava ylimää-
räinen hartsi saa sen näyttämään mustalta.
Alipainepumppu oli käynnissä seuraavaan
iltapäivään asti jolloin säkitys purettiin mutta
kappaletta ei vielä irrotettu muotista. Kovetta-
mista jatkettiin korotetussa lämpötilassa use-
an eri päivän aikana. Vain osittain kovettuneen
hiilikuitulaminaatin leikkaus on erittäin vaikeaa
ja saattaa syntyä myös delaminaatiota.



Kuva 7 näyttää minkälainen kappale muotis-
ta muljahti irti. Lisäksi kappaleen päällä on eri
muotilla valmistettu ilmanohjaimen aihio. Huo-
maa vahvikemuodot. Leikkausta lopulliseen
muotoon on suunniteltu piirtelemällä alkoho-
litussilla mahdollisia tulevia muotoja.



Kuva 8. Lokasuoja on leikattu muotoonsa ja
ilmanohjain kiinnitetty. Valmis vietäväksi maa-
larille lakattavaksi kaksikomponenttisellä uv-
suojalakalla.



Kuvat 9 ja 10. Lokasuoja lakattuna ja paikoillaan. Huomaa toispuoleisen muotoilun liioittelu leikkauksissa.



Kuva 11. Likimain valmis pyörä Helsingin Messukeskuksessa helmikuussa 2008.

Muistan tehneeni ensimmäisen muotin tähän pyörään kesällä 2002. Että ei mikään kovin riipeä projekti. Pääosa komposiittirakenteista valmistettiin alkukesällä 2007 kun oli sopivan lämpimät säät ja jälkikövetus onnistui auringonpaisteessa

tallin seinustalla. Työnjohdosta huolehti allekirjoittanut, TukkaJukka hikoili rahoituksen, materiaalihankinnan, kuljetuksen, palikoiden ja kokoonpanon kanssa. Sepi ja Teemu lakkasivat osat. JL Meccanica hoiti metallintyöstön ja vaativan metallirakennesuunnittelun.

Moottoripyörän satulan pohjan valmistus komposiittimateriaalista.

Kun moottoripyörän ulkonäköä muutetaan on istuin yksi niistä ulkonäköön liittyvistä osista jonka muotoilu jää helposti toissijaiseksi seikaksi vain siksi että sopivaa ei kohtuuhintaan ole tarjolla tai muusta muotoilusta johtuen ei alkuperäinen eikä tarvikesatula sovellu kiinnityksiltään tai muodoltaan muutettuun rakenteeseen. Muotoilu on tietenkin jokaisen omien halujen tai kykyjen varassa. Koetan seuraavassa kuitenkin selittää mahdollisimman lyhyesti miten pääset satulan teossa alkuun. Käytämme materiaaleina rautakauppalaatuista polyestehartsia ja katkokuitumattoa.

Lähtökohtien kartoitus

Ennen aloitusta pitää olla selvillä millainen istuinosa halutaan. Yhdelle vai kahdelle. Tuleeko se suoraan kiinnitetyksi runkoputkien päälle, entä jatkuuko satula myös tankin tai lokasuojan päälle, miten se tulee olemaan kiinni niin että se on tarvittaessa helppo irrottaa. Jatkuvatko sen sivut alas tai taaksepäin muodostaen muotoilullisen kokonaisuuden. Tuleeko pehmusteosa olemaan irrotettava vai kiinteä. Jopa pehmusteen ja päällisen laatu saattavat vaikuttaa merkittävästi satulan muotoiluun ja sitä kautta valmistukseen. Pitää myös huomioida satulan käyttäjän henkilökohtaiset ominaisuudet siltä osin kuin ne tulevat kohtaamaan valmiin satulan. Paino, henkilön istuinosan ominaisuudet, reisien asento ajo-tilanteessa, jalkojen yltäminen tiehen pysähdyksissä ollessa eli ns. ergonomia yleensä.

Jos satula tulee esimerkiksi suoraan runkoputkien päälle siten että osa siihen kohdistuvasta painosta suuntautuu suoraan runkoputkiin tai muihin alla oleviin rakenteisiin niin materiaalimäärästä eli lujuudesta voidaan tinkiä. Jos taas kiinnityskohdat ovat kaukana satulan päissä eikä välillä mitään pitää lujuutta lisätä. Se voidaan toteuttaa rakennemuotoilulla tekemällä satulan pohjan pitkittäisiä vahvikkeita tai jäykistysmuotoja.

Tehdäänkö malli vai suoraan rungolle?

Makuasia, mutta pitää muistaa että jos hartsia pääsee valumaan muualle kuin haluttuihin paikkoihin voi sen irti saaminen jälkepäin olla erittäin hankalaa. Eli peittäminen on enemmän kuin suositeltavaa. Koska satulan pohjan pinnan ulkonäkö ei näyttele tärkeää osaa ja lasikuitulaminaattia voi sekä leikata että hioa sen kovetuttua voidaan käyttää suhteellisen karkeata muottirakennetta. Ohut peltilevy, vaneri, jämäkkä kartonki tai aaltopahvi soveltuvat väliaikaiseksi, kertakäyttöiseksi muotiksi. Oletetaan että käytämme pakkauslaatikossa käytettyä aaltopahvia. Siitä leikataan karkeasti joka puolelta noin viisi senttimetriä suurempi kappale kuin itse satulan pohjan on tarkoitus olla. Tietenkin taitekohdat ja mahdolliset muut muodot pitää tehdä juuri haluttuun kohtaan mutta yleisesti ottaen reuna-alueille on syytä jättää reilusti ns. työvaraa. Muotissa ei ole hyvä olla yli kahdeksankymmenenasteen kulmia koska silloin muottia on vaikea saada pois kappaleesta. Toisaalta mitä väliä pahvi-muotilla on kun se kuitenkin hajoaa irrotettaessa...

Muotin viimeistely

Kartonkia on helppo teipata eri levyisillä maalarinteipeillä. Teipistä ja pahvista voi tehdä jäykisteitä muotin alapintaan ettei se muuta muotoaan laminointityön aikana ja siten jäykistettynä voidaan jopa siirtää toiseen paikkaan itse laminoinnin ajaksi. Muotti on päällystettävä jollain aineella joka ei sula styreenin, jota hartsi sisältää, vaikutuksesta. Polyeteenimuovi kestää. Eli siis PE-merkillä merkitty muovilaatu kuten muovikassi, talouskelmu tai vastaava. Pahviin ja maalarinteippiin hartsi tarttuu. Jotkin muoviteippilaadut toimivat myös mutta niiden liiman ominaisuuksista ei aina tiedä. Muovikassissa olevat mainokset sitä vastoin jäävät laminaattiin kiinni. Jos homma tehdään itse pyörän päällä on syytä peittää koko rakkine muovikelmulla kauttaaltaan. Ja lattia. Roiskeet sivelimestä lentävät yllättävän pitkälle.



Tyypillinen lasikuidusta ja vanerista valmistettu ulkopuolinen muotti. Huomaa pakkelikorjaukset.

Laminoinnin valmistelu

Tarvitaan puhdas pöytä kuidun leikkaamista varten, saksit, kumihanskoja, sivellin (n.30 – 40 mm leveä) josta lyhennetään karvoista kymmenisen millia pois saksilla, asetonia välineiden pesuun, suojalasit, sekoitusmittavälineet (keittiövaaka tai mittalasi hartseille, injektioisku n. 20 ml kovetinta varten), sekoitusastia, muovikelmua, maalarinteippiä, katkoterveitsi tai mattopuukko, muottiainekset, suojaavat työkampeet, noin kahdenkymmenen asteen lämpötila, tuuletettava työtila, muovikelmua tai paperia suojaamiseen, pyyhintärättejä, aikaa muutama tunti ja tietenkin palkkio tehdystä työstä. Katkokuitumatosta on hyvä leikata halutun muotoisia kappaleita etukäteen. Kolmesta kuuteen kerrosta yleensä riittää. Riippuu tietysti katkokuitumatton paksuudesta. Mutta noin yleensä lopputuloksena pyritään 2 – 6 mm paksuun laminaattiin. Hyvä on tehdä etukäteen koe suoralle pinnalle, muovin päälle, kämmenen kokoisilla paloilla ja tarkastaa

vahvuus muutaman tunnin päästä laminaatin kovetuttua. Samalla tulee tuntumaa hommaan. Kerrottakoon että rasva, jopa paljaista sormista irtoava, samoin kuin silikoni on pahinta vihollista laminaatille.

Laminointi

Muotin päälle sivellään kerros hartsia sitten kerros lasikuitua. Sivellään ja painellaan sivelimellä runsaan hartsin kera. Katkokuitumatto taipuu kunhan se on kunnolla kasteltu hartsiilla. Näin jatketaan kunnes riittävä vahvuus on saavutettu. Polyesterihartsilla on työskentelyaikaa 15 – 30 min maksimissaan jos lämpötila on 20 astetta. Yli jäänyt hartsi on viety ulos varjoon kovettumaan itsekseen. Luovuttaa lämpöä kovettuessaan. On itsesytyvä aine jos sitä on isoja määriä yhdessä astiassa. Vältä isompia annoksia kuin kerralla pystyt käyttämään laminointiin. Paniikkia ei ole jos hartsi alkaa kovettumaan ennenaikaisesti. Sekoita uusi erä ja jatka sillä jos homma jäi kesken. Mieluummin useita pieniä satsuja kuin yksi iso. Yksi kilo hartsia pitäisi hyvin riittää kohtuullisen kokoisen satulan valmistukseen. Voit myös keskeyttää laminoinnin joksikin aikaa ja jatkaa myöhemmin. Siitä lisää viimeistelyvaiheen selostuksessa.

Kovetus

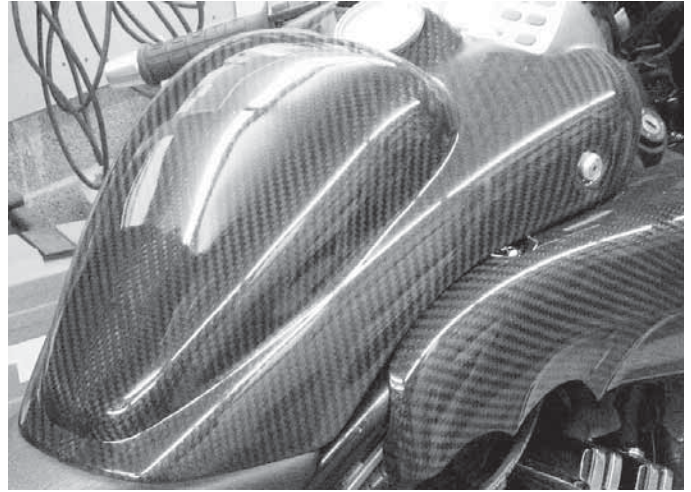
Kovettuminen tapahtuu itsestään ja sen aikana vapautuu edellä mainittua styreeniä. Sitä saattaa jäädä kappaleen pintaan tahmeana kerroksena kovettumisen jälkeenkin. Kannattanee vartoilla useampi tunti tai seuraavaan päivään. Riippuu hartsin laadusta, kovettimen määrästä ja lämpötilasta. Jos mahdollista kappale kannattaa vielä jälkikovettaa korotetussa lämpötilassa tai suorassa auringonpaisteessa. Varo kuitenkin nostamasta lämpöä liian äkkiä suureksi. Reaktio voi jatkua liian hätäisesti ja kappale ei pysy muodossaan. Noin 60 astetta on sopiva jälkikovetuslämpötila. 4 – 6 tuntia riittänee. Jälkikovettuminen tapahtuu myös itsekseen ajan kanssa muutamassa viikossa jos lämpötila on kahdenkymmenen asteen tuntumassa.

Muotista irrotus

Muotista irrotus voidaan tehdä jo ennen jälkikovetusta jolloin styreenikin pääsee paremmin karkaamaan ilmakehään. Kertakäyttömuotin kanssa ei ongelmia liene. Sen kuin revitään muottiainekset irti. Jos jotakin jää kiinni pysyvämmiin niin jälkikovetuksen jälkeen jäämät voidaan poistaa hiomalla. Varo teräviä ja piikikkaita laminaatin reunoja. Jos irrotusvaiheessa pyrkii syntymään laminaattiin vaaleita kohtia merkitsee se että kovettuminen ei ole riittävän pitkällä ja tapahtuu ns. delaminaatio eli hartsi ei pysy lujitteessa kiinni tai lujitekerrokset irtoavat toisistaan. Ei hyvä. Kovetusta pitää jatkaa.

Kappaleen viimeistely

Tarvikkeet: puukko, maalarinteippiä, rautasaha tai pistosaha, porakone ja hiomakiekkkoja, karkeahkoa hiomapaperia, hyvät hanskat, hengityssuojaimen pölyä vastaan ja asetonia. Tärkeimpänä asiana on tietenkin muotoon leikkaaminen. Mutta myös kiinnitystekniset seikat voidaan ottaa huomioon tässä vaiheessa. Jos olit ajatellut ruuvi kiinnitystä voit kätevästi porata reiät ja pujottaa niistä pultit läpi niin että kanta jää satulan pohjan yläpinnalle. Karhenna santapaperilla reiän ympäristö, laita asetonilla puhdistettu pultti reikään, (kierteen voit suojata maalarinteipillä) ja laminoit pari – kolme kerrosta



Edellisen kuvan muotilla valmistettu kuorirakenne viimeistelynä.

katkokuitua kannan päälle ja ympärille. Sitten annetaan kovettua. Samoin voit tehdä jälkikäteen jäykisteitä. Tyypillinen jäykiste on muotoon leikattu vanerisuikale syrjällään jonka yli laminoidaan pari kerrosta katkokuitua. Mitä leveämpi suikale, sitä suurempi lujuus. Vaneri siis jää rakenteeseen sisään mutta siitä ei ole haittaa jos vaneri oli kuivaa ja se peitetään laminaatilla kauttaaltaan. Aina ennen jatkolaminointeja pinnan karhennus ja asetonilla pyyhintä. Asetonia pitää käyttää varoen koska polyesteri ennen lopullista kovettumistaan pyrkii sulamaan sen vaikutuksesta. Siksi sillä saakin karhennetun pinnan "tuoreeksi" ja tarttuvaksi ennen jatkolaminointia. Voit myös valmistaa erilaisia koukkuja ja korvakkeita kiinnittämistä silmällä pitäen.

Hyvin kovettunut laminaatti tottelee parhaiten hiovia leikkuumenetelmiä. Pienellä kulmahiomakoneella saa paljon aikaiseksi mutta se voi olla liiankin tehokas. Huonosti kovettuneeseen laminaattiin ei hiominen eikä oikein muukaan menetelmä tahdo tehot. Reunojen pyöristäminen on tärkeää. Myös terävät kulmat pitää loiventaa. Verhoilija pitää siitä. Se onkin sitten taas eri alan hommia.

Seuraavista tukku- ja vähittäismyyntiä harjoittavista firmoista saat opastusta materiaaleista, menetelmistä ja työvälineistä sekä tietenkin itse aineet.

Comprocks; www.comprocks.com

Kevra; www.kevra.fi

Jacomp; www.jacomp.net

Ahlstrom; www.ahlstrom.com/fibercomposites

Ashland Finland; www.ashland.com

KG Enterprise; www.kgenterprise.fi

Reichhold; www.reichhold.com

FY-Composites; www.fy-composites.com

Muoviyhdistys; www.muoviyhdistys.fi

motomatti

www.mmaf.fi

