

RAKENTEIDEN HIILIKUITUKOMPOSIITTIWAHVISTUS



**rakenteiden turvavyö ja uusi mahdollisuus
konstruktioiden keveyteen**

artikkeliyhteistyössä:

TEKE, EXCHEM, Skandinavisk Industriutveckling
EXEL, Suomen Rakennevahvistus Oy

Eripainos Teollisuus Nyt -lehdessä 3/2006 julkaistusta artikkelista

Hiilikuitukomposiittivahvistus rakenteiden turvavyö ja uusi mahdollisuus konstruktioiden keveyteen

TEKE ja Exchem skandinaavisessa yhteistyössä

Uutiset romahtaneista katoista ovat yllättäneet suomalaiset viime vuosina. Poikkeustilanteissa rakenteiden kestävyys on ylittynyt. Hiilikuitukomposiittivahvistus on menetelmä, jolla perusrakenteita voidaan vahvistaa lähes huomaamattomasti, ilman että rakenteiden paino oleellisesti lisääntyy. Hiilikuituvahvistusta voidaan soveltaa eri rakenteisiin ja materiaaleihin.



Hiilikuitukomposiittilevyjä, -tankoja, -nauhoja ja -kudoksia käytetään rakenteiden vahvistukseen. Levymäisinä ja nauhamaisina ne kiinnitetään tasopinnoille erikoisepokseilla. Pilarit vahvistetaan taipuisalla kudoksella. Teräsvahvistukseen verrattuna rakenteen painonlisäys on olematon.

TEKE (Kymen Teollisuuskehitys) on uranuurtajana Suomessa lähtenyt soveltamaan hiilikuitukomposiitteja rakennevahvistuksessa. TEKE kuuluu yhteispohjoismaiseen yhteistyöverkostoon nimeltä Skandinavisk Industriutveckling, joka edustaa brittiläisen Exchemin pitkäaikaista osaamista tällä alalla. Exchem tarjoaa TEKElle sovellusosaamisen lisäksi vahvistukseen käytettävät vahvistamateriaalit sekä tarvittavat erikoisepoksit niiden kiinnitykseen betoniin ja muille pinnoille.

- Hiilikuitukomposiittivahvistus on meille jo vuosia ollut jokapäiväistä työtä. Olemme oppineet paljon erilaisista kohteista ympäri Eurooppaa. Lisäksi olen itse ollut valvomassa kymmeniä kohteita Dubaista Kiinaan. Useita niistä kohteista ei reaalisesti olisi voinut toteuttaa millään muulla teknologialla. Tarpeet ovat olleet hyvin erilaisia. On ollut tarve rakentaa

lisäkerroksia vanhan rakennuksen päälle. Katolle on tullut parkkipaikka. Rautatiesilta on otettu painavan malmikuljetuksen käyttöön. Monesti teräksisten tukirakenteiden käyttö olisi arkkitehtonisesti ollut mahdotonta tai pitkien terästukien kuljetus tai kiinnitys olisi ollut ylivoimaisen kallista tai hankalaa, sanoo Steve J. Richards Exchemistä.

- Saimme tämän yhteistyön avulla "lentävän lähdön" uuden teknologian hyödyntämiseen Suomessa. Tämä on kokemusta vaativa alue, ilman sitä kaiken opetteluun kuluisi vuosia, sanoo TEKE:n toimitusjohtaja Esa Moilanen.

Hiilikuitukomposiittivahvistuksen perusedut ovat paljolti samoja kuin muuallakin komposiittitekniikkaa käytettäessä: keveys, hyvä korroosion- ja lämpötilankesto. Hiilikuitukomposiittivahvisteita on eri muodoissa:

levyinä, tankoina, nauhoina ja -kudoksina. Levymäisinä ja nauhamaisina ne kiinnitetään tasopinnoille erikoisepokseilla. Tukipilarit vahvistetaan taipuisalla kudoksella joka kiinnitetään pilarin ympärille. Se estää ohuiden pilarien nurjahtamisen, sekä paksuillakin pilareilla esiintyvä rakenteen pullahtamisen. Hiilikuitutankovahvisteet normaalisti upotetaan ja kiinnitetään epoksilla rakenteeseen jyrsiytyyn uraan.

- Uskon että hiilikuituvahvistus tulee yleistymään nopeasti sekä korjauskohteissa, saneerauskohteissa että uusiokohteissa. Komposiittivahvistuksella voidaan toteuttaa kevyemmän näköistä arkkitehtuuria, koska ohut hiilikuitukomposiittitanko kykenee kantamaan enemmän kuormaa kuin paksu pilari muusta materiaalista. Sen lisäksi rakenteen kokonaispaino jää pienemmäksi. Toki täytyy tuntea turvallisuusriskit ja osata käyttää uutta teknologiaa oikean, toteaa Richards.

- Meillä on vuosikymmenien kokemus betonirakenteista sinänsä. Niiden korjaamisesta, pinnoittamisesta, suojaamisesta kulumiselta, kemikaaleilta ja kosteudelta. Meidän on ollut helppo omaksua tämä uusi vahvistusmenetelmä. Osaamme jo entuudestaan tehdä tarvittavan perustyön. Ilman pitkän aikavälin syvää perusosaamista betonirakenteiden kunnostajat ja vahvistajat toimivat suurella riskillä. Jokainen osaa tehdä kauniin pinnan mutta harva sellaisen kokonaisuuden joka kestää. Näen että teollisuudessa on runsaasti tarvetta hiilikomposiittivahvistusmenetelmälle sekä saneeraus-, että uusiokohteissa. TEKE tulee siinä näyttämään tietä, vakuuttaa Moilanen.

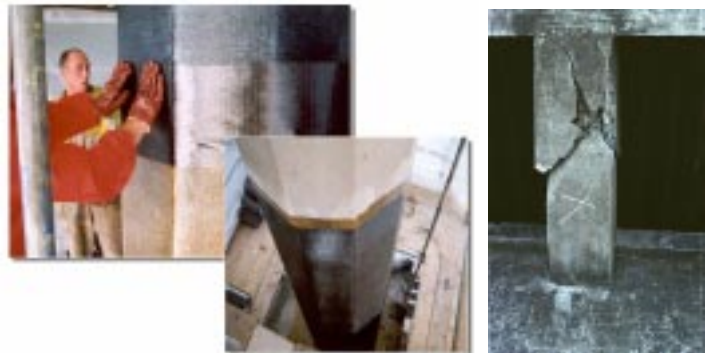
Asennustyökumppanikseen TEKE on valinnut yhden Suomen johtavista rakennevahvistusyrityksistä: Suomen Rakennevahvistus Oy:n.
- Toimimalla kaikki yhteistyössä, voimme tarjota



“Olen vahvistanut siltoja, kaaria, kattoja ja lattioita, sekä perustuksia lisäkerroksien rakentamista varten ympäri maailmaa. Hiilikuitukomposiittivahvistus on useasti ollut ainoa toteuttamiskelpoinen vaihtoehto”, kertoo Steve J. Richards.



Exchemin Steve J. Richards ja TEKEN Esa Moilanen tutkivat betonisen siltakohteen vahvistuvaihtoehtoja.



Tukipilarit vahvistetaan kiertämällä ja kiinnittämällä niiden ympäri hiilikuitukomposiittikudosta. Se estää pilarin murtumisen nurjahtamalla tai pullahtamalla.



“Rakenteiden hiilikuitukomposiittivahvistus lisää olemassaolevien kohteiden kantavuutta ja turvamarginaalia, sekä mahdollistaa uutta kevyennäköistä arkkitehtuuria”, sanoo Esa Moilanen.

kokonaisvaltaista rakenteiden korjaus- ja vahvistustyöosaamista ja teknologioita. Yhteisten resurssien avulla toteutamme suuretkin projektit nopesti ja laadukkaasti, Moilanen jatkaa.

Tämä yhteistyö nostaa edelleen rakenteiden korjaus- ja vahvistustyöosaamista sekä mahdollistaa suurienkin projektien nopean ja laadukkaan toteutuksen.

Hiilikuitukomposiittivahvistukselle löytyy käyttökohteita rakentamisesta, infrastruktuurista, kulkuvälineistä ja koneenrakennuksesta. Siis kaikessa missä tarvitaan materiaalia jolla on ylivoimainen lujuus verrattuna omaan painoon. Useissa yliopistoissa on ryhdytty tutkimaan aluetta syvällisesti. On jo olemassa suunnittelun apuvälineeksi sopivia kirjoja laskentakaavoineen. Rasituskokeita täydessä mittakaavassa tehdään myös. Komposiittivahvistuksesta on paljon silti myös opittavaa tulevaisuudessa.



Hiilikuituvahvisteita. Ne voidaan toimittaa määrämittaisena tai kelalla, jolloin yhtenäisen vahvikkeen toimituspituus voi olla kymmeniä, jopa satoja metrejä.

Mitä on hiilikuitu ja miksi se on niin lujaa?



Ei taivu, vaikka vääntää rystyset valkoisina! 100 grammaa painavassa hiilikuitukomposiittitangossa pitkittäisuuntaiset hiilikuidut eivät suostu venymään, eivätkä puristumaan.

Hiili esiintyy monessa eri olomuodossa, mm. pehmeänä grafiittina ja maailman kovimpana aineena timanttina, jossa jokainen atomi on tiukassa sidoksessa neljään ympäröivään atomiin. Hiilikuitu on hiiltä. Valmistusprosessissa hiilen heksagonaalisen (kuusikulmaisen) kiderakenteen ansiosta hiilikuidun hiilimolekyylit saadaan vahvoilla kovalenttisidoksilla kiinni toisiinsa kuiduissa, muodostaen yhtenäisiä atomitasoja.

Hiilikuidun valmistus

Pääosa hiilikuidusta valmistetaan nykyään PAN -kuidusta (polyacrylnitrile) tai raion -kuidusta. Hiilikuidunvalmistus PAN -kuidusta on jatkuvatoiminen prosessi jossa valkoinen lähtökuitu kuumentamalla hapetaan noin 300 asteessa. Tämä vaihe suuntaa ja sitoo molekyylejä. Toisessa vaiheessa kuitu hiiletetään hapettomassa tilassa ensin noin 600 asteessa, ja tämän jälkeen noin 1500 asteessa. Tässä prosessissa kuituun syntyy tyypillisiä nauhoja ja kuidun tiheys ja lujuus kasvavat. Kuidusta on tullut lähes puhdasta hiiltä, mukana alle 1% epäpuhtauksia. Se on käyttökelpoista kaupallisiin käyttötarkoituksiin. Kuidun lujuutta voidaan edelleen nostaa grafitoimalla. Siinä jännitettyä kuitua kuumennetaan hapettomassa tilassa noin 1500 asteeseen. Lämpötilaa säätämällä saadaan tehdä joko hyvin lujaa tai jäykkää kuitua. Lopuksi kuitu vielä pinnoitetaan jolla parannetaan loppukäytössä kuidun ja käytetyn sidosaheen tarttuvuutta ja käsittelyominaisuuksia.

Jatkuvasta prosessista syntyvät hiilikuitusäie kelataan tämän jälkeen rullille.. Se muodostuu tuhansista halkaisijaltaan noin 7 mikrometrin kuiduista. Puhutaan esim. 12K -kuidusta joka tarkoittaa sitä, että säikeessä on 12 000 kuitua. Optimi tilanne, jossa kaikki kuidut olisivat virheettömiä ei koskaan toteudu, mutta kuitujen suuri määrä takaa keskiarvon ansiosta suuren lujuuden. Hiilikuitua käytetään myös katkottuina muovin lujittamiseen.

EXEL - pultruusiolla terästä lujempia hiilikuitukomposiitteja teollisuuteen ja urheiluun

Thomas Alva Edison kuumensi vuonna 1879 puuvilla- ja bambukuituja saaden hiileksi muuttuneesta kuidusta aikaan sähkölampun hehkulangan. Pian volframi voitti hiilihehkulangan käytön lamput, mutta 1950-luvun loppupuolella ajatukselle löytyi uusi käyttöalue. Hiiltämällä sekä prosessoimalla markkinoilla olleita eri kuitulajeja ne saatiin muuttumaan terästä lujemmiksi, ja näin alkoi teollinen hiilikuitukomposiittituotanto. Myös lasikuitukomposiittien tuotanto alkoi samoihin aikoihin. Hiilikuitujen käyttö sai alkunsa lähes yksinomaan ilmailuteollisuuden tarpeista, nyt hiilikuitua voi pitää kädessään kuka tahansa, vaikkapa golf-mailan varren muodossa.

Urheilua harrastavat saattavat omistaa Exel -merkkiset hiilikuituiset hiihto- tai kävelysauvat. Laskeutuvasta lentokoneesta, moni on voinut nähdä alla vilistäviä keltaisia Exelin tekemiä lähestymisvalomastoja. Matka on saattanut jatkua lentokenttäbussilla tai junalla, jonka korirakenteen komponentteja on valmistanut edelleen sama yritys. Kaikille noille esimerkeille yhtenäistä on se, että ne on valmistettu kevyistä ja kestävästä komposiiteista. Suomalainen Exel Oyj on maailman johtava komposiittiprofiilien toimittaja.

Mitä ovat komposiitit?

Komposiitti muodostuu nimensä mukaisesti useammasta kuin yhdestä aineesta, nimittäin lujitekuidusta ja sidosaineesta. Lujite on yleisimmin hiili- tai lasikuitua. Muita käytettäviä lujitteita ovat mm. KUITUMAINEN aramidi, piikarbidi ja boori. Sidosaaineena käytetään esimerkiksi epoksia, vinyylisteriä tai polyesteriä. Kuitu tuo komposiittiin lujuutta, sidosaaine sitoo kuidut tiukasti yhteen, jakaa kuormaa kuitukerroksissa ja antaa kappaleelle tarvittavan muodon. Komposiittirakenteille on ominaista erityisesti se, että niiden jäykkyys ja lujuus suhteessa omaan painoonsa on hyvin suuri, hiilikuitukomposiiteilla aivan omassa luokassaan. Kuidut voivat olla komposiiteissa yhdensuuntaisina tai monensuuntaisina lujitteina. Komposiitteja käytetään hyvin erityyppisissä teollisissa sovelluksissa, mm: koneenosissa, lentokoneiden ja muiden kulkuvälineiden rungoissa, urheiluvälineissä, tuulivoimaloiden siivissä, painesäiliöissä, kypärissä, ankkuriköysinä ja rakennevahvisteina. Komposiitit ovat metallirakenteisiin verrattuna ylivoimaisia kohteissa joissa vaaditaan keveyttä, suurta lujuutta ja jäykkyyttä sekä mahdollisimman pientä lämpölaajenemiskerrointa



EXELin toiminta jakautuu teollisuusliiketoimintaan (esimerkkituotteita kädessä) ja sport-liiketoimintaan (tuotteita taustalla), kertoo myyntijohtaja Jari Sopanen.

Hiilikuitukomposiitit

Hiilikuitukomposiitin paino on vain viidennes teräksen painosta. Käytetty hiilikuidun laatu määrittää komposiitin lujuuden. Kaupalliset hiilikuidut jaetaan kolmeen ryhmään lujuuden perusteella: HS, HM ja UHM. Näistä UHM on noin kolme kertaa jäykempää kuin teräs. Hiilikuitukomposiitit säilyttävät jäykkyytensä ja lujuutensa absoluuttisesta nollapisteestä parin sadan asteen lämpötilaan, ja niillä on erityisen pieni venymä kuorman alla. Koska niiden lämpölaajeneminen on minimaalista, soveltuvat ne kohteisiin joissa kalibrointien ja toimintavälysten on säilyttävä eri lämpötiloissa ja kuormitustilanteissa. Vaativissa olosuhteissa komposiitti on kilpailukykyinen vaihtoehto betonin lujittamisessa. Komposiittien erinomainen korroosionkesto, väsymislujuus, korkea ominaistuujuus - joka mahdollistaa korkeat käyntinopeudet - sekä hyvä värähtelyjen vaimennusominaisuus ja lämmöneristyskyky mahdollistavat rakenteita joilla saavutetaan metalleihin verrattuna oleellisesti parempia suoritusarvoja.

Hiilikuitukomposiiteista tehdyistä koneista tulee nopeampia ja vähemmän tehoa kuluttavia, koska liikkuvien koneenosien omat massat jäävät murto-osaan metallista tehtyihin osiin verrattuna. Pyörivissä teloissa ja muissa nopeasti liikkuvissa koneenosissa vähenevät värähtelyongelmat oleellisesti kun pyörivä massa on pieni. Palkkikonstruktioissa rakenteen oman massan pysyessä pienenä päästään pitempiin jänneväleihin. Metallisten offshore ankkuriketjujen korvaajina hiilikuitukomposiittiankkuriköydet mahdollistavat käyttöalueen laajentamisen uusiin syvyyksiin kun oma paino jää pieneksi.

Lasikuitukomposiitit

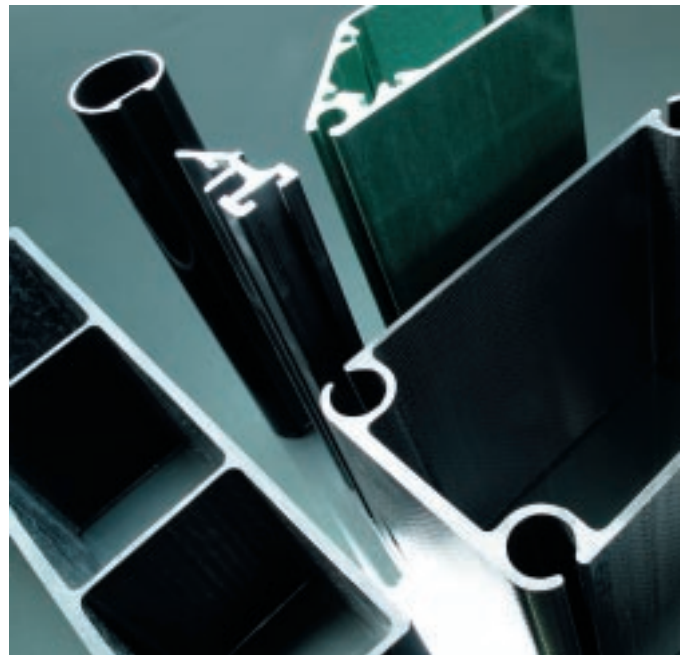
Monessa sovelluksessa hiilikuitu on tarpeettoman luja ja kallis materiaali käytännön tuotteisiin. Lujitekuituna käytetään tällöin lasikuitua tai vaihtoehtoisesti muitakin kuituja. Sidosaineeseen lisätyllä väriaineella saadaan lopputuote lisäksi halutun väriseksi. Lasikuitukomposiitit soveltuvat yleiskäyttöisesti keveyttä ja jäykkyyttä vaativiin varsiin ja koteloihin. Niistä tehdään mm. autojen ja junien ulko- ja sisäpuolisissa koripaneeleita sekä perävaunujen komponentteja. Laminaatteina komposiitit soveltuvat esim. rakennus- ja huonekalutuotantoon. Kevyet, törmäystilanteissa turvallisesti rikkoutuvat kiitoratojen lähistöllä sijaitsevat ristikkomastot ovat esimerkki lasikuitukomposiittien käyttökohteista.

Mitä on pultruusio?

Suulakeveto eli pultruusio (sanoista pull through) on komposiittiprofiilien valmistusmenetelmä jossa sidosaineeseen kastetut lujitekuitukimput vedetään halutun profiilin mukaisen muotin läpi. Tämän jatkuvatoimisen prosessin lopputuotteena saadaan valmista, halutunmuotoista profiilia. Valmis profiili voi olla tankoa tai putkea, tai vaikka hyvinkin monimuotoinen moniontelorakenne. Käytetty lujitekuitu ja sidosaine määrittävät lopputuotteen ominaisuudet. Maailman pultruusiomarkkinat kasvavat nopeasti. Pääosin kasvussa on kyse uusien käyttökohteiden löytymisestä teollisuudessa, sekä tuotantoresurssien lisääntymisestä. Merkittäviä toimijoita maailman pultruusiomarkkinoilla on joitakin kymmeniä.



Kevytrakenteinen lentokenttien lähestymisvalojen pylvään ylimmän osan pienoismalli lasikuitukomposiitista. Täysikokoinen pylväk hajoaa törmäyksessä turvallisesti palasiksi.



Pultruusio ("pull through") eli suulakeveto on Exelin ydinosuamista. Pultruusio -tehdään vetämällä lujitekuidut muotin läpi, samalla kun sidosaine kovettuu ja yhdessä lujitteen kanssa muodostaa jatkuvaa profiilia.

Exel, johtava pultruusiossa

Suomalainen vuonna 1960 perustettu Exel Oyj on suurin pultruusiotekniikalla valmistettujen tuotteiden valmistaja maailmassa. Exel käyttää itsekehitettyjä tuotantomenetelmiä. Sillä on 11 tuotantolaitosta, joista Suomen tuotantolaitokset sijaitsevat Mäntyharjulla ja Kiihtelysvaarassa. 70 -luvun olympialaisissa Exelin valmistamat komposiittisauvat tekivät näyttävän kansainvälisen läpimurtonsa. Yritys tuottaa edelleenkin korkealuokkaisia hiihto- ja kävelysauvoja maailmanmarkkinoille.



“Komposiiteilla on vielä paljon tutkimattomia sovellusalueita. Rääätälöimme ratkaisuja kunhan vain asiakkaat kertovat meille tarpeensa”, sanoo Jari Sopenen

- Toimintamme jakautuu teollisuusliiketoimintaan ja sporttliiketoimintaan. OEM -valmistajana teemme esimerkiksi komposiittimastoja. Suurin potentiaali tulevaisuudessa on teollisuuden uusissa ratkaisuisissa, sanoo Exel Oyj:n teollisuusliiketoiminnan myyntijohtaja Jari Sopenen.

Komposiittiteknologian menestyksekkäs soveltaminen on kolmen eri asian summa. Tarvitaan osaamista lujitekuiduista, sidosaineista ja valmistusteknologiasta..

- Pultruusiotuotannossa olemme johtava maailmassa. Muita tuotantomenetelmiä joita käytämme ovat pullwinding, co-winding ja jatkuvatoiminen laminointi. Pullwinding -menetelmässä pitkittäisten kuitujen lisäksi kelataan kuituja poikittain. Co-winding -menetelmässä pullwinding -ominaisuuksien lisäksi voidaan valmistaa poikkileikkaukseltaan muuttavia tuotteita, kuten esim. suksisauvoja. Jatkuvatoiminen laminointi mahdollistaa yli metrin levyisten ohuiden komposiittilaminaattien valmistuksen, Sopenen kertoo.

Komposiittiteknologian hyväksikäytössä tulevaisuuden kasvavia aloja ovat mm. kuljetusväline-teollisuus, infrastruktuuri, tuulivoima, offshore, kuluttajatuotteet sekä rakentaminen. Toisaalta moni sovellus ei ole vielä löytänyt komposiitteja.

- Komposiiteilla on vielä paljon tutkimattomia sovellusalueita. Rääätälöimme ratkaisuja ja autamme asiakkaita eteenpäin komposiittien hyödyntämisessä, kunhan he vain kertovat meille tarpeensa. 95 % teollisuusliiketoiminnan tuotteistamme on asiakasrääätelöityjä. Oikein valituilla materiaaleilla ja tuotantomenetelmillä voidaan tarjota teknisesti soveliaita ja hinnaltaan kilpailukykyisiä ratkaisuja Sloganimme onkin “Reinforcing Your Business”, sanoo Sopenen.

OTA RAKENTEIDEN HIILIKUITUKOMPOSITTIVAHVISTUS KÄYTTÖÖSI



Tämä dokumentti löytyy sähköisenä osoitteesta: www.teke.fi/hiilikuitu.pdf
Lisätietoja tuotteistamme ja palveluistamme: www.teke.fi

Myynti ja asennus:



Teke (Kymen Teollisuuskehitys Oy)
Kivistönkuja 5, 45370 Valkeala
Esa Moilanen
puh. 040 730 2862
esa.moilanen@teke.fi
www.teke.fi



Suomen Rakennevahvistus Oy
Susikuja 9, 04130 Sipoo
Kari Seppälä
puh. 0400 870 256
kari.seppala@suomenrakennevahvistus.fi
www.suomenrakennevahvistus.fi