

ENERJİDE KOMPOZİT: RÜZGÂR TÜRİN KANATLARI

Erdem Tefik ÖZDEMİR, Dokuz Eylül Üniversitesi

Kompozit kelime anlamı olarak karma veya değişik tarzları bir arada taşıyan demektir. Bu malzemenin dikkat çeken özelliği bir yönden eksik kalan bir malzemenin başka bir malzeme ile birleşmesi ve aynı anda birden fazla özellik sunmasıdır. Organik ve anorganik bileşenler kullanılarak oluşturulan kompozit malzemeler MÖ'ye dayanan bir geçmişe sahiptir. Günümüzde başta ulaşım, inşaat ve enerji olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır.

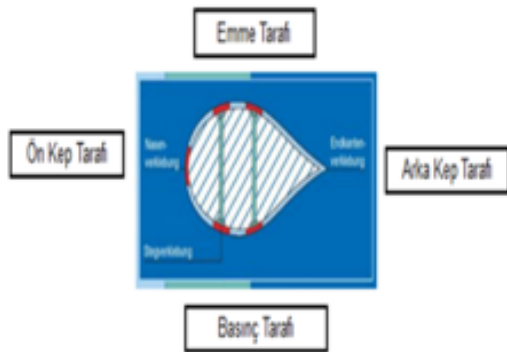
Kompozit malzemeler sahip oldukları hafiflik, yüksek mukavemet, ısıya dayanıklılık ve korozyon dayanımı gibi birçok özellik sayesinde maliyet düşürme ve verim artırma katkılarından dolayı enerji sektöründe kullanılan malzemelerdir.

Bahsedilen bu özellikler nedeniyle rüzgâr enerjisi endüstrisinde kanat imalatında kompozit malzemeler kullanılır.

1. RÜZGÂR TÜRİNİ KANAT ÜRETİMİNDE KULLANILAN TEMEL MALZEMELER

Rüzgâr türbini kanatları sandviç yapıda imal edilen kompozit ürünlerdendir. Ana malzeme olarak epoksi reçine ve kumaşlar

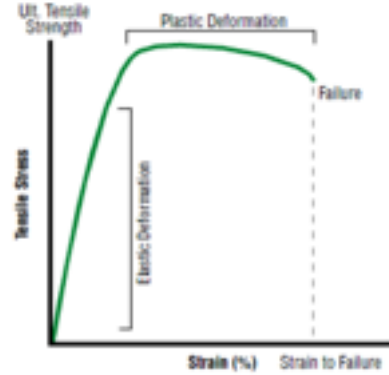
Kullanılırken ara malzeme olarak köpükler, ağaç malzemeler ve bal peteği görümlü malzemeler kullanılmaktadır. Epoksi reçine matris görevi görürken kumaşlar takviye malzemedir.



Şekil 1: Kanat Kesiminde Tanımlanan Bölgeler

1.1. Epoksi Reçine

Epoksi reçine, termosetler grubunda bulunan çok yüksek yapıştırma gücü ile bilinen plastik malzemedir. Bu özelliği dolayısıyla çok geniş uygulama alanları bulunmaktadır. Neme, ısıya, kimyasallara ve aşınmaya karşı mükemmel bir direnç gösterirler ve uzun ömürlüdürler.

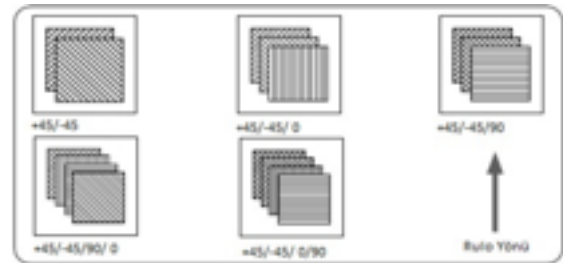


Şekil 2: Epoksi Reçinelerde Görülen Çekme Gerilmesi/Dayanım Eğrisi

Epoksi reçineler, herhangi bir kompozit elemanı oluşturmak için takviye malzemeleri ile birleşmeden önce, üreticiler tarafından belirtilen oranlarda ve uygun yapıda bir sertleştirici ile karıştırılmalıdır.

1.2. Cam ve Karbon Kumaşları

Takviye olarak genelde çok yönlü bir şekilde cam veya karbon liflerinden oluşan ipliklerin dokunması ile elde edilen kumaşlardan yararlanılır.



Şekil 3. Çok Yönlü Dokunmuş Cam Kumaşlarının İplik Açılırlarından Örnekler

Cam yüksek kırılma gücüyle karakterize edilir ve yüksek çatlama hassasiyeti vardır. Ancak, cam küçük çaplarda fiber formuna getirildiğinde bu özelliklerini kaybeder ve iyi mekaniksel karakteristiklere sahip olur. Cam kumaşlar, mineral camlardan (silika, alümina, kireç, magnezya vs...) yapılmaktadırlar. Bu malzemeler düşük maliyetli ürünlerdir ve üretim prosesleri oldukça basittir. Cam kumaşlar, mükemmel maliyet/performans oranına sahiptirler ve bu yüzden kompozit malzeme üretiminde en çok kullanılan kumaş çeşididir.

Karbon kumaş, poliakrilonitril veya zift iplikçiklerinin yüksek sıcaklıklarda oksidasyonu ile elde edilir. Mekanik özellikleri yaklaşık 1500°C'a kadar korunur. Bu özelliği sayesinde roket nozüllerinde, fren bloklarında, fırın elemanlarında kullanılmaktadır. Karbon kumaş, anti-oksidan tabakayla kaplanarak oksitleyici atmosferlerde de kullanılabilir. Avantajları; kimyasal maddelere, neme ve yorulmaya dayanıklıdır. Elektriksel ve ısı iletkenliği yüksektir. Isıl genişmesi düşüktür. Dezavantajı ise; çok pahalıdır ve anizotropik davranış göstermektedir.

1.3. Ara Malzemeler

Ara malzemeler olarak köpükler, ağaç yapıları ve bal peteği görünümlü malzemeler kullanılmaktadır. Bu malzemelerin kullanımı eğilme dayanımını 3.5 kat, rijitliği ise yaklaşık olarak 7 kat artırır. Buna karşılık ağırlık artışı yalnızca %3 düzeyindedir. Kompozit malzemelerin üretiminde ara malzeme olarak genel olarak şu ürünler kullanılmaktadır:

1.4. Köpükler: Polyvinyl chloride (PVC), Polietilen tereftalat (PET), Polyuretan (PU), Polystyrene (PS), Polyetherimide (PEI), Styreneacrylonitrile (SAN). vb. içeriği olan malzemeler.



Şekil 5. Köpük malzeme

1.5. Ağaç Malzeme: Genelde Balsa Ağacı, nadiren sunta ve kontrplak gibi ağaç malzemeler.



Şekil 6. Kanat İçinde Balsa Görünümü

1.6. Bal Peteği Görünümlü Malzemeler

Kraft kâğıdı, alüminyum, çelik, aramid, karbon, poliüretan, polyester, polietilen, polipropilen ve seramik gibi hammaddelerden üretilen malzemeler.



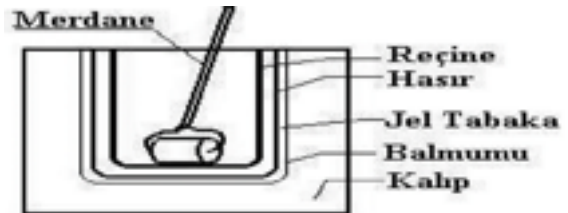
Şekil 7. Bal peteği görünümlü malzeme

2. ÜRETİM YÖNTEMLERİ

Yakın geçmişte "El Yatırması Yöntemi", daha sonra geliştirilerek "Vakum Torbalama ile El Yatırması Yöntemi" ve günümüzde yaygın olarak "İnfüzyon Yöntemi" olarak adlandırılan yöntemlerle kanatların üretimi yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir.

2.1. El Yatırması Yöntemi

En basit üretim yöntemidir. Genellikle keçe veya dokuma biçimli elyaf, daha önceden hazırlanan kalıp içerisine yerleştirilerek, matriksi oluşturan reçine fırça gibi basit el aletleriyle elyafın üzerine sürülür. İstenilen kalınlık elde edilinceye kadar bu işleme devam edilir, böylece tabakalı kompozit üretilmiş olur.



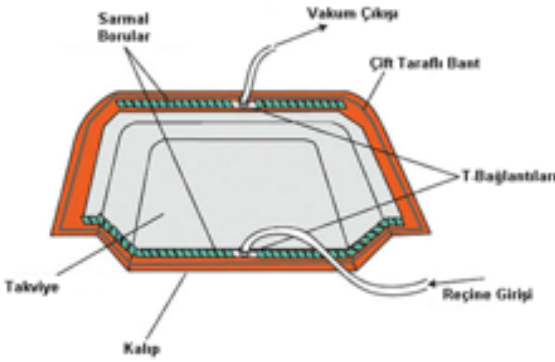
Şekil 4. El yatırma yönteminin üretimi

2.2. Vakum Torbalama ile El Yatırması Yöntemi

Bu yöntemde elle yatırma yapıldıktan sonra vakum uygulanmaktadır. Vakum uygulanmasının en önemli sebebi, mamulün içinde rulolama ile alınamayan hava kabarcıklarının vakum sayesinde ürünün içinden uzaklaştırılması ve bu alanların da reçine ile dolmasının sağlanmasıdır. Bu şekilde üretilen ürünlerin yapılan çekme, basınç ve burkulma testlerinde serbest şekilde yapılan el yatırmasına göre çok daha iyi sonuçlar verdiği kanıtlanmıştır.

2.3. Vakum İnfüzyon Yöntemi

Bu yöntemin temel prensibi, vakum altına alınmış kuru takviye ve dolgu malzemelerinin basınç farkından yararlanılarak reçinenin ilerlemesi ile tamamen doyurulmasıdır. Büyük ölçekli ürünlerde en iyi cam/reçine oranı bu yöntem ile sağlanabilmektedir ki bu da dayanımı çok daha yüksek ve daha hafif ürünler elde edilmesini sağlamaktadır. Reçine kendi başına oldukça kırılğan bir yapıdadır ve bu yöntem çoğunlukla serbest reçinenin üründe kalmasına engel teşkil eder. Diğer yöntemlere göre maliyetleri daha fazla olmasına rağmen iş güvenliği ve işçi sağlığı açısından riskleri daha azdır. Bu yöntemin rüzgâr türbini kanatlarında kullanılmaya başlanması ile birlikte özellikle kalıp yapım teknolojileri de oldukça gelişmiş, kendinden ısıtılmalı (su ya da elektrik ile), vakum girişleri hazır, izolasyonları yapılarak ısı kayıplarının en aza indirildiği kalıplar üretilerek ürün kalitesinin daha da artması sağlanmıştır.



Şekil 5. Vakum infüzyon sistemi

3. RÜZGÂR TÜRBİN KANADININ ÜRETİM SÜRECİ

Rüzgâr türbin kanat üretimine kanadın tasarımı yapılarak başlanmaktadır. Tasarımı yapılmış kanadın üretim süreci aşağıdaki gibidir.

Öncelikle malzeme tedarikinde bulunularak hammadde hazırlanır. Kullanılacak olan kumaş, reçine ve ara malzemelerin istenilen ölçüm değerleri sağlanması önemli etkindir.

Kanadın bazı parçalarının önceden hazırlanması gerekmektedir. Bunun sebebi o parçaların buldukları bölgelerde gerilim daha çok olması ve o bölgelerin daha rijit ve mukavim olması istenmesidir.

Genellikle vakum infüzyon yöntemi ile üretilen basınç ve emme kabukları ile omurgalar epoksi reçine ile hazırlanmış hamur kıvamındaki yapıştırıcı sürülüp kürleyerek yapıştırılır.

Kabaca hazırlanmış olan kanat kalıptan çıkartılarak yüzey özelliklerinin iyileşmesi amacıyla taşlama işlemine tabi tutulur. Taşlama kabininde benzer şekilde kanadın içinde kullanılan tüm kompozit parçaların kesilmesi işlemleri de yapılır. Bunun yanında, parçalarda ya da kanat yüzeylerinde yapılan kontrollerde görülen herhangi bir infüzyon ya da yapışma hatası burada taşlama işlemi yapılarak tamir yapılmaya hazır hale getirilir.

Taşlama işleminden sonra kanadın kurulumunda kullanılacak olan civata ve somunlar için delikler açılır. Delikler açılmadan önce yüzeyin düzlüğü sağlanması için kesme işlemi gerçekleştirilerek kanattan bir kesit alınır.

Bu işlemlerden sonra varsa tamir işlemleri yapılır ve yıldırımsavar bağlantısı kanatlara eklenir. Yıldırımsavar takılırken teknik veriler ve tasarım kriterleri göz önünde bulundurulmalıdır. Bazı kanat üreticileri soğuk iklimlere dikilecek türbin kanatlarına, buzlanmayı önleyici, ısıtma sistemleri de monte etmektedirler.

Kanadın üzerine eklenecek parçalar ve kompozit üretimlerin tamamı bitirildikten sonra kanadın dış etkenlerden korunmasını sağlayan kaplama sistemlerinin ve yüzey pürüzlülüğünü azaltan boya sistemlerinin uygulaması yapılmaktadır. Bu işlemler kanadın üzerine yapılacak son işlemlerdir.

KAYNAKLAR

- 1-CAM ELYAF San.A.Ş., *Cam Elyaf Sanayii Yayınları, CTP Teknolojisi*
- 2-Karabağ S., „İzmir Rüzgar Sempozyumu ve Sergisi Rüzgar Türbini Kanadı İmalatı,İzmir, 2011
- 3-Berthelot Jean-Marie, *“Composite Materials, Mechanical Behavior and Structural Analysis”,Nisan 1997*
- 4-Uysal, A., *Rüzgâr Türbini Kanat Malzemelerinin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2008.*
- 5-Kaçan, Y. Ö., *Derecelendirilmiş Kompozit Malzemeden Rüzgâr Türbin Kanadı Tasarımı ve Teknik Bilgi Paketi Hazırlanması, Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi, 2014.*