



Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

**BUTEXCOMP**

# “Kompozit Malzeme ve Teknik Tekstil Prototip Üretim ve Uygulama Merkezi” Teknik Destek Projesi

KONU: Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojileri Ve Kompozit Malzeme Kalite Kriterleri, Kalite Yöntemleri





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.1. Kompozit Malzemelerin Hızlı Üretimi

Kompozit malzemeler uzun seneler boyunca “üretim hızı düşük bir yöntem” olarak tanınmıştır. Bunun en büyük sebebi, özellikle el yatırma yönteminin dünyada yaygın olmasıdır. Ancak özellikle 2000’li yıllardan sonra sektörde önemli gelişmeler, teknolojik ataklar olmuş ve artık kompozit malzemeler de hızlı üretilebilir hale gelmiştir.

Gelinen noktada 20sn-240sn arasında üretimler mümkün olabilmektedir. Ancak bu tekniklerin birçoğu Termoplastik Üretim Teknikleri kapsamında olup Termoset Üretim Tekniklerinde birkaç uygulama dışında üretim hızları oldukça düşük sayılabilir.

Teknoloji ve malzeme bilimi geliştikçe kompozitlerin üretim hızları da azalmaya devam edecek ve hızlı üretim teknikleri yelpazesi genişleyecektir.

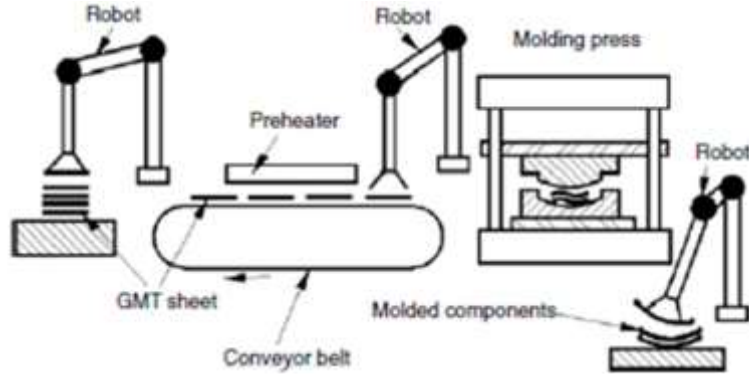




Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.2. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojileri / 1.2.1. Sıkıştırırmalı Kalıplama (GMT)

GMT'nin (Cam Mat Termoplastik) sıkıştırırmalı kalıplaması, SMC tekniğinin sıkıştırırmalı kalıplamasına çok benzerdir, en büyük fark, süreçte kullanılan ham maddenin tipidir. Termoplastik sıkıştırma kalıplamada, yüksek hacimli parçalar yapmak için GMT kullanılır. Bu, termoplastik yapısal parçalar yapmak için yaygın ticari uygulamalarda kullanılan tek termoplastik üretim tekniğidir. İşlem öncelikle otomotiv endüstrisinde kullanılır. Süreç, SMC'nin sıkıştırma kalıplama işleminden iki ila üç kat daha hızlıdır.

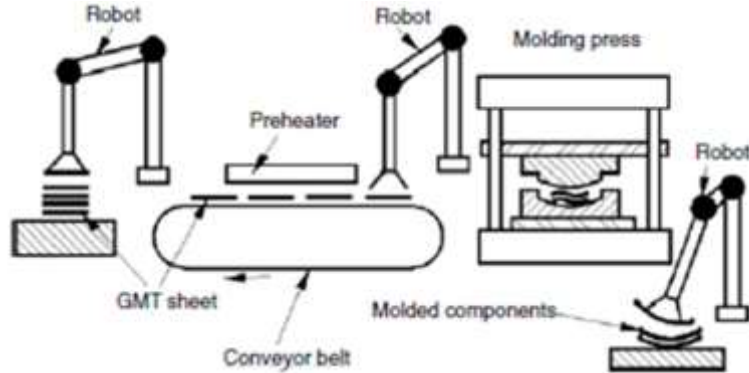




Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.2. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojileri / 1.2.1. Sıkıştırılmalı Kalıplama (GMT)

Takviyeli termoplastik kompozit levha preslemesi, yüksek darbe mukavemeti ile sertliği bir arada sağlayan özel bir teknolojidir. Proseste termoplastik reçine ve cam elyafı takviyesinin önceden birleştirilmesiyle elde edilen levha kullanılmaktadır. Önceden belirlenen sıcaklıkta ısıtılmış bu levhalar, kalıp boyutuna uygun olarak plakalar halinde kesilir, uygun sıcaklığa gelen plakalar prese monte edilmiş maçalı kalıplar arasına yerleştirilir ve kalıplar kapatılarak plakalar şekillendirilir. Prosesin temeli, kızılötesi veya sıcak hava fırınında önceden ısıtılan kompozit plakaların preslenmesine dayanır. Polipropilen için plakaların ısıtılma sıcaklığı 200-215°C mertebesinde olup, ısıtılan plakalar yüksek hızda çalı şan prese yerleştirilir. Basınç aralığı 100-200 bar mertebesinde olup, kalıplama süresi parçanın kalınlığına bağlı olarak genellikle 30-90 saniye sürmektedir. Ortalama olarak, 42.500–105.500 kg./cm<sup>2</sup> arasında değişen bir eğilme modülü aralığı elde edilmektedir. Döküm evrimi süreleri tipik olarak 30sn ila 60sn arasında değişir. SMC kalıplama işleminden farklı olarak, kalıp boşluğuna döşenmeden önce, reçinenin erime sıcaklığının üzerinde bir konveyör donanımlı fırında ısıtılır.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.2. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojileri / 1.2.1. Sıkıştırırmalı Kalıplama (GMT)



60 saniyeden daha kısa çevrim sürelerinde büyük parçalar üretme kabiliyeti ile kalıplama süreci, en verimli proseslerden biri olarak kabul edilmektedir. Bu, yapısal termoplastik kompozit parçalar yapmak için endüstride kullanılan tek termoplastik üretim işlemidir. Bu süreç, tampon kirişleri, panolar, dizlikler ve diğer otomotiv yapısal parçaları yapmak için kullanılır.

Elyaf/m yüksek basınç gereklidir, matris ayrılmasını önlemek için yüksek reçine viskozitesi gereklidir. Reçine olarak öncelikle polipropilen kullanılmakla birlikte, PET, PBT ve PC (polikarbonat) gibi termoplastik reçine türleri de kullanılmaktadır.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.2. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojileri / 1.2.1. Sıkıştırırmalı Kalıplama (GMT)



GMT KALIPLAMA YÖNTEMİNİN AVANTAJLARI;

- Yüksek mukavemet, yüksek darbe dayanımı
- Çok amaçlı kullanılabilirlik
- Yüksek verimlilik
- Düşük spesifik ağırlık
- Geri dönüştürülebilirlik
- Uygun maliyet
- İyi kimyasal dayanım

GMT KALIPLAMA YÖNTEMİNİN DEZAVANTAJLARI;

- Yatırım harcamaları SMC de olduğu gibi yüksektir ve benzer kısıtlamaları vardır.
- Kullanıcı sayısının az olması sonucu olarak, rakip malzemelere göre fiyat performansı düşük kalmaktadır.
- Isı dayanımları termoset reçinelerin kullanıldığı proseslerde olduğu kadar yüksek değildir.



Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.2. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojileri / 1.2.2. Sıcak Presleme/Prepreg



Prepreg, “pre-impregnated” teriminin kısaltması ve reçine emdirilmiş kompozit kumaşları için kullanılan terimdir. Dokunmuş ya da tek yönlü cam, karbon ve aramid kumaşlar üzerine reçine sisteminin emdirilmesi ve yarı küreleştirilmesi ile ürün oluşturulmaktadır. Prepregler küreleme için gerekli reçine ve sertleştirici karışımını içerdiğinden ilave reçine işçiliği gerektirmeden serime hazır haldedir.

Prepregler belirli bir basınç ve sıcaklık altında kürenirler. Küreleme sonucunda emdirilen reçine sertleşerek ısıl ve kimyasal dayanımı yüksek, hafif ve çok dayanıklı bir kompozit yapı oluşturur. Prepregler termoset ve termoplastik olarak iki ana kategoriye ayrılır. Prepreg Sıcak Presleme uygulaması, SMC Sıcak Presleme ile aynıdır, sadece kullanılacak olan prepreg malzemenin teknik özelliklerine göre pres ve kalıbın sıcaklık, basınç gibi parametreleri ürüne özel olarak ayarlanır. Prepreg malzemeler çok yönlü, tek yönlü, multiaxial türü elyaflar kullanılarak üretilebilirler.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.2. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojileri / 1.2.2. Sıcak Presleme/Prepreg

Reçine verme işlemini önceden gerçekleştirmiş olduğu için kuru kalma ya da fazla reçine emme gibi durumlar söz konusu değildir. Bu durum da üründe herhangi bir mukavemet kaybı olmaksızın standart ürünler elde edilmesini sağlar. Kullanılan prepreg çeşidine bağlı olarak reçine/elyaf oranı %35-%50 arasında değişim göstermektedir.

Prepreg'le üretimin avantajları olduğu gibi bazı dezavantajları da vardır. Öncelikle kendisi de üretim yöntemleri de diğerlerine göre pahalıdır.

Prepreglerin saklama koşulları da üretici için büyük bir zorluktur. Oda şartlarında 4-6 haftaya kadar saklanabilen çeşitleri olsa da genel olarak -20°C civarında dondurucuda saklanma koşulları vardır. Ayrıca dondurucudan çıkarıldıktan sonra kullanılmaları gerekmektedir.



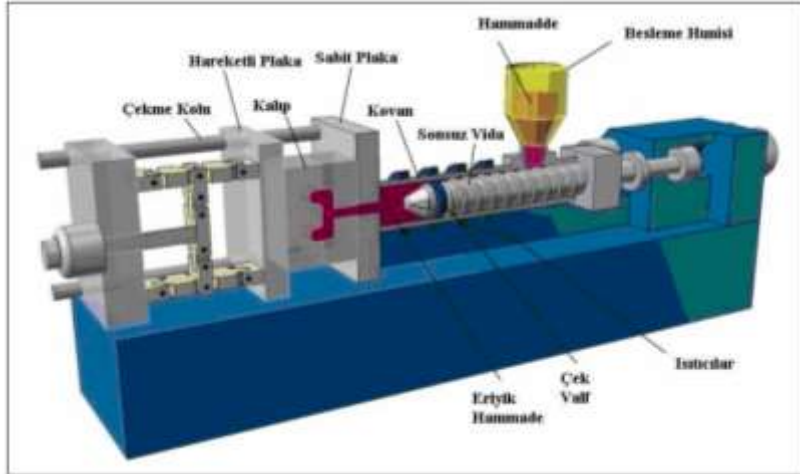




Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.2. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojileri / 1.2.3. Enjeksiyon Kalıplama

Enjeksiyon ile kalıplama seri imalat için en uygun yöntemdir. Genellikle termoplastiklere uygulanan bu yöntem, bazı ek önlemler alınarak termosetlere de uygulanabilir. Günümüzde PE, PS, PP, ABS, SAN, Naylon başta olmak üzere birçok polimer bu yöntem ile işlenmekte ve çok çeşitli ürünler elde edilmektedir. Plastik parçalar temel olarak, toz veya granül halde olan plastik reçinesinin ergitilmesi, kalıp boşluğuna doldurulması ve kalıptan çıkarılması kademelerinden geçirilmesi ile üretilirler. Plastik reçinesi, besleme hunisinin titreşimi ve vidanın dönme hareketi ile enjeksiyon makinesine beslenir. Daha sonra uygulanan ısıtma ve vidanın aksel dönüş hareketi ile oluşan sürtünme ısı ve basıncın etkisiyle eritilip kovan çıkışına (kalıba) doğru iletilir. Eriyik reçine, vidanın ileri doğru ani olarak itilmesi ile silindir çıkışına takılan kalıbın içerisine sıvı halde enjekte edilir. Kalıbın kapama gücü ile 50-260 MPa aralığında oluşturulan yüksek basınç altında 15-20 saniye tutulan ürün, daha sonra soğutulularak kalıbın hareketli bölümünün açılmasıyla itici pimler kullanılarak katı halde dışarı alınır.

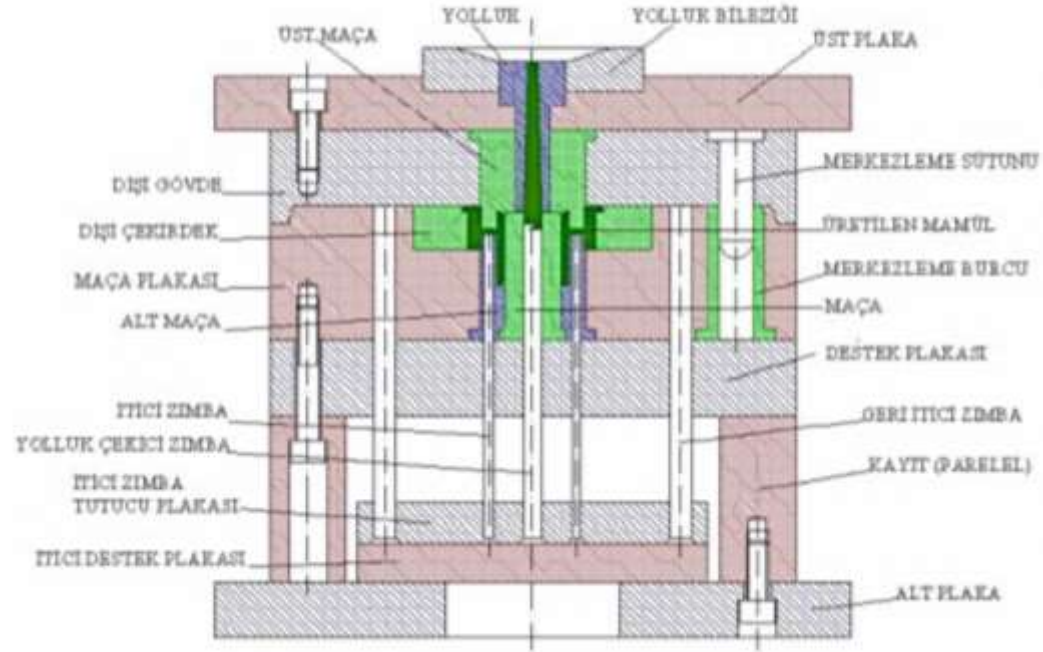




Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.2. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojileri / 1.2.3. Enjeksiyon Kalıplama

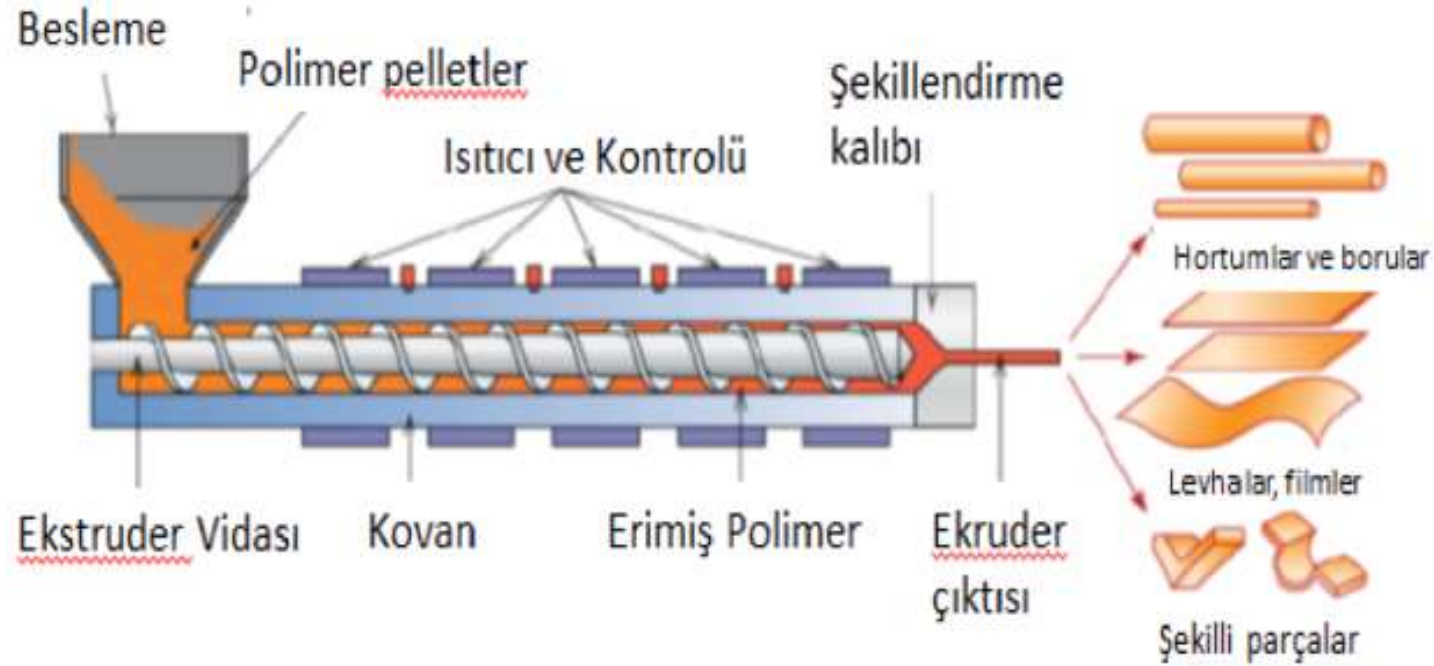
Plastik enjeksiyon kalıpları:





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.2. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojileri / 1.2.3. Enjeksiyon Kalıplama





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.2. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojileri / 1.2.4. Reaksiyonlu Üretim (RIM, RRIM, SRIM)

İki reaktif bileşenin karıştırılarak kalıp boşluğuna enjekte edilmesi ve burada reaksiyon sonucu sertleşmesi esasına dayalı bir üretim yöntemidir. Bu uygulamada ki reçineler genellikle poliüretan (PUR) olup kimi zaman disiklopentadien (DCPD)'de kullanılmaktadır.



Genellikle ısıtmalı alüminyum kalıplarla üretim yapılır. Bir pres ve poliüretan enjekte ekipmanı ihtiyacı da olduğu için oldukça pahalı bir yatırımdır. Çevrim süresi 3 dakikalar içerisinde. \*\*\*Structural reaction injection molding (SRIM) FARKI: Kalıba preforming yatırılır ve enjeksiyon sonrasında başlar. RIM ve RRIM uygulamasından farkı budur.

İki reaktif bileşenin karıştırılarak kalıp boşluğuna enjekte edilmesi ve burada reaksiyon sonucu sertleşmesi esasına dayalı bir üretim yöntemidir. Bu uygulamada ki reçineler genellikle poliüretan (PUR) olup kimi zaman disiklopentadien (DCPD)'de kullanılmaktadır.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.2. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojileri / 1.2.4. Reaksiyonlu Üretim (RIM, RRIM, SRIM)

### TAKVİYELİ REAKSİYONLU ENJEKSİYONALIPLAMA (RIM ve RRIM)

RRIM prosesinde iki ya da daha fazla reaktif reçine tartılıp, yüksek basınç altında karıştırılarak, termoset bir polimer oluşturmak üzere kalıp içine enjekte edilir ve kalıp içinde sertleşme sağlanır. RRIM kalıplama yönteminde reçinenin özelliklerini geliştirmek üzere takviye malzemeleri kullanılır. Takviye malzemesi kullanılmayan yöntem ise RIM denir. Takviye malzemesi olarak kullanılan öğütülmüş lifler karıştırma işleminden önce doğrudan doğruya reçine içerisine ilave edilebilir. Ölçüm işlemleri yüksek basınçlı pompalar veya enjeksiyon silindirleri sayesinde tamamlanır. Genellikle küçük bir “karıştırma odası” kullanılır. İki farklı reçine akışı, yüksek basınç altında ve birbirine ters yönden karıştırma odasına alınır. Karıştırma, bu iki reçine akışının karşılaşmasıyla oluşan yüksek enerji sayesinde gerçekleşir. Düşük viskoziteli reçine karışımı, nispeten düşük basınçla (3,5 bar) kalıba enjekte edilir. Polimerizasyon, kalıp boşluğunda hızlı bir şekilde, dışarıdan ayrıca ısı gerektirmeden gerçekleşir.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.2. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojileri / 1.2.4. Reaksiyonlu Üretim (RIM, RRIM, SRIM)

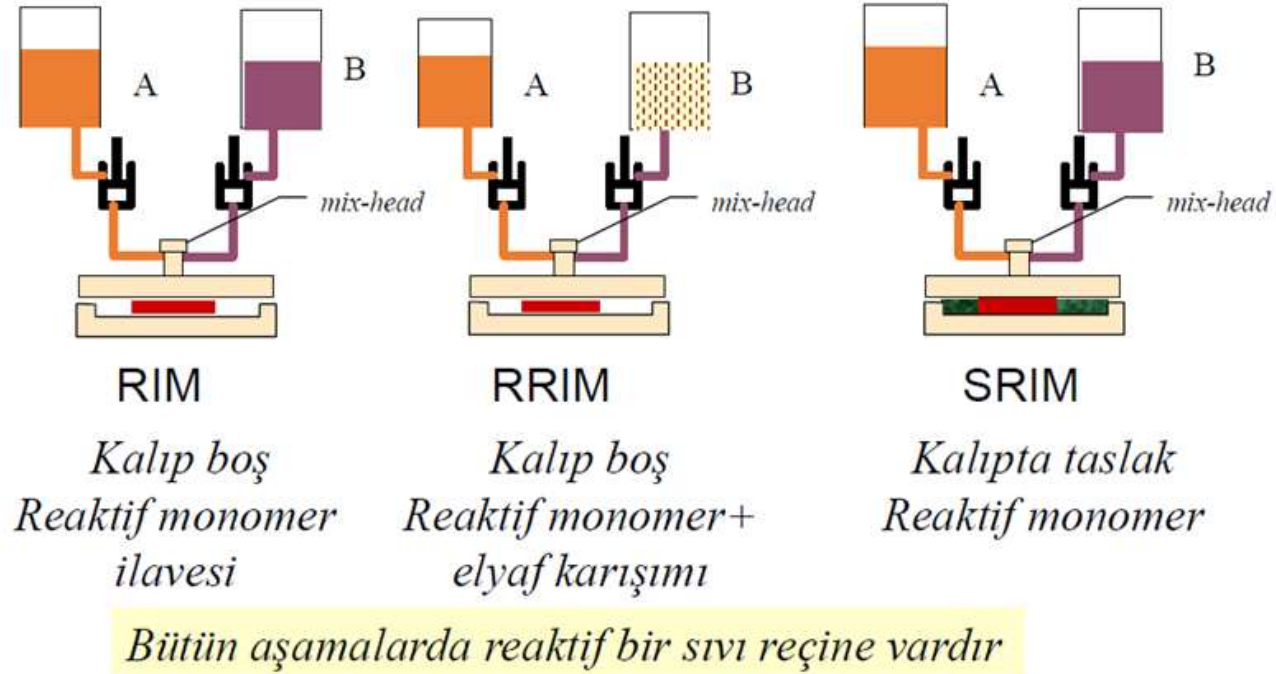
Termoplastik enjeksiyon kalıplama uygulamalarındaki aksine, RIM ve RRIM proseslerinde reçine akımlarının birleşme hattı mukavemet kaybıyla sonuçlanan herhangi bir zayıf nokta oluşturmaz. Günümüzde, taşımacılık, RRIM ürünlerinin kullanıldığı en önemli pazardır. Otomotiv ve kamyon uygulamalarında kullanılan RRIM parçaların başında A sınıfı yüzeye sahip gövde panelleri, ön paneller, tampon bağlantıları, stepne yuvaları ve benzeri ürünler gelmektedir. Poliüre/amid gibi reaktifliği kontrol edilebilir reçinelerin kullanımı daha büyük makineleri, daha geniş parçaları, gündeme getirmiştir. Nitekim, RRIM yöntemi kullanılarak, 45 kg.'dan daha ağır olan, geniş yüzeyli parçalar üretilmektedir. 1988'de, 55 kg. ağırlığında, SRIM yöntemi ile kalıplanmış treyler yatağı, kompozit pazarına tanıtılmıştır. Daha gelişmiş uygulamalar, gelecekte RRIM ürünlerin, pazarda daha çok yer alacağına işaret etmektedir.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

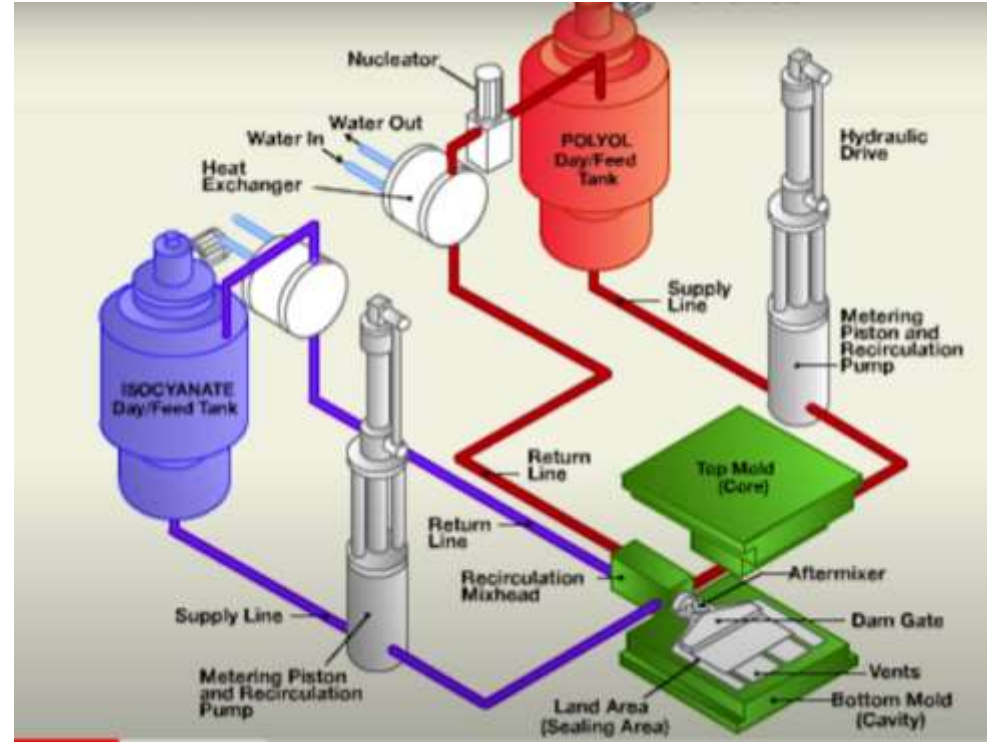
## 1.2. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojileri / 1.2.4. Reaksiyonlu Üretim (RIM, RRIM, SRIM)





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.2. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojileri / 1.2.4. Reaksiyonlu Üretim (RIM, RRIM, SRIM)







Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.2. Kompozit Malzeme Hızlı retim Teknolojileri / 1.2.4. Reaksiyonlu retim (RIM, RRIM, SRIM)





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.2. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojileri / 1.2.5. Şişirme Kalıplama

Isıtılmış içi boş bir termoplastik borunun kalıp boşluğunun şekline uyan kapalı bir kalıpta şişirildiği bir işlemdir. Kalıplama işi için kullanılacak parça «parison» olarak tanımlanır. Şişirme kalıplama için en çok LDPE, HDPE, PP, PVC, PET kullanılmaktadır. Farklı boyutlarda ve şekillerde varil, depolama tankı, su veya yakıt depoları, geri dönüştürülebilir şişelerde, oyuncak, küvet, küçük teknelerde tek kullanımlık konteyner, kapı, bariyer gibi çeşitlilikte ürün bu yöntemi ile üretilmektedir. Ekstrüzyon şişirme (yukarıdaki görsel), enjeksiyon şişirme ve streç şişirme şeklinde üç farklı kalıplama süreci vardır.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.2. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojileri / 1.2.6. Sıcak Presleme/SMC

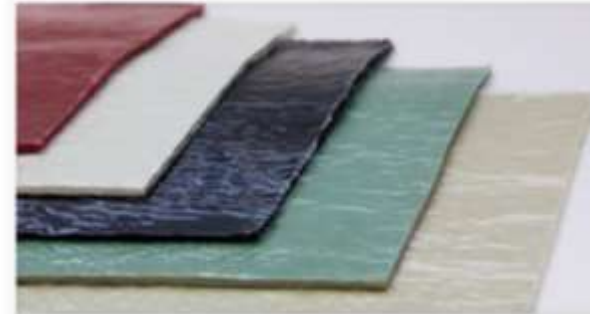


Ürün boyutuna göre 1-6 dakikalık bir çevrim süresi sağlayan hızlı, seri bir kalıplama metodudur. Önceden hazırlanmış, pestil haldeki cam elyafı+polyester+dolgu+katkı malzemeleri karışımının 150°C-170°C sıcaklıkta, 50-120 kgf/cm<sup>2</sup> basınç altında çelik kalıplarda şekillendirilmesi metodudur. Kompozitlerin seri imalatına uygun ve otomotiv gibi sektörlerde yaygın bir yöntemdir. Genellikle yıllık parça sayısı 5000 adet ve üzeri işlerde tercih edilir. Kalıp yatırımı pahalıdır, çelik kalıp ihtiyacı vardır.



SMC, levha formunda Greflen ve kalıplanmaya hazır olan sertleşmemiş bir termoset bileşğidir. Temel olarak termoset bir reçine, mineral dolgular ve cam elyaf takviyesinden oluşan bu malzeme, basınç preslere monte edilen ısıtılmış metal kalıplar vasıtasıyla şekillendirir.

Bu yöntemde, ısıtılmış diği ve erkek kalıpların arasına yerleştirilen SMC levha preslenerek kalıp boşluklarına itir. Tutarlı bir şekilde uygulanan ısı ve basınç levhaların yumuşuyarak kalıbın her bölümünü kusursuz bir şekilde doldurmasını sağlar. SMC tamamen sertleştiğinde, kalıp açılır ve bitmiş ürün kalıptan çıkarılır.

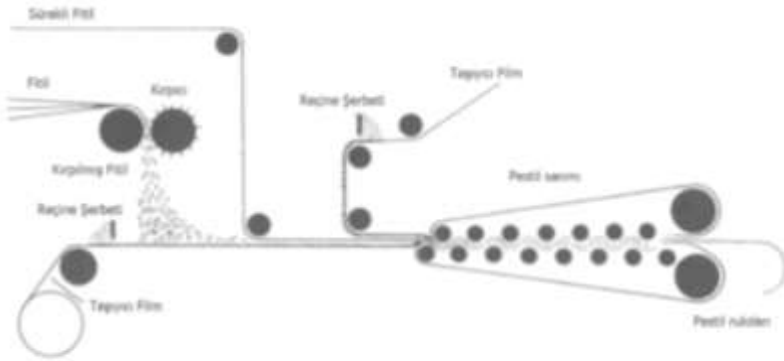




Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.2. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojileri / 1.2.6. Sıcak Presleme/SMC

Bu teknikte parça çevrim süresi, parçanın kalınlığına, kullanılan malzemeye göre değişken olmakla birlikte genellikle 1-6 dakika aralığındadır. Cam elyaf, reçine ve dolgu malzemelerinin iki film arasında birbirine entegre edilmesi ile Sıcak Pres Kalıplama Pestili (SMC) oluşmaktadır. SMC Pestil, istenen bitmiş ürün özelliklerine bağlı olarak cam elyafların genellikle 25 mm uzunlukta kompozitin toplam ağırlığının genellikle % 25-50' si olacak şekilde kırılması ile üretilmekte ve farklı sıcaklık ve basınçlarda kalıplanarak su absorpsiyonu düşük, yüksek kimyasal dayanımlı, yüksek mukavemetli ve metalden hafif bir malzeme haline gelmektedir.



Şekil 2. SMC pestil bileşiminin üretimi [1].

Yüzey kalitesi önemli projelerde Class-A sınıfı SMC pestiller kullanılır. Bu yüzeyin boya uygulaması sonrasında pürüzsüz ve yüksek kalitede olması için uygulanan bir tekniktir.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.2. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojileri / 1.2.6. Sıcak Presleme/SMC



Neden SMC?

- Seri üretim ve verimlilik
- Mükemmel yüzey kalitesi
- Tasarım esnekliği
- Isı ve yangına dayanıklılık
- Düşük iş gücü gereksinimi
- Azaltılmış endüstriyel atık

Dezavantajları;

- Boyutsal sınırlamalar





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.2. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojileri / 1.2.7. Sıcak Presleme/BMC

SMC tekniğine benzer bir yöntemdir, önemli farkı üretiminde pestil yerine hamur malzeme kullanılmasıdır. Ürün boyutuna göre 1-6 dakikalık bir çevrim süresi sağlayan hızlı, seri bir kalıplama metodudur. Önceden hazırlanmış, pestil haldeki cam elyafı+polyester+dolgu+katkı malzemeleri karışımının 150°C-170°C sıcaklıkta, 50-120 kgf/cm<sup>2</sup> basınç altında çelik kalıplarda şekillendirilmesi metodudur. Kompozitlerin seri imalatına uygun ve otomotiv gibi sektörlerde yaygın bir yöntemdir. Genellikle yıllık parça sayısı 5000 adet ve üzeri işlerde tercih edilir. Kalıp yatırımı pahalıdır, çelik kalıp ihtiyacı vardır.



oplulu kalıplama bileşimi (BMC), kıyılmış cam elyafı, reçine macunu ve dolgu maddelerinin hacimli bir karışımıdır . Sisal, asbest, karbon, aramid, kıyılmış naylon bez ve tahta gibi diğer lifler kullanılsa da BMC'de en yaygın takviye lifi E-cam elyafıdır.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.2. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojileri / 1.2.7. Sıcak Presleme/BMC



Bu teknikte parça çevrim süresi, parçanın kalınlığına, kullanılan malzemeye göre değişken olmakla birlikte genellikle 1-6 dakika aralığındadır.

Cam elyaf, reçine ve dolgu malzemelerinin iki film arasında birbirine entegre edilmesi ile Sıcak Pres Kalıplama hamuru (BMC) oluşmaktadır.

İmalatta genel olarak 3 yöntem kullanılır;

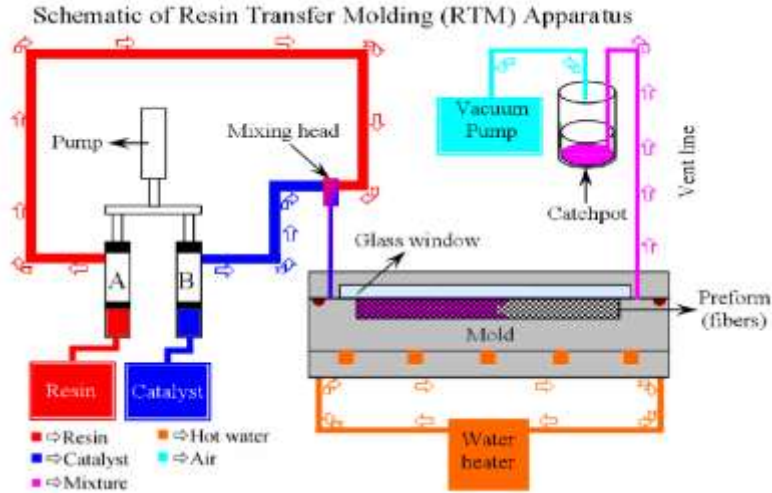
- Sıkıştırılmalı yöntem (presleme).
- Enjeksiyon kalıplama.
- Transfer kalıplama.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.2. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojileri / 1.2.8. Reçine Transfer Kalıplama (RTM)



L-RTM tekniğinden farkı, aynı cihazla yüksek basınçla üretimin yapılmasıdır. Reçine transfer kalıplama (RTM), kompozitler üretmek için orta hacimli bir kalıplama işlemidir. Bu işlem, iki bitmiş yüzeye sahip parçalar üretir. Sıvı kalıplama yöntemi olarak da bilinen bu yöntem önceden şekillendirilmiş veya kesilmiş takviye malzemelerinin erkek ve dişi kalıp arasında alınarak kapatıldığı ve reçinenin kalıba enjekte edildiği bir kapalı kalıplama yöntemidir. RTM'de reçine basınç altında bir kalıp boşluğuna enjekte edilir. Reçine transferi ile kalıplama (RTM), orta hacimlerde (1.000 ila 10.000 parça) yüksek performanslı kompozit bileşenlerin üretimi için kapalı kalıplı bir işlemdir. Kalıplama süresi yaklaşık 1-3 dakika aralığındadır. Kalıp yüzeylerinden birine veya ikisine birden jelkot uygulanabilir. Dış yüzey görünümü daha iyi istenen durumlarda tül veya yüzey keçesi kullanılabilir. Reçine Transfer kalıplama yöntemi ile üretilen kompozit malzemelerin üretimi için genellikle reçine olarak epoxy, polyester, vinylester ve phenolic kullanır. Takviye malzemesi olarak herhangi bir elyaf kullanılabilir. Dikilmiş kumaşlar/elyaflar reçine taşınmasında ve transferinde avantaj sağlarlar.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.2. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojileri / 1.2.8. Reçine Transfer Kalıplama (RTM)

Bu uygulama için öncelikle bir RTM Makinesi ve Alt-Üst Kalıp gerekmektedir. RTM yöntemindeki en büyük problem kuru bölgelerdir. Bu yüzden kalıp çevresine sızdırmazlık sağlaması açısından conta yerleştirilir. Yine contaya yakın kısımlardan hava çıkışını sağlamak ve reçine firesini azaltmak için hava vanaları bulunmaktadır. Düzgün reçine akışı ve kuru bölgeleri elemek için bu hava kanallarına vakum uygulanarak takviye malzemesindeki hava çıkarılır. Vakum aynı zamanda kalıbın hızlı dolmasını da sağlamaktadır.

RTM yönteminde ön form olan takviye malzemesi kalıba yerleştirilir. Sıvı reçine kalıp boşluğuna basılır. Reçine enjeksiyon basıncı birçok parametreye bağlı olarak 69-690 kPa arasında değişir. Reçine ve katalizör farklı tanklarda depolanır ve statik bir karıştırıcıdan geçirilerek kalıba enjekte edilir. Enjeksiyon işlemi aşağıdan yukarıya doğru yapılır. Böylece hava kabarcıklarının minimuma düşürülür. RTM prosesinde, lif ön formları veya kumaşlar takviye olarak kullanılabilir. Dolgu kullanımı da mümkündür.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.2. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojileri / 1.2.9. Profil Çekme/Pultrüzyon

Pull + Extrusion kelimelerinden türetilmiş sürekli profil, boru vb. kompozit ürünlerin üretimini sağlayan bir yöntemdir. Reçine banyosunda emdirilmiş elyaf fitillerinin yada kumaşların sıcak kalıplardan geçirilerek şekillendirilmesi ve sertleşmesini takiben makine hattı boyunca çekilmesi ve belirli boyutlarda kesilmesi esasına dayanır. Bu yöntemde matris olarak genellikle epoxy, polyester ve vinilester reçineler kullanılır. Takviye malzemesi olarak herhangi bir fiber türü kullanılabilir. Core(çekirdek) malzemelerin kullanımına uygun bir yöntem değildir.



Lifler bobinler vasıtasıyla bir reçine banyosu içerisinden ve daha sonra ısıtılmış bir kalıp yoluyla çekilir. Kalıp, lifin emdirilmesini tamamlar, reçine içeriğini kontrol eder ve iyileştirir. Malzeme kalıptan geçerken nihai şekline dönüşür. Bu kürlenmiş profil o zaman Otomatik olarak uzunluğa kesilir. Kumaşlar 0 ° dışındaki yönlerde fiber sağlamak için kalıba sokulabilir. Pultrüzyon sürekli bir süreç olmakla birlikte, sabit kesit profili, 'pulforming' olarak bilinen Kesit içine tanıtılacak bazı varyasyonlara izin verir.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.2. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojileri / 1.2.9. Profil Çekme/Pultrüzyon



Pultrüzyon tekniğinde birtakım üretim yöntemleri aşağıda verilmiştir;

Lineer Pultrüzyon;

Kompozitteki hızlı üretim metodudur. Cam, karbon veya aramid elyaf takviye malzemesinin polyester veya epoksi reçine ile birleştirilerek sıcak bir kalıptan çekilmesi ile kompozit profil oluşturma yöntemidir. Ürün kalıptan çıktıktan kısa bir süre sonra kürlenmiş olur. Çıkan üründe boy sınırlaması olmaz ve kalıbın izin verdiği her türlü kesit sürekli olarak çekilebilir.

Radyüs Pultrüzyon;

Lineer pultrüzyonun belli bir büküm çapında eğri profil oluşturulabilen versiyonudur. Ürünler kalıptan belli sınırlar içinde bükümlü ve kürlenmiş olarak çıkmaktadır.

Pulwinding;

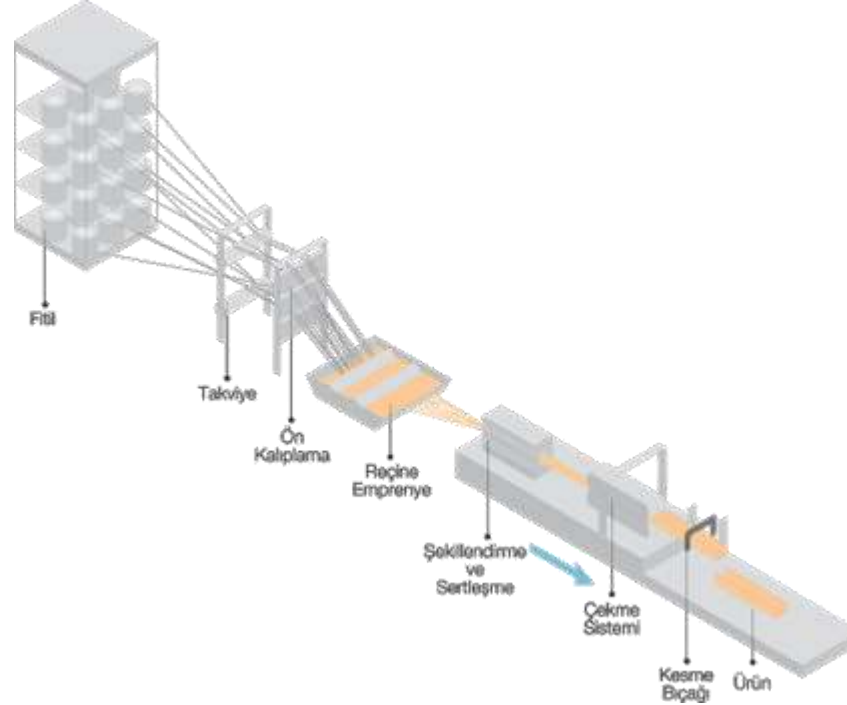
Pulwinding, Elyaf Sarma ve Pultrüzyon yöntemlerinin bir kombinasyonudur.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.2. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojileri / 1.2.9. Profil Çekme/Pultrüzyon



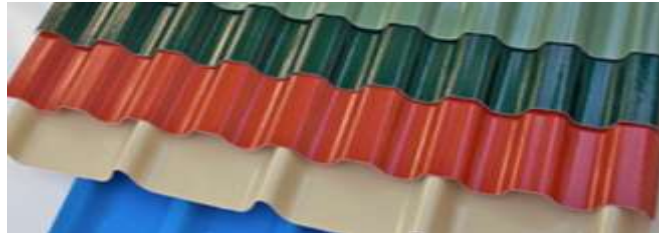


Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.2. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojileri / 1.2.10. Sürekli Laminasyon



Levha formunda kompozit ürünlerin üretiminin sağlandığı prosestir. Özel laminasyon makinelerinde elyaflarla takviyelendirilen reçinenin ısı ve basınç altında hızlı bir şekilde sertleştirilip soğutulmasını takiben bobinlere sarılması yada belirli boyutlarda kesilmesi ile elyaf takviyeli kompozit paneller elde edilmektedir. Yüksek sıcaklıkta bir uygulamadır. Soğuk sertleşme ve sıcak kurutma sistemleri uygulanabilir. Sürekli laminasyon, takviye ve dolgu maddelerinin reçineyle emprenye edildiği ve istenen son ürünle tutarlı kalınlık ve reçine içeriğini kontrol etmek için merdaneler oluşturmaya yönelik bir taşıma prosesi boyunca yönlendirilen oldukça otomatik bir işlemdir. Konveyör üzerindeki malzeme bir ısıtma bölgesinden geçerken, reçine kompozit paneli oluşturmak için organik peroksitler (hızlandırıcı ile veya olmadan) ile sertleştirilir. Bu süreçte üretilen paneller ve levhalar, kamyon treyleri ve yan duvarlar, çatı pencereleri, bina panelleri ve diğer inşaat sektörü uygulamalarını üretmek için kullanılır. Kütleme reaksiyonu için, Asetilaseton-, Metil etil keton- veya Metil izobütil keton peroksitler gibi organik peroksitler kullanılır.





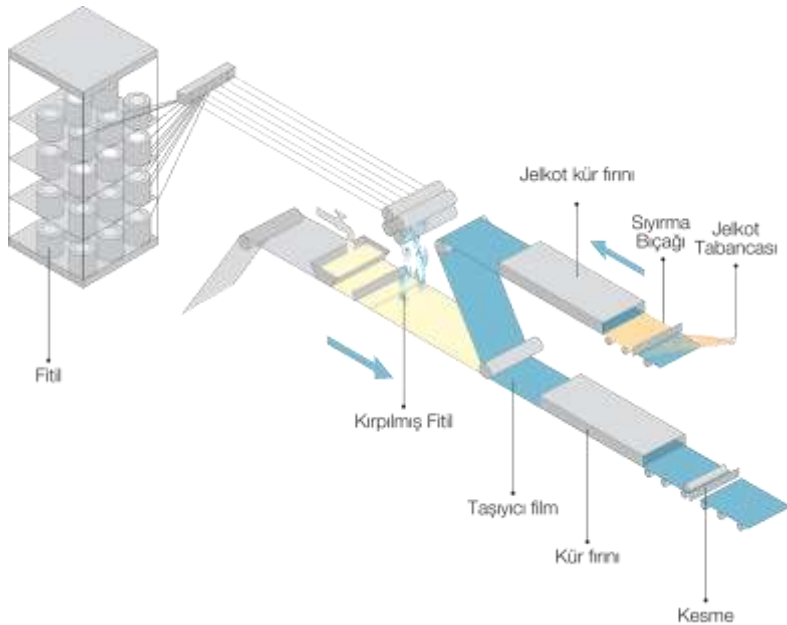
Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.2. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojileri / 1.2.10. Sürekli Laminasyon

Teknik pultrüzyon prosesi ile aynıdır.

Örnek Sürekli Çekme Uygulaması;

Sürekli çekme metodu yüzey kalitesi yüksek, şeffaf/rengli, düz/oluklu levha üretimi için kullanılan bir üretim tekniğidir. Jelkotlu ya da jelkotsuz üretilebilir.



- ① Reçine taşıyıcı film üzerine dökülür.
- ② Cam elyaf fıtl reçine üzerine kırılır.
- ③ Jelkotlu ikinci taşıyıcı film ilk taşıyıcı filmin üzerine uygulanır.
- ④ Sıkıştırıcı silindirler yardımıyla yapısal bütünlük ve düzgün levha kalınlığı sağlanır.
- ⑤ Taşıyıcı film küf fırınına sokulur.
- ⑥ Fırın hattından çıkan levhalar istenilen boyutta kesilir.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.2. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojileri / 1.2.11. Çift Vidalı Ekstrüder



Çift vidalı ekstrüder, güçlendirilmiş plastiklerin üretiminde yaygın olarak kullanılan bir ekipmandır. Geri kazanılmış malzemeler ile endüstride kullanılan mühendislik plastiklerinin hazırlanması, geri kazanılmış kauçuk malzemelerin şok emici katkı malzemeleri olarak polimer matris içerisine yüklenmesi, Türkiye’de yaygın olarak bulunan ancak sını anlamda yurtiçinde değerlendirilmeyen zeolit, huntit, dolomit gibi madenlerin kullanımı ile kompozit malzeme hazırlanması, kısa cam elyafı ya da karbon elyafı takviyeli polimerik kompozitler hazırlanması, yenilenebilir kaynaklardan elde edilecek güçlendirme ve dolgu malzemeleri ile endüstriyel kullanım imkanı sağlayan kompozit malzemeler üretilmesi, bio-bozunur polimerik malzemelerin üretim faaliyetleri ve araştırmaları, çift vidalı ekstrüder ile mümkün olmaktadır.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.2. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojileri / 1.2.11. Çift Vidalı Ekstrüder



Çift vidalı ekstrüder, güçlendirilmiş plastiklerin üretiminde yaygın olarak kullanılan bir ekipmandır. Geri kazanılmış malzemeler ile endüstride kullanılan mühendislik plastiklerinin hazırlanması, geri kazanılmış kauçuk malzemelerin şok emici katkı malzemeleri olarak polimer matris içerisine yüklenmesi, Türkiye’de yaygın olarak bulunan ancak sını anlamda yurtiçinde değerlendirilmeyen zeolit, huntit, dolomit gibi madenlerin kullanımı ile kompozit malzeme hazırlanması, kısa cam elyafı ya da karbon elyafı takviyeli polimerik kompozitler hazırlanması, yenilenebilir kaynaklardan elde edilecek güçlendirme ve dolgu malzemeleri ile endüstriyel kullanım imkanı sağlayan kompozit malzemeler üretilmesi, bio-bozunur polimerik malzemelerin üretim faaliyetleri ve araştırmaları, çift vidalı ekstrüder ile mümkün olmaktadır.







Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.2. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojileri / 1.2.11. Çift Vidalı Ekstrüder



Çift vidalı ekstrüderlerin tek vidalı ekstrüderlere göre birçok avantajı vardır. Malzemeyi ekstrüdere daha iyi besleme ve vida boyunca daha iyi taşıma özellikleri sayesinde, ekstrüder içinde ilerlemesi zor olan toz veya kaygan özellik gösteren malzemelerin işlenmesine olanak sunarlar. Proses esnasında malzemeyi iyi karıştırmaları ve malzemeye iyi ısı transferi sağlamaları neticesinde, işlenen plastik malzemenin sıcaklık kontrolü de çok daha sağlıklı biçimde yapılabilir. Sıcaklığa çok duyarlı olan plastik malzemelerin işlenmesinde, bu çok önemli bir özelliktir.

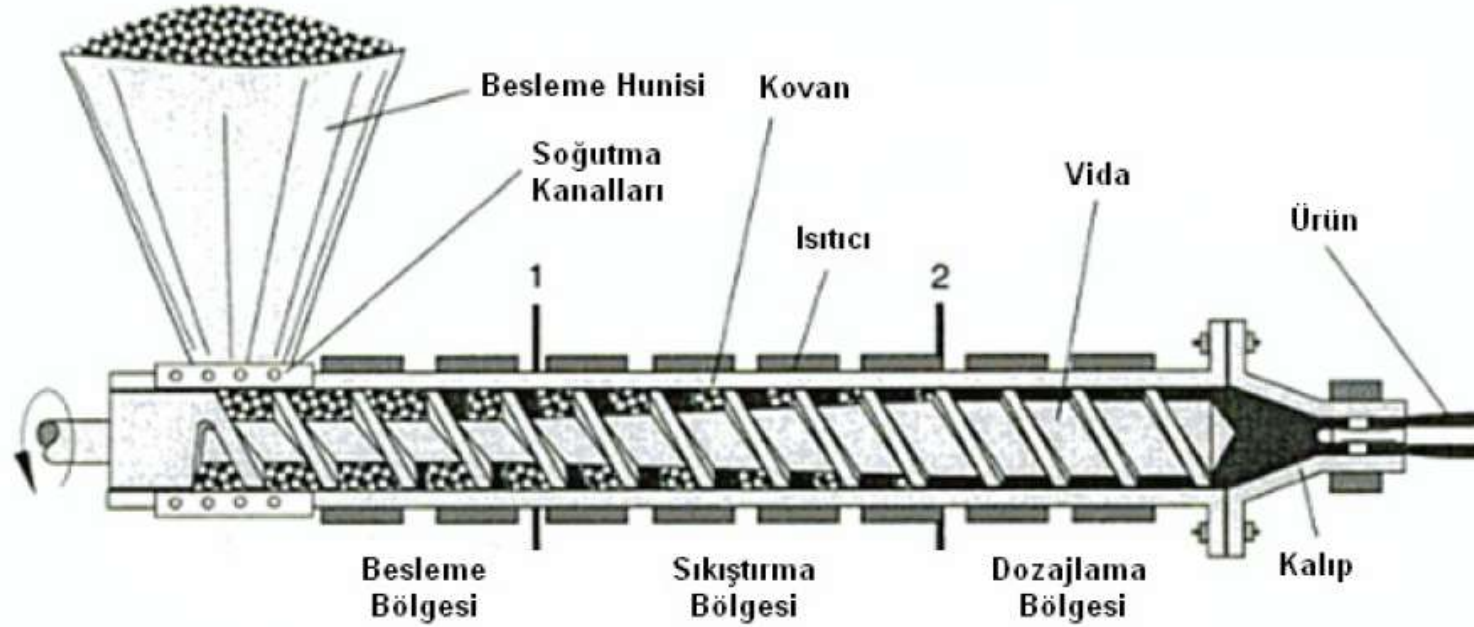
Boru ve profil ekstrüzyonunda kullanılan çift vidalı ekstrüderlerin vida diş üstü ile vida kanal profili iç içe geçer ve aralarında çok az boşluk bulunur. Bu nedenle, 10-40 dev/dk gibi düşük hızlarda çalışırlar. Buna karşılık, eş dönüşlü ve birbirine geçmeli vidalara sahip ekstrüderlerin hızları 300-600 dev/dk mertebelerine kadar ulaşmaktadır. Bu tip yüksek hızda çalışan ekstrüderler, plastik kompaund yapma işleminde kullanılırlar.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

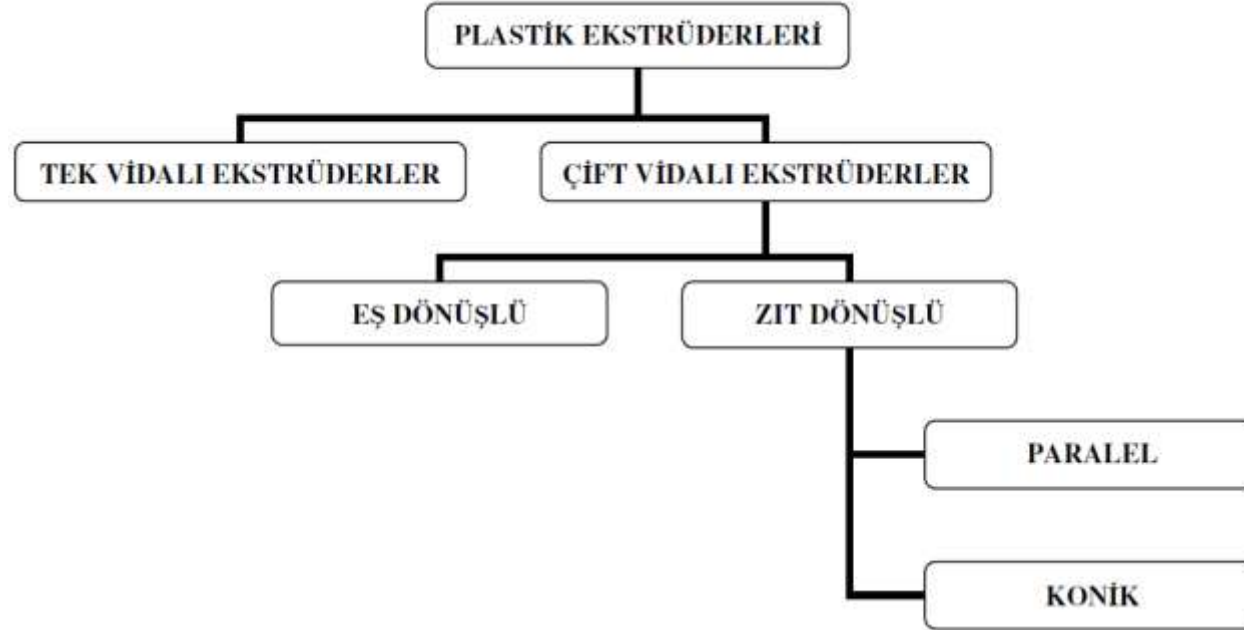
## 1.2. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojileri / 1.2.11. Çift Vidalı Ekstrüder





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

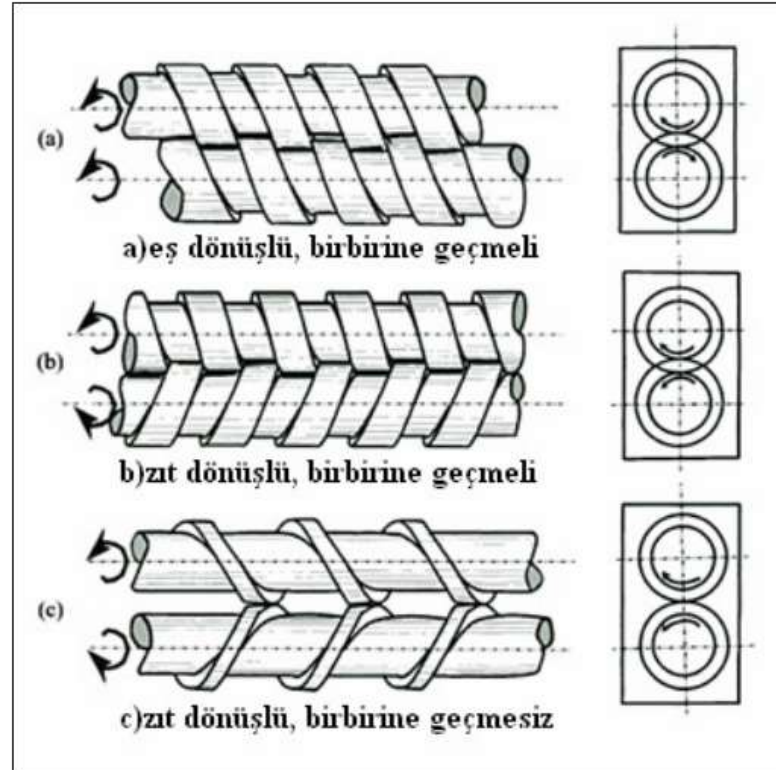
## 1.2. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojileri / 1.2.11. Çift Vidalı Ekstrüder





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.2. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojileri / 1.2.11. Çift Vidalı Ekstrüder





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

### 1.3. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojilerinin Avantajları, Dezavantajları

Avantajları řu şekilde sıralanabilir;

- Seri üretim gerektiren projelerde üretim hızı olarak projeye cevap verilebilmektedir.
- İşçilik ve proses maliyetleri “hızlı üretim nedeniyle” alternatiflerine göre düşüktür.
- Genel olarak yüzey kalitesi yüksek seviyede parça üretimine uygun tekniklerdir.
- Rakiplerine göre mekanik mukavemeti yüksek ürün imalatı şansı genellikle mevcuttur.
- Rakiplerine göre ciddi bir hafiflik avantajı vardır.
- Termoplastik tekniklerle üretilen ürünlerde geri dönüşüm söz konusudur.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

### 1.3. Kompozit Malzeme Hızlı Üretim Teknolojilerinin Avantajları, Dezavantajları

Dezavantajları;

- Yüksek makine/ekipman yatırım bedeli ihtiyacı vardır.
- Yüksek kalıp yatırım bedeli ihtiyacı vardır.
- Seri üretim kalıbı yatırımı öncesinde, prototip denem için aynı şartlarda hızlı ve ucuz prototip üretim imkanı yoktur.
- Kalıp bakımı çok özenle ve sıklıkla yapılmalıdır, bu da bir bakım maliyeti oluşturur.
- Termoset tekniklerinde üretim açısından insan sağlığı ve çevre riskleri mevcuttur, korunma tedbirleri maliyetli ve zordur.
- Termoset tekniklerle üretilmiş ürünlerde geri dönüşüm yoktur ve atıkların bertarafı zordur, pahalıdır.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.4. Hızlı Üretim Kompozit Malzemelerin Kullanım Alanları

- Raylı Sistem Tren imalatında iç ve dış trim ürünler (genellikle SMC).
- Otomotiv imalatında SMC/BMC, Sıcak Presleme, RTM, Enjeksiyon Kalıplama, Reaksiyonlu Üretim (RIM, RRIM, SRIM), Sıkıştırılmalı Kalıplama (Compression Molding/GMT Glass Mat Thermoplastic) ürünler.
- Savunma Sanayinde SMC/BMC, Sıcak Presleme, RTM, Enjeksiyon Kalıplama, Reaksiyonlu Üretim (RIM, RRIM, SRIM), Sıkıştırılmalı Kalıplama (Compression Molding/GMT Glass Mat Thermoplastic) ürünler.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.5. Kompozitlerin Kalite Kriterleri

TERMOSET YAPILI KOMPOZİTLER İÇİN KALİTE KRİTERLERİ;

Termoset yapılı üretimlerde kalite kriterlerinin belirlenmesi çok daha ön plana çıkmaktadır. Bu teknikte genellikle kullanılan polimerler veya takviyeler nedeniyle birtakım sorunlar yaşanabilmektedir. Özellikle post-cure olarak bilinen ve tam kürlenmeyi sağlamayı hedefleyen uygulama oldukça önem kazanmaktadır. Termoset yapılı kompozitler için yaşanabilen önemli kalite sorunları ve bu sorunların kalite kriterlerinin belirlenmesi ihtiyacı genelde aşağıdaki başlıklar altında toplanabilir (tüm teknikler için aynı kriterler geçerli değildir ama genelleme yapabilecek kadar önemli sorunlardır);







Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.5. Kompozitlerin Kalite Kriterleri

- Ölçüsel kontroller, sorunlar: Kompozitler, genellikle esnek yapıda olan ve serbest konumda ölçülmesi zor olan bir malzeme türüdür. Dolayısıyla, form değiştirebilecek hacimde olan kompozit ürünlerin bir kalıp ya da kalıp formunda bir fikstür üzerinde ölçülmeleri doğrudur.
- Hacimsel çekmeler: kompozit malzemeler kalıptan üretilirken hacimsel çekme olasılığı vardır. Örneğin SMC türü tekniklerde “0” çekme olasıdır. Bu yönden de kriterlerin gözden geçirilmesi gerekmektedir.
- Pin-hole deliklenme sorunu: Bu sorun birçok termoset üründe karşımıza çıkabilen bir problemdir. Proses hatalarından, yanlış hammadde seçiminden vb. nedenlerden kaynaklanabilir. Finish yüzey parçalarda (jelkotlu, son kat boyalı vb) görülebilmektedir. Üretim sonrasında zımpara, macun, boya gibi uygulamalarla çözülmeye çalışılmaktadır ve boyanacak ürünler için boya öncesi yüzey hazırlığı çok önemlidir. Ancak her durumda proje anlaşmalarında müşterilerle, son kullanıcılarla “deliklenme kabul kriterleri” üzerinde anlaşma sağlanmalıdır.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.5. Kompozitlerin Kalite Kriterleri

- Hava çıkışı / Laminasyondan gelen büyük deliklenmeler sorunu: Bu sorun birçok termoset ürünün vazgeçilmezidir. Proses hatalarından, yanlış hammadde seçiminden, takviye elyafların kuru kalmasından vb. nedenlerden kaynaklanabilir. Üretim sonrasında zımpara, macun, boya gibi uygulamalarla çözülmeye çalışılmaktadır. Ancak her durumda proje anlaşmalarında “hava çıkışı kabul kriterleri” üzerinde anlaşma sağlanmalıdır.
- Ondülasyon sorunu: Özellikle düz yüzeyli ve orta ve büyük hacimli ürünlerde yaşanabilen bir sorundur. Post-Cure prosesi hatalarından, proses hatalarından, yanlış hammadde seçiminden, yanlış laminasyon kurgusundan, müşteri ihtiyaçlarının tam anlaşılmasından, ürünün nihai kullanımının özel beklentilerinin tam anlaşılmasından vb. nedenlerden kaynaklanabilir. Üretim sonrasında zımpara, macun, boya gibi uygulamalarla çözülmeye çalışılmaktadır.
- Kalınlık sorunu: Elle yatırma, RTM, L-RTM gibi tekniklerde daha da sık rastlanır. Prosesten, kalıp tasarım ve yapım hatalarından, toleransların doğru belirlenememesinden vb. nedenlerden kaynaklanabilir. Sonradan düzeltilmesi/tadilatı oldukça zor bir sorundur.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.5. Kompozitlerin Kalite Kriterleri

- Ağırlık sorunu: Kalınlık sorunu nedeniyle ortaya çıkan bir problemdir. Aynı parça ve aynı kalıptan çok farklı ağırlıklarda ürünler alınması söz konusu olabilmektedir.
- Mekanik mukavemette tolerans dışı durumlar, sapmalar sorunu: Bu sorun birçok nedenle oluşabilir. Hammadde hataları, proses hataları, olası hataları absorbe edebilecek laminasyon tasarımlarının yapılmamış olması, kalıp hataları gibi nedenlerle ortaya çıkabilmektedir. Tadilatı çok zordur.
- Yanma Davranışı şartnamelerine uyumsuzluk sorunları: Raylı Sistemler, Uzay Havacılık, Otomotiv gibi sektörlerde birçok farklı yanma davranışı standart talepleri mevcuttur. Doğru hammadde, doğru kalıp, doğru laminasyon tasarımına rağmen proses hataları, kalınlık sorunu nedeniyle dahi bu problem ortaya çıkabilmektedir.
- Yük altında eğilme sorunu: Bazı projelerde Müşteriler tarafından HDT ve TG olarak bilinen, yük altında eğilme ve camsı geçiş sıcaklığı gibi bariyer değerler verilmektedir. Özellikle yanlış hammadde kullanımı ve hatalı prosesler bu soruna yol açabilmektedir.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.5. Kompozitlerin Kalite Kriterleri

- Dışarıdan görülemeyen laminasyon boşlukları: Özellikle uzay havacılıkta önemli konulardan biridir. Yanlış proses ve hatalı hammadde sorunlarından kaynaklı problemler olasıdır.
- Jelkot çatlaması: Özellikle jelkotlu üretimlerde görülür. Yanlış hammadde seçimi, katalistlerin yanlış kullanımı, proses hataları olası nedenlerdir.
- Hurdaların bertarafı sorun olarak karşımızdadır.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.5. Kompozitlerin Kalite Kriterleri

TERMOPLASTİK YAPILI KOMPOZİTLER İÇİN KALİTE KRİTERLERİ;

- Ölçüsel kontroller, sorunlar: Kompozitler, genellikle esnek yapıda olan ve serbest konumda ölçülmesi zor olan bir malzeme türüdür. Dolayısıyla, form değiştirebilecek hacimde olan kompozit ürünlerin bir kalıp ya da kalıp formunda bir fikstür üzerinde ölçülmeleri doğrudur.
- Hacimsel çekmeler: kompozit malzemeler kalıptan üretilirken hacimsel çekme olasılığı vardır. Örneğin SMC türü tekniklerde “0” çekme olasıdır. Bu yönden de kriterlerin gözden geçirilmesi gerekmektedir.
- Kompozit üretim aşamalarında termoplastik ve dolgu takviye karışımları son derece karmaşık işlemlerle uygulanmaktadır. Bu tür formülasyonları optimize etmek çok fazla deneysel üretim gerektirir ancak yüksek maliyetler doğurur. Sonuç olarak, bu yüksek maliyetleri azaltmak ve optimize edilmiş karışım oranları ile üretim yapmak elzemdir. Bu kapsamda sorunlar olasıdır.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.5. Kompozitlerin Kalite Kriterleri

- Termoplastik kompozitler, nihai kullanım yerinde olası yüksek sıcaklığa maruz kaldıklarında termoplastik yapı nedeniyle şekilsel sorunlar, deformasyonlar yaşayabilirler.
- Kalıpların tasarım ve üretim hataları nedeniyle seri imalatta sorunlar yaşanabilir (kalınlık, bazı bölgelerde zafiyetler, mekanik dayanım problemleri gibi).
- Görünüm istenen parçalarda finish yüzey için astar/boya ve son kat boyama gerekir.
- Termoplastik kompozitler özellikle kapalı kalıplamalarda ve yüksek üretim adetlerinde kalıpları aşındırırlar ve kalıpta deformasyonlar söz konusu olabilir.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.6. Kompozitlerin Kontrol Yöntemleri

Kompozitlerin kontrol yöntemleri sadece literatürde mevcut testlerle sınırlı değildir. Müşteriler, kullanıcılar, ihtiyaçlarına göre farklı test ve muayeneler talep edebilmektedir.

Görsel kontroller için yüzey kalitesi, renk, parlaklık, matlık gibi kontroller uygulanabilmektedir.

Yapısal bazda ve genel anlamda uygulanan literatürde mevcut kontrol/test yöntemleri aşağıda verilmiştir;





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.6. Kompozitlerin Kontrol Yöntemleri

- TAKVİYE MALZEME FİBERLER
  - Kimyasal Teknikler
    - Elementel Analiz
    - Fiber Yapısı
    - Fiber Yüzey Kimyası
    - Boyut İçeriği ve Kompozisyon
    - Nem Miktarı
    - Termal Stabilite ve Oksidasyona Dayanıklılık
  - Fiziksel Teknikler (İntrinsik)
    - Filament Çapı
    - Fiberlerin Yoğunluğu
    - Elektrik Direnci
    - Termal Genleşme Katsayısı (CTE)
    - Termal İletkenlik (TC)
    - Spesifik Isı
    - Termal Geçiş Sıcaklıkları
  - Fiziksel Teknikler (Ekstrinsik)
    - Yarn, Strand veya Roving Verimi
    - Yarn veya Tow Kesit Alanı
    - Yarn Twist
    - Fabrik Konstrüksiyonu
    - Fabrik Alansal Yoğunluğu
  - Fiberlerin Mekanik Testleri
    - Gerilme Özellikleri
    - Filament Sıkıştırma Testi







Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.6. Kompozitlerin Kontrol Yöntemleri

- MATRİS KARAKTERİZASYONU

Bir kompozitte matrisin fonksiyonu fiberleri istenilen pozisyonda tutmak ve dışarıdan gelen yükün fiberlere geçişini sağlamaktır. Matris malzemenin kuvveti genellikle fiberlerin kuvvetinden daha düşük olduğundan, fiberlerin matris içinde yükün büyük kısmını taşıyabilecek konumda yerleştirilmeleri önemlidir. Bu arada matris malzemenin kuvveti ve diğer özellikleri de dikkate alınmalıdır. Matrisin özellikleri kompozitin özelliklerini de etkiler; örnek olarak kompozitin düzlem-içi sıkıştırma, düzlem-içi shear, darbeye direnç performansları gösterilebilir.

- Termal/Fiziksel Analizler ve Özellik Testleri
  - Termal Analizler
  - Reolojik Analizler
  - Morfoloji
  - Yoğunluk/Spesifik Gravite
  - Uçucu Maddeler
  - Nem Miktarı
- Statik Mekanik Özellikler
  - Gerilme (Tension) Testi
  - Sıkıştırma (Kompresyon) Testi
  - Shear Testi
  - Bükülgenlik (Flexure) Testi
  - Darbe (Impact) Testi
  - Sertlik Testi
- Yorgunluk (Fatigue) Testi



Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.6. Kompozitlerin Kontrol Yöntemleri

### • PREPREG MALZEMELER

Yüksek performans kompozitlerin özellikleri ve işlenebilirlikleri, elde edildikleri fiber/reçine preimpregne malzemenin (prepreg) kompozisyonuna bağlıdır. Genellikle, prepregler modifiye veya yüzey-ışlenmiş cam, grafit veya aramid fiberlerin, %28-60 (ađ.) reaktif-kompleks formülasyonlu bir termoset reçine veya bir termoplastik reçineyle impregnasyonuyla elde edilir. Tipik bir termoset reçine formülasyonunda, örneğin, birkaç farklı tipte epoksi reçine, kürlleme bileşiiği, seyrelticiler, kauçuk modifiyerler, termoplastik katkılar, hızlandırıcılar veya katalizörler, kalıntı solventler ve inorganik malzemelerle çeşitli safsızlıklar ve yan ürünler bulunur. Bu tip reçineler prepregleme prosesinde çoğu kez 'aşamalı' olarak veya kısmen reaksiyon verirler ve taşıma, kullanma ve depolama sırasında bileşimleri değişebilir. Çok az kompozisyon değişmesi olmasına karşın, termoplastik prepregler ve kompozitlerin özellikleri ve işlenebilirliklerinde polimerin moleköl ağırlığı, moleköl ağırlığı dağılımı ve kristalin morfolojisi en önemli etkilere sahiptir.

- o Takviye Malzemenin Fiziksel Tanımı
- o Reçine Miktarı
- o Kompozit Prepregin Soxhlet Ekstraksiyonuyla Konstitüent İçeriğinin Tayini
- o Kompozit Prepregin, Matris Miktarının ve Matris Katı Miktarının Tayini
- o Fiber Miktarı
- o Uçucu Maddeler
- o Nem Miktarı
- o İnorganik Dolgular ve Katkı Maddeleri Miktarı
- o Alansal Ağırlık
- o Yapışma ve Drape
- o Reçine Akması
- o Karbon Fiber Epoksi Prepregin Reçine Akması
- o Jel Zamanı





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.6. Kompozitlerin Kontrol Yöntemleri

- AMİNA, LAMİNAT VE ÖZEL FORMLAR; TERMAL / FİZİKSEL ÖZELLİKLER
  - Camsı Geçiş Sıcaklığı,  $T_g$
  - Yoğunluk
  - Kürlenmiş Tabaka Kalınlığı
  - Fiber Hacim Fraksiyonu ( $V_f$ )
  - Boşluk Hacim Fraksiyonu ( $V_v$ )
  - Nem Difüzyivite
  - Boyutsal Kararlılık (Termal ve Nem)
  - Termal İletkenlik
  - Spesifik Isı
  - Termal Difüzyivite
- STATİK UNİAKSİYAL MEKANİK ÖZELLİKLER
  - Gerilme Kuvvetleri
  - Sıkıştırma Özellikleri
  - Shear Özellikleri
  - Bükülgenlik (Flexural) Özellikleri
  - Kırılma Dayanıklılığı Özellikleri





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.6. Kompozitlerin Kontrol Yöntemleri

- UNIAKSIYAL YORGUNLUK (FATIGUE) TESTLERİ

Tek-yönlü kompozit örneklerin statik testi malzeme karakterizasyonu, çeşitli malzemelerin kıyaslanması ve laminat özelliklerinin önceden tahmin edilmesine olanak verir.

- Polimer Matris Kompozitlerin Gerilme-Gerilme Yorulma (Fatigue) Davranışları
- ASTM D6115: Tek-yönlü Fiber Takviyeli Polimer Matris Kompozitlerin (PMC) Mod I Yorgunluk Delaminasyon Başlangıcı

- VISKOELASTİK ÖZELLİK TESTLERİ

Viskoelastik özellikler malzemenin zamana bağlı olarak gösterdiği davranışlardır. Testlerde çeşitli bazlar dikkate alınabilir: örneğin, sabit yük altında zamanın fonksiyonu olarak deformasyonun ölçülmesi (creep testi), sabit deformasyonda zamanın fonksiyonu olarak uygulanan yükün ölçülmesi (stres relaksasyon), veya malzeme responsunun elastik ve viskoz komponentleri tayin için malzemenin bazı daha kompleks yük veya deformasyon özelliklerinin incelendiği verilere göre yapılır.

- Yayılma (Creep) ve Stres Relaksasyon

- YAPISAL ELEMENT KARAKTERİZASYONU

- Mekanik – Bağlı Joint Testler
- Bağlı Joint Testler





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.6. Kompozitlerin Kontrol Yöntemleri

- SANDVIÇ KONSTRÜKSİYONLAR SANDVIÇ YAPI STANDARTLARI
  - Düzlem – İçi Sıkıştırma Testi
  - Düzlem – Dışı Gerilme Testi
  - Bükülgenlik (Flexural) Testleri
- GÖBEK (CORE) MALZEME TESTLERİ
  - Göbek Malzeme Özellik Testleri
  - Düzlem – Dışı Sıkıştırma Testleri
  - Düzlem – Dışı Shear (Kayma, Makaslama) Testleri
- METAL MATRİS KOMPOZİTLER KOMPOZİT TESTLERİ
  - Sürekli Fiber Takviyeli MMC'lerin Mekanik Özellikleri
  - Fiziksel Özellik Testleri
- FİBER TESTLERİ VE ANALİTİK METOTLAR
  - Yüksek-Modül Tek Filament Malzemelerin Gerilme Kuvveti ve Young's Modülü
  - Fiberlerin Gerilme Kuvveti ve Young's Modülü
  - Yüksek Modüllü Fiberlerin Yoğunluğu
- MATRİS TESTLERİ VE ANALİTİK METOTLAR
  - Mekanik Test Metotları
  - Fiziksel Test Metodu





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

## 1.6. Kompozitlerin Kontrol Yöntemleri

- SERAMİK MATRİS KOMPOZİTLER
  - TERMAL TESTLER
    - Difüzyivite
    - Genleşme
    - Spesifik Isı
- MEKANİK ÖZELLİKLER
  - Gerilme Kuvveti Testleri
  - Sıkıştırma Testleri
  - Shear (Makaslama) Testleri
  - Bükülgenlik (Flexural) Testleri
- FİZİKSEL ÖZELLİK TESTLERİ
  - NONDESTRÜKTİV TESTLER (NDT)
    - GÖRSEL YÖNTEMLER
    - TAP (TIKLAMA) TESTLERİ
    - ULTRASONİK YÖNTEMLER
    - RADYOGRAFİ
    - SHEAROGRAFİ
    - TERMOGRAFİ
    - AKUSTİK EMİSYON (AE)
    - HOLOGRAFİK İNTERFEROMETRE





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

# İlginiz için Teşekkür Ederiz!

E-Mail: [info@butexcomp.com](mailto:info@butexcomp.com)



BUTEXCOMP hakkında daha fazla bilgi için:

[www.butexcomp.org](http://www.butexcomp.org)



@butexcomp

