

ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MALZEME BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

TEMAS AÇISI DENEYİ
DENEY FÖYÜ

HAZIRLAYAN

Arş. Gör. Mehmet KURU

2018-SAMSUN

Giriş

Temas açısı hakkında deneysel ölçümler yapmadan önce, ıslatma davranışı, ıslatma mekanizması, yüzeyler arası özellikler ve kuvvetler, yüzey enerjisi, yüzey gerilimi, adezyon ve kohezyon kuvvetleri gibi önemli mekanizmaların anlatılması gerekmektedir. Ancak bu teorik bilgilerden sonra bir yüzey neden ıslanır neden ıslanmaz, bir yüzeyin ıslatılması ya da ıslatılmaması ne gibi sonuçlar doğurur, fiziksel dayanağı nedir, günlük hayattaki göstergeleri nedir gibi soruları yanıtlayabileceğimiz için, öncelikle bu deneylerin altında yatan nedenleri teorik olarak işleyeceğiz.

Hepimizin bildiği üzere bütün katıları ve sıvıları oluşturan atomlar ve moleküller arasında elektriksel bir çekim bulunmaktadır. Bu çekime bağ kuvveti diyoruz. Katılarda bu bağ kuvveti sıvılara nazaran daha güçlüdür o yüzden katı atomlarının-moleküllerinin kuvvetli etkileşimi yüzünden belli bir şekle sahip olurlar. Çünkü atomlar arası mesafe katılarda sıvılara ve gazlara nazaran çok daha küçüktür. Atomlar arası mesafeyi etkileyen faktör ise atomların ortamdaki enerjileriyle uyarılarak yaptıkları titreşim hareketidir. Bir katının sıcaklığını arttırdığımızda atomların bünyesine kattıkları yani soğurdukları enerji de artacak ve sonuç olarak atom altı parçacıkların (elektron-proton- nötronların farklı enerji seviyelerine ulaşması sebebiyle) titreşimi atomları, atomların titreşimi ise malzemeyi ve malzemeyi bir arada tutan bağları tamamıyla etkileyecektir. O yüzden sıcaklığın artmasıyla atomların-moleküllerin titreşim hareketini arttırması doğal sonucunda atomlar arası mesafeler artacak ve sonuçta bir katı için düşündüğümüzde erime olayı gerçekleşmiş olacaktır. Bir sıvının sıcaklık veyahut düşük basınç etkisiyle gaz formuna geçmesi de tamamen bağ kuvvetlerinin verilen enerjiyle kopmasıyla ilgilidir. Sıvı molekülleri arasındaki çekim kuvveti daha az olduğundan sıvı molekülleri arasındaki mesafede daha yüksektir katılara nazaran. Bunun sonucunda sıvılar bulunduğu şeklin kabını alır. Ama bir su damlasının yuvarlak bir şekilde bir yaprak üzerinde durmasının sebebi de yerçekimi etkisinin suyu bir arada tutan bağları tamamen elimine etmemesi yüzündendir. Su damlasının kütlesi azaldıkça suya etkiyen yerçekimi kuvveti azalır bu yüzden suyu bir arada tutan bağlar suyun tamamen katı üzerinde yayılmasını önler. Ama peki neden musluk ucundan düşen bir su damlası küre şeklindedir? Bunu yüzey enerjisi yüzey gerilimi terimiyle açıklıyoruz:

Yüzey enerjisi – Yüzey gerilimi

Termodinamik açıdan bütün atomlar, atomlardan oluşan kütleler olabildiğince az enerjiye sahip olmak isterler. Bu yüzden yüzey alanını küçültmek isterler. Bunun ardında elektrokimyasal etkileşimler yatmaktadır. Aynı şekilde bir su damlasının şeklinin küre biçiminde olmasının

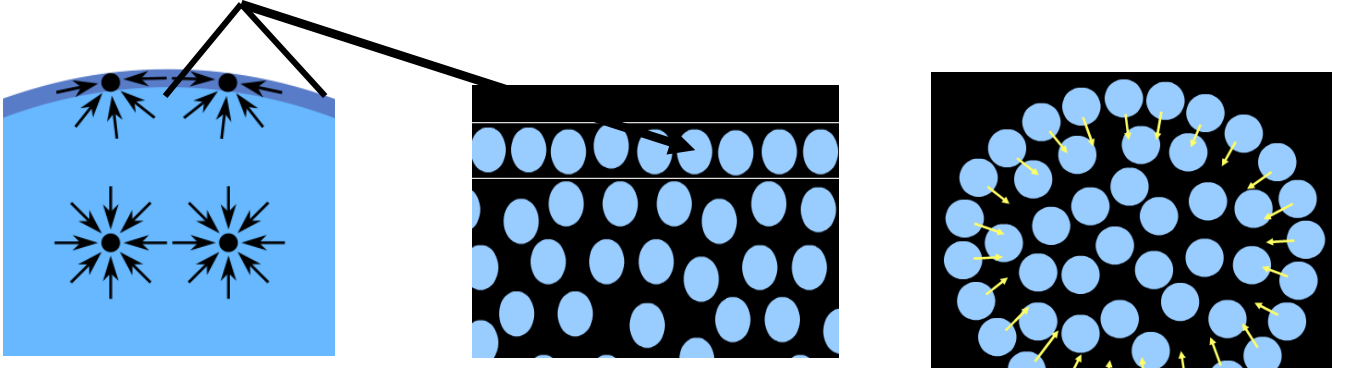
sebebi de yüzey enerjisini ve doğal olarak yüzey alanını azaltma isteğidir. Bunu sağlayan mekanizmaya **yüzey gerilimi** diyoruz. Yüzeyi geren enerjiye de **yüzey enerjisi** diyebiliriz. Sıvılar için düşünecek olursak, bütün sıvılarda şiddeti sıvının türüne göre değişen moleküller arası çekim kuvvetleri bulunmaktadır.

Not: Bir maddenin kendi molekülleri arasındaki çekim kuvvetine **KOHEZYON** denir

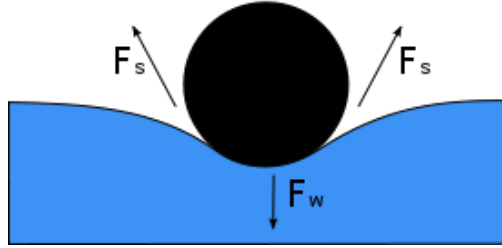
Not: Farklı iki madde arasında var olan ve bu iki maddenin birbirine yapışmasını sağlayan çekim kuvvetine **ADEZYON** denir.

Sıvının iç kısmında moleküller birbirini her yönden çekerler. Yüzeydeki moleküller ise sadece yüzeyin altındaki moleküller tarafından çekildiği için yüzeydeki moleküllerin potansiyel enerjileri yüzeyin altındaki moleküllere göre daha düşüktür. Bu yüzden yüzeydeki moleküller sıvının iç kısmına doğru çekilirken yüzeyde tek molekül bir katman halinde sıkışırlar. Sonuç olarak sıvının yüzeyindeki moleküller daha sıkışık ve daha yoğun bir katman oluşturur. Bunu sıvının yüzeyindeki tek molekül bir zar olarak düşünebiliriz. Yüzeydeki moleküllerin iç kısma doğru çekilmesi ve yüzeyde daha düzenli bir şekilde dizilmesi sonucunda su damlası serbest haldeyken küre şeklini alır. Yüzeydeki bu gerilmeye **yüzey gerilimi** denir. Yani sıvı yüzeyindeki birim uzunluğu geren kuvvettir ve birimi **dyne/cm** dir. Yüzey enerjisi ile yüzey gerilimi aynı şeyin farklı fiziksel nedenlerle açıklanması olayıdır. Sıvılar için yüzey gerilimi ifadesini, katılar için yüzey enerjisi ifadesini kullanmak daha doğrudur. Sonuç olarak bir sıvının yüzey alanını 1 cm² arttırmak için gerekli olan enerjiye de **yüzey enerjisi** denir ve birimi **erg/cm²** dir. Yüzey geriliminin grafiksel özetini aşağıda görebilirsiniz:

Yüzey Gerilimi = γ (dyne/cm) , (N/m)



- ✓ Bazı böceklerin suda yürüebilmesi
- ✓ Bozuk paranın su üzerinde kalabilmesi
- ✓ Bir cımbızın suya batmadan yüzebilmesi
- ✓ Yağın suya karışmaması
- ✓ Ördeklerin tüylerinin yüzerken ıslanmaması
- ✓ Deterjanın sabunun temizlik etkisi yüzey geriliminin etkisinden dolayıdır.



Ara Yüzey Gerilimi:

Herhangi bir sıvının ya da katının yüzey geriliminden bahsederken aslında bahsettiğimiz şey sıvının-katının hava ile temas ettiği yüzeyin gerilimidir. Yani suyun yüzey geriliminden kastımız su yüzeyi ile hava yüzeyi arasında bulunan sıvı atomların oluşturduğu gerilimdir. Aynı şekilde sıvı katı arasında da sıvı-katı ara yüzey gerilimleri vardır. Örnek olarak bu kapiler etkiyi sağlayan şey bu sıvı-katı ara yüzey gerilimidir.

Bazı sıvıların dyn/cm cinsinden havadaki yüzey gerilimleri:
Bu değerleri bine bölerek N/m cinsinden ifade edebilirsiniz.

Sıvı	Sıcaklık°C	Yüzey Gerilimi, γ
Asetik asit	20	27.6
Asetik asit (40.1%) + Su	30	40.68

Yüzey gerilimini etkileyen faktörler:

- Sıcaklık
- Çözünen madde cinsi ve oranı
- Havanın basıncı

Bazı sıvıların dyn/cm cinsinden havadaki yüzey gerilimleri:
Bu değerleri bine bölerek N/m cinsinden ifade edebilirsiniz.

Sıvı	Sıcaklık°C	Yüzey Gerilimi, γ
Asetik asit(10.0%) + Su	30	54.56
Aseton	20	23.7
Dietil ether	20	17.0
Glyserol	20	63
<i>n</i> -Hekzan	20	18.4
Civa	15	487
Metanol	20	22.6
Sodyum Klorit 6.0M Sıvı Çözelti	20	82.55
Sakaroz (Şeker) (55%) + Su	20	76.45
Su	0	75.64
Su	25	71.97
Su	50	67.91
Su	100	58.85

Yüzey gerilimini etkileyen faktörler:

- Sıcaklık
- Çözünen madde cinsi ve oranı
- Havanın basıncı

Not: yüzeydeki su moleküllerinin bir arada tutulup yüzey gerilimi oluşmasını sağlayan Van Der Walls bağlarıdır. Civanın yüzey geriliminden sorumlu bağ cinsi ise metalik bağdır.

Yüzey Geriliminin Bağ Kuvvetleri ile İlişkisi

Yüzey enerjisini – gerilimini etkileyen bağ kuvvetleri iki ana grupta toplanabilir:

DISPERSIVE KUVVETLER (AYIRICI KUVVETLER)

- london dispersive kuvvetleri (ya da van der walls kuvveti)

POLAR KUVVETLER

- dipol dipol kuvveti
- hidrojen bağı
- metalik bağ
- iyonik bağ

$$\gamma_{\text{tot}} = \gamma_D + \gamma_P$$

Bir maddenin yüzey gerilimi, maddeyi bir arada tutan dispersive ve polar kuvvetlerin toplamına eşittir.

Ara Yüzey Geriliminin Bulunması:

Fowkes Denklemi Yöntemiyle Yüzey Gerilimi Modellemesi:

$$\gamma_{SL} = \gamma_S + \gamma_L - 2 [(\gamma_S^D \gamma_L^D)^{1/2} + (\gamma_S^P \gamma_L^P)^{1/2}]$$

Material	Chem Formulation	γ^D	γ^P	γ
Water (L)	H ₂ O	21.7	51.0	72.7
Glass (S)	Si(4+) O(2-) ₂	29.4	43.9	73.3
PTFE (Teflon)(S)	-(CF ₂ -CF ₂) _n -	18.6	0.5	19.1

$$\gamma_{SL} = 72.7 + 73.3 - 2 [(29.4 \times 21.7)^{1/2} + (43.9 \times 51)^{1/2}]$$

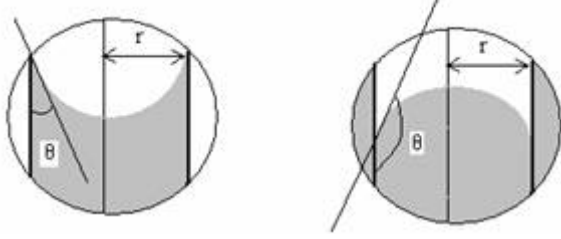
$$\gamma_{SL} = 72.7 + 73.3 - 2 [25.3 + 47.3]$$

$$\gamma_{SL} = 72.7 + 73.3 - 145.2 = \underline{0.8 \text{ mN/M}} \quad (\text{Dyn/cm}) \quad (\text{cam-su ara yüzeyi yüzey gerilimi})$$

Kapilarite Etkisi (Kılcallık):

Kılcallık olayı ilk defa Leonardo da Vinci tarafından ortaya çıkarılmıştır. Bir sıvı ile başka bir maddenin moleküler seviyedeki çekiminin, sıvının kendi molekülleri arasındaki çekim kuvvetinden daha kuvvetli olması sonucunda Kılcallık ya da Kapiler Olay meydana gelir. Bir bitkinin iletim sisteminde veya pürüzlü kâğıtla kolayca gözlenebilir.

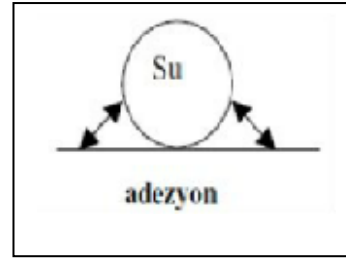
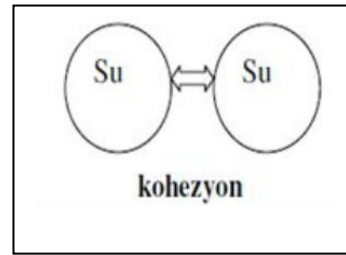
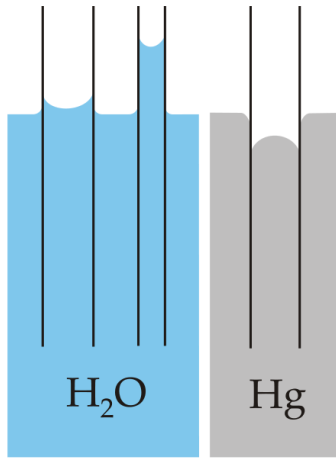
Serbest yüzey sıvı, gaz ve katı gibi üç maddenin bir noktada buluşmaları ile ortaya çıkmış ise, bu halde sıvı molekülleri arasındaki **kohezyon** kuvvetleri ile sıvı-katı arasındaki **adhezyon** (yapışma) kuvvetlerinin sonucu olarak yüzey çekilmesi ortaya çıkar. Yüzeysel çekilmenin değeri sıvı, gaz ve katı cismin cinslerine göre farklılıklar gösterir. Her üç maddeyi belirterek yüzeysel çekilmenin değerini bulmak gerekir. Örneğin su-hava-cam için yüzey çekilmesi, civa-hava-cam üçlüsünün yüzey çekilmesinden farklıdır.



$$h = \frac{2\gamma \cos \theta}{\rho g r}$$

- γ = Yüzey gerilimi, (dyn/cm) (N/m)
 r = Kılcal borunun çapı, (cm) (m)
 ρ = Sıvının yoğunluğu, (g/mL) (kg/m³)
 h = Sıvının kılcal borudaki yüksekliği, (cm) (m)
 g = Yerçekimi ivmesi (981 cm.sn⁻²). (m/s²)

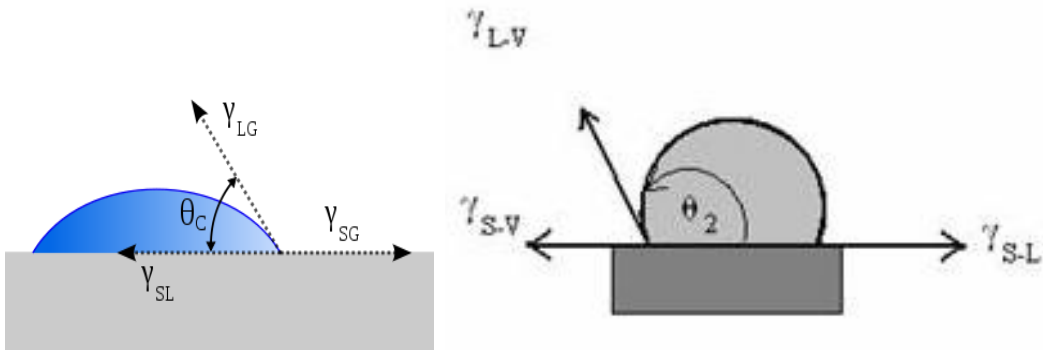
Not: Farklı yüzeylerin birbirini çekme kuvvetine **ADEZYON** denir.



kohezyon < adezyon adezyon < kohezyon

Temas açısı:

Katı yüzey ile temas eden bir sıvı belli miktarda bir açı oluşturur. Bu açı temas edilen katının ne olduğuna, temas eden sıvının ne olduğuna bağlı değişir. Temas açısı ıslanabilirlik derecesini ifade eder. Bu açının büyüklüğü kohezyon ve adezyon kuvvetlerinin büyüklüğüne bağlıdır.



Young Eşitliği

$$\gamma^{sv} = \gamma^{sl} + \gamma^{lv} \cos \theta$$

γ_{K-G} = katı-hava arafazındaki yüzey gerilimi (katının yüzey gerilimi)

γ_{K-S} = katı-sıvı arafazındaki yüzey gerilimi (adezyon gerilimi)

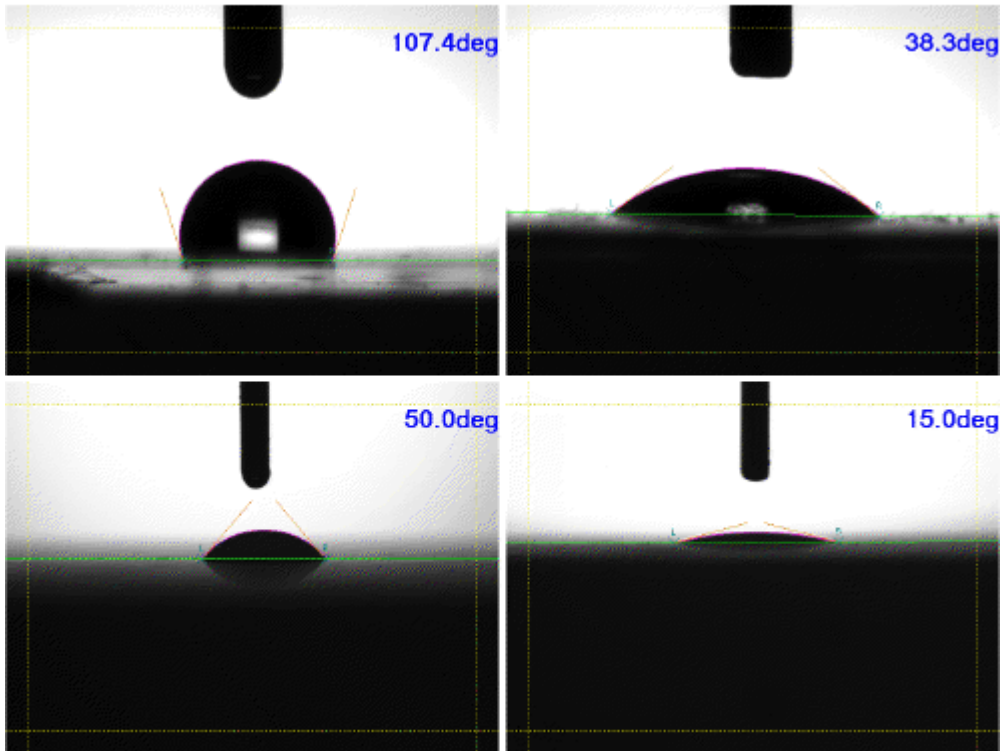
γ_{S-G} = sıvı-hava arafazındaki yüzey gerilimi (sıvının yüzey gerilimi)

Eğer temas açısı 90 dereceden büyükse – **hidrofobik** (ıslatmaz)

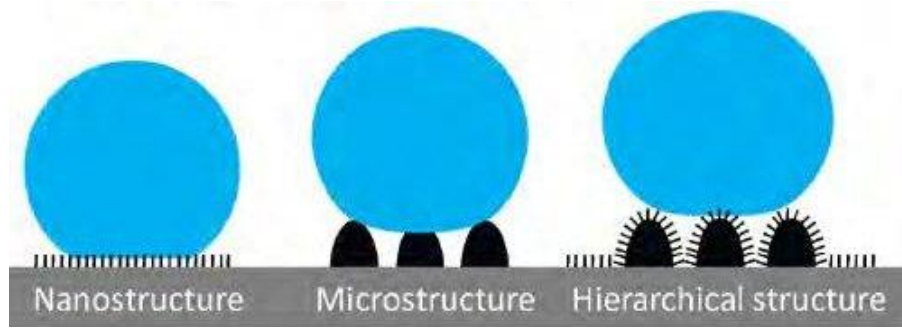
Eğer temas açısı 90 dereceden düşükse – **hidrofilik** (ıslatma)

Eğer temas açısı 140 dereceden büyükse – **süper hidrofobik**

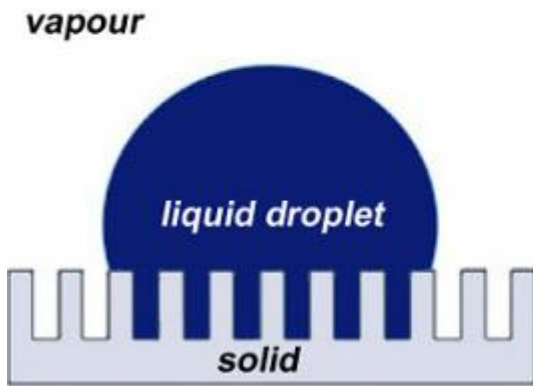
Eğer temas açısı 0 dereceye çok yakınsa – **süper hidrofilik**



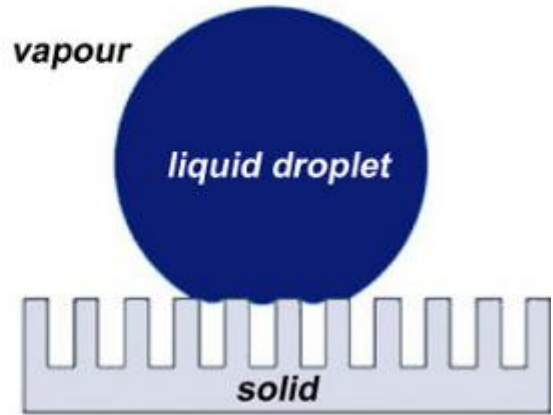
Pürüzsüz yüzeyler süper hidrofobik özellik göstermezler. Süper hidrofobik özellik kazanması için bir yüzeyin mikro-nano düzeyde pürüzlülüğe ihtiyacı vardır. Lotus bitkisinin yüzeyinin suya karşı süper hidrofobik yüzey olarak davranmasının (yaklaşık 147 derece temas açısına sahiptir) sebebi yüzeydeki mikro pürüzlülüktür. Aynı şekilde süper hidrofilik yüzeyler de pürüzlülük ile sağlanabilir. Burada önemli olan pürüzlülüğün derecesi sıklığı şekli ve pürüzler arası mesafedir.



Wenzel's model



Cassie's model



SORULAR

1. Yüzey gerilimi ve yüzeyler arası gerilim ne demektir.
2. Yüzey gerilimi sıcaklıkla, molekül ağırlığıyla ve çözelti derişimiyle nasıl değişir
3. Yüzey gerilim tayin metodları nelerdir.

**ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ**

MALZEME BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

TOZ METALÜRJİSİ DENEYİ

DENEY FÖYÜ

**HAZIRLAYAN
Arş.Gör. Tuğba MUTUK**

1.GENEL BİLGİLER

Her malzeme, kendine özgü fiziksel, mekanik ve işleme karakteristiklerine sahiptir. Bu nedenle malzemeyi son şekline dönüştürmek için uygun bir üretim tekniğinden faydalanılmalıdır. Herhangi bir üretim tekniği, bir malzeme için en iyi teknik olabilirken, bir başkası için verimli olmayabilir. Bir üretim yönteminin başarılı olması için sistemin güvenilir ve maliyet açısından verimli olması gereklidir. Metal matrisli bir kompozit malzemenin üretim tekniği; üretilecek parçanın şekline, istenilen mekanik ve fiziksel özelliklere, matrise, takviye elemanı şekli ve türüne göre belirlenir. Her üretim yönteminin kendine özgü avantajları ve dezavantajları mevcuttur [1]. Üretim yöntemleri; katı faz üretim yöntemleri, sıvı faz üretim yöntemleri, in-situ tekniği ve diğer yöntemler olarak sınıflandırılabiliriz.

1.1. Katı hal işlemleri

Katı hal üretim yöntemlerinde matris malzemesinin ergime sıcaklığı altındaki bir sıcaklıkta farklı işlemler uygulanarak kompozit malzeme üretilir. Katı hal üretim yöntemlerinin başlıcaları;

- Toz metalürjisi
- Difüzyonla birleştirme
- Sıcak haddeleme

Toz metalürjisi yöntemi en yaygın kullanılan kompozit malzeme üretim tekniğidir. Bu yöntemle toz halindeki matris ve takviye elemanları birlikte karıştırılarak mekanik olarak alaşımlanır ve istenilen şekli oluşturmak için kalıba konularak preslenir. Preslemeden sonra sinterleme işlemi uygulanır [2]. Sinterleme sonrasında püskürtme veya haddeleme gibi ikincil işlemler son şekil verme için gerekli olabilir

Difüzyonla birleştirme yönteminde levha veya yaprak şeklindeki matris malzemeleri ile levha veya uzun fiber şeklindeki takviye elemanları üst üste konularak birlikte ergime sıcaklığının altında bir sıcaklıkta preslenerek difüzyon birleşmeleri sağlanır [3]. Sıcak haddeleme işlemleri difüzyonla birleştirme işlemine benzer. Bu yöntemde levha halindeki matrisler ile bunların arasına konulan fiberler yüksek sıcaklıklarda haddelenir. Daha sonra basınç kaldırılır ve termal uzamalarda uyumsuzluklardan ileri gelen kalıcı gerilmeleri en aza indirmek için, komple parça yavaş şekilde soğumaya bırakılır.

1.2. In-situ kompozit üretim teknikleri

Takviye fazın ergiyik malzeme içerisinde çekirdeklendiği yöntemler olarak tanımlanan in-situ üretim yöntemleri, ekonomik ve teknik açıdan önemli avantajlar sağlamaktadır. In situ üretim yöntemlerinde, partikül miktarının ve şeklinin kontrol edilmesi mümkündür. Bu durum, kompozit malzemenin özelliklerinin iyileşmesine olanak tanır. Diğer üretim yöntemlerinde görülen ıslatılabilirlik problemi ve matris ve takviye faz arasındaki arayüzey uyumsuzluğu, bu yöntemde görülmemektedir. Eriyik bileşimi ve reaksiyon kimyası kontrol edilerek karbürler, nitürler, oksitler, borürler ve silikatlar oluşturulabilmektedir [4].

1.3. Sıvı Hal İşlemleri

Sıvı hal üretim işlemleri, ergitilmiş matris malzemelerinin takviye elemanları ile herhangi bir şekilde temasa geçirilerek aralarında bağ oluşturma işlemleridir. Yaygın olarak kullanılan sıvı hal üretim işlemlerini şöyle sıralamak mümkündür.

- İnfiltrasyon
- Sıkıştırılmalı döküm
- Basınçlı döküm
- Yarı katı döküm
- Karıştırılmalı döküm
- Püskürtme çökmesi

Sıvı faz üretim yöntemleri, takviyenin sıvı matrise katılması (dökümden önce ergiyik metal karıştırma) ya da preformun infiltrasyonu (basınç veya vakum infiltrasyonu, dövme döküm) ile gerçekleştirilir [5]. Bu yöntemler basit ve ucuz olmaları, karmaşık üç boyutlu parçaların üretimini olanaklı kılmaları açısından oldukça caziptir. Temel dökümhane teknikleri, süreksiz takviyeli kompozitlerin üretimine kolaylıkla uyarlanabilir.

2. TOZ METALÜRJİSİ YÖNTEMİ İLE KOMPOZİT MALZEME ÜRETİMİ

MMK üretimi için çoğunlukla kullanılan yöntem toz metalürjisidir. Prosesin temelinde, karıştırılmış veya ön alaşımlanmış tozlar bir kalıba doldurulur, istenilen şekilde sıkıştırılır ve daha sonra preslenen bu tozlar atmosfer kontrollü bir fırında, toz partiküllerini bağlayan mekanik bağların metalürjik bağlara dönüşmesi için sinterlenir. Toz metalürjisi (T/M) uygulanma yönteminde ise; parça üretiminde tozların bir kalıpta alt ve üst zimbalar aracılığıyla

basınç uygulayarak sıkıştırılması ilk aşamadır. Bir sonraki aşama sinterleme işlemi önemlidir. Çünkü esas mukavemet toz parçacıkları arasında bağ oluşumuna imkan veren sinterleme işleminde kazanılır. T/M yöntemiyle parça üretim işleminde tozlar hiçbir zaman üretim hattından geldiği veya satın alındığı şekliyle hemen kalıba doldurulup preslenmezler. Presleme öncesi yapılması gereken bir seri işlem vardır ve genellikle bu işlemler toz numune hazırlama olarak adlandırılır. Bu kapsamda; toz boyut analizinin yapılması, tozların akıcılık ve görünür yoğunluklarının belirlenmesi, toz yüzey oksitlerinin temizlenmesi ve yağlayıcı gibi vb. katkıları ilave edilerek tozun karıştırılması, presleme öncesi yapılması gereken işlemler olarak kabul edilebilir [1,5]. Toz metalürjisi sıvı fazda hiç çözünmeyen elementlerden mekanik alaşımlama ile yüksek dayanımlı parça üretimine imkan vermektedir, Toz olarak üretilebilen hemen hemen her çeşit metal ve alaşımları, toz metalürjisi yöntemi ile şekillendirmek mümkündür.

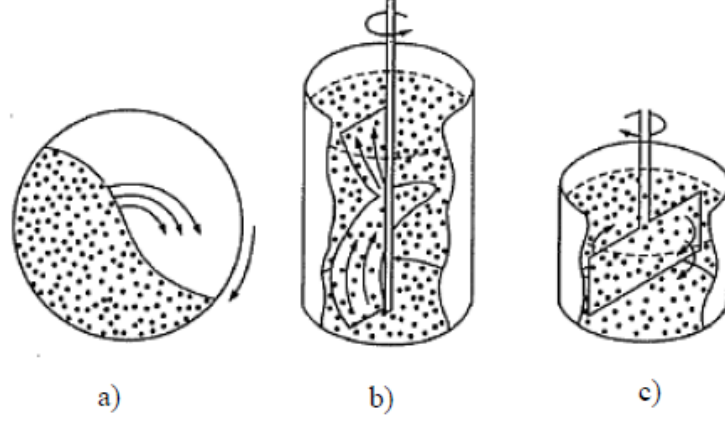
Toz Metalürjisi parçalarının üretiminde genel olarak dört aşama mevcuttur;

- Toz hazırlama
- Presleme
- Sinterleme
- Sinterleme sonrası işlemler. Gerekli görüldüğünde; Gaz alma, ekstrüzyon, dövme, haddeleme, yağ emdirme işlemleri uygulanabilir.

2.1.Toz Hazırlama

Toz karıştırma presleme öncesi uygulanan bir işlem olup, homojen bir toz-yağlayıcı karışımının elde edilmesi amacıyla uygulanır. Karıştırma işlemiyle ayrıca, farklı boyutlardaki toz taneciklerinin homojen dağılımı sağlanır. Kaba taneli tozlar arasındaki boşluklar ince taneli tozlarla doldurularak yoğunluk gradyanı minimuma indirilir.

Toz karıştırma mekanizmaları Şekil 1'de görülmektedir. Bunlar; yayınma, konveksiyon ve kesmedir. Yayınma ile karıştırma döner silindir içerisinde, konveksiyon ile karıştırma vidalı karıştırıcıda ve kesme ile karıştırma bıçaklı karıştırıcıda yapılmaktadır. Yayınma ile karıştırma her parçacığın toz kütlesi içinde hareketi ile oluşur. Sürekli dönen silindir taze tozların kesme düzlemlerini ortaya çıkarır ve bu durum parçacıkların birbiri içerisinde karışmalarını teşvik eder. Konveksiyonla karışım toz gruplarının bir yerden diğer bir yere taşınımı ile karışmalarını içerir. Vida, küçük toz grubunu alt yüzeyden keserek harman içerisinde üst kısma taşır. Kesme ile karıştırma sürekli ayrışma ve tozların kayma düzlemleri üzerinde akmaları ile oluşur.



Şekil 1. Üç Farklı Toz Karıştırma Yönteminin Şematik Olarak Gösterimi,
a) Yayınma, b) Konveksiyon, c) Kesme [6]

Karıştırıcının dönme hızı karıştırıcı çapına göre belirlenir. Karıştırıcı çapı küçüldükçe dönme hızı artar. Çok düşük dönme hızı karıştırma süresinin uzamasına sebep olurken, yüksek dönme hızları toza merkez kaç kuvveti vererek toz akışını engeller. Karıştırma hızı ve süresi tozlarda aşınma, şekil ve mikroyapı değişimlerine yol açmayacak şekilde belirlenmelidir.

2.2. Şekillendirme (Presleme)

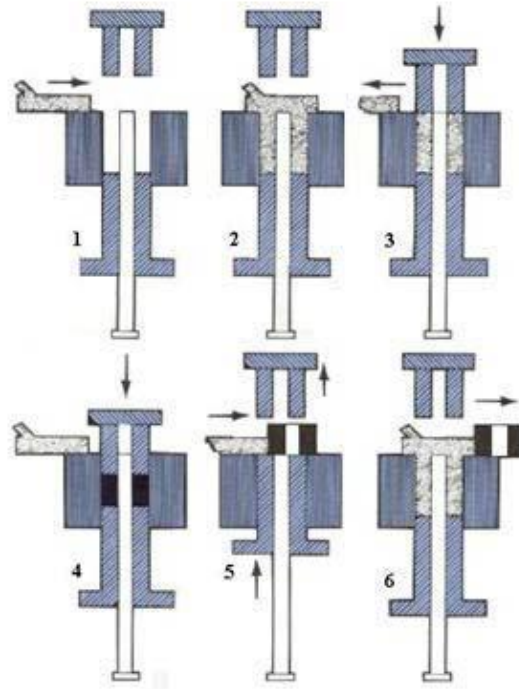
Toz metalürji teknolojisiyle metal tozlarını belirli basınçlar altında sıkıştırıp daha sonra da bu sıkıştırılmış kütleleri belirli sıcaklıklarda sinterleyerek imalatı çok güç olan makine parçalarını elde etmek mümkündür. Bir toz kütledeki, toz tanelerinin hepsi aynı boyutta ve şekillerde değildir. Dolayısıyla sıkıştırma öncesi; tozların homojen dağılımını elde etmek amacıyla tozlar yağlayıcılarla birlikte belli bir süre karıştırılırlar. Yağlayıcı ile karıştırılan metal tozları, üretilecek parçanın sinterleme öncesi son şeklini vermek ve istenen oranda gözeneklilik sağlamak amacıyla üretilecek parça şekline göre hazırlanmış kalıplar içerisinde presle sıkıştırılırlar. Yağlayıcı kullanmanın amacı, tozların şekillendirilmesi sırasında toz kütlelerinin kalıp duvarlarını daha az aşındırması, kalıptan daha kolay çıkartılması ve toz taneleri arasındaki sürtünmeleri azaltmak suretiyle tozların akışını kolaylaştırmak, meydana gelecek enerji kayıplarını azaltmaktır. [4].

Presleme prosesi aşağıda listelenen ana görevlere sahiptir:

- Tozları istenilen şekilde birleştirmek,
- Sinterlemeden kaynaklanan boyutsal değişimleri de göz önüne alarak, mümkün olduğunca istenilen nihai boyutları göstermek,

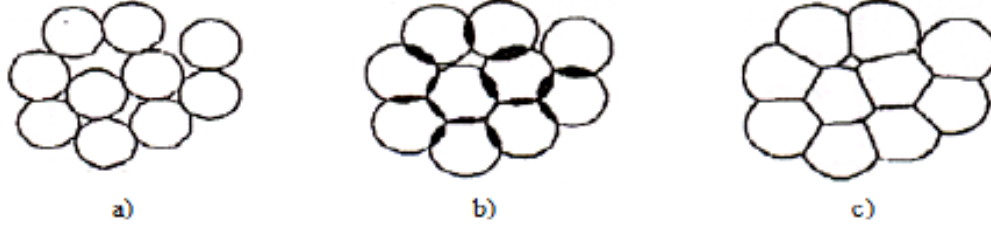
- İstenilen gözeneklilik miktarını vermek [7-8]

Geleneksel sıkıştırma metodlarında basınç genellikle tek yönde uygulanarak düzensiz bir dağılım hatta yetersiz yoğunluklarla sonuçlanmıştır. Çoğunlukla, mekanik ve hidrolik presler ve rijit kalıplar kullanılmıştır. Presleme işlemi esnasında kalıpta oluşan ardışık hareketler Şekil 2’de gösterilmiştir. İşlemin başlangıç aşamasında üst zımba yukarıya çekilmiş durumda olup kalıp boşluğuna toz dolumu yapılır. Dolum sırasında alt zımbanın bulunduğu yer doldurma konumu olarak tanımlanır ve kalıbın içine ne kadar toz dolumu yapılacağını belirler. Toz kalıp boşluğuna doldurma pabucu ile doldurulur. Doldurma sırasında, tozun homojen olarak dolumunu sağlamak amacıyla alt zımba hareket ettirilebilir. Toz dolumu tamamlandıktan sonra doldurma pabucu geri çekilir ve ölçülü toz miktarı presleme konumuna çekilir. Üst zımba kalıba girer, alt ve üst zımbalar kalıp merkezine doğru ilerleyerek tozu sıkıştırır. Sıkıştırmadan sonra üst zımba geri çekilir ve alt zımba parçayı yukarı doğru iterek kalıptan çıkartır. Preslenmiş parça kalıbın içinde mekanik olarak kilitlemiş durumdadır. Parçayı kalıptan kolaylıkla çıkarabilmek için kalıbın yağlanması büyük önem taşır. Her bir parçanın kalıplanmasında bu çevrim tekrarlanmaktadır.



Şekil 2. Geleneksel Tek Yönlü Presleme İşleminin Şematik Gösterimi [7]

Presleme işleminin başlangıcından sonuna kadar olan safhaları Şekil 3'teki gibi üçe ayırmak mümkündür. Presleme işleminin ilk aşamasında tozlar konumlarını değiştirerek gevşek durumdan sıkı paket durumuna geçmeye başlar. Bu aşamada parçacıkların elastik deformasyonu söz konusudur. İkinci aşamada yoğunlaşmada ani bir artış meydana gelir. Bu aşamada tozlar birbiri üzerinden kayarak yeniden konumlanırken, parçacıklar arasında kenetlenme meydana gelmiş olup geri dönüşü olmayan bir pozisyona girilmiş olur.

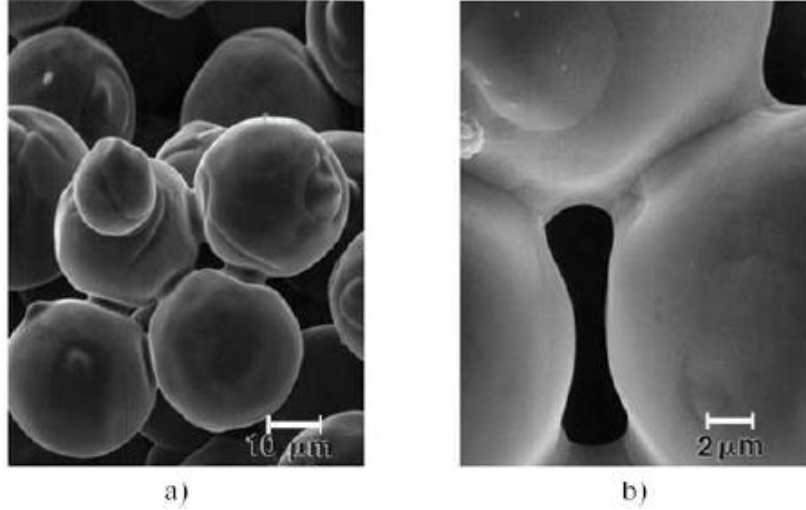


Şekil 3. Preslemede ham yoğunluğa ulaşma aşamaları, a) ilk aşama, b) ikinci aşama, c) son aşama [6]

4.2.3.Sinterleme

Sinterleme işlemi; presleme işlemiyle numuneler uygun şekilde sıkıştırıldıktan sonra, hazırlanan numunelere termal enerji uygulanarak metal ve seramik tozlarından yoğunluk esas kriter alınarak yani yoğunluk-kontrollü malzemeler ve bileşenler elde edilmesidir. Bu işlem, birbirine temas eden parçacıkların yüksek sıcaklıklarda birbirine bağlanmasını sağlar. Bu bağlanma, ergime sıcaklığının altında katı halde atom hareketleriyle oluşabilir. Bazı durumlarda sıvı faz oluşumu ile de gerçekleşebilir.

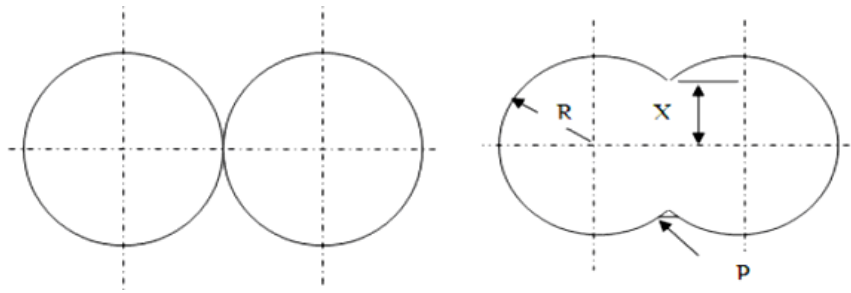
Mikroyapı ölçeğinde bağlanma, temas eden parçacıklar arasında boyun oluşumu ile gerçekleşir. Şekil 4'te verilen elektron mikroskobu görüntüsünde küresel tozlar arasında boyun oluşumu görülmektedir.



Şekil 4. 1000 °C’de vakumda 30 dakika sinterlenen nikel tozları arasında oluşan sinter bağları, a) çok sayıdaki parçacık arasında bağ oluşumu, b) üç adet parçacık arasında bağ oluşumu [6]

Sinterleme işlemi sırasında, temas eden parçacıklar arasındaki bağlar kuvvetlenir ve boyun verme oluşmaktadır. Sinterleme sırasında birbirine temas eden parçalar arasında önce bir boyun büyümesi, ilerleyen sinterleme süresi ile gözeneklerde büzülme meydana gelir ve gözenek kanalları kapanarak, kapalı gözenek şekline dönüşürler.

Parçalar arasındaki bağ büyürken mikro yapı değişir. Şekil 5’te görülen orta kademedeki ise gözenekler daha düzgün şekillidir ve birbirine bağlı silindirik bir yapıya sahiptir. Orta kademedeki yüzey ve tane bağları enerjisini kapsayan ara yüzey enerjisinden dolayı sıkıştırma özelliklerinin gelişimi gözlenir. Ara kademedeki tane büyümesine bağlı olarak gözenekler birbirinden ayrılabilirler.



Şekil 5. Sinterleme sırasında oluşan malzeme transfer mekanizmaları [9]

Sinterlemenin oluşabilmesi için atomların yeterli yayılmaya sahip olması gerekir. Atomik yayılma sıcaklığın bir fonksiyonu olduğundan, sinterleme önemli derecede sıcaklığa bağlıdır.

Sinterleme işlemleri, yüzey enerjisi ile alakalı olduğundan ince ve düzensiz tozlar için kaba küresel tozlara göre daha çok enerji harcanır.

Temelde, sinterleme prosesi iki tipte incelenebilir;

- Katı hal sinterlemesi
- Sıvı faz sinterlemesi

Sıvı faz sinterlemesi, sinterleme sırasında sıkıştırılmış tozun içerisinde bir sıvı faz bulunmasıyla gerçekleşirken katı hal sinterlemesi, sinterleme sıcaklığında sıkıştırılmış tozun tamamen katı halde yoğunlaşmasıyla meydana gelir [7].

Katı hal sinterleme işlemi, kullanılan ana metalin ergime sıcaklığının altındaki bir sıcaklıkta ve atmosfer kontrolü olan bir ortamda yani fırında gerçekleşmektedir. Bu sinterleme işlemi yüzey alanında azalmaya, sıkıştırılmış olan malzemenin mekanik özelliklerinde özellikle dayanımında artışa ve genellikle sıkıştırılmış olan malzemedeki büzülme neden olur. Yüksek sıcaklıklarda yapılan uzun süreli sinterleme işlemi, malzemedeki gözenek sayısının azalmasına yol açarken, aynı zamanda gözeneklerin şekillerinin düzelmesini de sağlamaktadır. Bu sinterleme işleminde, malzemedeki gözenek sayısının azalmasına bağlı olarak tane birleşmeleri ve bu nedenle tane büyümeleri meydana gelmektedir [10].

Sinterleme işleminin kinetiği; presleme işleminde elde edilen yoğunluk, malzemenin türü, malzemenin partikül boyutu, sinterleme işleminde kullanılan ortamın atmosferi ve sıcaklığı gibi parametrelerle değiştirilebilmektedir. Malzemenin başarılı bir şekilde yoğunlaştırılabilmesi için, doğru izotermal sinterleme sıcaklığı seçilmelidir. Yüksek sıcaklıklara çıkıldıkça malzemenin yoğunlaşması daha kolay ve hızlı olmaktadır, fakat bunun yanında sıcaklığın artmasıyla birlikte tane büyüme hızının da arttığı gözlemlenmektedir. Artan bu büyüme hızı nedeniyle, büyük taneler arasında kalmış olan gözeneklerle birlikte malzemenin taneleri anormal boyutlara ulaşmaktadır. Tane büyümesiyle birlikte mekanik özelliklerde bir düşüş gözlemleneceği için, yoğunlaşma işlemi hızlı ilerlemesine rağmen, tercih edilen noktada nihai yoğunluk sınırlanabilmektedir

Sinterlenebilirlik ve mikroyapıyı etkileyen değişkenler malzeme ve proses değişkenleri olmak üzere iki ana başlık altında sıralanabilirler. Ham malzemelere bağlı olan toz malzemenin şekli, boyutu, boyut dağılımı ve aglomerasyonu, malzemenin kimyasına bağlı kompozisyon, safsızlık, homojenlik, vb. özellikler ile sinterleme koşullarına bağlı olan proses değişkenleri olarak sıcaklık, süre, basınç, atmosfer, ısıtma ve soğutma hızı, vb. sayılabilmektedir. Tüm bu nedenler düşünüldüğünde, sinterleme farklı değişkenleri olan karışık bir süreçtir ve bir sinterleme prosesi tasarlanırken tüm değişkenler göz önüne alınmalıdır [8].

3.DENEYİN YAPILIŞI

Deney Malzemeleri Ve Ekipmanlar

Manuel Pres

13 mm çaplı silindirik kalıp

Metalik toz

Seramik toz

WD-40 Koruyucu yağlayıcı

Deneyde toz metalürjisi üretim aşamalarından olan şekillendirme işlemi gerçekleştirilecektir. Farklı boyutta tozların şekillendirme işlemine tabi tutulup, tozlar arasındaki farklar yorumlanacaktır.

4.KAYNAKLAR

[1] Ersoy M., 2005. Lif Takviyeli Polimerik Kompozit Malzeme Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş.

[2] Tunçer N., 2011. Gözenekli Titanyumda Yapı-Özellik İlişkisi, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.

[3] Tekeli, S., Çetinkaya, C., 2000. Investigation of bonding strength of TZP/Al₂O₃ composites diffusion bonded with similar or dissimilar materials'', 10. Uluslararası Metalurji ve Malzeme Kongresi, Bildiriler Kitabı, 24-28 Mayıs İstanbul.

[4]Kurt H., 2010. Alüminyum-Alümina Kompozit Malzeme Üretiminde Karıştırma Tekniğinin Kompozitin Aşınma Davranışı Üzerine Etkilerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.

[5] Cilasun N.S., 2013. Karıştırmalı Döküm Yöntemi İle SiC Takviyeli Al Esaslı Kompozit Üretimi ve Aşınma Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi.

[6] Donat E. 2014. Demir-Kobalt-Krom Tozlarının Elektrik Akımsız Nikel Kaplanarak Kompozit Üretimi Ve Mekaniksel Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, A.K.Ü., Afyon.

[7] Karaduman B. 2010. Titanyum Matrisli Titanyum Karbür Takviyeli Kompozit Üretimi Ve Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., İstanbul.

[8] Upadhyaya, G.S., 2000. Sintered Metallic and Ceramic Materials: Preparation, Properties, and Applications, Wiley, New York.

[9] Kılıç, E. F., 2007. Alüminyum alaşımlı SiC parçacık takviyeli kompozitlerin toz metalurjisi yöntemiyle üretimi ve aşınma davranışlarının incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

[10] Kang, S.J.L., 2005. Sintering: Densification, Grain Growth and Microstructure, Elsevier, Oxford, Great Britain.

**ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ**

MALZEME BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

**ÇİMENTODA FİZİKSEL, KİMYASAL VE MEKANİK ANALİZLER
DENEY FÖYÜ**

HAZIRLAYAN

Arş.Gör. Tuğba MUTUK

Arş.Gör. Merve YİĞİTER



MALZEME BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİ

Malzeme Üretim Laboratuvarı I

ÇİMENTODA FİZİKSEL, KİMYASAL VE MEKANİK ANALİZLER

1.GENEL BİLGİLER

1.1.Çimento

Çimento, kalker, kil ve kum karışımı hammaddelerin pişirilmeleri ile ortaya çıkan klinkerin betonda priz süresini ayarlamak için çok az miktarda ilave edilen alçıtaşı ile birlikte öğütülmesi sonunda elde edilen bir ürün olup, su ile bir araya geldiğinde hidrolik bağlayıcılık özelliği kazanmaktadır. Çimentolar su ile reaksiyon sonucu hem havada hem de su altında katılaştıkları için hidrolik bağlayıcılar olarak sınıflandırılırlar. Çimento ile su arasındaki kimyasal reaksiyona “hidratasyon” denir.

1.2.Portland çimentosu

İngiltere yakınlarında Portland adasından doğal olarak oluşmuş ve yapı taşı olarak çıkartılan bir malzemeye benzerliğinden dolayı Aspden, sertleşen çimentoya ‘Portland’ adını vermiştir. Aspden aynı zamanda yanma prosesinden önce fırın (kiln) içerisine bir gizli maddeyi (tuz) serpererek ilave etmiştir.

Portland çimentolarının hammaddeleri esas olarak kalker ve kildir. Portland çimentolarının üretiminde, önce uygun miktarlarda kireç (CaO), Silis (SiO₂), Alümina (Al₂O₃) ve Demir Oksit (Fe₂O₃) ihtiva eden hammaddeler belirli oranlarda karıştırılarak fırınlarda 1450C veya 1550C’ye kadar pişirilirlir. Fırından çıkan gri renkteki fındık veya ceviz büyüklüğündeki malzemeye “klinker” denir. Klinker aniden soğutulur ve daha sonra öğütülür. Bu öğütme işlemi sırasında klinkere % 3 - % 5 oranlarında alçıtaşı (CaSO₄.2H₂O) ilave edilir. Alçıtaşı ilave etmenin nedeni çimentonun ve dolayısıyla betonun priz sürelerini ayarlamaktır. Öğütülmüş ve sonuçta tane boyutları büyük oranda 90 µm’nin altına düşürülmüş toz halindeki malzeme çimentodur ve bağlayıcı madde özelliğini kazanmıştır.

1.3.Çimento Bileşenlerinin Hidratasyonu

Portland çimentosu ve su bir araya getirilip karıştırıldığında, çimentonun bileşenleri bir seri karmaşık kimyasal reaksiyona uğrayarak zamanla bağlı olarak betonun belirli bir süre sonunda sertleşmesini meydana getirirler. Su ile olan reaksiyonlar genelde “hidratasyon” olarak tanımlanırken, reaksiyon sonucu oluşan yeni katı bileşikler de “hidratasyon ürünleri” olarak tanımlanırlar. Portland çimentosunun su ile olan hidratasyon reaksiyonlarının hepsi ekzotermik reaksiyonlardır (ekzotermik reaksiyonların sonucunda ısı açığa çıkar). Bundan dolayı, betonun sertleşmesi esnasında çok fazla ısı açığa çıkarıyorsa sürekli olarak içeriden ısınmaya devam edecektir. Bir beton yapı içerisinde sıcaklık yükselmesi en başta çimento ile ilgili bir konudur ve aynı zamanda üretilen ısı hızı ile beton yapının çevreye doğru ısı kaybetme hızına bağlıdır. Bu nedenlerle, betonda ısı yayılım hızı çok önemli bir parametre olmaktadır.

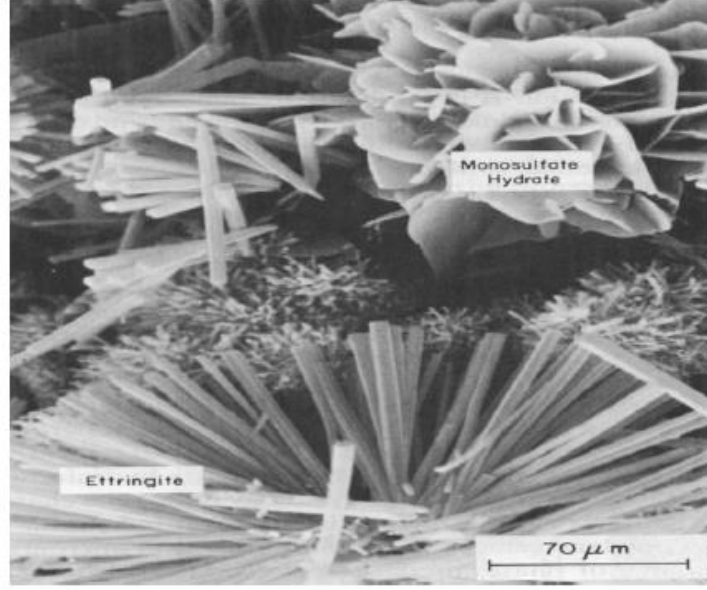
Portland çimentosu içerisinde, saf C_3S (alit), C_2S (belit), C_3A (aluminat) ve C_4AF (ferrit) fazları bulunur.

C_3S ($3CaO.SiO_2$): Hızlı bir şekilde sertleşir, esas olarak priz başlangıç süresini ve erken yaşlardaki dayanımı etkiler. C_3S yüzdesi arttıkça, çimentonun ilk yaşlardaki dayanımı da daha yüksek olur.

C_2S ($2 CaO.SiO_2$): Sertleşmesi yavaştır ve büyük oranda bir haftadan daha büyük yaşlardaki dayanım artışı üzerine etkilidir.

C_3A ($3 CaO.Al_2O_3$): Bu bileşiğin erken yaşlardaki dayanım gelişimi üzerine etkisi çok azdır. Klinkerin öğütülmesi sırasında katılan alçı taşı C_3A 'nın hidratasyon hızını yavaşlatır. Alçı taşı ilave edilmemiş C_3A 'lı bir çimento hızlı bir şekilde katılaştır. C_3A yüzdesi düşük çimentolar özellikle sülfat ihtiva eden su ve zemine karşı dayanıklıdırlar.

C_4AF ($4 CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$): Klinkerleşme sıcaklığını düşürerek çimento üretimine yararlı olur. C_4AF oldukça süratlı bir şekilde hidrate olmasına rağmen dayanım kazanımında etkisi çok azdır.



Şekil1. Portland çimentosunun su ile hidrasyonu sonucunda oluşan yeni ürünlerin bazılarının SEM mikroyapı görüntüleri.

2. DENEYİN YAPILIŞI

2.1 Deneyde Kullanılacak Cihazlar

Terazi

Elekler

Karıştırıcı

Kalıp Ekipmanları

Sarsma Cihazı

2.2.Harç Hazırlama

Kütlece 1 kısım çimento, 3 kısım CEN Standard kumu ve 0,5 kısım su (su/çimento oranı 0,50) şeklinde olmalıdır. Dolayısıyla da hazırlanacak karışım miktarları (450 ± 2) g çimento, (1350 ± 5) g kum ve (225 ± 1) g su' dan oluşmalıdır. Tartımlar ± 1 g doğrulukta teraziyle yapılmalıdır. Karıştırma işlemi yapılırken; Karıştırma kabına (225 ± 1) g su tartılarak alınır ve daha önce başka bir kaba tartılan (450 ± 2) g çimento, içerisine su tartılan karıştırma kabına eklenir. Su ve çimento birbiriyle temas eder etmez karıştırma kabı karıştırıcıya yerleştirilir ve karıştırıcı derhal düşük hızda çalıştırılmaya başlanır ve 30 saniye süre ile karıştırma işlemine devam edilir. Bu sürenin sonunda karıştırıcı düşük hızda çalışmaya devam ederken karıştırma kabına yavaş yavaş kumun tamamı ilave edilir, kum ilave süresi 30 saniye içinde ve kesintisiz

bir şekilde olmalıdır. Kum ilave işlemi tamamlanınca karıştırıcı yüksek hıza ayarlanarak karıştırmaya 30 saniye devam edilir ve bu sürenin sonunda karıştırıcı durdurulur. Hazırlanan harç 40x40x40 mm boyutlarındaki numune kalıplarına yerleştirilir. Kalıp yüzeyi düz bir çubuk yardımıyla testere hareketiyle düzeltilir. Kalıp üzeri çimentoyla tepkimeye girmeyen bir malzemeyle kapatılır. Deney numunelerinin 24 saat rutubetli bir atmosferde bekletildikten sonra gerekli analizler yapılabildiği kadar kür havuzunda içerisinde bekletilir.

2.3. Basınç Dayanımı

Hazırladığımız küp numunelerimize deney süresince küp kırılıncaya kadar yük (2400 ± 200) N/s sabit hızla uygulanır. Basınç dayanımı değeri R_c megapaskal (MPa) biriminde aşağıdaki eşitlikle hesaplanır:

$$R_c = \frac{F_c}{1600}$$

R_c : Basınç dayanımı (MPa)

F_c : Kırılmadaki en büyük yük (N)

1600 : Yükleme plakalarının veya uzatma plakalarının alanı (mm^2) (40 mm x 40 mm)

2.4. Porozite ve Su Emme Tayini

Porozite; malzemenin boşluk hacminin (V_v) toplam hacmine (V_t) oranıdır. Porozite yapının gözenek göstergesidir. Porozitenin iç tarafa doğru kapalı dış tarafa doğru açık şekline torba şeklinde gözenek, hem içeri hem dışarı kapalı şekline kapalı gözenek son olarak kanal şeklinde olan poroz yapıya da açık gözenek denilmektedir. Porozitenin birimi yoktur yani boyutsuzdur. Malzemenin su tutma ve iletme potansiyeli etkileyen bir parametredir. Boşluklu bir malzemenin ne kadar su içerebileceğinin bir göstergesidir.

Su emme; Pişmiş ya da kurutulmuş numunelerin açık porlarının alabildiği su olarak tanımlanır. Malzemelerde başta mekanik mukavemet olmak üzere, birçok özelliğine etki ettiği için gözeneklilik (porozite) önemli bir fiziksel özellikler olarak dikkate alınmalıdır. Betonda ve çimentoda fiber ya da değişik özellikteki katkıları eklendiğinde poroz yapısının azalması azalmadığının ölçülmesi için bu tayin gereklidir.

Porozite ve su emme deneyi; Numuneler etüvde 105°C ' de sabit ağırlığa gelene kadar kurutulup, kuru ağırlıkları (MK) tespit edildikten sonra, içi su dolu bir kap içerisine

birbirlerine ve kabın tabanına değmeyecek şekilde yerleştirilir. Daha sonra su içerisinde 48 saat bekletilerek su emmeleri sağlanır. Numunelerin su içerisindeki ağırlığını belirleyebilmek için Arşimet terazi düzeneği ile su içinde tartılarak belirlenir (M_A). Sudan ıkarılan numuneler yüzeylerindeki ince su filmi tabakası nemli bir bez yardımıyla arındırılır ve tartım yapılarak su emmiş ağırlıkları bulunur (M_D).

$$\% \text{ Su Emme} = (M_D - M_K) / (M_K) * 100$$

$$\% \text{ Görünür Porozite} = (M_D - M_K) / (M_D - M_A) * 100$$

$$\rho_h(\text{ Bulk yoğuluk}) = (M_K) / (M_D - M_K) * (\rho_{su})$$

M_K : Kuru ağırlık (g)

M_D : Doymuş ağırlık (g)

M_A : Askı ağırlığı (g)

ρ_{su} : Sıvının yoğunluğu

ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MALZEME BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

KAYNAK DENEYİ
DENEY FÖYÜ

HAZIRLAYAN
Arş. Gör. Kübra DEMİRBAŞ

2018-SAMSUN

1. DENEYİN AMACI

Kaynak çeşitlerinin ve kaynak mikro yapısının anlaşılması ve kaynak işlemi sonrasında meydana gelen hataların öğrenilmesi amaçlanmaktadır. Kaynakla birleştirilmiş metallerin optik mikroskopta incelenip yorumlanması öğrenilecektir.

2. TEORİK BİLGİ

İki veya daha fazla malzemeyi, ısı, basınç veya her ikisinin birden uygulanarak aynı veya farklı özelliklerdeki metalleri ilave bir metal kullanarak veya kullanmadan ayıramaz bir şekilde yapılan birleştirme veya dolgu işlemlerine kaynak denir.

Metal Kaynağı: Metalik malzemeyi ısı veya basınç veya her ikisini birlikte kullanarak ve aynı cinsten veya erime aralığı aynı ve yaklaşık bir malzeme katarak veya katmadan birleştirmeye metal kaynağı adı verilir. İki parçanın birleştirilmesinde ilave bir malzeme kullanılırsa, bu malzemeye ilave metal adı verilir.

Plastik Malzeme Kaynağı: Aynı veya farklı cinsten termoplastik (sertleşmeyen plastik) malzemeyi ısı ve basınç kullanarak ve aynı cinsten bir plastik ilave malzeme katarak veya katmadan birleştirmeye plastik malzeme kaynağı adı verilir.



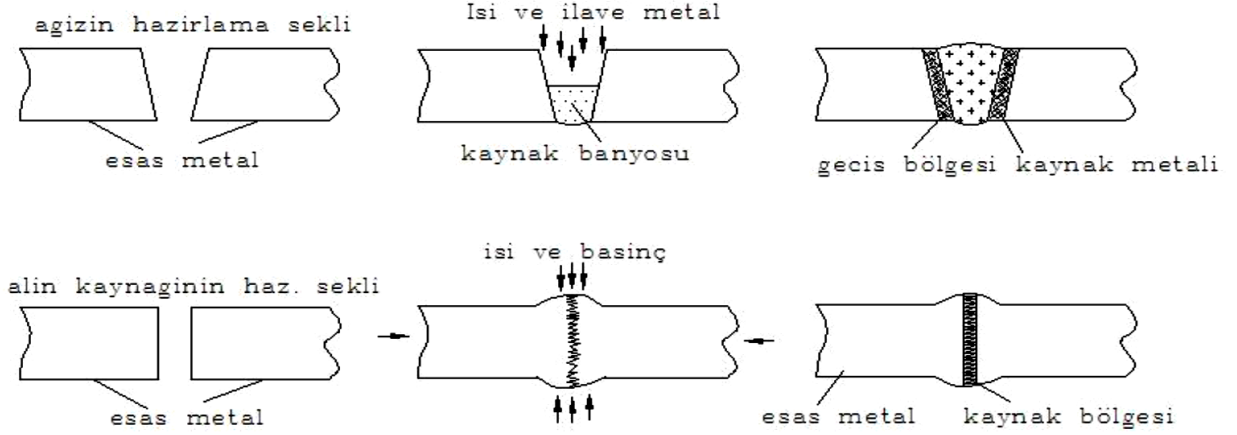
Şekil.1. Kaynak yöntemlerinin sınıflandırılması

2.1. Kaynağın Sınıflandırılması

a. Kaynağı İşlem Cinsine Göre Sınıflandırma

Ergitme Kaynağı; malzemeyi yalnız sıcaklığın tesiri ile bölgesel olarak eritip, ilave metal katarak veya katmadan birleştirmektedir.

Basınç Kaynağı; malzemeyi genellikle ilave metal katmadan basınç altında bölgesel olarak ısıtıp birleştirmektedir.



Şekil.2. Eritme ve Basınç Kaynağının Şematik Gösterilişi

b) İmalat Cinsine Göre

El Kaynağı: El kaynağında kaynak aleti elle kumanda edilir. Yardımcı aletlerde yine elle idare edilir.

Mekanik Kaynak: Kaynak aleti burada da elle kumanda edilir. Fakat yardımcı aletler mekanik olarak çalışır.

Yarı Otomatik Kaynak: Kaynak işlemi kaynakçı tarafından kumanda edilir, kontrol edilir ve sonuçlandırılır. Kaynak otomatik olarak devam eder.

Tam Otomatik Kaynak: Kaynak işlemi kaynakçı tarafından başlatılır. Fakat önceden belli edilmiş bir programa göre devam eder. Durdurma tekrar kaynakçı tarafından yapılır.

c) Kaynağın Amacına Göre Sınıflandırma

Birleştirme Kaynağı: İki veya daha fazla parçayı çözülmüş bir bütün haline getirmek için yapılan kaynaktır.

Doldurma Kaynağı: Bir iş parçasının hacmindeki eksikliği tamamlamak veya hacmini büyütmek, ayrıca korozyona veya aşındırıcı tesirlere karşı korumak amacıyla sınırlı bir alan dahilinde malzeme kaynak etmektir. Mesela, kaplama, zırlama ve tampon tabaka kaplama doldurması gibi.

Ark Kaynağı: Birleştirilecek parçaların arasından sürekli elektrik arkının geçmesiyle doğacak ısıdan faydalanarak ilave bir elektrot kullanılarak yapılan birleştirme şeklidir.

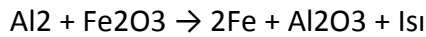
Gaz Ergitme Kaynağı: Yakıcı (oksijen) ve yanıcı (asetilen) iki gaz kullanarak eriyen elektrot ile yapılan birleştirme şekline denir.

Pirinç Kaynağı: Bakır, pirinç, bronz, çelik ve paslanmaz çelik gibi metallerin ikisini veya daha fazlasını birleştirmek amacıyla eriyen pirinç elektrot kullanarak oksit-asetilen gazı altında yapılan birleştirme şeklidir. Lehimden daha güçlü bağlantı sağlanır. Tamirlerde önemli rol oynar.

Direnç Kaynağı: Özellikle saçların birleştirilmesinde küçük bir noktasal bölgesinden elektrik akımı geçirip doğan ısıdan faydalanarak basınç uygulamak suretiyle yapılan kaynak şeklidir.

Lehim: Birleştirilecek parçaların ergime noktalarının altındaki bir sıcaklıkta eriyen bir lehim çubuğunun kullanılmasıyla yapılan birleştirmeye denir.

Termit Kaynağı: Termit bir birim toz alüminyum ile üç birim demir oksit karışımına denir. Bu kaynak kırılan rayların tamirinde çok kullanılır.



Pratik olarak çok az bir kısmı hariç bütün kaynak yöntemleri kaynak yerinin ergime sıcaklığına kadar ısıtılmasını gerektirir. Kaynak tekniğinde kullanılan ısı kaynakları, elektrik arkı, elektrik direnç ısı, sürtünme ısı, oksit-asetilen alevi veya elektron bombardımanı gibi uygulanan yöntemlere göre değişebilir.

Gerek ekonomik kaynak bağlantılarının sağlanması, gerekse diğer bazı sebeplerden dolayı ısıtma mümkün olduğu kadar lokalize edilmelidir. Bu da mesela elektrik arkı veya gaz alevi gibi dışardan ısı kullanıldığı zaman, ısı kaynağının çok yüksek sıcaklığa ve büyük bir enerji kullanımını gerektirmektedir. Ergime veya ergime derecesine yakın lokal ısıtma, çabuk bir ısıtmaya karşılık gelir. Isı kaynağı kaldırıldığında, kaynak yerine bitişik soğuk metalde ısı kondüksiyon yoluyla yayıldığından, aynı zamanda çabuk bir soğuma meydana gelir. Metallerin yüksek sıcaklığa kadar ısıtılması, esas metalde iç yapı değişiklikleri meydana getirir ve çevresindeki atmosferle sıcak veya ergimiş haldeki metal veya alaşım elemanları arasında bazı kimyasal reaksiyonların meydana gelmesine sebep olabilir. Diğer taraftan esas metal ve ilave metal ile curuf arasında bu işlem sırasında kimyasal reaksiyonlar da meydana gelmektedir. Sıcaklığın kimyasal reaksiyonlar üzerine etkin bir tesiri vardır, ve yüksek sıcaklıklarda birçok reaksiyonlar çok daha çabuk meydana gelir. Difüzyon işlemi de aynı zamanda sıcaklığa bağlıdır. Difüzyon diğer taraftan metallerde meydana gelen birçok yapı değişikliklerinin sebebidir. Şu halde sıcaklık ve sıcaklık hızı, ısının etkisi altında kalan metalde, meydana gelen iç yapı değişimi üzerine en büyük etkiye sahiptir.

Erime kabiliyeti yine sıcaklığa bağılı başka bir faktördür. Elemanların metaller içerisindeki erime kabiliyeti normal olarak artan sıcaklıkla yükselir ve doymuş solüsyonlar soğutulduğu zaman çökme meydana gelir ki, bu da metalin özelliklerine önemli ölçüde etki eder. Bir metalin mekanik özellikleri daima artan sıcaklıkla azalır. Mesela bir metalin çekme gerilmesi ergime noktasında sıfıra iner ve bu halde metal hiçbir çekme gerilmesine karşı koyamaz. Kaynak işlemi esnasında lokal ısınmalar dolayısıyla, ısınma ve soğuma anında gerilmeler meydana gelir ve ısıtma işlemi sırasında büyük sıcaklık farklarının meydana getirdiği plastik deformasyonlar metalde artık gerilmelerin doğmasına sebep olur.

Yukarıda bahsedilenlerden anlaşılacağı gibi kaynak işlemi metalin yapısına dolayısıyla özelliklerine etki etmektedir. Ayrıca günümüzde, yüksek, güçlü kaynak yöntemlerinin gelişmesiyle kaynak edilecek malzeme kalınlığı artmış, kaynak hızları yükselmiştir. Kaynak sırasındaki enerji girdi çıktıları, ergime sırasındaki ve katılma sırasındaki reaksiyonlar, fazlar arasındaki bağıntılar, kaynak metalurjisinin önem kazanmasına neden olmuştur.

2.2. KAYNAK METALİ MİKROYAPISI

Kaynak sıvı fazdan oda sıcaklığına soğumasıyla elde edilen mikroyapı kaynak metali olarak adlandırılır. Düşük karbonlu ve düşük alaşımlı çeliklerin kaynak metalinde meydana gelen mikroyapılar;

- Tane sınırı ferrit ()
- Widmanstatden ferrit (w)
- Asiküler ferrit (a)
- Mikrofazlar (az martenzit, kalıntı östenit, dönüşmemiş perlit)

a. Tane Sınırı Ferrit

Tane sınırı ferrit () A3 sıcaklığının altındaki soğumalarda oluşan ilk fazdır. Bu faz kolon tipi östenit tanelerinin sınırlarında heterojen olarak çekirdeklenir. Düşük alaşımlı çeliklerin kaynağında soğuma esnasında östenit tane sınırları hızlı bir şekilde süreklilik arz eden ferrit tabakalarıyla kaplanır. Östenit tane sınırlarında oluşan bu ferrit tabakaları bir sonraki dönüşmeler süresince kabalaşmaktadır. Ferrit büyüdüğünde büyüme yavaşlamaktadır.

b. Widmanstatten Ferrit

Widmanstatten ferrit 750 – 6500C sıcaklıkları arasında tane sınırı ferrite göre daha hızlı soğuma sonucu oluşmaktadır. Bir fazın diğer fazın yerini alması şeklinde olan dönüşümde yan yana gelen ferrit levhacıklarının ortaklaşa büyümesi gerilme enerjisini azaltmaktadır. Şekil 7.2."de değişik morfolojilerde ortaya çıkabilen W"ler gösterilmiştir.

c. Asiküler Ferrit

Asiküler ferrit a genellikle düşük alaşımlı çeliklerin kaynak metalinde soğuma süresince oluşan bir yapıdır. 650°C'nin altındaki soğumalarda meydana gelen bu faz tokluk ve dayanımı arttırdığı için büyük öneme sahiptir. Asiküler terimi iğneye benzer bir şekil ifade etmekte ancak genellikle üç boyutlu mercimek tanelerine benzer levhacıklar algılanmaktadır. Asiküler ferrit çekirdekleri kaynak metalinde östenit taneleri içerisinde bulunan oksit inklüzyonlarında veya TiN gibi çökeltilerde çekirdek teşekkülü ve çekirdeklerin büyümesi ile meydana gelmektedir.

2.3. ISININ TESİRİ ALTINDA KALAN BÖLGE (ITAB) MİKROYAPISI

Sıcaklığa bağlı olarak 1450°C ile 700°C arasındaki değerler de çeliğin bileşimine bağlı olarak dört farklı bölge meydana gelir. Bunlar;

- İri taneli bölge
- İnce taneli bölge
- Kısmen dönüşmüş bölge
- İç yapı değişimine uğramamış bölge olur.

a. İri Taneli Bölge

Kaynak metalinin hemen bitişiğinde olan ve kaynak sırasında 1450 ila 1200oC arasındaki bir sıcaklığa maruz kalan bölgedir. Karbon eşdeğerliği düşük çeliklerde ötektoid altı ferrit tane sınırlarında bir ağ örgüsü şeklinde ortaya çıkmaktadır. Daha yüksek karbon eşdeğerliğinde özellikle widmanstatten ferrit gibi daha düşük sıcaklık dönüşüm ürünleri oluşmaktadır. Çok yüksek karbon eşdeğerliğinde ise martenzit oluşmaktadır. Çünkü martenzit düşecek en son yapıdır.

b. İnce Taneli Bölge

Bu bölgede ulaşılan maksimum sıcaklık iri taneli bölgeden daha düşüktür. Kaynak sırasında 1200 – 900oC arasındaki bir sıcaklığa ulaşılan bir bölgedir. İç yapı bakımından iri taneli bölgeye benzer ve onun bir devamıdır. Isıtma süresince dönüşümü sonucunda oluşan östenit taneleri büyümek için yeterli zaman bulamadıkları için küçük kalmaktadır. Ayrıca bu bölgede karbürler tam olarak çözünemezler. Kaynak giriş enerjisi, parça kalınlığı gibi diğer faktörlere bağlı olarak dönüşümü ince ferrit – perlit yapısını oluşturma eğiliminde olmaktadır.

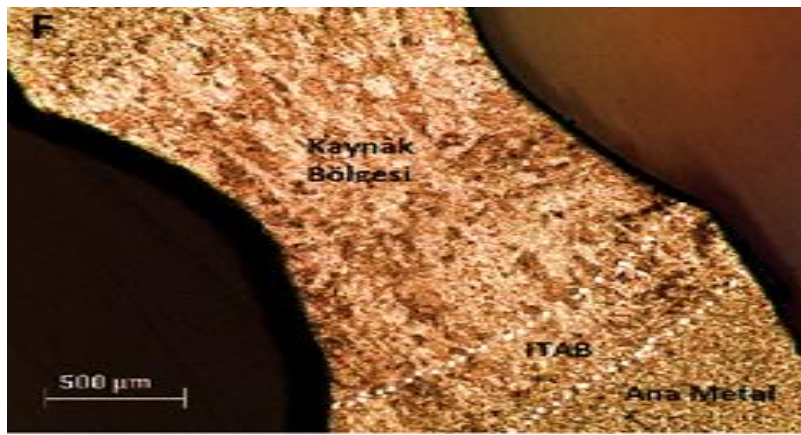
c. Kısmen Dönüşmüş Bölge

İnce taneli bölgenin devamı olup, kaynak sırasında A1 – A3 sıcaklığı aralığında ana metaldeki perlit dönüşüm sıcaklığının daha düşük olması nedeniyle hızlı bir şekilde östenitleşmektedir.

Oluşan bu östenit, karbon ve mangan açısından zengin olmaktadır. Bu nedenle soğuma hızına bağlı olarak dönüşümü sonucu oluşabilecek yapılar değişebilmektedir. Bu bölgede oluşabilecek muhtemel yapılar, perlit, üst beyrit, temperlenmiş martenzitdir.

d. İç Yapı Değişimine Uğramamış Bölge

Sıcaklığın maksimum 650oC'ye kadar çıktığı ve mikroyapı da herhangi bir değişimin görülmediği bölgedir. Ancak ısıtma ve kalıcı gerilimin ortaklaşa sonucu yaşlanma meydana gelmektedir. Bu ise hareket eden dislokasyonların C ve N gibi arayer alaşım elementlerini süpürerek uzaklaştırması ile ilişkilendirilmektedir. Katı çözelti de dislokasyon açısından zengin olan bölgelerde soğumaya bağlı olarak kilitlenmektedir ve kırılabilirliğe sebep olmaktadır. Bu problem kaynak sonrası ısıtma veya çok pasolu kaynak ile giderilmektedir.



Şekil.3.Lazer kaynaklanmış galvanize çeliğin mikroyapısı

2.4.Kaynak Hataları

2.4.1.Çatlaklar

A.Kaynak metali çatlakları

Kaynak metalindeki bölgesel gerilmelerden dolayı meydana gelirler. Bu çatlaklar; enlemesine, boylamasına, krater, yıldız veya dağınık çatlaklar şeklinde olabilir. Çatlağı meydana getiren gerilmeler; kaynak metalinin kendini çekmesi ve bu çekmenin engellenmesi sebebiyle ortaya çıkar. Kaynak metalinde meydana gelen çatlakla, aşağıdaki sebeplerden dolayı ortaya çıkar:

- a-) Kaynak yapılacak parçaların, birbirine iyi intibak etmemeleri,
- b-) Kaynak ağzlarının düzgün olmaması;
- c-) Nüfuziyet azlığı,
- d-) Kalıntılar,
- e-) Malzemenin bileşiminde kükürt oranının yüksek olması,

f-) Malzemenin sünekliğinin düşük olması,

B.Esas metal çatlakları

Bu tür çatlaklar genellikle, yüksek mukavemetli ve yüksek karbonlu çeliklerde ısının tesiri altındaki bölgede meydana gelir. Bunun sebebi de, bu bölgenin kaynak esnasında sertleşmesidir. Esas metalde meydana gelen çatlakların sebepleri şöyle sıralanabilir:

a-) Esas metalin bileşiminin sertleşmeye sebep olması,

b-) Levhaların kalınlığının fazla olması,

c-) Düşük ısı girişi ile kaynak yapılması,

d-) Ortam sıcaklığının düşük olması

2.4.2.Boşluklar

Gözenek olarak da adlandırılan bu hatalar; kaynak esnasında meydana gelen gazların dikişi terk edemeyip, içerde hapis olması veya tam yüzeyde iken katılaşmanın tamamlanması neticesinde ve bazen de metalin kendini çekmesi dolayısıyla meydana gelirler.

Boşluklar düzenli veya gelişigüzel dağılmış yuvarlak şekilli, kanallar şeklinde metal içerisinde veya dikiş yüzeyinde bulunabilir.

Kaynak metalinde meydana gelen boşlukların teşekkülü üzerinde, aşağıdaki faktörler etkili olmaktadır:

a-) Esas metal kimyasal bileşimi,

b-) İlave metalin (kaynak teli veya elektrod) kimyasal bileşimi,

c-) Esas metal ve ilave metalin, kükürt miktarının fazla olması,

d-) Elektrod örtüsünün rutubetli olması,

e-) Düşük akım şiddeti ile kaynak yapılması,

f-) Çok uzun veya kısa ark boyu ile kaynak yapılması,

g-) Ergimiş kaynak banyosunun çabuk soğuması,

h-) Kaynak ağızlarının kirli olması,

i-) Oksi-asetilen kaynağında karbonlayıcı bir alev kullanılması.

2.4.3.Kalıntılar

Kalıntılar; kaynak metalinde bulunabilecek dekapan ve kaynak tozu kalıntıları, oksit kalıntıları ve ağır metal kalıntılarıdır. Örnek olarak; alüminyumun kaynağında teşekkül eden Al_2O_3 ,, in kaynak metali içerisinde kalması, tungsten kalıntıları verilebilir.

Elektrik ark kaynağında; elektrod örtüsü veya kaynak tozundan teşekkül eden cüruf parçacıkları, devamlı veya kesikli hatlar şeklinde kaynak metali içerisinde kalabilir. Çok pasolu kaynakta; pasolar arasındaki cürufların tam olarak temizlenmemesi, kalıntılara sebep olur.

Cüruf kalıntıları, mukavemeti düşürür ve çatlakların oluşumuna sebep olur. Kalıntıların önlenmesi için; erimiş banyo hareketlerinin kontrolü, pasolar arasında cürufların iyi temizlenmesi gerekir.

3. DENEYDE KULLANILACAKLAR

Optik mikroskop (OM)

Lazer ve TİG kaynaklanmış çelik numuneler

4. DENEYİN YAPILIŞI

Bakalite alınmış Lazer ve TİG kaynaklanmış çelik numuneler optik mikroskop altında incelenecek ve mikroyapılar yorumlanacaktır.

5. KAYNAKLAR

*AĞRI İBRAHİM ÇEÇEN ÜNİVERSİTESİ MESLEK YÜKSEKOKULU ÖNSÖZ, MAKİNE VE METAL TEKNOLOJİLERİ BÖLÜMÜ, KAYNAK TEKNOLOJİSİ DERS NOTLARI, Öğr. Gör. Kadir GELİŞ,2014.

*Kaynak metalurjisi ders notları, Prof.Dr.Adem KURT, ANKARA,2013.

*KAYNAK METALURJİSİ Ders Notları, Yrd.Doç.Dr. Sare ÇELİK, BAÜ MÜHENDİSLİK MİMARLIK FAKÜLTESİ, MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ.

ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MALZEME BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

KOMPOZİT DENEYLERİ
DENEY FÖYÜ

HAZIRLAYANLAR

Arş. Gör. Mehmet YAZICI

Arş. Gör. Tuğba MUTUK

Arş. Gör. Merve YİĞİTER

Arş. Gör. Ayşe ERCİYES

2017-SAMSUN

1.DENEYİN AMACI

Bu deneyin amacı; plastik matrisli e-camı takviyeli düzlemsel kompozit plakanın çekme dayanımı, eğme dayanımı ve darbe dayanımının saptanması ve kırılma analizinden hareketle delaminasyon (tabaka ayrılması), fibre pull-out (sıyırılma) problemlerinin görsel olarak izlenmesidir.

2.TEORİK BİLGİ

Birbirinden farklı en az iki malzemenin aralarında bir ara yüzey oluşturarak, kimyasal bağ yapmaksızın oluşturdukları yeni malzeme grubuna kompozit denir.

Çizelge 1. Kompozit malzemelerin matris, takviye ve oluşan yapı türüne göre gruplanması

Matris Malzemeleri	Takviye Elemanları	Kompozit Yapının Şekli
Polimerler	Lifler	Tabakalar
Metaller	Granüler	Kaplamalar
Seramikler	Whiskers	Film-folyo
	Pudra	Bal peteği
	Yonga	Filaman sarılmış yapılar

2.1. Kompozit Malzemelerin Matrislerine Göre Gruplandırılması

• Plastik Matrisli Kompozitler (PMCs):

Günümüzde en yaygın olarak kullanılan kompozit türüdür. Tüm kompozitlerin içinde yaklaşık %80 kullanım oranına sahiptir. Sürekli veya süreksiz tarzda fiberlerle desteklenebildiği gibi partikül ile de takviyelendirilebilirler.

• Metal Matrisli Kompozitler (MMCs):

Plastik matrisli kompozitlerinden sonra en çok kullanım alanına sahip gruptur. Genellikle partikül takviyeli olarak kullanılan metal matrisler aşınma dayanımı gereken yerlerde kullanılmaktadır. Ayrıca alüminyumdan üretilen bal peteği yapısı da bu grupta yer almaktadır.

• Seramik Matrisli Kompozitler (CMCs):

Çok yaygın bir kullanıma sahip değillerdir. Diğer grupların aksine gevrek bir matrise sahiptir. Bu gruptaki kompozitler sünek liflerle takviye edilerek gevrek matrisin tokluğu artırılmaktadır.

2.2. Plastik Matrisli Kompozitler

Plastik matris sağladığı pek çok avantajla en çok kullanılan kompozit elemanıdır. Bu yüzden kompozitin özelliklerini öğrenmek için plastiğin tanımak önemlidir. Plastikler; karbon, hidrojen, oksijen, azot ve diğer organik ya da inorganik elementler ile oluşturduğu monomer adı verilen, basit yapıdaki molekülü gruplardaki bağın kopararak, polimer adı verilen uzun ve zincirli bir yapıya dönüştürülmesi ile elde edilen malzemelerdir.

Plastik matris genel olarak iki gruba ayrılır:

a) Termoplastikler

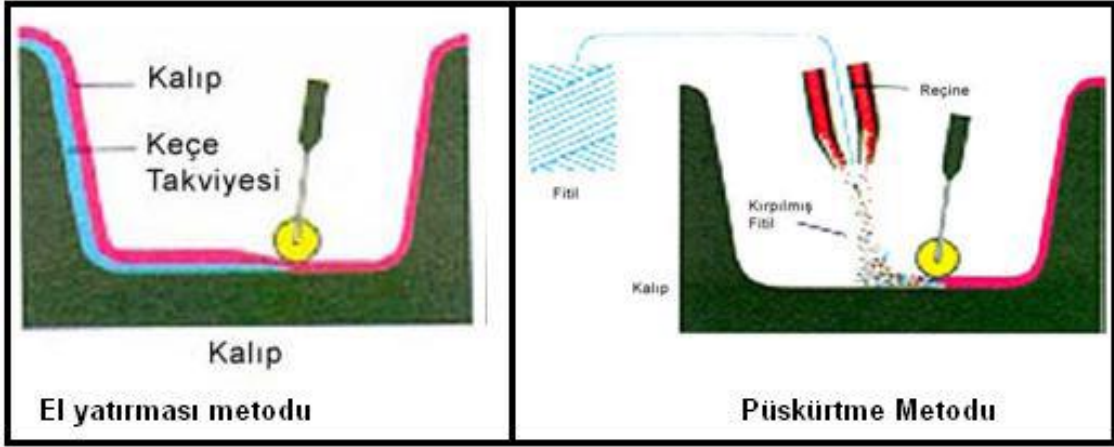
b) Termosetler

İçerdikleri takviyeye göre ise aşağıdaki gibi bir sınıflandırma yapılabilir:

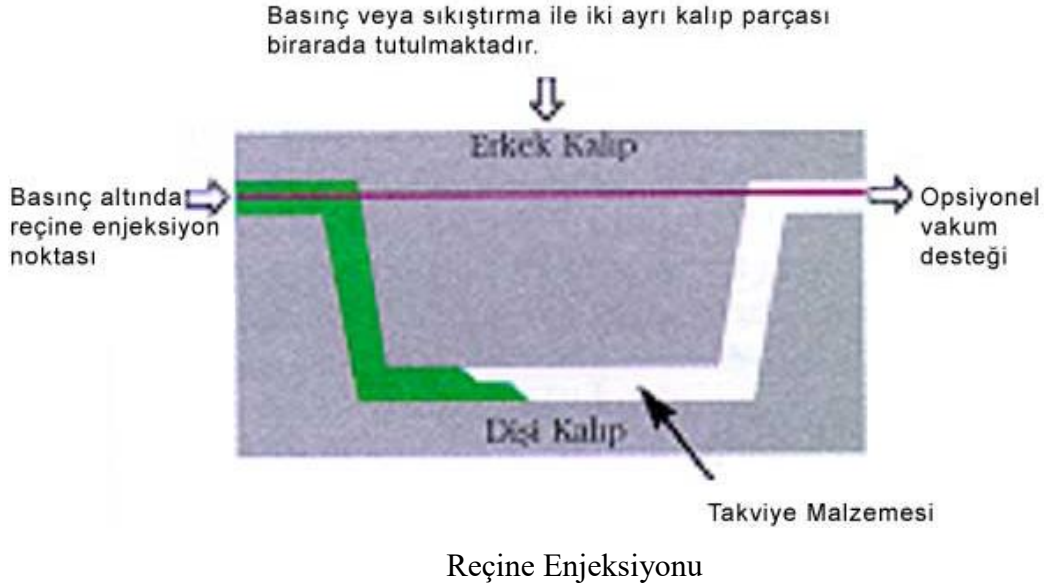
- Plastik-Plastik Kompozitler
- Plastik-Metal Kompozitler
- Plastik-Seramik Kompozitler
- Plastik-Köpük Kompozitler

2.3. Plastik Matrisli Kompozitlerin Üretim Yöntemleri

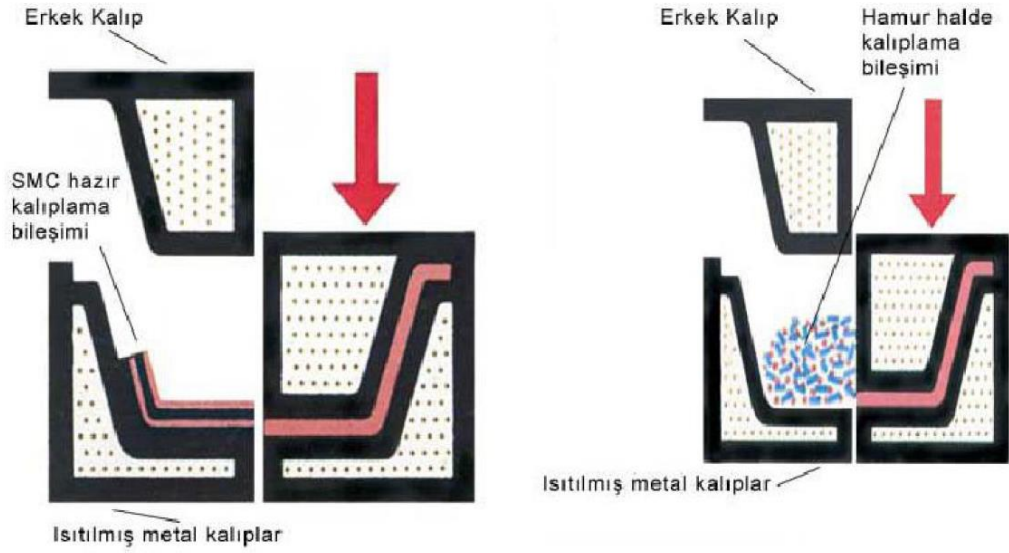
- **El yatırması metodu:** Geniş yüzeyli cam takviyeli plastik (CTP) kalıplaması için en çok kullanılan metottur. Kalıp ayırıcı uygulandıktan sonra jelkot uygulanır. Jelkot tabakasının sertleşmesinden sonra cam elyafı ve polyester fırça veya yün rulo ile uygulanır. Düşük sabit sermaye yatırımı gerektiren bir kalıplama yöntemi olan el yatırması ile %25-35 oranında cam elyafı ile takviyeli polyester ürün elde edilebilir. Emek-yoğun bir üretim metodu olduğundan kapasite, emek ve kalıp adedine bağlıdır. Bir kalıptan günde ortalama 2 ürün alınabilir.
- **Püskürtme metodu:** El yatırması metodunun daha seri olarak uygulanmasını sağlayan bir kalıplama metodudur. Üretim sırasında kalıp üzerine polyester ve cam elyafı özel bir makine yardımı ile püskürtülür. Püskürtme metodunda devamlı cam elyafından fitil, püskürtme işlemi sırasında 17-50 mm uzunluğunda kırılarak kullanılır. Geniş yüzeyli ürünlerde seri üretim olanağı ve işçilikten tasarruf sağlar.



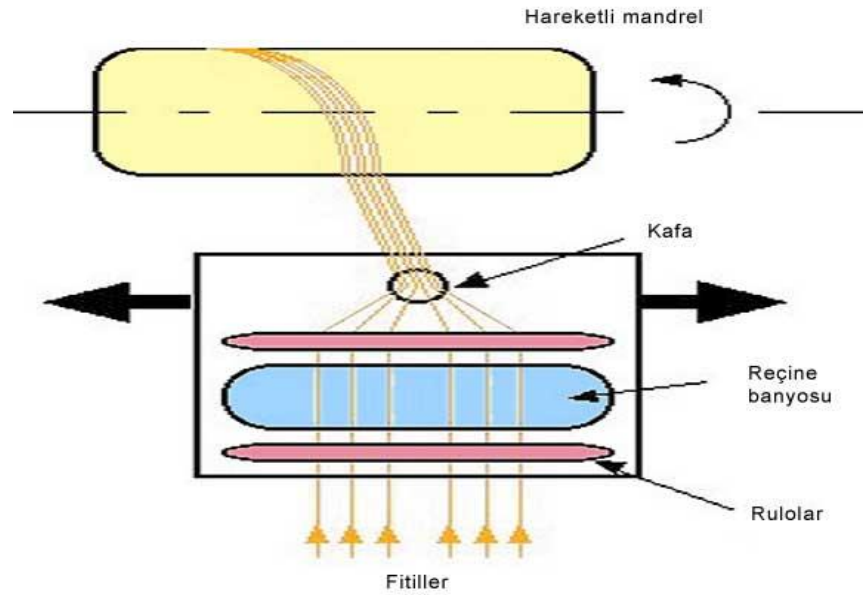
- **Reçine enjeksiyon metodu:** Bu üretim metodunda dişi ve erkek olmak üzere iki kalıp kullanılarak iki yüzü düzgün ürün elde edilir. Reçine enjeksiyonu için üretilmiş olan özel cam keçe (devamlı keçe) kalıp üzerine yerleştirilir ve kalıplar kapatılır. Önceden hazırlanmış olan bir reçine enjeksiyon noktasından, basınç altında polyester, kalıp içine enjekte edilir. Reçine enjeksiyonu metodu ile daha seri ve ekonomik olarak el yatırmasına oranla daha kaliteli ürün elde edilir.



- **SMC/BMC hazır kalıplama metodu:** Ürün boyutuna göre 3-6 dakikalık bir kalıplama süresi sağlayan hızlı, seri bir kalıplama metodudur. Önceden hazırlanmış, pestil veya hamur haldeki cam elyafı – polyester– dolgu ve katkı malzemeleri karışımınının 150-170 °C sıcaklıkta, 50-120 kgf/cm² basınç altında çelik kalıplarda şekillendirilmesi metodudur.

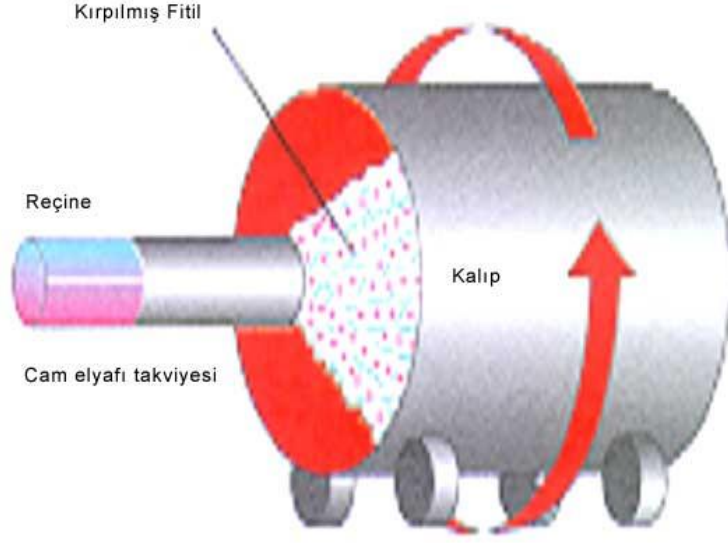


- **Elyaf sarma metodu:** Özellikle boru ve tank üretimi için kullanılan kalıplama metodudur. Devamlı cam elyafından fitillerin polyester banyosundan ıslatıldıktan sonra dönen bir kalıp üzerine belirli açılarda sarılması şeklindedir.



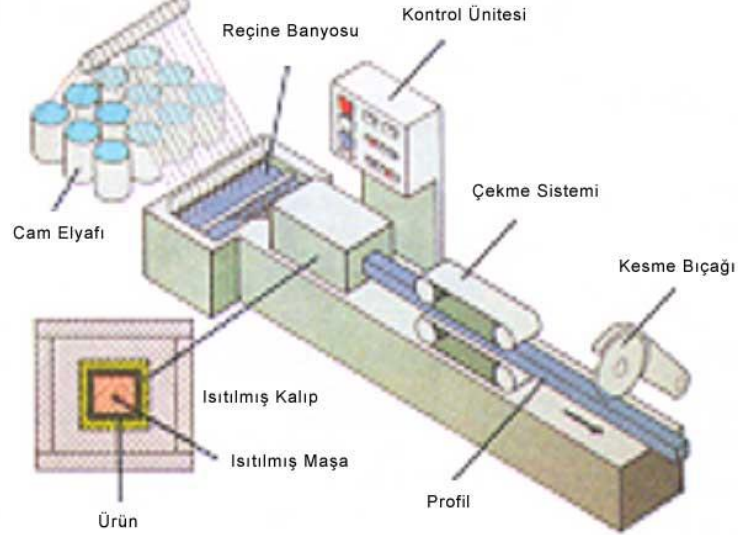
Elyaf Sarma Metodu

- **Savurma döküm metodu:** Boru, depo, direk gibi silindirik ürünlerin yapımında kullanılır. Döner bir kalıp içine cam elyafı ve polyester birlikte püskürtülür. Kalıbın dönmesinden meydana gelen merkezkaç kuvvet, laminatın kalıp yüzeyine yapışmasını ve her iki yüzü düzgün ürün elde edilmesini sağlar.



Savurma Döküm Metodu

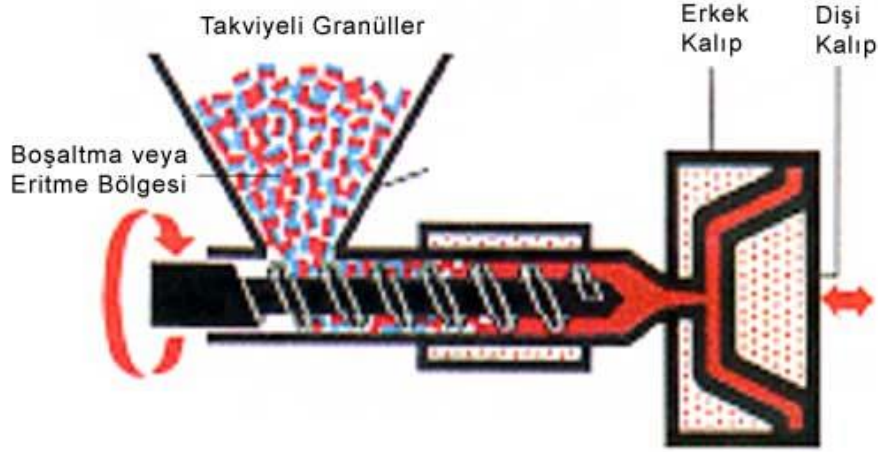
- **Profil çekme metodu (Pultrüzyon):** Devamlı cam elyafından fitillerin polyester banyosundan geçirildikten sonra istenilen profile bir sıcak kalıp içinden çekilirken sertleştirilmesi prensibine dayanır. Elyaf takviyesi yönünde çok dayanıklı ve cam elyafı oranı çok yüksek profil ürünler elde edilir.



Profil Çekme Metodu

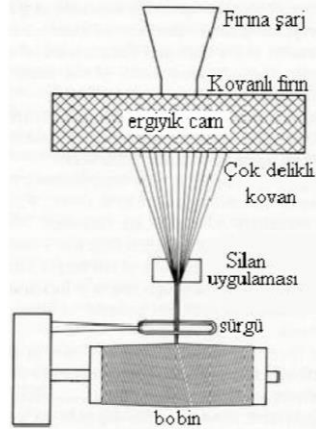
- Termoplastik enjeksiyon / ekstrüzyon metodu: Profil türü ürünlerin kalıplanmasında ekstrüzyon makineleri kullanılırken, karmaşık şekilli ürünlerin kalıplanmasında, enjeksiyon makineleri kullanılmaktadır. Benzer prensiple çalışan enjeksiyon ve ekstrüzyon makinelerinde; besleme haznesinden verilen granül halindeki reçine, ısıtma bölgesinde ısıtılarak akışkan hale getirilmekte ve burğu yivleri ile bir taraftan homojen

karışım sağlanırken, diğer taraftan çıkış ucuna doğru taşınmaktadır. Ekstrüderlerde, çıkış ucuna yerleştirilen, kalıp içinden basınç etkisi ve çekme aparatlarıyardımı ile kalıp şekline uygun şekilde profiller çekilirken, enjeksiyon makinelerinde, çıkış memesinin hemen yanında bulunan kapalı kalıp içine akışkan hale getirilmiş termoplastik reçine enjekte edilir ve kapalı kalıp içinde soğuması ve sertleşmesi sağlanır.



2.4. Cam Elyaf Üretimi

Cam elyafı, silika, kolemanit, alüminyum oksit, soda, magnezyum oksit... gibi geleneksel cam üretim hammaddelerinden üretilmektedir. Hammadde bileşimi, çok ince öğütülerek, homojen bir karışım elde etmek üzere karıştırılır ve yaklaşık 1600 °C sıcaklıkta çalışan bir ergitme fırınına beslenir. Fırın içinde, karışım yavaşça sıvı hale geçer. Prosese uygun olarak yerleştirilmiş bir sarma sistemi ile 50-70 m/sn gibi yüksek bir hız ile daha sonraki uygulama türüne bağlı olarak 5 ila 20 mikron çapında çekilen cam lifleri bir mandral üzerine sarılarak "kek" adı verilen bir bobin üzerinde toplanır. Cam lifleri, demet haline getirilmeden önce, bağlayıcı adı verilen bir kimyasal bileşim ile kaplanır. Bağlayıcı cinsi, kompozit malzeme içinde cam elyafının performansını etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. Kompozitin mukavemeti, reçine-cam bağının kuvveti ile orantılıdır. Bu bağın kuvveti, kullanılan bağlayıcı içindeki bağlama gruplarının cinsine bağlıdır. Bağlayıcı, "film oluşturucu", "bağlama grupları", "antistatik katkı", "plastifiyan" "lübrikant" adı verilen malzemelerin karışımından oluşmaktadır.



Cam elyaf üretimi (Phillips, 1989)

3. KULLANILAN STANDARTLAR

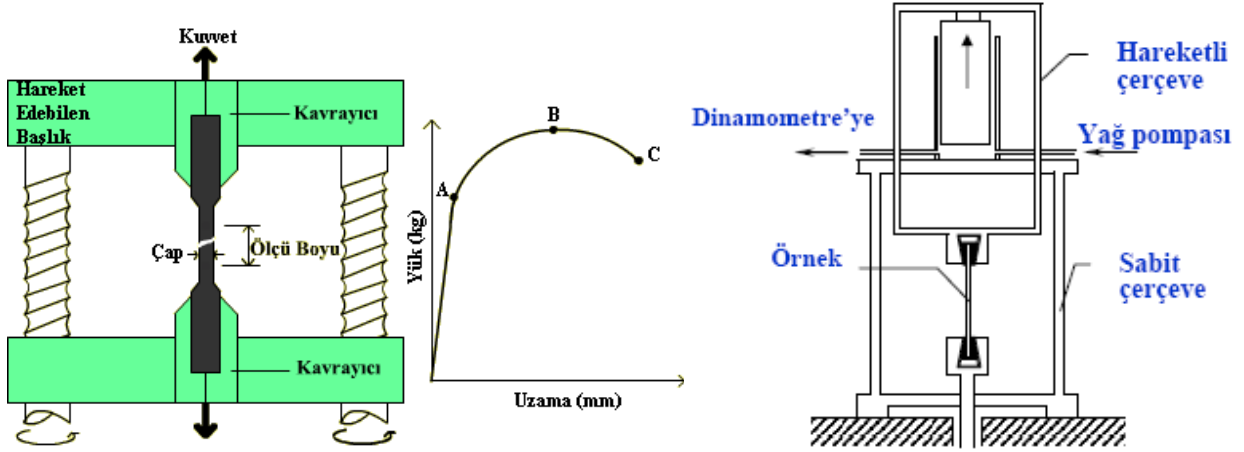
- TS EN ISO 527-4: Plâstikler – Çekme özelliklerinin tayini – Bölüm 4: İzotropik ve ortotropik elyaf takviyeli plâstik kompozitler için deney şartları,
- TS EN ISO 14125: Plastik kompozitler - elyaf takviyeli – eğilme özelliklerinin tayini,
- TS EN ISO 179-1: Plastikler – Charpy darbe özelliklerinin tayini-Bölüm 1: Ölçü aletsiz darbe deneyi.

4. KULLANILAN CİHAZLAR VE MATERYALLER

- Deney standartlarına uygun fiber takviyeli plastik numuneler,
- Dijital kumpas,
- Çekme/eğme cihazı,
- Üç noktalı eğme aparatı,
- Çekme numunesi pimleri,

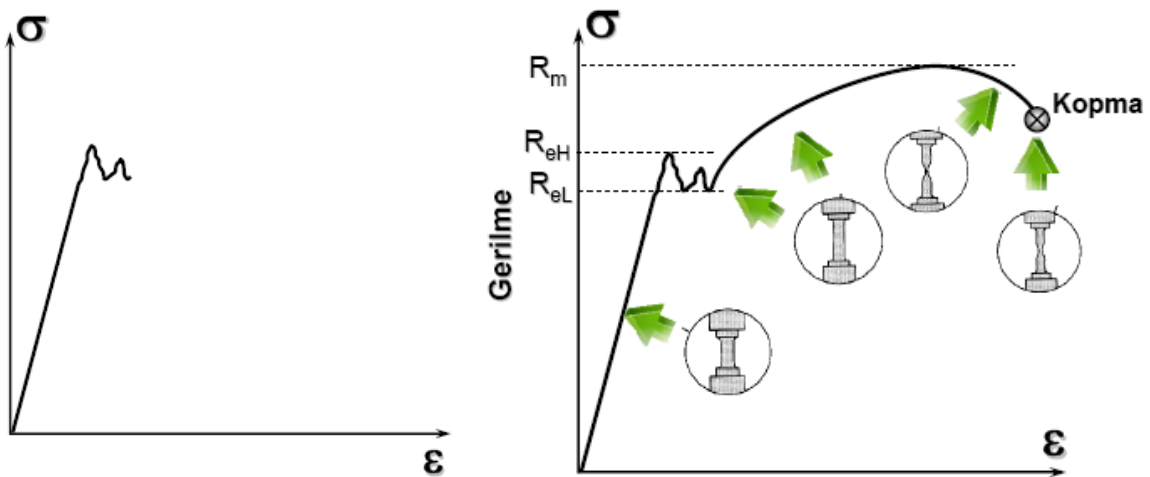
5. DENEYİN YAPILIŞI

5.1 Çekme Deneyi: Kompozitlerin çekme deneyi tek eksenli olarak çekme dayancının saptanması amacıyla yapılır. Matris termoset plastik olduğundan gevrek tutum gösterir. E-camı fiberler zaten doğal olarak gevrek malzeme olduğundan kırılma gevrek kırılma biçiminde oluşur. Bu nedenle kopma uzamasından söz etmek anlamsız olur.



Çekme deneyinin yapılışı

Çekme deneyi sonucu yük(kg)-uzama(mm) eğrisi elde edilir. Fakat bu değerler, kullanılan numunenin boyutlarına göre farklılık gösterdiğinden mühendislik açısından anlamlı değerler değildir. Bu yüzden yük, numune alanına bölünerek gerilme (σ) ve uzama, ilk boya bölünerek gerilme bir diğer deyişle birim şekil değiştirme (ϵ) değerleri kullanılmalıdır. Gerilme-gerinim eğrisi mühendislik açısından önem taşır, plastik davranışın başladığını belirtir. Mühendislik dizaynı ve hesaplarında kullanılır. Genellikle sünek malzemelerin adlandırılmasında kullanılır.



Gevrek malzemelerde olası gerilme-gerinim eğrisi Yumuşak çelik için kalsik gerilme-gerinim eğrisi

5.2 Eğme Deneyi: Genelde gevrek malzemelerin eğme dayancının belirlenmesinde kullanılır. Cam, seramik ve kompozitlerin önemli deney grubudur. Kompozitlerin eğme deneyi 3 ve 4 noktalı eğme olarak yapılır.

6. SONUÇLARIN ALINMASI

Çekme deneyi sonunda maksimum kopma yükü cihaz üzerindeki göstergeden Kilopond (kp) cinsinden okunur. Çekme dayanımının bulunması için kp cinsinden okunan bu değer 9,81 ile çarpılarak Newton (N)'a çevrilir. Önceden kumpas ile ölçülen numune boyutlarından (mm cinsinden genişlik ve kalınlık) numunenin kesit alanı (mm²) hesaplanır. N cinsindeki maksimum yükün, numune kesit alanına bölümü ile MPa cinsinden maksimum çekme dayancı değeri (Fmax) hesaplanır. Eğme deneyinde deformasyonun gerçekleştiği maksimum eğme yükü kp cinsinden cihaz üzerindeki göstergeden okunur. Bu değer N' a çevrilir. Önceden kumpas ile mm cinsinden ölçülen numune boyutlarından da faydalanarak eğme dayancı formülünde değerler yerine konarak numunenin maksimum eğme dayancı hesaplanır.

Çekme Deneyi:

$$S_0 = a \cdot b = mm^2$$

$$R_m = \frac{F_{max}}{S_0} (MPa)$$

Eğme Dayancı:

$$\sigma_{eğ} = \frac{3 \cdot F_{max} \cdot L}{2 \cdot a \cdot b^2} (MPa)$$

7. SONUÇ

Kompozit numunelere uygulanan mekanik deneyler sonucu numunelerin maksimum çekme dayanımı ve eğme dayanımı değerleri bulunur. Deneyler sonucu numunelerde kırık analizleri yapılır. Numune kırık kesitlerinde yapılan incelemeler sonucu kompozitlerin temel hasar sebeplerinden fiber sıyrılması (fiber pull-out) ve delaminasyon problemleri gözlenir.

ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MALZEME BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

EĞME DENEYİ
DENEY FÖYÜ

HAZIRLAYAN

Arş. Gör. Mehmet KURU

2018-SAMSUN

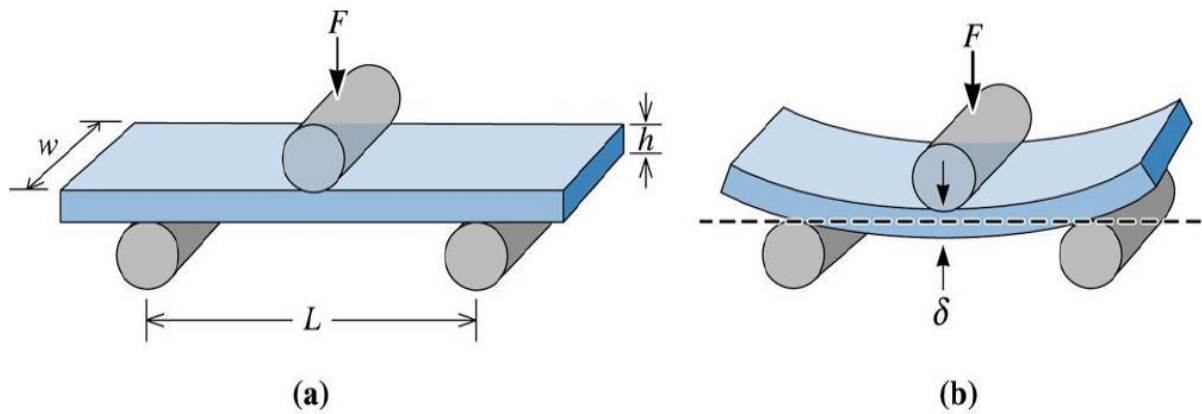
1.1 DENEYİN AMACI: Eğme deneyi ile, eğilen bir çubuğa etkiyen yük ve elastik deformasyon arasındaki ilişkiyi göstermek amaçlanır. Sabit veya değişken yükleme şartlarında, elastik deformasyon sahasında çubuğun dayandığı maksimum eğilme yükü bulunur. Eğme deneyi ile malzemenin elastisite modülü, eğilme momenti, eğilme dayanımı ve maksimum sehim miktarı tespit edilir.

1.2 TEORİK BİLGİ

Eğme, iki desteğe serbest olarak oturtulan genellikle daire veya dikdörtgen kesitli düz bir deney parçasının, yön değiştirmeksizin ortasına bir eğme kuvveti uygulandığında oluşan biçim değişmesidir. Eğme deneyinde, deney numunesine bir kuvvet etki ettiğinde, numune kesitinin bir kısmında *basma gerilmesi*, kesitin geri kalan kısmında *çekme gerilmesi* meydana gelir.

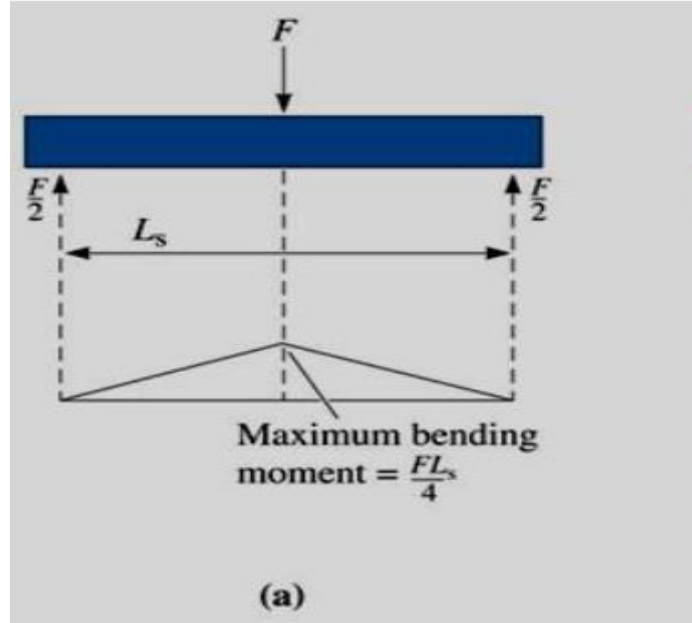
Çeşitli eğme deneyi yöntemleri vardır. Bunların içinde en çok uygulananı "Üç noktalı eğme" deneyidir. Bu yöntemlerde ana amaç, malzeme çatlayana kadar tek yönde eğmektir.

Deneyin temel prensibi, deneyde kullanılacak malzemeyi "basit kiriş" modeli olarak kabul etmeye dayanmaktadır. Kiriş denklemi ideal moment durumuna göre çıkarıldığından, kirişte oluşan kayma gerilmesinin normal gerilmelere göre ihmal edilebilir düzeyde kalması istenmektedir. Bu sebeple malzemenin sabit kesit alanlı olması ve uzunluk değerinin en geniş değerine oranla en az 16 katı büyük olması gerekmektedir. Deneyin sınır koşulları "basit kiriş" modellenmesi ile aynıdır. Test numunesi uzunlamasına yatay bir pozisyonda destekler üzerine konurken, üzerine tam ortasından kuvvet uygulanır (Şekil 1)



Şekil 1. Eğme deneyi düzeneği

Deney süresince, F kuvveti arttırılırken, malzemenin tam ortasında oluşan sehım değeri ölçölür. Ölçölen değerler sonucu kuvvete karşılık gelen sehım grafiği elde edilir. Bu ölçömler, tüm malzeme için en yüksek sehım ve momentin oluştuğu orta noktasında yapılır. Mukavemet bilgilerini kullanarak, üç nokta eğilme deney için gerekli hesaplamalar şekil 2’de belirtilen parametreler kullanılarak elde edilir.



şekil 2: Eğme Deneyi için Serbest Cisim Diyagramı

Basit eğilme hali için çubuktaki maksimum gerilme,

$$\sigma = \frac{M_e \cdot c}{I}$$

σ = Maksimum normal gerilme (N/mm²)

M_e = Eğilme Momenti (Nmm)

I = Dikdörtgen kesit için atalet momenti (mm⁴)

$c = h/2$ = Maksimum gerilme noktasının tarafsız eksene uzaklığı (mm)

Eğme için Maksimum gerilme değeri,

$$\sigma_e = \frac{3FL}{2bh^2}$$

Burada;

σ = Max normal gerilme(N/mm²)

F = Kuvvet (N)

L = İki destek arası mesafe (mm)

b = Kiriş genişliği(mm)

h = Kiriş yüksekliği (mm)

Deformasyon Miktarının (ε) Hesaplanması

$$\varepsilon = \frac{6fh}{L^2}$$

Burada;

f = Sehim (mm)

h = Kiriş yüksekliği (mm)

L = İki destek arası mesafe (mm) dir.

Eğilme momenti M_e ,

$$M_e = \frac{F \cdot L}{4}$$

F = Kuvvet (N)

L = Mesnetlerin aralığı (mm)

Sehim(f) ise aşağıdaki formül ile bulunur.

$$f = \frac{F \cdot L^3}{48 E \cdot I}$$

L= Mesnetlerin aralığı (mm)

I = Kesit atalet momenti (mm⁴)

E = Elastik modülü (MPa)

Düzlemsel atalet momenti, b genişliğinde ve h yüksekliğine sahip dikdörtgen kesitli bir malzeme için aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

Eğilme Elastisite Modülü

Teğet modülü genellikle elastisite modülü olarak isimlendirilir. Elastik sınırlar içerisinde gerilmenin karşılık gelen şekil değiştirmeye oranıdır. Eğilme elastisite modülü aşağıdaki formülden hesaplanır.

$$E_{eğ} = \frac{L^3 m}{4bd^3}$$

Burada,

$E_{eğ}$: Eğilme elastik modülü (N/mm²)

L = Destekler arası mesafe (m)

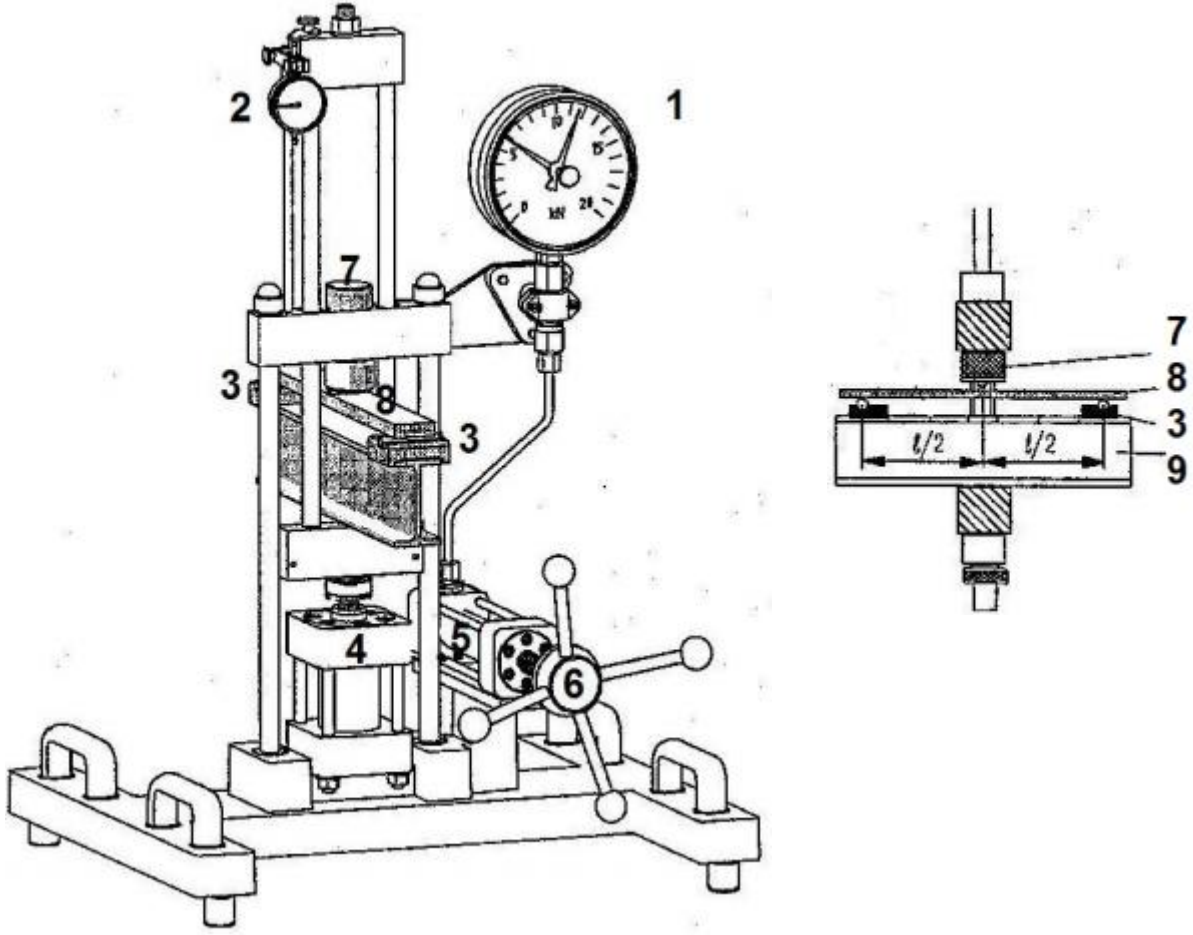
b = Kiriş kesitinin genişliği (m)

d = Test edilen kirişin kesitinin yüksekliği

m = Yük (F) - sehim (f) eğrisinin eğimi (N/m²)

1.3 DENEY DÜZENEĞİ

Eğme deney düzeneğinin şematik görünümü, Şekil 3'de verilmiştir. Deney konfigürasyonu, kuvvet göstergesi (1), kadran (2), iki adet mesnet (3), hidrolik silindirlere (4 ve 5) çevirme kolu (6), zımba (7) ve dikdörtgen kesitli deney çubuğundan (8) ibarettir. Çevirme kolu döndürüldüğünde, 5 numaralı hidrolik silindir içindeki piston hareket eder ve silindir içindeki sıvı akışkanı (4) nolu hidrolik silindir içerisine gönderir. Böylece, 4 numaralı silindirin pistonu yukarı doğru hareket eder ve 7 numaralı zımba sabit olduğundan, zımba üzerinde deney numunesini eğmeye maruz bırakır. Deney esnasında kuvvet değişimi, kuvvet göstergesinden (1), sehim ise kadrandan (2) okunarak kaydedilir. Mesnet aralığı, I profil (9) üzerinde arzu edilen mesafeye mesnetler kaydırılarak değiştirilebilir.



Şekil 3. Eğme deney düzeneğinin şematik görünümü

Sabit yük altında, mesnet aralığının sehim üzerine etkisini incelemek istenir. 5 kN sabit bir yük seçilir. Bu yük, çubuğun plastik deforme olmadığı tüm mesnet aralık değerlerine izin verir. Teorik olarak hesaplanmış sehim değerleri:

Çeşitli mesnet aralıkları için sehim değerleri			
L aralığı (mm)	100	200	300
Sehim f (mm)	0.09	0.69	2.32

1.4 DENEYİN YAPILIŞI

Eğme deneyinin yapılış aşamaları aşağıda sıralanmıştır:

- 1) Mesnetleri kaydırarak mesnet aralığı ayarlanır. (100, 200, 300 mm)
- 2) Kuvvet göstergesi, ilk sehimi gösterinceye kadar çubuğa hafifçe yük uygulanır.
- 3) Kadran sıfıra ayarlanır.

- 4) Çubuk 5 kN test yükü ile yüklenir.
- 5) Kadrandan deformasyon miktarı okunur ve kaydedilir.
- 6) Deneyi bir başka mesnet aralığı için tekrarlanır.

Deney sırasında kadrandan okunan sehim değerleri,

Çeşitli mesnet aralıkları için sehim değerleri (F=5 kN)			
L aralığı (mm)	100	200	300
Sehim f (mm)	0.29	0.95	2.56

1.5 DENEY SONUCU İSTENENLER

Deney sonuçları teorik hesap sonuçlarıyla aynı grafikte gösterilir. (Mesnet aralığı-sehim grafiği)

Bunun için,

- Teorik hesapla bulunan sehim değeri tablosu çiziniz.
- Kadrandan okunan deneysel sehim değerleri tablosunu çiziniz.
- Teorik ve deneysel bulunan sehim değerlerinin grafiğini çiziniz.

KAYNAKLAR

- 1) GUNT WP 300.04. Bending Device for Universal Material Tester Catalogue, 2010

ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MALZEME BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

ULTRASONİK MUAYENE
DENEY FÖYÜ

HAZIRLAYAN
Arş. Gör. Kübra DEMİRBAŞ

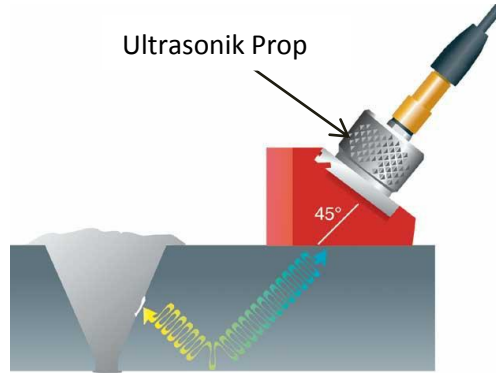
2018-SAMSUN

1. DENEYİN AMACI

Malzemeye herhangi bir zarar vermeden malzeme içindeki veya yüzeyindeki bulunabilecek hasarların ultrasonik test cihazı ile tespiti yapılacaktır.

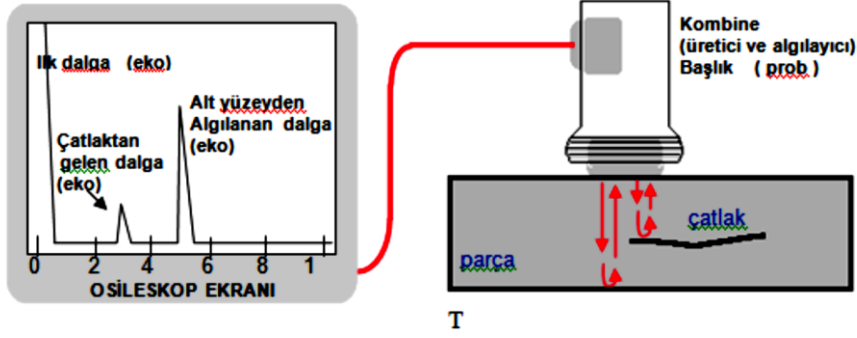
2. TEORİK BİLGİ

Tahribatsız muayene terimi, bir malzeme veya bileşene zarar vermeksizin veya kullanımını etkilemeksizin, malzeme özellikleri hakkında bilgi veren malzeme test yöntemlerini tanımlamak için kullanılmaktadır. Bu amaçlar sıklıkla kullanılan yöntemler radyografik ve ultrasonik muayene yöntemleridir. Ultrasonik muayene yöntemi prensip olarak katı malzemelerin ses dalgaları için iyi iletken olduğu gerçeğine dayanmaktadır. Bu ultrasonik muayene yönteminde incelenmek istenilen malzemedeki süreksizlikleri tespit edebilmek için mayene probu tarafından üretilen yüksek frekanstaki (0.1-20 MHz) ses üstü dalgalarının test malzemesi içerisinde yayılması ve bir süreksizliğe çarptıktan sonra tekrar proba yansıması ve böylece prob tarafından algılanması temeline dayanmaktadır. Tipik bir ultrasonik probun yapısı Şekil 1'de görülmektedir. Prob tarafından algılanan dalgalar (piezoelektrik olay ile) elektrik sinyallerine dönüştürülür ve katod ışınları tübü ekranında malzeme iç yapısının habercisi olan yankılar (ekolar) şeklinde görülür. Ekran üzerinde gözlenen ekoların konumları ve genlikleri süreksizliğin bulunduğu yer ve boyutları hakkında bilgi verir.



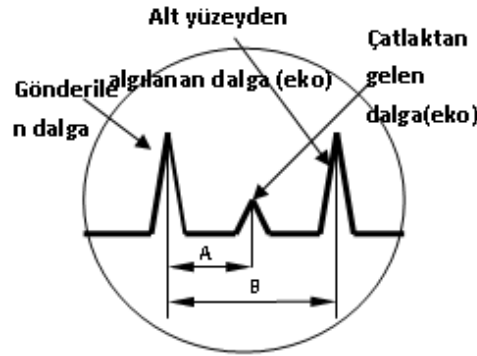
Şekil.1. Propla kaynaklı parçanın hata tespiti

Metalik veya metalik olmayan malzemelerde beklenen hacimsel hatalar ile çatlak türü yüzey hatalarının tespiti için kullanılabilir. Süreksizlikler ultrasonik demete dik doğrultuda olduklarından en iyi şekilde algılanırlar, kaba taneli yapılar özellikle östenitik malzemeler için ultrasonik yöntem uygulanması zordur. Malzeme içine gönderilen yüksek frekanslı ses dalgaları ses yolu üzerinde bir engele çarpması durumunda yansır. Çarpma açısına bağlı olarak yansıyan sinyal alıcı proba gelebilir veya gelmeyebilir. Alıcı proba ulaşan yansıyan sinyal ultrasonik muayene cihazının ekranında bir yankı belirtisi oluşturur. Yankının konumuna göre yansıtıcının muayene parçası içindeki koordinatları hesaplanabilir. Ayrıca yankının yüksekliği de yansıtıcının büyüklüğü hakkında fikir verir. Yankı sinyalinin şekline bakılarak yansıtıcının türü hakkında da bir yorum yapmak mümkün olabilir.



Şekil.2. Osiloskop ekranı ve kontrol edilen parça

Osiloskop ekranındaki eko boyuna bakarak hatanın boyu, ekrandaki ölçü değerlerine göre hesaplanabilir. Ekolar arasındaki mesafeye bakarak hatanın ekranda görülen grafikteki ölçü değerlerine göre yeri tam olarak tespit edilebilir. Paralel yüzeyli malzemelerin yüzey kalınlığı osiloskop ekranına yansıyan ekoların arasındaki mesafe, malzeme kalınlığının ölçüsüdür. Malzemede hata varsa osiloskop ekranında ilk eko ile son eko arasında kısa bir eko algılanır. Ekolar arasındaki mesafe göstergesinden dalganın yeri tespit edilir. Ekolar arasındaki mesafe, Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Hatanın ekranda görünüşü

Ultrasonik muayene için en yaygın kullanılan dalga türleri boyuna (basınç) ve enine (kesme) dalgalarıdır. Normal başlık (prob) denilen, sıfır derece giriş açısına sahip başlıklarla çalışılırken malzeme içinde ilerleyen dalgalar, boyuna dalgalarıdır. Açılı başlıklar ise malzeme içine genellikle 45, 60 ve 70° giriş açısı ile (Bu değerler çelik malzeme içindir.) enine dalgalar gönderir.

2.1. Ultrasonik Muayene Yöntemi ile Yapılabilecek Ölçümler

Boyut ölçülmesi (kalınlık gibi)

- Boy ve kalınlık
- Ultrasonik termometre (bir çubuğun sıcaklıkta boyut değiştirmesi tespit edilebilir).
- Yüzey sertliğinin ölçülmesi

Özelliklerin tespiti

- Elastik modülü
- Tane büyüklüğü, ayrışan fazlar, kalıntılar, soğuk ve sıcak işlem dereceleri
- İç gerilmelerin tespiti
- Hataların (süreksizlerin) tespiti

2.2. Ultrasonik Muayene Tekniklerinin Üstünlükleri

- Malzemedeki hataları üç boyutlu olarak tespit etmek mümkündür.
- Uygulama kolaylığı mevcuttur.
- Malzeme içerisindeki hataların tespitinde hassastır.
- Sarf malzemesi daha azdır.
- Özellikle kalın parçalarda düzlemsel hataların daha duyarlı bir şekilde belirlenmesini sağlar.

3. DENEYDE KULLANILACAKLAR

Ultrasonik Muayene Kiti

Metalik Numuneler

4. DENEYİN YAPILIŞI

Ultrasonik Muayene Kiti kullanıma hazır hale getirilir. İletme yansıtma metodunda metal malzemeye verici başlık tarafından yüksek frekanslı ses dalgası gönderilir. Geri yansıyan dalgaları başlık aracılığı ile algılayarak osiloskop ekranında ekolar hâlinde görülür. Eğer hata varsa osiloskop ekranında hatanın yerini ve büyüklüğünü tespit edilir. Rezolans metodunda ise malzemeye başlık aracılığı ile devamlı değişen frekanslar gönderilir. Yansımaları göre osiloskop ekranından malzemenin kalınlığını tespit edip ve eğer varsa hatanın nerede olduğunu tahmin edilir.

5. KAYNAKLAR

*Ultrasonik Yöntem ile Tahribatsız Malzeme Muayenesi, Mehmet TÜRKER, Ersin Asım GÜVEN, Alpay Tamer ERTÜRK, Kocaeli Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü.

*http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/14_03_00_aca05.pdf, Erişim Tarihi:16.01.2018

*Metal Teknolojisi, Tahribatsız Muayene, MEGEP, Ankara 2011.

ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MALZEME BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

SERTLEŞEBİLİRLİK VE JOMINY DENEYİ
DENEY FÖYÜ

HAZIRLAYAN
Arş. Gör. Mehmet YAZICI

2018-SAMSUN

1. DENEYİN AMACI

Çeliklerde sertleşebilirlik kavramının ve öneminin anlaşılması ve buna etki eden parametrelerin öğrenilmesi. Bunun yanı sıra farklı soğutma türlerine ve hızlarına bağlı olarak mikroyapı ve mekanik özelliklerin değişiminin saptanması.

2. TEORİK BİLGİ

2.1. Sertlik

Herhangi bir malzemeye kendisinden daha sert bir cisim etki ettiğinde; malzemenin, batmaya karşı gösterdiği direnç, sertlik olarak tanımlanır. Ayrıca sertlik şu şekilde de tanımlanabilir; Sertlik, malzemelerin plastik deformasyona karşı direnç gösterebilme kabiliyetidir.

2.2. Sertleşebilirlik

Martenzitik dönüşümle çeliklere yapılan ısıl işlemler özellikle ıslah çeliklerinde hem mekanik dayanç değerlerinin artmasına hem de tokluğun yükselmesine sebep olmaktadır. Bu sebeple özellikle dinamik yüklemeler altında, darbeli yüklemeler altında ve/veya soğukta çalışacak malzemelerde ıslah edilmiş mikroyapı tercih edilmektedir.

Islah edilmiş mikro yapı için çeliğin önce tetragonal bir martenzit yapısına kavuşturulması ve ardından bu yapının uygun menevişleme ile kübik martenzit yapısına dönüştürülmesi gerekmektedir.

Çelik malzemenin martenzite dönüştürülebilmesi için malzemenin östenit sahasından belirli bir kritik hızın üzerinde soğutulması gerekir ki bu işlem su verme olarak adlandırılır. İnce kesitli parçalarda alaşimsız çelikler suda soğutulurken bu hız değerleri yakalanabilmektedir. Ancak kalın kesitli parçalarda parça suya dahi atılsa iç kesimlerin soğuması yavaş olmakta ve kritik soğutma hızını yakalamak zorlaşmaktadır. Bu durum özellikle büyük boyutlu makine parçalarının tüm kesitine su verme işleminin zorlaşmasına hatta imkansızlaşmasına yol açmaktadır.

Çeliklerin yüzeyden derinlere kadar martenzite dönüştürülebilmeye yatkınlığı malzemenin sertleşebilirliği olarak adlandırılır. Malzemede derinlerde martenzit elde edilebildikçe o malzemenin sertleşebilirliğinin yüksek olduğundan söz edilebilir.

2.3. Sertleşebilirliğe Etki Eden Faktörler

Karbon Oranı

Karbon, martenzitin sertliğini kontrol eder. Çelikte % 0,6'ya kadar C içeriği arttığında çeliğin sertliği artar. Daha yüksek seviyelerdeki karbon içeriği olduğu durumda, östenitten martenzite dönüşüm tamamlanamaz. Bu da yapıda kalıntı östenit bulunmasına sebep olur. Bu durumda yapıda martenzitin yanında östenit bulunacağından sertlik daha düşük seviyelerde kalır. Karbon miktarının yüksek olması malzemenin daha gevrek bir davranış göstermesine neden olur ve daha sonra yapılacak olan işlemlerde sorunlar yaratabilir. Bu yüzden % 0,4 C'a kadar olan çeliklerde sertleşebilirlik kontrolü daha kolaydır.

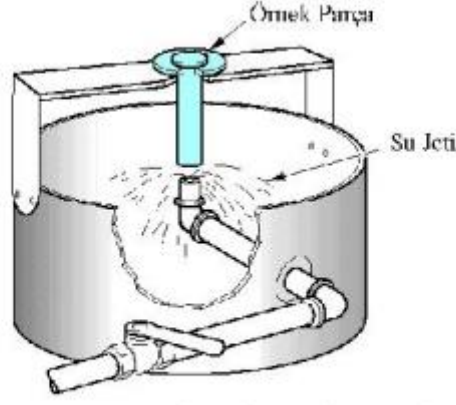
Kimyasal Bileşim

Kobalt dışındaki tüm alarım elementleri sertleşebilirliğe olumlu yönde etki eder. Çünkü bu elementler, difüzyon mekanizmasını yavaşlattığı için TTT diyagram eğrilerinin burnunun sağa doğru kaymasına sebep olur ve buna bağlı olarak da kritik soğuma hızı düşer.

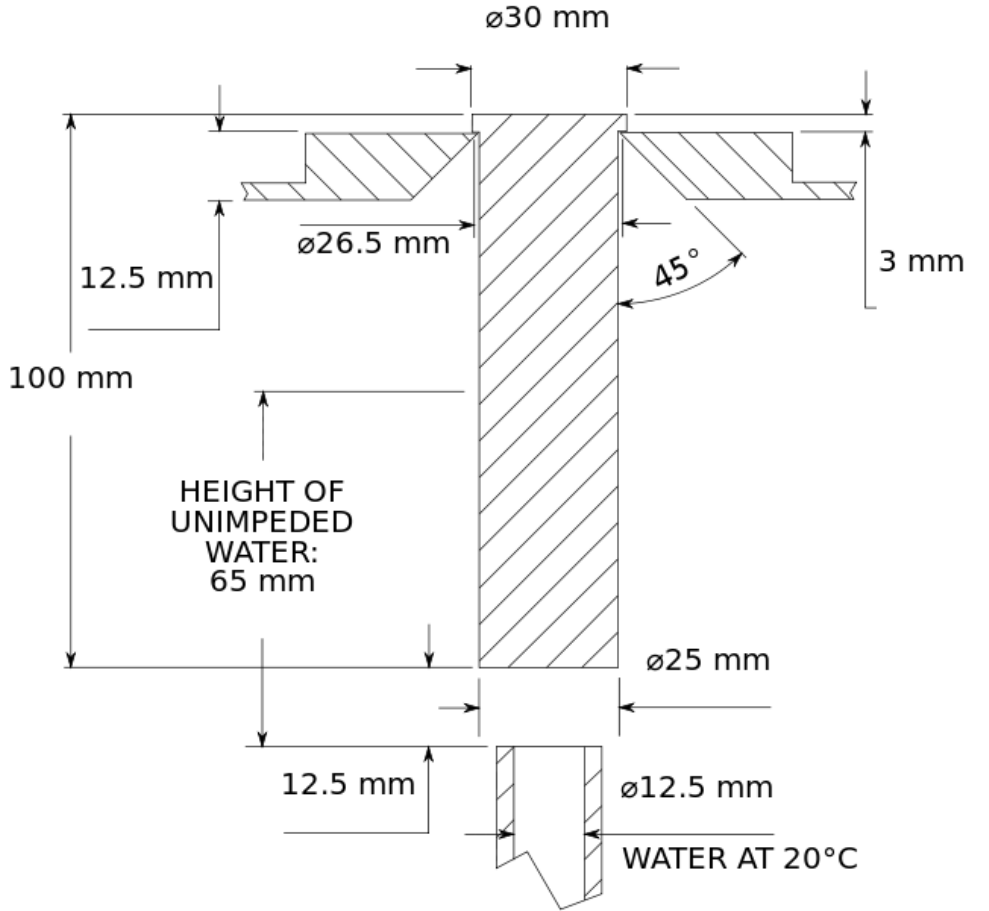
Östenit Tane Büyüklüğü

Östenit tane boyutunun artması ile sertleşebilirlik artar. Ferrit ve perlitin çekirdeklenmesi östenit tane sınırında heterojen çekirdeklenme ile gerçekleşir. Östenit tane boyutunun artması çekirdeklenme için gereken bölgenin daha az olmasını sağlar ve faz dönüşümü gecikir. Bu yüzden östenitleme sıcaklığı yüksek seçilerek tane boyutunun büyük olması sağlanabilir. Bu durumda mikro yapı bir miktar kabalaşır, tokluk düşer.

Sertleşebilirliğin belirlenmesi amacıyla en yaygın kullanılan deney Jominy deneyidir. Bu deneyde 25 mm çapındaki 100 mm boyundaki silindirik bir numune Şekil 1 de gösterilen düzenerle alın kısmından su ile soğutulur. Parça boyunca farklı soğuma hızları elde edilir.



Şekil 1. Jominy deney düzeneği



3. DENEYDE KULLANILACAKLAR

Standartlara göre hazırlanmış çelik çubuk

Fırın

Su verme işlemi için gerekli düzenek

Sertlik cihazı

4. DENEYİN YAPILIŞI

Çelik çubuk martenzitik dönüşüm için gerekli olan östenit oluşum sıcaklığı üzerine çıkartılarak 30 dk kadar süre ile bu sıcaklıkta tutulur. Ardından maşa yardımı ile fırından alınan çelik çubuk test düzeneğine seri bir şekilde yerleştirilerek ani su verme işlemi başlatılır. Çelik çubuk tamamen soğuduktan sonra düzenden alınarak sertlik izi vurulacak yüzeyi bu işleme hazırlanır ve sertlik ölçümleri standartlardaki mesafelere göre alt kısımdan başlanarak alınır.

Jominy çubuğunun yanı sıra inşaat çeliğinden alınan 3 numune 1000°C sıcaklıkta 1 saat bekletilen 3 ayrı numune (%0,37 C içeren inşaat çeliği) biri suda, biri havada ve sonuncusu da fırında soğutulur ve sertlik değerleri ile mikroyapı görüntüleri elde edilir.

5. SONUÇLAR

- 1) Mesafe-Sertlik grafiğini çizilir ve yorumlanır. (TTT diyagramından faydalanınız)
- 2) 1,5 ve 8 nolu sertliklerin vurulduğu bölgelere ait "olası" mikroyapıları çiziniz.

Mesafe (mm)	1,5	3	5	7	9	11	13	15	18	23	33
Sertlik (Hv)											

Havada fırında ve suda soğutulan 3 çelik numunenin;

- 1) Sertlik değerleri ile soğutma şekillerini eşleştiriniz.
- 2) Havada ve fırında soğutulan numuneler arasındaki sertlik farkının temel sebebi nedir?
- 3) 100,200 ve 500 büyütme mikroyapıları hakkında yorumda bulununuz (görülen fazlar, tane boyutu, parlatma, dağlama vb...).

6. KAYNAKLAR

*Selahattin KÖSE, Raif SAKİN , Balıkesir Üniversitesi Edremit M.Y.O., Makine Bölümü, AISI-1040 ve AISI-P20 çeliklerde alaşım oranları ve mikro yapının sertleşme kabiliyetine etkisi. 2010

*<http://www.metalurjik.net/tag/sertlik>