! LÜTFEN DİKKAT!

1) DENEY FÖYÜNÜN TAMAMI DENEYE GELMEDEN ÖNCE OKUNMALIDIR…

2) DENEY FÖYÜYLE BİRLİKTE DENEYE KATILIM ZORUNLUDUR…

3) DENEYDE YAPILACAK ÖLÇÜMLERİ HER ÖĞRENCİ BİREYSEL OLARAK NOT ETMELİDİR…

4) RAPORLAR 2 HAFTADA BİR MÜLAKAT YAPILARAK TESLİM ALINIR.

5) HER ÖĞRENCİ KENDİ GRUBUYLA ÇALIŞMAYI YAPMALIDIR. GEÇERLİ MAZERETİ OLMADAN ÇALIŞMAYA KATILMAYANLARDAN %20 ORANINDA PUAN KESİNTİSİ YAPILIR.

6) DENEYE GELMEYEN ÖĞRENCİLERDEN RAPOR KABUL EDİLMEZ.

BAŞARILAR…

AŞINMA DENEYİ

Doç. Dr. Bülent AKTAŞ
Arş. Gör. Abuzer AÇIKGÖZ

1. DENEYİN AMACI:

Deneyin amacı temas eden yüzeylerde sürtünme kuvvetinden kaynaklanan aşınmayı görmek ve aşınma miktarını hesaplayarak malzemelerin aşınma özelliklerini belirlemektir.

2. TEORİK BİLGİ

2.1 Sürtünme

Bilindiği gibi, iki malzeme birbirlerine temas edecek şekilde yerleştirilirse, bu malzemelerden birini diğeri üzerinde kaydırmak için uygulanan kuvvete sürtünme kuvveti direnç gösterir.

Kaymayı başlatan kuvvet (Fs) ile, temas yüzeyine etki eden normal kuvvet (Fn) arasında;

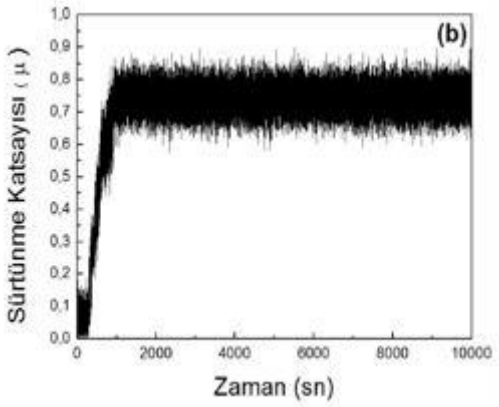
$Fs = \mu s \cdot Fn$ (1)

bağıntısı mevcuttur. Burada μs statik sürtünme katsayısıdır.

Kayma başladıktan sonra, sürtünme kuvvetinde bir azalma olur ve bu durumda;

$Fk = \mu k \cdot Fn$ (2)

bağıntısı yazılabilir. Burada μk (<μs) kinetik sürtünme katsayısıdır.



Şekil 1: Sürtünme katsayısının zamanla değişimi

2.2 Aşınma

Aşınma birbiriyle temasta olan iki malzemenin birbirine göre relatif hareket yaptığında oluşan yüzey hasarı olarak tanımlanabilir. Hareket eden malzemelerin arasındaki boşluğun artmasına, istenmeyen hareket serbestliğine ve bununla bağlantılı olarak hassasiyetin azalmasına yol açar. Titreşimle beraber mekanik yüklemenin artmasına ve aşınmanın şiddetlenmesine neden olur. Bu durum bazen yorulma kırılması ile beraber gelişir.

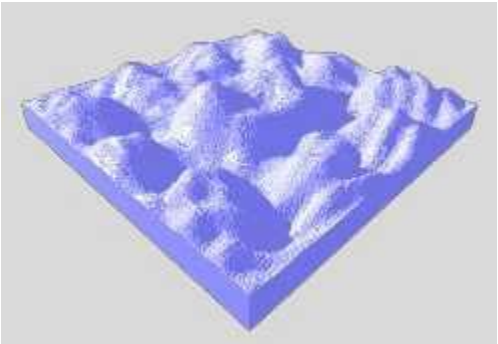
Zımparalama ve parlatma gibi bazı durumlarda aşınma, istenen bir prosestir. Ancak, aşınma denildiğinde esas konu, oluşan hasar prosesi ve bunun sonucunda meydana gelen malzeme kaybıdır. Bu endüstrinin ana problemidir ve endüstrileşmiş uluslara aşınmanın direkt maliyetinin brüt ulusal ürünün %1-4'ü arasında değiştiği tahmin edilmektedir.

Aşınmayı etkileyen faktörler; ilk yüzey durumu (topografya), yük altında pürüzlerin davranışı, yükleme ve kayma hızı gibi işlem koşullarıdır .

Çok iyi parlatılmış yüzeyler bile mükemmel pürüzsüzlüğe ve düz yüzeye sahip olamazlar, değişen oranlarda yüzey pürüzlülüğü içerirler (Şekil 2).

İki yüzey karşılıklı yüklendiğinde, sadece yüksek noktalardan ya da pürüzlüklerden temasa geçer. Gerçek temas alanı görünen temas alanından çok daha küçük olduğundan, pürüzlükler çok yüksek yüklemeye maruz kalırlar.

Yüzeyler arasındaki relatif hareket aşınmaya yol açar. Aşınma hızı; yükleme, relatif hız ve yüksek kayma gerilmeleri altındaki pürüzlere yakın malzemenin davranışıyla kontrollüdür.



Şekil 2: Yüzey topografyası

2.A. Tribolojik Sistemi Meydana Getiren Temel Unsurlar

Aşınma olayının belirlenmesinde, tribolojik sistemi meydana getiren temel unsurların bilinmesi gerekir. Bir tribolojik sistemde genel olarak bulunabilecek 6 temel unsurdan hepsi veya bazıları aşınma olayını etkileyebilir. Şekil 3'de de şematik olarak verilen bu unsurlar şunlardır:

1. **Temel Sürtünme Elemanı:** Fiziksel ve kimyasal özellikleri ve durumu, yüzey yapısı, şekli tamamen belirli ve aşınması özel ilgi ile incelenen katı cisimdir.

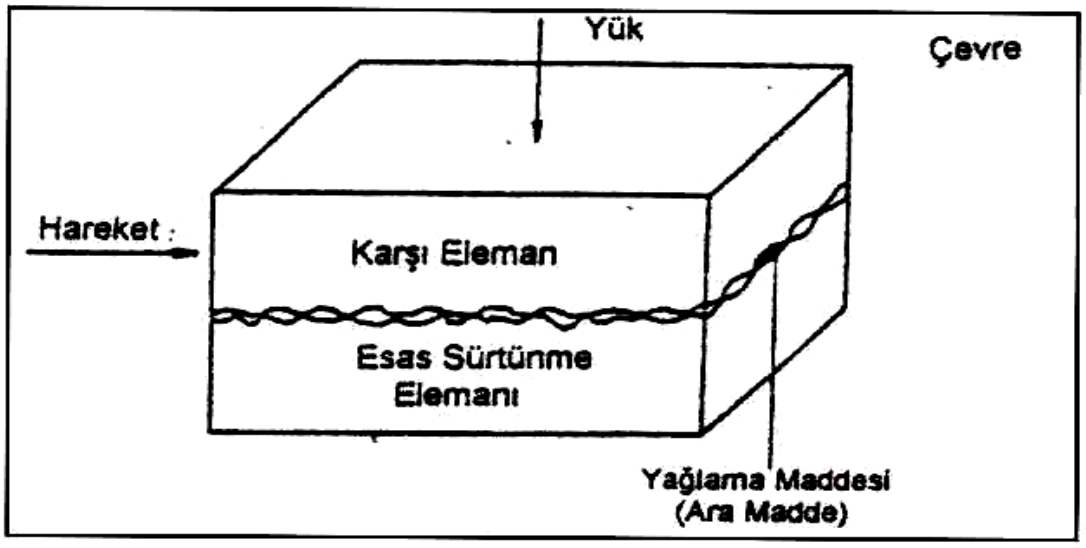
2. **Karşı Sürtünme Elemanı:** Katı cisim, sıvı veya gaz olabilir. Karşı sürtünme elemanı ile temel sürtünme elemanı bir aşınma çifti oluştururlar.

3. **Ara Maddesi:** Temel sürtünme elemanı ile karşı sürtünme elemanı arasında katı, sıvı, gaz, buhar veya bunların karışımı şeklinde bir cisim bulunabilir. Örneğin; yüzey arasına girmiş kum taneleri veya aşınma esnasında yüzeylerden kopan parçacıklar da (eğer bunlar yüzey arasında kalıyorsa) ara maddesi olarak düşünülebilir.

4. **Çevre:** Ortam sıcaklığı, nem miktarı, ortam basıncı gibi çevresel faktörler çevre koşullarını belirler.

5. **Yükleme:** Etki eden yükün (kuvvetin) büyüklüğü, şekli (statik, dinamik, darbeli, titreşimli vs.) doğrultusu ve zamana göre değişimi yüklemeyi meydana getirir.

6. **Hareket:** Temel sürtünme elemanının karşı sürtünme elemanına göre bağıl hareketinin cinsi (kayma, yuvarlanma, çarpma vs.) büyüklüğü, doğrultusu ile verilir. Aşınma miktarının belirlenmesinde hareket süresi önemli bir etkendir. Aşınmanın meydana gelmesinde gerekli bir unsurdur



Şekil 3: Tribolojik sistem elemanları

3. DENEY MALZEMESI ve TEÇHİZATLAR

1. Çeşitli malzemelerden (çelik numuneler) hazırlanmış numuneler
2. Aşınma test cihazı (şekil 4)
3. Hassas terazi (şekil 5)

Şekil 4: Aşınma Test Cihazı

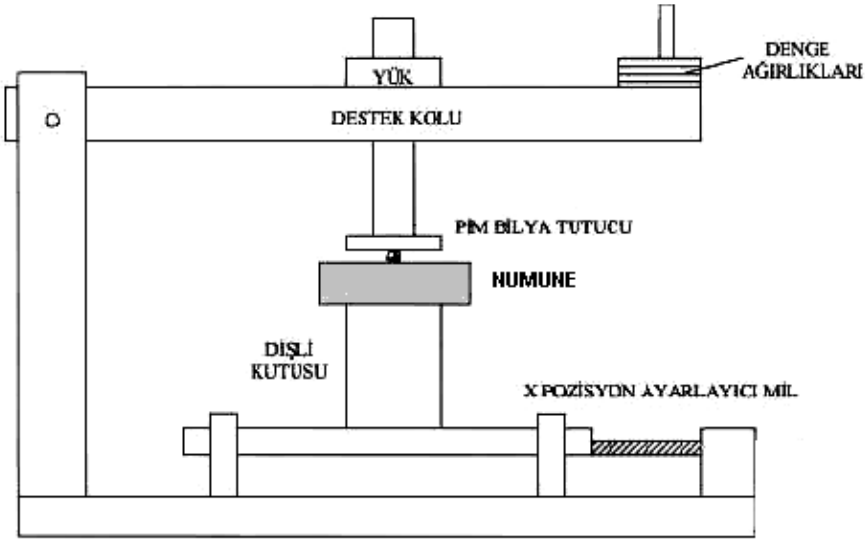
Şekil 5: Hassas terazi

4. DENEYİN YAPILIŞI

Yüzeyi ayna parlaklığında hazırlanmış numuneler çeşitli aşınma koşullarında (yük değiştirilerek) şekil 6'da şematik şekli görülen aşınma cihazında aşındırılacaktır. Test sonrası malzemede meydana gelen aşınma kaybı 2 farklı metotla tayin edilecektir:

1. Ağırlık kaybı

2. Hacim kaybı



Şekil 6: Aşınma Deney Cihazının Şematik Gösterimi

5. DEĞERLENDİRME

Deney sonucu ağırlık kaybı ile bulunan aşınma kayıpları yüke bağımlı olarak grafik üzerinde gösterilecektir.

Ağırlık kaybı ile elde edilen deney sonuçlarının grafikle uyumlu olup olmadıkları ve bunların nedenleri irdelenecektir.

6. RAPORDA BULUNMASI GEREKEN BİLGİLER

Deney sonrası hazırlanacak raporda, genel açıklamaların dışında şu bilgiler bulunmalıdır:

- Test edilen malzemenin türü
- Deneyde kullanılan teçhizatlar hakkında kısa tanıtıcı bilgi
- Deney sonuçlarının yorumlanması

YORULMA DENEYİ

Doç. Dr. Bülent AKTAŞ
Arş. Gör. Abuzer AÇIKGÖZ

1.DENEYİN AMACI:

Tekrarlı yüklemelere maruz kalan malzemelerin yorulma davranışının incelenmesi, hasar oluşumunun deneysel olarak belirlenmesi ve malzemelerin yük-çevrim sayısı verilerinin elde edilmesi.

2.TEORİK BİLGİ

Makine parçaları ve yapı elemanları kullanılma sırasında tekrarlanan gerilme ile çalışır. Yinelenen gerilme altında çalışan metalik parçalarda, gerilmeler parçanın statik dayanımından küçük olmasına rağmen belirli bir tekrarlama sayısı sonunda metal yüzeyinde bir çatlama ve bu çatlama sonucunda metalde kopma olayına neden olur. Bu olaya ***yorulma*** adı verilir. Otomotiv ve uçak endüstrisindeki parçalar ile kompresör, pompa, türbin gibi makinelerin parçalarında görülen mekanik hasarların büyük bir kısmı yorulma olayının etkisi sonucudur. Yorulma olayında parçaya dışarıdan uygulanan mekanik kuvvetlerin yanında ısıl genleşme ve büzülmelerden doğan ısıl gerilmelerde etki eder. Genelde yorulma olayında çatlama yüzeydeki bir pürüzde, bir çentikte, bir çizikte, bir kılcal çatlakta veya kesit değişimlerinin olduğu yerde başlar. Çatlak oluşumu için genellikle şu üç ana etken gereklidir:

- ✓ Yeterli derecede yüksek bir maksimum çekme gerilmesi,
- ✓ Uygulanan gerilmenin oldukça geniş değişimi veya dalgalanması,
- ✓ Uygulanan gerilmenin yeteri kadar büyük tekrarlanma sayısı.

Yorulma gerilmesi gevrek bir kırılmadır, nerede ve ne zaman olacağını önceden tahmin etmek mümkün değildir. Yorulma kırılmalarını gevrek kırılmadan ayırt etmemizi sağlayan kırılma yüzeyindeki durak çizgileridir. Yorulma bütün malzemelerde gevrek türden kırılma meydana getirir. Tekrarlanan zorlamalar altında belirgin plastik şekil değiştirmeden çatlar ve bu çatlak zamanla yayılır, ani kırılma ile son bulur.

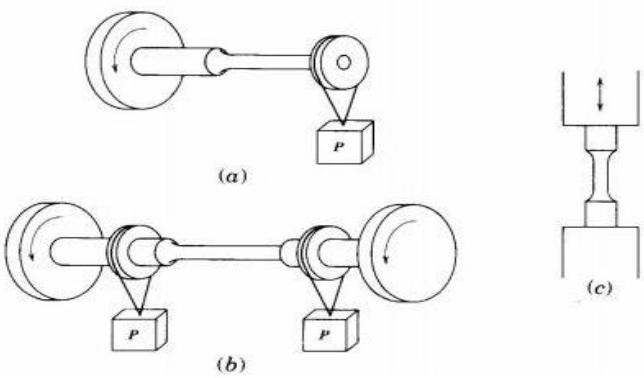
Yorulmaya genellikle içyapıda mevcut kusurlar civarında oluşan yerel gerilme yığılmaları neden olur. Bunun için yorulma olayının içyapıya ilgisi fazladır. İçyapıda mevcut kusurlar (çatlak, çentik, boşluk gibi) civarında gerilmeler ortalama gerilmeden daha büyüktür. Gerilmeden dolayı yerel plastik şekil değiştirmeler oluşur. Diğer taraftan dislokasyonlar hareket

ederek kayma bantlarını oluştururlar ve bu bantlarda yüzeyde çıkıntıların ve çöküntülerin oluşmasında gerilme yığılmalarının nedenidir. Bu olaylar sonucunda malzeme pekleşir, gevrekleşir ve neticede mikro çatlaklar oluşur. Bu mikro çatlaklar zamanla ilerler ve ani yorulma kırılmasına neden olur.

Yorulma Deney Türleri

Deneyde kullanılan gerilme türü, yorulma deneyine de adını vermektedir. Gerilme türüne göre başlıca yorulma deneyleri;

1. **Eksenel Gerilmeli Yorulma Deneyi:** En basit sistem olan bu tip deneyde numuneye uzunluğu boyunca değişen çekme ve basma gerilmeleri uygulanır. Uygulanan gerilme numune eni boyunca da üniform olarak dağılır. Bu tip etkilerin oluştuğu uygulamalara en iyi örnek, içten yanmalı motorların bağlantı rotlarıdır (biyeller). Ancak burada eksenel gerilme yanında eğme kuvvetleri de oldukça etkilidir.
2. **Eğme Gerilmeli Yorulma Deneyi:** Bu deney türü kendi arasında ikiye ayrılır. a) Düzlemsel Eğme Gerilmeli Yorulma Deneyi b) Dönen Eğme Gerilmeli Yorulma Deneyi Birinci deney türünde, numune nötr bir düzleme (veya eksene) göre tekrarlanan eğme gerilmeleri altındadır. Bu tür gerilmelerin oluştuğu en güzel örnek, taşıtlarda kullanılan yaprak yaylarıdır (makas yayları). İkinci deney türünde, numune devamlı dönen bir tarafsız eksene göre tekrarlanan eğme gerilmeleri altındadır. Bu tür gerilmelere, örnek olarak hareket halindeki taşıtların akslarında meydana gelen gerilmeler gösterilebilir.
3. **Burma Gerilmeli Yorulma:** Burada deney numunesi sabit bir eksene göre tekrarlanan burma gerilmesi altındadır. Araçların süspansiyon yaylarında ve çekme-basma kuvvetlerinin uygulandığı tüm helisel yaylarda bu tür burma gerilmeleri oluşur.
4. **Bileşik Gerilmeli Yorulma Deneyi:** Yukarıda sayılan farklı türdeki gerilmelerin ikisinin veya daha fazlasının bir arada bulunabileceği durumlarda bileşik gerilmeler söz konusudur. Uygulamada en çok, eğme-burma gerilmeli ve eksenel-burma gerilmeli bileşik durumlar gözlenmektedir. Motorların krank mili başlıklarında gerilme, eğme ve burma gerilmelerinin bir arada bulunduğu gerilme türüne ait e n güzel örnektir



Şekil 1. Temel yorulma deney makinelerinin prensip şemaları. (a) Tek uçtan yüklemeli dönel eğmeli, (b) iki uçtan yüklemeli dönel eğmeli ve (c) eksenel gerilmeli (çeki-bası) [Hertzberg], [2]

Yorulmaya Etkiyen Faktörler: Yorulma mukavemetine etki eden faktörler iyi bilinmelidir. Yorulma deneyinin sonuçlarını yorumlamak için bilinmesi gerekir.

1- Malzemenin özelikleri

a) Malzeme cinsi

b) Malzemenin piyasaya sunuluş durumu (levha, çubuk, döküm)

c) Eritme ve döküm şartları

d) Son mekanik işlemler

e) Kimyasal bileşim

f) Yüzey durumu ve kalitesi

2- Deney çubuğunun şekil ve boyutları

3- Deney cihazının çeşidi, çalışma prensibi ve deneyin yapılışı esnasında uygulanan gerilme (çok eksenli veya ortalama gerilme) ile frekansı

4- Deneyin yapıldığı ortamın koşulları, çevrenin kimyasal etkisi (korozyon) ve sıcaklığı (sıcaklık genellikle mukavemeti azalttığından yorulma mukavemetini de azaltır).

Son zamanlarda özellikle önemli parçaların yorulma özelliklerini elde edebilmek için standart bir deney çubuğu yerine parçanın kendisi özel cihazlarda çalışma şartlarına benzer şartlarda deneye tabi tutulmaktadır. Böylece daha güvenilir sonuçlar elde edilmektedir.

Çok eksenli gerilme hali yorulma mukavemetine etki eder. Özellikle değişken kesitli parçalarda çok eksenli gerilme hali doğar. Parçanın mukavemetini azaltan bu tür gerilme yığılmalarını

önlemek için kesit değişmelerine mümkün olduğu kadar büyük eğrilik yarıçapı verilir ve ani kesit daralmalarından kaçınılır.

Çevrim (N): Gerilme zaman eğrisinin periyodik olarak tekrarlanan en küçük parçasına bir çevrim denir.

Maksimum gerilme (σ_{max}): Uygulanan gerilmeler arasında en büyük cebirsel değeri olan gerilmedir. Genel olarak çekme gerilmeleri (+), basma gerilmeleri (-) ile gösterilir.

Minimum gerilme (σ_{min}): Uygulanan gerilmeler arasında en küçük cebirsel değeri olan gerilmedir.

Ortalama gerilme (σ_m): Maksimum ve minimum gerilmelerin cebirsel ortalamasıdır.

$\sigma_m = (\sigma_{max} + \sigma_{min}) / 2$

Gerilme aralığı (σ_r):

$\sigma_r = \sigma_{max} - \sigma_{min}$

Gerilme genliği (σ_a): Gerilme aralığının yarısıdır.

$\sigma_a = (\sigma_{max} - \sigma_{min}) / 2$

Gerilme oranı: Genellikle iki tür gerilme oranı kullanılır. En çok kullanılanı R ile gösterilen maksimum gerilmenin minimum gerilmeye oranıdır.

$R = \sigma_{max} / \sigma_{min}$

İkincisi ise A ile gösterilip gerilme genliğinin ortalama gerilmeye oranıdır.

$A = \sigma_a / \sigma_m$

Gerilme- Kuvvet Formülü

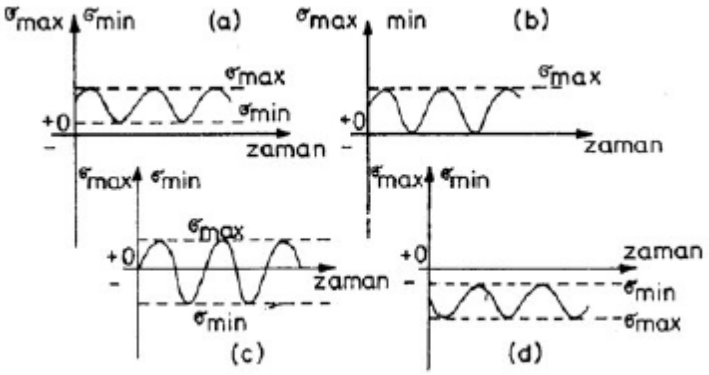
$$\sigma = 10{,}18\frac{Fxl}{d^3}$$

$$\sigma = oluşan\ gerilme({}^{N}/_{mm^2})$$

F = uygulanan kuvvet (N)

$$l = numune\ boyu\ (mm)$$

$$d = numune\ çapı\ (mm)$$



Şekil 1: Değişken Zorlama Şekilleri

Yorulma deneyinde kullanılan cihazlar çok çeşitli olmalarına rağmen, bu cihazları numuneye uyguladıkları gerilme türü açısından 4 ana grupta toplamak mümkündür.

1- Eksenel çekme- basma gerilmeleri uygulanan cihazlar
2- Eğme gerilmesi uygulayan cihazlar
3- Burma gerilmesi uygulayan cihazlar
4- Bileşik gerilme uygulayan cihazlar

Bu cihaz grubu içerisinde en çok kullanılanı çalışma prensibi basit olan eğme gerilmesi uygulayan cihazlardır. Bunlar içinde düzlemsel eğme gerilmesi uygulayanlar genellikle yassı ürünler için kullanılmaktadır. Malzemesi deneye tabi tutulacak parça çalışma esnasında ne tür gerilmelere uğrayacaksa, o tür gerilmelerin uygulandığı deney cihazının seçilmesi gerekir. Aksi takdirde elde edilen sonuçlar güvenceli olmaz.

Kullanılacak numune tipi ve boyutu genellikle cihazın tipine, kapasitesine ve boyutuna bağlıdır. Son yıllara kadar değişik araştırıcılar kullandıkları cihaza uygun farklı numune tipleri geliştirmişlerdir. Buna rağmen yine de numune boyutları için aşağıdaki genel kurallara dikkat edilmesi istenmektedir.

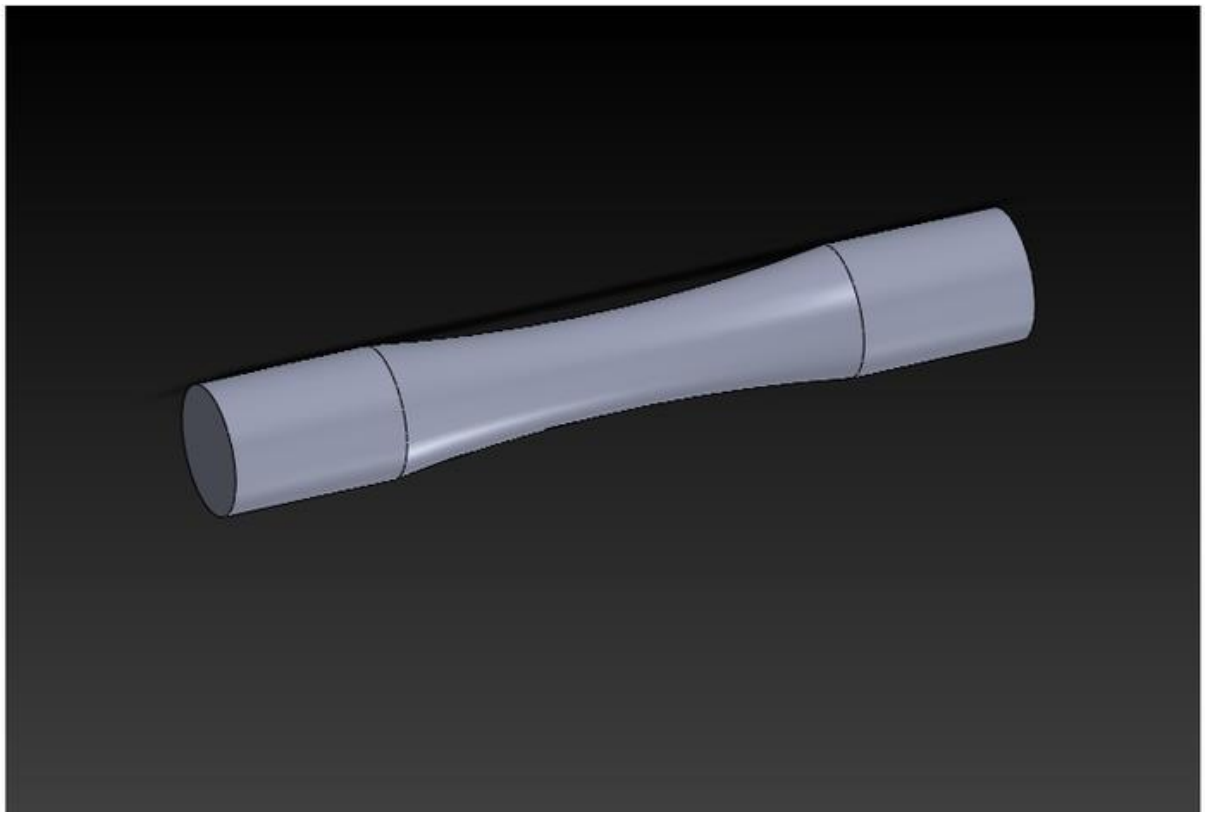
1- Numune öylesine dizayn edilmeli ki çatlama numunenin daraltılmış kesitinde olsun.

2- Numunenin daraltılmış kesiti öylesine seçilmelidir ki maksimum gerilmenin mutlak değeri deney cihazının çalışma kapasitesinin en çok %25 inde, minimum gerilmenin mutlak değeri ise cihazın çalışma kapasitesinin en az %2,5 inde oluşsun.

3- Numune boyutları öylesine seçilmelidir ki numunenin doğal frekansı, cihazın frekansının en az iki katı olsun.

DENEY ÖNCESİ HAZIRLIK:

Deney Numunesi: Malzemelerin yorulma dayanımlarının saptanması için eksene paralel doğrultuda mekanik veya elektrolitik olarak parlatılmış düzgün deney parçaları kullanılır. Dış yüzeyi düzgün olmayan ve ani kesit değişikliği olan makine elemanlarında yorulma ömrü daha kısadır. Yorulma çatlağı, genellikle yüzeyde baslar ve iç kısımlara doğru büyür. Dolayısı ile yüzey isleme kalitesinin önemi büyüktür. Yüzeydeki pürüzler çentik etkisi yaparak çatlak oluşumunu kolaylaştırır. Yüzey isleme kalitesi yükseldikçe yorulma dayanımı artar. Yüzey sertleştirme yöntemleri ile yapılan yüzey sertleştirmelerde yorulma dayanımını yükseltir.



Şekil 2: Deney numunesi

Yorulma deneyinde uygulanacak gerilmeler, deney numunesi malzemesinin akma gerilmesinin 2/3 ile 1/3 oranları arasında seçilir. Bunun için yorulma dayanımı saptanacak olan malzemenin akma dayanımının bilinmesi gerekmektedir. Ya da, çekme deneyi ile akma gerilmesi bulunmalıdır.

Deney, değişik gerilmelerde gerçekleştirilir. Gerilme, cihaz üzerindeki skaladan sürgülü olarak ayarlanır. Deney numunesi (şekil 2) cihazın çenelerine salgı yapmayacak şekilde bağlanmalıdır.

DENEYİN YAPILMASI

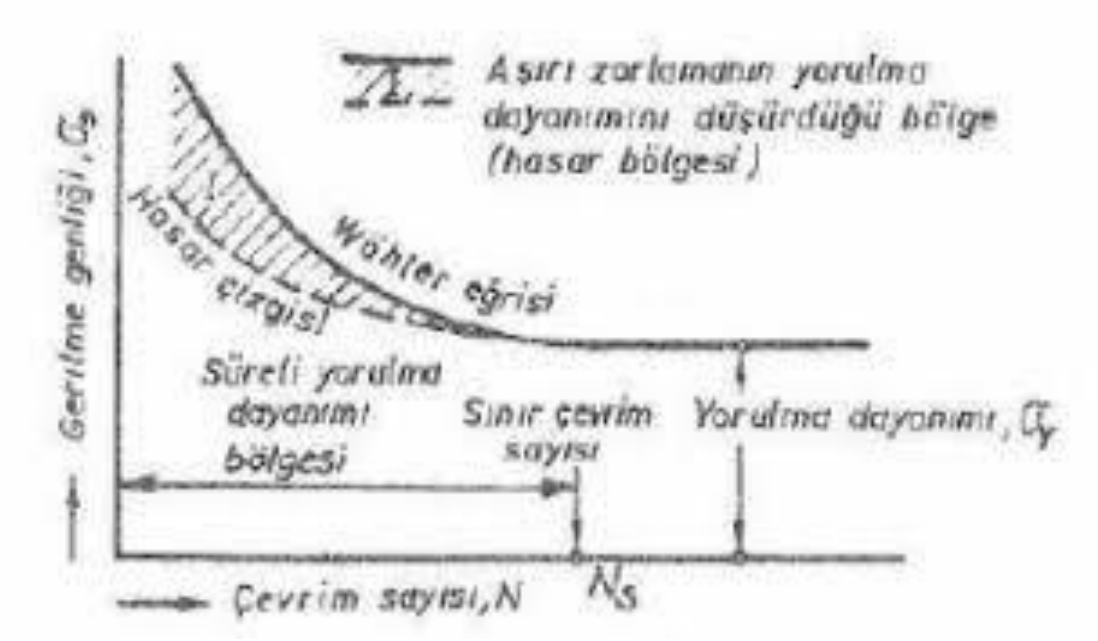
Yorulma dayanımı normal olarak Wöhler yöntemiyle saptanır. Bu yöntemde, deney numuneleri farklı seviyelerde zorlanarak kırılmanın oluştuğu çevrim sayıları saptanır. Bir deney serisinde aynı özellikte çoğunlukla 6-8 adet numune kullanılır. Wöhler yönteminde bir deney serisinde tüm parçalar için ortalama gerilme (σ_{ort}) veya alt gerilme (σ_{alt}) sabit tutularak her deney için ayrı gerilme genliği (σ_g) seçilir. İlk deney numunesi üst gerilme, genellikle akma sınırına yakın olacak şekilde yüksek düzeyde zorlanır. Daha sonraki deney numunelerine ise azalan şekilde zorlama uygulanarak kırılma çevrim sayısının çok yüksek değerlere ulaşması sağlanır.

Bir deney serisi sonunda uygulanan gerilme genlikleri ve kırılmanın görüldüğü çevrim sayılarının bir eğri olarak çizimi ile Wöhler egrisi (S-N, Gerilme-Ömür eğrisi) elde edilir. Sonsuz çevrim sayısında kırılmanın görülmediği en büyük gerilme genliği yani eğrinin asimtoduna karşılık olan değer, yorulma dayanımı olup σ_y veya τ_y ile gösterilir. Diğer yandan belirli bir çevrim sayısından sonra (Ns: sınır çevrim sayısı) eğri sonsuz çevrim sayısına yaklaşıyor kabul edilebilir. Sınır çevrim sayısı oda sıcaklığında ve düşük sıcaklıklarda çelikler için $10x\ 10^6$, ağır ve hafif metaller ile yüksek sıcaklıklarda çelikler için $100x10^6$ alınabilir. Deney süresinin kısaltılması amacıyla çelik için $2x10^6$ ve hafif metaller için $10x10^6$-$50x10^6$ sınır çevrim sayıları da kullanılmaktadır.

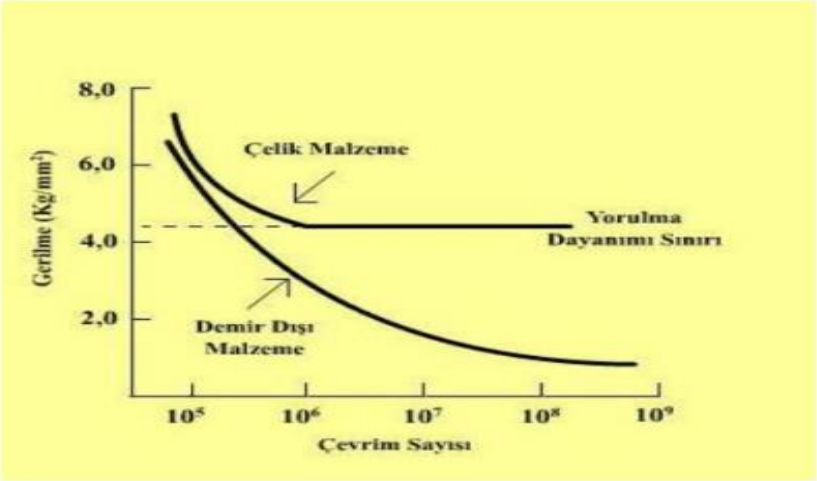
Deney numunesi, yorulma deney makinasının çenelerine salgısız dönecek şekilde bağlanır.

Deney numunesi, akma gerilmesinin altında farklı gerilmelere tabi tutulmakta ve gerilme değeri deney süresince sabit kalmaktadır.

Periyodik yükleme sonucunda kırılmanın oluştuğu, N tekrar sayısı ölçülür. Bu şekilde P, yükü dolayısıyla σ_g değiştirilerek σ_g - N eğrisi çizilebilir. Elde edilen bu eğriye Wöhler eğrisi adı verilir.



Şekil 3. Wöhler Eğrisi



Şekil 3. Demir ve Demir - Dışı Malzemelere Ait Tipik S – N Diyagramı

Malzemenin yorulma hasarına uğramadığı bu gerilmeye (σ_{gs}), literatürde sürekli dayanım gerilmesi, yorulma limiti veya süresiz yorulma dayanımı adları verilir. Bu gerilme değerinin altında malzeme, yükleme sayısına bağlı olmaksızın sürekli dayanır. Birçok demir esaslı alasım yorulma limiti değerine sahiptir ve bu sınır yaklaşık olarak çekme dayanımının yarısıdır. Hafif metallerin veya alaşımların (alüminyum alaşımları vb.) yorulma eğrilerinde asimptotik değer olmayıp, sürekli düşme görülür. Böyle malzemeler için yorulma dayanımı veya süreli yorulma

dayanımı tanımı yapılır. Genellikle $N = 10^8$ sayısına karşıt gelen gerilme değeri malzemenin yorulma dayanımı olarak alınır.

Bu tür malzemeler için yorulma gerilmelerinin, çekme dayanımlarının yaklaşık üçte biri olduğu kabul edilir. Literatürde verilen yorulma değerleri genellikle %50 kırılma ihtimali olan değerlerdir.

Sürekli dayanım gerilmesi, σ_o sabit gerilmesi ile birleşince,

$\sigma_{u(s)} = \sigma_o + \sigma_{g(s)}$

$\sigma_{a(s)} = \sigma_o - \sigma_{g(s)}$

gibi iki sınır gerilme (alt ve üst gerilme değeri) elde edilir. Bunlara malzemenin sürekli dayanım sınırları denir. Yukarıdaki açıklamalardan anlaşılacağı gibi, sürekli dayanım sınırları belirli bir ortalama gerilme için bulunmuştur. Bu ortalama gerilme değiştirilecek olursa asimptotik genlik gerilmesi ve dolayısıyla cismin sürekli dayanım sınırları da değişir.

DENEY RAPORU:

1. Yorulma olayı hangi şartlarda gerçekleşir
2. Yorulma dayanımına etki eden faktörler nelerdir.
3. Deney sırasında verilecek farklı kuvvetlere göre oluşan gerilmeyi formüle göre hesaplayınız.
4. Deney sonuç tablosundaki verilere (deney sırasında verilecek) göre Wöhler Eğrisini (S-N) milimetrik kağıda ölçekli olarak çiziniz ve rapora ekleyiniz.

MEKANİK ALAŞIMLAMA DENEYİ

Doç. Dr. Bülent AKTAŞ
Arş. Gör. Abuzer AÇIKGÖZ

1. DENEYİN AMACI

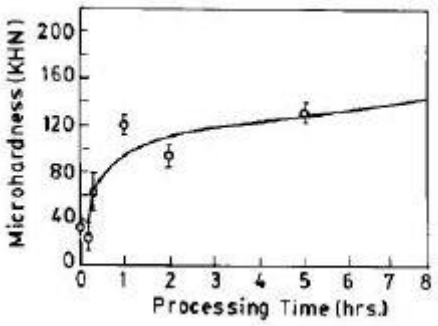
Mekanik alaşımlama proseslerini öğrenmek, tozların ve bilyaların oranlarını belirlemek, istenilen toz boyutuna göre devir ve çalışma süresini belirlemek

2. TEORİK BİLGİ

Mekanik alaşımlama yöntemi, kuru ve katı haldeki tozların birbirlerine periyodik olarak kaynaklanmasını ve tekrar bu kaynakların kırılmasını sağlayarak daha ince ve homojen bir mikro yapıya sahip yüksek dayanımlı kompozit malzemelerin üretilmesinde kullanılır. M.A. yönteminde tozlar kapalı bir kap içerisine konulur ve şaft döndürülür. Tozlar, şaft kolları ve bilyalar yardımı ile deforme edilir ve bu tozlarda kırılma ve soğuk kaynaklamalar meydana gelir.

Mekanik alaşımlama yöntemi diğer alaşımlama yöntemlerine üstünlüğü hem alaşımlama hem öğütme için kullanılmasıdır. İşlem sırasında gerçekleşen soğuk kaynak ve kırılma işlemleri alaşımlanan tozun hem homojen şekilde karışmasını hem de mikro kaynaklarla bağ yaparak alaşımlanmasını sağlar. Diğer öğütme tekniklerinin aksine soğuk kaynak ve kırılma işlemleri arasındaki denge parçacık boyutunu oldukça sabit tutar.

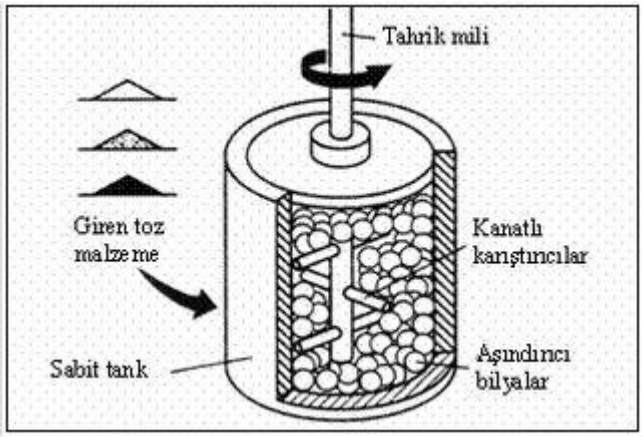
Prosesin ilk aşamalarında metal tozları hala yumuşaktır ve topaklanmaya başlarlar ancak işlem devam ettikçe sertleşirler ve kaynak oluşturmaya eğilimli hale gelirler. **Yani öğütme zamanı arttıkça malzemelerin sertlikleri de artar.**



Şekil 1: Alüminyum tozlarının işlem süresi- mikro sertlik grafiği

Belli bir süre sonra parçacık boyutu sabit kalır çünkü:

- Zamanla kırılmaya olan direnç artar
- Parçacık boyutu küçülmesi topaklanmaya neden olur bu da kohezyonu arttırır
- Çarpışan yüzeylerin aşırı temizlenmesi
- İnce parçacıkların kaplanması
- Büyük parçacıkların küçük parçacıklara engel olması



Şekil 2: Mekanik alaşımlamanın şematik gösterimi

2.1 Öğütme Zamanı Formülü

$$t = C\frac{d^2}{N^{1/2}}$$

Görüldüğü gibi bilya çapı küçüldükçe öğütme zamanı azalır. Aynı zamanda dönme hızı arttıkça da öğütme zamanı azalmaktadır.

t = öğütme zamanı C= malzeme sabiti N= Öğütme hızı d= bilya çapı

3. DENEY MALZEMELERİ VE EKİPMANLAR

- Elek
- Hassas terazi
- Mekanik Alaşımlama Atritörü (Şekil 3)
- Alümina bilyalar

Şekil 3: Laboratuvarımızda bulunan mekanik alaşımlama cihazı

4. DENEYİN YAPILIŞI

Mekanik alaşımlama yapılacak toz elenir ve oranları belirlenir, hassas terazi yardımıyla tartılır ve karışım haznesine yerleştirilir. Bilyalar da hazneye konur ve karıştırma işlemine başlanır.

Belirli oranlarda katkı maddeleri ve ihtiyaç varsa bağlayıcı eklenir. Atritör kavanozuna yerleştirilir ve devir ayarlanarak atritör çalıştırılır. Çalışma süresi istenilen toz boyutuna göre ayarlanabilir.

Mekanik Alaşımlama Dikkat Edilmesi Gerekenler

- Alaşımlama yapılacak kavanoz alkolle temizlenip yabancı maddelerden arındırılmalıdır.
- Alaşımlanacak malzeme kavanoz hacminin %25'ini doldurmalıdır.
- Bilyalar kavanoz hacminin yaklaşık yarısını oluşturmalıdır.
- Devir ve alaşımlama süresi istenen toz boyutuna göre ayarlanmalıdır.

5. DENEY RAPORU

Deney raporu aşağıdaki soruların cevaplarını içermelidir.

a) Deney aşamalarını 5 madde ile özetleyiniz.

b) Laboratuvarımızdaki kavanozun hacmini ölçünüz ve gerekli bilya ve toz oranını hesaplayınız.

c) C sabitinin 1 ve d çapının da 12mm olduğunu düşünerek öğütme zamanı (t) ile dönme hızı arasındaki ilişkiyi bir grafik kâğıdı üzerinde gösteriniz.

PELLET BASMA DENEYİ

Doç. Dr. Bülent AKTAŞ
Arş. Gör. Abuzer AÇIKGÖZ

1. DENEYİN AMACI

Toz metalürjisi hakkında genel bilgileri öğrenmek, toz numuneleri basmak, sinterleme sıcaklığını hesaplamak, sinterleme sıcaklığıyla yoğunluk arasındaki ilişkiyi açıklamak

2. TEORİK BİLGİ

2.1.Toz Metalurjisi

Toz metalurjisi parçaların metal tozlarından imal edildiği metal işleme teknolojisidir. Toz Metalurjisi (TM) yirminci yüzyılın son çeyreğinde içerisine seramik, sermet (seramik-metal kompozit sistemleri) ve polimerleri de alarak Parçacıklı Malzeme Teknolojileri (PMT) çatısı altında birçok uygulama alanına hitap eden etkin bir üretim metodu haline gelmiştir. Bugün ise bu teknoloji, tıp, enerji, sağlık, savunma, uzay, havacılık, elektronik ve iletişim gibi ileri teknoloji uygulamalarına ilaveten, tekstil, tarım-hayvancılık ve gıda gibi çok değişik endüstri alanına yönelik parça imalatı gerçekleştiren bir imal yöntemi olmuştur.

• T/M parçaları sonraki talaşlı işlemelere ihtiyacı ortadan kaldıracak olan, son şekil veya son şekle yakın olarak seri üretilebilir.

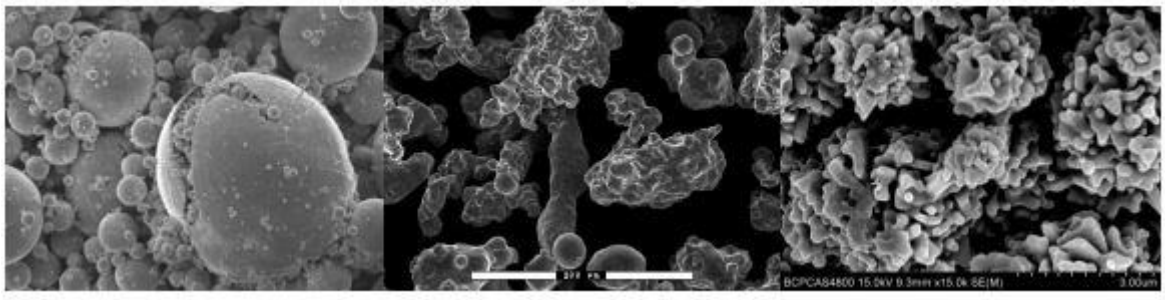
• T/M işlemi çok az malzeme ziyan eder – başlangıç tozunun yaklaşık %97'si mamule dönüştürülür

• T/M parçaları gözenekli metal parçaları imal etmek için belirli bir gözeneklilik seviyesinde yapılabilir. Örnekler: filtreler, yağ-emdirilen yataklar ve dişliler

2.2.Toz Karakterizasyonu

Toz metalurjisi teknolojileri parçacıkların bir araya gelmesiyle oluşan tozlarla başlar. Yoğunlaştırma işleminde önemli bir girdi olması nedeniyle tozun iyi anlaşılması gerekir. Teknik detaylar oluşturulurken işlem kontrolünün sürdürülmesinde toz özelliklerinin belirlenmesi ve bu özelliklerin ürün performansını nasıl etkilediğinin bilinmesi önemlidir. Parçacık, tozun bölünemeyen en küçük birimi olarak tanımlanır. Toz işleme teknolojileri genellikle dumandan daha büyük (0.01-1 µm), fakat kumdan daha küçük (0.1-3 mm)

parçacıklarla ilgilenir. Kullanılan tozların çoğu insan saçının çapı ölçüsündedir (25-200 µm). Taramalı elektron mikroskobu (SEM), bir tozun farklı özelliklerinin gözlenmesinde kullanılan en iyi araçlardan birisidir. Farklı şekillerde toz örnekleri Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Toz örnekleri

Her bir toz, yoğunlaştırma sırasında farklı tepki verir. Yoğunlaştırma sırasındaki sorunlar aşağıdaki çeşitli toz özelliklerinden kaynaklanabilir:

a) Parçacık boyutu ve dağılımı

b) Parçacıkların topaklanması

c) Yüzey alanı

d) Parçacıklar arası sürtünme

e) Akış ve paketleme

f) İç yapı

g) Bileşim, homojenlik ve kirlilik (kontaminasyon)

2.4.Presleme (Sıkıştırma)

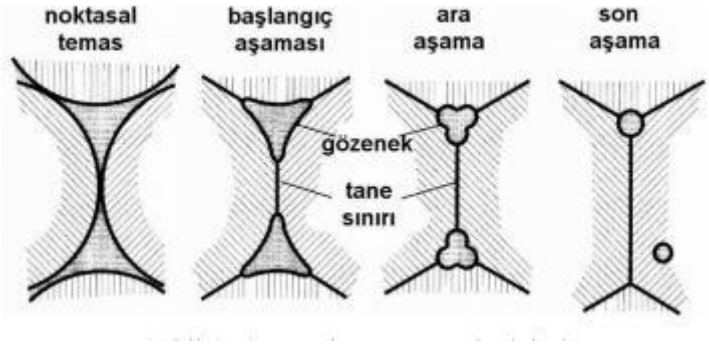
Presleme imal edilecek parça için özel olarak tasarlanmış zımba ve kalıp kullanarak pres tipi bir makinede (Şekil 2) gerçekleştirilir. Tozlar basınç uygulandığında; önce parçacıklar birbiri üzerinden kayarak ve daha sonra da yüksek basınçlarda parçacığın şekil değiştirmesiyle yoğunlaştırılırlar. Yoğunluktaki artış düşük basınçlarda önce hızlıdır, fakat gözenekler kapandıkça toz, yoğunlaşmaya karşı artarak direnç gösterir. Şekil değiştirme parçacıkların sertliğini artırdığından, sıkıştırmayı devam ettirmek için daha yüksek basınç gerekir. Sıkıştırılmış toza ham parça adı verilir. Preslemeden sonra, ham parça kalıbın içinde mekanik olarak kilitlenmiş durumdadır. Parçayı kalıptan çıkaracak kuvvete çıkarma kuvveti denir. Burada yağlayıcı çok etkilidir. Yağlayıcı etkisi arttıkça hem çıkartma kuvveti hem de kalıp aşınmaları azalır.

Şekil 2: Laboratuvarımızda bulunan manuel pres makinesi

2.5.Sinterleme

Sinterleme, parçacıkların birbirine bağlanmasını sağlayarak önemli ölçüde mukavemet artışını ve özelliklerin iyileşmesini sağlayan ısıtma işlemidir. Birbirine temas eden parçacıklar yüksek sıcaklıklarda birbirine bağlanır. Bu bağlamda sinterleme, ergime sıcaklığının altında katı halde atom hareketleriyle oluşabilir. Mikro yapı ölçeğinde, bağlanma temas eden parçacıklar arasında boyun verme ile kendini gösterir. Sinterleme yüksek sıcaklıkta atomların yayınımı ve küçük parçacıkların yüzey enerjisinin azalmasıyla gerçekleşir (Şekil 3). Birçok ham parçada sinterleme sırasında boyut, yoğunluk, mukavemet, sertlik elektrik ve ısıl

iletkenlik, elastiklik modülü gibi özellik değişimleri olur. Sinterleme çekmesi, yoğunluk artışı ve gözenek azalmasına bağlıdır.



Şekil 3. Sinterleme sırasında gözenek yapısının değişimi

Şekil 4: Laboratuvarımızda bulunan yüksek sıcaklık fırını

2.6. Yoğunluk ve Gözeneklilik Tayini (Archimedes deneyi)

Gözeneklilik basit geometriler için, ağırlık ve boyutlar yardımıyla hesap edilen yoğunluk ile teorik yoğunluğun karşılaştırılmasıyla ölçülür.

$$\text{Gerçek yoğunluk} = \frac{havadaki\ ağırlık}{havadaki\ ağırlık - sıvıdaki\ ağırlık} \text{ x sıvının yoğunluğu}$$

$$\%\ \text{gözeneklilik} = \frac{gerçek\ yoğunluk}{ideal\ yoğunluk}$$

3. DENEY MALZEMELERİ VE EKİPMANLAR

- Elek
- Hassas terazi
- Kalıp
- Hidrolik pres (Şekil 2)
- Kumpas

4. DENEYİN YAPILIŞI

Basılacak toz tartılarak elenir. Elenen tozlardan 5'er gram toz alınarak kalıbın içerisine dökülür. 25 ton basınç altında preslenir. Preslenen numuneler uygun sıcaklık değerlerinde belli sürelerde sinterlenir.

5. DENEY RAPORU

Deney raporu aşağıdaki soruların cevaplarını içermelidir.
a) Deney aşamalarını 5 madde ile özetleyiniz.
b) Sinterleme sıcaklığı nasıl seçilir açıklayınız.
c) Yoğunluk ve gözeneklilik ile sinterleme süresi arasındaki ilişkiyi açıklayınız.