

Tozların Şekillendirilmesi ve Sinterleme

Yrd. Doç. Dr. Rıdvan YAMANOĞLU

Toz Metalurjisi

Yoğunlaştırma



■ Fırın Tasarımı

Toz metalurjisinin çoğu uygulamalarında nihai ürün açısından yüksek yoğunluk öncelikli bir kavramdır.

Toz yoğunlaştırması (densifikasyon) aşağıda tanımlanan üç yöntemden biri ile sağlanır.

- 1- Düşük yoğunlukta ön şekillendirilmiş parçanın sinterleme ile yoğunlaştırılması
- 2- Yüksek yoğunlukta presleme ve sonrasında sinterleme
- 3- Tam bir yoğunluğun eldesi için eş zamanlı presleme ve sinterleme

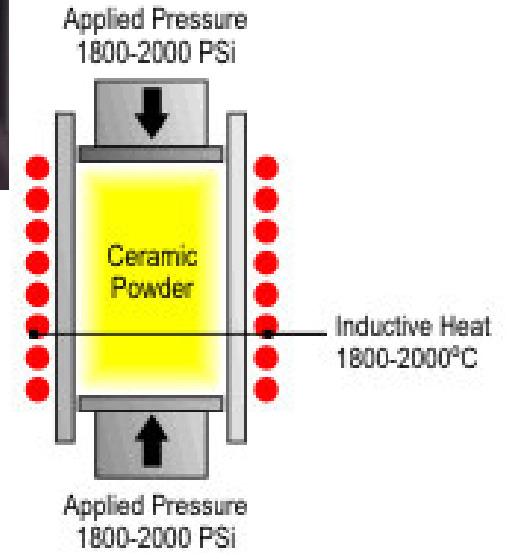
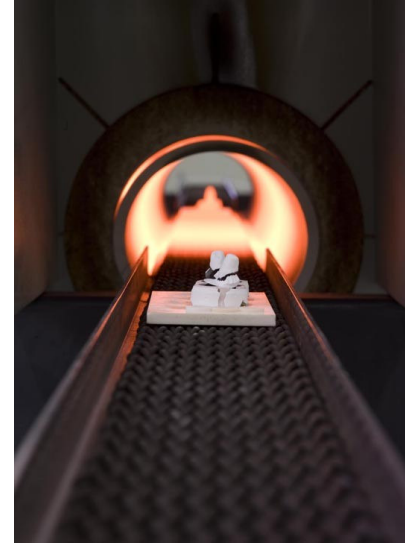
Sinterleme işlemi için farklı atmosferlere sahip fırınlar seçilmektedir.

Toz Metalurjisi

Yoğunlaştırma

■ Fırın Tasarımı

- Bu sinterleme fırınları sinterleme sürecince en önemli iki parametreyi, sıcaklık ve zaman, kontrol eder.
- Bazen bu parametrelere basınç da eklenebilir.
- Bu sayede sıcaklık ve zaman değerleri geleneksel olarak nitelenen yöntemlere göre oldukça etkili derecede azalabilir.



Toz Metalurjisi

Yoğunlaştırma

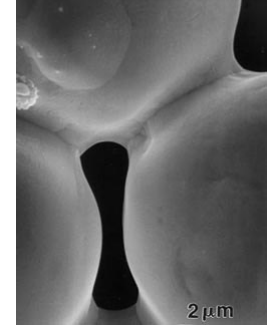


■ Fırın Tasarımı

- Fırınlarda aynı zamanda ilgili malzemeye göre gerekli atmosfer kontrolü, yağlayıcı ve bağlayıcıların giderilmesini de sağlar.
- Sinterleme atmosferi olarak hava, azot, argon, oksijen, hidrojen ve çeşitli gaz karışımları kullanılır.
- Sinterleme sırasında ne olacağını oksijen, CO, metan, CO₂ ve su buharının miktarları belirler.

Toz Metalurjisi

Yoğunlaştırma



■ Fırın Tasarımı

- Sinterleme için çeşitli atmosferler:
- Oksitleyici – CO₂, su veya oksijen
- Nötr – argon, helyum, vakum
- İndirgeyici – hidrojen veya CO
- Hidritleyici – hidrojen veya amonyak
- Hidrit giderici – vakum veya argon
- Nitrürleyici – azot veya amonyak
- karbürleyici- - metan veya propan
- Karbon giderici – CO₂, su veya oksijen

Toz Metalurjisi

Yoğunlaştırma



■ Fırın Tasarımı

- Bu atmosfer bileşenleri tek başlarına kullanılacak diye bir şey söz konusu değildir.
- Örneğin, hidrojen ve metan karışımı ile hem indirgeyici hem de karbürleyici ortam oluşturulabilir.

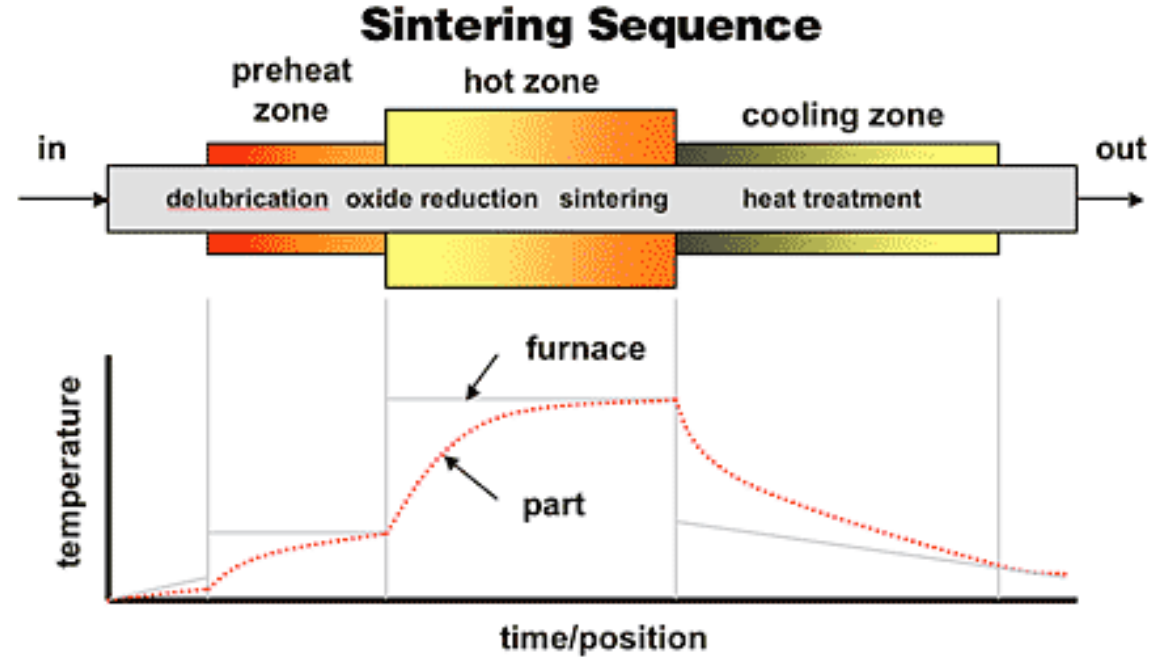
Toz Metalurjisi

Yoğunlaştırma



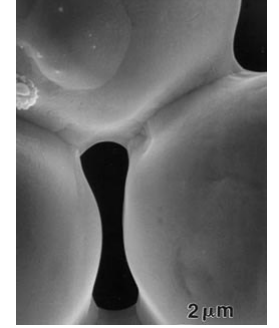
■ Fırın Tasarımı

- Fırınlar aynı zamanda ilgili malzemeye göre gerekli atmosfer kontrolü, yağlayıcı ve bağlayıcıların giderilmesini de sağlar.
- Buna ilave olarak sıcak bölgeden sonra bazı uygulamalarda ısıl işlem bölgesinde olabilir ki sinter sertleştirme denen uygulamaya da geçiş yapılabilir.



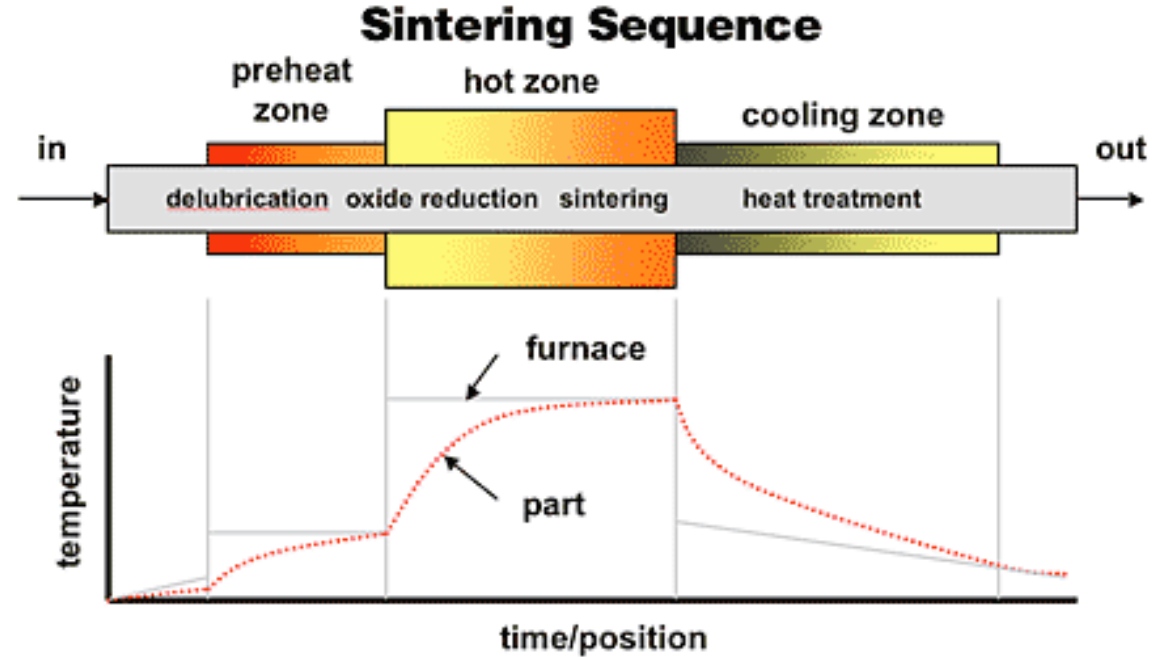
Toz Metalurjisi

Yoğunlaştırma



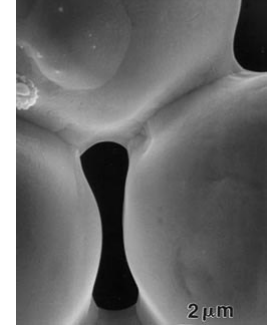
■ Fırın Tasarımı, polimer yakma

- Sinterleme sıcaklığına ısıtma sırasında ilk işlem şekillendirmede kullanılan polimerlerin geiderilmesidir.
- Eğer polimer yapıdan uzaklaştırılmaz ve fırının yüksek sıcaklık kısmına taşınır ise safsızlıklar parçanın bileşimini, özelliklerini ve boyutunu değiştirir.



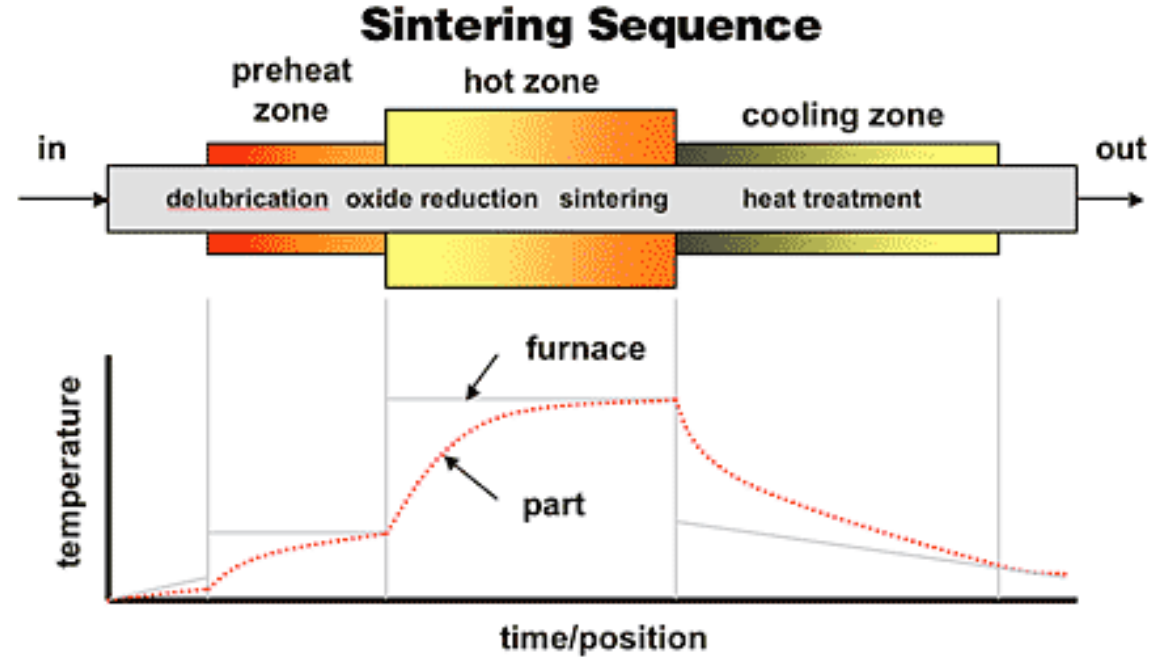
Toz Metalurjisi

Yoğunlaştırma



■ Fırın Tasarımı, polimer yakma

- Polimerlerden kaynaklanan C seviyesi artan sıcaklık ile sürekli düşer.
- Polimerler genellikle ısı olarak metan, etan, propan, CO veya CO₂ e ayrışır.
- Bu ayrışmalar 150 oC gibi düşük değerlerden başlar.
- 350-450 oC artar.
- 550 oC civarında tamamlanır.



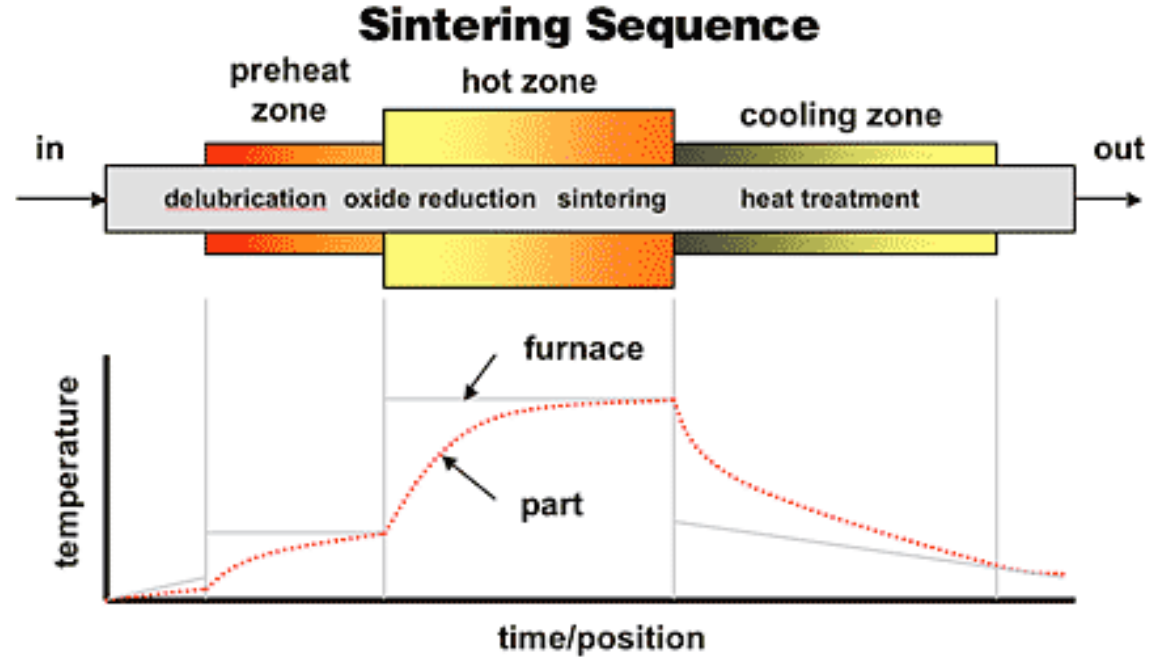
Toz Metalurjisi

Yoğunlaştırma



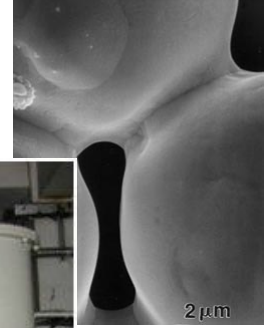
■ Fırın Tasarımı, polimer yakma

- Bazı polimerler giderilmez ise grafitte dönüşür ve yapıda safsızlık olarak kalır.
- Oksijen içeren gazlar 600-800 oC aralığında karbon polimer safsızlıklarını giderir.
- Hareket halinde olan gazlar yanma ürünlerini süpürür.



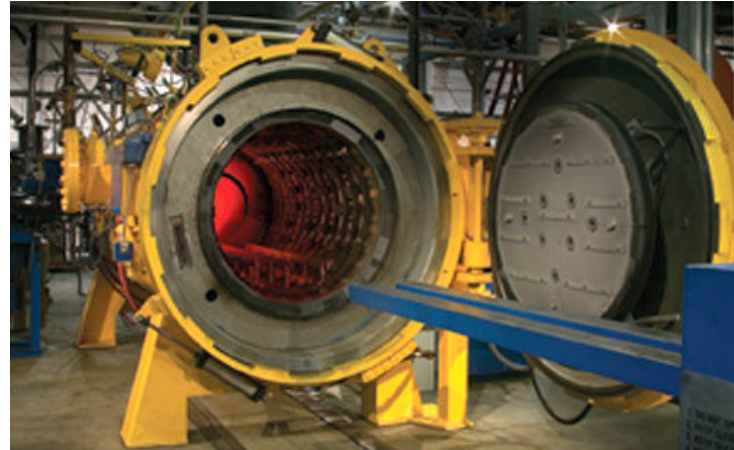
Toz Metalurjisi

Yoğunlaştırma



■ Fırın Tasarımı, parti tip fırınlar

- Fırın sinterlenecek malzeme ile doldurulur.
- Sıcaklık döngüsü birkaç saat uygulanabilir.
- Her bir döngü farklı programlanabildiği için bu tür fırınların kullanımı esnekler.
- Vakum ve basınç desteği de sadece bu tür fırınlarda uygulanabilir.



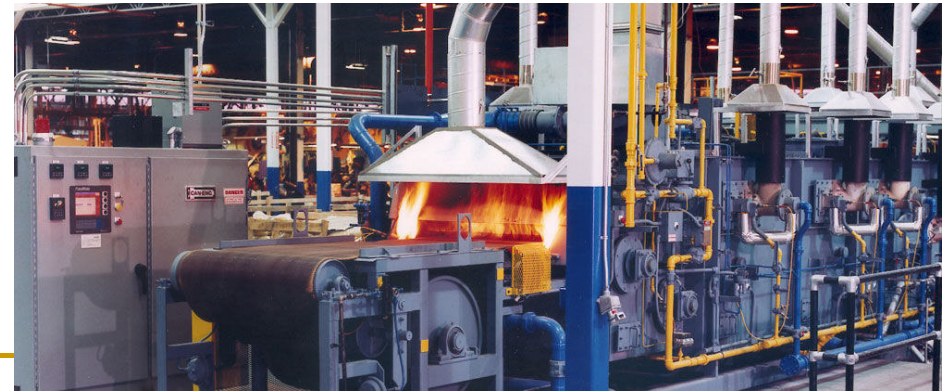
Toz Metalurjisi

Yoğunlaştırma



■ Fırın Tasarımı, sürekli tip fırınlar

- Bu tür fırında, parçanın konumu zamana karşı taşıyıcı bant bantlar ile kontrol edilir.
- Yüksek sıcaklıklar için seramik, grafit veya refrakter bant kullanmak gerekir.
- Bu sayede 2000 oC üzerine çıkılabilir.



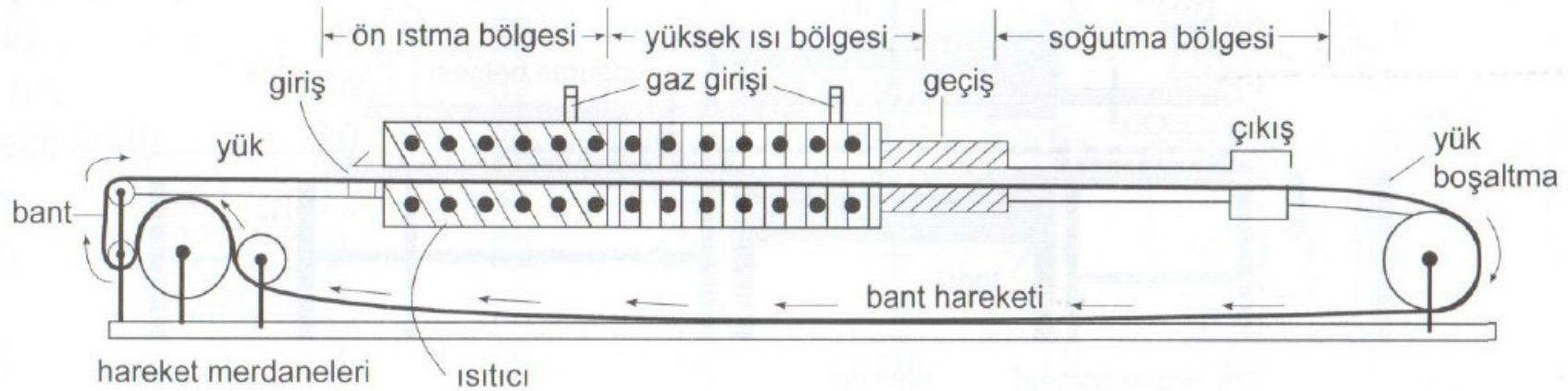
Toz Metalurjisi

Yoğunlaştırma



■ Fırın Tasarımı, sürekli tip fırınlar

- Fırında ilk bölgede yağlayıcı ve bağlayıcı giderimi yapılır. Atmosfer bileşimi ve akışı her bölgede malzemeye göre kontrol edilir. En uygun fırın tipi ve boyutları üretim miktarı, sinterlenecek malzeme, işletim maliyeti, atmosfer tipi ve ısıl işlem gerekliliğine bağlıdır.



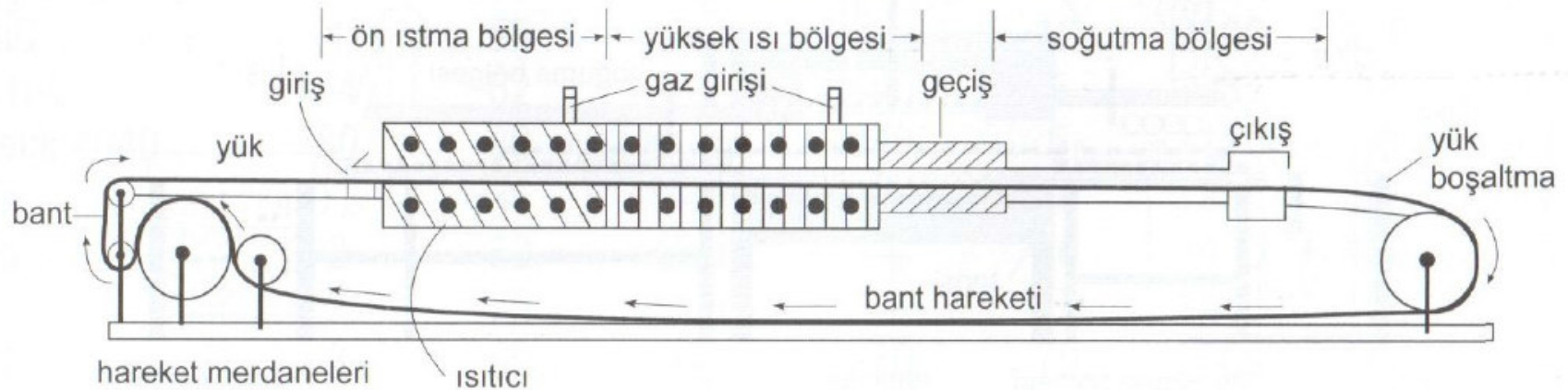
Toz Metalurjisi

Yoğunlaştırma



■ Fırın Tasarımı, sürekli tip fırınlar

- Sürekli tip fırında sabit sıcaklık profiline ve belli bir hızda hareket eden bir banta sahiptir. Yatay bant sıcak bölgeden geçerek dönüşte fırının altında hareketine devam eder. Bant fırında hareket ederken yük kademeli olarak ön ısıtma, yüksek ısı ve soğutma bölgesinden geçer. Fırının uzun süreli kullanımında bantta uzama ve aşınmalar oluşur. Yüksek sıcaklıklarda fırın ömrü doğal olarak kısalmaktadır. Yüksek sinterleme sıcaklıkları için volfram, SiC veya grafit taşıyıcı bantlar kullanılır. Kapasite 1 kg ile 250000 kg'a kadar değişir. Ortalama üretim hızı 100 kg/saat'dir. büyük parçaların sinterlenmesi için daha yavaş ısıtma ve daha büyük fırınlar gerekir.



Toz Metalurjisi

Yoğunlaştırma



■ Fırın Tasarımı, işletme maliyetleri

- Seçilecek sıcaklık ve atmosfere göre fırınları maliyetleri oldukça yüksek değerlere ulaşabilmektedir.
- Üretim amaçlı yeni 1100 oC lik bant fırının maliyeti 300.000 USD
- 1400 oC lik vakum fırını ise 1.000.000 USD değerlerine ulaşabilmektedir.
- Vakumlu fırınlarda maliyet iki veya üç katına çıkabilir.

Toz Metalurjisi

Yoğunlaştırma



■ Fırın Tasarımı, işletme maliyetleri

- Bunların yanında işçilik ve enerji maliyetleri de söz konusudur.
- Kullanılacak atmosfer ise sinterlemenin yapıldığı yerde üretilir veya büyük miktarlar halinde üreticilerden temin edilir.
- Eğer üretime yeni başlanacak ise genellikle kullanılan atmosfer dışarıdan temin edilir. Tüketim arttıkça örneğin azot üretimi tesiste yapılmaya başlanır.

Toz Metalurjisi

Yoğunlaştırma



■ Fırın Tasarımı, işletme maliyetleri

- Atmosfer maliyetleri kullanılacak gazların bileşimi ve tüketim miktarlarına bağlıdır.
- Kullanılan gazların başında hidrojen ve azot gelir.
- En pahalı gaz hidrojendir.
- Karşılaştırma açısından, hidrojenin fiyatı 1,0 iken azot esaslı gazların bileşimi 0,4 civarındadır.
- Kullanılacak vakum ortamı da cihazdan veya cihazın kullanımından gelen maliyetlerden dolayı giderleri arttırır.
- Örnek: Bir paslanmaz çelik sinterlenmesinde vakum kullanımında, 1 m³ lük bir fırın saatte yaklaşık 100 USD maliyete neden olacaktır.
- Aynı hacimde hidrojen kullanılacaksa maliyet 30-50 USD arasında değişir.