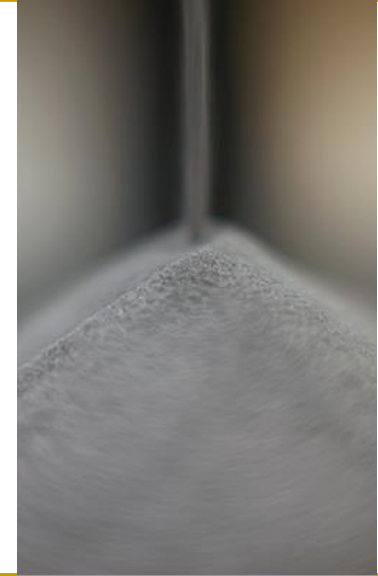


Toz Metalurjisi

Powder Metallurgy



Doç. Dr. Rıdvan YAMANOĞLU



DERS 9

Toz Metalurjisi

Toz Üretimi

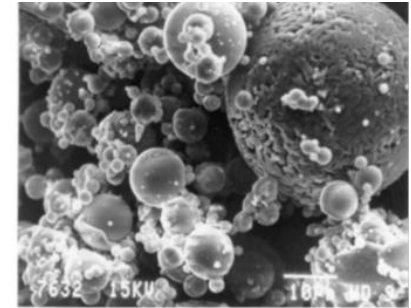
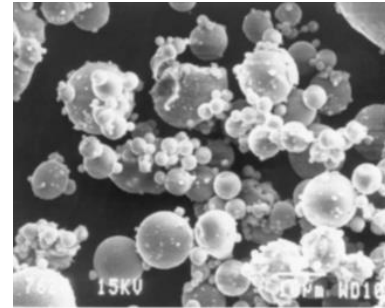


■ Atomizasyon Teknikleri, Gaz Atomizasyonu

Gaz atomizasyonunda çok fazla değişken vardır

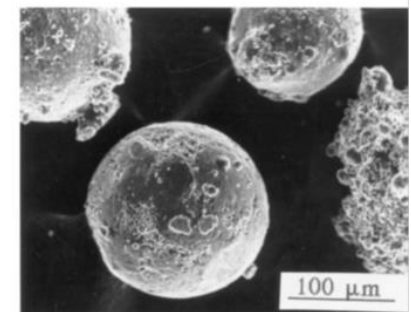
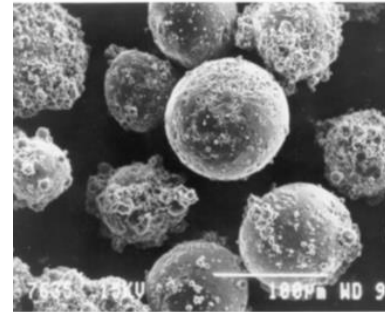
1. Gaz türü
2. Atmosfer
3. Sıvı metal sıcaklığı
4. Viskozite
5. Alaşım türü
6. Akış debisi
7. Gaz basıncı
8. Gazın debisi
9. Nozul geometrisi
10. Gaz sıcaklığı

Bu yöntemin ana üstünlüğü ürün homojenliği ve üretilen küresel tozun sağladığı iyi paketlenme özelliğidir.



a

b



c

d

Toz Metalurjisi

Toz Üretimi

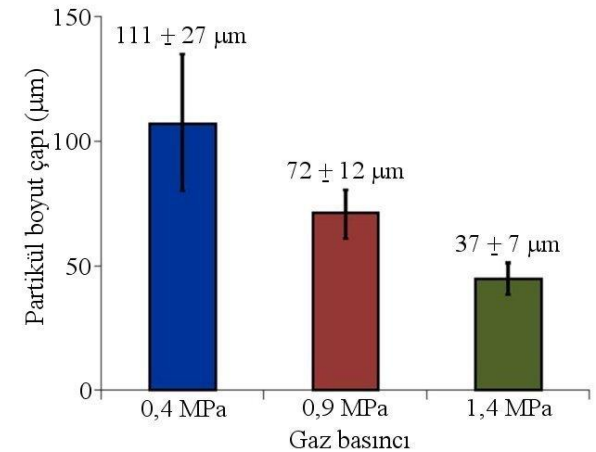


■ Atomizasyon Teknikleri, Gaz Atomizasyonu

Nikel Süper Alaşım Tozu Üretimi için Örnek Atomizasyon Parametreleri (Gaz)

parametre	koşullar
alaşım ergime sıcaklığı	1400 °C
sıvı metal sıcaklığı	1550 °C
atomizasyon gazı	argon
gaz basıncı	2 MPa
gaz akış debisi	8 m ³ /dak
nozul çıkışında gaz hızı	100 m/s
gaz-sıvı metal çarpışma açısı	40°
sıvı metal debisi	20 kg/dak
ortalama parçacık boyutu	120 µm

Gaz atomizasyonu ile pratikte dakika'da 100 kg toz üretilebilir. Basınçlar tipik olarak 5 MPa'ın altında olup, 18 MPa üzerine çıkabilir. Çelikler, kobalt alaşımları, alüminyum alaşımları, nikel alaşımları, altın ve gümüş üretilebilir.

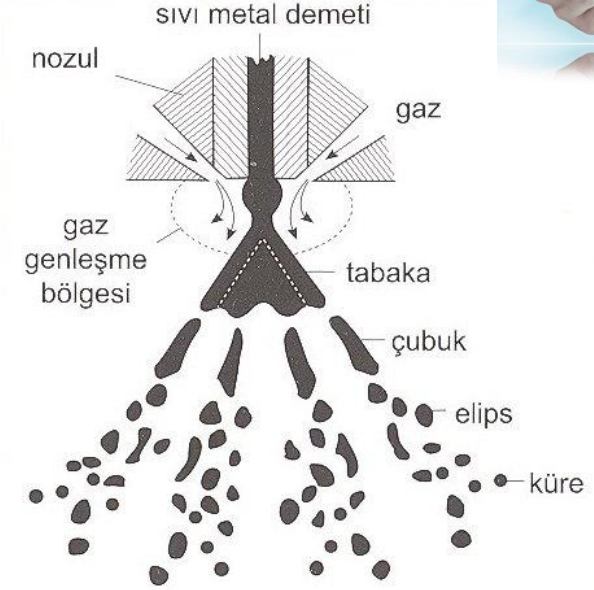


Toz Metalurjisi

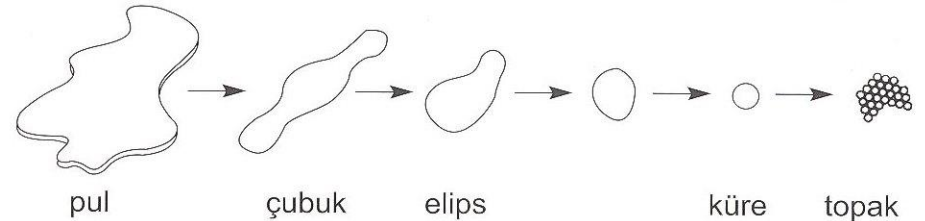
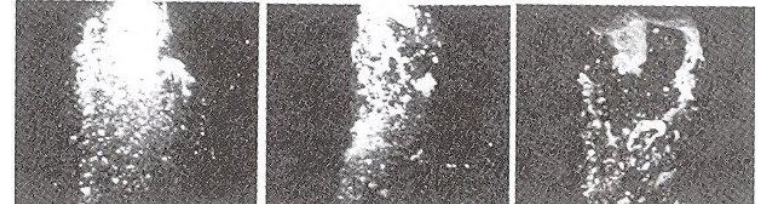
■ Atomizasyon Teknikleri, Gaz Atomizasyonu

Gaz atomizasyonunda ergiyiğin sıvılaşıma sıcaklığının üzerine aşırı ısıtılması viskoziteyi azaltır ve atomizasyon sonrası katılaşma süresini uzatır. Daha uzun katılaşma süresi küreselleşme için gerekli zamanı sağlar. Aşırı ısıtmanın miktarına bağlı olarak farklı şekiller oluşabilir.

Toz Üretimi



gaz atomizasyonu işlemi



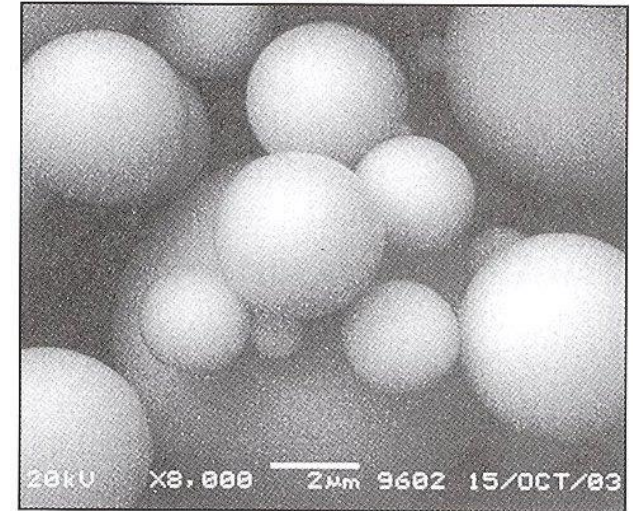
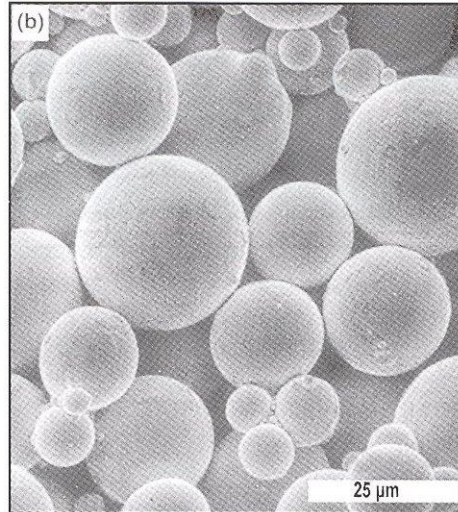
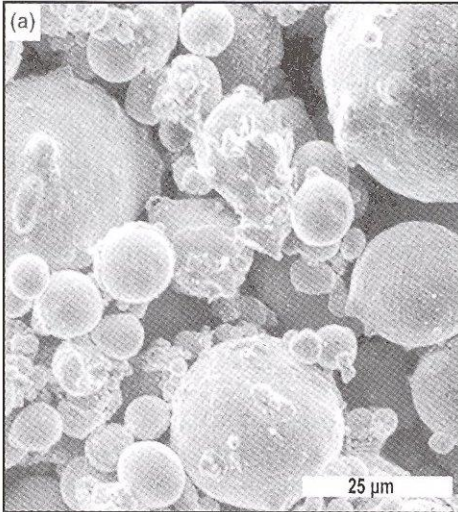
Toz Metalurjisi

Toz Üretimi



■ Atomizasyon Teknikleri, Gaz Atomizasyonu

Uydulaşma problemi nozul çıkışındaki turbulans oluşumunun, gaz dolaşımının kontrolünün sağlanması ile önlenir. Uydulaşmanın önlenmesi paketlenme ve akış özelliği açısından önemlidir.



Toz Metalurjisi

Toz Üretimi

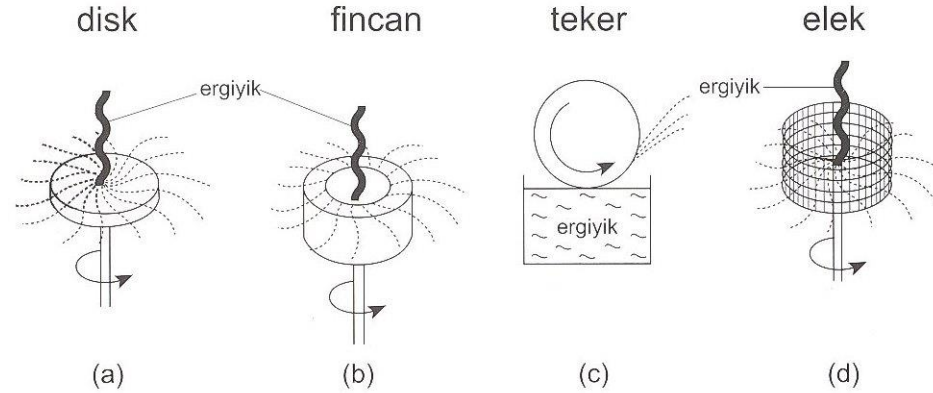


■ Atomizasyon Teknikleri, Savurmalı Atomizasyon

Ergiğin döndürülmesi sonucu oluşan mekanik kuvvet etkisi ile damlacıkların katılaşmasıdır. Ana fikir, merkezkaç kuvveti ile ergimiş malzemeyi damlacıklar halinde fırlatmaktır.

Sıvı metal soğutulan döner diske, fincana, eleğe veya tekerleğe yönlendirilir. Bunların hepsinde merkezkaç kuvveti ergiyiği dışa doğru ince bir film şeklinde fırlatır ve parçalanma sonucu oluşan damlacıklar katılaşarak tozları oluşturur.

Dönme hızları 400 ile 20.000 rpm arasındadır.



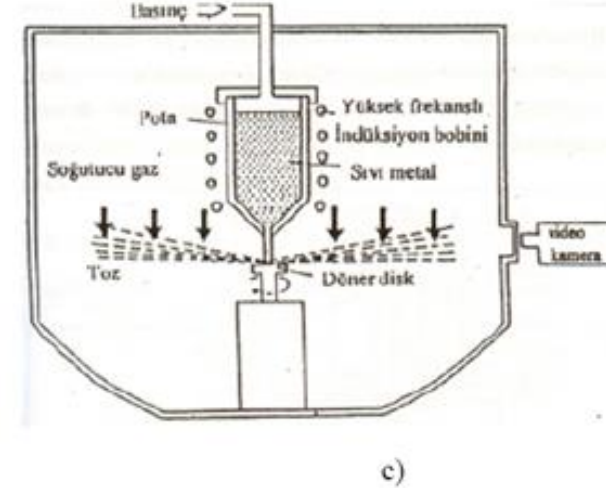
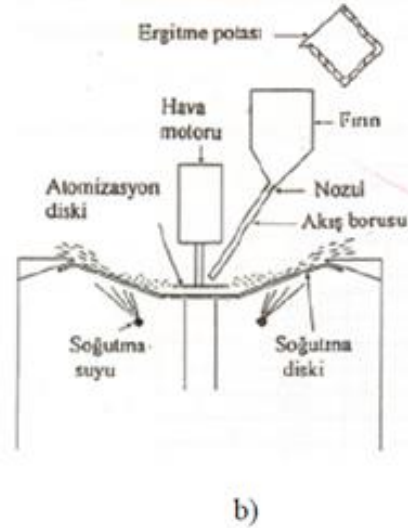
Toz Metalurjisi

Toz Üretimi



■ Atomizasyon Teknikleri, Savurmalı Atomizasyon

Döner disk atomizasyonu yönteminde diskten savrulan sıvı metal damlacıklarının katılaşmasını hızlandırmak veya ısının süratle uzaklaştırılmasını sağlamak amacıyla sıvı, katı ve gaz olmak üzere üç değişik soğutma ortamı kullanılır. Sıvı ortamda soğutma işleminde genellikle su kullanılır. Ancak, bu şekilde katılaştıran tozların yüzeylerinde yüksek oranda oksitlenme olur. Sıvı metal damlacıklarını, soğutulan bir katı yüzeye çarptırarak yapılan soğutmada katı – sıvı ara yüzeyinde ısı iletimi katsayısı yüksek olduğundan soğuma hızı da yüksek olur. Gaz ortamında soğutma işleminde ise genellikle soygaz kullanılır. Bu sayede metal ve alaşımların oksitlenmesi de önlenmiş olur. En çok kullanılan gazlar He, N ve Ar'dur. Bu gazlar arasında He en yüksek ısı iletimi katsayısına sahip olduğundan en hızlı soğumayı sağlar.





■ Atomizasyon Teknikleri, Savurmalı Atomizasyon

Döner disk atomizasyonunda, üretilen tozların özelliklerini belirleyen çok sayıda atomizasyon değişkeni vardır. Bunlar; disk malzemesi ve diskin yüzey durumu, disk geometrisi, disk hızı, disk çapı, sıvı metal sıcaklığı ve akış debisi, atomizasyon ve soğutma ortamları, metal veya alaşımın türü gibi değişkenlerdir. Bu değişkenler, tozun görünür yoğunluk, akıcılık, sıkıştırılabilirlik, sinterlenebilirlik gibi özelliklerine etki eden şeklini, boyutunu, boyut dağılımını ve iç yapısını belirler. Döner disk atomizasyonunda başarılı bir atomizasyon için atomizasyon diskinde olması gereken özellikler; yüksek sıcaklığa ve termal şoka dayanıklı olması, sıvı metal tarafından iyi ıslatılması, yüksek dönme hızına dayanabilecek mukavemete sahip olması, hızlı katılaştırma durumunda ısı iletkenliği yüksek malzemeden olması şeklinde sıralanabilir. Atomizasyon çalışmalarında genellikle bakır ve paslanmaz çelikten imal edilmiş, grafit, molibden ve seramik kaplı diskler kullanılmaktadır. Ancak, ısı iletim katsayısının yüksek olması dolayısıyla en başarılı atomizasyon bakır diskle yapılmaktadır.

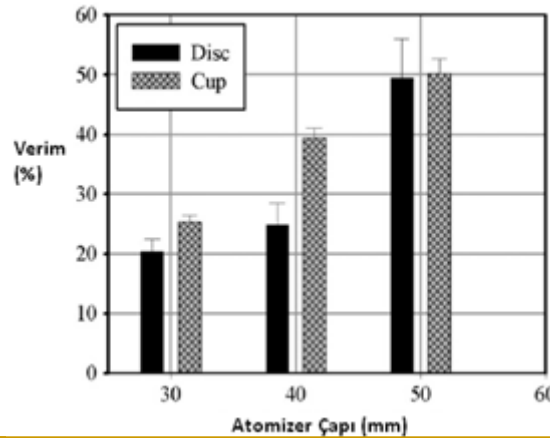
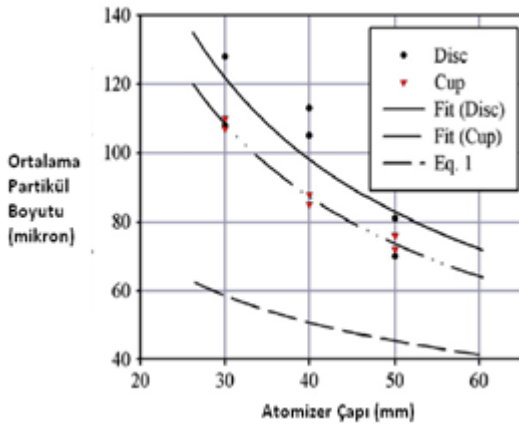
Toz Metalurjisi

Toz Üretimi



■ Atomizasyon Teknikleri, Savurmalı Atomizasyon

Disk çapı atomizasyonda etkili bir parametre olup genellikle 50-400 mm arasında değişmektedir. Disk çapının belirlenmesinde etkili olan faktörlerin başında kullanılan motorun gücü, atomizer boyutları ve disk malzemesi gelmektedir. Laboratuvar ölçeğinde yapılan atomizasyonlarda nispeten küçük çaplı diskler kullanılırken, endüstriyel ölçekteki üretimlerde disk çapı artmaktadır. Farklı atomizer diskleri şekilde görülmektedir. Disk geometrisinin santrifüj kuvvetini ve enerjisini etkilemesi bakımından uygun seçilmesi karlıdır. Buna göre disk çapı arttırılması ve döner disk yerine döner kap ile atomizasyon tercih edilmesi partikül boyutunu düşürür. Sistemin verimini iyileştirir.

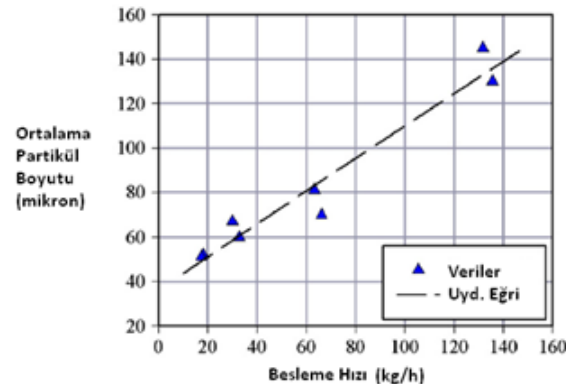
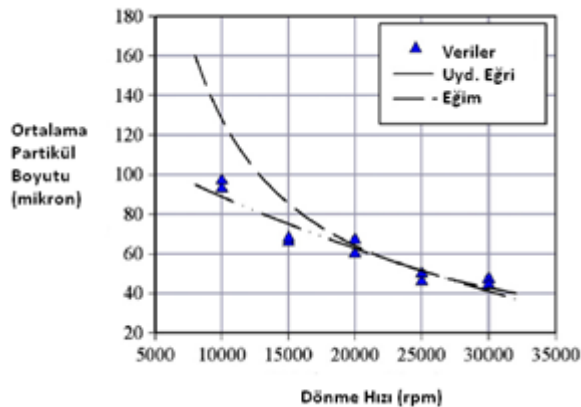




■ Atomizasyon Teknikleri, Savurmalı Atomizasyon

Atomizasyonda etkili olan önemli parametrelerden bir diğeri de disk hızıdır. Disk dönme hızının artmasıyla sıvı metale aktarılacak olan santrifüj kuvvet de artar. Döner disk atomizasyonunda disk hızı genellikle 5.000 – 50.000 d/d arasındadır. Disk dönme hızı arttıkça sıvı metale iletilen enerji artacağından, ortalama toz boyutu küçülür.

Bir diğr parametre ise sıvı metal debisidir. Döner disk atomizasyonunda diske verilen enerji, sıvı metali disk kenarından yüksek hızla savurmak için harcanır. Sıvı debisi arttıkça disk üzerinde oluşan film tabakası kalınlaşacağından ve verilen enerji daha fazla sıvı metal tarafından paylaşılacağından ortalama toz boyutu artar. Atomizasyon başlangıcında ve potanın dolu olduğu durumda sıvı metal akış hızı maksimum olur ve atomizasyon süresince giderek azalan bir seyir izler. Bunun sonucu olarak başlangıçta üretilen tozlar nispeten büyük boyutlu olur ve potadaki sıvı metal miktarı azaldıkça ortalama toz boyutu azalır.

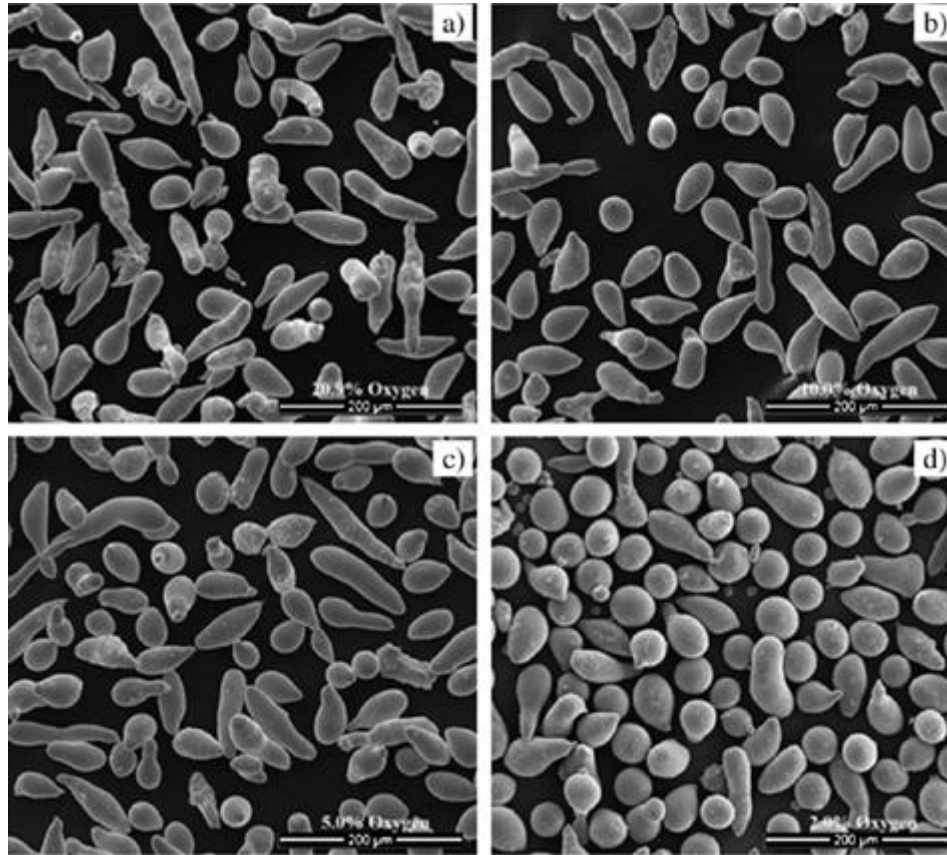


Toz Metalurjisi

Toz Üretimi



■ Atomizasyon Teknikleri, Savurmalı Atomizasyon

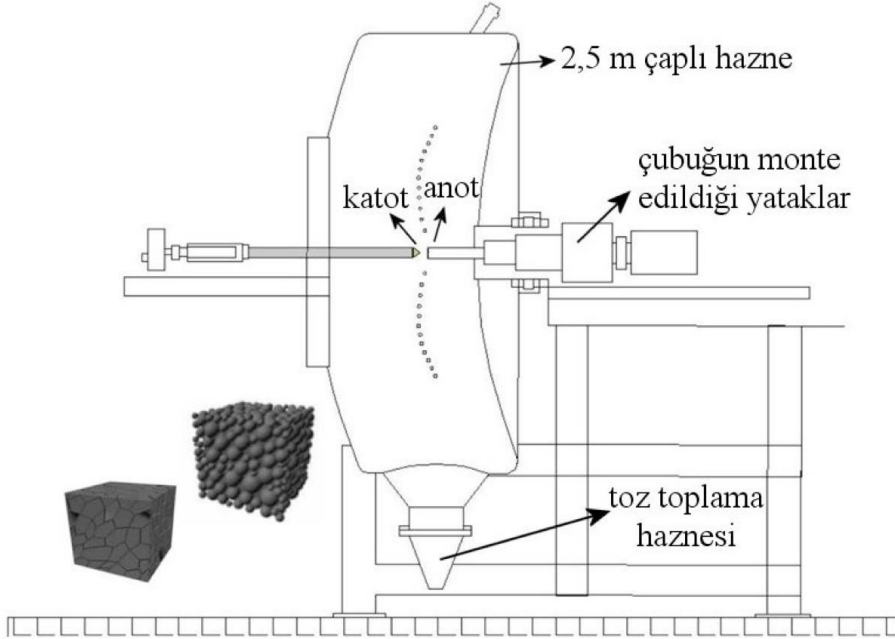


Toz Metalurjisi

Toz Üretimi



■ Atomizasyon Teknikleri, Dönel Elektrot Yöntemi

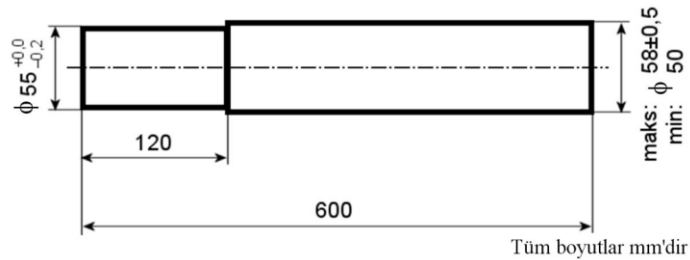


Toz Metalurjisi

Toz Üretimi



■ Atomizasyon Teknikleri, Dönel Elektrot Yöntemi

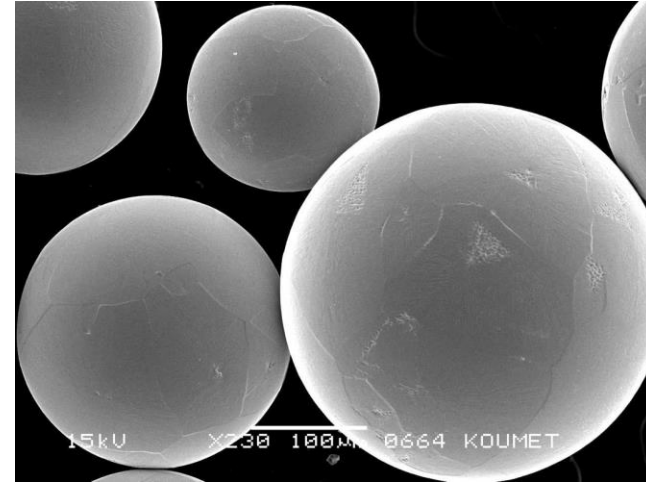
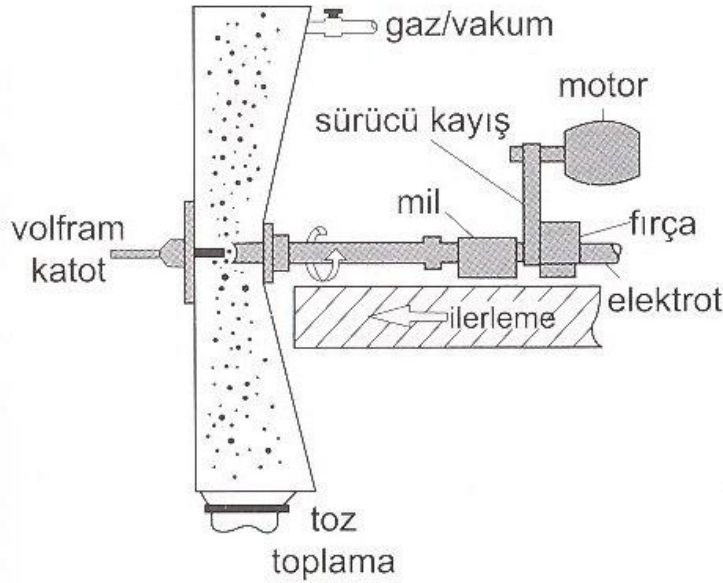


Toz Metalurjisi

Toz Üretimi



■ Atomizasyon Teknikleri, Dönel Elektrot Yöntemi



Toz boyutu (Dprep) genel olarak şu ifadedeki parametrelere bağlıdır:

$$D_{prep} = \text{sabit}(\sigma / R \cdot \rho)^{1/2} \cdot 1/2\pi n$$

R = anot çapı

σ = yüzey gerilimi

n = devir sayısı

ρ = yoğunluk

Toz Metalurjisi

Toz Üretimi



- **Atomizasyon Teknikleri, Dönel Elektrot Yöntemi**

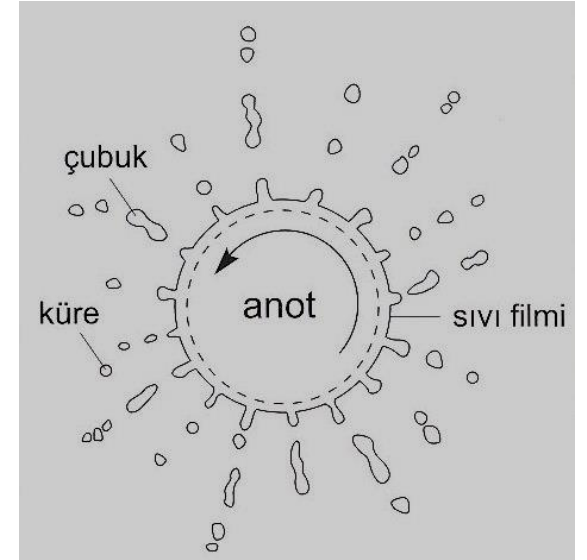
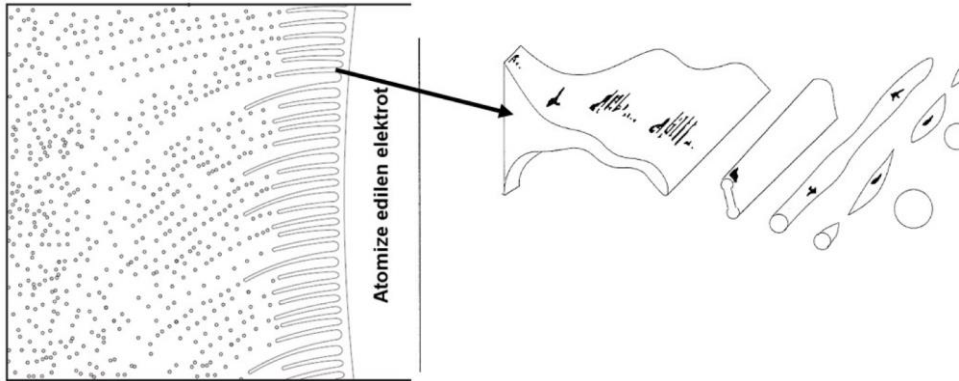


Toz Metalurjisi

Toz Üretimi



■ Atomizasyon Teknikleri, Dönel Elektrot Yöntemi



Toz Metalurjisi

Toz Üretimi



■ Atomizasyon Teknikleri, Dönel Elektrot Yöntemi

Devir sayısı, devir/dakika	1500, 3500, 8000, 12000
Plazma gazı	Argon
Vakum, mbar	10^{-3}
Koruyucu gaz	Argon
Koruyucu gaz basıncı, atm	1,3
Plazma voltajı, V	40
Plazma akımı, A	350
Çubuk çapı, mm	55

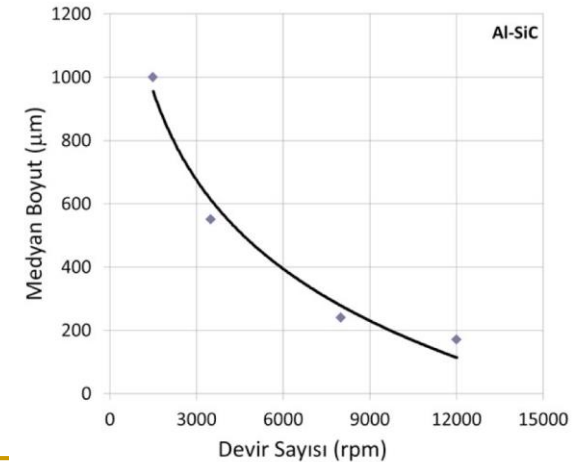
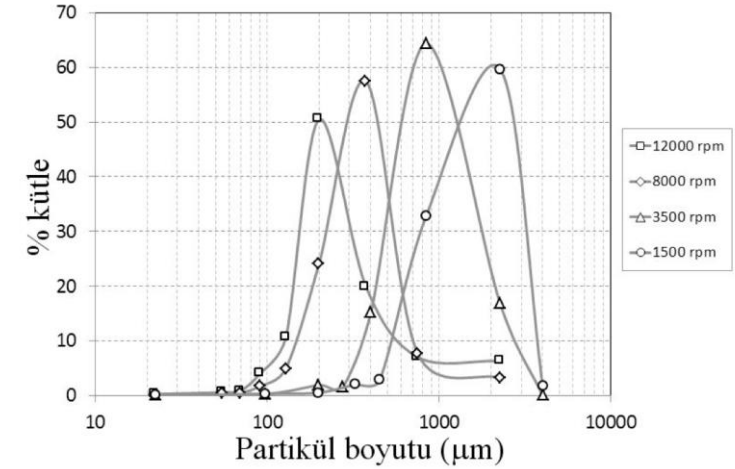
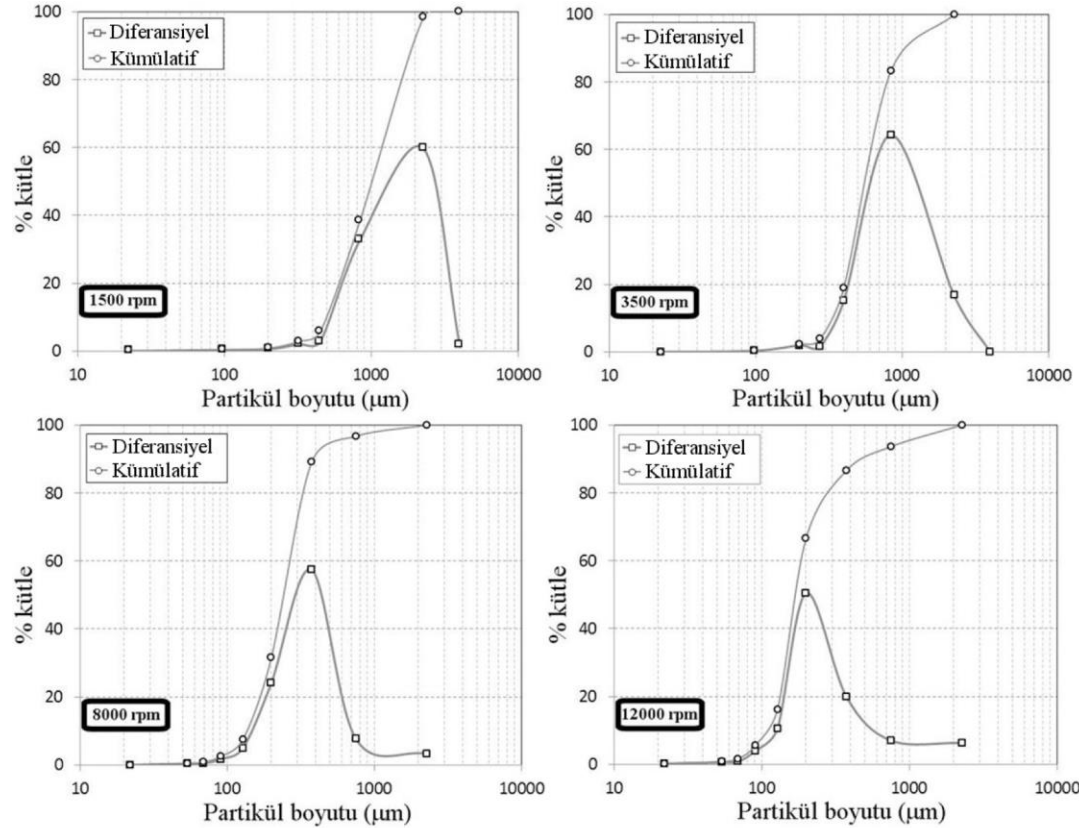


Toz Metalurjisi

Toz Üretimi



■ Atomizasyon Teknikleri, Dönel Elektrot Yöntemi

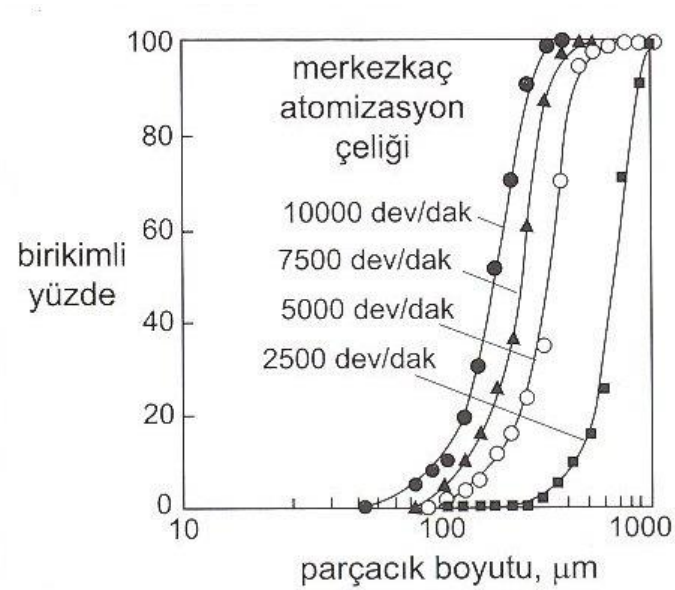
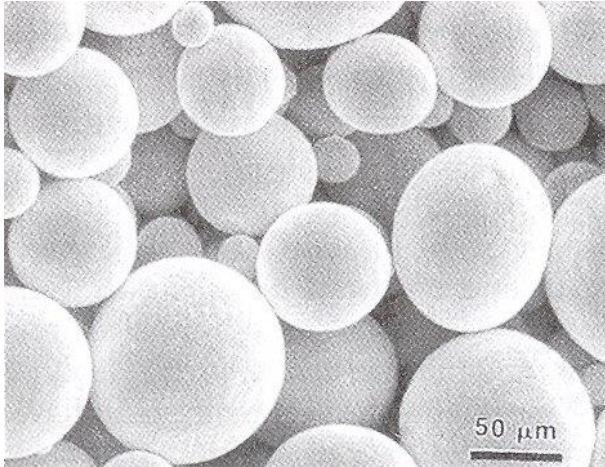


Toz Metalurjisi

Toz Üretimi



■ Atomizasyon Teknikleri, Dönel Elektrot Yöntemi



Toz Metalurjisi

Toz Üretimi



■ Atomizasyon Teknikleri, Dönel Elektrot Yöntemi

Material Parameters

Material
Molecular Weight
Density
Solidus Temperature
Surface Energy LV
Viscosity at Solidus

Heat Capacity
Fusion Enthalpy

Operating Parameters

Rotation Rate
Ambient Temperature
Convective Coefficient
Coolant Temperature

Output Parameter Field

Particle Size D50
Particle Size D90
Particle Size D10
Solidification Time
Spheroidization Time
Particle Shape

rotation (rpm)	electrode diameter (mm)	measured, median size (μm)	predicted, median size (μm)	solidification time (ms)	spheroidization time (μs)
3500	55	550	584	140	1,1
8000	55	240	256	63	0,35
12000	55	170	170	42	0,15

rotation (rpm)	electrode diameter (mm)	measured, median size (μm)	predicted, median size (μm)	solidification time (ms)	spheroidization time (μs)
6000	55	312	328	66	0.7
12000	55	138	164	33	0.3

Tozlar uçuşları sırasında küreselleşmeleri için gerekli zaman bulmalıdır !

Yrd. Doç. Dr. Rıdvan YAMANOĞLU