

ATOMİZASYON YÖNTEMİ İLE METAL TOZLARI ÜRETİMİ VE ENDÜSTRİYEL UYGULAMALARI

Metin YEREBAKAN*

ÖZET

Metal tozlarının yapısı, bileşimi, şekli ve büyüklüğü gibi faktörlerin incelenmesi, bunları şekillendirilmelerine ilişkin tekniklerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Toz özellikleri şekil verme ve bunu takiben sinterleme ile yoğunlaştırma işlemlerine etkidüğinden büyük önem taşır. Gerekli toz özelliklerinin elde edilebilmesi amacı ile toz üretme metotlarının daha iyi anlaşılabilmesi için yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Bu makalede birçok uygulanan atomizasyon toz üretme metodu gözden geçirilmektedir. Atomizasyon metodu yüksek tonajlı üretimde seçeneği az olan başlıca metottur. Yüksek toz kalitesinin sağlanması ve toz kalitesinin etkili tarzda kontrolü bu metotla kolayca yapılabilmektedir.

ABSTRACTS

Processing of powder materials begins with consideration of the powder properties and characteristics such as size, shape, composition and structure. These powder features affects the response of subsequent compaction, sintering and densitication processes. Considerable effort is directed toward improved understanding of powder production method called "atomisation" is reviewed. The mostflexible process in high tonnage production is atomisation since it provides the capability to produce gich quality alloy powders and affords greatest control over powder properties.

1. GİRİŞ

Metal tozlarının sıkıştırılması ve sinterleştirilerek sertleştirilmesi oldukça yeni bir metottur. Başlangıçta simetrik basit şekilli malzemeler bu metod yardımı ile yapılmaya başlanmış daha sonra gittikçe gelişmiştir. Kendi kendine yağlanan yataklar, burç ve somun gibi basit simetrik şekillere daha sonra komplike parçalar eklenmiştir. Günümüzde çeşitli tekstil ve otomotiv parçaları ile uçak malzemeleri bu metotla yapılabilmektedir.

Metal tozları tüketimi arttıkça, üretim yöntemleri de gelişme göstermiş birçok yeni toz üretme tekniği geliştirilmiştir. Başlangıçta toz kalitesi daha geniş sınırlarda değişebilirken günümüzde kalite sınırları son derece daralmıştır. Klasik tozlara yeni ve aşırı hızlı katlaştırılmış tozlar eklenmiştir.

* Yard. Doç. Dr.; Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Bursa.

Tozların preslenmesi ve sinterlenmesine ilişkin teknikler de toz kalitesine bağı olarak gelişmiştir. Yüksek mukavemetli ve hızlı katılaştırılmış tozlar için dinamik presleme ile soğuk ve sıcak izostatik presleme teknikleri geliştirilerek üstün özellikte malzemelerin bu metotla üretilmesi başarılmıştır. Günümüzde daha mükemmel özellikte metal tozları üretimi için yoğun çalışmalar yapılırken, bunların şekillendirilmesi ne ilişkin yeni tekniklerin bulunmasına aynı oranda yoğun olarak çalışılmaktadır.

2. TOZ ÜRETME METODLARI

Metal tozlarının üretimine ilişkin dört temel metot bulunmaktadır. Bunlar Hirschron'a göre¹, kimyasal, elektrolitik, mekanik ve atomizasyon metotları olup, kısaca ilk üçü açıklandıktan sonra, yazı konusu olan "atomizasyon" metodu üzerinde detaylı olarak durulacaktır.

2.1. KİMYASAL METOD

Toz üretimde eski bir geçmişi olan kimyasal metot fiziko-kimya ve basit sedimantasyon prensiplerine dayanmaktadır. Bir çözeltiye kendinden daha aktif metalin katılması ile redüklenerek çözeltideki metal dibe çökerken ilave edilen de serbest hale geçen ionlarla birleşerek çözeltiye geçer.

Çökmekte olan ince tozlar çözelti dibinde toplanır, alınıp yıkanır ve kurutulur. Bu metot ile, çözeltideki tüm refakat metalleri de çökeceğinden, saf ve yüksek kaliteli tozların üretilmesi mümkün olmaktadır. Fazların fiziko-kimyasal prensiplerle ayrıştırılması ile de toz kalitesi artırılmadığından kimyasal metotun metal tozları üretimindeki yeri gittikçe azalmaktadır.

2.2. ELEKTROLİT METOD

Tozu üretilecek metalin çözeltisi bir elektroliz hücresinde katoda deşarj ettirilmesi ile üretilmektedir. Katoda deşarj olan metal ionları buraya çöküp yapışmadan dibe bastırılır. Bu amaçla katot sürekli titreştirilir veya hareketli bir çubukla yüzeyi temizlenir. Toplanan tozlar yıkanır ve kurutulur. Oldukça pahalı bir üretim şekli olup, ancak yüksek safiyette metal tozlarının bu kütle üretimi bu yolla ekonomik olarak yapılabilir.

2.3. MEKANİK METOD

Metalin kendi kendine sürtmesi veya aşındırıcı bilya ve benzeri sert yüzeylere çarptırılması temel prensibine dayanmaktadır. Özellikle kurşun tozlarının elde edilmesinde günümüzde hâlâ kullanılmakta olan bir metottur. Amalgam tozları ve ince metal granülleri bu yolla elde edilmektedir. Mekanik ufalama metodu metali ısıttığından özelliklerini değiştirmektedir. Saf metal tozlarının üretiminde tercih edilmeyen bir metot olmasına rağmen talaş alma veya ufalama işlemleri, basitçe yapılabildiğinden küçük imalathanelerde hâlâ yaygınlığını korumaktadır.

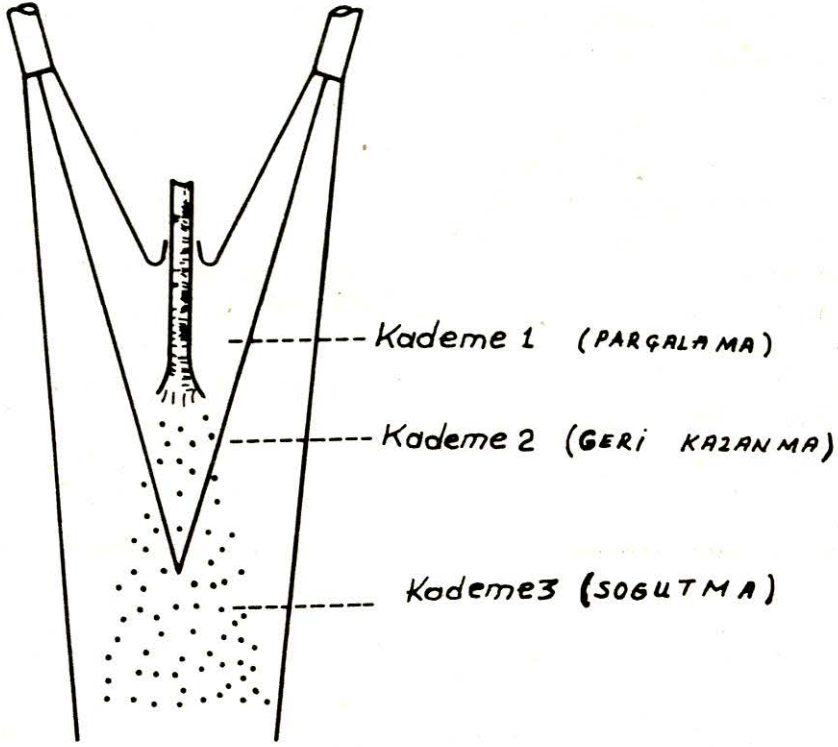
2.4. ATOMİZASYON METODU

Günümüzde en çok kullanılan bir metot olduğu gibi bunun gelecekte metal tozları üretiminde daha da etkili olacağı tahmin edilmektedir. Atomizasyon yolu ile metal tozları üretiminde pek çok metot ileri sürülmüş olmakla beraber; günümüzde gaz, su, santrifüj ve ultrasonik metotlar uygulama şansını bulmuşlardır.

Metalin sıvılaştırıldıktan sonra ince bir hüzmeye hızla geçirilirken, akış yönüne dik veya eğimli olarak yüksek basınçlı bir gazla üflenerek parçalanması ince zerrelere bölünerek bu halde katılaştırılmasına "atomizasyon" adı verilir. Atomizasyonda kullanılan gaz veya sıvılar sesaltı veya sesüstü hızına sahip olabilir.

Atomizasyonda metal zerrelere bir sıvı veya gaz yardımı ile oluşturulması ve oluşan zerrenin katılaştırılması olmak üzere iki ana işlem vardır. Bunlardan ilkinde "parçalanma" diğerine "soğutma" adı verilmektedir. Tozun oluşmasından sonra sınıflandırılması ile sıvı metal jetinin parçalanarak ince zerrelere bölün-

mesinde kullanılan gazın veya sıvının geri kazanılması da tamamlayıcı iki önemli işlemdir. Bu işlemler Şekil (1) de şematize edilmiştir.



Şekil 1 — Metal atomizasyon geometrisinin şematize edilmesi

Atomizasyon işleminde uygulanacak teknik büyük ölçüde toz haline dönüştürülecek metalin türüne ve amaçlanan tozun niteliğine bağlıdır. Metalin özelliğine bağlı atomizasyon parametreleri aşağıda verilmiştir.

- i. viskozite
- ii. yüzey gerilimi
- iii. bileşimi
- iiii. aşırı ısıtma sıcaklığı

Tane veya tozun niteliğine bağlı parametreler de şu şekilde verilebilir.

- i. tane büyüklüğü (ortalama tane çapı, tane dağılımı vs.)
- ii. tane şekli (yüzey alanı ve geometrisi)
- iii. tane yapısı (yoğunluğu, mikro yapısı, vs.)

Tane büyüklüğünün tayini için en uygun metod elek analizi olup böylece tane dağılımı ve atomizasyon verimi de hesaplanmış olur. Elek analizleri; tane büyüklüğü ile kümülatif ağırlık oranı arasında logaritmik bir ilişkinin kurulabilmesine imkân verirler. Bu ilişki ortalama tane büyüklüğünü ve bunun büyüklük oranını verebilir.

Atomizasyonda seçilecek prosesin parametreleri de şu şekilde verilebilir.

- i. sıvı metal akış geometrisi (akış hızı, akış debisi, akış uzunluğu, akış çapı)
- ii. Jet geometrisi (apex açısı, jet yerleşimi ve sayısı)
- iii. Jet özellikleri (basınç, viskozite, yoğunluk, kütle akışı)

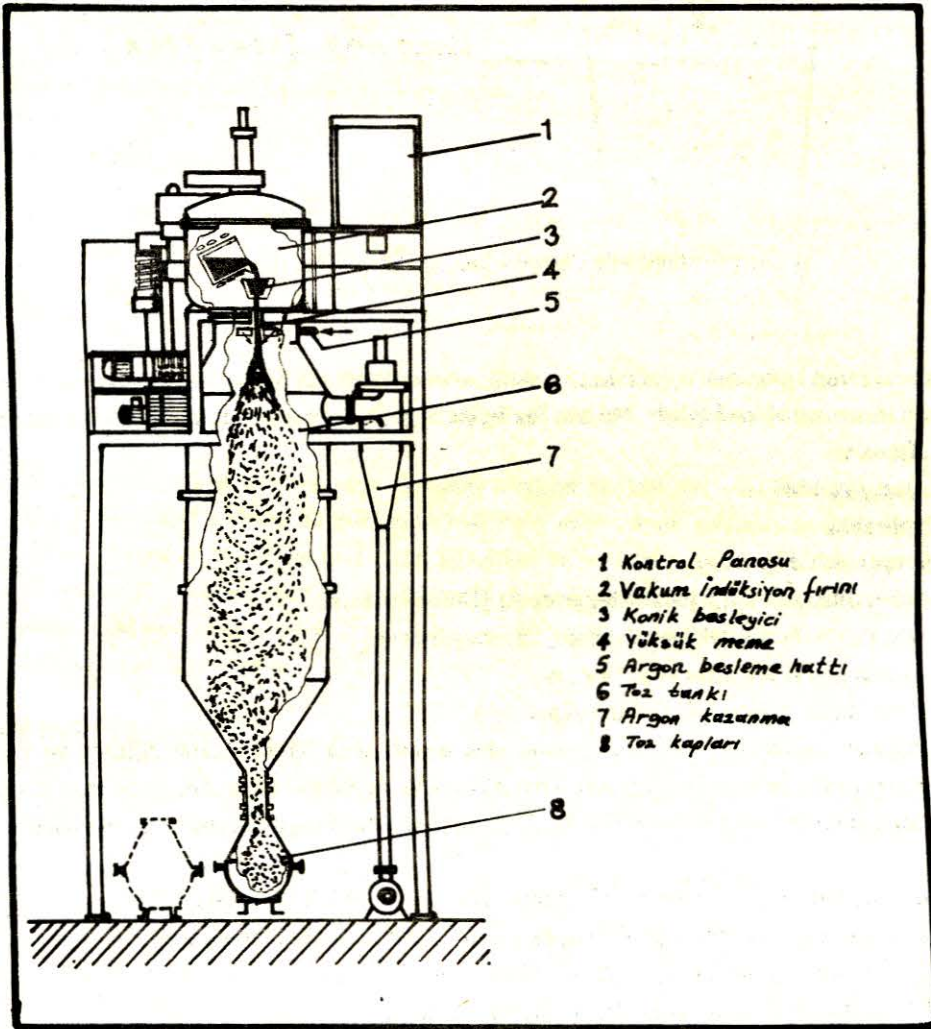
Metal özellikleri belirlendikten sonra atomizasyonda metod seçimi büyük ölçüde tozun kendisine bağlıdır. Tozun fiziksel özelliklerinden başka, kalitesi ve kapasitesinin de metod seçiminde önemli rolleri bulunmaktadır. Halen uygulanmakta olan başlıca atomizasyon metodları aşağıda verilmiştir.

2.4.1. Gaz Atomizasyonu

Sıvı metalin parçalanarak zerreler bölünmesinde akışkan olarak gazların kullanılması ile yapılan atomizasyona "gaz atomizasyonu" adı verilir. Atomizasyonda her türlü gaz kullanılmakla beraber endüstride inert-gaz atomizasyonu daha yaygındır. Metalin, gazların yardımı ile beş aşamada zerreler ayrıldığı gözlenmiştir. Sonuçta muntazam toz küreciklerine ulaşmada oluşum aşamaları şu şekilde verilebilir;

- a. Sıvı metal jetinin gazın etkisi ile ince levhacıklara bölünmesi,
- b. Levhacıkların ince şeritlere ayrılması,
- c. Şeritlerde kesit daralma bölgelerinin oluşması,
- d. Kesit daralma bölgelerinden şeritlerin ayrılması ve zerrelerin oluşumu.
- e. Yüzey gerilimi etkisi ile zerrelerin küreciklere dönüşmesi.

Gaz atomizasyonunda önce sıvı metal ergitilerek üfleme memesine iletilir. Ergitilen sıvı metalin cinsine göre üfleme ve parçalanmada kullanılan gaz değişir. Endüstride argon en yaygın parçalama gazıdır. Sıvı metal jetinden, metal zerrelerin elde edilmesi zerrelerin uzun yol katederek katılaşmadan önce küreleşmeleri ve küreleşen zerrelerin soğuk ortamda katılaştırılarak bir kapta biriktirilmeleri çoğunlukla koruyucu ortamı veya vakumlu tek bir hücrede veya reaktörde yapılmaktadır. Şekil 2'de inert gaz atomizasyon reaktörü basitleştirilerek verilmiştir.



Şekil 2 — Inert-gaz atomizasyon reaktörünün şematik görünümü

Atomizasyon reaktörlerinin kapasiteleri birkaç kg dan bir kaç tona değişebilir. Atomizasyonda üretilen tozların tane büyüklükleri hüzmeye çapı ve üfleme hızına bağlı olarak birkaç mikrondan 200 mikrona kadar değişebilir. Gaz atomizasyonda teorik esasların bilinmesi, toz parametreleri ile işletme parametreleri daha iyi anlaşılabilir.

Genelde, atomizasyon metodlarında pekçok olay aynı zamanda veya birbirini takip ederek oluşur. Kompleks akışkan dinamiği, ısı transferi, enerjinin korunumu, kimyasal kinetik, termodinamik ve katılma prensipleri atomizasyonda rol oynarlar. Metal hüzmelerinin zerrelere bölünmesinde akışkan dinamiği ve zerrelerin katılaştırılması da ısı iletimi prensiplerine dayanır. Akışkan dinamiği tane büyüklüğünü ısı iletimi de tane şeklini kontrol eden en önemli faktörlerdir. Gaz atomizasyonunda bu iki faktör aşağıdaki gibi incelenebilir.

a. Gaz Atomizasyonunda Akışkan Dinamiği

Rayleigh 1898'de parçalamada tane çapı ile hüzmeye çapı arasında;

$$d = 1.88 d_h \quad (1)$$

ilişkisinin bulunduğunu ifade etmiştir. Burada d zerre çapı, d_h ise hüzmeye çapını göstermektedir. Daha sonra bu ifade

$$d = 1.88 d_h (1+3\varphi)^{1/6} \quad (2)$$

şeklinde düzeltilmiştir². Burada φ sıvı metal viskozitesine, jet hüzmeye çapına, yoğunluğuna bağlı tarif edilen bir fonksiyondur. Small ve Bruce³ hüzmelerin parçalanması ile oluşan ince sıvı şeritlerin çaplarını akış hızının bir fonksiyonu olarak ifade etmiştir. Buna göre

$$d_s = \frac{0.961(h^2 x^2 \gamma^2 / \rho_g \rho_L)^{1/6}}{u^{2/3}} \quad (3)$$

Burada (γ) sıvı-gaz yüzey gerilimi, ρ_L sıvı metal yoğunluğu ve ρ_g gaz yoğunluğunu göstermektedir. Denklem (1) ve (3) birleştirilerek ifade edilebilir. Bu birleştirmede şerit çapının hüzmeye çapına eşit olduğu varsayılacaktır.

$$d = \frac{1.81(h^2 x^2 \gamma^2 / \rho_g \rho_L)^{1/6}}{u^{2/3}} \quad (4)$$

Burada u jet hızını, h ve x hüzmeye boyutlarını ifade etmektedir. Bu ifadeye göre gaz jeti arttıkça elde edilecek metal tozunun çapı düşmektedir. Bu itibarla düşük tane çaplı metal tozları, gazların yüksek hızda üflenmesi ile elde edilirler. Sesüstü hızla üflenen gazın oluşturduğu toz çapı angstrom mertebesine kadar düşebilmektedir.

b. Gaz Atomizasyonunda Isı Geçişi

Gaz basıncının tane şekline olan etkisi, sonradan ısı geçiş kurallarının uygulanması ile azalmış, tane şekli büyük ölçüde soğutmaya bağlanmıştır. Rao⁴ tarafından ileri sürülen analitik bir ifadeye göre zerrelerin katılma süresi;

$$t_k = (\rho C_p D_o / H) \ln \left[\frac{(T_m - T_g)}{(T_s - T_g)} \right] \quad (5)$$

şeklinde dir.

Burada; ρ metal yoğunluğunu, C_p sıvı metalin özgül ısısını, D_0 zerre çapını, H konveksiyon katsayısını, T_m , T_g ve T_s ise sırası ile sıvı metal sıcaklığını, atomize eden gaz sıcaklığını ve metalin katılma sıcaklığını ifade etmektedirler.

Rao denklem (5) de ifade edilen katılma süresine ilaveten buna bağlı tane şekli parametresini formüle etmiştir.

$$L/D = 1 + (L_0/D_0 - 1) \exp [-t/T_C (\gamma/m)]^{1/2} \quad (6)$$

Bu ifadede m zerrenin kütlesi, L_0/D_0 bölünmeden önce ince şeridin boy-çap oranı, t tane oluşum süresini ifade ederler. Tane oluşum süresi tane katılma süresine eşit alınabilir. Bu ifade ile katılmış tozun şekil parametresi (L/D) hesaplanabilir. Şekil parametresinin önceden hesaplanabilmesi özellikle reaktör gövdesi tasarımında önemli bir faktördür.

Gaz atomizasyonunda işletme ve kontrol kolaylıkları vardır. Kapasitenin geniş aralıklarla değişebilir oluşu, alaşımlama kolaylığı ve tane boyutu ayarlama kolaylıkları metodun endüstride yaygınlaşmasına başlıca nedenlerdir. Arzu edilen saflıkta tozların yapılabilir oluşu metodun ayrı bir avantajıdır. Bu metodla kalitesiz metal tozları yapılabildiği gibi, yüksek kalitede amalgamlar, paslanmaz çelik tozlar, super alaşım, alüminyum ve titan gibi oksitlenen malzemelerden tozlar kolaylıkla üretilebilirler.

2.4.2. Su ile Atomizasyon

Gaz yerine su kuvvetinden yararlanılarak yapılan bir atomizasyon şeklidir. Bu yöntemle daha çok oksitlenmeyen metal tozları atomize edilmektedir.

Su aynı zamanda soğutucu olarak etkiğinden genellikle gövde dizaynı biraz daha farklı yapılmaktadır. Su atomizasyonunda teorik ilkeler biraz farklılık gösterdiğinden aşağıda verilmiştir.

a. Su Atomizasyonunda Akışkan Dinamiği

Sıvı metal jetinin parçalanmasında akışkan olarak suyun kullanılması, teorik yönden gaza nazaran daha kompleks sorunları getirmektedir. Suyun hızla buharlaşması ile sıvı zerreler civarını örten buhar fazı ve bunu örten su fazı arasındaki ilişkilerin akışkan dinamiği yönünden yaklaşımı oldukça karmaşık ifadelere götürür.

Akışkan suyun damlacıkları taşıdıkları momentin tümünü sıvı metal zerreciklerine aktarabilirler. Böyle bir yaklaşım sorunu daha basitleştirebilir. Bu itibarla zerre çapına bağlı momentum ifadesi aşağıdaki analitik sonucu verebilir⁵.

$$d_m = d_w (V_w \rho_w / n V_m \rho_m)^{1/3} \quad (7)$$

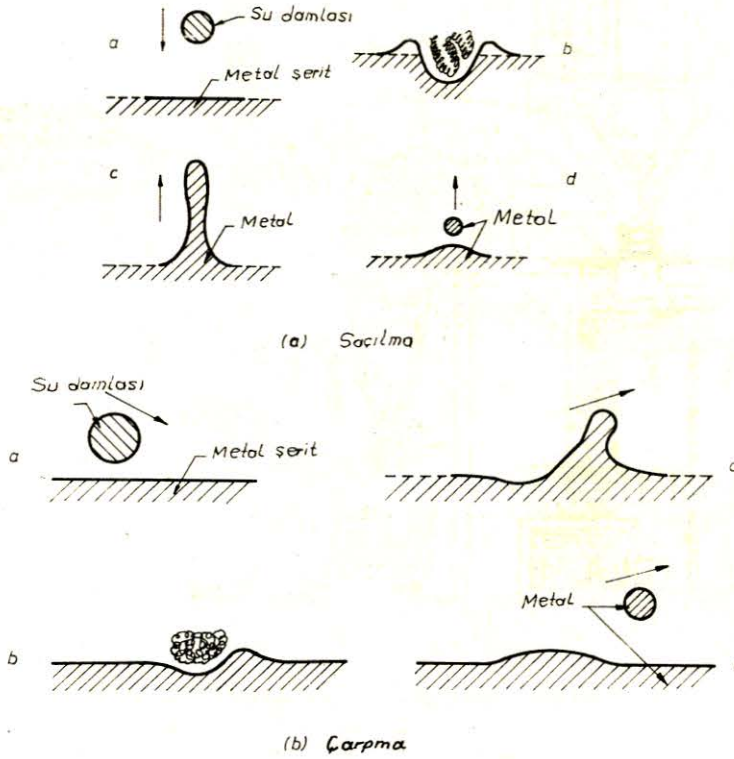
Burada d_m metal zerresi çapı, V hız, ρ yoğunluk, n zerre sayısını, m metali, ω suyu ifade ederler. Üretilcek metal tozu çapı, metal üfleme hızı ve su damlası çapının bir fonksiyonu olarak değişir. Kinetik enerjinin korunum ilkesine göre; su damla hızının, metal zerresi hızına oranı daima sabit kalacaktır. Yapılan deneysel çalışmalar sonucu⁶ denklem (7) aşağıdaki gibi basitleştirilebilmiştir.

$$d_m = 14.900 n^{-1/3} / V_w \quad (8)$$

Su jeti hızının hüzmeye ucu basıncı ile ilişkisi gözönüne alındığında denklem (8);

$$d_m = 11.461 n^{-1/3} p^{-1/2} \quad (9)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada p hüzmeye ucu basıncını vermektedir. Denklem (9) su atomizasyonunda su basıncının önemi vurgulanmaktadır. Su hızı arttıkça, veya hüzmeye basıncı büyüdükçe elde edilecek tane boyutu o nispetle azalmış olacaktır. Su atomizasyonunda sıvı metalin yırtılarak ufalanmasına ilişkin gözlem sonuçları Şekil 3'de şematize edilmiştir.



Şekil 3 — Su jetinin metal jetini atomize etmesine ilişkin gözlem sonuçlarına dayalı şematik modeller.

Su atomizasyonunda ısı geçiş modeli daha karmaşık olduğundan burada verilmemiştir. Su atomizasyonunda da tane büyüklüğü geniş aralıktadır. Uygulama kolaylığı yüzünden endüstride kullanımı genişlemektedir.

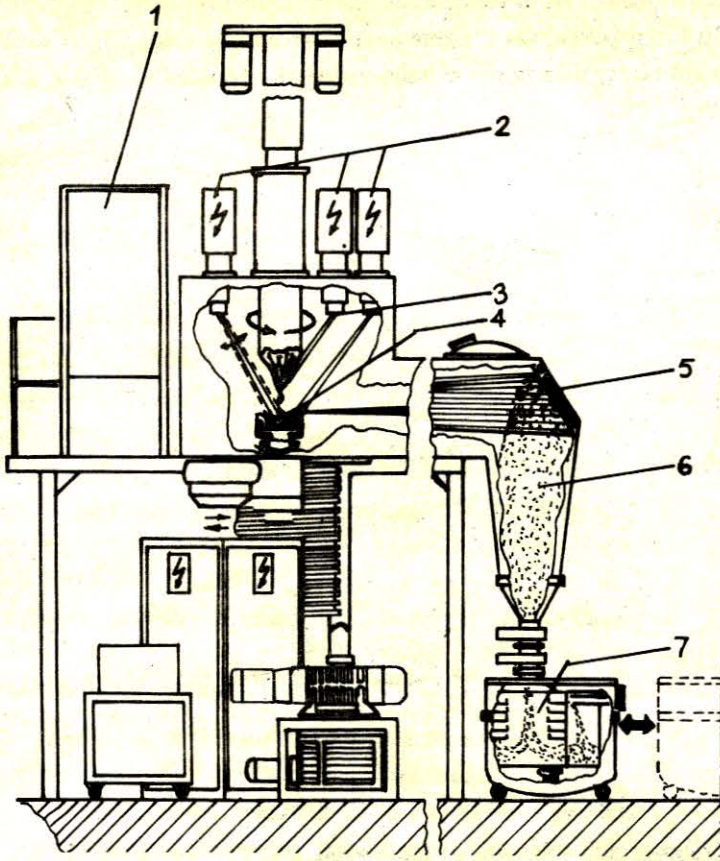
2.4.3. Santrifuj Atomizasyonu

Santrifuj kuvvetle metal jetinin parçalanması temel prensibine dayanır. Gaz ve su atomizasyonunda parçalayıcı akışkan, burada dönel disk veya kanatçıktır. Sıvı metal kaynağı çeşitlidir. Çeşitli yakıtlarla ergitilmiş sıvı metal, endüktif elektron ışınli ve diğer elektrik ertirme teknikleri ile ergitilmiş sıvı metaller kullanılabilir. Bu grupta atomizasyon uygulaması ikiye ayrılır:

a. Dönel Disk Atomizasyonu:

Sıvı metal çeşitli ertirme kaynakları ile elde edildikten sonra hızla dönen bir diskin üzerine boşaltılır. Boşaltma hızlı olabileceği gibi yavaş da olabilmektedir. Sıvı metal disk yüzeyinden hızla saçılır. Saçılma da disk dış cidarı ince aralıklarda engellere sahiptir. Oluşan ince metal hüzmeye diske teğet kuvvetin etkisi ile parçalanır zerrelere dönüşür. Elektron-ışınli ertirme kaynağı ile beslenen bir santrifuj atomizasyon uygulaması Şekil 4'de şematize edilmiştir.

Metal zerrecikleri soğutulan bir yüzeye çarptırılarak katılaştırılır ve dibe toplanır. Soğutma ortamına göre üretilen tozun şekli ve kalitesi değişebilir. Bu teknikle atomize edilen tozun tane büyüklüğü mikron



- 1- Kontrol Panosu
- 2- Elektron-ışını tabancaları
- 3- Ergitme hücresi
- 4- Dönel disk
- 5- Saçma ve dağıtma tablası
- 6- Toz malzemesi
- 7- Depolama

Şekil 4 – Santrifüj atomizasyon uygulanması

mertebesindedir. Hızlı katılaştırılan tozlar kürecikler halinde düşük hızda katılaştırılanlar deforme olmuş kürecikler halindedir.

b. Sıvı Bir Ortamda Santrifüj Atomizasyon:

Düşük ergime sıcaklığındaki metaller, sıvı yağların içinde yüksek devirde dönen kanatçıklarda parçalanabilirler. Henüz yeni geliştirilen bu yöntemle, bizmut, kurşun ve kalay tozları üretilmektedir. Sıvı yağ olarak yüksek buharlaşma sıcaklık vakum pompası yağları kullanılabilir. Dışarıdan indirekt ısıtılan bir kaba yağla beraber atomize edilecek metal yerleştirilir. Kap dışarıdan indirekt olarak ısıtılır ve metal ergitilir. Ergiyen metal kap içine yerleştirilen ve 10 000 dev/dak dönümlü elektrik motoru ile tahrik edilen bir kanat tarafından parçalanır. Parçalanmış metal zerreciklerinin yüzeyi yağla örtüldüğünden tekrar yapışma olmaz. Bu metodla beş mikron mertebesinde daha büyük metal tozları kürecikler halinde üretilebilir⁶.

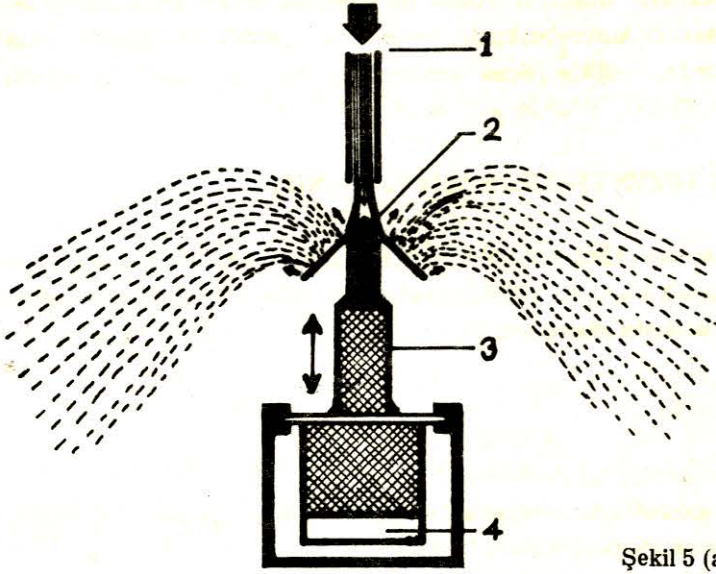
Toz üretiminde tane büyüklüğü; dönme hızına ve parçalama süresine bağlı değişir. Uzun sürede daha ince toz üretimi mümkündür. Soğuma, sıvı yağ yardımı ile olmaktadır. Soğuma hızının kontrolü oldukça zordur. Bu metodla oldukça saf tozların eldesi mümkündür.

2.4.4. Ultrasonik Atomizasyon

Son yıllarda toz üretim endüstrisine hızla girmiş bir üretim metodudur. Ulaşılan safiyet, tane dağılımı, tane inceliği ve alaşım kalitesi yönünden bilinen atomizasyon metodlarının en iyilerindedir. Hızla yayılan bu teknikle metal tozları amorf veya mikro kristalin olarak üretilebilmektedir.

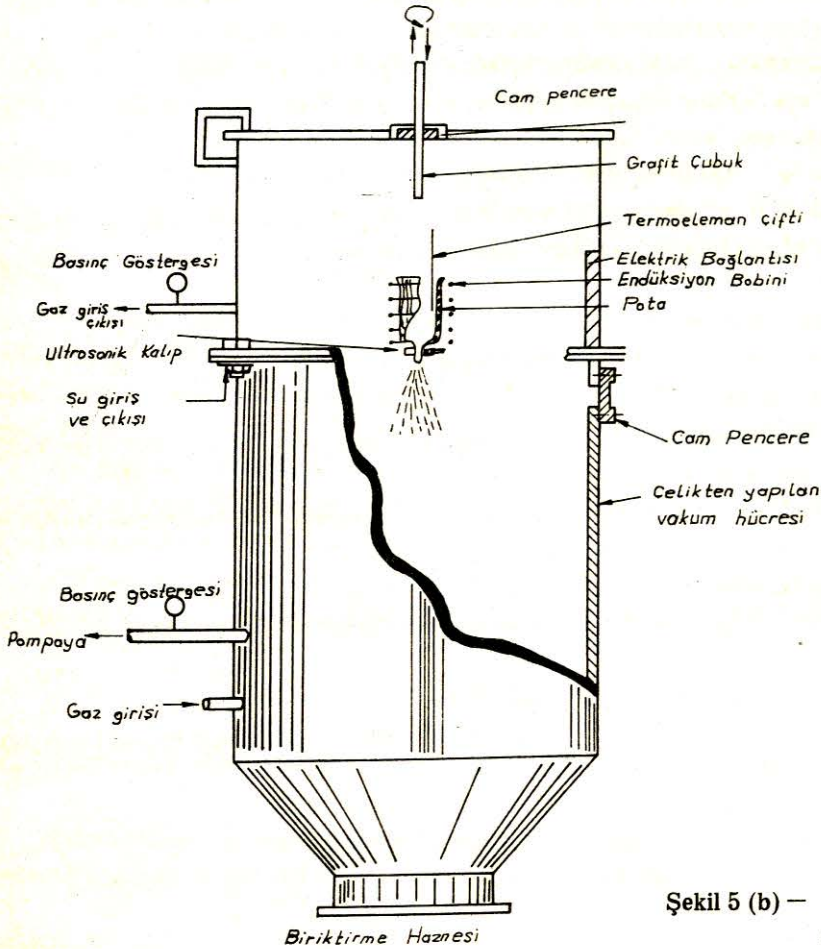
Bu metotta ince sıvı metal jeti, akış istikameti doğrultusunda belli eğimli çarpma yüzeyine sahip ultrasonik titreşimli bir yüzeye çarptırılır⁷. Ultrasonik frekansta titreşen konik yüzeyin akış istikametine dik git-gel hareketi ile ince zerrelili metal tozlar yüzeyi terkederek saçılırlar. Saçılma bölgesinin soğutulması

ile oluşan sıvı zerrecikler kürecikler şeklinde katılaştırılırlar. Metoden basitleştirilmiş mekanizması Şekil (5) de şematize edilmiştir.



- 1- Sıvı besleme
- 2- Rezonatör
- 3- Kademeli trafo
- 4- Piezo-Seramik

Şekil 5 (a) — Ultrasonik atomizasyonun şematik görüntüsü



Şekil 5 (b) — Ultrasonik atomizasyon reaktörü

Zerrelere ayrılan sıvı metalin düşük hızda saçılması atomizasyon reaktörünün daha kompakt boyutlarda yapılmasına imkan vermektedir. Koruyucu gaz örtüsü altında da çalışılabilmektedir. Her yönden avantajlı görünen bu metodun şimdilik tek dezavantajı vardır. Git-gel hareketini yapan titreşim konisinin mekanik mukavemetidir. Bu mukavemet sıcaklığın artması ile azalır. Bu itibarla düşük ergime sıcaklığına sahip metal tozlarının elde edilmesinde kullanılmaktadır. Metot halen 1000°C nin altındaki sıcaklıklarda ekonomik olarak kullanılabilir. Özellikle yüksek mukavemetli alüminyum tozları bu metotla ekonomik olarak üretilmektedir.

3. TOZUN TEMİZLENMESİ VE TASNİFİ

Toz; tane dağılımı, yapışık tanelerin belirlenmesi gibi amaçlar için elemeyi geçirilir. Eleme öncesi bünyeye karışmış gaz ve sıvılardan toz arındırılır. Elemeyi takiben tane büyüklüğüne ve türüne uygun olarak depolanır. Depolamada koruyucu önlemler alınmalıdır. Bazı tozlar havanın neminden etkilenerek niteliklerini kaybedebilirler.

4. SONUÇ

Atomizasyon yolu ile metal tozlarının üretiminde oluşabilir, tane boyutunun geniş aralıkta oluşu, metodun endüstride hızla yayılmasına yol açmıştır.

Gerek atomizasyon reaktörünün konstrüksiyonu, gerek işletilmesi son derece basit olup, üretimde parametre kontrolü kolayca yapılabilir.

Vakum ve koruyucu gaz uygulaması yapılabildiğinden toz kalitesi ve safiyeti çok yüksektir. Toz yüzeyi son derece muntazam ve küresel olduğundan atomize toz, toz metalurjisinde ısrarla aranmaktadır.

Bu metotla toz soğutma hızlandırılabilir olduğundan amorf ve mikrokristalin yüksek mukavemetli, üstün elektrik ve fiziksel özelliklerde tozların yapılması mümkün olmaktadır. Kapasite genişletme veya küçültme kolaylıkla yapılabilir.

Atomizasyon yolu ile hemen tüm metal ve alaşımların tozları üretilmektedir.

Gelecekte elektrolitik metot dışında tüm metodların yerini alacağı tahmin edilen metal atomizasyon metodu halen günümüzdeki elektrolitik metottan sonra kütle toz üretiminde kullanılan ikinci metot durumundadır.

KAYNAKLAR

1. Hirschhorn, J.S.; "Introduction to Powder Metallurgy"; Amernan Powder Metallurgy Institute: New York 1969.
2. Horward, A. Kuhn, Alan Laweley; "Powder Metallurgy Processing; New Technigues and Analysis". Academic Press, 1978.
3. Dombrowski, N., and Johns, W.R.; Chem. Eng. Sci, Vol. 18, S. 203, 1963.
4. Grandzol, R.J., and Tallmade, J.A.; Int. J. Powder Metallurgy and Powder Tech. Vol. 11, s. 103, 1975.
5. Rao, P.; Ph. D. Thesis, Drexel University, Philadelphia, 1973.
6. Apelian, D. Flemings, M.C. and Mehrabian, R.; "A New Process for Atomization of Metal Alloys". Journal of Material Science, Vol. 10, S. 460-468, 1975.