

Metal Tozu Üretiminde Yeni Bir Yöntem "Dondelark Yöntemi"

Necip Fazıl Yılmaz

Y. Doç. Dr.

Gaziantep Üniversitesi
Makina Mühendisliği Bölümü

Yusuf Fedai

Öğretim Görevlisi

Çukurova Üniversitesi
Osmaniye Meslek Yüksekokulu
Makine Programı,
OSMANİYE

Bu çalışmada, metal tozu elde etmek için temeli atomizasyon yöntemine dayanan yeni bir metot geliştirilmiştir. Tel elektrot, basınçlı hava ve döner diskten oluşan deney düzeneği, metal tozu tane büyüklüğünü etkileyen parametrelerin irdelenmesine imkan tanıyacak şekilde tasarlanmıştır. Bu deney düzeneğinde tel sürme mekanizması ile sürülen çelik teller, çubuk telin ucu ile döner diskin arasında meydana gelen ark sayesinde ergitilmektedir. Ark bölgesine tatbik edilen yüksek basınçlı hava yardımıyla da ergimiş metal atomize edilmektedir. Deneylerde 2mm, 2.5mm ve 3mm çaplarında çelik teller kullanılarak metal tozu elde edilmiştir.

Elde edilen metal tozları elek analizinden geçirilerek ortalama tane büyüklüğü (d_{50}) belirlenmiş ve sonuçlar tablolar halinde sunulmuştur. Bu çalışma neticesinde üretilen çelik tozlar için en ince ortalama toz tane büyüklüğü 111 μ m bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Atomizasyon, Metal Tozu, Elektrik Arki

GİRİŞ

Bu gün ülkemizde toz metalürjisi sanayiinde faaliyet gösteren 20'den fazla işletme bulunmakta ve bu sayı gün geçtikçe artmaktadır. Bu hızlı gelişmeye rağmen bu işletmeler halen kullandıkları tozun tamamına yakını yurt dışından ithal etmektedir.

Toz Metalürjisi üretim tekniği bütün dünyaya hızla yayılmaktadır. ABD'de, Japonya'da, Avrupa ve Avustralya'da Toz Metalürjisi üretimi sürekli olarak artmaktadır [1].

Toz metalürjisi, parça veya yarı mamul ürünlerin imali için kullanılan metal işleme yöntemlerinden birisidir [2]. Bazı metallerin ergime sıcaklıklarının yüksek olması ve bu sıcaklıklara ulaşamaması, bazı özelliklerin ancak toz metalürjisi ile sağlanabilmesi (kendinden yağlamalı yataklar gibi), süper alaşım ve sert metaller gibi önemli malzemelerin bu yöntem ile üretilmesi toz metalürjisini zorunlu kılan başlıca sebeplerdir [3].

Havacılık ve Savunma Sanayinde hafif ve daha dayanıklı malzemelere olan ihtiyaç Toz Metalürjisi ile üretilen metal matrisli kompozit malzemelere olan ilginin son yıllarda katlanarak artmasına sebep olmuştur [4]. Bugün imal edilen metal tozlarının %80'i atomizasyon yöntemi ile üretilmektedir. Eğer bir malzeme kolaylıkla ergitilebiliyorsa bu malzeme atomizasyon yöntemiyle de toz haline getirilebilir [11]. Atomizasyon yöntemi, iki akışkanlı (su ve gaz atomizasyonu), santrifuj, ultrasonik, vakum ve döner disk atomizasyonu olmak üzere beş gruba ayrılmaktadır [5]. Döner disk atomizasyonunda döner disk üzerine serbest olarak gelen sıvı metal, diskin hızlı bir şekilde dönerek santrifuj etkisi meydana getirmesiyle atomize olmaktadır. Bunun yanı sıra yine pek çok çalışmada [12-16] döner diskin konumu

ve soğutma yönteminde değişik uygulamalar yapılarak toz üretimi gerçekleştirilmektedir. Metal tozlarının üretiminin pahalı olması alternatif üretim yöntemlerini de beraberinde getirmektedir.

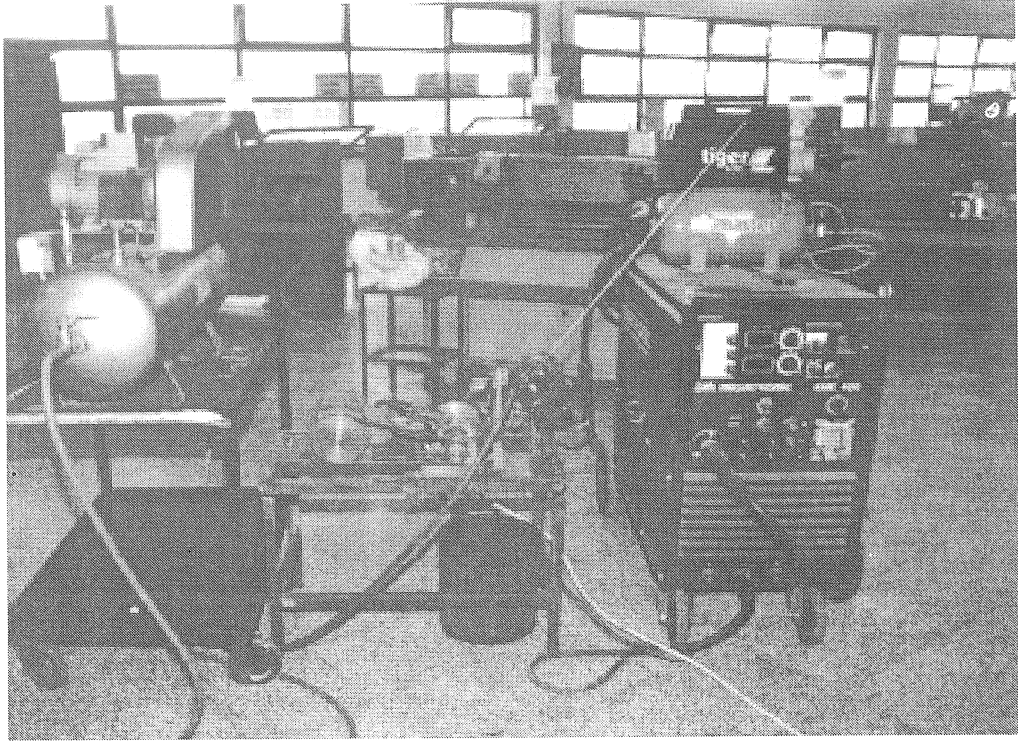
Bu çalışmada gaz atomizasyonu, döner disk atomizasyonu ve elektrik ark atomizasyonu yöntemleri tek bir mekanizmada birleştirilerek yeni bir metal tozu üretim tekniği geliştirilmeye çalışılmıştır. Deney düzeneğinin temeli, Doğan [6] ve Yılmaz [7,9] tarafından tasarlanıp geliştirilen elektrik ark atomizasyonu yöntemiyle metal tozu üretimine dayanmaktadır. Yapılan bu çalışmada, güç kaynağının farklı kutuplarına bağlanan çelik tel çubuk ile döner disk birbiriyle temas ettirilerek elektrik arkının meydana gelmesi sağlanmıştır. Ark esnasında ortaya çıkan yüksek sıcaklığın etkisiyle çubuk tel ergitilmekte ve bu ergiyik üzerine yüksek basınçlı hava püskürtülerek sıvı metal atomize edilmektedir. Atomize edilen damlacıkların katılaşması, içerisinde su bulunan bir kaptan toplanarak sağlanmıştır.

DENEY DÜZENEĞİ

Döner disk ve elektrik arki ile metal tozu üretiminde (DONDELARK yöntemi) kullanılan deney düzeneği altı ana kısımdan meydana gelmektedir. Bunlar:

- i) Doğru akım güç kaynağı
- ii) Voltaj ayarlayıcı (varyak)
- iii) Basınçlı hava
- iv) Tel sürme mekanizması
- v) Döner disk sistemi
- vi) Su kabı

Şekil 1'de deney düzeneğinin genel görünümü yer almaktadır.



Şekil 1. Deney Düzenekinin Genel Görünümü

Doğru Akım Güç Kaynağı

Deneylerde KME 400 tipi, MIG kaynağında kullanılan doğru akım kaynak makinası kullanılmıştır. Elektrik arkı uygulamalarında sabit voltajlı güç kaynakları kullanılması önerilmektedir [8]. Deneylerde kullanılan KME 400 tipi güç kaynağı hem doğru akımda çalışabilmekte, hem de sabit voltaj sağlayabildiğinden deney şartlarına tam uygunluk göstermiştir. Ayrıca, volt değerinin elle ayarlanabilmesi ve ark bölgesinde meydana gelen akım miktarının cihaz tarafından otomatik olarak ölçülerek dijital göstergede gösterilmesi, elde edilen sonuçların gerçekliği ve hassasiyeti açısından önem kazanmaktadır.

Voltaj Ayarlayıcı (Varyak)

Çubuk telin ilerleme ve diskin dönme hızları metal tozu tane büyüklüğüne etki etmektedir [9]. Kullanılan varyak, sisteme gelen voltajı istenilen oranda değiştirerek mekanizmada kullanılan çubuk tel ve döner diskin değişik ilerleme ve dönme hızlarında hareket etmesini sağlamaktadır.

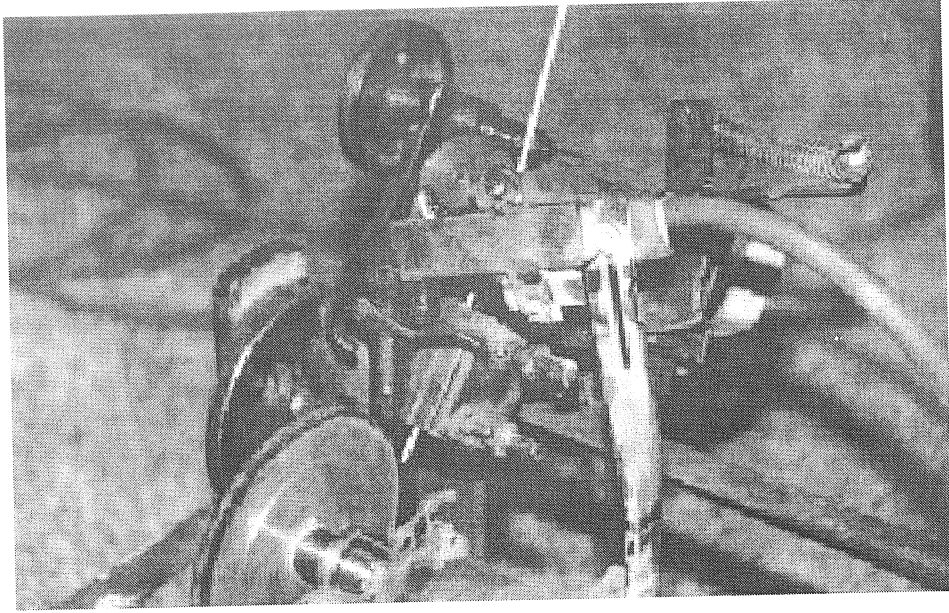
Basınçlı Hava

Deneylerde *Sarmak* marka havalı kompresör kullanılmıştır. Ark bölgesinin tam üzerine

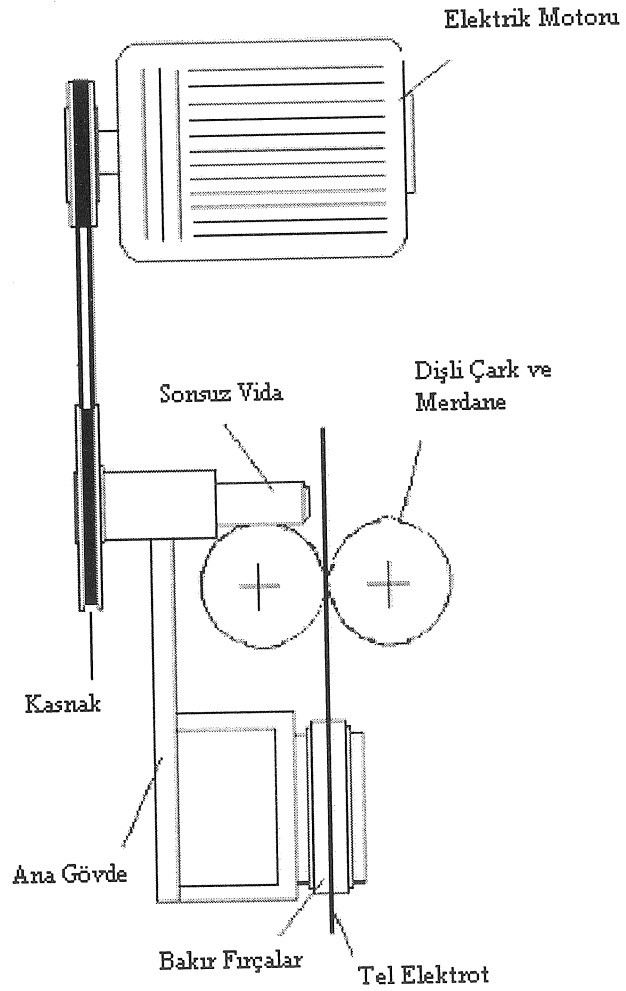
yerleştirilen hava tabancası ile deney şartlarında elde edilebilen maksimum 12 Bar basınçta hava püskürtülerek ergiyiğin atomize edilmesi sağlanmaktadır (Şekil 2).

Tel Sürme Mekanizması

Tel sürme mekanizması Şekil 3'te görüldüğü gibi, elektrik motoru, kayış kasnak, sonsuz vida ve çarkı ile bakır fırçalardan meydana gelmektedir. 1000 Watt gücündeki elektrik motorundan alınan hareket, bir kayış-kasnak yardımıyla sisteme aktarılmaktadır. Kasnağı üzerinde taşıyan milin uç kısmına açılan sonsuz vida ve çarkına bağlı merdaneler yardımıyla çubuk tel, doğrusal olarak sürülmektedir. Elektrik akımının çubuk tele iletilmesi için bakır fırçalar kullanılmıştır. Bakır fırçaların iç yüzeyinde bulunan V şeklindeki kanallar, değişik çaptaki tellerin buradan geçerken fırça ile tam temas etmesini sağlamaktadır. Elektrik iletiminin bakır fırçadan çubuk tele tam olarak iletilmesi için fırça iki adet yapılmıştır. Bu fırçalar üzerinde bulunan sıkıştırma yayı sayesinde fırçalar arasından geçen tele baskı uygulanmakta ve akım geçiş yüzeyi artırılmaktadır. Bakır fırçadan çıkan tel yaklaşık 10 mm sonra döner disk ile temas ederek ark oluşturmaktadır.



Şekil 2. Hava Tabancasının Sistemdeki Görünümü



Şekil 3. Tel Sürme mekanizması

Döner Disk Sistemi

Çubuk tel elektrot ile ark oluşturmak ve oluşan sıvı metali dikey yönde aşağı doğru savurmak amacıyla döner disk kullanılmaktadır. Şekil 4'te döner disk sisteminin üstten görünüşü verilmektedir. Deneylerde 150 mm çapında, 10 mm et kalınlığına sahip ve alın yüzeyi V şeklinde açılmış, 4200 dev/dak ile döndürülen çelik disk kullanılmıştır. Döner diskin üzerinde bulunduğu mil, dairesel fırçalar sayesinde çepeçevre sarılarak elektrik akımının diske tam olarak geçmesi sağlanmıştır. Pirinç malzeme ile ana gövdeye yataklanan milin dönmesi yine ayrı bir kayış kasnak sistemi sayesinde gerçekleşmektedir. 1000 Watt gücündeki elektrik motoru, değişik çaplarda kasnak kullanarak farklı devirlerdeki hareketi mile iletilebilmektedir.

Deneyler sırasında meydana gelen yüksek sıcaklığın etkisiyle, çelik tel çubuğun döner disk üzerinde ergimesi, diske sarılması ve yapışması gibi olumsuzlukları önlemek için, çelik diskin alın yüzeyine yaklaşık 10 µm kalınlığında krom kaplama yapılmıştır.

Su Kabı

Döner disk ve basınçlı hava yardımıyla atomize edilen metal tozları, hızlı soğutma için içi su dolu kaptan toplanmaktadır. Tozların havada kalma süresinin az olması ve su ile temasının çok kısa sürede sağlanması katılaştırmanın çabuk

gerçekleşmesine ve uçuş sırasında tozların birbirine yapışarak tane büyüklüğünün artmamasına yardımcı olmaktadır.

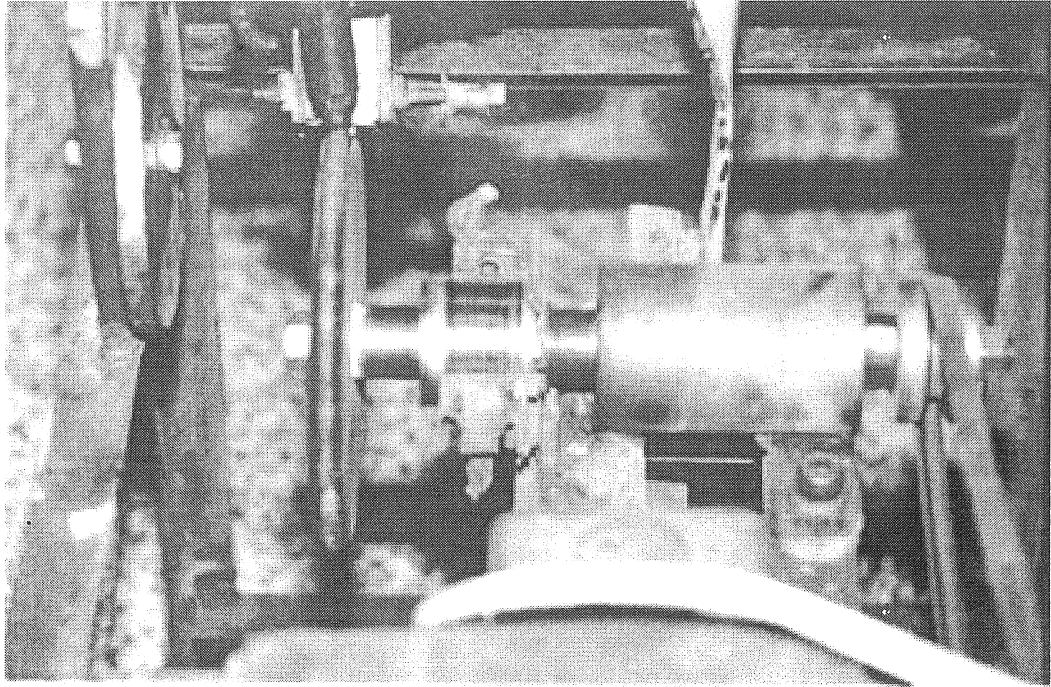
DENEY DÜZENİĞİNİN ÇALIŞMASI

DONDELARK yöntemiyle metal tozu üretiminde metal tozu tane büyüklüğüne etki eden faktörleri incelemek için deney düzeneği şu parametreleri kontrol edecek şekilde düzenlenmiştir:

- i) Çubuk tel çapı
- ii) Çubuk tel sürme hızı
- iii) Voltaj değeri
- iv) Çubuk tel açısı
- v) Döner disk
- vi) Hava basıncı

Tel çapının metal tozu tane boyutuna etkisini görebilmek amacıyla 2, 2.5, 3mm çapında ve 100 cm boyunda çelik tel çubuklar kullanılmıştır. Çubukların düzgün ve oksitlenmemiş olması arkin kararlılığı açısından önem taşımaktadır.

Değişik hava basınçlarında ön deneyler yapılmış ve bu deneylerde hava basıncının artmasıyla metal tozu tane boyutunun küçüldüğü görülmüştür. Bu nedenle deney şartlarında elde edilebilen maksimum basınç olan 12 Bar'da basınç sabit tutulmaya çalışılmıştır. Hava basıncının deney sırasında değişiklik göstermesi, üretilen tozun tane boyutuna olumsuz yönde etki etmektedir.



Şekil 4. Döner Disk

Elektrik arkının oluşabilmesi için çubuk tel ve döner disk, güç kaynağının anot ve katot kutuplarına bağlanmıştır. Akımın kayıpsız olarak elektrotlara iletilmesi için, diske ve çubuk tele akım veren fırçaların temas yüzeyleri geniş tutulmuştur. Deneylerde çubuk tel ve döner disk değişik kutuplara bağlanarak sonuçlar gözlemlenmiştir. Ark sırasında elektronlar katottan anoda doğru hareket ettiğinden anodun daha çok ısınmasına, bu da anotta katoda göre daha fazla ergimenin meydana gelmesine neden olmaktadır [10].

Kullanılan güç kaynağının voltaj değeri 0-50 Volt arasında elle ayarlanabilmektedir. Deneylerde ark voltajı olarak 20-45 Volt arasında değişik gerilimler uygulanmıştır. Deney sonuçlarından en uygun gerilimin 25-35 Volt arasında olduğu gözlemlenmiştir. Akım şiddetinin ise tel çapına göre değiştiği görülmüştür. Akım şiddeti, 2mm tel için 100-150 Amper, 2.5mm tel için 130-180 Amper ve 3mm tel için 130-280 Amper aralığında gerçekleşmiştir.

Çubuk tellerin, ark bölgesine doğru sürülürken tel sürme mekanizmasının döndürülebilmesi sayesinde, değişik açılarda eritilebilmesine imkan tanınmıştır. Böylelikle ark bölgesine sürülen telin hangi açıda en iyi sonuçlar verdiği tespit edilebilmiştir.

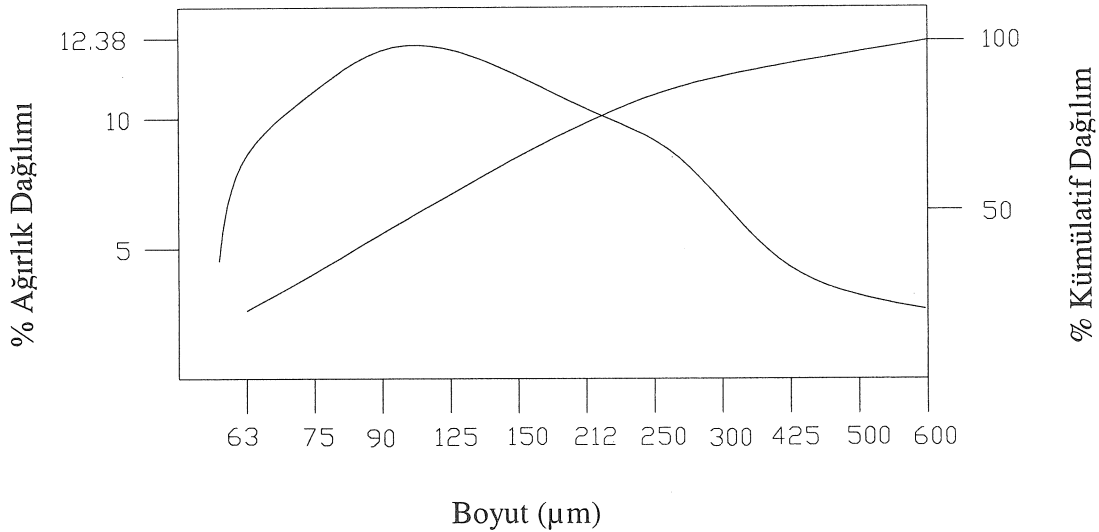
Su içerisinde toplanan metal tozları kurutularak elenmiş ve her bir elekte toplanan metal tozları ayrı ayrı tartılarak ortalama tane boyutu ve

ağırlık frekans dağılımı bulunmuştur. Üretilen metal tozunun kümülatif yüzde dağılımını bulmak için elek analizi yapılmıştır. Kullanılan elekler; 63, 75, 90, 125, 212, 250, 300, 425, 500 ve 600 μm delik boyutundadır. Her bir deney için yaklaşık 50 gramlık numuneler kullanılmıştır. Elenen metal tozları hassasiyeti 0,01 gr. olan dijital bir teraziyle tartılmıştır. Her bir elekte kalan metal tozunun toplam ağırlığa bölünmesiyle, elekte toplanan metal tozunun yüzde oranı bulunmuştur.

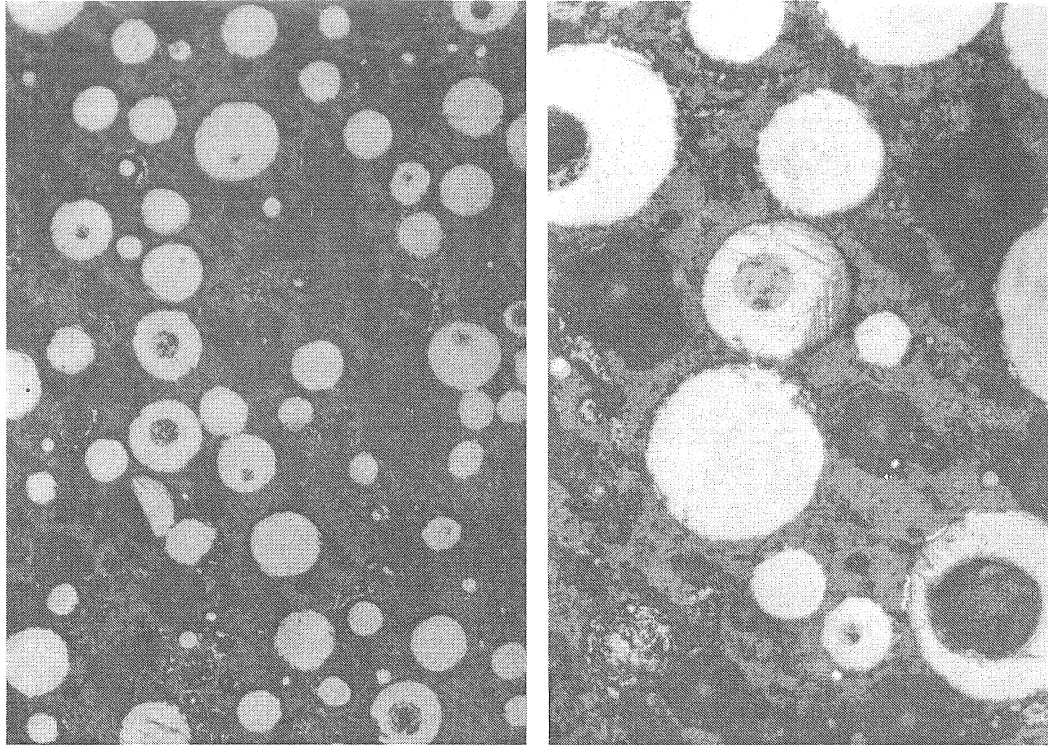
Deneyler, çubuk telin çapına ve açısına göre gruplandırılmıştır. En ince ortalama toz tane boyutunun elde edildiği 52 derecelik açıda 2 mm'lik çelik tel çubuğa ait olan % kümülatif dağılımı ve % ağırlık dağılımı Şekil 5'te verilmiştir. Grafikte sol Y ekseninde % 50'ye karşılık gelen X eksenindeki değer, ortalama tane boyutunu (d_{50}) vermektedir.

Metal tozları yapıştırıcı malzemeler kullanılarak bakalite alınmıştır. Hazırlanan numunelerin zımpara ve parlatma işlemlerinden sonra optik mikroskopla fotoğrafları çekilmiştir. Şekil 6'da 150 ve 300 defa büyütülerek çekilmiş metal tozları görülmektedir.

Bu çalışmada yaklaşık 200 kadar deney yapılmış, ancak bunların içerisinde sadece 2mm, 2.5mm. ve 3mm'lik çelik çubuk teller için elde edilen en iyi değerler sırasıyla Tablo 1, Tablo 2 ve Tablo 3'te sunulmuştur.



Şekil 5. Toz Dağılım Grafiği



(a)

(b)

Şekil 6. Üretilen Metal Tozlarının Mikroskopik Görüntüleri
a) X150

Tablo 1. Çelik Çubuk 2mm

Açı	Voltaj	Akım (A)	Elektrot.hızı (cm/dk)	Ort. Tane Boyutu μm
45°	30	100-130	260	151
52°	28	100-110	310	111
60°	28	120-150	280	148

Tablo 2. Çelik Çubuk 2.5mm

Açı	Voltaj	Akım (A)	Elektrot.hızı (cm/dk)	Ort. Tane Boyutu μm
45°	35	140-180	245	175
52°	28	130-150	280	158
60°	29	140-170	285	161

Tablo 3. Çelik Çubuk 3mm

Açı	Voltaj	Akım (A)	Elektrot.hızı (cm/dk)	Ort. Tane Boyutu µm
45°	30	240-260	225	170
52°	27	130-250	270	163
60°	28	265-280	250	165

TARTIŞMA

Deneylerde başlıca ark gerilimi, tel çubuk ilerleme hızı, ark voltajı, döner disk, tel çubuk çapı ve atomizasyon açısı gibi parametreleri göz önünde bulundurulmuştur. Bu parametreler değiştirilerek, bunların metal tozu tane büyüklüğü üzerine olan etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

Yapılan deneylerde döner diskin (-) kutba bağlanması durumunda daha iyi sonuçların elde edildiği görüldüğünden çalışmalar bu yönde yoğunlaşmıştır. Döner diskin (-), çubuk telin (+) kutba bağlanması durumunda ortalama toz tane boyutunun küçüldüğü görülmüştür. Ayrıca döner diskin dönme devrinin artması da toz tane boyutunun küçülmesi yönünde olumlu katkı yaptığında, çalışma şartlarında elde edilebilen maksimum devirde disk döndürülerek deneyler yapılmıştır.

Deneylerde, ark oluşumu sırasında akımının değişken olduğu gözlemlenmiştir. Zaman zaman ark kesilmelerinin meydana gelmesi, tel çubuğun arkın olduğu diskten ayrılması, tel çubuğun diske yapışması ve arkta kararlılığın sağlanamaması deneyde karşılaşılan zorluklar olarak tespit edilmiştir. Bu sorunların oluşmasında; kullanılan elektrotların üzerindeki oksit tabakası, ark bölgesindeki akımının gerekenden düşük olması, voltaj değerinin iyi ayarlanamaması, disk üzerine yapışan cüruf tabakası, çelik tel elektrotun ilerleme hızı gibi etkenler sayılabilir.

Metal tozu tane büyüklüğüne etki eden parametrelerden birisi olan çubuk telin ilerleme hızı çeşitli hızlarda değiştirilerek sonuçlara etkisi araştırılmıştır. İlerleme hızı özellikle elektrot çapı ve uygulanan akımla değişiklik göstermektedir. Elektrot çapı arttıkça, ilerleme hızının azalması gerektiği görülmüştür. İlerleme hızının en önemli özelliklerinden birisi de ark boyuna olan etkisidir. İlerleme hızı azaldığında ark boyu artmakta ve uygulanan akımın değeri azalmaktadır.

Ark esnasında gereken akım miktarı, güç kaynağı tarafından otomatik olarak ayarlanmakta ve

meydana gelen akımın değeri dijital bir göstergeden okunabilmektedir. Yapılan bütün deneyler göz önüne alındığında akım şiddetinin 20 ile 410 Amper arasında değiştiği görülmüştür. Her deneyde akım tek bir değerde sabit kalmamış ve değişiklik göstermiştir.

Mikroskopik incelemelerde çelik tozlarının küresel bir yapıya sahip olduğu ve bazı toz parçacıklarının içi boş bir görüntü arzettiği görülmüştür. Bu durumun ergiyik metal üzerine uygulanan basınçlı havadan kaynaklandığı düşünülmektedir.

SONUÇ

Bu çalışmada, yeni bir metal tozu üretim yöntemi denenerek gaz atomizasyonu, döner disk atomizasyonu ve elektrik ark atomizasyon yöntemlerini tek bir mekanizmada birleştirilmiştir. Bu çalışma ile, metal eritme potasına olan ihtiyaç ortadan kaldırılarak toz üretiminin daha ekonomik olması sağlanmıştır. Elektrik arkı ile metal tozu üretiminde sadece basınçlı hava yardımı ile ergiyik atomize edilirken, bu sistemde döner diskin de kullanılması ergiyiğin daha iyi atomize edilmesini sağlamıştır.

Yapılan bu çalışmadan ortaya şu sonuçlar çıkmıştır:

- 1) Elde edilen en ince ortalama toz tane büyüklüğü, 2mm çelik telde 111 µm olarak bulunmuştur.
- 2) Metal tozu tane büyüklüğüne etki eden parametreler düzenekte kolaylıkla değiştirilebilmektedir.
- 3) Elektrot çapının küçülmesi, hava basıncının artması ve döner diskin hızının artırılması metal tozunun tane boyutunu küçültmektedir.
- 4) Tel sürme hızının artması veya tel çapının büyümesi akım şiddetini artırmaktadır.
- 5) Elektrot açısı olarak; 45 dereceden küçük ve 60 dereceden büyük açılarda sağlıklı sonuçlar elde edilememiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Araştırma Fonu (OMYO-2000.1 kodlu proje) ile desteklenmiştir. Bu çalışmanın yapılabilmesi için gerekli her türlü kolaylığı sağlayan Sn. Prof. Dr. Kazım Tülücü'ye teşekkür ederiz.

A NEW METHOD IN METAL POWDER PRODUCTION

In this study, a new metal powder production method has been constructed based on atomisation technique. The experimental set-up which is composed of wire electrode, compressed air and rotating disc, is designed to control factors that affect the metal powder size. Steel wire, which is fed by feeding mechanism, are melted by an arc initiated between the wire and rotating disc. Molten metal is atomised by compressed air and rotating disc. In the present work, 2 mm, 2.5 mm and 3 mm diameter steel wires were used. Metal powders were sieved and mean powder size (d_{50}) was determined. The best mean powder size for this study is 111 μm .

Keywords: Atomisation, Metal Powder, Electric Arc

KAYNAKÇA

1. Uygur, M. E., Toz Metalurjisi Ekonomik Bir Üretim Tekniği, 1. Ulusal Toz Metalurjisi Konferansı, 1996, Ankara, 477-484.
2. Lawley, A., Atomization, The Production of Metal Powder, MPIF, Princeton, 1992.
3. Turan, H., Sarıtaş, S., Gaz Atomizasyonu ile Metal Tozu Üretimi, 6. Uluslararası Makine Tasarım ve İmalat Kongresi, 1994, ODTÜ, Ankara, 61-73.
4. Türker, M., Özdemir, T., Ögel, B., Yavuz, A., Al-SiC Tozlarının Mekanik Alaşımlama Değirmeninde Öğütme Zamanının Kompozit Toz Yapısına Etkisinin Araştırılması, Second National Powder Metallurgy Conference with International Participation, 1999, Ankara, 425-431.
5. German, R. M., Powder Metallurgy Science, Princeton, 1984.
6. Doğan, C., Elektrik Ark Yöntemi İle Metal Tozu İmalatı, 6. Uluslararası Makine Tasarım ve İmalat Kongresi, 1994, Ankara, 51-60.
7. Doğan, C., Yılmaz, N. F., Sarıtaş S., Investigation of the Factors Affecting Metal Powder Production by Electric Arc Atomisation, Powder Metallurgy World Congress, 1998, Granada, Spain, 135-140.
8. Fedai, Y., Metal Tozu Üretiminde Yeni Bir Yöntem, Y. Lisans Tezi, Afyon, 2000
9. Yılmaz, N. F., Production of Metal Powder by Gas Atomisation, Y. Lisans Tezi, Gaziantep, 1996
10. Gültekin, N., Kaynak Tekniği, YTÜ Yayınları, İstanbul, 1985
11. ASM, Metals Handbook, 9th Ed. Vol 7, Powder Metallurgy, OHIO, USA, 1984.
12. Sheichaliev, Sh.M., Production of Amorphous Metal Powders by Centrifugally Hydraulic Atomisation of Melt, Second National Powder Metallurgy Conference with International Participation, 1999, Ankara, 101-107. Lawley, A., Atomization, The Production of Metal Powder, MPIF, Princeton, 1992.
13. Doğan, C., Sarıtaş, S. Döner Disk Atomizasyon Yöntemiyle Kurşun Tozu Üretimi, 4. Ulusal Makine Tasarım ve İmalat Kongresi, 1990, Ankara.
14. Doğan, C., Sarıtaş, S. Metal Powder Production by Centrifugal Atomization, Int. Journal of Powder Metallurgy, V.30, 4, 1994, 419-427
15. Patterson, R.J., Rotating Disk Atomization, Metals Handbook, 9th Ed., Vol. 7, USA
16. Öztürk, S., Arslan F., Su Soğutmalı disk atomizasyonu yöntemiyle Hızlı Katılaştırılmış Metal Tozu Üretiminin İncelenmesi, Second National Powder Metallurgy Conference with International Participation, 1999, Ankara, 409-416.