Gas atomization unit design and manufacturing for metal powder production

Mehmet Akkaş[1], Tayfun Çetin[2], Atakan Oğuz Ocak[3], Mustafa Boz[4]

Cide Rıfat Ilgaz Vocational High School, Kastamonu University, Kastamonu, Turkey[1]
[1]mehmetakkas@kastamonu.edu.tr

Manufacturing Engineering Department, Technology Faculty, Karabuk University, Karabuk, Turkey[2-4]

[2]tayfuncetin@outlook.com, [3]aoocak@karabuk.edu.tr, [4]mboz@karabuk.edu.tr

Abstract

In this study, which have been made the design and manufacture of the gas atomization unit. The Gas Atomization Unit consists of seven basic sections. These sections can be indentified as; Melting furnace, Atomization tower, Nozzle, Powder collecting division, Cyclone and Gas pressure ramp and control board. The melting furnace is designed to be capable of operating at temperatures up to approximately 1200 ^{o}C. With the aim of prevent the oxidation of molten metal and produced powder, from the sides the of the melting furnace and from tower Argon gas is continuously being sprayed. The melting process is carried out in graphite or stainless steel melting pot according to the chemical composition of the material. A graphite stopper is used to control the flow of molten metal in the ladle. The temperature control of the molten metal is done by way of two thermocouples, which are immersed in the ladle and located outside the ladle. The atomization tower is manufactured from stainless steel with dimensions which will produced powders not collide the wall of the atomisation tower. The powders are gathered in the powder collection section at the bottom of the atomization tower. Two cyclones were designed to decrease the gas pressure in the atomisation tower and to separate the fine powders. Along the way the atomization process, three argon tubes are appended to the gas ramp so that it does not fluctuate and the gas pressure does not change. For powder production, supersonic and closely matched nozzle are used. The nozzle is located on a nozzle holder device in the furnace. Al and Mg alloy powders were produced first with the gas atomization unit manufactured and designed. It was ascertained that the powders produced were between 0,1 microns and 750 micron and size of the 90 percent of the produced powders were below 100 microns. Besides it was observed that size of powders was decreased depending on the increase of the gas pressure and changed their shapes from ligament to spheroidal.

Keywords: Gas atomization, Design and manufacturing, Powder production

1. TOZ METALURJİSİ

Metal imalat yöntemleri arasında yer alan toz metalurjisi oldukça yaygın kullanım alanına sahip olan bir yöntemdir. Bu yaygın kullanımın nedeni imalat kalitesinin yüksek olması ve ekonomik olarak çok karmaşık parçaların imalatının yapılmasının mümkün olmasından kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla bu tür bir yöntem ile çeşitli malzemelerin üretimi zamanla artmakta ve geleneksel metal işleme yöntemlerinin yerini almaktadır.

Toz metalurjisi üretim yöntemi; metal ve metal olmayan tozların üretimi ve üretilen bu tozların harmanlanıp karıştırıldıktan sonra istenen geometriyi alacak şekilde bir kalıbın içinde preslenip daha sonrada sinterleme işlemi uygulanarak yapılan bir imalat yöntemidir. Bu yöntem toz üretimi, üretilen tozların karıştırılması, tozların preslenmesi ve sinterlenmesi olmak üzere belirli aşamalardan oluşur [1,2]. 1 mm'den daha küçük boyuta sahip oldukça ince karakteristikte katı parçacıklar toz olarak nitelendirilebilir [3]. Tozlar genellikle metaliktir. Bir tozun en önemli özelliği hacminin yüzey alanına göre düşük olmasıdır [4,5].

Toz metalürjisinde metalik tozların üretim yöntemlerini bilmek, imal edilen toz ve imalatı yapılacak olan malzeme için son derece önemlidir. Tozların imalatında kimyasal bileşimi ve saflığı ne kadar önemliyse parçacık boyutu, parçacık boyut dağılımı, parçacık şekli ve tozların yapıları da o kadar önemlidir [6].

Metal tozlarının üretimi dört temel yöntemle yapılır. Bunlar;

1. Mekanik yöntemler
2. Atomizasyon yöntemleri
3. Kimyasal yöntemler
4. Elektroliz yöntemi [7].

Genel olarak eritilebilen her malzeme toz haline getirilebilir. Ancak üretim maliyeti bakımından en verimli yöntemin atomizasyon olmasından dolayı metal veya metaldışı tozların %65'inden fazlası atomizasyon yöntemi ile üretilir. Atomizasyon eritilmiş metalin düşey veya yatay bir şekilde akıtılırken, gaz veya su püskürtülerek toz haline getirilmesi işlemidir [8].

Kimyasal yöntemle metalik toz üretimi, metalin elementel olarak toz haline indirgenmesi işlemidir. Elektroliz yöntemi ise, elektrik akımını kullanarak metalin çözülmesini sağlamak ve bu sayede toz haline gelmesi işlemidir. Elektrik aracılığıyla tozlar anottan katoda taşınır ve ince

SAMPLE

bir film üzerine yapıştırılır. Bu film üzerine yapışan tozlar kurutularak arzu edilen tozlar imal edilmiş olur [6].

2. ATOMİZASYON İŞLEMLERİ

Atomizasyon tekniğinde genel olarak ergitilebilen her türlü metal toz haline getirilebilir. Bu teknik; bir ergiyiğin farklı boyutlarda çok küçük damlacıklara ayrılması işlemidir. Sıvı metalin azot, argon veya helyum gibi yüksek hızlı bir gaz ile parçalanmasıyla oluşan damlacıkların ani ve aşırı bir şekilde soğuması ile katılaşarak toz haline gelme işlemine atomizasyon denir. En yaygın olarak kullanılan atomizasyon yöntemleri; su, gaz, santrifüj (döner disk), döner elektrot ve vakum atomizasyon yöntemidir. Toz üretiminde atomizasyon yönteminden önce tozların şekil ve biçiminin kontrol edilebilmesine imkân yoktu. Bu yöntemin en önemli özelliği tozların şeklinin ve biçiminin kontrol edilebilmesidir. Yüksek kapasitede ve ucuz toz üretmek için genellikle su veya gaz atomizasyon yöntemi tercih edilmektedir.

3. GAZ ATOMİZASYON ÜNİTESİ

Atomizasyon çalışmaları, Karabük Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümünde tasarımını ve imalatını yapılan Gaz Atomizasyon Ünitesi'nde gerçekleştirilmiştir. Şekil 1'de görülen Gaz Atomizasyon Ünitesi yedi temel bölümden oluşmaktadır. Bunlar;

1. Ergitme fırını,
2. Atomizasyon kulesi,
3. Nozul ve nozul tutucu,
4. Toz toplama ünitesi,
5. Gaz basınç rampası,
6. Siklonlar,
7. Kontrol paneli, olarak ifade edilebilir.

SAMPLE



Şekil 1. Gaz atomizasyon ünitesi

3.1. Ergitme Fırını

Ergitme fırını yaklaşık olarak 1200 °C' ye kadar çıkabilecek şekilde imal edilmiştir. Ergitme fırınının iç kısmının görüntüsü Şekil 2'de verilmiştir. Ergitme esnasında, atomizasyon gerçekleştirme anında ve sonrasında oksidasyon oluşmaması için koruyucu gaz ortamı oluşturmak için ergitme fırınının yan kısımlarına gaz giriş ve çıkış birimleri konulmuştur. Ergitme işlemi ergitilecek malzemenin kimyasal bileşimine bağlı olarak fırın içerisinde bulunan grafit veya paslanmaz çelik potadan yapılmıştır (Şekil 3). Pota içerisinde ergitilmiş metalin akışını kontrol edebilmek için sonsuz vidalı grafit tıpa kullanılmıştır. Ergitilmiş metalin sıcaklığı, grafit pota içerisine daldırılan ve pota dışında bulunan 2 adet termokupl aracılığıyla yapılmıştır.



Şekil 2. Ergitme fırınının iç kısmının görüntüsü.



Şekil 3. Paslanmaz çelik pota.

3.2. Atomizasyon Kulesi

Atomizasyon kulesi, tozların atomizasyonu esnasında kulenin duvarına çarpmayacak şekilde paslanmaz çelikten imal edilmiştir (Şekil 4). Üretilen tozlar atomizasyon kulesinin en alt bölümünde bulunan toz toplama ünitesinde toplanmaktadır. Kullanılan gazın atomizasyon kulesinden tahliyesi ve ince tozların tutulması için birbirine paralel bağlı iki adet siklon tasarlanmıştır.

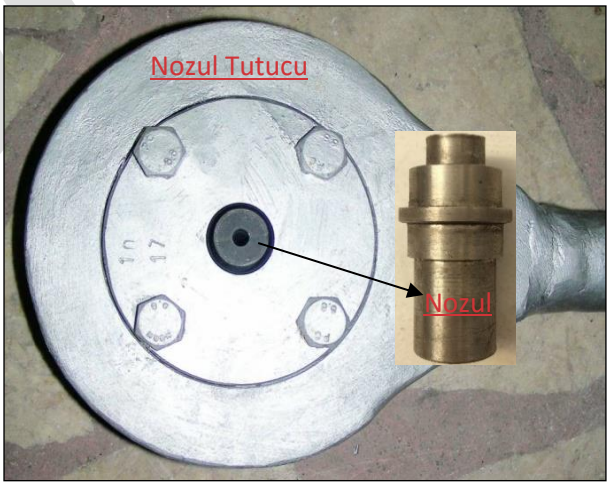
SAMPLE



Şekil 4. Atomizasyon kulesi

3.3. Nozul ve Nozul Tutucu

Sıvı metali atomize edebilmek için yakından eşlemeli ve dairesel yarıklı süpersonik geometrili 4 farklı çapta uca sahip, yakından eşlemeli bir nozul ~~tutucu~~ sistemi kullanılmıştır. Nozul ~~ise~~, fırın içerisinde bulunan nozul tutucu üzerine yerleştirilmiştir. Atomizasyon işleminde kullanılan ve Şekil 5'te gösterilen ~~nozulun~~ nozul ve nozul tutucu 310 S paslanmaz çelikten imal edilmiştir~~görüntüleri Şekil 5'te verilmiştir~~. Nozul uçları 2, 3, 4 ve 5mm olarak imal edilmiştir. Yakından eşlemeli sistemlerde nozul'un ısıtılması büyük önem taşımaktadır. Nozul sisteminin ergitme ünitesinin dışında olması durumunda nozul'un ucundaki sıcaklık düşecek ve sıvı metal debisinin düşmesine neden olacaktır. Bu sebeple, bu çalışmada kullanılan nozul sistemi ergitme fırınının içine yerleştirilerek akış borusu ucundaki katılaşmanın önüne geçilmiştir.





SAMPLE

Şekil 5. Nozul ~~a) Önden görünüşü b)Üstten görünüşü~~sistemi

3.4. Toz Toplama Bölmesi

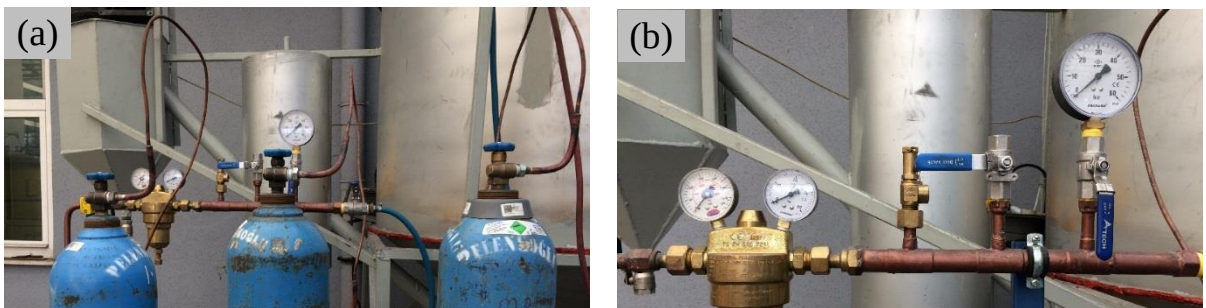
Üretilen tozlar, atomizasyon kulesinin en alt bölümünde bulunan toz toplama ünitesinde ve birbirine paralel bağlı iki adet siklonun alt kısımlarında toplanmaktadır (Şekil 6). Toz toplama ünitesi ve siklonlar paslanmaz çelikten imal edilmiştir. Yapılan her deney sonrasında atomizasyon ünitesinin iç kısımları ve siklonlar temizlenmiştir. Üretilen tozlar, oksitlenmeye karşı korumak amacıyla desikatör içerisinde muhafaza edilmiştir.



Şekil 6. Toz toplama bölmesi

3.5. Gaz Basınç Rampası

Atomizasyon işlemi sırasında tüpün basıncının azalarak gaz basıncının düştüğü anda gaz basıncının değişmemesi ve dalgalanma yapmaması için 3 adet argon tüpü gaz rampasına bağlanarak kullanılmıştır. Atomizasyon işleminde kullanılan gaz basınç rampası ve manometre Şekil 7'de verilmiştir.



SAMPLE

Şekil 7. a) Gaz basınç rampası b) Manometre

3.6. Siklonlar

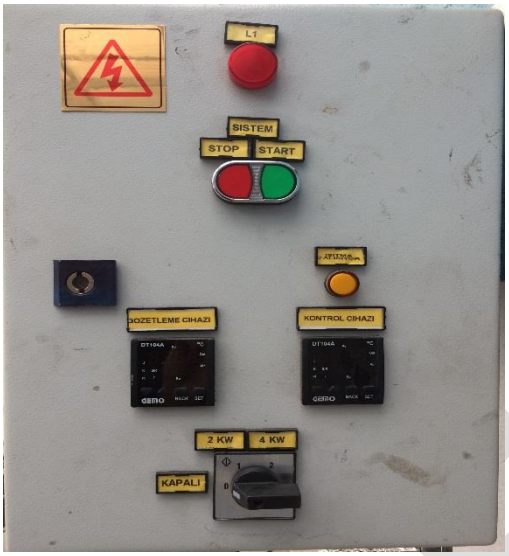
Kullanılan gazın atomizasyon kulesinden tahliyesi ve ince tozların tutulması için birbirine ~~paralel~~ seri bağlı iki adet siklon kullanılmıştır. Siklonların görüntüsü Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 8. Siklonlar

3.7.Kontrol Paneli

Kontrol paneli üzerine yerleştirilen göstergeler sayesinde atomizasyon işlem değişkenlerinden, sıcaklık kontrolü yapılmaktadır. Kontrol panelinden alınan görüntü Şekil 9'de verilmiştir.

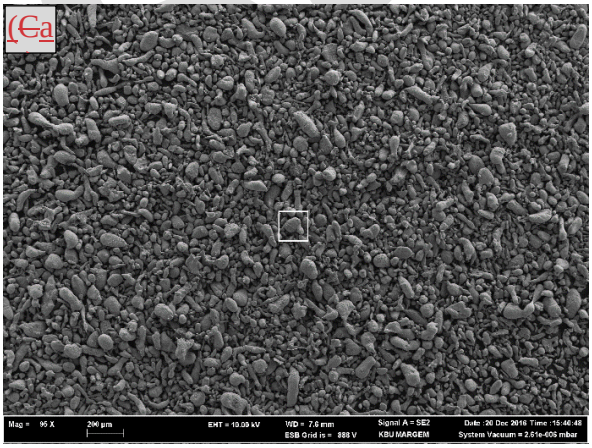


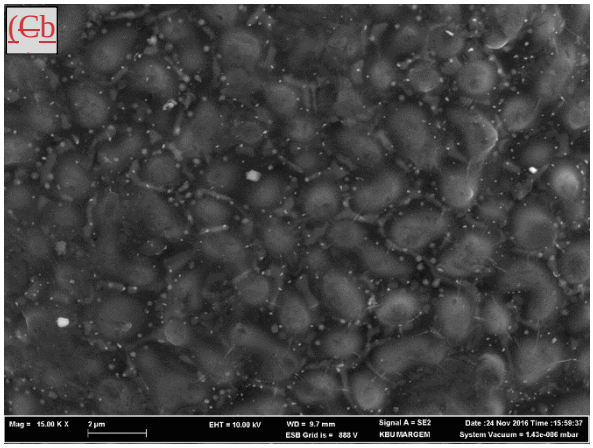
Şekil 9. Kontrol paneli

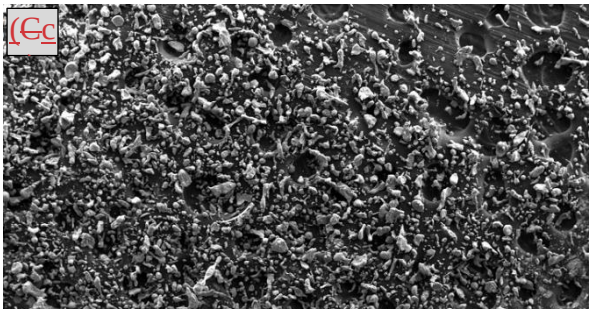
SAMPLE

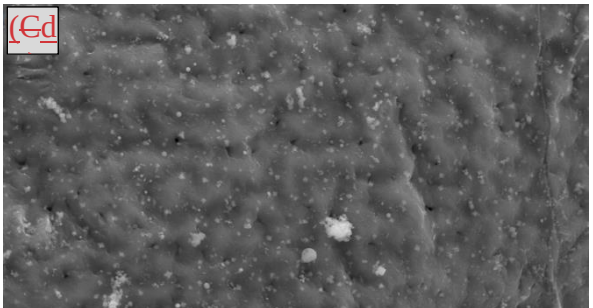
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

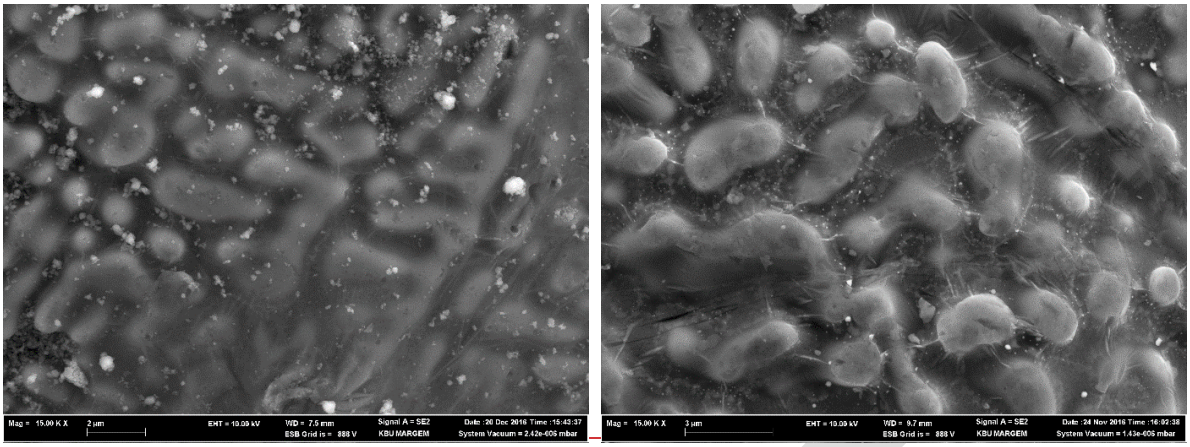
Tasarımı ve imalatı yapılan gaz atomizasyon ünitesinde ilk olarak farklı nozul çaplarında ve farklı gaz basınçlarında $Al_{12}Si$ tozu üretilmiştir. Daha sonra magnezyum alaşımlarından AZ91, AM60 ve AZ31 alaşımlarının toz üretimi gerçekleştirilmiştir. Şekil 10. a ve b' de, 2 mm nozul çapı ve 30 bar gaz basıncında ~~Üretilen~~ üretilen $Al_{12}Si$ tozlarının ~~100 ve 15000 büyütme ile alınan SEM görüntüleri~~ c, d ve e'de ise; 2 mm nozul çapı ve 35 bar gaz basıncında AZ91 alaşım tozu SEM görüntüleri ~~Şekil 10'da verilmiştir~~görülmektedir. ~~Daha sonra magnezyum alaşımlarından AZ91, AM60 ve AZ31 alaşımlarının toz üretimi gerçekleştirilmiştir.~~



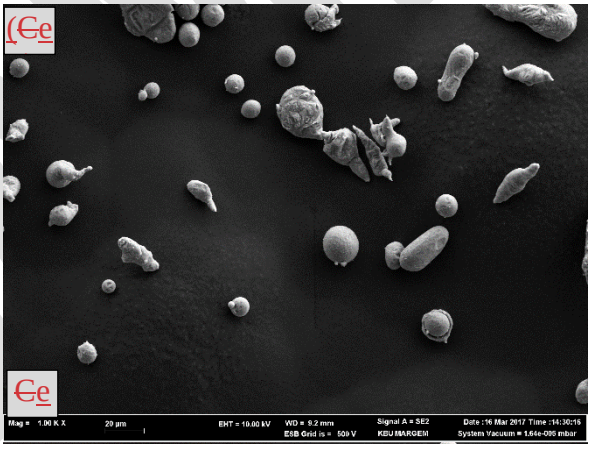








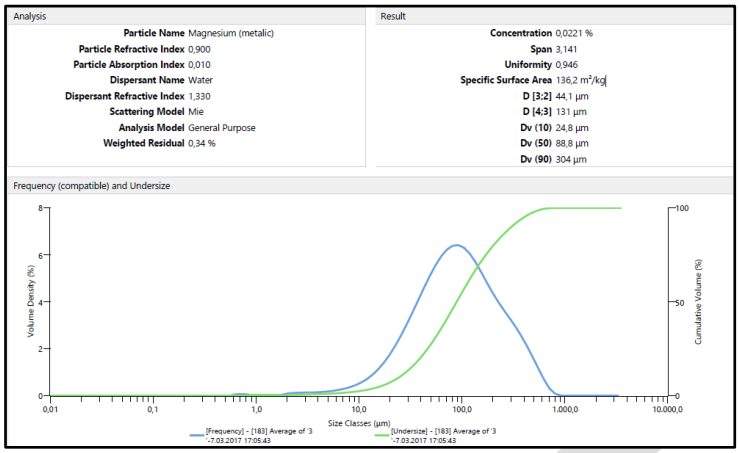
~~Şekil 10. $Al_{12}Si$ alaşım tozlarının SEM görüntüleri~~



Şekil 10. $Al_{12}Si$ ve AZ91 alaşım tozlarının SEM görüntüleri: a) 100 X, b) 15000X, c) 100 X, d) 15000 X, e) 1000 X

Tasarımı ve imalatı yapılan gaz atomizasyon ünitesinde ligament, çubuksu, damlaması, flake (pul) ve küresel şeklinde tozların üretildiği Şekil 10'da görülmektedir. Üretilen AZ91 alaşımın toz boyut dağılımı ise Şekil 11'de verilmiştir. Toz boyutu ölçümü Mastersizer 3000 model cihaz ile yapılmıştır.

SAMPLE



Şekil 11. Toz boyut dağılımı

Şekil 11'de görüldüğü gibi üretilen AZ91 alaşım tozunun boyut aralığı 0,1 ile 800 mikron arasındadır. Diğer taraftan, üretilen tozların %10'u 24,8 µm altı tozlardan oluşurken, %90'ı 304 µm altı tozlardan oluşmaktadır. Ortalama toz boyutu ise 88,8 µm olarak kaydedilmiştir.

5. SONUÇ

Tasarımı ve imalatı Karabük Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Laboratuvarlarında yapılan Gaz atomizasyon ünitesi ile ilgili çalışmalarda aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır.

1. Tasarımı ve imalatı yapılan yeni gaz atomizasyon ünitesinde toz üretimi gerçekleşmiştir.
2. Gaz Atomizasyon Ünitesi'nde farklı şekil ve boyutlarda tozlar üretilmiştir.
3. Gaz basıncının artması ve nozul çapının küçülmesine bağlı olarak toz boyutunun küçüldüğü tespit edilmiştir.
4. İmalatı yapılan cihazda maksimum 35 bar gaz basıncında çalışılabilmiştir. Bunun üzerinde nozul' un ucunda pozitif basınç oluşmuştur.
5. Ergitme ünitesi sürekli çalışma için maksimum 1200 ^{o}C sıcaklığa müsaade etmektedir.

KAYNAKLAR

1. ERSÜMER Aram, '***Toz Metalürjisi'***, İ.T.Ü. Makine Fakültesi , 1970, İstanbul

SAMPLE

2. Demirkesen, E., 2003. ***Kompozit Malzemeler Ders Notları***, İstanbul Teknik Üniversitesi.

3. Oğuz, Ş; Öztürk, Z; Uzun, E; Kurt, A; Boz, M. Gaz atomizasyonu yöntemi ile kalay tozu üretiminde gaz basıncının toz boyutu ve şekline etkisi. 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 2011, 565-568.

4. Aydın, M. ve Ünal, R., "Laval tipi yeni bir nozul tasarımı ile metal tozu üretimi ve üretim değişkenlerinin etkisinin incelenmesi", Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, (1): 69-76 (2007).

5. Uslan, İ. ve Küçükarslan S., "Kalay tozu üretimine gaz atomizasyonu parametrelerinin etkisinin incelenmesi" Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Cilt 25, No (1): 1-8 (2010).

6. Newkirk, J.W. and Kosher, R.A., 2004. Designing with Powder Metallurgy Alloys, ***in Handbook of Mechanical Alloy Design***, Eds. Totten, G.E., Xie, L. and Funatani, K.M., Dekker, New York.

7. Sarıtaş, S., and Doğan, C. (1994), Metal powder production by centrifugal atomization, ***Int. J. Powder Metallurgy***, 30, 419 – 427.

8. Clyne, T.W., 2001. Metal Matrix Composites: Matrices and Processing, in Encyclopaedia of Materials: Science and Technology, Ed. Mortensen, A., ***Elsevier***.

SAMPLE