

**7075 ALAŞIMINDAN AÇIK VE KAPALI HÜCRELİ KÖPÜK METAL ÜRETİMİ**Agah AYGAHOĞLU¹, Erkan KOYUNCU¹, Yasin YILDIZ¹, Talha UYSAL¹, Mustafa Eren SAÇCIOĞLU¹¹MakineMühendisliği, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye, agah.avgahoglu@dpu.edu.tr

Geliş Tarihi:23.12.2016

Kabul Tarihi:15.06.2017

ÖZ

Günümüz teknolojisinde, malzemelerde mukavemetin yüksek olması istenirken aynı zamanda hafif olması beklenmektedir. Alüminyum metal köpükler, yüksek enerji absorbe etme kabiliyetleriyle birlikte aynı zamanda düşük yoğunluğa sahip oldukları için iyi bir alternatif olarak görülmektedir. Bu çalışmada açık hücreli ve kapalı hücreli köpük metal üretilmiştir. Açık hücreli 7075 Alüminyum köpüğün üretilmesi için boşluk tutucu olarak kaya tuzu kullanılmıştır. Kullanılan yöntemde; 730 °C' de ergitilen alüminyum, önceden ısıtılmış tuzların üzerine dökülmüştür ve kalıp altından yapılan vakumlama etkisi ile tuzların arasına nüfuz etmesi sağlanmıştır. Son adım olarak tuzlar, su da eritilerek yapıdan uzaklaştırılmış ve açık hücreli köpük metal üretimi gerçekleştirilmiştir. Kapalı hücreli köpük metal üretiminde ise yarı katı haldeki Al 7075 alaşımına viskozite artırıcı ve köpürtücü maddeatılarak karıştırılmış ve 750 °C' de köpürtme işlemi gerçekleştirilmiştir. Her iki yöntem sonucunda homojen gözenek dağılımına sahip açık ve kapalı hücreli köpük metal üretimi gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Açık hücreli, Kapalı hücreli, kaya tuzu, TiH₂, Göreceli yoğunluk, 7075***TO PRODUCTION OF OPEN AND CLOSED CELL METAL FOAM FROM ALLOY OF 7075****ABSTRACT**

In today's technology, the materials should have high strength and also they must be light in weight. Aluminum metal foam can also be seen as a good alternative since they have an ability to absorb energy and low density. In this study open cell foam and close cell foam metal was produced. Rock salts were used as a space holding material to produce open cell 7075 Aluminum foam. The used method; ; 730 °C melt of aluminum was poured over the preheated salt and by the influence of vacuum which was done under the mould penetration was provided among the salts. As a last stage the salts were molten in water and removed from the structure and open cell foam production was realized. At the production of the close cell foam, SiC as an additive increasing viscosity and TiH₂ as an foaming agent were added, stirred to semi-solid Al 7075 alloy and foaming process was carried under 750 °C. At the end of the both methods open and close cell foam metal was produced which has homogenous pore size distribution.

Keywords: *Open Cell, Closedcell, Salt, TiH₂, Relatedensity, 7075***1.GİRİŞ**

Köpük metaller açık ve ya kapalı gözenekli yapıya sahip olan ve bu özellikleri sayesinde normal metal yapılara göre daha az yoğunluğa sahip olan malzemelerdir. Köpük metaller, düşük özgül ağırlıklarına rağmen yüksek dayanıma sahiptir, yüksek gaz geçirgenliğine sahip olmakla birlikte aynı zamanda yüksek ısı iletkenliğine sahiptir. Bu yönüyle doğada, yapısal ve fonksiyonel uygulamalarda bu yapılara sık rastlanmaktadır (kemik, ağaç vb.) [1].

İnsan yapımı hücresel malzemeler arasında, polimerik köpükler, teknolojinin hemen hemen her sektöründe kullanılmaktadır; tek kullanımlık sıcak içecek bardaklarından, hava araçlarındaki çarpma yastıklarına kadar birçok ürün buna örnek olarak gösterilebilir. Seramik köpük malzemeler ise katalitik reaktörler, güneş enerjisi jeneratörleri, dizel egzoz ve döküm filtreleri gibi çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır. Fakat yük taşıma gibi bir işlevi olan köpüğün, malzemesi dikkatli seçilmelidir. Çünkü yapısal işlev için polimerlerin dayanımı azdır. Seramik malzemeler ise kırılğan yapıya sahiptir. Bu yüzden köpük metaller bu tip uygulamalarda avantaj sağlamaktadır [2].

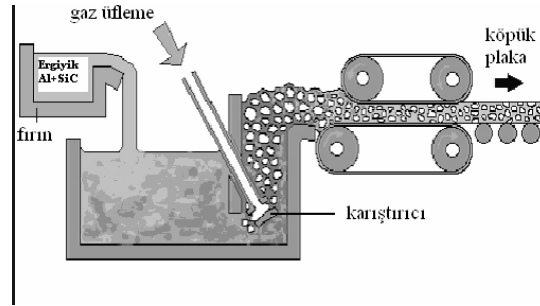
Metalik köpükler, enerji emme kapasitelerinin yüksek olması, düşük yoğunluğa rağmen sağlam olmaları, ısı ve ses izolasyonu, elektrik iletkenliği, titreşim sönümleme ve kimyasal süzme gibi özelliklerinden dolayı çok çeşitli mühendislik alanlarında kullanılmaktadırlar [3].

2. METAL KÖPÜK ÜRETİM YÖNTEMLERİ

Günümüz teknolojisinde birçok köpük metal üretim yöntemi mevcuttur. Bu yöntemler sayesinde başta alüminyum ve alaşımları olmak üzere titanyum, nikel, bakır, kalay, çinko, pirinç, kurşun, altın metallerinden de köpük metal üretimi yapılabilmektedir. Köpük metal üretim yöntemlerinin başlıcaları şunlardır;

2.1. Eriyiğe Gaz Ekleyerek Köpük Metal Üretimi

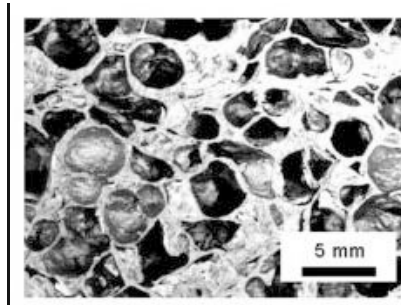
Bu yöntemde hücreler, eriyiğe üflenen gazlar sayesinde elde edilmektedir. Uygulanan proseste hava başta olmak üzere karbondioksit, oksijen ve inert gazları kullanılmaktadır. Bu işlemle oluşturulan kabarcıklar sıvının yüzeyine çıkar ve daha sonra katılaşmaya başlar. Oluşan hücreler kapalı ve hücrelerin çapları 5-20 mm arasında değişmektedir[4]. Şekil 2.1' de bu yöntem şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Gaz enjekte edilerek üretilen köpüğün üretiminin şematik gösterimi [5].

2.2 Toz Metalürjisi Yöntemi İle Köpük Metal Üretimi

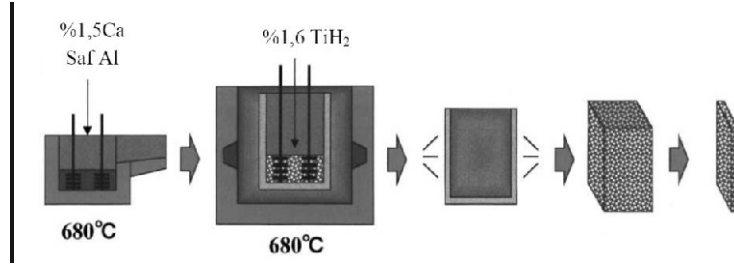
Toz metalürjisi ile kapalı hücreli metal köpük üretim yönteminde metal tozları ile köpürtücü ajan tozları karıştırılarak sıcak presleme, ekstrüzyon veya toz haddeleme ile sıkıştırılır ve yoğun bir yarı bitmiş ürün haline getirilir. Hazırlanan bu malzeme ergime noktasının üstünde bir sıcaklığa ısıtılarak genişletilir. Isıtma sürecinde metal yarı sıvı ve viskoz bir hale gelir ve köpürtücü ajan anlık olarak çözünür, serbest kalan gaz yüksek oranda gözenek içeren bir yapı oluşmasını sağlar. Bu işlem sonucunda köpürme işlemi bir kabın içerisinde yapılırsa oluşan malzemenin şekli kalıp ile aynıdır ve göreceli yoğunluğu 0,08 gibi düşük bir değere sahiptir. Oluşan hücreler kapalıdır ve çapları 1mm ile 5 mm arasında değişmektedir. Şekil 2.2' de bu yöntemle üretilmiş köpük metal örneği bulunmaktadır.[4]



Şekil 2.2. Toz metalürjisi yöntemi ile üretilmiş köpük metal örneği [6].

2.3. Gaz Salan Partiküllerin Eriyik İçinde Çözünmesi İle Köpük Metal Üretimi

Bu proseste öncelikle alüminyum, 650-680 °C sıcaklıkları arasında ergitilir. Viskoziteyi arttırmak için % 1-2 oranında kalsiyum eklenir ve karıştırılmaya başlanır. Daha sonra eriyiğe % 1-2 oranında, 5-20 µm boyutunda TiH₂ tozları ilave edilir. Gazların ayrışması başladığında karıştırma sistemi geri çekilir ve köpüğün yukarı çıkmasına izin verilir. İşlemin başarılı olması, sıcaklık, basınç ve sürenin doğru bir şekilde ayarlanması ile mümkündür. Hücre boyutları 0,5 mm ile 5 mm arasında değişmektedir. Göreceli yoğunluk 0,07 ile 0,2 arasında değişmektedir. Şekil 2.3' te proses gösterilmektedir.[4]



Şekil 2.3. Eriyik içerisinde gaz salan tozların ayrışmasıyla oluşan köpük metalin üretim aşamaları [7].

2.4. Biri uzaklaştırılabilen İki Malzemenin Dökümü Veya Sıkıştırılması

Bu yöntemde, herhangi birisi %25' ten az olamayacak şekilde iki malzeme karıştırılıp sıkıştırılmaktadır. Daha sonra boşluk tutucu malzeme uygun bir çözücü ile uzaklaştırılmaktadır. Pratikte bu metot ile üretilen köpüklerin göreceli yoğunlukları 0,3-0,5 arası olacak şekilde sınırlıdır. Hücrenin boyutunu, boşluk tutucu malzeme belirler ve boyut, 10µm ile 10 mm arasında değişmektedir (Şekil 2.4.). [4]



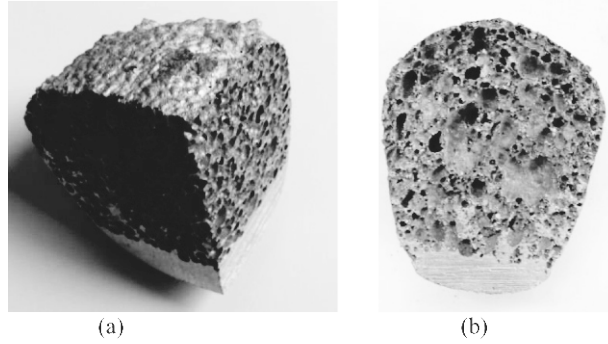
Şekil 2.4. Boşluk tutucu olarak tuz kullanılan açık hücreli köpük metal örnekleri [8].

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada hem kapalı hem de açık hücreli köpük metal üretilmiştir. Her iki üretimde de matris malzeme olarak Al 7075 alaşımı kullanılmıştır. Sonuç olarak üretilen numuneler homojen dağılıma sahip gözeneklerden oluşmaktadır.

3.1. Yarı Katı Haldeki Alaşıma Köpürtücü madde ekleyerek Köpük Metal Üretimi

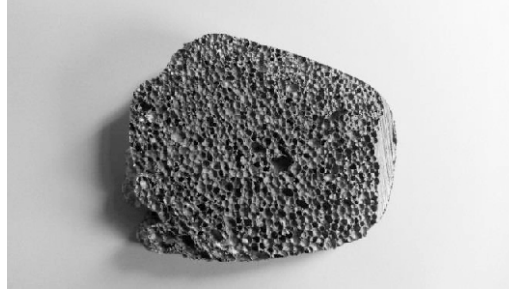
Yöntemde ilk olarak matris malzemenin yarı-katı hal sıcaklığı belirlenmiştir. Yapılan denemeler sonucunda Al 7075 alaşımı için yarı-katı hal sıcaklığının 630 ° C olduğu tespit edilmiştir. Sonraki adımda matris malzemede 460 ° C' de ayrılarak boşluk oluşturan TiH₂ tozları, yarı-katı hale getirilen malzemenin üzerine eklenmiştir ve 10 dakika boyunca sabit devirde homojen bir karışım olacak şekilde karıştırılmıştır. Şekil 3.1 (a)' da görüldüğü üzere karışım homojen olmadığında malzemenin alt kısmı köpürmemiştir. Sonraki adımda Malzemede oluşacak olan hücrelerin duvarlarını sağlamlaştırmak ve hücrelerin çökmesini engellemek için % 5 oranında SiC tozları atılmış ve yine sabit devirde 15 dakika boyunca karıştırılmıştır. Karıştırma işlemi grafit potada yapılmıştır.



Şekil 3.1. (a) Alt kısmı köpürmemiş malzeme, (b) Homojen dağılıma sahip olmayan gözenek yapısı.

Karışım sonucunda macun kıvamına gelen malzeme, 750 °C’ deki fırına yerleştirilip 5 dakika bekletilmiştir. Buradaki bekleme süresi son derece önemlidir. Şekil 3.1 (b)’de görüldüğü üzere malzeme gereğinden fazla süre bekletildiğinde hücreler birleşmekte ve homojen yapı oluşmamaktadır. 5 dakikadan az süre bekletildiğinde ise tam olarak köpürme gerçekleşmemektedir.

İşlem sonucunda oluşan yapı Şekil 3.2’ te gösterilmiştir. Oluşan hücreler homojen dağılıma sahiptir ve ortalama gözenek boyutu 4 mm’ dir.

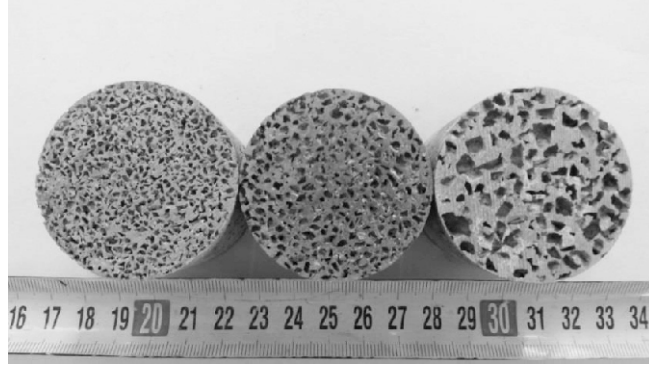


Şekil 3.2 Homojen dağılıma sahip gözenek yapısı.

3.2. Açık Hücreli Köpük Metal Üretimi

Açık hücreli köpük metal üretmek için kullanılan bu yöntemde; eriyik haldeki alüminyum önceden ısıtılmış tuzların üzerine dökülmüştür, ardından vakum pompası kullanılarak alüminyumun, tuzların arasına sızması sağlanmıştır. Sonraki adımda; malzeme, oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. Malzeme içerisindeki tuzlar su içerisinde eritilerek yapıdan uzaklaştırılmış ve nihai olarak açık hücreli köpük metal üretilmiştir.

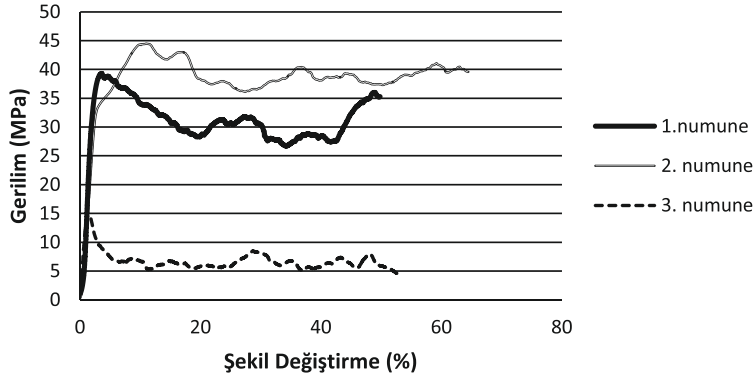
Bu yöntemde boşluk tutucu olarak kaya tuzu kullanılmıştır. Kaya tuzları farklı boyutlarda olacak şekilde eleklerden geçirilmiş ve 3 farklı boyutta tuz elde edilmiştir. Kaya tuzlarının boyutları, aynı zamanda açık hücreli köpük metalin hücre boyutlarını belirlemektedir. En küçük tuz boyutu, 1-2 mm arasında, orta büyüklükteki tuz boyutu, 2-3 mm arasında ve en büyük tuz boyutu, 3-6 mm arasında değişmektedir. Şekil 3.3’ te üç farklı gözenek boyutuna sahip köpük metaller görülmektedir.



Şekil 3.3. Üç farklı hücre boyutuna sahip köpük metallerin üstten görünüşü.

3.2.1 Açık Hücreli köpük Metallerin basma Dayanımı

Gözenek boyutu 2-3 mm arasında değişen 3 numuneye basma deneyi uygulanmıştır. Bunun için numuneler 45 mm çap, 60 mm boy olacak şekilde kesilmiştir. Deney hızı 3 mm/dak olacak şekilde ayarlanmıştır. Şekil 3.4' te her birinden üçer deney yapılarak ortalamaları alınmış, üç numuneye ait basma grafiği görülmektedir.



Şekil 3.4 2-3 mm arasındaki gözeneğe sahip köpük metaller için yoğunluğun basma dayanımına olan etkisi.

Çizelge 3.1 Basma deneyi uygulanan köpük metallerin mekanik özellikleri.

Numune	Gözenek Boyutu	Isıl İşlem	Yoğunluk (g/cm ³)	Gözeneklilik (%)	Akma Gerilme Değeri (MPa)
1	Orta	İşlemsiz	1,320	53,00941253	36
2	Orta	İşlemsiz	1,258	55,24705955	33
3	Orta	İşlemsiz	1,069	61,96000062	15

Tablo 3.1' de görüldüğü üzere köpük metalin yoğunluğu arttıkça basma dayanımında doğru orantılı olarak artmıştır. Bunu sebebi; malzemenin yoğunluğu arttığında köpük metal, matris malzeme yapısına daha çok yaklaşmaktadır. Bu da basma dayanımının artmasına neden olmaktadır. Ayrıca Şekil 3.4' e bakıldığında elastik bölgeden sonraki bölgede (çökme bölgesi) geniş bir aralık olduğu görülmektedir. Bu bölgede, basma yükü malzeme içerisindeki hücrelerin çökmesine neden olmaktadır ve gelen yük, plastik deformasyona çevrilerek malzeme içerisinde absorbe edilmektedir.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Gerek kapalı hücreli gerekse açık hücreli köpük metal üretimlerinde, üretim yöntemine göre en iyi ürünü elde etmek için belirleyici kritik değerler vardır. Bütün köpük metal üretim yöntemlerinde bu kritik değerler içinde en önemlisi sıcaklıktır; kalıp sıcaklığı, dökülecek malzemenin döküm sıcaklığı, ortam sıcaklığı v.b. Bu çalışmada amaç, 7075 alüminyum alaşımı için kapalı hücreli ve açık hücreli köpük metal üretim kriterlerini belirlemektir. Yapılan çalışmalar sonucu her iki tip köpük metal üretilmiş ve üretim kriterleri belirlenmiştir. Ancak Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de görüldüğü gibi kapalı hücreli köpük metal yapılarda tam bir homojen yapı elde edilememiştir, açık hücreli köpük metal yapılar ise istenen özelliklerde (Şekil 3.3) ve homojen dağılımlı yapıya sahip olarak elde edilebilmiştir. Elde edilen açık hücreli köpük metaller, mekanik özelliklerin belirlenmesinde önemli bir kriter olan yoğunluklarına göre sınıflandırılarak basma deneyine tabii tutulmuşlardır. Elde edilen deney sonuçlarına göre Şekil 3.4 ve Çizelge 3.1'de de görüldüğü gibi aynı gözenek boyutuna sahip açık hücreli köpük metal bir yapıda yoğunluk azaldıkça dayanım düşmektedir.

KAYNAKÇA

- [1]Banhart, J., *Manufacture, Characterization and Application of Cellular Metals and Metal Foams*. Progress in Materials Science, 46(6), s.561-562, (2001).
- [2]Degischer, H.P.,Kriszt, B., "Handbook of Cellular Metals, Production, Processingand Applications", Wiley-VCH, ISBN 3-527- 29320-5, (2002).
- [3] Yavuz, İ., "Metalik Köpük Malzemeler ve Uygulama Alanları", *Electronic Journal of Vehicle Technologies (EJVT)*, 2(1), s.49-58, (2010).
- [4] Ashby, M.F.,Evans, T., Fleck, N.A., Hutchinson, J.W.,Wadley, H.N.G., Gibson, L.J., *Metal Foams: A Design Guide*, (2002).
- [5] Akseli, I., "The Application of Aluminum Foam for the Heat and Noise Reduction in Automobiles", *Master of Science, İzmir Institute of Technology,İzmir*, 4-5, (2005).
- [6] Wadley, H., N., *Cellular Metals Manufacturing*. *Advanced Engineering Materials*, 4(10), s.729, (2002).
- [7]Miyoshi, T.,Itoh, M., Akiyama, S., ve Kitahara, A., "ALPORAS Aluminium Foam: Production Process,Prperties and Applications", *Advanced Engineering Materials* (4):179, (2000).
- [8] <http://www.exxentis.co.uk>