

SICAK PRESLEME YÖNTEMİ İLE AL ESASLI METALİK KÖPÜK ÜRETİMİNE PRESLEME  
BASINCININ ETKİLERİ

**MAKALE HAKKINDA**

Geliş : Haziran 2012

Kabul: Ağustos 2012

THE EFFECT OF HOT PRESSING PRESSURE TO PRODUCTION OF Al BASED METALLIC  
FOAMS BY HOT PRESSING METHODS

Halil Karakoç<sup>a</sup>, Hanifi Çinici<sup>b</sup>, Ramazan Çıtak<sup>c</sup>

**ÖZ**

Bu çalışmada ön alaşımli Alumix 231 tozu içerisine, % 1 oranında TiH<sub>2</sub> ilave edilerek karıştırılmıştır. Karışım tozlar önce 50 MPa basınç altında soğuk olarak sıkıştırıldıktan sonra sabit sıcaklıkta (450 °C), farklı basınçlarda (100,200,300 MPa) tek yönlü preste 30 dakika süre ile sıkıştırılmıştır. Sıkıştırma sonrası numuneler köpürebilir tablet haline getirilmiştir. Elde edilen toz tablet numuneler 690°C sıcaklıkta köpürtme işlemine tabi tutularak Al esaslı metalik köpükler üretilmiştir. Üretilen metalik köpüklerde presleme basıncının köpürme davranışı üzerine etkileri araştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Alüminyum Köpük, Alumix 231, Sıcak Presleme, Köpürme Davranışı

**ABSTRACT**

In this study, Alumix 231 and 1% titanium hydrate (TiH<sub>2</sub>) powders were mixed. Compressing the mixture of powders was carried out in two steps. Firstly, powders are compressed at 50 MPa at room temperature. Secondly, the constant temperature (450 °C) and at different pressures (100,200,300 MPa) for a period of 30 minutes was then subjected to hot pressing. After compression specimens have been made foamable tablets. Samples obtained from the foamable tablets subjected to the process of foaming temperature of 690 °C so Al-based metallic foams were produced. Produced metallic foams pressing pressure were studied on the foaming behavior.

**Keywords:** Aluminum Foam, Alumix 231, B<sub>4</sub>C, Foaming Behaviour

**GİRİŞ**

Metalik köpüklerin sahip olduğu düşük yoğunluk, yüksek dayanım, titreşim, ses ve darbe sönümlenme gibi özellikleri onları diğer mühendislik malzemelerinden ayıran ve önemli kılan en belirgin özelliklerdir (Sirong et.al., 2007; Raj et. al., 2007; Banhart, 2000.) Bu özelliklerinden dolayı fonksiyonel olarak otomotiv, demir yolu taşımacılığı, uçak ve uzay

sanayi, gemi ve askeri uygulamalar, sandviç yapılar, paneller, darbe sönümleyiciler, ısı değiştiriciler v.b. yerlerde kullanılmaktadır (Banhart, 2001). Metalik köpükler darbe enerjisini sönümleyici bir özelliğe sahiptir ve darbe enerjisini deformasyon enerjisine çevirerek köpük ihtiva etmeyen metallere daha fazla enerjiyi kendi içerisinde

<sup>a</sup> Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, halil.kkoc@gmail.com

<sup>b</sup> Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, hcinici@gazi.edu.tr

<sup>c</sup> Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, citak@gazi.edu.tr

sönümleyebilmektedir (Zhang et. al., 2010; Kathryn et.al., 2000; Liu and Gong, 2006).

Metalik köpük malzemelerin birbirinden farklı pek çok üretim metodu vardır. Bunlardan bir tanesi son zamanlarda uygulanabilirliği artmış ve endüstriyel olarak kullanılmaya başlanmış olan TM yöntemidir (Degischer and Kriszt, 2002). TM yöntemi ile metalik köpük üretiminde birbirinden farklı yollar izlenmektedir. Bu yollarından biri tozların sıcak preslenmesidir. Bu teknik alüminyum veya alüminyum alaşım tozu ile uygun olan köpürtücü maddeyi karıştırmakla başlar. Karışım tozlar doğrudan sıcak presleme, ekstrüzyon veya toz haddeleme yapılabilir. Ekstrüzyon veya haddeleme öncesi tozların soğuk olarak preslenmesi daha uygun olur. Karışım toz kalıp içerisinde sıkıştırılarak yoğunluk kazandırılmış katı bir ürün elde edilir bu ürüne köpürebilir preform malzeme denir. Daha sonra preform malzemelerin alüminyumun ergime derecesinin biraz üzerindeki bir sıcaklıkta köpürtülmesi ile işlem süreci tamamlanmaktadır. TM yöntemi ile üretilen parçalar Şekil 1’de görülmektedir.



Şekil 1. Al esaslı kapalı gözenekli metalik köpük malzemeler (25x25x20 mm<sup>3</sup>)

## MALZEME VE YÖNTEM

DeneySEL çalışmalar uygun miktarlarda hazırlanan ön alaşımlı Alumix 231 (2,5 Cu, 0,5 Mg, 14 Si - < 160 µm) ve TiH<sub>2</sub> (ağırlıkça % 1 - <

45 µm) tozlarının karışımı ile başlamıştır. Karışım üç boyutlu (turbula marka) karıştırıcıda homojen bir karışım sağlamak amacı ile 60 dakika süreyle plastik bir kap içerisinde gerçekleştirilmiştir. Karışım tozlar, köpürebilir toz metal ön şekilli malzemeler üretmek amacı ile özel olarak tasarlanmış sıcak presleme kalıbı içerisinde, önce 50 MPa basınç altında, oda sıcaklığında tek yönlü olarak preslenmiştir. Daha sonra sabit sıcaklıkta (450 °C) farklı basınçlarda (100-200-300 MPa) 30 dakika süre ile presleme işlemine tabi tutulmuştur. Presleme sonrası tam çapı 30 mm, yüksekliği ise yaklaşık 10 mm olan köpürebilir toz tablet numuneler elde edilmiştir (Şekil 2a). Elde edilen köpürebilir toz tablet numuneler 690 °C’de köpürtme işlemine tabi tutulmuştur. Köpürtme işlemi özel olarak tasarlanmış ısıya karşı dayanıklı olan cam kalıpta gerçekleştirilmiştir (Şekil 2b). Numunelerin köpürmesi fırın içerisinde gözlemlenecek şekilde tasarlanmıştır. Lineer genleşme maksimum seviyeye çıktığında metalik köpükler fırın içerisinden çıkartılarak oda sıcaklığına soğutulmuştur. Üretilen numunelerin hem sıcak presleme sonrası hem de köpürtme sonrası yoğunlukları Eş.1’de verilen Arşiment prensibine göre Sartorius marka 0,1 mg hassasiyetteki yoğunluk ölçüm kiti ile tespit edilmiştir (Gökmen, 2009; Çinici ve Türker, 2006).

$$\rho^* = m_{hava} / (m_{hava} - m_{su}) \quad (1)$$

Burada;

$\rho^*$  köpüğün yoğunluğunu,  
 $m_{hava}$  köpüğün havadaki ağırlığını  
 $m_{su}$  köpüğün su içerisindeki ağırlığını

ifade etmektedir.

Numunelerin lineer genleşme oranları köpürme sonrası boyutlarındaki değişim ölçülerek hesaplanmıştır. Lineer genleşme oranları Eş.2’de verilen formüle göre hesaplanmıştır (Çinici, 2006).

$$LG = (L_s - L_i) / L_i \quad (2)$$

Burada;

*LG, Lineer genleşme,*  
*Li, Köpürtme öncesi numune yüksekliği (mm)*  
*Ls, Köpürtme sonrası numune yüksekliği (mm)*

İfade etmektedir.

Köpüğün gözeneklilik oranı Eş.3'de verilen denkleme göre hesaplanmıştır [11].

$$p = (\rho_s - \rho^*) / \rho_s \quad (3)$$

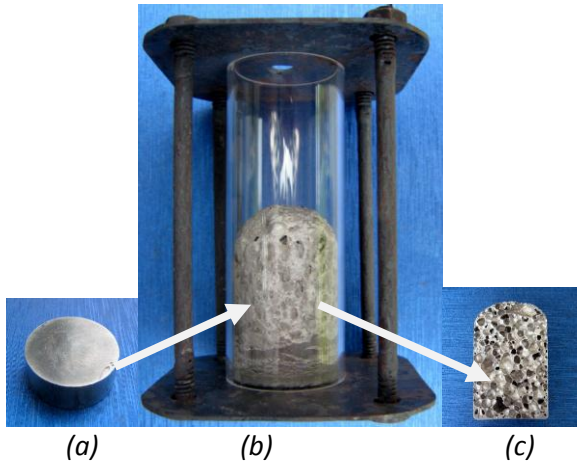
Burada;

*P, gözeneklilik miktarı*

*$\rho_s$ , köpürtme öncesi yoğunluk*

*$\rho^*$ , köpürtme sonrası yoğunluk*

İfade etmektedir.

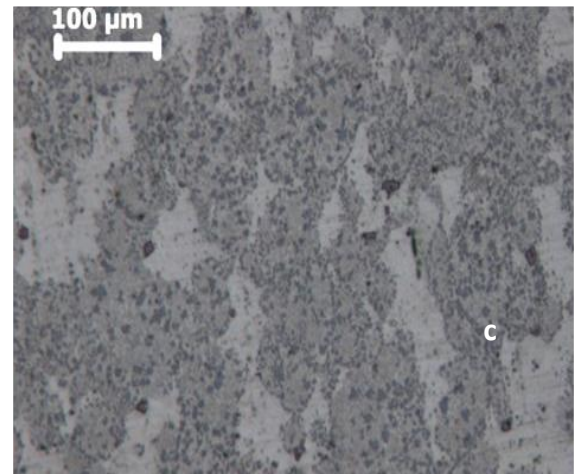
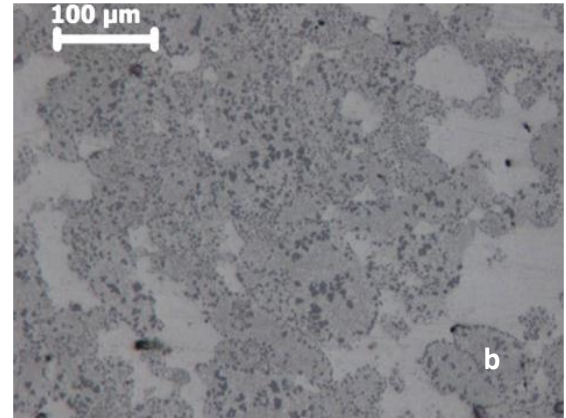
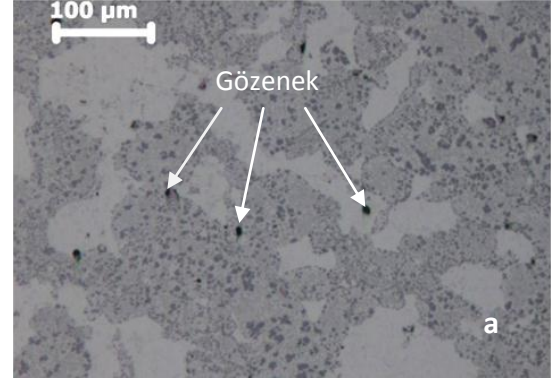


Şekil 2. (a) Sıcak preslenmiş köpürebilir numune (b) Cam kalıp içerisinde köpürtülmüş numune (c) köpüğün kesit görünümü

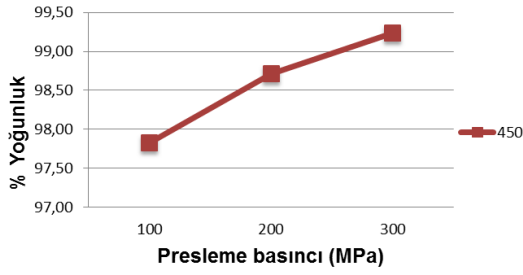
## BULGULAR VE TARTIŞMA

Şekil 3'de % 1 oranında  $TiH_2$  içeren Alümix231 tozlarının presleme sonrası optik mikroskop görüntüleri verilmiştir. Mikro resimler incelendiğinde presleme basıncına bağlı olarak gözenekliliğin nispeten azaldığı görülmektedir. Şekil 4'de ise tozların preslenmesi ile elde edilen yoğunluklar gösterilmiştir. Grafiğe bakıldığında presleme basıncına bağlı olarak yoğunlukta meydana gelen değişimler açıkça

görülmektedir. Basıncın artmasıyla beraber yoğunlukta da artış olduğu tespit edilmiştir.

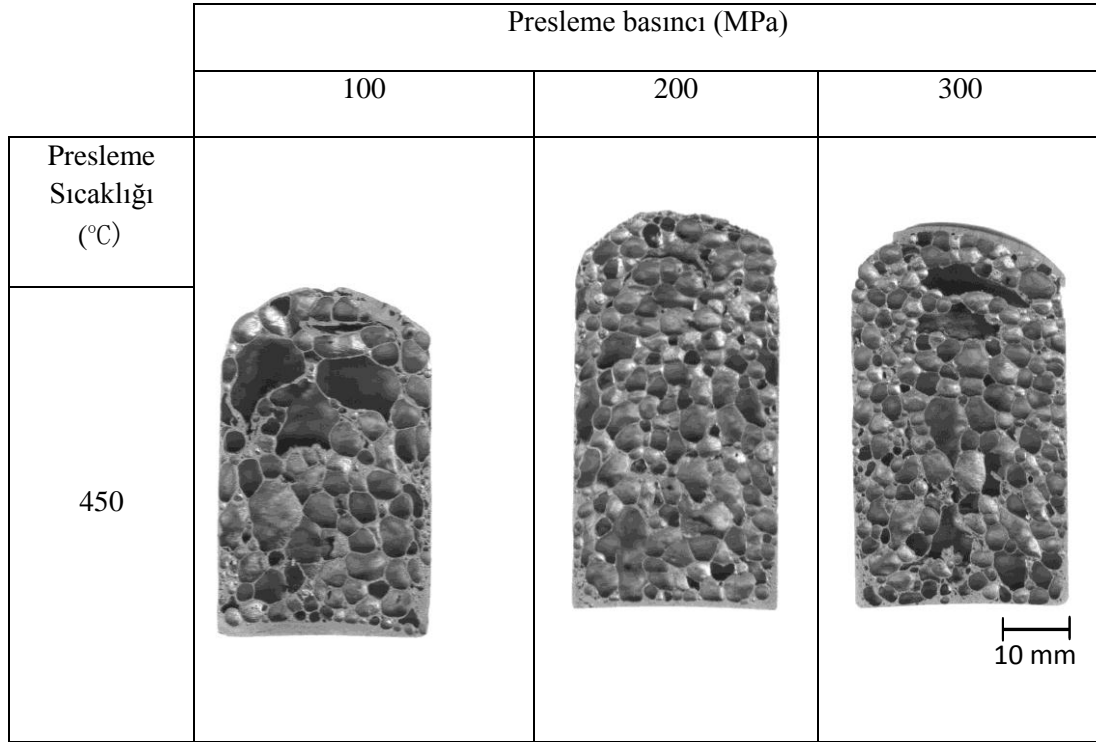


Şekil 3. 450 °C'de, farklı basınlarda üretilen numunelerin mikro yapıları  
a) 100 MPa, b) 200 MPa, c) 300 MPa



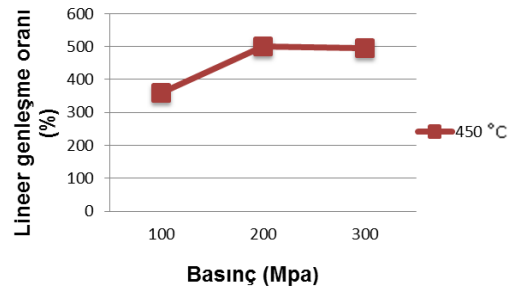
Şekil 4. Köpürebilir toz tablet numunelerde presleme basıncına bağlı olarak oluşan yoğunluk değişimi

Şekil 5’de presleme sonrası elde edilen numunelerin 690 °C’de köpürtülmesi ile elde edilen gözenek yapıları verilmektedir. Resim incelendiğinde 100 MPa basınç altında preslenen numunede daha iri ve homojen olmayan bir gözenek dağılımı varken 200 ve 300 MPa’da preslenen numunelerde ise daha ince ve homojen bir gözenek dağılımı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca 200 ve 300 MPa’da preslenen numunelerin gözenek çaplarının birbirine yakın olduğu fakat 200 MPa’da preslenen numunelerde gözeneklerin daha homojen bir dağılım sergilediği tespit edilmiştir.



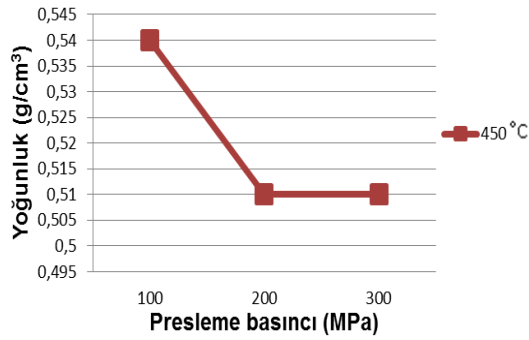
Şekil 5. 690 °C’de köpürtülen numunelerin gözenek yapıları

Şekil 6 incelediğimizde presleme basıncının artmasıyla beraber lineer genişleme miktarında artış olduğu tespit edilirken 200 ve 300 MPa’da bu oranın sabit kaldığı görülmektedir.. Grafikte lineer genişleme oranları 100 MPa’da preslenen numunelerde %360 iken 200 ve 300 MPa’da bu oran %500 civarındadır.



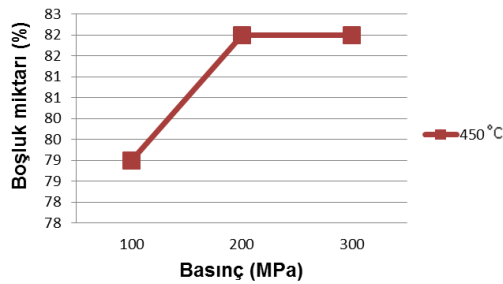
Şekil 6. 690 °C’de köpürtülen numunelerin % lineer genişleme oranları

Şekil 7'deki köpürtme sonrası elde edilen yoğunluklara baktığımızda yoğunluk farkının çok az olduğu tespit edilmiştir. En yüksek yoğunluk  $0.54 \text{ g/cm}^3$  ile 100 MPa'da preslenen numunede elde edilirken 200 ve 300 MPa'da preslenen numunelerde ise yoğunluk  $0.51 \text{ g/cm}^3$  ile birbirine yakın değer sergilemiştir.



Şekil 7. 690 °C'de köpürtülen numunelerin yoğunluk değişimi

Şekil 8'deki grafiği incelediğimizde ise en düşük boşluk miktarı 100 MPa'da preslenen numunelerde %metalik köpüklerdeki %79 iken bu oran 200 ve 300 MPa'da preslenen numunelerde %82 civarında olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 8. 690 °C'de köpürtülen numunelerin boşluk miktarları

## SONUÇLAR

Bu çalışmada sıcak presleme yöntemi ile üretilmiş Al esaslı metalik köpük malzeme üretiminde presleme basıncının köpürme davranışı üzerine etkisi incelenmiştir. Elde edilen verilere göre presleme basıncının artmasıyla beraber köpürebilir toz tablet numunelerin yoğunluğunda da artış olduğu gözlemlenmiştir. 100 MPa'da preslenen

numunede %97, 200 MPa'da preslenen numunede %98 ve 300 MPa'da preslenen numunede ise %99'a varan yoğunluklar elde edilmiştir. Paulin ve arkadaşları (Paulin et.al., 2011) benzer bir çalışmada presleme basıncına bağlı olarak yoğunlukta meydana gelen değişimi incelemişlerdir. Presleme basıncındaki artışa bağlı olarak yoğunlukta artış olduğunu ve maksimum yoğunluğa ulaşıldıktan sonra yoğunluk değerinde değişim olmadığını belirtmişlerdir.

Ayrıca presleme basıncının artması ile beraber lineer genişlemenin ve boşluk miktarının arttığı dolayısı ile köpürebilirliğin arttığı tespit edilmiştir. Köpürme sonrası presleme basıncına bağlı olarak gözenek dağılımı ve homojenliğinin iyileştiği gözlemlenmiştir. En kötü gözenek yapısı 450 °C'de, 100 MPa'da preslenen numunelerde olduğu gözlemlenirken, 450 °C'de, 100 ve 200 MPa'da preslenen numunelerde 100 MPa'da preslenen numuneye göre daha iyi olduğu fakat en iyi 450 °C'de, 200 MPa'da preslenen numunelerde olduğu tespit edilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Sirong, Y., Jiaan, L., Yanru, L., and Yaohui L. (2007). Compressive behavior and damping property of ZA22/SiCp composite foams, *Materials Science and Engineering*, 457, 325–328.
- Raj, R.E. and Daniel, B.S.S. (2007). Aluminum Melt Foam Processing for Light-Weight Structures. *Materials and Manufacturing Processes*, 22, 525–530.

Banhart, J. (2000). Metallic foams: Challenges and Oportunities. *Eurofoam 2000*, MIT-Verlag Bremen, 13-20.

Banhart, J. (2001). Manufacture, characterisation and application of cellular metals and metal foams. *Progress in Materials Science*, 46, 559-632.

Zhang, C., Feng, Y., and Zhang X. (2010). Mechanical properties and energy absorption properties os aluminum foam-filled square

tubes. *Trans. Nonferrous Met. Soc. China*, 20,1380-1386.

Kathryn, A. D. and James, L. (2000). High strain rate compression of closed-cell aluminium foams. *Materials Science and Engineering A*, 293(1/2): 157–164.

LIU Yu, and GONG Xiao-lu. (2006). Compressive behavior and energy absorption of metal porous polymer composite with interpenetrating network structure. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 16, 439–443.

Degischer, H.P. and Kriszt, B. (2002). *Handbook of Cellular Metals: Production, Processing and Applications*. Wiley-VCH, Weinheim, 1-363.

Gökmen, U. (2009). Toz Metalürjisi Yöntemi İle Al Esaslı Parçacık Takviyeli Metalik Köpük Üretimi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, 1-81.

Çinici H. ve Türker M. (2006). TM Yöntemi İle Üretilen Alüminyum Esaslı Metalik Köpüğe Deformasyon Miktarının Etkilerinin Araştırılması. 13. Uluslar arası Metalurji ve Malzeme Kongresi, İstanbul – Türkiye, 854-860.

Paulin, I., Sustarsiç, B., Kevorkijan, V., Sreco, D.S. and Jenko, M. (2011). Synthesis of aluminium foams by the powder- metallurgy process: compacting of precursors. *Materials and technology*, 13-19.