

SiC-VISKIR/ALÜMİNYUM KOMPOZİT KÖPÜKLERİN HAZIRLANMASI VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

PREPERATION AND CHARACTERIZATION OF SiC-WHISKER/ALUMINUM COMPOSITE FOAMS

Levent SAATÇI*, Mustafa GÜDEN*,**

*) İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Makina Mühendisliği Bölümü

***) İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Malzeme Araştırma Merkezi

ÖZET

Köpükleştirici TiH_2 içeren SiC-viskır/Al kompozit tabletler erime sıcaklığının üzerinde ısıtılarak köpüklenme davranışları belirlenmiştir. SiC-viskır katkısının köpüklenme ve mekanik özelliklere (basma) etkisini belirlemek üzere aynı sıcak-pesleme ve köpüklenme parametreleri kullanılarak saf alüminyum tabletler hazırlanmıştır. Köpüklenme sıcaklığı sabit tutulup $750^\circ C$ olarak seçilmiştir. Tabletlerin doğrusal büyümeleri farklı sürelerde fırında köpüklenen numunelerin boyutları ölçülerek bulunmuştur. Köpükler hazırlandıktan sonra mekanik özellikleri belirlenmek üzere, sabit hızda basma testi uygulanmıştır. Sonuçlar, SiC_v/Al ve Al tabletlerde köpüklenmenin benzer olduğunu fakat SiC-viskır katkısının plato gerilmesini önemli derecede artırdığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Alüminyum, metal köpükler, basma testi

ABSTRACT

An experimental study was conducted in order to investigate the foaming behavior of SiC-whisker/Al composite powder compacts, containing TiH_2 blowing agent, by heating above the melting temperature. Pure Al powder compacts were also prepared and foamed using the same hot-compaction and foaming parameters in order to determine the effect of SiC-whisker addition on the foaming and the compression behavior of the foamed compacts. Foaming was conducted at constant temperature ($750^\circ C$) and linear expansion of the compacts at various holding times was determined. Results were shown that although foaming behavior of the composite and pure Al compacts were similar, the plateau stress increased significantly with the whisker addition.

Keywords: Aluminum, metal foams, compression test

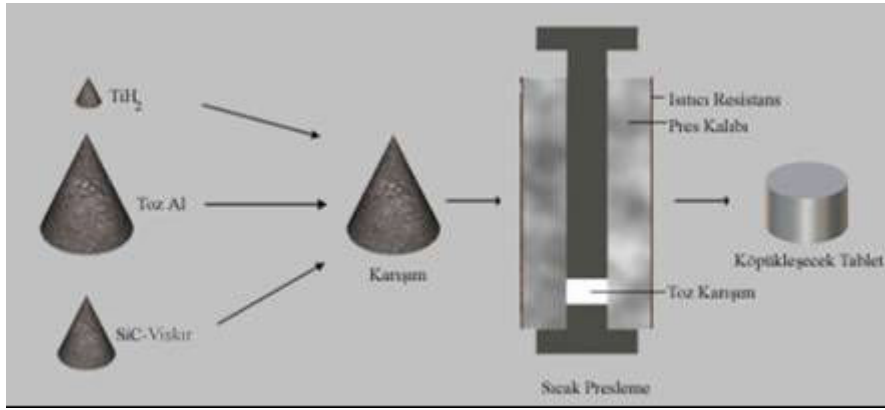
1. GİRİŞ

Kapalı hücreli Al köpük metaller genel olarak üç farklı yöntemle üretilmektedir; ergimiş metale gaz enjektisi; Alcan (Jin, 1990) , ergimiş metale köpük yapıcı madde ilavesi: Alporos (Miyoshi, 2000) ve toz metalürjisi ile hazırlanmış preslenmiş tabletlerin köpükleştirilmesidir: Fraunhofer (Baumeister, 1992) . Her bir metotta homojen katı köpük yapısı oluşturmak için sıvı metalin kararlı hale getirilmesi, viskozitesinin ayarlanması, gerekmektedir. Alcan metotunda sıvı metal viskozitesi SiC-parçacık ilavesi ile, Alporos metotunda ise Ca-ilavesi ile yapılmaktadır. Fraunhofer metotunda ise başlangıçta tozların üzerindeki ince bir oksit tabakasının

köpüğü kararlı hale getirdiği varsayılmaktadır. SiC (Elbir, 2003) ve TiB₂ (Kennedy, 2004) parçacık ilavesinin toz metalürjisi ile hazırlanmış preslenmiş tabletlerin köpükleştirilmesi üzerine yapılan çalışmalar, kompozit tabletlerde köpükleşmenin belirli zaman aralığında daha fazla olduğunu ve seramik parçacık ilavesinin hücre duvar kalınlığını azalttığını göstermiştir. Yine bu çalışmalarda SiC ve TiB₂ parçacık katkısının sıvı köpüğün uzun sürelerde kararlılığını korumasında etkisiz oldukları bulunmuştur. Yaygın olarak metal matris kompozitlerde takviye elmanı olarak kullanılan SiC-viskırın (SiC_v) alüminyum tabletlerin köpükleşmesi üzerine olan etkisi henüz çalışılmamıştır. Bu çalışmanın amacı SiC_v/alüminyum kompozit tabletlerin köpükleşme özelliklerinin deneysel incelenmesi ve viskır ilavesinin köpükleşme ve mekanik özelliklere etkisini belirlemektir.

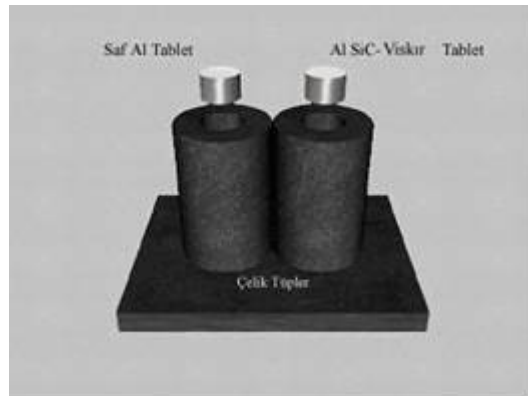
2. MATERYAL VE METOT

Saf alüminyum tabletlerin hazırlanmasında toz alüminyum (ortalama tane boyutu 30 mikron), TiH₂ (%1 ağırlık, köpükleştirici katkı malzemesi) ile karıştırılmaktadır (Şekil 1). SiC_v kompozit alüminyum tabletlerin hazırlanmasında ise toz alüminyum, SiC_v (%10 hacim, 0.2 mikron çap, 10 mikron boy) ve TiH₂ (%1 ağırlık, köpükleştirici katkı malzemesi) ile karıştırılmaktadır. Daha sonra karışımlar çelik bir kalıbın içinde sıcak preslenmektedir. Presleme sıcaklığı ve basıncı 400°C ve ~550MPa seçilmiştir. Presleme sıcaklığı seçilirken; köpükleştirici malzemenin bozunma ($TiH_{2(k)} \rightarrow Ti_{(k)} + H_{2(g)}$) sıcaklığının altında olması dikkate alınmıştır. Sıcak presleme süresi 30 dakika seçilmiştir. Seçilen sıcak presleme basıncı ve süresi ile nispi yoğunluğu %99'a yakın tabletler hazırlanmıştır.



Şekil 1 Toz metalürjisi yöntemi ile köpükleşecek tablet üretimi.

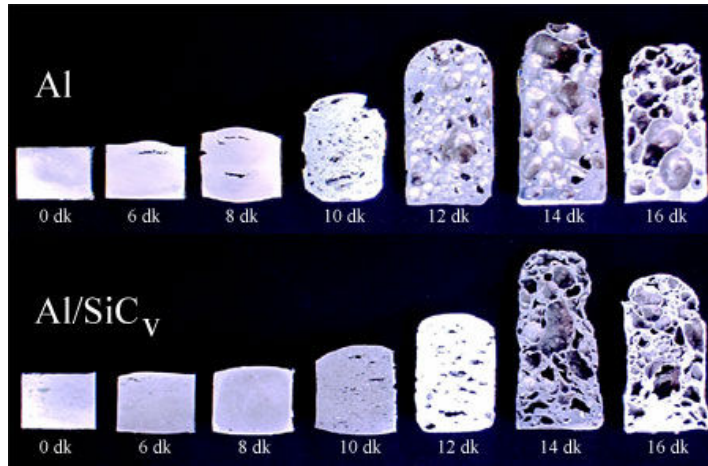
Hazırlanmış Al ve SiC_v/Al tabletler, altları kapalı özdeş iki silindirik çelik tüp içine yerleştirilerek (Şekil 2) 750°C'ye ısıtılmış bir fırında köpükleştirilmektedir. TiH₂ nin bozunması ile çıkan hidrojen gazı sıvı hale geçen tableti tek yönde (doğrusal) genişletmektedir. Çelik tüplerin içindeki köpükleşecek tabletler çeşitli fırında bekleme sürelerinden sonra fırından çıkartılarak oda sıcaklığında metal bloklar üzerinde hızlıca soğutulmuştur.



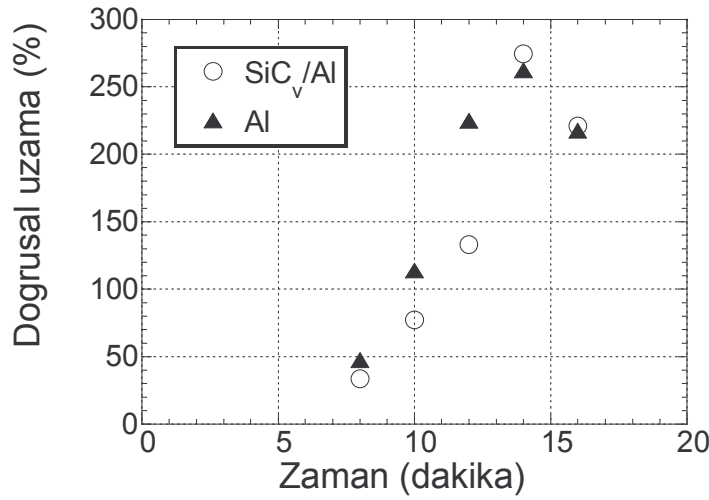
Şekil 2 - Köpükleşmede kullanılan çelik kalıplar.

3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Şekil 3’de farklı sürelerde fırında bekletilmiş Al ve SiC_v/Al kompozit köpük numunelerinin yapıları gösterilmiştir. Şekil 3’de görüldüğü üzere düşük fırında kalma sürelerinde (6, 8 ve 10 dakika) hücreler başlangıçta uzun kenarı presleme yönüne dik elips şeklindedir. Uzun sürelerde ise (12 ve 14 dakikalarda) hücreler yuvarlaklaşarak kapalı hücre halini almaktadır. Kompozit köpük numunelerinde hücre şekilleri oldukça düzensiz olmasına karşın Al köpükten daha fazla hücre içermektedir. Dolayısı ile hücre boyutu kompozit köpükte daha küçüktür. Yüksek fırında kalma sürelerinde ise, 16. dakika, hücreler çökmektedir. Başka bir gözlem ise alt kısımdaki hücrelerin duvarlarının nispeten daha kalın olmasıdır. Bu ise sıvı metalin aşağıya doğru akması yani drenajdan kaynaklanmaktadır.



Şekil 3 Al ve SiC_v/Al tabletlerin farklı fırında kalma sürelerindeki hücre yapıları.



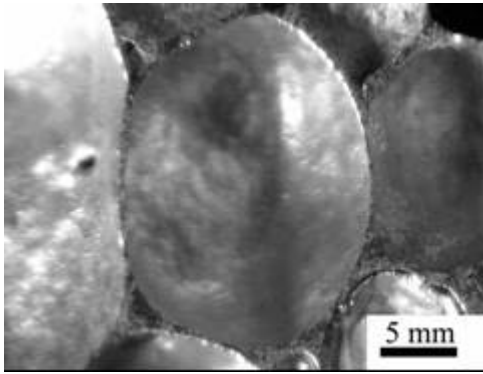
Şekil 4 Doğrusal uzama-fırında klama zaman grafiği.

Tabletlerdeki doğrusal büyüme aşağıdaki formülle hesaplanmıştır:

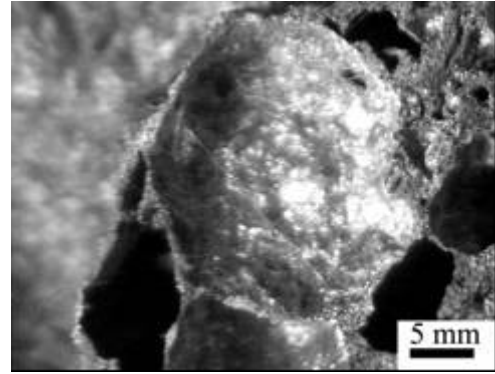
$$\text{Doğrusal Büyüme} = [(\text{İlk Uzunluk} - \text{Son Uzunluk}) / \text{İlk Uzunluk}] \times 100$$

Bu formülde ‘İlk uzunluk’ köpükleşmeden önceki tablet uzunluğu, ‘Son uzunluk’ ise köpüklerin uzunluğudur. Şekil 4’de doğrusal büyüme-fırında klama süresi grafiği de köpükleşmenin 6. dakikadan sonra gerçekleştiğini onaylamaktadır. Köpükleşme bir kaç dakika içerisinde gerçekleşmektedir. Metal köpük üretiminde hızlı oluşan köpükleşme ve daha sonra ortaya çıkan hücre çökmesi istenmeyen bir olaydır. Parçacık takviyesinin sıvının viskozitesini artırarak hücre duvarlarından sıvı metal akışını azalttığı ve dolayısı ile hücre büyümesini engellediği

düşünülmektedir. Aynı fırında kalma süreleri sonucunda alınan kompozit köpükte köpükleşmenin daha yavaş olmasına karşın uzun fırında kalma sürelerinde viskır katkısının köpüğün kararlılığını korumasında etkin olmadığı Şekil 3 ve 4'de görülmektedir. Al köpüklerle karşılaştırıldığında SiC_v katkılı köpüklerde; (i) hücre duvar kalınlığı daha küçüktür (Şekil 5(a) ve (b)) ve (ii) benzer yoğunlukta hücre sayısı daha fazladır. Viskır ilavesi, hücre çökmesi öncesi hücre duvar kalınlıklarının azalmasına neden olmasına karşın, köpüğü daha sonraki zamanlarda kararlı tutamaması parçacık katkılı Al köpüklerde de gözlenmiştir (Kennedy, 2004, Elbir, 2003). Mikroskopik gözlemler viskırın başlangıçtaki toz sınırları etrafında (Şekil 6(a)) ve daha çok duvar yüzeylerinde (Şekil 6(b)) yoğunlaştığını göstermiştir. Viskırların homojen dağılmamasının sıvı metalin uzun sürelerdeki kararlılığını koruyamamasında etkin olduğu düşünülmektedir.

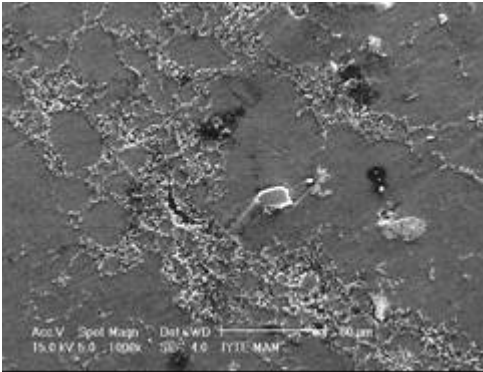


(a)

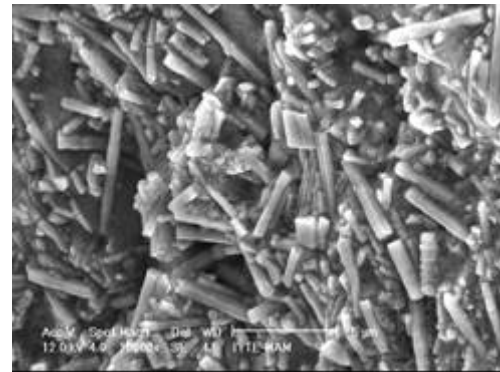


(b)

Şekil 5 Aynı fırında kalma süreleri sonucunda oluşan hücre yapısı (a) Al ve (b) SiC_v/Al köpükler.



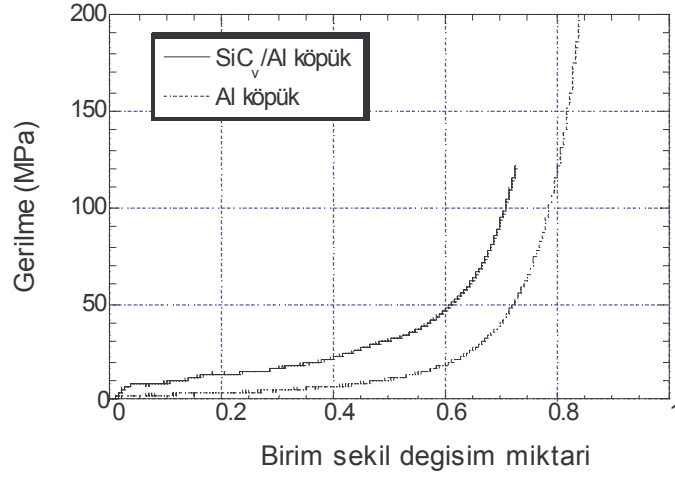
(a)



(b)

Şekil 6 SiC_v dağılımı (a) hücre köşesi ve (b) hücre duvarı yüzeyi.

Benzer yoğunlukta basma gerilme-birim şekil değişim miktarı grafikleri karşılaştırıldığında viskır köpüklerin mukavemeti daha yüksektir (Şekil 7). Viskır katkısının metal bazlı kompozit malzemelerin mekanik özellikleri üzerindeki etkileri bilinmektedir. Bunlar arasında i) fiber kuvvetlenmesi, ii) kalıcı gerilmeler ve iii) mikro yapısal değişimler bulunmaktadır. Köpüklerde deformasyon hücre duvarlarının bükülmesi ve/veya kırılması ile ilerlemektedir. Hücre duvar yüzeylerinde yoğunlaşan viskırların bükülme veya kırılma kuvvetini arttırdığı düşünülmektedir. Ancak, viskır etkisi ile oluşan hücre sayısındaki artış da artan kuvvette göz önüne alınmalıdır. Viskır katkılı köpüklerde en önemli problemlerden birisi de hücre çökmesinin oluşumundan önce köpüğün fırından alınarak yoğunluğu düşük köpük numunelerin elde edilmesidir. Köpükleşmenin hızlı gerçekleşmesi ve soğutma esnasında oluşan çökmeler nedeni ile düşük yoğunlukta köpük üretimi gerçekleştirilememiştir.



Şekil 7 Benzer yoğunluktaki (0.6 g cm^{-3}) SiC_v/Al ve Al köpüklerin basma altındaki gerilme-birim şekil değişim miktarı davranışları

4. SONUÇLAR

Vıskır katkılı Al tabletlerin köpükleşme ve mekanik özellikleri Al tablelerin özellikleri ile karşılaştırılarak incelenmiştir. Parçacık katkısında olduğu gibi, viskır katkısı hücre duvar kalınlığını azaltmış ancak köpüğün sürelerde karalılığı korumasında etkili olamamıştır. Vıskır dağılımdaki gözlenen düzensizliklerin köpüğün karalılığı üzerinde etkisi olabileceği düşünülmektedir. Vıskır katkılı köpüklerde basma kuvveti Al köpüklere nispeten daha yüksektir.

5. TEŞEKKÜR

Yazarlar bu çalışmada TÜBİTAK tarafından verilen destek için teşekkür ederler.

6. KAYNAKLAR

- [1]. JIN, I., KENNY, D. L., SANG H., 1990, US Patent No. 4973358.
- [2]. MIYOSHI, T., HOH, M., AKIYAMA, S., KITAHARA, A., 2000, Alporas aluminum foam: production process, properties and applications, Adv. Eng. Mater., cilt 2, S 4 179-183
- [3]. BAUMEISTER. J., SCHRADER, H., 1992 US Patent No. 5151246.
- [4]. KENNEDY, A. R., ASAVAVISITICHAI, S., 2004, Effects of TiB_2 particle addition on the expansion, structure and mechanical properties of PM Al foams, Script. Mat., cilt 50, S 115-119.
- [5]. ELBIR, S., YILMAZ, S., A. TOKOSY, K., GUDEN, M., HALL, I. W., 2003 SiC-particulate aluminum composite foams produced by powder compacts: Foaming and compression behavior, J. Mater. Sci. cilt 38, S 4745-4755.