

SIMA PROSESİYLE YARI-KATI HALDE KÜRESEL MİKROYAPI OLUŞUMU

İ.Etem SAKLAKOĞLU

Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Muradiye Kampüsü 45140- Manisa

E-mail : ietem@bayar.edu.tr

ÖZET

Yarı katı halde dövme, şekil verme, döküm vb. prosesler final şekillendirmenin yapılabildiği yeni tekniklerdir. Bu proseslerin uygulanabilmesi için, alaşımın sıvı matrikste gömülü metal kürecikli mikroyapıya sahip olması gerekmektedir. Bu küresel yapının elde edilebildiği çeşitli yöntemler arasında SIMA (Strain Induced Melt Activated) prosesi, uygulanması oldukça basit, bunun yanında karmaşık ekipmanlar gerektirmeme gibi avantajlara sahip olan bir yöntemdir. Bu makale bir alüminyum alaşımında küreselleşmeye ısı işlemin etkilerini sunmakta ve SIMA prosesinin numunelerdeki sertlik ve mekanik özelliklere etkilerini içermektedir.

Anahtar Kelimeler: SIMA Prosesi, Yarı-Katı Halde Şekil Verme, Küresel Mikroyapı

EVOLUTION OF GLOBULAR MICROSTRUCTURE IN THE SEMISOLID STATE

BY SIMA PROCESS

ABSTRACT

The Semi-solid forging, forming, casting etc. are new technologies to manufacture near net shaped parts. For this to be possible, the alloy microstructure must consist of solid metal spheroids in a liquid matrix. Amongst several processes to obtain a globular microstructure, the SIMA (strain induced melt activated) process is very simple and advantageous with respect to equipment. This paper presents the influence of heat treatment conditions on globularization with an aluminum alloy. And it includes hardness and mechanical properties of samples before and after SIMA processing.

Keywords: SIMA process, semi-solid processing, globular microstructure

1.GİRİŞ

Yarı-katı halde işleme prosesleri döküm, dövme ve toz metalurjisi tekniklerinin avantajlarını bir araya toplayan bir teknik olarak tanımlanmaktadır. Bir alaşımın yarı-katı halde şekillendirilebilmesi için ince eşeksenli küresel tane yapısına sahip olması gerekmektedir. Eşeksenli mikroyapıya sahip alaşımlar tiksotropiktir yani yarı-katı halde dendritik mikroyapılı alaşımlara göre yüksek akışkanlık özelliğine sahiptir. Küresel mikroyapı elde etmek için uygulanabilecek iki metot vardır:

1. Mekanik yada manyetik karıştırma
2. SIMA (Strain Induced Melt Activated) prosesi.

SIMA prosesi karıştırma metoduyla karşılaştırıldığında basittir ve komplike ekipmanlar gerektirmez.

SIMA prosesi dört aşamadan oluşmaktadır;

- I. Alaşımın dökümle yada sıcak ekstrüzyonla üretilmesi,
- II. Yeniden kristalleşme sıcaklığının üstünde veya altında yüksek oranlarda deformasyona tabi tutularak dendritik yapıdan ince uzun taneli yapıya dönüştürülmesi,
- III. Küresel mikroyapı elde etmek için solidüs-likidüs sıcaklıkları arasına ısıtılması,
- IV. Yarı-katı hale gelmiş parçanın dövülmesi yada şekillendirilmesi.

Yeterli deformasyon verilmiş ve yarı-katı koşullara ısıtılmış malzeme son derece ince, homojen, küresel mikroyapıya dönüşür. Bu prosesin mekanizması tam olarak açıklanamamakla birlikte, yeniden kristalleşme olayına çok benzediğinden, yeniden kristalleşme mekanizması ile açıklanabilir.

Ekstrüzyonla veya soğuk şekil verme yöntemlerinden biriyle üretilmiş ve / veya deformasyon uygulanmış malzemede uygulanan deformasyonun miktarına bağlı olarak dislokasyon yoğunluğu artar. Dislokasyon yoğunluğu yarı – katı hale ısıtma prosesi sırasında birincil α -fazının küresel hale dönüşmesinin ana sebebidir. Dislokasyon yoğunluğu ne kadar artarsa, yeniden kristallenecek taneler için o kadar fazla çekirdek merkezi olacak, dolayısıyla tane yapısı o kadar ince olacaktır.

Oluşan tanelerin arası, sıcaklığın artmasıyla birlikte mikrosegregasyondan dolayı yapıda var olan düşük ergime sıcaklığına sahip faz veya bölgelerin erimesiyle oluşan sıvı faz tarafından ıslatılır. Böyle bir yapı, yarı -katı halde şekil verme yöntemleri için ideal bir yapıdır (şekil 1)



Şekil 1. Non-dendritik Alüminyum Alaşımı

Yarı-katı halde şekillendirme yöntemlerinde düşük ergime sıcaklığından dolayı daha çok alüminyum alaşımları kullanılmış ve ticari olarak üretime geçilmiştir. Bu yöntemle üretilen alüminyum alaşımlarından araba jantları, hidrolik fren valfleri, araba ana silindirleri ve pistonlar gibi birçok otomobil parçaları üretilmektedir.

Yarı-katı halde şekil verme prosesleri otomasyona uygunluğu, yarı-katı halde şekil verme gerçekleştirildiği için kalıp ömrünün artması, talaş kaldırma gibi işlemlere minimum düzeyde gereksinim göstermesi, yarı-katı haldeki malzemenin ergiyik malzemeye göre daha az gaz çözünürlüğüne sahip olması dolayısıyla daha az mikroporozite içermesi gibi avantajlarıyla ilgi çekmektedir.

Tablo 1'de yarı-katı halde ve kokil dökümle üretilmiş alüminyum otomobil jantlarının özelliklerinin karşılaştırması görülmektedir. Yarı-katı şekil verme yöntemi ile kokil dökümüne göre % 30 daha hafif parça üretebilmektedir. Bu parçaların yapısı kokil dökümü ile üretilmiş parçaların yapısından daha ince tanelidir ve daha az mikroporozite içerir.

Tablo 1. Alüminyum otomobil jant üretimi için yarı-katı şekil verme ve kokil döküm yöntemlerinin karşılaştırılması

PROSES	Döküm Ağırlığı (kg)	Son Ağırlık (kg)	Üretim Hızı (adet / saat)	Alaşım Grubu	Kopma Muk (MPa)	Akma Muk (MPa)	Uzama %
Yarı-katı şekil verme	7.5	6.1	90	357-T5	290	214	10
Kokil döküm	11.1	8.6	12	356-T6	221	152	8

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu çalışmada Tablo 1’de spektral analiz sonucu verilen alüminyum alaşımında SIMA prosesi ile küresel yapılı tane oluşumu araştırılmıştır. Ekstrüzyonla üretilmiş çubuklar $\varnothing 20 \times 20$ mm boyutlarında kesilmiş ve Tablo 2’de görülen sıcaklık ve sürelerde ısıtılarak su verilmiştir. Malzeme deformasyonu ile üretilmiş olduğundan, numuneler ayrıca deformasyona tabii tutulmamıştır. Yarı-katı aralığına ısıtılan malzemelerin mikroyapıları optik mikroskopla araştırılmış, sertlikleri ölçülmüş ve çekme testi ile mekanik özellikleri belirlenmiştir.

Tablo 1. Deneysel çalışmada kullanılan alüminyum alaşımın spektral analiz sonucu

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Cr
0.159	0.3791	0.0940	0.5666	2.5228	1.1511	0.0110	0.1190
Ni	Pb	Na	Ca	Sb	Pb	%Al	
0.0048	0.0105	0.00022	0.00513	0.0048	0.00004	94.9649	

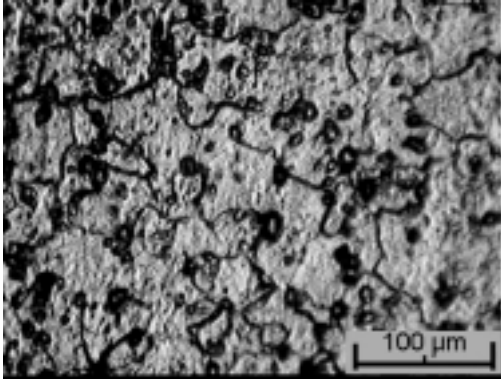
Tablo 2. Uygulanan ısıtım şartları

Deney Koşulları							
1	2	3	4	5	6	7	8
450 °C 20 dk.	500 °C 20 dk.	550 °C 20 dk.	575 °C 20 dk.	600 °C 20 dk.	625 °C 20 dk.	650 °C 20 dk.	650 °C 30 dk.

3. DENEY SONUÇLARI VE İRDELEME

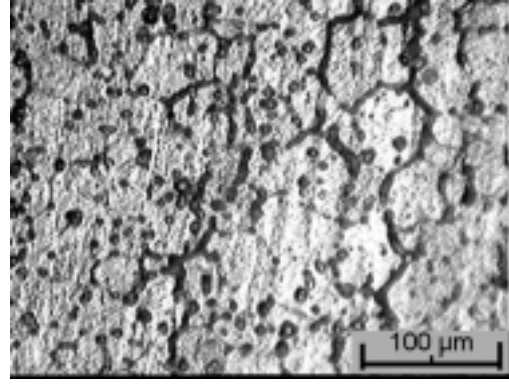
Sıcaklık ve tutma süresinin fonksiyonu olarak tespit edilen mikroyapılar Şekil 2’de verilmiştir. Malzemede ikincil fazların ve inklüzyonların mikroyapı içinde dağıldığı tespit edilmiştir. Bunların (Fe,Mn)Al₆ bileşiminden oluşan inklüzyonlar olduğu düşünülmektedir. Artan sıcaklıkla inklüzyonlar tane sınırlarına çekilerek kısmi ergimeler başlamış (Şekil 2 a-b), tane sınırlarında sıvı fazı oluşturmuştur (Şekil 2 c-d). İlerleyen safhalarda tanelerin oldukça büyüdüğü, tane sınırlarındaki sıvı faz miktarı arttığı ve iki üç tanenin bir araya gelerek birleştiği, tane boyutlarının arttığı gözlenmiştir. Bir miktar sıvı fazın taneler tarafından tutulduğu da gözlenmiştir (Şekil 2 e-f).

Uygulanan her farklı ısıtım sonrasında sertlik ölçümü yapılmıştır. Bu ölçümler sonucunda numune sertlik değerlerinin küreselleşmenin başladığı sıcaklık olan 625 °C ye kadar artış gösterdiği yarı-katı halde şekillendirmeye uygun bu mikro yapıların elde edildiği sıcaklıklarda ise düştüğü gözlenmiştir.



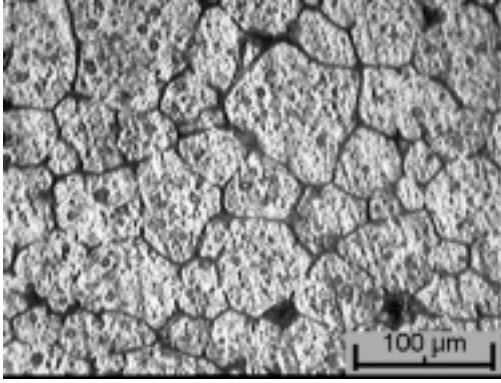
(a)

(600 °C - 20 dakika)



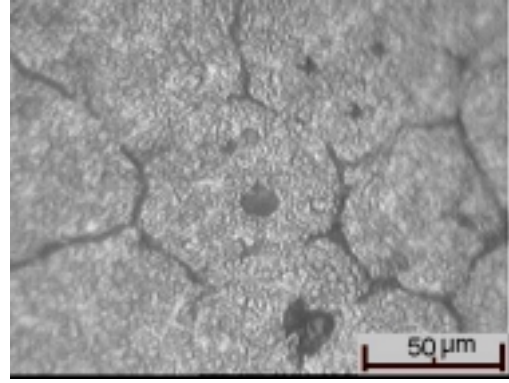
(b)

(625 °C - 20 dakika)

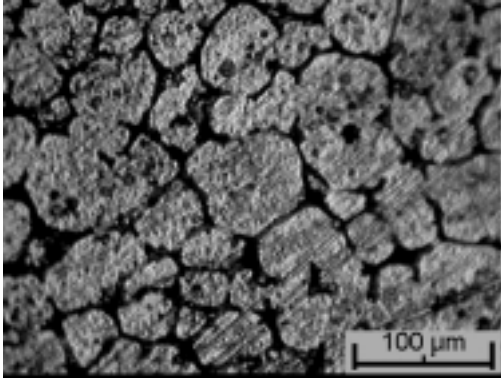


(c)

(650 °C - 20 dakika)

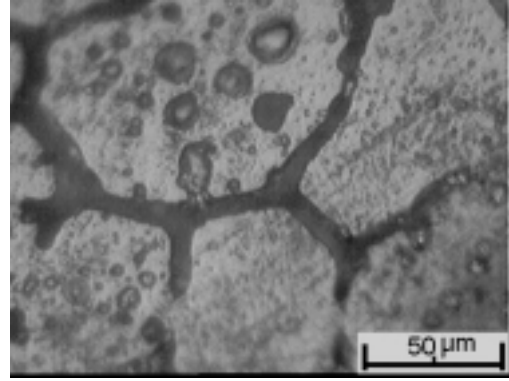


(d)



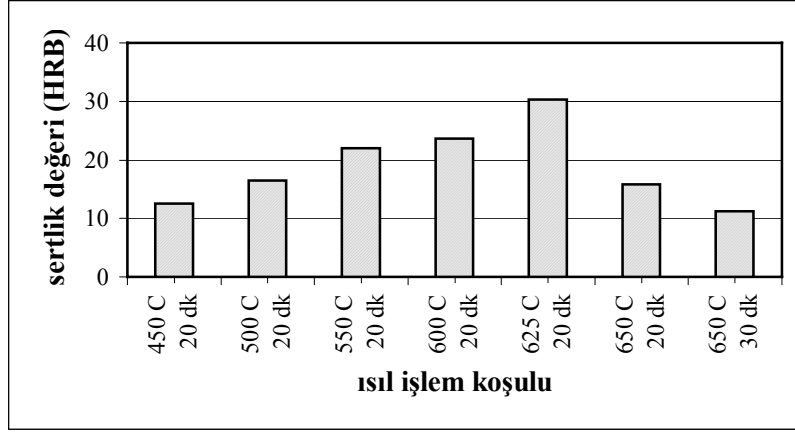
(e)

(650 °C - 30 dakika)

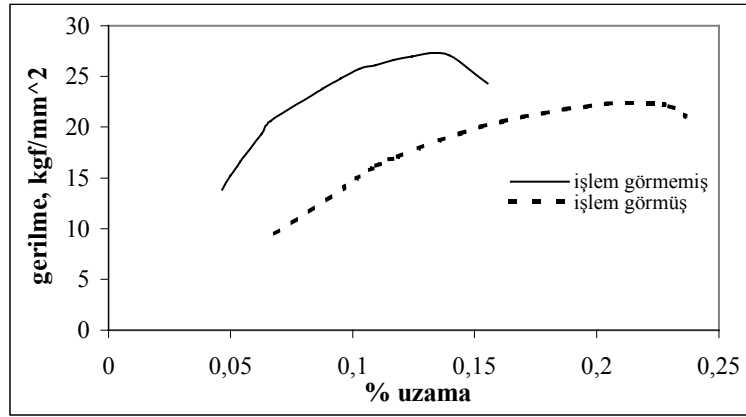


(f)

Şekil 2. Farklı sıcaklık ve sürelerde elde edilen mikroyapılar



Şekil 3. Sertlik ile ısıtım sıcaklığı / süresi arasındaki ilişki



Şekil 4. Çekme deneyi sonuçları

Sıvı faz tarafından ıslatılmış, prosesteki tanıma uygun küresel mikroyapı 650 °C sıcaklıkta elde edilmiştir. Ancak, su verme sırasında 600 °C'den itibaren bu numunelerde çatlamlar oluştuğundan, çekme testi için daha düşük sıcaklıklarda ısıtım işlem görmüş numune ile çalışmak zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Bu nedenle çekme testleri 575 °C'de ısıtım işlem görmüş numunelerle yapılmıştır. Test sonuçları yarı katı malzemelerde beklenen sonuca ulaşamadığını göstermektedir (Şekil 4).

Kapranos ve ark.'na göre yarı-katı malzemelerdeki mekanik özelliklerde beklenen sonuca ulaşamaması malzemenin porozite içermesinden kaynaklanmaktadır. Koruyucu atmosfer koşullarında yapılacak ısıtım işlemle porozite oluşumundan kaçınılabilir.

Bu çalışmada, sıcaklık artışıyla artan porozite miktarı ani soğutma sırasında ortaya çıkan gerilimlerle birlikte numunelerin çatlmasına yol açmıştır. Bu durum, mekanik özelliklerin beklenenden düşük çıkmasını açıklamaktadır.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, bir alüminyum alaşımını SIMA prosesiyle yarı-katı aralığına getirmek için en uygun ısı işlem sıcaklık ve süreleri araştırılmıştır.

Mikroyapılar göz önüne alındığında 650 °C 'de 30 dakikalık ısı işlemde tane sınırlarının tamamen sıvı fazla kuşatıldığı küresel yapılara ulaşılmıştır. Ancak artan sıcaklık tane kabalaşması ve beraberinde sertlikte düşüğe de neden olmuştur.

Tane kabalaşmasını önlemek hem uygun ısı işlem sıcaklık ve süresinin tespitiyle, hem de uygulanan deformasyon miktarının artırılmasıyla mümkün olacaktır. Daha fazla ön deformasyon uygulanmış alaşımda yeniden kristalleşme sırasında daha fazla çekirdeklenme oluşacağından, daha ince taneli mikroyapı ortaya çıkacaktır.

Porozitelerden ve dolayısıyla ortam koşullarından kaynaklanabilecek problemlerden kaçınmak, ısı işlemin kontrollü atmosferde ya da vakum altında yapılmasıyla mümkün olabilir.

Alüminyum alaşımlarında en yaygın mukavemet artırma mekanizması olan çökelme sertleşmesinin de SIMA prosesiyle üretilmiş alaşımda büyük katkı sağlayacağı literatürde görülmektedir.

5. KAYNAKLAR

1. Kapranos, P., Kirkwood, D. H., Sellars, C. M. (1993): "Semi-solid processing of aluminium and high melting point alloys ", Journal of Engineering Manufacture, Vol 207
2. Yong, L. S., Hwan, L. J., Seon L.Y. (2001): "Characterization of Al 7075 alloys after cold working and heating in the semi-solid temperature range", Journal of Materials Processing Technology 111, 42-47
3. Jung, H.K., Kang, C.G. (2000): "Reheating process of cast and wrought aluminum alloys for thixoforging and their globularization mechanism, Journal of Materials Processing Technology 104, 244-253
4. Choi, J. C., Park, H. J. (1998): "Microstructural characteristics of aluminum 2024 by cold working in the SIMA process", Journal of Materials Processing Technology 82, 107-116
5. Robert, M.H., Adamiak, M. (2001): "Preliminary studies on the suitability of rheocast Al alloys for deep drawing", Journal of Materials Processing Technology 109, 168-173
6. Zoqui, E. J., Robert, M. H. (2001): "Contribution to the study of mechanisms involved in the formation of rheocast structure", Journal of Materials Processing Technology 109, 215-219
7. Türkeli, A. : "Yarı Katı Halde Döküm ve Şekil Verme", 4 .Denizli Malzeme Sempozyumu, 1-10, Denizli

8. Bergsma, S.C., Li, X., Kassner, M.E. (2001): "Semi-solid thermal transformations in Al-Si alloys: II. The optimized tensile and fatigue properties of semi-solid 357 and modified 319 aluminum alloys", *Materials Science and Engineering A297*, 69–77
9. Tzimas, E., Zavaliangos, A. (2000): "A comparative characterization of near-equiaxed microstructures as produced by spray casting, magnetohydrodynamic casting and the stress induced, melt activated process", *Materials Science and Engineering A289*, 217–227
10. Tzimas, E., Zavaliangos, A. (2000): "Evolution of near-equiaxed microstructure in the semisolid state", *Materials Science and Engineering A289*, 228–240
11. Jung, H.K., Kang, C.G. (2002): "Induction heating process of an Al-Si aluminum alloy for semi-solid die casting and its resulting microstructure", *Journal of Materials Processing Technology* 120, 355–364
12. Türkeli, A., Akbaş, N. (1996): "Formation of Non-Dendritic Structure in 7075 Wrought Aluminum Alloy by SIMA Process and Effect of Heat Treatment, Proceedings of Fourth International Conference on the Semi-Solid Processing of Alloys and Composites" (Ed. by H. Kirkwood and P. Kapranos) England, UK, 71-74