

GENİŞLEYEBİLEN POLİSTİREN ÜRETİMİNDE KALIPLAMAYOĞUNLUĞUNUN TANE KAYNAMASI VE AĞIRLIĞA ETKİSİ

^{1*}Necati YALÇIN, ¹Kadir KOCATEPE

¹Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, 06500,
Ankara, TÜRKİYE

Özet- Genişleyebilen polistiren (GPS) köpük üretiminde kalıplama yoğunluğu ve sürelerinin kalıplama sonrası ağırlık değişimi ve tane kaynaması üzerine etkisi incelenmiştir. Deneysel çalışmalarda 26,20, 30,70 ve 39,07 kg/m³ kalıplama yoğunlukları ve 20, 30 ve 40 s kalıplama süreleri kullanılarak ASTM D638 standardına göre polistiren numuneler üretilmiştir. Bu numuneler oda sıcaklığında 30 gün süre ile doğal yaşlandırılmıştır. Yaşlandırma sonuçları polistiren köpük numunelerin ağırlık kaybının %99'nu 24 saat sürede gerçekleştiğini ve 30 günde ise tamamlandığını göstermiştir. Kalıplama yoğunluğu ve süresi arttıkça kalıplama sonrası ağırlık değişimleri azalmıştır. Polistiren köpük numunelerde 1,1 atm basınç altında kalıplama sonrası ağırlık değişimi arttıkça kaynama derecesinin düştüğü belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler- GPS, Kalıplama yoğunluğu, Tane kaynaması, Kaybolan köpük

THE EFFECT OF MOLDING DENSITY ON THE BEAD FUSION AND WEIGHT IN THE EXPANDABLE POLYSTYRENE PRODUCTION

Abstract- The effect of molding densities and times on weight change after molding and the bead fusion was investigated in the production of expandable polystyrene (EPS) foam. In experimental studies, polystyrene samples were produced using 26,20, 30,70 ve 39,07 kg/m³ molding densities and 20, 30 and 40 sec molding times according to ASTM D638 standard. Natural aging of these samples were carried out at room temperature for 30 days. Experimental results showed that 99% of losses of EPS foam sample weight in the natural aging process was performed approximately with 24 hours, and was completed with 30 days. The weight change after molding was decreased with increasing molding density and time. It was determined that the fusion degree in polystyrene foam sample was decreased with increasing the weight change after molding under 1.1 atm pressure.

Key Words- EPS, Molding density, Bead fusion, Lost foam

* nyalcin@gazi.edu.tr

1. GİRİş (INTRODUCTION)

Plastik sektöründe hafifliği ve ekonomikliği nedeniyle cazibesi giderek artan genişleyebilen polistiren (GPS) ambalaj, yalıtım ve otomotiv sektöründe pek çok uygulamalarda kullanıldığı gibi döküm sektöründe de köpük model üretimi için tercih edilen termoplastik bir üründür. Bu alanlarda kullanılan GPS köpüğün fiziksel ve mekanik özellikleri ham malzeme, kalıplama şartları ve yoğunluk gibi pek çok faktörden etkilenmektedir [1-5].

GPS granülleri içerisinde bulunan şişirici madde sayesinde geręekleşen hacimce büyüme, kalıplama işleminde tanelerin birbirlerine kaynaması ile sonuçlanır. Kalıplama şartları hücreli yapıya sahip köpük tanelerinin tane içi veya tane yüzeylerinden kopmasını belirleyen kaynama derecesi için önemli bir etkiye sahiptir. Tane kaynaması, blok haline gelmiş tanelerin bir arada kalmasını sağlayan en önemli aşamadır. Tane kaynamasının derecesi GPS'den elde edilen köpük modelin mekanik davranışları ile özellikle döküm esnasında sıvı metal ile model arayüzey genişliği ve şeklinin belirlenmesinde önemli rol oynar[2-5, 7, 8]. Tane kaynama derecesini belirlemede araştırmacılar genellikle mikroyapı veya mekanik test sonuçlarından yararlanmaktadırlar. Tane kaynaması üzerine araştırma yapan pek çok araştırmacı tane kaynama derecesini düşük, orta ve yüksek tane kaynama derecesi olarak değerlendirmişlerdir [2, 5, 7]. Yapılan çalışmalarda kullanılan farklı yaklaşımlar üretimde seçme kolaylığı sağlamaktadır.

Bu çalışmada ASTM D638 standardına göre elde edilen numunelerin yaşlandırma işlemi sırasında kalıplama sonrası ağırlık değişimleri gözlemlenerek, numune yoğunluğunun ağırlık değişimine ve tane kaynamasına etkisi incelenmiştir. Ağırlık değişimi, tane kaynama derecesini ve polistiren köpük parçaların kalıplama sonrası kalitesini tahribatsız olarak belirlemeye katkı sağlayacaktır.

2. YÖNTEM (METHOD)

2.1. Malzeme (Material)

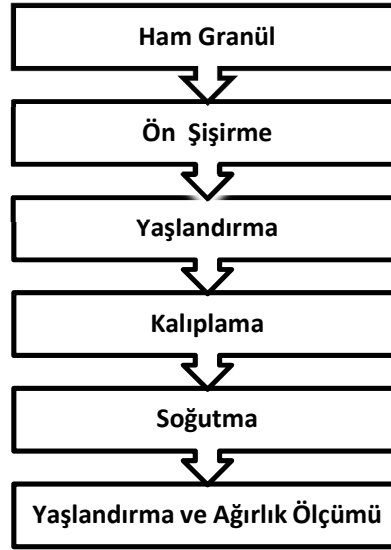
Deneysel çalışmalarda köpük model döküm yöntemi için özel olarak üretilen ve genel özellikleri Tablo 1'de verilen Gedexcel 25C genişleyebilen polistiren (GPS) granülleri kullanılmıştır.

Tablo 1. Deneysel çalışmalarda kullanılan GPS'nin genel özellikleri.(General properties of EPS used in the experimental researches).

Özellik	Değer	Birim
Ham yoğunluk	820	Kg/m ³
Tane boyutu sınıfı	0,2-0,4	mm
Tane boyut dağılımı (%95)	0,25-0,35	mm
Şişirici madde miktarı (pentan)	>=5,5	%Ağırlık
Ulaşılabilecek minimum yoğunluk	22	Kg/m ³

2.2. Deneysel Çalışmalar (Experimental Procedures)

Deneysel çalışmalarda ASTM D638 test standardına uygun hazırlanan alüminyum kalıp içerisinde hücreli köpük taneler şekillendirilerek, birbirine kaynayan son şekli (net-shape) verilmiş blok numuneler kullanılmıştır. Numuneler Şekil 1'deki yöntem ve işlem sırasıyla elde edilmiştir.



Şekil 1. Şematik olarak polistiren köpük numunelerin üretim aşaması. (Schematic of production order of polystyrene foam specimens)

Polistiren granüllerinin ön şişirme işlemi özel olarak hazırlanmış paslanmaz çelik gövdeli 50 lt hacmine sahip cihazda sıcak buhar ortamında 30 saniye (s) sürede yapılmıştır. Granüller 30 sön şişirme işleminin hemen ardından 24 saat doğal yaşlandırılmıştır. Ön şişirilmiş ve yaşlandırılmış taneler ASTM D638 test standardına uygun hazırlanmış alüminyum kalıp içerisinde 1,1 atm basınç altında ve 20, 30 ve 40 s sürelerinde kalıplanmıştır. Kalıplama sonrası kalıp yüzeyine su püskürtülerek soğutma işlemi yapılmıştır. Soğutma işlemine tabi tutulan kalıplardan numuneler çıkartılarak kalıplama sonrası ağırlık değişimleri takip edilmiştir. Her bir numune için kalıptan çıktığı andan itibaren ilk 3 saat 30 dk aralıklarla ve bu süreyi izleyen yaşlandırma sürecinde 1 saat aralıklarla %0,1 hassasiyetindeki terazide ağırlık değişimleri takip edilmiştir. Elde edilen ölçüm değerleri mikroyapı analizinde gözlemlenen tane kaynaması derecesi ile karşılaştırılarak 26,20, 30,70 ve 39,07 kg/m³ kalıplama yoğunluklarının ağırlık değişimi ile kaynama derecesine etkisi incelenmiştir.

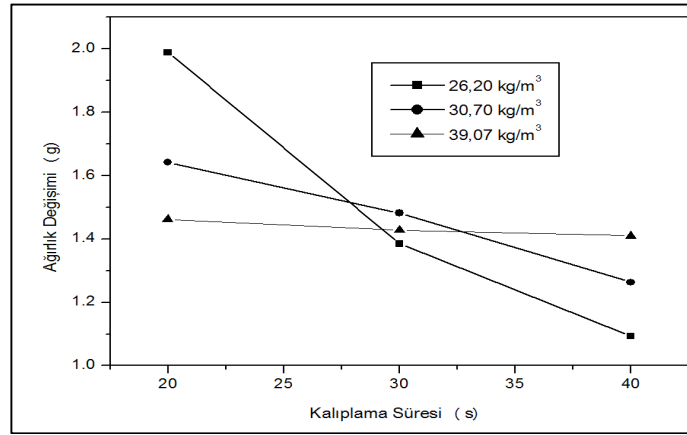
3. BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSION)

Deneysel çalışmalarda 30 s süre ile ön şişirme işlemi uygulanan granüller kalıplama işleminde birbirine yapışma özelliğinin iyileştirilmesi için yaşlandırma sürenin en iyi sonucu verdiği tespit edilen 24 saat süre ile oda sıcaklığında doğal yaşlandırılmıştır. Ön şişirilmiş ve doğal yaşlandırma işlemine tabi tutulmuş bu granüllerden 26,2, 30,7 ve 39,07 kg/m³ yoğunluk sağlayacak şekilde sırasıyla 0,570, 0,665 ve 0,860 g alüminyum kalıp içerisine konularak numuneler üretilmiştir. Kalıplama sonrası numunelerden elde edilen ağırlık değişimi sonuçları Tablo 2 ve Şekil 2’de verilmiştir.

30 s ön şişirme işlemine tabi tutulmuş ve 24 saat doğal yaşlandırılmış 26,20, 30,70 ve 39,07 kg/m³ yoğunlukları sağlayacak sırasıyla 0,570, 0,665 ve 0,860 g granül, ASTM D638 test standardına uygun hazırlanmış alüminyum kalıp içerisinde 1,1 atm basınç altında ve 20, 30 ve 40 s sürelerinde kalıplanmıştır. Kalıplama sonrası takip edilen numune ölçümlerinden, kalıplama süresi ve yoğunluklarının kalıplama sonrası ağırlık değişimleri üzerine önemli etkisi olduğu tespit edilmiştir.

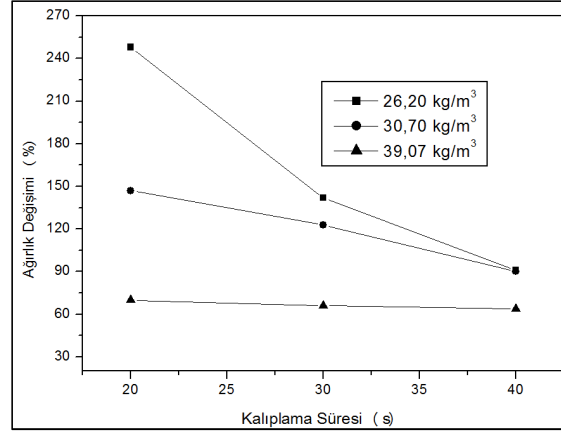
Tablo 2. Polistiren köpük numunelerde farklı kalıplama süreleri ve yoğunluklarında kalıplama sonrası elde edilen ağırlık değişimi. (Obtained weight change after molding with different molding times and densities in polystyrene foam specimens).

Yoğunluk (Kg/m ³)	0,570			0,665			0,860		
Kalıplama Süresi (s)	20	30	40	20	30	40	20	30	40
Ağırlık Artışı (g)	1,989	1,385	1,093	1,642	1,482	1,263	1,462	1,428	1,410
Ağırlık Artışı (%)	248	142	91	147	123	90	70	66	64

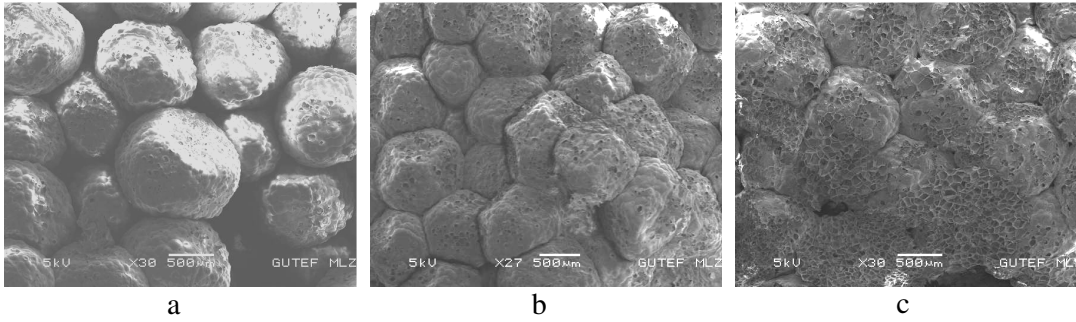


şekil 2. Kalıplama süresinin kalıplama sonrası ağırlık değişimi (g) üzerindeki etkisi. (The effect of molding time on the weight change (g) after molding).

Yüksek kalıplama yoğunluğunda (39,07kg/m³) ve 20, 30 ve 40 s kalıplama sürelerinde elde edilen numunelerin ağırlık ölçümlerinde Tablo 2 ve şekil 3'de görüleceği gibi nispeten diğer numunelere göre daha düşük % ağırlık artışı ölçülmüştür. Ayrıca aynı yoğunlukta farklı kalıplama sürelerinde gözlemlenen % ağırlık artışları arasında birbirine yaklaşık değerler elde edilmiştir. Ancak 26,20 ve 30,70 kg/m³ yoğunluğuna sahip numunelerde kalıplama sürelerinin artmasıyla kalıplama sonrası ağırlık artışlarında gözle görülür bir azalma söz konusudur. Kalıplama sonrası ağırlık artışına neden olan düşük kalıplama süresi kaynama derecesini de düşürmüştür, şekil 4. Burada tane kaynama derecesinin artması çekme sırasında kopmanın tane arayüzeyi yerine tane içinde meydana gelmesine neden olmuştur. Sonuç olarak kalıplama sonrası ağırlık değişimi kalıplama süresi ve yoğunluğu arttıkça azalmıştır. Hüresel plastiklerde yüksek kalıplama süresi ve yoğunluğunun kalıplama sonrası ağırlık değişimine etkisi teorik olarak şu şekilde açıklanabilir: İki termoplastik malzeme camsı geçiş sıcaklığı üzerine ısıtıldığında viskoelastik yumuşama ile birlikte yüzeylede meydana gelen bölgesel temas alanının giderek artmasıyla taneler arası boşlukların azalması olarak açıklanabilir. Bu yumuşama ve temas moleköl zincirlerinin hüresel taneler arasında yeniden düzenlenerek tane kaynama derecesinin artmasına da katkı sağlamaktadır [5]. Kalıplama yoğunluğunun artması köpük numunelerdeki zincir sayısını arttıracadığından moleköl ağırlığını geliştirecek ve arayüzeyin daha aktif olmasını sağlayacaktır.



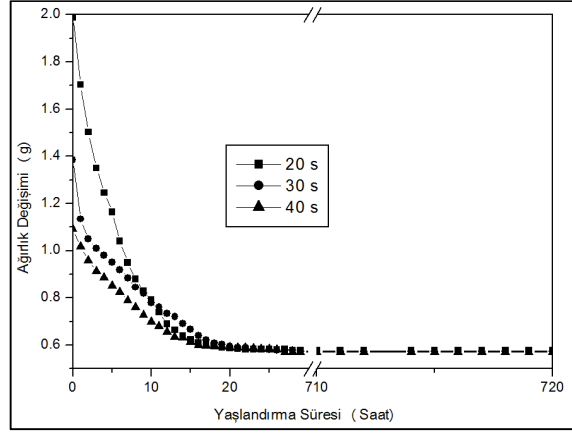
Şekil 3. Kalıplama süresinin kalıplama sonrası % ağırlık değişimi üzerindeki etkisi. (The effect of molding time on the weight change% after molding)



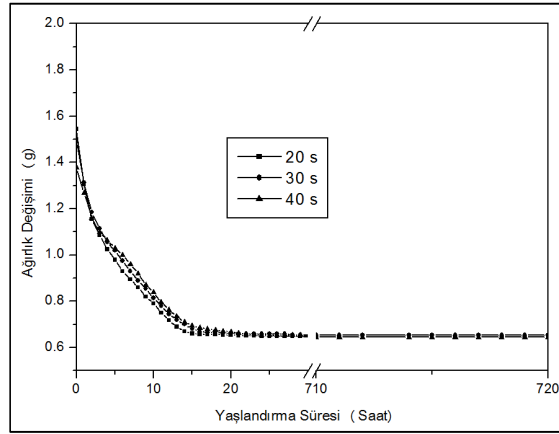
Şekil 4. Tarama elektron mikroskopunda (SEM) 30,70 kg/m³ yoğunluğa sahip 1,1 atm kalıplama basıncında üretilen numunelerin kırık yüzey görüntüleri; a) 20 s, b) 30 s ve c) 40 s kalıplama süresi. (The fracture surface micrographs of produced specimens in 1,1 atm molding pressure and having 30,70 kg/m³ density on Scanning electron microscope (SEM); a) 20 s, b) 30 s and c) 40 s the molding times)

Numunelerin kalıplama sonrası ölçülen ağırlık değişimleri kalıplama yoğunluğu ve sürelerine göre farklılıklar sergilemiştir, Tablo 3. Düşük kalıplama yoğunluğunda kalıplama süresinin artmasıyla kalıplama sonrası ağırlık hızlı bir düşüş göstermiştir (Şekil 5). 26,20 kg/m³ kalıplama yoğunluğunda 20 s kalıplama süresi kalıplama sonrası 1,989 g ağırlık üretirken 40 s kalıplama süresi 1,093 g ağırlığa sahip numune üretmiştir. Kalıplama süresindeki artış Şekil 6 ve 7'de görüldüğü gibi 30,7 ve 39,07 kg/m³ yoğunluklarında numunelerin kalıplama sonrası ağırlıklarında benzer şekilde düşme meydana getirmiştir. 26,20 kg/m³ yoğunluğunda 20 s kalıplama süresinde nispeten yüksek ağırlık değişimi gözlemlenmiştir. Şekil 5'te 20, 30 ve 40 s kalıplama sürelerinde kalıplama sonrası ağırlık değerleri arasında farklılıklar artarken, Şekil 6 ve 7'desıraıyla 30,7 ve 39,07 kg/m³ yoğunluklarda birbirlerine yakın değerler elde edilmiştir. Kalıplama sonrası daha yüksek ağırlığa sahip numunelerin ağırlıklarını daha hızlı kaybettikleri görülmektedir, Şekil 5. Taneler arası boşluk ve düşük kaynama derecesi hızlı ağırlık kaybını açıklamaktadır. Ayrıca yüksek kalıplama yoğunluğu taneler arası etkileşimi arttıracığından kalıplama sonrası ağırlık değerlerinde azalmayı sağlamaktadır, Tablo 2.

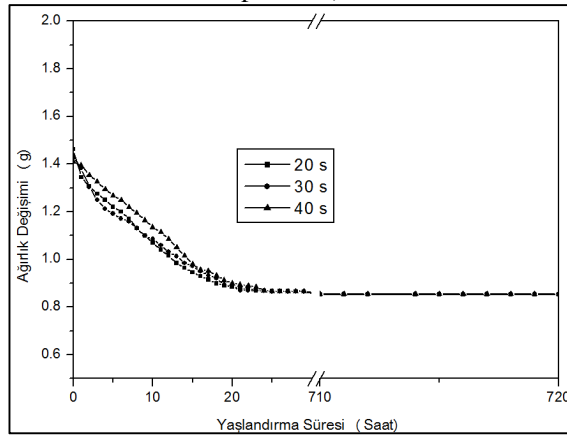
...:Genişleyebilen Polistiren Üretiminde Kalıplama Yoğunluğunun Tane Kaynaması Ve Ağırlığa Etkisi::



şekil 5. 26,20 kg/m³ kalıplama yoğunluğu ve 1,1 atm basınçta üretilen numunelerin yaşlanma davranışı. (The aging behavior of samples produced in 26,20 kg/m³ molding density and 1,1 atm pressure)



şekil 6.30,70 kg/m³ kalıplama yoğunluğu ve 1,1 atm basınçta üretilen numunelerin yaşlanma davranışı. (The aging behavior of samples produced in 30,70 kg/m³ molding density and 1,1 atm pressure)



şekil 7. 39,70 kg/m³ kalıplama yoğunluğu ve 1,1 atm basınçta üretilen numunelerin yaşlanma davranışı. (The aging behavior of samples produced in 39,70 kg/m³ molding density and 1,1 atm pressure)

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

GPS köpük malzemelerin üretiminde pek çok değişken etkili olmaktadır. Kalıplama yoğunluğunun ağırlık değişimi ve tane kaynama derecesine etkisini belirlemek için yapılan deneysel çalışmalarda, kalıplama yoğunluğu ve süresi blok malzeme üretiminde önemli değişkenler olduğu görülmüştür. Elde edilen verilerden şu sonuçlar elde edilmiştir.

1. Kalıplama yoğunluğu 26,20 ve 30,70 kg/m³ olan numunelerde kalıplama sonrası ağırlık değerlerini artan kalıplama süresiyle azaltmış ve 39,07 kg/m³ yoğunluğunda fazla etkilememiştir.
2. Kalıplama yoğunluğu arttıkça kalıplama sonrası ağırlık değişimleri azalmaktadır.
3. Düşük kalıplama yoğunluklarında ağırlık artışı kalıplama süresine bağlı olarak %248 değerinden %91 değerine düşerken, yüksek yoğunluğa sahip numunelerde %70 değerinden %64 değerine düşmüştür.
4. En düşük % ağırlık artışı 40 sn kalıplama süresinde ve 39,07 kg/m³ kalıplama yoğunluğunda gerçekleşmiştir.
5. Kalıplama sonrası ağırlık değişimi arttıkça kaynama derecesi düşmüştür.

5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]. Kannan, P., Biernacki, J.J., Visco, D.P., (2007). A Review of Physical and Kinetically Models of Thermal Degradation of Expanded Polystyrene Foam and Their Application to the Lost Foam Casting Process, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 78, 162-171.
- [2]. Rossacci, J., Shivkumar, S., (2003). Bead Fusion in Polystyrene Foam, *Journal of Materials Science*, 38, 201-206.
- [3]. Bates, C.E., Littleton, H.E., McMellon, B., Stroom, P.A., (2001). Technological developments and worldwide market growth in lost foam casting production, *AFS Transaction*, 109: 1557-1572.
- [4]. Yalçın, N., (2006). *Köpük Model Döküm Yönteminde Döküm ve Model Parametrelerinin İncelenmesi*, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- [5]. Rossacci, J., Shivkumar, S., (2003). Influence of EPS Bead Fusion on Pattern Degradation and Casting Formation in the Lost Foam Process, *Journal of Materials Science*, 38, 2321-2330.
- [6]. Khodai, M., Parvin, N., (2008). Pressure Measurement and Some Observation in Lost Foam Casting, *Journal of Materials Processing Technology*, 206, 1-6.
- [7]. Sands, M., Shivkumar, S., (2003). EPS Molecular Weight and Foam Density Effect in the Lost Foam Process, *Journal of Materials Science*, 38, 2233-2239.
- [8]. Gutierrez, C., et.all, (2014). Preparation and Characterization of Polystyrene Foams from Limonene Solutions, *The Journal of Supercritical Fluids*, 88, 92-104.