



## **Havada Sertleşen Reçine Sistemi, Köpük Model Döküm (Dolu Kalıp Döküm) Prosesinde, Prosesle ilgili Parametrelerin İncelenmesi**

Dr. Sven Uebrick (ASK Chemicals GmbH – Almanya)  
Çeviren Gökhan YILDIRIM (ASK Chemicals TR Tic Ltd Şti.)

### **Bölüm 1**

#### **Prosesle ilgili malzemelerin gaz verme kapasitesi**

Dolu kalıp (Strafor Model - Lost Foam) döküm prosesinde gaz oluşumu, kalıplardaki dolum hızından daha hızlı ve yoğundur. Kapsamlı araştırmalar ile, dolu kalıp döküm prosesi için proses ile ilgili olan maddelerin gaz verme kapasitesini belirlenmiştir.

1958'de H. F. Shroyer tarafından icat edilen dolu kalıp (kaybolan köpük) döküm [1], hala kolayca gaz oluşturan köpüklerden döküm elde etmenin temelini oluşturuyor.

Köpük modellerin kullanımı 60'larda hızlı bir şekilde yayılmıştır ve sadece tek parça dökümlerin üretimi için değil aynı zamanda hafif metal, demir ve çelik dökümlerden bağlayıcısız kalıplarda seri döküm üretimi için de büyük bir üretim potansiyeli açmıştır [2], [3].

Dolu kalıp döküm prosesi ile yapılan dökümler, dökümden sonra bir dizi işleme yönelik avantaj sağlar. Örneğin; Köpük modeller için kalıp ayrımı, işleme, zaman ve malzeme tasarrufu sağlayan üretim teknolojisi, üretim ve depolama maliyetlerinin azaltılması, maliyetli temel kavramlar üzerinde tasarruf, temizleme maliyetlerinin düşürülmesi ve neredeyse sınırsız tasarım özgürlüğüne olanak sağlaması.

Araç gövde konstrüksiyonunda sac - metal şekillendirme araçlarının üretiminde kullanılan dolu kalıp döküm prosesinin daha da geliştirilmesi için araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Burada, sekiz adete kadar metal şekillendirme aşamasına sahip çeşitli üretim aşamalarında, levhalar, kuruluma hazır bir gövde bileşenine dönüştürülür ve kesilir. Bir defaya mahsus üretilen büyük ölçekli modeller ile klasik üretim, metalik döküm malzemelerle, lamel grafitli dökme demir, küresel grafitli dökme demir ve kimyasal olarak bağlayıcı kalıplama malzemelerinde çeşitli dökme çelik alaşımlar ile yapılmaktadır. Kalıp dolumu prosesi sırasında dolu kalıp dökümdeki yüksek gaz konsantrasyonları, girdi malzemelerinin gaz oluşturmaya ve piroliz sırasında oluşan ayrışma atık ürünlerinin tahliyesine bağlıdır. Dolu kalıp dolum alanı ayrıştırma atık ürünleri ve kötü kalıplama kalitesi aşağıdaki hatalara neden olabilir.

- Yüzey hataları (örn: yara izi),
- Karbon kalıntıları
- Kalıp penetrasyonları
- Poroziteler

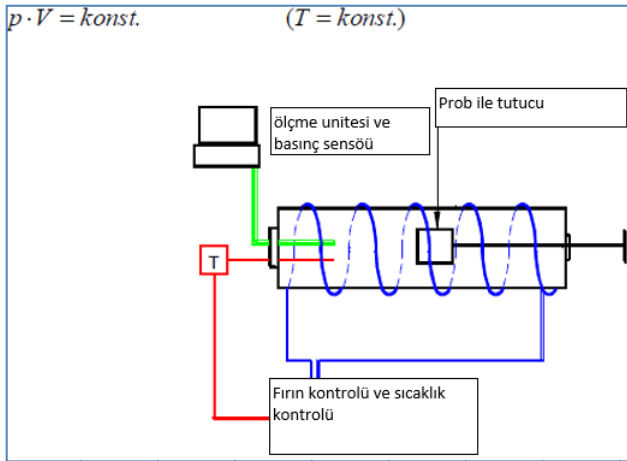


Dolu kalıp dolum alanında düşük bir gaz konsantrasyonu esasen aşağıdaki şartlar ile bağlantılıdır:

- Kullanılan girdi malzemelerinin düşük gaz verme kapasitesi, örn. polistiren köpük, model yapıştırıcı, model yapıştırıcı bant, kalıp malzemesi vb.
- Refrakter model kaplamanın ve kalıp malzemesinin yüksek gaz geçirgenliği.

## Deney Açıklaması

Model yapıştırıcılar, model yapıştırıcı bantları, plastik malzeme, kalıp malzemesi ve polistiren köpükler gibi prosesle ilgili maddelerin gaz verme kapasitesinin belirlenmesi için, Şekil 1'de şematik olarak gösterilen deney düzeneği, 800 ° C, 1000 ° C ve 1350 ° C sıcaklıkları için kullanılmıştır. Gaz tahliyesi, elektrikli ısıtmalı fırın ile gerçekleştirilir. Fırın odası, bir direnç teli ile ısıtılan bir kuvars cam tüpünden oluşmaktadır. Bu belirleme yöntemi, piroliz gazının bir basınç sensörü üzerinde uyguladığı basınçtaki değişikliğe dayanmaktadır. Değerlendirme, ideal gazların izotermal durum değişimine dayanarak, hacim hesaplanarak yapılmıştır [4].



**Resim 1:** Prosesle ilgili malzemelerin 800 ° C, 1000 ° C ve 1350 ° C'de gaz verme kapasitesini belirlemek için şematik test kurulumu

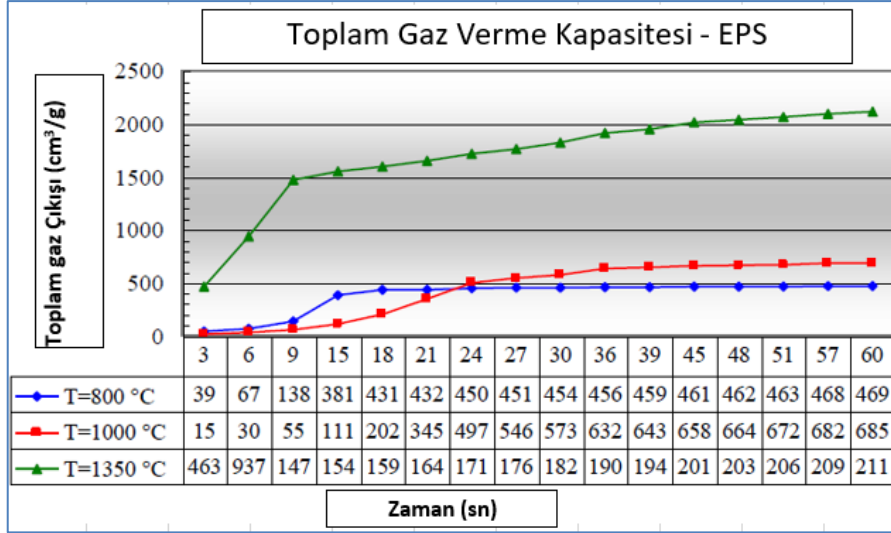
## Polistiren Köpük

Gaz verme kapasitesini değerlendirmek için, yaklaşık 18 kg / m<sup>3</sup>'lük bir kütle yoğunluğu olan ticari olarak temin edilebilen termoplastik polistiren (EPS), genleşebilen polistirenler ve 18 kg / m<sup>3</sup> kütle yoğunluğuna sahip tam form PORESTA mavisi araştırılmıştır. Laboratuvar testleri, 0.1 g ağırlıkta (800 ° C ve 1000 ° C) ve 0.02 g (1350 ° C) ağırlıkta gerçekleştirilmiştir. Polistiren köpüklerin gaz verme kapasitesinin belirlenmesi, kalıp dolum prosesi sırasında sıcaklığın bir fonksiyonu olarak polistiren köpüğün döküm toplam miktarını belirlemeyi hedeflemektedir.

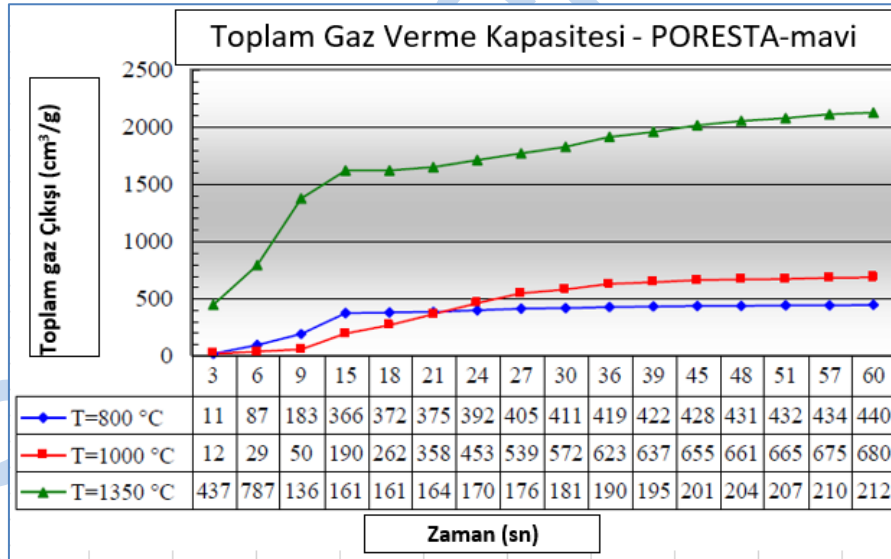
Polistiren köpüğün gaz verme kapasitesi ve davranışı, dolu kalıp döküm prosesindeki oranı dikkate alarak, diğer prosesler ile ilgili malzeme bileşenlerine kıyasla birincil öneme sahiptir. 12.000 kg ağırlığında bir makina parçası üretilirken, 18 g / dm<sup>3</sup> yoğunluğa sahip bir polistiren köpüğün kullanılması şartıyla, yaklaşık 30 kg'lık polistiren köpüğün buharlaşmasından kaynaklanan gaz miktarı tahliye edilir. Buharlaştırma ürünleri, refrakter model kaplama ve kalıplama malzemesiyle mümkün olduğunca atık şeklinde elde edilmelidir.



Döküm parçaların döküm sıcaklığı aralıklarında (Diyagram 1 ve 2) buharlaşma ürünlerinin oluşumları ile ilgili tam bilgi, prosesle ilgili parametrelerin (örneğin, model refrakter kaplama ve kalıplama malzemesinin gaz geçirgenliği) ayarlanmasına yönelik önemli bir kontrol değişkeni olduğudur.



**Diyagram 1:** EPS'nin T = 800 ° C, T = 1000 ° C ve T = 1350 ° C'de toplam gaz verme kapasitesi

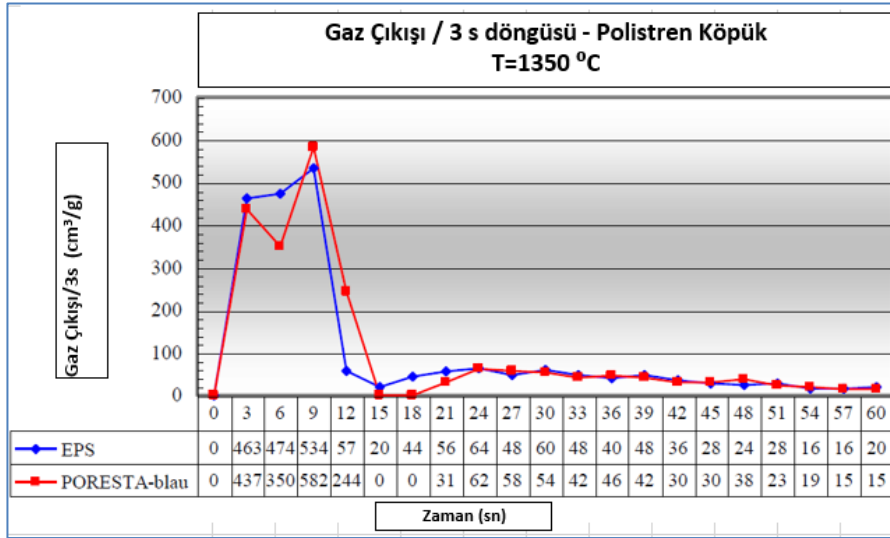


**Diyagram 2:** PORESTA-mavisinin T = 800 ° C, T = 1000 ° C ve T = 1350 ° C'de toplam gaz verme kapasitesi

EPS ve PORESTA mavisi, aynı yoğunlukta 18 g / dm<sup>3</sup> olan hemen hemen benzer bir gaz ayırma davranışı sergilemektedir. EPS ve PORESTA-mavisinin gaz verme kapasite değerleri, 1000 ° C için 21 s'lik bir ölçüm süresine kadar 800 ° C'likten daha düşüktür. Gaz verme davranışı olayı, gaz kinetiği bilgisiyle ilgili olduğu kadar, polistiren ayrışması sırasında piroliz atık ürünlerinin yeni ve yeniden reaksiyonları ile açıklanabilir ve bu konu bu araştırmanın konusu değildir.



800 ° C ve 1000 ° C'lik sıcaklıklarında Polistiren köpük PORESTA mavisinin serbest gaz verme davranışı EPS köpüğünden daha düşük veya eşittir. Her iki polistiren köpüğü kalıp dökümlerini (T = 1350 ° C) sıcaklığında karşılaştırırsanız, iki fark olduğunu görebilirsiniz. PORESTA mavisinin gaz çıkışı iki maksimum değerinde biraz daha düşük bir seviyede gerçekleşir. EPS polistireninin gaz verme kapasitesi 3 s'den 12 s'ye kadar olan reaksiyon aralığında daha düzenlidir (Resim 3). Gaz verme kapasitesinin benzer bir davranışı, polistiren köpük, PORESTA mavisi ve PMMA köpüğü için 1000 ° C'lik bir sıcaklıkta da belirlenebilir [5].



**Diyaqram 3:** EPS ve PORESTA-mavisinin T = 1350 ° C'de toplam gaz verme kapasitesi

Modelleme uygulamasında kullanılan polistiren köpüğün gaz verme kapasitesinin bilinmesi, kaçınılmaz olarak dolu kalıp döküm prosesi için uygun girdi malzemelerinin seçimine yol açmalıdır. Gaz verme kapasitesinin spesifik seyri hakkındaki bilgi, sadece refrakter model kaplaması üzerine sonuçların çıkarılmasına değil, aynı zamanda kalıp dolumu prosesine de izin vermektedir. Elde edilen bulguların temelinde, bir yandan polistiren köpüğün gaz verme davranışı, ayrışma özellikleri ve ayrışma atıkları, öte yandan kaplamanın gaz geçirgenliği ve soğuk reçine ile bağlanmış furan reçine kalıbı gibi gaz boşaltma koşulları, kalıp dolum prosesini belirleyen etkenlerdir.

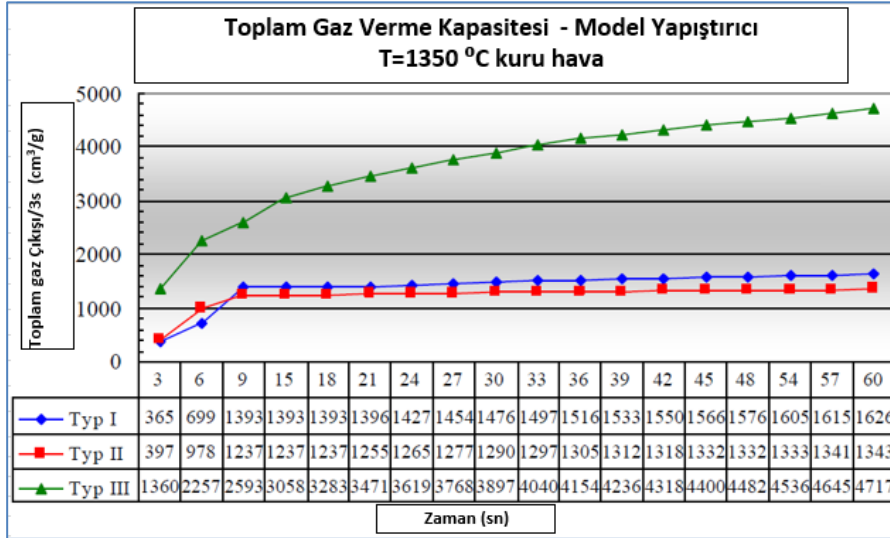
### Model Yapıştırıcısı

Dolu kalıp döküm modelleri giderek daha karmaşık hale gelmektedir. Daha fazla proses ve üretim aşamalarının entegrasyonu, model kısmında tasarım özgürlüğünde artışa yol açar. Ancak sadece döküm parçaları için gereklilikler değil, aynı zamanda model üreticilerin ve dökümhanelerin imalat teknikleri de son yıllarda önemli ölçüde gelişmiştir. Örneğin, model data çizimlerinin sayısallaştırılması ve modern CAD sistemleri ile tadilatı ve model freze makineleri için NC veri tabanlarının oluşturulması. Bu gerekliliklerin dışında, model oluşturma stratejisinin kesin olarak belirlenmesi özel bir öneme sahiptir. Sonuç olarak, üretim ile ilgili ayırım düzlemlerinin sayısı ve dolayısıyla ek yerleri azaltılabilir.

İncelemeler için 0,78 g / cm<sup>3</sup> (tip I), 0.85 g / cm<sup>3</sup> (tip II) ve 1.09 g / cm<sup>3</sup> (tip III) yoğunluğu olan 3 adet, ticari olarak temin edilebilen model yapıştırıcıları kullanılmıştır.



Gaz verme kapasiteleri, hava ile kurutulmuş halde 1350 ° C'lik bir sıcaklıkta laboratuvar koşulları altında incelenmiştir (diyagram 4 ve 5). Mevcut bulgulara dayanarak yüksek bir gaz verme kapasitesi beklenebilir. Bu nedenle, 1350 ° C'lik bir test sıcaklığında testler için başlangıç ağırlıkları 0.040 g (Tip I), 0.045 g (Tip II) ve 0.1 g (Tip III) kullanılmıştır.



Diyagram 4: Model Yapıştırıcıların (3 farklı tip) T = 1350 ° C kuru havada toplam gaz verme kapasitesi

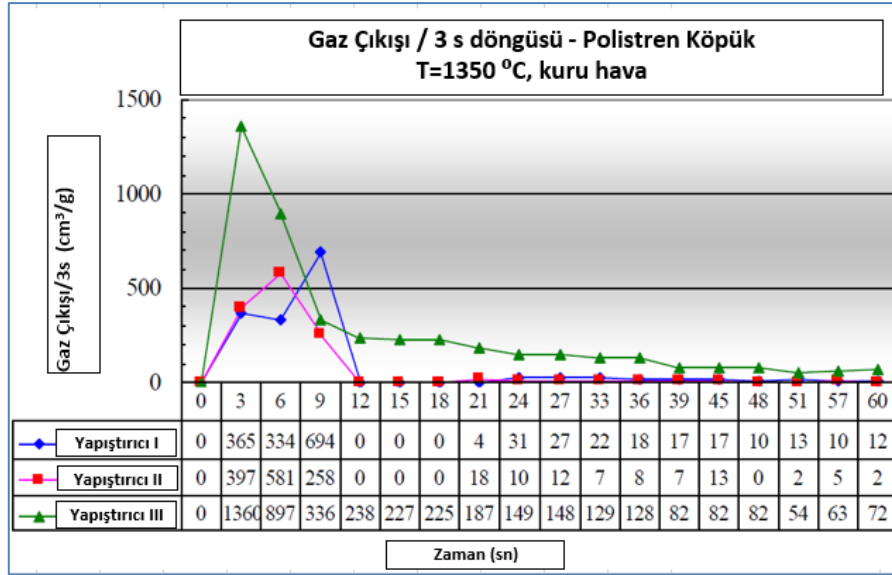
## Model Yapıştırıcı Bantları

Dolu kalıp kalıplama işlemi için gerekli olan polistiren köpük modelleri, çok sayıda tekil bileşenlerden bir araya getirilmiştir. Bir "parça" dan bir köpük modelinin üretimi, büyük döküm parçaları için endüstriyel uygulamada istisnai bir durumdur. Köpük model parçaların montajı, özel model yapıştırıcılar ile yapıştırılarak yapılır. Kalıp dolum seviyesi yönünde yapıştırılan nokta sayısı, döküm parçasında boyutsal sapmalara yol açabilir.

Model üzerindeki bağlantıların çok kötü olması nedeni ile 1 mm yapıştırıcı 50 mm köpüğe karşılık gelir [6]. Yapıştırıcı, köpükten 30 ila 40 kat daha yüksek hacimsel gaz verme kapasitesine sahiptir. Yapıştırıcı derzlerinde oluşan yapışkanın yüksek konsantrasyonu ve kalıp doldurma işlemi sırasında ortaya çıkan ani artış nedeniyle, kayda değer miktarda gaz açığa çıkar. Bu gaz miktarı, gelecek olan sıvı metalin karşılaştığı bir engeldir [7].

Model yapıştırıcı bantının, kalıp dolum işlemi sırasında kalıptaki gaz konsantrasyonu üzerindeki etkisi, yapıştırıcı miktarının koordineli uygulanması ve model parçalarının montajından önce yapıştırıcının yeterli şekilde kurutulmasıyla azaltılabilir [8].

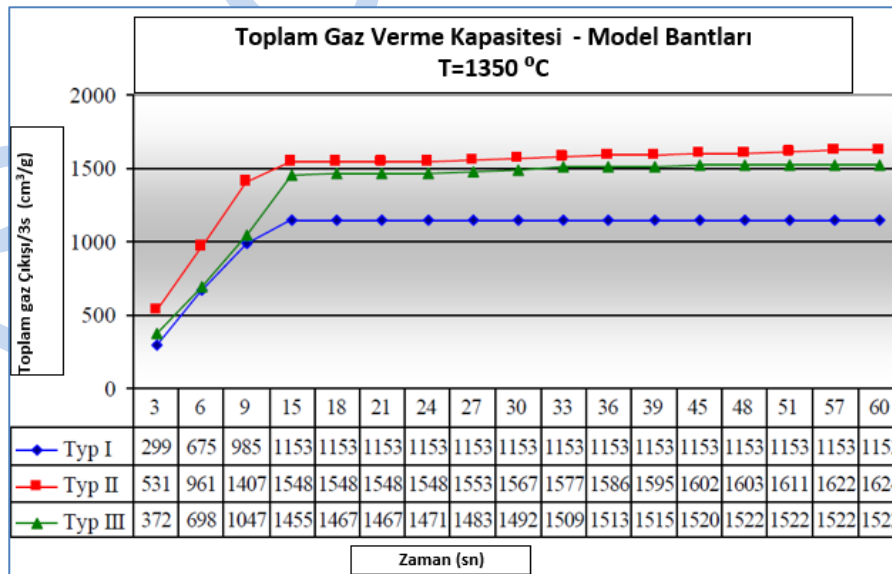
Kaplama ve kurutma sırasında ve sonrasında münferit köpük model parçaları arasında stabil bir yapıştırıcı bağı sağlamak için, kurutma fırınındaki polistiren köpük modelleri için kurutma sıcaklığı 40 ila 60 ° C'ye ayarlanmalıdır. Operasyonel modelleme uygulamasında polistiren köpük modellerinin üretilmesinde, mevcut model çizimleri ve dataların (örneğin, 3 boyutlu datalar) modellerin NC ile işlenmesi için özellikle önemlidir.



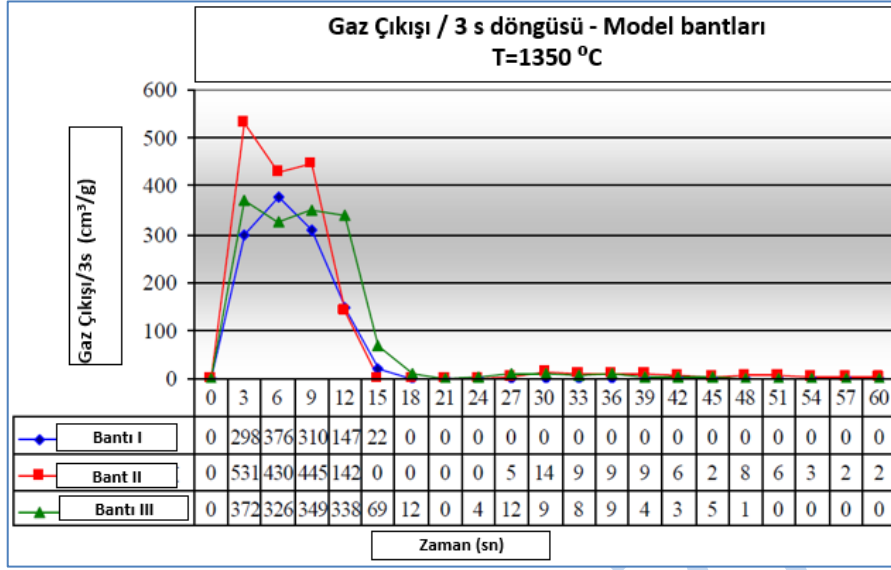
**Diyagram 5:** Model yapıştırıcılarının (3 farklı tip) T=1350 °C, kuru havada Gaz verme miktarları

Modele uyarlanan bir NC stratejisi, model üzerindeki ek sayısını azaltır ve böylece sıvı metal eriyiği ile kalıp dolumu sırasında kalıp içindeki gaz hacmi üzerinde ve dolayısıyla döküm üzerindeki hata oluşumunda azımsanmayacak bir etkiye sahip olur.

Model yapışkan bantların gaz verme kapasitesini araştırmak için, ticari olarak temin edilebilen üç farklı ürün, 1350 ° C'lik bir sıcaklıkta kullanılmıştır (diyagram 6 ve 7).



**Diyagram 6:** Model Bantlarının (3 farklı tip) T = 1350 ° C'de toplam gaz verme kapasitesi

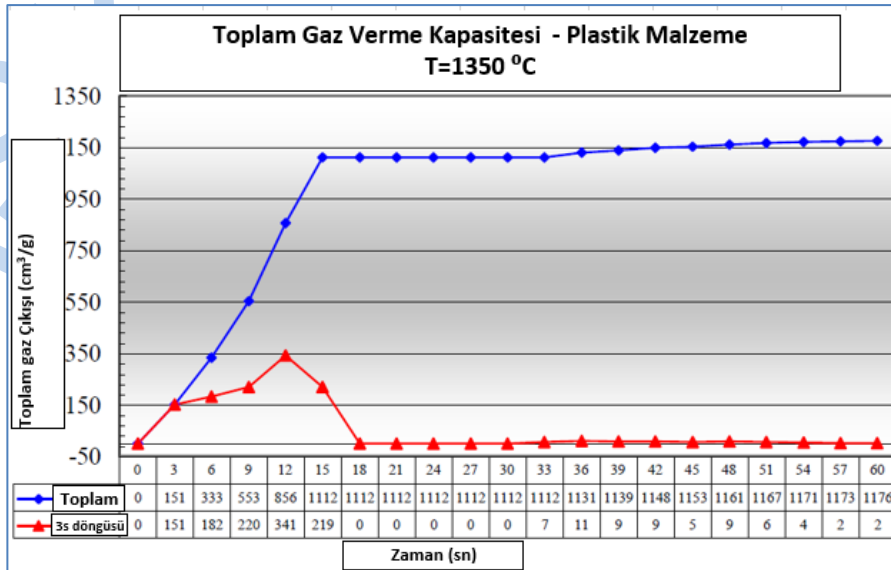


Diyagram 7: Model bantlarının (3 farklı tip) T=1350 °C'de 3s döngüsü Gaz verme miktarları

## Plastik Malzemeler

Plastik malzemeler, model parçalarının tanımlanabilirliği için (ör: Model No., Malzeme Adı, Şirket Adı, Kimlik Numarası, vb.) polistiren köpük yüzeyine yapıştırılmaktadır. Polistiren köpük yüzey üzerinde gaz üreten malzemelerin artması, bölgesel hata oluşumunun artmasına yol açabilir. Bu nedenle, plastiğin ayrışma atık oluşturma davranışının bilinmesi önemlidir.

İncelemeler için 1030 kg / m<sup>3</sup> yoğunluğa sahip plastik malzeme - modifiye polistiren kullanılmıştır. Plastik malzemenin gaz verme kapasitesi laboratuvar koşulları altında 1350 ° C'lik bir sıcaklıkta ve 0.6 g'lık bir ağırlıkta (Diyagram 8) incelenmiştir.



Diyagram 8: T = 1350 C'de model materyali için plastik malzemenin gaz ayırma davranışı

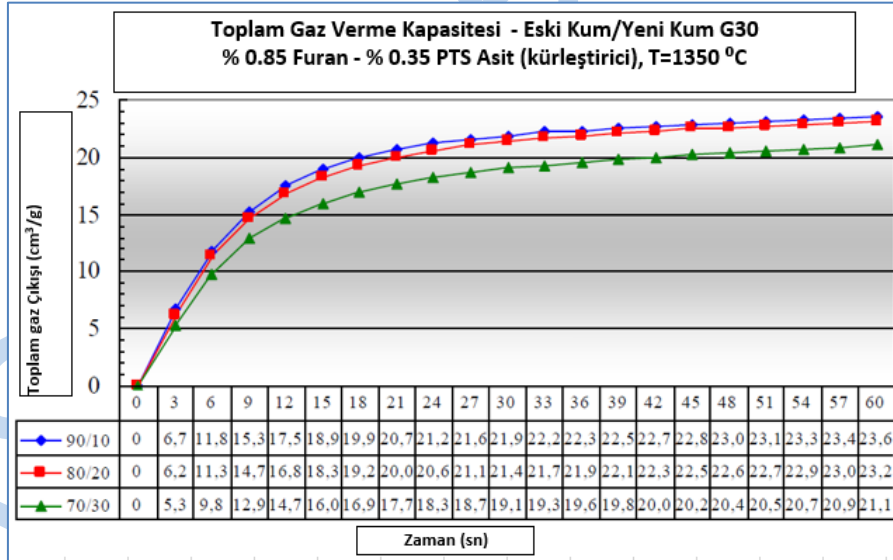


## Kalıplama Malzemesi

Dolu kalıpların "kalıp boşluğu" nda düşük bir gaz konsantrasyonu esasen aşağıdaki kriterlere bağlıdır:

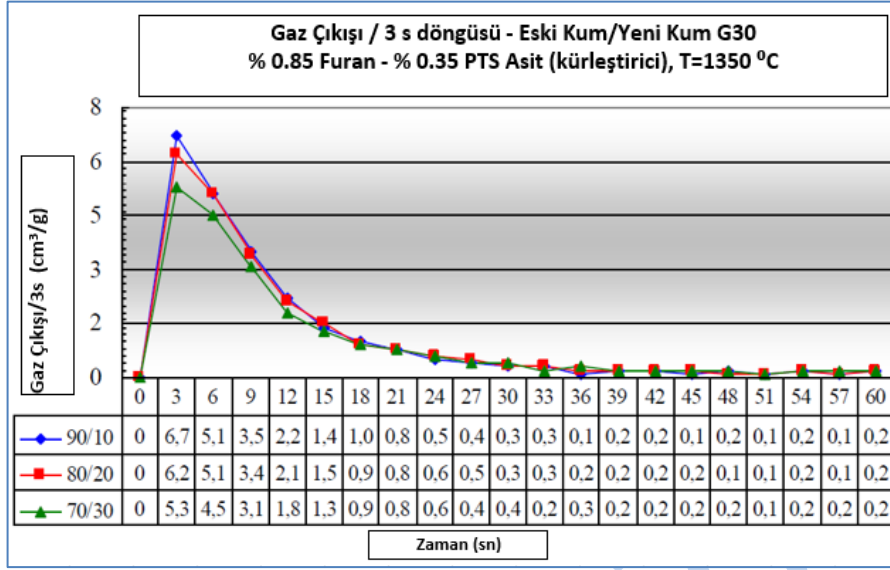
- 1- Kullanılan girdi malzemelerinin düşük gaz verme kapasitesi, örn. Polistiren köpük;
- 2- Refrakter model kaplamanın yüksek gaz geçirgenliği ve termofleksibilite;
- 3- Soğuk reçine bağlı kalıplama malzemesinin yüksek gaz geçirgenliği, diğer bir deyiş ile düşük bağlayıcı içeriğine ve düşük seviyelerde serbest organik bağlayıcı kalıntılarına (ince toz) sahip kaba bir kalıplama malzemesinin kullanılması;
- 4- Kullanılan bağlayıcıların özellikleri, ör. Kalıp malzemesi su-nem içeriği;
- 5- Döküm sıcaklığı

İncelemeler için kullanılmış – geri kazanılan eski kum ve 0.38 mm ortalama tane büyüklüğünde yeni kum G30 kullanılmıştır. Bu üretim süreci için bilinçli olarak seçilen bağlayıcı içeriğinin kaba tane yapısı ile – mukavemet gözönüne bulundurularak – kalıp malzemesi önemli ölçüde azaltılabilir. Soğuk reçine ile bağlanmış katı formlarda ayarlanan furan reçine içeriği % 0.85 ve PTS asidi % 0.35'tir. Bu bağlayıcı oranından, ortaya çıkan gaz verme davranışı, pratikte kalıplama karışımlarının (kullanılmış kum ve G30 yeni kum) bir fonksiyonu olarak belirlenmiştir (diyagram 9 ve 10).



**Diyagram 9:** Farklı kalıplama malzemesi karışımlarının (3 farklı karışım- Eski kum ve yeni kum G30) T = 1350 ° C'de toplam gaz verme kapasitesi





**Diyagram 10:** Farklı kalıplama malzemesi karışımlarının (3 farklı karışım- Eski kum ve yeni kum G30) T = 1350 ° C'de 3s döngüsü gaz verme miktarları




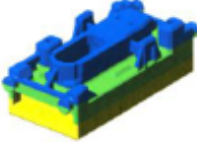
## Polistiren Köpük Modellerinin Gaz Dağıtım Dengesi

Dolu kalıp döküm prosesi kalıp dolumu sırasında gazın dağıtımının belirlenmesi için, prosesle ilgili girdi malzemelerinin belirlenen gaz verme kapasitesileri temelinde, dolu kalıplar için bir gaz dağıtım dengesi oluşturulabilir.

Kalıpların kalıp dolumu sırasında beklenen gaz miktarının hesaplanması, CAD ortamında hesaplanan polistiren köpüğünden yapılmış modellerin hacim verilerinin bilgisini oluşturur.

Kalıplama işleminden sonra model takım parçalarının dökümü için girdi malzemelerini seçerken, düşük bir gaz verme kapasitesi kriteri birincil öneme sahiptir. Kurutma işlemi sırasında, gecikmelere bağlı olarak ortaya çıkan birleştirilmiş model seviyeleri arasındaki yapışkan bağın termal kararlılığı, kaplama hataları, kalıp malzemesinin penetrasyonu gibi sorunlara neden olabilir. Denemelerde, stabil bir yapışkan bağ elde etmek için model birleşme alanında 242 g / m<sup>2</sup> yapışkan miktarı belirlenmiştir. Dolu kalıp dolum prosesinde, soğuk reçineli kalıplar için, model yüzeyindeki ortalama 6 cm<sup>3</sup> gaz / cm<sup>2</sup> gaz hacminin, refrakter model kaplama ile dağıtılması gerektiği yapılan araştırmalarda kanıtlanmıştır. Polistiren köpüğün buharlaşması, toplam gaz verme miktarının ~% 97'sini oluşturmaktadır. Model yapıştırıcı malzemenin gaz verme oranı ~ 2%, model yapıştırıcı bantın ~% 0.2 ve modelin markalaması için kullanılan plastik malzemenin oranı ise ~% 0.8'dir.



Özellikler	Model I	Model II	Model III	Gaz verme Dengesi
<b>model takımı</b> $V=108948 \text{ cm}^3$ $A_0=49051 \text{ cm}^2$ $M=2,22 \text{ cm}$ $L=1175 \text{ mm}$ $B=580 \text{ mm}$ $H=387 \text{ mm}$ $m_{\text{Model}}=1961 \text{ g}$ $m_{\text{Guss}}=785 \text{ kg}$				
<b>polistiren köpük II</b> $\gamma = 18 \text{ g/dm}^3$	<b>hazırlama:</b> 1961 g x 2121 $\text{cm}^3/\text{g}$			4159281 $\text{cm}^3$
<b>model yapıştırıcı I</b> $\gamma = 0,78 \text{ g/cm}^3$	<b>yapışkan yüzey I-II:</b> 2453 $\text{cm}^2$ <b>hazırlama:</b> 140,3 g* x 1626 $\text{cm}^2/\text{g}$	<b>yapışkan yüzey II-III:</b> 2509 $\text{cm}^2$ <b>hazırlama:</b> 140,3 g* x 1626 $\text{cm}^2/\text{g}$		228128 $\text{cm}^3$
<b>model yapıştırıcı</b>	<b>hazırlama:</b> 14,2 g* x 1153 $\text{cm}^3/\text{g}$			16373 $\text{cm}^3$
<b>plastik malzeme</b> $\gamma = 1030 \text{ kg/m}^3$	<b>hazırlama:</b> 42,4 g* x 1176 $\text{cm}^3/\text{g}$			49862 $\text{cm}^3$
<b>gaz hacmi</b>				4453644 $\text{cm}^3$
<b>gaz/model yüzeyi</b>				90,8 $\text{cm}^3/\text{cm}^2$
<b>Sınır Koşulları:</b> Laboratuar koşullarında kullanılan girdi malzemelerinin gaz verme kapasitesinin $T = 1350 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de *model yardımcı malzemeleri tartılmıştır.				

ASKCHEMICALS



## Özet

Dökme demir malzemelerin döküm sıcaklığında prosesle ilgili girdi malzemelerinin gaz verme kapasitesinin dikkate alınması, - laboratuvar koşullarında termal ayrışma - kalıp dolumu sırasında gerçek gaz miktarına ilişkin sonuçların elde edilmesine izin verir. (gaz verme dengesi). Dolu kalıp döküm parçalarının döküm prosesi ile ilgili girdi malzemelerinin gaz verme kapasitesi, sıcaklığın ve reaksiyon süresinin bir fonksiyonu olarak görünür duruma gelir.

Girdi malzemelerinin gaz verme kapasitesinin araştırılması, sıcaklığa bağlı davranışların karşılaştırılabilir niteliksel değerlendirmelerine olanak tanır. Polistiren köpüğün ~ 18 g / dm<sup>3</sup>'lük düşük analog yoğunluğu, düşük gaz verme kapasitesi için gerekli bir ön koşuldur. Girdi malzemelerinin yeterli şekilde değerlendirilmesi, zamana bağlı gaz iletim kapasitesini (sıcaklık-zaman davranışı) elde etmeyi sağlamıştır. Kalıp dökümü için artan kalite gereklilikleri göz önünde bulundurularak, bir yandan ayrıştırma alanında prosesle ilgili girdi malzemelerinin gaz miktarında bir azalma, diğer taraftan atık içermeyen buharlaşmaya ilişkin olarak kullanılan girdi malzemelerinin daha da geliştirilmesi gereklidir. Uygulamada girdi malzemelerini seçerken bunlar dikkate alınmalıdır.

Ayrışan polistiren köpükten (2114 ila 2121 cm<sup>3</sup> / g) oluşan toplam gaz miktarından, 1350 ° C'de sıvı dökme demir eriyiği ile temas halinde olan gaz hacmi hesaplanabilir. 18 kg / m<sup>3</sup>'lük bir köpük model yoğunluğunda, gaz verici polistiren köpük, sıvı demirde (yoğunluk 7.0 g / cm<sup>3</sup>) 5.28 ila 5.30 dm<sup>3</sup> / kg arasında bir gaz hacmi verir. 15000 kg'lık bir ağırlığa sahip bir model takım dökümü için, polistiren köpüğün buharlaştırılması, refrakter model kaplamasıyla çıkarılması gereken 79500 l'lik bir gaz demektir.

Model takım parçalarının tasarım aşamasında çok güçlü CAD / CAM sistemlerinin kullanımının artırılması, sadece hacim / yüzey oranını (modül) değil, aynı zamanda model ayrılma-bölme düzenini de optimize eder ve böylece yapışkan derzlerinin sayısını azaltır. Termal olarak kararlı bir yapışkan bağın ve düşük bir gaz verme oranına sahip model yapıştırıcılar kullanılmalıdır. Model bölme maskelerinin maskeleme işlemi, ince esnek yapışkan bantlarla yapılmalıdır. Bu şekilde, model yapışkan bantların ayrılması ve kaplama ve kalıplama malzemesinin model bölme derzlerine nüfuz etmesi önlenecektir.

Arayüz kalıplama malzemesi / kaplama gazlar eriyiğın termal gerilmesinden kaynaklanır. Ayrışan atık ürünlerin kalıpta en aza indirgenmesi için gerekli şartları sağlayan ürünlerin kullanılması önemlidir. Bu, bir yandan bağlayıcı sistemlerin oranlarının (reçine ve sertleştirici) en aza indirilmesiyle ve diğer yandan kalıplama malzemesinin gaz geçirgenliğinin ve boyutunun arttırılmasıyla gerçekleştirilebilir.



## Literatür

- [1] Shroyer, H. F.: USP Nr. 2830 343 vom 15. April 1958, DPB 1 108861 vom 12.04.1958
- [2] Metalwork, News 5, Ausgabe vom 19. Oktober 1964, S.1 und 4
- [3] Butler, R. D.; Pope, R. J.: The British Foundryman 57 (1964) Nr. 4, S. 178-191
- [4] Arndt, A.: Kleines Formel-Lexikon, 16., durchges. Auflage, VEB Verlag Technik, Berlin 1985
- [5] Walter, C.; Siefer, W.: Einfluß der Gasentwicklung in kaltharzgebundenen Vollformen auf Putzaufwand und Gußfehler, Teil 1. Ursachen für Gußfehler und hohen Putzaufwand, Giesserei 82 (1995) Nr. 2, S. 62-66
- [6] Krzyzanowski, E. M.: Verwendungsgerechte Herstellung von Schaumstoffmodellen, Teil 1., Polystyrol-Schaumstoff-Modellarten, Giesserei 68 (1981) Nr. 11, S. 318-323



[7] Hirsch, J. von und Mitarbeiter: Neuere Erfahrungen beim Einsatz von Schaumstoffmodellen, Giesserei-Rundschau 39 (1992) Nr. 3/4, S. 15-18

[8] Walter, C.; Siefer, W.: Einfluß der Gasentwicklung in kaltharzgebundenen Vollformen auf Putzaufwand und Gußfehler, Teil 3. Einfluß von Formstoff und Schaumstoffmodellen auf die Gaskonzentration beim Vollformgießen, Giesserei 82 (1995) Nr. 4, S. 116-120

ASK Chemicals