



Dökme Demirde Gaz Hataları – II

Döküm parçalarda gaz hataları ; sıvı metalde, şarj malzemelerinden, yanlış ergitme pratiği veya ortam şartlarından kaynaklanan yüksek gaz oranlarından, karbon ile oksitlerin reaksiyonu sonucu, kalıp-metal reaksiyonlarından, yanlış yolluk tasarımından, dolun ve katılma sırasında kalıp ve maça bağlayıcılarının çözünerek gaz yaymalarından ve MnS-karbon reaksiyonu sonucunda oluşmaktadır. Ortaya çıkan gaz boşlukları, boyutlarına göre, pinhole ve gaz hatası şeklinde adlandırılmaktadır. Pinhole gaz hatalarını bir önceki dergimizde incelemiştik. Bu yazıda boyutları 3 mm den daha büyük olan gaz hataları incelenmiştir.

Gaz hatalarının ana kaynakları yolluk sisteminden hava emilmesi, kalıp / maça bağlayıcıların çözülmesi, iyi kurumamış boyalardan yayılan gazlar, MnS-karbon ve karbon-oksitlerin reaksiyonları sonucunda ortaya çıkan gazlar olarak özetleyebiliriz.

Gaz hatalarının en büyük kaynaklarından birisi, kalıp dolunu sırasında yolluk sisteminden emilen gazların kalıp içinde sıkışması veya kalıp içinde dolun sırasında oluşan gazların dışarıya atılamamasıdır. Kalıp içinde oluşan ve dışarıya atılamayan gazlar, genellikle etrafları okside olmuş ve birleşmemiş yüzeyler ve soğuk birleşme görünümünde kamer oluşumuna neden olur. Dolun sırasında emilen gazlar ise sıvı metal ile birlikte kalıbın içine sürüklenerek gaz boşlukları oluşturur. Bu şekilde oluşan gazlar bazen sönebilir ve geride yerlerinde sadece oksitlenmiş bir curuf tabakası kalabilir. Kalıp içine emilmiş olan gazlar, boyutlarına, buldukları yerdeki metal basınçına ve sıcaklığa bağlı olarak boyut ve şekil değiştirir. Gazlar, metalin sıcaklığına bağlı olarak, önce hacimsel olarak büyür, metal katılmaya başladığında ise büzülürler. Katılma sırasında oluşacak gaz boşluğunun boyutları “Charles formülü” ile hesaplanabilir;

Nihai Hacim = İlk boyut x (son sıcaklık / ilk sıcaklık). Bu formülde sıcaklık değerleri Kelvin (°K) dir.

Gazın hacimin sadece sıcaklık değişimine göre değil aynı zamanda basınç değişimine göre de hesap edilmelidir. Bunun için “Boyle kanunu” kullanılabilir;

$$\text{Nihai Hacim} = \text{İlk hacim} \times (\text{ilk basınç} / \text{Son basınç})$$

Tablo 1’de 10 mm çapındaki bir gazın değişik metallerde sıcaklık ile değişimi ve Tablo 2’de aynı boyuttaki gazın sıvı metal içinde 200 mm derinlikteki boyutları verilmiştir. Tablo 2 incelendiğinde, ilk başta 10 mm çapıda olan gazın (0.52 ml) sıcaklığın etkisi ile 18.1 mm (3.11 ml) çapa büyüdüğü görülecektir. Aynı gaz, sıvı içerisinde 200 mm derinlikte, basınçtan dolayı, 17.3 mm çapa kadar (2.70 ml) küçülmüştür.

Tablo -1 Sıkışmış gaz boşluğunun sıcaklığa göre düzeltilmiş hali

Bubble	Temp. (C°)	Temp. (F°)	Volume (ml)	Dia. (mm)	Dia. (in.)
Original	25	80	0.52	10.0	0.393
Steel	1500	2730	3.11	18.1	0.713
Cast Iron	1150	2100	2.50	16.8	0.663
Aluminum	600	1100	1.53	14.3	0.56
Brass or Bronze	1050	1900	2.36	16.5	0.651

Sıvı metal içinde sıkışmış olan gaz, ayrıca, sıvı metal ile reaksiyona girerek daha da küçülür. Gazın içindeki oksijen sıvı metal ile reaksiyona girerek oksit oluşturur. Çelik ve Alüminyum'da gaz boşluğunun içine nüfus etmiş olan oksijenin tamamı sıvı metal ile reaksiyona girerek, gaz boşluğunun % 20 oranında küçülmesine neden olur. Dökme demirlerde gaz boşluğunun içindeki oksijen, ya oksit, yada CO gazı oluşturur. Eğer CO gazı oluşmuşsa, gaz boşluğunun boyutu değişmez.

Original	Density (kg/m ³)	Pressure (atm)	Volume (ml)	Diameter (mm)	Diameter (in.)
Steel	7800	1.15	2.70	17.3	0.68
Cast Iron	7200	1.14	2.19	16.1	0.63
Aluminum	2800	1.05	1.46	14.1	0.55
Brass or Bronze	8800	1.17	2.02	15.7	0.62

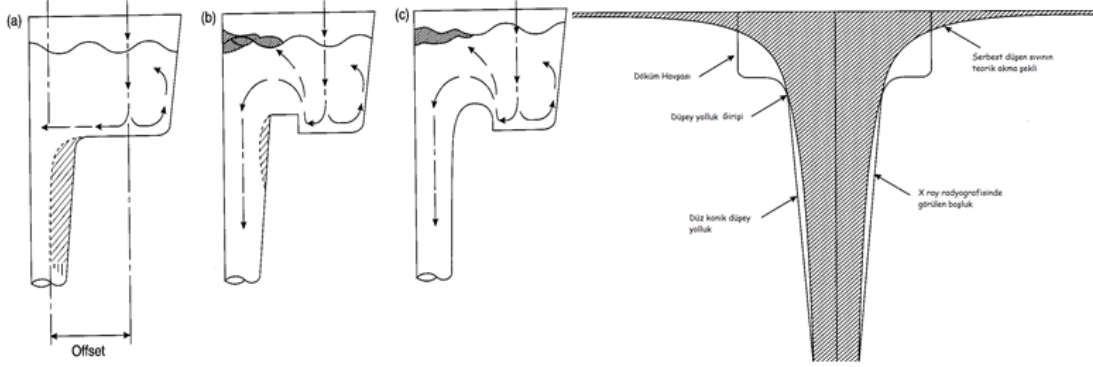
Tablo-2 Sıkışmış Gaz boşluğunun boyunun 200 mm derinlikteki basınç'a göre düzeltilmiş hali

Düşük basınçlarda ve yüksek sıcaklıklarda, "İdeal Gaz Kanunu" formülü ile gaz boşluklarının hacmini hesap etmek oldukça güvenilir sonuçlar verir. İdel Gaz kanunu;

$$\text{Basınç} \times \text{Hacim} = \text{Mol} \times \text{Gaz Miktarı} \times \text{Sıcaklık} \quad (PV = nRT)$$

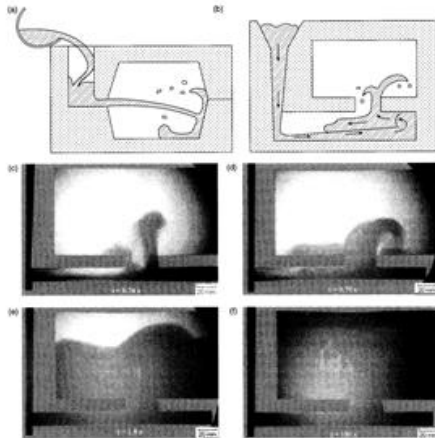
Bu formül bize gaz boşluklarının hacminin sıcaklık ile büyüdüğünü, basınç ile küçüldüğünü göstermektedir.

Dolum sırasında yolluktan hava emilmesi ve kalıp içinde hava sıkışmasına bağlı gaz hataları, yolluk sistemindeki hatalardan kaynaklandığı için çözüm yolluk sisteminde aranmalıdır. Döküm havşasının dizaynı, düşey yolluk dizaynı, yolluk sistemindeki dönüşler, memelerin yerleşimi ve kalıp dolum hızı kalıp içine gaz emilmesini yakından etkileyen faktörlerdir. Prof. John Campbell'a göre döküm havşası dizaynı, şekil 1 görüldüğü gibi yolluk sistemine hava emilmesine mani olacak şekilde dizayn edilmelidir. Düşey yolluk, Şekil 2 de görüldüğü gibi düz konik olmalı ve sıvı metalin tabii akışına uygun bir profilde dizayn edilmelidir. Meme girişleri eğer mala yüzeyinden verilirse, kalıp içine serbest düşen metal gene turbulans yaratacaktır (şekil 3). Memelerde hız laminer akış sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır. Meme dolum hızları 0.5 m/s ile 1 m/s arasında olmalıdır (şekil 6).

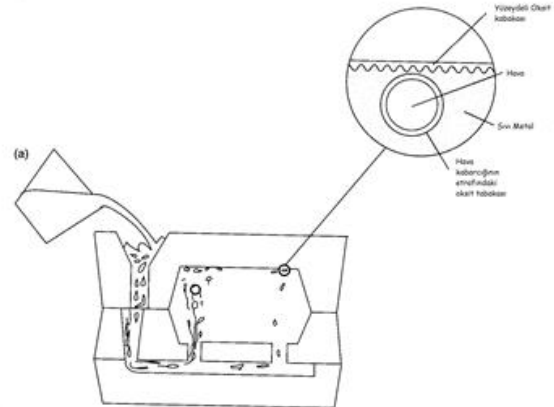


Şekil -1: Döküm havşası şekilleri (en uygun havşa "c")

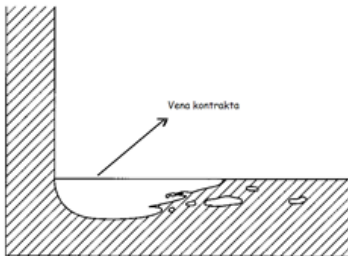
Şekil -2: Metalin serbest akış profili



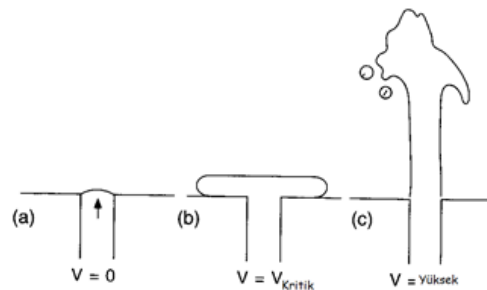
Şekil -3: Mala yüzeyindeki memelerden akış ve yanlış mem tasarımı



Şekil -4: Turbulanslı doluş



Şekil -5: Düşey yolluğa yatay yolluğun yanlış birleşmesi hava emilmesine neden oluyor



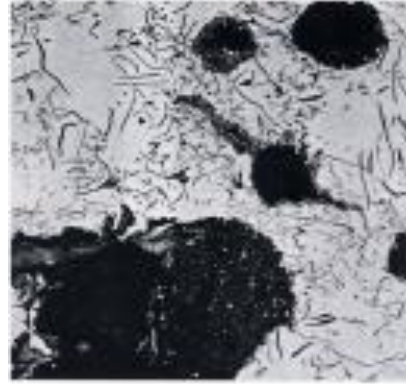
Şekil -6: Meme doluş hızlarının etkisi . Kritik hız aşıldığından çalkalanma başlıyor



MnS curufları tek başlarına gaz hatasına neden olmasa da, sıvı metalin yüzeyinde Demir silikat ve Mangan silikat'ların oksitlenmelerinden oluşan curuflarla birleşerek ciddi bir gaz hatası kaynağına dönüşürler. MnS, bu curuflarla reaksiyona girdiğinde, ergime sıcaklığı çok düşük ve akışkan bir curuf haline dönüşerek sıvı metalin içindeki grafitlerle kolayca reaksiyona girerek, CO gaz hatalarına neden olur. MnS crufundan kaynaklanan tipik bir gaz hatası şekil 7 de gösterilmiştir. Şekil 8 de MnS segregasyonu ve gaz boşluğu içinde curuf gösterilmiştir.



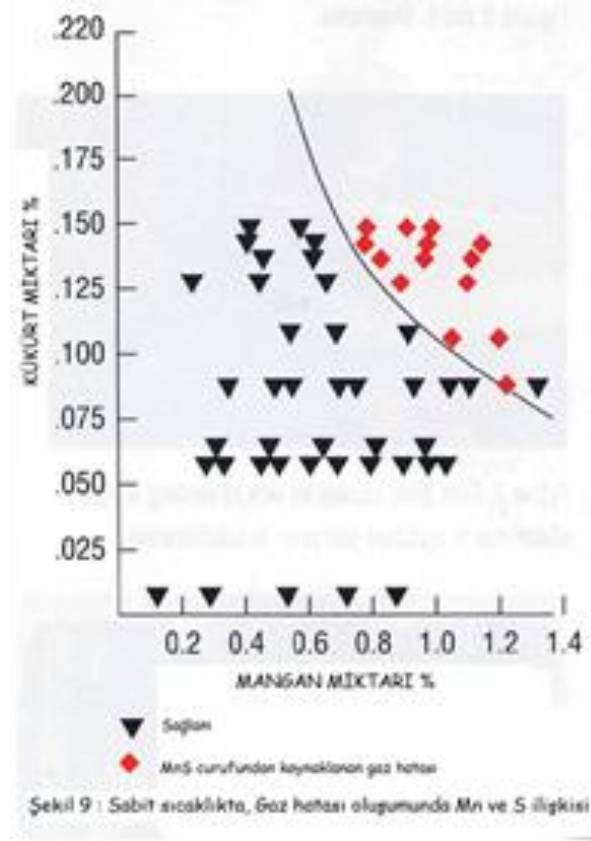
Şekil 7: MnS kaynaklı gaz hatası



Şekil 8: MnS Segregasyonu ve Gaz boşluğu içinde curuf

Yapılan araştırmalar, CO gaz hatalarının düşük sıcaklıklarda daha yoğun olarak oluştuğunu göstermiştir. Potalarda artan sıvı metal boşaltılmadan üzerine yeni metal alınması, ısıtmasız döküm potaları, otomatik döküm potalarında döküm ağzının uzun olması CO hatalarının başlıca nedenleridir. Ayrıca, iyi temizlenmemiş, curufly potalarla metal transferi de ciddi bir hata kaynağıdır. Potaların astarlarına yapışmış olan MnS veya oksitlerden oluşmuş curuflar, yeni sıcak metal alımıyla tekrar eriyerek CO oluşturur. Potaların bilhassa üst, metalle temas eden 10 cm'lik kısımlarının çok sık temizlenmesi ve curuf tabakası oluşmuş potaların kullanılmaması gerekir. İyi kurutulmamış refrakterlerden kaynaklanan su buharı, sıvı ve oksijen bakımından zengin curuf oluşmasına neden oldukları için ayrı bir gaz hatası kaynağıdır. Ayrıca, kalıp kumunun iyi karışmaması sonucu belli bölgelerde nem oranının fazla olması ve oksit oluşumuna neden olur. Bu oksitlerde ciddi birer gaz hatası kaynağıdır.

Yapılan araştırmalar gri dökme demirde sıcaklık düştükçe ve % Mn arttıkça curuf miktarının ve CO gaz hatalarının arttığını, Sfero'da ise % Mg arttıkça Mg ile S'in oluşturduğu MgS curufunun ve gaz hatalarının arttığını göstermiştir. MnS'in silikatlarla oluşturduğu curuf çok akışkan olduğu için filtre bu tür curufları tutamaz.



Uzmanlara göre CO gaz hatalarına mani olmak için;

- Yolluk sistemlerinin curufları tutacak şekilde dizayn edilmesini,
- Dökücülerin havşayı dolu tutarak döküm yapılması,
- Döküm hızının meme girişlerinde turbulans'a neden olmayacak şekilde hızlı olması,
- Kalıp kumunun iyi karıştırılarak homojen olması,
- Kükürtü yüksek kömür tozu kullanılmaması
- Potaların dökümden sonra yeni metal alınmadan tam olarak boşaltılması,
- Potaların sık sık metal ile temas eden 10 cm'lik kısmının sıkça temizlenmesi,
- Curuf birikmiş potaların kullanılmaması,
- Mn ve S 'in $\% \text{Mn} = 1.7 \times \% \text{S} + (\%0.2 - \%0.5)$ formülüne göre dengelenmesi,
- CO hatalarının düşük sıcaklıklarda oksitlenme daha kolay olduğu için artması nedeni ile döküm sıcaklıklarının mümkün olduğunca yüksek olmasını önermektedir.

Şekil 9 da gaz hatası oluşumunda Mn ve S ilişkisi gösterilmiştir. CO gaz hataları genellikle parçaların üst yüzeylerinde, bazende maçaların alt yüzeyinde oluşur. Genellikle işlemeden



sonra ortaya çıkarlar. İç kısımları mat mavi veya gri renktedir. Bazen iç kısımlarında ötektik reaksiyonu sırasında oluşan yuvarlak, top şeklinde metal parçacıklar bulunabilir.

Kalıp ve maça yapımında kullanılan bağlayıcılar ısıya maruz kaldıkları zaman dışarıya gaz yayarlar. Ortaya çıkan gazlar kalıp dışına atılamazsa, katılaştan metalin içinde sıkışarak gaz boşluklarına neden olurlar.

Nem ve kömür tozu kalıp kumu içindeki ana gaz kaynaklarıdır. Kalıp dolarken ısıya maruz kaldıklarında nem ve kömür tozu hızlı bir şekilde gaz oluşturmaya başlar. Oluştan gazların kum tanecikleri arasından ve gaz tahliye kanallarından sıvı metalin dışına atılması gerekir. Sıvı metalin dışına atılamayan gazlar, gazboşluklarına neden olur. Bu şekilde oluşan gaz boşlukları büyüktür ve iç kısımları düzgündür. Kalıp kumunda kullanılan bentonit'in, kumun içindeki ince taneciklere de bağlı olarak, optimum bir nem ilavesine ihtiyacı vardır. Eğer bu nem değerinin üzerine çıkılırsa, gaz hataları meydana gelebilir. Kumun yüksek nem oranına bağlı olarak ortaya çıkan geçirgenlik kaybı, nemi az ve geçirgenliği yüksek bir kuma göre daha tehlikelidir. Bu nedenle, kuma ilave edilecek nem oranının çok iyi tesbit edilerek ayarlanması gerekir. Kömür tozu, gaz yapıcı bir katkı olmasının yanı sıra, kalıp kumunun gaz geçirgenliğini de düşürür. Gereğinden fazla kömür tozu ilavesi, kumun nem ihtiyacını artırır. Ayrıca, metal ile temas ederek kok haline dönüşmüş kömür tozu miktarının kum içinde artması, bentoniti bağlamak için ilave edilen suyun bu gözenekli malzeme tarafından emilmesine neden olur. Isıyla temas ettiğinde bu madde tarafından emilen nem kolayca ve hızlı bir şekilde gaz çıkışına sebep olur. Kalıptan kaynaklanan gaz hataları ile karşılaşıldığında, ilk kontrol edilmesi gereken faktör kumun nem oranı daha sonra ise kumun gaz geçirgenliği olmalıdır.

Kalıp doldurma hızı, kalıp gazlarının basınçını etkiler. Hızlı dolum kalıp içindeki gaz basınçını artırır ve gaz basınçının metalin basınçından fazla olması durumunda, sıvı metalin içine kabarcıklar halinde gaz nufus etmesine neden olur. Yavaş dolumda ise oluşan gazların bir kısmı daha kalıp dolmadan kalıp boşluğuna yayılarak dolan metalin baskısıyla dışarıya atılacağı için kalıp basınçı yüksek olmaz. Ancak, yavaş dolumun neden olabileceği diğer hatalar dikkate alındığında, yavaş dolumun gaz hatalarına mani olmak için uygun bir yöntem olmadığı söylenebilir. Kalıp kumundan kaynaklanan gaz hatalarının çözümü kumun neminde, gaz geçirgenliğinde ve yeterli miktarda gaz tahliyesi kullanılıp kullanılmadığında aranmalıdır. AFS numarası yüksek (ince) kumlar, kumun gaz geçirgenliğini düşürdüğü için gaz hatalarının oluşma riskini artırır. Ayrıca kalıp sıkılığının (sertliğinin) de kumun gaz geçirgenliğine ters etkisi olduğu bilinmektedir.

Isıya maruz kaldığında maçalardan çıkan gazlar ; kullanılan kimyasal bağlayıcılara, katalizatörlere, bağlayıcı oranlarına ve maçaların tam olarak kürleşip kürleşmediğine bağlıdır. İyi kürleşmemiş, yani bağlayıcı ile katalizatörün tam olarak reaksiyona girmediği durumlarda,

maçalardan çıkan gaz, tam kürleşmiş maçalardan çıkan gazın iki katıdır. Isı sonucu ortaya çıkan kalıp ve maça gazları aşağıdaki gibi formülize edilebilir

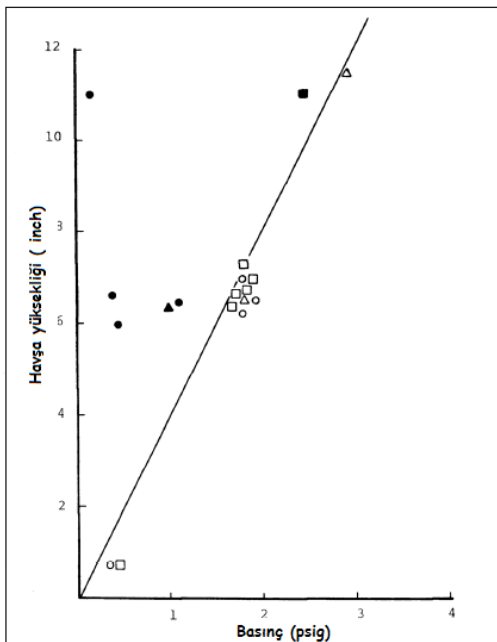
$$\text{Gaz Kabarcığı Oluşturan Gazın Basınç} > \text{Sıvı metalin Basınç} + (2 \times \text{Yüzey gerilimi} / \text{Gaz Kabarcığı yarı çapı})$$

Yukarıdaki formüle göre gaz basıncı sıvı metal basıncını yendiğinde gaz kabarcıkları sıvı metalin içine girmeye başlar. Sıvı metal içinde gaz kabarcığının oluşması kalıp veya maçada gaz basıncının düşmesine neden olur. Kalıp veya maçada gaz oluşumu devam ettiği için gaz basıncı tekrar yükselmeye başlar ve bu basınç sıvı metalin basıncını yendiği anda yeniden sıvı metalin içinde gaz kabarcıkları oluşur. Bu durum sıvı metal katılaşıncaya kadar böyle devam eder. Sıvı metalin maça veya kalıpla temas eden yüzeyi katılaştığında artık yeni gaz kabarcığı oluşamayacağı için maça veya kalıbın gaz basıncı artmaya devam eder ve gazın maça başlarından tahliyeye zorlanmasıyla basınç düşer. Şekil 10 bu mekanizmayı grafiksel olarak göstermektedir.

Tablo 3 - Plaka şeklinde bir parçada gazkabarcığı oluşumu için gerekli basınç

Basınç (Atm)	Çelik	Dökme Demir	Aluminyum
Havşa Basınç (hesaplama ile bulunan)	0.082–0.115	0.089–0.100	0.035–0.040
Gaz kabarcığı Basınç (ölçülen)	0.075–0.085	0.085–0.128	0.038–0.042

Gaz hatalarının oluşması ile döküm havşası yüksekliği (metalostatik basınç) arasındaki ilişkiyi tesbit etmek için plaka şeklinde bir parçada yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar Tablo 3 te, ortaya çıkan ilişki ise Şekil 11 de gösterilmiştir.



Şekil 11 : Gaz kabarcığı oluşumunda Havşa yüksekliğinin etkisi



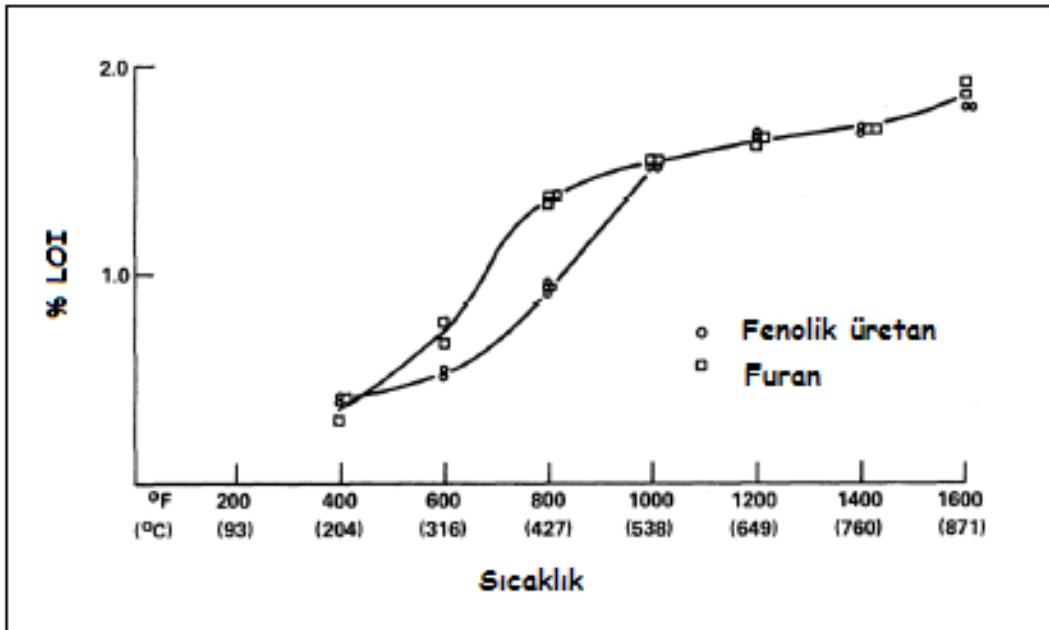
Gaz hatalarının oluşumunda maçalardan yayılan toplam gaz kadar, bu gazın yayılma hızında çok önemlidir. Örneğin, maçadan yoğun olarak gaz çıkışı başlayana kadar sıvı metal katılaşmaya başlamışsa, katılaşmadan sonra oluşan gazların gaz hatasına neden olma şansı yoktur. Bu gazlar maça başlarından tahliye olmaya zorlanır. Genellikle ısıya maruz kaldığında hızlı bir şekilde gaz yayan maçalarda gaz hatası oluşma riski daha fazla olur. Bu tür gaz hatalarına karşı tedbir alabilmek için reçine üreticilerinin kullanıcılara satmış oldukları bağlayıcıların toplam gaz miktarı ve oluşan gazların yayılma hızları hakkında bilgi vermeleri gerekir. Toplam gaz miktarı ve gaz yayılma hızları, değişik sıcaklıklarda Yanma kaybı (LOI) ölçülerek de yapılabilir. Şekil 12 de Furan ve Fenolik üretanli reçinelerle yapılmış ölçümler görülmektedir. Reklame edilmiş kum kullanıldığında LOI değerlerinin daha yüksek olması beklenmelidir. Grafik incelendiğinde toplam gazın 3/4'lük kısmının 500 °C civarında ortaya çıktığını göstermektedir. Ancak, küçük bir numune ile yapılan LOI testinden elde edilen bu eğriler tam olarak kalıp ve maçadan gaz yayılmasını hakkında bize doğru bilgi vermez.

Kalıp ve maçalar gazların dışarıya atılmasına direnç gösterirler. Direnç kalıp ve maçaların yüzey alanına, tahliye kanallarına olan uzaklığa, kumun gaz geçirgenliğine ve gazın tahliye olacağı kesite bağlı olarak değişir.

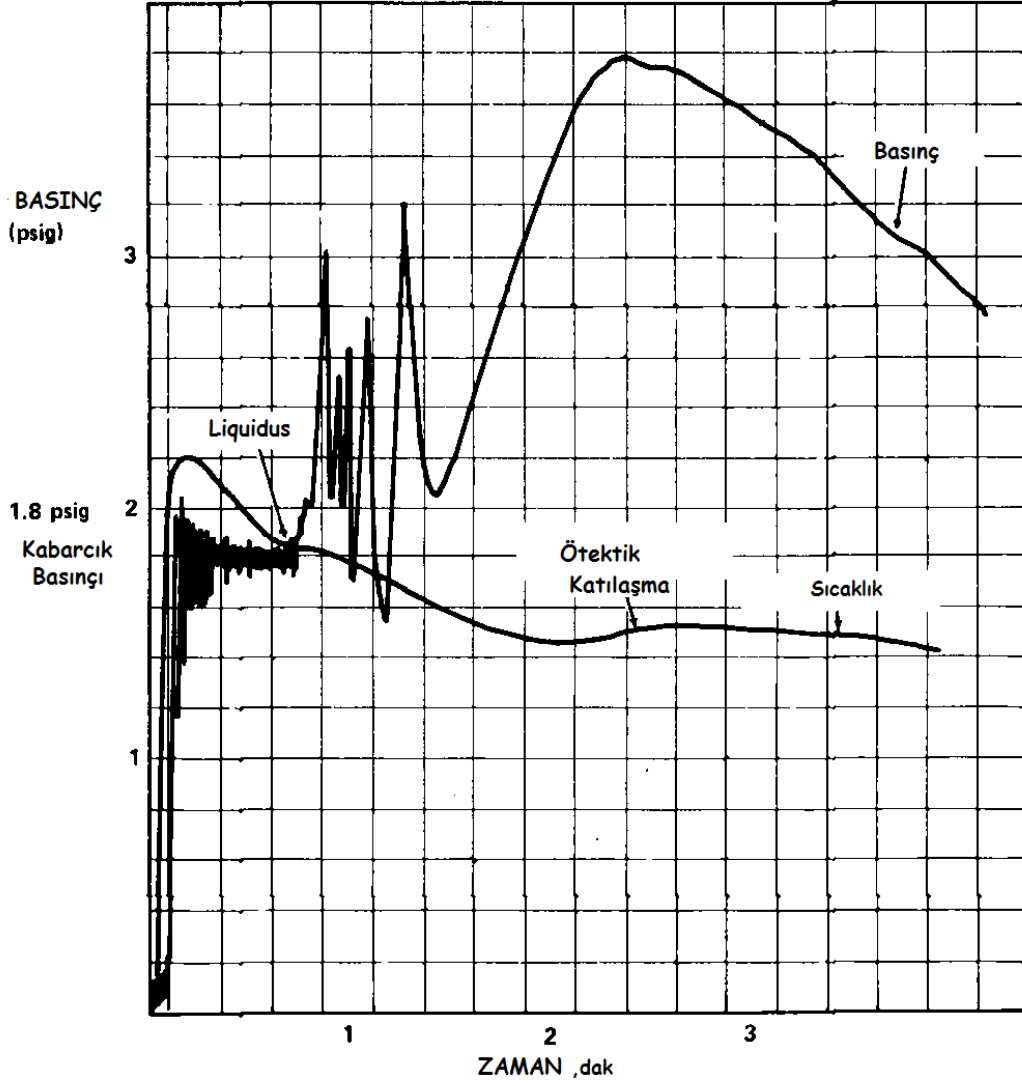
$$\text{Gaz Geçirgenliği} = (\text{Gaz Hacmi} \times \text{Kum Kalınlığı}) / (\text{Gaz Basıncı} \times \text{Alan} \times \text{Zaman})$$

olarak ifade edilebilir. Bu formül, Gaz basıncı için aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\text{Gaz Basıncı} = (\text{Gaz Yayılma Hızı} \times \text{Kalıp Kalınlığı}) / \text{Gaz Geçirgenliği}$$



Şekil 12: Değişik sıcaklıklarda LOI değerleri



Şekil 10 : Furan kalıbadökülmüş Dökme Demir'de gözlenen Sıcaklık ve Basınç profili

Maça gazlarına mani olmak için maça başlarından gaz tahliyesini kolaylaştırmak için tedbir alınması gerekir. Maça başlarının gaz tahliye kanallarına sıvı metal girmesi engellenmelidir. Ayrıca, maça başlarının gaz tahliyesine imkan sağlayacak şekilde dizayn edilmesi gerekir. Maça başlarının gaz tahliyesinde çok önemli bir faktör olduğu genellikle unutulur, ekonomik nedenlerle maça başları gerektiğinden daha küçük yapılır. Gaz geçirgenliği 150 olan bir maçada, eğer 50 mm çapında maça başları varsa, bu maçada oluşan gazlar kolaylıkla dışarıya atılabilecekken, aynı maçada, maça başı 15 mm'ye indirilirse, maçanın gazını dışarıya atabilmek için maçanın gaz geçirgenliğinin 2400 olması gerekir.

Tablo 4 de Gaz geçirgenliği ile maça başı kesitlerinin gaz boşluğu hatalarına etkilerini tesbit etmek için yapılmış bir çalışmanın sonuçları görülmektedir. Tablo incelendiğinde, gaz geçirgenliği arttıkça maçanın gaz basıncının azaldığı, maça başı kesitleri büyüdükçe hata riskinin azaldığı, metal basıncının gaz basıncından yüksek olduğu durumlarda gaz hatası



oluşmadığı, tahliye kanallarının (ventlerin) gaz hatalarını önlemede önemli bir faktör olduğu görülmektedir.

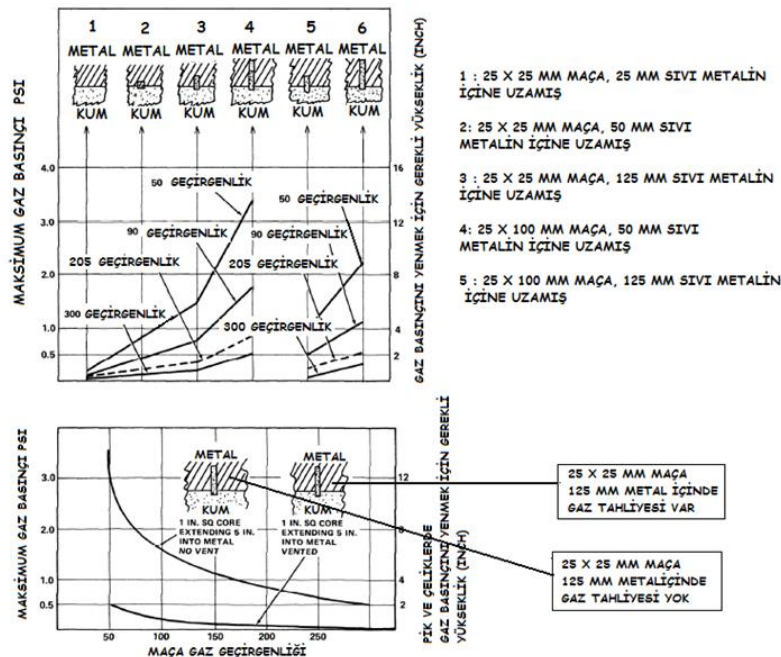
Tablo – 4 Gaz Geçirgenliği ve Maça Başı kesitleri, Metal ve Maça Gaz Basınçları'nın Gaz Hatası oluşma etkileri

GAZ GEÇİRGENLİĞİ	MAÇA BAŞI (CM2)	METAL YÜKSEKLİĞİ (CM)	MAÇA BASINÇI (ATM)	METAL BASINÇI (ATM)	GAZ BOŞLUĞU
50	5,7	115	0,14	0,08	YOĞUN
120	5,7	115	0,06	0,08	SAĞLAM
50	5,7	191	0,14	0,13	AZ
50	5,7	267	0,14	0,19	ÇOK AZ
50	5,7	343	0,14	0,23	SAĞLAM
50+20	5,7	115	0,15	0,08	YOĞUN
50+20	10,1	115	0,09	0,08	AZ
50+20	15,8	115	0,05	0,08	SAĞLAM
GAZ TAHLİYESİ	40,5	115	0,02	0,08	SAĞLAM

Maçadan oluşan gazların gaz boşluğu hatasına neden olmaması için maça başlarından tahliye olması gerektiğini kabul edersek, bu ilişki aşağıdaki gibi formüle edilebilir

Gaz Basınç = (Gaz Yayılma Hızı x Maça – Metal temas yüzey Alanı x Gaz tahliye ventine uzaklık) / (Gaz Geçirgenliği x Maça Başının Alanı)

Şekil 13 de değişik maça kalınlıklarının ve sıvı metal ile maça temas (kontak) yüzey alanlarının gaz geçirgenliği ve gaz basıncı üzerindeki etkileri gösterilmiştir.



Şekil 13. Demirve Çelikte değişken maça konfigurasyonunda Gaz Basıncı ve Gaz Geçirgenliği

Eğer düzgün yüzey bitimi elde edebilmek için maçalarda ince kum kullanılması gerekiyse, maça başlarının, kumun azalan gaz geçirgenliğini kompanse edecek kadar büyük dizayn edilmesi gerekir.

Kalıp ve Maçalar kadar kalıp ve maça boyalarında gaz hataları üzerinde ciddi etkileri vardır. İyi kurutulmamış boyalar ciddi gaz kaynaklarıdır. Boyanan maçaların gaz geçirgenlikleri, maça yüzeylerinin çok ince refrakter bir tabaka ile kapatılması nedeniyle çok düşer ve bu durumda maça başlarının uygun dizayn edilme gerekliliği daha çok önem kazanır. Gaz çıkışını engellemek için maça başlarının boyanmaması gerekir. Boyaların refrakter kısımlarında gaz kaynağıdır. Bazı boyalarda gaz miktarı çok yüksek olabilir. Reçinelerde olduğu gibi boyalarında toplam gaz miktarına ve gaz yayma hızlarına bakılmasında fayda vardır. Bir çok boya nemli ortamlarda nem emer ve kullanılmadan ikinci kere kurulmalarında fayda vardır.

Gaz hatalarına neden olabilecek diğer faktörlerde paslı soğutucular ve sportlardır.

Kaynaklar = > AFS Transactions 2005, Porosity in castings, R. Monroe ; Techtalk Volume 3 ; A. Morgan, Blowholes from slag inclusions ;Mold binder decomposition : prime source of cast iron gas defects ; Controlling cast iron gas defects