

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DÖKÜMHANELERDE KULLANILAN KALIP VE
MAÇA KUMLARI KAYNAKLI DÖKÜM HATALARI
VE ÖNLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatih BARAN

**Enstitü Anabilim Dalı : METALURJİ VE MALZEME
MÜHENDİSLİĞİ**
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ahmet ÖZEL

Ocak 2022

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DÖKÜMHANELERDE KULLANILAN KALIP VE
MAÇA KUMLARI KAYNAKLI DÖKÜM HATALARI
VE ÖNLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatih BARAN

**Enstitü Anabilim Dalı : METALURJİ VE MALZEME
MÜHENDİSLİĞİ**

Bu tez .../.../2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Fatih BARAN

16.01.2022

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen değerli danışman hocam Prof. Dr. Ahmet ÖZEL'e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım boyunca benden desteklerini esirgemeyen HATTAT TRAKTÖR VE HEMA ENDÜSTRİ A.Ő. Genel Müdürümüz Sayın Tunç DOĞAN ve kendisinin şahsında tüm HATTAT HOLDING bünyesindeki değerli yöneticilerime, Hema Otomotiv Sistemleri Döküm Fabrikası Üretim Mühendisi Burhan BAŐ'a, Simülasyon Mühendisi Elif Cansu ÇAMUR'a ve Mühendislik ve Kalite Yöneticisi Dr.Soner Özden ERTÜRK'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
TABLolar LİSTESİ	viii
ÖZET.....	ix
SUMMARY	x
BÖLÜM 1.	
DÖKÜM YÖNTEMLERİ.....	1
1.1. Kalıcı Kalıplara Döküm.....	1
1.1.1. Basınçlı döküm	2
1.1.2. Savurma döküm	4
1.1.3. Sürekli döküm.....	6
1.2. Bozulabilen Kalıplara Döküm	6
1.2.1. Kabuk kalıba döküm	6
1.2.2. Seramik kalıba döküm	7
1.2.3. Alçı kalıba döküm	8
1.2.4. Kum kalıba döküm.....	8
1.2.4.1. Döküm kumu	9
1.2.4.2. Silis kumu (kuvars).....	10
1.2.4.3. Zirkon kumu $ZrSiO_4$	11
1.2.4.4. Kromit $FeCrO_4$	12
1.2.4.5. Olivin $MgSiO_4$	12
1.2.4.6. Bentonit.....	13
1.2.4.7. Kömür tozu	15

1.3. Kalıplama Kumunda Kullanılan Test Metodları.....	16
1.3.1. Su (rutubet) miktarı.....	16

BÖLÜM 2.

DÖKÜM HATALARI.....	19
2.1. Kalıp ve Maça Kumu Kalıp Hataları	24
2.1.1. Kırık ve çatlak hataları olan parçalar	24
2.1.1.1. Kalıp kumunun etkisi.....	24
2.1.2. Karbon yüzmesi	24
2.1.2.1. kalıp kumunun etkisi.....	25
2.1.2.2. Maça kumunun etkisi.....	25
2.1.3. Kalıp ezmesi hataları olan parçalar (F223).....	26
2.1.3.1. Aşınmış model ve maça sandıkları (F211)	26
2.1.3.2. Derece ve aksesuarları	28
2.1.3.3. Kalıp kumunun etkisi.....	29
2.1.3.4. Maça kumunun etkisi.....	29
2.1.3.5. Kum yalaması hataları olan parçalar (D 221).....	30
2.1.3.6. Model ve parça dizaynının kum yalamasına etkisi;.....	31
2.1.3.7. Kum yalamasında derece ve aksesuarların etkisi	31
2.1.3.8. Kum yalamasında kalıp kumunun etkisi.....	32
2.1.3.9. Kum yalamasında maça kumunun etkisi	32
2.1.4. Curuf ve kum boşlukları (D142).....	33
2.1.4.1. Curuf ve kum boşlukları hatasında kalıplamanın etkisi	34
2.1.5. Curuf ve kum boşlukları hatasında maçanın etkisi	35
2.1.6. Kalıp düşmesi hatası (D211).....	36
2.1.6.1. Kalıp düşmesinde kalıp kumun etkisi.....	36
2.1.6.2. Kum koparmada maçanın etkisi	38
2.1.7. Dart hatası (D224, D231 ve D232).....	38
2.1.7.1. Dart hatasında kalıp kumunun etkisi (D231).....	39
2.1.7.2. Dart hatasında maçanın etkisi (D224)	40
2.2. Gaz Sakatı (B111)	42
2.2.1. Kalıp kumun gaz hatasına etkisi	43

2.2.1.1. Maça kumun gaz hatasına etkisi	44
---	----

BÖLÜM 3.

DENEYSEL	46
----------------	----

3.1. Curuf Hatası	46
-------------------------	----

3.2. Dart Hatası (Maça).....	51
------------------------------	----

3.3. Dart Hatası (Kalıp Kumu).....	58
------------------------------------	----

KAYNAKLAR.....	63
----------------	----

ÖZGEÇMİŞ	65
----------------	----



SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

BHA : Bütillendirilmiş hidroksi anisol



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. İki parçalı metal kalıba döküm yöntemi	2
Şekil 1.2. Basınçlı döküm mekanizması	3
Şekil 1.3. Sıcak hazneli basınçlı döküm	4
Şekil 1.4. Soğuk hazneli basınçlı döküm	4
Şekil 1.5. Savurma döküm yöntemi	5
Şekil 1.6. Kabuk kalıp döküm yöntemi.....	7
Şekil 1.7. Olivin kumu	13
Şekil 1.8. Bentonit kumunun bağ yapısı	13
Şekil 1.9. Bentonitin kristal yapısı	14
Şekil 1.10. Yaş basma mukavemeti için gereken nem ve bentonit miktarı.....	17
Şekil 1.11. Kalıp kumunda kullanılan kumun şeklinin nem miktarına etkisi	17
Şekil 1.12. Kumun AFS değerlerinin gaz geçirgenliğine etkisi	18
Şekil 2.1. Sfero dökümde karbon yüzmesi(G263).....	25
Şekil 2.2. Derece pim burçların aşınma sonucu oluşan ezme sakatı.....	27
Şekil 2.3. Kum yalaması hatası	31
Şekil 2.4. Curuf hatası.....	34
Şekil 2.5. Kalıp düşmesi hatası	37
Şekil 2.6. Kalıp kumunun homojen karıştırılmaması sonucu oluşan kalıp düşmesi hatası	37
Şekil 2.7. Kırıp kalıp hatasının kök nedenlerine ait balık kılçığı analizi.....	38
Şekil 2.8. Tipik üst kalıpta oluşan dart hatası (D231)	39
Şekil 2.9. Kalıp kumunun düzensiz ısınmasından kaynaklı dart hatası(D224)	41
Şekil 2.10. Erozyon Dartı sebeplerinin balık kılçığı analizi	42
Şekil 2.11. Üst derecede oluşan gaz sakatı (B121)	43
Şekil 2.12. Nemli kumun sebep olduğu gaz sakatı	44
Şekil 2.13. Kalın kum hatalarıyla ilgili yapılan balık kılçığı çalışması	45

Şekil 3.1. Parçada tekrarlı olarak cüruf hatasının görüldüğü bölgeler	47
Şekil 3.2. Parçada tekrarlı olarak cüruf hatasının görüldüğü bölge 3D gösterimi ..	48
Şekil 3.3. İzci partiküller ekranında kalıp dolumu, akış profili	49
Şekil 3.4. İzci partiküllerle akış profili üzerinden hata bölgesinin incelenmesi	49
Şekil 3.5. Optimize edilerek her iki taraftan eşitlenmiş kalıp dolumu.....	50
Şekil 3.6. Optimize yollukla dökülen parçalarda hatanın görülmemesi	51
Şekil 3.7. Dişli kutusu parçasında görülen dart hatalarının örnekleri	52
Şekil 3.8. Yolluk sonundaki meme girişindeki püskürme 1.257 saniyesi	53
Şekil 3.9. Dolumun devamı 1,66 sn	54
Şekil 3.10. Dolumun devamı 4,7 sn	54
Şekil 3.11. Optimiza yolluk tasarımında meydana gelen homojen dolum ilk anları.....	56
Şekil 3.12. Optimize yolluk tasarımında meydana gelen homojen dolum devamı 3.4 sn.....	56
Şekil 3.13. Optimize yolluk tasarımında meydana gelen homojen dolum devamı 10. Sn.....	57
Şekil 3.14. Meme girişlerindeki sıvı metal hızları	57
Şekil 3.15. Optimize yollukla dökülen parçalarda hatanın görülmemesi	58
Şekil 3.16. Redüktör kovanı parçasındaki dart hatası	59
Şekil 3.17. Şiş bağlantılı ve bağlantısız kalıp dolum simülasyonu sonucu inceleme	60
Şekil 3.18. Şiş bağlantılı ve bağlantısız kalıp dolum simülasyonu sonucu.....	60
Şekil 3.19. Şiş bağlantılı(895 ⁰ C) ve bağlantısız(861 ⁰ C) kalıp sıcaklıkları	61
Şekil 3.20. Şiş bağlantılı(895 ⁰ C) ve bağlantısız(861 ⁰ C) kalıp sıcaklıklarının dolum ve katılma süreçleri boyunca değişimi	61

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1. Bağlayıcı özelliklerin kalıplama yöntemlerine göre sınıflandırılması...	8
Tablo 1.2. Döküm kumların özellikleri ve kullanım alanları	10
Tablo 1.3. Kuvars, silis kumu tane dağılımı.....	11
Tablo 1.4. Bentonit çeşitlerin özellikleri	14
Tablo 1.5. Bentonitin sahip olduğu grupların kimyasal analizleri	15
Tablo 1.6. Kömür tozu analizi.....	16
Tablo 3.1. Dart hatası görülen parçanın Kimyasal Kompozisyonu	52
Tablo 3.2. Kalıplama işlemi esnasında kullanılan kumun parametreleri	52

ÖZET

Anahtar kelimeler: Yaş kum kalıplama, soğuk kutu maça üretimi, döküm kumu, döküm hataları

Bu çalışmada, endüstride yüksek adetli döküm parçaların en düşük maliyetli üretimi için yaygın kullanılan otomatik yaş kum kalıplama ve amin gazıyla sertleşen kumdan soğuk kutu yöntemiyle üretilen maçalarla gerçekleştirilen döküm prosesinde sık karşılaşılan döküm hataları incelenmiştir. Hatalar oluşum mekanizmalarıyla gerçek örnekleriyle anlatılmış, AFS kodlamasına göre tasnif edilmiş ve çözüm yöntemleriyle ele alınmıştır.

Çözüm yöntemleri aranırken balık kılıcı ve döküm simülasyon programı gibi çok yönlü teknik problem çözme teknik ve ileri mühendislik araçları kullanılmıştır. Sıkı yapılan proses kontrol testleriyle belirli bir seviyeye kadar önlenemeyen kum kaynaklı döküm hatalarının önlenemeyen kısmı prosesin diğer girdi ve değişkenlikleriyle tetiklenebilmektedir. Probleme proses penceresinden çok yönlü bakmak döküm gibi bir çok değişkenin olduğu bir üretim prosesinde çözüm için bir gerekliliktir. Örnek çalışma bölümünde anlatılan örneklerde kalıp kumun içerisinde fazladan ısı girdisine neden olan döküm metodu bileşenlerinin ve kalıp boşluğu dolmuş profiline dart hatasına etkisi döküm simülasyonu kullanılarak tespit edilmiştir.

CASTING DEFECTS RESULTING FROM MOULD AND CORE SANDS USED IN FOUNDRY AND THEIR PREVENTATION

SUMMARY

Keywords: Greensand moulding, coldbox core production, casting sand, casting defects

In this study, common casting defects in the green sand moulding process with cores produced from amine gas hardened sand and cold box method, which are widely used in the industry for the lowest cost production of high-volume casting parts, were investigated.

Defects are explained with real examples with their formation mechanisms, classified according to AFS coding and handled with solution methods. While searching for solution methods, versatile technical problem solving technics and advanced engineering tools such as fishbone and casting simulation program were used. The unavoidable part of sand-induced casting errors, which can be prevented up to a certain level with strict process control tests, can be triggered by other inputs and variability of the process. Looking at the problem from the process window is a necessity for a solution in a production process where there are many variables such as casting. In the examples described in the case study section, the effect of casting method components that cause extra heat input in the molding sand and the mold cavity filling profile on the dart failure was determined using casting simulation.

BÖLÜM 1. DÖKÜM YÖNTEMLERİ

1.1. Kalıcı Kalıplara Döküm

Eritilmiş olan metali döküm teknolojisinde biçimlendirme yöntemi olarak kalıcı kalıplara döküm yöntemi uygulanabilir. Bu yöntem genellikle üretilecek olan parçanın miktarının çok olması, kompleks biçimli ve boyut toleransları dar olan parçalar için tercih edilir. Kullanılacak olan kalıbın dökülecek olan metalin gerektirdiği refrakterliği sağlamalıdır. (Aran, A. , 2007, Döküm Teknolojisi)

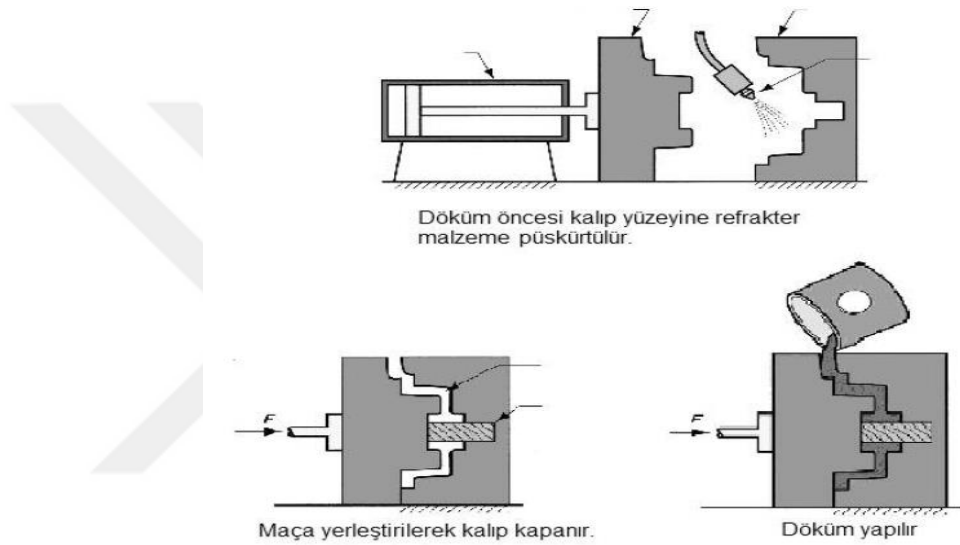
Kalıcı kalıp kullanan döküm yöntemleri:

1. Metal (kokil) kalıba döküm
2. Basınçlı döküm
3. Savurma santrifüj döküm
4. Sürekli döküm
5. Metal Kalıba Döküm

Metal kalıba döküm, eritilmiş metali çelik malzemesinden yapılmış olan kalıba dökülerek kalıpta olan boşluğu doldurma şeklinde olan bir işlemdir. Bu yöntemde kum kalıplara dökümlerin yanı sıra katılma nispeten daha hızlı olduğu için iç yapılar daha ince tanelidir. Metal kalıba dökümde boyut toleransları $\pm 0,25$ mm ve yüzeyler temizleme işlemleri gerektirmeyecek kadar kaliteli ve pürüzsüzdür. Bu yöntemde kullanılan maçalar metal, kum veya alçı malzemesinden olabilir ancak metal olması durumunda parçadan çıkarılması zorlaştırılmayacak şekilde yapılmalıdır.

Metal kalıba döküm tekniğinin bize sağlandığı üstünlükler:

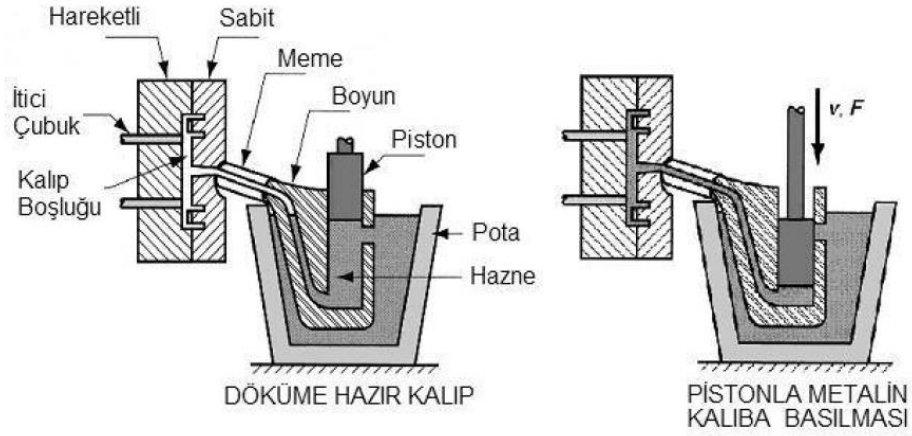
- Mekanik özellikleri ince yapılar sayesinde daha iyidir.
- Boyut toleransları hassas çalışılabilir.
- Yüzey pürüzlülüğü minimumda olup taşlama maliyeti azdır.
- Metal kalıba döküm tekniğinin dezavantajları şu şekildedir:
- Metal kalıp pahalı bir yöntem olmasından dolayı seri üretim için uygundur.
- Her malzeme dökülebilir değildir.
- Küçük parçalar için uygundur.



Şekil 1.1. İki parçalı metal kalıba döküm yöntemi (Ömer U., 2018)

1.1.1. Basınçlı döküm

Basınçlı döküm yönteminde eritilen maden metalden yapılmış olan kalıcı bir kalıba yüksek basınçlar altında dökümü yapılır. Basınç döküm bitimine kadar kullanılır. Döküm sonrası kalıp ayrılıp iticiler sayesinde parça kalıptan ayrılır. Bu yöntem ile erime sıcaklığı düşük olan çinko, alüminyum, bakır, kurşun ve kalay malzemeleri dökülebilir. 1000C'nin altında eriyen metaller için uygundur. (ERİŞKİN, Y., 1980, Hacim Kalıpçılığı)



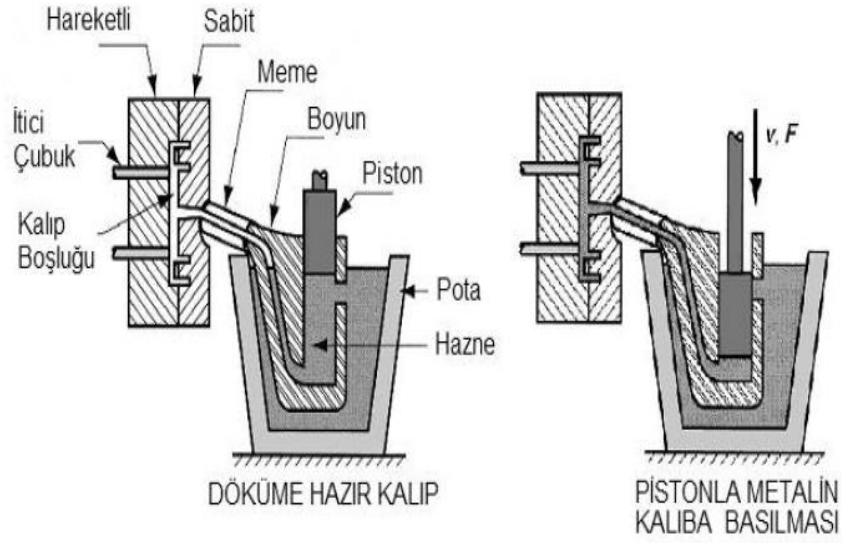
Şekil 1.2. Basınçlı döküm mekanizması (N. Çavuşoğlu, Ergin 1981)

Üstünlükleri:

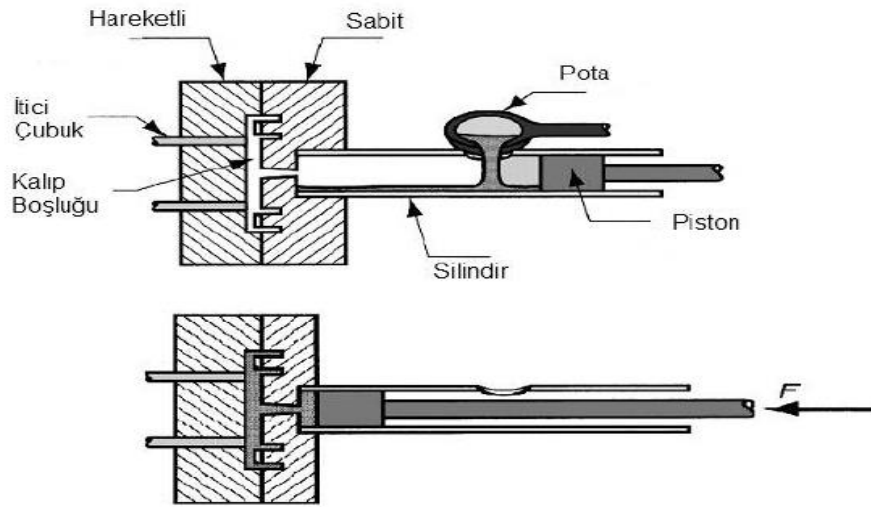
- Karmaşık yapıya sahip ve küçük olan parçaların dökümü için uygundur.
- Basınç sayesinde ince kenarlı parçaların kalıbını rahatlıkla doldurulabilir.
- Boyut hassasiyetinin yüksek olmasının yanında yüzey kalitesi de yüksektir ve üretim hızı yüksektir.
- Parçanın hızlı soğumasından dolayı iç yapılar incedir ve mekanik özellikleri yüksektir.

Dezavantajları:

- Kalıptan çıkarılması mümkün olan ve küçük boyutlu parçalar için uygundur.
- Basınçlı döküm pahalı ve yatırım isteyen bir yöntemdir.
- Kalıp maliyeti yüksek olduğu için seri üretim için uygundur.
- 1000 C° altındaki metaller dökülebilir.
- Örnek olarak ; saat parçaları, ev eşyaları, kürbüratör gövdeleri ve el aletleri örnek olarak gösterilebilir.



Şekil 1.3. Sıcak hazneli basınçlı döküm

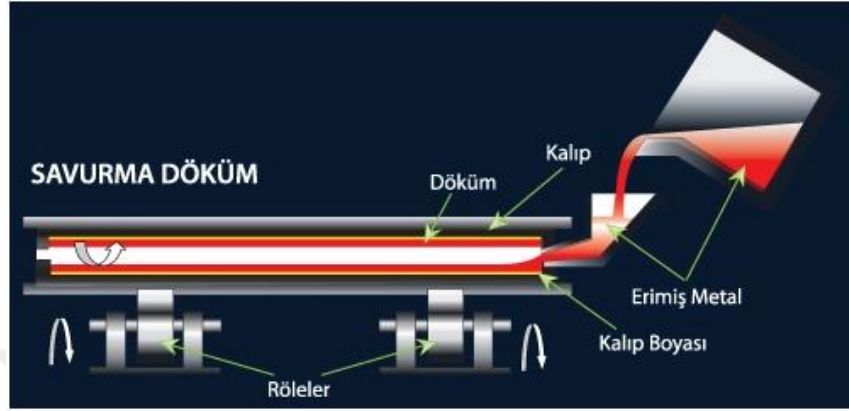


Şekil 1.4. Soğuk hazneli basınçlı döküm

1.1.2. Savurma döküm

Erimiş metal ve alaşımlarının yatay, düşey ve değişen eksenin etrafında dönen kalıp içerisine yapılan döküm yöntemine savurma döküm olarak adlandırılır.

Erimiş metal savurma döküm yönteminde döndürülen kalıplar içerine döküm yapılarak gerçekleştirilir. Bu yöntemde kullanılan kalıplar kumdan veya metalden yapılabilir.



Şekil 1.5. Savurma döküm yöntemi (K. Üniversitesi, 2015)

Savurma döküm yöntemi 3 sınıfta gruplandırılır;

1. Yatay eksenli savurma döküm
2. Dikey eksenli savurma döküm
3. Eğik eksenli savurma döküm

Diğer yöntemlerden en üstün özelliği silindirik ürünler ve içi boş borular üretilebilir.

Avantajları:

- Kalıp içerine maça yerleştirmeden içi boş parçalar üretilebilir.
- İç kalınlık kolaylıkla doldurulabilir.
- Döküm sıcaklığı düşük seçilebilir.
- Kaliteli ve temiz yapı oluşturulabilir.

Dezavantajları:

- Üretilebilecek parça şekli sınırlıdır.
- Ön yatırım maliyeti yüksektir.

- Kullanılan katkı alaşımlarının yoğunluk farkı olması durumunda eriyikler hatalı çıkabilir.

1.1.3. Sürekli döküm

Sürekli döküm yöntemi, eritilmiş metalin iki tarafı açık kalıptan geçirilirken bir yandan soğutarak metalin sürekli katı hale dönüştürülmesinde kullanılır. Erimiş metal kalıbın st tarafından dökülür, kalıbın diğerk tarafından çeşitli profilde ve çapta malzeme üretilir.

stnlkleri:

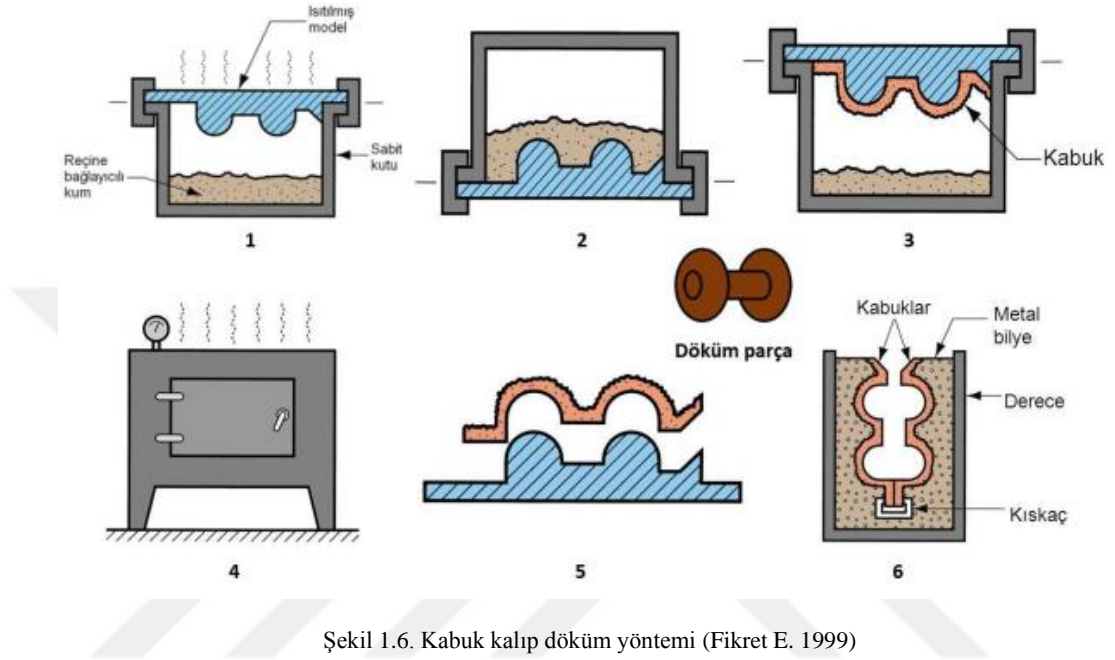
- Verim %100 dr
- İngot kalıplara göre daha kaliteli bir yüzey elde edilir.
- Kalitesi yüksek malzemeler üretilir.
- Ekonomik bir yöntemdir.
- 1-2 harcanan kalıplara döküm
- Kabuk kalıba döküm
- Seramik kalıba döküm
- Alçı kalıba döküm
- Kum kalıba döküm

1.2. Bozulabilen Kalıplara Döküm

1.2.1. Kabuk kalıba döküm

İnce kumdan yapılmış ve bağlayıcı olarak kullanılan reçine ile pişirilip sertleştirilen kabuk şeklindeki kalıplardır. Kutu içerisinde reçine ile karıştırılmış kumun üzerine ısıtılmış kalıp getirilir ardından kutu ters çevrilerek kumun kalıbın şekli alması beklenir sonrasında kutu eski haline getirildiğinde gevşek olan kum kutu içerisine dökülür ve kutu açılarak kabuk kalıp çıkarılır sonrasında kabul kalıp modelden ayrılmadan fırın içerisinde pişirilerek kabuk kalıbın dayanımı arttırılır. Dayanımı artan

kabuk kalıp modelden ayrılır aynı şekilde kabuğun diğer parçası da aynı işlemlerden geçilir ve oluşturulan bu kabuk kalıplar bir kutu içerisinde birleştirilir. Kabuk kalıbın hareket etmemesi için arka tarafları çakıl veya metal bilyalar ile desteklenerek kalıp boşluğu elde edilir.



Şekil 1.6. Kabuk kalıp döküm yöntemi (Fikret E. 1999)

Avantajları:

- İnce kum sayesinde döküm yüzeyi kalitelidir.
- Kalıbın esnek olmasından dolayı döküm çatlaklarını azaltır.
- Seri imalata yönelik mekanizasyon imkanı yüksektir.
- Dezavantajları
- Kalıbın metal olması ve reçine maliyeti arttırır.
- Seri üretimler için uygundur.
- Üretilebilecek parça boyutları düşüktür.

1.2.2. Seramik kalıba döküm

Seramik kalıba döküm yönteminde metal, alçı veya ahşaptan yapılmış modellerin üzerine ısı geçirgenliği yüksek refrakter tanecikler ve bağlayıcı harç dökülür. Harçın jel kıvamına gelmesinden sonra modelden ayrılan kalıp yakılarak bünyesindeki uçucu

maddelerin gitmesi sağlanır ve model pişirilir. Bu oluşturulan model döküm öncesinde ısıtılmalıdır. Alçı kalıba döküm yöntemine göre benzerdir ancak bu yöntemde erime sıcaklığı yüksek malzemeler ve çeliklerin dökümünde kullanılabilir. Seramik kalıba döküm pahalı bir yöntemdir (Fikret E. 1999).

1.2.3. Alçı kalıba döküm

Alçı kalıba döküm yönteminde model alçı ve sudan etkilenmeyecek özelliklere sahip olmalıdır. Modelin kalıbın hazırlanması için öncelikler alçı ve su karıştırılarak model üzerine dökümü yapılır. Alçının kurumması sonrasında modelden ayrılarak kalıp oluşturulur. Bu yöntemde oluşturulacak modelin ince detayları kusursuz bir yapıda oluşmaktadır. Fakat nem oranı iyi ayarlanmalıdır. Kalıp içerisinde fazla nem gaz çıkışını engelleyebileceği gibi düşük nem ise kalıp dayanımı düşürecektir. Bu yöntemin dezavantajı kalıp dayanım sıcaklığının 1200 C° ile sınırlı olmasıdır (Öner Ömer A. 2007).

1.2.4. Kum kalıba döküm

Kum kalıba döküm yöntemi, metallerin eritebilmesinin ardından değerli nesnelerin hassas olarak dökülerek uygulanan yöntemden çok daha sonra bulunmuştur.

Tablo 1.1. Bağlayıcı özelliklerin kalıplama yöntemlerine göre sınıflandırılması

Kalıpların bağlayıcılık olgusu	Uygulama
Bentonit bağlayıcılı kalıplar	El kalıplama Makine kalıplama
Kimyasal bağlayıcılı kalıplar Organik bağlayıcılar İnorganik bağlayıcılar	Kabuk kalıplama Sıcak kutu ve soğuk kutu bağlayıcılı kalıplama yöntemler Çimento bağlayıcılı Cam suyu bağlayıcılı
Fiziksel olarak bağlayıcılığı sağlanmış kalıplar	Vakum ve manyetik alan altında kalıplama

Bu yöntemin ilk olarak kilin bünyesinde doğal olarak bulunan kalıp kumunun kullanılması ile başlamıştır. 1915 yılında kalıp kuma bentonitin ilavesi ile geliştirilmiş ve 1941 yıllarında kumun sentetik olarak değiştirilmesi ile döküm parçasının kalitesi artırılarak günümüze kadar geliştirilerek gelmiştir. Kalıplama tekniği ise günümüze

kadar gelişen teknoloji sayesinde el kalıpcılığında seri imalat kalıplama sistemlerine kadar gelmiştir.

Bağlayıcı olarak bentonit kullanılan kum kalıplama yönteminin sahip olduğu önemli avantajları:

- Kullanılan malzemelerin doğada çokça bulunması
- Ekonomik olması
- Sistemde kullanılan malzemelerin %97,5 oranında geri dönüşüm olarak kullanılabilmesi.
- Doğaya zararının minimum düzeyde olması.
- Üretim kapasitesinin yüksek olması ve modern üretim yöntemine uyumlu olması.
- Döküm teknolojisinde %65-70 oranında uygulama alanına sahip olan bu yöntem bu nedenlerden dolayı yaş kum kalıplama yöntemi en çok kullanılan yöntemlerdendir.
- (Cem U, 2016, dolu kalıba döküm teknolojisi ve uygulanması)

1.2.4.1. Döküm kumu

Kum kalıba döküm yönteminde kullanılan yaş kalıp kumun karşılaması gereken özellikleri şu şekildedir:

1. Kalıp kumunun kalıplama esnasında modelin en ince bölgesine yüksek akıcılık özelliği göstererek homojen şekilde doldurması.
2. Kalıplama esnasında kumun modelin şeklini alıp modelden ayrılma anında kumun kırılmaması, formunu koruması yani plastik şekil verme özelliğinin sahip olmalıdır.
3. Modelden kumun ayrılması sırasında karşılaşılabilecek mekanik özelliklere karşı yaş basma ve yaş çekme mukavemetlerinin yüksek olması beklenir.
4. Ergitilmiş metalin kalıba dökülmesiyle ortaya çıkan gazların dışarı atılabilmesi için kullanılan kumun gaz geçirgenliği değerinin yüksek olması beklenir.

5. Yüksek sıcaklıklarda döküm gerektiren kalıp kumunun sinterleşme refraktör özelliğine sahip olmalıdır.

Yukarıda bahsedilen bu özellikler sistem kumun içerisine katılan bentonit, su ve döküm kumu, yeni kum oranları ile değişiklik göstermektedir.

Tablo 1.2. Döküm kumların özellikleri ve kullanım alanları

Özellik	Silis kumu kuvars	Zirkon kumu	Kromit	Olivin
AFS nr	60	102	74	65
Tane şekli	Yuvarlak	Yuvarlak	Köşeli	Köşeli
Özgül ağırlık gr/cm ³	2,65	4,66	4,52	3,3
Yığılma ağırlığı kg/m ³	1490	2770	2670	1700
Isısal genleşme % 20-1200 C	1,9 doğrusal değil	0,45	0,6	1,1
Kullanım yeri	Demir dışı metaller, dökme demir ve çelik döküm	Yüksek refrakter özelliği, soğutucu etkisi	Sıvı metal penetrasyonuna dayanıklı, soğutucu etkili	Yüksek manganlı çelik dökümde

1.2.4.2. Silis kumu (kuvars)

Silis kumu yada kuvars kumunu oluşturan ana elementi silisyumdur. Silisyum elementi dünyada en çok bulunan elementlerin başında gelir. Silisyum elementi doğada silikat tuzları veya asidi halinde bulunmaktadır. Kuvars yada silis mineralini HF asidi ile çözünmesi sağlanmaktadır. SiO₄ tetraeder' i kuvarsın temel yapısı oluşturmaktadır. Silis kumu ve kuvars genel olarak demir ve çelik dökümünde tercih edilir.

- Kuvars kumu tane dağılımı

Döküm parçasının kalitesini kum tane dağılımı büyük ölçüde etkilemektedir. Kalıplama anında kullanılan iri taneli kumlar dökülen parçanın yüzey kalitesini düşüreceği gibi metalin penetrasyonunu da artırır.

Parçanın yüzey kalitesini arttırmak için ise ince taneli kum kullanılmalıdır. İnce taneli kum daha fazla bentonit kullanmaya ihtiyaç gösterir ve gaz geçirgenliğini düşürerek parçada gaz hatasına sebep olacaktır.

Tablo 1.3. Kuvars, silis kumu tane dağılımı

Tane incelik Nr AFS	50-80	Düşük bentonit miktarı, iyi yüzey kalitesi
Ortama tane büyüklüğü (mikronm)	220-250	Düşük bentonit miktarı, iyi yüzey kalitesi
İnce kısım miktarı -200 mesh%	Max. 2	Bentonit miktarının az olması
Kil miktarı -20 mikronm %	Max. 0,5	Bentonit miktarının az olması
Elek üstü sayısı	%95 i 4 elek üzeri	Genleşme hatalarına direnç ve akıcılık
Özgül yüzey cm ² /gr	120-150	Bentonit miktarının az olması
Kuru gaz geçirgenliği	70-150	Gaz hatalarını önleme

- Kuvars' ın değışkeleri (modifikasyonları) ve ısıl genleşmesi

B-kuvarsın oda sıcaklığında kararlı halde olup 573 Co de % 0,8 lik hacimsel bir genleşme ile ani ve geri dönüşümlü olarak a-kuvarsa dönüşür. 870 Co ye kadar kararlı olan a-kuvars bu sıcaklıkta tekrardan ani bir dönüşüm gerçekleşir ve çok büyük genleşme ortaya çıkarak a- tridmit oluşumu gerçekleşir. A-tridmit 1470 Co de a-kristobalite dönüşümü sağlanır.

Kuvars, silis kumun sıcaklıklara bağlı olan yüksek doğrusal ve hacimsel genleşmeden kaynaklı dökümde genleşme hatalarına sebep olmaktadır (M. gedikli, 2019).

- Sinterleşme sıcaklığı

Sinterleşme sıcaklığı döküm kumlarının bir diğer önemli özelliğidir. Alman döküm kumlarında 1450 Co olan sinterleşme sıcaklığının sebebi %99 oranında Sio₂ olmasıdır. Şile kumlarında ise sinterleşme sıcaklığı 1480 Co dir. (S. İzgiz,2011, Yaş Kalıplama Kumu, Özellikleri, Matematiki İlişkiler ve Karıştırma Etki Derecesi)

1.2.4.3. Zirkon kumu ZrSiO₄

Silis kumu ile arasında en belirgin özelliklerin daha yüksek yoğunluğa sahip olması ve yüksek ısıl iletkenliğe sahip olmasıdır. Bu özelliğinde döküm teknolojisinde üretilecek parçanın erken soğumasını istediğimiz bölgelerde kullanılarak oluşabilecek hataların önüne geçilmektedir. Ancak silis kumuna göre maliyeti daha fazladır.

Isısal doğrusal genişmesi çok düşük olan zirkon kumunun kullanılması durumunda boyutsal hatalar minimuma indirilebilir. Refrakterlik özelliği yüksek olan bu kumun demir oksit ile reaksiyonuna girmemesinden dolayı kum yanmalarını minimize eder.

Yüksek kaliteye sahip çelik dökümlerde ve komplike maçalara sahip önemli parçaların dökümünde genellikle zirkon kumu tercih edilir. Ancak silis kumuna nazaran pahalı bir malzemedir. Zirkon kumunun kullanılması durumunda maliyeti düşürmek amacıyla bağlayıcılık özelliğini kullanmak için geri dönüşüm prosesi uygulanması tercih edilir.

Zirkon kumlarının en büyük dezavantajı ise bünyesinde eser miktarda bulundurduğu uranyum ve toryum elementlerinden kaynaklı radyoaktif özelliği gösterir ve çalışma şartnamesinde belirtilen özel koruyucu önlemler alınması gerekmektedir.

(Sudjoko, Dwiretnani, Sulisty, Budi, Hartati, Pristi, and Sunardjo,2002. Direct Chlorination of Zircon Sand)

1.2.4.4. Kromit FeCrO₄

Köşeli ve siyah renkte olan kromit kumu ısıya dayanıklılığı yani refrakterlik özelliği ve soğutucu etkisi yüksektir. Sıvı metalin penetrasyonuna yüksek direnç göstermesinden dolayı proseste tane boyutunu yükseltmek için olanak sağlamaktadır. Isısal genişleme direnci yüksektir ve boyutsal hatalar meydana gelmez.

1.2.4.5. Olivin MgSiO₄

Genellikle östenit yüksek manganlı çeliklerin dökümünde kullanılan kalıplama kumudur. Doğrusal genişmesi düşük olan bu kumun ısısal yüksek geçirgenliği ve soğutucu etkisi yüksektir.

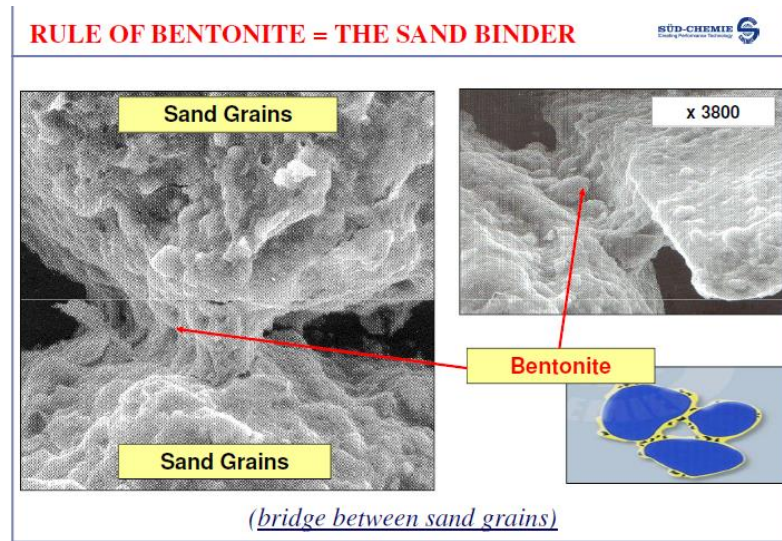


Şekil 1.7. Olivin kumu

Olivin kumu, kuvars kuma nazaran dökülen parçaların son işlemleri (kesme, taşlama, temizleme vb.) maliyet açısından daha uygundur. Bu kumun alışımlışın dışında soluk yeşil renge sahiptir (S.R. Giese, G.R. Thiel, R.M. Herreid, J.D. Eastman, 2002).

1.2.4.6. Bentonit

Volkanik kökenli killi bir mineral olan bentonit, ince tane boyutu, genişleyen tabakalı kafes yapısı, yüksek baz değişim kapasitesi ve dikkat çekici su emme özelliğinden dolayı dökümhanelerde geniş kullanım alanı bulunur.



Şekil 1.8. Bentonit kumunun bağ yapısı

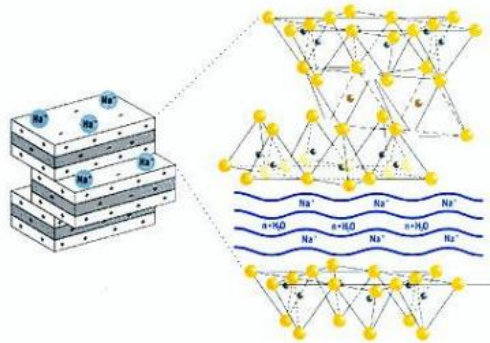
Bentonitin içinde bulundurduğu parçacıkların büyük kısmı koloidal boyuttadır yani bir mikrondan daha küçüktür parçacıklara sahiptir. Bu özelliğinden dolayı tanelerin etrafını ince bir yapışkan film tabakası olarak sararak bağlayıcı özelliğini kullanabilir.

- Bentonitin aktif hale getirilmesi

Bentonit aktifleştirilmesi doğada bulunan kalsiyum bentonitlere genelde alkalik taş aktifleştirilmesi yapılır. Bu yöntemde daha öncesinde doğada kalsiyum bentonit rutubetlenirerek özel, yoğurma yöntemine sahip mikserlerde soda ilave yapılarak aktifleştirme işlemi yapılarak sodyum bentonit özelliklerin kazandırılması sağlanır.

Tablo 1.4. Bentonit çeşitlerin özellikleri

Bentonit	Montmorillonit %	Şişme 2gr/100 ml	Su alma kapasitesi %
Ca	80	15	120
Na	80	35	600
Aktifleştirilmiş	80	20	150



Şekil 1.9. Bentonitin kristal yapısı

- Bentonitin hacim büyümesi

Bentoniti diğer kil minerallerinden ayıran en önemli özelliklerinden birisi su içerisinde kabarıp hacimsel büyüebilmesi yani şişmesidir. Bu özellik sayesinde kaliteli bentonit olarak ayrıştırılmasına yardımcı olan bir özelliktir. Bentonitin günümüzde ticareti yapılabilmesi için minimum kendi hacminin 5-6 katı hacimsel büyümesi

gerekmektedir. Kaliteli olarak adlandırılan bentonitler ise kendi hacminin 25- 30 kat daha fazla hacime sahip olmalıdır (Eruslu, 1991-Eruslu, N., 1991).

- Bentonitin kimyasal özellikleri

Bentonitlerin kimyasal bileşimlerden yola çıkarak sınıflandırmak doğru sonuç vermeyebilir. Fiziksel özelliklerini incelenmesi ile sınıflandırmak doğru sonuç verecektir.

Tablo 1.5. Bentonitin sahip olduğu grupların kimyasal analizleri (Yüce, E. (1999))

Bileşenler	Na bentonit	Ca bentonit	Ara bentonit
SiO ₂	64,0	59,0	62,0
AlO ₃	21,0	19,7	15,9
FeO ₃	3,5	5,9	3,0
MgO	2,3	5,5	2,6
CaO	0,5	1,7	4,5
Na ₂ O	2,6	0,2	2,0
K ₂ O	0,4	0,2	1,0

1.2.4.7. Kömür tozu

Kömür tozları, bituminöz kömürünün öğütülerek belli tane büyüklüğünde sınıflandırılarak üretilmektedir. Kömür tozu uçucu miktarı yüksek bir malzeme olarak tanımlanmaktadır.

Kalıp kumu bileşenlerinde kömür tozunun kullanımının en önemli etkilerinden biri döküm yüzey kalitesini arttırmasıdır. Bu etki göz önünde bulunduğunda parçanın kolay temizlenebilmesi sağlanmakla birlikte kum kayıplarını da önlemektedir.

Kömür tozu kullanılarak hazırlanan kalıba eritilmiş metalin dökümü ile kömür tozu metalin sıcaklığı ile yanarak gaz hale gelmektedir. Ortaya çıkan redükleyici gazlar, metal ile kalıp arasında gaz yastığı oluşturmaktadır. Gaz tabakası kum taneleri arasında karbonun ayrışmasına yol açarak katılaşma sonrasında dökülen parçanın temiz ve parlak olmasına neden olmaktadır.

Kum kalıba dökümde, kumun hazırlanmasında kullanılacak suyun miktarında kömür tozu büyük etkisi vardır. Kömür tozu kullanımı artığında kullanılacak su miktarı da artmaktadır. Su miktarının kullanımı yüksek olduğunda ise gaz sakatları artmakla birlikte kumun akıcılık özelliğide azalmaktadır. Bu sebepten dolayı kömür tozu kullanımı azami olarak %4-6 arasındadır.

Tablo 1.6. Kömür tozu analizi (C.A.Loto, 2003)

Uçucu miktarı %	37
Kükürt %	0,7
Kül %	4
Rutubet %	2

1.3. Kalıplama Kumunda Kullanılan Test Metodları

Kuma uygulanacak testler için alınan kum kalıplama makinesinden alınmalıdır. Alınan bu kum ağzı kapalı kaplarda saklanmalıdır ve yapılan testlerin doğru sonuç verebilmesi için kum kısa sürede kullanılarak testler bitirilmelidir.

1.3.1. Su (rutubet) miktarı

Kalıplama hattında kullanılan kumun rutubet miktarına bakmak için kovaya hazırlanan kumun orta kısmında kaşık yardımı ile alınan kum hassas terazide 50 gr olacak şekilde tartımı gerçekleştirilir. Tartılan bu kum hızlıca kurutma cihazının içine yerleştirilir. Kurutma cihazı 110 C° de kumun ağırlık değişimi durana kadar bekletilmelidir.

Yapılan bu işlemden sonra ilk ağırlık ile son ağırlık karşılaştırılarak rutubet miktarı hesaplanır.

$$\% \text{ Nem} = ((A-B) * 100) \quad (1.1)$$

% rutubet miktarı

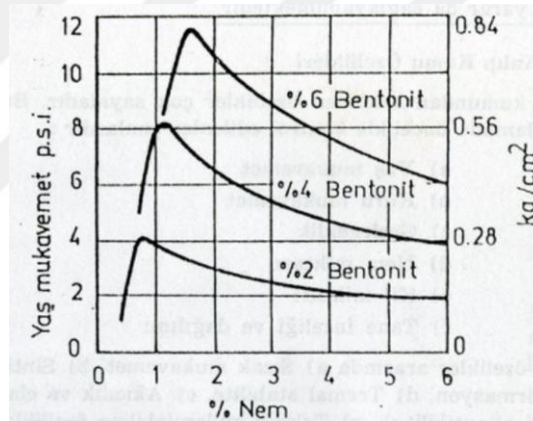
A: İlk tartım

B: Son tartım)

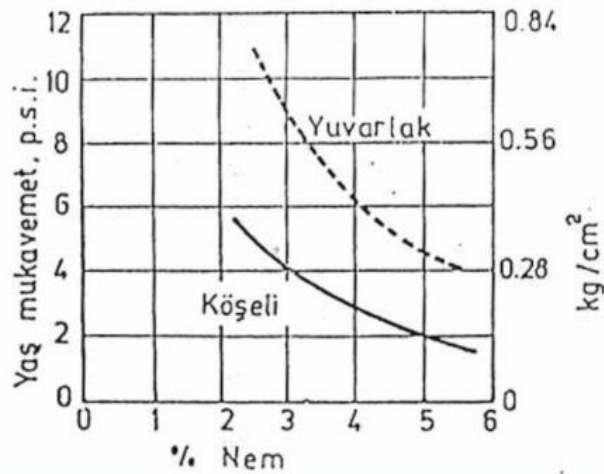
Kalıp kumunda var olan nem kumun özelliklerini büyük oranda etkilemektedir. Kum hazırlanmasında kullanılan nemin her zaman aynı oranda kullanılarak aynı sıkıştırma oranları görülmesi beklenmektedir. İyi bir kalıplama kumunun kalitesi ilave edilen bentonit miktarının sabit kalarak belli sıkıştırma oranına ulaşılması için gerekli olan nem ihtiyacı ile sınıflandırılmaktadır.

Kalıp kumunda beklenen sıkıştırma özelliklerinin karşılanması için ihtiyaç durulan nemin miktarı kumun birçok özelliklerini etkilemektedir.

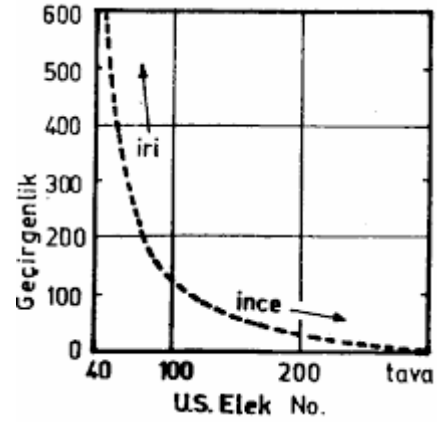
Kumun hazırlanmasında ihtiyaç duyulan bentonit miktarının artması sonrasında hedeflenen sıkıştırma ve yaş basma değerlerine ulaşılabilmesi için nem miktarı arttırılmalıdır.



Şekil 1.10. Yaş basma mukavemeti için gereken nem ve bentonit miktarı



Şekil 1.11. Kalıp kumunda kullanılan kumun şeklinin nem miktarına etkisi



Şekil 1.12. Kumun AFS değerlerinin gaz geçirgenliğine etkisi



BÖLÜM 2. DÖKÜM HATALARI

Amerikan dökümcüler birliğinin belirlediği ana hatalar ve detaylarına göre kodlandırılması aşağıdaki gibidir. (Defect Codes From International Atlas of Casting Defects Handbook)

- A Metalik Projeksiyonlar
- B Boşluklar
- C Süreksizlikler
- D Kusurlu Yüzey
- E Tamamlanmamış Dökümler
- F Yanlış Boyutlar veya Şekil
- G İnküzyonlar veya Yapısal Anomaliler

- A 100 Metalik Projeksiyonlar
- A 111 Ayrım Yüzeyi Çapağı yada Finler
- A 112 Damarlaşma yada Fin
- A 113 Sıcaklık Etkisiyle Oluşmuş Kalıp Çatlakları
- A 114 Köşe Çatlağı
- A 121 Çatlamış(kalkmış) üst kalıp
- A 122 Sag or Strain
- A 123 Çatlak yada Kırık Kalıp
- A 200 Ağır Projeksiyonlar
- A 211 Şişmeler
- A 212 Erozyon
- A 213 Çarpma Kalıpta
- A 221 Kalıp Kopması
- A 222 Maça yada kalıp elemanlarının kopması

- A 223 Kum Yüzmesi
- A 224 Kalıp malzemesi düşmesi
- A 225 Köşe dartı
- A 226 Kırık Maça(Kırılması)

B Boşluklar

- B 100 Döküm boşlukları çıplak gözle bile fark edilecek şekilde genellikle yuvarlak iç şekillidir
- B 111 Gaz ve İğnebaşı Döküm boşlukları
- B 112 İnsert, soğutucu ve support kenarlarındaki gaz boşlukları
- B 113 Curuf Gaz Boşluğu
- B 121 Yüzeysel yada yüzeyaltı gaz boşluğu
- B 122 Köşe gaz boşlukları,çöküntüler
- B 123 Yüzey İğnebaşı Döküm boşlukları
- B 124 Dağınık çekinti
- B 200 Kaba iç çeperli boşluklar, çekinti
- B 211 Açık yada harici çekinti
- B 213 Maça çekintisi
- B 214 Çıkıcı temas noktasında çekinti
- B 221 İçsel yada kör çekinti
- B 222 Merkez hattı yada eksenel çekinti boşluğu
- B 223 İzole sıcak noktalarda merkez hattı çekintisi
- B 300 Fazla sayıda küçük boşlukların oluşturduğu süngersi yapı
- B 311 Makro, Mikro, çekinti boşlukları-kaçağa neden olan süreksizlikler

C Süreksizlikler

- C 100 Mekanik etkilerle oluşan süreksizlikler
- C 111 Kırılma
- C 121 Sıcak Kırılma
- C 211 Soğuk Çatlak
- C 221 Sıcak Yırtılma
- C 300 Kaynaşmama kaynaklı süreksizlikler

- C 311 Soğuk birleşme
- C 321 Eksik Döküm
- C 331 Soğutucu veya insertlerde soğuk birleşme erimemiş support
- C 400 Metalurjik hatalar kaynaklı süreksizlikler
- C 411 Kabuksu kırılma
- C 412 Tanelerarası Korozyon

D Hatalı Yüzeyler

- D 100 Yüzey katlanmaları, Gazlar
- D 112 Üst derece hataları, Fil derisi ve katmerler
- D 113 Yaralı Yüzeyler
- D 114 Akış İzleri
- D 121 Kaba Döküm Yüzeyi
- D 122 Yoğun Kaba Görünüm, Yüksek basınçlı kalıplama
- D 131Buckle
- D 132 Fare Kuyruğu
- D 133 Akış izleri, Karga ayağı
- D 134 Metal-kalıp Reaksiyonu, Portakal kabuğu
- D 135 Yapışma, Kalıp Erozyonu
- D 141 Batma İzleri, Yüzey çökmesi
- D 142 Curuf
- D 200 Ciddi Yüzey Hataları
- D 211 Kalıp kalkması
- D 221 Dış Sinterleşme
- D 222 İç Sinterleşme
- D 223 Metal Penetrasyonu
- D 224 Kalıp Dartı
- D 231 Genleşme Dartı
- D 232 Üst kalıp kaynaması ve erozyon dartı
- D 233 Kabuklu Dart
- D 241 Oksit Tabaka

D 242 Yapışık Malzeme

D 243 Pullanma

E Tamamlanmamış Dökümler

E 100 Döküm parçanın bir kısmının oluşmaması (kırılma olmaksızın)

E 111 Eksik Döküm

E 112 Hatalı Kaplama veya kötü yapılmış kalıp tamiri

E 121 Eksik Döküm

E 122 Kısa Döküm

E 123 Kalıp kaçırması

E 124 Aşırı Temizleme

E 125 Isıl İşlem sırasında yapışma veya ergime

E 200 Döküm parçanın bir kısmının oluşmaması (kırılma ile)

E 211 Hasarlanmış Döküm

E 221 Kırık Döküm (Meme girişi, çıkıcı yada şiş)

E 231 Erken kalıp bozma

F. Hatalı Ölçü yada Biçim

F 100 Hatalı ölçüler, Doğru Şekil

F 111 Yetersiz çekme payı

F 121 Engellenmiş Çekme

F 122 Düzensiz Çekme

F 123 Modelin Aşırı Takalanması (Kalıp kumu sıkıştırma esnasında)

F 124 Pişme sırasında kalıbın genişmesi

F 125 Kalıp duvarı hareketi, döküm boşluğunun büyümesi

F 126 Çarpılmış Döküm

F 200 Bazı bölgelerde döküm şeklinin bozuk olması

F 211 Model Hatası

F 212 Model Montaj Hatası

F 222 Kaçık Maça

F 223 Kayma (Dik Yüzeylerde)

F 231 Formu Bozulmuş Model

F 232 Kalıp Sürünmesi, Deforme olması

F 233 Dökümün Bükülmesi

F 234 Dökümün Çarpılması

G. İnküzyonlar

G 100 İnküzyonlar yada Yapısal Anormallikler

G 111 Metalik İnküzyonlar

G 112 Soğuk Birleşme

G 113 İçsel Yoğuşma

G 121 Cüruf İnküzyonları, Dross

G 122 Cüruf-Gaz Hatası

G 131 Kum İnküzyonları

G 132 Refrakter İnküzyonları

G 141 Siyah bölgeler(KGDD kırılma yüzeyinde)

G 142 Oksit İnküzyonları

G 143 Yüzen karbon filmleri, Kiş izleri

G 144 Sert Bölgeler

G 200 Makroskobik yapısal anormallikler

G 211 Birincil Çil, Soğutulmuş Alanlar veya kenarlar

G 212 Temiz Çil

G 213 Ters Çil

G 214 Ferritik Yüzey

G 221 Primer Grafit Beyaz D.D.

G 222 Aşırı Pearlit Tabakası

G 223 Lokalize Sert Bölgeler, İnküzyonlar

G 224 Yapraksı Grafit

G 225 Çanki Grafit

G 226 Patlak Grafit

G 262 Kiş Grafitler

G 263 Karbon Yüzmesi

G 264 Dendritik Hasarlanma

2.1. Kalıp ve Maça Kumu Kalıp Hataları

2.1.1. Kırık ve çatlak hataları olan parçalar

2.1.1.1. Kalıp kumunun etkisi

Bu hata genelde döküm sonrası dikkatsiz bir şekilde parçanın taşınmasında, kumlanmasında ve taşlanma işlemlerinde gerçekleşir ancak dökümde iç gerilmelere neden olacak birçok etken vardır ve bu etkenler parçayı kırılır hale getirebilmektedir.

- Kum dağılılabirliğinin düşük olmasına neden olan kuru yada aşırı sıcak mukavemet
- Düşük kum dağılılabirliği parça üzerinde çatlama yada kırılmaya neden olacak soğuma gerilmeleri yaratabilir. Zift, rutubet, toz, kil yada bağlayıcılar düşük kum dağılılabirliğinde neden olan faktörlerdendir.
- Sinter noktası düşük olan malzemeler
- Kalıbın mevcut olan mukavemetini arttırması sonucunda normal bir şekilde dağılılabirliği önlemektedir.
- Düşük kalıp kumu deformasyonu ve yüksek sıcak mukavemet
- Parça dökümü esnasında mevcut olarak içerisinde bulundurduğu soğuma gerilmelerini arttırır. Bu gerilmelerin tolere edilmesinde yüksek sıcak mukavemet yeterli sıcaklık başrol oynamaktadır.

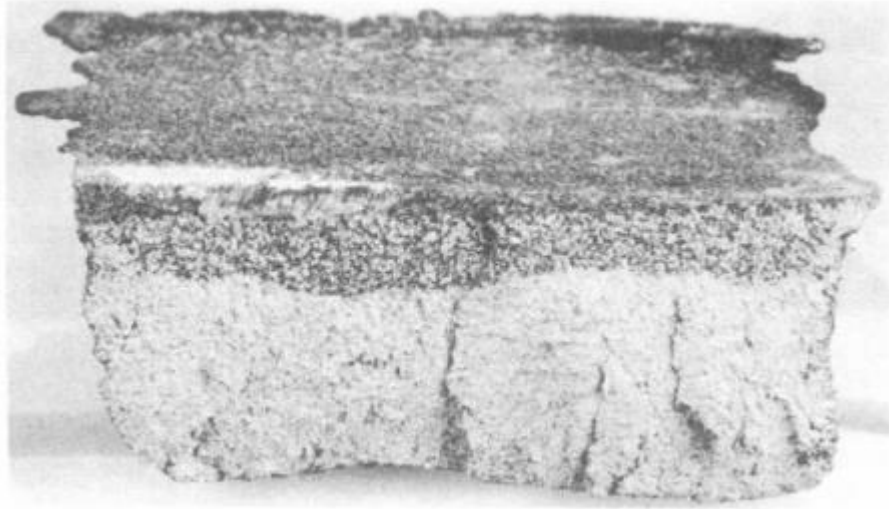
2.1.2. Karbon yüzmesi

(KISH)(G262)VE diğer kaba çökeltme hataları olan parçalar, karbon yüzmesi, sıvı metalden ayrılmış halde bulunan serbest grafitir. Diğer kaba çökelmeler küresel grafitli dökme demirde, bir çok demir dışı alaşımlarda bir yada daha fazla elementin metal içerisindeki doymuş seviyesinde olduğunda yada bu sınırı aştığında parçada görülmektedir. Karbon yüzmesi ve diğer kaba çökelmeler genellikle maden analizine ve soğuma hızına bağlıdır.

2.1.2.1. kalıp kumunun etkisi

- Isı transferinin aşırı yavaş olması

Bir kesit için beklenen soğuma hızını yalıtkan malzemelerin kullanımı ile oluşan aşırı yavaş ısı transferi etkileyebilmektedir. Maden analiz toleransları dar olması gerektirdiği zamanlarda kalıbın yumuşak olması ve kalıp içerisinde kullanılan talaş çökelmeyi başlatabilir. Böyle bir durumla karşılaşılması sonucunda demir dışı malzemelerde dert önleyici perlitin yüksek miktarda ilavesini verebiliriz.



Şekil 2.1. Sfero dökümde karbon yüzmesi(G263) (döküm hataları atlası, 2014)

2.1.2.2. Maça kumunun etkisi

- Yağ- bağlayıcı maçalar ekzotermik reaksiyona neden olması

Kalıp içerisine yerleştirilen maçanın döküm esnasında metal ile temasıyla birlikte maçanın aşırı şekilde ısınmasıyla birlikte maçayı barındıran metal bölgesinde yüksek miktarda soğuma hızı değişimine neden olmaktadır.

- Yalıtkan olarak kullanılan gaz filmleri

Yalıtkan malzemeler kullanılması Shell (kabuk) maçalarda olduğu gibi metal kesitinden kuma doğru olan ısı transferi hızında değişikliğe neden olmaktadır. Döküm esnasında bu gibi durumlar yaşandığı zaman soğuma o kadar yavaşlamaktadır ki analizde tespit edilen çökme başlama limitlerine yaklaşmaktadır. Çökme riski yaşanan durumlarda metalürjik açıdan maçada değişiklikler yapılması gerekmektedir.

Dr D.N. Shivappa, Mr. Rohit, Mr. Abhijit Bhattacharya,2012, “Analysis of Casting Defects and Identification of Remedial Measures – A Diagnostic Study”.

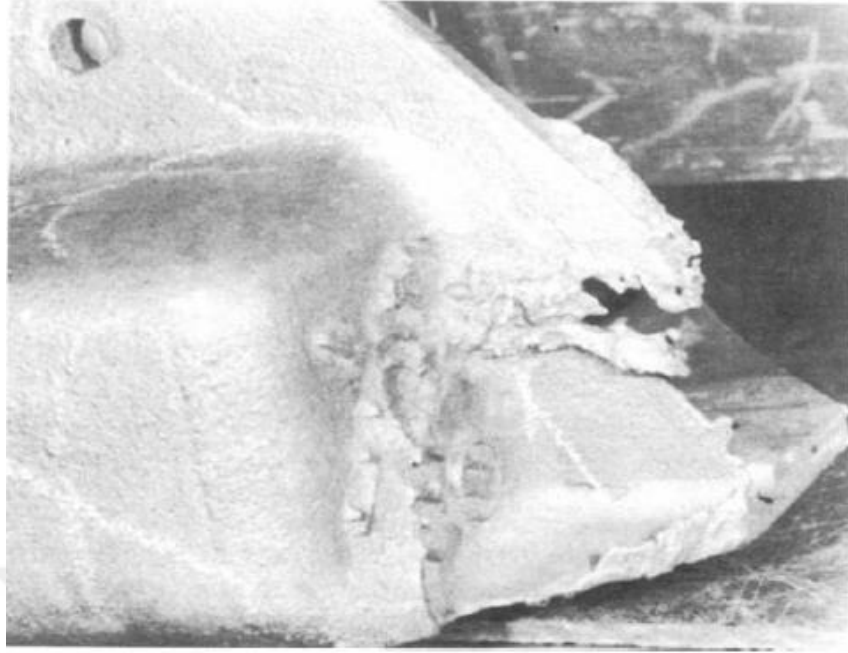
2.1.3. Kalıp ezmesi hataları olan parçalar (F223)

Kalıp ezmesi hatası, parça üzerinde yaralanma, fazladan bir metal olarak görülmektedir. Bu hatanın sebebi, kum kalıbın modelden ayrılması sonrasında dahili veya harici bir kuvvet uygulanması sonucunda oluşmaktadır.

Bazı kum ve maçaların bu hataya sebep olması yada neden olmasıyla beraber temel olarak hatanın sebebi dikkatsizlik olarak söylenebilir. Ayrıca bu gibi hataların maçanın uygunsuz boyutta üretilmesinin yanında genel olarak hatanın sebebi uygunsuz derece ve araba kullanılmasından kaynaklı olmaktadır.

2.1.3.1. Aşınmış model ve maça sandıkları (F211)

Kum ezmelerinde bu sorun hatanın ana nedenlerindedir. Örnek olarak aşınmış bir model ile kalıplama yapılması durumunda maça başlarının normal ölçüden büyük çıkması sonucunda uygun olan maçamız kalıba küçük gelecektir. Aynı durumu maça sandığında düşündüğümüzde maçanın normal boyutundan büyük olması durumunda uygun olan kalıbımızdaki maça başına maçamız büyük geleceği için her iki durum kum ezmeye neden olacaktır. Model yada maça sandığında aşınan bölgeler fark edilip hemen tamir edilmelidir.



Şekil 2.2. Derece pim burçların aşınma sonucu oluşan ezme sakatı (Döküm hataları atlası, 2014)

- Kalıp Sıyırma Açısının Yetersi Olması (F223)

Kalıp sıyırma açısının yetersiz olması, modelin yapımında hata olabilir yada kullanılan modelin zamanlar aşınmasından dolayı olabilir. Model incelendiğinde eğer hata model yapımından ise çıkma açısı düzeltililebilir ancak bu yer parçanın bir kısmı ise o bölgeye maçaya alınarak kalıplanması sağlanmalıdır.

- Modelin hatalı bağlanması (F212)

Modelin hatalı bağlanması kumu yada maçayı ezmeye neden olacaktır. Sorunun giderilebilmesi için model tekrardan bağlanmalıdır. Modelin bağlandığı arabaların bir tarafı oval burç diğer tarafa yuvarlak burç bağlanarak sorunu tamamen çözebiliriz.

- Parçada Kaçıklığa Sebep Olan Üst, Alt, Model ve Plakalar (F212)

Alt ve üst modelin uyumsuzluğundan kaynaklanan hatadır. Modeli bağlayan kişiden yada kaçıklığı engelleyen pim ve burçların aşınmış olmasından kaynaklıdır.

- Aşınmış pim ve burçlar

Pim kullanmama, aşınmış pim ve burçlar, eğik pimler ve yanlış boyutta pimler bu hataya neden olabilir. Pim ve burçlar kullanılan donanımın ömrünü uzatmak amacıyla kullanılmaktadır. Pim ve burçlar için düzenli kontroller yapılarak bu hata minimuma indirilebilir.

- Maçayı Desteklemek İçin Yetersiz Maça Başı Kullanımı (F211)

Maça başının yetersiz olması ana maça gövdesi arasındaki ince kum paketinin ezilmesine neden olacaktır. Maça başı büyütülmeli yada ana maçayı destekleyecek başka maça başı kullanılmalıdır (Döküm hataları atlas kitabı, 2014).

2.1.3.2. Derece ve aksesuarları

- Pim ve burçların kaçıklığı

Bu durum, aşınma ve kötü kullanıl sonucu oluşmaktadır. Bu hatayı düşürmek için geçer geçmez master yapılıp düzenli olarak dereceler kontrol edilmelidir. Hatalı olan dereceler hemen değiştirilerek yerine uygun olan dereceler konulmalıdır. Bu kontrollerde toleransımız 0,35 mm olmalıdır.

- Paralel Olmayan Yada Aşınmış Derece Ayrım Yüzeyleri (F231)

Aşınmış yada uygun olarak kullanılmayan dereceler zamanlar çarpık konumda birleşmesinden dolayı alt ve üst derecenin çarpık birleşmesi sonucunda kalıbı ezebilir. Bu gibi durumlar dereceler işleme işlemi ile çarpıklığı giderilir yada derece değiştirme yoluna gidilir.

2.1.3.3. Kalıp kumunun etkisi

Kalıplama esnasında zayıf olan kumun, mukavemeti yüksek olan kuma göre daha fazla ezileceği için kalıp ezmesi hatası olan parçalar görmek yüksek olasılıktır. Kalıp kumun zayıf olmasının yanında kullanılan derece ve aksesuarlarında; pim ve burçların kaçıklığını düzenli olarak kontrol etmek gerekmektedir.

- Yaş kum mukavemetinin düşük olması

Kalıplama için kullanılan kumun rutubeti oranının yüksek olması düşük yaş kum mukavemetine neden olmasından dolayı özellikle geniş yüzeyli üst kalıpların sarkmasına neden olmaktadır.

- Yaş kum deformasyonun düşük olması

Modelin yüksek basınç ile kalıplama esnasında kalıplama kumunun bileşenlerinde kil, benzeri darbe emicilerin düşük olması sonucunda üst derecenin kapanması sonrasında kalıpta ezmeye neden olacaktır.

2.1.3.4. Maça kumunun etkisi

Kalıplama sonrasında üst derecinin alt dereceye kapanması esnasında gereken boyutta olmayan maçalar kalıbı ezerek dökülecek olan parçanın kum ezmesi sakatı olmasına neden olacaktır.

- Uygun boyutta olmayan maça başları

Üst derece alt dereceye kapanması öncesinde kalıba bırakılan uygunsuz boyutta olan maçaların kalıbı ezmesine neden olacaktır.

- Maçaların uygunsuz olarak montajı yapılması (F212)

Bazı modeller için birden fazla maça gereklidir. Bu maçaların bazıları montaj gerektirmektedir. Maçanın montajı uygunsuz olarak yapılması sonrasında üst derecenin alt dereceye kapanmasında uygunsuz montajlanan maça kumu ezmesine neden olacaktır.

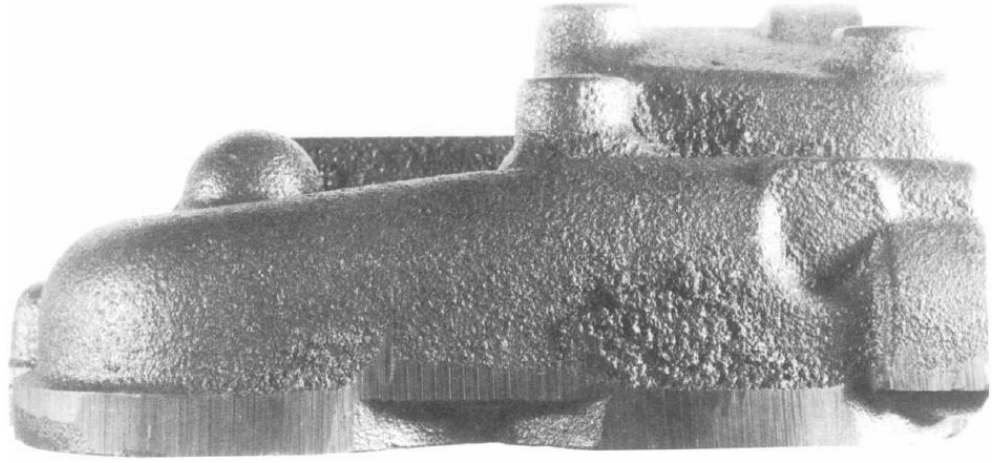
- Maça boyasının viskozitesinin yüksek olması

Maça boyasının viskozitesinin yüksek olması maçanın kalın olarak boyanmasından dolayı maça boyutu her eksen üzerinde büyümesinden dolayı kalıba yerleştirilirken kumu ezmesine neden olacaktır. Boya viskoziteleri uygun aralıklarla ölçülerek kontrol altına alınmalıdır.

- Sunil Chaudhari, Hemant Thakkar , 2014 “Review on Analysis of Foundry Defects for Quality Improvement of Sand Casting”).

2.1.3.5. Kum yalaması hataları olan parçalar (D 221)

Kum kalıp model yardımı ile kalıplanıp döküme hazır olmasının ardından kalıba erimiş metalin dökülecek akan metalin kalıp yada maça yüzeyini erozyona uğratması sonucu oluşan parça üzerinde kaba metal noktalarıdır. Kum yalaması hatası genellikle kum dartı dediğimiz hata ile karıştırılmaktadır ancak her ikisinin de çözüm yolları farklıdır. Kum yalaması kumun genellikle yumuşak olmasından kaynaklı oluşurken kum dartı kalıbın çok sıkılığı ile oluşan genişleme hatasıdır.



Şekil 2.3. Kum yalaması hatası (döküm hataları atlası, 2014)

2.1.3.6. Model ve parça tasarımının kum yalamasına etkisi;

- Sıvı metalin kalıp içerisine aşırı hızlı metal akışına neden olan dizayn

Bu gibi dizaynlarda metalin yoğun bir şekilde kalıpta maruz kalan bölgelerin aşırı ısınmasıyla kumun özelliğini kaybetmesiyle birlikte o bölgeden kumu kopartarak sürüklemesine neden olacaktır. Maçayı yada kalıbın aşırı ısınmasını engellemek amacıyla genellikle meme girişleri genişleterek ve de ilave meme girişi koyarak problem çözülmeye çalışılmaktadır. Sorunun devam etmesi durumunda yolluk ve meme girişi dizaynı yeniden yapılmalıdır.

2.1.3.7. Kum yalamasında derece ve aksesuarların etkisi

- Yolluk dizaynını etkileyen küçük dereceler

Kalıplanan modelin dolumu tek yolluktan dökümü sağlanarak yapılıp ve kumun aşırı ısınmasına neden oluyor ise çözümü birden fazla yolluk tasarlanarak dökümü gerçekleştirilmelidir. Ancak işletmenin kullandığı derece boyutları birden fazla yolluk kullanılmasını kısıtlayacağından dolayı dökülen parçanın ilk olarak işletmenin kapasitesi uygunluğu değerlendirilmelidir.

2.1.3.8. Kum yalamasında kalıp kumunun etkisi

Kum yalaması hatasında kalıp kumunun etkisine bakılmadan önce eritiliş metalin dökümü esnasında tasarlanan yolluk sisteminin uygunluğu kontrol edilmelidir. Metal sıcaklığı maçaya ve kalıba uygun dağılabilmesine rağmen kum yalaması hatası görüldüğünde kumun mukavemet değerleri gözden geçirilmelidir.

Döküm esnasında yollukta oluşacak sıcaklıklar için kum mukavemetinin düşük olması gözlemlendiğinde bentonit kullanımı kontrol edilmelidir. Bentonit kullanımı yetersiz olmasında kumda düşük mukavemet, kuruluk ve sıcaklığın yüksek olması gözlenebilir. Bentonit kullanımı kalıbın şişmesine neden olmayacak şekilde kontrollü olarak arttırılmalıdır.

2.1.3.9. Kum yalamasında maça kumunun etkisi

- Maça yüzeylerinin yumuşak olması

Kalıplanan kuma yerleştirilen maçanın yüzeylerinin herhangi bir sebep ile yumuşak kalması durumunda döküm esnasında eritilmiş metalin sıcaklığı ile maçanın mukavemetinin düşmesi neticesinde yumuşak yüzeylerin derinliklerine metal nüfus ederek parçada bu bölgede poroz bir yapı oluşturarak kum yalaması dediğimiz hatayı görmüş oluruz. Bu gibi hataların önüne geçilmesi için kum testlerinin düzenli olarak yapılarak kum sıcaklıklarının karşılaştırılması gerekmektedir.

Maça yüzeylerin yumuşak olmasında sebepleri ise üretilen maçanın yetersiz pişmemesinden yada aşırı pişmesinden kaynaklı olabilmesinin yanında eğer kullanılan maça soğuk kutu ise üretim esnasında yeteriz reçine kullanımı da sebeplerden biridir.

- Maça boyasının uygun olmaması

Üretilen maçanın boyasının uygun halde yapılmaması boyamadan dökümü gerçekleştirilen maçalardan daha çok zarar vermektedir. Üretilen maçanın

boyanmasında, boya kalınlığının kontrollü bir şekilde olmayıp boya kalınlığının düşük olması parçada maça yüzeylerinde penetrasyon denilen hatayı görmeye sebep olacaktır. Boya kalınlığının yanı sıra parçaya özel olarak uygulanmış prosesinde uygun olması gerekmektedir. Proses seçiminde dikkat edilecek etkenler göz önünde bulundurularak maçanın daldırma, püskürtme, fırça ve sürme gibi yöntemlerden hangisinin kullanılması gerektiği dikkatli belirlenmelidir. Kurutma yöntemi olarak yakarak mı yoksa fırın ortamında mı kurutma yapılmalı proses olarak göz önünde bulundurularak parçaya özel proses uygulanmalıdır.

- Üretilen maçada istenmeden oluşan kusurlara uygunsuz tamir edilmesi

üretilen maçada istenmeden oluşan tamir edilebilmesi için o maçaya özel kabul kriterleri olmalıdır. Çok derin kusurların tamir edilmesi durumunda döküm esnasında koparak parçada boşluk çıkmasına neden olacaktır ve bu hatanın tespit edilebilmesi zordur. Hatanın tespit edilmesi zor olduğundan dolayı maçaların tamir edilmesi kabul kriterlerine göre yapılmalıdır.

2.1.4. Curuf ve kum boşlukları (D142)

Kalıntılar, metale döküm esnasında karışarak parçada görülmektedir. Parça üzerinde oluşan bu kalıntılar yüzeyde ise temizleme işlemleri sonrasında parçada küçük küçük görmek mümkündür.



Şekil 2.4. Curuf hatası, (döküm hataları atlası, 2014)

Bu hata parçada görüldüğünde genel olarak tanımlanmaktadır. Ancak hatanın kök sebebini bulabilmek için farklı yorumlar ve kontroller gerekmektedir. Örneğin, parçada görülen hataların sebebini kontrol etmek için dikkatsizliğin yanında kalıplama, maçayı yerleştirme, dizayn, bakım kaynaklı olabilme ihtimallerini değerlendirip hata tekrarlanmaması gerekmektedir.

2.1.4.1. Curuf ve kum boşlukları hatasında kalıplamanın etkisi

- Yolluk ve kalıplama sisteminin neden olan hatalar

Bu hataların temel nedeni arasında kum büyük rol oynamaktadır. Hatanın çözümlenebilmesi için bu hatanın kalıplamamı, dikkatsizlik mi yada kum kaynaklı mı olduğunu araştırılıp ilgili bölüme eğitim vererek hatanın tekrarlanması sağlanır.

- Sinter noktası düşük malzemeler

Kalıplama için kullanılan kum ve bileşenleri düşük sinter noktasına sahip malzemeler ise curuf ve kum kalıntılarına sebep olabilir. Kum ve bileşenlerinin sinter noktalarının yüksek olmasında ki neden yolluk sistemidir. Yolluk sistemi parçayı dolduracak olan metalin tamamı buradan geçmektedir. Yani kalıpta en sıcak yer burasıdır. Kum bu sıcak metal akışında özelliğini kaybetmemelidir.

2.1.5. Curuf ve kum boşlukları hatasında maçanın etkisi

- Dart, kopma ve erozyona neden olabilecek faktörler

Eritilmiş madenin dökümü esnasında maça üzerinde hatalara sebep olabilecek enklüzyonların sebep olduğu kumun yer değiştirmesidir. Bu hata genellikle kumun yer değiştirmesinden kaynaklı olduğu için hatanın sebebini tespit etmek zordur.

- Temizlenmesi yetersiz olan maçaların sebep olduğu hatalar

Soğuk kutu yada shell maçaların basımı sonrasında yetersiz temizlenmemesi yüzeyden kumların uzaklaştırılmaması, maçada oluşan çapakların güzel temizlenmemesi ve sonrasında maçada boya kalıntı kalıntısı olmaması gereklidir. Bu durumlara özen gösterilmediği zaman döküm esnasında maçadan olan fazla kumu parça yüzeylerine sürükleyerek kum yalaması hataları görmek mümkün olacaktır.

- Kalıplanan kuma yerleştirilen maçaların vaktinden önce kendi formunu kaybederek bozulması

Kalıplanan kuma yerleştirilen maçanın döküm anına kadar uzun süre beklemesi sonrasında maçada ısıdan kaynaklı form bozukluğu başlayarak kalıp boşluklarına serbest kum olarak düşmesi beklenir. Döküm anında bu kumlar akan metal ile bu kumların parça yüzeylerin farklı yerlerine dağıtarak kum sakatları vermeye neden

olacaktır. Bu hataların önüne geçilmesi için dökümü olmayacak kalıplara maçalar yerleştirilip bekletilmemelidir (Birsen b. 2019).

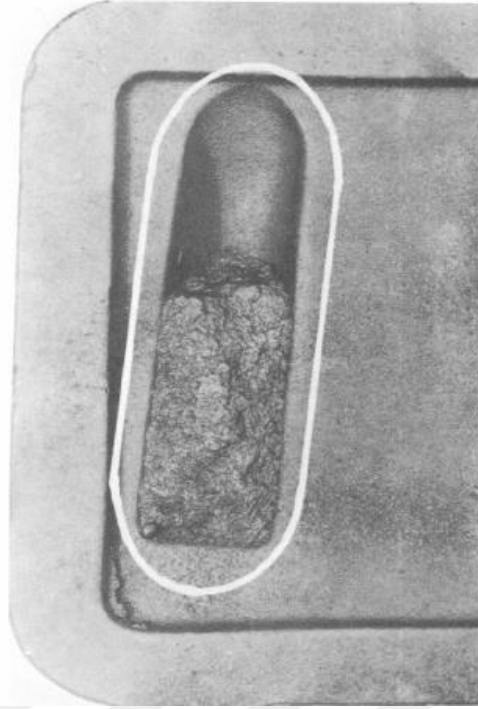
2.1.6. Kalıp düşmesi hatası (D211)

Kalıbın kopması, parçada üst kalıba denk gelen bölgelerde yada üstte asılı olarak kalıplanmış kumun, üst derecenin alt dereceye kapanması anında ya da daha sonrasında da bir kısmının düşmesi olayıdır. Parça üzerinde kopuk kalıp olarak görülmektedir.

Bu hataya sebep olacak etkenler olarak, model, dereceler, kum ve kalıp özelliklerinin etkisi yüksek olup bir bütün olarak kontrol edilmelidir. Hatanın tekrarı arada oluyor ise tamamen dikkatsizlikten kaynaklı denilebilir fakat karşılaşılan hata sürekli olarak görülmesi donanımsal uygunsuzluk ve kötü proses kontrolünden kaynaklıdır.

2.1.6.1. Kalıp düşmesinde kalıp kumun etkisi

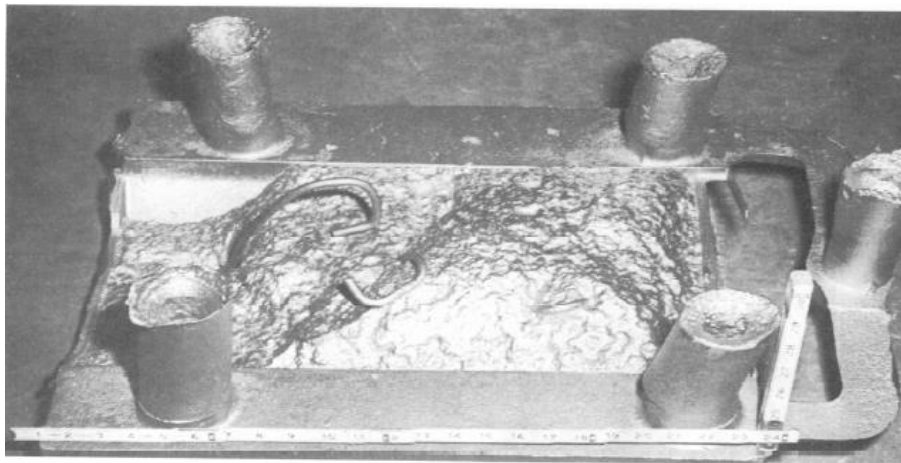
Kalıp düşmesi hatasında en çok dikkat edilmesi gereken kumun özellikleridir. Kumun özellikleri laboratuvar ortamında incelenmesinin yanında kumun mukavemetinde önemli oranda kalıp düşmesi hatasını etkilemektedir. Kumun kalıplanması esnasında sıkıştırma basınçları da incelenmelidir. Mukavemeti yüksek bir kumu düşük basınç ile sıkıştırılmasında kum zayıf kalacağından kum kopması görülebilir.



Şekil 2.5. Kalıp düşmesi hatası, (döküm hataları atlası 2014)

- Yaş kum özelliğinin düşük olması

Kumun mikser içerisinde uygun karıştırılmaması ile ilgilidir. Kumun iyi karıştırılmaması sonucunda darbe mukavemeti, çekme mukavemeti, kesme mukavemeti ve deformasyon özellikleri etkilenmektedir.



Şekil 2.6. Kalıp kumunun homojen karıştırılmaması sonucu oluşan kalıp düşmesi hatası, (döküm hataları atlası, 2014)

- Kuru mukavemet özelliğinin düşük olması

Kalıplama malzemesi olarak kumun özellikleri arasında kuru kum özelliğinin etkileri de yaş kum özelliği ile aynı oranda etkilenmektedir.

2.1.6.2. Kum koparmada maçanın etkisi

Üretimi yapılan maçanın içerisindeki bileşenlerin yetersiz kullanılması sonucu zayıf olan maça, maçanın yüzeyi bozuk olması durumunda kalıp içerisine konulan maçada kaçıklık görmek ve maçada parça koparak kalıp içerisinde yüzebilir.

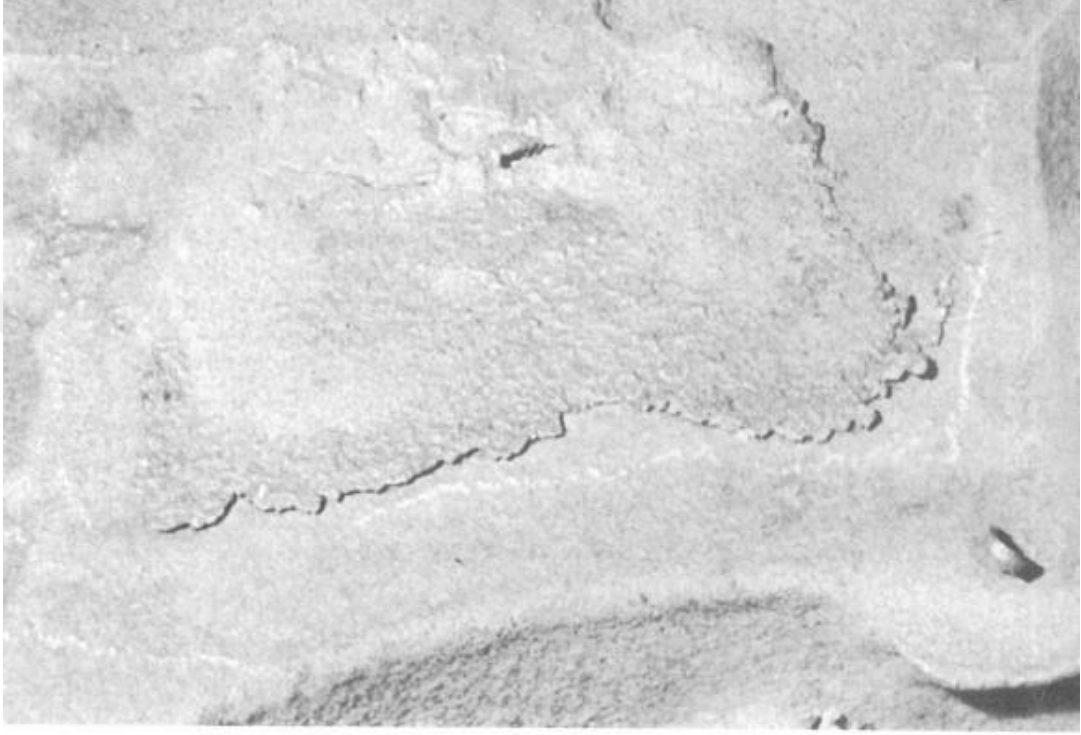


Şekil 2.7. Kırık kalıp hatasının kök nedenlerine ait balık kılıcı analizi

2.1.7. Dart hatası (D224, D231 ve D232)

Eritilen maden kalıp içerisinde girdiğinde havayı ısıtarak genişletmektedir. Isınan hava ile birlikte kalıp içerisinde ki uçucu maddeler birlikte kalıp içerisindeki basıncı arttırmaktadır. Artan basınç kalıp içerisindeki sıvı metali çalkalamaya neden olacaktır. Metalin çalkalanmasıyla birlikte kalıp içerisinde kum kalıptan ve maçadan parçalar koparak yer değiştirecektir. Sonrasında ise metal soğumaya başladıktan sonra kopar parça ve kalıp arasında metal katılacaktır. Parçanın kumlanma sonrasında yüzeyinde

kabuk yapıya benzer bir görüntü olacaktır. Dart genellikle geniş yüzeyli ve kalın kesitli parçalarda ince kesitli parçalara göre daha sık karşılaşılmadır (D232) (Analysis of casting defects. American Foundry Society (1974), Metalürji teknolojisi: Döküm hataları. 521MMI267. Milli Eğitim Bakanlığı (2011))



Şekil 2.8. Tipik üst kalıpta oluşan dart hatası (D231) (döküm hataları atlası, 2014)

2.1.7.1. Dart hatasında kalıp kumunun etkisi (D231)

- Nem miktarının yüksek olması

Kalıplama kumun nem miktarının yüksek olması, dart ve genişleme hatalarına neden olmaktadır. Kum içerisinde fazla su olması durumunda yetersiz karıştırıldığında lokal olarak nem fazla olan bölgelerde gaz geçirgenliğinin düşük olmasına, aşırı toz ve düşük kil miktarlarına neden olacaktır. Bu etkilerde parçada dart hatası görülmesi mümkündür.

- Elek dağılımının dar yada geniş olması

Kalıp kumunun elek dağılımı homojen olmaması durumunda kumun ısınması anında kum genleşmeleri orantısız olacaktır, bu sebepten dolayı kalıp kumunun zayıf olmasına neden olarak dart hatası görülecektir.

- Sıcak deformasyonun yetersiz olması

Dartın ana nedenlerinde biride sıcak deformasyonun yetersiz olmasıdır. Kumun genleşme esnasında kalıbın çatlamasına neden olarak bu çatlayan bölge kolaylıkla sürüklenecektir. Bu sürüklenme sonrasında parçada dart görmek mümkündür.

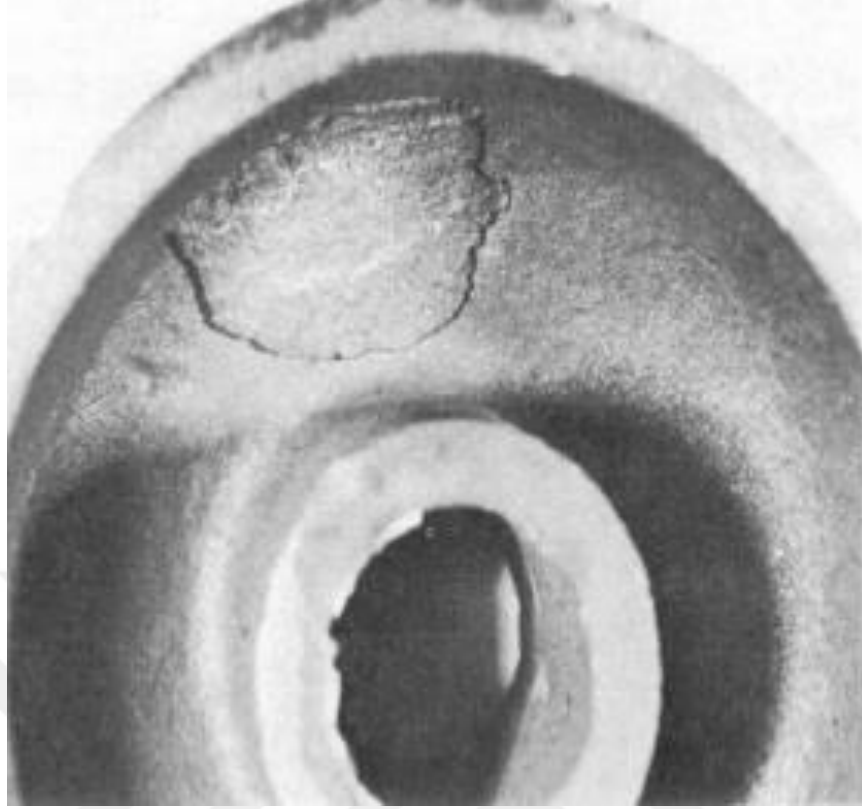
2.1.7.2. Dart hatasında maçanın etkisi (D224)

- Maça yüzeyinde veya içerisinde bulunan aşırı nem

Maçanın bünyesinde bulunan nem, üretilen maçanın stoklama ve taşıma işlemlerinde nem almış olabilir. Nem alan maça, döküm esnasında bünyesinde bulunan suyun aşırı genleşmesiyle maçanın yüzey mukavemetini düşürerek dart hatası yapmasına sebep olacaktır.

- Sıcak deformasyonun yetersiz olması

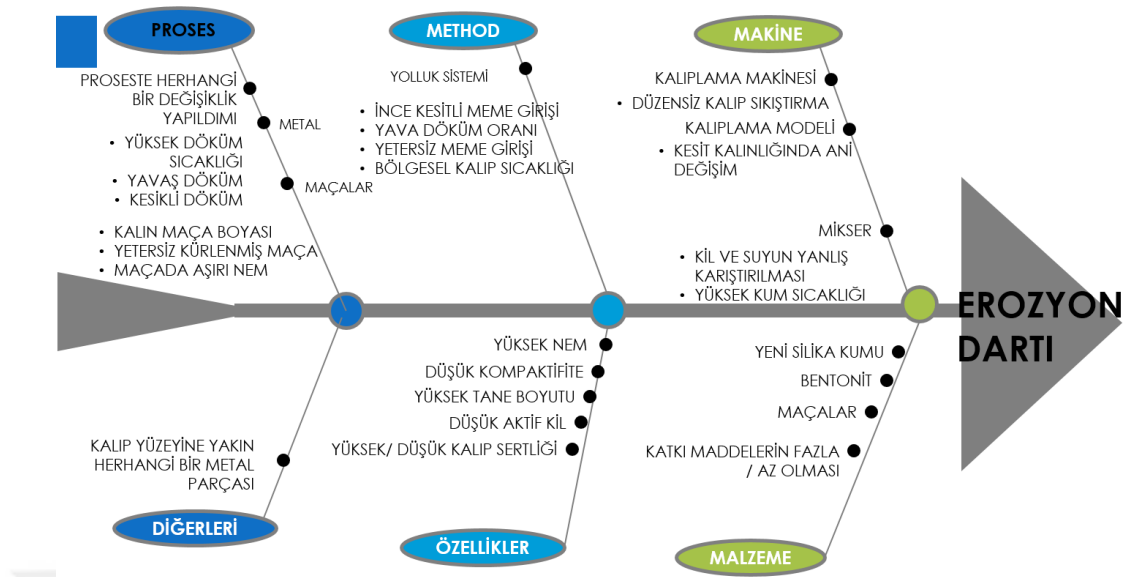
Maça üretiminde kullanılan bağlayıcı reçinelerin oranlarının önemli etkene sahiptir. Bağlayıcı miktarı fazla olması durumunda döküm esnasında gaza dönüşen bu bağlayıcı basıncın yüksek olması durumunda maçadan parça kopartarak gazın çıkıcına neden olacaktır. Bu etken ise parçada dart görmemize neden olacaktır. Bağlayıcı miktarının az olması durumunda ise maça kumunun yetersiz yapışmasından dolayı maça zayıf olacaktır. Döküm esnasında metal maça yüzeylerinde kumu kopartıp erozyon dartına neden olacaktır.



Şekil 2.9. Kalıp kumunun düzensiz ısınmasından kaynaklı dart hatası(D224) (döküm hataları atlası, 2014)

- Maça boyasının maçaya yetersiz nüfus etmesi

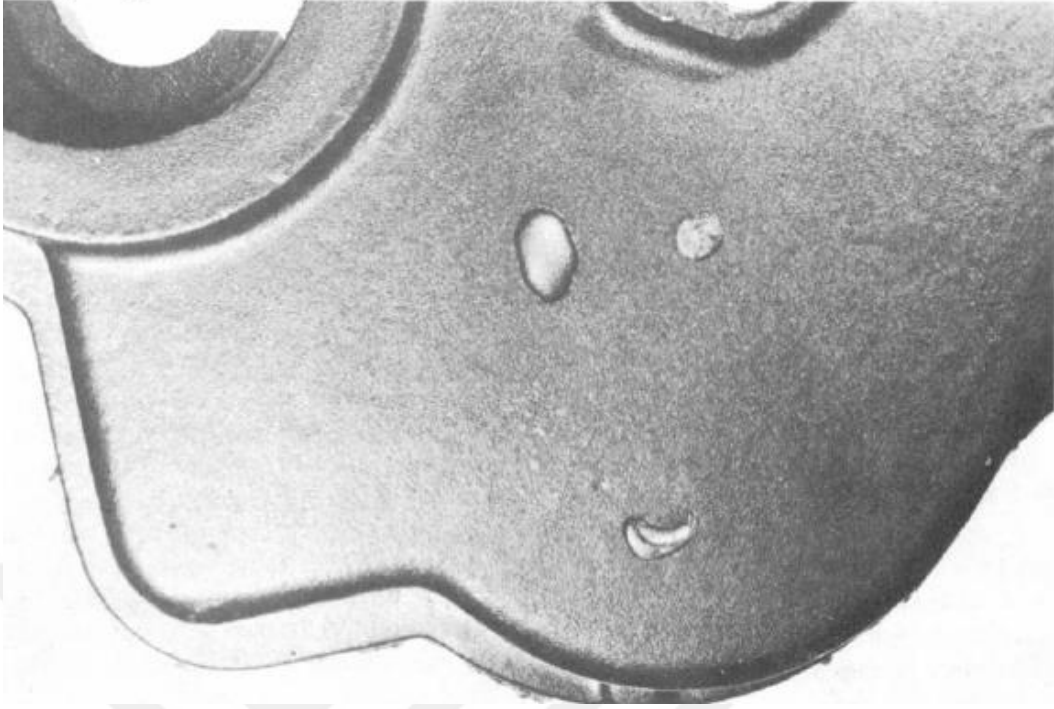
Maça boyasının boyanan maçaya yetersiz nüfus etmesi dart hatasına neden olacaktır. Boya nüfusu boya kalınlığına ve maçanın geçirgenliğine bağlıdır. Kullanılan boya ve maçanın genişleme hızlarındaki farklılıklar, döküm aşamasında boyanın ısınarak maçadan kopmasına neden olacaktır.



Şekil 2.10. Erozyon Dartı sebeplerinin balık kılıçığı analizi

2.2. Gaz Sakatı (B111)

Döküm esnasında kalıpta oluşan gazları dışarı atamayıp kalıp içerisinde sıkışması sonrası oluşmaktadır. Gaz hatası parça üzerinde yassı ve küresel olarak görülmektedir. Genellikle kalıp içerisinde oluşan bu gaz parça üzerinde üst derece kadar gider orada metal ile birleştikten sonra gazın basınç metal basıncını yenmesi sonucunda parçada gaz görülür. Bu hata çekinti hatasına da benzetilmektedir.

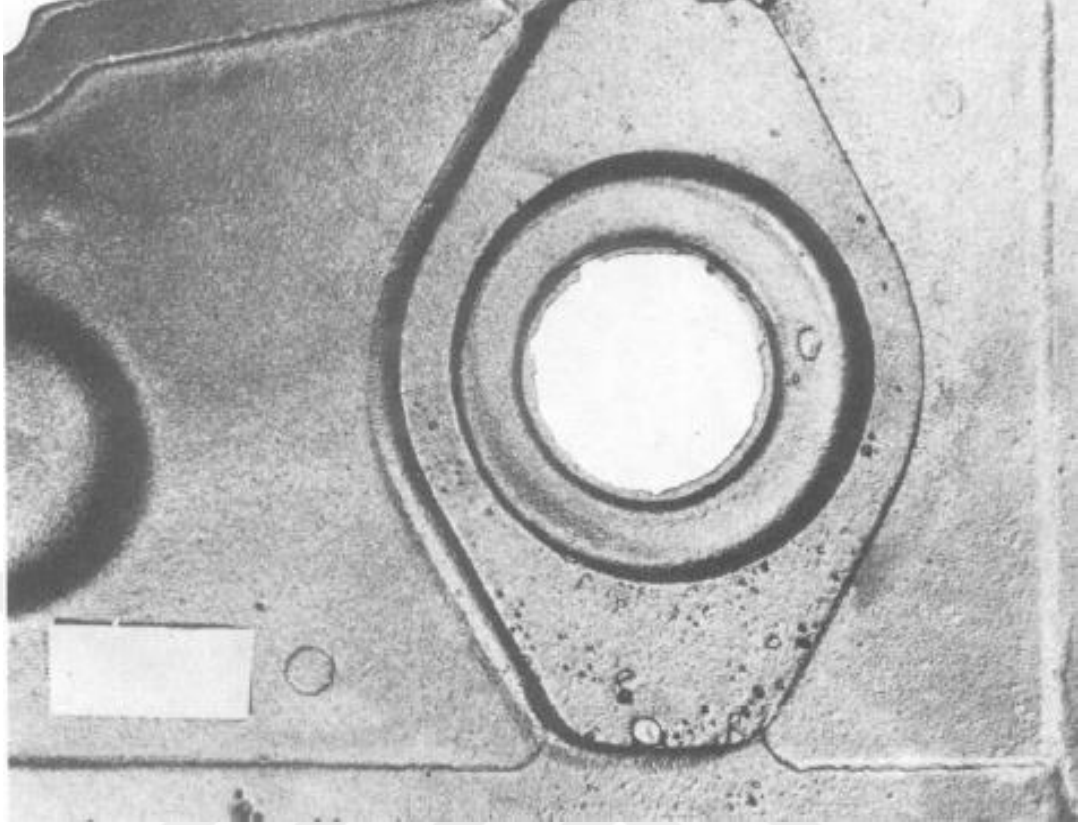


Şekil 2.11. Üst derecede oluşan gaz sakatı (B121) (döküm hataları atlası, 2014)

2.2.1. Kalıp kumun gaz hatasına etkisi

- Nem oranı yüksek kalıp kumu

Kalıplama kumunu hazırlama aşamasında kullanılan suyun fazla olması sonrasında kalıp kumunda nem fazla miktarda olacaktır. Kalıp kumunda fazla miktarda nem bulunması gaz sakatların oluşmasında en önde gelmektedir. Nem, kalıplama kumu için gereklidir. Ancak kalıp kumunun nem oranını dikkatli bir şekilde kontrol edilmelidir.



Şekil 2.12. Nemli kumun sebep olduğu gaz sakatı. (Döküm hataları atlası, 2014)

- Kalıp kumunun iyi karıştırılmaması

Mikser içinde hazırlanan kum ilaveler verildikten sonra karıştırılması homojen olmaması durumunda kalıp kumunun bazı bölgelerinde nem yüksek olması beklenir. Yüksek miktarda neme sahip olan bu kumun döküm esnasında o bölgede gaz olarak görülmesi beklenecektir. Yetersiz karışan kum için kontrol edilmesi gereken etkenler karışım süreleri ve mikserin bıçaklarıdır. Bu etkenler kontrol edilirken karışım sürelerinin uzun tutulması da kumu fazla ısıtacağı için ısınan kum kalıpta nem yapacaktır ve gaz hatası görmek kaçınılmaz olacaktır.

2.2.1.1. Maça kumun gaz hatasına etkisi

Maça kumundan kaynaklı gaz sakatların en büyük problemlerden biri kalıp kumundan kaynaklı gaz sakatları ile ayırt etmek çok zordur.

- Maça pişmelerinin yetersiz olması

Boyanan maçanın fırın içerisinde çıktığında yetersiz pişmiş olması, maçanın bünyesinde bulundurduğu nemi, reçineyi, yağ gibi gaz sakatını tetikleyen unsurların uzaklaştırılmaması durumunda maça kalıba konulup döküm gerçekleştiğinde parça üzerinde gaz sakatı görmek mümkündür.

- Maça yapımında bağlayıcı miktarının fazla olması

Maça yapımı prosesinde kullanılan kumun bünyesinde bulunan kil ve organik empüritelere kaynaklı bağlayıcı ihtiyacı vardır. Bu sebepten dolayı maça yapımında kumu bağlamak için reçine gibi bağlayıcı malzemeler kullanılır. Bu bağlayıcıların miktarları yüksek ve ya kumun içerisinde homojen olmaması döküm anında bu durum gaz sakatı verilmesine neden olacaktır.



Şekil 2.13. Kalın kum hatalarıyla ilgili yapılan balık kılıçığı çalışması

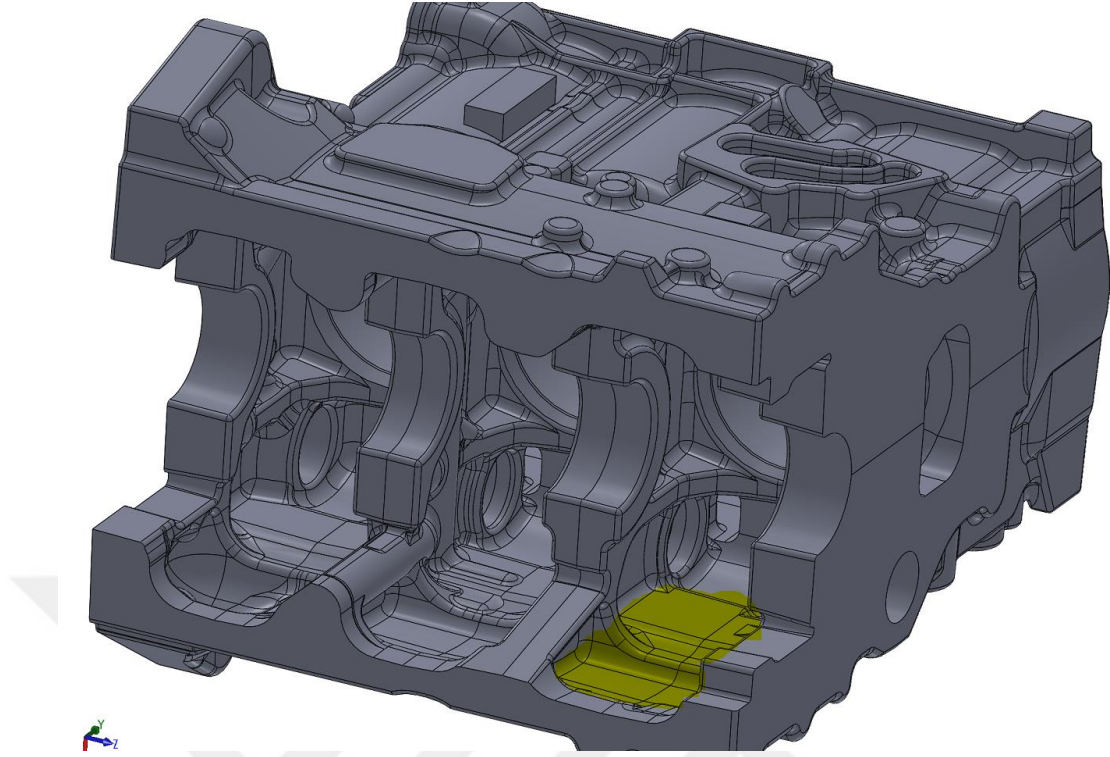
BÖLÜM 3. DENEYSEL

3.1. Curuf Hatası

Curuf hatası, metal içerisine katılan yabancı cisimlerdir. Curuf her döküm öncesinde her potadan perlit yardımı ile alınmalıdır. Aynı zamanda metal sınıfına göre(pik, sfero, vb.) uygun filtre kullanılmalıdır. Cürufun kaynakları; ocaklarda oluşan cürufun tamamen alınmaması, potada biriken cürufun sıvı metalle birlikte kalıp boşluğuna girmesi yada kalıp boşluğunda oluşan serbest kumların sıvı metal türbülansına girerek oluşturduğu reaksiyonun sonucu olarak kalıp içerisinde oluşabilir. Bu hata ile ilgili motorblok parçasında alt derece tarafında sürekli aynı bölgede tekrarlayan cüruf hatası ele alınmıştır.



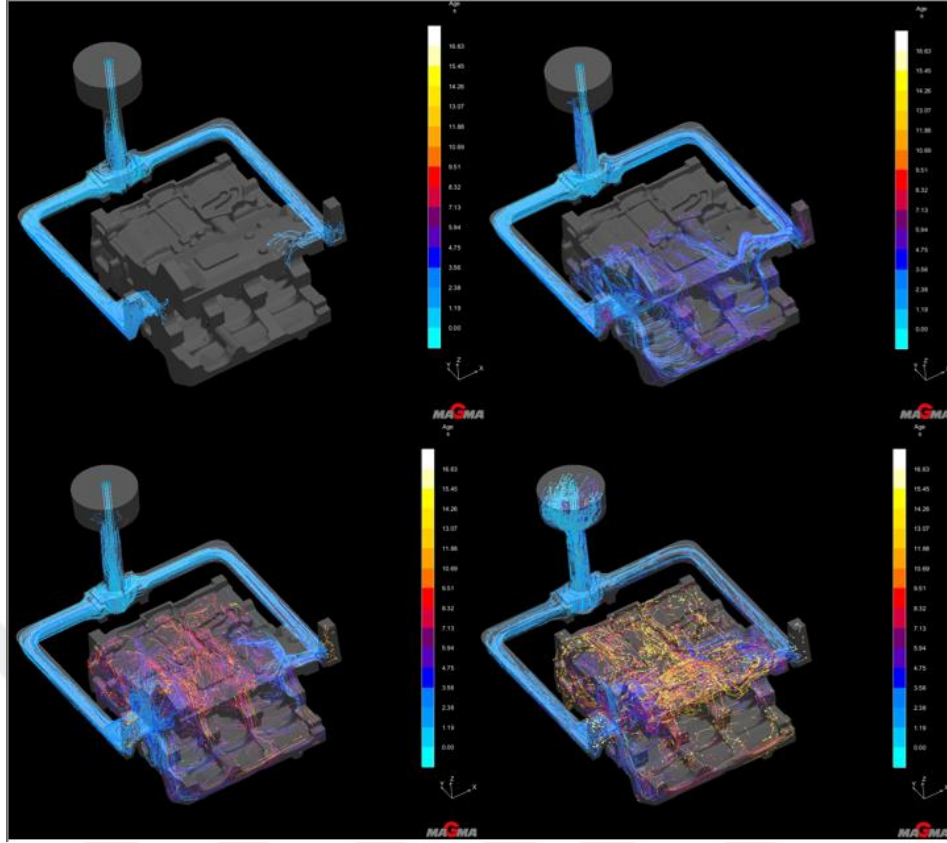
Şekil 3.1. Parçada tekrarlı olarak cüruf hatasının görüldüğü bölgeler



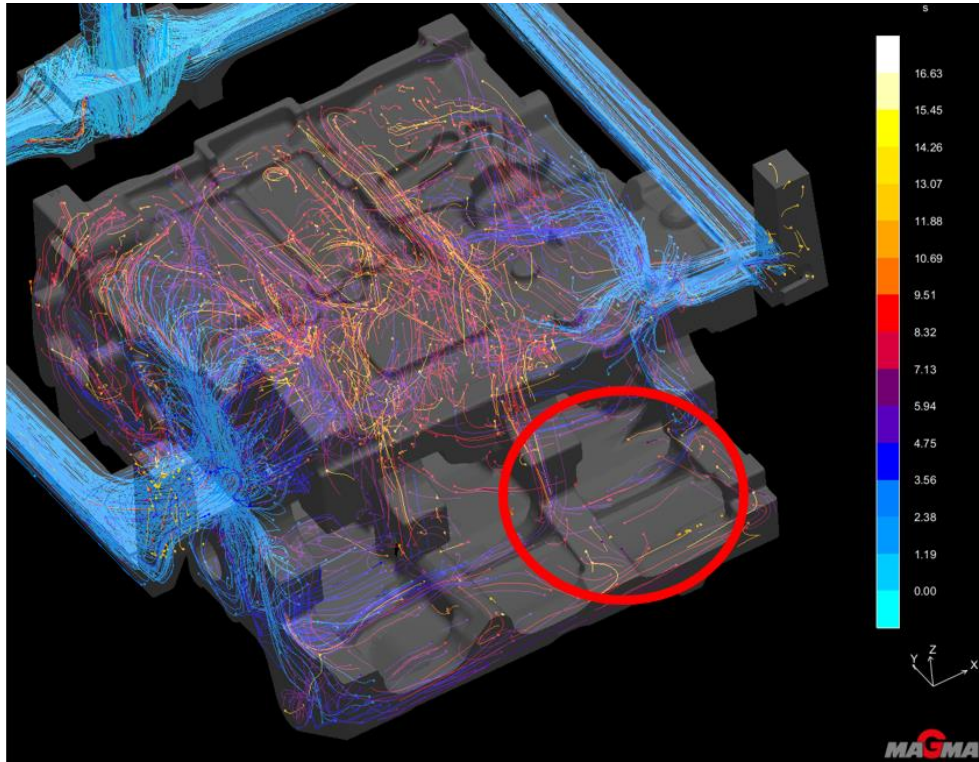
Şekil 3.2. Parçada tekrarlı olarak cüruf hatasının görüldüğü bölge 3D gösterimi

Hatanın maça yüzeyinde ve aynı konumda belirmesi nedeniyle öncelikle hatanın maça kaynaklı olduğu üzerine odaklanılmıştı. Maçalar, ocak cürufu, pota temizliği ve kullanılan filtreler %100 kontrol edildiği bir partilik üretimde hatanın tekrarlamasının üzerine yolluk sistemi merceğe altına alındı.

Derece kapanması sırasında yolluk sistemine bir miktar kum düştüğü tespit edildi. Ancak kum düşmesi hata bulunan tarafta değil tam ters taraftaydı. Bunun üzerine yolluk sisteminin simülasyonu merceğe altına alındı.



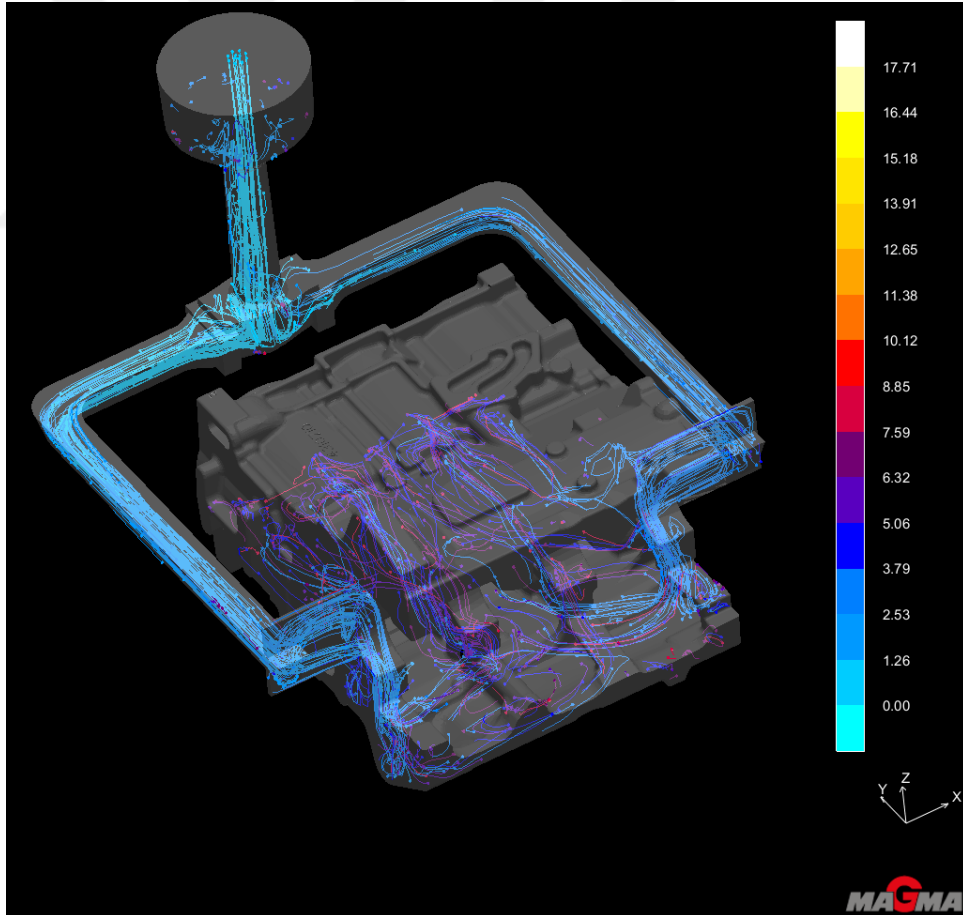
Şekil 3.3. İzci partiküller ekranında kalıp dolumu, akış profili



Şekil 3.4. İzci partiküllerle akış profili üzerinden hata bölgesinin incelenmesi

Simülasyon incelemesinde yollukta kum düşmesi olan taraftaki yolluğun daha fazla çalıştığı ve sıvı metalin yatay yolluktan içine aldığı kumla karışarak kalıp içi metal kum reaksiyonu ile cüruf oluşturduğu tespit edilmiştir. Akış profili incelendiğinde kum düşen taraftan kalıp boşluğuna ilk giren sıvı metalin dolum sonunda alt derece tarafında hatanın görüldüğü maçanın alt yüzeyine kadar ilerlediği görülmüştür. Kalıp dolununun %50'sinden sonra akışın büyük bölümü üst derece tarafında gerçekleştiği için içinde cüruf oluşturan, kalıba giren ilk metal kütlesi hata bölgesinde hapsolmaktadır.

Çözüm için yatay yollukta kum düşmesinin olduğu kısımda boşluk artırılarak kum düşmesinin önüne geçilmiş, meme girişleri optimize edilerek de kalıp boşluğunun her iki taraftan da eşit dolumu sağlanmıştır.



Şekil 3.5. Optimize edilerek her iki taraftan eşitlenmiş kalıp dolumu



Şekil 3.6. Optimize yollukla dökülen parçalarda hatanın görülmemesi

3.2. Dart Hatası (Maça)

Dart hatası , döküm parçasının yüzeyinde gözle görülür şekilde oluşan kabuk (artı metal) hatasıdır. Yüzey hatası olmasının yanında döküm parçasında dart olduğu yüzeyin iç kısımlarını da etkilediği görülür.

Bu çalışmada GG30 malzemeli Dişli kutusunun üst derecede oluşan dart hatası işlenmiştir (Şekil 3.7.).



Şekil 3.7. Dişli kutusu parçasında görülen dart hatalarının örnekleri

Ergimiş metal, 14 tonluk indüksiyon ocaklarda hazırlanmış olup, 740x1070x700 mm plaka ölçülerine sahip otomatik kalıplama hattında Döküm robotu ile dökümü gerçekleştirilmiştir. Döküm sıcaklığı 1435 ± 5 °C Sıvı metal alaşımı Tablo 3.1.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Dart hatası görülen parçanın Kimyasal Kompozisyonu

C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Sn	Al
3,4	1,83	0,8	0,018	0,067	0,28	0,08	0,143	0,001

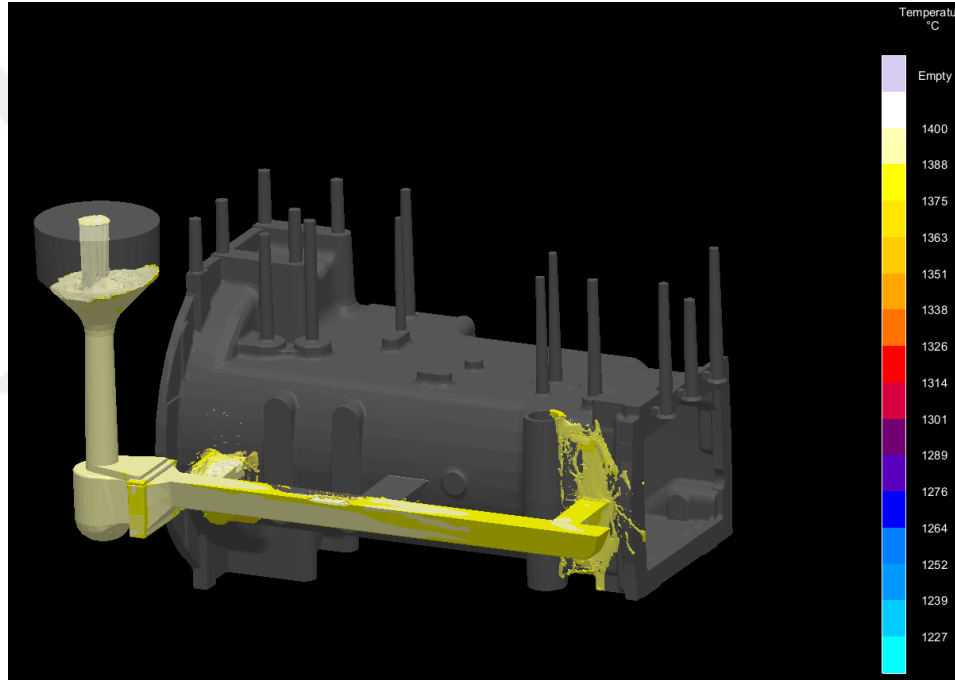
Çalışması yapılan parçanın kum parametreleri Tablo 3.2.'de verilmiştir.

Tablo 3.2. Kalıplama işlemi esnasında kullanılan kumun parametreleri

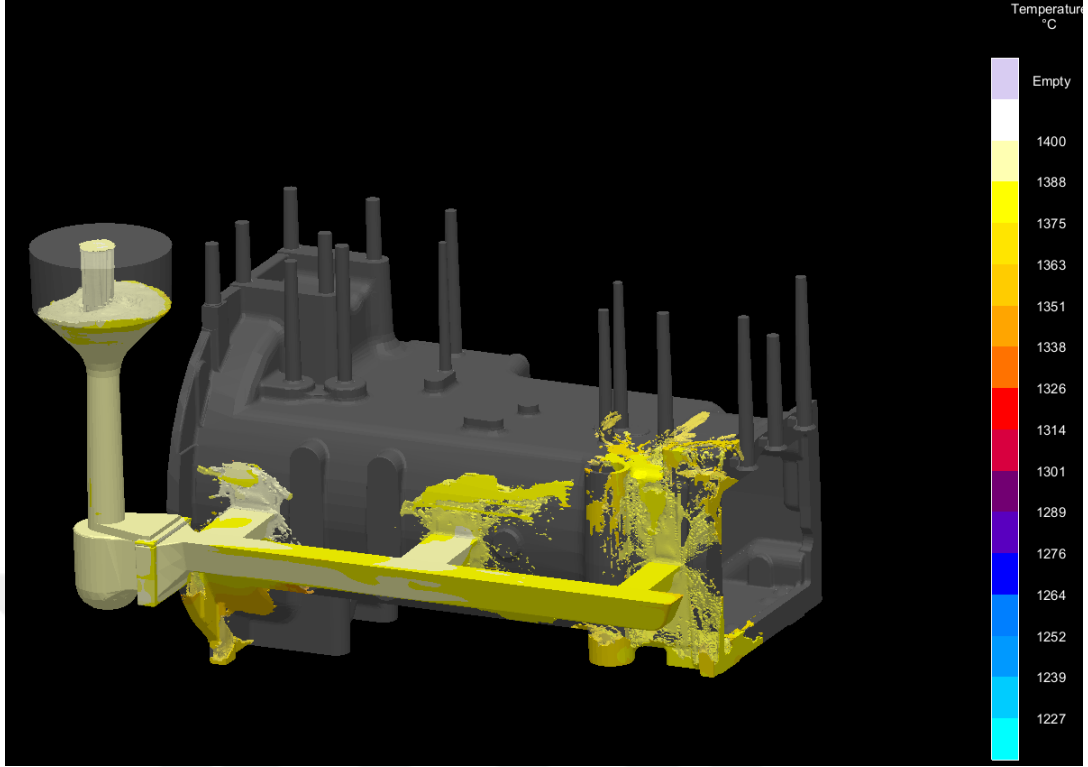
Sıkıştırılabilirlik (%)	Yaş Basma Mukavemeti (Nt/cm ²)	Gaz Geçirgenliği	Nem	Sıcaklık (°C)	Karıştırma Süresi (sn)	Kalıp Sertliği (40-65 C Scale)	
31	1,65	19,3	3,23	37,6	90	Üst Derece	Alt Derece
						58,56	54,50

Dart hatası seri şekilde görülen bu parça için kum parametrelerinin, sıvı metal analizinin ve döküm sıcaklığının uygun olduğu tespit edilmiştir. Dart hatasının kök nedenini çözümlenebilmek adına parça için Simülasyon çalışması yapılmıştır. Öncelikle parçanın yolluk sistemi birebir şekli ile Solidworks programında katı modeli oluşturulmuştur.

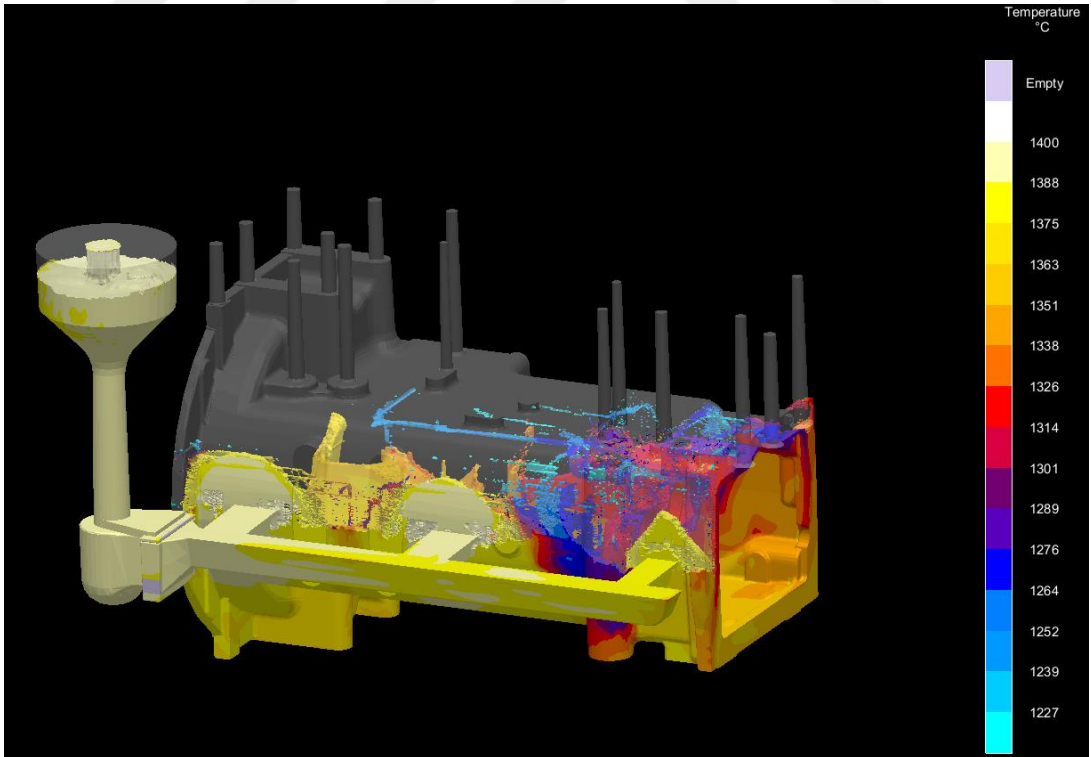
Oluşturulan katı modelin Magmasoft programında 7,000,000 mesh ile dolumu ve katılaşması simüle edilmiş ve Dart hatasının sebebi olarak meme girişlerinin birinden diğerlerine kıyasla daha fazla metal girişi olduğu tespit edilmiştir. (Figür 3.7)



Şekil 3.8. Yolluk sonundaki meme girişindeki püskürme 1.257 saniyesi



Şekil 3.9. Dolumun devamı 1,66 sn



Şekil 3.10. Dolumun devamı 4,7 sn

Yapılan simülasyon sonucunda kolona en uzak konumlandırılmış meme girişinden diğer meme girişlerine göre daha yüksek debi ve hızda sıvı metal girişi olduğunu ve bu metalin parçanın üst derece kum yüzeyine sıçramak suretiyle sıçradığı maça ve kalıp yüzeyinde neden olduğu sıcaklık etkisiyle önceki dökümde ? yapısal bozulmalara neden olduğu anlaşılmıştır.

Yolluktaki dizayn yanlışlığından kaynaklı Dart hatasını engellemek için tekrar yolluk hesabı yapıldı.

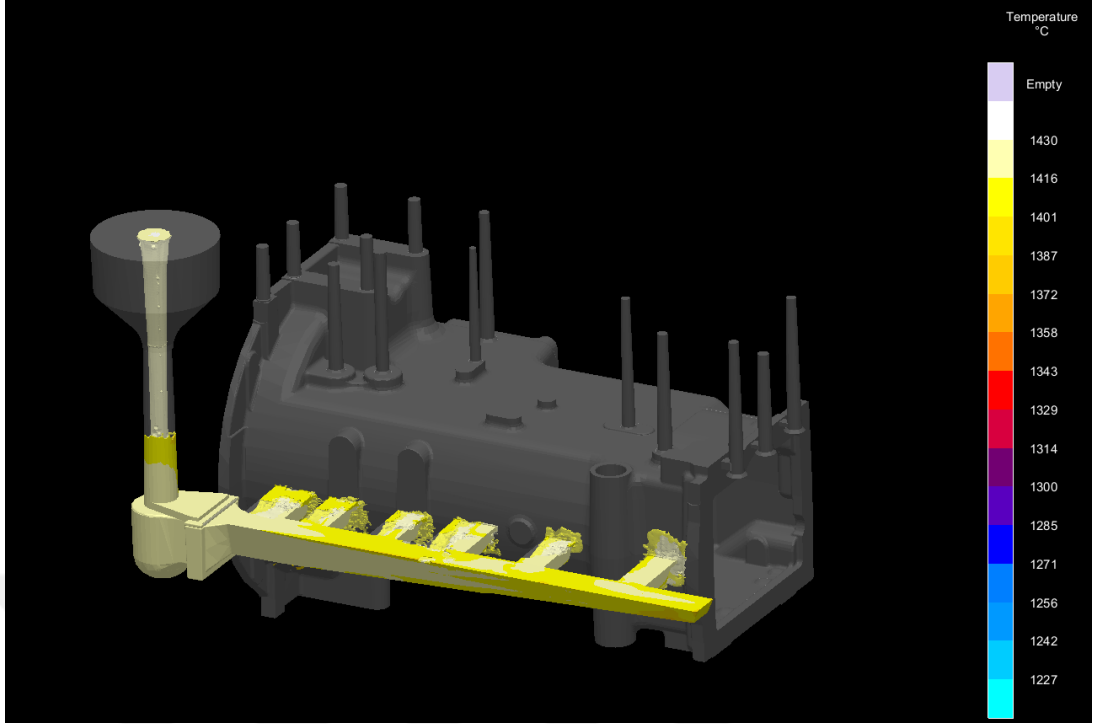
Kolon Alan (cm^2) x 1,2 =Toplam Meme Giriş Alanı (cm^2)

Formül 1: Meme Giriş Alanı Hesabı

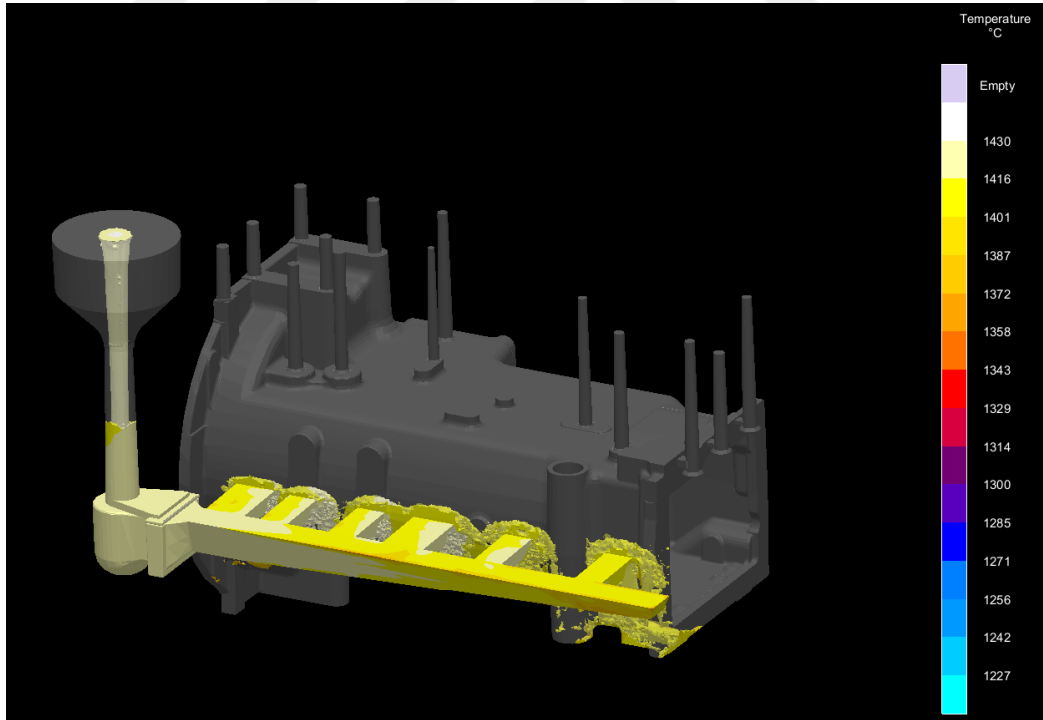
$$1590.43\text{mm}^2 \times 1,2 = 1908,516 \text{ mm}^2$$

Hesaplamalar sonrasında meme giriş alanları $1908,516 \text{ mm}^2$ olması gerektiği bulunmuştur. Mevcut yolluk dizaynında meme giriş alanlarının toplamı $778,71 \text{ mm}^2$ olduğu görülmüştür. Yapılan hesaplamalarda meme giriş alanlarının yetersiz olduğu kanısına varıldı ve üç adet meme girişi daha eklendi ve yatay yollukta kademe verilerek çalışıldı.

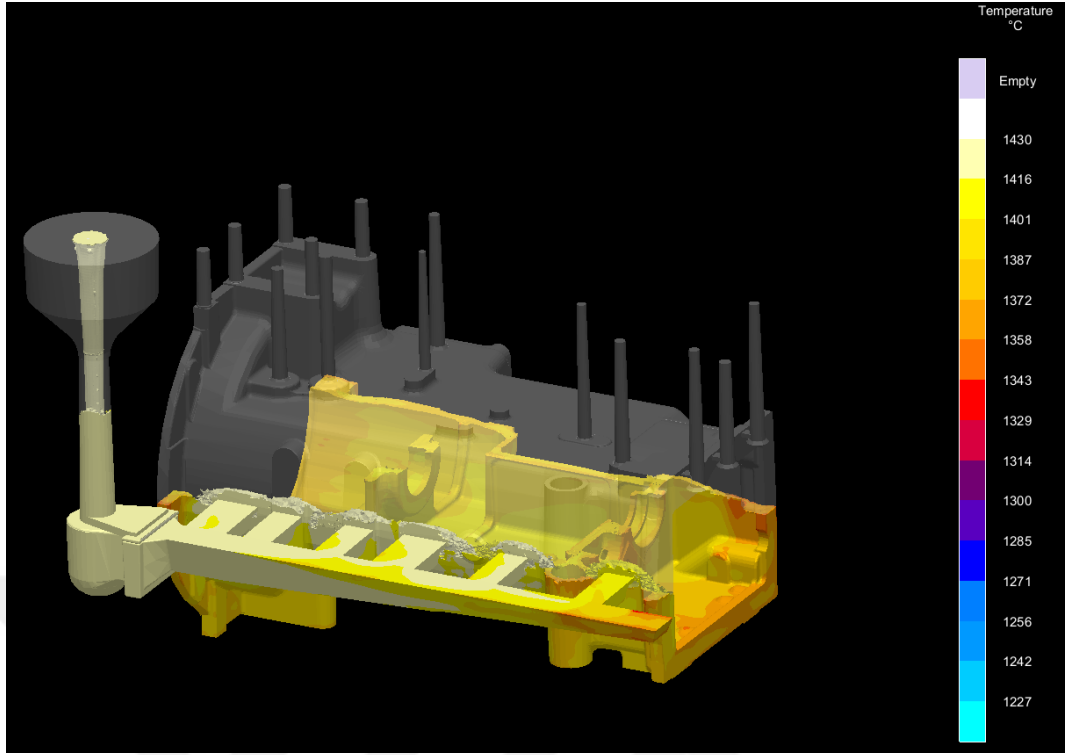
Yapılan dizayn değişikliğinden sonra parçanın yeni modellemesi Magmasoft programında çalışıldı. Simülasyonun tamamlanmasından sonra tek bir meme girişinden parçaya aşırı metal girişinin önüne geçildiği görülmüştür (Şekil 3.11.).



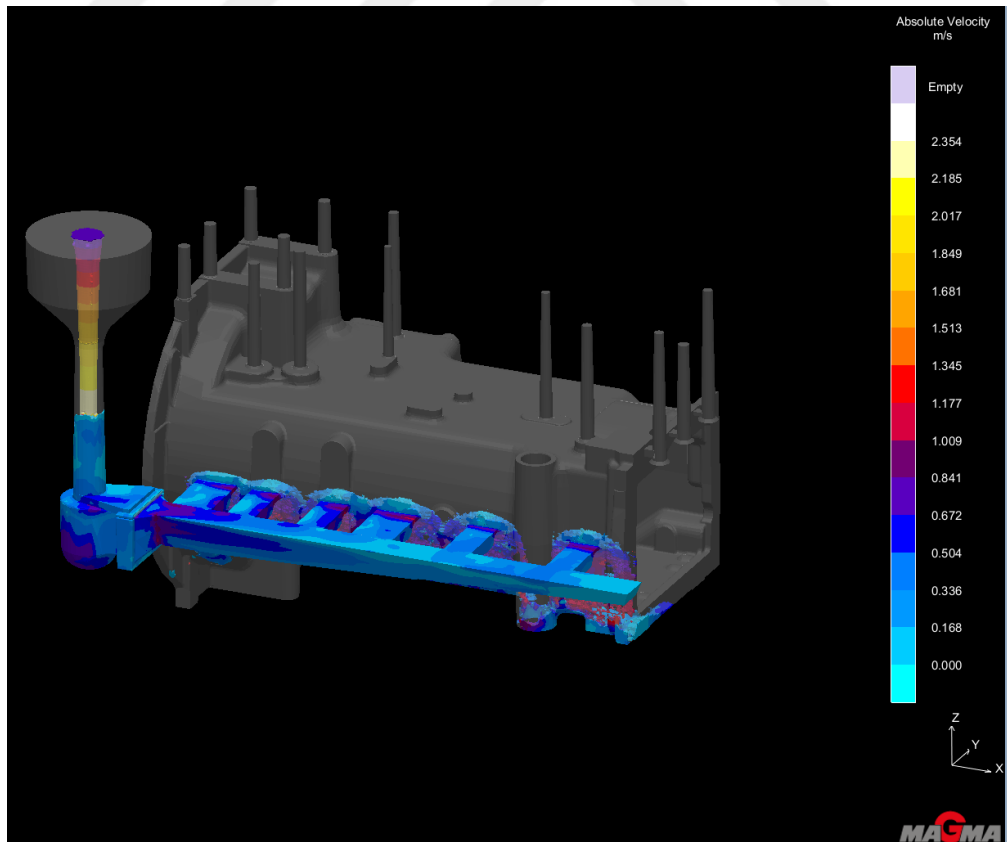
Şekil 3.11. Optimiza yolluk tasarımında meydana gelen homojen dolum ilk anları



Şekil 3.12. Optimize yolluk tasarımında meydana gelen homojen dolum devamı 3.4 sn



Şekil 3.13. Optimize yolluk tasarımında meydana gelen homojen dolum devamı 10. Sn



Şekil 3.14. Meme girişlerindeki sıvı metal hızları



Şekil 3.15. Optimize yollukla dökülen parçalarda hatanın görülmemesi

Bu çalışmada bir yüzey hatası olan Dart hatasının olası sebepleri incelendi ve bir vaka analizi ele alındı. GG25 malzemeli dişli kutusu döküm parçasında dart hatasının meydana gelmesindeki etmenin yapılan inceleme sonrası yolluk dizaynının hatalı olduğu anlaşılmıştır. Yapılan yolluk sistemine hesaplamalar ve Simülasyon çalışmaları sonrası meme girişleri ilavesi yapılarak, meme girişlerinin toplam alanı artırıldı. Böylelikle dart çıkan bölgedeki meme girişindeki sıvı metal hızı 3.591 m/sn'den 0.902 m/sn'ye düşürülmüş oldu. Ayrıca yatay yolluğa yapılan kademele ? ile düşey yolluğa farklı mesafedeki meme girişlerindeki debiler dengelenmiştir. Bu dengelemede son meme girişindeki sıvı metal hızlarının düşmesinde etkilidir. Uygun döküm süresinin 16 saniye olduğu kaydedilmiştir. Döküm sıcaklığı 1435 ± 5 °C olarak gerçekleşmiştir. Yolluk dizaynı revizyonu yapılmadan önce dart hatası, bu parçanın sakat oranının %18'ini oluşturmaktayken meme giriş alanlarının artırılması ile bu oran %2,61'e düşmüştür. Simülasyon ve temel akışkanlar mekaniği yaklaşımları kullanılmadan yapılan yolluk sistemleri operatör bazlı değişken kalıp dolularına, buna bağlı döküm hatalarına sebebiyet vermektedir. Bir dökümhanede kalıp elemanları kaynaklı olduğu düşünülen fakat kontrol raporlarında tespit edilemeyen hatalar için yolluk sistemi operatörle birlikte tetikleyici faktör olabildiği görülmüştür.

3.3. Dart Hatası (Kalıp Kumu)

Bir başka dart oluşumu da GG30 malzemeli bir redüktör kovani parçasındaki dart hatası ele alınmıştır.



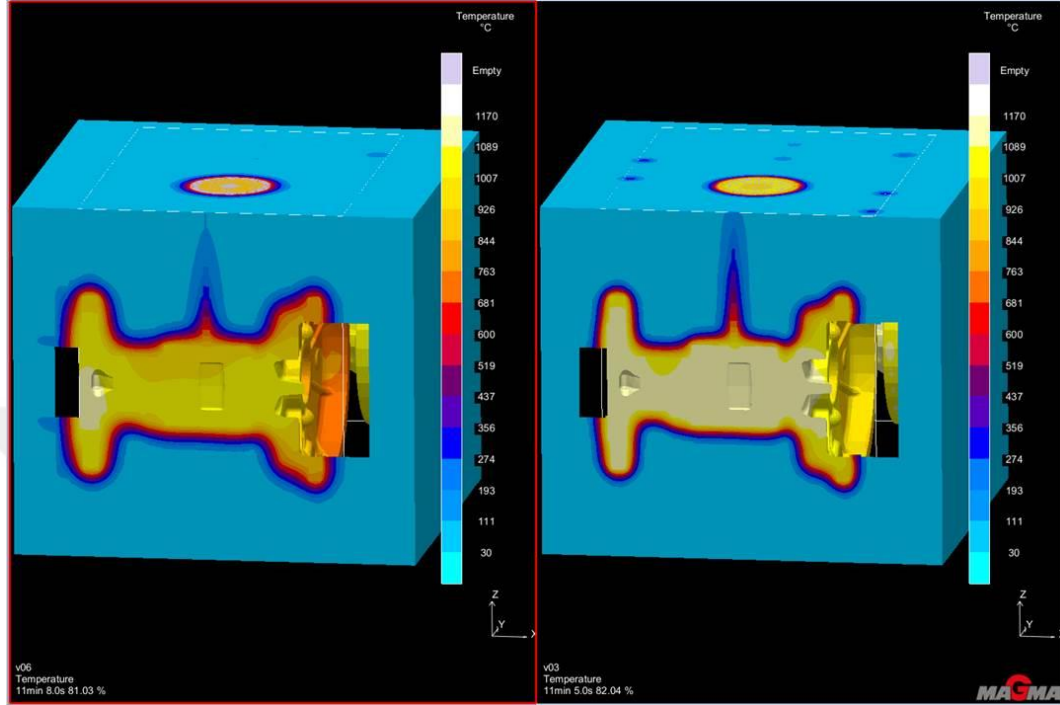
Şekil 3.16. Redüktör kovani parçasındaki dart hatası

Bu parçada bir önceki başlık altında incelenen dart hatasından farklı olarak oluşan kabuk kalıp kumu tarafından (üst dereceden) parça içine girişim yapmış, maça (iç) yüzeyi hatasızdır.

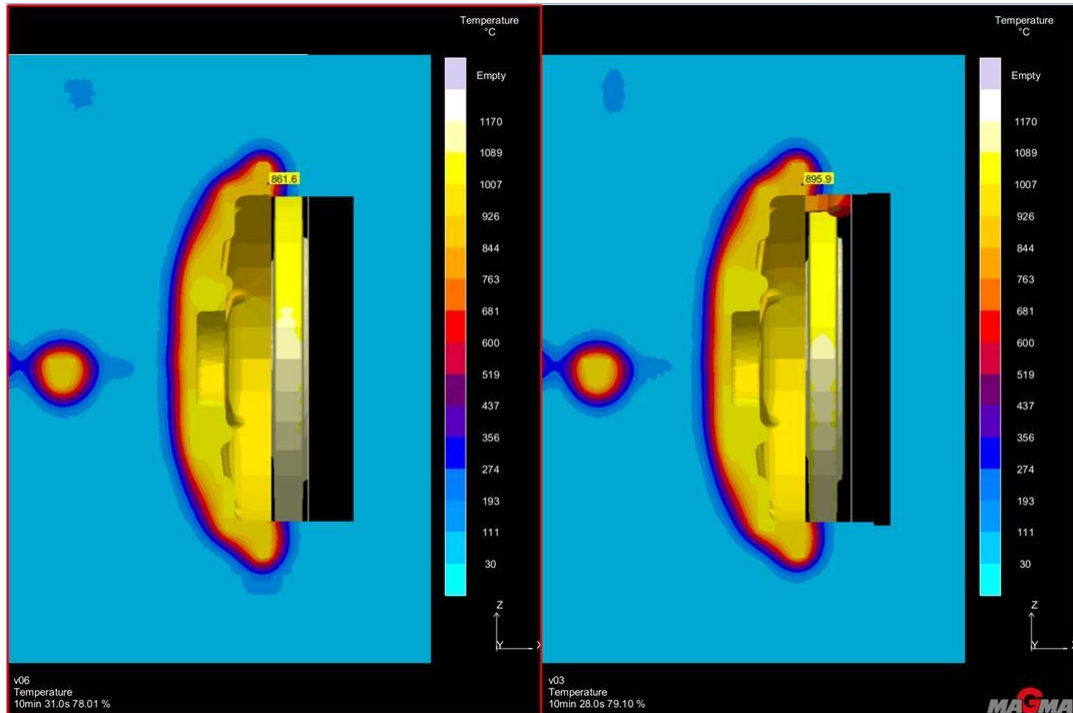
Yine yapılan simülasyon incelemesinde hata açık bir şekilde kalıp kumu dartı olduğundan kalıp kumundaki sıcaklıklar incelenmiştir.

Dart hatası, maça başı üzerindeki parça ile bağlantılı şiş dibinde meydana gelmektedir. Kalıp boşluğunun en üst noktasındaki bu parça kalıp bağlantısı, dolun esnasında sıvı

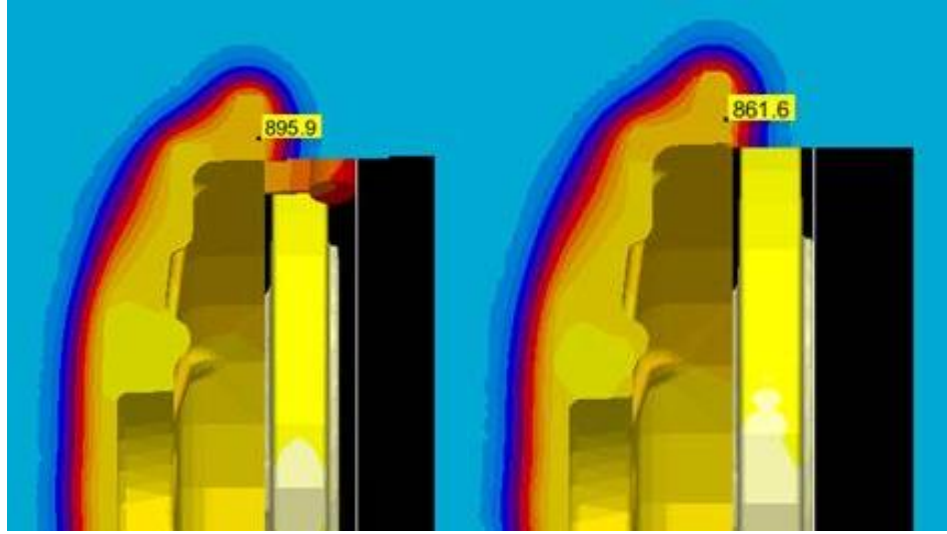
metalin ısıttığı havanın kalıp içerisine transferine neden olmaktadır. Bu bağlantı iptal edilerek simülasyon tekrarlanmış ve kalıptaki sıcaklık değişimi incelenmiştir.



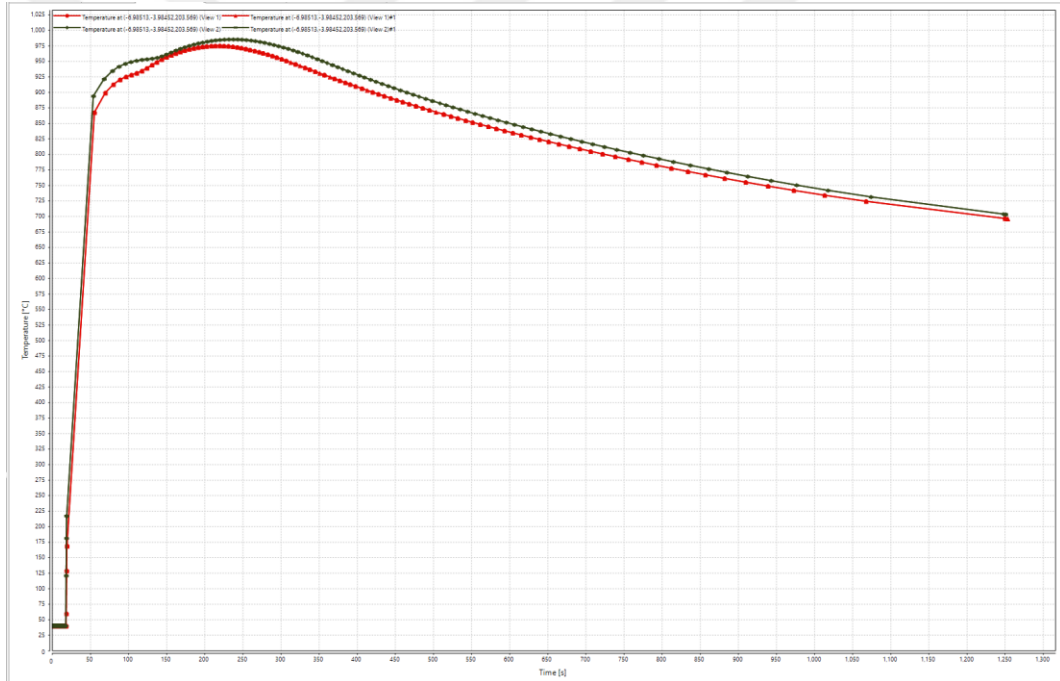
Şekil 3.17. Şiş bağlantılı ve bağlantısız kalıp dolum simülasyonu sonucu inceleme



Şekil 3.18. Şiş bağlantılı ve bağlantısız kalıp dolum simülasyonu sonucu



Şekil 3.19. Şiş bağlantılı(895°C) ve bağlantısız(861°C) kalıp sıcaklıkları



Şekil 3.20. Şiş bağlantılı(895°C) ve bağlantısız(861°C) kalıp sıcaklıklarının dolum ve katılaşma süreçleri boyunca değişimi

Kalıbın dart hatasına neden olan bölgesindeki sıcaklık 895°C'den bağlantı iptal edilmek suretiyle 861°C'ye düşürülmüştür.

Gerçekleştirilen ilk deneme dökümünde dart hatasının tamamen ortadan kalktığı görülmüş, gaz çıkıcı yerine maça başı ve kalıp arasında arttırılan boşluğun gaz atımında başarılı olduğu tespit edilmiştir.

Bir dökümhanede kalıp elemanları kaynaklı olduğu düşünölen fakat kontrol raporlarında tespit edilemeyen hatalar için yolluk sistemi operatörle birlikte tetikleyici faktör olabildiği görölmüştür.



KAYNAKLAR

- Aran, A., 2007, Döküm Teknolojisi, İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi, İstanbul, 106s.
- C.A. Loto, 2003, Effect of cassava flour and coal dust additions on the mechanical properties of a synthetic moulding sand, [https://doi.org/10.1016/0169-1317\(90\)90013-F](https://doi.org/10.1016/0169-1317(90)90013-F).
- Cem U, 2016, dolu kalıba döküm teknolojisi ve uygulanması, yüksek lisans tezi, yıldız teknik üniversitesi, İstanbul.
- Doehler, H. H., Çeviren: Bayvas, M. Şevki, Basınçlı Döküm, Ankara Erkek Teknik Yüksek Öğretmen Okulu Matbaası, Ankara, 1974.-7-10.
- DOEHLER, H. H., Çeviren: BAYVAS, M. ŞEVKİ, Basınçlı Döküm, Ankara Erkek Teknik Yüksek Öğretmen Okulu Matbaası, Ankara, 1974.-7-10.
- Erişkin, Y., 1980, Hacim Kalıpcılığı, Yüksek Teknik Öğretmen Okulu yayınları, Ankara
- Eruslu, 1991-Eruslu, N., 1991. Döküm Kumunda Kullanılan Bentonit ve Diğer Katkı Maddeleri, Demir-Çelik Sanayiciler Derneği Semineri, Tepebaşı.
- Fikret E. 1999, seramik kabuklu döküm yöntemi, yüksek lisans tezi, yıldız teknik üniversitesi, İstanbul.
- Fikret E. 1999, seramik kabuklu döküm yöntemi, yüksek lisans tezi, yıldız teknik üniversitesi, İstanbul.
- K. Üniversitesi, 2015, savurma döküm, dergi, metalürji ve malzeme kulübü, Karabük.
- K. Üniversitesi, 2015, savurma döküm, dergi, metalürji ve malzeme kulübü, Karabük.
- M. gedikli, 2019, DÖKÜMHANELERDE OLUŞAN ATIK DÖKÜM KUMUNUN GERİ KULLANIM YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ, yüksek lisans tezi, sakarya üniversitesi.
- M. Stachowicz*, K. Granat*, Ł. Pałyga*, 2017, Influence Of Sand Base Preparation On Properties Of Chromite Moulding Sands With Sodium Silicate Hardened With Selected Methods, Doi: 10.1515/amm-2017-0059.

- N. Çavuşoğlu, Ergin, Basınçlı Döküm Teknolojisi I, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, Gümüş suyu, 1981 8-9.
- Ömer U. 2018, yüksek lisans tezi, Kokil Kalıp ve Uygulamalarında Termal Gerilme Ve Analiz Etkisinin Araştırılması, Necmettin Erbakan Niversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, konya.
- Öner Ömer A. 2007, Antioch Yöntemiyle Hazırlanan Alçı Kalıp ve Dereceli Hassas Döküm Kalıplarında Segregasyon Oluşumunun İncelenmesi, yüksek lisans tezi, yıldız teknil üniversitesi, İstanbul.
- S. İzgiz, “Yaş Kalıplama Kumu, Özellikleri, Matematiki İlişkiler ve Karıştırma Etki Derecesi”, Metalürji – TMOOB Metalürji Mühendisleri Odası Dergisi, 160, 2011, P. 35.
- S.R. Giese, G.R. Thiel, R.M. Herreid, J.D. Eastman, 2002, Influence of Protein-Based Biopolymer-Coated Olivine Core Sands on Olivine Green Sand Molding Properties, AFS Library Copy: 20020425A.pdf, Page 1 of 7 Pages, Provided to User for Internal Use and Not Public Redistribution or Resale. Copyright 2002 American Foundry Society. (Foundry Moulding Sands- syf 8-10.
- Sudjoko, Dwiretnani, Sulisty, Budi, Hartati, Pristi, and Sunardjo, 2002, Direct Chlorination of Zircon Sand; Khlorinasi Pasir Zirkon Secara Langsung. Indonesia: N. p.
- Yüce, E. (1999). Bentonit Envanteri, Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı, İstanbul Maden İhracatçıları Birliği.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Fatih BARAN

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Sakarya Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği	Devam ediyor
Lisans	Sakarya Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği	2008
Lise	Milli Piyango Lisesi (Mardin)	2002

İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer	Görev
2021- Halen	Hema Endüstri	Döküm Fabrikası Üretim Direktörü
2015-2021	Hema Endüstri	Döküm Fabrikası Müdürü
2012-2015	Hema Endüstri	Döküm Fabrikası Üretim Yöneticisi
2010-2012	Hema Endüstri	Döküm Fabrikası Kalite Mühendisi
2009-2010	Kuanta Construction (Kerkük-Irak)	Saha Mühendisi (ABD Hava üssü)
2008-2009	Döküm Metal	Kalite Mühendisi
2006-2008	Daloğlu Döküm Makine	Kalite Mühendisi (Yarı Zamanlı)

YABANCI DİL

İngilizce

HOBİLER

Kitap okumak, film izlemek, koşu yapmak, makale okumak, belgesel izlemek, doğa yürüyüşü yapmak, güncel olayları takip etmek.

