

## PAPER DETAILS

TITLE: Dökme Demirlerde Döküm Simülasyonu Yazilimi ile Dart Hatasi Olusumunun Analizi ve Önlenmesi

AUTHORS: Fatih BARAN,Ahmet OZEL,Soner Özden ERTURK,Elif Cansu CAMUR

PAGES: 26-31

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2130459>



## Dökme Demirlerde Döküm Simülasyonu Yazılımı ile Dart Hatası Oluşumunun Analizi ve Önlenmesi

**Fatih BARAN<sup>1\*</sup>**, **Ahmet ÖZEL<sup>1</sup>**, **Soner Özden ERTÜRK<sup>2</sup>**,  
**Elif Cansu ÇAMUR<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Sakarya Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Sakarya, Türkiye

<sup>2</sup>Hema Otomotiv Sistemleri A.Ş., Demir Döküm Fabrikası, Tekirdağ, Türkiye

### Anahtar Kelimeler:

*Dart Hatası,  
Dökme Demirler,  
Yolluk Sistemi,  
Akışkanlar  
Mekaniği*

### Özet

Bu çalışmada dökümhanelerde sıkça karşılaşılan, yüzey hatalarından birisi olan dart hatasının çeşitleri, muhtemel sebepleri incelenmiştir. Dart hata oranının yüksek olduğu örnek bir dişli kutusu parçası ele alınmıştır. Öncelikle Dart hatasının oluşmasında etkili olan parametreler (kalıp kumunun mekanik özellikleri, döküm sıcaklığı vb.) kontrol edilmiştir. EN-GJL 300 malzemesinden üretilen parçasındaki dart hatasının sebebini ortaya çıkarmak için Magmasoft© Simülasyon programı çıktılarına göre hatalı yolluk tasarımı sonucu meme girişlerinin eşit çalışmadığı görülmüştür. Yolluk sistemi, akışkanlar mekaniği temel yaklaşımlarıyla tekrar tasarlanmış, uygulama öncesi yapılan simülasyonla ilk çalışmanın çıktılarına göre ciddi iyileşme görülmüştür. Kök nedeninin genellikle kum genişmesi olarak bilinen ve buna bağlı çözümünün kum parametrelerinde arandığı dart hatasının yolluk sisteminden de kaynaklanabileceği görülmüştür. Genel literatür bilgisi ve proses kontrol sonuçlarının, simülasyon programı sonuç çıktılarıyla değerlendirilmesiyle dart hatasının sebebi belirlenmiş ve parçanın hurda oranı bu hata tipi ortadan kaldırılarak düşürülmüştür.

\*e-posta: [fatihbaran@yandex.com](mailto:fatihbaran@yandex.com)

Bu makaleye atıf yapmak için:

Fatih BARAN; Ahmet OZEL; Soner Özden ERTURK; Elif Cansu CAMUR , "Dökme Demirlerde Döküm Simülasyonu Yazılımı ile Dart Hatası Oluşumunun Analizi ve Önlenmesi", Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, C. 5, s 1, ss. 26-31

How to cite this article:

Fatih BARAN; Ahmet OZEL; Soner Özden ERTURK; Elif Cansu CAMUR , "Analyses and Prevention Of Scabbing Defect Formation On Cast Irons by Casting Simulation ", Bayburt University Journal of Science, vol. 5, no 1, pp. 26-31

## Analyses and Prevention of Scabbing Defect Formation on Cast Irons by Casting Simulation

### Keywords:

*Scabbing Defect,  
Cast Iron,  
Gating System,  
Fluid Mechanics*

### Abstract

In this study, the types and possible causes of the dart defect, which is one of the surface defects that are frequently encountered in foundries, has been examined. As a case, a gearbox part with a high scrap rate of dart defect is considered. First of all, the parameters (mechanical properties of the mold sand, casting temperature, etc.) that are effective in the formation of the dart defect have been checked. According to the outputs of the Magmasoft © Simulation software, in order to prevent the cause of the dart defect in the part made of EN-GJL 300 material, it was observed that the runner ingates did not work in balance as a result of faulty in runner design. The gating system was redesigned with the basic approaches of fluid mechanics, and with the simulation made before the application on pattern, a significant improvement was observed compared to the outputs of the first simulation study. It has been seen that the root cause of the dart defect, which is generally known as sand expansion and the solution of which is sought in the sand parameters, may also be caused by the runner system. By evaluating the general literature and process control results with the simulation software result outputs, the cause of the dart defect was determined and the scrap rate of the part has been reduced by eliminating this defect type.

## 1 GİRİŞ

Kum kalıba dökümde Dart hatası sıkça karşılaşılan bir yüzey hatasıdır. Genellikle döküm parçasının üst ve alt derece yüzeyinde ya da döküm parçasının dikey duvarlarında, keskin köşelere sahip aşırı pürüzlü metalik formda tutturulmuş halde görülür [1]. Döküm parçasının üst yüzeylerindeki kum yamaları Dart hatası olarak adlandırılır. Sıvı metal kalıp boşluğunu doldurduğu sırada, serbest hale gelmiş gazlar büyük bir şiddetle kumu dağıtır ve sonrasında sürükler. Bunun sonucunda oluşan boşluk sıvı metal ile dolar [2]. Dart Döküm Hatası, kabuğumsu bir şekil olarak yüzeyde oluşur, kabuğun altında kum partikülleri görülebilir ve yapısı ise döküm parçasının yapısıyla benzerdir [3]. Dart hatası oluşma mekanizması 2 şekilde incelenebilir.

### 1.1. Kum Dartı

Dart hatası, kalıp kumunun genleşmesiyle oluşan bir döküm hatasıdır. Dart hatasının oluşmasındaki temel sebep döküm sırasında yüzeye yakın kalıp kumu parçasının hızlı bir şekilde ısınarak nemini kaybetmesidir. Bu nem, kalıbın iç kısımlarına transfer olacak ve o kısmı ıslak tabaka adı verilen neme doymuş hale gelmesine neden olacaktır. Kalıba giren ergimiş metal hızlıca kuruyan üst kısımlardaki kum yüzeylerine ısı yayar. Uzaklaşan su buharı kalıbın içinden geçer ve soğuk kumun içinde yoğunlaşır. Bu durum ince kurumuş tabakanın hemen ardında çok nemli, yaş basma mukavemeti düşük bir tabaka oluşturur. Bu bölgenin sıcaklığı, ergimiş metalin yaydığı ısı ile yükselir. Silika kumu 573°C’de  $\alpha$  kuvars yapısından  $\beta$  kuvarsa dönüştüğünde ani ve büyük bir hacimsel genleşme meydana gelir. Eğer bu genleşme kumun deformasyonu gibi hareket ile sağlanmış olamazsa, genleşmiş kuru yüzey tabakası bükülür ve çatlar. Güçlü ve aşırı ıslak yoğunlaşma bölgesinin hemen altında genleşmiş yüzey tabakasının kolayca ayrılmasına izin verir. Sıvı metal büzülmüş kum tabakasının arkasından ve çatlaktan ilerler ve karakteristik dart hatasına sebebiyet verir [1].

Dart hatası, ergimiş metal tarafından ısınan kalıp kumunun üniform bir şekilde genleşmemesi ile ortaya çıkar. Ayrık kum taneleri genleşmek zorundadır. Eğer kalıp bel vermezse kalıp yüzeyi bükülmek zorunda kalacak ve dart oluşacaktır. Kumun düzgün bir şekilde genleşmemesinin temel sebebi aşırı ince kum tanelerinin mevcudiyetidir. Bu çok ince taneler kumun çok sıkı paketlenmesine sebep olurlar ve bu sebeple kumun genleşme hareketi engellenmiş olur [2].

### 1.2. Maça Dartı

Maça dartı hatası çeşitli sebeplerden meydana gelebilir. Maça üretimi esnasında reçetenin uygunsuzluğundan, maça üretim sonrası stokta fazla bekletilmesinden kaynaklı maçada fazla nem bulunması hızlı genleşmeye neden olabilir. Maça bünyesinde bulunan aşırı serbest su maça yüzeyinin düşük mukavemetli olmasına yol açar. Maça gazı da dart hatasına neden olur. Her ne kadar dart hatası kalıp yüzeyinde olsa da metalin sirkülasyon sonucu

çalkalanması ve kaynaması maçadan kaynaklıdır. Çalkalanma, yüzeyin pürüzsüz katılaşmasını engeller ve dart hatası oluşur. Maça üretiminde kullanılan bağlayıcıların yetersizliği, genleşme anında yüzeyin çatlamasına sebep olan yetersiz sıcak deformasyona yol açar [4].

Dart hatasının muhtemel sebepleri;

#### Kil-bağlayıcılı Kum

- Yetersiz Bentonit ya da kalıplama kumundaki yetersiz kalitedeki Bentonit
- Kumdaki ince taneli Silis içeriğinin fazla olması
- Kalıplama kumu taneleri çok ince olması
- Çok yüksek Silis kumu içeriği ( %88'den fazla) yüksek ısı genleşme potansiyeli yaratması
- Kumdaki düşük kil içeriğine ya da yüksek nem oranına bağlı olarak düşük yaş çekme dayanımı
- Kumdaki aşırı tuz oranı
- Kalıp sertliği – Kalıp sertliğinin 95 ( 'B' skala) fazla olması [5]

#### Dizayn

- Döküm süresinin uzun olması, kum tabakasının uzun süre ısıya maruz kalması,
- Tek bir meme girişinden çok fazla metalin akışı, kum yüzeyinin aşırı ısınmasına sebep olması
- Yetersiz köşe radyüsü [1]

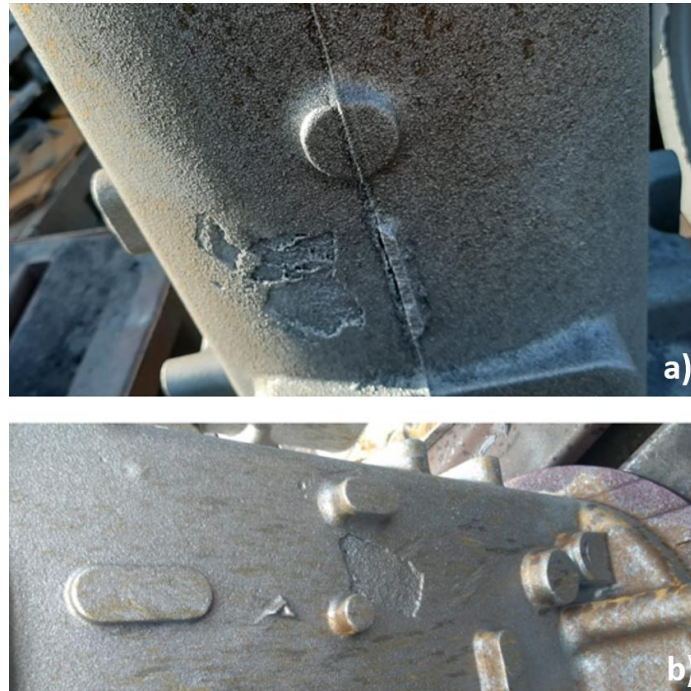
#### Proses

- Kalıbın çok fazla sıkıştırılması, çok yüksek kalıp yoğunluğu arttırılmış kum tanecikleri teması yüksek termal genleşmeye sebep olması
- Çok yüksek döküm sıcaklığının ısı genleşme oranını arttırması
- Kalıbın aşırı ve düzensiz sıkıştırılması [1]

Literatürde döküm simülasyonları kullanılarak gerçek döküm proseslerinin karşılaştırılmasıyla, döküm hatalarının kök nedenlerinin tespiti ve nihai döküm yapılarının oluşumu hakkındaki çalışmalar, bu çalışma içinde dart hatasının da kök nedenlerinin aranmasında kullanılmasında yol gösterici olmuştur [6-9].

## 2 MATERYAL METOT

Bu çalışmada GG30 malzemeli dişli kutusunun üst derecede oluşan dart hatası işlenmiştir (Şekil 1)



Şekil 1. 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  $1435 \pm 5$  °C Sıvı metal alaşımı Tablo 1’de verilmiştir. Çalışması yapılan parçanın kum parametreleri Tablo 2’de verilmiştir.

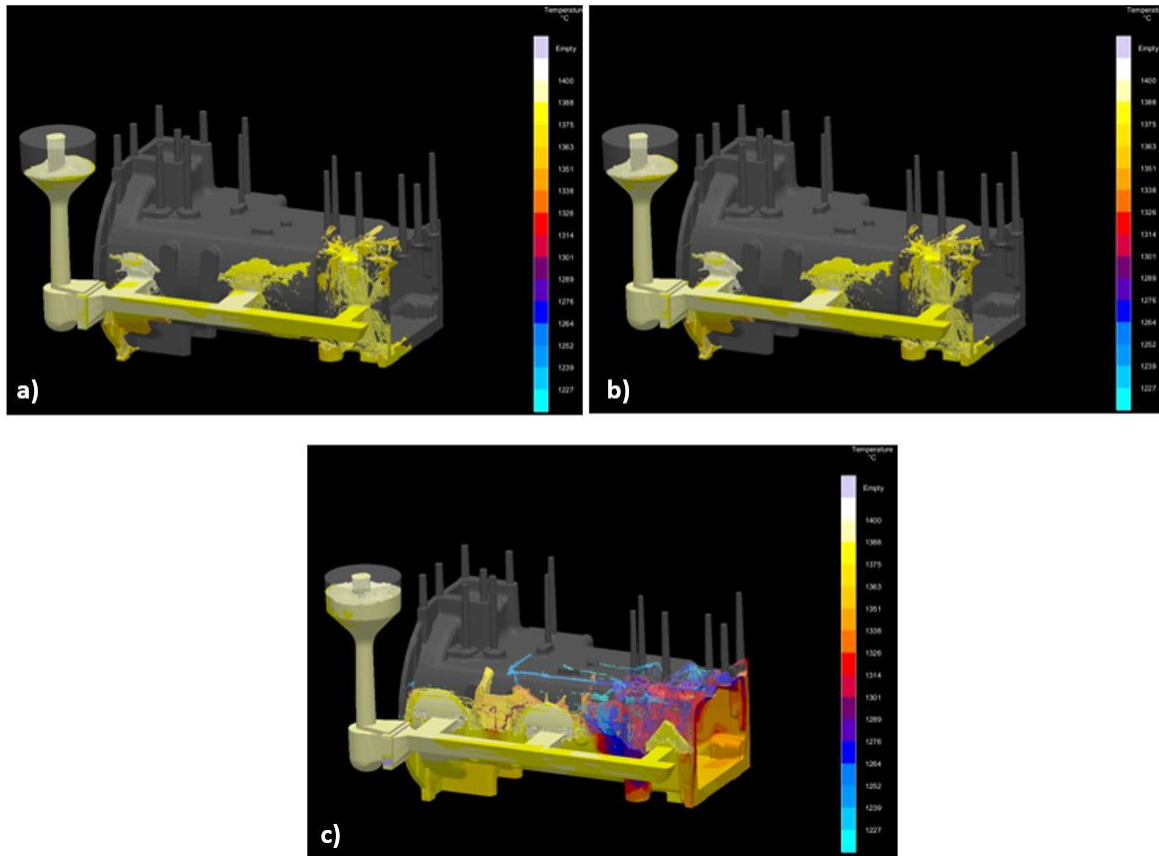
**Tablo 1.** Dart hatası görülen parçanın Kimyasal Kompozisyonu

| 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 |

**Tablo 2.** Kalıplama işlemi esnasında kullanılan kumun parametreleri

| Sıkıştırılabilirlik (%) | Yaş Basma Mukavemeti (Nt/cm <sup>2</sup> ) | Gaz Geçirgenliği | Nem  | Sıcaklık (°C) | Karıştırma Süresi (sn) | Kalıp Sertliği (C scale) |       |
|-------------------------|--------------------------------------------|------------------|------|---------------|------------------------|--------------------------|-------|
| 31                      | 1,65                                       | 19,3             | 3,23 | 37,6          | 90                     | Üst                      | Alt   |
|                         |                                            |                  |      |               |                        | 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 çözümleyebilmek 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 (Şekil 2).



**Şekil 2.** a) Dolum 1.257 saniyesindeki meme girişi görüntüsü b) Dolumun 1.665 saniyesi  
c) Dolumun 4.732 saniyesi

Yapılan simülasyon sonucunda düşey yolluk konumna 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 dökümden yapısal bozulmalara neden olduğu anlaşılmıştır.

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

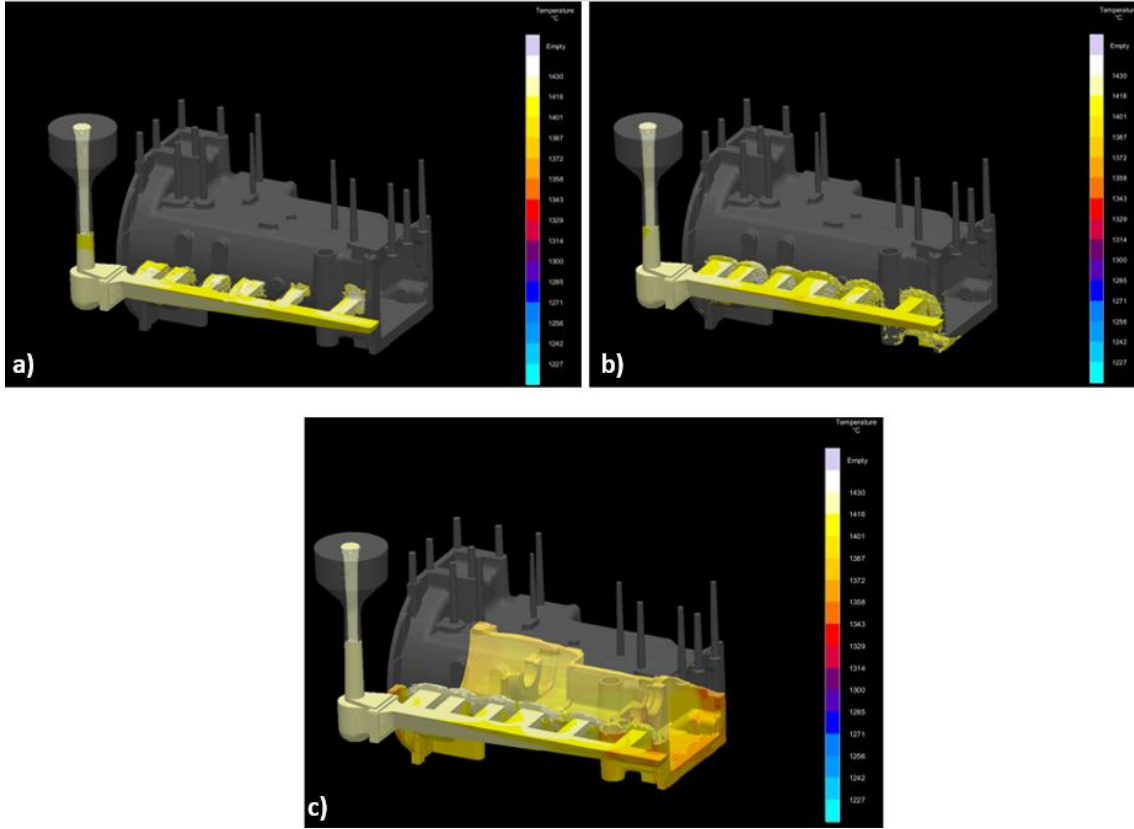
$$\text{Kolon Alan (cm}^2\text{)} \times 1,2 = \text{Toplam Meme Giriş Alanı (cm}^2\text{)} \quad (1)$$

Formül 1: Meme Giriş Alanı Hesabı

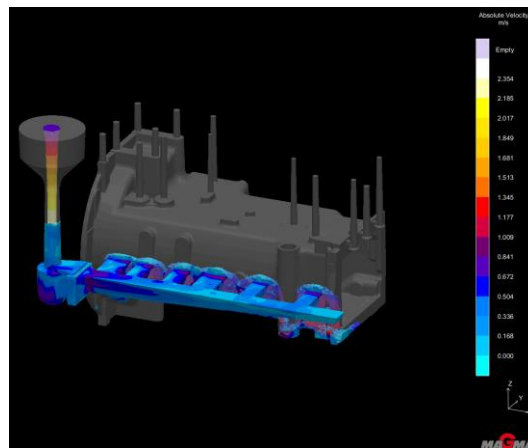
$$1590.43\text{mm}^2 \times 1,2 = 1908,516 \text{ mm}^2$$

Hesaplamalar sonrasında meme giriş alanları  $1908,516 \text{ mm}^2$  olması gerektiği görülmüştür. Mevcut yolluk dizaynında meme giriş alanlarının toplamı  $778,71 \text{ mm}^2$  dir.. Yapılan hesaplamalarda meme giriş alanlarının yetersiz olduğu tespit edilerek ve üç adet meme girişi daha eklendi ve yatay yollukta kademelendirme yapılarak çalışılmıştır. Kademelendirme; her bir meme girişinden sonra yatay yolluk kesit alanında %10 kadar daraltma yapmak suretiyle oluşturulmuştur.

Yapılan dizayn değişikliğinden sonra parçanın yeni modellemesi Magmasoft© programında çalışılmış, simülasyonun tamamlanmasından sonra tek bir meme girişinden parçaya aşırı metal girişi sorununun önüne geçildiği görülmüştür (Şekil 3).



Şekil 3. a) Dolum 2.800 saniyesindeki görüntüsü b) Dolumun 3.401 saniyesi c) Dolumun 10.000 saniyesi



Şekil 4 . Meme girişlerindeki Sıvı metal hızı

### 3 SONUÇLAR

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 %10'luk adımlarla yapılan kademelendirme 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  $1435 \pm 5$  °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 bazı değişken kalıp dolumlarına, 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. Bu çalışma kök nedeni hemen belirlenemeyen hatalar üzerine çalışmada temel akışkanlar mekaniği yaklaşımlarının uygulanması ve uygulamanın simülasyon ile desteklenmesi günümüz teknolojik imkanlarında artık bir gerekliliktir.

## Teşekkür

Çalışmaya katkılarından dolayı Hema Otomotiv Sistemleri A.Ş. ve Hema Endüstri A.Ş. yönetim ve yetkililerine teşekkür ederiz.

## Yazar Katkıları

**Fatih BARAN:** Kavramlaştırma, Metodoloji, Doğrulama, Veri analizi, Araştırma, Materyaller / Kaynaklar, Veri İyileştirme, Finansman temini

**Ahmet OZEL:** Kavramlaştırma, Metodoloji, Veri analizi, Yazım - Özgün Taslak, Süpervizyon, Proje yönetimi

**Soner Özden ERTURK:** Metodoloji, Yazılım, Yazım - Özgün Taslak, Yazım - Değerlendirme & Düzenleme, Görselleştirme

**Elif Cansu CAMUR:** Yazılım, Veri analizi, Veri İyileştirme, Yazım - Özgün Taslak, Yazım - Değerlendirme & Düzenleme, Görselleştirme

Yazarlar makalenin son halini okuyup onaylamışlardır.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

## Kaynakça

- [1] T. A. Dorn, "Casting Defect: Surface Defects" Hot Topics, 2, 2002.
- [2] S. Parashar, A. Parashar, "Approach to Minimize Various Surface And Subsurface Defects", International Journal of Advance Engineering and Research Development, 2 (2), 2015.
- [3] M. S. Noohi, N. Hamidnezhad, A. Safikhani, M. R. G. Nia, "The Formation Mechanism of Sweat Phosphide in a New Form and Comparison with Expansion Scab in the Gray Cast Iron Castings", International Journal of Metalcasting, 11 (2), 347-355, 2017.
- [4] American Foundry Society, "Analysis of Casting Defects", 1974.
- [5] S. Sharma, M. Singh, K. P. Mishra, P. Maharana ve S. Maharana, "Design and Optimization of Gating System to Eradicate Scabbing Defects in Manifold Casting in Foundry Industries Using L9 Taguchi Orthogonal Array in Minitab 17.0", International Journal of Advanced Science and Technology, 29 (3), 1974-1989, 2020.
- [6] M. Çolak, İ. Arslan, E. Gavgalı, "Gri Dökme Demirlerin Katılaşma Modellemesi ve Gerçek Dökümler ile Karşılaştırması", Engineering Sciences, 13 (4), 280-290, 2018.
- [7] M. Çolak, R. Kayıkcı, "Döküm Simülasyon Programları Üzerine Bir Değerlendirme", Metal Dünyası, 189, 2-4, 2009
- [8] L.C. Kumruoğlu, A. Özer, "Investigation of critical liquid fraction factor in nodular iron castings by computer simulation", Journal of Materials Processing Technology, 197 (1-3), 182-188, 2008.
- [9] S. Ö. Ertürk, L. C. Kumruoğlu, A. Özel, "Determination of Slag particles final locations in casting by casting flow and simulation", 14th International Metallurgy and Materials Congress, 2008.