



Savurma ve Kum Kalıba Döküm Yöntemi ile Üretilen GG-25 Dökme Demirin Mikroyapısal ve Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırılması

*Comparison of Microstructural and Mechanical Properties of GG-25
Cast Iron Produced by Spinning and Sand Casting Method*

Adnan Çalık^{1*}, Ezgi Eylem Bıçaklı², Onur Zerentürk³

^{1*} Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta, Türkiye, ORCID: 0000-0002-4991-9048, adnancalik@isparta.edu.tr

² Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta, Türkiye, ORCID: 0000-0001-9648-5978, ezgieylembicakli@gmail.com

³ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta, Türkiye, ORCID: 0000-0003-4584-0807, onurzerenturk01@gmail.com

Geliş Tarihi 17/01/2022 – Kabul Tarihi 10/03/2022

DOI: 10.55205/joctensa.11202223

ATIF: Çalık, A., Bıçaklı E.E., & Zerentürk, O. (2022). Savurma ve kum kalıba döküm yöntemi ile üretilen GG-25 dökme demirin mikroyapısal ve mekanik özelliklerinin karşılaştırılması. *Cihannüma Teknoloji Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1(1), 1-22.

Öz

Bu çalışmada GG-25 dökme demir iki farklı üretim yöntemi ile üretilerek, mikroyapı ve mekanik özelliklerine döküm yönteminin etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Aynı döküm sıcaklığı ve kimyasal kompozisyona sahip GG-25 dökme demir savurma ve kum kalıba döküm yöntemi ile üretilmiştir. Mekanik özelliklerin belirlenmesi için her iki yöntem ile üretilen numunelere çekme deneyi ve Brinell sertlik testleri uygulanmıştır. Çekme deneyi için TS EN ISO 6892-1 standartlarına uygun olarak çekme deney numuneleri üretilmiştir. Mikro yapı analizi optik mikroskop kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Savurma döküm yöntemi ile üretilen numunelerin çekme dayanım değeri ortalama 282 MPa olarak elde edilmiştir. Yapılan test ve analizler sonucunda savurma döküm yöntemi ile üretilen parçaların sertlik ve çekme dayanım değerlerinin kum

kalıba döküm yöntemi ile üretilen parçalardan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Mekanik özelliklerin soğuma hızının daha yüksek olduğu savurma döküm yöntemi ile arttığı gözlemlenmiştir. Mikro yapı incelemesinde her iki yöntemle üretilen numunelerin baskın bir şekilde perlitik yapıda olduğu görülmüştür. İki farklı yöntem ile üretilen numunelerin mikro yapı karşılaştırmalarında benzer yapılar elde edilmesine rağmen savurma dökümde homojen yapılı grafit lamellerin sayısına ve lameller arasındaki mesafenin az olmasına bağlı olarak mekanik özelliklerin olumlu yönde değiştiği mikro yapı görüntüleri ve sertlik değerleri ile desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: GG-25 döküm, kum kalıba döküm, savurma döküm, ötektoid reaksiyon, mekanik özellikler.

Abstract

In this study, it was aimed to determine the effect of casting method on microstructure and mechanical properties by producing GG-25 cast iron with two different production methods. GG-25 cast iron with the same casting temperature and chemical composition was produced by centrifugation and sand mold casting method. Tensile test and Brinell hardness tests were applied to the samples produced by both methods to determine the mechanical properties. For the tensile test, tensile test specimens were produced in accordance with TS EN ISO 6892-1 standards. Microstructure analysis was performed using an optical microscope. The average tensile strength value of the samples produced by centrifugal casting method was 282 MPa. As a result of the tests and analyzes, it has been determined that the hardness and tensile strength values of the parts produced by centrifugal casting method are higher than the parts produced by the sand mold casting method. It has been observed that the mechanical properties increase with the centrifugal casting method, where the cooling rate is higher. In the microstructure analysis, it was observed that the samples produced by both methods were predominantly pearlitic. Although similar structures were obtained in the microstructure comparisons of the samples produced by two different methods, it was supported by the microstructure images and hardness values that the mechanical properties changed positively due to the number of homogeneous graphite lamellas and the small distance between the lamellas in centrifugal casting.

Keywords: GG-25 casting, sand casting, centrifugal casting, eutectoid reaction, mechanical properties.

GİRİŞ

Döküm, üretilmesi istenen parça şekline sahip bir kalıp boşluğuna ergitilmiş sıvı metalin doldurularak katılaştırılması işlemidir. Döküm işleminden önce metal ergitilerek döküm sıcaklığına çıkarılır. Sıvı metal

kalıp içine doldurulduktan sonra soğumaya başlar ve sıcaklık belli bir değerin altına indiğinde ise metal katı forma geçmektedir. Katılaşmanın tamamlanması ile parça oda sıcaklığına kadar soğumaya devam etmektedir. Bu aşamalarda yüksek miktarda ısı uzaklaşmakta ve faz dönüşümleri olabilmektedir. Dolayısıyla döküm işlemi sırasında parçanın boyut ve şekli belirlenirken aynı zamanda içyapı ve buna bağlı olarak özellikleri de belirlenmiş olmaktadır (Aran, 2007).

Demir ve demir dışı metallerin dökümünde, uygun maliyetli ve refrakter özelliğe sahip kum kalıplar yaygın olarak kullanılmaktadır. Kum döküm, kalıp malzemesi olarak kum esaslı bir malzeme kullanan metal döküm yöntemidir. Döküm ile şekillendirme işleminde üretilen parçaların mekanik özellikleri dökümün yapıldığı kalıba ve kalıp malzemelerine bağlıdır. Kalıp malzemesi olarak ekonomik ve teknolojik avantaj bakımından kum kalıp malzeme en çok kullanılan kalıp malzemesidir. Kalıplama işlemi kum esaslı bir malzemenin bir model etrafında sıkıştırılması ve ardından modelin kalıptan çıkarılması ile gerçekleştirilir. Metal dökümlerin yaklaşık %60'ı kum döküm yöntemi ile gerçekleştirilmektedir (Avcı, 1996; Aran, 2007; Sand Casting, 2021).

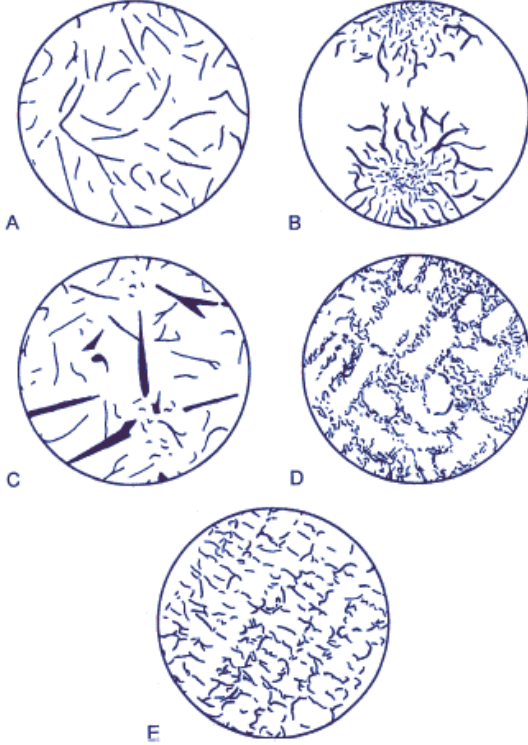
Savurma döküm, ergimiş metali kalıp duvarına atarak istenen şekli oluşturmak için dönen silindirik bir kalıp tarafından oluşturulan merkezkaç kuvvetini kullanarak gerçekleştirilen döküm yöntemidir. Dönen kalıbın merkezkaç kuvveti, ergimiş metal katılaşana kadar sabit basınç altında sıvı metali kalıbın iç boşluğuna (veya boşluklarına) doğru zorlamaktadır. Savurma döküm işlemi için genellikle silindirik dökümler tercih edilmektedir. Bu yöntem ile, belirli uygulamaların taleplerini karşılamak için gerekli olan çok çeşitli mikro yapıları üretilmektedir. Savurma döküm yöntemi ile üretilen döküm parçalar yüksek derecede metalurjik temizliğe ve homojen mikro yapıya sahip olmaktadır (ASM Handbook, 1998).

Dökme demirler, yalnızca döküm yoluyla şekillendirilebilen, içeriğinde %2-4 karbon ve yapıda grafit oluşumunu sağlayarak grafitin kararlılığını arttırmak amacıyla %0,5-3 silisyum içeren demir karbon alaşımlarıdır. Katılaşma sırasında grafitin lamel morfolojide olduğu dökme demirler gri dökme demir olarak adlandırılmaktadır (Çimenoglu vd. 2001). Gri dökme demir, iyi dökülebilirlik özelliği, korozyon direnci, işlenebilirliği, yüksek sönümlenme kapasitesi, düşük erime noktası, düşük maliyeti (çelikten %20-40 daha az), kullanım esnekliği ve sahip olduğu mekanik özellikleri ile birçok endüstriyel uygulamada tercih edilen bir malzemedir (Behnam vd., 2010). Malzemenin sıkıştırma yüklerine maruz kaldığı disk fren rotorlarında ve hidrolik valflerde, bazı makine bileşenlerinin imalatında ve birçok uygulamada kullanılan önemli bir yapı malzemesi olarak gri dökme demirler karşımıza çıkmaktadır (Akdemir vd., 2011; Taşlıçukur vd., 2012).

Gri dökme demirin mikro yapısı, döküm işleminden önceki kimyasal bileşime, aşılaiıcılarla ve soğutma koşullarına bağlıdır. Mikro yapı, demirli matris içine dağılmış grafit lameller ile karakterize edilmektedir. Döküm uygulaması, grafit pullarının çekirdeklenmesini ve büyümesini etkileyebilmektedir. Grafit miktarı ve boyutu, morfolojisi ve grafit lamellerin dağılımı, gri dökme demirin mekanik davranışını belirlemede kritik öneme sahiptir. Döküm halindeki mikro yapı, katılaşma süreci ve katı hal dönüşümü (ötektoid reaksiyonu) tarafından belirlenmektedir. Matris mikro yapısı ötektoid reaksiyonun meydana geldiği koşullara bağlıdır. Ötektoid reaksiyonun mekanizmasını etkileyen değişkenler ötektoid sıcaklık aralığında kimyasal bileşim ve soğutma hızıdır. Ötektoid dönüşümün sonucu, dökme demirin mekanik özelliklerinin belirlenmesinde anahtar role sahiptir (Behnam vd., 2010). Şekil 1'de ISO 945-1 standardında yer alan dökme demir malzemelerde görülen grafit dağılımlarının görünümü verilmektedir.

Şekil 1

Dökme Demirlerde Grafit Dağılımlarının Gösterimi



Şekil 1’de lamel grafitli dökme demirlerin mikro yapısında ortaya çıkan grafit tipleri görülmektedir. Katılma anında dökme demir yapısında oluşan grafitlerin büyüklüğü, şekli ve dağılımının metalografik görünüşleri ISO 945-1 standardına göre A, B, C, D ve E tipi olarak isimlendirilmiştir. Matristeki grafit lamelleri, gerçek doğal çentikler ve çatlaklar olarak kabul edilebilecekleri için bu lamellerin şekli ve boyutu önemlidir. Gri dökme demirin statik ve dinamik gücünü önemli ölçüde etkilemektedir. Bunun yanında döküm süreci ve teknolojisi, gri dökme demirin mikro yapısı ve dolayısıyla mekanik özellikleri üzerinde de etkileyici rol oynamaktadır (Collini vd., 2008).

(Taşlıçukur vd., 2012), GG-25 ve GG-20 dökme demir malzemelerin mikro yapısını ve mekanik özelliklerine bağlı olarak kırılma davranışlarını incelemiştir. Her iki malzemenin de mikroyapısının perlitik olduğunu gözlemlemiştir. GG-20 malzemesinin daha yüksek karbon içeriği nedeniyle GG-25 dökme demire göre daha yüksek dayanıma ve sertliğe sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada (Collini vd., 2008), EN GJL 300 (GG-30) gri dökme demir malzemenin üç farklı dökümhanede üretilmesi sonucu mekanik özelliklerinin ve mikro yapılarının farklılıklarını araştırmışlardır. Aynı kalitede malzemenin farklı ortamlarda yapılan döküm işlemi sonucunda mekanik özelliklerinin değiştiğini gözlemlemiştir. Döküm işlemi sürecinin mikroyapı ve dolayısı ile mekanik özellikleri etkilediğini bildirmişlerdir. (Yörür vd., 2000), yaptıkları çalışmada ZA-8 alaşımını savurma döküm, kokil döküm ve kum döküm yöntemiyle üreterek mekanik ve mikro yapı özelliklerini incelemiştir. Yaptıkları incelemeler sonucunda savurma ve kokil dökümün kum kalıplara yapılan dökümlere göre, sertlik, darbe ve çekme dayanımlarının daha yüksek olduğu, ayrıca mikro yapı incelemelerinde de kuma dökümde daha iri taneli bir yapı oluştuğunu gözlemlemiştir. Bir diğer çalışmada (Santosh vd., 2017), C 355.0 alaşımını basınçlı döküm, kum kalıba döküm ve santrifüj döküm yöntemi ile üreterek mekanik özelliklerinin nasıl değiştiğini incelemiştir. Basınçlı döküm yöntemi ile üretilen numunelerin çekme dayanımlarının ve sertlik değerlerinin diğer yöntemlere göre daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Literatür incelendiğinde döküm yönteminin ve döküm sürecinin malzemenin mekanik özelliklerine etkisini inceleyen çalışmalar mevcuttur. Ancak endüstride yaygın olarak kullanılan, yüksek sağlamlığa ve yüksek aşınma direncine sahip GG-25 dökme demir malzemenin mikro yapı ve mekanik özelliklerine döküm yönteminin etkisini inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada GG-25 dökme demir malzeme iki farklı üretim yöntemi ile üretilerek elde edilen dökümlerin mikro yapı ve mekanik

özellikleri incelenmiştir. Çalışmada kullanılan üretim yöntemlerinden ilki, teknolojik avantajları, ekonomik olması ve uygulaması basit bir yöntem olması dolayısıyla kum kalıba döküm yöntemidir. Diğer yöntem olarak ise gözeneksiz ve temiz bir içyapı elde edilmesine olanak sağlayan savurma döküm yöntemi tercih edilmiştir. GG-25 dökme demir, kum kalıba döküm ve savurma döküm yöntemi ile üretilerek mikroyapısal ve mekanik özellikleri araştırılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Malzeme

Çalışmada kullanılan (üretilen) GG-25 dökme demir malzemenin kimyasal kompozisyonu Tablo 1’de verilmektedir.

Tablo 1

Çalışmada Kullanılan GG-25 Dökme Demir Malzemenin Kimyasal Bileşenleri

Bileşen	Kısaltma	Miktar (%)	
Karbon	C	3,3	[%]
Silikon	Si	2,4	[%]
Mangan	Mn	0,74	[%]
Kükürt	S	0,06	[%]
Fosfor	P	0,1	[%]
Demir	Fe	Kalan	

GG-25 dökme demir malzemenin EN 1561 standardına göre kimyasal bileşimi Tablo 2’de verilmiştir.

Çalışmada kullanılan GG-25 dökme demir malzemenin Dünya standartlarında farklı karşılıkları mevcuttur. Ancak bu çalışmada GG-25 olarak anılacaktır. Tablo 3’de DIN EN 1561 standardının uluslararası karşılıkları verilmiştir.

Tablo 2

EN 1561 Standartlarına Göre GG-25 Dökme Demir Malzeme Kimyasal Bileşenleri (EN 1561, 2021)

Bileşen	Kısaltma	Miktar (%)	
Karbon	C	2,95-3,45	[%]
Silikon	Si	2,1-2,90	[%]
Mangan	Mn	0,55-0,75	[%]
Kükürt	S	0,04-0,07	[%]
Fosfor	P	0,1-0,2	[%]
Demir	Fe	Kalan	

Tablo 3

DIN EN 1561 Standardının Eşdeğer Karşılıkları (Akın, 2014)

Standart adı	Malzeme tanımı
Türkiye TS EN 1561	DDL 25
Avrupa Birliği EN 1561	GJL 250
Almanya DIN 1691	GG 25
ABD	Class 35 B
Fransa NF A32 101	FT 25 D
Japonya JIS G 5501	FC 250

Deney Numunelerinin Hazırlanması

Çalışmada kullanılacak olan silindirik şekle sahip numuneler Silindir Motor Elemanları Anonim Şirketi'nde özel olarak üretilmiş ve temin edilmiştir. Silindir şeklindeki numuneler üzerinden çekme deneyi için TS EN ISO 6892-1 standardına uygun olarak çekme deney numuneleri elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan her iki döküm yöntemi için üçer adet deney numunesi üretilmiştir. Şekil 2'de kum kalıba döküm ve savurma döküm yöntemi ile üretilen deney numuneleri gösterilmektedir.

Şekil 2

Üretilen Deney Numuneleri



Çekme Deneyi

Çekme testleri için Süleyman Demirel Üniversitesi Yenilikçi Teknolojiler Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde bulunan MTS Bionix marka 25 kN kapasiteli hidrolik çekme deney cihazı kullanılmıştır. Çekme testleri oda sıcaklığında, TS EN ISO 6892-1 standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Tablo 4'de DIN EN 1561 standartlarına göre GJL EN 250 olarak anılan GG-25 dökme demir malzemenin, döküm çapı 30 mm olan numuneler için mekanik ve fiziksel özellikleri verilmiştir.

Tablo 4

DIN EN 1561 Standartlarına Göre GJL EN 250 (GG25) Dökme Demirin Mekanik ve Fiziksel Özellikleri

Mekanik Özellikler	Malzeme Tanımı
	EN GJL 250 (GG-25)
Çekme dayanımı (MPa)	250-300
% Uzama	0,8-0,3
Basma dayanımı (MPa)	3,01xR _m
Eğme dayanımı (MPa)	1,66xR _m
Kesme dayanımı (MPa)	290
Burulma dayanımı (MPa)	1,36xR _m
Elastisite modülü (GPa)	103-118
Poisson sayısı	0,26
Fiziksel Özellikler	Malzeme Tanımı
	EN GJL 250 (GG-25)
Kütle yoğunluğu (kg/m ³)	7,20
Özgül ısı (J/KgK)	460-535
Isıl genleşme katsayısı (µm/mK)	10-13
Isıl iletkenlik (100-500°C) (W/mK)	48,5-44,5
Özdirenç (Ω · mm ² /m)	0,73

Sertlik Testleri

Sertlik testleri Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Teknoloji Fakültesi laboratuvarında bulunan Officine Galileo marka Brinell Sertlik Cihazı'nda 250 kg yükte 10mm çapında çentikli bilye 15 sn uygulanarak yapılmıştır. Sertlik testi her iki yöntem ile üretilen numunelerden üçer adet numuneye uygulanmıştır.

Mikro yapı analizi

Mikro yapı görüntüleri SDÜ YETEM’de bulunan Olympus BX51TRF-6 marka optik mikroskop kullanılarak elde edilmiştir.

BULGULAR

Çekme Test Sonuçları

Savurma ve kum kalıba döküm yöntemi ile üretilen GG-25 dökme demir deney numunelerinden üçer adet numuneye çekme deneyi uygulanmıştır. Tablo 5’de kum kalıba döküm yöntemi ile üretilen GG-25 dökme demir numunelere ait çekme dayanım değerleri verilmektedir.

Tablo 5

Kum Kalıba Döküm Yöntemi ile Üretilen GG-25 Dökme Demir Numunelerin Çekme Dayanım Değerleri

Numune	Çekme Dayanımı (MPa)
1	255
2	269
3	265

Kum kalıba döküm yöntemi ile üretilen numunelere uygulanan çekme deneyi ile elde edilen çekme dayanım değeri ortalama 263 MPa olarak elde edilmiştir. Savurma döküm yöntemi ile üretilen GG-25 dökme demir numunelere ait çekme dayanım değerleri Tablo 6’da verilmektedir.

Tablo 6

Savurma Döküm Yöntemi ile Üretilen GG-25 Dökme Demir Numunelere Ait Çekme Dayanım Değerleri

Numune	Çekme dayanımı (MPa)
1	274
2	288
3	284

Savurma döküm yöntemi ile üretilen numunelere ait çekme dayanım değerleri ortalama 282 MPa civarındadır. Çekme dayanımları karşılaştırıldığında kum döküm ile üretilen numunelerin çekme dayanımlarının savurma döküm yöntemi ile üretilen numunelerin çekme dayanım değerlerine kıyasla daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Savurma döküm yöntemi ile üretilen dökümlerde çentik etkisinin fazla olması mekanik özellikleri olumlu yönde etkilemektedir. Savurma döküm ile kalıcı kalıplarda üretilen silindirik şekilli dökümler, genellikle statik döküm işlemi ile üretilen dökümlerden daha yüksek verim ve daha yüksek mekanik özelliklere sahip olmaktadır. Savurma döküm yönteminde kalıbın döndürülmesiyle üretilen kuvvet, metalin ince döküm bölümlerine dolmasını sağlamaktadır. Dolayısı ile metal ile kalıp arasında iyi bir temas sağlanmaktadır. Böylece, daha yüksek bir ısı akışı hızı ve daha hızlı bir katılma hızı sağlanarak mekanik özellikler artmaktadır (ASM Handbook 15, 1998).

Sertlik Ölçümleri

Elde edilen GG-25 dökme demir numunelerin Brinell sertlik ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Silindir şeklindeki numunelerin her biri için iç ve dış yüzeylerinin üç farklı noktasından alınan ölçümlerin ortalaması alınarak nihai sertlik sonuçları belirlenmiştir. Tablo 7’de kum kalıba döküm yöntemi ile üretilen numunelerden elde edilen sertlik değerleri verilmektedir.

Tablo 7

Kum Kalıba Döküm Yöntemi ile Elde Edilen Numunelerin Brinell Sertlik Değerleri

Numune	Sertlik Değerleri (Brinell Sertlik değeri, HB)	
	İç yüzey	Dış yüzey
1	203	216
2	199	211
3	206	209

Kum kalıba döküm ile üretilen GG-25 dökme demir malzemenin sertlik değerleri incelendiğinde matriste ortalama 202 HB, numune yüzeyinden matrise doğru alınan sonuçlarda ise ortalama 212 HB olarak elde edilmiştir. Soğuma ve katılaşma çeperlerden başladığı için matrise göre sertlik artışı doğaldır. Bu durum soğuma ve katılaşma sistematığı ile ilişkilidir. Savurma döküm yöntemi ile üretilen numunelerin sertlik ölçüm değerleri Tablo 8’de verilmektedir.

Tablo 8

Savurma Döküm Yöntemi ile Elde Edilen Numunelerin Brinell Sertlik Değerleri

Numune	Sertlik Değerleri (Brinell Sertlik değeri, HB)	
	İç yüzey	Dış yüzey
1	248	254
2	244	252
3	252	259

Savurma döküm yöntemi ile üretilen numunelerin sertlik değerleri iç yüzeyde ortalama 248 HB ve dış yüzeyde ortalama 255 HB olarak ölçülmüştür. Kum kalıba döküm yöntemi ile üretilen numunelerde olduğu gibi savurma döküm yöntemi ile elde edilen silindir şeklindeki numunelerin de iç yüzey ile dış yüzey arasında sertlik değerlerinde farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Savurma döküm yöntemi ile üretilen silindir şekilli parçaların kalıp içerisindeki katılaşma durumu yönlenmiş katılaşmadır. Katılaşma cephesi dıştan iç yüzeye doğru ilerleyerek iç yüzeyde son bulmaktadır. Soğuma hızına bağlı olarak perlit ve ferrit miktarı silindir et kalınlığında değişmektedir (İzgiz, 2010). Silindir şeklindeki numunenin iç ve dış düzeyindeki sertlik farklılıklarının nedeni yapıdaki ferrit ve perlit faz yoğunluklarının soğuma hızına bağlı olarak iki yüzeyde farklı olmasından

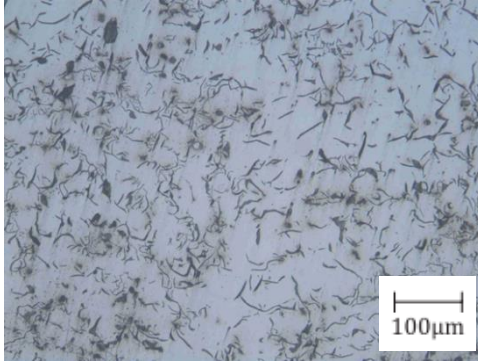
kaynaklanabilir. Katılaşmanın ilk olarak başladığı yüzeyde sertlik değeri daha yüksektir.

Mikro Yapı İncelemeleri

Kum döküm ve savurma döküm yöntemi ile üretilen numunelerin mikro yapı incelemeleri için optik mikroskop ile mikro yapı görüntüleri alınmıştır. Şekil 3’de GG-25 dökme demir malzemedeki kum kalıba döküm yöntemi ile üretilen numunenin mikro yapı görüntüsü verilmektedir.

Şekil 3

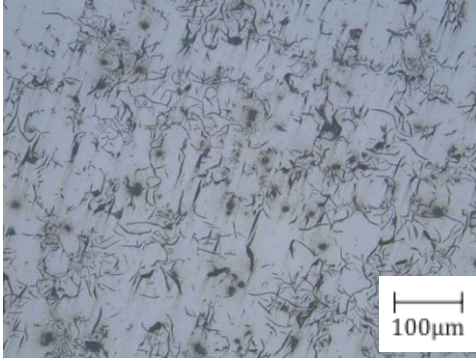
Kum Kalıba Döküm Yöntemi ile Üretilen GG-25 Dökme Demir Malzemenin Mikro Yapı Görüntüsü



Kum kalıba döküm yöntemi ile üretilen numunelerin mikro yapısı incelendiğinde ISO 945-1 standardında verilen gri dökme demirlerde mikro yapıda görülen temel grafit tiplerinden A tipi grafit formu olduğu gözlemlenmiştir. Mikro yapı rastgele yönelmiş lamel grafit yapraklardan oluşmaktadır. GG-25 dökme demir malzemedeki savurma döküm yöntemi ile üretilen numunenin mikro yapı görüntüleri Şekil 4’de verilmektedir.

Şekil 4

Savurma Döküm Yöntemi ile Üretilen GG-25 Dökme Demir Malzemenin Mikro Yapı Görüntüsü



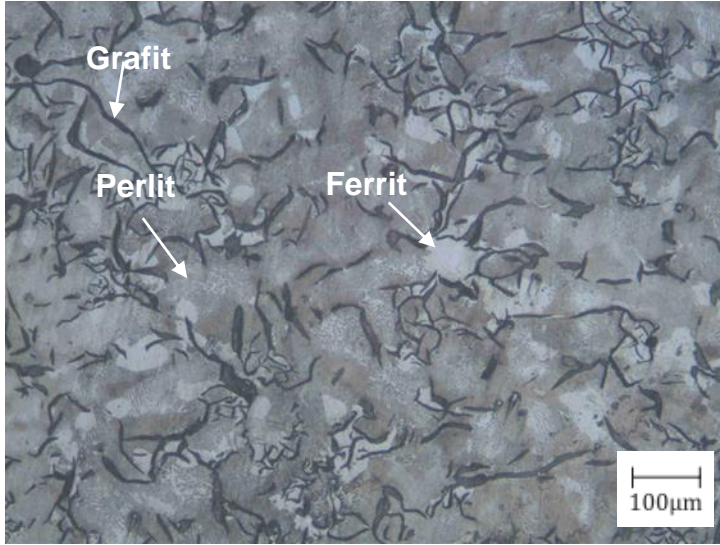
Lamellerin yapısı ve miktarının artmasıyla, lameller arasındaki mesafenin azalması sonucu malzemenin mekanik özellikleri artmaktadır. Gri dökme demirin mikro yapısı, demir matrisine dağılmış grafit lameller şeklindedir. Savurma döküm yöntemi ile üretilen numunelerin mikro yapısında grafit lamellerinin soğuma hızına bağlı olarak çok ince bir yapı sergilediği görülmektedir (Şekil 4). Dökümhane uygulaması, grafit pullarının çekirdeklenmesini ve büyümesini etkiler, dolayısıyla grafit yapraklarının boyutları ve türü dökümden istenen özellikleri iyileştirebilir. Grafit miktarı, boyutu, morfolojisi ve grafit lamellerin dağılımı, gri dökme demirin mekanik davranışını belirlemede kritik öneme sahiptir. Lameller arası boşluk azaldıkça matrisin mukavemeti ve sertliği artmaktadır (Taşlıçukur vd., 2012). Şekil 4 incelendiğinde savurma döküm yöntemi ile üretilen numunenin mikro yapısı kum dökümde olduğu gibi grafitler yapraksı yapıda ve rastgele yönlendirilmiştir. Grafit şekil ve boyutlarının savurma döküm yöntemi ile üretilen numunelerde daha küçük ve birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir. Çekme dayanımı ve sertlik değerlerinin savurma döküm yöntemi ile üretilen numunelerde daha yüksek çıkmasının

sebebinin lameller arasındaki mesafenin azalmasına ve lamellerin sayısındaki artışa bağlı olduğu düşünülmektedir.

Her iki mikro yapıda da yer yer küreselleşmiş grafitlerin varlığı dikkat çekmektedir. Bu durum savurma döküm yöntemi ile elde edilen numunelerde daha belirgindir. Şekil 5’de kum kalıba döküm yöntemi ile üretilen GG-25 dökme demirin matris yapısı gösterilmektedir.

Şekil 5

Kum Kalıba Döküm Yöntemi ile Üretilen GG-25 Dökme Demir Malzemenin Matris Yapısı



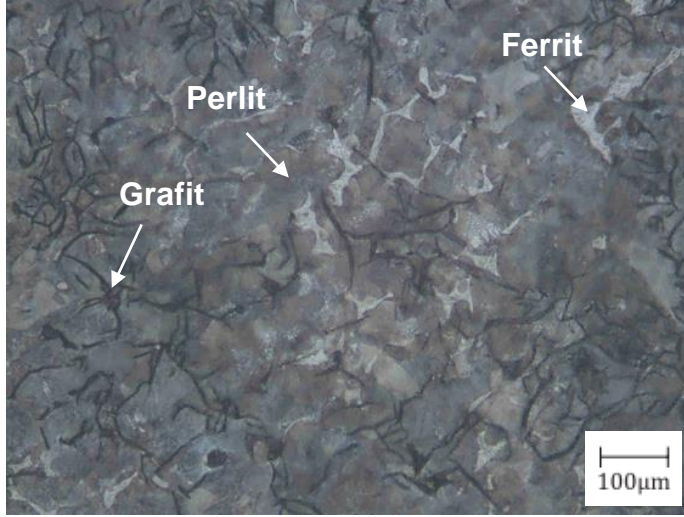
GG25 dökme demir malzemelerinin matrisleri incelendiğinde yapıda perlit ve ferrit fazlarının varlığı görülmektedir. Şekil 5’de resim üzerinde grafit lamelleri, perlit ve ferrit fazı gösterilmektedir. Beyaz bölgeler ferrit fazını, koyu renkli alanlar perlit ve siyah parçacıklar grafit lamellerinin görüntüsüdür. Kum döküm numunenin matris yapısının grafit pulların hâkim olduğu perlit yapıda olduğu gözlemlenmektedir. Üretim yöntemine

bağlı olarak kum kalıba dökümde yavaş soğumanın etkisi ile uzun katılaşma süresine bağlı olarak grafit lamellerin daha kalın yapıda olduğu görülmektedir.

Kum kalıba döküm yöntemi ile üretilen numunelerin mikro yapı görüntüleri incelendiğinde bölgesel olarak nispeten ferrit yapısının da olduğu bölgeler vardır. Yüksek mukavemet ve sertlik ile karakterize edilen perlit, ötektoid dönüşümün bir ürünüdür ve grafit lameller ferrit ve sementit düzlemlerinden oluşmaktadır. Dayanımı düşük ve sünekliği yüksek olan ferrit, düşük karbon içeriğine sahip Fe fazıdır. Bu fazın oluşumu, Si gibi elementlerin grafitleştirilmesi veya düşük soğuma oranlarıdır (Collini vd., 2008). Her iki yöntem ile üretilen numunelerin mekanik özellikleri literatür ve GG-25 dökme demir malzeme için belirlenen standartlar ile kıyaslandığında iyi seviyededir. Ancak kum döküm numunelerin mekanik özelliklerinin savurma döküm yöntemi ile üretilen numunelere göre daha düşük olmasının sebebi soğuma hızının yavaş olmasına bağlı olarak grafit boyutlarının artması ile grafit lamellerin daha kaba şekilde olmasına bağlanabilir. Dolayısıyla kum döküm yöntemi ile üretilen numunelerin mekanik özelliklerinin savurma dökümüne göre daha düşük olması soğuma hızından kaynaklı içyapı farklılıklarıdır. Şekil 6'da savurma döküm yöntemi ile üretilen GG-25 dökme demirin matris yapısı verilmektedir.

Şekil 6

Savurma döküm yöntemi ile üretilen GG-25 dökme demirin matris yapısı



Perlitin özellikleri büyük ölçüde ferrit-sementit düzlemleri arasındaki boşluğa bağlıdır. Perlitin mekanik mukavemeti, tabakalar arası boşluk azaldığında, örneğin hızlı soğutma ile artmaktadır. Döküm uygulaması, grafit pullarının çekirdeklenmesini ve büyümesini etkileyebilmektedir. Grafit miktarı ve boyutu, morfolojisi ve grafit lamellerin dağılımı, dökme demirin mekanik davranışını belirlemede kritik öneme sahiptir (Collini vd., 2008). Şekil 6 incelendiğinde, savurma döküm ile üretilen numunenin matrisinde perlit yapısının diğer yöntem ile üretilen numuneye kıyasla daha baskın olduğu görülmektedir. Grafit lamellerin arasındaki mesafenin azaldığı matris yapı görüntüsünde de belirgindir.

SONUÇ

Bu çalışmada, aynı kalitede olan ancak iki farklı döküm yöntemi ile özel olarak üretilen GG-25 gri dökme demirin mekanik ve mikroyapısal

özellikleri açısından bir karşılaştırması yapılmıştır. Deneysel çalışmada kullanılan numuneler dökümhanelerde özel olarak işlenmiştir. Deneysel çalışmanın sonucunda mikro yapı ve mekanik özelliklerin üretim yöntemine bağlı olarak nasıl değiştiği gözlemlenmiştir. Dökme demir malzemenin mekanik özellikleri oldukça değişkenlik göstermektedir. Kullanılan döküm yöntemi ve soğuma şartları mikroyapı özelliklerini etkilemektedir. Dolayısı ile mekanik özellikler sadece mikroyapının heterojenliğine değil, aynı zamanda kullanılan döküm yöntemine ve soğuma şartlarına bağlıdır. Çekme dayanımı ve sertlik değerleri savurma döküm yöntemi ile üretilen numunelerde daha yüksek elde edilmiştir. Bu durum savurma dökümde soğuma hızının kum kalıba döküme göre daha hızlı olmasına bağlanmaktadır.

Her iki yöntemle üretilen numunelerin mikro yapı görüntülerinde baskın bir şekilde perlitik yapı gözlemlenmiştir. Perlit yapısındaki grafit lamellerin sayısı ve miktarına bağlı olarak mekanik özelliklerin savurma döküm yöntemi ile üretilen numunelerde daha iyi olduğu mikro yapı görüntüleri ile desteklenmiştir. Günümüz endüstriyel uygulamalarında çok farklı döküm yöntemleri ile malzeme üretimi gerçekleştirilmesine rağmen, savurma döküm yöntemi ile yüksek mekanik özelliklere sahip malzemeler üretilebileceği belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Akdemir, A., Kuş, R., & Şimşir, M., (2011). Investigation of the tensile properties of continuous steel wire-reinforced gray cast iron composite. *Materials Science and Engineering*, 528, 3897–3904. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2011.01.107>
- Akın, U., (2014). *Kobiler ve mikro işletmelerde demir döküm sanayi sektör analizi*, [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. İTÜ Akademik açık arşiv. <https://polen.itu.edu.tr/handle/11527/15697>

- Aran, A. (2007), *Döküm Teknolojisi, İTÜ Makine Fakültesi* [Ders Notu].
<http://www2.isikun.edu.tr/personel/ahmet.aran/dokum.pdf>
- ASM International. (1998). *ASM Handbook*.
- Avcı, U. A & Sönmez, H., (1996, Mayıs 22-24). *Dökümde sıcak kumdan kaynaklanan sorunlar ve kalıp kumlarının soğutulması* [Bildiri], 2. Döküm Sempozyumu, Maslak, İstanbul.
- Behnam, M. M. J., Davami, P., & N. Varahram., (2010). Effect of cooling rate on microstructure and mechanical properties of gray cast iron. *Materials Science and Engineering*, 528, 583–588.
<https://doi.org/10.1016/j.msea.2010.09.087>
- Collini, L., Nicoletto, G., & Konecna, R., (2008). Microstructure and mechanical properties of pearlitic gray cast iron. *Materials Science and Engineering*, 488, 529–539.
<https://doi.org/10.1016/j.msea.2007.11.070>
- Çimenoglu, H., Geçkinli, A., E., Baydoğan, M., & Yıldırım, S. (2001). *Çelik Dökme Demirlerin Metalografisi ve Mekanik Muayenesi*. Metalurji Mühendisleri Odası.
- Standards Germany. (2012). Grey cast irons (DIN EN 1561:2012-01).
<https://asremavad.com/wp-content/uploads/2019/01/DIN-EN-1561-2012.pdf>
- EN (-1561)-GJL-250 (GG25): Gebefe. <http://www.gebefe.ch/pdf/EN-GJL-250.pdf> adresinden 21 Aralık 2021 tarihinde alınmıştır.
- International Organization for Standardization. (2019). Microstructure of Cast Irons – Graphite Classification by Visual Analysis. (ISO Standart No: 945-1:2019).
<https://www.sis.se/api/document/preview/80012648/>
- İzgiz, Ş., (2010). Laplanche grafitlesme yatkınlığı ve silindir gömleklerinin savurma dökümünde karbon ve silisyum miktarları. *Metalurji*, 41-55.
https://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi153/d153_4155.pdf
- Sand casting (2021, Aralık 27). In *Wikipedia*.
https://en.wikipedia.org/wiki/Sand_casting

- Santosh, M. V., Suresh, K. R., & Kiran Aithal, S., (2017). Mechanical characterization and microstructure analysis of Al C355.0 by sand casting, die casting and centrifugal casting techniques. *Materials Today: Proceedings*, 4 (10), 10987–10993.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.08.056>
- Taşlıçukur, Z., Altug, G. S., Polat, Ş., Atapek, Ş. H., & Türedi, E. (2012, May 23-25). *Characterization of microstructure and fracture behavior of GG20 and GG25 cast iron materials used in valves* [Paper presentation]. Proceedings of the 21st International Conference on Metallurgy and Materials, Czech Republic.
- Yörür, C., Özyürek, D., Ünal, M., (2000). ZA-8 alaşımının savurma, kokil ve kum kalıplara dökümlerinin mekanik özelliklere etkisinin incelenmesi. *Teknoloji*, 3(4), 115-120.
<https://jestech.karabuk.edu.tr/arsiv/1302-0056/2000/Cilt%283%29/Say%C4%B1%284%29/115-120.pdf>

Yazar Katkıları

Çalışmanın her aşamasında tüm yazarlar ortak katkı sağlamıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Finansman

Bu çalışma için herhangi bir finansman desteği alınmamıştır.

Etik Bildirim

Bu makalenin yazarları çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler