



**T.C.
AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENDÜSTRİYEL UYGULAMALARDA KULLANILAN SOĞUK İŞ
TAKIM ÇELİĞİ SIVAMA KALIPLARINDA OLUŞAN HATALARIN
TESPİTİ, ANALİZİ VE GİDERİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Burhan AKTEPE

OCAK

Burhan AKTEPE

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

OCAK 2023

**ENDÜSTRİYEL UYGULAMALARDA KULLANILAN SOĞUK İŞ TAKIM
ÇELİĞİ SIVAMA KALIPLARINDA OLUŞAN HATALARIN TESPİTİ,
ANALİZİ VE GİDERİLMESİ**

Burhan AKTEPE

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Danışman

Prof. Dr. Mehmet Burak BİLGİN

**AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

OCAK 2023

Yüksek Lisans Tezi Kabul ve Onay Sayfası

Burhan AKTEPE tarafından hazırlanan “Endüstriyel Uygulamalarda Kullanılan Soğuk İş Takım Çeliği Sıvama Kalıplarında Oluşan Hataların Tespiti, Analizi ve Giderilmesi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisi Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Burak BİLGİN

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Başkan: Prof. Dr. İbrahim KELEŞ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Üye: Doç. Dr. Levent UĞUR

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Tez Savunma Tarihi: 23/01/23

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr. Ümit YILDIRIM

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Burhan AKTEPE

02.01.2023

ENDÜSTRİYEL UYGULAMALARDA KULLANILAN SOĞUK İŞ TAKIM ÇELİĞİ SIVAMA KALIPLARINDA OLUŞAN HATALARIN TESPİTİ, ANALİZİ VE GİDERİLMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Burhan AKTEPE

AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ocak 2023

ÖZET

Ankastre set üstü ocak üretimi yapılan işletmelerde kullanılan pres makinelerinde ocakların üst tablalarının preslenerek soğuk şekil verildiği ortamlarda soğuk iş takım çeliği DIN 1.2379 kullanılmaktadır. Pres makinesinde üretim esnasında sıvanmış ocak tablalarında birtakım hatalar gözlemlenmiştir. Bu oluşan hataları incelenme hususunda pres makinelerinin dişi erkek kalıp setleri üzerinde oluşan hasar mekanizmaları ve ocak tablalarında oluşan hataya yönelik birtakım araştırmalar ve kalıp setleri üzerinde incelemelerde bulunuldu.

DKP ve INOX sıvama sac numuneleri kalıplarda preslendi. Preslenen bu sac numunelerinin belirlenen bölgelerinde tam sıvanmaması ve buna bağlı parça üzerinde oluşan hatalar gözlemlendi. Ölçüm aleti kumpas ile dişi ve erkek kalıplarda ocak gözlerindeki derinlikler ölçüldü. Ölçüm sonrasında erkek kalıp setinin ocak gözlerinden büyük göz kısmında 0,5 mm bir fark olduğu tespit edildi. Bunun üzerine kalıplar bu farkın eşitlenmesi adına sökülerek CNC İşleme Merkezine gönderilmiştir. Burada gerekli talaş kaldırma işlemleri ve sonrasında taşlama yapıldıktan sonra tekrar pres tezgahına bağlandı. Uygun parametrelerle değerler girildikten sonra sıvanan saclar incelendi. Sıvanan saclardaki göllenme gözlenmedi. Fakat sac numunelerin kenarlarında yırtılmalar gözlemlendi. Üretim esnasında hatalarla karşılaşılması ve önceden fark edilmesi adına yırtılmaların tespiti için AUTOFORM R7 sonlu elemanlar analiz programından yararlanılmıştır. FLD diyagramları incelendi. Oluşan yırtılmaları engellemek adına çentik etkisi olan yerlere parlatma uygulandı ve sıvama öncesinde her 2 sac numuneye de sıvama öncesinde teflon rulo film kullanıldı. Bununla birlikte yırtılmalara rastlanılmadı sonuçlar çıkarıldı. Üretime kaldığı yerden devam edildi.

Sayfa Adedi	: 63
Anahtar Kelimeler	: Erkek Kalıp, Dişi Kalıp, Soğuk İş Takım Çeliği, Sıvama
Danışman	: Prof. Dr. Mehmet Burak BİLGİN

DETECTION, ANALYSIS AND REMOVAL OF DEFECTS OCCURING IN COLD WORK TOOL STEEL SPINNING MOLDS USED IN INDUSTRIAL APPLICATIONS

(M. Sc. Thesis)

Burhan AKTEPE

AMASYA UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

January 2023

ABSTRACT

Cold work tool steel DIN 1.2379 is used in press machines used in enterprises producing built-in cooktops, where the upper tables of the furnaces are pressed and cold shaped. During the production in the press machine, some errors were observed in the plastered kiln tables. In order to examine these errors, a number of researches were made on the damage mechanisms on the male and female die sets of the pressing machines and the faults on the quarry tables and on the die sets.

DKP and INOX plastering sheet samples were pressed in molds. It was observed that these pressed sheet metal samples were not fully plastered in the determined areas and the errors occurred on the part due to this. The depths in the hotplates were measured in male and female molds with a measuring instrument caliper. After the measurement, it was determined that there was a 0.5 mm difference in the larger chamber of the male mold set than the hotplates. Thereupon, the molds were removed and sent to the CNC Machining Center in order to equalize this difference. Here, after the necessary chip removal and grinding was done, it was connected to the press bench again. After entering the values with appropriate parameters, the plastered sheets were examined. No ponding was observed in the plastered sheets. However, tears were observed at the edges of the sheet samples. AUTOFORM R7 finite element analysis program was used to detect the tears in order to prevent errors during production and to detect them beforehand. FLD diagrams were examined. In order to prevent tearing, polishing was applied to the areas with notch effect and Teflon roll film was used on both sheet metal samples before plastering. However, no ruptures were found and the results were obtained. Production continued where it left off.

Number of pages : 63

Keywords : Male Mold, Female Mold, Cold Work Tool Steel, Spinning

Supervisor : Prof. Dr. Mehmet Burak BİLGİN

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Kararlar kimi zaman karmaşık ve riskli olabilir. Bu süreç benim için endişeli, yoğun ve kararları sorgulayarak geçti. Bu hayatın yolunda kimi zaman yanlış kararlar olabilir ama daha çok insan kendine göre ve kendine yakışan şekilde yol çizmesi gereklidir. Ben bu yolda bütün ilgi ve alakamı yüksek lisans hayatıma yoğunlaştım.

Bu çalışmada, literatür taramasında desteklerini benden esirgemeyen ve her konuda yardımcı olmaya çalışan danışman hocam Sayın Prof. Dr. M. Burak BİLGİN hocama ve Aile üyelerimden eşim Ecehan UYGUN AKTEPE ile Ferhat UYGUN beye teşekkürlerimi ve saygımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. TAKIM ÇELİKLERİNİN TANIMI	2
2.1. Kalıp Çelik Malzemesinin Sınıflandırılması	4
2.1.1. Kalıp çelik malzemelerinin üretim teknikleri	5
2.1.2. Kullanım yerlerine göre çelikler	5
2.1.3. Yapıdaki kimyasal bileşen oranına göre çelikler	5
2.1.4. Yapıdaki katkı miktarlarına göre çelikler	6
2.1.5. İç yapı özelliklerine göre çelikler	6
2.1.6. Fiziksel - kimyasal yapılarına göre çelikler	7
2.1.7. Yapının sertleşme ortamına göre çelikler	7
2.2. Kalıp Çeliği Standartları.....	8
2.2.1. Kalıp çelik malzemesinin ülkemiz standartlarında gösterimi	8
2.3 Kalıp Çelik Malzemelerin Bünyesindeki Elementlerin Kazandırdığı Özellikler ...	10
2.4. Üretim Yöntemleri.....	12
2.5 Takım Çeliklerinin Fiziksel Metalurjisi	15
2.6 Takım Çeliklerinin Isıl İşlem Prosesleri	16
2.6 Karbürler ve Mukavemetlenme	19
3.PRES KALIBI İŞ TAKIM ÇELİKLERİ	22
3.1 Pres Kalıbı İş Takım Çelikleri Genel Özellikleri	22
3.2 Çelik Normu 1.2379 İş Takımı.....	24
4. PRES KALIBI SIVAMA ÇELİKLERİNE UYGULANAN ISIL İŞLEMLER	27
4.1 Tavlama	27
4.2 Sertleştirme ve Soğutma Prosesi	28
5. KALIP ÖMRÜ.....	30
5.1 Kalıp Ömrünü Etkileyen Aşınma Mekanizma Sebepleri	30
5.1.1. Aşınma.....	31

	Sayfa
5.1.1.1. Abraziv aşınma mekanizması	31
5.1.1.2. Difüzyon aşınma mekanizması	32
5.1.1.3. Oksidasyon aşınma mekanizması	32
5.1.1.4. Yorulma aşınma mekanizması	32
5.1.1.5. Adeziv aşınma mekanizması	32
5.1.2. Ağız dökülmesi	33
5.1.3. Sıvanma	33
5.1.4. Plastik şekil değiştirme	34
5.1.5. Ondülasyon	35
5.1.6. Şekil deformasyonu	35
5.1.7. Sac incilmesi	35
6. MATERYAL METOD	36
6.1. Uygulamada Kullanılan Pres Tezgahı	36
6.2. Kalıp Setleri Özellikleri	37
6.3. İş Takım Çelik Elemanlarının Tezgaha Konumlandırılması	38
6.4. Deneyde Kullanılan Sac Malzeme	39
6.5. Deneyde Kullanılan Pres Kalıbı Malzemesi	41
7. BULGULAR VE TARTIŞMA	43
7.1 Kalıpta Oluşan Hata Analizi	44
7.2 Analiz Çalışmaları	47
7.3. İmalat Süreci	48
7.3.1. 304 Kalite sac ile imalat	48
7.3.2. DC04 7114 Kalite DKP sac ile imalat	54
KAYNAKÇA	60
ÖZGEÇMİŞ	63

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelgeler	Sayfa
Çizelge 2.1. Alaşım elementlerinin çeliğe etkisi	3
Çizelge 6.1. Pres makinesi teknik özellikler çizelgesi	37
Çizelge 6.2. DC04 7114 kalite DKP sac teknik özellikleri.....	39
Çizelge 6.3. 304 kalite inox sac teknik özellikler	41
Çizelge 6.4. 1.2379 Soğuk iş takım çeliği ait özellikler	41
Çizelge 7.1. Pres baskı ölçüm değerleri çizelgeleri	43



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Bünyedeki elementlerin ötektoid sıcaklığına ait etkileri	4
Şekil 2.2. Dünyada kullanılan çelik standart adları	8
Şekil 2.3. C elementi sıcaklık çelik malzemeye etkisi.....	11
Şekil 2.4. Takım çeliklerinin üretim safhaları	13
Şekil 2.5. Toz metalurjisi tekniğinin imal akış şeması	14
Şekil 2.6. ESR tekniğinin ile imal sürecinin şematik gösterimi	14
Şekil 2.7. Çeliklerde karbon oranına göre mikro yapılarının gösterimi	15
Şekil 2.8. Takım iş çeliklerinin ısıtma işlemi diyagram gösterimi	16
Şekil 2.9. Su verme sertleştirmesinden sonra oluşan karbür yapılarının görünümü.....	20
Şekil 2.10. Takım çeliğinde bulunan karbürlerin karakteristik özellikleri	21
Şekil 5.1. Abrasiv aşınmanın görünümü.....	31
Şekil 5.2. Oksidasyon aşınmasının görünümü	32
Şekil 5.3. Adeziv aşınmanın görünümü	33
Şekil 5.4. 304 Kalite INOX sıvayan sac malzemesinin görünümü.....	34
Şekil 6.1. Hürsan sıvama tezgahı görünümü	36
Şekil 6.2. Dişi-erkek kalıp elemanları gösterimi	38
Şekil 6.3. Kalıp setlerinin pres makinesine bağlanması	39
Şekil 6.4. Sıvımalık sac malzemesi görünümü	39
Şekil 6.5. Sıvımalık 304 kalite INOX sac görünümü.....	41
Şekil 6.6. 1.2379 soğuk iş takım çeliği erkek-dişi kalıp seti görünümü	42
Şekil 7.1. DC04 7114 Kalite DKP sac malzemesinin pres baskı sonucu form görüntüsü ..	44
Şekil 7.2. 304 kalite INOX ocak paneli pres baskı sonucu form görüntüleri	44
Şekil 7.3. Solid programında kalıp malzemelerinin katı model görüntüsü.....	45
Şekil 7.4. Erkek kalıbın işleme merkezinde CNC torna tezgahına bağlanması.....	45
Şekil 7.5. Isıtma işlem öncesi ve sonrası oluşan içyapı	46
Şekil 7.6. Ocak panel üretim prosesi	46
Şekil 7.7. Yırtılma olan bölge ve göllenme oluşan bölge simülasyon görüntüleri	47
Şekil 7.8. a:304 kalite INOX sac hatalı geometri FLD diyagramı, b:304 kalite INOX sac yırtılma azaltılmış onarılan geometri FLD diyagramı.....	48
Şekil 7.9. Kalıpta üretilen ilk ve düzeltilmiş son geometri görünümü	49
Şekil 7.10. Düzeltilen geometri ile gerilim azaltılmış simülasyon görünümü.....	50
Şekil 7.11. Polisaj Makinesi.....	51

Şekil	Sayfa
Şekil 7.12. Parlatma öncesi ve sonrası görüntüler	51
Şekil 7.13. a. Parlatılmamış DC04 7114 kalite sac ile üretim b. Parlatılmış DC04 7114 Kalite sac ile üretim.....	52
Şekil 7.14. Kalıp yağlayıcı (PTFE) Teflon film	53
Şekil 7.15. İmal edilen sorunsuz ocak üst tablası	53
Şekil 7.16. a. DC04 7114 Kalite DKP sac üretilemeyen geometri FLD diyagramı b. DC04 7114 Kalite DKP sac yırtık engellenmiş geometri FLD diyagramı	54
Şekil 7.17. DC04 7114 Kalite DKP sac numunesi yırtılma görünümü	55
Şekil 7.18. Parlatma yapılan 304 Kalite INOX sorunsuz formu.....	55
Şekil 7.19. DC04 7114 DKP sac numunesi mikro yapı görüntüleri.....	56
Şekil 7.20. 304 Kalite INOX sac numunesi mikro yapı görüntüleri.....	56

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, yanda açıklamaları verilmek üzere aşağıda listelenmiştir.

Simgeler	Açıklama
M	Metre
SiC	Silisyum Karbür
°C	Santigrat Derece (Celsius)
Mo	Molibden
Cr	Krom
Mn	Manganez
W	Tungsten (Volfram)
C	Karbon
V	Vanadyum
Fe-C	Demir-Karbon
Fe ₃ C	Sementit
Si	Silisyum
Co	Kobalt
Ni	Nikel
HB	Brinell Sertlik
HRC	Rockwell Sertlik

Kısaltmalar**Açıklama**

EAF	Elektrikli Ark Fırını
PM	Toz Metalurjisi
ESR	Elektro Curuf Yeniden Ergitme
VAR	Vakumlu Ark Yeniden Eritme
TS	Türkiye Standardı
EN	Avrupa Standardı
DIN	Alman Standardı
SAE	Amerikan Standardı
AISI	Amerikan Standardı
ASTM	Amerikan Standardı
ASME	Amerikan Standardı
A	Asidik
B	Bazik
S	Sakin Dökülmüş Çelik
K	Kaynar Dökülmüş Çelik
Y	Yaşlanmayan Dökülmüş Çelik
SF	Sertleştirilmiş Çelik
Me	Menevişlenmiş Çelik
Nr	Normalleştirme Tavı Görmüş Çelik
Yt	Yumuşatma Tavlama Görmüş Çelik
Gt	Gerginlik Giderme Tavı Görmüş Çelik
İs	İslah Tavı Yapılmış Çelik

1. GİRİŞ

Soğuk iş takım çelikleri; yüksek aşınma direncine, tokluğa, boyutsal kararlılığa, homojen mikro yapıya, abrazif-adhezif aşınmaya takım parçasının yüzeyden başlayan yorulma hasarına karşı dirence ve ön tavllanmış yapıda kolay işlenebilirlik özelliklerine sahip oldukları bilinmektedir. Soğuk iş takım çelikleri aşırı sıcaklıklara karşı dayanıklı olarak imalatı yapılmadığı için çalışma sıcaklık aralıkları 210 -260 °C aralığında değişmekte olduğu belirlenmiştir (Roberts, 1998). Birçok metalik bileşen, metal sac levhaların oda sıcaklığında soğuk şekillendirilmesiyle üretildiği bilinmektedir. Soğuk iş kalıpları; iş metallerinin preslenmesi, zımbalanması, delinmesi ve kesilmesi gibi çeşitli metal şekillendirme işlemlerinde kullanıldığı bilinmektedir. Kalıplarda bulunan ve iş metalleri ile doğrudan temas ara yüzü oluşturan çekirdek parçalar, soğuk iş takım çelikleri kullanılarak yapıldığı tespit edilmiştir. Bundan dolayı soğuk iş takımlarının uygun seçilmesi ve işlenmesi, kalıpların dayanıklılığının ve kullanım ömrünün ortaya çıkmasında önem teşkil edildiği ön görülmüştür (Mesquita, Rafael A., 2016). Takım çeliği ve iş parçası arasında meydana gelen aşınma, takım çeliğinin kullanım ömrünü kısıtlayan en önemli faktörlerin başında geldiği düşünülmektedir. Bir sistemde aşınmayı etkileyen unsurlar şu şekilde sıranabilir; ana malzemenin özellikleri (mikroyapı, yüzey sertliği, ısıl işlem vb.) karşıt malzemenin özellikleri ve sıcaklık, nem gibi ortam atmosferi. Bütün bunlara ek olarak malzemelerin servis koşullarına bağlı bazı özelliklerinin (maruz kalınan yükleme şekli vb.) aşınma mekanizmasına etkisi büyük olduğu düşünülmektedir. Takım ömrünü etkileyen aşınma, çeşitli mekanizmalarla ortaya çıkar. Bunlardan en önemli aşınma tipleri daha önceden tespit edilen abrazif ve adhesif aşınma olduğu tespit edilmiştir. Aşınmayı engellemenin yolları; yağlayıcı kullanmak, kaplamalar gibi çeşitli işlemlerle yüzey sertliğini arttırmak, mikroyapının inklüzyonlardan arındırılması ve çeşitli özelliklerinin rafine edilmesi gerektiği düşünülmektedir (Tastemür, D., ve Süleyman Gündüz, 2021). Metal sıvama proseslerinde kullanılan soğuk iş takım çeliklerinin çalışma şartları göz önüne alındığında, darbe ve kayma kuvvetine beraber maruz kaldığı düşünülmektedir. Dişi ve erkek kalıp setleri incelendi ve sonucunda erkek kalıpta boyutsal farklılık gözlemlendi. Bunun sonucunda farklı sıvamalık DKP ve INOX sac metaller sıvanarak incelemelerde bulunuldu. Çalışılan tezin amacı; endüstrideki metal şekillendirme işlemlerinin çalışma koşullarını görselleştirerek, bu işlemde meydana gelecek hasar mekanizmasını ve dolayısıyla bu hasar mekanizmayı tetikleyecek unsurları tespit etmektir.

2. TAKIM ÇELİKLERİNİN TANIMI

Takım çelikleri sınırlandırılmış bir kimyasal sürece, çeşitli özelliklere ve uygulama alanına sahip olmadığı için kesin bir tanımını bulmak güçlük teşkil etmektedir. Bu süreye kadar kaynaklarda yapılan en iyi tanımlamalardan birini 1998 yılında Robert ve arkadaşları bu şekilde yapmıştır: sertleştirebilir ve aynı zamanda temperlenebilir demir karbon alaşımlarına takım çeliği denir. Sıcak ve soğuk metal şekillendirme süreçlerinde kullanılan takım çelikleri aynı süreçte düşük performans için aşınma direnci, mukavemet, tokluk ve diğer özelliklerin ihtiyaç duyulduğu çok çeşitli uygulamalarda da kullanılmakta olduğu bilinmektedir.

Sıcak ve soğuk iş takım çeliklerinin düşük alaşım kalitelerinden yüksek oranlarda alaşım elementleri bulunduran bileşimlere kadar çok çeşit türde kimyasal bileşimler gösterebileceğine tanıklık etmektedir. Bütün bu grupların ortak yanı, ısıtma işlem istasyonları sayesinde yani sertleştirme ve temperleme vasıtasıyla özelliklerini geliştirme yetenekleridir. Uygulanan ısıtma işleminden sonra malzemenin mekanik özellikleri önemli ölçüde gelişmektedir. Bir takım çeliğinin tanımlanmasındaki son madde, nihai uygulama bölgesidir. Oda sıcaklığında veya yüksek sıcaklıklarda (çoğunlukla 1200 °C' ye kadar) demir alaşımlarını, demir dışı metal alaşımlarını ve diğer metal olmayan malzemeleri sıvıya veya kesmek için kullanılır. Takım çeliklerinin uygulama alanı bu sebeple çok geniştir.

Sıcak ve soğuk iş takım çelikleri, üzerinde iş yapılacak olan malzemeyi; dövme, kesme ve haddeme gibi usuller kullanarak şekillendirme işlemi yapan takım kalıpların üretiminde kullanılır.

Bir diğer kullanım alanı ise bazı makina parçalarının üretimidir. Çalışma şartlarının ihtiyacı olan gelişmiş özellikler ise karbon miktarı ve yapıda bulunan alaşım elementleri ile sağlanır (Tastemür, D., ve Süleyman Gündüz, 2021).

Sıcak ve soğuk iş takım çeliklerinin mukavemet, aşınma direnci, sertlik ve yüksek sıcaklıkta mukavemet gibi özelliklerinin ilerlemesi mikroyapı özellikleriyle yani matris ve karbür adalarıyla bağlantılıdır. Alaşım elementlerinin katılması, çelikte oluşan karbür fazlarının yapısını ve sayısını değiştirir.

Alaşım elementleri ve çelikteki karbon sayısının bir diğerk etkisi; karbür çözeltisinin sayısı, karbürlerin kararlılığı, ısıtma esnasında tane büyümesi, sertleştirilebilirlik, martenzit başlangıç ve bitiş sıcaklıkları gibi özellikleri de değiştirmesidir.

Sıcak ve soğuk takım çeliklerinin mekanik özellikleri; daha ufak tane boyutu, daha ufak karbür boyutu ve oluşan karbürlerin belirli bir hacim fonksiyonu içerisinde tek düze dağılmasıyla iyileştirilebilirliği saptanmıştır.

Sıcak ve soğuk takım çeliklerinde sürekli olarak kullanılan alaşım elementleri, Fe-C denge diyagramında gösterilen faz alanlarını önemli ölçüde kaydırır. Atom numarasına veya periyodik tablodaki konumuna ek olarak elementlerin atom boyutu ve elektronik yapısı, ferrit kristal yapısını veya östenit kristal yapısını stabilize edebilir.

Bu sebeple alaşım elementleri, ferrit ayrıştırıcı edici elementler veya östenit ayrıştırıcı edici elementler olarak kategorize edilir. Çizelge 2.1’de sıcak ve soğuk takım çeliklerinde bulunan çeşitli ferrit ve östenit düzenleyici elementler gösterilmektedir (Bain, Edgar Collins,1939).

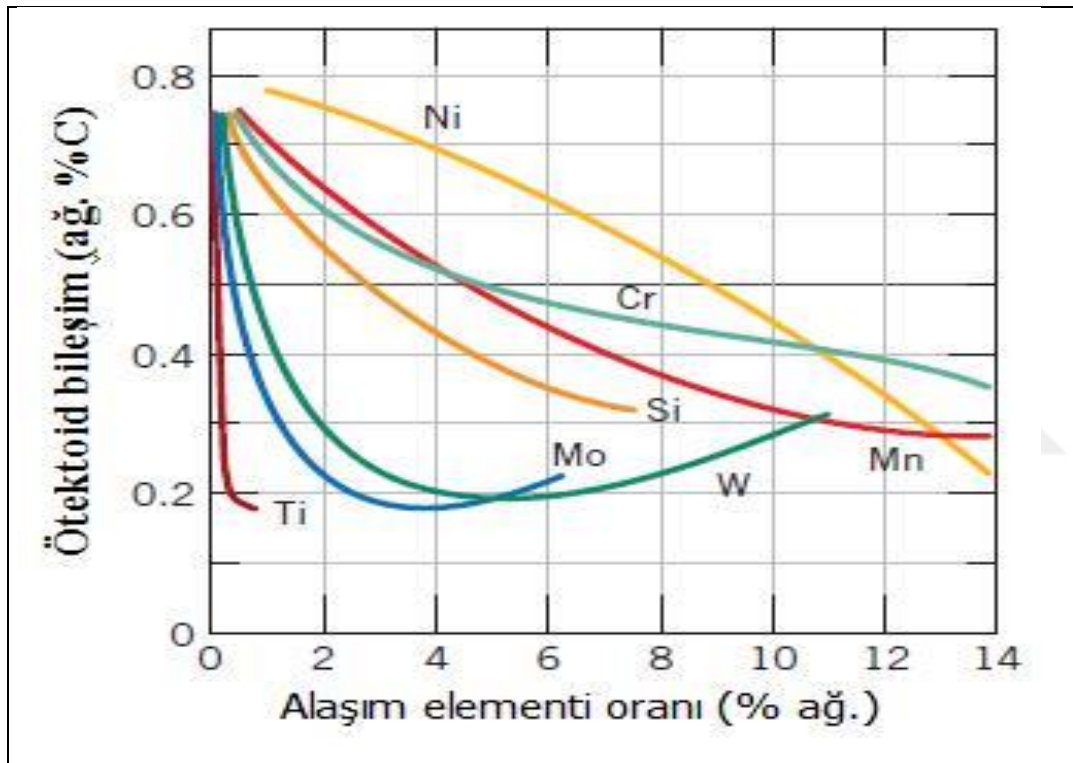
Çizelge 2.1. Alaşım elementlerinin çeliğe etkisi

Alaşım Elementi	Element Simgesi	Mukavemet	Sertlik	Sertleştirilebilirlik	şekillendirilebilirlik	Darbe Dayanımı	Tokluk	Aşınma Direnci	Kırılganlık	Korozyon Direnci	Isı Direnci
Karbon	C	↑	↑		↓		↓	↑			
Mangan	Mn	↑	↑		↓			↑			
Fosfor	P	↑	↑	↑	↓	↓	↓		↑		
Kükürt	S		↓			↓	↓		↑		
Silisyum	Si	↑	↑	↑	↑			↑		↑	
Bakır	Cu	↑	↑		↓					↑	
Azot	N	↑	↑					↓	↑	↑	
Alüminyum	Al										
Krom	Cr	↑	↑	↑				↑		↑	
Nikel	Ni	↑	↑		↑	↑	↑			↑	↑
Vanadyum	V	↑	↑	↑		↑		↑			↑
Molibden	Mo	↑	↑					↑		↑	
Tungsten	W	↑	↑								↑
Titanyum	Ti	↑	↑							↑	

Sıcak ve soğuk çelikteki ötektoid reaksiyonu, östenitin ferrit ve sementite everildiği ve bu sebeple üç fazın dengede olduğu bir duruma karşılık gelen katı hal reaksiyonu olduğu bilinmektedir. Farklı cinsten alaşım elementlerinin ötektoid sıcaklığı üstündeki etkisi şekil 2.1’de verilmektedir. Ferrit ayrıştırıcı edici elementler ötektoid sıcaklığını yükseltir.

Bu demektir ki ferritin stabil olduğu sıcaklık süresini uzatır, östenit ayrıştırıcı elementler ise ötektoid sıcaklığını azalttığı görülmektedir yani östenitin daha düşük sıcaklıklarda stabil olduğu mesafeyi arttırdığı tespit edilmiştir (Kim, Hoyoung ve ark., 2015).

Krom, silisyum, tungsten, molibden ve titanyum başlıca ferrit ayrıştırıcı elementlerken; nikel ve manganez östeniti stabilize etmekte olduğu görülmektedir. Karbürlerin yapısı aşınma özelliklerini yüksek oranda değiştireceğinden oldukça önem taşımaktadır çünkü takım çeliklerinde aşınma direnci karbürler ile sağlanmakta olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 2.1. Bünyedeki elementlerin ötektoid sıcaklığına ait etkileri

2.1. Kalıp Çelik Malzemesinin Sınıflandırılması

İş takım çelik türlerini teşhisini basit hale getirmek ve çelik kalıp malzemelerini daha iyi ayırt etmek için, birbiri ile ortak özelliklerine göre türlere ayırmak olanak sağlar. Geniş kapsamda çelik kalıp malzemeler yedi farklı özelliğine göre çeşitli türden başlıklarda sınıflandırma yapılmaktadır.

2.1.1. Kalıp çelik malzemelerinin üretim teknikleri

Aşağıda endüstrilerde kullanılan çelik kalıp malzemelerinin üretim teknik türleri verilmiştir.

- Bessemer ve Thomas çeliği,
- Siemens-Martin çeliği,
- Elektrik ark ve elektrik endüksiyon çeliği,
- Pota çeliği,
- Oksijenli konvertör çeliği,
- Vakum çeliğidir.

2.1.2. Kullanım yerlerine göre çelikler

Çelik kalıp malzemeler çok türlü özellikleri bünyesinde bulunduran kalıplardır. Bu sebeple çelik kalıplar metalürji sanayinde çoğunlukla özel bir nedene yönelik imal edilebilmekte ve uygulama alanına göre isimlendirilmektedir.

Bu çelik kalıplar; yapı çelikleri, takım çelikleri, yay çelikleri, ısıya dayanıklı çelikler ve paslanmaz çelikler gibi takım çelikleri olarak sınıflandırılabilirler (AKTAŞ, Mehmet, ve Mehmet ERDOĞAN, 2012).

2.1.3. Yapıdaki kimyasal bileşen oranına göre çelikler

Kalıp çeliklerinin hammaddesi demir-karbon alaşımından meydana gelmektedir. Fakat çeliklere önemli özellikler elde etmek için kimyasal bileşimleriyle oynamaya olanak sağlar. İstenilen özellikler hammaddeye eklenen alaşım elementleri vasıtasıyla sağlanmaktadır. Kalıp çelikleri bünyesinde bulunan alaşım elementlerinin miktarı ile kategorize etmek mümkündür.

- Karbon oranına göre çelikler

- Karbon oranı düşük çelikler
- Karbon oranı orta çelikler
- Karbon oranı yüksek çelikler

-Alaşım oranı düşük çelikler

-Alaşım oranı yüksek çelikler

2.1.4. Yapıdaki katkı miktarlarına göre çelikler

Buradaki sıralamada çeliğin içerisindeki katkı elementlerinin kütle bakımından en fazla olanının isimleri çeliğe verilmektedir.

- Karbonlu çelikler,
- Manganolu çelikler,
- Kromlu çelikler,
- Nikelli çelikler,
- Krom-nikel çelikler,
- Volframli çelikler,
- Vanadyumlu çelikler

2.1.5. İçyapı özelliklerine göre çelikler

Buradaki adlandırmada çeliğin içyapı kısmını oluşturan matrisin ismini çelik almaktadır.

- Ferritik çelikler,
- Ferritik + perlitik çelikler,
- Perlitik çelikler,
- Östenit çelikler,

- Martenzitik çelikler,
- Ledeburitik çelikler,
- Beynitik çelikler (Aksoy, Aycan, 2015).

2.1.6. Fiziksel kimyasal yapılarına göre çelikler

Burada çeliklerin yapılarının dayanım özelliklerine göre kategorize edilmiştir.

- Isıya dayanım özellikli çelikler,
- Manyetik özellikli çelikler,
- Korozyona dayanım özellikli çelikler,
- Paslanmaz özellikli çelikler (Özdemir, Cüneyt, 2010).

2.1.7. Yapının sertleşme ortamına göre çelikler

Çelik yapılara istenilen dayanım ve mukavemet özelliklerini bünyesine katmak için bir takım sertleştirme ısı safhalarından faydalanmak çelik malzeme için önem arz etmektedir.

Burada sertleştirmenin yapıldığı alan mühim olduğundan ötürü buradaki ortamlarda adlandırılmada kullanılmaktadır.

- Hava çeliği,
- Su çeliği,
- Yağ çeliği.

2.2. Kalıp Çeliği Standartları

İmal edilen çelik malzemeleri aynı kalitede ve özellikte olan çelikleri bir isim ve kod verilme amacıyla yapılmaktadır. Farklı türden ülkeler kendi özel standart isimleri ile kodlama yapmaktadır.

Bilinen en önemli çelik standartları TS (Türkiye Standardı), EN (Avrupa Standardı), DIN (Alman Standardı) ve SAE, AISI, ASTM, ASME (Amerikan Standardı)'dır (YILMAZ, Ramazan, Murathan GEDİKLİ, ve ZAFER BARLAS, 2005).

2.2.1. Kalıp çelik malzemesinin ülkemiz standartlarında gösterimi

Ülkemizde çelik standartları DIN (Alman Standardı) kullanılmaktadır. Kalıp çeliği ülkemizde TS standartı, 1972 yılında “Çelikler ve Demir Karbon Döküm Malzemeleri Sınıflar ve işaretler” adlı TS1111 standardı ile kullanılmaktaydı. Sonraları farklı standart isimler türetilmiştir. (YILMAZ, Ramazan, Murathan GEDİKLİ, ve ZAFER BARLAS, 2005).

Aşağıdaki Şekil 2.2’de dünyada kullanılan standart kodların kullanım isimlerine yer verilmiştir.

Kısaltma	Açılımı
AISI	Amerikan Demir Ve Çelik Enstitüsü
SAE	Otomativ Mühendisleri Birliği
ASTM	Amerikan Malzeme Test Birliği Standartları
AFNOR	Fransız Standartları Enstitüsü
JIS	Japonya Standartları
BS	İngiliz Standartları
ISO	Uluslararası Standartlar Organizasyonu
EURONORM	Avrupa Standartları
DIN	Alman Standartları Enstitüsü
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
GOST	Rusya Standartları Enstitüsü

Şekil 2.2. Dünyada kullanılan çelik standartları

TS' ye ait çelik normları ve kısa gösterimleri aşağıda verilmektedir (Raabe, Dierk ve ark., 2020);

- Kalıp çeliklerinin imalat tekniklerine göre sembollenmesi,

M: Siemens – Martin çeliği

E: Elektrik Ark çeliği

İ: Elektrik İndüksiyon çeliği

O: Oksijenli konvertör çeliği

Ayrıca çelik malzemeler asidik ve bazik olduklarında asidik olan kısma (A) bazik olan kısım (B) olarak adlandırılır.

- Kalıp çelik malzemelerin ergitme ve döküm hallerine istinaden verilen sembol gösterimleri,

S: Sakin dökülmüş çelik

SY: Yarı sakin dökülmüş çelik

K: Kaynar dökülmüş çelik

Y: Yaşlanmayan dökülmüş çelik

- Kalıp çeliklerine uygulanmış ısıtma teknik yöntemlere göre sembolleri,

SF: Sertleştirilmiş çelik

ME: Menevişlenmiş çelik

NR: Normalleştirme tavlı görmüş çelik

YT: Yumuşatma tavlaması görmüş çelik

GT: Gerginlik giderme tavlı görmüş çelik

İS: Islah tavlı yapılmış çelik

- Kalıp çelik malzemelerin kesin olarak ispatlanmış özelliklerine göre numara verilmesi

1: Akma sınırı

2: Katlama ve şişirme

3: Vurma dayanımı

4: Akma sınırı ve katlama-şişirme

5: Vurma, katlama ve şişirme

6: Akma, katlama ve şişirme, vurma

7: Aşınma ısı dayanımı.

Kalıp çelik malzemelerinin TS'ye göre sembolize gösterilmesi aşağıdaki gibidir.;

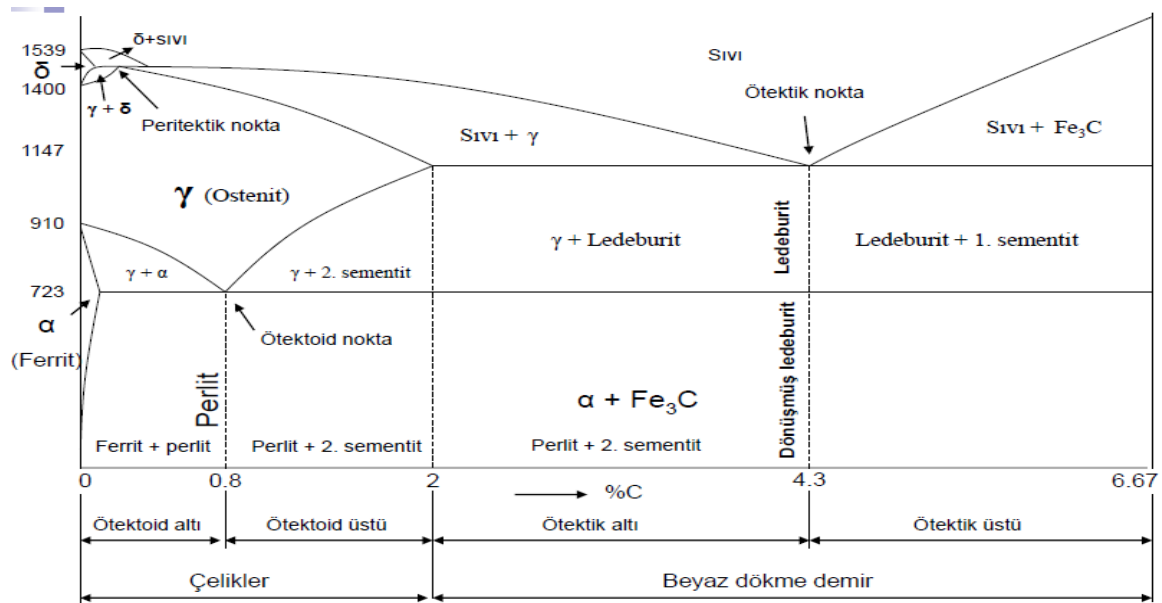
1. Üretim yöntemi,
2. Üretim yönteminde durum,
3. Çelik sembolü (Fe, esasın demir olduğu kabulüyle),
4. Minimum çekme dayanımı,
5. Garanti edilen özellik,
6. Uygulanan ısıt işlemler.

2.3 Kalıp Çelik Malzemelerin Bünyesindeki Elementlerin Kazandırdığı Özellikler

Endüstride kullanılan çeliklere kullandığımız uygulama yerlerine göre istenilen özelliklere ulaşması adına belirli oranlarda alaşım elementleri katmamız gerekmektedir. Kattığımız alaşım elementlerinin kalıp çeliklerine vermiş olduğu özellikler aşağıdaki gibidir;

- Mukavemeti ve sertlik değerini arttırmayı sağlar
- Sertleştirme özelliğini basitleştirir ve çekirdeğe kadar olan bölümde sertleştirme olayının yaşanmasını sağlar,
- Ortamdaki korozyon etkilerine karşı dayanımını artırır,
- Çelik malzemenin mıknatıslanma özelliğini geliştirir,
- Çelik malzemenin yüksek sıcaklıklara karşı dayanımını artırır,
- Çelik malzemenin elektriğe olan direnci artırır,
- Yüksek sıcaklık ve ısı etkilerinde genleşme faktörünü idare eder
- Çelik malzemedeki kristal yapının incelmesini sağlar.

Yapıya katılan her alaşım elementi çelik malzemeye farklı özellikler katmaktadır. Çeliğe kazandırılan bu özellikler aşağıda anlatılmıştır. C elementi: Yapıya katılan en önemli elementtir. Çok küçük yapılara martenzit formlarda sertlik özelliği katmıştır. C elementi oranı arttıkça sertlik değerinde artış kazanmaktadır. Ek olarak ortam şartlarında aşınma dayanımı ve tokluk değerleri de artış kazanmaktadır. Bu bilgilerin dışında esnekliği, dövülme, şekillendirme, kaynak edilme ve kesilme kabiliyetlerini düşürmektedir. (ASÇELİK, 2006). Şekil 2.3’de C oranı sıcaklık diyagramı verilmiştir.



Şekil 2.3. C elementi sıcaklık çelik malzemeye etkisi

Si elementi kalıp çeliklerinde oksitleri giderme kabiliyetine sahiptir. Kalıp çelik malzemelerin dayanımları ve mukavemetini arttırmaya yönelik kabiliyetleri vardır. İç yapıdaki çekirdek bölümüne kadar yapıyı sertleştirme etkisi yapmaktadır.

Mg elementi çelik malzemelerin sertlik değerlerini arttırmalar. Yapıya az oranlarda eklenmesiyle bile yapıya sertlik kazandırmaktadır. Çelik malzemenin belirli yüklerde darbelere ve aşınmaya karşı direncini arttırmaktadır.

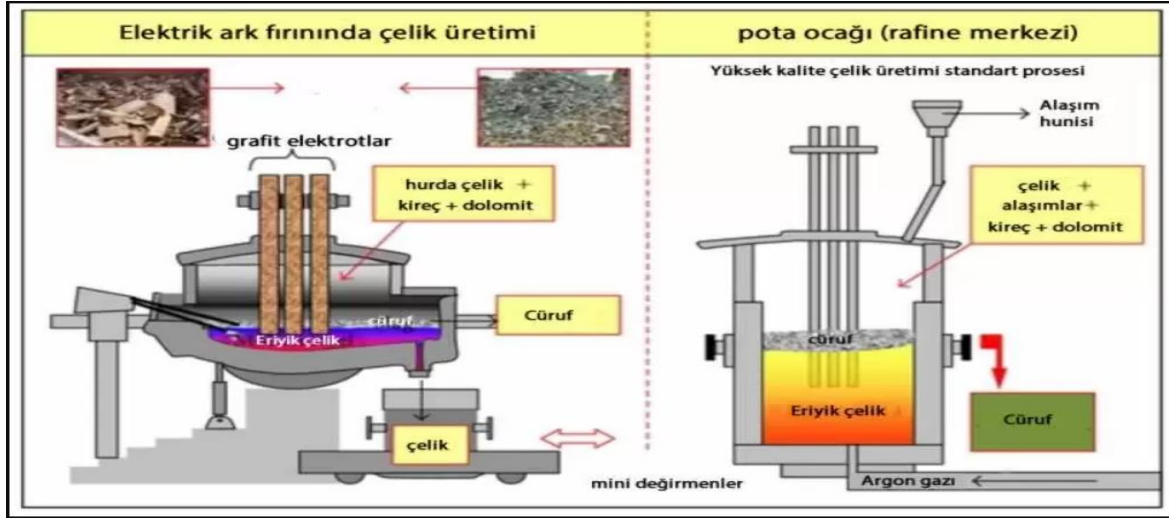
Cr elementi form özelliği karbürlü olan çeliklere aşınma dayanımı kazandırmaktır. Aşınma dayanımı yüksek olması C ve Cr element oranlarının yüksek oranlarda olmasından kaynaklanmaktadır.

Yapıya giren Cr elementi çeliğin dövme ve ısıtma işlem hassaslığını arttırmaktadır. Çelik malzemeye korozyona karşı ve yüksek ısıtma direncine karşı dayanımlarını arttırmaktadır. Mo ve W elementleri yapılarına sertlik özelliği katmaktadır. Buna ek olarak temper dayanımını artırır. Ayrıca az oranlarda molibden takviyesi sertleşebilirlik özelliğini ciddi oranlarda artmasını sağlar.

Ni elementi içyapısında karbürlü yapı değil katı çözeltiler şeklinde bulunurlar. Buna ek olarak tokluk özelliği bakımından iyimser bir durum sağlar. Fakat yüksek oranlarda Ni elementi pek tercih edilen bir element değildir. Bunun sebebi kararlı bir östenit yapısının oluşmasına sebebiyet vermektedir. V elementi yapıdaki çelik malzemenin aşındırıcı etkilere karşı dayanımını arttırmaktadır. Ek olarak sertlikle temper dayanımını arttırmaya yönelik katkılar sağlar. (Handbook, A. S. M., 1991).

2.4. Üretim Yöntemleri

Soğuk Takım iş çeliğinin yaygın olarak üretimine bakıldığında, elektrikli ark fırınlarında (EAF) ergitme işleminin yapıldığı görülür. Şekil 2.4’de takım çeliğinin üretim safhaları örnek verilmiştir. Ergitme safhasının ardından imal edilecek olan çeliğin bileşimini ayarlamak ve içyapısına zarar verecek olan empürite elementlerinden ayırmak; diğer bir deyişle çeliği rafine etmek için ikincil metalürji olarak adlandırılan argon oksijen dekarburizasyon (AOD) veya pota metalurjisi (LF) gibi yollar uygulanır.

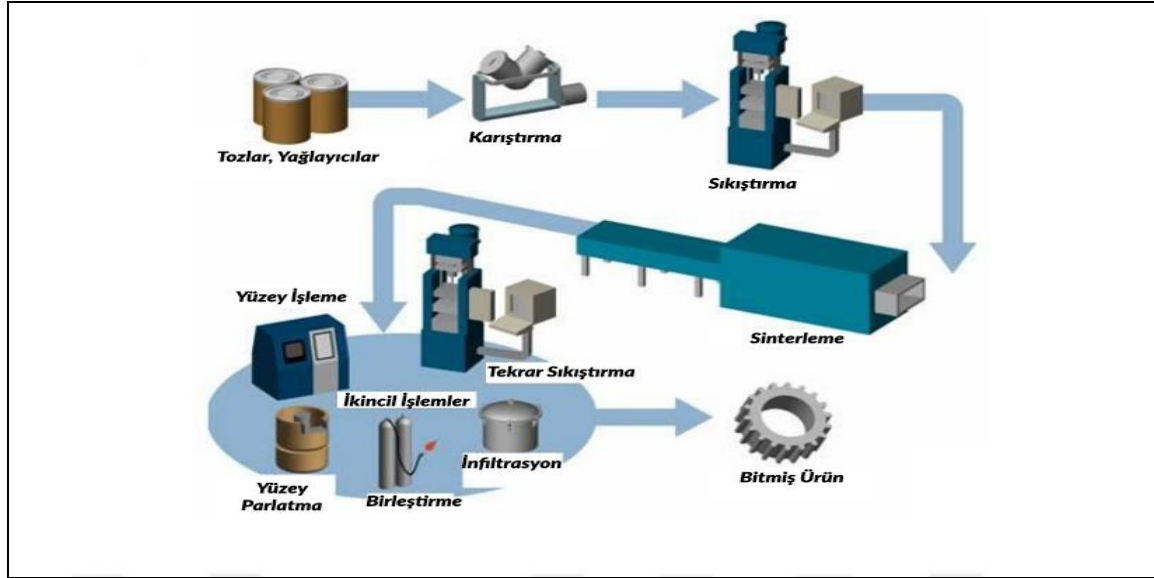


Şekil 2.4. Takım çeliklerinin üretim safhaları

Takım çeliklerinin içerdiği fosfor ve kükürt adeti ne kadar az olursa kalitesi o kadar fazla olur. İmal edilen takım çeliğinin verimi artırılmak isteniyorsa, inklüzyonların azaltılması ve daha temiz bir çelik üretmek için elektro cüruf yeniden ergitme (ESR), vakumlu ark yeniden ergitme (VAR) veya toz metalurjisi (PM) gibi yöntemler kullanılabilir. Bu yöntemlerle üretilen takım çelikleri, çalışma alanlarında daha iyi performans göstermektedir.

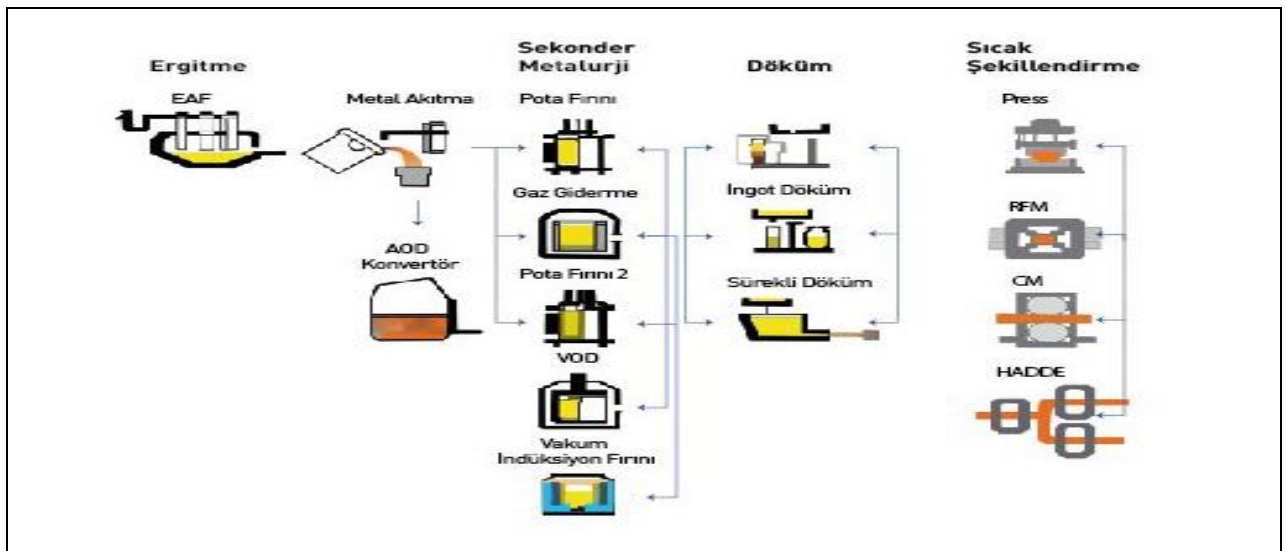
Toz metalurjisi (PM) tekniği ile imalatın çıkış noktası şu şekildedir: yaygın döküm yöntemi ile imal edilen yüksek karbonlu, yüksek kromlu ve yüksek hız takım çeliklerinin işlenmesi güçtür. Üretilen ingotların yavaş soğutulması, sıcak işleme esnasında parçalanması güç olan iri ötektik karbür yapılarının oluşumuna müsaade eder. İnce, homojen bir karbür yapısı oluşması için 100:1'den daha büyük indirgeme oranlarına ihtiyaç duyulabilir.

Toz metalurjisi tekniğinin bu sorunların üstesinden gelme kabiliyeti, işlemdeki atomizasyon esnasında hızlı katılaşmanın bir sonucu olarak; ince, düzgün bir karbür dağılımı üretmesinden kaynaklanmaktadır. Şekil 2.5'de toz metalurjisi tekniğinin imal akış şemasına yer verilmiştir. Döküm boşluğu ve segregasyon gibi bazı olumsuzluklar toz metalurjisi tekniğinde ortadan kaldırılmış olur.



Şekil 2.5. Toz metalurjisi tekniğinin imal akış şeması

ESR tekniği ile imal sürecinin şematik gösterimi şekil 2,6'da yer verilmiştir. Sistemdeki cürufun görevi yalnızca ısı üretmek değil, bununla birlikte ısı enerjisini elektroda (ergitme için), elektrottan çıkan sıvı metale (aşırı ısıtma için) ve gerekli sıcaklık gradyantını korumak için ingot yüzeyine aktarmaktır. Cüruf sıcaklığı metalin ergime noktasının üstüne çıktıkça, cüruf banyosuna batırılan metal elektrotun ucu eridiği tespit edilmiştir. Ergimiş metal damlacıkları sıvı cürufun içinden düşer ve sıvı metal havuzunda birikir ardından katılaşır. Bu sayede inklüzyonları azaltılmış daha temiz çelik açığa çıkar ve üretim verimi artırılmış olur.

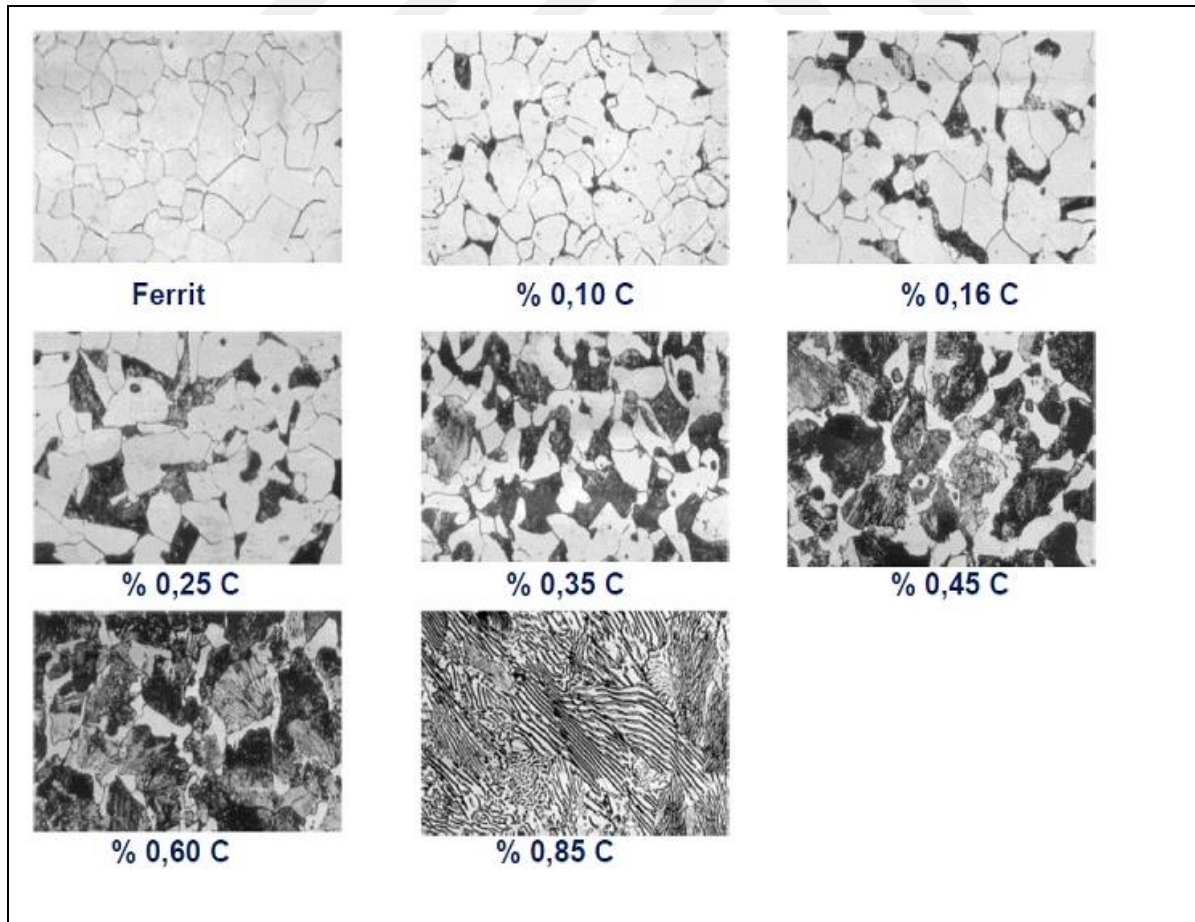


Şekil 2.6. ESR tekniğinin ile imal sürecinin şematik gösterimi

2.5 Takım Çeliklerinin Fiziksel Metalurjisi

Takım çelik kaliteleri, ısıt işlemler, üretim şartları ve nihai özellikler malzemenin çalışma performansını açık bir şekilde etkilemektedir. Mikro yapıdaki değişimler, malzeme biliminin yapı-işlem-özellik üçgeni göz önüne bulunduğu anda, özellikleri etkilemekte ve nihai olarak son ürün performansına yansıdığı görülmektedir.

Genel anlamda ele alındığında Şekil 2.7’de görüldüğü gibi bir takım çeliğinin karbon oranına göre mikro yapısı metalik bir matris üstünde bulunan metalik olmayan karbür parçacıklarından oluşmaktadır. Matris metalik karakterli, üzerindeki karbür parçacıkları seramik karakterli olduğu için deformasyon altında farklı eylemler sergileyecektir. Dolayısıyla matris-karbür ara yüzeyinin uyumluluğu bu açıdan önem arz ettiği görülmektedir. Matris-karbür ara yüzeyindeki uyumsuzluğun artması, karbürlerin yükleme altında çatlak başlangıcı olarak hareket etmesine sebep olacaktır (Baş, Birsen, 2006).

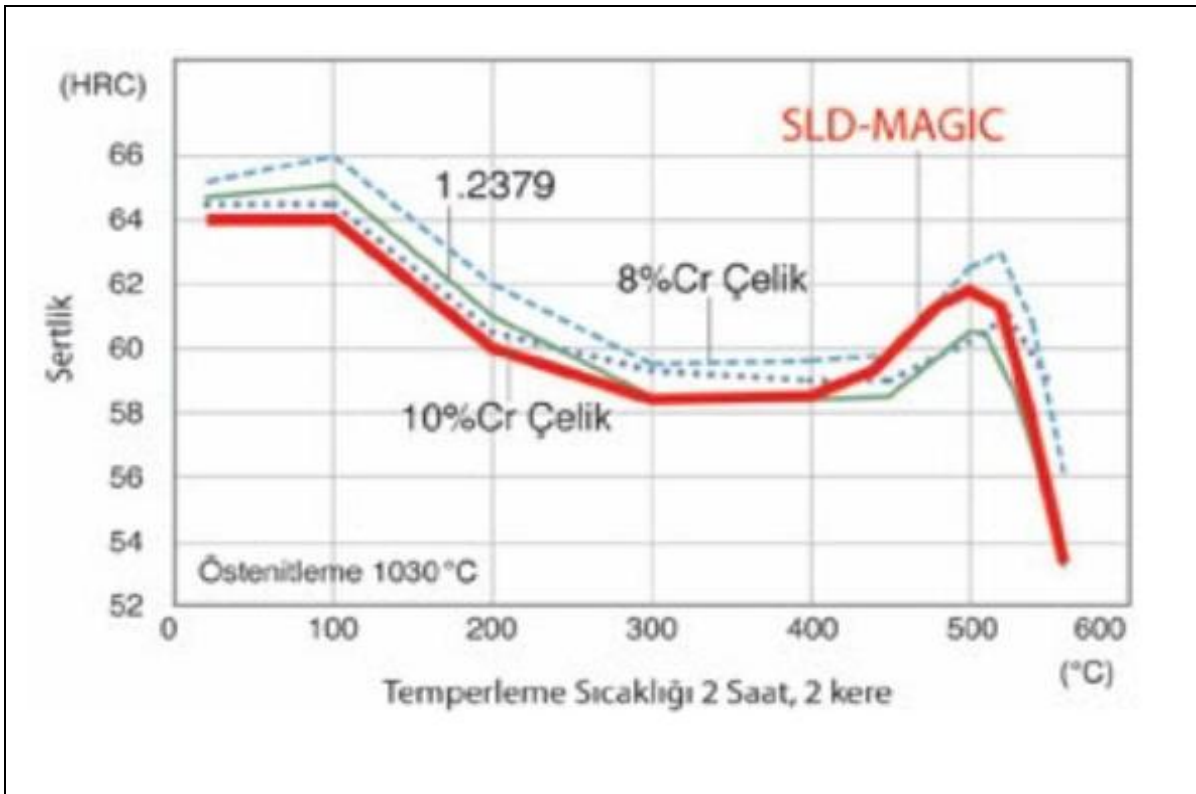


Şekil 2.7. Çeliklerde karbon oranına göre mikro yapılarının gösterimi

2.6 Takım Çeliklerinin Isıl İşlem Prosesleri

Takım iş çeliklerinde ısıtıl işlemin gayesi, matrisin özelliklerini değiştirmektir. Küçük karbürler matriste ayrışır fakat birincil veya ötektik karbürler ısıtıl işlemden sonra bir tek küçük değişikliklere maruz kalacak veya hiç değişmeyecektir.

Şekil 2.8 'de takım iş çeliklerinin ısıtıl işlem grafiklerine yer verilmiştir.



Şekil 2.8. Takım iş çeliklerinin ısıtıl işlem diyagram gösterimi

Takım iş çeliğine uygulanan son ısıtıl işlem; östenitleme, su verme ve temperleme olmak üzere üç ana işlemten oluşmaktadır. Su verme işlemi matrisi martensite çevirmek amaçlamaktadır.

Fakat takım iş çelikleri yaygın olarak yüksek oranda alaşım elementi ve karbon barındırdığından martensit bitiş sıcaklığı sıfırın derecenin altına bile düşmektedir. Soğutma işlemi bu sıcaklıklarda yapılmaz ise sertleştirme yani su verme işlemi sonunda yapısında kalıntı östenit fazı bulunduğu görülmektedir.

Kalıntı östenitten arındırmak için ve su verme esnasında meydana gelen martensitin gevrekliğini gidermek sebebiyle temperleme tekniği uygulanması gerekir.

Su verme safhasından sonra takım iş çelikleri çok yüksek sertliklere ulaştığından, işleme veya şekil verme safhaları sertleştirme işleminden önce yapılması gerektiği tespit edilmiştir.

Sertleştirme işlemi, metalik malzemeler için yaygın bir işlemdir, katı çözelti veya çökeltme sertleşmesi gibi her türlü dayanım artışı için kullanılabilir.

Bununla birlikte, takım iş çeliği ısıtılmasında sertleştirme, çeliğin yüksek sıcaklıklardan hızla soğutulması (su verme işlemi) ve çoğunlukla martensit dönüşümü yoluyla yüksek oranda sertlik açığa çıkması anlamına gelir.

Hızlı ısıtma distorsiyona aynı zamanda çatlaklara sebep olabilir. Bunun sebebi, hızlı ısıtmanın çeliğin yüzeyinden çekirdeğine doğru bir sıcaklık gradyanı açığa çıkarması diğer bir deyişle sıcaklık farklarına yol açmasından kaynaklıdır.

Bu farkı azaltmanın yöntemi ise sıcaklığın homojenleşmesine müsaade etmek için fırının belirli bir sıcaklıkta tutulduğu bir veya daha fazla ön ısıtma safhası uygulamaktır.

Takım iş çeliklerinde, östenitleme sıcaklıkları çoğunlukla karbon çelikleri için kullanılan 750°C–850 °C ortak aralığının epey üzerindedir. Düşük alaşımlı çeliklerde östenitleme safhası ardından karbür barındırmayan östenitik bir mikroyapı oluşur ve bunun tersine yüksek alaşımlı çeliklerde yapıda ayrışmamış karbürler bulunabilir.

Takım iş çeliklerinde, karbon çeliklerinde olduğu gibi tüm ferrit ortadan kaldırılması gerekir. Aradaki fark takım iş çeliklerinde matris tamamıyla ferritten östenite dönüştürüldükten hemen ardından ayrışmayan çoğunlukla ikincil veya birincil karbürlerin olmasıdır.

Bu karbürler sıcaklık yükseldikçe kademeli olarak ayrışarak daha fazla karbon ve alaşım elementini östenit katı çözeltisi bünyesine katmış olur. Özellikle takım çeliklerindeki en alışılmış alaşım elementleri olan Cr, Mo, V ve W karbürlerin sementite göre daha fazla stabilizesi olması termodinamik açıdan bu çözünme olayını ifade eder (Richardson, F. D., 1953).

Ayrışmamış karbürlerin yapıya kazandırdığı en önemli özelliklerden birisi abrasif aşınma direnci olduğu tespit edilmiştir. Sertliğin daha fazla artırılması isteniyor ise, örneğin AISI D2 soğuk iş takım çeliklerinde ikincil sertleşmenin görüldüğü 500°C ve üzeri temperleme sıcaklığı seçilmelidir.

Ayrışmamış karbürlerin boyutu ve dağılımı abrasif aşınma direncini etkileyen en önemli etkenlerdir. İmalat aşamasındaki parametreler ise bu faktörleri takip ederek istenilen kalitede ürün açığa çıkmasını sağlamaktadır.

Takım iş çeliklerinde su verme safhasının temel amacı östenit fazından hızlı soğutmayla martensit açığa çıkarmaktır. Östenitin martensite dönüşmesi sırasında kristal yapısı, yüzey merkezli kübik yapıdan hacim merkezli tetragonal yapıya dönüşür.

İmal edilen takım iş çeliğinin kalınlığı soğutma stratejisinin yağda mı suda mı veya tuzlu su da mı yapılacağını yani soğutma ortamını ortaya koyar.

D serisi gibi bünyesinde aşırı miktar karbon ve bir o kadar krom barındıran takım iş çelikleri son mikroyapı, martensit olarak kalıntı östenit de içerebilir. Çünkü sertleşebilirliği yükseltmek için önemli olan yüksek karbon ve yüksek alaşım içeriği, martensit değişim sıcaklıklarında bir düşüşe sebep olur.

Martensit bitiş sıcaklığını oda sıcaklığının altına düşürür. Bu, mikro yapının bir kısmının martensite veya beynite tam olarak değişmeyeceğine ve östenit olarak kalacağı anlamına gelir.

Bu safha çoğunlukla istenmeyen bir olaydır sebebi yapı düşük sertliğe sahiptir ve kararsızdır. Takım iş çeliklerinin son sertliğinde ve kullanımı esnasında östenit-martensit değişiminden dolayı boyutsal değişikliklere sebep olur.

Kalıntı östenitin temperleme esnasında martensite değişmesi söz konusudur fakat aşırı miktarda kalıntı östenit, martensite geri döndürülemez ve bu durum tamamen yüksek alaşımlı ve yüksek karbonlu takım çeliklerinde yanlış veya istemsiz östenitleme şartlarından kaynaklanır (Kobasko, Nikolai I., Wytal S. Morhuniuk ve Boris K. Ushakov, 2007).

Sertleştirme safhasından sonra, takım iş çelikleri yüksek seviyede iç gerilimlere ve çok düşük tokluklara sahip oldukları için kullanıma hazır olmadığı anlaşılmıştır. Bu sebeple, takım iş çelikleri sertleştirilmiş şartlarda hemen hemen hiç kullanılmaz ve sertliği ayarlamak ve özellikle tokluğu artırmak için başka bir tekniğe tabi tutulmalıdır.

Bu teknik temperleme olarak isimlendirilir ve beklenen nihai sertliğe ve son ürünün çalışma şartlarına bağlı olarak 200°C ile 650°C arasında gerçekleştirildiği anlaşılmıştır.

Temperleme sonrası çoğunlukla havada soğutma yapılır. Yaygın bir bakış açısıyla, temperleme esnasında karbon difüzyonu, martensit yapısını takım iş çeliklerinde denge yapısı olan karbür ve ferrite değiştirmeyi amaç edinmektedir.

Su verme tekniği sonunda yapı tam anlamıyla martensite dönüşmez ve bir miktar kalıntı östenit yapıda kaldığı tespit edilmiştir. Birinci temperleme tekniği sonucunda martensit temperlenmiş martensite dönüşür ve gevrekliğini büyük ölçüde azaltır fakat östenit martensite dönüşür.

Tüm yapıyı temperlenmiş martensit haline getirmek için ikinci bir temperlemeye ihtiyaç duyulmaktadır. İhtiyaç duyulması esnasında temperleme sayısı artırılabilir (Bryson, W. E., 2005)

2.6 Karbürler ve Mukavemetlenme

Soğuk iş takım çeliklerinde alaşım elementlerinin ilk hedefi, matris içinde aşınmaya dayanıklı karbür yapıları oluşturmak olduğu bilinmektedir.

Çoğunlukla alaşım elementlerinin atom yarıçapları demirin atom yarıçapına yakındır. Bu sebeple, alaşım elementleri, matris içerisindeki yer alan bölgelerini doldurarak ayrışır.

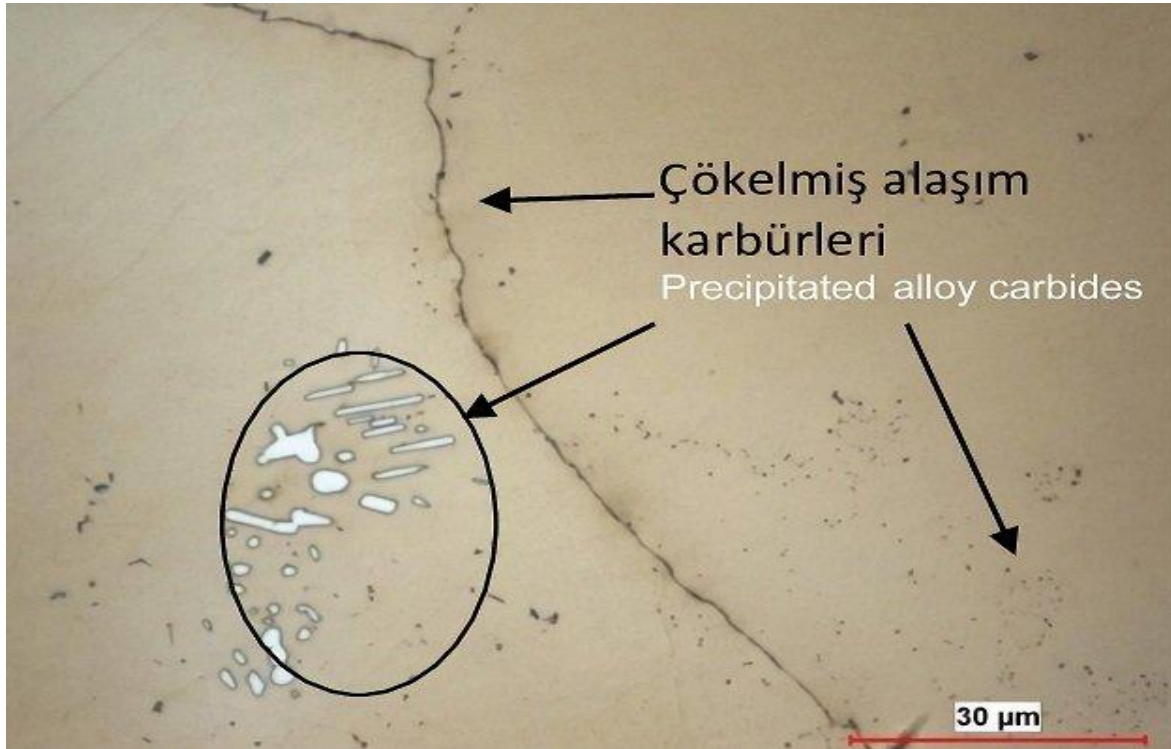
Alaşım elementlerinin atom yarıçapı ve demirin atom yarıçapı arasında var olan küçük boyutsal farktan ötürü matristeki ev sahibi olan ve alaşım elementlerini ayrıştıran kafes yapısında çarpılmalar ve bölgesel gerilmeler olduğu görülmektedir. Bu gerilme seviyesini en aza indirmek için oluşturulan itici güç ile alaşım elementlerinin dislokasyon kümelerine ve tane sınırlarına difüzyonu ortaya çıkar.

Karbürler, takım iş çeliklerinin yapısını iki ayrı şekilde güçlendirir. Karbürler matristen daha serttir. Bu sebeple, takım iş çeliğinin kullanım ömrü boyunca aşınma direncine önemli ölçüde fayda sağlarlar. Karbürler, dislokasyonların (kayma) hareketini engelleyerek akma dayanımını büyük ölçüde fayda sağlarlar.

Soğuk iş takım çeliklerinde, boyutları 1 ile 25 μm arasında farklılaşan karbürler, matriste homojen olarak dağıtıldığında aşınma dayanımını büyük ölçüde geliştirir.

Ek olarak, karbürler dislokasyonların hareketini sınırlar ve bu sayede akma dayanımını artırmada fayda sağlar (Porter, David A. ve Kenneth E., 2009).Karbürler, takım çeliğinde yüksek mukavemet ve aşınma direnci sağladıkları için çok önemlidir.

Dezavantajı ise yükleme sırasında çatlak başlangıç noktaları olarak hareket etmeleridir. Takım çelikleri, kullanım sırasında çeşitli gerilmelere ve sıcaklıklara maruz kalır. Karbürlerin ısı genleşme katsayıları demir tabanlı matristen farklıdır. Bu nedenle karbürler, özellikle matris/karbür ara yüzü, yarı uyumlu veya uyumsuz ise, çatlak başlangıç noktaları olarak hareket eder. Şekil 2.9 da su verme sertleştirmesinden sonra oluşan karbür yapılarının görünümü gösterilmiştir.



Şekil 2.9. Su verme sertleştirmesinden sonra oluşan karbür yapılarının görünümü

Yüksek aşınma şartları altında, matrisin yani temperlenmiş martensitin gücü aşınmaya dayanmak ve yeterli kalıp ömrünü desteklemek için yeterli değildir. Bunun sebebi aşınmaya sebep olan çoğu aşındırıcı maddenin metalik olmaması, tipik olarak seramik parçacıkları olmasıdır (Hull, D., 1984)

Karbürler katılaşma veya ısıtılma işlemi gibi farklı teknikler esnasında imal edilebilirler. Sıvı fazda, bir takım iş çeliğindeki bütün alaşım elementleri demir içinde çözünmektedir. Soğuma esnasında ötektik reaksiyon sonucu karbürler açığa çıkmaktadır.

Bu ötektik yapı, karbon çeliklerinde genel olan perlitik yapıya benzer görünmektedir. Bazen tane sınırlarında bu ötektik yapılar ağsı karbür yapıları oluşturduğu görülmektedir. Bu karbürler, yüksek alaşımlı takım iş çeliklerinin kırılma eğiliminin ana sebepleridir.

Takım iş çeliklerinde bulunan farklı karbür tipleri, kristal yapıları ve bazı özellikleri Şekil 2.10'da gösterilmektedir.

Karbür Tipi	Zengin Element	Saf Karbür	Kristal Yapısı	Sertlik
MC	V	V_4C_3	Kübik	2000 HV
MC	Nb	NbC	YMK	2300 HV
M_2C	Mo	Mo_2C	Hekzagonal	1800 HV
M_6C	W veya Mo	Fe_3Mo_3C	Kübik	1500 HV
M_7C_3	Cr	Cr_7C_3	Hekzagonal	1600 HV
M_3C	Fe	Fe_3C	Ortarombik	1100 HV

Şekil 2.10. Takım çeliğinde bulunan karbürlerin karakteristik özellikleri (Behúlová, M., 2009)

D2 takım iş çeliklerinde, yüksek krom içeriği sebebiyle M_7C_3 tipi karbürler oluşmaktadır. Yüksek alaşımlı bu çelikte, krom ve demirin birbiri içerisinde çözünürlüğü vardır. Yani krom ve demir atomik seviyede yer değiştirir ve birbirinin yerine alırlar.

Sonuç olarak $(Cr, Fe)_7C_3$ formülüne sahip karbürler oluşur. Bu karbürler basitleştirilmiş bir biçimde M_7C_3 olarak yazılır (Behúlová, M., 2009)

3.PRES KALIBI İŞ TAKIM ÇELİKLERİ

Yaygın olarak pres kalıbı takım çelikleri, uygulama sıcaklığı 210°C'nin aşağısında seyreden malzemeler işlenmektedir. Takım iş çelik kalıplar talaşsız-talaşlı imalat yapılan yerlerde kullanılmaktadır. Uygulama alanına göre takım çelik türleri aşağıdaki gibidir.

Genel olarak iş takım çelik türleri üç şekildedir:

1. Hava ortamında sert yapı elde edilen çelik türleri
2. Bünyesinde yüksek oranda karbon bulunduran ve krom içeren çelik türleri
3. Yağ ortamında sert yapı elde edilen çelik türleri

Pres kalıplarında kullandığımız takım çelikleri karbon miktarı % 0,35 ile % 2,7 aralığında farklılaşan miktarlardadır (Kondrat'ev, Sergey Yu ve ark., 2015).

3.1 Pres Kalıbı İş Takım Çelikleri Genel Özellikleri

Pres kalıbı iş takım çelikleri sürtünme ve akma mukavemeti, takım ömrü dayanımı, işlenebilirlik ve boyutsal kararlılık uygulama yerleri anlamında pres kalıbı iş takım çelikleri için ciddi ehemmiyet taşımaktadır. Ek olarak pres kalıp setlerinin uygulama alanları önem arz etmektedir.

Devamlı sürtünme etkisinde bulunan pres kalıp ve iş takımlarında, aşırı sertlik derecesine ulaşabilen iş takım çelikleri tercih edilir. Pres kalıplarında darbe faktörü bulunmadığından sertlik düşük olma ihtimali vardır.

Soğuk iş takım çeliklerinde sertlik, pres kalıbı iş takım çeliğinin yüksek yüklerde kırılma safhasından önce elastik-plastik deformasyon şekil değişimi kabiliyeti olarak bilinmektedir.

Soğuk iş takım malzemesinin sert yapıda oluşu, deformasyon sırasında büyük oranlarda deformasyon şekil dönüşümlerine maruz kalacağını gösterir. Aşırı sertlik ve bununla birlikte aşırı sürtünme dayanımı zıt özellikte olduğu bilinmektedir. Artmakta olan karbür sayısından ötürü olarak sertlik azalır.

Bünyedeki nikel ilavesi ile sertlik yüksek değerlere çıkabilir. Buna ek olarak pres kalıbı iş takım çelikleri faaliyet alanlarını anlatırsak, yaygın bir şekilde; kesme işlemi, delme işlemi, baskı işlemi, presleme işlemi ve soğuk biçimlendirme işlemleri de seçilebilir. İmalat yapılan fabrikalarda kesme prosesi ilgi görmesi istenilen bir teknikle beraber süre zarfı boyunca ehemmiyet arz etmektedir.

Kesmeli prosesler esnasında boyut toleransı ve kesilmiş olan malzemenin kesmeli proses esnasında çarpılma durumunun olmamasına dikkat edilmeli, kesilecek yüzeyin sac geometrisine dik olacak şekilde ayarlanması, yüzeyde artık sac parçaları olmamasına, köşelerinde yuvarlak detayların en az seviyelerde seyretmesi önem arz etmektedir.

Pres kalıbı iş takımların tasarımları elverişli bir şekilde elde edilmesi, çelik malzemenin uygun ayarlanması ve çelik malzemeye kullanılacak ısı işlem pres kalıplarının kullanım süresine etki etmektedir.

% 1.2 oranlarında C içermekte olan 1.2842 ve 1.2419 iş takım çelik türleri, az sürtünme dayanımı olmalarına rağmen fazla yumuşak ve işlenme gibi özellikleri bulundurlar. Böylesine bir nedenden dolayı metal dışı parçaların kesilmesi durumlarında kullanılırlar.

Sıvama ile şekil değiştirme tekniğinde, parçalar zaman zaman basınç kuvveti altında sıvama teknikleri ile uygun değerlere getirilmektedir. Sonuç olarak uygulanan teknikte kullanılan parçalar olabildiğince yüksek tepkilere etkisinde kalmaktadırlar.

Bir diğer işlemde derin sıvama tekniğinde takımın baskılanan köşeleri çok fazla oranlarda aşınma gerilmeleri etkisinde kalmaktadırlar. Böyle tarz tekniklerde ledeburik yapı özelliği taşıyan 1.2379 iş takım çelik kalıbı kullanılmaktadır.

Endüstride metal para imalatı narin tekniklerde, uygun yüzey ve uygun ağırlık tolerans zorunluluğundan ötürü çok tercih edilen ve ekonomik açıdan uygun, wolfram element içeren 1.2510 ve 1.2550 çelik türleri tercih edilir. Yüksek oranlarda sertlik ve parlak yüzey istenilen yerlerde ise 1.2767 takım çelik türleri seçilmesi uygun olur. Çelik normu 1.2379, çelik normu 1.2080 ve çelik normu 1.2363 çelik türleri saca uygun şekli vermesi açısından tercih edilmesi doğru takım çelikleridir.

Faaliyet sırasında meydana gelebilecek aşırı sürtünme mukavemetine dayanımlı takım iş çelikleri içinden tokluk ve sürtünme direncine sahip olan çelik normu 1.2379 çelik türü tercih edilmektedir.

Belirtilen niteliklerden ötürü normu 1.2379 çeliği dilimleme bıçakları ilk olarak seçilen çelik türü olmasına karşın normu 1.2842 takım çeliği kullanılan bıçak ve çekiç elemanları daha az fiziksel gerilimlerden etkilenen yerlerde tercih edilir (Leško, 1996)

Çelik normu 1.2379 olan takım iş çeliği hakkında bilgiler verilmiştir.

3.2 Çelik Normu 1.2379 İş Takımı

Buradaki çelik türü ısıtma işlemi olarak düşündüğümüz vakit 1.2379 iş takım çelikleri katı sıcaklık mertebelerinde östenit fazı ve karbür yapısı bünyesinde bulundurdıklarından, tüm uygulanmış ısıtma proseslerine karşın karbür yapısının tamamının ayrışması hiçbir vakit oluşmaz. Isıtma işlemi görmüş %15 ağırlıklı karbür yapısında bulundurulur ve içerisinde sertlik derecesi 230-250 Brinell sertlik aralığındadır.

Buradaki tokluk ve karbür yapısı içeriği bu aşamadaki çelik malzemeyi işlenmesinde çok fazla güçlükler mevcuttur. Bundan dolayı bu tür çelik malzemelerde % 0.16 S eklenmesiyle işlenebilirlik özelliği artırılması sağlanır. Burada ısıtma işlemlerinde kükürtün olmasının etkisi yoktur.

Yağ ortamında soğutma sıcak iş takımı yüzey kısmında ortaya çıkan katmanın çökmesiyle temizlenmekte, bu sayede uygun bir yüzeyin sağlanması gerçekleşir. Uygun atmosfer ortamında uygulanan soğutma-ısıtma prosesleri sertleşmeye uğrayan malzemeler yüzey pürüzlülüğünü korurlar.

Çelik malzemenin 1030°C'de ısıtma işleminin gerçekleşmesi sırasında karbür çözünmekte ve östenit fazı, karbon oranı, krom oranı ve molibden oranı bakımından zenginleşmiş olmaktadır.

Sertleşmeye uğramış takım çeliği % 13-16 bünyesinde östenit fazı içerir ve çoğunlukla östenit fazı için sorun oluşmaz. Lakin ufak boyut farklılıkları kalıp malzemenin ömründe öneme sahipse eğer bir sağlamlaştırıcı proses gerekmektedir. -75°C 'ye ulaşan birden fazla soğutma işlemlerini izleyen ısıtma işlemleri vasıtasıyla uygulanır.

Pres kalıplarına uygulanan ısıtma işlemlerinde çok fazla ısıtma uygulamamak önemlidir, çok fazla ısıtılması durumunda bünyedeki kalıntı östenit sayısını arttırmaktadır.

Buradan da görüldüğü üzere D2 türündeki çelikler ufak boyutlardaki değişiklikler ile sertleşebilmektedir (Topbaş, 1998).

Aşağıda Şekil 3.1'de 1.2379 normlu çelik kalıp örneğine yer verilmiştir.



Şekil 3.1. 1.2379 Normlu endüstride kullanılan kalıp görünümü

Karbon oranı yüksek olan takım iş çelik gruplarından olan normu 1.2379 takım iş çelikleri, çok yüksek karbon içermekte olan D3 çelik grubu, D4 çelik grubu ve D7 çeliklerine nazaran düşük sürtünme dayanımına ve sertlik değerlerini içerirler.

Ama elikler bazında karbon miktarının az olmasının sebebi ile işlenilebilme özelliği ve şekil verme basittir. Takım eliğinin işlenilebilme özelliğinin basitliği uygulama alanının yaygınlaşmasını sağlamaktadır.

D2 iş takım çeliğine krom elementi takviye edildiğinde takım çeliğinin özellik parametre değerleri ve sertlik değerleri artmaktadır.

D2 takım elik malzemesi, plastik enjeksiyonda kullanılan kalıplar, kesme-delme işleri yapılan takımlar, derin sıvama soğuk sıvama uygulama yerleri mevcuttur.

D2 takım elik kalıbı aşırı mukavemet, çok fazla çatlama direnci, mevcut olan çok fazla sürtünme dayanımı gibi niteliklerinden ötürü sertlik ve işlenilebilme kabiliyeti düşük olduğu düşünölmektedir.

Pres kalıp ömür süresi, verim yüksekliği nedeniyle ekonomiklik açısından önemli etkenlerinden birkaçıdır.

D2 takım elik kalıbı aşırı mukavemet, çok fazla çatlama direnci, mevcut olan çok fazla sürtünme dayanımı gibi niteliklerinden ötürü sertlik ve işlenilebilme kabiliyeti düşük olduğu düşünölmektedir.

Pres kalıp ömür süresi, verim yüksekliği nedeniyle ekonomiklik açısından önemli etkenlerinden birkaçıdır.

Takım eliklerinin uygulama yerleri;

Sac kalınlık değerı 5 mm olan farklı cins soğuk sac kesme kalıp malzemeleri, delme işlemleri, şekillendirme kalıp malzemeleri, soğuk haddeleme malzemeleri, sac kesme makinesi kesici bıçak takımları, vida grupları, cıvata grupları, perçin ve somun grubu gibi elemanların sıvama ve diş çekme kalıp takımları, derin sıvama kalıpları, plastik enjeksiyon kalıp takımları, ince kesme kalıp takımları, dilimleme bıçak takımları, kabartma (KESEROĞLU, 2008).

4. PRES KALIBI SIVAMA ÇELİKLERİNE UYGULANAN ISIL İŞLEMLER

Soğuk iş takım çeliklerinde ısıtıl işlem yaygın olarak; malzemenin içyapı özelliğini değiştirmek için optimum sıcaklığa ısıtılıp, bu uygun sıcaklıkta belirtilen bir süre bekletilerek, sonrasında farklı ortam sıcaklıklarında soğutmak maksadıyla uygulanan sertleşme işlemidir. Uygulanan tavlama takım çeliklerinin mukavemetini yükseltmek, sertliğini, çekme dayanımını ve akma mukavemeti teknik parametreleri yükseltmek, iri tanelerin yapılarını küçültmek maksadıyla uygulanan bir prosestir.

Soğuk iş takım çelik malzemelerine uygulanmakta olan ısıtıl proses aşamalarını tavlama ısıtıl işlemi, sertleştirme ve soğutma ısıtıl işlemi, menevişleme ısıtıl işlemleri şeklinde dönüştürebiliriz.

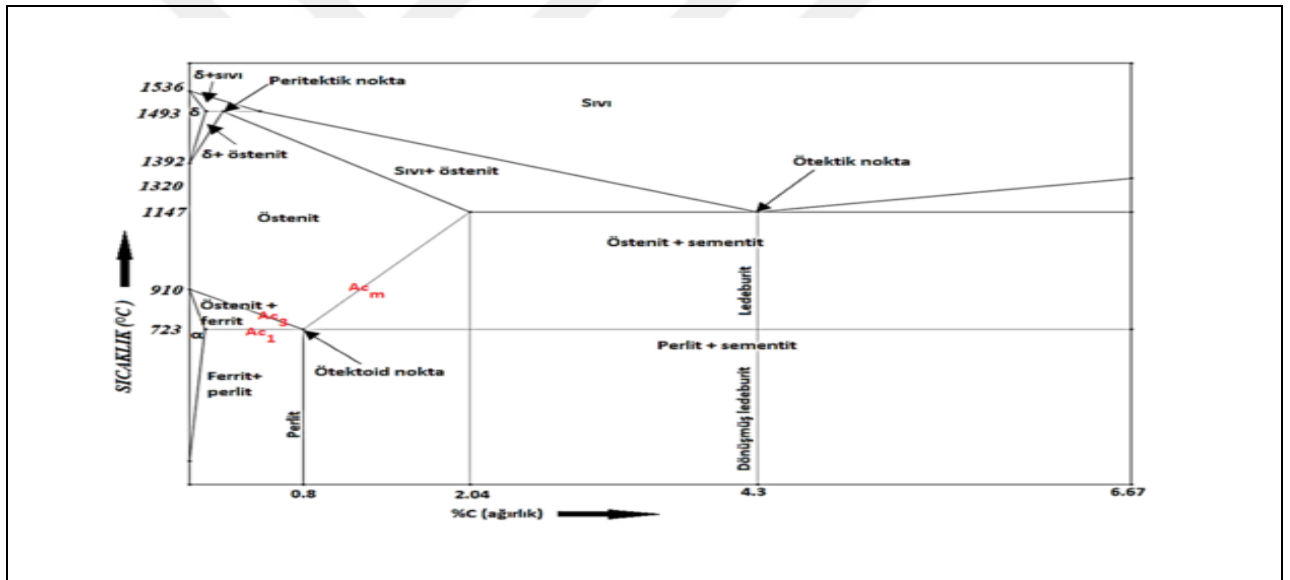
4.1 Tavlama

Isıl işlem olan tavlama, soğuk iş takımlarının içyapılarını sertleştirme prosesinden evvel saf yapıya çevirmek, tanelerin boyutlarını inceltmek ve içyapıdaki gerilimleri bitirmek maksadıyla tercih edilen işlemdir. Buradaki işlemde soğuk iş takım çelik malzeme solidüs eğrisinin altında optimum bir sıcaklığa kadar ısıtılarak, hemen sonrasında belirtilen sıcaklıkta bir miktar kadar beklenilir ve soğutma işlemi gerçekleşir. Soğuk iş takım çelik malzemelere uygulanmakta olan tavlama ısıtıl işlem türleri vardır. Bunlardan bahsedecek olursak:

- Normalleştirme ısıtıl işlemi (Çeliğin tane büyüklüğünü ufaltmak ve akma mukavemetini arttırmak adına uygulanır.),
- Yumuşatma ısıtıl işlemi (su verme sertleşmesinden kaynaklanan sertliği iyileştirmek adına uygulanır.),
- Gerilim giderme tavı (Çelik içyapısında uygulanan işlemlerden sonra kalan artık gerilimleri ortadan kaldırmak maksadıyla uygulanan prosestir.),
- Yeniden kristalleşme ısıtıl işlemi (Çeliklerde sıvama oluşumundan kaynaklı hataları gidermek adına uygulanır.) (Çiçek, Adem, 2012).

4.2 Sertleştirme ve Soğutma Prosesi

Çelik malzemeler bilinmek üzere demir ve karbon ikilisinin denge çizelgesinde ötektoid etki alanı barındırmaktadır. Çeliklerde ötektoid noktası 723 °C'dir. Burada sıcaklık değerleri aşağısında çelik ve karbon yüzde değerlerine göre ferrit ve perlit veya perlit ve sementit faz türlerinden oluştuğu bilinmektedir. Bu sıcaklık değerleri aşıldığında yapı tam anlamıyla östenitik evresine geçmektedir. Çelik malzemelere uygulanan ısıtma işleminin yaygın maksadı çelik malzemenin kristal yapısını tam anlamıyla östenit fazına dönüştürmek, hemen sonrada hızlı bir şekilde soğutmayla alakalıdır. Çeliklerin çok erken soğutulması neticesinde kristal bir yapıda ve yine aşırı sertlikte martenzit evresine geçmektedir. Demir ve karbon denge grafiği Şekil 4.1' de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Demir ve karbon denge çizelgesi gösterimi (Çiçek, Adem, 2012)

Takım çeliklerine uygulanmakta olan sertleştirme işlemi dört safhada incelenmektedir:

1. Ön tavlama işlemi (Çelik parçanın dışındaki yapısıyla birlikte iç kısmı arasındaki sıcaklığa bağlı farkları eşitlemek amacıyla kullanılır.)
2. Çelik iç yapısını östenitleştirme evresine çevirme işlemi,

3. Bekletilmesi (Çelik malzemelere su verilme sıcaklık değerlerine çıkarmak ve östenitik faza değişmesinin tamamlanma işlemi nedeniyle uygulanmaktadır. Isıl işlem süresince bekletilme zamanı kalın göre değişmektedir.)

4.Sertleştirilmesi (Çelik malzemelerde su verilmesi sertleşme sıcaklık değerlerine ulaşan malzemenin çabuk soğuma işleminin yapılmasıdır.) (Kaplan, Yavuz, Muammer Nalbant, and Hasan Gökkaya, 2011).

Çelik malzemelerin istenmekte olan sertlik mertebesine varması östenitleşme evresine değişim sonuçlandıktan hemen ardından çabucak soğutma işleminin gerçekleşmesi gerekir. Bu yapılan işlem çoğunlukla su verilmesi işlemi olarak bilinir. Çeliklerde su verilmesi safhası iki ayrı safhada uygulanır. Çelik malzemelerin istenmekte olan sertlik mertebesine varması östenitleşme evresine değişim sonuçlandıktan hemen ardından çabucak soğutma işleminin gerçekleşmesi gerekir. Bu yapılan işlem çoğunlukla su verilmesi işlemi olarak bilinir. Çeliklerde su verilmesi safhası iki ayrı safhada uygulanır.

- Çelik malzemelerde su verilmesi işlemi (Yaygın bir şekilde kullanılan yöntemdir. Çelikler malzemeler su verilmesi sıcaklık değerlerine kadar ısıtıldıktan sonra su veya yağ banyolarına daldırıldıktan sonra çabucak soğutulmasıdır),
- Çelik malzemelerde periyodik su verilmesi işlemi

- Östemperleme işlemi (Takım parçası, perlit uç kısmına gelinceye dek ısıtılmaktadır. Isıtma için gerekli bu sıcaklıklarda bir süre beklenilir ve perlit dönüşümü tamamlanır. Çelik malzemenin içyapısı sünektir ve darbelere olan mukavemeti fazladır.)

- Martemperleme işlemi (Takım parçası, perlit uç kısmının hemen aşağısına dek çabucak soğutulur. Belirtilen sıcaklıklarda bir süre bekletilir. Çelik malzemenin içyapısında faz dönüşmesi gerçekleşmeden evvel bir kez daha çabuk bir şekilde soğutulmakta, çelik malzemenin içyapısı tamamıyla martenzitik bir yapı oluşur.)

Çelik parçaya su verilmesi prosesinde soğutulmasında farklı türden sıvılar kullanılır. Bu sıvılara örnek verecek olursa; saf su, tuz karışımı su, yağ, erimiş tuz ve metal banyoları soğutma işlemi için örneklerdir (Karagöz, S., 2008)

5. KALIP ÖMRÜ

Takım çelik kalıplarının ömrünü; malzemeyi imal etmeye geçtikten ve her taşlama prosesi sonrasında malzeme imal edemez hale gelinceye kadar imal ettiği malzemelerin adeti olarak adlandırılabilir.

Takım çeliği kalıbının imalat kapasitesi, takım çeliği kalıbının son halinden, kullanılmaz neticeye gelinceye kadar imal edebileceği malzemelerin sayısı olarak düşünülmektedir. Bu yüzden, her takım çelik kalıbının imalat kapasitesinin, pres edilecek iş malzemesinin malzeme türüne göre değişkenlik göstermesi gerekmektedir.

Örnek olarak, verilen bir iş takım çelik kalıbın 0,20 karbonlu soğuk haddeleme ısıtıl işlemi görmüş çelik şerit malzemesinden imal edilebilecek ürün sayısı pirinç hammaddesinden imal edilecek ürün sayısından az olmaktadır (Ataşımşek, S., 1977).

5.1 Kalıp Ömrünü Etkileyen Aşınma Mekanizma Sebepleri

Takım çeliklerinde aşınma durumları, aşağıdaki sebeplerden kaynaklanabilir.

- Pres boş alanının küçük olması.
- Erkek kalıbının dişi kalıp içerisinde boyutunun fazla olması.
- Kalıpların birbirlerine kısa mesafede çalışması.
- Kalıpların kesit alanıyla orantılı olmayan boyları.
- Erkek ve dişi kalıpların kenarlarının kirden arınmış olmaması, düz taşlama olmaması.
- Erkek ve dişi kalıpların setlerinin, sertlik değerlerinin uygunsuz olması.
- Erkek veya dişi kalıpların uygulama yörüngelerinin aşınma mekanizmasını yükseltecek seviyede olmasından
- Kalıp setlerinin montaj yapılmasından kaynaklanan sorunlar.
- Takım iş çelik kalıplarının bileme işlemi sonrası aşırı parça imal edilmesi.
- Pres kalıplarının bağlı olduğu makinaların fiziki olumsuzlukları.

- Takım çeliği kalıplarının pres tablasına bağlanması kusurları [34]

5.1.1. Aşınma

Takım çeliklerinde sürtünme sistemlerini aşınma, nüfuz kaynaklanan aşınma, oksidasyon kaynaklanan aşınma, yorulmadan kaynaklı aşınma ve yapışmadan kaynaklı aşınma şeklinde görebiliriz (Megep, 2006).

Aşınma mekanizmalarında Misra'ya göre aşınmaya tesir eden bir ya da aynı sırada birkaç etken değişik aşınma durumlarını ortaya çıkartmaktadır. Takım çeliklerindeki aşınma sistemlerine endüstri ortamında %55 abraziv aşınma oranı, %10 adeziv aşınma oranına, %7 eroziv aşınma oranına %9 sertlik aşınması oranına, %4 kimyasal aşınma oranlarına son olarak %15 diğerlerinden kaynaklanan aşınmalar olarak değişken değerlerde karşılaşılmaktadır. Aşınma mekanizmalarında Misra'ya göre aşınmaya tesir eden bir ya da aynı sırada birkaç etken değişik aşınma durumlarını ortaya çıkartmaktadır.

5.1.1.1. Abraziv aşınma mekanizması

Mekanizmanın çalışması sırasında sürtünme takımlarından sert olan takımın diğer takımın iç kısmına yüzeyde çapaksızlık derecesine gidilerek derinleşmiş çukurlar oluşması ve evvel ki uygulama şartları sırasında ayrılan ufak parçaların aşınması olayıdır. Sıvama malzemesinin üst düzlem alanının sertleştirme yoluyla aşınma tesiri azaltılabilmektedir. Şekil 5.1'de abraziv aşınmaya örnek gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Abraziv aşınmanın görünümü

5.1.1.2. Difüzyon aşınma mekanizması

Sürtünen takım iş kalıp çiftleri arasındaki kimyasal ilgiye bağlı olarak ortaya çıkan bir aşınma durumudur. Tribosistemin sıcaklığı sürtünmeyi yükseltici bir etkidir. Mekanizmada soğutma için soğutucu yağ veya soğutma düzeneği kullanılarak sürtünmeden doğan aşınma etkisi azaltılabilmektedir (Kahraman, E., 2006).

5.1.1.3. Oksidasyon aşınma mekanizması

Çok yüksek sıcaklık mertebelerine ulaşan takım iş çelikleri üst düzleminin oksijen elementi ile meydana gelen tepkimesi böyle özetlenebilmektedir. Tepkimenin hız kavramı tribolojiklik nedenlerin tesiri sebebiyle artmaktadır. Şekil 5.2’de oksidasyon aşınmasının görünümü verilmiştir.



Şekil 5.2 Oksidasyon aşınmasının görünümü

5.1.1.4. Yorulma aşınma mekanizması

Tribosistemin üst yüzeyinde sürekli değişmekte olan yüklerin değişmekte olan mekanizma sıcaklıklarının tesiriyle ortaya çıkan kılcal çatlaklıkların ortaya çıkması, büyümekte olması büyük ya da küçük (mikro-makro) ölçüde parça koparak meydana gelen aşınma sistemidir.

5.1.1.5. Adeziv aşınma mekanizması

Sürtünen takım iş pres kalıp çiftlerinin yüzeyinde yük olayının ile doğru eylemin işlevi neticesinde çok fazla gerilmeler ortaya çıkmaktadır.

Yüzeyindeki aşırı basınç ile gerilme faktörünün tesiri atomik birleşmeler aynı zamanda mikro kaynaklar oluşmaktadır. Şekil 5.3’de adeziv aşınmaya örnek verilmiştir.



Şekil 5.3. Adeziv aşınmanın görünümü

5.1.2. Ağız dökülmesi

Takım çeliklerinde kısa vakitli yorulma aşınması olarak söyleyebileceğimiz ağız dökülmesi; Pres kalıplarında, takım iş çelik malzemenin işlenen köşesinde meydana gelen kılçak kırılmaların az zamanda ilerlemesi sebebiyle oluşmaktadır. Takım iş çelik kalıp kenarlarından parça ayrılmaları meydana gelmesi ile sonuçlanmaktadır.

Prete sıvanan sac parça pres kalıbında çapak meydana gelmesi, ölçüsel tolerans aralığını aşması, dış görüntüsü ve panel parçasında çizik oluşumuna sebep olmaktadır. Kullanılan sacın numune kalınlık değerlerinin, uygulama tonaj değerleri ve darbeli işlenmesi sorunun meydana gelmesinde katalizör görevi yapmaktadır (Çakır, M. Cemal.,1999)

5.1.3. Sıvanma

Takım iş çelik kalıplarının cinsine bağlı olarak sünek sacın numunesinin sıvama prosesi sırasında sıvanmış malzeme kalıp üzerine birleşmesi şeklinde söyleyebileceğimiz sorundur.

Pres kalıbına birleşen parçanın uygulama değerlerinin tesiri ile üst düzlem veya köşesinde sertleşme olayı ile bir diğer uygulamada ayrılması şeklinde sonuçlanmaktadır.

Pres sıvama kalıbından koparken kalıbın kenarlarından ve yüzey kısmından da parçaların ayrılması sebebi ile sıvama kalıbının boyut hassasiyetinin hatalı olmasına ilave olarak sıvama kalıbının yüzeyinde çizik oluşmasına sebep olmaktadır.

Öyle ki müşterilerin beklentilerini cevap veremeyen imalat, ek olarak işçilikte hesaplanan giderleri sıvama sıvama kalıbının bakımı olmazsa tekrar üretimini gerekli kılmıştır. Fabrikamızda sıvanan inox sac malzemesinin görünümü şekil 5.4’de verilmiştir.



Şekil 5.4. 304 Kalite INOX sıvanan sac malzemesinin görünümü

5.1.4. Plastik şekil değiştirme

Sıvama kalıbının üst düzlem ile köşelerinin çukurlaşması ile meydana gelen sorun kullanılmakta olan takım kalıbının istenilen kopma mukavemetinde gerçekleşmemesi, sıvama kalıbının uygulama şartları ötesinde faaliyete geçince oluşmaktadır. Sıvama kalıbının sertlik değerinin ihtiyacı karşılamaz yönde seyretmesi sürecin var olma zamanını hızlandırır.

Bununla birlikte hazır montajlanan malzemelerin şekillendirme sıvama kalıp setlerinde numunenin arzu edilen şekli tümüyle oluşmaması sebebiyle yol duraklarına sebep teşkil eden sorundur.

5.1.5. Ondülasyon

Sıvama kalıp yüzeylerinde meydana gelen parça aşınmalar sıvama takımının şekil düzlemine numune malzemesinin sıvama sırasında iş parçası akışını duraksatıp numunenin yüzeysel birikmesine sebep olur.

Bu sorunun giderilmesi nedeniyle basit işlemde şekil verme yağı ve naylon tüketimi ile sorun aşılmaya uğraşılmakta lakin sürecin takibi süreç sonrası numune temiz olması için ihtiyaç olan emek giderleri sanayide sürekli tercih edilen iki tekniği elverişsiz duruma sokmaktır.

5.1.6. Şekil deformasyonu

Şekil verme kalıbındaki sac numune parçasının kalıbın üst kısmında aşınmanın tesiri sebebiyle istenilenden fazla ebatsal dönüşüme tesir etmesi, parça aşınmaların sebebi sıvama kalıbının üst düzleminden sıyrılmayıp uzama oluşumuna ilerlemesiyle oluşmaktadır.

Parça sıvama noktasında meydana gelen, çıplak göz yardımıyla görmeye imkân vermeyen çatlakların oluşması ufak yırtıklar sac numunesinin sıcak etkilere bağlı kalmış olduğu kaynak işlemi gibi işlemlerin ardından çatlaklara dönüşmesine sebep olabilir.

5.1.7. Sac incilmesi

Takım parçalarında bulunan sac numunesinin sıvama kalıbının üst düzleminde aşınmanın tesiri sebebiyle istenilenden çok ebatsal dönüşüm tesirinde kalmış olması, bir diğer olay ise parça aşınmalar sebebi ile sıvama kalıp yüzeyinden sıyrılmayıp uzamaya sürekli olarak ilerlemesiyle oluşmaktadır. Numunenin sıcaklık etkilerine bırakıldığı kaynak prosesi ve benzeri işlemlerin ardından çatlamaya dönüşebilmesi muhtemeldir (Sarı, N. Y., ve K. Tülbentçi., 1997).

6. MATERYAL METOD

Fabrikamızda uygulanan deneylerde 0.7 mm kalınlığındaki dkp sac ve krom sac, 1.2379 kalite çelik sıvama kalıplarında 2 farklı sac numune preslenerek elde edilen formlar incelenmiştir. Farklı baskılarda farklı sac numuneleri denenmiştir.

Aralarındaki farklar görsel olarak kayıt edilmiştir. Bu farklılıklar sacların kalitesi ve kalıp setindeki hatadan kaynaklandığı tespit edilmiş olup gerekli işlemler yapılmak üzere kalıp setleri işleme merkezine gönderilmiştir.

Aşamalar resimlerle desteklenmiştir.

2.2. Uygulamada Kullanılan Pres Tezgahı

Numune saclara sıvama çalışmaları ‘HÜRSAN PRES’ adlı tezgahta yapılmıştır. (Şekil 6.1)



Şekil 6.1. Hürsan sıvama tezgahı görünümü

Fabrikamızda kullandığımız pres makinesine ait teknik özellikler Çizelge 6.1’de verilmiştir.

Çizelge 6.1. Pres makinesi teknik özellikler çizelgesi

MODEL	DCP 77/650
PRES AĞIRLIĞI	19000 KG
PRES KUVVETİ	4000kN
MOTOR	22 Kw
TABLA EBATİ	1400x1200
VOLTAJ	380 V
FREKANS	50 Hz
MAX. AKIM	48 A
İNİŞ HIZI (MİN. MAX.)	100 mm/sn
KALKIŞ HIZI (MİN. MAX.)	170 mm/sn
PRESLEME HIZI (MİN. MAX)	10 mm/sn
MAX. STROK	600 mm
MAX. BASINÇ	250 Bar
MAX. Güç	28 Kw
GÜRÜLTÜ SEVİYESİ	80 dB
TOPLAM TEPKİ SÜRESİ	0.5
EMNİYET MESAFESİ	500 mm
POMPA	105 lt

2.3. Kalıp Setleri Özellikleri

Sıvama kalıplarının tolerans aralığı, yapılacak olan uygulamayı doğrudan etki edeceğinden dolayı kalıplar çok hassas ve özel olarak imalat edilmektedir.

Özellikle dişi kalıp ölçüleri ve baskıdan ardından pres üzerinden alınacak görüntülerin net olması bakımından kalıp yüzey pürüzlülüğü konusuna önem verilmiştir.

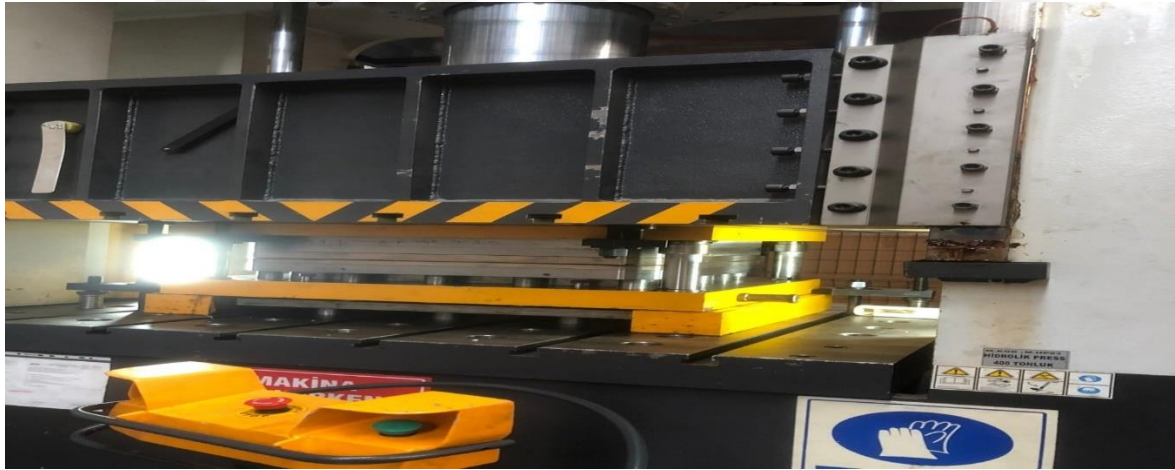
Üretimdeki kalıpların tasarımları belirli tasarım kurallarına uyularak ve formüllerden de faydalanılarak uygulanan ölçülerle imal edilmiştir.

Üretimdeki dişi-erkek kalıp set plakaları CNC dik işleme tezgâhlarında işlemler uygulanarak belirli ön ölçülerine ayarlanmıştır ve taşlama tezgâhlarında dişi-erkek kalıp set plakalar gerçek ölçüsüne indirgenmiştir.

Hemen ardından dişi-erkek kalıp seti plakaları üst üste ayarlanarak bağlantı yapılacak delikler, kılavuz deliklerini açmak bununla birlikte tel erozyon kesmesi sebebiyle ihtiyacımız olan delikler CNC tezgâhlarında dik olarak işleme makinesinde delme işlemi uygulanmıştır.

İmalatta kullanılan dişi-erkek kalıp setleri gerekli talaşlı imalat safhalarından geçtikten sonra ısıtılma işlemine tabi tutulmuştur. Dişi kalıp sertliği uygun sertlik mertebelerine ulaşması için ısıtılma işlemine tabi tutulmuştur.

Dişi-erkek kalıp setlerine uygulanan ısıtılma işlemlerden sonra son olarak taşlama işlemi uygulandı. Bütün bu proseslerden sonra dişi-erkek kalıp elemanları ihtiyacımız olan bağlantı elemanları vasıtasıyla Şekil 6.2’de gösterildiği gibi bağlantı elemanları işlemi gösterilmiştir.



Şekil 6.2. Dişi-erkek kalıp elemanları gösterimi

2.4.İş Takım Çelik Elemanlarının Tezgaha Konumlandırılması

İmalatta kullanılan erkek-dişi iş takım çeliklerinin şekil 6.3 deki gibi tezgaha bağlanıp gerekli ayarlar yapılmıştır.



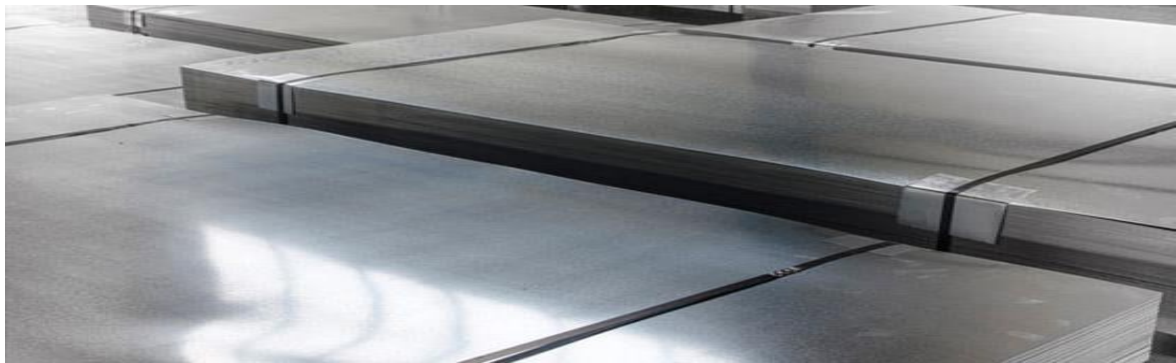
Şekil 6.3. Kalıp setlerinin pres makinesine bağlanması

2.5.Deneyde Kullanılan Sac Malzeme

İlk kullanılan sıvama sac numunemiz dkp sac örneğidir. Isıl işlem sıcak haddeme ile imal edilen DKP sac malzemesi yüzeyinde meydana gelen kir ve pas tarzı pisliklerin uzaklaştırılması maksadıyla gerekli kimyasal malzemeler vasıtasıyla arındırılma işlemi yapılmış olan sac malzemeler DKP olarak adlandırılır.

Kullanılan DC04 7114 Kalite DKP sacların kalınlık miktarları sıcak ısıl işlem görmüş çelikler ısıtma prosesi olmaksızın haddelenmesi ile oluşmaktadır. DKP sacların kalınlıkları 0,20-3,00mm kalınlıklarında seyreden saclardır.

Aşağıda (Şekil 6.4 ‘de) sıvamalık DKP sac örneği gösterilmiştir.



Şekil 6.4. Sıvamalık sac malzemesi görünümü

Aşağıda (Çizelge 6.2 ‘de) de DKP sac teknik özellikleri çizelgesine yer verilmiştir.

Çizelge 6.2. DC04 7114 Kalite DKP sac teknik özellikleri

KARBON ORANI DÜŞÜK SIVAMALIK ÇELİK TÜRLERİ													
No	Kalite	Normu	Kimyasal Oran (%) Max				Mekanik Özellikler						
							Akma Gerilmesi (N/mm2) Max			Kopma Gerilmesi (N/mm2)	Uzama Miktarı (%) Min		
			C	P	S	Mn	e ≤ 0,5	0,5 < e ≤ 0,7	0,7 < e		≤ 0,4	0,4 < ≤ 0,6	0,6 <
1	DC 01	10330	0,11	0,041	0,044	0,55	315	295	280	265 - 400	22	24	26
2	DC 03	10347	0,09	0,032	0,033	0,39	272	248	240	265 - 368	28	30	33
3	DC 04	10338	0,07	0,029	0,028	0,38	245	225	210	248 - 327	31	37	35

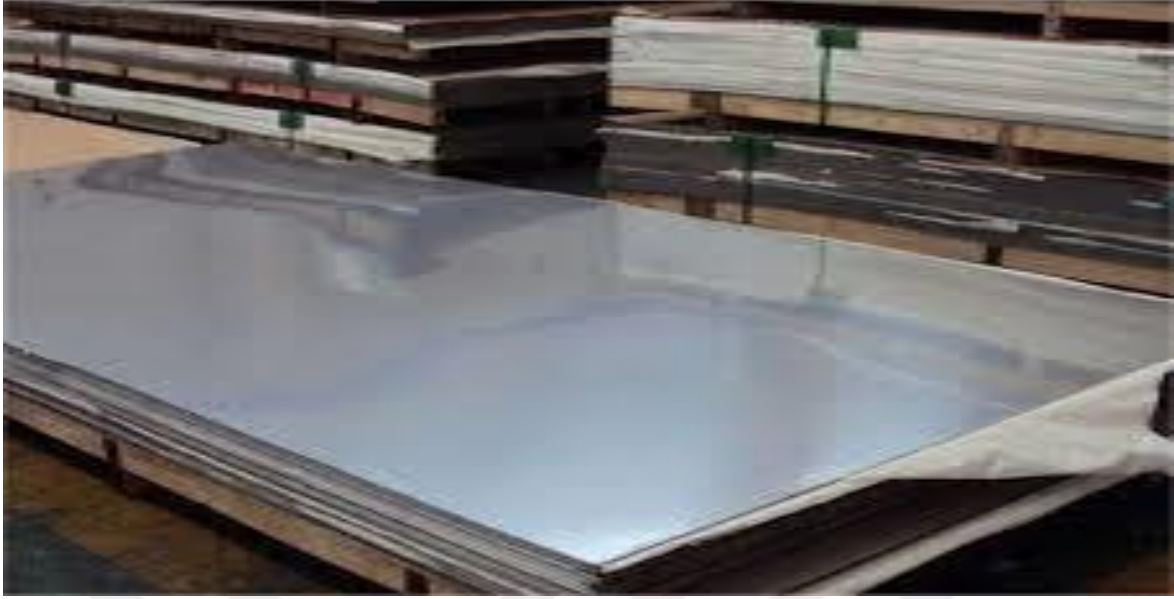
İkinci bir diğer sac malzememiz sıvamalık inox sac numunesidir. Yüzey kısmı ve yüzey kalitesi bakımından ayrı tutulan, değişik kullanım alanlarında kullanılan bir sac türüdür. Genellikle pahalı ve yüksek kalite istenilen işlerde kullanılan bir türdür.

Sıvama gerektirdiği durumlarda ilk sırada yer alan ve sıvama özelliği üst düzeydedir. Gerilme noktasında çok yüksek değerlere çıkabilmektedir.

Dökümde imalatı yapılabilmekte belirli kimyasal değerlere ulaştıktan sonra ağırlıklar yardımıyla çubuk şekli verilmektedir. Çubuklar sonrasında kademe arasında birbirine yakın silindirlerin arasında sıkışıp öğütülürler.

En sonunda istenilen çelik, kullanım biçimine göre imalatı bitmiş olmaktadır. INOX sac kalitesi bakımından bünyesinde yüksek oranlarda nikel barındırdığından dolayı korozyon direncine dayanımı çok iyidir. Çoğunlukla dayanımlı ev aletlerinde, ankastre ürünlerde korozyon direnci yüksek kalitenin arandığı yerlerde kullanımı tercih edilirler.

Aşağıda (Şekil 6.5’ de) sıvamalık 304 kalite INOX sac malzemesine ait görünüm mevcuttur.



Şekil 6.5. Sıvımalık 304 kalite INOX sac görünümü

Aşağıda (Çizelge 6.3 'de) 304 kalite INOX sac malzemesine ait teknik özellikler çizelgesi mevcuttur.

Çizelge 6.3. 304 kalite inox sac teknik özellikler

BİLEŞEN ELEMENTLER							
Normu	C Bileşeni	Mn Bileşeni	P Bileşeni	S Bileşeni	Si Bileşeni	Cr Bileşeni	Ni Bileşeni
304 KALİTE	%0.07 max	%1.9 max	%0.042 max	%0.05 max	%0.72 max	%19-21	%7-13

Teknik Özellikler	
Adı ve Normu	304 (1.4301)
Kopma Muk. Değeri	512 - 730 MPa
Akma Muk. Değeri	205 MPa (min)
Sertlik, Rockwell (HB) Değeri	198

2.6.Deneyde Kullanılan Pres Kalıbı Malzemesi

Kullanılan pres kalıp seti karbon oranı yüksek bununla beraber yüksek krom barındıran, içyapıda çok fazla oranlarda barındırdığı karbür oranı nedeniyle yüksek sürtünme mukavemetine ve sertlik oranlarında, yüksek basınç değerlerine elverişli, aşırı sıcaklık değerlerinde tokluğunu yitirmeye karşı çok iyi derecede dayanıma sahip ve tavlama esnasında çok iyi ebatsal kararlılığa sahip takımlardır.

Kesim yöntemi olarak tel erozyon, pas oluşumuna dirençli sac malzeme kesimine, nitrürasyon tekniği uygulanmaya ve darbelere karşı dayanıklılığı açısından uygundur. Aşağıdaki Çizelge 6.4 ‘de soğuk iş takım çeliği pres kalıplarına ait özellik değerleri mevcuttur.

Çizelge 6.4. 1.2379 Soğuk iş takım çeliği ait özellikler

Çelik Normu	1.2379								
Bileşen Adı 1	C BİLEŞENİ	Si BİLEŞENİ	Mn BİLEŞENİ	P BİLEŞENİ	S BİLEŞENİ	Cr BİLEŞENİ	Mo BİLEŞENİ	Ni BİLEŞENİ	Al BİLEŞENİ
Bileşen Oranı %	1,6	0,388	0,348	0,018	0,007	11,65	0,58	0,2	0,017
Bileşen Adı 2	Co Bileşeni	Cu BİLEŞENİ	Nb BİLEŞENİ	Ti BİLEŞENİ	V BİLEŞENİ	W BİLEŞENİ	Pb BİLEŞENİ	Sn BİLEŞENİ	Mg BİLEŞENİ
Bileşen Oranı %	0,01	0,122	0,024	0,0038	0,87	0,0118	0,0038	0,0018	0,0128
Bileşen Adı 3	As BİLEŞENİ	Zr BİLEŞENİ	Ca BİLEŞENİ	Ce BİLEŞENİ	Ta BİLEŞENİ	B BİLEŞENİ	Zn BİLEŞENİ	La BİLEŞENİ	Fe BİLEŞENİ
Bileşen Oranı %	0,002	0,0018	0,0007	0,0018	0,0078	0,0009	0,026	0,0038	82,98

Aşağıda (Şekil 6.6 ‘da) 1.2379 soğuk iş takım çeliği erkek-dişi kalıp seti görünümleri mevcuttur.



Şekil 6.6. 1.2379 soğuk iş takım çeliği erkek-dişi kalıp seti görünümü

7. BULGULAR VE TARTIŞMA

Ankastre setüstü ocak üretiminde kullanılan 304 Kalite INOX sacda meydana gelen hasarın çözümüne yönelik çalışmalarda alternatif olarak DC04 7114 kalite DKP sac numunesi kullanılmıştır.

DC04 7114 kalite (sıvamalık) DKP sac numunesi ve 304 kalite İNOX sac numunelerinden toplamda 6 adet numune hazırlanmıştır. 1.2379 soğuk iş takım çeliği kalıpları pres tezgahına uygun bağlantı elemanları vasıtasıyla bağlanmıştır.

Sırasıyla 3 adet 304 kalite İNOX sac numunesi dişi kalıbın üzerine sırayla konularak elde edilen sıvama görüntüleri incelenmiştir. İnceleme sonucunda fabrikada kullanılan ocak panellerinde göllenme ve kenarlarda çatlaklar oluştuğu gözlemlenmiştir.

Aynı kalıplarla bu defa DC04 7114 kalite (sıvamalık) DKP sac malzemeden 3 adet dişi kalıbın üzerine konularak preslenmesi sonucunda çıkan ürün üzerindeki çukurluklar ve çatlak görüntüsü 304 kalite İNOX sac numunesine göre daha az gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada ocak panellerinde çukurlaşma ve köşelerdeki yırtılmaları engellemek adına çalışmalar yürütülmüştür. Pres baskı ile ilgili değerler Çizelge 7.1 ‘de yer verilmiştir.

Çizelge 7.1. Pres baskı ölçüm değerleri çizelgeleri

DENEY NO	KOÇ BASINÇ	POT BASINÇ	ÜST LİMİT	POT LİMİT	PRESLEME
1	75 bar	100 bar	230 mm	25 mm	80 mm
2	80 bar	105 bar	240 mm	30 mm	80 mm
3	90 bar	110 bar	250 mm	40 mm	80 mm

Yukarıdaki baskı değerlerine göre ocak panellerindeki DC04 7114 kalite DKP ve 304 Kalite INOX sac numunelerindeki form görüntüleri Şekil 7.1 ‘de ve Şekil 7.2 ‘ de yer verilmiştir.



Şekil 7.1. DC04 7114 Kalite DKP sac malzemesinin pres baskı sonucu form görüntüsü

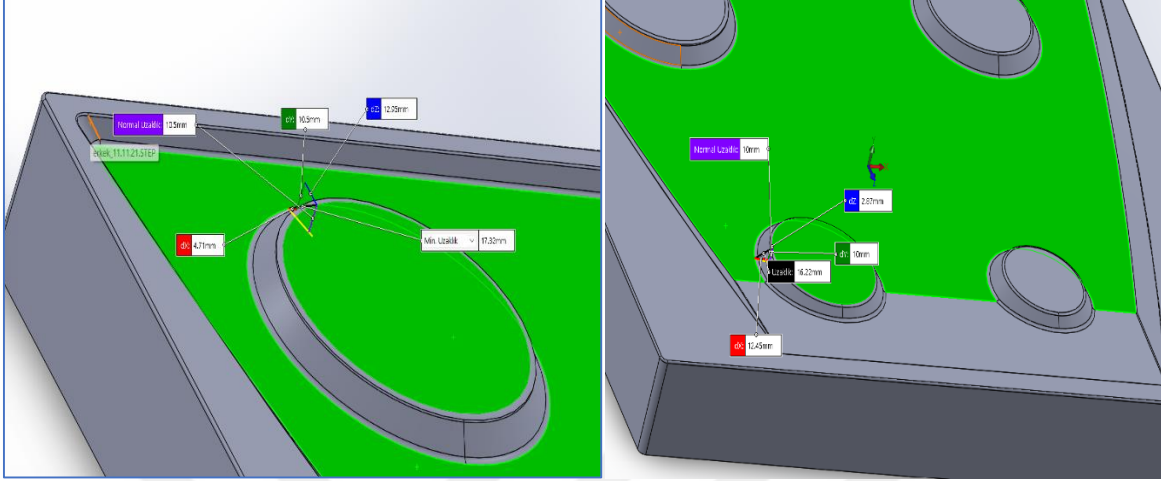


Şekil 7.2. 304 kalite İNOX ocak paneli pres baskı sonucu form görüntüleri

7.1 Kalıpta Oluşan Hata Analizi

DIN 1.2379 soğuk iş takım çeliği erkek ve dişi kalıp setlerinde üzerinde ölçüm aletleri ile yükseklikler kontrol edildi. Erkek kalıpta ocak havuzlarının olduğu bölümde büyük havuzun olduğu bölgede derinlik diğer havuzlardan 0.5 mm fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bu farkın oluşmasının sebebi yüksek adetlerde üretim sonucu erkek kalıbın yüzeyinde oluşan bölgesel aşınmalar ve yüzeydeki formu yapıda parçanın sıvanması sırasında malzemenin sıvama için gerekli uzamasını engellediği ve bu sebepten dolayı kalıbın belirtilen bölgesinde çukurlaşma meydana gelmiştir.

Erkek kalıpta oluşan derinlik farkı Solid katı model programında aşağıda gösterilmiştir. Bu görüntülerle ilgili görsel Şekil 7.3 ‘de yer verilmiştir.



Şekil 7.3. Solid programında kalıp malzemelerinin katı model görüntüsü

Elde edilen bu form görüntülerinden sonra kalıp setleri pres makinesinden sökülerek işleme merkezine gönderilmiştir. İşleme merkezinde tezgâha bağlanmış olup 0.5 mm talaş kaldırma işlemi yapılmıştır.

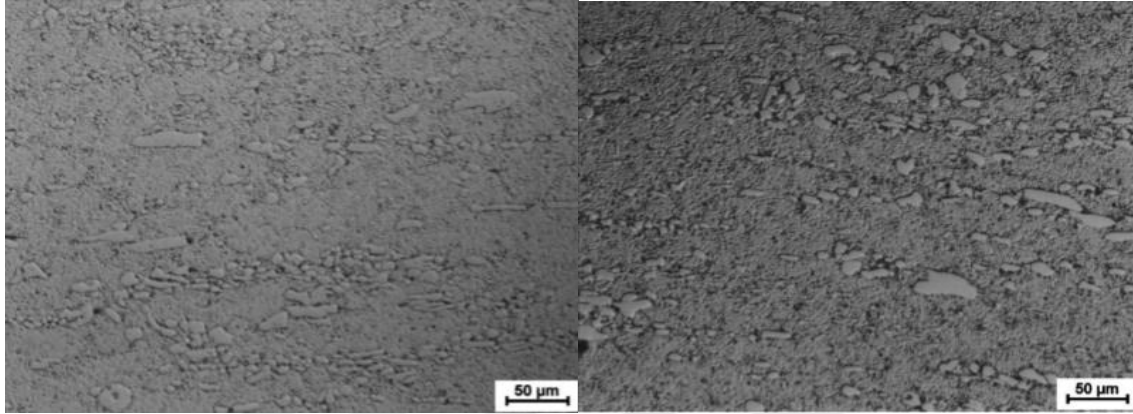
Sac malzemede istenilen form elde edilmiştir. İşleme merkezine giden kalıp setlerinin görüntüsü Şekil 7.4 ‘de yer verilmiştir.



Şekil 7.4. Erkek kalıbın işleme merkezinde CNC torna tezgâhına bağlanması

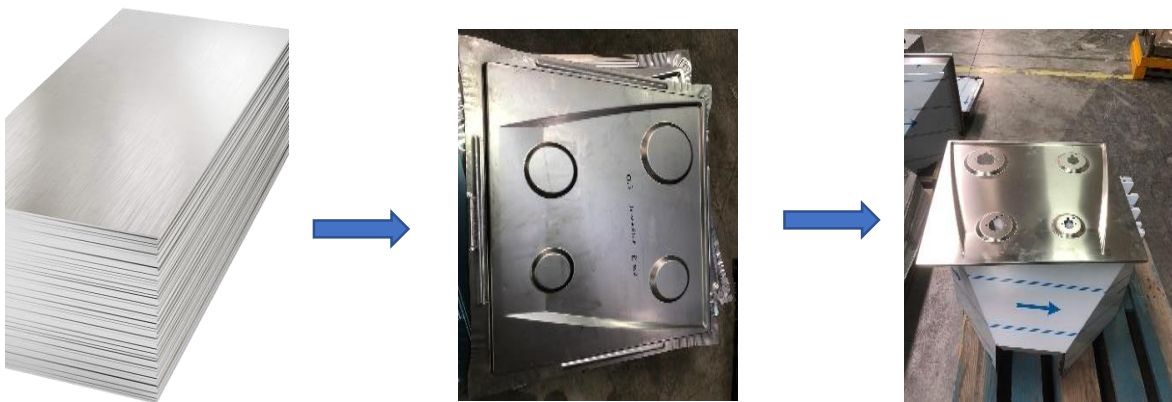
Erkek kalıp talaş kaldırma işleminden sonra yapıda artık gerilmeler ve çarpılmaların engellenmesi adına gerilme-giderme ısıtma işlemi uygulanmıştır ve ardından fırın ortamında 1 gün soğutulmaya bırakılmıştır.

Aşağıda ısıtma işlem öncesi ve ısıtma işlem sonrası mikro içyapılara Şekil 7.5 ‘ de yer verilmiştir.



Şekil 7.5. Isıtma işlem öncesi ve sonrası oluşan içyapı

Ankastre ocak panellerinin üretimi öncelikle sac parçaları preslenmek üzere ebatlanmaktadır. Sonrasına ebatlanan sac parçaları tezgâha yerleştirildikten sonra sıvanmaktadır. Sonrasında sıvamadan çıkan sac parçalarının kenarlarında oluşan fazlalıklar çevre kesimleri için kesme kalıplarına girerek çevre kesimleri gerçekleştiriliyor. Şekil 7.6 da üretim prosesi şeması verilmiştir.



Plaka sac numune

Presleme prosesi

Kesme prosesi

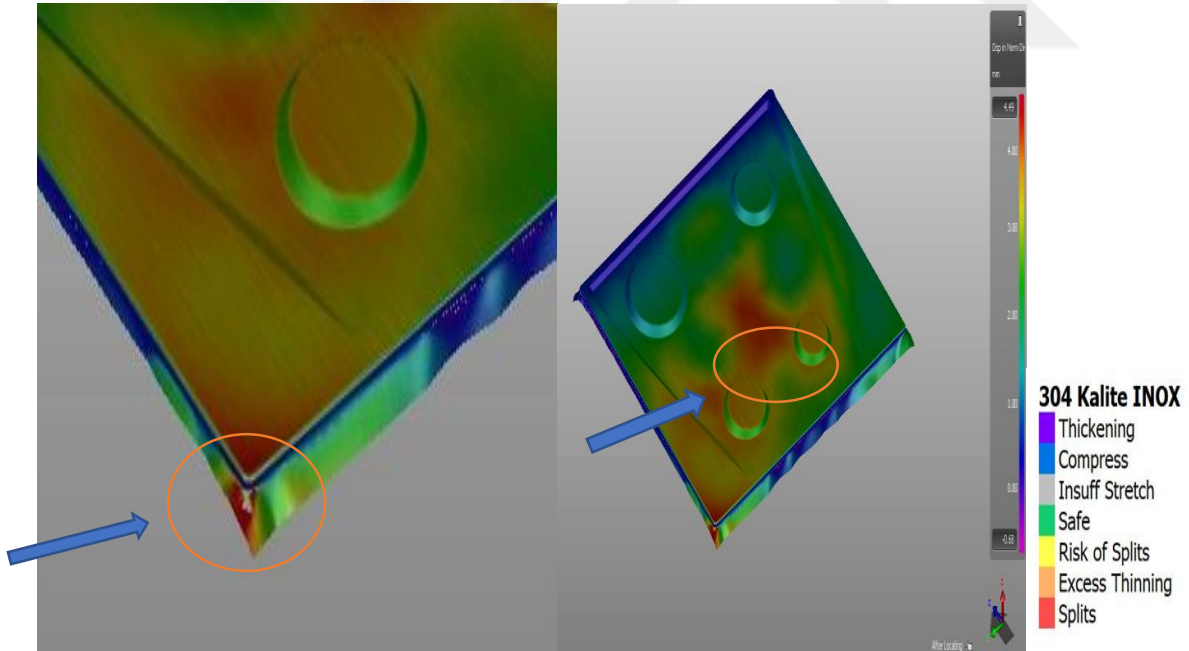
Şekil 7.6. Ocak panel üretim prosesi

7.2 Analiz Çalışmaları

Deneysel çalışmalara başlamadan önce presleme sırasında meydana gelecek gerilmelerin birikmesi, karşılaşılabilecek hasar mekanizmalarının tespitleri ve gerekli işlemlerin yapılması adına ön görüde bulunmak üzere analizler yapılmaktadır. Sonlu elemanlar yönteminde kullandığımız analiz programlarını kullanmak bu anlamda süreden ve maliyet açısından büyük avantaj sağlar.

Analiz çalışmaları sonlu elemanlar yönteminde kullanılan AUTOFORM R7 programı yardımı ile yapılmış olup Ansys programı ile de form görüntülerinle desteklenmiştir.

304 Kalite INOX sac numunesinin üretilmesi istenen ocak üst panelinde meydana gelen çukurlaşma oluşan bölgesini gösteren deformasyon görüntüleri ve yırtılan bölgeye ait simülasyon görüntüleri Şekil 7.7 de yer verilmiştir. Sonrasında alınacak önlemlere aşağıda yer verilmiştir.



Şekil 7.7. Yırtılma olan bölge ve göllenme oluşan bölge simülasyon görüntüleri

Oluşan hataların giderilmesi adına alınacak önlemler ;

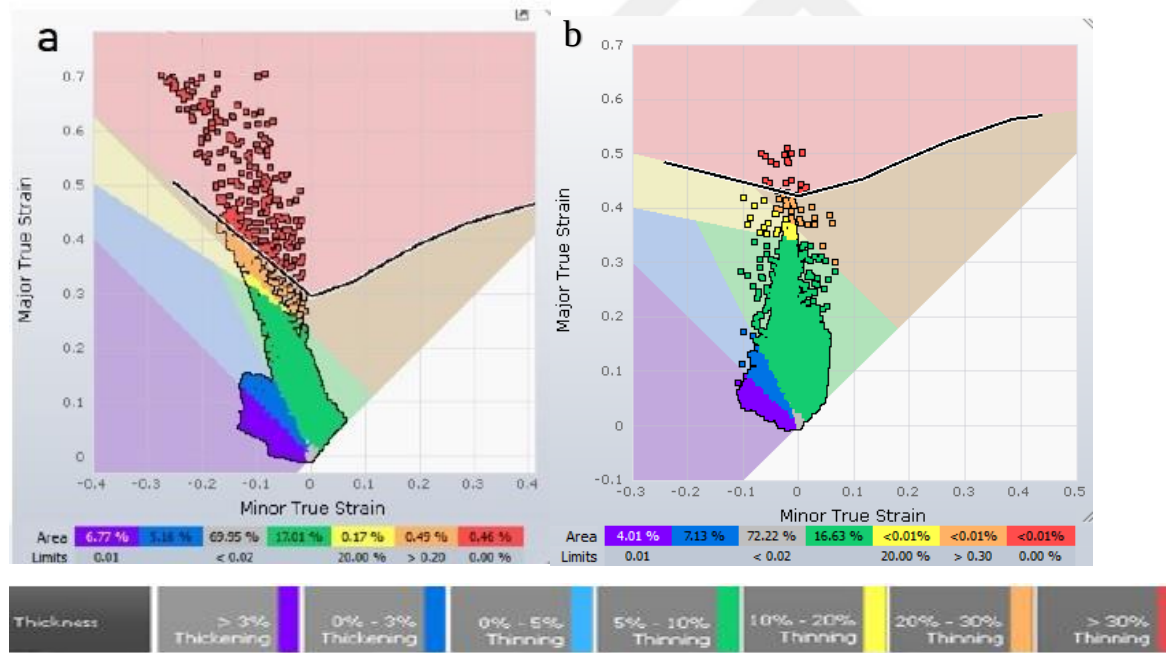
- Oluşan derinlik farklarının talaş kaldırma işlemi ile giderilmesi

- b) Sıvamanın sağlıklı olması adına kalıp yağlayıcı sprej ve yağlayıcı film rulo kullanımı
- c) Kalıpta artık gerilmelerin giderilmesi için gerilme giderme ısıtma işlemi uygulamak
- d) Numune Sac geometrisinin iyileştirilmesi

Bu yöntemler ile yırtılma ve göllenmenin önüne geçmek hedeflenmiştir.

7.3. İmalat Süreci

7.3.1. 304 Kalite sac ile imalat



Şekil 7.8. a:304 kalite INOX sac hatalı geometri FLD diyagramı, b:304 kalite INOX sac yırtılma azaltılmış onarılan geometri FLD diyagramı

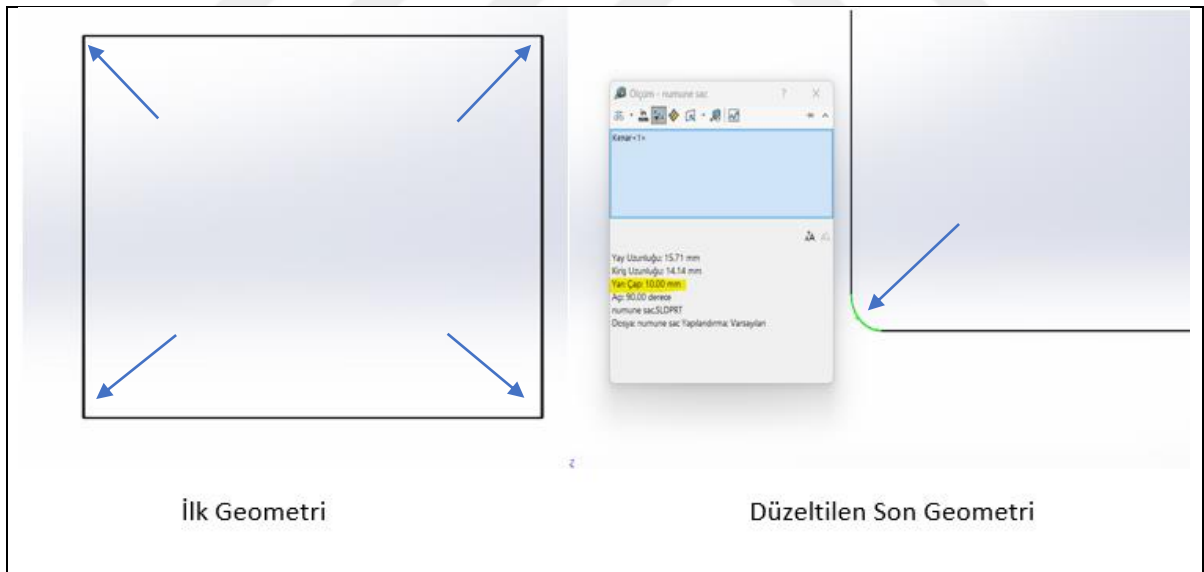
Erkek kalıptaki 0.5mm fazlalık talaş kaldırılarak ocak paneldeki göllenme gözlemlenmemiştir. 304 kalite INOX sac numunesi hatalı geometrisinde yırtılma meydana gelmiştir. Yırtılma engellemek adına sac numunesinin köşelerine köşe yuvarlatması 10 mm yapılarak geometri iyileştirilmesi yapılmıştır. Yırtılma %40 azaltılmıştır (Şekil 7.8).

Çıkan sonuçlar ile çukurlaşma ve yırtılmanın ortaya çıkması önceden tahmin edilmiş oldu. Bu çukurlaşma ve yırtılmanın giderilmesi adına imalat sürecinde ek malzemeler ekleyerek bu sorunun önüne geçmek hedeflendi.

Öncelikle imalat sürecinde kalıptaki son geometri ile sıvama gerçekleşmiş (Şekil 7.9). Bunun sonucunda yırtılma her üründe Şekil 7.7’ de simülasyon çıktısında gösterildiği bölgelerde yırtılma gerçekleşmiştir.

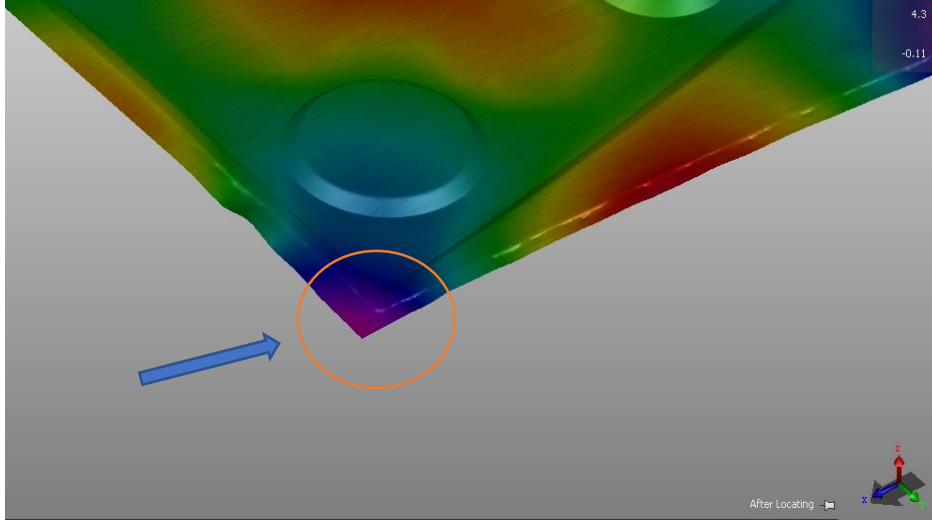
Yırtılma mekanizması oluşumunda üç faktör vardır. Sac malzemesinin kalitesinden ötürü uzama kabiliyeti, sürtünme faktörü ve çentik faktörü. Burada üç faktör baktığımızda, imalat sürecinde zamandan tasarruf ve daha ekonomik olmasından dolayı öncelikle çentik etkisi ortadan kaldırmak adına bir takım yollara başvurulmuştur.

Burada sac şablon halde iken yırtılma bölgesi Şekil 7.9 ‘da gösterilen bölge boyunca parlatma uygulanarak çentik etkisi giderilmiştir.



Şekil 7.9. Kalıpta üretilen ilk ve düzeltilmiş son geometri görünümü

Sac numunesindeki köşe radüsleri büyütülerek köşelerdeki gerilmeler değişken radüsler sayesinde büyük ölçüde azaltılmıştır (Şekil 7.10).



Şekil 7.10. Düzeltilen geometri ile gerilim azaltılmış simülasyon görünümü

Geometri düzeltilmesi yapıldıktan sonra yırtılma olayı gerilimlerin azalmasına bağlı büyük ölçüde azalmıştır fakat tam anlamıyla önlenmemiştir. Bu yüzden ek olarak bir takım işlemler yapılarak yırtılmanın tamamen ortadan kalkması adına çalışmalar yapılmıştır.

Erkek kalıptaki fazlalık alınarak çukurlaşma engellendi ve buna ek olarak geometrideki değişiklik ile de yırtılma %55 azaltılmıştır. (Şekil 7.8) Çıkan sonuçlar ile çukurlaşma ve yırtılmanın ortaya çıkması önceden tahmin edilmiş oldu. Bu çukurlaşma ve yırtılmanın giderilmesi adına imalat sürecinde ek malzemeler ekleyerek bu sorunun önüne geçmek hedeflendi. Öncelikle imalat sürecinde kalıptaki son geometri ile sıvama gerçekleştirilmiş (Şekil 7.9).

Bunun sonucunda yırtılma her üründe Şekil 7.7' de AUTOFORM çıktısında gösterildiği bölgelerde yırtılma gerçekleşmiştir. Yırtılma mekanizması oluşumunda üç faktör vardır. Sac malzemesinin kalitesinden ötürü uzama kabiliyeti, sürtünme faktörü ve çentik faktörü.

Burada üç faktör baktığımızda, imalat sürecinde zamandan tasarruf ve daha ekonomik olmasından dolayı öncelikle çentik etkisi ortadan kaldırmak adına bir takım yollara başvurulmuştur.

Burada sac şablon halde iken yırtılma bölgesi Şekil 7.9 'da gösterilen bölge boyunca parlatma uygulanarak çentik etkisi giderilmiştir.

Parlatma Prosesi

Parlatma işlemi için polisaj makinesi kullanılmıştır (Şekil 7.10). Sac numunenin keskin yüzeyi çentik etkisinden kurtulmak adına parlatma işlemi uygulanmıştır. Parlatma öncesi ve sonrası görüntüler Şekil 7.11 ‘ de verilmektedir.

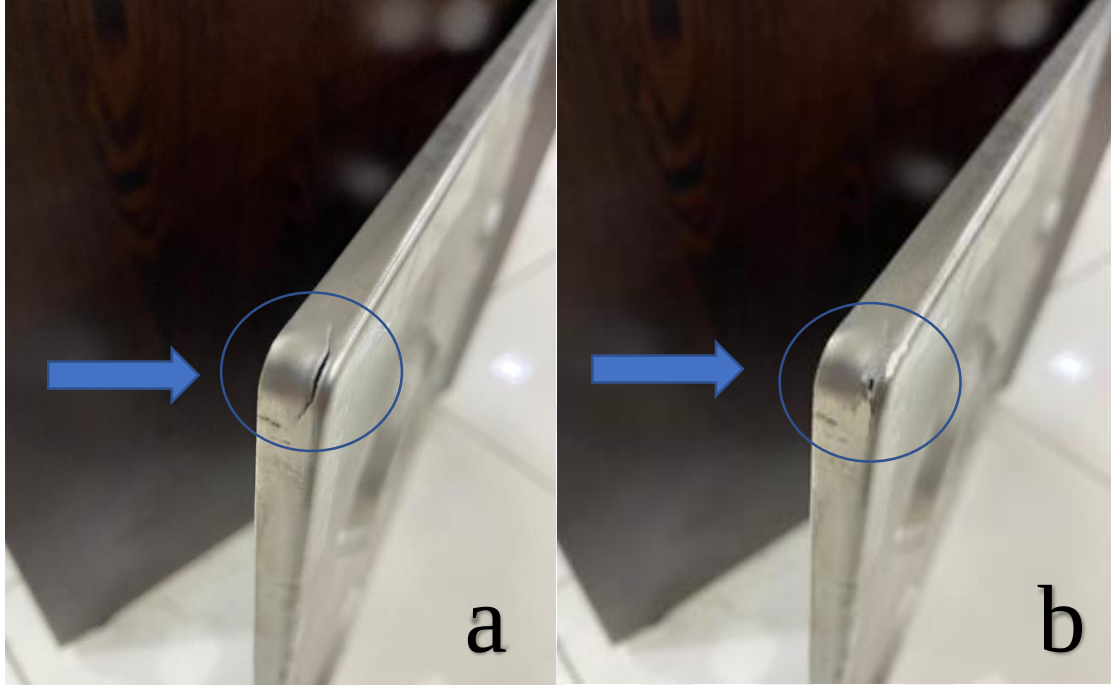


Şekil 7.11. Polisaj Makinesi



Şekil 7.12. Parlatma öncesi ve sonrası görüntüler

Parlatma işleminden sonra sac numunesinin köşesindeki yırtılma oluştu fakat yırtılma büyüklüğünde büyük ölçüde azalma gerçekleşmiştir (Şekil 7.12).



Şekil 7.13. a. Parlatılmamış DC04 7114 kalite sac ile üretim b. Parlatılmış DC04 7114 Kalite sac ile üretim

Kalıp yağlayıcı sprej ve kalıp film rulo kullanımı

İmalat esnasında üretilen her ocak panelinde yırtık gözlemlendi. Erkek kalıp geometri farklarının talaş kaldırma işlemlerinden sonra panelde göllenme ve çukurlaşmalara rastlanılmadı.

Oluşan yırtıkların önüne geçmek için kalıp yağlayıcı spreyle dişi ve erkek kalıp yüzeylerine sıkılarak sac da oluşabilecek gerilimlere ve sürtünmeleri ortadan kaldırdık. Ayrıca bunlara ek olarak kalıp yağlayıcı (PTFE) Teflon rulo film kullanıldı (Şekil 7.13).

Kalıp yağlayıcı sprej ve kalıp yağlayıcı (PTFE) Teflon film den sonra herhangi bir yırtılmaya rastlanılmadı.



Şekil 7.14. Kalıp yağlayıcı (PTFE) Teflon film

Parlatma prosesi ve kalıp yağlayıcı (PTFE) Teflon film kullanımı

Erkek kalıptaki geometrik farkların talaş kaldırma yöntemi ile ocak üst tablasında gerçekleşen göllenmenin önüne geçildikten sonra 304 kalite INOX sacın çentik etkisinden dolayı yırtık meydana gelen bölgelerine parlatma işlemi gerçekleştirildi. Fakat bu işlem tek başına yeterli olmadı. Köşelerde yırtık parlatmaya nazaran daha az da olsa gerçekleşti. Buna ek olarak yırtılmanın tamamen önüne geçebilmek adına kalıp yağlayıcı (PTFE) Teflon film kullanıldı. Bu (PTFE) Teflon film kullanımından sonra tamamen yırtılmanın önüne geçildi. İmal edilen en son ürünlerde yırtığa rastlanılmadı (Şekil 7.14).

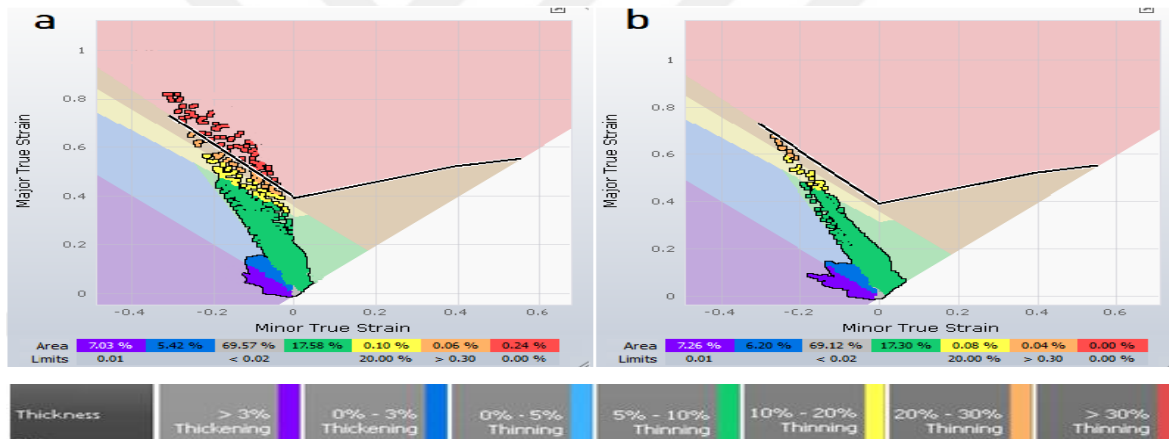


Şekil 7.15. İmal edilen sorunsuz ocak üst tablası

Yırtılmanın önüne geçmek adına yırtılan bölgeye kaynak ve polisaj işlemi uygulanarak yırtılan bölgenin önüne geçilmiştir. Fakat kullanılan bu yöntemler ekonomik olarak oldukça pahalı bir uygulamadır. Bu yüzden çentik etkisi olan bölgelere parlatma ve kalıp yağlayıcı (PTFE) Teflon film üretim açısından daha az maliyetli olduğundan bu yöntemler tercih edilmiştir.

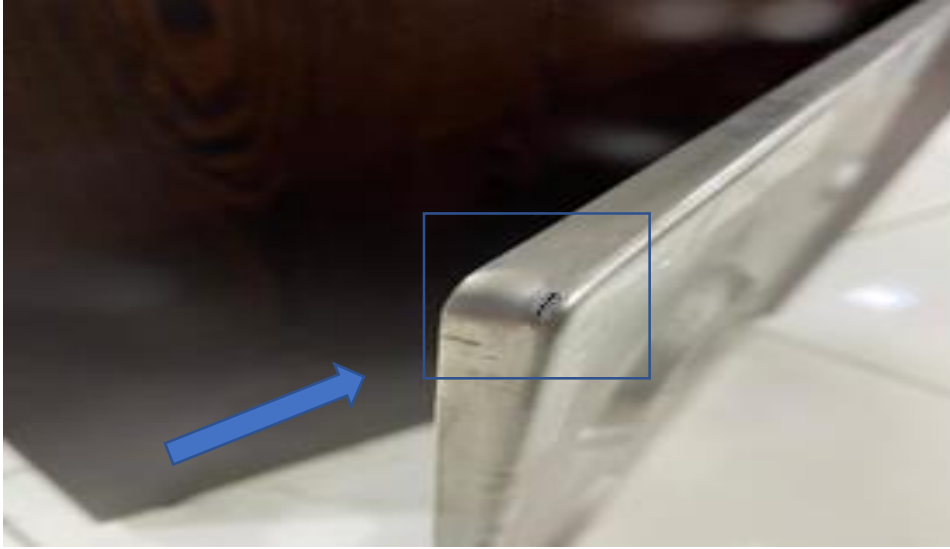
Alternatif olarak DC04 7114 kalite DKP sac numunesi preslenmiştir. Aynı şekilde yırtılma meydana gelmiştir. Fakat diğer sac numunesine göre daha az yırtılma gözlemlenmiştir(Şekil 7.15).

7.3.2. DC04 7114 Kalite DKP Sac İle İmalat



Şekil 7.16. a. DC04 7114 Kalite DKP sac üretilmeyen geometri FLD diyagramı b. DC04 7114 Kalite DKP sac yırtık engellenmiş geometri FLD diyagramı

DC04 7114 Kalite DKP sac numunesine ait analiz sonucunda göre (Şekil 7.16) yırtılma meydana gelmekte fakat diğer sac numunesine göre yırtılma oranı daha düşüktür. İmal edilen sac numunelerinde oluşan yırtılma (Şekil 7.17) da verilmiştir.



Şekil 7.17. DC04 7114 Kalite DKP sac numunesi yırtılma görünümü

Parlatma Prosesi

Diğer numuneye nazaran daha az yırtılma gerçekleşen DC04 7114 kalite DKP malzemesine parlatma işlemi uygulanmıştır. Uygulamadan sonra sıvıyan sac numunesinde yırtılmaya rastlanılmamıştır.(Şekil 7. 18)



Şekil 7.18. Parlatma yapılan 304 Kalite INOX sorunsuz formu

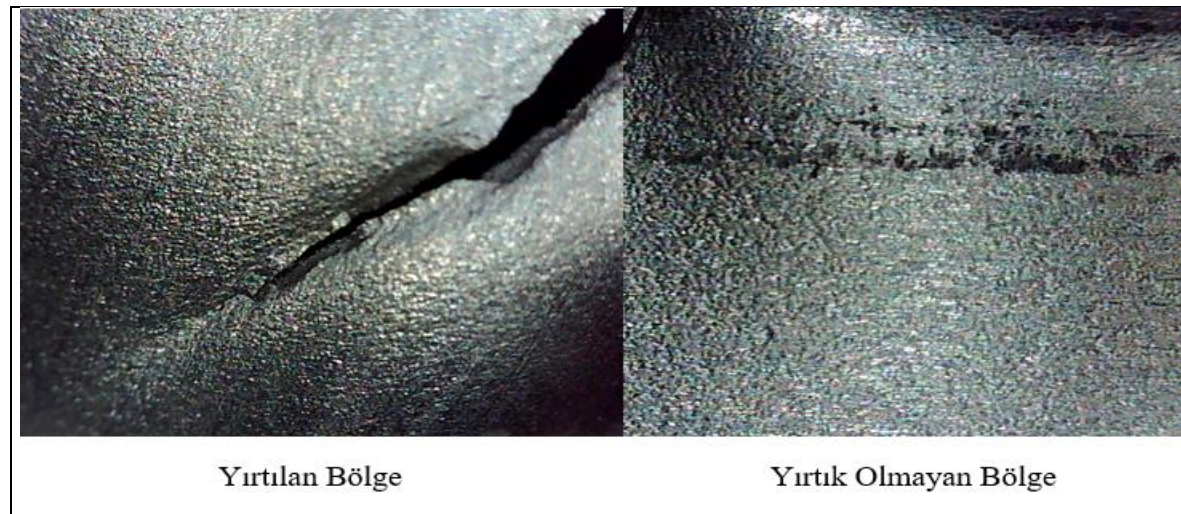
Numunelerde çentik etkeninin önüne geçildi. Bir diğer etki olan sürtünmenin de önüne geçmek adına kalıp yağlayıcı ve teflon rulo film kullanılarak çok ekonomik bir şekilde yırtılmanın önüne geçildi.

DC04 7114 kalite DKP sac numunesine ait yırtılmanın olduğu bölgedeki mikro içyapı görüntüsü ve yırtılmanın oluşmadığı bölgeye ait mikro görüntülere (Şekil 7.19) yer verilmiştir.



Şekil 7.19. DC04 7114 DKP sac numunesi mikro yapı görüntüleri

304 Kalite sac numunesi yırtılmanın olduğu bölge mikro içyapısı görüntüsü ve yırtılmanın olmadığı içyapı görüntülerine yer verilmiştir.(Şekil 7.20)



Şekil 7.20. 304 Kalite INOX sac numunesi mikro yapı görüntüleri

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada ankastre setüstü ocak imalatı yapan sektörde üretilen ocak panellerinde üretim sırasında oluşan yırtılmalar ve çukurlaşmaların giderilmesi adına çalışmalar ve analizler yapılmıştır.

- Endüstride saca şekil verme işlemlerinde malzemede oluşabilecek hasar mekanizmalarını öncesinde tespit etmek adına analiz programları kullanmak hatanın oluşumunu önceden görmemize olanak sağlamaktadır. Çalışmada 2 farklı sac numunesi kullanılarak yırtılmaya bağlı hasarın oluşabileceği bölgelerin tespit çalışmaları yapılmıştır.
- Sac malzemelerin sıvamada çukurlaşma oluşmaması için kalıp malzemelerinin geometrilerinin uygun formlarda olmasıyla mümkün olmaktadır.
- Kalıpta taşılmalardan ve yer değiştirmeden kaynaklı uzama olabileceği ve hatta bünyede taşımadan ötürü artık gerilmelerin olduğu düşünülmektedir.
- Fiziksel olarak ölçümler yapılmış olup sanal ortamda da kalıp üzerinden ölçümler yapılarak ocak kalıbının büyük göz kısmının diğer gözlerden 0.5 mm daha uzun olduğu saptanmıştır.
- Oluşan bu farklar giderilmesi açısından işleme merkezine götürülerek 0.5 mm talaş kaldırma işlemi uygulanmıştır.
- DC04 7114 kalite DKP sac malzemelerle yapılan sıvamada aşırı şekillendirilen bölgelerdeki gerilmeler analiz programları ile tespit edilmiş ve sıvanma sonucunda köşelerinde yırtılmaların olduğu gözlemlenmiştir. Köşelerdeki çentik etkisinden kurtulmak üzere ilk olarak köşelere parlatma işlemi yapılmıştır ve imalat sırasında kalıp ile sac arasına kalıp yağlayıcı teflon rulo film konularak ve spreyle sıkılarak üretim yapılmıştır.

- 304 Kalite INOX sac malzemelerle yapılan sıvamada yine aşırı şekillendirilen bölgelerdeki gerilmeler sonlu elemanlar analiz programı ile tespit edilmiş sıvama sonucundaki yırtılmalar önceki sac numunesine göre daha az rastlanılmıştır. Kalıp yağlayıcı teflon rulo film kullanılarak bu boyutu küçük yırtılmanın önüne geçilmiştir.
- Sac numunelerinin sıvama üretiminde şekillendirme kabiliyetini etkileyen faktörler sac malzemesinin mekanik özellikleri, çentik etkisi ve yüzeyde oluşan sürtünmenin etkisidir.
- Köşelerdeki çentik etkilerinin malzemenin şekillendirme kabiliyetini olumsuz yönde etkilediği görülmektedir.
- Kalıpla sac numune arasında üretim sırasında kalıp yağlayıcı teflon rulo film kullanılması sacın şekillendirme kabiliyetini arttırdığı gözlemlenmiştir.
- Kalıba uygulanan ısıtma işlemi kalıptaki artık gerilmeleri gidermeye fayda sağlamıştır.
- Ekonomiklik ve maliyet açısından yırtılmanın önüne geçmek için kalıp yağlayıcı işlemler tercih edilmelidir.

Yapılan çalışmalar ile ilgili öneriler aşağıda belirtilmiştir.

- Bundan sonraki çalışmalarda çentik etkisinin azaltılması adına köşe yuvarlatmalar (radüs) yapılarak sac numunelerinin geometrileri iyileştirilebilir. Yırtılma hasarı ve sürtünme etkisi devam ediyorsa sac numuneye ısıtılarak mekanik özellikleri geliştirilebilir.
- Analiz programları kullanılarak sac numunenin üretime girmeden önce yırtılma hasarının tespiti önceden belirlenilebilir.
- Sac şekillendirme sırasında sürtünme hasarının önüne geçebilmek için farklı yağlayıcı malzemeler kullanılabilir.
- Kalıpların geometrileri sıvanacak malzemenin geometrisine uygun formda olması gerekmektedir.
- Sıvama sonrasında plastik deformasyonun aşırı olduğu yerlerde sacın yırtılmaya başladığı bölgeler belirlenip uygun işlemler yapılmalıdır.

KAYNAKÇA

- Roberts, (1998). George Adam, Richard Kennedy, and George Krauss. Tool steels. ASM international,
- Mesquita, Rafael A. (2016). Takım çelikleri: özellikler ve performans . CRC basın,
- Tastemür, D., ve Süleyman Gündüz (2021). "Menevişleme ve gerinim yaşlandırma işlemlerinin AISI H10 sıcak iş takım çeliğinin mekanik özelliklerine etkisi." Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi 36.3 (2021): 1387-1398.
- Bain, Edgar Collins. (1939). Functions of the alloying elements in steel. American Society for Metals,
- Kim, Hoyoung ve ark. (2015). "Soğuk iş takım çeliklerinde karbürlerin evrimi." Malzeme Karakterizasyonu 107: 376-385.
- AKTAŞ, Mehmet, and Mehmet ERDOĞAN. (2012). "Metal teknolojisi alanı modüler öğretim programı hakkında öğretmen görüşleri." Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi 3.6: 91-118.
- Aksoy, Aycan. (2015). "Çelik malzemelerinde hasar analizi." İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi
- Özdemir, Cüneyt (2010). "Paslanmaz çelikler ve üretim yöntemlerinin incelenmesi."
- YILMAZ, Ramazan, Murathan GEDİKLİ, and ZAFER BARLAS (2005). "Hardox 400 çeliğinin sert dolgu kaynağında paso sayısının sertliğe, aşınmaya ve mikroyapıya etkisi." Technology 8.1-2: 57-64.
- Raabe, Dierk ve ark. (2020). "Gelişmiş yüksek dayanımlı çeliklerin mikro yapıyla ilgili özelliklerinde mevcut zorluklar ve fırsatlar." Metalurji ve Malzeme İşlemleri A 51.11: 5517-5586
- İnernet: (2006). <https://www.ascelik.com.tr/urunler/15/soguk-is-takim-celikleri>,
- Handbook (1991). A. S. M. "Volume 4: Heat Treating." ASM international 10

- Baş, Birsen (2006). Sıcak iş takım çeliklerinin yüksek sıcaklık darbeli kayma aşınma davranışının incelenmesi. MS thesis. Fen Bilimleri Enstitüsü
- Richardson, F. D. (1953). "The thermodynamics of metallurgical carbides and of carbon in iron." J. Iron Steel Inst 175: 33-51.
- Kobasko, Nikolai I., Wytal S. Morhuniuk ve Boris K. Ushakov (2007). Çelik Yoğun Su Verme Proseslerinin Tasarımı . CRC Press, New York,
- Bryson, W. E. (2005). "Heat Treating H13 Tool Steel." Heat Treatment, Selection, and Application of Tool Steels : 63-68.
- Porter, David A. ve Kenneth E. Easterling. (2009). Metallerde ve alaşımlarda faz dönüşümleri (gözden geçirilmiş baskı) . CRC basın,
- Hull, D. "D. 1. BACON (1984).: Introduction to dislocations, 3rd edn, International Series on Materials Science and Technology, 246."
- Behúlová, M., et al (2009). "Comparison of microstructures developed during solidification of undercooled tool steel in levitation and on a substrate." Journal of Physics: Conference Series. Vol. 144. No. 1. IOP Publishing,
- Kondrat'ev, Sergey Yu ve ark. (2015). "Fe-Cr-Ni-C HP tipi alaşımda M7C3 karbür dönüşümünün deneysel gözlemi ve kristalografik açıklaması." Acta Materialia 100: 275-281.
- Leško, A. ve E. Navara (1996). "Yüksek karbonlu ferrokromun mikroyapısal karakterizasyonu." Malzeme karakterizasyonu 36.4-5: 349-356.
- Topbaş, M. Ali (1998). Çelik ve ısıt işlemleri el kitabı. Prestij Yayıncılık,
- KESEROĞLU, HASAN S., ve İLKİM MENGÜLEREK (2008). "TÜRKİYE MUHASEBECİLİK BİBLİYOGRAFYASI MAKALELER: 1886-2008."
- Çiçek, Adem, et al (2012) . "AISI D2 SOĞUK İŞ TAKIM ÇELİĞİNİN DELİNMESİNDE DERİN KRİYOJENİK İŞLEMİN TAKIM ÖMRÜ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI." Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi 4.1: 1-9.

Kaplan, Yavuz, Muammer Nalbant, and Hasan Gökkaya (2011). "AISI D2 ve AISI D3 soğuk iş çeliklerinin delinmesinde işleme parametrelerinin çapak oluşumuna etkilerinin deneysel olarak incelenmesi." Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi 1.1: 37-46.

Karagöz, S. (2008). "Malzeme Bilgisi." Ders Notu. Adnan Menderes Üniversitesi Aydın Meslek Yüksekokulu

Ataşımşek, S. (1977)., "Sac Kalıpları", Bursa, 5-150

İnternet:Megep(2006). "Kesme Boşluğu" http://cygm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/makinetek/moduller/kilavuz_kolonlu_delme_kesme_kaliplari1.pdf

Kahraman, E. (2006). "Sac metal malzemelerin kalıpta kesilebilme özelliklerine kesme boşluğunun etkisi." Yüksek Lisans Tezi, Gazi üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara 1: 158.

Çakır, M. Cemal. (1999). "Modern talaşlı imalatın esasları." Vipaş AŞ, Bursa

Sarı, N. Y., ve K. Tülbentçi. (1997). "Modern Yüzey İşlemleri ile Aşınma Direncinin İyileştirilmesi, 7." Denizli Malzeme Sempozyumu, Bildiri Kitabı, Denizli : 370-377.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı-Soyadı : Burhan AKTEPE

Uyruğu : T.C

Eğitim Derecesi

Okul/Program

Mezuniyet Yılı

Lisans Karadeniz Teknik Üni.
Makine Mühendisliği

2017

İş Deneyimi/Yıl

Çalıştığı Yer

Görevi

2020-

ADF Ankastre A.Ş.

Makine Mühendisi

Yabancı Dili

İngilizce