

II

T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KALIP MALZEMELERİNİN UYGULAMA ALANLARINA GÖRE  
SINIFLANDIRILMASI

İBRAHİM TUNÇ ALİBEY

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez ....../...../2010... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof.Dr.AGAH UĞUZ

Danışman

.....

.....

.....

.....

## ÖZET

Bu çalışmada öncelikle kalıplarda malzeme seçiminin önemi vurgulanmıştır. Kalıp malzemelerinin uygulama alanlarına göre sınıflandırması yapılmış ve bu malzemelerin kalıplar üzerindeki etkilerinden bahsedilmiştir. Son olarak ta plastik kalıpcılığında kullanılan malzemelere uygulanan işlemler araştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kalıp Malzemeleri, Takım Çelikleri, Hacim Kalıpcılığı.

**ABSTRACT**

In this study, firstly the importance of material choice in moulds have been emphasized. Moulds materials have been classified for range of applications and the effects of these materials on moulds have been mentioned. Finally, the process for the materials used in plastic moulds have been studied.

**Key Words:** Mould Materials, Tool Steels, Solid Moulding.

<b>İÇİNDEKİLER</b>	<b>Sayfa</b>
TEZ ONAY SAYFASI.....	II
ÖZET.....	III
ABSTRACT.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
SİMGELER DİZİNİ .....	IX
<b>GİRİŞ</b> .....	1
<b>1. BÖLÜM – KAYNAK ÖZETLERİ</b> .....	2
1.1. Kalıpcılıkta Malzeme Seçimi .....	2
1.1.1. Malzeme Seçiminin Önemi .....	2
1.1.2. Malzeme Özellikleri .....	3
1.1.3. Malzemelerin Bulunabilirliği .....	4
1.1.4. Malzeme Maliyetleri .....	4
1.2. Demir ve Çelik Üretimi .....	6
1.2.1. Yüksek Fırında Ham Demir Üretimi .....	7
1.2.2. Çelik Üretimi .....	7
<b>2. BÖLÜM – MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	12
2.1. Takım Çelikleri .....	12
2.1.1. Soğuk iş takım çelikleri .....	13
2.1.2. Soğuk iş takım çeliklerinin sınıflandırılması .....	16
2.1.3. Sıcak iş takım çelikleri .....	17
2.1.4. Sıcak iş takım çeliklerinin sınıflandırılması .....	19
2.1.5. Yüksek hız takım çelikleri .....	20
2.1.6. Yüksek hız takım çeliklerinin sınıflandırılması .....	20
2.1.7. Plastik kalıp çelikleri .....	20
2.1.7.1. Yüzeysel sertleşen çelikler .....	22
2.1.7.2. Ön sertleştirilmiş çelikler .....	22
2.1.7.3. Çekirdeğine kadar sertleşen çelikler .....	22
2.1.7.4. Korozyona dayanımlı çelikler .....	23
2.1.7.5. Nitrasyon çelikleri .....	23
2.1.7.6. Kalıp hamili çelikler .....	23
2.1.8. Plastik kalıp çeliklerinin sınıflandırılması .....	25
2.2. Islah Çelikleri .....	26
2.3. Sementasyon Çelikleri .....	27
2.4. Yapı Çelikleri .....	27
2.5. Çelik Standartları ve Simgeleri .....	27
2.5.1. SAE / AISI Standartları .....	27
2.5.2. DIN Standartları .....	28
2.5.3. DIN'e Göre Malzeme Numarası .....	29

<b>3. BÖLÜM – ARAŞTIRMA SONUÇLARI</b> .....	31
3.1. Plastik Hacim Kalıpcılığı .....	31
3.2. Plastik Hacim Kalıpcılığı İçin Malzeme Seçimi .....	34
3.3. Kalıp Malzemeleri .....	36
3.4. Malzeme Seçiminde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar .....	37
3.5. Kalıp Malzemeleri İle Etkileşim İçinde Olan Faktörler .....	38
3.5.1. Tasarım .....	38
3.5.2. İşleme .....	39
3.5.3. Taşlama .....	40
3.6. Kalıplanacak Malzemeler .....	41
3.7. Kalıp Boşluğu Şekillendirme Yöntemleri .....	43
3.8. Kalıp Malzemesi Tipleri .....	44
3.8.1. Hazır sertleştirilmiş çelikleri .....	44
3.8.2. Yüzey sertleştirilmiş çelikler .....	45
3.8.3. Tüm kesit boyunca sertleştirilen çelikler .....	46
3.8.4. Berilyum brozları .....	46
3.9. Kalıp Malzemesinin Kalıp Ömrüne Etkisi .....	47
3.10. Kalıp Ömründe Aranılan Çelik Özellikleri .....	47
3.11. Kalıp Boşluğunun Yapılması .....	48
3.12. Kalıbın Aşınması .....	49
3.13. Kalıp Bakımı .....	49
3.14. Kalıp Çeliklerinin Karakteristikleri .....	49
3.15. Isıl İşlemlere Tepki .....	50
3.16. Korozyon ve Aşınma Direnci .....	50
3.17. Kaynak Yeteneği .....	51
3.18. Kalıp Parlatma .....	51
3.18.1. Gaztaşları .....	52
3.18.2. Zımparalar .....	54
3.18.3. Ağaç lebleme çubukları .....	54
3.18.4. Parlatma keçeleri .....	54
3.18.5. Elmas pastalar (macunlar) .....	55
3.18.6. Sprial taşlar .....	56
3.18.7. Saplı taşlar .....	56
3.18.8. Elmas eğeler .....	56
3.18.9. Best elmas ve CBN taşlar .....	57
3.18.10. Seramik taşlar .....	57
3.18.11. Elastik taşlar .....	58
<b>TARTIŞMA VE SONUÇ</b> .....	59
<b>KAYNAKLAR</b> .....	60
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	61
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	62

**ÇİZELGELER DİZİNİ****Sayfa**

Çizelge 1.1. Çeliklerde Bulunan Alaşım Elementleri .....	11
Çizelge 2.1. Soğuk İş Çelikleri .....	14
Çizelge 2.2. Çeşitli Çeliklerin Aşınma Dayanımı ve Tokluk Kıyaslamaları .....	16
Çizelge 2.3. Kalıp Elemanları İçin Tavsiye Edilen Çelik Türleri .....	23
Çizelge 3.1. Kalıp Üretiminde Kullanılan Başlıca Çelikler .....	36

**ŞEKİLLER DİZİNİ****Sayfa**

Şekil 1.1. Yüksek Fırının Yapısı .....	7
Şekil 1.2. Siemens Martin Fırını .....	8
Şekil 2.1. Soğuk İş Takım Çeliğinden Üretilmiş Parçalar .....	13
Şekil 2.2. Soğuk İş Takım Çelikleri .....	14
Şekil 2.3. Soğuk İş Takım Çeliğinden Üretilmiş Parçalar .....	15
Şekil 2.4. Sıcak İş Çelik Üretimi .....	18
Şekil 2.5. Sıcak İş Çeliğinden Yapılan Plastik Enjeksiyon Kalıbı .....	18
Şekil 2.6. Plastik Kalıp Çeliğinden Üretilmiş Kalıp .....	21
Şekil 2.7. Plastik Kalıp Çeliğinden Üretilmiş Plastik Şişirme Kalıbı .....	24
Şekil 3.1. Plastik Enjeksiyon Kalıbı .....	31
Şekil 3.2. 3 Boyutlu Tasarım Programıyla Hazırlanmış Plastik Kalıp Tasarımı .....	32
Şekil 3.3. Hazır Kalıp Setleri .....	34
Şekil 3.4. Çeşitli Plastik Parçalar .....	42
Şekil 3.5. Kalıp İmalatında Kullanılan CNC İşleme Merkezi .....	43
Şekil 3.6. Parlatma İşlemine Tabi Tutulmuş Kalıp .....	52
Şekil 3.7. Çeşitli Gaz Taşları .....	53
Şekil 3.8. Zımpara Örneği .....	54
Şekil 3.9. Parlatma Keçesi .....	55
Şekil 3.10. Çeşitli Elmas Pastalar .....	55
Şekil 3.11. Çeşitli Elmas Eğeler .....	57

**SİMGELER DİZİNİ**

- ° - Derece
- K - Kilo
- μ - Mikro
- m - Mili
- C - Santigrat



## GİRİŞ

Günümüzde malzeme bilgisi üretim sektöründe çalışan teknik elemanlarda bulunması gereken en önemli bilgilerin başında gelmektedir. Malzeme bilgisi bugünün teknolojisini yarına ulaştırmada önemli bir vasıtaadır.

Özellikle üretim sektöründe çalışan teknik kadroların, meslek hayatlarında karşılaşacakları problemlerin çözümünde kullanacakları en önemli yardımcılardan biri de malzeme bilgisidir. Yeterli malzeme bilgisi veya araştırılması yapılmadan başlanan projelerde, teknik kadronun yapacağı hatalar çok büyük maddi zararlara ve giderilemez problemlerin çıkmasına neden olabilir. Bu nedenledir ki, kullanım şartlarına göre uygun malzeme seçiminin yapılabilmesi için, malzeme davranışlarının ve özelliklerinin, piyasada bulunan mevcut malzemelerin ve bu malzemelerin işlenebilmesinin anlaşılması temel bir ihtiyaç olarak ortaya çıkmaktadır.

Kalıp tasarımıda kullanılmakta olan çelik malzemenin ya da kullanılacak çeliğin bileşiminin bilinmesi zorunludur. Çeliğin kullanıldığı yerin hangi şartlara maruz kaldığı incelenir. İncelemeler sonunda çeliğin bileşiminde gerekli olan elementler tespit edilmelidir.

Bunun yanı sıra kalıp parçalarının çelik seçiminde yalnızca çelikleri ve bileşimlerini tanımak yeterli olmayacaktır. Göz önüne bulundurulması gereken dökülecek plastik malzemenin özellikleri, kalıp boşluğunun yapılması, kalıp malzemelerinin tipleri, kalıp aşınması, kalıp bakımı, kalıp çeliklerinin karakteristikleri, ısı işlemlere tepki, korozyon ve aşınma direnci, kaynak yeteneği, ekonomik oluşu ve kalıp ömrüne etkileri gibi kavramlarında incelenip en uygun daha doğrusu, tüm bu özelliklere en çok karşılık verebilen çeliğin tespiti çok önemlidir. Böylece en uygun çelik seçilmiş olacak ve kalite, kullanılabilirlik, kalıp ömrü v.b. kavramlar uygulamaya girmiş olup ekonomik kazançta artmış olacaktır.

## **1. BÖLÜM - KAYNAK ÖZETLERİ**

Kalıp malzemelerinin sınıflandırılabilmesi için öncelikle malzeme özelliklerinin ve üretiminin bilinmesi gerekmektedir. İyi bir kalıp için en önemli faktörlerden biri de doğru malzeme seçimi olmakla beraber kalıbın verimli çalışması ve kalıp ömrü için en önemli etkidir.

### **1.1. Kalıpcılıkta Malzeme Seçimi**

Malzeme seçimindeki temel amaç, verilen soruna ve duyulan ihtiyacı karşılamaya yönelik kurgulanan tasarımı elde edebilmek için belirlenen çalışma koşulları altında çalışabilecek en uygun ve olabildiğince en uzun ömürlü malzeme seçmektir. Bu seçimini gerçekleştirmek içinde tasarım prosesinin adımlarına ve döngüsüne hakim olmak gerekir. Kısaca bu tasarım proses adımlarından bahsedecek olursak; ihtiyacın farkına varılması, verilen sorun ve ihtiyacın net tanımı, problemin tanımlanması, bilgi toplama (araştırma), çözüm önerisini belirleme, tasarımı gerçekleştirmeye yönelik araştırma, sistemin tasarlanması, kalite kontrol, imalat. Bu süreçlerde aktif rol alan tasarımcı ihtiyaca, üründen beklenen özelliklere, çalışma ve üretim şartlarını göz önünde bulundurarak en uygun malzemeyi seçmelidir (Aykol 1994).

#### **1.1.1. Malzeme seçiminin önemi**

AR-GE imal edilecek malzemenin ilk şekillendiği bölümdür. Bu bölümde imal edilecek malzemenin şekli, malzeme seçimi, mukavemet hesapları, imal yöntemleri oluşturularak geliştirilir.

Malzeme seçimi yapacak kişi proje ile ilgili aşağıdaki soruları göz önünde bulundurarak, imal edilecek malzemenin çalışma analizini ortaya koyabilir ve buradan kendisine en uygun malzemeyi seçebilir (Askeland 1998) .

a) Malzemenin asidik, sulu, yağlı vb. ortamlardan hangisinde çalışacağını bilmesi gerekir. Korozyona karşı önlem alınması için önemlidir.

b) Malzeme çok sıcak veya soğuk bir ortamda mı çalışacak? Isıya dayanıklı malzeme seçilmesi için önemlidir.

c) Malzeme nasıl bir kuvvet ortamında çalışacak? Çalışacağı ortamda çekme, basma, burulma, akma mukavemetine dayanımlı malzeme seçilmesi için önemlidir.

d) Malzemedен nasıl bir tokluk veya aşınma dayanımı bekleniyor? Isıl işlem yapıp yapılmayacağını tayini için önemlidir.

e) Malzeme iletken veya yalıtkan mı olması isteniyor?

f) Malzeme çalışma koşullarında maksimum ağırlık ölçüleri nedir?

g) Malzemedен nasıl bir yüzey isteniyor? Galvano, yani nasıl bir kaplama yapılacağını tayini için önemlidir. Yukarıdaki bu sorular çalışma koşullarına göre çoğaltabilir.

Tüm bu etmenlerin dışında tasarımcı kullanacağı malzemenin karakteristik özelliklerini, bulunabilirliğini (sağlanabilirliği), maliyetini ve ekonomisini de düşünmek zorundadır ve bu koşullarda karşılıklı bir dengenin kurulması şarttır (Askeland 1998) .

### **1.1.2. Malzeme özellikleri**

Malzeme seçiminde en uygun malzemelerin belirlenmesi daha öncede belirtildiği gibi tasarım sürecini tamamıyla yaşamaktan geçmektedir. Malzemenin hangi koşullarda ve ortamlarda çalışacağı saptandıktan sonra bu çalışmanın gerektirdiği mekanik özellikler belirlenmelidir. Örneğin bir yataklama yapacak bir parça için aşınma direnci çok önemlidir veya malzeme ısı işlem göreceksé tasarımcı mümkün olduğunca simetrik bir şekil çıkarmaya özen göstermeli ve malzemedé sertleşebilirlik çok önemlidir. Örneklerde de görüldüğü gibi malzeme özellikleri uygulama gerekliliğine göre gözden geçirilerek malzeme secimi yapılmalıdır.

### 1.1.3. Malzemelerin bulunabilirliği

Bu etmen diğerlerine nazaran daha çabuk ve kolay karar verilebilecek bir yapıdadır. Kullanılacak malzeme tasarımı gerçekleştiren firmanın stoklarında varsa bu firmaya kolaylık sağlamının yanında birde ileride olası bir sorunda malzeme tedarikinde karsılaşabilecek gecikmeler onlenir. Eğer malzeme stoklarda bulunmuyorsa firma piyasadan bunu tedarik edecektir. Bu noktada tasarımcı firma piyasayı tanımalı, malzeme alacağı firmaların minimum üretim miktarlarını ve malzeme teslim sürelerini bilmelidir. Diyelim ki istenilen elik 5 tondur. Bunu teknik açıdan üretebilecek bir küçük elik kurulusunun elindeki en küçük elektrik ark ocağı 25 ton kapasiteli ise anılan elik için başka hiçbir sipariş yok ise, elik şirketi 25 ton çeliği stoklarına geçirmeyi göze almayıp siparişi geri çevirebilir. Tasarımı yapılan parçanın bir bitirme programına (temrin programı) göre bitirilmesi gerekecektir. Bu bakımdan, yurt içinde teknik bakımdan utilebilecek olan çeliğin siparişi kabul edilse bile teslim süresinin tasarımı yapıla parçanın tasarımına uyması gerekir. Buna güzel bir örnek dövme parçalardan verilebilir. Olağan alışması içinde bir fabrikanın “retim programı” vardır. Yeni alınacak siparişler, bu üretim programını aksatmayacak biçimde onun içine yerleştirilir; ya da parça iş yapan küçük kuruluşta belli bir sıralamaya sokulacaktır. Hangi durumda olursa olsun kendi çalışma koşullarına göre bir teslim süresi vereceklerdir. Dövme parçalarda büyüklüğe ve diğer işlere bağlı olarak bu süre 3 ay ile 12 ay arasında değişebilir. Eğer teslim süresi kendi programımıza uymuyor ise elik seçiminde bu da kısıtlayıcı bir etmen olacaktır. Ayrıca piyasada sıkça kullanılan diğer bir yöntem ise makine yapacak firmaların büyük hurdacılardan malzeme (rneğin sac) tedarik etmesi, malzeme paslı olmasının dışında yenisinden pek farkı bulunmamaktadır (Aykol 1994) .

### 1.1.4. Malzeme maliyetleri

Malzemenin maliyeti; döküm, dövme vb. işlemler sırasında ürünün karmaşıklığına, tamlığına, utilecek toplam miktara ve ham madde fiyatına bağlıdır. Bir elemanın yapılacağı malzeme seçilirken toplam üretim maliyeti göz önüne alınmalıdır. Toplam maliyet, bütün bitiş operasyonlarını (makinede işleme, montaj, kontrol çalışmaları vb.) içerir. Eğer toplam maliyet beklentinin altında ve kesinlikle

gerekli ise daha pahalı bir malzeme kullanımı yoluna gidilebilir. Yüksek mukavemet, ısıya karşı direnç, paslanmaya karşı direnç gibi özelliklere sahip alaşımlar genellikle pahalıdır. Bunun nedeni alaşım katkılarının saflaştırılması ve alaşım proseslerinin yüksek maliyetidir. Alaşımlar sadece başka bir çözüm olmadığı durumlarda kullanılmalıdır. Genelde dikkatli bir tasarım yapılarak maliyeti daha düşük malzemeler kullanılabilir. Örnek olarak bir ürünün ağırlığının ve boyutlarının büyütülmesi bir sakınca teşkil etmiyorsa, daha iyi mukavemet değerine sahip pahalı malzeme kullanmak yerine, elemanların kalınlığını arttırmak mukavemet özelliklerini iyileştirip ucuz bir ürün elde etmek mümkündür. Benzer şekilde paslanma direnci yüksek fakat pahalı bir malzeme kullanmak yerine, yüzeyde yapılacak ve maliyeti daha düşük bir işlemlerle (örneğin kaplama, boyama vb.) düşük maliyetli ürün elde etmek mümkündür (Baydur 1999).

## 1.2. Demir ve Çelik Üretimi

İnsanoğlu demir ve çelik elde etmek için günümüze gelinceye dek pek çok yöntem geliştirmiştir. Kullanılan ilk yöntemde, odun kömürünün yakılması ile oluşan redükleyici karbonmonoksit gazı aşağıdaki reaksiyonda görüldüğü gibi demir cevheri ile tepkimeye girerek sonuçta demir elde edilmiştir. Bu reaksiyon  $Fe_2O_3+3CO \rightarrow 2Fe+3CO_2$  denklemi ile gösterilebilir (Anonim 2006)

1350’li yıllarda ilkel yüksek fırınlar kullanılarak pik veya ham demir üretilmeye başlanmıştır. 1800’lü yıllarda çelik üretiminde büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. Özellikle, 1855 yılında uygulanmaya başlanan Bessemer yöntemi ve daha sonra uygulanan Siemens-Martin yöntemi sayesinde çelik üretiminde büyük artışlar sağlanmıştır. Demir ve özellikle çelik üretiminde meydana gelen hızlı gelişmeler sonucunda endüstri devrimi gerçekteşmiş, üretim araçlarındaki niteliksel gelişmeler ile de teknoloji alanında da ileriye doğru adımlar atılmıştır. Günümüzde ise demir ve çelik sanayi sektörünün temel girdisi haline gelmiş, demir çelik üretimi ve tüketimi ülkelerin gelişmişlik düzeyinin bir ölçüsü olarak kabul edilmiştir.

Dünyadaki demir üretiminin %95’i yüksek fırın yöntemiyle gerçekteştirilmektedir. Yüksek fırınlar, kok tüketimini azaltmak ve günlük üretim kapasitesini artırmak amacıyla sürekli olarak geliştirilmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte artan çelik talebini karşılamak amacıyla büyük hacimli yüksek fırınlar yapılmış olup, bu fırınlarda günde 5000 tonluk üretime ulaşmıştır. Ham demir (pik) yüksek fırında üretilir. Bu işlem için demir cevheri, katkı maddeleri, yakıt ve hava kullanılır. Demir cevheri; demir oksitler, demir karbonatlar ile bunların içerdikleri  $SiO_2$ , Mn, P, S ve  $Al_2O_3$  gibi katkı maddelerinden oluşur. En önemli demir cevherleri aşağıda verilmiştir (Anonim 2006) .

**Hematit:** %40–60 Fe içerir ve kırmızı renklidir.

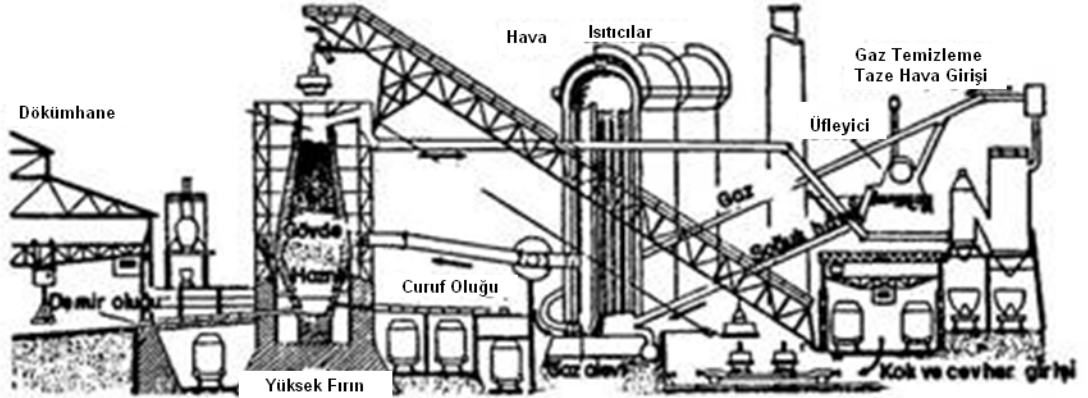
**Magnetit:** %50–70 oranında Fe içerir.

**Limonit:**%30–40 Fe içerir.

**Siderit:**%30–40 Fe içerir.

### 1.2.1. Yüksek fırında ham demir üretimi

Modern yüksek fırınların yapısında yükseklikleri yaklaşık 26,00m, taban haznesi çapı ise 9,00 m'dir. Yüksek fırınlar çelik saçların birbirine kaynak edilmesi ile inşa olunur. İçeriden de şamot tuğlalarla örülmüştür. Ayrıca duvarı 1 m. kalınlığı getirilerek kuvvetlendirilmiştir. Gövdenin soğutulması su ile olur. Gövde çevresine bu iş için soğutma plakaları yerleştirilmiştir. Taban haznesi de dıştan su ile soğutulur. Bütün fırın ayrıca çelik bir konstrüksiyonun içerisine yerleştirilmiştir. Sıcak hava, yüksek fırın gazı ve yüklemeye ait bütün donanımlar çelik yapı içerisinde yer alır. Çelik yapı tavanının ise, tamir ve montaj işlerinde kullanılmak üzere hareketli bir vinç yerleştirilmiştir. Şekil 1.1.'de yüksek fırının yapısı şematik olarak görülmektedir (Anonim 2006) .



Şekil 1.1. Yüksek Fırının Yapısı

### 1.2.2. Çelik üretimi

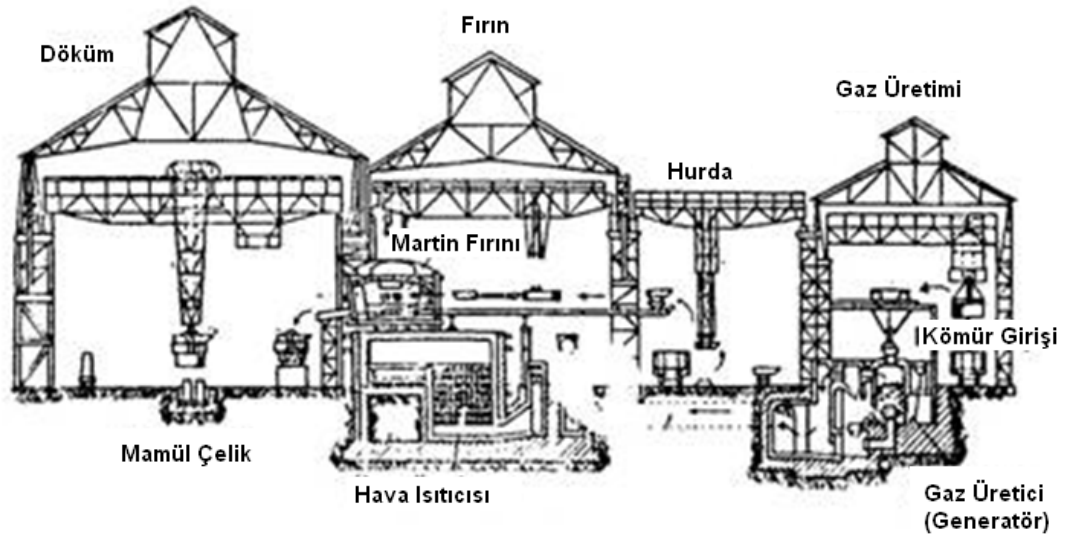
Alman DIN normuna göre çelik herhangi bir işlemde geçmeden dövülebilen ve genellikle 1,7%'den fazla karbon ihtiva etmeyen bir demir karbon alaşımıdır. Bu tarife göre ince kesitler halinde dövülebilen temper dökümü çelik sayılmaz. İstisna olarak 2% C ihtiva eden yüksek alaşımli çelikler, yüksek orandaki alaşım maddeleri nedeni ile çelik grubuna dâhildir.

Ham demir üretiminden çıktığında içerisinde büyük miktarda karbon, ayrıca kısmen de refakat elementleri bulunur. Bunlardan silisyum ve manganez 0,8%'den fazla olmamak şartı ile çelikte istenir. Kükürt ve fosfor ise, her oranda zararlıdır ve mümkün olduğu miktarda uzaklaştırılmalıdır (otomat çelikleri istisnadır).

Bütün çelik üretim usullerinde şu neticeye varılmaya çalışılır: Karbon miktarını istenilen değere düşürmek; demir refakat elementi olan fosfor ve kükürdü teknik ve ekonomik yönden mümkün olduğu kadar uzaklaştırmaktır. Demir refakat elementlerinin oksijene karşı olan afiniteleri, demire karşı afinitelerinden daha yüksek olduğundan; hava üflenerek ham demir içerisinden yakılarak çıkarılmaları mümkündür. Bu oksidasyon işlemine üfleme işlemi denilir. Oksidasyon için gerekli oksijen çeşitli şekillerde sisteme verilebilir.

- Hava üfleme usullerinde hava ile beraber;

- Fazla hava ile üretilen alevle beraber; siemens-martin usulü bu şekilde çalışır. Ayrıca firma cevher halinde demir oksit veya hurda da ilave edilerek, kimyasal olarak bağlanmış oksijen sıvı içerisine geçirilir. Şekil 1.2.'de Siemens Martin fırının yapısı şematik olarak görülmektedir.



Şekil 1.2. Siemens Martin Fırını



- Oksijen üfleme usullerinde saf oksijen olarak;

Oksijen ilk olarak, daha fazla miktarda bulunduğu için, demir ile reaksiyona girer ve demir oksit FeO teşekkül eder. Demir oksit demir içerisinde çözünür ve demir refakat elementleri ile reaksiyona girer.

Oksijen, demir oksitten demir refakat elementlerine geçer. Demir redüklenir, demir refakat elementleri oksitlenir. Şöyle ki:

- 1.)  $2\text{FeO} + \text{Si} \rightarrow \text{Fe} + \text{SiO}_2$  Cüruf
- 2.)  $\text{FeO} + \text{Mn} \rightarrow \text{Fe} + \text{MnO}$  Cüruf
- 3.)  $\text{FeO} + \text{C} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO}$  Baca gazı
- 4.)  $2\text{FeO} + \text{S} \rightarrow 2\text{Fe} + \text{SO}_2$  Baca gazı, cüruf
- 5.)  $5\text{FeO} + 2\text{P} \rightarrow 5\text{Fe} + \text{P}_2\text{S}_5$  Banyo içinde çözünür.

Ergitme banyosu içerisindeki iç hareketler ne kadar iyi olursa, reaksiyonların vuku bulması da o kadar hızlı olur. Üfleme usulünde üflenen hava sıvıyı karıştırma vazifesi de gördüğünden, reaksiyonlar çok çabuk oluşur. Thomas usulündeki kısa üfleme süresinin nedeni budur. Siemens-Martin usulünde banyo içinde hareket sadece eriyiğin kaynaması ile olur. Kaynama olayının nedeni 3 numaralı denkleme göre teşekkül eden karbon monoksit CO gazının yüzeye çıkmasıdır. Yeni geliştirilen çelik üretim usullerinde döner ergitme banyoları çalışılarak daha iyi bir banyo iç hareketi elde edilmektedir (Anonim 2006) .

1'den 5'e kadar olan reaksiyon denklemlerinden de görüldüğü gibi oksitlenen demir refakat elementlerinin en büyük kısmı cürufa veya baca gazlarına karışmaktadır. Sadece zararlı fosfor çelik içerisinde çözünmüş olarak kalmaktadır. Metal olmayan bir element olduğu için fosfor, bazik bir maddeye bağlanabilir. Bu nedenle fosforu eriyikten çıkararak kalsiyumtrifosfat halinde bağlayabilecek bazik bir cüruf teşkil ettirilmelidir. Kireç ilavesi ile bu tip bir bazik cüruf elde edilir. Ateşe dayanıklı fırın

tuğlalarının bazik cüruflla reaksiyona girip, ateşe dayanıklık özelliğini kaybetmemesi için, tuğlaların da bazik karakterde olması gerekir.

Silisyum elemanı I.reaksiyona göre oksit ( $\text{SiO}_2$ ) haline geldiğinden cürufa bazik bir karakter verir. Bu özelliğın ilave kireçle bazik hale dönüştürülmesi gerektiğinden ham demirde yüksek miktarda silisyum istenmez. Aksi takdirde fazla miktarda cüruf üretilmesi lazımdır.

Çok az fosfor ve kükürt ihtiva eden ham demir çeşitlerinin asidik cüruf ile üflenmesi ve ergitilmesi mümkündür. Bu elementler üfleme sırasında uzaklaştırılmazlar; zira asit teşkil edici maddeler asidik cüruflla reaksiyona giremezler.

**Alaşım Elementlerinin Etkisi:** Çelik malzemelerde belirli özellikleri (mekanik özellikler olabilir) elde etmek veya istenmeyen bir takım özellikleri azaltmak veya saptanmış miktarlarda bulunması zorunlu olan bileşenlere alaşım elementi, istenmediği halde cevher veya üretimden kaynaklanan ve bünyede bulunan elementlere ise empurite denir. Alaşım elementlerinin etkisiyle başka hiçbir malzemenin özellikleri çelikler kadar değiştirilemez. Öyle ki bu durum çelik malzemelerin, çok geniş alanda sınıflandırılmasını mümkün kılmıştır. Alaşım elemanlarının toplam miktarı % 5' den az olan çeliklere düşük alaşımli çelikler, alaşım elemanlarının toplam miktarı % 5' den yüksek olan çelikler yüksek alaşımli çelikler olarak tanımlanır. Alaşımatsız veya düşük alaşımli çeliklerden istenilen özelliklerin karşılanmaması durumunda yüksek alaşımli çelikler kullanılır. Bu tur alaşımlandırma normal sıcaklıklarda mekanik dayanımın artırılması yanında, öncelikle sığağa, tufalleşmeye ve korozyona dayanım, sıcakta sertlik, manyetlenmeme gibi bazı seçilmiş özelliklerin elde edilmesini amaçlar (Anonim 1983) .

Çeliklerde özellikleri etkileyen en önemli alaşım elementleri Çizelge 1.1'de görülmektedir.

Çizelge 1.1. Çeliklerde Bulunan Alaşım Elementleri

Silisyum (Si)	%0,3'e kadar tüm çeliklere ilave edilir. Oksijen uzaklaştırıcı etkisi vardır. Daha yüksek oranlarda çeliğin esnekliğini artırır.
Karbon (C)	Sertliği, aşınma dayanımını artırır, sünekliği düşürür.
Krom (Cr)	Çeliğin sertleşebilirliğini, aşınma dayanımını ve sıcaklığa mukavemetini artırır.
Mangan (Mn)	Sertleşebilirliği artırır, kükürdün zararlı etkisinin azaltır. Aşınma dayanımını artırır.
Molibden (Mo)	Sertleşebilirliği, aşınma dayanımını, sıcağa mukavemeti (sıcak iş çelikleri, yüksek hız çelikleri gibi) artırır.
Nikel (Ni)	Özellikle düşük sıcaklıklarda çeliğin tokluğunu artırır. Krom ile birlikte korozyon dayanımını artırır.
Wolfram (W) - (Tungsten)	Molibden'e benzer etkisi vardır.
Vanadyum (V)	Bazı oranlarda tane küçültücü görevi yaparak çeliği toklaştırır. Daha yüksek oranlarda aşınma dayanımını artırır.
Kobalt (Co)	Çeliğin sıcaklığa mukavemetini artırır. Bu yüzden sıcak iş çeliklerinde ve yüksek hız çeliklerinde kullanılır.

Bazı elementlerin analiz içerisinde mümkün olduğunca az olması gerekir. Oksijen, hidrojen ve azot gibi elementler çelik içerisinde boşluklar ve hatalar oluştururlar. Fosfor, kükürt, selen ve arsenik gibi diğer elementler ise çeliğin iyi özelliklerini azaltırlar. Çeliğin imalatı sırasında bu gibi elementlerin uzaklaştırılmasına çalışılır. Yeni imalat teknikleri ile bu işlem gittikçe kolaylaşmaktadır.

## 2. BÖLÜM – MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma bir literatür taraması olup, yöntem olarak mevcut tez, makale, yayın vb. dokümanların sistematik bir biçimde betimlenmesi, tasniflenmesi ve analizi ile hazırlanmıştır. Kalıp sektöründe kullanılan başlıca çelik türleri ise materyal olarak irdelenmiştir. İmalat ve kalıp sektöründe kullanılan başlıca çelik türleri aşağıdaki gibidir.

- Takım çelikleri
- Islah çelikleri
- Sementasyon çelikleri
- Yapı çelikleri

### 2.1. Takım Çelikleri

Metal ve metal dışı malzemelerin muhtelif yöntemlerle şekillendirilmesi veya doğrudan kullanım amacıyla şekil verilmesi işleminin ana malzemesi büyük oranda takım çelikleridir. Şekillendirme yada form verme maksadıyla kullanılan takım gruplarından, kullanım amacı ve koşullarına bağlı olarak birçok fiziksel ve mekanik özellikler beklenir. Söz konusu özellikler ana başlığı ile şöyledir. Yüksek aşınma direnci, yüksek çekme dayanımı, yüksek akma dayanımı, yeterli süneklik, yüksek darbe dayanımı ve yüksek setlik ve tokluk özelliği. Takım çelikleri dört grupta sınıflandırılır.

- Soğuk İş Takım Çelikleri
- Sıcak İş Takım Çelikleri
- Yüksek Hız Takım Çelikleri
- Plastik Kalıp Çelikleri

### 2.1.1. Soğuk iş takım çelikleri

Oda sıcaklığında çalışan kalıp ve takımlarda, yüksek sıcaklıklara dayanım gerekmediğinden, soğuk iş çelikleri çok iyi aşınma dayanımı ve tokluğu (darbelere karşı kalıbın formunu koruması ve kırılmalara karşı direnç) sağlayacak şekilde alaşımlandırılır. Piyasadaki kesme, bükme kalıpları, bıçaklar baskı makaraları, zımbalar, pres takımları, soğuk ekstruzyon takımları vb. soğuk iş takım çeliklerinden üretilir. Şekil 2.1. ve Şekil 2.3.'de soğuk iş takım çeliğinde üretilmiş parçalar görülmektedir (Kocak 2006) .



Şekil 2.1. Soğuk İş Takım Çeliğinden Üretilmiş Parçalar

Çok kullanılan soğuk iş çelikleri ve kimyasal bileşimleri Çizelge 2.1.'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Soğuk İş Çelikleri

Alman Malzeme No. - Kodu	AISI/SAE Karşılığı	Kimyasal Bileşimi								
		C	Si	Mn	Cr	W	Mo	V	Ni	Co
1.1730 - C45W		0,45	0,30	0,70	-	-	-	-	-	-
1.2067 - 102Cr6	L3	1,00	0,25	0,35	1,60	-	-	-	-	-
1.2080 - X210Cr12	D3	2,00	0,25	0,30	12,00	-	-	-	-	-
1.2210 - 115CrV3	L2	1,20	-	-	0,70	-	-	-	-	-
1.2363 - X100CrMoV51	A2	1,00	0,30	0,60	5,00	-	1,00	0,30	-	-
1.2379 - X155CrVMo121	D2	1,55	0,25	0,30	12,00	-	0,80	1,00	-	-
1.2436 - X210CrW12	D6	2,10	0,025	0,30	12,00	0,80	-	-	-	-
1.2550 - 60WCrV7	S1	0,60	0,70	0,30	1,00	2,00	-	0,20	-	-
1.2714 - 56NiCrMoV7	6F3	0,56	0,30	0,70	1,00	-	0,50	0,15	1,70	-
1.2721 - 50NiCr13	L6	0,50	0,25	0,50	1,10	-	-	-	3,30	-
1.2767 - X45NiCrMo4	-	0,45	0,25	0,30	1,40	-	0,20	-	4,00	-
1.2842 - 90MnCrV8	O2	0,90	0,30	2,00	0,40	-	-	0,15	-	-
1.3343 - (S 6-5-2)	M2	0,90	-	-	4,10	6,40	5,00	1,90	-	-



Şekil 2.2. Soğuk İş Takım Çelikleri

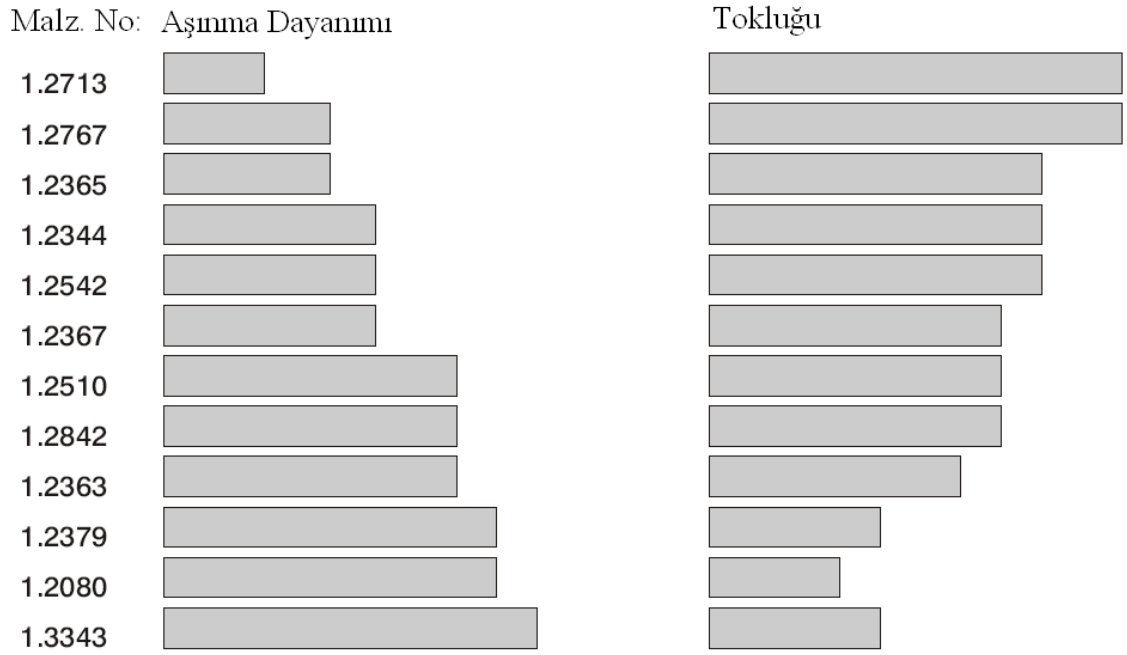
Soğuk iş çeliklerinde kullanım alanlarına göre, aşınma dayanımı veya tokluk çok önemli özelliklerdir. Sürekli aşınmaya maruz kalan kalıp veya takımlarda, tokluk özelliğine bakmadan yüksek sertliğe erişebilen çelikler tercih edilebilir. Bu kalıplarda darbe olmadığından tokluğu düşük olabilir. Fakat hem aşınma hem de darbenin olduğu kalıplarda, tokluğu da yüksek olan çelikler tercih edilmelidir. Aksi takdirde kırılmalar, atmalar yaşanabilir. Yüksek darbe ile çalışan kalın sac kesen makas ağızları, zımbalar veya soğuk makaslarda ise tokluk özelliği en ön planda gelir. Bu nedenle tokluğu yüksek olan çelikler (1.2767 gibi) tercih edilmelidir. Çeşitli çeliklerin aşınma dayanımı ve tokluk kıyaslamaları Çizelge 2.2.'de görülmektedir (Kocak 2006) .

Belli başlı kullanılan soğuk-iş malzemeler; DIN Normu Malzeme numarasına göre şunlardır. 1.2080, 1.2379, 1.2210, 1.2550, 1.2842, 1.2601, 1.2767, 1.1730.



Şekil 2.3. Soğuk İş Çeliğinden Üretilmiş Parçalar

Çizelge 2.2. Çeşitli Çeliklerin Aşınma Dayanımı ve Tokluk Kıyaslamaları



### 2.1.2. Soğuk İş Takım Çeliklerinin Sınıflandırılması

1.2739: Yüksek aşınma dayanımı ve yüksek tokluğa sahip olduğundan kesme ve ezme için çok uygundur. Orta kalınlıktaki malzemeler için zımba ve kesim parçalarında boru ve profil makaralarında kullanılır. Sac kalınlığı 6 mm' ye kadar olan saclarda hassas kesme kalıplarında makas bıçaklarında derin çekme kalıplarında kullanılır

1.2080: Yüksek aşınma dayanımı ve ısıtma sırasında boyutsal kararlılığı olan çeliktir. Sac kalınlığı 4 mm' ye kadar olan saclarda hassas kesme kalıplarında ağır iş kesme ve zımba parçalarında zımbalarda ve raybalarda kullanılır. Çekme gerilmesine dayanıksızlığı ve gevrekliği nedeni ile gittikçe daha az tercih edilmektedir.

1.2550: Darbe çeliği olarak bilinir. Kesici, pens, zımba ve matris malzemesi, ağaç işleme ve yontma bıçaklarında, basınçlı hava ile çalışan keskinlerde, desen kalıplarında, darphane kalıplarında ve 12 mm' ye kadar olan sacların kesilmesinde kullanılır.



1.2767: Sertleşebilirliği ve tokluğu yüksek çeliktir. Çatal kaşık kalıpları, kalın sacların kesilmesinde kullanılan bıçaklar ve makaslar, yüksek sertlikte yüksek tokluk özelliği gerektiren plastik ekstruzyon ve enjeksiyon kalıplarında kullanılır.

1.2436 : % 12 kromlu ledeburitik yapılı soğuk iş çeliğidir. Çok yüksek aşınma dayanımı vardır. 1.2080' e göre sertleşme kabiliyeti daha iyidir. Ağır iş kesme ve zımba parçalarında, kâğıt ve plastik bıçaklarında, derin çekme kalıplarında, zımba, rayba ve broşlarda kullanılır.

1.2842: Yağda sertleşebilen işlenmesi kolay yüksek sertleşme kapasitesi olan çeliktir. Cıvata sanayi için çapak alma takımları, kâğıt, mukavva gibi ince malzemeler için kesme bıçaklarında ve küçük boyutlu plastik kalıplarında kullanılır.

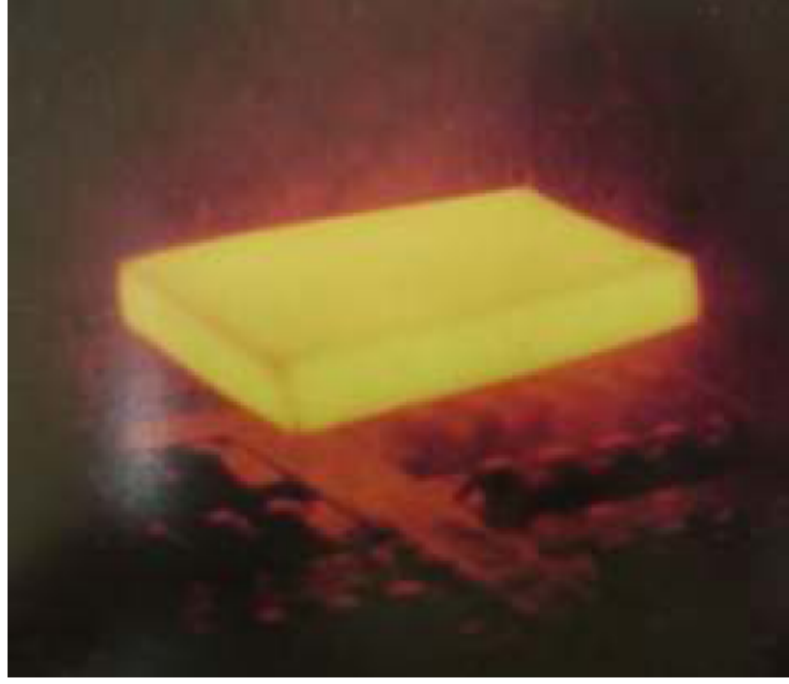
1.2210: Cr-V alaşımlı cıva çeliği olarak çeşitli pim imalatı, kılavuz pimleri ve matkap gibi kesici takım imalatında kullanılır, tokluk ve işlenebilirliği iyidir.

### 2.1.3 Sıcak iş takım çelikleri

Oda sıcaklığında şekillendirilemeyen demir, çelik ve diğer metallerin ısıtılarak şekillendirilmesi sıcak iş çeliklerine olan ihtiyacı doğurmuştur. Şekil 2.4.'de sıcak iş çeliği üretimi görülmektedir (Kocak 2006) .

Sıcak iş çeliklerinde aranan belli başlı özellikler;

- Yüksek sıcaklıkta mekanik özelliklerini koruyabilmesi (Sertlik, yeterli akma ve çekme dayanımı, yeterli temler direnci vb.),
- Yüksek sıcaklıkta aşınma dayanımlarının yüksekliği,
- Isı iletkenliğinin yüksekliği.



Şekil 2.4. Sıcak İş Çelik Üretimi



Şekil 2.5. Sıcak İş Çeliğinden Yapılan Plastik Enjeksiyon Kalıbı

Sıcak iş çeliklerinin başlıca kullanım alanları:

- 1- Enjeksiyon Döküm Kalıpları.
- 2- Ekstruzyon Kalıpları.
- 3- Dövme Kalıpları.
- 4- Kalıp ve Boru Presleri ve Aksamaları.
- 5- Delici Zımbalar ve Kalıplarıdır.

Belli başlı kullanılan sıcak-iş çelikleri ise şunlardır. 1.2344, 1.2343, 1.2365, 1.2367, 1.2714, 1.2581, 1.2606, 1.2713, 1.2885 (Kocak 2006) .

#### **2.1.4. Sıcak iş takım çeliklerinin sınıflandırılması**

1.2344: DYP bir süneklik ile birleşen yüksek sıcaklıkta aşınma dayanımını yitirmeyen bir çeliktir. Isıl şoklara karşı dayanımı, yüksek seviyedeki saflığı, homojenliği sebebi ile çok geniş bir kullanımı vardır. Yaygın olarak alüminyum gibi hafif metal alaşımları için ağır yükte çalışan sıcak iş kalıpları, metal ekstruzyon preslerinde yağ ve hava soğutmalı presleme ve delme mandrellerinde ve dövme kalıplarında kullanılır.

1.2343: Hafif metallerin enjeksiyon kalıplarında ekstruzyon presleri kalıplarında kullanılır. 1.2344' e göre ısı iletkenliği ve tokluğu daha iyidir.

1.2365: Yüksek sıcaklıkta sertliğini yitirmeyen yüksek ısı iletkenliği olan çeliktir. Ağır metal alaşımları için pres döküm kalıpları ve karışık iç burçları, presleme diskleri ve delme mandrellerinde kullanılır.

1.2714: Yağda ve havada sertleşebilen sıcak iş çelikler arasında en iyi süneklik gösteren çeliktir. Cam üretim proseslerinde ekstruzyon presleme için pres sapma başlığı form parça presleme takımlarında kullanılır.

### 2.1.5. Yüksek hız takım çelikleri

Yüksek hız çelikleri iyi sertleşebilirliğe sahip oldukları için, bunlardan yapılan takımlar tuz banyosunda veya havada bile sertleşebilirler. Yüksek hız çeliklerinin en genel uygulama alanı talaş kaldırma takımlarıdır. Yüksek sıcaklıklarda göstermiş oldukları yüksek mukavemetlerinden ötürü, yüksek hız çelikleri, sıcak iş takım çelikleri olarak (örneğin sıcak kesiciler ve somun imal eden sıcak zımbalama makinelerindeki zımba malzemesi) kullanılırlar (Kocak 2006) .

### 2.1.6. Yüksek hız takım çeliklerinin sınıflandırılması

1.3343: Kesme, delme, bükme, delik açma işlemlerinde kullanılan kalıp ve aparatlarının yapımında, delme işleminde kullanılan matkap uçlarının yapımında, testere ağızlarının üretiminde, broş, zımba ve kılavuz yapımında kullanılmaktadır.

1.3243: Yüksek kesme hızlarına sahip tüm kesme kalıplarında, özellikle matkap ucu ve broşlarda kullanılır. Yüksek kesme hızlarının ihtiyaç duyulduğu ve 1.3343' ün yetersiz kaldığı yerlerde tercih edilir.

1.3247: Genellikle freze, testere ağızı, matkap uçları, şerit testere ve kılavuz üretiminde kullanılmaktadır.

1.3207: Genellikle form verme takımlarında, kesici takım uçlarının üretiminde, kesme bıçaklarının ağızlarında ve zımba üretiminde kullanılmaktadır.

1.3208: Freze, yüksek hızlardaki form verme takımlarında, kesme işlemlerinde kullanılan takımların üretiminde kullanılmaktadır.

### 2.1.7. Plastik kalıp çelikleri

İmalat ve kalıp sektörünün kayda değer kullanım sahasına sahip çelik grubudur. Her türlü plastik bazlı malzemelerin muhtelif yöntemlerle şekillendirmesi bu grup çeliklerle mükemmel olarak gerçekleştirilmektedir. Plastik kalıp çelikleri, kullanılan plastik hammaddenin cinsine göre aşınmaya, basınca ve korozyona maruz kalırlar. Bu nedenle çok çeşitli plastik kalıp çelikleri geliştirilmiştir (Genç 2006) .



Şekil 2.6. Plastik Kalıp Çeliğinden Üretilmiş Kalıp

Plastik kalıplarından beklenen özellikler;

- Hızlı işlenebilirlik özelliği,
- Isıl işlem sırasında boyut değişiminin az olması,
- Parlaklık,
- Basınç dayanımı,
- Aşınma dayanımı,

Bu özelliklere göre, plastik kalıplarında kullanılan çelikler aşağıdaki sınıflarda incelenebilir.

1- Yüzeysel Sertleşen Çelikler

2- Ön Sertleştirilmiş Çelikler

3- Çekirdeğine Kadar Sertleşen Çelikler

4- Korozyon Dayanımlı Çelikler

5- Nitrasyon Çelikler

6-Kalıp Hamili Çelikler

#### **2.1.7.1. Yüzeysel sertleşen çelikler:**

Bu çelikler sementasyon gibi yüzey sertliğini artırıcı yöntemlerle sertleştirildiğinde, aşınmaya çok dayanıklı bir yüzey ve tok bir çekirdeğe sahip olurlar. Aşınma dayanımının yüksek olması gereken bazı plastik enjeksiyon kalıpları bu çeliklerden yapılabilir. Havada, yağda ve tuz banyosunda su verilebilir (Anonim 1990) .

#### **2.1.7.2 Ön sertleştirilmiş çelikler:**

Bu çelikler kullanım kolaylığı nedeniyle giderek daha çok talep görmektedir. Çoğu plastik kalıplarında 1100 N/mm<sup>2</sup> (350 HV) çekme kuvveti yeterlidir. Ön sertleştirilmiş çelikler bu sertlikte teslim edilir. 1.2312, 1.2738 bu tür çeliklerdendir. 1.2738 çeliğinin daha üstün özellikleri sebebi ile 1.2311 çeliği yavaş talep görmez hale gelmiştir. Çok kalın ölçülerde bile çekirdek sertliğini kaybetmemesi, ayna gibi parlayabilmesi ve desenleşebilmesi en önde gelen özelliklerdir. Ancak nikel içeriği yüzünden büyük kalıplarda işleme kabiliyeti iyi değildir. Büyük kalıplarda bu yüzden 1.2312 tercih edilir. İçerisindeki S (kükürt) ilavesi işleme kolaylığı sağlar. Parlaklık ve desenlere kabiliyeti 1.2738 kadar iyi değildir (Anonim 1990) .

#### **2.1.7.3. Çekirdeğine kadar sertleşen çelikler:**

Yüksek basınçların söz konusu olduğu plastik kalıplarında, basma mukavemetlerinin yüksek olması nedeniyle tercih edilirler. Yüzeysel sertleşen çeliklere göre avantajları sertliğin sadece yüzeyde değil, çekirdeğe kadar sürmesidir. Bu yüzden, çok aşındırıcı plastiklerin kalıplarında özellikle tercih edilir. Örneğin, 1.2767 çeliği

bakalit kalıplarında özellikle tercih edilirler. Çok iyi parlaklık desenlere özelliği vardır. 52 RC' ye serleştirilebilirler.

#### **2.1.7.4. Korozyona dayanımlı çelikler:**

PVC gibi kimyasal yollarla çelik üzerinde asit etkisi yapan plastiklerde kalıp çeliğinde “korozyon dayanımı” aranır. Cl (klor) gazının H (hidrojen) ile birleşmesi sonucunda meydana gelen HCL (hidroklorik asit) zamanla kalıpta oyuklaşmalara sebep olur. Bunun yanı sıra, değişik sıcaklıklarda çalışan işyerlerinde sık görülen yoğurma (kondensasyon) ve nemli ortamlarda de nemden kaynaklanan koroziif etki, paslanmaz çelik kullanımını arttırır. Bu nedenle çelik imalatçıları plastik kalıplarından beklenen diğer özellikle ilave olarak “korozyon dayanımı” olan çelikleri geliştirmişlerdir. Böylelikle kalıpları krom kalıpları krom kaplamaya gerek kalmaz. Soğutma kanallarında paslanma olmadığından maksimum soğutma verimi elde edilebilir (Anonim 1983).

#### **2.1.7.5. Nitrasyon çelikleri:**

Plastik enjeksiyon ve ekstruzyon makinelerinin vida ve silindirlerinde kullanılan çeliklerdir. 30 – 35 RC arasında bir sertlik değerinde ve doğrultulmuş olarak kullanıcıya teslim edilir. Özellikle 1.2891 ve 1.2307 çelikleri en çok kullanılanlardır.

#### **2.1.7.6. Kalıp hamili çelikler:**

Kalıp hamillerinde st' si (çekme dayanımı) garantili olmayan st37, st42 veya st52 kullanmak zamanla problemlere yol açmaktadır. Bu nedenle kalıp hamillerinde çekme dayanımı maksimum 65 kg/mm<sup>2</sup> olan 1.1730 çeliği daha çok tercih edilmektedir. Çizelge 2.3.'de kalıp elemanları için tavsiye edilen çelik türleri şekil 2.7.'de de plastik kalıp çeliğinden üretilmiş plastik şişirme kalıbı görülmektedir (Genç 2006).

Çizelge 2.3. Kalıp Elemanları için Tavsiye Edilen Çelik Türleri

<b>Kalıp Parçaları</b>	<b>Tavsiye Edilen Çelikler</b>
Vida	1.2307, 1.2379, 1.8550
Silindir	1.2344, 1.2307, 1.8550
Kafalar	1.2344, 1.2307, 1.8550
İtici Plaka	1.1730
Tutucu Plaka	1.2312
Kalıp Hamili	1.1730, 1.2312
Baskı Plakası	1.2379, 1.2842
İtici Pimler	1.2344



Şekil 2.7. Plastik Kalıp Çeliğinden Üretilmiş Plastik Şişirme Kalıbı



### 2.1.8. Plastik kalıp çeliklerinin sınıflandırılması

1.1730: Kalıp hamili olarak veya tabla olarak kullanılır. Platine veya demir gibi mekanik özelliklerin düşük olduğu malzemelerde genellikle yaşanan çekirdeğin oynaması, çapak oluşumu, hamilde ezilme gibi sorunlar bu çelik ile aşılabılır. Bu sorunları görerek kalıbı tek parça yapmak isteyenler için daha ekonomik bir çözümdür.

1.2311: Plastik ve basınçlı döküm sanayinde kalıp hamili ve bağlantı parçaları olarak kullanılır. 1.2312' e göre parlama özelliği daha iyidir. Yüzeyden merkeze inildikçe sertlikte düşüş olduğundan yerine 1.2738 çeliği geliştirilmiştir.

1.2312: Ayna parlaklığı gibi bir parlaklık derecesinin şart olmadığı kalıplarda 1.2738 yerine rahatlıkla kullanılabilir. Daha yüksek sertliklerin işlenmesi çok rahattır. 30-33 RC sertlikte teslim edilir. Daha yüksek sertliklerin gerektirdiği durumlarda alevle sertleştirme veya nitrasyon yapılabilir. Desenleşmeye uygun değildir.

1.2738: Ayna parkalığı elde edilebildiği 30-33 RC' ye sertleştirilmiş çeliktir. 1.2311 plastik kalıp çeliğinin yerini almıştır. Daha yüksek sertliğin gerekli olduğu durumlarda alevle sertleştirilebilir veya nitrasyon yapılabilir. Desenleşmeye çok uygundur.

1.2316: Korozif etkisi olan PVC gibi plastiklerin kalıplarında, sertleştirmeye gerek kalmadan kullanılabilen bir çeliktir. Tamamıyla paslanmaz olması gereken kalıplarda çekirdek olarak 1.2083, hamil olarak 1.2316 iyi bir ikili oluşturur.

1.2767: Aşındırıcı etkiye sahip bakalit gibi plastiklerin kalıplarında kullanılabilir. % 4 nikel içeriği sebebi ile serleştirilebilirliği çok yüksektir. Parlaklık kabiliyeti iyidir.

1.8550: Yine 30-33 RC' ye sertleştirilmiş, fevkalade nitrasyon sonuçlarının alınabildiği nitrasyon çeliğidir. Vida, kovan yapımında ve plastik kalıplarında çok iyi sonuç verir. 0,1 mm' ye varan nitrasyon derinliği ile bilinir.

1.2083: Korozyon dayanımı yüksek paslanmaz plastik kalıp çeliğidir. Harika sertliği ve parlatılabilirliği vardır. Korozyon etkisi olan PVC gibi plastiklerin kalıplarında kullanılır. Krom kaplamaya gerek yoktur. Çok iyi parlatılabilir. Tıbbi ve optik cihaz kalıplarında kullanılır.

## 2.2. Islah Çelikleri

Genel olarak ıslah çeliklerinden, yüksek dayanım ve süneklik birlikte istenir ve sertleştirildikten sonra yüksek sıcaklıkta menevişlenirler. Nispeten yüksek karbon oranlarına sahiptirler. (0,25 – 0,65 C) Bu çelikler metalürjik olarak yüksek aralıkta üretilirler, ayrıca kükürt miktarı belirli sınırlar arasında değişen, alaşımsız ve alaşımlı ıslah çelikleri de geliştirilmiştir. Kalın kesitlerde, yeterli sertleştirme derinliği ancak alaşımlı çeliklerde sağlanabilir. Islah çelikleri çok yönlü olarak kullanılabilir. Bunlardan, Yay Çelikleri, Nitrasyon Çelikleri, Alaşımsız TKB. Çelikleri, Yüksek Dayanımlı genel konstruksiyon çelikleri önde gelen bu grup çeliklerdir. Islah çeliklerinin genel sınıflandırılması ise;

- 1- Alaşımsız ıslah çelikleri,
- 2- Mangan alaşımlı ıslah çelikleri,
- 3- Krom alaşımlı ıslah çelikleri,
- 4- Krom-Molibden alaşımlı ıslah çelikleri,

şeklinde yapılabilir (Anonim 1983).

Ayrıca bu çelikler, sertleştirilebilirlik, derecelerine göre düşük, orta ve yüksek sertleşebilir olarak gruplanır. Islah çelikleri, ıslah işlemi sonunda kazandıkları üstün mekanik özelliklerinden dolayı çeşitli makine ve motor parçaları, dövme parçaları, çeşitli miller, muhtelif yaylar ve yay özelliği beklenen aksamlar, dişli miller ve akslar, kumanda ve tahrik parçalarında kullanılırlar. Kullanılan belli başlı ıslah grubu çelik malzeme numaraları; C 4140, C 4135, C 5140, C 4130

### 2.3. Sementasyon Çelikleri

Sementasyon çelikleri, yüzeyde sert ve aşınmaya dayanıklı, çekirdekte ise daha yumuşak ve tok özellik istendiği, değişken ve darbeli zorlamalara dayanıklı parçaların imalinde kullanılan, düşük karbonlu, alaşımsız ve alaşımlı olarak çeşitlendirilen çeliklerdir. Parçaya bu özelliklerin kazandırılması, çelik yüzeyine, belli derinliklere kadar karbon emdirilmesi suretiyle olur. Sementasyon çelikleri; dişliler, miller, dişli miller, zincir dişliler, kılavuz yatakları, merdaneler vb. parçaların imalinde etkin olarak kullanılırlar. Belli başlı türleri; C 8620, C 4120, C 5120 vb.

### 2.4. Yapı Çelikleri

Genel yapı çeliği, çekme dayanımı ve akma sınırı ile tanımlanan ancak biçimlendirme (ısı işlemi uygulanmamış) suretiyle yapılan ve normalleştirme tavı uygulanmış veya uygulanmamış durumdaki alaşımsız ve az alaşımlı çeliklerdir. Burada üst yapı, yol, kanal, köprü vb. inşaat işlerinde kullanılan yukarıda verilen tanıma uygun şekilde imal edilen çelik profiller, çubuklar, (Beton çelik çubukları ve hasırları hariç) teller, levhalar, şeritler, kalın ve orta kalınlıktaki saclar ile yarı mamul ve dökme parçaların yapımında kullanılan çelikler ele alınmaktadır. Muayene ve deneyleri TS2162' ye göre yapılır (Anonim 1983).

### 2.5. Çelik Standartları ve Simgeleri

Çelikleri belli soy, tür ve bölümlere ayırarak tanıyabilmek için; sayı, harf gibi işaretler kullanımına simgeleme denir. Başlıca simgeleme standartları;

#### 2.5.1 SAE / AISI Standartları

En çok kullanılan sistemler arasında olup, kimyasal analiz esasına dayanır.

1' den 9' a kadar 4 veya 5 basamaklı sayı sistemleri kullanılır. Sistemin ilk iki rakamı: çelik sayısını, Son iki rakamı: C değerinin 100 katını gösterir.

Örnek:

1040 simgesinde

10: Karbon çelik türü,

40: Karbon yüzdesi %0,40 manasına gelir.

Özel nitelik belirtmek gerekirse başa H gibi (sertleşebilir güvenceli) harfler getirilir.

Örnek: 1541 H gibi

Kurşun veya bor ilavesinde (L) veya (B) harfi belirtilir.

### **2.5.2 DIN Standartları**

- Alaşımız çelik simgeleri:

Çelik mil çekme mukavemeti esas alınarak; Başa st getirilir. st42 gibi. Ayrıca C % başına C getirilir.

Örnek:

C 45 – C 35 gibi

Ayrıca özel nitelikleri belirtmek üzere:

(f) : İndiksiyonla sertleştirilmeye uygun. Örnek: Cf 53

(k): Kükürt ve fosforu sınırlı. Örnek: Ck 45 gibi

(q): Soğuk dövme müsait. Örnek: Cq 35

Alaşımli çeliklerin simgesi

- Düşük alaşımli çelikler:

Cr, Co, Mn, Ni, Si, W = X 4

Mo, V, Al., Pb = X 10

C, S, P = X 100

gibi çarpanlar esas alınarak tanımlanır.

Örnek:

42 Cr Mo 4

42 : C yüzdesi 0,42

4 : 4 = 1 (Cr yüzdesini) ifade eder.

-Yüksek alaşımlı çelikler:

Baş (x) getirilir ve son rakamlar herhangi bir katsayıya bölünmeden direkt yüzdesini gösterir.

Örnek:

X 20Cr 13

C yüzdesi 0,20, Cr yüzdesi 13

### 2.5.3. DIN' e göre Malzeme Numarası

Malzemeyi tanımlamak için 5 rakamdan oluşan bir sayı dizisi kullanılır (Şen ve Özçilingir 2004).

1. XXXX (1. Devamlı çelik manasına gelir.)

İlk 4 rakam çeliğin türünü belirtir. Bu rakamların ilk ikisi belirleyici özelliktedir. Diğer ikisinin bir özelliği yoktur.

00: Ticari elikler

20 – 2a: Takım elikler

35: Rulman elikleri

40 – 4a: Paslanmaz elikler

Örnek:

1.2080, 1.4021 gibi.

### 3. BÖLÜM – ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Günlük hayatımıza girmiş ve hayati önemi oldukça fazla olan parçaların büyük bir bölümü plastik maddelerden üretilmektedir. Başlı başına bir sanayii kuruluşunu oluşturan hacim kalıpcılığıyla plastik maddelerden hafif metallere ve çelik malzemelerden arzu edilen biçim ve boyutlarda pek çok parçaların üretimi yapılmaktadır. Bu parçalar mutfak eşyası elektrik ve elektronik otomotiv ve makine sanayiinde büyük bir boşluğu hızla doldurmaktadır. Görüldüğü gibi günlük yaşantımızın büyük bölümünü kaplayan malzemelerin çoğu kalıplar ile üretilmektedir. Bu da kalıp teknolojilerinin ve kalıp malzemelerinin önemini her geçen gün daha da arttırmaktadır.

#### 3.1. Plastik Hacim Kalıpcılığı

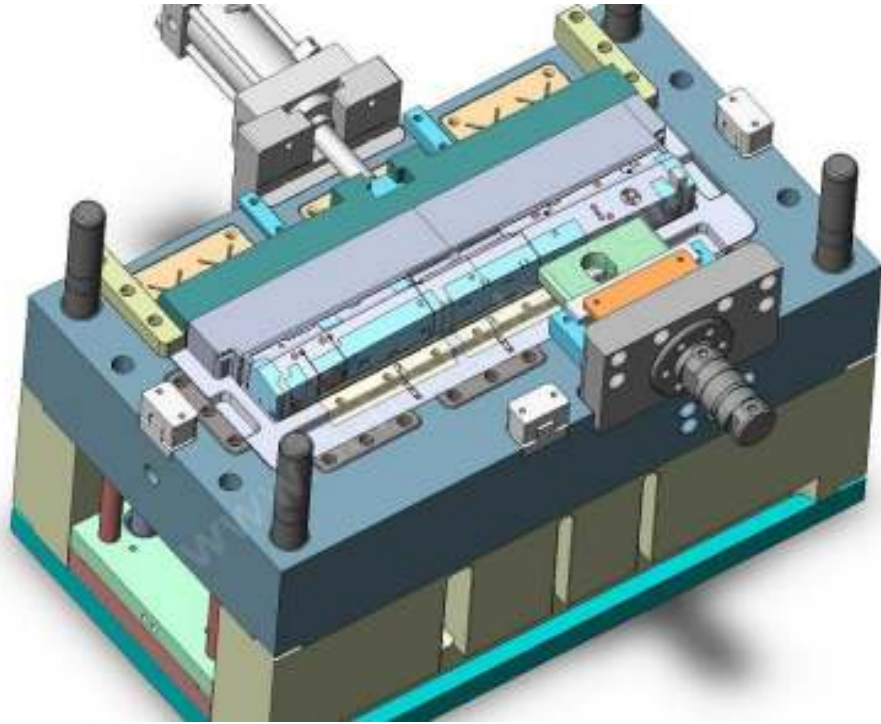
Hacim kalıpcılığıyla kalıp boşluğunu değişik malzemelerden çeşitli metotlarla doldurmak suretiyle istenilen ölçü ve biçimdeki parçaların üretimi amaçlanmaktadır. Kalıplanacak parça boyutlarına uygun hacim (kalıplama) boşluğu bulunan ve herhangi bir kalıplama metoduyla parçanın üretimi içeren meslek dalına da hacim kalıpcılığı denir. Şekil 3.1.'de plastik palet üreten bir plastik enjeksiyon kalıbı görülmektedir (Genç 2006).



Şekil 3.1. Plastik Enjeksiyon Kalıbı (Plastik Palet)

Hacim kalıplarıyla seri üretim sağlanmakta, artık malzeme miktarı en az düzeye indirilmekte, kalıplanan parçaya özlülük kazandırılmakta, işçilik ve parça maliyeti düşürülmektedir. Şekil 3.2.'de de görünen 3 boyutlu tasarım programlarıyla tasarlanan kalıplar ile üretim verimliliği arttırılmaktadır.

Hacim kalıpcılığı, kalıplanacak malzeme ve kalıplama metotlarına göre üç ana gruba ayrılır. Plastik hacim kalıpcılığı, Basınçlı döküm hacim kalıpcılığı, Sıcak dövme hacim kalıpcılığı. Plastik hacim kalıpcılığında ham madde olarak düşük sıcaklıkta eriyebilen çeşitli plastik malzemeler kullanılmaktadır. Düşük sıcaklıkta eriyebilen plastiklerden mutfak eşyası, çocuk oyuncakları, elektrik, elektronik ve otomotiv sanayiinde kullanılan pek çok parçalar hacim kalıplarıyla üretilmektedir. Plastik malzemelerden yapılan parçaların arzu edilen kalite ve özellikte olabilmesi için, kalıp yapımıcısına büyük sorumluluklar düşmektedir. Çünkü kalıplanacak parçanın malzemesi ve özellikleri, kalıplama metodu, kalıplama tezgâhı, kalıp tasarımı ve yapımını içeren mesleki öncelikle bilinmesi gerekmektedir.



Şekil 3.2. 3 Boyutlu Tasarım Programıyla Hazırlanmış Plastik Kalıp Tasarımı



Tasarımı iyi yapılmış ve konstrüksiyon hatası bulunmayan plastik hacim kalıplarıyla yapılan üretimin sağladığı faydaları aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz. Üretim oranı yüksek, Seri üretimi kolay, Her parça için sarf edilecek işçilik az, kalıplama işleminin otomatik hale gelmesi kolay, Üretilen parçaların yeniden işlenmesi gereksiz, arzu edilen yüzey kalitesi, renklendirme ve bitirme işlemlerine uygun, iyi bir dekorasyon işlemine tabi tutulabilmesi, değişik biçim ve boyutlardaki parça üretiminin ekonomik oluşu, diğer metotlarla üretilemeyen çok küçük parçaların üretim kolaylığı, yolluk, dağıtıcı ve giriş kanallarında meydana gelebilecek hataların giderilmesindeki kolaylık, bazı hallerde kalıplama tezgahı ve kalıbı değiştirmeden farklı plastik malzemelerin kalıplanabilmesi, üretim süresince kalıplanan parça ölçülerinin istenilen sınırlar içerisinde tutulabilmesi, kalıplanan plastik malzemeler içerisine metal veya metal olmayan (taşıyıcılar) parçaların yerleştirilebilmesi, plastik malzeme içerisine kireç, karbon, asbest, cam tozu, odun talaşı ve benzeri dolgu maddeleri karıştırılarak kalıplanabilmesi, çekme dayanımı yüksek, korozyona karşı dayanıklı, renkli olabileceği gibi şeffaf olarak plastik parçaların kalıplanabilmesi ve benze özellikteki faydaları vardır (Genç 2006).

Sakıncalı yönlerini de şu şekilde sıralayabiliriz:

Kalıp maliyeti yüksektir. Kalıp yapımında kullanılan takım ve tezgâhlar çok pahalıdır. Bazı hallerde üretimin kontrolü güçtür. İyi bir kalıp tasarımcısının yetiştirilmesi kolay değildir. Hatalara neden olabilecek temel bilgilerin eksikliği ve benzeri sakıncaları vardır.

### 3.2. Plastik Hacim Kalıpcılığı İçin Malzeme Seçimi

Kalıp tasarımıda kullanılmakta olan çelik malzemenin ya da kullanılacak çeliğin bileşiminin bilinmesi zorunludur. Çeliğin kullanıldığı yerin hangi şartlara maruz kaldığı incelenir. İncelemeler sonunda çeliğin bileşiminde gerekli olan elementler tespit edilmelidir.

Bunun yanı sıra kalıp parçalarının çelik seçiminde yalnızca çelikleri ve bileşimlerini tanımak yeterli olmayacaktır. Göz önünde bulundurulması gereken dökülecek plastik malzemenin özellikleri, kalıp boşluğunun yapılması, kalıp malzemelerinin tipleri, kalıp aşınması, kalıp bakımı, kalıp çeliklerinin karakteristikleri, ısıl işlemlere tepki, korozyon ve aşınma direnci, kaynak yeteneği, ekonomik oluşu ve kalıp ömrüne etkileri gibi kavramlarında incelenip en uygun daha doğrusu, tüm bu özelliklere en çok karşılık verebilen çeliğin tespiti çok önemlidir. Böylece en uygun çelik seçilmiş olacak ve kalite, kullanılabilirlik, kalıp ömrü v.b. kavramlar uygulamaya girmiş olup ekonomik kazançta artmış olacaktır. Şekil 3.3.'de piyasada kolaylıkla bulunabilen hazır kalıp setleri görülmektedir (Kocak 2006).



Şekil 3.3. Hazır Kalıp Setleri

Plastik hacim kalıpları için malzeme seçimine etki eden başlıca faktörler şöyle sıralanabilir:

- 1) Kalıplanacak plastik tipi.
- 2) Kalıplama yöntemi.
- 3) Kalıplanacak parçanın dizaynı.
- 4) Kalıplanacak parçanın dizaynı.
- 5) Maliyet.

Kalıp malzemesi ile ilgili faktörler:

- 6) Mekanik dayanımı.
- 7) Aşınma dayanımı.
- 8) Korozyona direnç.
- 9) Termal iletkenlik.
- 10) Tokluk veya güçlülük.

Kalıp imalatı ile ilgili faktörler:

- 11) Sertleşebilme kabiliyeti.
- 12) Isıl işlemde boyutsal denge.
- 13) İşlenebilme.
- 14) Kaynak yapılabilme.
- 15) Parlatılabilme kabiliyeti.
- 16) Temin edebilme.

### 3.3. Kalıp Malzemeleri

Kalıp yapımında kullanılan malzeme takım çeliğidir. Çelikler kalıp içindeki yerlerine, üstlendikleri fonksiyona ve maruz kaldıkları yüklenmelere ve aşınmalara göre istenilen özelliklere sahip olmak zorundadır. Çizelge 3.1 'de kalıp üretiminde sıkça kullanılan çelikler, sahip oldukları sertlikle beraber gösterilmiştir (George ve Robert 1986).

Çizelge 3.1. Kalıp Üretiminde Kullanılan Başlıca Çelikler

No	Özellik	Gösteriliş Şekli	AISI Malzeme No	DIN No	Sertlik (RC)
1	Ön Sertleştirilmiş	4140	1.7725	42CrMo4	30-35
2		P20	1.2330	40CrMnMo7	30-35
3	Ön Sertleştirilmiş Paslanmaz Çelik	420SS	1.2083	X42Cr13	30-35
4	Karbürleşmiş Çelik	P5			59-61
5		P6	1.2735		58-60
6	Yağda Sertleştirilmiş	O1	1.2510	106WCr6	58-62
7	Havada Sertleştirilmiş	H13	1.2344	X40CrMoV51	49-51
8		A2	1.2363	X100CrMoV51	56-60
9		D2	1.2379	X155CrVMo121	56-58
10	Paslanmaz Çelik	420SS	1.2083	X42Cr13	50-52
11	Yüksek Hız Çeliği	M2	1.3343	S-6-5-2	60-62
12	Berilyum - Bakır	BeCu			28-32

Kalıp malzemelerinin maliyeti (çelikler, Bakır elektrotlar, Karbon elektrotlar, BeCu vb.) toplam maliyetinin yaklaşık olarak %10-15 arasındadır. Malzeme maliyetinden tasarruf sağlayabilmek için kullanılacak malzemelerden bir derece altında yer alan başka bir malzeme seçilerek sağlanabilir. Fakat kalıbın uzun süreli çalışması söz konusu ise kalıp malzemesinden tasarrufa gitmek, aslında daha pahalı bir maliyet tablosu çıkaracaktır. Bu her zaman en pahalı malzemenin kullanılması anlamına da gelmez. Tasarımcı kalıbın ömrünü, ortalama kalıp maliyeti, işletme süresi vb. kriterleri göz önünde bulundurarak, kendi deneyimlerinden yararlanarak, kalıp malzemesi seçimine gitmelidir.

Kalıp tasarımında her zaman, bir bölümde kullanılacak malzeme için belirli bir seçim söz konusu değildir. Bu daha çok kalıpcının kendi deneyimlerine ve işletmenin elindeki stoklara bağımlı bir durumdur.

#### **3.4. Malzeme Seçiminde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar**

Kalıp malzemesi maliyet olarak kalıp işçiliğinin yanında çok az yer tutmasına rağmen, uygun malzeme seçimi kalıbın ömrünü arttırdığı gibi işçiliği de azaltır. Kalıp malzemesinden istenen özellikler; kolay işlenebilirlik distorsiyona uğramadan sertleştirme, aşınmaya dayanıklılık, sert ve tok bir yapıda olması, kaynak edilebilmesi, korozyon dayanıklılığı özelliklerinin, özellikle bozulma sonucu korozif gazlar çıkaran bazı polimerlerin kalıplandığı yerlerde iyi olması gibi. Malzemenin içindeki gerilmelerden, ısı işlem sonrası distorsiyona uğrayıp şeklinin bozulması en şikâyet edilen sorunlardan biridir. Malzeme seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlardan bazıları; kullanılacak hammadde türü, enjeksiyon şartları, plastik parça boyutları, üretilecek ürün sayısı, ön görülen kalıp maliyetidir. Enjekte edilecek plastik hammadde özellikleri, kalıp malzemesi seçiminde önemli faktörlerden biridir. Termoset plastikler ve plastiğe ilave edilen cam lifi gibi dolgu malzemeleri aşındırıcı etkiye sahiptir. Ayrıca kimyasal bozulmaya uğrayan bazı plastikler korozif özellikler gösterirler. Kullanılacak kalıp malzemesi bu olumsuzlukları karşılayacak nitelikte olmalıdır.

### 3.5. Kalıp Malzemeleri İle Etkileşim İçinde Olan Faktörler

Kalıp imalatı için malzeme seçimi yapılırken dikkate alınması gereken faktörler aşağıdaki gibidir.

1. Tasarım
2. İşleme
3. Taşlama

#### 3.5.1.Tasarım

Kalıp ve takımların tasarımı, ekonomik olarak üretilmesi ve kullanılması çok önemlidir. Üretilen parçanın şeklinden başlayarak, mümkün olduğu kadar fazla üretime imkan verecek şekilde bir tasarım yapılmalıdır. İdeal bir takım çeliğinden yapılmış, uygun ısı işleminden geçmiş bir kalıp, tasarım hatalı ise ısı işlem sırasında bile kırılabilir. Zaman kaybını önlemek ve maliyetleri düşük tutmak için bir tasarım şarttır. Kalıbı oluşturan parçalar, çalışma koşulları göz önünde bulundurularak ayrı ayrı değerlendirilir.

- Hangi parçalar esnek olmalıdır?
- Çalışma koşullarına göre parçaların korozyona ne kadar dayanıklı olması gerekir?
- Parçada aşınma mı, yoksa darbe mi ön plandadır?
- Keskin köşeler var mı? Nasıl sakınabiliriz?

**Çentik Etkisi:** Keskin köşeli veya ani kesit değişiklikleri içeren kalıp veya takımlar, periyodik yükler altında bu değişikliklerin çentik etkisi yaratmasından dolayı tehlike altındadır. Yazı veya desen kalıpları gibi çentikler içeren kalıpları durumları daha da kritiktir. Bu gibi kalıplarda özellikle kesit değişimlerinin başladığı noktalarda çatlama başlar. Sertlik arttıkça risk daha da artar. Sertliğin yüksek olması gereken kalıplarda köşeleri ve kenarları işlerken daha büyük radyuslar seçilmelidir.

**Isıl İşlem Açısından Tasarım:** Isıl işlem sırasında, gerek çeliğin içerisindeki yapısal dönüşümlerden kaynaklanan gerilmeler, gerekse de çeliğin yüzeyi ile merkezi

arasındaki sıcaklık farklılıkları iç gerilmeler oluşturur. Bu gerilmeler çeliğin çatlama veya kırılma riskini artırır. Eğer “Gerilim giderme tavlama” yapılmadı ise, bu risk daha da artar. Tasarımcı mümkün olduğunca simetrik bir şekil çıkarmaya özen göstermelidir. Üretilecek parçanın hacmi arttıkça kalıpta bir alt parça oluşturmanın gerekliliği üzerinde düşünülmelidir. Böyle bir tasarım aşınan veya hasar gören parçaların hızlı bir şekilde değiştirebilme avantajını ortaya çıkarır (Tekin 1984).

### 3.5.2. İşleme

Çelikler tornalama, frezeleme, planyalama ve taşlama gibi talaş kaldırma yöntemleri ile işlenirken, işleme yüzeylerinde kesici ucun sürtünmesi ve yüksek sıcaklıklara ulaşması yüzünden gerilmeler meydana gelir. Kalıbın şekline ve işlemenin miktarına bağlı olarak bu gerilmeler değişir.”Gerilim giderme tavlama”nın amacı bu gerilmeleri yok etmek içindir.

Kesme sırasında, mekanik olarak uygulanan hemen hemen tüm kesme kuvvetleri ısıya dönüşür. Bu yüzden mekanik işleme sırasında açığa çıkan ısı yayılımı ve kesici takımın ucundaki sıcaklık işlemede çok önemli etkenlerdir.

Talaşlı imalattan doğan gerilmeler ve ısı işlem sırasında meydana gelen iç gerilmeler malzemenin çekme dayanımını aşarsa, bükülme veya şekil değişikliği halinde çarpılmalar meydana gelir.

Erozyon İle İşleme: Bu yöntem, bir elektrodan ark etkisiyle çıkan kıvılcımın, işlenecek olan parçanın yüzeyindeki metali yakarak uzaklaştırmasıdır. Erozyon ile şekillendirmenin avantajı, çok miktarda aynı şekli verilecek takım veya kalıplarda veya sertleştirilmiş çeliklerin şekillendirilmesinde ortaya çıkar.

Ancak ekonomik avantajlarının yanı sıra, parça yüzeyindeki olumsuz etkileri de göz önünde bulundurulmalıdır. Aşağıdaki şekilde erozyon sonrası bir çeliğin yüzey kesidi görülmektedir. Görüldüğü gibi yüzeyden başlayarak; sıcaklığın etkisiyle çeşitli tabakalar meydana gelmiştir. Bu tabakaların toplam kalınlığı 30-50 mikrometre

arasındadır. Özellikle üstteki beyaz tabaka içerisinde mevcut mikro çatlaklar ve boşluklar takımın veya kalıbın erken kırılmasına yol açabilir. Akım yoğunluğunun elektrik ortamı, yüzeydeki gerilmelerin ve yeniden sertleşen tabakanın derinliğine doğrudan etki eder. Yüzeydeki gerilmeler, çeliğin orijinal menevişleme sıcaklığının 300°C altında yapılan bir gerilim giderme tavlama ile azaltılabilir. Erozyonun zararlı etkisini azaltmak için, işlem olduğunca düşük akımla bitirilmelidir. Yüzeydeki zararlı tabakalar gaz taşı ile veya ince taneli bir taş ile mutlaka alınmalıdır. Aşağıdaki şekilde erozyondan çıkmış yüzeyin taş ile yetersiz alınmasından kaynaklanan yüzey boşlukları görülmektedir. Bunların çoğu kez çeliğin yapısından kaynaklanan boşluklar olduğu sanılır. Oysa iyi bir taşlama ve parlatma ile bu boşluklar giderilebilir. Boşluklar tüm yüzey boyunca yayılır, fakat parlatılması güç olan bölgelerde görülür. Erozyon elektrodu olarak elektrik iletkenliği yüksek bakır elektrotlar seçilmelidir. Elektrolitik bakırlar tercih edilmemelidir. Çünkü içerisinde herhangi bir alışım elementi olmadığından, mekanik özellikleri son derece düşüktür. Oysa CuCrZr (bakır-krom-zirkonyum) bakır alaşımının hem sertliği yüksektir, hem de elektrik iletkenliği yeterlidir. Çok gözlü kalıplarda tecrübeye bağlı olarak 4,5,6 adet elektrolitik bakırdan yapılan elektrodun yaptığı işi bir adet CuCrZr'den yapılmış elektrod gerçekleştirebilmektedir.

### 3.5.3. Taşlama

Çok iyi bir yüzey ve yüksek ölçü hassasiyetinin elde edilebildiği bir yöntemdir. Dikkatsizce yapılan bir taşlama işlemi, sertleştirilmiş kalıp veya takımın çatlamasına sebep olabilir. İyi bir taşlama yapmak için uygun taş seçimi yapılmalı, yağlı taşlar kullanılmamalı, soğutucu sıvı yeterli miktarda ve kaliteli olmalıdır. Çeliğin sertliği yüksek ise, daha yumuşak taşlar seçilmeli ve daha düşük basınçla taşlama yapılmalıdır. Bol soğutucu sıvı ile taşlama yapılsa bile, taşın yanlış seçimi veya yüksek basınçlı taşlama, taşlama çatlaklarına yol açabilir. Yüzeydeki aşırı ısınmadan dolayı yumuşak bir yüzey de ortaya çıkabilir. Taşlama sonunda yüzeyde meneviş renkleri veya yanmış tabakalar bulunmamalıdır (Tekin 1984).



#### Genel Kurallar:

- Taşlanacak tabaka kalın ise: Kuru taşlamayı takiben yaş taşlama tavsiye edilir.
- Taşlanacak tabaka çok hızlı bir şekilde alınacaksa: Açık gözeli, kaba taneli taşlar tercih edilmeli.
- Daha düzgün bir yüzey isteniyorsa: Daha küçük taneli fakat daha yoğun yapıda taşlar kullanılmalı.
- Geniş alanları taşlamak için: Daha yumuşak ve daha kaba taneli taşlar seçilmeli.
- Küçük alanları taşlamak için: Daha sert ve daha küçük taneli taşlar seçilmeli.
- Sertliği düşük metalleri taşlamak için: Daha sert ve kaba taneli taşlar seçilmeli.
- Sert metalleri taşlamak için: Daha yumuşak ve daha ince taneli taşlar seçilmeli.

Yüzeyin pürüzlü olması, çalışma sırasında meydana gelen çekme ve basma gerilmeleri nedeni ile çeliğin mekanik özelliklerini zayıflatır. yüzey pürüzleri çelik içerisinde hızla çoğalıp çatlamalara ve kırılmalara yol açan mikro çatlakları arttırır. Örneğin bu şartlarda çalışan zımbaların yüzeyi çok iyi taşlanmalıdır.

### 3.6. Kalıplanacak Malzemeler

Kalıplanacak malzeme tipi, göz önüne alınması gereken ilk faktördür. Plastik malzemeler, başlangıçta, malzemelerin gerek enjeksiyon gerekse sıkıştırma kalıplanmasına uyarlanmasına bağlı olarak, iki önemli tip içerisinde mütalaa edilir. Keza plastik malzemeler, daha ileri şekilde, birbirlerinden farklı 7 grup içerisinde tasnif edilir. Plastik malzemelerin aşağı yukarı hepsi de ısıya, korozyona ve aşınmaya dayanıklı kalıp malzemeleri gerektirirler. Şekil 3.4.'de çeşitli plastik hammaddelerden üretilmiş plastik parçalar görülmektedir.



Şekil 3.4. Çeşitli Plastik Parçalar

Termoset plastikler için, kalıbın açılan yüzeyi çok önemlidir. Bütün termoset malzemeler aşındırıcı etkiye sahiptirler. Ancak odun talaşının (çok ince) dolgu maddesi olarak kullanıldığı genel amaçlı plastikler, termoset malzemelere kıyasla, daha az aşındırıcı etkiye sahiptirler. Örneğin, asbest, cam tozu, mika gibi dolgu maddesi ihtiva eden plastikler, darbelere dayanıklı plastikler ve ısıya dirençli plastikler gibi özel amaçlı plastikler aşırı derecede aşındırıcıdır. Gerçekten, bu şekildeki plastik malzemeler, bazen metal sacların, presleme yoluyla şekillendirilmesinde, kalıp malzemesi olarak kullanılırlar. Oldukça akıcı olan enjeksiyon – tip plastik malzemeler, benzer aşındırma problemi göstermezler. Bununla beraber, bu malzemeler korozyif olabilir. Ve neticede, kalıpların krom kaplanmasını veya özel çeliklerin kullanılmasını gerektirebilirler (Genç 2006).

### 3.7. Kalıp Boşluğu Şekillendirme Yöntemleri

Kalıp şekillerinin seçiminde, birinci derecede göz önüne alınması gereken diğer faktör, boşluk şeklinin meydana getirilmesinde kullanılacak yöntemdir. Kalıp malzemelerinin hemen hemen bütünü, talaşlı yöntemle kalıp boşluk formu verilebilir. Bununla, eğer ayrı ayrı imal edilen kalıp parçaları, ana kalıp bölgesine pres yolu ile montaj edilirse, bu durumda kalıp malzemeleri yumuşak malzemelerden (örneğin, düşük karbonlu çelikler) seçilir. Kalıp boşlukları basınçlı döküm yöntemiyle şekillendirildiğinde, berilyum bronzu bilinen tek kalıp malzemesidir. Kalıp boşluğu yapma yöntemleri; şekil, derinlik, alan ve kalıp bünyesinde ki boşluk sayısı ile tayin edilir. Kalıp bünyesindeki boşluk sayısı bir veya iki adedi geçmiyorsa bu durumda talaşlı imalat yöntemi tavsiye edilir. Kalıptaki boşluk sayısı arttıkça, presle montaj yöntemi, kalıp imalat maliyetini oldukça azaltır. Şekil 3.5.'de kalıp imalatında kullanılan CNC işleme merkezi görülmektedir (Anonim 1972).



Şekil 3.5. Kalıp İmalatında Kullanılan CNC İşleme Merkezi

### 3.8. Kalıp Malzemesi Tipleri

Çoğu plastikler, aşağıda belirtilen dört malzeme grubunun birisinden yapılarak üretilir.

- 1) Hazır sertleştirilmiş çelikler.
- 2) Yüzey sertleştirilmiş çelikler.
- 3) Tüm kesit boyunca sertleştirilen çelikler
- 4) Berilyum bronzları.

Keza, dökme demir, yumuşak çelik ve seyrek olarak alüminyum alaşımları, bazı plastikler için kalıp malzemesi olarak kullanılırlar

#### 3.8.1. Hazır Sertleştirilmiş Çelikler

Hazır sertleştirilmiş çelikler, sıkıştırma kalıpları için seyrek olarak, enjeksiyon kalıpları için geniş şekilde kullanılırlar. Bu çelikler, 32-36 Rockwell C (302-341 Bhn) sertlik aralığı civarında temin edilirler ve daha sonra her hangi bir ısıl işlem gerektirmezler. Keza bu malzemeler, sıkıştırma kalıplamasında, az sayıda üretim yapacak kalıplar için; enjeksiyon kalıplamasında televizyon maskı ve kapı pervazları gibi parçalar üreten geniş kalıplar için kullanılırlar. Bilindiği gibi, geniş kalıpların ısıl işlemi neticesinde distorsiyon (çarpılma) ihtimali büyük oranda artmaktadır. Hazır sertleştirilmiş çelikler, daha yüksek sertlikte kalıp malzemesi gerektiren naylon haricinde, çoğu termoplastik malzemeler için uygundurlar.

Kalıplanacak parçanın büyüklüğü, kalıp çeliği seçiminde önemli bir faktördür. Dizaynın giritfrigi, seçimle direk ilgili değildir. Yani dizayn, boşluk şekillendirme yöntemini etkiler. Boşluk şekillendirme yöntemi ise kalıp malzemesi seçiminde göz önüne alınması gereken başlıca faktörlerdendir.

### 3.8.2. Yüzey Serleştirilmiş Çelikler

Karbürasyon çelikleri, daha sert kalıp yüzeylerini gerekli olduğu ve ısıtılardan sonra meydana gelebilecek distorsiyona müsaade eden kalıp uygulamalarında kullanılır. Karbürasyon çelikleri gerek talaşlı imalat ve gerekse presleme montaj yöntemlerinin her ikisinde de kullanılır. Karbürasyon çelikleri gerek talaşlı imalat ve gerekse presleme ile montaj yöntemlerinin her ikisinde de kullanılabilirler. Alaşımli karbürasyon çelikleri plastik kalıpcılığında çok sık bir şekilde kullanılır. Bu çeliklerin kimyasal kompozisyonu, kalıbın büyüklüğüne ve boşluk şekillendirme yöntemine bağlıdır. Bu çelikler, karbürasyondan sonra, yüksek yüzey sertliğine sünek ve mukavemetle iç kesite (iç kesit mukavemeti, alaşım elementi miktarına bağlıdır) ve kafi darbe dayanımına sahiptirler.

Örneğin P6 gibi, yüksek miktarda krom ve nikel ihtiva eden alaşımli karbürasyon çelikleri, daha yüksek sertleşebilme kabiliyetine sahiptirler. Ve bunun neticesinde en iyi aşınma direnci gösterirler. Bu çelikler, ısıtılardan yapıldıkları zaman, tüm kesit boyunca sertleştirilen çeliklerden daha fazla boyutsal değişim gösterirler. Bu çelikler, distorsiyonun daha büyük olduğu daha geniş kalıp uygulamalarında, distorsiyonu asgariye indirmek ve termal şoku azaltmak için ekseriya havada sertleştirilirler. Örneğin boşluk boyutsal büyüklükleri 4\*6\*6 inç olan F6 çeliği, havada sertleştirildiğinde, yağda su verildiği halden, çok hafif daha yumuşaktır. Örneğin, küçük masa radyo kabineleri yapımında kullanılan ve P6 çeliğinden yapılan kalıplar, başarılı şekilde havada sertleştirilebilirler (Anonim 1983).

Eğer kalıp boşluğu talaşlı yöntemle işlenemeyecek derecede girift ise, bu durumda, presle montaj yöntemine uygun, kalıp çelikleri kullanılmalıdır.

### 3.8.3. Tüm Kesit Boyunca Sertleştirilen Çelikler

Yağda sertleştirilen takım çelikleri, ısıtılardan sonra meydana gelen distorsiyonun asgari seviyede ve ayrıca yüksek basma mukavemeti gerektiren uygulamalarda kullanılırlar. Bu çelikler, özellikle küçük boşluklar ve boşluk yapıcı ilave paçalar için kullanılırlar. Bu çelikler, daha geniş boşluklar ve geniş kalıp kesitleri için kullanıldığında, operasyon sırasında, başka malzemelerin dayak veya mesnet olarak kullanılmasını gerektirirler. Aksi halde kalıpta çatlamalar meydana gelebilir. Eğer parça oldukça geniş ve merkezler arasında hassas toleranslar gerektiren birçok deliklere sahipse, ısıtılardan sonucunda, çok az distorsiyona uğrayan A2 veya H2 çeliği kullanılmalıdır. 420 tipi paslanmaz çelik, tüm termoplastik malzemeler için, enjeksiyon kalıp malzemesi olarak yaygın bir şekilde kullanılır. Bu malzeme, özellikle vinil veya diğer korozif plastik malzemelerin kalıplanmasında oldukça elverişlidir. Bu malzemelerden yapılan kalıplar, korozif depolama şartlarına ve atmosferik korozyona karşı dirençlidirler. Keza, 420 tipi paslanmaz çelik, yüksek sertleşebilme kabiliyetine (kalın kesitler bile 45-50 Rockwell C sertlik aralığına kadar sertleştirilebilir) ve fevkalade aşınma direncine sahip olması sebebiyle, sıkıştırma kalıplaması içinde kullanılabilir.

### 3.8.4. Berilyum Bronzları

Berilyum bronzu, birim ağırlık başına yüksek metal maliyetine rağmen, özellikle oyuncak, heykel ve buna benzer parçalar için, enjeksiyon kalıpları olarak, gittikçe artan bir şekilde kullanılmaktadır. İyi bir şekilde uygulandığında bu kalıp malzemesi, çeliğe kıyasla muhtelif avantajlara sahiptir. Bir belirgin avantajı, bu malzemenin daha yüksek termal iletkenliğine sahip olmasıdır. Bu özellik tek bir plastik parça imalatı için geçen süreye (tek bir parçanın imalat periyodu) azaltır. Neticede berilyum bronz çelik kalıpların seçilen kısımların da veya tüm bir kalıp malzemesi olarak kullanıldığında, verimi azami %25 arttırır. Hassas boyutsal toleranslara sahip olmayan kalıplar, berilyum bronzundan, döküm yoluyla elde edilirler. Berilyum bronzlarına ısıtılardan

uygulandığında, hazır sertleştirilmiş çeliklere yakın bir sertlik elde edilir. Berilyum bronzları ayna parlaklığına kadar parlatılabilir ve daha iyi bir yüzey aşınması için krom kaplanabilir. Üretim sayısı az olan imalatlar hariç tutulursa, nispeten yumuşak olmaları sebebiyle, bu malzemeler, sıkıştırma kalıplaması için uygun değildirler.

### **3.9. Kalıp Malzemesinin Kalıp Ömrüne Etkisi**

“Kalıp ömrü” deyimini belirli bir kalıpta imal edilebilecek parçaların sayısına göre söylenir. Kalıp ömrünün tayinindeki en önemli ölçü; kalıp biçimi, iş parçasının dökümünde ve kalıp yapımında kullanılan malzemelerdir. Genellikle kayıtları, kamaları ve hareketli parçaları bulunan parçalar, birkaç kısımdan meydana gelmiş kalıplara nazaran daha çabuk iş yaparlar. Yüksek sıkma ve enjeksiyon basıncına ilaveten ısı değişimleri, kalıbın hareketli parçalarında aşınmayı artırır. Kalıplama malzemesinin özelliği kalıp ömrüne büyük etki yapar. Basınçlı kalıp döküm kalıplamada çinko için 320 °C alüminyum için 648 °C ve bakır için en yüksek 815 C sıcaklık kullanılmalıdır. Metal alaşımlar, bilhassa alüminyum ve bakır alaşımlar basınçlı kokil dökümde aşındırıcı olduklarından kalıbın ömrünü kısaltırlar. Sıkıştırma, iletme ve enjeksiyon kalıplamada kullanılan birçok plastik malzemelerde aşındırıcıdır ve kalıbın ömrünü kısaltırlar. Ekseriyetle kalıbın ömrü, birçok parçalarını değiştirmek, yeniden taşlamak ve iş parçasının istediği ölçü sınırları içinde kalmak suretiyle yeniden parlatmak suretiyle artırılır. Kalıp ömrünü uzun tutmanın en iyi yolu onu iyi kullanmak ve bakımını yapmaktır (Kocak 2006).

### **3.10. Kalıp Ömründe Aranılan Çelik Özellikleri**

Kalıpların uzun süre çalışması ve istenilen sonucu vermesi için çelik imalatçıları çeşitli amaçlarda kullanılmak üzere mükemmel çelikler imal etmektedirler. Her kalıbın yapımında kullanılan uygun çelik, o kalıbın yapacağı işe göre değişir. Her tipteki kalıbın ve parçaların uygulamalara göre özellikleri vardır. Genellikle kalıp malzemeleri kaliteli çeliklerdir. Bu çeliklerin içyapısında herhangi bir sakatlık olmaması, temiz bir yüz vermemesi ve kolayca işlenmesi, ısı işlemi sırasında çarpılmaması ve iyi parlatılabilmesi gerekir. Yukarıda sayılabilen özelliklere ek olarak ergime noktası

yüksek alaşımlarda kullanılan basınçlı döküm kalıplarında, düşük genleşme katsayısı, sıcaklık, sağlamlık, sıcak malzemenin aşındırma etkisine karşı direnç, bir kesitten diğerine geniş ısı değişikliği tutma kabiliyeti gibi aranan özelliklerinde kullanılırlar . Orta derecede karbonlu çelikler, her tip kalıplarda erkek (masa), dişi, destek ve bağlama plakalarının yapımında kullanılırlar.

Kalıplama alanının dışında kullanılan kayıt, kama, aşındırma plakaları gibi hareketli parçalar yağda sertleştirilen grafitli çelikten yapılırlar. Bu alaşımlı çeliğin içinde aşınmaya karşı direnç sağlayacak ve kalıbın hareketli kısımlarının ömrünü arttıracak grafit bulunur. Takıp çıkartmak suretiyle kolay değişebilecek olan giriş ve takma dağıtıcılar gibi fazla aşınan parçalarda ise özel alaşımlı çelikler kullanılır.

### **3.11. Kalıp Boşluğunun Yapılması**

Kalıp çelikleri seçiminde dikkate alınması gereken başka bir ana faktörde kalıp boşluğunun nasıl yapılacağıdır. Talaşlı işleme plastik döküm kalıp çeliklerinin hepsi için kullanılır. Ancak baskı metotları kullanılacaksa düşük karbonlu çelikler gibi yumuşak kalıp malzemeleri seçilmelidir. Basınçlı dökümle yapılacak kalıp boşlukları için kullanılacak tek kalıp malzemesi berilyum-bakırdır.

Kalıp boşluklarının yapılma metotları boşluğun şekli, derinliği, yüzey alanı ve sayısına bağlıdır. Yapılacak boşluk sayısı arttıkça baskı metodu talaşlı işleme metoduna göre önem kazanır ve ekonomi sağlar. Bir yada iki kalıp boşluğu işlenecekse talaşlı metotlar önemlidir. En yumuşak kalıp çeliklerinde bile, gerekli yüksek basınçlar dolayısıyla ,basılacak kalıp boşluğunun alan ve derinliği için limitler vardır. Basılacak boşluğun her santimetre karesinin her ilk santimetre derinliği için yaklaşık altı ton basınç gerekir. Bundan sonraki her santimetre derinlik içinde 20 ton basınç uygulanmalıdır.



### 3.12. Kalıbın Aşınması

Kalıpçının karşılaştığı en büyük problemlerden biri kalıbın aşınmasıdır. Kalıbın aşınmasını ve kalıbın ömrünü etkileyen faktörler kalıbın yüzey sertliği ve dökülen malzemenin aşındırıcı özellikleridir. Aynı ısıl işlemde geçirilmiş belirli bir tip çeliğin kalıp ömrü dökülen malzemenin tipine göre çok değişiklik gösterir. Aynı kalıp ömrü dökülen malzemenin tipine göre çok değişiklik gösterir. Aynı kalıp malzemesinde akrilik, vinil ve naylonla yapılan döküm deneylerinde büyüklük ve şekil yönünden birbirlerine çok benzer parçalar dökülmüş ve yüksek döküm sıcaklığı dolayısıyla en büyük hasar naylonda, sonra vinillerde ve en küçük hasar akriliklerde bulunmuştur. Kalıp içinde aşınma üniform değildir ve genellikle dökülen malzemenin yön değiştirdiği bölgelerde daha fazladır. Plastik malzeme transfer potasında kalıba basıldığında yüksek basınç ve hızlarla kalıp içindeki geçitlerden geçer. Bu akış sonunda kanal aşınması büyür, kaçaklar ve basınç düşmesi başlar (Kocak 2006).

### 3.13. Kalıp Bakımı

Belirli döküm şartları altında, kalıpçının en büyük problemi kalıp ayrılma çizgisinin temiz olması ve kalıp yüzeylerinde çapak bulunmamasıdır. Aksi halde boş kalıp bu çapaklar üzerine konarak onları ezer. Böylece kalıp yüzeyleri ve kapama yüzeyi bozulur, ezilir ve doldurulması veya yenilenmesi gerekir. Kalıp sertliği arttıkça ayrılma çizgisinde bozukluk oranı azalır.

### 3.14. Kalıp Çeliklerinin Karakteristikleri

Kalıp malzemelerinin kimyasal bileşimi ne olursa olsun, çeliğin kalitesi önemlidir. Çelikler takım çeliği metotları ile üretildiklerinde elektrik fırınlarında ergitilirler ve küçük ingotlara dökülürler. Böylece metalik olmayan yabancı maddelerin varlığı ve orta bölge gözenekliği azalır. Bitirilmiş kalıp yüzeyinde metalik olmayan

yabancı maddenin varlığı kalıbı kullanılmaz hale getirebilir. Çünkü dökülen her plastik parça üzerinde izi kalır. Genellikle tavsiye edilmemekle beraber, bileşimleri takım çeliklerine benzeyen standart yapı çeliklerinden yapılmış kalıplarda, özellikle parça üzerinde küçük izlerin sakıncalı olmadıkları hallerde, başarılı olmuşlardır. Fakat çelik maliyeti kalıp yanında düşük ve parçanın görünümü kritik olduğunda, ticari yapı çeliklerinin kalıp çeliği olarak kullanılmamaları yerinde olur.

### **3.15. Isıl İşlemlere Tepki**

Bir kalıbın maliyetindeki en önemli faktörlerden birisi, ısıl işlem den sonra uygun ölçüler elde etmek için gerekli mekanik işlemlerdir. Bu bitirme işlemlerini minimuma indirilmesi için kalıp çeliği ısıl işleme üniform tepki göstermelidir. Çelik, ısıl işlem sonunda çekmeden, biçim değişimine uğramadan gerekli sertliğe gelebilmelidir. Isıl işlem sonunda normalin ötesinde pas, tufal, karbon kapma veya karbon kaybı olaylarına uğramamalıdır. Bu faktörlerin bir kısmı çeliğin kendisine bağlı ise de daha çok kalıbın büyüklüğüne, biçimine ve uygulanan ısıl işlem tipine de dayanabilir. Bir kalıbın karmaşıklığı ve kesit değişimleri, arttıkça, çeşitli kısımların farklı hızlarda solmaları dolayısıyla, hacim değişimleri ve distorsiyonda önem kazanır. Bu iki faktör dolayısıyla, ısıl işlem den sonra aşırı mekanik düzeltici işlemler gerekmeksizin, büyük ve karmaşık kalıpların ısıl işlemleri çok zorlaşır. Bu yüzden sertleştirilmiş kalıp çelikleri geliştirilmiş ve gittikçe artan miktarda kullanılmaktadır (Tekin 1984).

### **3.16. Korozyon ve Aşınma Direnci**

Son yıllarda parça üretimi için çok kullanılan vinil esaslı plastikler döküm sıcaklıklarında ayrışarak hidroklorik asit çıkarırlar. Böylece ortaya çıkan korozyonu minimuma indirmek için, kalıp malzemesi olarak P20 paslanmaz çelik seçilmiş veya başka kalıp malzemesi kullanılacaksa krom kaplama yoluna gidilmiştir. Krom kaplama dökülmüş parçanın kalıptan alınmasını kolaylaştırır ve korozif olmayan plastiklerin dökümlerinde de kullanılır.

### 3.17. Kaynak Yeteneği

Zaman zaman gereken kalıp onarımı ve döküm parçalarda tasarım değişiklikleri dolayısıyla kaynak yeteneği çelik seçiminde önemli bir faktördür. A2 gibi yüksek karbonlu alaşım çelikler kaynak esnasında çatlayabildiklerinden bu tip çelikleri kaynak işlerinden önce ve sonra tam tavlınmaları gerekir. Aynı öneri kabullenmiş ve sertleştirilmiş düşük alaşım çelikleri içinde geçerlidir. P20 gibi su verilmiş ve temperlenmiş çelikler herhangi bir metotla kaynağa çok yakındır. Karbon miktarı %0.30 dolaylarında olan bu gibi çelikler için kaynaktan önce ve sonra 320 C° sıcaklığa ısıtma önerilir.

### 3.18. Kalıp Parlatma

Kalıp yapımının en önemli taraflarından biride kalıp yüzeylerinin parlatılmasıdır. Kalıp yüzeylerinin parlatılması kalıp yapımının çeşitli zamanlarında yapılır. Genellikle bu parlatma iş parçasının gerektirdiği kalitede olur. İş parçasının görülen yüzeylerini bilhassa düzgün olması istenen yerlerini meydana getirecek yüzler, iş parçasından daha temiz ve parlak olmalıdır (Kocak 2006).

Birçok parlatma işlemleri tesviyeciler yahut parlaticılar tarafından yapılır. Parlaticıların kullandığı bazı parlatma takımları şunlardır: Çeşitli numara, ölçü ve biçimde eğeler, bol çeşitli, biçim ve taneli gaz taşları, çeşitli numarada elmas aşındırıcılar, çeşitli numarada zımpara kâğıtları, ağaç kalemler, spiral taş, sert kıl fırçalar, parlatma keçeleri, yağlayıcılar vb.

Plastik kalıp imalatının en önemli aşaması parlatma sürecidir. Çünkü göze hitap eden bir plastik parçanın kalıbını ne kadar pahalı ve modern teknoloji ile yaparsanız yapın, parlatma iyi yapılmadığı sürece bir işe yaramaz. Şekil 3.6.'da parlatma işlemine tabi tutulmuş kalıp örneği görülmektedir.



Şekil 3.6. Parlatma İşlemine Tabi Tutulmuş Kalıp

Parlatma işlemi elle yapılacaksa, yüzeyi sertleştirilmiş kalıplara uygulanır. Ancak, elle yapılan parlatma işlemi, arzu edilen düzeyde yapılamaz ve zaman kaybına sebep olur. Sertleştirilmiş kalıpların parlatılması gerekiyorsa, kalıp sertliği giderildikten sonra parlatma işlemi yapılmalıdır. Ancak, bu şekilde yapılan parlatma işlemi kalıp maliyetini artırır. Bunun yerine, kalıp sertliği giderilmeden yapılabilen parlatma metotları uygulanır.

Kalıp parlatmada kullanılan elemanlardan bazılarını sırası ile aşağıda açıklanmıştır:

### 3.18.1. Gaztaşları

Taşlar özellikle kalıp parlatma için üretilmiştir. Kullanım sırasında kontrol tutarlılık ve yüksek kaliteyi temin eder. İçeriğinde sadece yüksek kalitede aşındırıcı tanecikler kullanılmıştır. Kullanıcılardan gelen taleplere uygun olarak teknolojiler ve terkipler geliştirilmiştir. Sertlik, kırılma, aşındırma ve ebatlar ihtiyaçlar doğrultusunda belirlenmiştir. Her taşın kendisine has özelliği vardır. Gaztaşları aşağıdaki çizelgede görüldüğü üzere ve belirtilen ölçülerde üretilmektedir. Taşların 120, 150, 180, 220, 320, 400 ve 600 kumları mevcuttur. Şekil 3.7.'de çeşitli gaz taşı örnekleri görülmektedir.



Şekil 3.7. Çeşitli Gaz Taşları

**Gaztaşı Tutucular:** Gaztaşlarının el ile ve makineler ile kullanımını kolaylaştırmak için tasarlanmıştır.

- VEA: Gaztaşlarını eğeleme makinelerinde kullanabilmek için yapılmıştır. 13 mm ye kadar sıkma kapasitesine sahiptir. İstenilen açıdan kullanabilme ve ayar edilme özelliği vardır.
- H – 20: Gaztaşlarını elle kullanmaya olanak verir. 4\*4, 6\*3, 6\*6 ölçülerindeki gaztaşlarını tutabilir.
- H – 10: Gaztaşlarının elle kullanımını sağlar. 6\*3, 6\*6, 3\*13 ölçülerindeki gaztaşlarını tutabilir.

### 3.18.2 Zımparalar

Yüzeylerin zımparalanmasında kullanılır. Şekil 3.8.'de bir zımpara örneği görülmektedir.



Şekil 3.8. Zımpara Örneği

### 3.18.3. Ağaç Lebleme Çubukları

Sert ve yumuşak olarak iki tiptir. Sert ağaçlar toz haline getirilip preslenmiştir. Laminelidir. Yumuşak ağaçlar ise püsküllenme yapmayan balsa ağaçlarıdır.

### 3.18.4. Parlatma Keçeleri

Dokumaya elverişli, hayvan kıllarından üstün Amerikan teknolojisi ile imal edilen, parlatma keçeleri, özel olarak yıkanıp, preslenmiş ve fırınlanmıştır. Bu özellikleri onlara uzun süre kullanım avantajı sağlamaktadır. Silindirik ve konik tiplerde saplı olarak, ayrıca düz geniş bloklar ve parçacıklar halinde satılırlar. Kullanım yerine göre sert, orta sert ve yumuşak olarak üç değişik kalitede yapılmışlardır. Elmas pastalar

ile finiş parlatmada kullanılırlar. Çok yüksek devirlerde kullanıldığında kesinlikle yanmazlar. Şekil 3.9.'da parlatma keçesi örneği görülmektedir.



Şekil 3.9. Parlatma Keçesi

### 3.18.5. Elmas Pastalar (Macunlar)

Elmas pasta terkipleri yüksek vasıflı malzemelerden istifade edilerek, kalitenin ve verimliliğin önemli olduğu pres ve enjeksiyon kalıplarının parlatılması için geliştirilmiştir. Elmas pastalar tabii ve endüstriyel elmas karışımından elde edilmiştir. Tabii elmasın erişilmez kesme gücü, endüstriyel elmasın sertliği ve dayanıklılığı ile birleştirilmiştir. Emsallerine göre daha uzun ömürlüdür ve daha hızlı keser. Hem su tabanlı, hem de yağ tabanlı olup, tiner ve özel yumuşatıcı ile kullanılabilir. Super Us Hu ve Diamex parlatma macunlarında, elmas zerrelerinin süspansiyonunu sağlayan özel bir taşıyıcı vardır. Taşıyıcı serbest bir şekilde akarak terkipleri daha çok yayar ve emsallerinden daha az yapışkandır. Şekil 3.10.'da çeşitli elmas pastalar görülmektedir.



Şekil 3.10. Çeşitli Elmas Pastalar

### 3.18.6. Spiral taşlar

Spiral taşlar özellikle kalıp sektörü için üretilmiş olup, kalıpcılar tarafından yıllardır kullanılmaktadır. Spiral taşlarda sadece yüksek vasıflı aşındırma özelliği olan tanecikler kullanılmıştır. Bu münasebetle kullanıcı için fevkalade sonuçlar sağlar. Taşlar, beyaz (yumuşak), kırmızı (orta-sert) ve mavi (sert) olmak üzere üç renktedir. Sertlik, şekil, hızlı talaş kaldırma ve uzun ömürlülük için süper alüminyum oksitten özel bağlama elemanı kullanılarak üretilmiştir. Kullanım yerlerine göre 2.34 mm, 3 mm ve 6 mm şaftlı (saplı) olarak mevcuttur.

### 3.18.7. Saplı Taşlar

Orta sert alüminyum oksitten, içersine kobalt karıştırılarak değişik formlarda imal edilmişlerdir. Taşlar orta sert olup kumunu kolayca dökebilme özelliğine sahip olup bu özellik sayesinde çalıştığı yüzeyin formunu kolayca alırlar. Her tür kalıp ve parça tesviyesinde rahatça kullanabilirler.

### 3.18.8. Elmas Eğeler

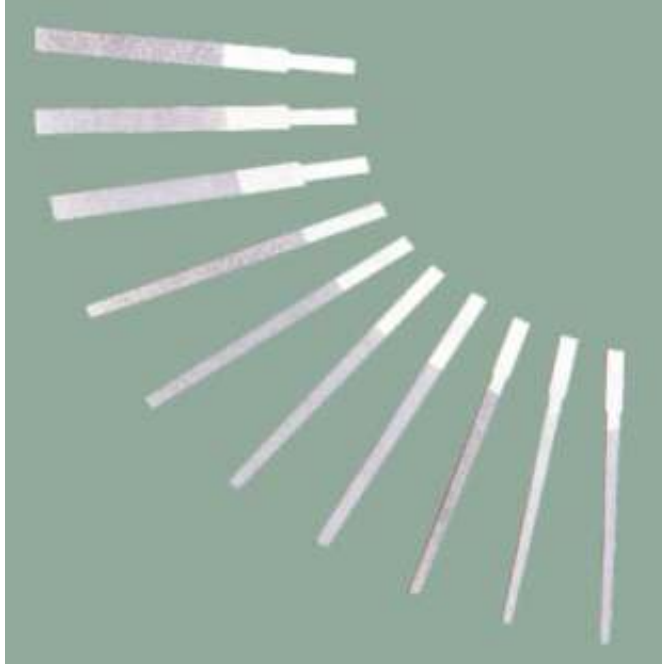
Yüzeylerin eğelenmesinde kullanılır.

a) Saatçi Elmas Eğeler: 120 kum kalınlığında saatçi elmas eğelerdir. Elmas boyu 50 mm ve 70 mm olarak iki tip mevcuttur. 5 adetlik ve 10 adetlik setler halinde de mevcuttur.

b) Elmas Makine Eğeleri: Eğeleme makinelerine takılarak kullanılan kısa tip elmas eğelerdir. Kum kalınlığı 150 mikrondur.

c) Best Makine Eğeleri: İşlenmesi zor olan formlar için dizayn edilen farekuyruğu kıvrık makine eğelerdir. Setleri de mevcuttur. Şekil 3.11.'de çeşitli elmas eğeler görülmektedir.





Şekil 3.11. Çeşitli Elmas Eğeler

### 3.18.9. Best Elmas ve CBN Taşlar

Çapları 0.4 mm' den başlayarak 20 mm ye kadar çıkabilen elmas taşlar, uzun kullanım ömrü ve geç dökülmesi ile tesviye işlerinin en büyük yardımcısıdır.

### 3.18.10. Seramik Taşlar

Kreton, seramik ve cam elyaflarının sıcakta sertleşen, kırılmayan ve çatlamayan reçinelerle birleşiminden yapılan bir seramik taştır.

Karakteristik özellikleri:

- Sertliklere karşı esnektir. Çatlama ve kırılmalara dayanır. Kullanımı kolaydır.
- Hem seramik elyafın reçineyle iyi uygunlu hem de uzun elyaf yapısı (çok az bir çatlama ile) uzun süre kullanımını sağlar.

- Sıcaklığa dayanım maddeleri kullanıldığında ısıyı artırmaz. Seramik elyaflar kesici, parlatici ve kazıntıları azaltıcı olarak kullanılır.
- Elyafın yerleşim teknolojisi bütün yüzeyin parlatılmasını sağlar. Yuvarlak, silindir, ince veya uzun her şekildeki alanlarda çalışır.
- İyi ayarlanmamış elyaflar pürüzlü alanların parlatılmasını engeller.
- Elyafın düzenli birleştirme ultrasonik parlaticılarla ve ezicilerle yeterli bir şekilde işler.

Kreton serisinin 9 renkte çeşiti vardır. Bunlar: Kırmızı, Pembe, Sarı, Yeşil, Açık Mavi, Deniz Mavisi, Siyah, Portakal, Kahverengi.

### **3.18.11. Elastik Taşlar**

Özel olarak yıkanıp eleklenmiş, alüminyum oksit ve silicon carbide'dan yapılmış kauçuk bağlantılı olarak imal edilmiş aşındırıcı ve parlatici lastik taşlardır. Kalıp ve parça tesviyesi ve parlatmasında pratik kullanım alanı vardır.

## TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada endüstrinin temel taşlarından biri olan kalıp malzemeleri üzerinde durulmuştur. Endüstride düşük maliyet ve yüksek verimliliğin önemli olduğu seri üretimler için gerekli olan kalıpların ve bu kalıpların üretimi için kullanılacak olan malzemelerin dikkatli seçilmesi büyük önem arz etmektedir.

Kalıp imalatında tasarımcı tarafından seçilecek malzemeler, tasarım kadar önemlidir. Tasarımcı tarafından yapılacak yanlış bir malzeme seçimi kusursuz bir tasarımın hüsrana sonuçlanmasına neden olabilir. Dolayısıyla tasarımcının, tasarım, işleme, üretim gibi bilgilerinin yanında malzeme bilgilerinin de çok güçlü olması ve malzeme seçimi yaparken malzeme karakteristiklerini çok iyi irdelemesi gereklidir.

Sonuç olarak bu çalışma ile kalıp malzemelerinin uygulama alanlarına göre sınıflandırılması ve uygun şartlara göre doğru seçilmesinin önemi vurgulanmış, bu malzemelerin genel karakteristiklerinin kalıp üzerindeki etkilerinden bahsedilmiştir.

## KAYNAKLAR

- 1 - AYKOL, F. 1994. Makine Endüstrisinde Çelik Seçimi ve Dökümü. Ankara. s. 45-52.
- 2 - ASKELAND D. R. 1998. Malzeme Bilimi ve Mühendislik Malzemeleri, Çeviri, Dr. Mehmet ERDOĞAN. Nobel Yayın Dağıtım. Ankara. s. 64-96.
- 3 - BAYDUR G. 1999. Malzeme. Milli Eğitim Basımevi. İstanbul. s. 18-24.
- 4 - KOCAK, H. 2006. Takım Çelikleri El Kitabı. Sağlam Metal, No:4, İstanbul. 82 s.
- 5 - Çelik Metal Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti. 2006. Çelik Malzemelere Genel Bakış, Makine & Metal Teknolojileri. İstanbul. s. 100-101.
- 6 - GENÇ A. 2006. Plastik Hacim Kalıpcılında Çelik Seçimi. Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Lisans Tezi. Ankara. 74 s.
- 7 - ŞEN İ.Z., ÖZÇİLİNGİR N. 2004. Standart Makine Elemanları Çizelgeleri. DE-HA Yayıncılık, İstanbul. s. 44-53.
- 8 - Takım Çelikleri. 1990. Asil Çelik Teknik Yayınları. İstanbul. s. 17-19.
- 9 - T.S.E.3921. 1983. Alaşımli Soğuk İş Takım Çelikleri. T.S.E. Yayını, Ankara. 124 s.
- 10 - TEKİN, A. 1984. Çelik ve Isıl İşlemi (Bofors El Kitabı). Hakan Ofset. İstanbul. s. 20-21.
- 11 - GEORGE, A.R., ROBERT, A.C. 1986. Tools Steels. American Society for Metals, Metals Park. Ohio. p. 31-34.
- 12 - Metals Handbook. 1972. American Society For Metals, Metal Park. 8th ed. Vol. 7, Ohio. p. 91-99.
- 13 - T.S.E. 3941. 1983. Alaşımsız Takım Çelikleri. T.S.E. Yayını. Ankara. s. 64-68.
- 14 – Birleşik Metal Firma Ürün Kataloğu. 2007. İstanbul.
- 15 – Assab Korkmaz Firma Ürün Kataloğu. 2005. İstanbul.
- 16 - [www.forum.kalipci.com/plastik-enjeksiyon-t95.0.html](http://www.forum.kalipci.com/plastik-enjeksiyon-t95.0.html), Erişim Tarihi: 21.11.2009. Konu: Plastik Enjeksiyon Kalıpları.
- 17 - [www.assab.com.tr/turkish/1153\\_TRK\\_HTML.htm](http://www.assab.com.tr/turkish/1153_TRK_HTML.htm), Erişim Tarihi: 14.09.2009. Konu: Takım Çelikleri.
- 18 - [www.takimcelikleri.com/index.php?Kid=30](http://www.takimcelikleri.com/index.php?Kid=30), Erişim Tarihi: 11.07.2009. Konu: Sıcak İş Çelikleri

## **ÖZGEÇMİŞ**

1983 Antalya Doğumludur. 2005 yılı ULUDAĞ Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünden mezun olduktan sonra çeşitli firmaların üretim bölümlerinde görev almıştır. Halen özel bir firmada üretim departmanında çalışmaktadır.

## **TEŞEKKÜR**

Çalıőmalarım esnasında değerli zamanını bana ayırarak bilgi ve tecrubesini benimle paylaőan Sn. Prof. Dr. Agah UĞUZ'a, desteklerini esirgemeyen aileme, çalıőmalarımda bana yardımcı olan eőim Melike ALİBEY'e teşekkür ederim.