

168526

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PLASTİK ŞEKİLLENDİRME KALIPLARI VE MALZEME SEÇİM KRİTERLERİ

Metalürji ve Malzeme Müh. Tuna YEŞİLKANARYA

FBE Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı Malzeme Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ahmet TOPUZ

prof. Dr. Ahmet TOPUZ
Prof. Dr. Hüseyin Sönmez
Prof. Dr. Cemalettin Tamer

İSTANBUL, 2005

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KISALTMA LİSTESİ.....	i
ŞEKİL LİSTESİ.....	ii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	iv
ÖNSÖZ.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. PLASTİKLERİN TALAŞSIZ İŞLENME YÖNTEMLERİ.....	3
2.1 Sıkıştırılmalı Kalıplama.....	4
2.2 İletmeli Kalıplama.....	4
2.3 Ekstrüzyon ile Kalıplama.....	5
2.4 Şişirmeli Kalıplama.....	9
2.4.1 Ekstrüzyon Şişirmeli Kalıplama.....	10
2.4.2 Enjeksiyon Şişirmeli Kalıplama.....	13
2.4.3 Streç Şişirmeli Kalıplama.....	14
2.5 Döküm Kalıplama.....	15
2.6 Döner Kalıplama.....	17
2.7 Enjeksiyonla Kalıplama.....	19
2.7.1 İlke.....	19
2.7.2 Teçhizat.....	20
2.7.3 Kalıp Bileşenleri.....	24
3. ÇELİK KALİTESİ VE ÜRETİMİ.....	33
3.1 Çelik Üretimi.....	33
3.1.1 Ergitme ve Kimyasal Bileşim.....	34
3.1.2 Pota Metalürjisi.....	34
3.1.3 Cüruf Altı Ergitme.....	35
3.1.4 Dövme.....	37
3.1.5 Blok Isıl İşlemi.....	37
3.2 Bitirme İşlemleri.....	38
3.2.1 Talaşlı İşleme.....	38
3.2.2 İnceleme ve Kalite Kontrol.....	39
4. ÇELİĞİN İŞLENMESİ.....	40
4.1 Talaşlı Şekillendirme.....	40
4.2 Erozyon (EDM) ile İşleme.....	42
4.2.1 Dalma Erozyon.....	43
4.2.2 Tel Erozyon.....	46
4.3 Zımbalama.....	47

4.4	Kaynak.....	48
4.5	Taşlama.....	49
5.	ISIL İşLEM.....	51
5.1	Menevişleme.....	51
5.2	Tavlama.....	52
5.3	Gerilim Giderme.....	52
6.	YÜZEY İşLEMLERİ.....	54
6.1	Tungsten Disülfid.....	56
6.2	Kalıp Yüzeyine Grafit Emdirme.....	56
6.3	Krom Kaplama.....	56
6.4	Elektriksiz Kaplama.....	57
6.5	Nitrüleme.....	58
7.	PLASTİK KALIP MALZEMELERİ.....	59
7.1	Çelik Seçimi.....	60
7.1.1	Plaka Çeliği.....	60
7.1.2	Takım Çelikleri.....	61
7.1.3	Alaşımlı Çelikler.....	62
7.1.4	Paslanmaz Çelikler.....	62
7.1.5	Çökeme Sertleşmesi Uygulanan (Yaşlandırma) Çelikleri.....	63
7.1.6	Talaşlı İşlenecekler Kalıplar İçin Çelikler.....	65
7.1.7	Önsertleştirilmiş Çelikler.....	68
7.1.8	Semente Edilmiş Çelikler.....	69
7.1.9	Çekirdeğe Kadar Sertleşebilen Çelikler.....	70
7.1.10	Zımbalama Çelikleri.....	70
7.1.11	Zimba Çelikleri.....	71
7.2	Kalıplar İçin Demir Dışı Malzemeler.....	73
7.2.1	Berilyumlu Bakır.....	73
7.2.1.1	Yoğurma Alaşımları.....	76
7.2.2	Alüminyum.....	76
7.2.3	Çinko Alaşımları.....	76
7.3	Kalıplanacak Malzeme.....	77
7.4	Kalıp Boşluğunun Oluşturulma Metotları.....	78
7.5	Malzeme Seçim Kriterleri.....	80
7.5.1	Kalıp Büyüklüğü.....	80
7.5.2	İşlenebilirlik.....	80
7.5.3	Kaynak Edilebilirlik.....	81
7.5.4	Erozyon ile İşleme.....	81
7.5.5	Nitrüleme ve Yüzey Sertleştirme.....	81
7.5.6	Desen Uygulamaları.....	81
7.5.7	Korozyon Direnci.....	82
7.5.8	Plastiğin Aşındırıcılığı.....	82
7.5.9	Beklenen Baskı Sayısı.....	82
7.5.10	Parlatılabilirlik.....	82
7.5.11	Hafiflik.....	82

7.5.12	Kalıp Hamili ve Destek Plakaları.....	83
7.5.13	Isıl İletkenlik.....	83
8.	PAMAŞ A.Ş'DE PLASTİK ENJEKSİYONDA KARŞILAŞILAN SIKINTILAR.....	84
8.1	Makinede Karşılaşılan Problemler.....	84
8.2	Kalıpta Karşılaşılan Problemler.....	85
8.2.1	Sertleştirme Hataları.....	85
8.2.1.1	Fazla Sertleştirme.....	85
8.2.1.2	Yanlış Sertleştirme Prensipleri.....	91
8.2.2	Ölçü Hataları.....	95
8.2.2.1	Yüksek $\pm$ Toleranslar.....	95
8.2.2.2	Gereksiz Ölçü Fazlalıkları.....	95
8.2.2.3	Gereksiz Ölçü Düşüklükleri.....	95
8.2.3	Tasarım Hataları.....	95
8.2.3.1	Çalışma Amacının Dışında Tasarımlar.....	95
8.2.3.2	Yetersiz Çalışma Prensipleri.....	96
8.2.4	Soğutma Hataları.....	96
8.2.5	İşleyiş Hataları.....	97
8.2.5.1	Uzun Çevrim Süresi.....	97
8.2.5.2	Yetersiz Konstrüksiyon.....	97
8.2.5.3	Makineyle Uyumsuzluk.....	97
8.2.5.4	Donanım ile Uyumsuzluk.....	97
8.2.6	Donanım Hataları.....	97
8.2.7	Yan Hatalar.....	98
8.3	Hammadde Kaynaklanan Sıkıntılar.....	98
8.3.1	Dozaj Hataları.....	98
8.3.1.1	Yüksek yada Düşük Yoğunluk.....	98
8.3.1.2	Aşırı Yükleme.....	98
8.3.2	Karıştırma Hataları.....	98
8.3.3	Oran Hataları.....	98
8.3.3.1	Fazla –Eksik Oranlama.....	98
8.3.3.2	Yanlış Kırma Miktarı.....	98
8.3.4	Yan Hatalar.....	99
8.3.4.1	Nem.....	99
8.3.4.2	Rutubet.....	99
8.3.4.3	Pislik.....	99
8.3.4.4	Yabancı Madde.....	99
8.4	Yan Ünitelerden Kaynaklanan Sıkıntılar.....	99
9.	PAMAŞ A.Ş'DE YAPILAN ÇALIŞMA SIRASINDA ÇIKAN PROBLEMLER.....	100
9.1	Problem 1.....	101
9.2	Problem 2.....	101
9.3	Problem 3.....	106
9.4	Problem 4.....	108
10.	SONUÇLAR.....	110

KAYNAKLAR.....112

ÖZGEÇMİŞ.....113



KISALTMA LİSTESİ

PP	Polipropilen
PVC	Poli Vinil Klorür
PET	Polietilen Tereftalat
PETP	Polietilen Tereftalat
PTFE	Poli Tetra Flor Etilen
PE	Polietilen
EVA	Etilen Vinil Asetat
CAD	Computer Aided Design
EDM	Electro Discharge Machine
EAO	Elektrik Ark Ocağı
ESR	Cüruf Altı Ergitme
HSS	Yüksek Hız Takım Çeliği
TİG	Tungsten İnert Gaz
MİG	Metal İnert Gaz
HDPE	High Density Poly Ethylene



ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Sıkıştırılmalı kalıplama.....	4
Şekil 2.2 İletmeli kalıplama.....	5
Şekil 2.3 Ekstrüder kesiti.....	6
Şekil 2.4 Tipik tek vidalı ekstrüder sistemi.....	6
Şekil 2.5 Ekstrüzyon sisteminin şematik gösterimi.....	7
Şekil 2.6 Koparma plakası.....	7
Şekil 2.7 PVC profil kalıbı.....	8
Şekil 2.8 Ekstrüzyon ile poşet yapımı.....	9
Şekil 2.9 Ekstrüzyonla şişirmeli kalıplama.....	11
Şekil 2.10 Ekstrüzyonla şişirmeli kalıplama.....	11
Şekil 2.11 Üfleme pimi ve ekstrüzyonla şişirme kalıbı	12
Şekil 2.12 Ekstrüzyonla şişirme kalıbı.....	12
Şekil 2.13 Ekstrüzyonla şişirme makinesi.....	13
Şekil 2.14 Enjeksiyon şişirmeli kalıplama.....	14
Şekil 2.15 Streç şişirmeli kalıplama.....	15
Şekil 2.16 Sıvı termosetin döküm ile kalıplanması.....	16
Şekil 2.17 Döner kalıplamanın çalışma şeması.....	17
Şekil 2.18 Döner kalıplama sistemi.....	18
Şekil 2.19 Enjeksiyonla kalıplama prensibi.....	20
Şekil 2.20 Enjeksiyon kalıplama makinesi.....	21
Şekil 2.21 Geri dönmeyen valf.....	22
Şekil 2.22 Kalıp sıkıştırma mekanizması.....	23
Şekil 2.23 Pim.....	24
Şekil 2.24 Çok gözlü kalıp için besleme sistemi.....	25
Şekil 2.25 Plaka kalıplama alternatifleri.....	26
Şekil 2.26 İki plakalı çoklu kalıp gözü kalıplama.....	27
Şekil 2.27 Üç plakalı kalıp.....	27
Şekil 2.28 İtici sistem.....	28
Şekil 2.29 Hareketli ikincil kalıp kısımları.....	29
Şekil 2.30 Yolluk kesitleri.....	29
Şekil 2.31 Valf tipi yolluk girişi.....	30
Şekil 2.32 Kalıplama alternatifleri.....	31
Şekil 3.1 Elektrik ark ocağı.....	34
Şekil 3.2 Dipten döküm.....	35
Şekil 3.3 ESR ünitesi.....	36
Şekil 3.4 Farklı üretim teknolojileriyle üretilmiş çeliklerin karşılaştırmalı tokluklar.....	36
Şekil 3.5 Dövme tesisi , Uddeholm.....	37
Şekil 3.6 Kütüklerin talaşlı işlenmesi.....	38
Şekil 3.7 Ultrasonik çatlak kontrolü.....	39
Şekil 4.1 Frezede kesme işlemi.....	41
Şekil 4.2 Kesme hızı / % Karbon.....	41
Şekil 4.3 Kesme hızı / % Kükürt.....	42
Şekil 4.4 Dalma erozyon.....	44
Şekil 4.5 Bakır elektrot ve işlenmiş kalıp.....	44
Şekil 4.6 Bakır elektrotlar.....	45
Şekil 4.7 Dalma erozyondan etkilenmiş yüzeyin kesiti, 57 HRC'ye sertleştirilmiş çelik.....	45
Şekil 4.8 Çeşitli işlemlerle işlenmiş malzeme yüzeyleri.....	46
Şekil 4.9 Kütüklerde kademeli kesim.....	47

Şekil 4.10	Zımbalama.....	48
Şekil 4.11	Çeşitli zımbalar.....	48
Şekil 4.12	Taş yapısı.....	50
Şekil 5.1	Talaşlı işlemeden sonra hızlı ısıtmanın sebep olduğu gerilmeler kalıbın çarpılmasına neden olabilir.....	53
Şekil 6.1	Krom kaplama.....	57
Şekil 7.1	Tipik bir enjeksiyon kalıbı.....	65
Şekil 7.2	Çeşitli takım çeliklerinde ısıtma işlemi sırasında boyutsal değişimin yönü ve büyüklüğü.....	69
Şekil 7.3	Zimba tasarımları.....	72
Şekil 7.4	Çizelge 7.10 ve 7.11 için parça detayları.....	78
Şekil 8.1	Kırılan lokma.....	86
Şekil 8.2	Hasarsız lokma.....	87
Şekil 8.3	Şişirme kalıbı boğaz kesme halkası.....	87
Şekil 8.4	Kırılan lokma , mikro yapı fotoğrafı.....	88
Şekil 8.5	Kırılan lokmanın iç kısmından bir mikro yapı fotoğrafı.....	88
Şekil 8.6	Hasarsız lokmanın kenar kısmından mikro yapı fotoğrafı.....	89
Şekil 8.7	Hasarsız lokmanın iç kısmından bir mikro yapı fotoğrafı.....	90
Şekil 8.8	Kesme halkasının mikro yapısı.....	91
Şekil 8.9	Yanlış sertleştirme prensibi uygulanmış , düşük sertlikteki kılavuz pimi ve uygun şekilde sertleştirme yapılmış kalıp pimi.....	92
Şekil 8.10	Aşınan pimin mikroyapısı.....	93
Şekil 8.11	Aşınma göstermemiş pimin kenar kısmından alınan mikro yapı fotoğrafı.....	94
Şekil 8.12	Aşınma göstermemiş pimin iç kısmından alınan mikro yapı fotoğrafı.....	94
Şekil 9.1	Deney makinesi.....	100
Şekil 9.2	Çökme yapmış kapak.....	102
Şekil 9.3	Makine çalışma sırasında.....	103
Şekil 9.4	Redüktör çalışırken.....	104
Şekil 9.5	İtçinin vurma esnası.....	104
Şekil 9.6	Problem giderildikten sonra kapaktaki durum.....	105
Şekil 9.7	Çapaklı yolluk.....	106
Şekil 9.8	Problem giderildikten sonra yolluktaki durum.....	107
Şekil 9.9	Değiştirilen çark.....	109

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Bazı polimerlerin akma ve bozunma sıcaklıkları.....	3
Çizelge 3.1 DIN normuna göre çeliğin üretim ölçüsünün kullanım için düşürülmesi gereken çaplar (mm).....	39
Çizelge 6.1 Kalıp yüzey işlemleri.....	55
Çizelge 7.1 Elementlerin sağladıkları özellikler.....	62
Çizelge 7.2 Paslanmaz kalıp çelikleri.....	63
Çizelge 7.3 Çökelme sertleşmesi uygulanmış çelikler.....	64
Çizelge 7.4 Enjeksiyon kalıpları için çelikler.....	67
Çizelge 7.5 Sıkıştırılmalı ve iletmeli kalıplar için çelikler.....	68
Çizelge 7.6 Zimba çelikleri bileşimleri.....	71
Çizelge 7.7 Berilyumlu bakır alaşımlarının özellikleri ve uygulamaları.....	75
Çizelge 7.8 Plastik malzeme grupları.....	77
Çizelge 7.9 Kalıp malzeme bileşimleri.....	79
Çizelge 7.10 Talaşlı işleme ile şekillendirilecek plastik kalıpları için metal seçimi.	79
Çizelge 7.11 Döküm yada zımbalama ile şekillendirilecek plastik kalıpları için çelik seçimi.....	80
Çizelge 8.1 Kırılan lokmanın kimyasal analiz sonuçları.....	89
Çizelge 8.2 Hasarsız lokmanın kimyasal analiz sonuçları.....	90
Çizelge 8.3 Kesme halkasının kimyasal analiz sonuçları.....	91
Çizelge 8.4 Aşınan pimin kimyasal analiz sonuçları.....	93
Çizelge 8.5 Hasarsız pimin kimyasal analiz sonuçları.....	95
Çizelge 9.1 Redüktör ünitesi.....	105
Çizelge 9.2 Soğutma ünitesi.....	105

ÖNSÖZ

Plastik malzemeler dünyada ve ülkemizde milyonlarca tonu bulan tüketimleri ile günümüzün en önemli malzeme gruplarından birini oluşturmaktadırlar. Plastiklerin bu kadar geniş ve yoğun şekilde kullanılmasının sebebi çok farklı ihtiyaçlara cevap verebilecek birçok çeşidinin olması , üstün elektriksel , fiziksel ve mekanik özellikleri , düşük ağırlıkları , ısı yalıtım özellikleri , hızlı ve çok farklı renklerde üretilibilmeleri , düşük maliyetleri gibi birçok olumlu özelliklere sahip olmasıdır.

Plastiklerin , ürün haline getirilmelerinde kullanılan yöntemler , bunlar arasında ülkemizde en yaygın kullanılan yöntemlerden olan enjeksiyonla kalıplama ile bu yöntemin en önemli parçası olan kalıp ve kalıp yapımında malzeme seçim kriterleri anlatılmaya çalışılmıştır .

Çalışma sırasında bana engin bilgi ve deneyimleri ile yol gösterip destek olan ve sabrını benden esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Ahmet Topuz'a , deneysel çalışmalarımda bana sınırsız derecede destek olan Pamaş A.Ş adına Sayın Ümit Öztuzcu , Sayın Barış Öztuzcu ve Sayın Onur Öztuzcu ' ya , Saydam Kalıp A.Ş adına Sayın Tarık Tanışık'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalışmamda , yardımlarını esirgemeyen Teknisyen Şevki Şahin , Uzman Polat Topuz ve Ar. Gör. Yük. Müh. Zekeriya Cömert'e çok teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmalarım sırasında bana destek olan anneme , babama ,değerli arkadaşlarım Burak Özel , Murat Çalışkan , Noyan Özdemir , Ahmet Kabaktepe , M.Altuğ Akyol ve Şender Sabancı' ya teşekkür ederim.

ÖZET

Bu çalışmada günümüzün en çok kullanılan malzemelerinden olan plastiklerin talaşsız imalat metotları , bunlar arasında ağırlıklı olarak enjeksiyonla kalıplama ve bu işlemde kullanılan kalıp , kalıp malzemeleri ve üretimi incelenmiştir.

Çalışmanın başlangıcında plastiklerin talaşsız şekillendirilme yöntemlerinden ve geniş biçimde de enjeksiyonla kalıplama işleminden bahsedilmiştir. Bu yöntemlerde parça üretimde en büyük rolü oynayan parça kalıptır. Enjeksiyon makinesiyle bir ürün imal etmek için ürün yapısına uygun kalıp kullanılması şarttır. Doğru tasarlanmış , doğru malzeme seçimi ve işleme yöntemleri uygulanmış kalıp ile çok yüksek üretim rakamlarına ve kaliteli ürünlere ulaşılabilir. Kalıp yapımında ana faktörler olan işleme yöntemleri ve malzeme seçim kriterleri de çalışmada ele alınmıştır.

Deneysel çalışma kısmında ise , kalıp yapımında kullanılan hasarlı ve hasarsız parçaların kimyasal analizleri , sertlik testleri ve mikroyapı fotoğrafları çekilerek incelenmiş ve yorumlanmıştır. Üretilcek parça tasarımının kalıp şekillendirme yöntemiyle bununda malzeme seçimi , maliyet , ürün kalitesi ve kalıp ömrüyle ilişkili olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler : Plastik şekillendirme , Plastik kalıpları , Enjeksiyonla kalıplama.

ABSTRACT

In this study machining methods of plastics,today’s most commonly used material, were determined.Among this methods, mainly injection molding and mold which is used in this process, mold equipments and also production of these molds had been searched.

At the beginning of this study, machining methods and on a large scale injection molding were mentioned. In part production with these processes the most important part is compenent mold.to product a produce with injection machine, a mold which fits to product must be used. With a high production efficiency ratio, high quality products can be produced by a correct designed, correct metarial chosen and right production processes applied to mold. Also the main factors of nold production, die forming process and material selection criterions were determined.

In the experimental study, chemical analysis and hardness test of damaged and nondamaged parts were determined and commented with taking microstructure photos of these parts. Relation between the effect of the product design going to be produced and mold processing method which is also related with material selection, cost, product quality and mold life was determined.

Keywords : Plastic Processing , Plastics Mold , Injection Molding



1. GİRİŞ

Plastik , günümüzün en önemli malzemelerinden biri olup , dünyadaki milyonlarca tonluk kullanımı ile insan hayatının vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Günlük hayattaki en basit uygulamalardan , otomotiv , elektrik- elektronik , havacılık-uzay sanayindeki en özel uygulamalara kadar hayatımızda hemen her alanda kullanılmaktadır. Plastiklerin bu kadar geniş ve yoğun şekilde kullanılmasının sebebi , çok farklı ihtiyaçlara cevap verebilecek birçok çeşidinin olması , elektriksel , fiziksel ve mekanik özellikleri , düşük ağırlıkları , ısı yalıtım özellikleri , hızlı ve çok farklı renklerde üretilebilmeleri , düşük maliyetleri gibi birçok olumlu özelliklere sahip olmalarıdır.

Plastiklerin bu kadar çeşitli olması aynı zamanda birçok farklı üretim yönteminin doğmasına sebep olmuştur. Farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip plastikler farklı şekillerde üretilmektedirler. Başlıca üretim yöntemleri olarak sıkıştırılmalı kalıplama , iletmeli kalıplama , ekstrüzyon , şişirmeli kalıplama , döküm , dönel kalıplama ve termoplastik ürünlerin üretiminde ülkemizde de en çok kullanılan yöntemlerden olan enjeksiyonla kalıplama sayılabilir.

Enjeksiyonla kalıplama , plastik malzemenin akıcı hale getirilip , son ürün şeklini alacağı kalıp içerisine bir enjeksiyon makinesi vasıtasıyla basınç ile doldurulması ve katılaşması beklendikten sonra kalıbın açılarak ürünün alınması şeklinde gerçekleşmektedir. Enjeksiyonla kalıplama da çok sayıda ürün , seri olarak dar boyut ve toleranslar ile herhangi bir ikincil işlem uygulanmasına gerek kalmadan elde edilebilmektedir. Enjeksiyon kalıplama makinesinin ve kalıbın maliyetinin yüksek olması düşük sayıdaki üretim rakamları için işlemin ekonomik olmamasına neden olmaktadır.

Bir ürünün imalinde dikkat edilecek unsurlar ürünün tasarımı , bu ürüne uygun plastik malzemenin seçimi , imalat için gerekli üretim yönteminin seçimi , bu üretim yöntemine uygun kalıbın yapımı , kalıbın işlenmesi ve seçilen işleme yöntemi ile kullanılacak plastik malzemeye uygun kalıp malzemesi seçimidir. Birbiriyle bağlantılı olan tüm bu bileşenler parça kalitesini , kalıp ömrünü ve üretim maliyetini etkilemektedir. Uygun şekilde tasarlanıp üretilmiş bir kalıp ile çok yüksek (500,000-1,000,000) üretim adetlerine kadar çıkılabilir.

Bu çalışmada plastiklerin talaşsız üretim yöntemleri , kalıp yapımında dikkat edilecek hususlar ve malzeme seçim kriterleri ele alınmıştır. Yapılan deneysel alışmalar Saydam Kalıp A.ř ve PAMAş A.ř'nin katkılarıyla gerçekleştirilmiştir. Saydam Kalıp A.ř'de kalıp yapımı , PAMAş A.ř 'de ise , makine parkurunda iki nolu plastik enjeksiyon makinesinde , polietilen kapak üretimi incelenmiş ve üretim sırasında karşılan sorunlar irdelenmiştir.



2. PLASTİKLERİN TALAŞSIZ İŞLENME YÖNTEMLERİ

Plastiklerin talaşsız şekillendirilmesinde , öncelikle ; termoplastikler için akıcı hale getirilme esastır. Akıcı hale getirilip istenilen şekildeki bir kalıba basılan ve kalıbın şeklini alan plastiğin şekil kalıcılığı , kalıbın soğutulup plastiğin katılaşması ile sağlanır. Her plastik farklı sıcaklık değerlerinde akıcı olur. Seçilecek sıcaklıkların , reçinenin yeterli viskozite değerine ulaştığı ve termal bozunma göstermediği optimum sıcaklıklar olması gerekir. Bazı polimerlerin akma ve bozunma sıcaklıkları aşağıda çizelge 2.1’de gösterilmektedir. (Savaşçı,Uyanık ve Akovalı ,2002)

Çizelge 2.1 Bazı polimerlerin akma ve bozunma sıcaklıkları.

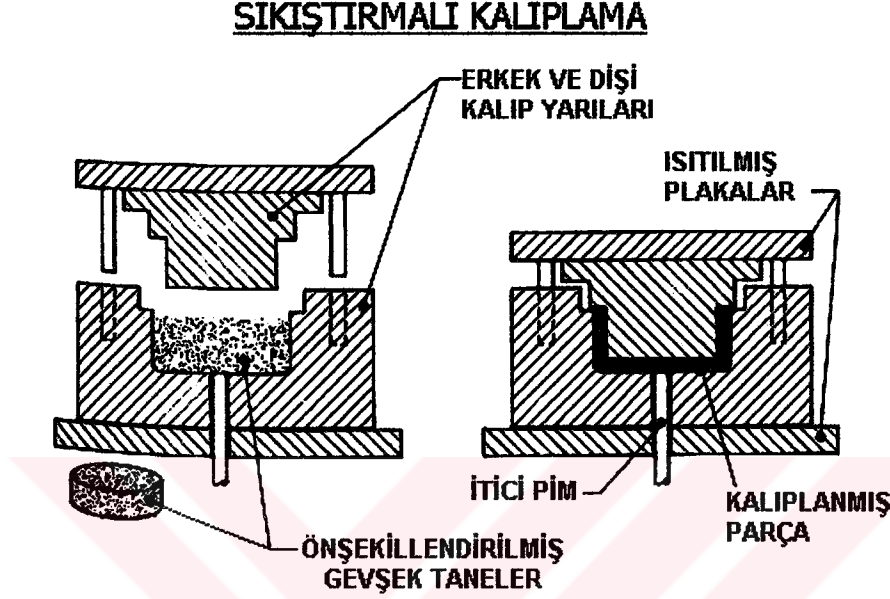
Plastik Türleri	Akma Sıcaklığı , ° C	Bozunma Sıcaklığı , ° C
Düşük Yoğunluklu Polietilen	160-230	320-350
Yüksek Yoğunluklu Polietilen	200-320	
Polistiren (Genel Amaçlı)	165-200	250
Polistiren (Antişok)	170-315	
Polipropilen	205-290	280

Polimerin akışkanlaşmasını kolaylaştırmak amacı ile , viskoziteye bağlı olarak , genellikle , sisteme basınç da uygulanır. Ergitilerek akışkan hale getirilecek polimerler de , yüzey alanlarını büyük tutarak ergitmeyi çabuklaştırmak için , reçinenin ; granül veya zaman zaman da toz olarak kullanımı tercih edilir.

Aşağıda özetlenen talaşsız plastik işleme tekniklerinin hemen hepsi , aynı çalışma prensibini kullanmaktadır. Farklı yöntemler arasındaki belli başlı farklılıklar ise kalıp boşluğunun doldurulması ve kalıplama teknikleri arasındaki olası farklılardan oluşmaktadır.

2.1 Sıkıştırılmal Kalıplama

Basit ve ekonomik bir kalıplama yöntemidir(Şekil 2.1). Basit şekilli ve küçük ile orta boy parçalar için sıklıkla kullanılır. Genellikle ısıyla sertleşen termoset parçaların üretiminde kullanılır. (Savaşçı,Uyanık ve Akovalı ,2002)

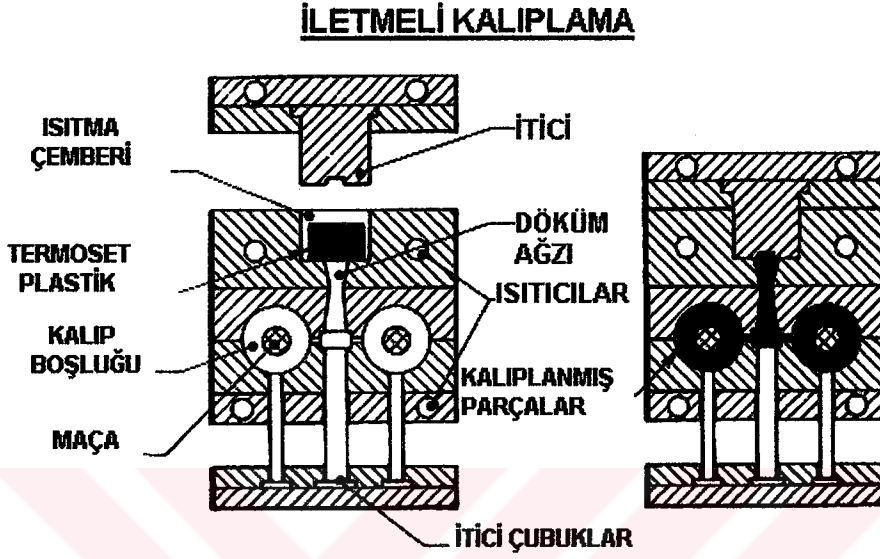


Sıkıştırma ile kalıplamada , yeterli miktarda alınan polimer ve/veya işleme karışımı , dişi (alttaki) kalıba yerleştirilir. Erkek (üstteki) kalıpla , dişi kalıbın birbirine doğru yaklaşması ve yerleşmesini sağlayan pimler vardır. Isı (130-200 °C) ve basınç etkisi ile (7-70 MPa) reçinenin ergiyip kalıbın şeklini almasından sonra (3-20 dakika) , termoplastik malzeme için soğutma uygulanır. Termoset malzemeler için ise bir süre basınç altında yüksek sıcaklıkta tutma işlemine devam edilir. Parça çıkartılır ve kalıptan taşan çapaklar traşlanıp alınır.

2.2 İletmeli Kalıplama

Sıkıştırılmal kalıplama da kalıplanacak malzeme ısı ve basınç etkisiyle eriyik hale getirilir ve kalıbın şeklini alır. Bu esnada uygulanan basınç , küçük kalıp pimlerinin kırılmasına ve karmaşık kalıp kısımlarının çarpılmasına sebep olabilecek güçtedir. İletme işleminde ise malzeme , kalıp boşluğu dışında bir kısımda ısıtılıp , bu kısımda bir basınç uygulanmasıyla kalıp boşluklarını doldurur. Bu basınç , malzemenin tamamen eritilip sonra da tamamen

sertleşmesi bitene kadar uygulanır. İletme işleminde , malzeme kalıp boşluğuna sıvı halde girer ve kalıp parçalarına uygulanan güç oldukça azaltılır. Son derece karmaşık yapılı , küçük pimleri , maçaları olan kalıplarda bu yöntem oldukça avantajlıdır. Bu yöntem , özellikle kalın ve ince kısımları olan parçaların üretiminde kullanılır. (Savaşçı,Uyanık ve Akovalı ,2002)



Şekil 2.2 İletmeli kalıplama.

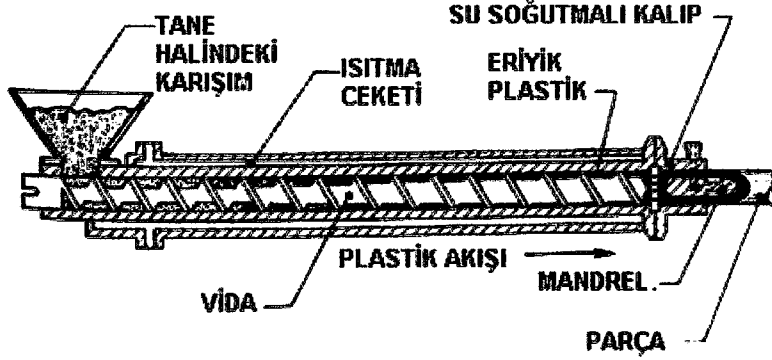
2.3 Ekstrüzyon ile Kalıplama

Ekstrüzyon ile iyi kalitede plastik ürünlerin devamlı (kesiksiz) olarak eldesi sağlanır. Boru , profil , çubuk , yassı veya yuvarlak film , levha , kablo kılıflama , çeşitli laminatlar yanında oluklu ve delikli levhalar gerdirilmiş filmler de ekstrüzyon ile devamlı prosesle elde edilir.

Ekstrüzyon prosesinde aynı kesitte hassas ölçülerde ve istenilen uzunlukta kesiksiz ürünler elde edebilme avantajı yanında ; ekstrüder ve ilgili sistemlerin pahalı olması , ürüne , ekstrüder çıkışından sonra ek (ikincil) işlemlerin uygulanması gerekliliği gibi dezavantajlar bulunmaktadır. (Savaşçı,Uyanık ve Akovalı ,2002)

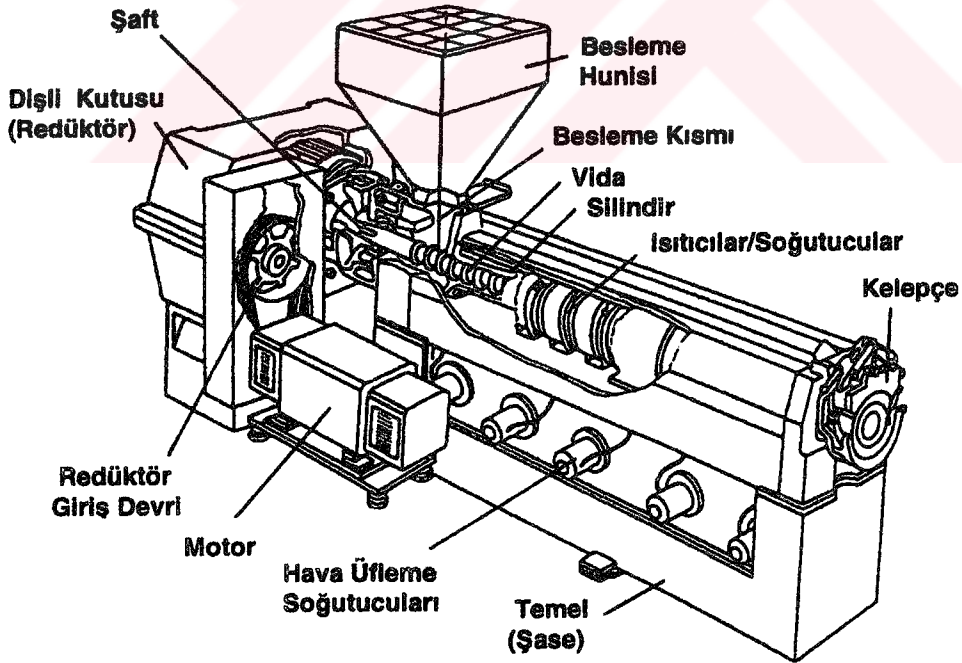
Ekstrüderin çalışması, temel olarak , kasaplarda kullanılan kıyma makinesinin çalışma prensibine benzer. Ergitilen polimer , basınç altında, belli şekildeki bir boşluktan zorlanarak dışarıya çıkartılır. Sistemde , bir besleme hunisi , sonsuz vida (arşimet vidası da denilir, sıkıştırma ve itme görevleri bulunur), vidanın içinde hareket ettiği ve 400°C'a kadar yüksek

sıcaklıklara , uygulanacak yüksek basınçlara dayanıklı bir silindir gövde; silindir çıkış kısmına yerleştirilen kafa olmak üzere, başlıca dört kısım bulunur (Şekil 2.3 , 2.4 ,2.5 ve 2.6).

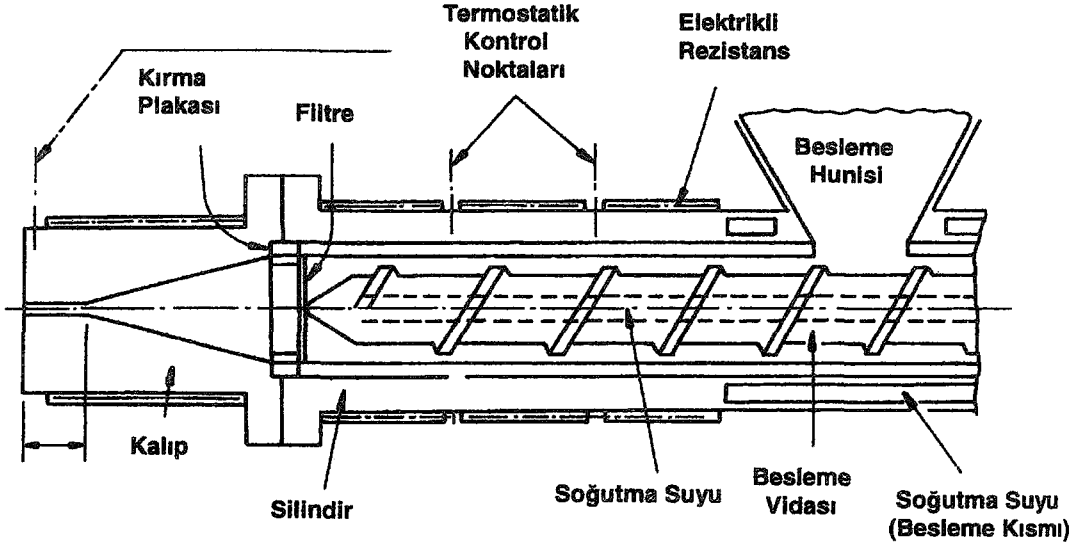


Şekil 2.3 Ekstrüder kesiti.

Ekstrüdere , granül (nylon, PP, vb.), toz (PVC ve akrilikler, vb.) halinde termoplastik karışım , sürekli olarak besleme hunisinden aktarılır. Önce ısıtıcı silindire gelen karışım , vida ile itilir. Çıkışa doğru ilerledikçe de ısınıp yumuşar. Isıtma işlemi , silindir çeperinde bulunan elektrikli ısıtıcılarla veya indüksiyonla dışarıdan yapılabildiği gibi , iç sürtünme kaynaklı da olabilir. Sürtünme ısılarından sistemde önemli ölçüde yararlanılır.



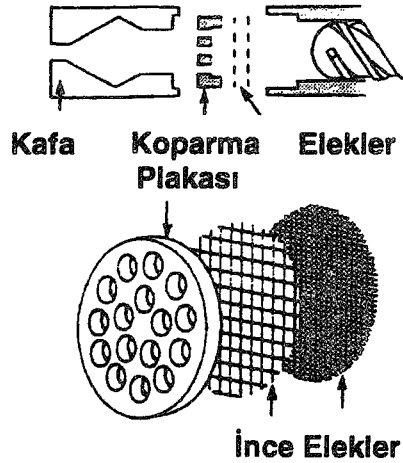
Şekil 2.4 Tipik tek vidalı ekstrüder sistemi.



Şekil 2.5 Ekstrüzyon sisteminin şematik gösterimi.

Ekstrüderde , silindirin uç kısmında bulunan elekler ve kalıba uygulanan basıncı her tarafa eşit dağıtma gibi fonksiyonu olan koparma plakalarından geçtikten sonra , eriyik , ürünün kesit şeklini belirleyen bir kafadan (kalıp) geçmeye zorlanır. Kafadan çıkan şekillendirilmiş plastik , sürekli olarak soğutularak katılaştırılır ve sistemden uzaklaştırılır.

Koparma plakasında , bir seri delik bulunur. Vidanın dönüşü ile helisel bir akış kazanan akışkan reçine , koparma plakası ile doğrusal bir rejim kazanır. Ancak bu avantaja karşılık , koparma plakasının akışa karşı bir direnç oluşturması da beklenmelidir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 Koparma plakası.

Nem çekebilen (higroskopik) polimerlerin ekstruderlerde işlenmesinde bazı özel önlemler alınır. Örneğin, naylon için ön kurutmadan sonra ekstruderde işleme yapılmalıdır veya daha iyisi , hava delikleri ve özel vida sistemi bulunan ekstruderler kullanılabilir. Bu takdirde ön ısıtmaya gerek olmaz. Böyle bir sistemde ısıtma sırasında buharlaşan suyun sisteme zarar vermeden dışarıya atılması böylece sağlanmış olur.

Ekstrüzyonla şekillendirme , genellikle , ikincil bir ek prosesle devam eder. Örneğin profil çekmede veya boru yapımında , ekstrüde edilen ürünler ekstrüzyonu takiben şekil bozukluklarını gideren bir üniteden , bir soğutma ünitesinden daha sonra ise kazandırılan şeklin muhafazasını sağlayan bir üniteden geçirildikten sonra istenilen ölçülerde kesilir ve depolanır. Film , levha veya varak ürünler içinde (0.25 mm'den az olan kalınlıktaki ürüne “film”, 1 mm'den kalın olanlara “levha” ve 0.25-1 mm arası için ise “varak” yada “folyo” kelimeleri kullanılır.) benzeri ek işlemler söz konusudur. Ancak , ekstrüzyon sonrası yapılan işlemlerin detaylarında bazı farklılıklar olabilir. Örneğin , ekstrüzyonla film üretiminde soğutma genellikle , hava ile yapılırken başka bazı ürünlerin üretiminde hava yerine su kullanılabilir.



Şekil 2.7 PVC profil kalıbı.



Şekil 2.8 Ekstrüzyon ile poşet yapımı.

2.4 Şişirmeli Kalıplama

Şişirmeli kalıplama , şişe gibi içi boş objeleri şekillendirmede ana metottur. Proses ekstrüzyonla ya da ısıtılarak yumuşatılmış polimerin uç kısmının sıkıştırılıp üfleme piminden hava verilerek polimerin kalıp duvarlarına yapıştırılıp soğutulması şeklinde gerçekleşmektedir.

Şişirmeli kalıplama , ekstrüzyon şişirmeli kalıplama , enjeksiyon şişirmeli kalıplama ve streç şişirmeli kalıplama olmak üzere üçe ayrılır. Ekstrüzyon şişirmeli kalıplamada genellikle 360ml'den büyük gıda ve kimya sektöründen kullanılan kaplar yapılır. Enjeksiyon şişirmeli kalıplama yöntemi hassas duvar kalınlıklarının , yüksek kalitede boyun bitişinin istendiği , ekstrüde edilemeyen polimer kalıplanmasında kullanılır. Genellikle 360ml'den küçük tıbbi , kozmetik ve tek kullanımlık şişelerin üretiminde kullanılır. Streç şişirmeli kalıplama ise sadece şişirilmesi zor olan polipropilen ve polietilen fitalat gibi kristal ve kristalleşebilen polimerlerin üretiminde kullanılır. (Savaşçı,Uyanık ve Akovalı ,2002),(Pribble,DuBois,1987)

2.4.1 Ekstrüzyon Şişirmeli Kalıplama

Cam şişe üretiminde uygulanan yöntemle benzeyen bir tekniktir. 2 mlt ' den 9000 lt'ye kadar hacimde olan çeşitli boyutlardaki şişe , bidon vb. plastik eşyanın elde edilmesini sağlayan bir kalıplama yöntemidir (Şekil 2.9, 2.10). Bu yöntemde , kalıptan boru şeklinde elde edilen ve istenilen ölçülerde kesilen parçaların (bunlara parison da denir.) , sıcak bir kalıp içinde , soğumasına olanak tanımadan çevresindeki kalıbın şeklini alana kadar içlerine hava üflenerek şişirilmesi esasına dayanır.

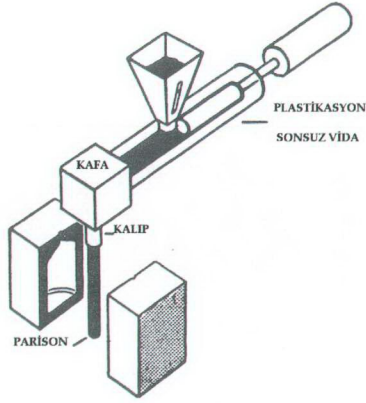
Bu yöntemi kullanmanın bazı avantajları ;

- Şişirmede kullanılan basınçlar , aynı malzemeyi bir başka şekillendirme yöntemi olan enjeksiyonda kullanılanlardan çok daha küçüktür. Bu nedenle ekonomiktir.
- Gerekli makine parkı enjeksiyona kıyasla ucuzdur.
- Şekillenen parça veya şişe üzerine dışliler , dışarıdan basılabilir.
- Farklı , istenilen boyutlarda ürün elde edilebilir.

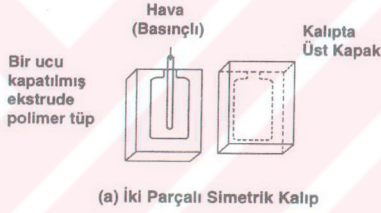
Bu yöntemi kullanmanın bazı dezavantajları ise ;

- Hassas toleranslar , ancak parçanın dış yüzeylerinde uygulanabilir. Et kalınlığı , parçanın köşeleri ve büyük yüzeylerde değişime gösterebilir.
- Parçada delik bulunacak ise , kalıplamadan sonra ek işlem gerekir.
- Kalıplamadan sonra parçaları soğutma süreleri , enjeksiyonda kalıplamadan daha uzundur.

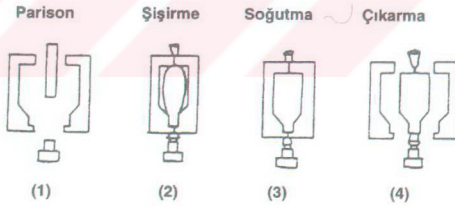
Ekstrüzyonla şişirmeli kalıplamada , şekil 2.9 ve 2.10'da görüldüğü gibi , parça (parison) , kalıba tutturulur. Kalıpla bağlantı , sıcak bir bıçakla kesilir. Isıtılır , içten hava üflenir (0.4 - 1.0 MN/m²). Şişmeyi takiben parça soğutulur ve çıkartılır.



Şekil 2.9 Ekstrüzyonla şişirmeli kalıplama.

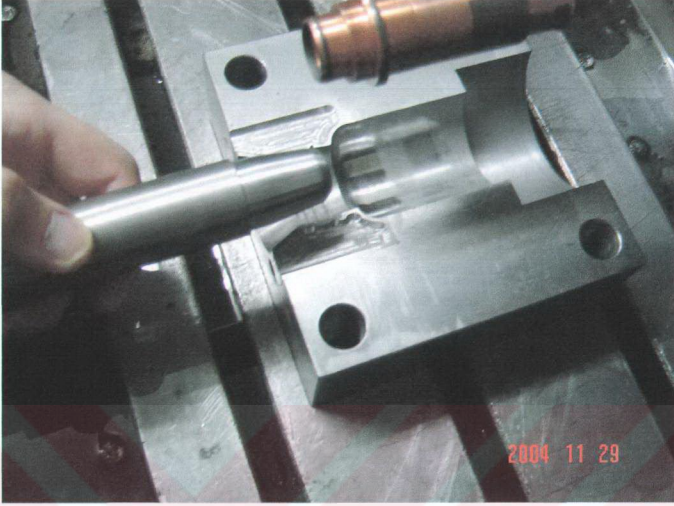


(a) İki Parçalı Simetrik Kalıp

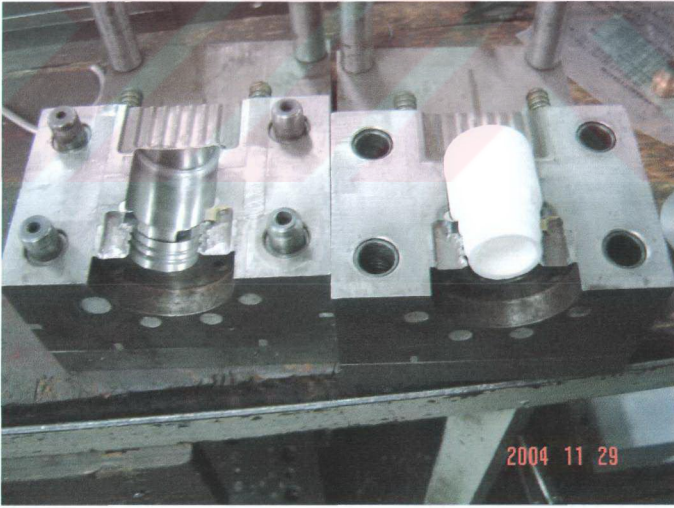


(b) Çeşitli Kademeler

Şekil 2.10 Ekstrüzyonla şişirmeli kalıplama.



Şekil 2.11 Üfleme pimi ve ekstrüzyonla şişirme kalıbı.



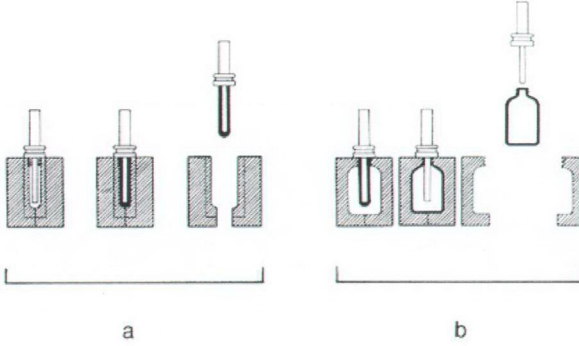
Şekil 2.12 Ekstrüzyonla şişirme kalıbı.



Şekil 2.13 Ekstrüzyonla şişirme makinesi.

2.4.2 Enjeksiyon Şişirmeli Kalıplama

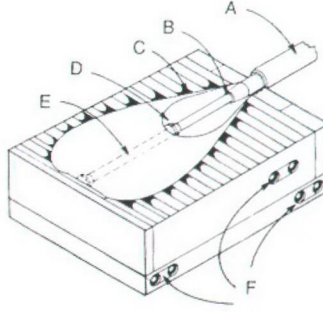
Enjeksiyon şişirmeli kalıplamada, parison kalıbı ve şişirme kalıbı olmak üzere iki kalıp vardır. Parison kalıbı içerisine maça çubuğu sokulur ve malzeme enjekte edilir. Böylece hassas bir şekilde parison şekillendirilir. Parisonun hassas iç limitleri maça çubuğu ile , hassas dış ölçüleri ve duvar kalınlığı ise parison kalıbı ile sağlanır. Parison kalıbında şekillendirilen parison , maça çubuğu ile üfleme kalıbına transfer edilir ve maça çubuğu vasıtasıyla üflenmiş hava ile şekillendirilir. Ardından soğuyan parça herhangi bir temizleme işlemi gerektirmeyecek şekilde kalıptan çıkarılır. (Pribble,DuBois,1987)



Şekil 2.14 Enjeksiyonla şişirmeli kalıplama. a) enjeksiyon aşaması , b) şişirme aşaması.

2.4.3 Streç Şişirmeli Kalıplama

Streç şişirmeli kalıplama yöntemi genellikle diğer yöntemlere göre daha hafif , daha berrak ve daha yüksek fiziksel özelliklere sahip kapların yapımında kullanılır. Streç şişirmeli kalıplamada parison , her malzeme için farklı olan kritik sıcaklıklarda , gerilme ve şişme eksenlerinde yönlendirilir. Genellikle polietilen tereftalat (PET ya da PETP) , polivinil klorür (PVC) ve polipropilen (PP) malzemeler kullanılır. Uygun sıcaklıkta şekil verilmiş parison , gerdirilerek orijinal boyunun iki katına çıkartılıp şişirilerek son ürün şekli verilir. Gerdirmeli şişirme makinesi ve kalıbı diğer kullanılan şişirme yöntemlerindekiyle kıyasla daha karmaşık ve maliyetlidir. (Pribble,DuBois,1987)



Şekil 2.15 Streç şişirmeli kalıplama. a) streç şişirme pimi , b) hava girişi , c) kalıp gaz tahliye kanalları , d) ön şekillendirme , e) streç şişirme piminin ilerlemesi , f) soğutma kanalları.

2.5 Döküm Kalıplama

Plastik malzemeden levha , çubuk , boru , film vb. diğer özel şekillerde ürün hazırlama amacı ile , döküm kalıplama yöntemi de kullanılır. Bu yöntemde kullanılan işleme karışımı sıvı haldedir. (Savaşçı,Uyanık ve Akovalı ,2002)

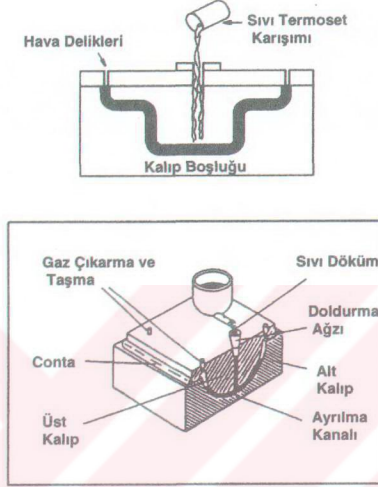
Döküm kalıplama , başlıca üç farklı yöntemden biri ile yapılır ;

- 1- Monomer döküm kalıplama ,
- 2- Polimer döküm ,
- 3- Çözücülü döküm kalıplama .

Monomer döküm kalıplamada kütle polimerleşmesi ile monomerden , kalıp içinde iken polimer hazırlanır. Bu yöntemde , monomer sıvı ise doğrudan , katı ise ergitildikten sonra başlatıcılar , zincir transfer ediciler ve çekmeyi önlemek üzere % 30 civarında polimer ve diğer katkıları eklenir (döküm şurubu). Döküm şurubu , istenilen ürünün şekline göre hazırlanmış olan kalıba dökülür. Kalıp kapatılır ve ısıtılır. Belirli bir süre sonra da soğutma uygulanır , kalıp açılır ve ürün alınır.

Bu yöntemle işlenen polimerlerin başında, polimetilmetakrilat ve kopolimerleri gelmektedir. Pleksiglas ticari adı ile satılan bu polimerden levha , boru ve çubuklar bu yöntemle üretilir.

Laktamlardan , naylon 6 , dişliler vb. parçaların üretimi de bu teknikle yapılmaktadır. Ayrıca poliester, silikon, epoksi , fenolik reçineler ve poliüretanların kalıplanması ve işlenmesinde de bu yöntem yaygın olarak kullanılmaktadır. (Şekil 2.16).



Şekil 2.16 Sıvı termosetin döküm ile kalıplanması.

Polimer döküm kalıplama olarak tanımlanan ikinci dökme tekniği ise , genellikle film şeklinde ürün hazırlanmasında kullanılır. Bu yöntemde, polimerin viskoz bir çözeltisi hazırlanır ve bundan , çözücü sıcak hava ile uzaklaştırılarak katı polimer film elde edilir. Selülozik ve benzeri filmler bu yöntemle hazırlanmaktadır.

Çözücülü döküm kalıplama , yine çoğunlukla polimer film hazırlamakta kullanılır ve polimer döküm kalıplama yöntemine benzemektedir. Farklılık ise , çözücü içeren karışımdan polimerin çöktürme ile ayrılmasıdır. Bu amaçla , polimer için iyi çözücü olmayan çözücüler kullanılır. Bu teknikle elde edilen polimer filmler , genellikle gözenekli yapıdadırlar. Polimer türü , çözücü-çöktürücü türleri , polimer çözeltisinin derişimi , sıcaklık-nem gibi çöktürme koşullarına bağlı olarak değişik gözenekli yapıda olan polimer zarlar (membran) üretilabilmektedir. Bu yolla , çeşitli selülozik polimerlerden (rejenere selüloz, selüloz asetat, selüloz nitrat) , polisülfonlar , poliamidlerden üretilen borular, kapilerler, filmler ve

membranlar (zarlar) ; ters osmoz, netrofiltrasyon, hemodiyaliz gibi çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

2.6 Döner Kalıplama

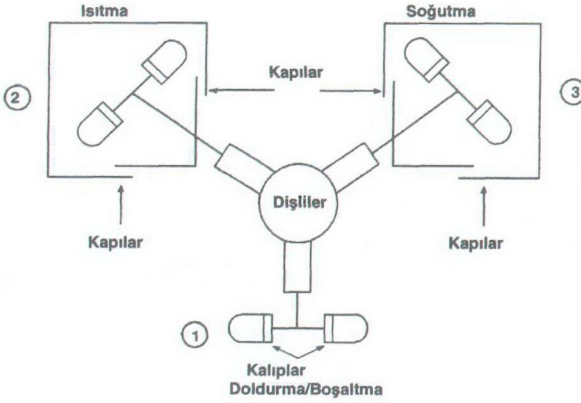
Top , oyuncak , belediye çöp kutuları , benzin tankları vb. türünden içi boş ve basit şekilli ürünlerin istenilen büyük ölçülere kadar (10 m^3) eldesinde döner kalıplama kullanılır (Şekil 2.17). (Savaşçı,Uyanık ve Akovalı ,2002)



Şekil 2.17 Döner kalıplamanın çalışma şeması.

Döndürme , kalıp içinde ısıtılarak ergitilen plastiğin , merkezkaç kuvvetleri etkisi ile kalıptaki boşluklara düzgün olarak yayılmasını sağlar. Döndürme sırasında kalıp istenilen sıcaklıklara ısıtılır ve böylece bir termoplastik işleniyorsa ergitme , termoset işleniyor ise katılaşma sağlanır. Belli süre döndürülen kalıpların soğutulması ve daha sonra parçanın kalıptan çıkartılması ile işlenmiş ürün elde edilir (Şekil 2.18).

Parçanın içi boştur ve üründe çeper kalınlıkları , genellikle homojendir. Bu yöntemle en çok PE (ve çapraz bağlı PE) , PP , PVC , polikarbonat ve naylonlar (naylon 6-11 ve 12) gibi homopolimerler yanında ; etilen-kloro trifloro etilen , etilen vinil asetat (EVA) gibi kopolimerler ve iyonomerler ile selülozikler de işlenmektedir. Bu yöntemde işlem sürelerinin uzun olmasına karşın , gerekli sistem ve kalıpların ucuzluğu ve basitliği dikkat çekmekte ve avantajlı bir işleme sistemi olarak bilinmektedir.



Şekil 2.18 Döner kalıplama sistemi.

Bu tekniğin avantajlarını özetlemek gerekir ise , döner kalıplamada ;

- Kalıp maliyetleri ucuzdur , normal basınçlar kullanılır .
- Ürüne konulması gereken çeşitli metal bağlantılar kalıplama sırasında uygulanabilmektedir .
- Kapalı simetrik kalıplar kullanılarak elde edilen ürünlerin kesilmesi ile açık uçlu ürünler de elde edilebilmektedir.
- İşlem sırasında atık malzeme , çapak vb. oluşmamaktadır .
- Ürün aşırı gerilim yüklemesi altında kalmadığından , üründe daha sonra gerilim çatlaması gibi gelişmeler olmamaktadır .
- Et kalınlıkları ise , örneğin şişirme ile kalıplamada elde edilenden daha homojen olmaktadır. Sadece köşelerde et kalınlığı diğer kısımlardan daha fazladır ki bunun da bir avantaj olduğunu belirtmek gerekir .
- Ek döner kalıplama işlemi ile katmanlı ürünler de elde edilebilmektedir.

Bu avantajların yanında, aşağıda belirtilen bazı dezavantajlar da bulunmaktadır ;

- Isıtma ve soğutma işlemleri ancak kalıp dışına uygulanabildiğinden ; bu süreler çok uzun olmaktadır.

- İşlemden kullanılması gereken ve toz halinde bulunan hammaddeleri , diğer işlemlerde kullanılabilen granüllere kıyasla daha pahalıdır.
- Üründe sadece dış boyut ölçüleri hassasiyetle tutturulabilmektedir.
- Kullanılabilen polimer sayısı (tür ve tip olarak) sınırlıdır. Örneğin, molekül ağırlığı nispeten küçük olanlar daha iyi sonuç vermektedir.
- Parçalarda delik vs. gibi bazı detaylar, kalıplama sırasında yapılamadığından, ürün eldesinden sonra mekanik olarak açılmaları gerekmektedir.

Döner kalıplamada kullanılan kalıplar, genellikle basınç oluşmadığından , haddelenmiş çelik ürünler veya alüminyum döküm ile yapılır. Bunların ilki , genellikle basit ; ikincisi ise kompleks , karmaşık şekillerin kalıplanmasında kullanılır.

Döner kalıplama sisteminde kullanılan kalıpların yüzeyi , ürün yüzey kalitesini önemli ölçüde etkileyebilmektedir. Döner kalıplamada bir diğer değişik uygulama olarak , köpürtücü kullanımı ile döner kalıplama sırasında "mikro gözenek" içeren sünger ürünlerin eldesi de belirtilebilir.

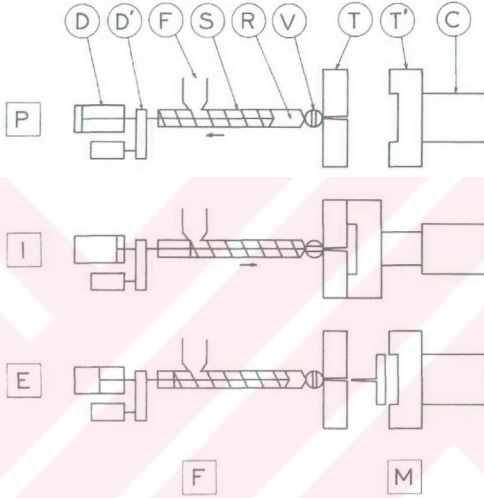
2.7 Enjeksiyonla Kalıplama

Enjeksiyonla kalıplama prosesi kalıp boşluğunun basınç etkisiyle hızlı bir şekilde akıcı malzemeyle doldurulması ve malzemenin katılaşarak ürün haline dönüşmesinden ibarettir. Bu proseste termoplastikler , termoset reçineler ve lastikler kullanılmaktadır.(Charrier, 1999)

2.7.1 İlke

Termoplastiklerin enjeksiyonla kalıplanması , şekil 2.19'da en yaygın olarak kullanılan pistonlu vida makinelerinde görüldüğü gibi çeşitli kademelerde gerçekleşmektedir. Malzemenin vida sisteminde eriyip homojenize olması , erime aşaması (P) ve besleme unitesi (F) , ekstrüderle hemen hemen aynıdır. Fakat vidanın (S) , ileri geri hareket etmesini sağlayacak ve erimiş malzemeye yer sağlayacak kadar silindir başında bir boşluk bulunur. Bu boşluk rezervuar (R) olarak adlandırılır. Vida ucu ile bir önceki çevrimde katılaşmış malzemeyi ayıran kapama valfinin (V) arasındadır. Enjeksiyon aşamasında ise vida bir piston gibi çalışarak hızlı bir şekilde rezervuardaki eriyik malzemenin şekilde (T) ve (T') olarak görülen kalıp yarınları arasındaki boşluğu doldurmasını sağlar. Kalıbın sıcaklığının ,

malzemenin katılaşma sıcaklığının altına düştüğü noktada , kalıp boşluğunun tamamen dolduğundan emin olmak amacıyla tazyikli bir enjeksiyon yapılması esastır. 10000-30000 psi (600-2000 atm) gibi yüksek basınçlar soğuma sırasındaki çekmeyi dengelemek için kullanılır. Polimerlerin düşük iletkenliklerinden dolayı kalıp içindeki malzemenin soğuma süresi enjeksiyonla kalıplamada sınırlayıcı faktör olmaktadır. Soğuma aşamasından sonra kalıp açılır ve katılaşmış ürün çıkarılır. (Çıkarma aşaması [E]).



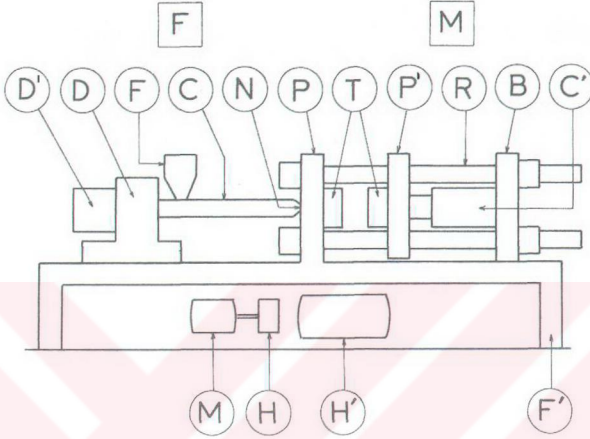
Şekil 2.19 Enjeksiyonla kalıplama prensibi. [F] besleme ünitesi ; [M] kalıp ünitesi ; [P] plastığın erime aşaması ; [I] enjeksiyon ; [E] ürün çıkarma ; [D] eksenel vida motoru ; [D'] dönel vida motoru ; [F] malzeme besleme ağızı ; [S] sonsuz vida ; [R] malzeme “rezervuar” ; [V] valf ; [T],[T'] kalıp yarıları ; [C] kalıp sıkıştırma cihazı.

2.7.2 Teçhizat

Enjeksiyon kalıplama makinesi başlangıçtan beri itici torpido yapısındadır. Bazen farklı vida plastikasyon ve enjeksiyon fonksiyonları içermektedirler. Şekil 2.20’de en çok kullanılan vida tipli enjeksiyon makinesi görülmektedir.

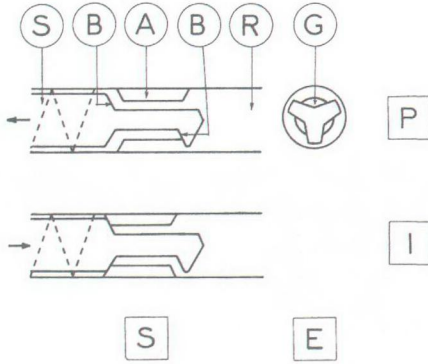
Makine gövdesi (F') üzerinde besleme ünitesi [F] ve kalıp ünitesi [M] , olarak tanımlanan iki farklı ünite gösterilmiştir. Operasyon , elektrikli bir motor [M] tarafından güç sağlanan

hidrolik pompa [H] ve bununla birlikte çalışan hidrolik silindirler , motorlar , valfler , akümülatörler ve tanklar tarafından gerçekleştirilmektedir. Bilgisayar destekli kullanıma sahip olan makinelerin kullanımının artmasıyla ürün kalitesinde ve homojenliğinde artış sağlanmaktadır.



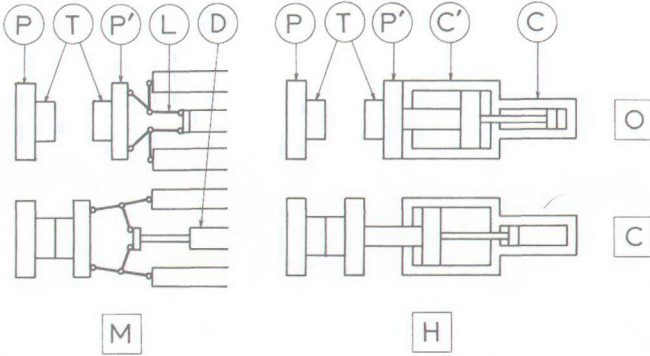
Şekil 2.20 Enjeksiyon kalıplama makinesi. [F] besleme ünitesi ; [M] kalıp ünitesi ; (D) eksenel vida sürücüsü ; (D') dönel vida sürücüsü ; (F) besleme hunisi ; (C) plastikasyon/enjeksiyon silindiri ; (P) sabit plaka ; (T) kalıp ; (P') hareketli plaka ; (R) gergi çubuğu ; (B) arka plaka ; (C') kalıp sıkıştırma mekanizması ; (F') makine gövdesi ; (H) hidrolik pompa ; (M) elektrik motoru ; (enjeksiyon ünitesi)

Besleme ünitesi [F] , plastikasyon/enjeksiyon silindirinden (C) [vida , silindir ve besleme hunisi (F)] , eksenel vida sürücüsü (D) ve dönel vida sürücüsü (D') 'nden oluşmaktadır. Bazen tüm ünite [I] , makine gövdesine (F') sınırlı eksenel deplasman yapacak şekilde monte edilir. Vida ucu normalde şekil 2.21'de gösterildiği gibi geri dönmeyen valf şeklinde donatılmıştır. Şekilde , sızdırmaz yüzey (B) ve (B') arasındaki kayma halkası (A) , plastikasyon aşamasında vida geriye doğru hareket ederken malzemenin vida kanalından rezervuara akmasına izin verir. Aynı zamanda enjeksiyon aşamasında da vida ileri hareket ederken malzemenin vida kanalına geri dönmesini engeller.



Şekil 2.21 Geri dönmeyen valf. [P] plastikasyon konfigürasyonu ; [I] enjeksiyon konfigürasyonu ; (S) vida ; (B) conta yüzeyi ; (A) kayma halkası ; (B') yivli engel ; (R) malzeme rezervuarı.

Kalıp ünitesi [M] , genelde iki sabit dikey plakadan (P) ve (B)'den oluşmaktadır. Dört adet silindirik bar ya da gergi çubuğu (R) ve sıkıştırma mekanizmasıyla (C') hareket eden hareketli bir plakaya (P') bağlıdır. Kalıbın (T) sabit ve hareketli yarıları , (P) ve (P') plakalarına bağlanmıştır ve sırasıyla ön ve arka plaka olarak tanımlanır. Şekil 2.22'de en genel mekanik ve hidrolik sıkıştırma mekanizmaları gösterilmiştir. Kalıbın sıkıştırılması ilk aşamada hızlı bir hareketle elde edilen düşük sıkıştırma kuvveti ve bunu takiben yavaş bir hareketle elde edilen yüksek kilitleme kuvveti ile gerçekleşmektedir.



Şekil 2.22 Kalıp sıkıştırma mekanizması. [M] mekanik ; [Hidrolik]; [O] kalıp açık ; [C] kalıp kapalı ; (P) sabit plaka ; (T) kalıp ; (P') hareketli plaka ; (L) bağlantı ; (D) bağlantı sürücüsü ; (C') kilitleme silindiri ; (C) piston silindiri.

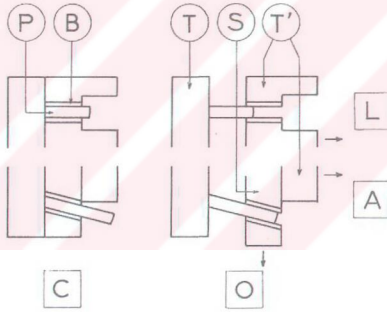
Enjeksiyon kalıplama makineleri bazen tek bir ürünün üretiminde kullanılırlar da genelde bir çok değişik kalıpla birlikte kullanılırlar ve kalıp değişimi zaman kaybına yol açmaktadır. Bu kayıp zaman son yıllarda popülaritesi artan hızlı kalıp değişim sistemleri ve bilgisayarlar kullanılarak önemli ölçüde azaltılmaktadır.

Enjeksiyon kalıplama makineleri geniş bir boyut dağılımına sahiptir. Sınıflandırmadaki genel kriter maksimum sıkıştırma kuvvetidir. 25-150 ton aralığı küçük makineler , 150-750 ton aralığı orta boy , 750-5000 ton arası ise büyük makineler için tanımlanan sıkıştırma kuvvetidir. Şuan için ulaşılan en büyük sıkıştırma kuvveti 10000 tondur. Genel olarak makinenin sıkıştırma kuvveti ile diğer özellikleri arasında bir ilişki vardır. Örneğin 150 tonluk bir makine için yaklaşık karakteristik özellikler ; vida çapı 5 cm ; plaka boyutu 0,7m*0,7m , kalıplama kapasitesi 0,3 kg , plastikasyon kapasitesi 70kg/saat , motor gücü 30 hp ve ısıtma gücü 12,5 kW olarak verilebilir. 750 tonluk bir makine içinse ; vida çapı 10 cm ; plaka boyutu 1,5m*1,5m , kalıplama kapasitesi 3 kg , plastikasyon kapasitesi 350kg/saat , motor gücü 30 hp ve ısıtma gücü 35 kW olarak verilebilir. 10000 tonluk makine için ise kalıplama kapasitesi 170 kg ve maksimum kalıp boyutu 2,5m*5m olarak verilebilir.

2.7.3 Kalıp Bileşenleri

Enjeksiyonla kalıplamada kalıp , üretilcek ürünün geometrisine uygun kalıp gözüne sahip olmalı ve malzeme soğuduktan sonra ürünün rahatça çıkarılmasına izin vermelidir. Ürünün çıkarılması , öncelikle kalıbın açılmasını , itici sistemi ve bazen geri çekilebilir ikincil kalıp kısımlarını içermektedir.

İlk olarak kalıbın açılması , kalıbın bir yarısının sabit plakaya (P) bağlanması ile şekil 2.23 'de görüldüğü gibi ve diğer kısmın (P') hareketli plakaya bağlanması ile gerçekleştirilir. Sabit kalıp yarısı (T) bazen ön , kalıp gözü ya da dişi blok olarak isimlendirilir. Hareketli kalıp yarısı ise arka , baskı , ya da erkek blok olarak isimlendirilir. Birbirine değen iki yüzey ayrılma yüzeyini oluşturur. Tercihen kalıbın açılış eksenine düzlemsel ve dikey olması istenir. Kalıp yarılarının birbirine değen yüzeylerinde kalıp kesiti boyunca oluşan ize ayrılma çizgisi denir. Şekil 2.23 'de görüldüğü gibi (T) ve (T') kalıp yarılarının merkezlenmesi kılavuz pimleri ile sağlanmaktadır.



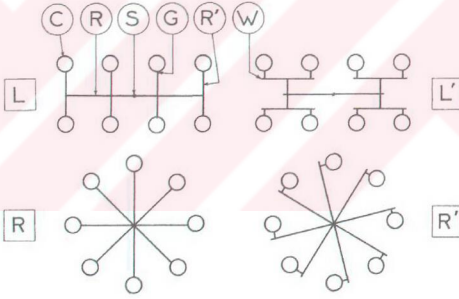
Şekil 2.23 Pim. [L] merkezleme pimi ; [A] açılı pim ; [C] kalıp kapalı konfigürasyonu ; [O] kalıp açık konfigürasyonu ; (P) pim ; (B) burç ; (T) sabit kalıp yarısı ; (S) ikinci kalıp kısmı ; (T') hareketli kalıp yarısı.

Ürünün kalıp gözünden çıkarılması için itici sisteme ek olarak uygun bir yüzey bitimi ve uygun bir eğim gereklidir. Normal olarak herhangi bir ayırıcı kimyasal maddeye ihtiyaç duyulmamaktadır.

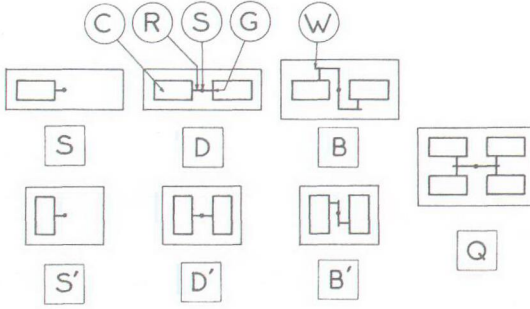
Enjeksiyon esnasında malzeme , silindir ucundaki memeden kalıp gözüne doğru , besleme sistemi (F) olarak adlandırılan ve şekil 2.24 , 2.28 , 2.30 , 2.31 'de görüldüğü gibi genelde

kalıp döküm ağızı (S) , yolluk (R) , ve yolluk girişi (G) 'den oluşan sistem boyunca akar. Besleme sistemindeki malzeme genellikle ürün boyunca soğur ve besleme uzantısı (F') meydana getirerek ürünle birlikte çıkarılır. Malzeme tedarikçileri , ürünleri için spesifik besleme sistemi boyutlarını tavsiye ederler. Çok gözlü kalıplar için besleme sistemi dizaynında bir çok farklı düşünce bulunmaktadır ve bunlardan bazıları aşağıda tartışılmaktadır.

Şekil 2.24'te sekiz gözlü kalıp için uygun bir düzenleme görülmektedir. [L'] düzenlemesi , [L] 'ye göre tüm kalıp gözlerinin aynı anda dolması bakımından daha iyidir. [R'] düzenlemesi ise yabancı dilde "cold slug well" olarak tabir edilen , yollukta ilerleyen plastiğin en ön kısmında sıcaklığını en fazla kaybetmiş olan malzemeyi hapsederek kalıp gözü içerisine daha sıcak haldeki eriyiğin girmesini sağlayan ve daha homojen yapıda ürün oluşumuna imkan veren soğuk plastik çukuruна sahip olduğu için [R] 'ye göre daha üstündür. Şekil 2.25 , makine eksenine dik , ince dikdörtgen plakaların kalıplanmasına kesin alternatifleri göstermektedir. (Charrier , 1999)



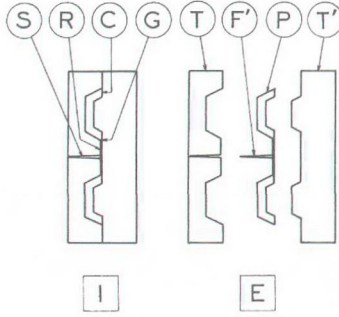
Şekil 2.24 Çok gözlü kalıp için besleme sistemi. [L], [L'] doğrusal düzenlemeler ; [R], [R'] dairesel düzenlemeler. (C) kalıp boşluğu ; (R) ana yolluk ; (S) döküm ağızı ; (G) yolluk ile kalıp gözü birleşim noktası , kapı olarak da tabir edilmektedir ; (R') ikincil yolluk ; (W) soğuk plastik çukuru.



Şekil 2.25 Plaka kalıplama alternatifleri. [S], [S'] tekli kalıp gözü ; [D], [D'] ; [B], [B'] ikili kalıp gözü ; [Q] dörtlü kalıp gözü ; (C) kalıp gözü ; (R) yolluk ; (S) döküm ağzı ; (G) kapı ; (W) soğuk plastik çukuru.

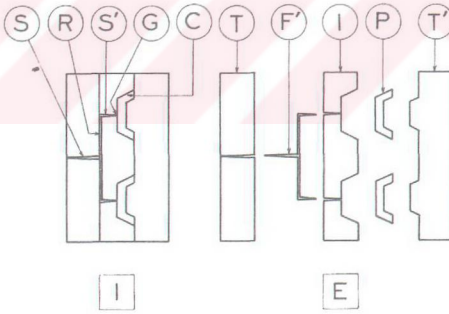
Tekli kalıp gözü düzenlemelerinden [S] ve [S'] simetrik olmamalarından dolayı tercih edilmezler. İkili kalıp gözü düzenlemelerinden [D] ve [D'] sırasıyla direk ve yanal yolluk girişi içermektedir. İkili kalıp gözü düzenlemelerinden [B] ve [B'] soğuk plastik çukuru [W] oluşumunu sağlaması nedeniyle tercih edilen bir düzenleme olmaktadır. Dörtlü kalıp gözü düzenlemesi ise [Q] birçok tercih edilen özelliği bünyesinde barındırmaktadır.

Şekil 2.26'da gösterilen basit iki plakalı kalıp birden fazla göze sahiptir. Malzeme döküm ağzından [S], yolluk [R] boyunca akmakta ve kenar yolluk girişinden [G], kalıp gözü [C] içerisine dolmaktadır.



Şekil 2.26 İki plakalı çoklu kalıp gözü kalıplama. [I] enjeksiyon konfigürasyonu ; [E] kalıp açma konfigürasyonu ; (S) döküm ağızı ; (R) yolluk ; (C) göz ; (G) yolluk girişi ; (T) sabit kalıp yarısı ; (F') besleme uzantısı ; (P) ürün ; (T') hareketli kalıp yarısı.

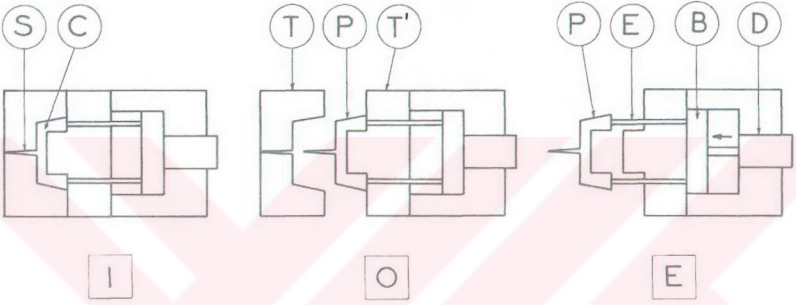
Şekil 2.27' de gösterildiği gibi aynı ürün , daha kompleks , üç plakalı bir kalıpta da yapılabilir. Malzeme ana döküm ağızından (S) , yolluk (R) , ikincil döküm ağızı (S') boyunca akarak merkezi yolluk girişinden göze ulaşır. Gözler , hareketli plaka (T') ve ortadaki plaka (I) arasında oluşturulmuştur. Çıkarma (E) aşamasında , ürün (P) ile (F') besleme uzantısı otomatik olarak birbirinden ayrılır.



Şekil 2.27 Üç plakalı kalıp. [I] enjeksiyon konfigürasyonu ; [E] kalıp açma konfigürasyonu ; (S) ana döküm ağızı ; (R) yolluk ; (S') ikincil döküm ağızı ; (G) yolluk girişi ; (C) göz ; (T) sabit kalıp yarısı ; (F') besleme uzantısı ; (I) orta plaka ; (P) ürün ; (T') hareketli kalıp yarısı.

Bir çok durumda , enjeksiyonla kalıplama ürününün bir kalıp yarısından , itici sistem vasıtasıyla ayrılması gerekmektedir. Genelde bu sistem hareketli kalıp yarısı ile birleşmiş

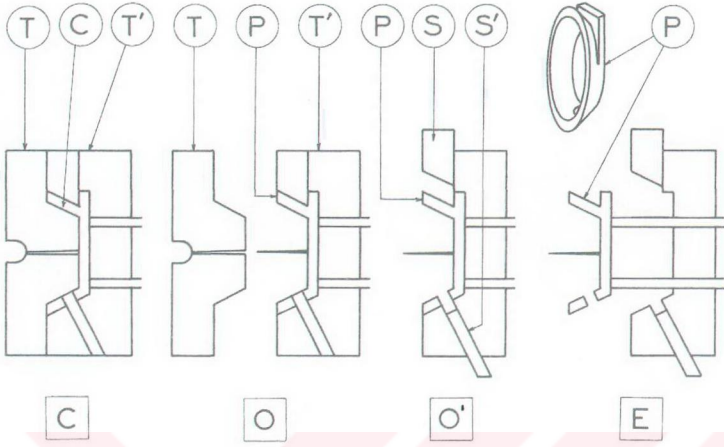
durumdur. Şekil 2.28'de itici bir sistem gösterilmektedir. Kalıp açıldıktan sonra (O) , ürün hareketli kalıp yarısı (T') üzerindeki göbekte kalır. Çıkarma [E] aşamasında , parça itici pimler (E) vasıtasıyla kalıp yarısından ayrılır. İtici pimler , itme plakasını (B) hareket ettiren mekanizma (D) ile çalıştırılır. İtici , silindirik pimler , valf şeklinde pimler , plakalar , çubuklar , bıçaklar , halkalar ve pens şeklinde olabilirler. İtici , kalıbın hareketiyle veya bağımsız olarak çalışan mekanik , hidrolik , pnömatik ve elektromanyetik cihazlarla hareket ettirilebilirler. Kalıp gözüne , basınçlı hava verilerek de parçalar çıkarılabilmektedir.



Şekil 2.28 İtici sistem. [I] enjeksiyon konfigürasyonu ; [O] kalıp açık konfigürasyonu ; [E] çıkarma konfigürasyonu ; (S) döküm ağızı ; (C) kalıp gözü ; (T) sabit kalıp yarısı ; (P) ürün ; (T') hareketli kalıp yarısı ; (E) itici ; (B) itici plaka ; (D) itici motoru .

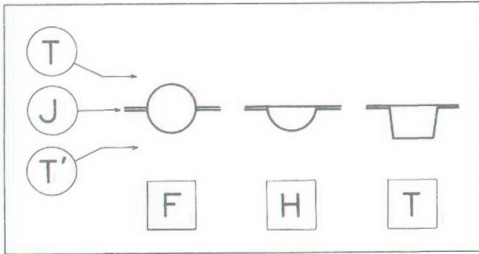
Ürün geometrik olarak karmaşık bir yapıya sahip olduğunda , örneğin iç ve dış kısımlarında yivler içeriyorsa , geri çekilebilir ikincil kalıp kısımları kullanılması gerekebilir. Bu kısımlar maçalar , vidalanmayan parçalar , hareketli bloklar olabilir. Geri çekilme şekil 2.23 'de gösterildiği gibi kalıp hareketi ile birlikte sağlanmaktadır. Şekilde [A] açılı pimi , ikincil kalıp kısmını (S) hareket ettirir. Aynı zamanda bu hareket bağımsız hidrolik , pnömatik ve elektromanyetik cihazlarla sağlanabilir.

Kalıp konfigürasyonu , ürün yapısına göre maçalar ve hareketli parçalar içerebilir (Şekil 2.29). [C] aşamasında kalıp gözüne enjeksiyon yapılmış ve [O] aşamasında ana kalıp parçası açılmıştır. Fakat bu durumda ürünün çıkarılması mümkün değildir. İkincil kalıp parçası olan (S) ve (S') geri çekildiğinde , [O] aşamasında sonra ürün çıkarılabilir [E] .



Şekil 2.29 Hareketli ikincil kalıp kısımları. [C] kalıbın kapalı olduğu konfigürasyon ; [O] ana kalıp parçasının açılması ; [O'] ikincil kalıp parçasının geri çekilmesi ; [E] ürünün çıkarılması ; (T) sabit kalıp yarısı , (C) göz ; (T') hareketli kalıp yarısı ; (P) ürün ; (S) , (S') ikincil kalıp parçaları.

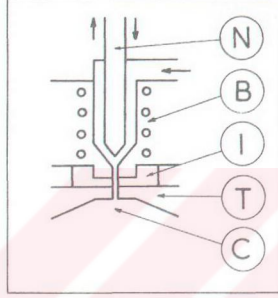
Yolluk , şekil 2.30'da görüldüğü gibi kalıp yarılarının ayrılma yüzeylerine (J) , talaşlı şekillendirme ile işlenirler. İdeal olarak [F] dizaynı , enjeksiyon sırasında minimum soğuma ve optimum akış özelliğine sahiptir. İkiz kenar yamuk şeklindeki 5-7 ° koniklik verilen [T] dizaynı , yarım daire kesite [H] göre daha çok kullanılır.



Şekil 2.30 Yolluk kesitleri . [F] dairesel , [H] yarım daire , [T] ikiz kenar yamuk , (T) sabit kalıp yarısı ; (J) ayrılma yüzeyi ; (T') hareketli kalıp yarısı.

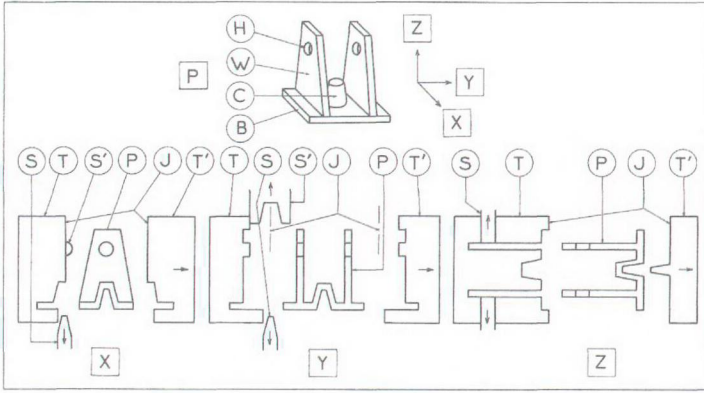
Fakat , ürünle birlikte oluşan ve daha sonra tekrar kırılarak beslemeye verilen yolluk uzantısının oluşmadığı sıcak yolluk sistemine doğru artan bir eğilim vardır.

Şekil 2.31'deki gibi sıcak yolluk kullanılarak önemli tasarruflar sağlamak mümkündür. Bunun için , şekilde görülen valf tipi yolluk girişi , dışarıdan hareket ettirilebilen çubuk (N) , kalıp (T) ile ısıtılmış yolluk bloğu arasında (B) yalıtkan malzeme (I) gereklidir.



Şekil 2.31 Valf tipi yolluk girişi . (N) çubuk ; (B) ısıtılmış yolluk bloğu ; (I) yalıtkan ; (T) kalıp ; (C) kalıp gözü.

Şekil 2.32'de orta ölçüde komplike bir ürün [P] için çeşitli kalıplama alternatifleri gösterilmiştir. Temel olarak kalıp , [X] , [Y] , [Z] düzlemlerinin üçünden birinin doğrultusunda açılır. Her durum için sabit ve hareketli kalıp yarıları (T) ve (T') , ayrılma çizgisi (J) ,ve ikincil geri çekilebilir kalıp kısımları (S) ve (S') ,boşluklar (H) ve göbek (C) gösterilmiştir. Her yöntemin göz önünde bulundurulması gereken avantaj ve dezavantajları vardır. Örneğin [Z] çözümü basit gözükmese de kanat (W) yüzeylerinde önemli bir açı olmadan , ürünün çıkarılması zordur.



Şekil 2.32 Kalıplama alternatifleri . [P] ürün ; [X] “X” kalıp açılımı ; [Y] “Y” kalıp açılımı ; [Z] “Z” kalıp açılımı ; (S) , (S') geri çekilebilir ikincil kalıp kısımları ; (T) sabit kalıp yarısı ; (T') hareketli kalıp yarısı ; (J) ayrılma çizgisi ; (P) ürün.

Ticari ürünler çoğunlukla aynı malzemeden yapılmış farklı parçalar içerirler. Tüm parçaların aynı kalıpta üretilmesi tercih edilen bir durumdur. Olası kusurlar kalıplardaki simetri hatalarından kaynaklanmaktadır. Yolluk girişi ve yolluk geometrileri uygun dizayn edilmeyen kalıplarda , kalıp gözleri farklı oranlarda dolar. Kalıplarda en büyük basınçlar büyük kalıp gözlerinde oluşur. Tek bir bileşenin dahi yetersiz kalması , tüm takımın ıskarta olmasına ya da yeniden yapılmasına sebebiyet verir.

Enjeksiyon kalıplarında maksimum basınç aralığı genel olarak 300-800 atm (4000-12000 psi) yani kalıp gözü ve yolluk sisteminde 0,3-0,9 ton/cm² yaklaşık değere tekabül eder. Enjeksiyon kalıpları sıvı malzemenin soğuması ve ikincil kalıp parçalarının hareketleri için mutlaka kanallar içermelidir.

Enjeksiyon kalıplarının yapıları itibarıyla iyi iletkenlik ile mekanik aşınma ve korozyona karşı dayanım kombinasyonuna sahip olmaları gerekmektedir. Yaklaşık 10 baskılık prototip kalıplar kırıksite, kayem gibi düşük ergime noktalı alaşımlardan dökülmektedir. Yaklaşık 1000 baskılık , kısa ömürlü kalıplar ise alüminyum veya yumuşak çelikten işlenir. Orta ömürlü yani yaklaşık 10,000-100,000 baskılık kalıplar için takım çelikleri kullanılır. Uzun ömürlü ,

milyonlarca baskılık kalıplar için ise özel sertleştirilmiş ve krom kaplama yapılmış çelikler kullanılır.

Kalıp gözlerinin şekillendirilmesinde çeşitli teknikler mevcuttur. Bunlar arasında çelik bloğun talaşlı işlenerek kalıp gözünün oluşturulması yada giderek kullanımı artan bilgisayar destekli (CAD) , kalıp kısımlarının bir modelden kopyalarının işlenerek oluşturulması bulunmaktadır. Zımbalama (Soğuk Şekillendirme) da çok gözlü kalıplar için sıkça kullanılan bir yöntemdir. Erozyon (EDM) yöntemi de kompleks kalıp gözlerinin yapımında kullanılan yöntemlerdendir. Elektro şekillendirme , kaplama ve desenleme kalıp gözlerinin şekillendirilmesiyle birlikte kullanılan diğer yöntemlerdir. Berilyum bakır alaşımları ise orta ömürlü , yüksek iletkenliğe sahip kalıpların yapımında kullanılır.

Kalıp boyutunun belirlenmesinde ve işlenmesi sırasında dikkat edilecek diğer bir unsursa soğuma sırasındaki malzemedeki çekmedir. Kalıp gözleri , arzulanan üründen daha büyük boyutta imal edilir. Amorf ve yüksek kristal yapıda olan termoplastikler için doğrusal çekme miktarı sırasıyla 0,2-5% kadardır.

3. ÇELİK KALİTESİ VE ÜRETİMİ

Takım çeliği , yüksek oranda alaşım elemanı içerir. Yüksek oranlı alaşım elemanı , çeliğin ergitilmesinden dökümüne ve işlenmesine kadar her aşamasında diğer çeliklerin üretiminden farklı sistemlerin kullanılmasını zorunlu kılar. Takım çeliğinin kalitesi de çeliğin üretiminde uygulanan bu işlemlere bağlıdır. Bu işlemlerin hedefi , kalıp çeliğinin aşağıdaki özelliklere sahip olabilmesidir ; bu özellikler aynı zamanda çeliğin kalitesini ifade eder :

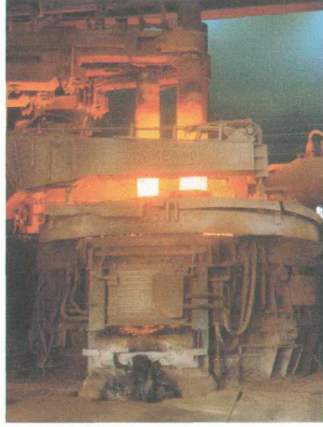
- Dar kimyasal bileşim
- Homojen kimyasal bileşim
- İnce taneli ve homojen mikroyapı
- İşlenmiş yüzeyler (Kabuk soyulmuş)
- Tam kalite kontrolü
- Stok genişliği

3.1 Çelik Üretimi

Takım çeliği üretimi , çelik üretimi içerisinde özel bir öneme sahiptir. Çok yüksek nitelikli çelikler olan takım çeliklerinin üretiminde kullanılan yöntemler , son derece kaliteli ve ileri teknoloji ürünü süreçlerden oluşmaktadır. (Assab&Korkmaz)

Alışılmış çelik üretim süreçlerine ek olarak , çok temiz hurda (özellikle paslanmaz çelik hurdası) girdi olarak kullanılır. Ergitme işlemi elektrik ark ocaklarında (EAO) yapılır ve mutlaka ergitme sonrası pota metalürjisi ile alaşımlama ve gaz alma , Ca enjeksiyonu vb. işlemler , çeliğin kalitesini arttırmak için ergiyiğe tatbik edilir.

Döküm , yine aynı amaçla dipten döküm yöntemi ile gerçekleştirilir. Böylece elde edilen ingotlar , cüruf altı ergitme (ESR) işlemi gördükten yani yeniden ergitilerek iç yapı homojenliği daha da yükseltildikten sonra , dövülerek ısıl işleme alınır. Burada dövülmüş çeliğin mikroyapısı modifiye edilir ve gerek dövme gerekse de ısıl işlem sırasında yüzeyde oluşan bozunmuş tabakaların çelikten uzaklaştırılması için kütükler talaşlı işleme girerler. Böylece kabuk soyulmuş hale gelen bu kütükler , daha sonra ultrasonik çatlak kontrolünden geçirilerek , diğer mekanik inceleme için hazır hale getirilir



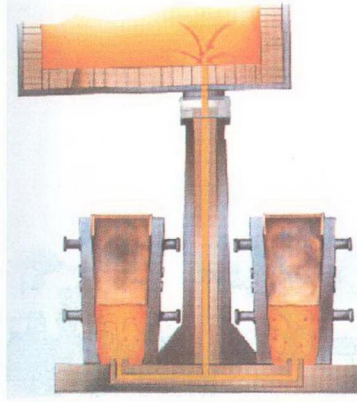
Şekil 3.1 Elektrik ark ocağı.

3.1.1 Ergitme ve Kimyasal Bileşim

Çeliğin kimyasal bileşimi , her bir element için daima belli sınırlar içinde değişir. Bu sınırlar ne kadar dar olursa çeliğin özellikleri de , kütüğün farklı bölgelerinde farklı olmadığı gibi , kütükten kütüğe değişmez.

3.1.2 Pota Metalürjisi ve Döküm

Kütüğün her bölgesinde , çekirdeğinde ve yüzeyinde kimyasal bileşimin belli sınırlar dahilinde aynı olması , işleme kolaylığından , ısıtılma her bölgesinde aynı sertliğin elde edilebilmesine kadar bir dizi özellik kazandırır. Takım çeliklerine uygulanan pota metalürjisi ve dipten döküm sistemi ile segregasyonu (belli bölgelerde alaşım elemanlarının ve kalıntıların birikmesi) azaltan , blok ısıtılma işlemi ile birlikte kombine dövme sistemleri homojen kimyasal bileşimi garanti eden üretim koşullarıdır. Takım çeliğinin en önemli özellikleri tokluk ve sünekliktir. Ağır dökülmesine , çatlak oluşumuna ve çatlağın ilerlemesine karşı malzemenin gösterdiği direnç mümkün olduğunca yüksek olmalıdır.



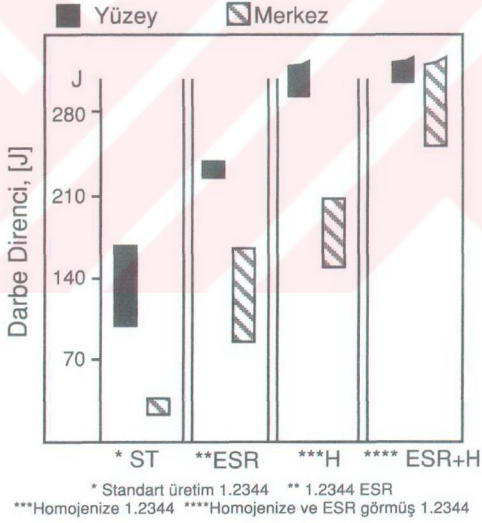
Şekil 3.2 Dipten döküm.

3.1.3 Cüruf Altı Ergitme (ESR)

Kimyasal bileşimle oynayarak, yeni bileşimler geliştirerek bu özellikleri artırmanın sınırları vardır. Öte yandan, iki malzemenin kimyasal bileşimi aynı olsa dahi, mikroyapıları farklı olabilir. Çeliğin hücre yapısı olarak anılan mikroyapının ince olması ve her bölgede aynı, yani homojen olması, bu özellikler açısından da çok önemlidir. Taneler ne kadar ufak ve biçimleri de küreye yakınsa, çeliğin özellikleri de o kadar yüksek olacaktır. İşte bu yüzden takım çelikleri, vakum altında gaz giderme ile safsızlık yaratan oksijen, azot ve hidrojenden arındırılırlar. Ca-enjeksiyonu ile sülfürler küresel hale getirilir ve en önemlisi cüruf altı ergitme işlemi ile çelik yeniden ergitilerek içerdği son safsızlıklardan da kurtulması sağlanır. Böylece, son derece temiz bir mikroyapı yani son derece tok bir çelik elde edilmiş olunur. ESR görmüş malzemelerin homojen ve temiz iç yapıları, mekanik özelliklerde kendini yüksek tokluk ve süneklik olarak ifade eder. (Assab&Korkmaz)



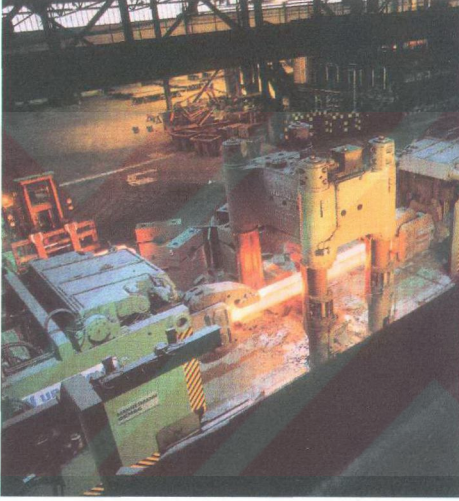
Şekil 3.3 ESR Ünitesi.



Şekil 3.4 Farklı üretim teknolojileriyle üretilmiş çeliklerin karşılaştırmalı toklukları.

3.1.4 Dövmeye

Takım çeliklerinin içerdği yüksek oranlı alaşım elemanları (Cr, V, Mo, W vb.), çeliğin katılaşma yapısında yoğun olarak kaba karbürler biçiminde bulunur. Bu karbürler ayrıca ağ yapısındadır. Tokluğu düşüren ve çeliği kırılgan yapan bu ağ yapısının parçalanması ve karbürlerin olabildiğince küçültülerek yapı içinde dağıtılması istenir. Bunun için de takım çelikleri haddelenerek şekillendirilmekten ziyade dövülerek şekillendirilir Takım çelikleri programındaki tüm çeliklerde , 50 mm'nin üzerindeki tüm kesitler dövme ile üretilebilir.



Şekil 3.5 Dövmeye tesisi , Uddeholm.

3.1.5 Blok Isıl İşlemi

Dövmeye işlemi sonrasında, yuvarlak yada lama olarak şekillendirilmiş bütün çelikler , ısıtılma girerek homojenizasyon işlemine tabi tutulurlar. Bu işlem ile döküm yapısındaki mikro segregasyon kaldırılmaya çalışılır. Dövmeye ile kombine yapılan bu ısıtılma işlemde tatbik edilen özel işlemler sayesinde de malzeme özelliklerinin daha da fazla geliştirilmesi söz konusudur.

3.2 Bitirme İşlemleri

3.2.1 Talaşlı İşleme

Gerek dövme sırasında gerekse de ısıtılma işlemi esnasında kütüklerin yüzeyinde meydana gelen oksidasyon (tufal oluşumu) etkisini ve dövme sırasında oluşan yüzey çatlaklarını ortadan kaldırmak gerekir . Bu yüzden bu kütüklerde mutlaka kabuk soyma işlemi yapılmalıdır.



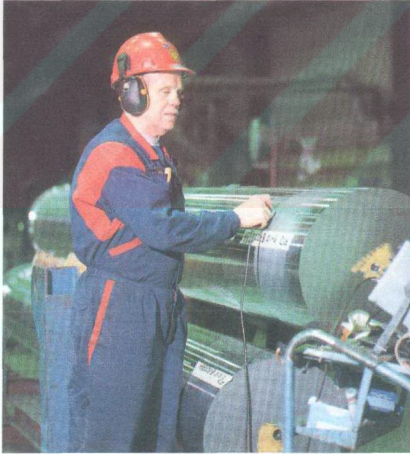
Şekil 3.6 Kütüklerin talaşlı işlenmesi.

Çizelge 3.1 DIN normuna göre çeliğin üretim ölçüsünün kullanım için düşürülmesi gereken çaplar (mm).

Üretim Ölçüsü	Kullanım Ölçüsü	Üretim Ölçüsü	Kullanım Ölçüsü
10	8	22	19,5
12	10	25	22,5
14	12	30	27
15	12,5	35	32
16	13,5	40	36,5
18	15,5	45	41,5
20	17,5	56	50

3.2.2 İnceleme ve Kalite Kontrol

Kabuk soymanın diğer bir getirisi , elde edilen bu temiz yüzeyde çatlak kontrolünün yapılabilmesidir. Bütün malzemeler ultrasonik çatlak kontrolünden geçmektedir.



Şekil 3.7 Ultrasonik çatlak kontrolü.

4. ÇELİĞİN İŞLENMESİ

4.1 Talaşlı Şekillendirme

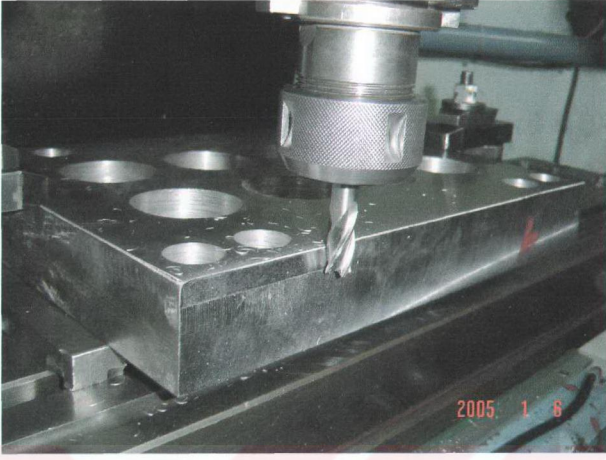
Kalıp üretiminin en önemli aşaması talaşlı imalatıdır. Kalıp maliyetleri üzerine yapılan çalışmalar, kalıp üretim maliyetinin en az yarısının talaşlı işlemeden kaynaklandığını göstermiştir. Kalıp karmaşıklıkça , talaşlı imalat giderek daha da önemli hale gelirken , işlenen malzemenin yani takım çeliğinin de işlenebilirlik özelliği önem kazanır. Yüksek tokluk ve yüksek parlatılabilirlik özellikleri istenen yeni takım çelikleri geliştirilirken , bu çeliklerin, aşırı temiz içyapısı nedeniyle işlenebilirlikleri de düşmektedir. Temiz çelikler üretirken , işlenebilirlik açısından hep bir optimum yakalanmaya çalışılmaktadır.

Kısaca açıklamak gerekirse , işlenebilirlik , verilen malzemenin kesme takımları ile işlenmesi sırasında göstermiş olduğu kolaylığa denir. (Assab&Korkmaz)

Takım çeliklerinde işlenebilirliği etkileyen ana etkenler:

- Çeliğin kimyasal bileşimi
- Mikroyapı
- Malzemenin sertliği
- Malzeme içerisindeki kalıntıların miktarı
- Malzeme içerisindeki arta kalan gerilimler

Kimyasal bileşimin , işlenebilirlik üzerinde çok büyük etkileri vardır ; ve genel bir kural olarak , bir çeliğin alaşım oranı yükseldikçe , kesici takımlar ile işlenebilirliğinin de zorlaştığı söylenebilir. Şekil 4.2'de karbon içeriğine bağlı olarak , üç farklı çelikte kesici takım ömürleri karşılaştırılmıştır. Öte yandan kükürt (S) , çelik içinde genellikle sülfür (MnS) olarak bulunur. Çelik içindeki MnS , yumuşak bir öge olup kısa talaş oluşumunu destekler ve kesici köşelerde yağlayıcı bir etkide bulunarak , aşınmayı yavaşlatır. Aşağıdaki şekilde kükürt içeriğine bağlı olarak , HSS takım ile tornalama esnasında ulaşılacak kesme hızları gösterilmiştir.

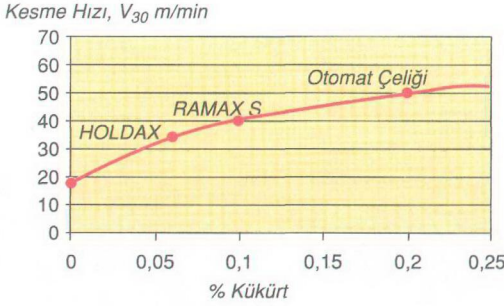


Şekil 4.1 Frezede kesme işlemi.



Şekil 4.2 Kesme hızı / % Karbon

(Çizelgede bulunan Formax , UHB11 , UHB20 Assab ürünlerinin ticari isimleridir.)



Şekil 4.3 Kesme hızı / % Kükürt

(Çizelgede bulunan Holdax ve Ramax S Assab ürünlerinin ticari isimleridir.)

4.2 Erozyon (EDM) İle İşleme

Erozyonla işleme yada EDM teknolojisi , bugün kalıpcılık alanında son derece popüler modern bir talaş kaldırma yöntemi haline gelmiştir. Bunun birçok sebebi vardır. EDM , çok sert malzemeleri ve kompleks şekilleri yüksek bir hassasiyetle işleyebilir ; ayrıca CAD ve otomasyon için çok uygundur. Her teknolojiye olduğu gibi EDM'nin de kendi içinde kimi olumsuzlukları bulunmaktadır. Bunların başında da , işleme sırasında malzeme yüzeyine verilen hasarlar ve malzemeye yüklenen iç gerilmeler gelmektedir.

Erozyonla işleme teknikleri , dalma erozyon, tel erozyon ve EDM frezesidir. Gerek dalma gerekse de tel erozyon ülkemizde son derece yaygın kullanılan işleme teknikleridir. Plastik kalıpcılığında dalma ve kesme kalıpcılığında da tel erozyon çok yoğun kullanılmaktadır. Buna karşın EDM frezesi ülkemizde pek tanınmamaktadır.

EDM frezesi, aslında çok koordinatlı dalma erozyon tezgahlarının geliştirilmiş halidir. Bu yöntemde istenen parça şekli, silindirik elektrotun belirlenmiş bir yolu takip etmesiyle oluşturulur. Bu işlemin normal frezeden farkı kesici yerine silindirik bir elektrot kullanılmasıdır. Böyle bir işlemin avantajı kompleks elektrotlar kullanmaya ihtiyaç duymamasıdır ; bu hem paradan hem de zamandan kazandırır.

4.2.1 Dalma Erozyon

Şekil 4.4'te dalma erozyon makinesine ait resim ile şekil 4.5'te ve şekil 4.6 'da dalma erozyonda kullanılan bakır elektrotlar gösterilmiştir. Şekil 4.7'de gösterildiği üzere ister dalma ister tel erozyonla yapılan işlem sonrası çelik yüzeyinde , etkilenmiş bir bölge oluşur. Fotoğrafta da görüldüğü üzere bu bölge mikro çatlaklar içermektedir. Kalıp çalışmaya başladığında ya da erozyon sonrası ısıl işleme girdiğinde oluşan gerilmeler bu çatlakları ilerleterek kalıbın hasar görmesine yol açabilir. Bu çatlakların ilerlemesini kolaylaştıran bir başka oluşum ise erozyon sonrası yüzeyde meydana gelen sertlik değişimidir. Yüzeyde çok sert bir tabaka ve onun hemen altında ise çok yumuşak bir tabaka oluşur. Bu bölgenin derinliği yada yüzey pürüzlülüğü, öncelikle uygulanan akıma daha sonra empülsiyon zamanına bağlıdır. EDM işlemini hızlandırmak için malzemenin büyük kısmı yüksek akım uygulanarak işlenir daha sonra bitirici işlemler , yüzey kalitesini sağlamak ve ilk işlemde kalan , ısıya maruz kalan bölgenin büyük kısmını ortadan kaldırmak için küçük akımlar kullanarak yapılır. Ancak bu uygulama etkilenmiş bölgeyi ortadan kaldırmaz sadece derinliğini azaltır. Etkilenmiş bölgeyi ortadan kaldırmak için, öncelikle mekanik temizleme yani bir parlatma yapılması tavsiye olunur. Ancak , kalıp şekli özellikle kenarlarda ve iç yüzeylerde buna her zaman izin vermez. Öte yandan sadece beyaz tabakanın uzaklaştırılması da yeterli değildir. Bu yüzden özellikle sertleştirilmiş çeliklerin , erozyon sonrası son meneviş sıcaklığının 20-25 °C altında bir meneviş tavi ile sertleşmiş ve menevişlenmiş tabakaların etkilerinden arındırılması tavsiye edilir. (Assab&Korkmaz)



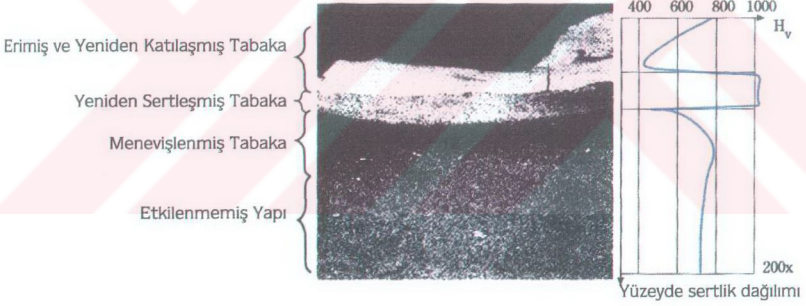
Şekil 4.4 Dalma Erozyon.



Şekil 4.5 Bakır elektrot ve işlenmiş kalıp.

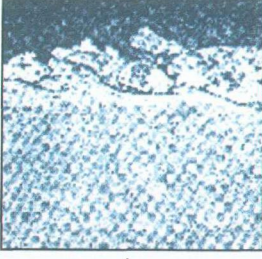


Şekil 4.6 Bakır elektrotlar.

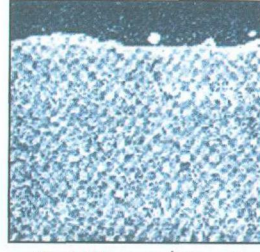


Şekil 4.7 Dalma erozyondan etkilenmiş yüzeyin kesiti , 57 HRC'ye sertleştirilmiş çelik.

Şekil 4.8'deki fotoğraflarda farklı işlem parametreleri ile işlenmiş erozyonlu yüzeyler ve bu yüzeylerde yüzey pürüzlülüğü görülmektedir.



Kaba İşlenmiş



Ticari Hassas İşlenmiş

Yüksek Frekanslı AC
Jeneratörü ile Hassas İşlenmiş

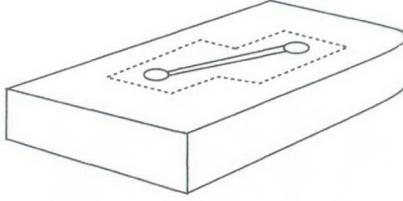
Şekil 4.8 Çeşitli işlemlerle işlenmiş malzeme yüzeyleri.

4.2.2 Tel Erozyon

Sertleştirilmiş çelik kütüklerden karmaşık şekilli parçaların kesilmesinde tel erozyon büyük kolaylıklar sağlar. Özellikle kesme kalıpcılığında , maça ve kalıpların çıkarılmasında sık kullanılan bir yöntemdir. Tel erozyon ile sertleştirilmiş kütüklerin kesilmesinde birkaç hususa çok dikkat etmek gerekir. Bunlardan ilki ; sertleştirildikten sonra düşük sıcaklıklarda menevişlenmiş çelik kütüklerin tel erozyon ile kesilmesi sırasında çatlak oluşumu ve şekil değişimi riski olmasıdır. Bu risk nedeniyle özellikle 50 mm’den daha kalın kütüklerin EDM ile kesilmesinde yüksek sıcaklık menevişi uygulanmış kütükler tercih edilmelidir. Yüksek meneviş direnci olmayan çelikler bu yüzden tel erozyon ile işlenecekse mümkün mertebe tercih edilmemelidir. Bu riskleri azaltmak için:

- Kütüklerde çeşitli delikler açılması ve bu delikleri birleştirilmesi suretiyle asıl kesimin ortaya çıkarılması; aşağıdaki şekilde gösterildiği üzere bir kaç kesimde sonuca ulaşarak ,

- Tel erozyon sonrası gerilme giderme menevişi uygulamak.

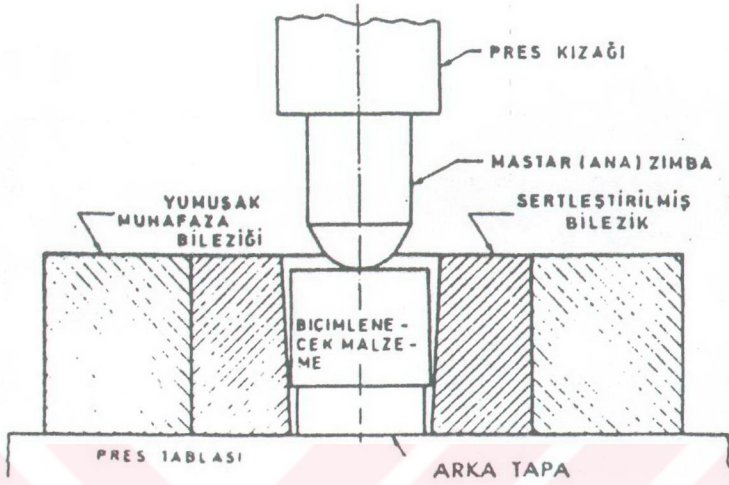


Şekil 4.9 Kütüklerde kademeli kesim.

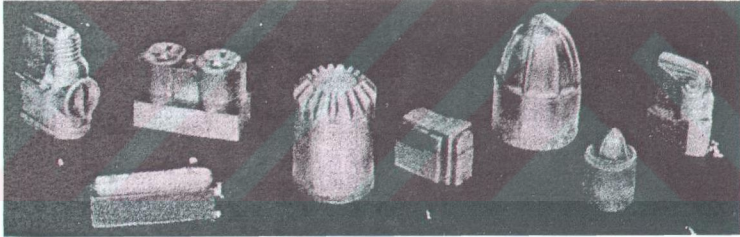
Tel erozyonla kesilen parçaların önemli bir kısmı basmaya çalışan zımbalar ve maçalardır. Bu parçaları kesilmesinde , su yönü diye de tabir edilen haddeleme yönünün dikkate alınması gereklidir. Zımbalar mutlaka hadde yönüne paralel doğrultuda çıkarılmalıdır. Aksi halde çeliklerin tokluğu düşük olacağından kırılmalarla karşılaşılır.

4.3 Zımbalama

Kalıp boşlukları , çoğunlukla talaşlı işleme yada zımbalama yollarıyla yapılır. Zımbalama işleminde , zımba adı verilen çelik parça kalıp boşluğunu oluşturmak için kullanılır. Zımba istenilen şekilde kalıp boşluğunu oluşturmak için dikkatle işlenir , sertleştirilir ve parlatılır. Bu işlemde zımba soğuk şekilde çeliğe , bloğa bastırılır ve kendi boyutlarında ve şeklinde kalıp boşluğu oluşturur. Zımbalama , büyük miktarda güç gerektirir. Bu proses genellikle parçanın dış kesitini oluşturan kalıp kısmını şekillendirmek için kullanılır. Kalıp boşluğu (dişi) bloğunun kalan kısmı sonraki operasyonlarla bitirilir ve dış boyutu kalıp çerçevesine uygun boyutlara getirilir. Zımba ve zımbalanacak çeliklerin seçimi titizlikle yapılmalıdır. (Pribble ve DuBois ,1987)



Şekil 4.10 Zımbalama.(Alkaya, 1998)



Şekil 4.11 Çeşitli zımbalar.

4.4 Kaynak

Çeliğin kaynaklanabilirliği , karbon eşdeğeri'ne bağlı olup , basitçe % 0.2'den daha fazla C içeren çeliklerin kaynaklanabilirliği zayıftır denebilir. Kalıp üretiminde kullanılan takım çelikleri ise neredeyse her zaman % 0.2'den fazla karbon ihtiva ederler ve dolayısıyla kaynaklanabilirlikleri oldukça düşük yada kaynakları oldukça zordur. Takım çeliklerinin , karbonun yanı sıra içerdikleri diğer alaşım elementleri , çeliğin sertleşebilirliğini arttırmakta ve kaynak sırasında ısınan bölgeler yumuşarken , soğuma evresinde de belli bölgeler sertleşmektedir. Böylece kaynaklı bir parçada yumuşaktan sert doğru bir sertlik değişimi

görlür. Bu gerilmeli durum , çoğu zaman parçaların çatlamasına yol açar. Ancak son yıllarda , hem kaynak yöntemlerindeki hem kaynak elektrotları/tellerindeki gelişmeler hem de takım çeliklerinin tasarımı aşamasında kaynaklanabilirliği yüksek çeliklerin düşünülmesi ve ona göre hareket edilmesi bu zorluğu önemli ölçüde aşmıştır.

Günümüzde , kalıplar üzerinde kaynak kullanımı giderek yaygınlaşan ve sonuçları itibarıyla da olumlu gelişmeler içeren bir uygulamadır. Kalıplarda kaynak uygulamaları aşağıdaki nedenlerden dolayı gerekebilir:

- Tasarımda değişiklik talepleri ,
- Çatlayan yada aşınan kalıpların onarımı ,
- Dökülen yada aşınan kenarların yenilenmesi ,
- Kesici kenarların yada boşluk yüzeylerinin sert dolgu ile doldurulması ,
- Kalıpların işlenmesinde meydana gelen hataların düzeltilmesi.

Kalıp bakım ve tamiri amaçlı bu kaynak uygulamalarından en yaygın kullanılan yöntemler aşağıda sıralanmıştır:

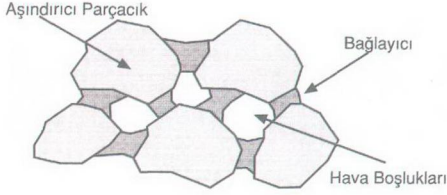
- Metal Ark Kaynağı (Elektrot Kaynağı) ,
- Gaz Altı Kaynağı ; TİG , MİG

Elektrot kaynağı genellikle kaba işlerde ve dolgularda tercih edilir. Hızlı bir kaynak yöntemi olmakla birlikte cürufun kaynak sırasında oluşması nedeniyle her bir paso sonrası temizlik gerektirir. Kalıpcılıkta giderek yaygınlaşan TIG yöntemi ise , tel kalınlığının küçüklüğü nedeniyle ince işlerde tercih edilir. Yavaş olmakla birlikte son derece temiz bir kaynak dikişi elde edilir.

4.5 Taşlama

Taşlama diski , üzerinde binlerce kesici nokta bulunan bir ölçüsel hassasiyet artırma takımıdır. Bağlayıcı maddeden oluşan bir matrisin içinde bulunan ve gözeneleklerle birbirlerinden ayrılmış aşındırıcı parçacıklardan oluşur. Bu aşındırıcı parçacıklar , kesici noktalar olarak görev yaparken , bağlayıcı madde de tanelerin bir arada durmasını ,

gözenekler ise soğutucunun diskin içerisine nüfuz etmesini ve oluşan talaşın ayrılmasını sağlar.(Assab&Korkmaz)



Şekil 4.12 Taş yapısı.

Takım çeliklerinin taşlanması dikkat isteyen bir husus olmakla beraber doğru bir taş seçimi ve taş hızı çok önemli etkenlerdir.

- 1- Taşlanacak bölgeyi titreşimden korumak gereklidir.
- 2- Mümkün olduğunca taş seçimi çizelgesinde önerilen taş cinsleri kullanılmalıdır.
- 3- Bol soğutucu kullanılmalıdır.
- 4- Taşlamadan sonra gerilim giderme menevişi yapılmalıdır.
- 5- Taşlamadan sonra keskin köşeli bölgeler tashih edilmelidir.
- 6- Taşlama çatlamasını ve yüzey yamalarını engellemek için taşlama esnasında aşırı basınç uygulanmamalıdır.
- 7- Menevişlenmemiş malzeme taşlanmamalıdır.
- 8- Malzeme cinsine , ısıl işlem görüp görmemesine ve yapılacak taşlama işleminin türüne göre taş seçimi yapılmalıdır.
- 9- Her taşı tanımlayıcı bir simge vardır.
- 10- İyi bilenmiş ve salgısız , dengeli taş kullanılmalıdır.

5. ISIL İŞLEM

Kalıpların ısıtılmasında daima çarpılma ve çatlama riski mevcuttur. Çelikte , kalıcı düzlemsel boyutsal değişimler beklenmelidir. Boyutsal değişimin yönünü ve miktarını tam olarak kestirmek imkansızdır. Kimyasal bileşim , kütle , geometri , tasarım ve ısıtılma işlemi tekniği , kalıbın son boyutsal ölçülerini etkilemektedir.(Pribble ve DuBois, 1987)

Kalıp eğer %0.20'den daha az miktarda karbon içeren düşük karbonlu çeliklerden imal edilmiş ise genellikle sementasyon yapılır. Bu şekilde kalıp yüzeyindeki karbon miktarı artırılarak işleminden sonra yüzeyin daha da sert bir hale getirilmesi sağlanır. İç kısımlar yumuşak olduğu için az sayıda kalıp temel yapıdaki sertleşebilen bu tür çeliklerden yapılmalıdır. Çünkü bu çeliklerin iç yapıları yumuşaktır. Yüksek karbonlu ve alaşımlı çeliklerden yapılan kalıplarda ise yeterli sertlik , yapıdaki karbon oranı sayesinde kolayca elde edilebilir.

Sementasyon sıcaklığı ve sertleştirme sıcaklıkları çeliğin tipine göre değişmekle birlikte , çelik üreticileri tarafından verilmektedir.

Kalıp yüzeyini oksidasyondan korumak için gerekli özen mutlaka gösterilmelidir. Oksidasyondan koruma , kalıbın kok ile paketlenmesi ile , atmosfer kontrollü veya vakumlu fırınların kullanılmasıyla sağlanabilir.

Kalıp ısıtmadan sonra , sertleştirme sıcaklığına sıvı ortamda , örneğin yağda yada çeliğin bileşimine göre havada soğutularak ulaşılır. Yüksek alaşımlı çelikler , havada soğutularak yeterli sertlik elde edilir.

5.1 Menevişleme

Sürekli soğutma ile sertleştirilmiş çelik parçalarda büyük gerilmeler mevcuttur. Soğutma sonrası kalıp , 100 ila 670 °C arasındaki sıcaklıklara tekrar ısıtılarak istenen sertlik değeri elde edilir ve de soğutmadan kalan gerilmeler giderilir. Kalıp sertliği , gereksinimlere göre 30 ila 65 HRC arasında değişir. (Topbaş, 1998)

Menevişleme işleminde , büyük gerilimler giderilirken , kristal yapıdaki değişim sebebiyle bir miktar ikincil gerilmeler kalmaktadır. En iyi sonuçlar ikinci bir menevişleme işlemi daha uygulanarak elde edilmektedir.

5.2 Tavlama

Tavlama ya da çeliğin sertliğini düşürme , çeliğin , kritik sıcaklığın hemen üzerine ısıtılıp oldukça yavaş şekilde soğutulması şeklinde olmaktadır.

5.3 Gerilim Giderme

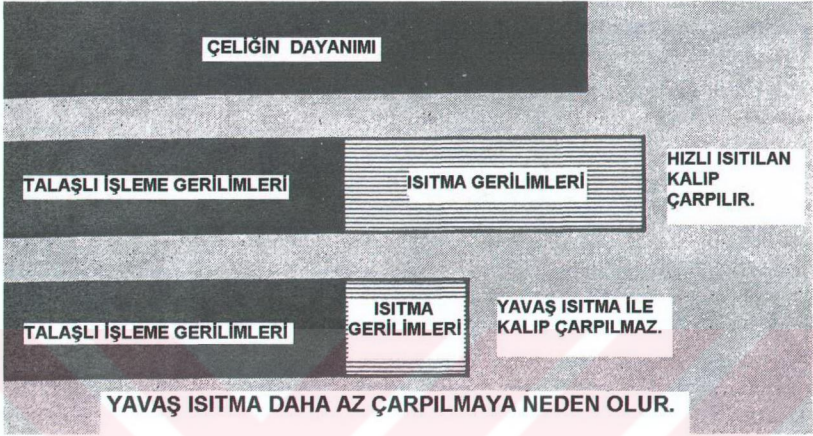
Kalıntı gerilmeler sebebiyle çarpılmalar oluşabilir. Çelik yapılan şekillendirme işlemleri sonucu oldukça gerilmeli bir hal alır. Bu gerilmeler mutlaka giderilmelidir. Aksi halde çarpılmalara sebep olurlar.

Büyük kalıplarda , son ölçülere 1/8 – 1/4 inç kalana kadar kaba işleme yapılmalıdır. Daha sonra kalıntı gerilmeler giderilmelidir. Kalıp , 675-705 °C arasındaki sıcaklığa çıkarılmalı ve kalıbın büyüklüğüne göre bu sıcaklıkta tutulmalıdır. Örneğin 10 inç kalınlığındaki bir kalıp için 10 saatlik bir süre önerilmektedir. Kalıp daha sonra oda sıcaklığına soğutulduktan sonra son talaşlı işleme hazır haldedir. Bu talaşlı işlemi takip edecek ısıtılma işlemdeki boyutsal değişim göz önünde bulundurularak talaşlı işleme yapılır.

Çarpılmanın başka bir sebebi ise ısıtılma sırasında oldukça hızlı ısıtma uygulamaktır. Isıtılma sürati , kalıbın tüm kesitlerinin yaklaşık olarak aynı sıcaklıkta olmasına izin verecek hız olmalıdır.

Hızlı ısıtılma sırasında , ince kesitler , kalın kesitlere göre daha hızlı genişler. Bu kenar noktalarda gerilmelere sebep olur. Akma dayanımının üzerindeki gerilmeler kalıpta çarpılmaya sebep olur. Çarpılma , hızlı ısıtılma sırasında kritik sıcaklığa ulaşan ince kesitli kısımların , genişlemekte olan kalın kesitler sebebiyle büzülmesiyle de gerçekleşebilir. Şekil 5.1 , yavaş ısıtılmanın avantajını göstermektedir. Yavaş ısıtılma sırasında , kalıp üzerindeki tüm gerilmeler , malzemenin akma sınırının altında kalmakta ve kalıpta çarpılma meydana gelmemektedir. Hızlı ısıtımda ise , kalıp üzerindeki gerilimler malzemenin akma sınırının

üzerine çıkmakta ve kalıpta çarpılma olmaktadır. Kalıp üzerindeki gerilmeler , kopma dayanımı üzerine çıkarsa kalıp çatlar. (Pribble&DuBois , 1987)



Şekil 5.1 Talaşlı işlemeden sonra hızlı ısıtmanın sebep olduğu gerilmeler kalıbın çarpılmasına neden olabilir.

Çarpılma problemleri , önsertleştirilmiş çelikler kullanılarak giderilebilir. AISI P20 gibi çelikler 290-330 brinell sertlikte temin edilirler. Kolaylıkla işlenip , parlatılarak bir çok enjeksiyonla kalıplama uygulamasında kullanılabilirler. Kalıp karmaşık bir yapıya sahip ise, keskin kenar ve köşelere sahipse önsertleştirilmiş çeliklerden yapılmalı önerilebilir.

AISI P20 tipi çelikler için gerilim giderme 480 °C civarında yapılabilir ve işlem süresi kalıbın kesit kalınlığına göre değişir. Kalıp havada soğutulabilir. Gerilim giderme sırasında oluşan oksit tabakası taşlama ve parlatma ile giderilir.

6. YÜZEY İŞLEMLERİ

Sertleştirme ve parlatma tamamlandıktan sonra yüksek üretim ihtiyaçları söz konusu olduğunda genellikle kalp yüzeyinde daha gelişmiş bir koruma gerekmektedir. Bazı yüzey işlemleri çizelge 6.1’de verilmiştir. (Pribble& DuBois)



Çizelge 6.1 Kalıp yüzey işlemleri.

İşlem	Malzeme	Uygulandığı Malzeme	Amaç
Çarpıtma ile moleküler bağ oluşturarak kaplama yapma.	Tungsten disülfid	Her metal	Sürtünme ile aşınmayı azaltmak.İçeri nüfuziyet yoktur.
Çarpıtma ile organik bağ oluşturarak kaplama yapma	Grafit	Her metal	Plastığın kalıba yapışmasını önlemek.İçeri nüfuziyet vardır.
Elektrolitik kaplama	Sert krom	Çelik , nikel , bakır alaşımları.	Aşınma ve korozyona karşı koruma sağlayıp parlaklığı korumak. (Klorlu ve florlu plastikler hariç)
Elektrolitik kaplama	Altın	Nikel , pirinç	Korozyona karşı.
Elektrolitik kaplama	Nikel	Çelik ve bakır alaşımları.	Sülfür içeren bileşikler dışında korozyona direnci artırır.Kromun altındaki bağı güçlendirir. Aşınan kalıpların tamirinde kullanılır.
Elektriksiz kaplama	Nikel	Çelik	Kalıplama yapılmayan diğer yüzey kısımlarını pastan korumak için.
Elektriksiz kaplama	Fosfor nikel	Çelik ve bakır	Aşınma ve korozyona karşı direnci artırır.
Püskürtme	İnce aşındırıcılar	Her metal	Isıl işlemden sonraki boyutsal değişimi giderir. Mat ve düzgün bir yüzey sağlar. Bazı termoplastiklerin ayrılmasını kolaylaştırır.
Püskürtme	Kum	Her metal	Kaba bir yüzey bitişi sağlar.
Püskürtme	Çelik	Çelik	Çekiçle dövmede ,çatlama ve yorulma dayanımını artırır.
Püskürtme	Cam taneler	Her metal	İnce çizikleri ve takım izlerini giderme.
Desenleme	Kimyasallar	Çelik ve alüminyum	Kalıp yüzeyinin desenini hazırlama
Nitrüleme	Nitrojen gazı ya da amonyum	Belirli çelik alaşımlarda	Korozyon ve aşınma dayanımı artırır.
Sıvı nitrasyon	Patentli banyo	Tüm demir alaşımları	Kayganlığı artırıp sürtünmeyi azaltır.
Anodik kaplama	Elektrolitik oksitleme	Alüminyum	Yüzeyi sertleştirme , korozyon ve aşınma dayanımını artırır.

6.1 Tungsten Disülfid

Tungsten disulfid kaplama hemen hemen her metale uygulanabilir. Nitrülenmiş ve kaplama yapılmış yüzeylerde bunlara dahildir. Aşağıdaki adımlar izlenerek uygulanır;

- (1) Metal yüzeyi temizlenir ,
- (2) Aynı anda temizlenen yüzeyde anlık oksidasyonu önlemek için koruma yapılır ,
- (3) Mikroskobik tungsten disülfid partikülleri püskürtülür. Bu partiküller sadece metal ile bağ yaparlar. Kendi aralarında bağ yapmazlar , bu nedenle kalınlıkları 0,0005 mm ile sınırlıdır.
- (4) Gevşek partiküller temizlenir.

Plastiğin kalıp yüzeyinden ayrılması sırasında yarattığı etki kalıcıdır. Aşağıda grafit işlemi anlatılmıştır. Başarılı bir operasyon olmakla beraber bağlayıcı madde kullanıldığında grafit partikülleri kalıplanan parça içine nüfuz edebilir. Genel amaç, yağlayıcının kabul edilmediği uygulamalarda kayma ve dairesel sürtünmeleri azaltmaktır. (Pribble ve DuBois , 1987)

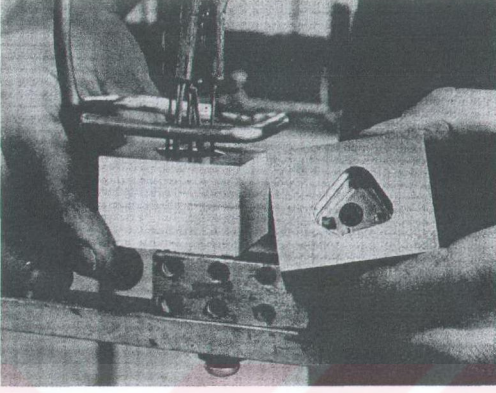
6.2 Kalıp Yüzeyine Grafit Emdirmek

Bu proste , yağlayıcı kaplama çarptırılmak suretiyle uygulanır. Havacılık endüstrisinde metal üreticileri tarafından geliştirilmiştir. Bu prosesin uygulandığı termoplastik kalıplarında %10 ila %20 arasında verimlilik artışı saptanmıştır. Bu prosesin uygulanacağı yüzeye öncelikle bağlayıcı uygulanır ve ardından 120-130 psi'lık yüksek basınç ile ultra ince grafit partikülleri püskürtülür. Bu basınç ile grafit partikülleri takım yüzeyinde 0,005 ila 0,01 mm derinliğe kadar nüfuz eder. Kalıp bileşeninin yüzeyindeki kalınlık 0,002 mm'ye ulaştırılır. Kayganlaştırıcı kaplama , krom kaplı yüzeylere de bazen uygulanabilir. Boyutlar hesaplanıp yüzey parlatılmalıdır. (Pribble ve DuBois , 1987)

6.3 Krom Kaplama

Birçok kalıpcı krom kaplama kalıpları çok değerli bulur ve tüm kalıp ve iticilerin krom kaplama yapılabileceğini belirtir. Krom kaplama ayrıca aşınmış , yıpranmış kısımların onarımında da kullanılır. Krom kaplama için temizleme , dağlama , kaplama ve son temizleme tankları gereklidir. Şekil 6.1'deki gibi elektro kaplama jeneratörü ve ekipmanları

ile anodun kurulması gereklidir. Krom kaplama ekipmanları tecrübeli ustaların ellerinde oldukça yararlıdır.



Şekil 6.1 Krom kaplama.

İyi bir krom kaplama anotların uygun şekilde yerleştirilmesine bağlıdır. Resimde gösterilen bitmiş kalıp gözü ve aynı kalıp gözü kaplama esnasında anot pozisyonudur.

6.4 Elektriksiz Kaplama

Plastik kalıp bileşenlerinde kullanılan elektriksiz kaplama nikel kaplamadır. Elektriksizin manası , banyoya herhangi bir elektrik potansiyeli uygulanmamasıdır. Sonuç olarak nikel katmanında , köşelerde istenmeyen ekstra oluşumlar olmaz ve detaylarda da mükemmel yakın nüfuziyet gerçekleşir. Bunun yanında çeşitli patentli banyolardan biri kullanılırsa kaplamadan sonra kalıntı 400 °C'de fırınlanırsa sertleşebilir. (Pribble ve DuBois , 1987)

Yumuşak nikel kalıntısının sertliği 50HRc kadardır ve tercihen çizilme ile aşınmaya karşı sert krom kaplama ile korunabilir. Krom kaplamanın nikelle yaptığı bağ direk olarak çelikte yaptığı bağdan daha kuvvetlidir.

Bunun yanı sıra kalıplama yüzeyi korumasında elektriksiz nikel kullanımı , su kanalları gibi korozyona açık olan bölgelerde ve rutubetli atmosfer koşullarında çok önemli derecede koruma sağlar.

6.5 Nitrürleme

Nitrürleme ile sertlik artırılarak kalıp yüzeyinin aşınmaya karşı direnci artırılır. Cam ve asbest içeren her tür plastik ile özellikle cam takviyeli termoset reçinelere karşı kalıp ömrünü ciddi şekilde artırır. Krom kaplama kullanıldığında 65 HRc sertlikte 0,008mm ile genellikle 0,025 mm kalınlığında koruyucu bir tabaka elde edilir. Nitrürleme ile ise 70 HRc sertlik ve 0,08 ila 0,13 mm'lik bir derinlik elde edilir. Uzatılan işlem süresiyle birlikte 0,4 ila 0,5 mm'lik nüfuziyet derinlikleri elde edilebilir. Dezavantaj olarak kromla kıyaslandığında temizlenememesi ve tekrar uygulanamaması gösterilebilir. Krom plaka kullanıldığında ise plakanın aşınıp aşınmamasına karşı tetikte olmak gereklidir aksi taktirde aşınmanın olduğu yerde hızlı şekilde metal erozyonu oluşabilir. (Pribble ve DuBois , 1987)

Nitrürleme , 975 °C civarında atmosfer kontrollü fırında nitrojen gazı verilerek ya da eriyik tuz banyosunda amonyum tuzu kullanılarak gerçekleştirilir. İki durumda da azot çelik yüzeyi tarafından absorbe edilir ve uygun elementler mevcutsa birleşerek çok sert olan nitridi oluşturur.

Çeliğin %3 gibi az oranda alüminyum içermesi özellikle uygundur. Diğer taraftan , çeliğin %0,4'ten az miktarda karbon içermesi ve bunun yanında krom , vanadyum ya da molibden içermesi işleme cevap vermesini sağlar. Molibden , nitrürlemenin yarattığı kırılganlığı azalttığı için özellikle faydalıdır.

Normal nüfuziyet derinliği 12 saat için 0,08-0,127 mm'dir. Süre 72 saate çıkarılırsa derinlikte 0,38 mm'ye yükselir.

Çizelge 7.4'te listelenen çeliklerden P20 , H13 ve 420 , çizelge 7.5'deki çeliklerden H13 ve S7 nitrürlenebilir.

Nitrasyon işlemi uygulanmış çelikler içerisinde en yüksek optimum nitrasyon özelliğine sahip olan P21 çeliğidir. Alüminyum içeren bu çelik ısıtma işlemi uygulandığında yaşlanma sertleşmesine de uğrar. Çekirdek sertliği 38HRc , yüzey sertliği ise 70 HRc olur .

7. PLASTİK KALIP MALZEMELERİ

Plastik kalıp yapımı için titizlikle üretilmiş çelik türleri gereklidir. Kalitenin temelinde kalıp yapımı için kullanılan çelik vardır. Çelikte aranılan özellikler şunlardır ;

İç Yapı Temizliği . İyi bir kalıp çeliği mutlaka temiz olmalıdır , içinde parlatma sırasında çukur oluşumuna sebep olan metalik olmayan kalıntılar içermemelidir.

Sağlamlık . Çelik mutlaka yoğun olmalı , boşluk ve gözenek içermemelidir.

Homojen Yapı . Çeliğin mikroyapısı mutlaka homojen olmalı , alaşım segregasyonu içermemelidir. Çeliğin kimyasal analizi de mutlaka homojen olmalıdır.

Talaşlı İşlenebilirlik . Makinede işlenebilirlik özelliği çeliğin cinsine , sertliğine , bileşimine ve mikroyapısına bağlıdır. Yumuşaklık , çeliğin iyi işlenebilir olması için yeterli bir kriter değildir. Aşırı sertlik gibi aşırı yumuşaklıkta makinede işlenebilirlik özelliği üzerinde istenmeyen sonuçlar doğurur. Makinede kolayca ve homojen bir biçimde işlenebilen çelik ekonomik kalıp yapımı için gereklidir.

Zımbalanabilirlik . Zımba çelikleri tavlandıktan sonra oldukça yumuşak , temiz ve sünek olmalıdır. Yumuşak çelikler kolaylıkla zımbalanabilir olabilseler de özellikle zımbalama için üretilen çeliklerde maksimum düzeyde temizlik ve homojenlik istenir. İngot demir ve düşük alaşımlı çelikler kolaylıkla zımbalanabilirler . Yüksek alaşım içerikli çelikler (karbon çelikleri de dahil) bazı zorluklara rağmen kullanımda en iyi sonuçları verdikleri için tavsiye edilir.

Sertleşebilirlik . İyi kalıp çeliklerinde ısıtılma işlemde istenilen sertliği , homojenliği , güçlü yüzey yapısını ve tokluğu sağlamasıdır. İngot demir ve düşük alaşımlı çelikler suda sertleştirildiklerinde çarpılıp işe yaramaz hale gelebilirler. Alaşımlı çelikler yağda ve havada sertleştirildiklerinden , sertleştirme sırasında minimum miktarda boyutsal değişim gösterirler.

Dayanım ve Tokluk . Kalıplar sert yüzey ve tok bir iç yapı gerektirirler. Kuvvetli çekirdek yapısı çarpılmaya ve çatlamaya karşı direnci artırır.

Isıl İşlem Güvenliği . İyi kalıp çeliklerinin önemli bir karakteristiği de , büyük kesitlerde değişik metotlarla homojen yapı eldesinde tatmin edici sertleşebilirliği sağlama yeteneğidir.

Yüzey İşlemleri . Tüm kalıp çelikleri bitiş aşamasında kolayca aynaya benzer yüzey özelliği göstermelidir buna karşın çoğu zaman donuk yüzeylerde final bitişinde tercih edilir.

Aşınma Dayanımı . Aşınma dayanımı genel amaçlı iyi kalıp çeliklerinde temel gereksinimdir. Bazı plastikler az miktarda takım aşınmasına sebep olsalar da örneğin cam , asbest içerikli bileşikler gibi malzemeler kullanıldığında maksimum oranda aşınma dayanımı gereklidir.

Plastik kalıp takım çelikleri , plastiklerin başta enjeksiyon , ekstrüzyon , şişirme ve çeşitli presleme teknikleriyle şekillendirilmesinde kullanılan takım çelikleridir. Plastik hammaddelerin sadece sertlikleri , korozyonluk durumları gibi özelliklerine bağlı olarak , kalıplık malzemesinin seçilmesi doğru değildir. Mamülden , dolayısıyla da kalıptan beklenen yüzey parlaklığı , asitle desen dağlama sonucu elde edilmek istenen diğer yüzey özellikleri ve kalıplık çeliğin işlenebilirliği , kaynak edilebilirliği , parlatılabilirliği gibi pek çok parametre çelik seçiminde dikkate alınmak zorundadır.(Pribble ve DuBois , 1987)

7.1 Çelik Seçimi

Plastik endüstrisi giderek gelişmekte ve yeni malzemelerle , kalıplama metotları tanıtılmaktadır. Daha büyük kalıplar geliştirilmekte ve çelik üreticileri dev blokları şekillendirebilecek tesislere ihtiyaç duymaktadır. Çelik üreticileri , daha dayanıklı daha tok olacak şekilde alaşım içeriğine sahip ve daha büyük boyutlardaki blokları minimum oranlarda kalıntı içerecek şekilde üretmektedirler. Aynı zamanda çelik üreticileri , kalıp malzemelerinin korozyona ve aşınmaya karşı dayanıklı olması için elektro kaplama endüstrisiyle işbirliği yapmaktadırlar.

7.1.1 Plaka Çeliği

Plaka çeliği SAE 1020 çeliği gibi düşük alaşımlı , siemens-martin fırını gibi açık ocaklı fırınlarda temizliğin hacimden daha önemsiz olduğu ucuz işlemlerle üretilen çeliklerdir. Bu malzemeler sadece kalıbın dış çerçeve kısımlarında kullanılmaktadır. Plaka çelikleri , semente

edilip sertleştirme ya da yüzey sertleştirme ile yapılabilir. Bu çelikler bazen kalıp gözü ve itici yapımında kullanılmaktadırlar . Fakat yapılarındaki birçok kusurdan dolayı kesinlikle tavsiye edilmez.

Plakanın uğrayacağı basınca göre çeşitli kalitelerdeki çeliklerden uygun olanı seçilmelidir. Bazı kalıp yapımcıları sıkıştırma plakası için ucuz , destek plakası gibi yüksek basınca maruz kalan parçalar içinse SAE 4140 gibi daha yüksek kalitede çelikler kullanılmaktadırlar. Bu örnekte geniş bir envanter stoğuna ihtiyaç vardır. Tamamen yüksek kalitede çeliklerin kullanılması daha akılcıca olmaktadır. Ucuz çelik kullanarak tasarruf yapmaya çalışmanın toplam maliyetteki etkisi kayda değmeyecek kadar azdır.

Kalıp plakaları genellikle plaka çeliklerinden yapılmakla beraber barlar ve pim plakaları makine çeliği ya da soğuk haddelenmiş çelikten yapılır.

Makine çelikleri sınıfı genel olarak SAE 1020 plaka çeliklerine benzerdir. Aradaki fark , makine çeliklerinin sıcak haddelenmiş düz veya kare şeklinde yada yuvarlak çubuklar şeklinde olmasıdır. Bir çok uygulama için herhangi bir özel bitirme işlemine tabi tutulmadan kullanılabilirler. Yalnız yüzeyleri taşlanarak pürüzsüz hale gelmeleri sağlanır.

7.1.2 Takım Çelikleri

Takım çelikleri , kalıp yapımından en çok kullanılan malzemelerdir. Bazı eksiklikleri ve dezavantajları kalıp yapımı için özel alaşımlı çeliklerin geliştirilmesine yol açmıştır. Genel olarak üç tip takım çeliği mevcuttur ; bunlar suda sertleştirilmiş , yağda sertleştirilmiş ve havada sertleştirilmiş tiplerdir.

Takım çelikleri orta derecede makinede işlenebilirliğe sahiptir. Zımbalama işlemine uygun değildir. Sertleştirme işleminden sonra takım çelikleri blok halinde her noktada yaklaşık aynı sertliğe sahiptirler fakat yeterince tok değildirler. Bu nedenle aşırı yükleme yapıldığında çarpılmadan çok kırıma eğilimindedirler. Takım çeliklerinin ilk maliyetleri yüksektir. Yüksek basınç altında diğer çelikler gibi kolay kolay çarpılmaya uğramadıkları için enjeksiyon kalıpları imalatında sık kullanılırlar. Bu avantajı , her türlü sertleşebilmesi sayesinde kazanmaktadır. Derin sertleştirilmiş çelikler uygun kullanım koşullarında maksimum kullanım ömrünü vermektedir. (Pribble ve DuBois , 1987)

Suda sertleştirilmiş takım çelikleri maksimum sertliğin istendiği durumlarda kullanılabilirler. Sertleştirmeden sonra kayda değer oranda çarpılma gerçekleşir. Bu yüzden sertleştirmeden sonra çarpılmanın gerekli toleranslar içine çekilmesi mutlak suretle gerekmektedir. Suda sertleştirilmiş çelikler plastik şekillendirme kalıpları için genel olarak tavsiye edilmez.

Yağda sertleştirilmiş takım çelikleri ve daha yüksek derecede havada sertleştirilmiş takım çelikleri , çarpılmanın minimum oranda olması beklenen yerlerde tavsiye edilir.

7.1.3 Alaşımli Çelikler

Alaşım çelikleri , takım çeliklerinden birkaç farkla ayrılır. Karbon miktarları daha düşük ve katılan alaşım elementleri sayesinde üstün özellikler kazanmışlardır. Çizelge 7.1’de bazı elementlerin sağladıkları özellikler verilmiştir.

Çizelge 7.1 Elementlerin sağladıkları özellikler.

Element	Özellik
Silisyum	Sertlik.
Karbon	Sertlik.
Mangan	Üretim aşamasında deoksidasyon ve sertlik .
Nikel	Tokluk ve Dayanım.
Krom	Sertlik.Yüksek karbonlu yapıyla birlikte aşınma direnci.
Vanadyum	Artıcı ve yorulma direncini artırıcı.
Molibden	Isıl işlem aralığını genişletir ve sürünme dayancını artırır.
Tungsten	Sertlik ve sürünme dayanımı

7.1.4 Paslanmaz Çelikler

Birçok paslanmaz çelik alaşımı olmasına karşın bunlardan sadece az bir kısmı yüksek basınçlı kalıplar için kullanılabilir. Sertleşebilme yeteneğine olan ihtiyaçtan dolayı sadece AISI 400 serisi uygundur. Bu seri içinde AISI 420 tipi en çok kullanılandır. Çizelge 7.2’de de görüldüğü gibi %12-14 civarında krom içermekte ve ısıl işlemle sertliği 48-52 HRc ‘ye kadar yükseltilebilmektedir. Korozyon ve pasın problem olduğu yerlerde tercih edilmektedir.

Çizelge 7.2 Paslanmaz kalıp çelikleri.

Tip	C	Mn	Si	Ni	Cr
T410	0,15	1,00 Max	1,00 Max		12,00
T414	0,05	1,00	1,00	2,00	12,00
T420	0,25	1,00	1,00		13,00
T440	0,60/1,20	1,00	1,00		17,50

420 tipi çelik , vinil gibi korozif malzemeleri üretiminde kullanılan enjeksiyon kalıplarında özellikle rutubetli ve nemli şartlarda kullanılır. Daha fazla koruma gereken durumlarda altın veya krom plaka kaplama yapılır. 414 tipi ön sertleştirilmiş çelik 30-35 HRC sertliğe sahiptir. Kalıp bitirildikten sonra herhangi bir ısıtma işlemi görmesine gerek yoktur. Basıncın düşük olduğu enjeksiyon kalıpları için uygundur. Bu çelikte korozyona ve pasa karşı aynen 420 çeliği gibi kullanılabilir. Herhangi bir krom kaplama işlemine gerek yoktur. Paslanmaz çeliklerin , paslanabilen diğer çeliklere göre termal iletkenliklerinin daha az olduğu unutulmamalıdır. Bu özellik çevrim süresi uzun olan kalın kesitli parçaların üretiminde sorun oluşturmaz aksine sıcak yolluk uygulaması gibi sıcak ve soğuk bölgelerin birbirinden ayrılmasını gerektiren uygulamalarda avantaj oluşturmaktadır. Aynı zamanda eriyik plastik kalıba ulaştığında ani şekilde donmaz ve düşük erime sıcaklıklarında dahi kalıbı doldurabilir.

7.1.5 Çökme Sertleşmesi Uygulanan (Yaşlandırma) Çelikler

Bu yeni tip çelikler ufak plastik parçaların kalıplarında yakın zamanda kullanılmaya başlamıştır. Çökmeyle sertleştirilen çelikler menevişleme yapılmış durumda makineyle işlenmeye müsaittir. (Pribble ve DuBois , 1987)

Çizelge 7.3 Çökelme sertleşmesi uygulanmış çelikler.

Element	C	Ni	CO	Mo	Cr	Ti	Al	Cb
350 tipi,%18 nikel çökelme sertleşmesi çeliği	0,02	17,50	12,00	4,80		1,50	0,10	0,25
300 tipi,%18 nikel çökelme sertleşmesi çeliği	0,03	18,50	9,00	4,80		0,60		
250 tipi,%18 nikel çökelme sertleşmesi çeliği	0,03	18,25	7,75	4,80		0,40	0,10	
200 tipi,%18 nikel çökelme sertleşmesi çeliği	0,03	18,25	7,50	4,25		0,20	0,10	
220 tipi , %12 krom çökelme sertleşmesi çeliği	0,02	10,00			12,00	0,35	1,30	

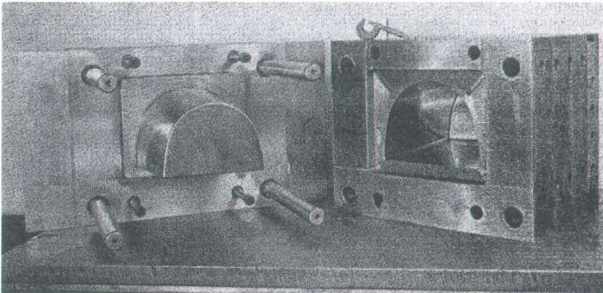
Kalıp bitirildikten sonra 480 °C civarına ısıtılarak bu sıcaklıkta 5 saat kadar beklenir ve havada soğumaya bırakılır. Bu işleme yaşlandırma denir ve çeliğin tipine bağlı olarak ortalama 50HRC civarında sertlik elde edilir. Yaşlandırma işlemi sırasında çelik bir miktar çekme gösterir. Kalıp yapımcısı buna göre uygun toleransı vermelidir. Kalıp yapımcısı ve kullanıcısı , çeliği aldıkları firmadan malzemeyle ilgili gerekli bilgileri almalıdırlar.

7.1.6 Talaşlı İşlenecek Kalıplar İçin Çelikler

Ticari düşük karbonlu çelikler neredeyse makineyle işleme için idealdir. Bu tür çeliklerin genellikle fosfor ve kükürt oranları fazladır. Ayrıca kalıp ve kalıplanacak parçanın yüzeyini bozan metalik olmayan kalıntılarda içerirler.

Kalıp gözü ve itici yapımında kullanılacak çelikler makineyle işlenirler. Genellikle AISI-P20 ya da SAE 3312 (P6) tipi çelikler kullanılırlar. AISI-P20 çeliği ağırlıklı olarak önemli genişlikte yüzey bölümü kalıplama basıncı altında kalan büyük kalıplarda kullanılır. P20 çeliği çok yönlülüğü sebebiyle oldukça popüler bir hale gelmiştir. Enjeksiyonlu , sıkıştırmalı ve iletmeli kalıplamalarda kullanılabilir.

Şekil 7.1'de görülen enjeksiyon kalıbı için P20 çeliği ön sertleştirilmiş halde 30-35 HRC sertlikte makineyle işlenmeye hazır durumdadır. Herhangi bir ısıtma işlemine gerek yoktur. Korozyonun problem olduğu yerlerde krom plaka kaplanabilir. Aşınmanın geçerli olduğu koşullarda ise nitrürleme yapılabilir. Çekiçle dövme herhangi bir hasara yol açıyorsa ayırma çizgileri yada belirli bölgeler alevle sertleştirilebilir. Eğer daha fazla sertlik isteniyorsa 45-50 HRC ' ye kadar derin sertleştirme yapılabilir.



Şekil 7.1 Tipik bir enjeksiyon kalıbı.

Sıkıştırılmalı ve iletmeli kalıplarda , dizayna ve ihtiyaca göre P20 kalıp çeliği 0,030-0,065 inç derinliğe kadar sementle edilir. Yüzey sertliği 60HRC'nin üzerine kadar çıkabilmekle birlikte çekirdekte 45-50 HRC civarındadır.

SAE 3312 (P6) çeliğinin iyi tokluk ve yüzey sertliği kombinasyonu gösterebilmesi için mutlaka sementle edilmesi gereklidir.

Enjeksiyon kalıpları için en çok kullanılan çelikler çizelge 7.4'te verilmiştir. Birçok farklı çelik tipi olmasına karşın kalıp yapımcıları uygun çelik seçiminde zorluk çekmektedir. Yüksek basınçlı plastik kalıplarının yaklaşık %90'ının yapımında sadece 6 tip çelik kullanılmaktadır. Endüstrinin , çelikleri standardize etmesi çeliklerin üretiminin daha ucuza mal edilmesine ve daha çok miktarlarda üretilmesine imkan tanıyabilir. Bu şekilde ısıtma işlemcilerinde işleri daha kolaylaşabilir , daha iyi ısıtma işlem ve daha uzun kalıp ömrü elde edilebilirdi.

Çizelge 7.5'de sıkıştırılmalı ve iletmeli kalıplarda kullanılan en çok kullanılan çelikler gösterilmektedir.

Çizelge 7.4 Enjeksiyon kalıpları için çelikler.

Çelik AISI	Uygulamalar
P20	Tüm boyut ve tipler için makineyle işlenmeye uygun. Genellikle ön sertleştirilmiş 32-35 HRc. Düşük vizkoziteli ve cam içeren plastikler için semente edilip sertleştirilirse her kalıp gözü için 100,000'den fazla ürün alınabilir.
H13	Dayanım ve tokluk gereken küçük ve büyük kalıplar için kullanılabilir.Sertleştirme esnasında boyutsal kararlılığı iyidir. 52 HRc'ye kadar sertleştirilebilir fakat 48 HRc'deki tokluğu daha iyidir.
A2	Yüksek sertlik gerektiren aşındırıcı malzemelerin kalıplanmasında kullanılan küçük ve orta boy kalıplar için kullanılır.
D2	Aşınmanın problem haline geldiği küçük kalıplarda ve 400 °C civarında çalışan kalıplar için .
420 Paslanmaz Tip	PVC ve Delrin gibi korozif reçinelerin kalıplanmasında kullanılan küçük veya büyük kalıplar için ve aynı zamanda paslanmanın problem olduğu kalıplarda. Isıl işlem önlemi olarak sertleştirmeden sonra 400 °C'de iki kez menevişleme yapılarak yüksek sertlik ve korozyon direnci elde edilir. Sertlik 48-52 HRc civarında olur.
SAE 4140	Genellikle tutucular ve pabuçlar için kullanılır. Yüksek yüzey bitişinin gerekmediği kalıplarda kullanılabilir. Ön sertleştirilmiş koşullarda 28-32 HRc sertliktedir.
M2 Yüksek Hız Çeliği	Çalışma sıcaklığı 538 °C 'den yüksek , 620 °C'den az olan kalıplar için uygundur.Sertlik 60HRc 'den yüksek olmalıdır.

Çizelge 7.5 Sıkıştırılmalı ve iletmeli kalıplar için çelikler.

Çelik AISI	Uygulamalar
P20	Boyuta bağlı olarak %0,030-0,065 derinliğinde sementle edilmelidir. Yüzey sertliği 60 HRC civarında , çekirdek sertliği ise 45-50 HRC civarında olmalıdır.
H13	Isıl işlemden sonra nitrasyon yapılırsa 48 HRC sertlik elde edilir. Büyük sıkıştırılmalı kalıplar için uygundur.
A2	Otomatik sıkıştırılmalı kalıplar için ve küçük kalıplar için iyidir.
SAE 4145	Tutucular ve şase için uygundur. Sementle edilip 60 HRC sertlik elde edilebilir.
S1	Küçük ve orta boy kalıplar için uygundur. A2 'den daha toktur fakat sertleştirme sırasındaki boyutsal stabilitesi daha düşüktür. Yağda sertleştirilebilir. 53-56 HRC sertlikte kullanılır.
S7	Orta ve büyük kalıplar içindir. Stabilitate ve tokluğun iyi bir kombinasyonudur. 2 inçten küçük kesitler havada , daha büyük kesitler yağda soğutulur. Sertlik 53-56 HRC'dir.

7.1.7 Önsertleştirilmiş Çelikler

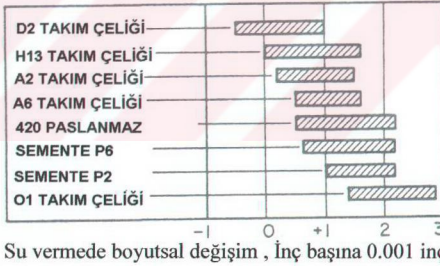
Özellikle enjeksiyon kalıplarında ve bazen de sıkıştırılmalı kalıplarda kullanılır. Bu çelikler 32-36 HRC 'de temin edilmekte ve sonradan bir ısıl işleme ihtiyaç göstermemektedir. Bu çelikler kısa ömürlü sıkıştırılmalı kalıplama da ve büyük , (örneğin televizyon maskelerinde ve plastik kapı kırımlarının kalıpları gibi.) ısıl işlem yapılması kolay olmayan ve çarpılma görülebilen enjeksiyon kalıplarında kullanılır. Ön sertleştirilmiş çelikler naylon gibi daha sert çelik isteyen malzemelerin dışında birçok termoplastiğin kalıplanmasında başarıyla kullanılmaktadır. Ön sertleştirilmiş çeliklere en büyük hasarı sıkışmış ürünü çıkarmaya çalışan dikkatsiz operatörler vermektedir. (ASM , 1987)

Çizelge 7.10'da görüldüğü gibi kalıplanacak parçanın büyüklüğü kalıp malzemesi seçiminde önemli bir faktördür. Dizaynın karmaşıklığı malzeme seçimiyle dolaylı şekilde alakalıdır. Şöyle ki ; dizaynın karmaşıklığı kalıp gözüünün oluşturulma şeklini etkiler ve bu da malzeme seçimine yansır.

7.1.8 Semente Edilmiş Çelikler

Bu çelikler kalıp dizaynının deforme olmayan özellikler gösterdiği ya da servis koşullarının sert olduğu , örneğin sıkıştırılmalı kalıplama gibi , özellikle aşındırıcı malzemelerin kalıplanmasında kullanılır. Kalıp gözlerinin , talaşlı işlemeyle ya da zımbalamayla yapıldığı kalıplarda , sementasyon derecesi kullanılır. Metal bileşiminin kalıp boyutuna ve kalıp gözünün şekillendirilme metoduna bağlı olduğu durumlarda alaşım sementasyon derecesi sıkça kullanılır. Sementasyondan sonra bu çelikler yüksek yüzey sertliğine , yüksek çekirdek dayanımına (çekirdek dayanımı alaşım elementlerinin miktarına bağlıdır) , yeterli şok dayanımına ve basınç altında kırılmadan esneme gösterebilme özelliğine sahip olurlar.

Sementasyon yapılmış alaşımlı kalıp çelikleri (örneğin P6 gibi) yüksek aşınma dayanımı ve sertliğe sahip olmaları için yüksek oranda krom ve nikel içerirler. Bu çelikler ısıtılma işlem gördüklerinde tamamen sertleşebilen çeliklere göre daha fazla boyutsal değişiklik gösterirler. (Şekil 7.2) Çarpılmaların fazla olduğu , büyük kalıplarda bu çelikler havada sertleştirilerek termal şokların önlenip , çarpılmaların minimize edilmesi amaçlanır. P6 çeliği havada sertleştirildiğinde , yağda soğutulmuşa göre az miktarda daha yumuşaktır. (ASM , 1987)



Şekil 7.2 Çeşitli takım çeliklerinde ısıtılma sırasında boyutsal değişimin yönü ve büyüklüğü.

Eğer kalıp karmaşık dizayna sahipse , kalıp gözünün talaşlı işlemeyle yapılması mantıksız veya imkansız hale gelir. Bu durumda zımbalama çeliklerinden biri kullanılır. Zımba uzun ve kırılabilir türdeyse zımbalama demiri ya da düşük alaşımlı zımbalama çeliği kullanılarak daha düşük basınçla şekillendirme yapılır.

7.1.9 Çekirdeğe Kadar Sertleşebilen Çelikler

Yağda sertleştirilmiş çelikler , yüksek sıkıştırma kuvvetlerinin ve ısıtılma işlemde minimum deformasyonun istendiği alanlarda kullanılır. Bu çelikler aynı zamanda küçük kalıp gözleri ve kalıp gözü parçaları için kullanılır. Bu çelikler eğer büyük kalıp gözleri ve büyük kalıp parçaları için kullanılırsa , işlem sırasında uygun şekilde desteklenmelidir. Aksi halde çatlar.

Çarpılmaya uğramayan , havada sertleşen A2 ya da H13 gibi çelikler eğer parça oldukça büyükse veya merkeze yakın dar toleranslarla delikler istendiğinde kullanılmalıdır.

420 tipi paslanmaz çelikler tüm termoplastik malzemeler için enjeksiyon kalıplarında kullanılmaktadır. Bu çelik özellikle vinil ve diğer korozif plastiklerin üretimine uygundur. Atmosferik ve depolama koşullarının sert olduğu ortamlarda krom kaplamaya gerek duyulmadan kullanılabilir. Bazen 420 tipi paslanmaz çelik , sıkıştırılmalı kalıplama için kullanılabilir. Sertliğinin 45-50 HRC olmasından dolayı yüksek aşınma dayanımına da sahiptirler. (ASM , 1987)

7.1.10 Zımbalama Çelikleri

Tavlama yapıldıktan sonraki düşük sertliği nedeniyle P1 çeliği zımbalama için son derece uygundur. Aynı zamanda bu çeliğin sertliği zımbalama kuvveti uygulandıktan sonra yavaşça artar. Bu çelikten yapılan kalıplar önce sementle edilip daha sonra tuzlu suda yada normal suda soğutularak yüzey sertlikleri 58-64 HRC 'ye kadar çıkarılır. Bu çelik oldukça düşük sertleşebilmeye sahiptir. Bu yüzden ekstra dikkat gösterilerek , genellikle kalıp gözüne jet uygulanarak homojen sertleşme elde edilir. Su verme sırasında oluşan çarpılma nedeniyle ve düşük çekirdek mukavemeti sebebiyle bu çelikler düşük kalıplama sıcaklık ve basınçlarında çalışan , büyük toleransların ve kısa kalıp ömrünün yeterli olduğu orta boy kalıp gözü kullanılan kalıplarda kullanılır.

P4 ve P5 çelikleri sırasıyla (5.00 ve 2.25 %) krom içerdikleri için P1 çeliğine göre zımbalanmaları biraz daha zordur. Fakat krom içerikleri sertleşebilirliklerini artırır ve sementasyondan sonra P5 'in yağda , P4 'ün ise havada soğutulabilmesini sağlar. P5 çeliğinin çekirdek sertliği P1'e göre daha fazla olduğundan , bu çelik orta basınç ve sıcaklıklarda ortalama kalıp ömrünün gerektiği uygulamalarda kullanılabilir. P4 çeliği ise yüksek

sertliğinden dolayı zımbalanması daha zor bir çeliktir. Çekirdek sertliği diğer çeliklere göre daha fazladır ve sertleştirme işlemi sırasında daha az çarpılmaya uğrar. Bu nedenle bu çelik yüksek basınç ve sıcaklıkta kalıplamanın yapıldığı karmaşık ve dar toleransların istendiği parçaların üretiminde kullanılır. (ASM , 1987)

P2 ve P3 çeliklerinin de zımbalanmaları sırasıyla 0.50 ve 1.25 % nikel içeriklerinden dolayı zordur. Nikel çentik hassaslığını düşürmektedir. Bu çelikler orta basınç ve sıcaklıkta orta ömürlü kalıp gözlerinin yapımında , sement edildikten sonra yağda soğutularak kullanılabilir. P2 , P3 , P4 , P5 çelikleri talaşlı işleme ve zımbalama yöntemlerine uygundur.

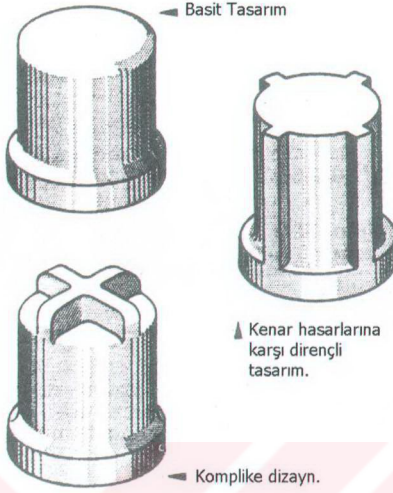
7.1.11 Zımba Çelikleri

Zımbalama işleminde başarı sadece zımbalanacak çeliğin seçimine bağlı değildir. Aynı zamanda zımba çeliğinin seçimi de çok önemlidir. Tavlanmış koşulda zımba çelikleri iyi makinede işlenebilme özelliklerine sahip olmalıdır. Isıl işlem den sonra yüksek sıkıştırma kuvvetine, aşınma dayanımına sahip olmalıdır. Aynı zamanda zımba çelikleri ısıl işlem sırasında minimum çarpılma ve boyutsal değişim göstermelidir.

Çizelge 7.6'da en çok kullanılan çelik örnekleri verilmiştir. Şekil 7.3'de değişik zımba dizayn örnekleri verilmiştir. Karmaşık dizayna sahip zımbaların 6F5 çeliği gibi çentik tokluğuna sahip olmaları istenir. Bir çok zımba çeliği ısıl işlem görmüş halde 58-59 HRC sertliktedir.

Çizelge 7.6 Zımba çelikleri bileşimleri.

ÇELİK	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo
6F5	0.55	1.00	1.00	0.50	2.70	0.50
6F6	0.50	-	1.50	1.50	-	0.20
S1	0.50	-	-	1.50	-	2.50W
L6	0.70	-	-	0.75	1.50	0.25
O1	0.90	1.00	-	0.50	-	0.50W
A2	1.00	-	-	5.00	-	1.00
D2	1.50	-	-	12.00	-	1.00



Şekil 7.3 Zımba tasarımları.

Basit zımbalar keskin detaylar içerirler. Aşınmaya ve kırılmaya karşı hassastırlar. 59-61 HRC sertliğindeki S1 çeliği tavsiye edilir. Isıl işlem sırasında ince bir sementasyon yararlıdır. Bir çok zımba bu kategoriye girer. Bu yüzden S1 en çok kullanılan çelik tipidir.

6F6 gibi çelikler kompleks zımba dizaynları için daha uygundur. Bükülebilir kenarlarda çatlamaya ve kenar bozulmalarına karşı dayanımın istendiği yerlerde kullanılabilir. Isıl işlem sırasında kontrollü sementasyon bu tip çelikler için çoğunlukla faydalıdır.

L6 tipi çelikler düşük zımbalama kuvvetinin uygulandığı , ucuz zımbalarda kullanılan başlıca çeliktir.

O1 , A2 ve D2 tipi çelikler yüksek sertlikleri ve iyi aşınma dirençlerinden dolayı yüksek üretim rakamlarına ulaşılabilen basit dizaynlarda kullanılır. Bu çeliklerde şişmeye karşı dayanım ve uzun ömür önemlidir. Süneklik ve tokluk ise bu çeliklerde nispeten daha düşük öneme sahiptir. Sertlikleri , zımbalama için 60-63 HRC olarak tavsiye edilir. (ASM , 1987)

Berilyumlu bakırın basınçlı dökümünde zımbalama gereksinimleri , yumuşak çeliklerde yapılan klasik zımbalamaya göre oldukça farklıdır. Sıcak iş çeliklerinden H13 genellikle bu iş

için tercih edilir. Modelin kullanıldığı ve dar toleransların gerekmediği yerlerde , berilyumlu bakır kalıbın basınçlı dökümü için kuma , dökme demirden düzgün yüzeyli zımba dökülebilir.

7.2 Kalıplar İçin Demir Dışı Malzemeler

Derin sertleştirilmiş haddelenmiş ve dövülmüş çelikler sıkıştırılmalı kalıplarda hakim konumdadır ve yüzeyi sertleşebilen ve yarı sertleştirilmiş çeliklerde enjeksiyon kalıplarının yapımında çoğunlukla kullanılmaktadır. (Pribble ve DuBois, 1987)

Enjeksiyonla kalıplama genişledikçe daha büyük kalıplara gereksinim artmaktadır ve çelik dışı alaşımlarda tercih edilebilmektedir.

Başlıca dökülebilen demirdışı alaşımlar kalıplarda kullanılmaktadır. Bunlar prototip ve deneysel kalıpları da içeren bakır berilyum alaşımları , alüminyum ve çinko alaşımlarıdır.

7.2.1 Berilyumlu Bakır

Bu serideki sertleşebilir bakır-berilyum alaşımı bileşimi %2.5 berilyum ve %96.5 bakırdır. 40 yılı aşkın süredir enjeksiyon kalıplarında , dökümün kalıp işlemeye ve çelik zımbalamaya avantaj teşkil ettiği yerlerde kullanılmaktadır. (Pribble ve DuBois, 1987)

Şişirmeli kalıplamaya genel girişten sonra bakır dökümün şişirmeli kalıplama için en uzun ömürlü malzeme olduğu anlaşılmıştır.

1940'lı yıllarda basınçlı döküm ile döküm teknolojisinde büyük bir gelişme olmuştur. Sertleştirilmiş malzeme (zımbalamadaki zımba benzeri) üzerine dökülen eriyik metal üzerine 100 ton civarı bir basınç uygulanarak hem metal içindeki havanın tahliye edilmesi hem de boşluksuz , yoğun bir yapı elde edilmesi amaçlanır.

Bu gelişme büyük parçaların dökümü için halen popülerdir. Buna ilave olarak 1960'ların sonunda ısı işlem görmüş çelik zımba yerine seramik model kullanılmaktadır.

Daha sonra döküm operasyonu sırasında uygulanan vakum ile uygulama geliştirilmiştir. Bunun nedeni teknolojinin ilk zamanlarında seramiğin sıkıştırma basıncına dayanamamasıdır. Bu şekilde boşluksuz çok iyi yüzeye sahip dökümler yapılabilmekte ve bu şekilde daha büyük kalıplar üretilmektedir. 1960'ların sonlarında plastikten mobilyalar üretilmeye başlandığında berilyum dökümcüleri bir tonun üzerinde kalıplamalar yapabilmekteydiler.

Berilyumlu bakırdan bir çok alaşım mevcuttur. Çizelge 7.7'de kalıplar için en çok kullanılan beş alaşım verilmektedir.

Seçim , alaşımın akışkanlığına ve kullanılacak kalıp yapım prosesine bağlıdır. Kalıptan ziyade maça ve mandrel için kullanılacak alaşımlar daha belirgindir. Çizelgede alaşımlar, bileşimleri , başlıca özellikleri ve avantajları verilmektedir.

Genel olarak %1,7 ya da daha fazla oranda berilyum içeren alaşımların 20 C , 245 C , 275 C ve 165 C 'nin akışkanlıkları daha fazladır ve detaylar daha iyi bir biçimde elde edilebilir. Ayrıca cüruf oluşturmaya karşı eğilimleri daha azdır ve daha iyi bir metalürjik yapı verirler. Aynı zamanda daha düşük bir sıcaklıkta 1000 ila 1260 °C arasında dökülebilirler. Bu eritme ekipmanlarına bağlıdır ve seramik kalıp yapım prosesi uygulandığında önemlidir. Düşük sıcaklıklarda daha az metal kalıp reaksiyonu olur ve daha basit dökümhane ekipmanlarını yeterli kılar. (Pribble ve DuBois, 1987)

%1,7 ya da daha fazla oranda berilyum içeren alaşımların yüksek berilyum içerikleri aslına uygun üretime imkan verir. Fakat artan berilyumla birlikte maliyette artmaktadır. 20 C ve 245 C alaşımları (Çizelge 7.7'de görülmektedir.) en genel alaşımlardır. Fakat seçim model kalitesine bağlıdır. Eğer mükemmel bir model kullanılıyorsa 20 C , daha az hassasiyette bir model kullanılıyor ise modelin düşük doğruluğunu telafi edebilmek için 245 C kullanılabilir.

Kalıp üretimindeki en önemli noktalardan biri yüksek berilyum içeriği ile yüksek akışkanlık elde etmek ve daha düşük sıcaklıkta döküm yaparak metal model ya da zimba üzerindeki erozyonu minimum oranda tutmaktır. Yüksek berilyum içeriği ile akışkanlık uzun süre sağlanarak daha detaylı ve model şekline daha uygun bir döküm elde edilir.

% 1.7'den daha düşük oranda berilyum içeren alaşımlar genel olarak şekle bağlılığın ve yüksek dayanımın aranmadığı sadece maça ve mandrel yapımında kullanılırlar. İki yararlı

özellige sahiptirler ; kalıp yapım maliyetini düşürürler ve yüksek ısı iletkenlikleri sayesinde ısının kalıplama sırasında daha kolay dışarı çıkmasına yardımcı olurlar.

Çizelge 7.7 Berilyumlu bakır alaşımlarının özellikleri ve uygulamaları.

Bileşim	Berilyumlu Bakır alaşımı İngot	Yoğunluk , lb/cu in.	Termal iletkenlik. BTU/sq ft /in./hr	Rockwell Sertliği	Döküm Aralığı , °F	Karakteristik uygulamalar
Be 0,45-0,75 Co 2,35-2,70	10 C	0,311	1400-1600	B 40 ; B 96	2050-2250	Yüksek termal ve elektriksel iletkenlik , iyi dayanım ve iyi yüksek ısıda özellikler. Yüksek sıcaklık için ideal,düşük basınç , maksimum soğuma ve ısı özellikler.
Be 1,65-1,75 Co 0,20-0,30	165 C	0,298	750-900	B 59; B C 38	1900-2050	Yüksek dayanım ve sertlik ile iyi korozyon dayanımı. Tuzlu suya daldırma için tavsiye edilir.
Be 1,90-2,15 Co 0,35-0,65 Si 0,20-0,35	20 C	0,292	650-800	B 63 ; C 43	1850-2050	Yüksek dayanım,sertlik ve harika akıcılık.Hassas,kum ve seramik döküm için ideal Çeşitli göre 2-3 kat daha iyi termal özellikler.
Be 2,25-2,45 Co 0,35-0,65 Si 0,20-0,35	245 C	0,292	600-750	B 75 ; C 45	1850-2000	Yüksek dayanım , sertlik ve aşınma dayanımı ve iyi termal özellikler. Basınçlı,kum ve seramik döküm uygulanabilir.Yüksek akıcılık.
Be 2,50-2,75 Co 0,35-0,65 Si 0,20-0,35	275 C	0,292	600-750	B 85 ; C 46	1850-1975	Oldukça yüksek dökülebilirlik ,akıcılık,sertlik ve aşınma dayanımı ile termal iletkenlik iyi. Basınçlı , kum ve seramige döküm için uygun.

7.2.1.1 Yoğurma Alaşımları

Kalıp gözü ve maçalar kompleks şekle sahip değil iseler döküm gerekli değildir. Yüksek dayanımlı berilyumlu bakır yoğurma alaşımları çubuk , boru , bar ve plaka biçiminde mevcuttur. Tavlanmış , ön sertleştirilmiş şekilde sipariş edilebilirler. Brush alaşımı #25 en dayanımlı ve en çok bulunan yoğurma alaşımıdır. (Pribble ve DuBois, 1987)

7.2.2 Alüminyum

Yüksek basınçlı enjeksiyon kalıpları için alüminyum sadece prototip ve sınırlı üretimler için kullanılır. Alüminyum bronz alaşımları uzun zamandan beri bilinmektedir. Fakat yumuşak yüzeyinden dolayı çelikle temas eden kavite ve maça bileşenlerinde aşınmalar meydana gelmekte ve problemler ortaya çıkmaktadır. Plaka , bar, kol ve içi boş bar şeklinde bulunurlar. Eğer yükleme mühendislik sınırları içinde yapılırsa iyi dayanım özelliği gösterirler. Tipik analizleri ; %85,5 Cu , % 10,5 Al , %3,5 Fe . Fiziksel özellikleri : Çekme dayanımı 105000 psi , akma dayanımı 50000 psi , kopma uzaması % 14 , sertliği 183-192 brinell'dir.

7.2.3 Çinko Alaşımları

Çeşitli çinko alaşımları başarılı bir biçimde döküm kalıplarında kullanılmaktadır. Özellikle enjeksiyon kalıplarının prototipleri yapılmaktadır. 450 °C'lik döküm sıcaklığı nispeten düşük olduğundan avantaj sağlar. Ayrıca yüzey sertliği ve sıkıştırma dayanımı alüminyum kadar ya da daha da fazla geliştirilebilir. (Pribble ve DuBois, 1987)

Bir çok durumda çelik bir çerçeve kullanılarak döküm kalıp korunabilir. Diğer bir avantaj da az miktarda alaşım kullanılarak dökümün sıkıştırma ve enjeksiyon kuvvetlerine karşı koyabilecek , herhangi başka bir desteğe ihtiyaç duymayacak duruma gelmesidir. Tipik analizi % 92 Zn , % 3,5 Cu , % 4,0 Al , % 0,4 Mg. Fiziksel özellikler ise ; Çekme dayanımı 38000 psi , kopma uzaması % 3-5 , erime sıcaklığı 380 °C , sertlik 80-105 brinell'dir.

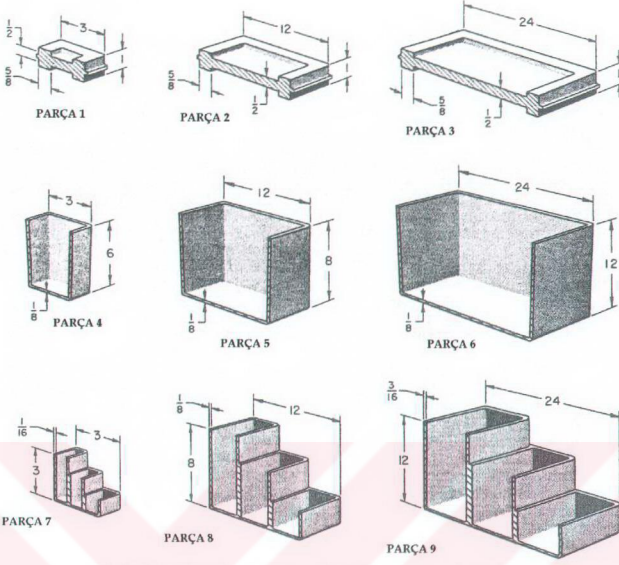
7.3 Kalıplanacak Malzeme

Kalıplanacak malzeme için ilk husus kalıp malzemesinin seçimidir. Plastik malzemeler öncelikle enjeksiyon ya da sıkıştırmalı kalıplamaya olan yatınlıklarına göre iki temel tipe ayrılırlar. (Çizelge 7.8) . Daha ileri bir sınıflandırmada , bu malzemeler aşınma , korozyon ve sıcaklığa bağılı olarak gerektirdikleri kalıp malzemelerine göre yedi gruba ayrılırlar. Bu hususlar çizelge 7.10 ve 7.11'deki kalıp malzemeleri önerilerinde belirtilmiştir. (ASM, 1987)

Çizelge 7.8 Plastik malzeme grupları.

Enjeksiyonla kalıplanacak plastikler	
Grup 1 Genel Amaçlı	Akrilik
	Selüloz Asetat
	Polipropilen
	Etil Selüloz
	Polietilen
	Polistiren
	Selüloz Polipropionat
Grup 2	Naylon ve diğer akıcı plastikler
Grup 3	Vinil ve diğer korozif plastikler
Sıkıştırma ile kalıplanacak plastikler	
Grup 4 Genel Amaçlı	Melamin formaldehid
	Fenol formaldehid
	Üre formaldehid
	Alkid reçineleri
Grup 5	Silikon reçineleri ve yüksek sıcaklık gerektiren diğer plastikler
Grup 6	Lastik
Grup 7	Epoksi ve poliesterler

Termoset plastikler için kalıbın aşınma yüzeyi çok önemlidir. Tüm termoset malzemeler aşındırıcıdır. Sadece genel amaçlı selüloz tozlu plastikler daha düşük derecede aşındırıcılığa sahiptirler. Özel amaçlı , örneğin yüksek sıcaklık ve darbe dayanımlı , asbest , mika ve cam içerikli plastikler oldukça aşındırıcıdır. Enjeksiyon tipi plastikler aynı aşınma problemini göstermezler. Bunun yanında bazı korozif malzemeler için özel çelikler ve krom kaplama kalıplar gerekebilir.



Şekil 7.4 Çizelge 7.10 ve 7.11 için parça detayları.

7.4 Kalıp Boşluğunun Oluşturulma Metotları

Kalıp çeliğinin seçimindeki önemli bir hususta kalıp boşluğunun oluşturulma şeklidir. Talaşlı işleme metodu çizelge 7.10 ve 7.11'de önerilen tüm malzemeler için kullanılabilir. Bununla birlikte eğer zımbalama metodu kullanılacaksa seçenekler düşük karbonlu çelik gibi yumuşak malzemelerle sınırlıdır. Berilyumlu bakır ise eğer kalıp gözü basınçlı döküm ile oluşturulacaksa tek genel kalıp malzemesidir. Malzemelerin bileşimleri çizelge 7.9'da verilmiştir. (ASM , 1987)

Çizelge 7.9 Kalıp malzeme bileşimleri.

Çelik	C	Cr	Mo	Diğer	Metot	Hrb(a)	Fiyat(b)
P20	0.30	0.75	0.25	-	Talaşlı	190	0.28\$
L2	0.5 (c)	1.00	-	0.20 V	Talaşlı	201	0.28\$
P1	0.10	-	-	-	Zımbalama	90	0.30
P3	0.10	0.60	-	1.25 Ni	Zımbalama	131	0.30
P6	0.10	1.50	-	3.50 Ni	Talaşlı	152	0.30
P5	0.10	2.25	-	-	Zımbalama	100	0.31
P4	0.07	5.00	-	-	Zımbalama	110	0.48
O1	0.90	0.50	0.50 W	1.00 Mn	Talaşlı	201	0.48
A2	1.00	5.00	1.00	-	Talaşlı	229	0.51
A6	0.70	1.00	1.00	2.00	Talaşlı	229	0.51
H13	0.35	5.00	1.50	1.00 V	Talaşlı	229	0.52
PPT(d)	0.20	-	-	1.20 Al, 0.20 V, 4.00 Ni	Talaşlı	(e)	0.52
Be-Cu	-	-	-	Cu ,2 Be, 0.25 Co yada 0.35 Ni	Zımbalama yada döküm	83	1.78

(a) Isıl işlem görmüş haldeki maksimum sertlik ; 3000 kg yüklemeye , Be-Cu için 500 kg. (b) Yaklaşık , 1 pound (0.454 Kg) fiyatı. (c) Karbon içeriği 0.50-1.10 % arasında değişmektedir.(d) Çökeltme sertleşmesi yapılmış çelik. (e)Sadece ısıtılmış çelik.

Çizelge 7.10Talaşlı işleme ile şekillendirilecek plastik kalıpları için metal seçimi.

Kalıplanacak Malzeme	Parça 1,4 ve 7 10,000-100,000		Parça 2,5 ve 8 10,000-100,000		Parça 3,6 ve 9 10,000 yada daha fazla
	Enjeksiyonla Kalıplama için Kalıp Malzemeleri		Enjeksiyonla Kalıplama için Kalıp Malzemeleri		Enjeksiyonla Kalıplama için Kalıp Malzemeleri
Gr. 1, Genel Amaçlı Plastikler	P 20 ya da PPT (b)	53-57 Rc O1 ;semente P6 yada P20 , 54-58 Rc	Önsertleştirilmiş P20 yada PPT (b)	54-58 Rc , Semente P6 ; Önsertleştirilmiş P20 yada PPT (b)	Önsertleştirilmiş P20 yada PPT (b)
Gr. 2, Akışkan Plastikler	Semente P6 yada P20	53-57 Rc , O1	Semente P6 , 54-58 Rc	Semente P6, 54-58 Rc ; 48-52 H13 (c).	Bu boyuttaki kalıplarda kullanılamaz.
Gr. 3, Koroziv Plastikler	Önsertleştirilmiş P20 yada PPT (b) ve plaka (d)	53-57 Rc ,O1kaplanmış (d).	Önsertleştirilmiş (b) ve kaplanmış (d) P20 yada PPT	Semente P6 , 54-58 Rc ve kaplanmış (d);Paslanmaz 420 , 45-50 Rc.	Önsertleştirilmiş P20 veya PPT
Sıkıştırılabilir Kalıplama için Kalıp Malzemeleri					
Gr. 4, Genel Amaçlı Plastikler	53-57 Rc L2 ; Semente P20,54-58 Rc	Semente L2, 53-57 Rc; A2, 53-57 Rc ; Semente P20 ,54-58 Rc	Semente P20 veya P6, 54-58 Rc.		Semente P4 , 52-56 Rc.
Gr. 5, Yüksek sıcaklık.	H13 , 48-52 Rc.	H13 , 48-52 Rc.	Semente P4 , 52-56 Rc yada H13 , 48-52 Rc.		Semente P4 , 52-56 Rc
Gr 6. Lastik.	Dökme 356- T6 Alüminyum (e), 30 sınıfı dökme demir.	30 sınıfı dökme demir ; 1020 , yumuşak , kaplanmış (d) ; A2 , 53-57 Rc (g).	1020 , yumuşak , kaplanmış (d)		1020 , yumuşak , kaplanmış (d)
Gr. 7 Katkılı.	Semente P 20 , 54-58 Rc; L2 , 53-57 Rc	Semente P20 , 54-58 Rc; L2 , 53-57 Rc	Semente P20 , 54-58 Rc ; Alevle sertleştirilmiş L2.		Semente P20 yada P6, 50-55 Rc.

(a)Özel koşullar için biden fazla kalıp malzemesi gösterilmektedir. (b) Önsertleştirilmiş çeliklerde sertlik minimum 300 hb olmalıdır. (c) Tercih edilen kalıplanacak parça 5 yada 8'dir. (d) Krom kaplamada tavsiye edilen kalınlık 0,0002-0,001 inçtir. (e) 10,000 parçaya kadar olan düşük üretimler için tavsiye edilir. (f) 10,000 parça fazla olan üretimler için tavsiye edilir. (g) Kullanım esnasındaki koşullara karşı direnci artırır.

Çizelge 7.11 Döküm ya da zımbalama ile şekillendirilecek plastik kalıpları için çelik seçimi.

Kalıplanacak Malzeme	Parça 1		Parça 4		Parça 7
	10,000-100,000	1,000,000-10,000,000	10,000-100,000	1,000,000-10,000,000	10,000 yada daha fazla
Enjeksiyonla Kalıplama İçin Kalıp Malzemeleri					
Gr. 1, Genel Amaçlı Plastikler	Semente P1 yada P3 (b) , 54-58 Rc.	Semente P3 yada P5, 54-58 Rc.	Berilyumlu Bakır, 36-40 Rc; Semente P5 yada P1, 54-58 Rc.	Semente P5 , 54-58 Rc.	Berilyumlu Bakır (c) ,36-40 Rc. Semente P1 , 54-58 Rc.
Gr. 2, Akışkan Plastikler	Semente P3 , 54-58 Rc.	Semente P3 yada P5 , 54-58 Rc.	Semente P5 , 54-58 Rc.	Semente P5 , 54-58 Rc.	Semente P1 ,54-58 Rc; Berilyumlu Bakır(c) 36-40 Rc.
Gr. 3, Korozyon Plastikler	Berilyumlu Bakır 36-40 Rc ve kaplanmış (d); P1 yada P3 ,4-58 Rc ve kaplanmış (d).	Semente P3 yada P5 ,54-58 Rc ve kaplanmış (d).	Berilyumlu Bakır, 36-40 ve kaplanmış (d). Semente P5 yada P1, 54-58 Rc ve kaplanmış (d).	Semente P5 , 54-58 Rc ve kaplanmış (d).	Berilyumlu Bakır (c) ,36-40 Rc ve kaplanmış (d).
Sıkıştırılabilir Kalıplama İçin Kalıp Malzemeleri					
Gr. 4 ve 7. Genel Amaçlı Plastikler	Semente P3 , 54-58 Rc.		Semente P3 yada P5 , 54-58 Rc.		Semente P1 (b) , 54-58 Rc.
Gr. 5, Yüksek sıcaklık.	Semente P4 , 56-60 Rc.		Semente (f) P4 , 56-60 Rc.		Semente (f) P4 , 56-60 Rc.
Gr 6. Lastik.	1020 , kaplanmış (d) ; P1 , kaplanmış (d).		1020 , kaplanmış (d) ; P1 , kaplanmış (d).		P1 , kaplanmış (b) , (d)

(a) Özel koşullar için biden fazla kalıp malzemesi gösterilmektedir. (b) Kalıp hassaslığı için tercih edilir. (c) Yenileme düşünülmüldükçe 100,000 'den fazla sayılar için tavsiye edilemez. (d) Tavsiye edilen krom kaplama kalınlığı 0,0002-0,001inç. (e) 1,000,000'dan fazla parça için P5 önerilir. (e) Bu derinlik için P4'ün zımbalanması ekonomik olmaya bilir.

7.5 Malzeme Seçim Kriterleri

7.5.1 Kalıp Büyüklüğü

Kalıp ölçüleri büyüdükçe , kalıp çeliğinden daha yüksek tokluk talep edilir. Ayrıca kalıp boyutu arttıkça ısıtma işlemi ile sertleştirme , çarpılma / ölçü değişimi sorunu nedeniyle giderek zorlaşır. Bu yüzden , kalıp boyutu büyüdükçe önsertleştirilmiş malzemelerde 30-35 HRc aralığında bir teslim sertliğine sahiptir. Bu çelikler , bu sertlik ile kolayca işlenebilir yada nitrürleme ile yüzey sertleştirme yapılarak kullanılır. (Assab&Korkmaz)

7.5.2 İşlenebilirlik

Önsertleştirilmiş malzemeler yapılarına kükürt katıldığında , 30-35 HRc 'lik sertliklerine rağmen kolay işlenebilen malzemelerdir. Yüksek yüzey kalitesi , yüzey parlaklığı ve asit dağlanma özelliği istenmediği koşullarda bu malzemelerin kullanımı büyük bir işleme kolaylığı sağlar.

7.5.3 Kaynak Edilebilirlik

Kalıplardaki hatalı işleme , dizayn değişikliği yada tamirat gibi gerekçelerle kalıpların kaynak edilebilirliği son dönemde oldukça önemli bir hale gelmiştir. Plastik takım çeliklerinin kaynak edilebilirliği aynı bileşimde hazırlanmış kaynak elektrotları sayesinde oldukça iyidir. Ayrıca bu çeliklerin kaynak sonrası yüzey kalitelerinde bir bozulma da olmamaktadır. Unutulmaması gereken , zorunlu ön ısıtma prosedürünün takibidir. Kükürt katkılı malzemeler ise kaynakta iyi sonuç vermezler.

7.5.4 Erozyon ile İşleme

Dalma erozyon sonrasında tüm malzemelerin yüzeyinde kılcal çatlaklar içeren , beyaz tabaka olarak da anılan bir tabaka ve hemen onun altında da aşırı sertleşmiş ve yumuşamış tabakalar oluşmaktadır. Düşük amper yüksek adım sayıları ile elde edilen erozyon yüzeyleri nispeten daha az hasarlı olmaktadır. Erozyon sonrası bu tabakaları etkisizleştirmek için ise , erozyon ile işlenmiş çelik son meneviş sıcaklığının 25 °C altında bir gerilim giderme tavına tutulmalıdır. Erozyon sonrasında iç yapısı temiz malzemeler çok iyi yüzey kalitesi sağlarken işleme kolaylığı sağlayan kükürt katkılı malzemelerde aynı yüzey kalitesi elde edilemez.

7.5.5 Nitrürleme ve Yüzey Sertleştirme

Plastik kalıp takım çeliklerinin kullanımında nitrürlemenin özel bir önemi vardır. Özellikle önsertleştirilmiş malzemelerle , meneviş dayanımı gösteren malzeme yüzeylerinin nitrürlenmesi sonucunda , korozyona dayanıklı , sert tabakalar oluşturulur . Bu tabakalar özellikle plastiğin kalıba yapışmasını önlediği için tercih edilir. Sert plastiklerde sıcak yolluk gibi uygulamalarda aşınma dayancını arttırmak için yine nitrürleme uygulanabilir. Nitrürleme sonrası kalıplarda genelde çarpılma meydana gelmemektedir.

7.5.6 Desen Uygulamaları

İç yapıları temiz malzemelerin foto-dağlama (asit ile dağlama) ile desen alma özelliği iyidir. Özellikle iç yapıları özel proseslerle kalıntılardan arındırılmış ve homojenize edilmiş çelikler desen için mükemmel sonuç veren malzemelerdir. Kükürt katkılı olarak üretilen malzemeler , parlatma ve foto-dağlama istenen uygulamalarda tercih edilmemelidir.

7.5.7 Korozyon Direnci

Korozyon direnci açısından önerilen malzeme grubu paslanmaz takım çelikleridir. Yüksek sertleşebilirlik özelliği gösteren malzemeler tercih edilir. Bu grupta bulunan malzemeler nitrüleme ile yüzey sertleştirilerek , gaz çıkaran plastiklerin şekillendirilmesinde kullanılabilir. Bunun yeterli olmadığı durumda sert krom kaplama bir çözüm olabilir.

7.5.8 Plastiğin Aşındırıcılığı

Günümüzde gittikçe kullanımı yaygınlaşan elyaf takviyeli plastikler yada kristal , PTFE gibi sert plastiklerin şekillendirilmesi söz konusu olduğunda diğer parametreler de dikkate alınarak nitrüleme ile yüzeyi sertleştirilerek , yüksek sertlik malzemeleri kullanılır.

7.5.9 Beklenen Baskı Sayısı

Kalıp kalitesi olarak da anlaşılabilecek kalıptan beklenen baskı sayısı , kalıbın işlenmesi , ısı işlemleri ve kullanıma dair diğer parametrelere de önemli ölçüde bağlı olmakla birlikte , kalıp malzemesine de bağlıdır. Yüksek baskı sayıları için önsertleştirilmiş malzemelerden ziyade sertleştirilerek kullanılan yüksek sertlik malzemeleri tercih edilmelidir.

7.5.10 Parlatılabilirlik

Kalıp çeliğinin çok iyi parlatılabilir olması öncelikle plastik ürünün yüzeyinden beklenen parlaklığı garanti eder. Şeffaf imalat parçalarından , gözlük camları gibi optik parçalara kadar farklı uygulamalar için farklı parlaklık sağlayabilen pek çok malzeme bulunmaktadır. İkinci olarak ise kalıp çeliğinin iyi parlatılabilirliği baskı sırasında viskoz plastiğin çelik yüzeyindeki gözeneklere dolmasını yani yapışmayı engellemektedir. Bu malzemelerin iç yapıları denetimli olarak üretilmiş olup ya cüruf altı ergitme işlemi ile mikroyapı temizliği sağlanmış olması gerekmektedir. Ayrıca bu işlemlere ek olarak paslanmaz çelik bileşimindeki çelikler de yüksek parlaklık sağlarlar.

7.5.11 Hafiflik

Kalıpların olabildiğince hafif tutulması istenir. Bu yüzden sert alüminyum alaşımları plastik kalıpcılığında ve özellikle şişirme ve vakum kalıplarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

7.5.12 Kalıp Hamili ve Destek Plakaları

Kalıp ömrünü ve kalitesini belirleyen sadece çekirdekte kullanılan kalıp çeliği değildir. Gerek kalıp hamilleri gerekse de arka plakalar ve destek plakaları çekirdeklerin ömürlerinde belirleyicidir. Buralarda oluşacak ezilmeler , esnemeler çekirdeklerin oynamasına ve kalıbın rijitliğini kaybetmesine yol açmaktadır. Ayrıca kalıp hamillerindeki aşınma , ezilme ve esnemeler çapaklanmaya sebep olur. Bu nedenlerle , kalıp hamillerinin önsertleştirilmiş malzemelerden seçilmesi , destek plakalarında kaliteli imalat çeliklerinin kullanılması önerilmektedir.

7.5.13 Isıl İletkenlik

Plastik kalıpcılığında soğutmanın önemi çok büyüktür. Dizayn açısından bazı durumlarda , alüminyum ve Cu-Be alaşımları gibi ısı iletkenliği yüksek metallerin kalıp malzemesi olarak kullanılması yada belli bölgelerin bu tür malzemelerden yapılması neredeyse zorunludur.(Assab&Korkmaz)

8. PAMAŞ A.Ş'DE PLASTİK ENJEKSİYONDA KARŞILAŞILAN SIKINTILAR

Pamaş A.Ş'de yapılan çalışmalarda , plastik enjeksiyonda karşılaşılan sıkıntılar dört ana başlıkta toplanmıştır. Bunlar ;

1. Makinede karşılaşılabilecek sıkıntılar
2. Kalıpta karşılaşılabilecek sıkıntılar
3. Hammaddeden kaynaklanan sıkıntılar
4. Yan ünitelerden kaynaklanan sıkıntılar.

8.1 Makinede Karşılaşılan Problemler

Makinede karşılaşılan problemler elektrik arızaları , hidrolik arızaları ,mekanik arızalar ve muhtelif arızalar olarak nitelendirebileceğimiz dört grupta toplanabilir.

Elektrik arızaları :

- Kumanda panosunda oluşabilecek olası arızalar
- Isı saatleri
- Ampermetreler
- Zaman saatleri
- Potansiyometreler
- On-off switchler
- Kontaktörler
- Termikler
- Zaman röleleri
- Muhtelif kablo ve bağlantı elemanları

Hidrolik Arızaları :

- Tazyik ve debi kayıpları
- Mekanik sıkıntılar (Aşınmalar)
- Bağlantı elemanlarında sızdırma.
- Hortumlarda kaçak

Mekanik Arızalar :

- Aşınmalar
- Eksik yada fazla yağlama
- Gevşek civata-somun
- Ayarsız kolon ve makas grubu
- Yüksek yada fazla torklanmış civatalar ve somunlar
- Diğer arızalar (Fabrikasyon arızalar , bilinçsiz kullanıma dayalı arızalar , eksik ya da fazla güç kullanımı , yanlış kalıp hammadde konfigürasyonuna bağlı arızalar.)

Muhtelif Arızalar :

- Bilinçsiz müdahaleler
- Gereksiz güç kullanımı
- Yetersiz güç kullanım
- Personel hataları
- Elektrik kesintileri
- Terazi kaçıklıkları
- Kalibrasyon hataları

8.2 Kalıpta Karşılaşılan Problemler

8.2.1 Sertleştirme Hataları

Sertleştirme hataları , malzemenin fazla sertleştirilmesinden veya malzemeye uygun olmayan sertleştirme yönteminin malzemeye uygulanmasından kaynaklanır.

8.2.1.1 Fazla Sertleştirme

Fazla sertleştirme , maliyet artışına , zaman kayıplarına , uyumlu parçaların bozulmasına ve kalıp genelinde ölçü bozukluklarına yol açmaktadır. Deneyisel çalışmalar sırasında şekil 8.1 ve 8.2’de gösterilen bir kapak kalıbına ait olan iki lokma ve şekil 8.3 de görülen bir şişirme kalıbına ait boğaz kesme halkası incelenmiştir. Kapak kalıbı numunelerinin her ikisi de 4140 takım çeliğinden imal edilmiş olup farklı ısı işlemlere tabi tutulmuştur. Kırılmaya uğrayan ilk numune yağda soğutulmuş ve 450 °C civarında bir menevişleme işlemi yapılarak 36 HRc

sertlik değeri elde edilmiştir. Mikro yapı fotoğraflarında herhangi bir yzey işlemine tabi tutulmadığı gvrvlmektir. Kırılan numunenin ferritik ve perlitik mikro yapısı şekil 8.4 ve şekil 8.5'te , kimyasal analiz sonuçları ise izelge 8.1'de gvrvlmektir.



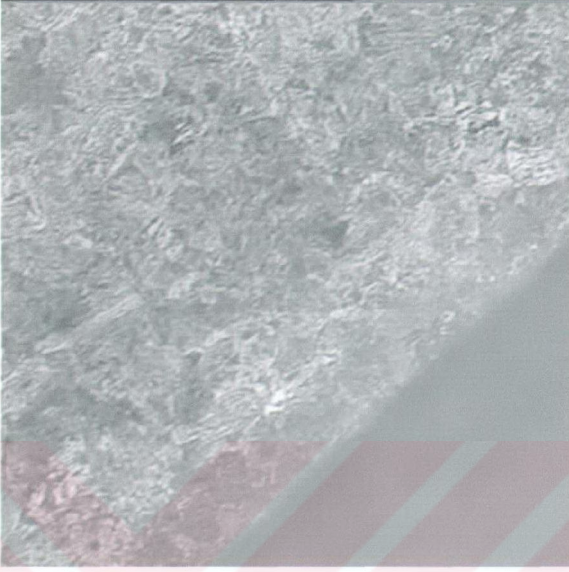
şekil 8.1 Kırılan lokma.



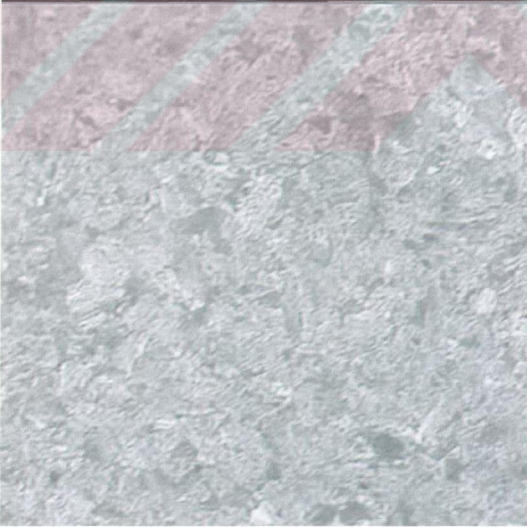
Şekil 8.2 Hasarsız lokma.



Şekil 8.3 Şişirme kalıbı boğaz kesme halkası.



Şekil 8.4 Kırılan lokma , mikroyapı fotoğrafı. 400x

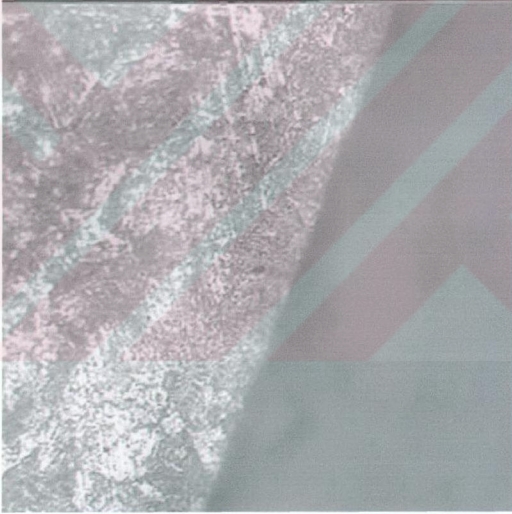


Şekil 8.5 Kırılan lokmanın iç kısmından bir mikro yapı fotoğrafı.400x

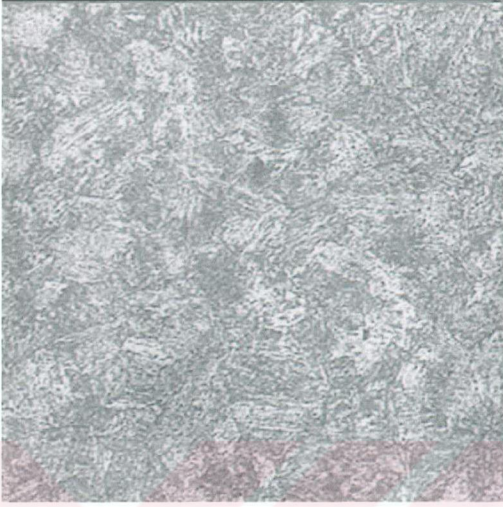
Çizelge 8.1 Kırılan lokmanın kimyasal analiz sonuçları.

Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al
96.02	0.409	0.445	0.831	0.0202	0.0216	1.21	0,150	0.153	0.014
As	B	Co	Cu	Nb	Pb	Sn	Ti	V	W
0.012	0.0003	0.014	0.345	0.019	0.0091	0.033	0.001	0.004	0.082

Hasarsız lokma ise yine yağda soğutulmuş fakat daha yüksek bir sıcaklık olan 650 °C ‘de menevişleme işlemine tabi tutulmuş ve bunun sonucunda 225 HV gibi daha düşük bir sertlik değeri elde edilmiştir. Bu parçanın mikroyapı fotoğrafları şekil 8.6 ve şekil 8.7’ de görülmektedir. Kimyasal analiz sonuçları ise çizelge 8.2’de verilmiştir. Parçanın herhangi bir yüzey işlemine tabi tutulmadığı görülmektedir.



Şekil 8.6 Hasarsız lokmanın kenar kısmından mikro yapı fotoğrafı.400x



Şekil 8.7 Hasarsız lokmanın iç kısmından bir mikro yapı fotoğrafı.400x

Çizelge 8.2 Hasarsız lokmanın kimyasal analiz sonuçları.

Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al
96.34	0.413	0.253	0.986	0.0125	0.0089	1.09	0.160	0.121	0.018
As	B	Co	Cu	Nb	Pb	Sn	Ti	V	W
0.013	0.0004	0.013	0.204	0.019	0.0080	0.026	0.001	0.005	0.086

Şekil 8.3'de AISI 1090 çeliğinden imal edilmiş, şişirme kalıbı boğaz kesme halkasının normalde olması gereken sertlik değeri 55 HRC'dir. Fakat şekildeki kırık parçanın yapılan testler sonucunda sertliğinin 65 HRC değerinde ve mikro yapısının ise martenzitik yapıda şekil 8.8'deki gibi olduğu görülmüş, kimyasal analiz sonuçları ise çizelge 8.3'de verilmiştir.



Şekil 8.8 Kesme halkasının mikro yapısı.400x

Çizelge 8.3 Kesme halkasının kimyasal analiz sonuçları.

Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al
96.12	0.88	0.252	1.98	0.0079	0.0136	0.267	0.004	0.024	0.021
As	B	Co	Cu	Nb	Pb	Sn	Ti	V	W
0.002	0.0001	0.005	0.056	0.005	0.000	0.021	0.000	0.079	0.044

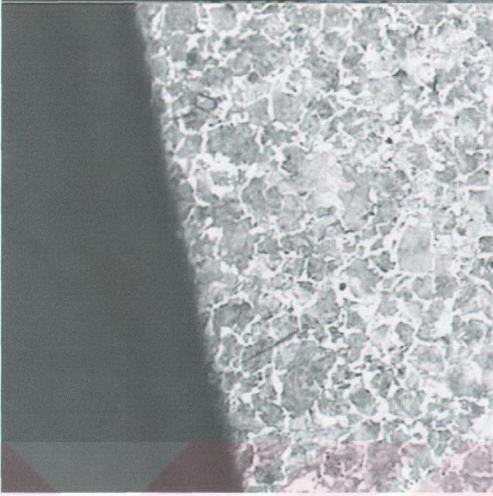
8.2.1.2 Yanlış Sertleştirme Prensibi

Çelik türüne uygun olmayan sertleştirme metodu , yanlış sertleştirme , kullanım yerine uygun olmayan metot ile sertleştirmeler örnek olarak verilebilir. Parçalarda sarmalara , yırtılmalara sebebiyet vererek bağlı olduğu parça yada plakanın bozulmasına bu sebep ile zaman ve maliyet kayıplarına yol açmaktadır. Deney çalışmasında bu konuyla ilgili olarak ısıtıl işlem hatası sebebiyle düşük sertlik değerine sahip olan bir kılavuz pimi ile çalışma esnasında herhangi bir problem göstermeyen , diğerinden farklı bir ısıtıl işleme tabi tutulmuş bir kılavuz pimi incelenmiştir.



Şekil 8.9 Yanlış sertleştirme prensibi uygulanmış , düşük sertlikteki kılavuz pimi(üstte) ve uygun şekilde sertleştirme yapılmış kalıp pimi.

Üstteki aşınma yapmış pimin malzemesi 1050 imalat çeliğidir ve yaklaşık 900 °C'de bir normalizasyon ısı işlemi görmüştür. Yapılan sertlik ölçümlerinde bu pimin sertlik değeri 216 HV olarak tespit edilmiştir. Bu değer , bir pim için düşük bir büyüklük arz etmekte ve bu sebeple aşınma kaçınılmaz olarak gerçekleşmektedir. Pimin ferrit ve perlitten oluşan mikroyapısı şekil 8.10'da ve kimyasal analizi ise çizelge 8.4'de görülmektedir.

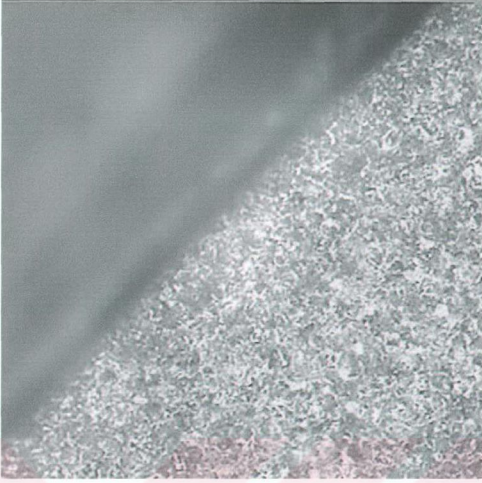


Şekil 8.10 Aşınan pimin mikro yapısı. 200x

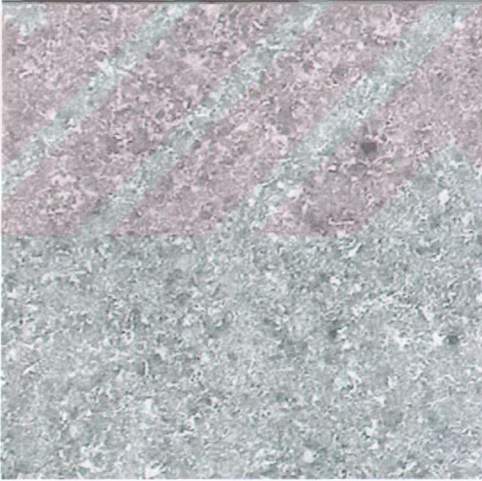
Çizelge 8.4 Aşınan pimin kimyasal analiz sonuçları.

Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al
97.84	0.53	0.25	0.63	0.0117	0.0164	0.175	0.029	0.79	0.010
As	B	Co	Cu	Nb	Pb	Sn	Ti	V	W
0.06	0.000	0.008	0.137	0.008	0.0005	0.023	0.000	0.000	0.041

Şekil 8.11 ve şekil 8.12’de ise servis esnasında aşınma göstermemiş pimin mikroyapısı görülmektedir. Bu pimin malzemesi de yine aynı şekilde 1050 imalat çeliğidir. Bu pim , diğerinden farklı olarak yağda soğutulmuş ve 425 °C’de bir menevişleme işlemine tabi tutulmuştur ve bu şekilde 295HV sertlik değerine ulaşılmıştır. Fotoğraflarda ferrit ve perlitten oluşan ve daha ince taneli yapısı gözükmemektedir. Pimin mikro yapısı şekil 8.11 ve 8.12’de, analiz sonuçları ise çizelge 8.5’te görülmektedir.



Şekil 8.11 Aşınma göstermemiş pimin kenar kısmından alınan mikro yapı fotoğrafı.200x



Şekil 8.12 Aşınma göstermemiş pimin iç kısmından alınan mikro yapı fotoğrafı.200x

Çizelge 8.5 Hasarsız pimin kimyasal analiz sonuçları.

Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al
97.56	0.48	0.305	0.762	0.0192	0.0270	0.235	0.031	0.081	0.031
As	B	Co	Cu	Nb	Pb	Sn	Ti	V	W
0.006	0.000	0.008	0.173	0.008	0.0001	0.024	0.000	0.000	0.045

8.2.2 Ölçü Hataları

8.2.2.1 Yüksek $\pm$ Toleranslar

Kalıbın yüksek ya da alçak toleranslar ile işlenmiş parçalar , yanlış işleme prensibi , kalıbın sağlıklı çalışmasına , yüksek çevrim süresine , üründe kusur ve ölçüm hatalarına yol açmaktadır. Makine ve diğer yan ünitelerde yeterli güç kullanımına imkan tanımamakta , genel olarak öncelikle zaman ve işgücü kayıplarına yol açmaktadır.

8.2.2.2 Gereksiz Ölçü Fazlalıkları

İhtiyaç fazlası pay bırakma , toleranslar dışına çıktığında yaslanmak , itmek ,germek vs. suretlerle , eşzamanlı çalışan parçalarda erken deformasyona yol açmakta , kendisiyle beraber çalışan parçayı da bozmak suretiyle zaman işçilik ve maliyet kayıplarına yol açmaktadır.

8.2.2.3 Gereksiz Ölçü Düşüklükleri

İhtiyaç fazlası pay alma tolerans dışı ölçü düşüklüğü , oran ve mesafe hatalarına yol açmakta , kalıbın çalışma prensibini ölçü fazlası gibi etkilemekte , çıkan ürünün homojenliğini bozmakta , güç kullanımında , zaman ve işçilikte maliyet kayıplarına yol açmaktadır.

8.2.3 Tasarım Hataları

8.2.3.1 Çalışma Amacının Dışında Tasarımlar

Çalışma prensibi , makine soğutma ve hammadde özellikleri , göz ardı edilerek yapılan yanlış tasarımlar çevrim süresini uzatmakta , donanımı yetersiz kullanıma zorlamakta , verimli üretime engel teşkil etmektedir. Tasarımdaki temel prensipler ;

- a) Hammadde ,
- b) Kalıp ,
- c) Makine ,
- d) Yan üniteler .

Yukarıda yazılı dört kalemin birbirleriyle orantılı ve ahenk içinde çalışmasını sağlamak için alt üst toleransları , güçleri , çalışma prensipleri , karakteristik özellikleri göz önünde bulundurularak elde edilmek istenilen ürünün amacına uygun bir bütün oluşturacak şekilde değerlendirilmektedir. Maliyet endişeleri , kısa kalıplama zamanı , yetersiz metal işleme donanımları , kalitesiz malzeme ve kalitesiz işçilik ekseriyetle kalıpta karşılan problemlerin temel başlıklarını oluşturur.

8.2.3.2 Yetersiz Çalışma Prensipieri

Yukarıdaki sıkıntıya ek olarak hesaplanmadan oluşturulan ölçü , sertlik ve benzeri değerler kalıbın genel bütünüünün yetersiz çalışmasına , hedeflenen üretim hızı ve ürün kalitesinin kaybına yol açmaktadır. Çalışılan makinenin yanlış kullanımına hammadde ziyanlarına ve bunlara bağlı olarak üretim genelinde maliyet , işçilik zaman kayıpları doğmaktadır. Parçalarda , fazla tolerans tanınmasından doğan muhtelif sıkıntılara örnek olarak , geniş yolluk plakası , ufak sibop , zayıf rulman , ince kavite plaka vs. gösterilebilir.

8.2.4 Soğutma Hataları

Eksik ya da fazla soğutma , hammadde ile uygun biçimde tasarlanmayan soğutma şartları , soğuk ya da sıcak şartlarında yüksek tolerans kullanımı bilinçsiz soğutma olarak belirtilebilir.

Ürünün kalitesini, ürünün işlenmesine (enjekte edilmesi, ütüleme, kalıptan çıkarma vb.) gereksiz soğutma, ölü bölge soğutması, yetersiz soğutma prensipleri öncelikle ürün kalitesini, daha sonra çevrim süresini etkileyerek zaman ve işçilik kayıplarına da yol açmaktadır.

8.2.5 İşleyiş Hataları

8.2.5.1 Uzun Çevrim Süresi

Yetersiz çevrim süresi , yanlış tasarım ile beraber gelen uzun enjeksiyon , ütüleme vb. zaman kayıpları örnek olarak gösterilebilir. Kalıbın tasarımında kullanılan malzemelerde , işçilik kalitesinde oluşacak herhangi bir problem çeşitli vesileler ile makina , hammadde ve yan ünitelere etki ederek çevrim süresini arttırmakta , ürün kalitesini etkilemek suretiyle aynı zamanda makine , hammadde , kalıp ve yan ünitelerin gereksiz biçimde zorlanmasına yol açmaktadır.

8.2.5.2 Yetersiz Konstrüksiyon

Zayıf ve yetersiz pim , plaka et kalınlığı , projeksiyon alanı , erkek , dişi ve muhtelif donanımın yetersiz bir şekilde ihtiyaca karşılık verememesi , kalıp ömrünü kısaltmakta , maliyet artışı getirmekte , üretimde arızalara yol açmaktadır.

8.2.5.3 Makineyle Uyumsuzluk

Makine ile uyumsuz tasarım , kolon arası +/- toleranslar , hammadde , grup vs. ayarlarda uyumsuzluk zaman kayıplarına yol açmakta , kalıpta gereksiz müdahalelere sebebiyet vermekte , kalıbın konstrüksiyonunu zayıflatıp çalışma prensibine engel teşkil etmektedir.

8.2.5.4 Donanım ile Uyumsuzluk

Donanım ile uyumsuz çalışma ya da yanlış donanım seçimi eşzamanlı çalıştığı kalıp parçalarının ömürlerinin kısılmasına , kırılmalarına ve kullanılamaz hale gelmelerine yol açmakta , ürün kalitesini , çevrim süresini etkilemekte , makine kalibrasyonuna ve ayarlarına etki etmek suretiyle kalıbın bağlı olduğu diğer donanımı da eskitmektedir.

8.2.6 Donanım Hataları

Yüksek ya da alçak ihtiyaca göre donanım seçimi yanlışları , yüksek basınçlı hidromotor vs. donanım hatalarına örnek olarak verilebilir.

8.2.7 Yan Hatalar

Orantılı olmayan kalıp bağlama papuç yuvaları, yanlış su rekoru yada bağlantı elemanları , uygun olmayan flanş kullanımı gibi hatalar kalıba zarar verir. Bu bağlantı elemanlarının kalıba uygun seçilmesi gerekmektedir.

8.3 Hammaddeden Kaynaklanan Sıkıntılar

8.3.1 Dozaj Hataları

8.3.1.1 Yüksek Yada Düşük Yoğunluk

Kalıpta seçilen hammaddenin dışında karakteristik özellikleri farklı bir hammadde tercihi direkt olarak ürün kalitesine etki eder.

8.3.1.2 Aşırı Yükleme

Aşırı yükleme ürünün kullanım sahasına hitap etmeyen , ticari kaygılar güdülerek yetersiz ilgiyle seçilen hammaddeler direk ürüne , ürün kalitesine etki eder.

8.3.2 Karıştırma Hataları

Yetersiz karıştırma , ürün kalitesini direkt olarak etkiler . Ürünün genelinde gizli kusurlara , renk homojenitesinin sağlanamamasına , çatlama , kırılma ve benzeri problemlere yol açar.

8.3.3 Oran Hataları

8.3.3.1 Fazla- Eksik Oranlama

Hammadde – boya oranının iyi hesaplanamaması olarak belirtilebilir. Ürüne direkt olarak etki eder. Çevrim süresini yükseltir. Kalitesiz bir üretime sebep olur.

8.3.3.2 Yanlış Kırma Miktarı : Bilinçsiz çapak ya da granül kullanımı ürün kalitesini direkt olarak etkiler.

8.3.4 Yan Hatalar

8.3.4.1 Nem

Ürün kalitesine etki eder. Malın ocakta , kalıpta işlenmesinde problemler oluşturur. Hava boşluğu oluşumu olarak örneklenebilir.

8.3.4.2 Rutubet

Rutubetli ya da ıslak mal direk ürün kalitesine etki ederek homojen bir mal dağılımına engel teşkil eder. Gaz sıkışması , gaz tahliye problemleri , ocak ısılarında hata , uzun çevrim süresi ve benzeri problemler ile maliyet ve işçilik kayıplarına yol açmaktadır.

8.3.4.3 Pislik

Tozlanmış , yağlanmış ya da benzeri bir sebeple kirlenmiş hammadde direkt olarak ürün kalitesine etki ederek makine ve kalıp ömrünü azaltır.

8.3.4.4 Yabancı Madde

Para , kalem , civata , somun gibi yabancı maddelerin çeşitli vesileler ile malın içine karışması makineye , kalıba hasar vermek suretiyle üretimin durmasına , bu vesileyle maliyet ve zaman kayıplarına yol açmaktadır.

8.4 Yan Ünitelerden Kaynaklanan Sıkıntılar :

Yan ünitelerin kalibrasyon hataları , tolerans hataları , eksik ya da fazla kullanımı , bilinçsiz ve eğitimsiz personel ile yapılan müdahaleler , eksik kapasite , yüksek kapasite , yanlış konfigürasyon , ayar yetersizliği , kalitesiz ve yetersiz donanım.

9. PAMAŞ A.Ş 'DE YAPILAN ÇALIŞMA SIRASINDA ÇIKAN PROBLEMLER

Pamaş A.Ş.'de yapılan çalışmalarda , makine parkurundaki 2 nolu kapak baskısı yapan Erat marka makine incelenmiştir. Makine özellikleri aşağıdaki gibidir.

Hammadde :Yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE)

Üretim Hızı :Dakikada 2,5 baskı.

Ocak Isıları : Memeden huniye doğru , 210-205-200-195 °C.

Kalıp Soğutma Suyu Isısı : 20-22 °C

Mengene Bekleme Zamanı : 6 Saniye

Enjeksiyon Bekleme Zamanı : 4.1 Saniye

Enjeksiyon Basıncı : 700 Bar

Ütüleme Basıncı : 550 Bar

Rampalama Süresi : 0.5 Saniye

Mal Alma Hızı : 650 Bar

Geri Emiş 0.8 mm

Ütüleme Süresi : 1.5 Saniye

Mal Miktarı : 40 Gr

Kilitleme Kuvveti : 80 Ton

Kalıp : 12 gözlü , P20 malzeme, hidromotorlu , kapak kalıbı..



Şekil 9.1 Deney makinesi.

9.1 Problem 1

Yolluk , seri çalışmada plakada takılı kalıyor. Yolluğun üzerine tekrar baskı yapılmak suretiyle kalıp koruma devreye girmektedir.

Problem tespiti :

1. Yolluk düşürücü sibobun çalışması elle kontrol edildi.
2. Kalıp açılma sürati , basınç ve mesafe kontrol edildi.
3. Sibop yay tansiyonu kontrol edildi.
4. Kolon pim yağlaması kontrol edildi.
5. Kolon pim mesafeleri tekrar ölçüldü.
6. Sibop açılma mesafesi tekrar ölçüldü.

Problem Çözümü:

Kalıbın açılma şartları ve çalışmasında bir ayar bozukluğu bulunmadığından teşhis için yoğunlukla kalıpta problem arama yoluna gidildi.

Kolon pimlerinin merkez olduğu , yağlı ve bakımlı oldukları görüldü. Açılma mesafesinin yolluk ile orantılı olduğu , sibop plakanın da ana plaka ile orantılı olduğu ölçümler ile doğrulandı. Elle yapılan sibop alıştırmasında yollukta kullanılan yayın uzun çalışmadan dolayı tansiyonunun düşük kaldığı ve baskı sonrasında yolluğu itemediği ve yolluğun asılı kalmak suretiyle ikinci baskıda problem teşkil ettiği görüldü. Yolluğun tahliye edilmesi için orijinal tansiyona uygun yeni yay ile yapılan değişim sonrasında , problemin çözüldüğü ve yolluk tahliyesi ile ilgili bir sorunun yaşanmadığı tespit edildi.

9.2 Problem 2

Seri üretimde yapılan çalışmanın sonrasındaki 24 saatlik rutin baskı kontrolünde üründe ölçü bozukluğu ile karşılaşıldı.



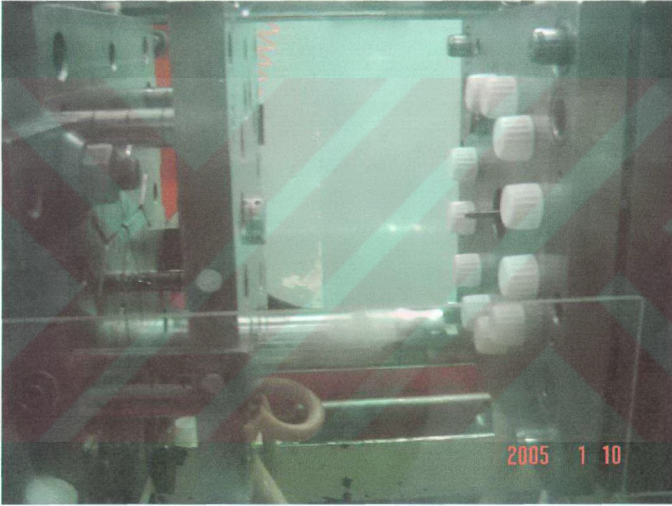
Şekil 9.2 Çökme yapmış kapak.

Problemin tespiti :

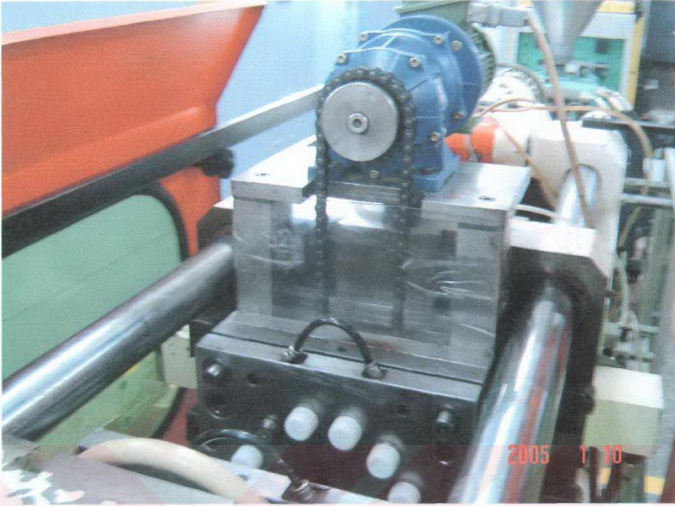
1. Aşırı yüksek basınç ve ısı ile çalışmadan ötürü olma ihtimaline karşılık ısılar ve çalışma basınçları (enjeksiyon , mal alma , geri emiş , ütleme vs.) kontrol edildi.
2. Ürün kalıptan dışarı çıkartılırken olası bir itici veya redüktör sisteminin çalışma şartlarından doğabilecek sıkıntılar için , kalıp ve makine itici düzeneği kontrol edildi.
3. Hammadde oranı ve kalitesi kontrol edildi , nem , rutubet , uygunluk vb. şartlar arandı.
4. Yan ünitelerden soğutma grubu kontrol edildi. Diferansiyel farkları alt ve üst +/- toleranslar tekrar gözden geçirildi.

Makinede yapılan denetim ile makinenin çalışma şartlarının uygun olduğu makinedeki basınç , sürat ve benzeri değerin optimum seviyede olduğu ve çevrim süresinin yeterli toleranslara sahip olduğu görüldü . Hammaddenin nem ve rutubetten arınmış olduğu çapak miktarının belirtilen oranlarda olup boya yüzdesinin örtücü olduğu görüldü. Kalıpta yapılan tetkik ve ölçümler sonucu , itici düzeneğinin ölçüler içinde makine ile uyumlu olduğu görüldü. İtici

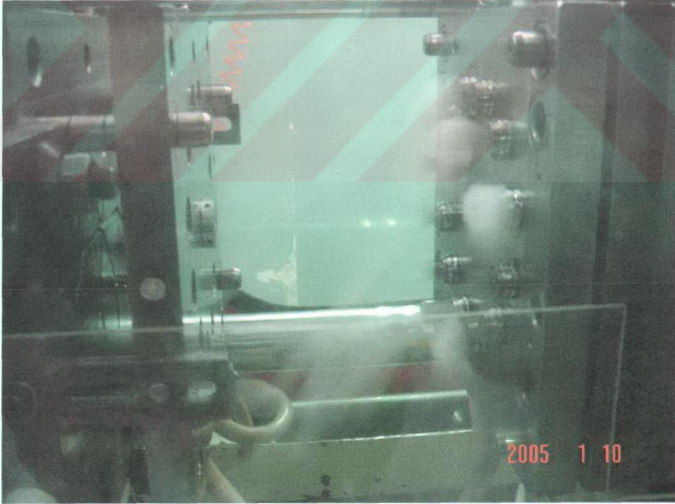
parçaların taşlanarak işlenmesinin daha rahat bir tahliye için faydalı olduğu , kullanılan yağın homojen bir biçimde işleyen parçalarda durmasının sağlandığı tespit edildi. Redüktör sisteminde yapılan kontrolde redüktör , kalıbın erkek parçalarını yeterli süre ve zamanda çalıştırdığı fakat çalışma esnasında yüksek sürat kullanımı ile vakum yaparak kapağın üst kısmında deformasyon yarattığı ve bu değer ile orantılı çalışma sonrasında itici süresine yansıyan zaman/hız değerinin erken itici vuruş ile kapağın içe tırnaklarında (diş) , deformasyon (yatırma) yaptığı görüldü. Ayrıca soğutmanın yetersiz olduğu ve soğutma süresinin yeterli miktarlarda olmasına rağmen soğutma suyunun ısısının az geldiği ve çalışma için uygun olmadığı görüldü.



Şekil 9.3 Makine çalışma sırasında.



Şekil 9.4 Redüktör çalışırken.



Şekil 9.5 İtçinin vurma esnası.

Problemın Çözümü :

Redüktör dönme süresi zaman ve hızı erkek diş turu esas alınarak değiştirildi.

Çizelge 9.1 Redüktör ünitesi.

	Eski	Yeni
Hız (mm/sn)	155	100
Süre (sn)	1,5	2,15
Bar (Psi)	4,5	4,5

Soğutma ünitesi tekrar kalibre edildi. 24 saat sonra yapılan teknik ölçümlerde sorunu giderildiği görüldü.

Çizelge 9.2 Soğutma Ünitesi.

	Eski	Yeni
Derece Başlama (°C)	24	20
Derece Bitiş (°C)	28	23
Diferansiyel Farkı (°C)	4	3



Şekil 9.6 Problem giderildikten sonra kapaktaki durum.

9.3 Problem 3

Üründe , tüm gözlerde çapak tespit edildi. Yollukta da çapak tespit edildiği ve süreklilik arz ettiği görüldü.



Şekil 9.7 Çapaklı yolluk.

Problem Tespiti :

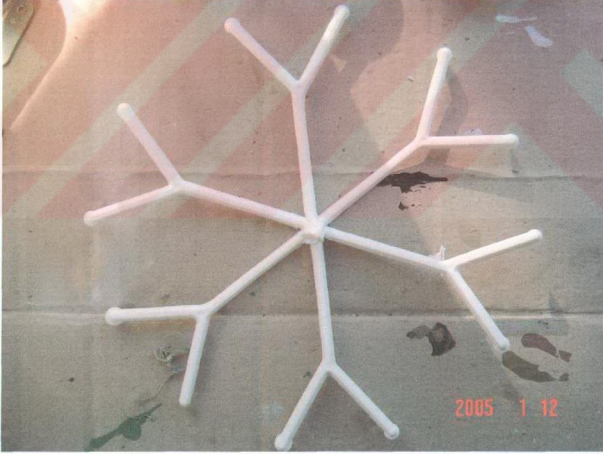
1. Kalıbın muntazam kapanmadığından yola çıkılarak ana kolon pimleri , burçlar arası kontrol edildi. Kalıp plakaları teker teker olası bir eğriliğe karşı ölçüldü. Yolluk plakaları teker teker olası bir eğriliğe karşı ölçüldü.

2. Soğutma grubu ve soğutma kanalları olası bir tıkanıklığa karşı kontrol edildi. makinenin boğaz soğutması tekrar kalibre edildi. Meme rezistansı ısıları ve ocak ısısı tekrar kalibre edildi.

3. Makinedeki grup , arka mengene , itici sıfırlamaları tekrar kontrol edildi. Kalıp açma mesafesi ve kalıp kapama mesafesinin arka mengenceyle orantısı takip edildi. Makinenin ana sistem basıncı manometreden takip edildi.

Problem Çözümü :

Kalıpta yapılan incelemeler sonucu pimlerde ve burçlarda kalıbın kapanmasına engel teşkil ederek çapak yapmaya müsait bir problem olmadığı görüldü. Plakalarda yapılan ölçümlerde yüzde 1-2 standart sapma olduğu görüldü. Yay tansiyonlarının uygun olduğu , kalıbın genelinde sağlıklı bir çalışma ortamı olduğu görüldü. Ana soğutucudan gelen su miktarının homojen bir biçimde kalıpta dolandığı +/- toleransların uygun olduğu , kalıp soğutmasının toleranslar içinde olduğu görüldü . Grup , kalıp , mengene , itici ve benzeri tertibatın sıfırlamalarının yerinde olduğu tespit edildi. Manometrelerde yapılan basınç ölçümlerinde makinenin , sistem ana basıncında 300 barlık bir kayıp olduğu , mengene kapama esnasında , kalıp koruma sonrası yüksek basınca ulaşamadığı , arka mingenenin yetersiz kapama kuvvetiyle kalıbı , istenilen sıfır noktasına taşıyamadığı ve bu sebepten ötürü aralık kalan kalıpta enjeksiyon sonrası yolluk ve kalıp gözlerinde de çapaklanma olduğu görüldü. Ana sistem basıncının tıkanan yağ filtresinin sebep olduğu yüksek ısıya bağlı basınç kaybından oluştuğu tespit edildi. Sorun çözülerek üretime devam edildi.



Şekil 9.8 Problem giderildikten sonra yolluktaki durum.

9.4 Problem 4

Baskı esnasında kalıpta kapama sonrası ses ve mal tahliyesi sırasında anormal ses ve gıcırtı tespit edildi.

Problemın Tespiti :

Makinede kalıp kapama sonrası enjeksiyon ile birlikte yüksek vuruntu sesi olduğu için , teşhiste öncelikli olarak kalıp üzerine yoğunlaşıldı. Arızanın tespiti için kalıp makineden söküldü. Kalıphanede yapılan çalışma sonrası komple dağıtıldı. Kalıp plakalarının ölçümleri yapıldı . Kalıp pimleri ve yay tansiyonları ölçüldü. Zincir , redüktör ve bunlara bağlı erkek plaka (on iki göz) erkekleri , rulmanları , keçeleri , sulama sertliği , nitrasyon sertliği , sarma olup olmadığı kontrol edildi. Ana redüktör çarkının rulmanlarının kontrolü yapıldı. Tırnaklı boru plaka , ayırıcı plakanın erkek plaka ile uyumu kontrol edildi. Toleranslar içinde olduğu görüldü. Sibop merkezlemesi , bağlantı flanşı , sibop bağlantısı , yolluk plakası , göz plakası kontrol edildi.

Problemın Çözümü :

Kalıbın erkek tarafında yapılan ölçümler neticesinde kalıp erkeklerinde sıyrıcı plaka , erkekli plaka , boru plakada sarma , eksik yağlama , yay tansiyon düşüklüğünün olmadığı görüldü. Redüktör çarkının zincirinin bakımlı ve ölçülerde olduğu tespit edildi. Erkek yataklama rulmanlarının , yağ keçelerinin bakımı ve ölçüler içinde olduğu görüldü. Ana çark rulmanlarında yapılan kontrolde rulmanın dağıldığı tespit edilerek yenisi ile değiştirildi. Kalıp gözlerinin bulunduğu plakada yapılan ölçümler neticesinde 9 numaralı kalıp gözünün dışı lokmasının sabitleme setiskurunun kırıldığı tespit edildi. Bu sebepten kalıp boşluğunun yüksek basınca gelindiğinde , öne doğru boşluk almak suretiyle ses yaptığı ve plakadan gelen sesin bu yönde olduğu görüldü.

Çark rulmanı , redüktör , ana çark değiştirildi. Kalıp gözü setiskuru değiştirildi. Kalıp gözü plakaya sıfırlandı. Kalıp toplanarak makineye bağlandı. Problemın çözüldüğü görüldü.



Şekil 9.9 Değiştirilen çark.

10. SONUÇLAR

Bu çalışmanın ana amacı plastik malzemelerin en önemli talaşsız şekillendirme yöntemlerinden biri olan ve çok sayıda parçanın dar toleranslar içinde otomasyon yöntemleri ile entegre edilerek üretilmelerini sağlayan enjeksiyon kalıplama işleminin kuşkusuz en önemli bileşeni olan plastik enjeksiyon kalıplarının yapımında kullanılan malzeme ve malzeme seçim kriterlerinin incelenmesidir.

Plastik şekillendirme yöntemleriyle malzeme üretiminde ürün kalitesi , kalıp yapımı , malzeme seçimi birbiriyle sıkı bir bağlantı içindedir. Malzeme tasarımı ,bu tasarıma göre kalıp dizaynı , kalıp dizaynının çelik bloktan uygun işleme metoduyla yapılması , kullanılacak çeliğin hem işlenme metoduna hem de kullanılan plastik malzemeye uygunluğu bir arada olmalıdır. Bu şekilde en kaliteli ürünler , en düşük maliyetle ve en uzun ömürlü kalıpların yapımıyla mümkün olmaktadır.

Bu amaçla , çalışmada plastik talaşsız şekillendirme yöntemlerinden bahsedilerek, bunlar içerisinde PAMAŞ A.Ş.'de üretimde kullanılan enjeksiyonla kalıplama işlem basamakları, kullanılan kalıp malzemelerinin seçilmesinde dikkat edilen hususlar ve yine kusurlu kalıp parçaları, hatalı üretim ürünleri ayrı ayrı hassasiyetle açıklanmıştır. Proses basamaklarında hammadde ve kalıp malzemesi uyumu ve kalıp malzemesinin kusursuzluğunun ürün kalitesini önemli ölçüde etkilediği görülmüştür. Yine Saydam Kalıp A.Ş.'de kalıpların kesin toleranslar içerisinde istenilen model doğrultusunda şekillendirilmesi takip edilmiştir. Kalıp malzemesine hedef mekanik özellikler doğrultusunda uygulanan ısıtma işlemleri yine deneysel çalışmalar esnasında takip edilmiştir.

Deneysel çalışmalarda enjeksiyon kalıplarında kullanılan pimler , kalıp lokmaları ve şişirme kalıbından kullanılan boğaz kesme halkası incelenmiştir. Hasarlı pimde yapılan incelemede ısıtma işleminin yapılmadığı , erkek kalıp lokmalarında malzeme seçiminin ve ısıtma işleminin parçanın kullanım yerine uygun şekilde yapılmadığı , kırılan şişirme kalıbı boğaz kesme halkasında ise yine ısıtma işleminin parçanın kullanım yerine uygun şekilde yapılmadığı tespit edilmiştir.

Bu tez çalışması esnasında endüstriyel boyutta üretimin çok seri ve hızlı olduğu enjeksiyonla kalıplama proseslerinde belli kriterlerin kesinlikle değişilmez olması gerektiği özellikle

gözlemlenmiştir. Yine günümüz rekabetçi koşullarında enjeksiyonla üretim yapan firmaların zaman ve maliyet kayıplarıyla karşılaşmamaları gerekmektedir. Bu bağlamda , firmaların üretimlerinde kullandıkları kalıpların üstün kalitede ve uzun ömürlü olması büyük önem arz etmektedir. Fakat yapılan çalışmalarda gözlemlenen bilgiler ışığında , kalıp üretiminde maliyet kaygılarının kalite standartlarının önüne geçtiği görülmüştür. Kalıp yapımında uygun malzeme ve doğru ısıtma işlemi ile kazanılabilecek gerekli parça mekanik özelliklerinin ve kalıp ömrünün elde edilemediği belirlenmiştir. Ucuz malzeme seçimi ve uygunsuz ısıtma işlemi ile azaltılmaya çalışılan kalıp maliyetinin , uzun vadede beraberinde getirdiği olumsuz sonuçlarla ekonomik olmaktan çıktığı görülmüştür. Bu şekilde üretilen kalıplar ya kısa sürede servis ömürlerini yitirmekte ya da ek tamir masrafları gerektirmektedirler.



KAYNAKLAR

Savaşçı, Ö. T. , Uyanık N., Akovalı , G., (2002) , “Ana Hatları ile Plastikler ve Plastik Teknolojisi”, Pagay yayıncılık , İstanbul.

Dubois , J.H., Pribble , W.I., (1987) , “Plastics Mold Engineering Handbook” Fourth Edition , Van Nostrand Reinhold , New York .

Charrier , J.M., (1999) “Polymeric Materials and Processing: Plastics, Elastomers and Composites” , Van Nostrand Reinhold , New York .

ASM Handbook. 8th Edition.(1987) Vol. 1 ,”Properties and Selection of Metals”. Sayfa 768-774.

”Kalıp Çeliği ve Isıl İşlemi” , Assab&Korkmaz

Alkaya , A. R. , (1998) “Plastik Enjeksiyon Kalıplarının Tasarımı ve Üretimi” , İTÜ Y.L Tezi.

Turaçlı , H. , (2003), “Enjeksiyon Kalıpları İmalatı” , Pagay yayıncılık , İstanbul.

Akyüz , Ö.F. , (2001), “Plastikler ve Plastik Enjeksiyon Teknolojisine Giriş” , Pagay yayıncılık , İstanbul.

Topbaş , M.A. , (1998) , “ Çelik ve Isıl İşlem El Kitabı” , Prestij Yayıncılık , İstanbul.

İNTERNET KAYNAKLARI

[1] <http://class.et.byu.edu/mfg130/processes/descriptions/consolidations>

[2] http://www.precisionsteel.com/tech_data/definition.asp

[3] <http://www.efunda.com/home.cfm>

[4] <http://www.zianet.com/ebear/metal/heattreat5.html#steel>

[5] <http://accessscience.com/>

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	05.09.1980	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1994-1997	Beşiktaş Lisesi
Lisans	1998-2003	Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya-Metalürji Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2003-2005	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Metalurji ve Malzeme Müh. Anabilim Dalı, Malzeme Programı

