

66819

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PLASTİK ENJEKSİYON KALIPLARININ İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak. Müh. Ahmet BİRİNCİ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 20 OCAK 1997

Tezin Savunulduğu Tarih : 7 ŞUBAT 1997

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Selma AKKURT

Diğer Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Ahmet ARAN

: Prof. Dr. Barlas ERYÜREK

ŞUBAT 1997

ÖNSÖZ

Plastik teknolojisi, günümüzde malzeme ve imalat alanındaki gelişmeleri ile önemli bir yer tutmakla beraber, özellikle metal malzemelerin hakim oldukları alanlarda alternatif olarak hızla kendini göstermeye başlamıştır. Üretimde kolaylık ve serilik bakımından oldukça iddialı olan plastik malzemeler, günlük yaşantımızın her alanında karşımıza çıkmaktadırlar.

İşlenme yöntemlerindeki çeşitlilik sebebi ile gittikçe yeni üretim alanlarına genişleyen plastikler, ayrıca malzeme olarak da geliştirilerek sadece granül şeklinde hammadde olarak değil, levha, boru, çubuk, profil gibi yarı mamül olarak da üretilmektedirler. Deneysel olarak motor bloklarına kadar geniş bir alanda çalışmaların yapıldığı plastikler, artık imalat sektöründe kullanılmaya ve tercih edilmeye başlanmıştır.

Bu çalışmada plastik enjeksiyon kalıpları anlatılarak kısaca kalıp parçaları tanıtılmıştır. Ayrıca enjeksiyon kalıplarının bağlandığı kalıp gövdeleri, kalıplama sırasında dikkat edilmesi gereken unsurlar, kalıplama sonrası karşılaşılan problemler ve önlenmesi için alınması gerekli önlemler anlatılmaya çalışılmıştır.

Bu çalışmada değerli yardımları ile bana yol gösteren ve destek olan Sayın Prof. Dr. Selma AKKURT'a, değerli bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen Hotar Kalıp A.Ş.'ye, düzenlemelerdeki yardımlarından dolayı Fikret ÇORBACI ve M.Erkan ERBAŞ'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

OCAK, 1997

Mak. Müh. Ahmet BİRİNCİ

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	v
ÖZET	viii
SUMMARY	ix
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
BÖLÜM 2. ENJEKSİYON PROSESİ VE KALIP TASARIM ESASLARI	3
2.1. Enjeksiyon Makinası ve Enjeksiyon Prosesi	3
2.2. Kalıp Tasarımına Giriş	6
2.3. Kalıp Tasarımında Dikkat Edilecek Hususlar	8
BÖLÜM 3. ENJEKSİYON KALIP ELEMANLARI	15
3.1. Kalıp Düzeni (Kalıp Gövdesi) ve Kalıp Tipleri	15
3.1.1. İki Plakalı Kalıplar	22
3.1.2. Üç Plakalı Kalıplar	22
3.1.3. Sıcak Yolluklu Kalıplar	24
3.1.4. Yalıtılmış Yolluklu Kalıplar	25
3.2. Kalıp Detayları	26
3.2.1. Aralık Blokları (Ara Ayak Takoz Plakası)	26
3.2.2. Merkezleme Kılavuz Pimleri ve Burçları	27
3.2.3. Çıkartma (Boşaltma) Pimleri	30
3.2.4. Dişi ve Erkek Kalıp	37
3.2.5. Yolluk Sistemi	37
3.2.6. Yolluk Girişi	40
3.2.7. Kalıp İlaveleri	43
3.2.8. Hareketli Kalıp Plakaları	44
3.2.9. Sökülebilen Maça ve Parçalar	45
3.3. Kalıp Boşluğunda Hava Tahliyesi	49
3.4. Kalıpların Isıtma ve Soğutma Sistemleri	52
3.4.1. Kalıpların Isıtılması	53
3.4.2. Kalıpların Soğutulması	54
3.5. Standart Kalıp Setleri	59

BÖLÜM 4.	KALIP VE ÜRÜN KARAKTERİSTİKLERİ	65
4.1.	Malzeme Seçimi	65
4.2.	Çekme (Büzülme)	65
4.3.	Kalıplama Sonrası Çekme	68
4.4.	Akış Uzunluğu	70
4.5.	Kalıp Sıcaklığı	70
4.6.	Kalıplama Sırasında Oluşan Gerilmeler	70
4.7.	Bölüm Yüzeyi	70
4.8.	Yolluk Girişinin Yerleştirilmesi ve Kaynak Çizgisi	71
4.9.	Eğim İlavesi	72
BÖLÜM 5.	KALIP BÜYÜKLÜKLERİ	75
5.1.	Kalıp Boşluk Sayısı	75
5.2.	Kalıp Plakalarının Mukavemeti	76
BÖLÜM 6.	ENJEKSİYON HATALARI	84
6.1.	Eksik Ürün	84
6.2.	Parçanın Kalıpta Kalması	85
6.3.	Akış İzleri	86
6.4.	Birleşme İzleri	86
6.5.	Yanık İzleri	87
6.6.	Çapaklı Ürün	88
6.7.	Parça Yüzeyinde Çöküntüler ve İç Boşluklar	89
6.8.	Kalıptan Çıkarılırken ve Sonradan Çarpılma	90
6.9.	Kötü görünümlü ve Pürüzlü Yüzey	90
6.10.	Yüzeydeki Lekeler	91
6.11.	Serpinti (Gümüş İzleri) Oluşumu	91
6.12.	Parça Yüzeyinde Çizikler	92
SONUÇLAR VE ÖNERİLER		93
KAYNAKLAR		95
ÖZGEÇMİŞ		96

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 Enjeksiyon makinası ve kalıbı	3
Şekil 2.2 Enjeksiyon kalıbının basınç-zaman diyagramı	5
Şekil 2.3 Enjeksiyon makinasının çalışma prensibi	6
Şekil 2.4 Eriyik malzemenin kalıp içerisinde ilerleyişi	9
Şekil 2.5 CAD ile polipropilen fan gövdesinin modellenmesi	11
Şekil 2.6 Keskin köşe etkisini azaltmak için kullanılabilecek alternatif tasarımlar	12
Şekil 2.7 Cidar kalınlığına bağlı çökme hataları ve konstrüktif önlemler	13
Şekil 3.1 Enjeksiyon kalıp gövdesinin parçaları	15
Şekil 3.2 Bir enjeksiyon kalıp gövdesinin detaylı şekli	16
Şekil 3.3 İki plakalı kalıbın genel görünüşü	18
Şekil 3.4 Üç plakalı kalıbın şematik görünüşü	23
Şekil 3.5 Sıcak yolluklu kalıp detayı	24
Şekil 3.6 Yalıtılmış yolluklu kalıbın genel görünüşü	25
Şekil 3.7 Örnek bir merkezleme pimi ölçüleri ve toleransları	28
Şekil 3.8 Yüksek hassasiyete sahip daralan soket-fiş şeklindeki merkezleme pimi dizaynı	28
Şekil 3.9 Örnek bir merkezleme burcunun ölçü ve toleransları	29
Şekil 3.10 Örnek bir pim ve burç çiftinin çalışma toleransları	30
Şekil 3.11 İticisinde güvenlik pimi bulunan bir kalıbın konstrüksiyon şekli	31

Şekil 3.12 İtici pimler için kalıplama parçasına konan güçlendiriciler	32
Şekil 3.13 İki aşamalı itici düzeni	36
Şekil 3.14 Yuvarlak kesitli yolluk	38
Şekil 3.15 Trapezoidal kesitli yolluk	39
Şekil 3.16 Değişik yolluk girişi çeşitleri	41
Şekil 3.17 Kesit daralması olan parçalarda yolluk girişinin yerleştirilmesi	42
Şekil 3.18 Parça boyunca kesit daralmasında tek yolluk girişinden besleme	42
Şekil 3.19 Kesit daralmasına sahip parça kalıplarında birden fazla yolluk girişi	43
Şekil 3.20 Mekanik hareketli parçaları (çene) bulunan bir kalıp	45
Şekil 3.21 Maçası otomatik olarak çalışan bir kalıp	46
Şekil 3.22 İki yan tarafında kızaklı maçası bulunan kalıbın şematik olarak görünüşü	48
Şekil 3.23 Yan maçaları mekanik olarak kalıp hareketi ile çalışan kalıp	48
Şekil 3.24 Federli bir parçada hava tahliye olmaz	49
Şekil 3.25 Çevre kısmi tahliye kanalları	50
Şekil 3.26 Çevrede tahliye kanalı	51
Şekil 3.27 Şekil boşluğu yaratılarak oluşturulan tahliye kanalı	52
Şekil 3.28 Lamelli konstrüksiyonda tahliye	52
Şekil 3.29 Isıtma kanallı enjeksiyon kalıbı	53
Şekil 3.30 Basit bir soğutma sisteminin görünüşü	55
Şekil 3.31 Kalıp içinde soğutma kanallarının dolaşım şekli	55
Şekil 3.32 Yüksek bir kalıptaki soğutma sistemi	56
Şekil 3.33 Dalıcıların soğutulması	57

Şekil 3.34 Çeşme tipi soğutma sisteminin maça soğutulmasında kullanılışı	58
Şekil 3.35 Üç plakalı bir kalıpta çeşme tipi soğutma kanallarının görünüşü	59
Şekil 3.36 Kalıp kesit resmi	60
Şekil 3.37 Çeşitli standart kalıp seti kombinasyonları	61
Şekil 3.38 Standart kayar maçalı kalıp setleri	62
Şekil 3.39 Standart kayar maçalı kalıp setleri teknik resimleri	63
Şekil 3.40 Standart kalıp seti parçalı görünüşleri	63
Şekil 4.1 Dişli kalıbının oluşturulması	68
Şekil 4.2 İki yanında paralel düzlemleri bulunan şaft	71
Şekil 4.3 Düzensiz bölüm çizgisi	71
Şekil 4.4 Farklı yerlerden yolluk girişi yapılan, içinde delik bulunan parçada oluşan kaynak izleri	72
Şekil 4.5 Kalıbın uygun olarak eğimli yapılması	73
Şekil 5.1 Polikarbonat'dan yapılmış bir parça ve ölçüleri	77
Şekil 5.2 Dört adet boşluk içeren kalıp	78
Şekil 5.3 Çerçeve dayanımı	81
Şekil 5.4 Kalıp bağlama plakası çeşitleri	82

ÖZET

Kalıplama yolu ile şekillendirme, plastiklerin üretim yöntemleri arasında en çok kullanılanıdır. Her yöntemin prensiplerine göre, gerek bu yöntem ile üretilebilecek plastik türleri açısından, gerekse yöntemin özellikleri sebebi ile, kullanılan kalıplarda bir takım farklılıklar mevcuttur.

Bu çalışmada enjeksiyon ile kalıplama üzerinde durulduğundan, kalıp elemanları, kalıp tasarım kriterleri, kalıp imali gibi konular incelenirken enjeksiyon kalıpları baz alınmıştır.

Çalışmaya plastik malzemelerin enjeksiyon kalıplarının tanıtımı ile başlanmış olup, ilerleyen bölümlerde kalıp elemanları, kalıp çeşitleri, tasarım kriterleri, kalıplama sırasında ortaya çıkabilecek muhtemel hatalar ve bunların giderilmesi için alınması gereken önlemler anlatılmıştır.

Yüksek yatırım maliyeti gerektiren enjeksiyon ile kalıplama metodunda, yatırımın büyük kısmını kalıpların oluşturduğu göz önüne alındığında kalıp imalatının ne kadar önemli bir safha olduğu görülmektedir. Bu sebeple kalıp tasarımının ve imalatının ne kadar özen gerektiren bir uğraş olduğu daha iyi anlaşılmaktadır.

Bu çalışmada her ne kadar enjeksiyon kalıpları konusunda kapsamlı bir kaynak oluşturulmaya ve kalıp ile ilgili tüm konulara yer vermeye çalışılmışsa da plastik malzeme ve üretim teknolojisinin gelişimi ile devamlı oluşan yeni bilgilerin daima izlenmesi ve göz önüne alınması gereklidir; Çünkü metal malzemelere alternatif olarak geliştirilen suni malzemeler arasında plastikler, devamlı olarak yeni araştırmalarla, kendini geliştirecektir.

SUMMARY

STUDY OF PLASTIC INJECTION MOLDS

The necessity of materials for industry in 20th century has brought different materials except for the metal materials. There were a lot of materials for daily needs like ceramics, glass, wood, but the most important materials of these were plastics. Although new materials caused some limitation in both designs and using in view of functional or aesthetics, when the plastic materials had invented in 20th century, these problems have been solved mostly.

There are some reasons to prefer using plastic materials. The most important characteristics of plastic materials can be counted as follow:

- Lightness,
- Low costs,
- Easy treating,
- Resist to chemical agent,
- Inductively,
- Aesthetic properties,
- Changeable their physical and chemical properties.

With development of using plastic materials, methods of manufacturing became under developed. Now plastics can be processed by all kind of moldings (like metals). Injection moldings, extrusion moldings, compression moldings and transfer moldings are important kinds of manufacturing methods.

There are different equipment, criteria of product and differences for in each

these different manufacturing methods. There is one thing that is very important and accomplice for all plastic moldings: Molds. Molds are very expensive equipment.

The most important subject apart from production of plastics is how it will be formed. It is necessary to realize some criteria to chose the forming method of plastics. Forming process of plastics are generally final process and after forming if there is a failure in process, to correct it will be very expensive and difficult. Therefore it is very important to choose best forming method. Below, some criteria that effect to determine forming method are counted:

- Construction of part,
- Kind of plastic material that is projected,
- Number of product,
- Rate of production,
- Quantity of production,
- Investment cost of production,
- How forming method effects properties of part,
- Characteristics of product after production.

When these factors are examined, that is realized: injection molding is the best forming method in either. Injection molding gives very good results in mass productions. Injection molding consist of two investment.: Injection machine and injection mold.

In operation of plastic injection, plastic that is powder or granule, is heated. Than material that is changed in to liquid state by the effect of heat, is forced in to injection mold. After molten plastics enter the mold, it becomes cool and solid. After solidify is completed, mold is opened and as a result, product is removed from mold.

Injection machine is consist of a hopper, a rotating extruder screw and an

injection chamber. Plastic material in granular form is loaded into the hopper. From there, plastic granular drops onto the feeding portion of the rotating extruder screw. The screw moves the material through a heated extruder barrel. In this place, plastic is heated and then advanced to the exit of injection machine.

Mold that has configuration of the product consist of two parts. They are cavity and core. Mold is closed by the clamping plates in mold base. Then molten plastic material is forced by the injection machine in to the mold.

Injection mold has two functions. It forms the air space into which the hot plasticized material is injected under pressure, and it acts as a heat exchanger removing heat from the material in the mold until it is rigid enough to be ejected so that the final part will conform to all its specifications. The duality of the part and its cost of manufacturing are largely depend on mold design, construction and excellence of workmanship.

Over the years, as the size of the molding machine increased, so did the cost of molds.

Two critical areas in ensuring the right mold are the design of the piece and the design of the mold. An acceptable product is not possible with an incorrect part design. An acceptable may be possible with an incorrect mold design, but always under extremely difficult and uneconomical conditions.

The mold making industry is composed largely of shops that have developed special services. Custom mold makers are specialist since they provide services most frequently required by their costumers in a particular area or market. Metal-working machines are available in great variety and new processes and equipment is developed every year. Few shops can afford the investment in each type of equipment that is most efficient in building a specific mold.

The success that an injection molding operation depends on the care and ingenuity reflected in the design of its molds. First, the prime function of injection molding equipment is to operate the mold efficiently and expeditiously though no degree of retirements in the equipment can compensate for poorly designed molds.

In designing an injection mold, the designer must have knowledge of the following physical of the molding process.

- Provisions for mounting the mold; Size of the mold which may be accommodated by an injection molding machine is determined by the size of the movable and stationary platen and by the opening between the platen less the stroke required for ejection of molded parts.
- Available clamping forces and injection pressure; Clamping force and injection pressure is depend on each details of the mold, especially total projected area of the mold cavities and runners.
- Provisions for ejection; The mold design makes provisions for an injection plate that moves pins or other components for forcing parts out of the mold cavities.
- Connections from mold cavities to the plasticizing chamber; The hot plastic material is fed to the molds from a nozzle, through a sprue bushing, runners and gate. The sprue bushing and runners are included in the design of the mold.
- Parting lines of the molds; Before the injection mold is laid out on the drafting board, the designer must study the part to be produced and decide where the mold parting lines are to be located when this decision is given, the actual mold design will proceed rapidly.

The other most important subject in design of injection molds is the heating and cooling of molds. Injection molds are generally heated by using hot hydraulic oil, and they are sometimes heated by electric cartridge or steam. Mold makers must adjust in the best way the location of heating channels by considering part construction, mold type, type of plastic. Unless mold is not heated correctly and sufficiently, it is very difficult to obtain an acceptable product from mold. Therefore, heating and cooling system are important subjects in mold designs.

While the product is design, some criteria of the molding that cause much failure after molding, must be established very certainly. Thickness of the product is generally very changeable size, but the shrinkage is the worst problem that is effect from all molding parameters. From this view point, cross-section of the product is same size and does not have big difference as far as possible. Another subject of the product design is taper addition. After mold is full with molten plastic, result of the cooling and shrinkage, products in mold become stick on the mold wall. In this stage, removing product from mold is very important.

In the early years of injection molding, moldmakers had to built their own mold bases, a costly and inefficient process, as most mold makers do not have the large equipment for such machining. The manufacture of standard mold bases, an important factor in the development of more efficient mold making, was started in 1942 .

The aim of this study is to get a good resource about injection molds in view of designs and manufacturing.

BÖLÜM 1.

GİRİŞ

Plastik, yüzyılımızın malzemesi olup, önceleri doğal malzemelerin yerini almak için geliştirilen yapay plastikler, daha sonra dişlilerden motor parçalarına kadar çok değişik kullanım alanlarında özellikle metallerin yerini almaya başlamıştır. Günümüzde, günlük yaşantımızın her kesiminde plastik malzemelerle karşılaşmaktayız.

Kalıplama yoluyla plastik malzemelerinin şekillendirilmesinin çeşitli metodları vardır. Bu değişik üretim metodlarının herbirinin farklı donanım, üretim kriterleri ve farklılıkları vardır. Bu yöntemlerin ortak noktası; herbirinde yumuşak ve sıcak haldeki plastik malzemenin şekillendirilmesi için kullanılan kalıptır.

Günümüzde kalıpcılık, ustalık beceri ve tecrübe isteyen bir meslek olmakla beraber özellikle son işlemlerin el becerisine dayalı olması sebebi ile insan faktörünün önemli olduğu bir aşamadır. Bununla beraber bilgisayarların üretim alanına teknolojik olarak girmesi ile, kalıpları ilgilendiren, metallere şekil verme işlemlerindeki kolaylıklar, kalıpcıların işlerini önemli derecede kolaylaştırmışlardır. Bilgisayar destekli dizayn(Computer Aided Design "CAD") ve imalat (Computer Aided Manufacturing "CAM"), kalıpcılığı, ustanın el becerisine ve tecrübesine bağlı bir meslek olmaktan çıkarıp, mühendislik uygulama alanı içerisine sokmuştur.

Teknolojik gelişmeler, uygulamada büyük kolaylıklar sağlasada, kalıp tasarımı, bilgi birikimi ve değişkenleri oldukça fazla olan bir aşamadır.

Plastiklerin şekillendirilmesinde kullanılan metodları en genel halde, talaşlı imalat ve talaşsız imalat olmak üzere iki genel grupta toplayabiliriz. Ancak plastik parçaların imalatının yaklaşık %90'lık kısmını talaşsız imalat metodları olan: Enjeksiyon, basınçlı kalıplama, transfer kalıplama, döküm, şişirme ile kalıplama, döner kalıplama, ekstrüzyon, haddeleme ve benzeri imalat yöntemleri oluşturmaktadır. Plastik malzemelerin, metal gibi, yarı mamül olarak üretildikleri levha, profil ve boru şeklindeki ürünlerden talaşlı olarak üretildiği metodlar ise: Tornalama, frezeleme, planyalama, matkap ile delme, kesme... olarak sayılabilirler.

Bu çalışmada birbirlerine göre farklı avantaj ve dezavantajları olan talaşsız imalat yöntemlerinden "Enjeksiyon" ve "Enjeksiyon kalıpları" incelenmiştir.

Enjeksiyonla kalıplama, seri ve talaşsız plastik parça üretimi için en uygun imalat yöntemi olarak kullanılmaktadır. Genellikle termoplastik parçaların imalatında uygulanan bu yöntem aynı zamanda termosetlere de uygulanmaktadır.

Enjeksiyon yöntemiyle parça imalatının aşamalarını şu şekilde özetleyebiliriz:

Toz veya granül şeklindeki reçine enjeksiyon makinasının besleme hunisinden ısıtma silindrine alınarak ergimiş hale getirilir. Daha sonra erimiş haldeki reçine, bir piston veya (Enjeksiyon makinasının türüne bağlı olarak) bir sonsuz vida yardımı ile yüksek basınç altında enjeksiyon kalıbı içine basılır. Kalıp boşluğu yani üretilecek parçanın şeklini alan reçine burada katılaşıp mamül haline gelir ve kalıbın açılması ile parça kalıptan alınır.

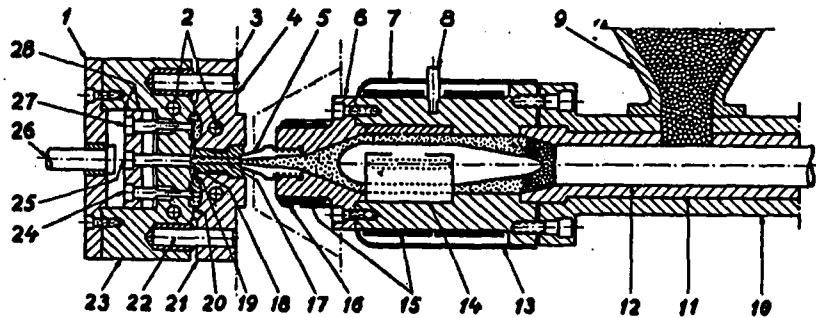
BÖLÜM 2.

ENJEKSİYON PROSESİ VE KALIP TASARIM ESASLARI

2.1. Enjeksiyon Makinası ve Enjeksiyon Prosesi

Termoplastiklere en çok uygulanan şekillendirme metodu enjeksiyon ile kalıplamadır. Bu metod yüksek hızlı seri imalat için oldukça uygundur. Bazı yönleri ile, diğer plastik şekillendirme metodlarından, transfer kalıplama ve metallerdeki döküm işlemine benzer. Genellikle termoplastiklere uygulanan bu yöntem bazı konstrüktif tedbirlerle termosetlere de uygulanabilmektedir.

Enjeksiyonla kalıplamada ilk olarak hammadde makina üzerindeki hazneye boşaltılır. Buradan malzeme ısıtıcı silindire gönderilir. Silindirde toplanan malzeme, yayıcı torpil aracılığı ile silindirin cidarlarına doğru zorlanır. Burada 150-350 °C arasında ergitilir. Üçüncü safhada plastik 35-300 MPa arası basınçla kapalı kalıba bir meme ile enjekte edilir. Sonra plastik kalıp içinde soğur ve katılaşır. Son olarak ise kalıp açılarak parça kalıptan dışarıya çıkarılır[1,2].



Şekil 2.1 Enjeksiyon makinası ve kalıbı

Enjeksiyonla kalıplama makinesi; toz veya granül haldeki hammaddenin döküldüğü bir hazne, plastiği ısıtarak yumuşatan bir silindir, plastiği enjekte etmek için gerekli gücü iletecek organları ve açılabilen bir kalıbı ihtiva eder[1].

Şekil 2.1’de şematik olarak enjeksiyon makinası ve kalıp detayları görülmektedir. Burada,

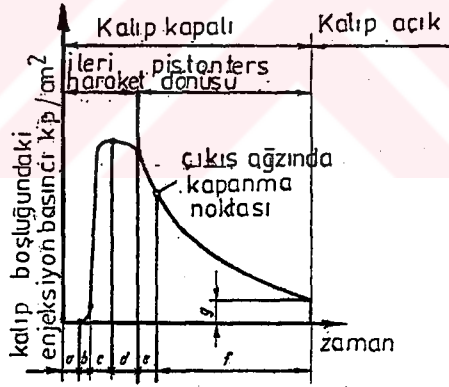
1-Üst plaka	15-Elektrikli ısıtma elemanları
2-Soğuk su kanalları	16-Isıtma donanımı
3-Sabit presleme plakası	17-Giriş
4-Kalıp alt yarısı	18-Dağıtıcı disk
5-Enjeksiyon memesi	19-Kanallar
6-Meme taşıyıcı	20-Kalıplanan iş parçası
7-Makinanın koruyucu kılıfı	21-Kalıbın sabit plakası
8-Bağlantı nipel	22-Silindirik kılavuz pimi
9-Doldurma deposu	23-Kalıbın hareketli plakası
10-Silindir	24-İtici pimleri
11-Silindir gömleği	25-İtici köprüsü
12-Piston	26-İtici zımbası
13-Isıtma donanımı	27-İtici pimi
14-Torpedo	28-İtici plaka kaydı

Enjeksiyon işlemi süresince kalıp içi ve eriyik için belirli basınç tanımları kullanılır. Bunlar,

- **Dış Basınç:** Enjeksiyon makinasının koçu tarafından, ısıtma silindiri içerisinde oluşturulan basınçtır.
- **İç Basınç:** Enjeksiyon makinasının koçu tarafından oluşturulan basınç, enjeksiyon memesi, kalıp içerisindeki yolluklar ve kalıp içerisine girişi sağlayan yolluk girişi sebebi ile bir miktar kayba uğrar. Kalıp içerisindeki bu basınca iç basınç adı verilir.

- İkincil Basınç: Kalıp boşluğundaki basınç enjeksiyon işlemi sonrası maksimum olur. Bu basınç, kalıp içerisinde eriyik soğuyana kadar çekme etkisini minimuma indirmek için muhafaza edilmelidir.
- Kalan İç Basınç: Kalıp içi basınç serbest hale geldiğinde, soğuma ve basınç düşmesi sebebi ile malzemede kendini çekme olayı oluşur. Fakat kalıp içerisindeki basınç her zaman 0 değerine ulaşmaz. Kalıp açılıncaya kadar kalıp içerisinde oluşan bu basınca kalan iç basınç adı verilir.

Enjeksiyon kalıplarında enjeksiyon basıncının değişimi şekil 2.2'de ki diyagramda gösterilmiştir. Bu diyagramda (a) bölgesi, kalıbın dolma periyodudur. Bu periyotta kalıp dolana kadar basınç oluşmaz, fakat bu süre

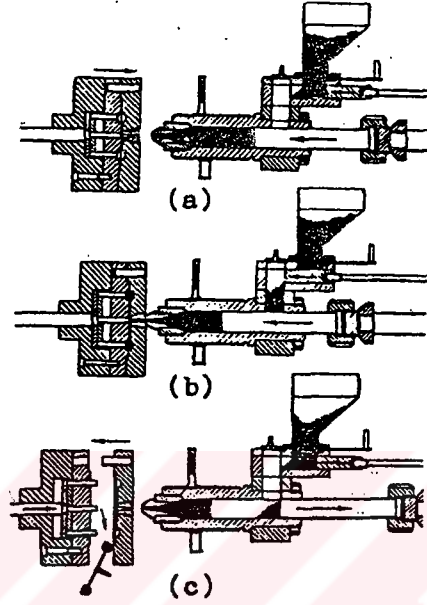


Şekil 2.2 Enjeksiyon kalıbının basınç-zaman diyagramı

çok azdır. (b) Bölgesinde basınç artar. (c) Bölgesi, ikincil basınç bölgesidir. Daha sonra yükleme kaldırılır (d) ve eriyik yolluk girişi katılaşılarak kapanana kadar soğur (e). (f) Kalıp açılıncaya kadar olan soğuma bölgesidir. (g) ise kalıplama sonrası kalan basınçtır. Kısaca enjeksiyonla kalıplama teorisini şu şekilde özetleyebiliriz:[3]

Enjeksiyon makinası koçu tarafından oluşturulan basınç ile, kalıp içinde lineer olarak artan iç basınç arasındaki fark; malzeme kalitesi, sıcaklık,

enjeksiyon memesi çapı, yolluk burcu, yolluk ve yolluk girişinin fonksiyonudur.



Şekil 2.3 Enjeksiyon makinasının çalışma prensibi

Şekil 2.3'de enjeksiyon işlemi, üç aşamasında şematik olarak gösterilmiştir. (a) Safhasında granül veya toz haldeki plastik hammaddenin enjeksiyon silindiri içinde eritilmesi, (b) aşamasında meme ucuna bastırılan kalıp düzenindeki kalıp boşluğuna reçinenin gönderilmesi, ve (c) aşamasında ise katılaşma sonrasında kalıbın açılarak, çıkartma pimleri ile parçanın kalıptan çıkarılması gösterilmiştir. (c) Aşamasında ayrıca geri gelen silindire besleme hunisinden tekrar reçinenin alınması gösterilmektedir ki böylece ikinci işlem için çevrim başlamış olur [1].

2.2. Kalıp Tasarımına Giriş

Enjeksiyon işleminde, kalıp iki ana fonksiyonu yerine getirir: Eriyik haldeki sıcak plastik malzemenin dolduracağı kalıp boşluğunu oluşturmak ve kalıp boşluğuna basınç altında gönderilmiş eriyik plastik malzemeden ısıyı çekip, malzemenin soğuyarak katılaşmasını sağlamaktır. Elde edilecek parçadan

beklenen kalite büyük ölçüde kalıbın tasarımına, imalatına ve imalatçının bilgi birikimi ile tecrübesine bağlıdır. Yani kalıp kendinden beklenen tüm özellikleri yerine getirebilmelidir.

Kalıbın ideal bir şekilde imalatı için, iki konu üzerinde önemle durulmalıdır. Bunlardan birincisi parça tasarımı, ikincisi ise kalıp tasarımıdır. Hatalı şekilde tasarlanmış parçanın, kabul edilebilir ürün olarak üretilmesi imkansızdır. Bir parçanın tasarımını değiştirmek için son fırsat, kalıbın tasarlanması aşamasında ortaya çıkar. Hatalı olarak tasarlanmış bir kalıp yeni düzenleme ve tamir ile de kabul edilebilir ürünler verecek seviyeye getirilebilir. Doğal olarak bu işlem kalıp maliyetini çok fazla arttıracaktır. Diğer bir deyişle parça dizaynının kalıp dizaynı öncesinde ne kadar önemi olduğu gözardı edilemez[4].

Kalıbın tasarımı yapılmadan önce konuyla ilgisi olan kalıpcı, tasarımcı, kullanıcı temsilcisi, kalite kontrol bölümü yetkilisi ve diğer ilgili kişiler bir araya gelerek kendi bölümlerinin beklentilerini ortaya koymalıdır. Ancak bu şekilde sonradan ortaya çıkabilecek istenmeyen bozukluklar minimum seviyelere çekilebilir.

Bir diğer önemli konu da kalıp imalatçısının seçilmesidir. Seçim yapılırken, kalıp imalatçısının elindeki imkanlar, alet ve teçhizatlar incelenmeli, kalıpcının daha önceki kalıplarının kalitesi, performansı ve hepsinden önce deneyimleri göz önünde bulundurularak, seçim yapılmalıdır.

Kalıpcı seçiminde yüksek maliyetler sebebi ile maddi kısıtların ön çıkmasının tehlikeleri unutulmamalıdır. Düşük maliyet sebebi ile yapılan bir tercih ile kullanım sırasında ortaya öyle problemler çıkabilir ki, bu problemleri ortadan kaldırarak üretime devam etmek için yapılan masraflar ve üretimdeki zaman kaybı, maliyeti kat kat arttırabilir. Bu nedenle, kalıpcı seçiminde belirleyici unsur olmakla beraber, maddi unsurlar ilk sıralarda bulunmamalıdır.

Kalıp tasarımında bir problemle karşılaşıyorsa, çözüme mutlaka kalıp yapımına başlanmadan gidilmelidir; Kağıt üzerinde bir değişiklik yapmak her zaman bitmiş bir kalıptaki problemi çözmekten çok daha kolay ve ekonomiktir.

Kalıp tasarımında göz önünde tutulması gereken kriterleri şu şekilde sıralayabiliriz:

- Boşluk sayısı,
- Kalıp malzemesi,
- Kalıba uygulanacak yüzey işlemleri,
- Ayırma çizgisi,
- Yolluk sistemi,
- Kalıp imalat yöntemi,
- Giriş sistemi.

2.3. Kalıp Tasarımında Dikkat Edilecek Hususlar

Başlangıç olarak plastik bir parçanın nasıl oluştuğunu görelim. Bir ürün dizaynının çiziminde, o parçaya ait dış görünüş ve parça büyüklükleri hangi malzemeden yapıldığı, ve kullanım amacına yönelik karakteristikleri gösterilir. Diğer bir deyişle çizim, uygun bir makineye konulduğunda, parçanın içinde üretilebileceği kalıp için esası oluşturur. Makina, kalıp içindeki boşlukları (kalıp boşluklarını) doldurarak malzemenin açılmış kalıptan katılaşmış ve bitmiş ürün olarak alınmasını sağlar.

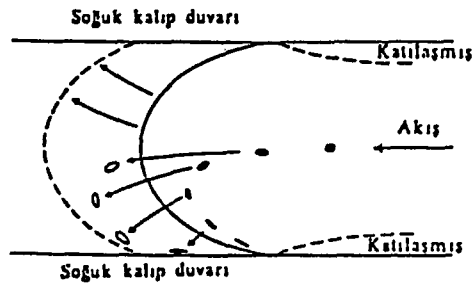
Sanayide, genellikle plastik parçaların, ancak üretildikleri kalıpları kadar güzel olabilecekleri, ifade edilir. Eğer bir dizayn, eksiklik, kusur içermiyorsa ve üretim işlemi iyi bir işçilikle sonuçlandırılırsa, ürün kabul edilebilir toleranslarda gerçekleşecektir [4].

Kötü bir çalışma kalıbı, sadece üretimde daha yüksek maliyete ve dikkate sebep olmaz, aynı zamanda üretim kalitesini düşürür ve tahmin edilen

Çalışma süresini de tehlikeye sokar. Kalıplar parçalı düzenlerdir ve bakım gerektiren bir kalıp ile sağlam bir kalıp arasında, maliyet ile karşılaştırınca hiç de küçümsenmeyecek bir fark mevcuttur. Diğer taraftan, kalıp maliyetinden tasarruf yapmak amacı ile yapılacak bilinçsiz bir çalışma üretim maliyetini %50'lere varan oranda arttırabilir ve kalite değişimi sebebi ile üretim ömrünü tehlikeye sokabilir. İdeal bir kalıp iyi şekilde dizayn edilmiş olmalı ve ekonomik bir parça üretimi için alıcının bütün isteklerini karşılayacak iyi bir işçilikle imal edilmelidir.

Enjeksiyon kalıpları da diğer dönüşüm takımları gibi bitmiş ürüne ulaşılan aşamayı oluşturmaktadır. Kalıp tasarımı ve imali aşamasında bu kavramın, gerekli itinanın gösterilmesi için göz önünde bulundurulması gereklidir. Bu sebeple bir kalıbın tasarımı ürünün tasarlanmasına benzer, belirli bir planlama ile bitmiş halinin göz önüne getirilerek taslaktan sonuca kadar hiç bir problemi ihmal etmeksizin sonuca gidilebilir.

Bir parçanın dizaynındaki en önemli noktalardan biri, kalıpların dizaynıdır. Bir kalıp dizaynında önemli noktalardan bazıları; yolluk, veya yolluklar ve ayırma yüzeyidir. Ayrıca parçanın kalıptan kolayca çıkması için parça şekline, boyutlarına ve sertliğine bağlı olarak $1/8^{\circ}$ ile 1° arasındaki bir eğimin ayrılma yüzeyine dik yzylere verilmesi ve itici elemanların kullanılması



şekil 2.4 Eriyik malzemenin kalıp içerisinde ilerleyişi

gereklidir. Parça içerisinde şayet delikler mevcutsa bu delikleri oluşturacak hareketli ve hareketsiz maçaların da düşünülmesi gereklidir. Tabi bütün bunlar kalıp maliyetini arttıran etkenlerdir[5]. Polimer malzemenin kalıbı nasıl doldurduğu, özellikle kalıplanan parçanın yüzeye yakın bölgelerinde ortaya çıkan yönlenmenin yön, derece ve tipini belirlemektedir. Yönlenme olayı bilindiği gibi malzemenin, molekül zincirlerinin bir kuvvet yönünde hızlanması olayıdır.

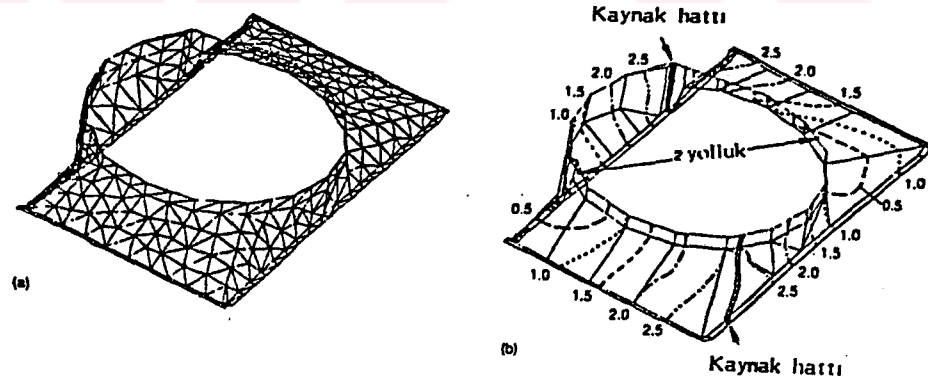
Enjeksiyonla kalıplama da erimiş malzemenin kalıba girişi esnasında bir miktar yönlenme söz konusudur. Burada yönlenme istenen bir olay olmamakla birlikte nadir olarak şayet yönlenme ana dizaynın çalışma esnasında yükleneceği yönde ise tercih edilebilir. Buna rağmen katmerli bir yapıya neden olacağı için yönlenme genellikle yapı içerisinde istenmeyen bir olaydır. Eriyik, kalıp boşluğuna girdiği anda malzemenin uç kısmı ilerleme esnasında belli kuvvetlerin etkisi altındadır. Soğuk kalıpla temas eden malzemenin bu kısmı hemen katılaşmakta ve bu bölgede gerilmelerden dolayı oluşmuş olan yönlenme kalıcı olmaktadır (Şekil 2.4)[5]. Bununla beraber kalıbın çeperleri doldurulduktan sonra gelen taze eriyik malzeme, bu donmuş yüzeylerin arasından ilerlemektedir. Bu işlem kalıp dolana kadar devam eder. Bundan dolayı kalıbın nasıl doldurulduğu özellikle dış katmanlarda oluşan yönlenmenin derecesi, tipi ve yönünü belirlemektedir. Bir malzemenin enjeksiyon ile kalıplanması esnasında oluşan yönlenmeyi üç tabaka halinde incelemek mümkündür. En dışta malzemenin kalıba ilk girişi esnasında, çeperleri oluşturan düşük yönlenme derecesine sahip kabuk, bu ince kabuğun iç kısmında yüksek oranlarda yönlenmiş bir katman ve en içte de dış katmanlar tarafından muhafaza edildiğinden sıcaklığını koruduğu ve dolayısı ile tavlanma için gerekli zamana sahip olduğu için daha az yönlenmiş bir malzemenin olduğu görülür [5].

Ayrıca büyük düz parçaların kalıplanmasında malzeme geçişini kısıtlayan bir yollukta büyük gerilmeler altında geçen malzeme yüksek oranda yönlenmiş katların oluşmasına neden olabilir. Özellikle bu malzeme akışı kalıp uç

noktalarına değişik yollardan ulaştıklarında bu uç noktalarda çevresel gerilme kuvvetlerinin ortaya çıkmasına sebep olur ki bu da özellikle gevrek malzemelerin kalıplanmasında çatlamalara neden olabilir.

Son yıllarda dizayn ediciler optimum kalıp doldurma yolluklarını görebilmek için polimer eriyiğinin kalıp içerisine akışını bilgisayar ile modellemektedirler. Bu bilgisayar destekli dizayn (CAD) teknikleri sayesinde, dizayn ediciler, daha kalıbı imal etmeden, enjeksiyon işlemini gerçekleştirmeden, değişik yolluk tipi ve pozisyonlarının, eriyiğin kalıp doldurma zamanına etkisini ve kalıp içerisine giren eriyik önlerinin birleşme noktasını ve oluşacak kaynak hatlarını görme imkanına sahip olmaktadır(şekil 2.5)[5]. Kaynak hatları çatlak başlangıcı için uygun yerler olduğu için, ya elimine edilmeli yada düşük gerilme konsantrasyonlarının olabileceği bölgelere yerleştirilmelidirler. Birden fazla yolluk olması durumunda kaynak hatları genelde önlenememektedir.

Kalıptaki yolluk ve basit akış yolu hakkında karar verildikten sonraki adım, kalıbın CAD analizi içinde basit elementlere bölünmesi ve akış esnasında



şekil 2.5 CAD ile polipropilen fan gövdesinin modellenmesi

- (a) Eriyik akışının nümerik analizi (Üçgen aę elementleri ile)
- (b) Eriyik önünün kalıp içerisinde ilerleme zamanı

eriyik içerisinde oluşabilecek basınç, sıcaklık ve malzemenin reolojik özellikleri üzerine olan deneysel verilerden yararlanılmaktadır. Bu proses, optimum bir kalıp dizaynına ulaşıncaya kadar tekrar etmektedir.

Bilgisayar destekli dizayna örnek bir çalışma olarak kalıp doldurma tahmini zamanı şekil 2.5'de görülmektedir[5].

Cidar kalınlığındaki ani değişiklikler ve keskin köşeler, eriyiğin kalıp içerisindeki düzgün, pürüzsüz akışına engel olmaktadır. Bunlar aynı zamanda başka bir takım problemlere de neden olabileceği için olabildiğince bu tip dizaynlardan kaçınılması gerekmektedir. Keskin iç köşeler bir tür gerilme konsantratörleri gibi davrandıklarından bu bölgeler kalıplanmış parçalarda çatlak başlangıcının en sık görüldüğü yerlerden biridir. Köşe yuvarlatmaları için önerilen değer 1,5 mm. olup, şayet keskin köşe önlenemiyorsa bu radüs hiçbir zaman 0,5 mm.'nin altında olmamalıdır. Bunu önleyebilmek için şekil 2.6'daki gibi dizayn değişikliklerine gidilir [5].

Cidar kalınlığındaki değişiklikler sadece eriyik akışını etkilememekte, aynı zamanda farklı kendini çekmelerden dolayı ortaya çıkan problemleri arttırmakta ve bunun sonucunda da yerel çökmeler, boşluklar, eğilmeler,

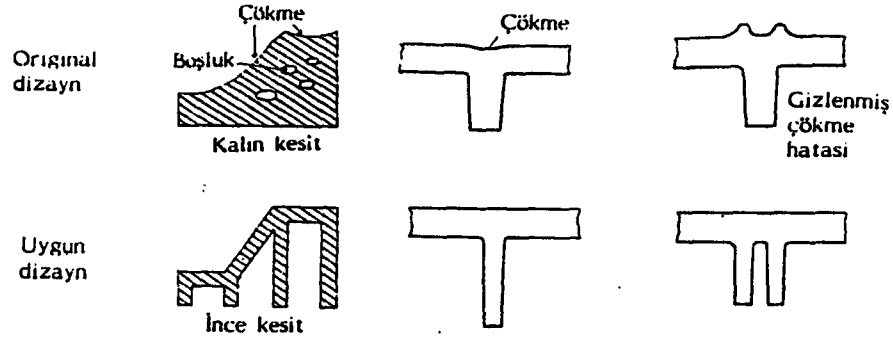


Şekil 2.6 Keskin köşe etkisini azaltmak için kullanılabilecek alternatif dizaynlar

kalıpta gerilmeler gibi sorunlara neden olmaktadır. Değişik parçalarda ortaya çıkan çökme problemlerinin konstrüksiyon değişikliği ile nasıl önlenebileceği şekil 2.7'de kısaca gösterilmiştir.

Kalıplama esnasında basınç altında kalıbın iç kısmındaki malzeme daha

eriyik iken kabuk kısmı hızlı bir şekilde katılaşmakta ve merkezdeki malzemenin kristalleşmesi ve soğuması ile beraber yapıda % 5'lere varan kendini çekmeler ortaya çıkabilmektedir.



Şekil 2.7 Cidar kalınlığına bağlı çökme hataları ve konstrüktif önlemler

Bu büzülmeler sonucu ortaya çıkan iç gerilmeler bazen parçanın belli bir zaman periyodu içerisinde çatlaması için yeterli olabilmektedirler.

Kollar, flanşlar ve çıkıntılar parçanın sertlik ve dayanımının cidar kalınlığı değiştirilmeden de artırılabilmesine olanak sağlamaktadırlar. Yalnız yukarıdaki problemlerin önlenmesi için bunların iyi bir şekilde dizayn edilmesi gerekmektedir. Örneğin çökme hatalarının oluşumuna meydan vermemek için destek kollarının kalınlığı, parça kalınlığının $1/2$ 'si ile $2/3$ 'ü arasında olmalıdır. Bundan dolayı kalın tek bir destek yerine, daha ince iki destek kolu daha iyi bir dizayn olmaktadır. Destek kollarının yüksekliği parça cidar kalınlığının 3 mislinden daha az olmalıdır. Bununla beraber otomobil endüstrisi gibi endüstri kollarında, dizayn ve estetik açısından bu sınırların dışına çıkılabilmektedir. Örneğin destek kolunu inceltmek yerine çökme hatasının olduğu tarafta yapılan ekstra bir çıkıntı ile çökme hatası gizlenmeye çalışılabilir.

Metal iç parçalar bir ön ısıtmadan sonra kalıp içerisine yerleştirilip kalıplanarak parçaya dahil edilebilirler. Gömme kalıplama da denilen bu teknikte gerilme konsantrasyonlarının önüne geçmek için iç parça herhangi bir keskin köşeye sahip olmamalı ve parça üzerindeki çentik ve tırtıllar

yuvarlatılmalıdır. Genellikle tavsiye edilen, iç metal parça yerleştirilecek olan yerde, destek başlık oluşturulmasıdır. İç metal parça dış yüzeyinin pürüzlendirilmesi, bağlantının ömrünü daha da sağlamlaştırmaktadır. Plastik malzemeler metallere oranla büyük genleşme sabitlerine sahip oldukları için, eriyik halden soğuyarak katılaşması esnasında, kendini çekerek metal malzeme üzerine sarılmakta ve malzemeyi orada kilitlemektedir.



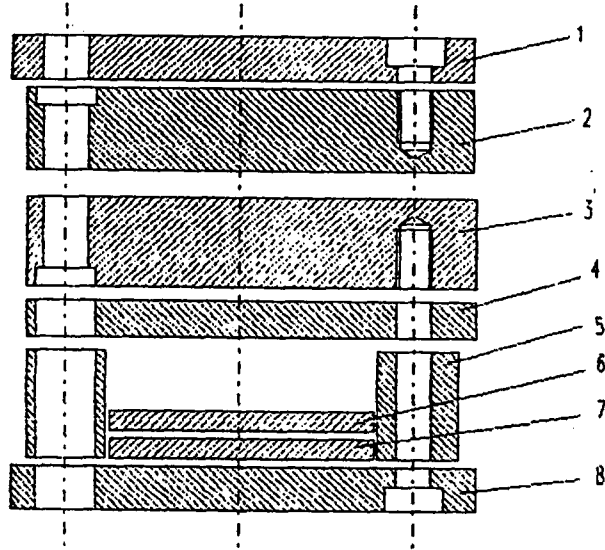
BÖLÜM 3.

ENJEKSİYON KALIP ELEMANLARI

Bir enjeksiyon kalıbı normalde iki temel parçalar takımından ibarettir: Birincisi dişi ve erkek kalıp, ikincisi ise kalıp yarılarının içine monte edildiği “Kalıp Sistemi” veya “Kalıp Takımı”dır. Parçaların bu şekildeki kombinasyonu, kalıp yapımı endüstrisindeki standardizasyon sonucudur.

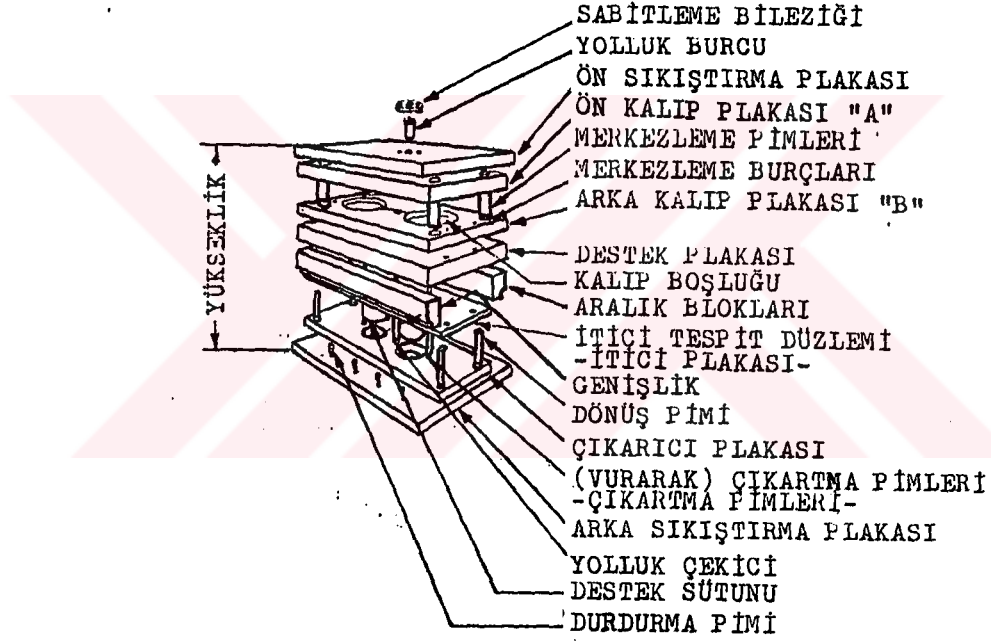
3.1. Kalıp Düzeni (Kalıp Gövdesi) ve Kalıp Tipleri

Şekil 3.1’de ve şekil 3.2’de kalıp düzeninin montaj detayı ile ana parçaları basit olarak gösterilmiştir[2,4].



Şekil 3.1 Enjeksiyon kalıp gövdesinin parçaları

Bunlardan şekil 3.1’de en genel halde bir kalıp düzeninde bulunan elemanlar (plakalar) gösterilmektedir. Kalıplarda kullanılan düzlemsel parçalara “plaka” adı verilir. Bunların çeşitli görevleri vardır ve çoğunlukla kalıbın mekanik dayanımında en zayıf noktayı oluştururlar. Plakaların belirli bir eğilme dayanımı vardır, ve bu dayanımları, çalışma şartlarında düşük kalmasa da plakalarda bir eğilme ortaya çıkabilir. Bu sebeple kalıp tasarımı sırasında sadece kalıplanacak parça değil aynı zamanda çalışılacak kalıp düzeni elemanları da düşünülmelidir. Kalıp düzeninde en genel halde bulunan plakaları ve parçaları şu şekilde sıralayabiliriz:



Şekil 3.2 Bir enjeksiyon kalıp gövesinin detaylı şekli

- 1-Sabit kalıp kapak plakası(Üst tespit plakası)
- 2-Sabit kalıp plakası ("A" plakası)
- 3-Hareketli kalıp plakası ("B" plakası)
- 4-Hareketli kalıp kapak plakası (Destek plakası)
- 5-Aralık blokları (Ara ayak takoz plakası) veya paraleller
- 6-İtici (Çıkartma) plakası veya boşaltma plakası
- 7-İtici kapak plakası
- 8-Kalıp arka kapak plakası (Alt tespit plakası)
- 9-Merkezleme bileziği

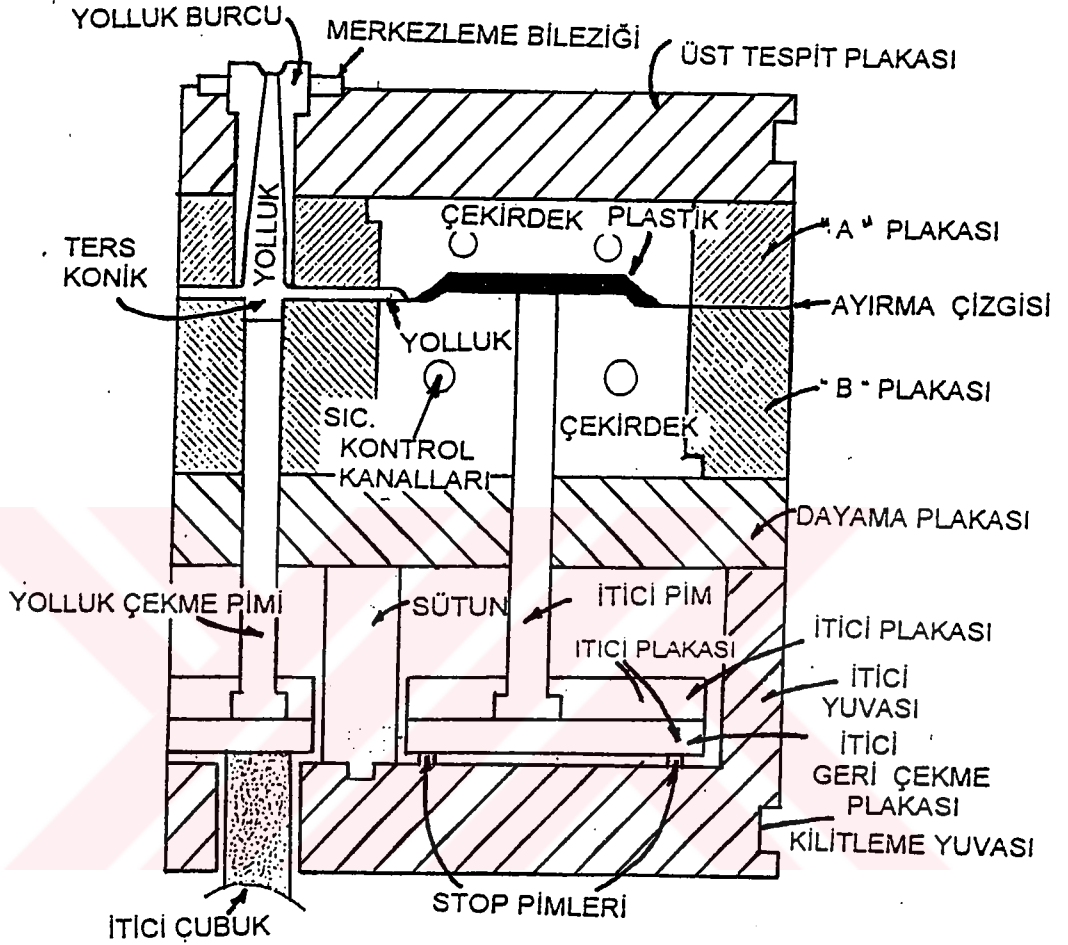
- 10-Yolluk burcu
- 11-Merkezeleme kılavuz pimleri
- 12-Merkezeleme kılavuz pim burçları
- 13-Aralık takoz mesafesi
- 14-İtici plakası dönüş pimi
- 15-Çıkartma (Boşaltma) pimleri
- 16-Durdurma pimi [6]

Aşağıda kalıp gövdesi içerisinde bulunan kalıp elemanları hakkında bilgi verilmiştir. Bu elemanların bazıları her kalıpta bulunmasına rağmen bazıları daha karmaşık şekilli ve amaçlı kalıplarda kullanılırlar. Kalıp içerisinde belli başlı elemanlarının nasıl çalıştıkları ve boyutlandırıldıkları detaylı olarak ilerideki bölümlerde verilmişlerdir.

Piyasada kalıp imalatçıları ve literatürlerde aynı kalıp elemanı için çok farklı isimler kullanılmaktadır. Bu çalışmada mümkün mertebe bu farklı isimlendirmelere yer vermeye ve parantez açıklamaları ile değişik adlandırmalar aktarılmaya çalışılmıştır.

Sabit Kalıp Kapak Plakası: Bu plaka kalıbın, enjeksiyon makinasına bağlandığı ve enjektör memesinin kalıba malzemeyi aktardığı bölümüdür. Şekil 3.2'de de görüldüğü gibi bu plaka, üzerinde yolluk burcu ve merkezeleme bileziğini barındırır. Merkezeleme bileziği yolluk burcunu çevreler ve kalıp ile enjeksiyon makinasının nozulünün aynı ekseninde birbirine kenetlenmesini sağlar. Bu bileziğin kapak plakasındaki yuvası 0,00 ve +0,05 toleranslarında yapılır ve meme ile yolluk burcunu merkezelemek için plakaya yerleştirilir. Bileziğin iç kısmı, her kenarda 0,13 boşluk olan yuvasından 0,25 daha küçük yapılır. Boşluğun bu miktarın üzerinde olması, sapma durumunda yanlış tarafa bastırılacak olan memenin kötü ayarlanmasına sebep olabilir. Merkezeleme bileziğine kitlenen yolluk burcu, enjeksiyon memesinin yarıçapına uyması için 12 mm. yada 20 mm. küresel yarıçaplı olarak yapılır. "0" boyutu olarak bilinen yolluk burcu, her yandan

12 mm. yada 1°'lik konikliğe sahiptir. Yüzeyi, yapışmayı önlemek için raybalanmış veya cilalanmış olarak işlenmiştir[4,6].



Şekil 3.3 İki plakalı kalıbın genel görünüşü

Yolluk burcu sabit üst kalıp plakası ve kalıp düzleminden geçerek bölüm yüzeyine yani kalıp yarılarının ayrılma düzlemine ulaşır. Yolluk burcunun kalıp takımı içindeki yerleşimi şekil 3.3'de daha açık olarak görülmektedir[6].

Ayrıca sabit kalıp plakası ("A" Plakası) üzerine bağlanan, çelik kalıp yarıları üzerindeki karşı kalıp kılavuz pimlerinin geri kaçmasını da önler. Büyüklük olarak diğer kalıp plakalarından daha büyüktür. Bu da, fazla kısımlarından kalıbın makinaya daha rahat bağlanmasını sağlar. Bununla birlikte üzerine açılan soğutma kanalları vasıtası ile kalıbın soğutulmasında önemli rol oynar.

Sabit Kalıp Plakası (A Plakası): Bir enjeksiyon kalıbında bulunması gereken en önemli plakalardan biridir. Üretilecek parçanın şekli bu plaka üzerine direk olarak oyulabilmekle beraber bu halde plaka karşı plaka ile kalıp yarıları olacak şekilde düzenlenir, fakat genelde tercih edilmez. Farklı kalıplama işlemlerinde kullanılabilmekle nedeni ile, daha çok kalıp yarıları farklı bir parça olarak hazırlanır ve bu plaka üzerine çelik geçme sistemleri ile bağlanırlar. Bu şekilde daha değişik ve gelişmiş kalıplar plakaya bağlanabilir [4,6].

Bu plaka üzerine ayrıca, kalıp merkezleme pimleri, soğutma sistemleri (sabit kalıp kapak plakasında işlenmemiş ise) ve bunlara ek olarak maça sistemlerinin kilit mekanizması ve konik pim sistemi bağlanabilir.

Enjeksiyon makinasından enjekte edilen eriyik haldeki plastik, bu plaka üzerinde kalıbın durumuna göre, yapılan bir geçme sistemi ile kalıba monte edilmiş ısı yalıtımlı kovandan geçerek kalıp boşluğuna girer.

Hareketli Kalıp Plakası (B Plakası): Hareketli kalıp plakası, sabit kalıp plakası karşısında duran ve kalıbın en önemli plakasıdır. Kalıp üzerinde oluşan olayların en büyük yüzdesi bu plaka üzerinde olur. Bu plaka üzerine; merkezleme pimlerine karşılık gelen merkezleme burçları için delikleri, itici plakaları geri ittirebilmek için geri itici delikleri, eğer kalıp üzerinde maça varsa maça kanalları, kalıbı taşıma amaçlı askı sistemi, soğutma sistemi ve bazen maçaların hareketlerini kontrol amacıyla plakaya bağlanabilen hidrolik ve pnömatik silindirler bağlanabilir. Kalıba malzeme girişini sağlayan yolluk dağıtıcıları da bu plaka üzerinde bulunurlar.

Bölüm yüzeyi yada ayrılma düzlemi, kalıp yarı plakaları veya bunları taşıyan plakalar olan "A" ve "B" plakaları tarafından oluşturulur.

Hareketli Kalıp Kapak Plakası: Şekil 3.1, şekil 3.2 ve şekil 3.3'de de görülebileceği gibi hareketli kalıp plakasının arkasına bağlanan bu plaka,

hem bağlandığı bu plakanın mukavemetini arttırır, hem de plaka üzerine gelecek olan bazı kuvvetleri üzerine alır.

Tüm plastik enjeksiyon kalıplarında bulunmamakla birlikte genelde hareketli kalıp plakasında bulunan merkezleme kılavuzlarını karşılayan burçları desteklemesi açısından, kullanılmasında yarar vardır.

Aralık Blokları (Ara Ayak Takoz Plakası): Bu bloklar alt tespit plakasının üstüne yerleştirilmişlerdir. Kalıplama işlemi sona erdikten sonra kalıbın açılması ile birlikte iticilerin parçayı kalıptan uzaklaştırabilmesi için gerekli mesafeyi sağlarlar.

İtici Plakası (Paraleller): Kalıp içerisinde katılaşmasını tamamlamış parçayı çıkartmak ve kullanılan iticilerin kalıp üzerinde eş zamanlı çalışabilmesini sağlamak için kullanılır. Plastik enjeksiyon kalıplarında plaka üzerine fazla kuvvet gelmemekle birlikte, diğer enjeksiyon kalıplarında itici çıkartma kuvveti fazla olduğu için kalın tutulurlar.

İtici Kapak Plakası: İtici plakanın arka kısmında kapak vazifesi gören bu plaka aynı zamanda iticilerin boylarının eşit ölçüde kalmalarını sağlar. Bu plaka geri itici pimlerinin uyguladığı itme kuvvetini üzerine alarak, itici plakalarının birlikte hareket edebilmelerini sağlar. İtici kapak plakasının en önemli görevlerinden biri de enjeksiyon makinası üzerinde bulunan itici mekanizmasından aldığı hareketleri ara eleman olarak itici plakalara ileterek, bu plakaların makina üzerinden mekanik olarak hareket almasını sağlar.

Kalıp Arka Kapak Plakası: Enjeksiyon kalıplarının kapalı bir şekilde çalışmasını sağlamak amacıyla imal edilen kapak plakaları, kalıp gövdelerine, üzerlerine bağlanan civatalar yardımı ile bağlanır. Kapak plakası, itici plakaların makina üzerinden alacağı hareketi, üzerinde açılan delikler aracılığı ile iletir. Ayrıca kalıpta en arkada bulunan plaka olarak kalıbın makinaya montajında büyük katkıda bulunur.

Merkezleme Kılavuz Pimleri ve Burçları: Su verilmiş ve taşlanmış pimler plakalardan birisine preslenmiştir. Kalıp gövdesi içinde bulunan iki kalıp yarısının açılıp kapanma sırasında yerleşmesi gereken doğrultudan kaçmamasını sağlar. Böylece arka arkaya devam eden üretim periyotlarında kılavuzlama problemini çözümler. Burçlar ise pimlerin içlerinde çalıştıkları metal yataklardır. Her pim bir burç içinde çalışır. Bazı özel durumlarda kalıp plakalarına açılan delikler de burç görevini yapabilirler [4].

Çıkartma (boşaltma) Pimleri: İtici pimlerin görevi kalıbın açılması ile katılaşmış olan ürünün kalıp üzerinden ayrılarak çıkartılmasıdır. Bu işlem kalıbın açılması ile, kalıplama sırasında eriyikle temas halindeki pimlerin itici plakası tarafından ileriye itilmesi ile gerçekleşir. Pimlerin yerleştirilmesinde, çıkartma sırasında plastik ürünün yüzeyine batmayacağı rijit bölgelerine yerleştirilmesine ve pimplere gelen kuvvetin emniyet değerlerini aşmamasına dikkat edilir.

Yolluk Çekme Pimi: Yolluk çekme pimi yolluğun açık olan alt kısmına doğrudan doğruya yerleştirilmiştir. Enjeksiyon işlemi bitiminde yolluktaki malzemenin yolluk burcundan dışarıya çekilmesinde kullanılır.

Geri itme Pimi: İtici bağlama plakasına yerleştirilmiştir. İtici bağlama plakasını ve itici plakalarını hareket ettirir. Böylece bir önceki enjeksiyon işleminde kalıptan parçanın çıkarılması için paraleller mesafesince ileriye çıkan itici pimlerinin, ikinci kalıplama işleminde kalıbın kapanması için geri konuma getirilmesini sağlar.

Kalıplanacak parçanın konstrüksiyonuna, kullanılacak plastik türüne ve enjeksiyon işleminin parametrelerine bağlı olarak çeşitli kalıp tipleri geliştirilmiştir. Kalıp tiplerinin geliştirilmesindeki ortak amaç, istenen parçanın, en ekonomik, en verimli ve en kaliteli şekilde üretimine olanak sağlayacak donanımı belirlemektir. Bu kalıp tiplerinde bir kısmı spesifik amaçlar için, üretimi çok hassas olan parçalar için kullanılmaktadır. Kalıplar

birbirine göre fonksiyonel ve konstrüksiyon açısından farklılıklar göstermelerine rağmen, temel prensipler, kullanılan genel kalıp elemanları ve standart kalıp takımları aynıdır [2,4].

3.1.1. İki Plakalı Kalıplar

Şekil 3.3'de de görüldüğü gibi iki plakalı kalıp gerçekte ikiden daha fazla plakadan oluşur. Yani iki plakalı kalıp, tek bölüm çizgisine sahip kalıp çeşitinin yaygın olarak kullanılan adıdır. Kalıp bölüm yüzeyinin, en iyi olarak kalıp yarıları üzerinde oluşturulduğu kalıptırlar. Bu kalıpta uç yolluk girişi kullanılarak tabak imal edilmektedir. Şekil 9'daki kalıp içerisinde sıcaklık kontrol kanalları hem dişi, hem de erkek kalıp parçalarında görülmektedir. Bu düzenleme, tabağın her iki yüzeyinde bulunan, yüksek ısı dirence ve düşük ısı iletim özelliğine sahip erkek ve dişi kalıbın soğutulması için tercih edilmiştir [6].

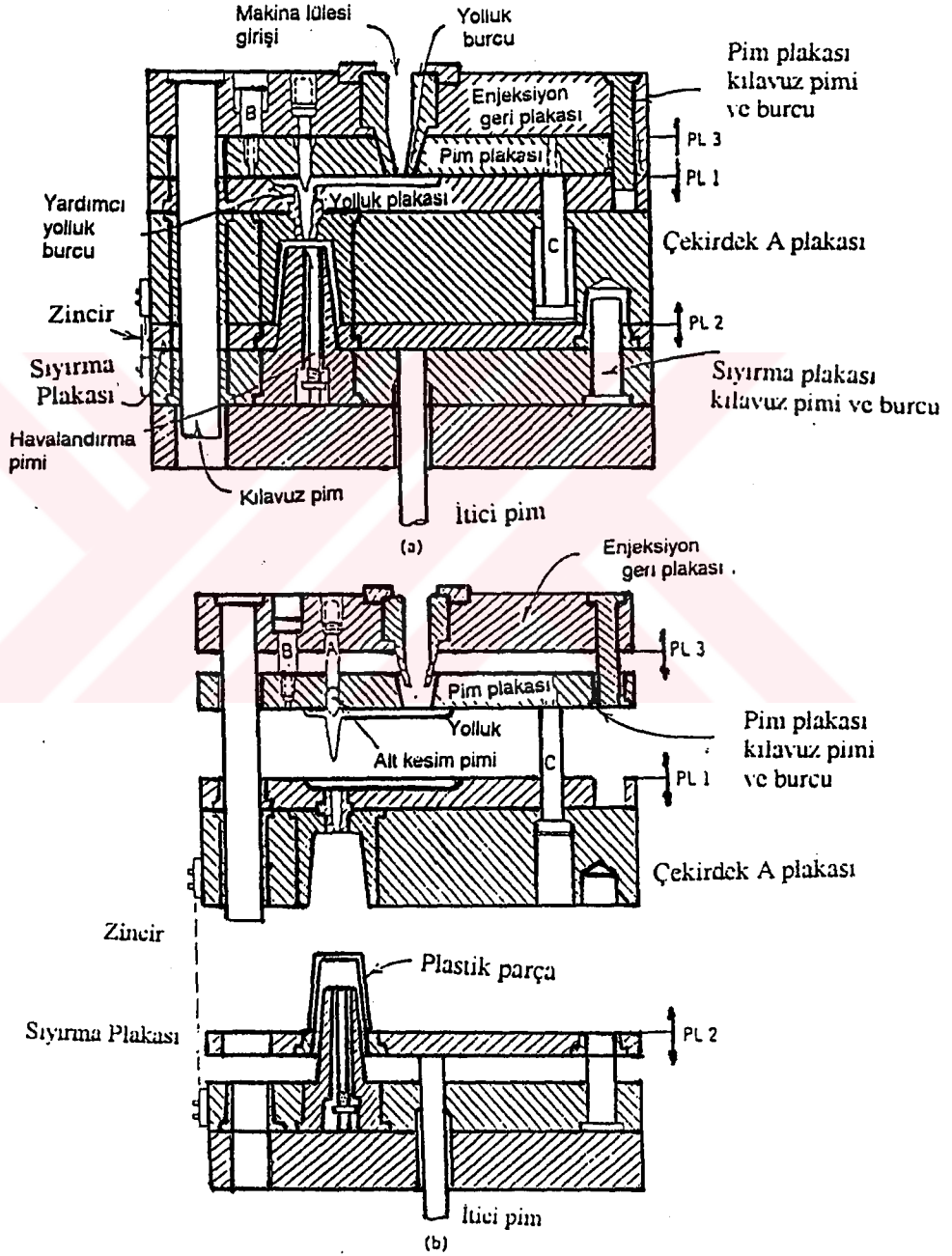
3.1.2. Üç Plakalı Kalıplar

Bir kalıpta üstten yolluk girişi ile kalıp boşluğuna bağlanma dışında hiçbir yerden giriş açılması mümkün değil ise havalandırma problemi kalıplama işlemini imkansız kılar. Örnek olarak fincan veya benzeri birkaç adet parça aynı kalıpta elde edilmek istenirse "üç plakalı kalıplar" kullanılır (Şekil 3.4) [6].

Bu kalıplama işleminde, yolluk burcundan kalıba giren malzeme, yolluklardan geçerek her bir kalıp boşluğuna ikinci bir yolluk burcu ile girer. Dağıtıcı yolluklar bir kalıp düzleminde bulunmaktadır. Yani bu yollukların alınması yerine ekstra bir plaka eklenmiştir. Yolluk her kenarda 7° eğime sahip trapezoidal şeklinde ve yolluk pakası ile pim plakası arasında yapılmıştır.

Kalıp, ilk açılış kademesinde birinci ayrılma yüzeyinden ayrılınca, kalıp

plakası içerisinde bulunan yolluk ve parça, yolluk girişinden kırılarak ayrılır. İkinci bölüm yüzeyi ayrıldığında ise, kalıp bölüm yüzeyinden ayrılır.

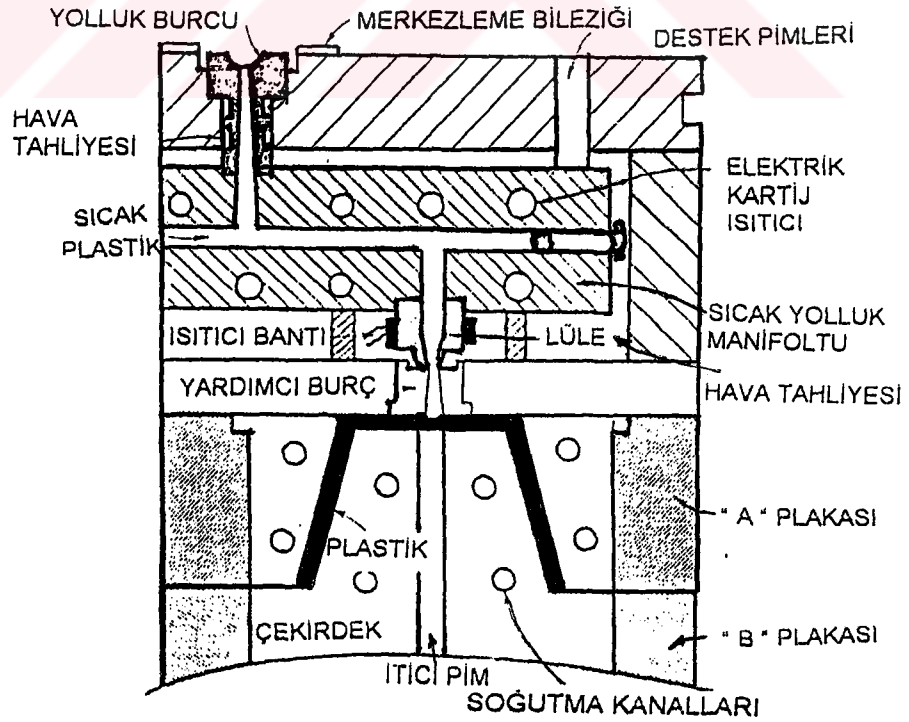


Şekil 3.4 Üç plakalı kalıbın şematik görünüşü

Pim plakasının hareketi ile de alttan kesme piminin devreye girmesi ile yolluk plakadan da ayrılır.

3.1.3. Sıcak Yolluklu Kalıplar

Üç plakalı kalıpta, yolluk sistemi kalıplama sonrası öğütülerek tekrar kullanılır. Bununla birlikte eriyik haldeki malzemeyi sıvı olarak muhafaza ederek yolluk sistemini elimine etmek mümkündür. Bu da sıcak yolluklu kalıplar kullanılarak mümkün olur. Malzeme, elektrikli kartuş tarafından ısıtılan sıcak yolluk manifoldunda plastize edilmiş olarak muhafaza edilir(Şekil 3.5)[6]. Blok termostatik olarak kontrol edilir ve ısıtılmış proplar, termokupl'lar ve pyrometreler tarafından kontrol edilirler. Malzeme, uygun sıcaklıkta sıvı olarak muhafaza edilir, ve enjeksiyon basıncı, sıcak yolluk manifoldu ve yolluk girişinden kalıp boşluğuna iletilir.



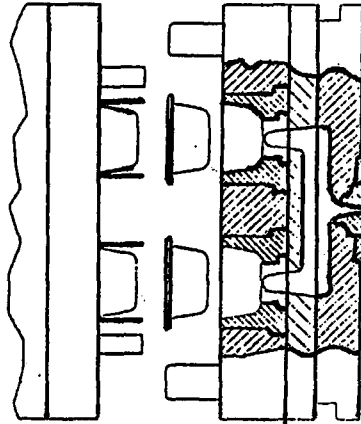
Şekil 3.5 Sıcak yolluklu kalıp detayı

Sıcak yolluklu kalıbı yeniden çevrime başlatmak, üç plakalı bir kalıbı çevrime başlatmaktan daha zordur ve daha uzun zaman gerektirir. Diğer bir dezavantajı da boşluk sayısı arttıkça, malzeme giriş ve akışını denetlemek zorlaşır.

Sıcak yolluklu bir kalıbın periyodik bakımını yapmak da oldukça güçtür. Bu mahsurlarına ve yüksek kalıp maliyetine rağmen, özellikle dizaynında uzun yolluk donanımları olan kalıplarda tercih edilebilecek bir kalıp türüdür.

3.1.4. Yalıtılmış Yolluklu Kalıplar

Yalıtılmış yolluklu kalıplar, sıcak yolluklu kalıplarla üç plakalı kalıplar arasında geçiş olarak kabul edilebilirler. Eğer geniş dairesel yolluğun genişliği, 50 mm. veya daha üzerinde ise üç plakalı yolluk kullanılır. Yolluk, dış çeperlerinde malzeme donması olmasına rağmen, yolluk içinde malzeme eriyik halde bulunur. Malzemenin yolluk cidarında katılaşmasını azaltmak veya önlemek için, yolluklar izole edilerek dizayn edilirler(Şekil 3.6) [6].



Şekil 3.6 Yalıtılmış yolluklu kalıbın genel görünüşü

3.2. Kalıp Detayları

Bir takım kalıp elemanları, önceden siparişe gerek duyulmadan hemen satın alınabilecek parçalar şeklinde, kalıp gövdesi (takımı) veya kalıplamaya yardımcı elemanlar üreten imalatçılar tarafından piyasaya sürülürler.

Çok değişik fonksiyonları yerine getiren bu parçalar, sık kullanım nedeniyle standartlaşmışlardır. Isıtılmış sprue tipi yolluklar, kalıplamada alttan kesme için kullanılan portatif kalıplar, erken boşaltıcılar, vb. parçalar bu kategoride sayılabilirler. Bu tür elemanların sayı ve uygulamaları giderek artmaktadır. Kolayca elde edilebilecek bu elemanların çalışma kuvvetine göre hesaplanması ve bunların çalışma performanslarının incelenmesi doğru olacaktır. Bu işlem kullanılacak kalıp ekipmanları arasında fiyat ve performans için değerlendirme yapmayı sağlar [4].

Tatminkar bir kalıp performansı için kalıp dizaynında belirli bazı ayrıntılara ve hesaplamalara dikkat etmek gerekir.

3.2.1. Aralık Blokları (Ara Ayak Takoz Plakası)

Enjeksiyon kalıbından çıkarılacak parçanın, kalıp içerisine gömülen kısmının çıkartılması için gerekli aralığı oluşturur. İtici yuvası olarak da bilinen bu bloklar hareketli kalıp kapak plakasının desteklenmesini de sağlarlar. Genellikle kalıpcılıkta bu bloklar itici plakasına civata ile bağlanarak veya kaynaklı bir şekilde birleştirildiği için ikisi birlikte "U" şekilli eleman olarak bilinirler. Bu bölüm hareketli itici plakası veya parçanın çıkarılması hareketi için "sökme stroku" olarak bilinen boşluğu sağlar. İtme sisteminin aktif olmadığı durumlarda itici düzlemi stop pimleri üzerine (şekil 3.3) dayanır. Gerekli eneksiyon kuvveti ile sistem ağırlaşmaya başladığında, ilave destekleme, kalıp arka kapak plakasında ki klavuz pimler ve itici plakasındaki pim yuvaları ile sağlanır.

Dikkat edilmesi gerekli önemli bir nokta aralık bloklarının temas alanıdır. Bu alan üzerindeki basınç, blokların dayandıkları kalıp plakalarının içine gömülmesini önleyecek kadar olmalıdır [4].

Kalıp düzeninin, aralık bloklarının batmayacağı şekilde çalışabileceği güvenli tonaj daima hesaplanarak kontrol edilmelidir. Bunun yanında kritik değerlerde itici pim alanlarının taşıma gücünde kullanılabilir. Bu kontrol şu şekilde yapılabilir: [4]

Düşük karbon çeliğinden yapılmış 250x300 mm² bir kalıp tabanı alalım:

Aralık bloklarının en zayıf kısımları çentikli sıkışma alanlarıdır. Bu büyüklükteki kalıp düzeni (gövdesi) için aralık bloğu genişliği 40 mm. ve blok sıkıştırma slot genişliği 15 mm.'dir. İki blok olduğundan alan:

$$\{36 - 15\} \times 300 \times 2 \text{ yada } 12.600 \text{ mm}^2 \text{ olacaktır.}$$

$$\text{Basma Kuvveti} = \text{Alan} \times \text{Basma gerilmesi dayanımı} \quad (3.1)$$

Düşük karbonlu çelikler için müsaade edilebilir gerilme: 18 Kg/mm². dir. Sonuç olarak:

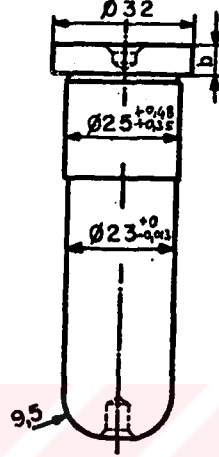
$$12.600 \times 18 = 226.800 \text{ Kg. yada } 227 \text{ ton.}$$

Daha yüksek dayanımlı çelik kalıp plakaları iki hatta üç misli basma kuvveti taşıyabilirler.

3.2.2. Merkezleme Kılavuz Pimleri ve Burçları

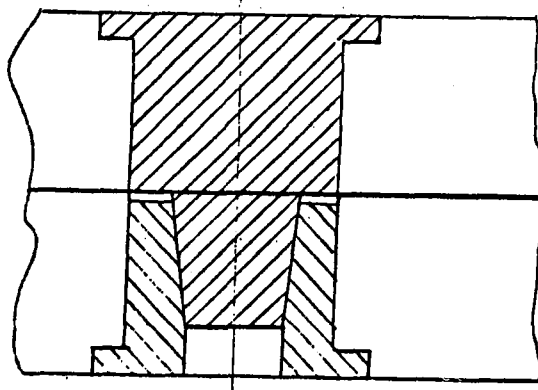
Kalıplanan parça üzerinde oluşabilecek kaymaları önlemek için kalıp çelikleri üzerine takılan küçük merkezleme pimlerinin benzerleri, hem kalıbı merkezlemek, hem de kalıbın makineye montajı açısından, kalıp üzerine sıkı geçme olarak takılırlar. Şekil 3.7'de standart bir merkezleme kılavuz piminin ölçüleri görülmektedir [2,4].

Kılavuz pimleri nominalin 0,001 altında ve +0,0000 ve -0,0005 standartlarında yapılırlar. Bu tolerans, pimler ile burçlar arasındaki boşluğun maksimum 0,0025; minimum 0,0015 olmasını sağlar. Pratikte dört pim ve yuvaları, ve bunların geçme toleransları sebebi ile bu kadar boşluk oluşmaz.



Şekil 3.7 Örnek bir merkezleme pimi ölçüleri ve toleransları

Eğer raslantı sonucu böyle bir durum ortaya çıkarsa, ve kalıplama işlemi çok yüksek derecede hassasiyet gerektiriyorsa, kalıp düzeninde gittikçe daralan pirizler ve fişler düzeni kullanılarak Şekil 3.8'de gösterildiği gibi merkezleme yapılabilir. Bazen erkek kalıbın önemli miktarda çıkık olduğu örnekler de vardır. Böylece kalıp yarıları birbirlerine dokunmadan önce iki yarının tam kılavuzlanması sağlanmış olur.



Şekil 3.8 Yüksek hassasiyete sahip daralan soket-fiş şeklindeki merkezleme pimi dizaynı

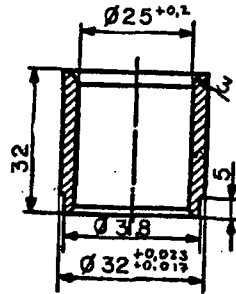
Bu durumda kılavuz pimlerin görevlerini yapabilmeleri için yeteri kadar uzun yapılması gerekir [4].

Küçük kalıplarda 2, daha büyüklerinde 4, çok büyük kalıplarda ise 6 veya 8 adet merkezleme pimi kullanılır. Genellikle kılavuz pimlerinin çapı olabildiğince büyük, boyları ise küçük seçilir. Ancak genellikle kalıpların köşelerine 4 adet konularak ortalama bir çap seçilir. Son zamanlarda standart setlerin kullanılmaya başlanmasından sonra merkezleme pimlerinde de standartlaşmaya gidilmiş ve belirli bir boyutlandırılmaya tabi tutulmuşlardır.

Merkezleme pimlerinin sayılarının fazla olduğu kalıplarda, çapları aynı olmasına karşın pimlerin kalıp merkezine olan uzaklıkları farklı alınır. Böylece kalıbın sadece bir tek konumda birleşmesi emniyet altına alınmış olur.

Merkezleme pimlerinin geçme işlemini kolaylaştırmak için ön kısımları daha büyük çapta yapılırlar. Böylece merkezleme pimlerinin çalışan kısımlarının serbestçe taşlanabilmesi için büyük kolaylık sağlanmış olur.

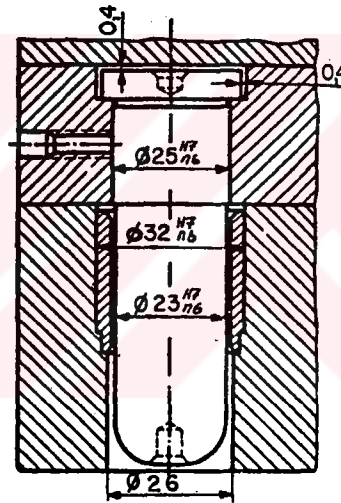
Merkezleme pimi, plakasına presle geçtikten sonra kalıbın kapak plakası tarafından kapatılarak sabitlenir. Pimin dönmesine karşın yan kısmından bir gömme civata ile sabitlenir.



Şekil 3.9 Örnek bir merkezleme burcunun ölçü ve toleransları

Merkezleme burçları, pimler gibi imal edilirler ve taşanırlar. Kalıba preste geçirilirler. Burçların yerlerine kolay geçmeleri için uç kısımlarının çapları bir miktar tornalanır. Burçlar pimlerin karşı çalışma yuvaları olduklarından daima bir kalıpta pim sayısı kadar burç mevcuttur [4].

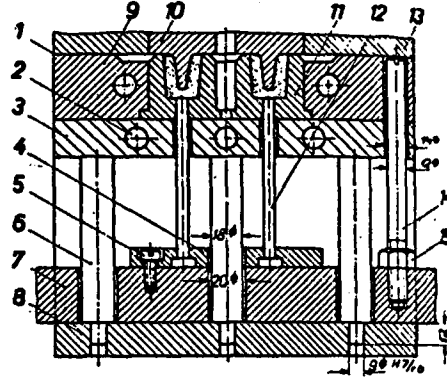
Şekil 3.10'da pim ve burç ikilisinin montaj hali görölmektedir. Çeşitli kalıp tiplerine göre kalıpçı, değişik pim ve burç sistemleri (şekil 3.8) kullanır [4]. Üzerinde fazla baskı kuvveti olmayan kalıplarda burç kullanılmayan uygulamalar da mevcuttur. Bu durumlarda hareketli kalıp plakası üzerine açılan ve temiz bir şekilde işlenen delikler, burç görevini üstlenirler.



Şekil 3.10 Örnek bir pim ve burç çiftinin çalışma toleransları

3.2.3. Çıkartma (Boşaltma) Pimleri

Çıkartma pimleri, kalıplanmış iş parçasını işlem sona erdikten sonra kalıptan dışarı çıkartmak için kullanılan alaşımlı çelikten imal edilmiş çubuklardır. Parçanın kalıptan çıkarılabilmesi için boşaltma pimlerinin enjeksiyon işlemi esnasında kalıplama maddesi ile temas halinde bulunması ve enjeksiyon basıncına karşı dayanabilmesi gerekir [2].



Şekil 3.11 İticiinde güvenlik pimi bulunan bir kalıbın konstrüksiyon şekli

İşte bu amaçla boşaltma pimleri yüksek dayanımlı olarak imal edilirler. Şekil 3.11’de itici pimlerin kalıp içindeki konumu görülmektedir. Burada (1) bölüm yüzeyi, (2) soğutma kanalları, (3) Hareketli kalıp kapak plakası, (4) itici plakası, (5) civata, (6) destekleme pimi, (7) ve (8) kalıp sistemi alt kapak ve sıkıştırma plakaları, (9) Hareketli kalıp plakası, (11) kalıp boşluğunu oluşturan ve hareketli kalıp plakasına takılmış kalıp, (12) boşaltma pimi, (13) sabit kalıp kapak plakası, (14) Boşaltma pimi için güvenlik pimi, (15) ayar somunu.

İtici pimler sadece kalıpta çelik kısımda çalışırlar. Çalışma mesafeleri kısa tutulmak zorundadır. Boşaltma pimlerinin zedelenmelerine engel olmak için alt kapak plakasına (7) bağlanmış olan güvenlik pimleri (14) düşünülmüştür. Güvenlik pimlerinin görevi, kalıp kapanır kapanmaz, boşaltma pimlerinin kalıp boşluğunun içinde uygun konumda bulunmasını sağlamaktır [2].

En yüksek verim için çıkartma (boşaltma) pimleri sert yüzeylere, kalıplanan parçadaki çıkıntı ve kaburgalara veya parça yüzeyinin yüksek rijitliğe sahip kısımlarına karşı çalışmalıdır.

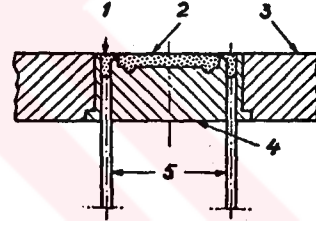
Pimler çok açık alanlara karşı çalışmak üzere yapıldıklarında, kalıplama sonrası bu yüzeyler çekme eğilimi gösterirler. Hatta bu yüzeyler neredeyse karşı yarı kalıba yapışma eğilimi gösterirler. Sonuç: boşaltmanın zorlaşmasıdır. Buna ilaveten “aşırı pim vuruşu” etkisi oluşur ki bu da pime

ve ürüne zarar verir.

Boşaltma pimleri; muhakkak 1,6 mm. çapından daha küçük ama parçanın izin verebileceği ölçüde en büyük boyutta olmalıdır. Diğer bir deyişle 1,6 mm den küçük olmak koşulu ile mümkün olduğunca büyük olmalıdır. Daha küçük çaplı boşaltma pimleri, parçanın çıkarılması esnasında plastiğin içine doğru derince batarlar ve hatta bazen basınç verdikleri yüzeyi yırtarlar (delerler).

Pimler için bir diğer tehlike de burkulmadır. Çıkartma pimlerinin işlem sırasında olağan dışı sapmaya uğraması pimin burkulması demektir ki kalıp dizaynı sırasında mutlaka kontrol edilir. Şekil 3.12'de boşaltma (çıkartma) piminin kalıp içindeki konstrüktif detayı görülmektedir. Bu şekilde: (1) Güçlendirici, (2) kalıplanan parça, (3) Kalıp plakası, (5) boşaltma pimleri.

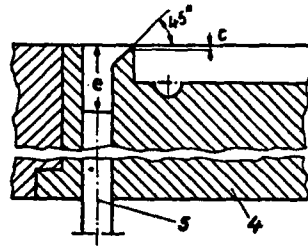
(a) İtici pimlerin çalışma ilkesi



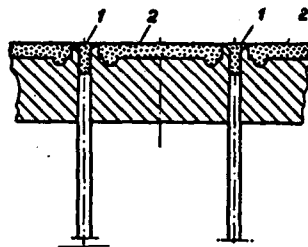
(b) Ölçüler:

$$c=0,8 \text{ mm.}$$

$$\text{Aralık } e=3.d$$



(c) Yalnız küçük itme kuvvetlerinin söz konusu olduğu durumlarda



Şekil 3.12 İtici pimler için kalıplama parçasına konan güçlendiriciler

Enjeksiyon işleminde kalıp açıldıktan sonra boşaltma işlemi için gerekli olan kuvvetten hareketle pim boyutları şu şekilde belirlenir:

10 adet 6,35 mm.'lik, 20 adet 4,76 mm.'lik, 6 adet 3,175 mm.'lik, 4 adet 1,59 mm.'lik olmak üzere toplam 40 adet boşaltma pimi olan bir kalıp seçelim. Kalıp 200 tonda çalışacak ve 14 oz'luk (1 oz :28,53 gr.) yani yaklaşık 400 gr.'lık parça kalıplasın, ve 10.000 Kg.'lık itme kuvveti ile boşaltma yapsın.

$$P(\text{Kuvvet})=A(\text{Alan})\times S(\text{Gerilme}) \text{ yada,} \quad (3.2)$$

$$S(\text{Gerilme})= P/A \text{ dır.} \quad (3.2a)$$

Buradaki alan pimlerin toplam alanıdır. Bu sebeple toplam alanı hesaplırsak:

$$(\text{Pim alanı}=\frac{\pi.d^2}{4}) \quad (3.3)$$

$$A_{\text{top}}=10\times 31,6692 + 20\times 17,7952 + 6\times 7,9173 + 4\times 1,9856=728,0422 \text{ mm.}^2$$

$$S=P/A=10.000/728,0422 =13,735 \text{ Kg./mm.}^2$$

En küçük kesitli pim olan 1,59 mm.'lik pime gelen kuvvet hesaplanırsa:

$$P_1=A_{1,59 \text{ mm.}}\times S$$

$$P_1=1,9856\times 13,735=27,27 \text{ Kg.}$$

En kritik pimde yaklaşık 28 Kg.'lık basma kuvveti ortaya çıkacaktır. Bu durumda ince ve uzun bir parçaya aksenal yönde gelen kuvvet sebebi ile burkulma hesabı yapılırsa, pimin emniyetli olmadığı görülür. Pimdeki yükleme şartlarına uygun Euler Formülü yazılırsa: [4]

$$P_{\text{cr}}=\frac{S_y \cdot A \cdot r^2}{Q} \quad (3.4)$$

P_{cr} =Burkulmaya sebep olacak kritik yük

S_y =Pimin akma gerilmesi(Kg/mm²)

A =Alan (mm²)

$$r = \text{Jireskopik yarıçap (mm.)} \quad r=\frac{d}{4}=\frac{1,59}{4}=0,3975 \text{ mm.} \quad (3.5)$$

$$Q=\frac{S_y \cdot I^2}{n \cdot \pi^2 \cdot E} \quad (3.6)$$

ℓ =Pim uzunluğu (mm.)

$n=2$ Tek uçda ankastre, diğer ucu serbest cubuğun burkulma yükleme için. Bir çıkartma pimi çıkartma plakasında sabitlenmiş yani

ankastre, kalıp içindeki kalıplanan malzemeye dokunan uçta serbest olduğundan burkulma olayında bu tip yükler için geçerli katsayı alınır.

$$E=\text{Elastiklik Modülü}=2,1 \times 10^4 \text{ Kg/mm.}^2$$

$$S_y= 175 \text{ Kg/mm.}^2$$

$$\ell = 152,4 \text{ mm.}$$

Formülde değerler yerlerine konursa:

$$Q=\frac{175 \times 152,4^2}{2 \times \pi^2 \times 2,1 \times 10^4}=9,8$$

$$P_{cr}=\frac{175 \times 1,9856 \times 0,3975^2}{9,8}=5,6 \text{ Kg.}$$

Eğer tam bir sıyırma (çıkartma) kuvveti gerekiyorsa 27,27 Kg.'lık kuvvet altında 1,59 mm.'lik pim burkulmaya maruz kalacaktır. Çünkü bu pimin, burkulmadan dayanabileceği maksimum kuvvet yukarıda da bulunduğu gibi (P_{cr}) sadece 5,6 Kg.'dır. Bu sonuca göre 1,59 mm.'lik pimin ne kadar uzunlukta 27,27 Kg.'lık kuvvete dayanabileceğini hesap edebiliriz. Bunun için P_{cr} değerini bu pime gelen basma gerilmesi olarak alırsak :

$$27,27=(175 \times 1,9856 \times 0,3975^2)/Q$$

$$Q=(175 \times 1,9856 \times 0,3975^2)/27,27=2,0133$$

$$2,0133=(175 \times l_{cr}^2)/\{2 \times \pi^2 \times 2,1 \times 10^4\} \text{ yada,}$$

$$l_{cr}^2=\{2,0133 \times 2 \times \pi^2 \times 2,1 \times 10^4\}/175=4768,91$$

$$l_{cr}=69,06 \text{ mm.}$$

Bu hesaplama bize, 1,59 mm.'lik pimin 69,06 mm. uzunluğunda olabileceğini ve artan 82,55 mm. uzunluğun yaklaşık 6,35 mm. daha geniş çapta olması gerektiğini göstermektedir. Bu bir destek pimi olabilir. Bir kaç mm.'lik (örneğin 100 mm.'nin üzerinde) çıkartma pimine sahip kalıplarda, dikkate değer uzunluğa sahip daha geniş çaplı pimlerin çalışması bile yukarıdaki metodla mutlaka kontrol edilmelidir [4].

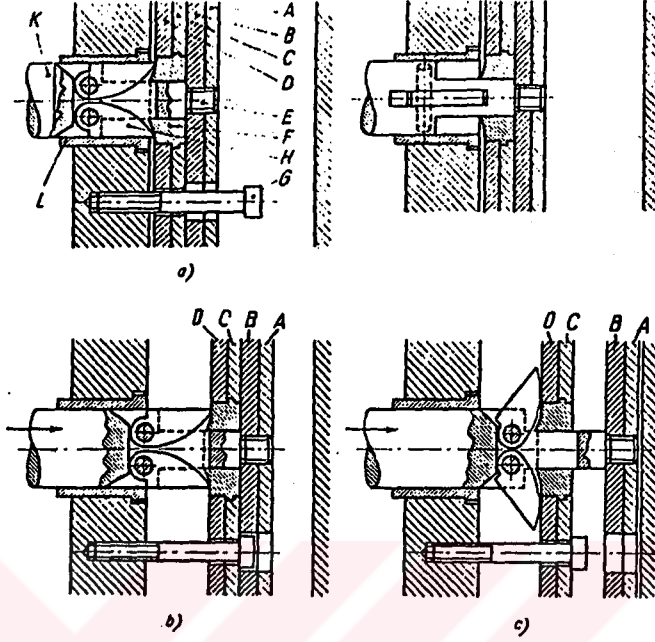
Küçük boşaltma pimlerinin işin içine girdiği bir diğer uygulama da ince yüzeyli kutu veya kapak şeklindeki parçaların kalıplanmasıdır. Bu uygulamada parçaya temas eden kısmı daha büyük olan pimlerin

kullanılması mümkün olur. Çıkartma pimi uçlarının parça yüzeylerine olan dalmasının algılanamayacak kadar az olması yani pim izlerinin gözle görülmemesi için daha geniş yüzeye sahip olması gerekmektedir. 1,41 mm. çapa denk bir alan sorunu çözmelidir. Bu bir plan veya hesaplama ile belirlenebilir.

Boşaltma pimleri piyasada, bir kalıp için gerekli olan uzunluğa en yakın uzunlukta hazırlanmış olarak satılırlar. Kalıp yapımcıları tarafından alınan bu standart pimler, sadece boy ayarlaması yapılarak kullanılırlar. Fakat burada kesilen pimin uç kısmının ürüne zarar verebilecek duruma gelmemesi için keskin kenar kısımları hafifçe taşlanmalıdır. Bu yuvarlatma 0,125 mm.'lik yarıçapı aşmamalıdır. Köşe, plastiğin içine batmasına izin verecek nokta şeklinde kırılmamalıdır. Çoğu mühendislik uygulamalarında iticilerin işaretlemesine ihtiyaç duyulur. Böyle bir işlem için pim uçlarında işaretler 0,05-0,125 mm.'lik oyuklar şeklinde yapılmalıdır. 0,125.'lik yarıçap, parçanın pimlerden kurtulmasına da yardımcı olacaktır.

Çıkartma pimleri +0,000 ve -0,025 mm. toleranslarda üretilirler. Pimlerin içlerinde hareket ettikleri burçlar, +0,025-0,100 mm. toleranslara sahiptirler. Bu da pim ile çalışma yuvaları arasında maksimum olarak 0,0356 mm.'lik bir boşluk meydana getirir. Bu boşluk malzemenin akışına izin verecek boyutta değildir. Bu boşluk yüzeydeki sıkışan hava ve gazların dışarı alınmasını sağlar. Aksi halde bu hava ve gazlar enjeksiyon işlemi sonucunda ürün yüzeyinde gözenek yada hatalara yol açacaktır. Eğer pim ve yatağı arasında yeterli bir boşluk oluşturulmamışsa, havalandırma imkanı, pim çapı etrafında iki ,üç yada dört yerde konumlandırılacak 0,025 mm. derinliğinde çizgilerle sağlanabilir.

Kalıpların boşaltma pimleri genellikle kalıplanan parçanın kalıptan ayrılması işlemini tatminkar bir şekilde yerine getirirler. İçinde, parçanın bütün çevresini işin içine katarak yapabilen, boşaltma işleminin gerçekleştirdiği, kısmen ince yüzeylere sahip şekiller de vardır.



Şekil 3.13 İki aşamalı itici düzeni

İki aşamalı iticiler, kalıplama işleminde alttan kesme varsa tercih edilen çıkartma sistemleridir. Aşamalardan birincisinde, parça yada yolluk sisteminin ayrılması yani alttan kesme işlemi aktif durumdadır. İkinci aşamada ise kalıptan parçanın dışarı alınması olayı gerçekleşir. Şekil 3.13 de iki aşamalı çıkarıcının çalışma prensibi görülmektedir. Bu şekilde A ve B gerçek çıkartma plakaları, C ve D yardımcı çıkarıcı plakaları, E vida açılmış pim, F burç, G Limit ayar vidası, H parabolik yüzeyli çeneler, K çıkartıcı çubuk ve L İtici burcu'dur. İtici sistemi çalışma aşamasında şekil 3.13(a) da kalıp kapalı ve enjeksiyon işlemi tamamlanmıştır. Kalıp açıldıktan sonra birinci aşamada itici ileriye doğru gelerek ilk açma işlemini gerçekleştirir. İlerleme H çenelerinin burçtan kurtulduğu noktaya geldiğinde, çeneler açılır, bu aşamada açılan çeneler civata ile bağlı D ve C yardımcı çıkarıcı plakalarını diğer plakalardan ayırır [3].

3.2.4. Dişi ve Erkek Kalıp

Çok boşluklu kalıplarda, son kullanımda karışıklığı önlemek için her dişi ve erkek kalıp kendi numaralarıyla tanımlanmalıdır. Bu, belli bir dişi için olabilecek yanlışlıkları da ortadan kaldıracaktır. Ayrıca dişi ve erkek kalıbın dış yüzeyi çeliğin ve sertliklerinin dereceleri ile işaretlenmelidir. Bu, parça değişim veya onarımı için önemlidir.

Atamalar SAE numaralarına göre yapılmalı ve bir çizgi ile ayrılmalıdır. Böylece H13-54 kodundaki H13, ısıt işlem görmüş takım çeliğini, 54 rakamı da Rockwell-C sertliğini (RC 54) ifade edecektir. Ayrıca diğer gerekli bilgiler de, yüzey işlemleri gibi, kalıp üzerine işaretlenmelidir.

Kalıbın, üretimin yapılacağı sonuç hali öyle olmalıdır ki, kalıptan parçanın gerilimsiz olarak alınması kolaylaştırılmalıdır. Kalıp içerisinde rütüşler, mikrometreler mertebesinde belirlenmelidir. Şu da hatırlanmalıdır ki çok kaba işlenmiş bir yüzey, boşaltma yani kalıptan parçanın çıkarılması sırasında, kalıba yapışma eğilimini arttıracak için işlemi güçleştirecektir [4].

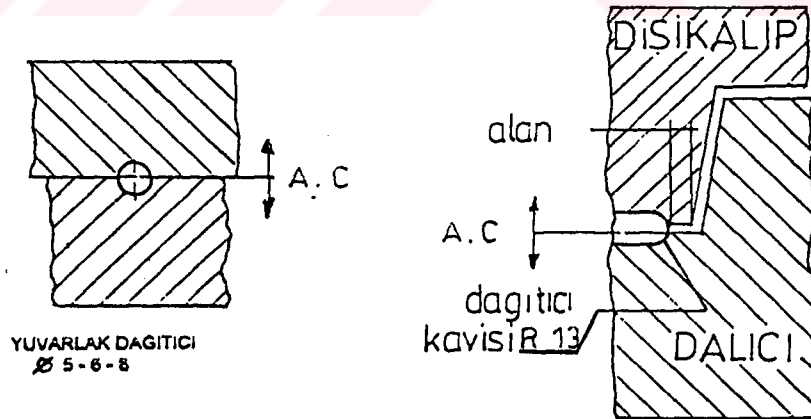
Dişi ve erkek kalıp elemanlar, makinada üretilmiş, resim çerçevesi stilinde açıklıklara sahip plakalara monte edildikleri zaman, plakalara göre herhangi bir yöne hareket etmemeleri için iyice desteklenmelidirler. Kör ceplerde (oyuklarda) dişi kalıplar kapak civataları yardımı ile tutturulurlar. Her iki montaj stilinde de dişi ve erkek kalıp elemanları her zaman birbirlerine uygun kayıtta kalacak şekilde anahtar ve geçme pimleri yardımıyla pozisyonlarına kilitlenirler.

3.2.5. Yolluk sistemi

Yolluk sisteminin amacı plastikleşmiş yumuşak ve sıcak malzemeyi yolluk burcundan alarak en az sıcaklık ve basınç kaybı ile kalıp boşluğu girişine iletmektir. Yolluk sistemi tasarlanırken göz önünde bulundurulacak en

önemli hususlardan birisi, yoluğun, çevrim zamanını en az etkileyecek düzeyde tasarlanmasıdır. Kalıptaki boşluk sayısına bağlı olarak yolluk sayısı ve yolluk sistemi değişmeler gösterir. Çok boşluklu kalıplarda, yolluk burcundan malzeme bir yollukla gelir, ve daha sonra “dağıtıcı” yada “yardımcı yolluklar” aracılığı ile kalıp boşluklarına sevk edilir.

Yolluklar trapezoidal ve yuvarlak kesitli olmak üzere iki türdürler. Yuvarlak kesitli yollukların trapezoidal kesitli yolluklara göre birtakım önemli avantajları vardır. Yuvarlak kesitli yollukları kullanmanın mümkün olmadığı veya sakıncaları olduğu durumlarda trapezoidal yolluklar kullanılır. Herşeyden önce yuvarlak kesitli yollukların kesit alanları göz önüne alındığında, trapezoidal kesitli yolluklardan daha küçük çevreye sahip oldukları için, malzeme üzerindeki soğuma tesiri, diğer yolluk türünden daha az olacaktır. Yuvarlak kesitli yollukların, yine çevre uzunluklarının az olması sonucu içinden akacak olan eriyik malzeme ile sürtünmesi de daha az olacağından, malzeme akışı daha hızlı gerçekleşir.



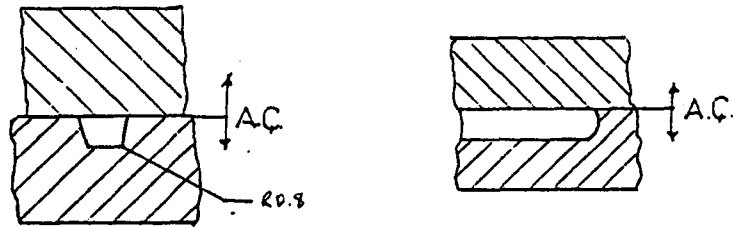
Şekil 3.14 Yuvarlak kesitli yolluk

Yuvarlak kesitli yolluklarda daire şeklindeki kesit alanı her iki kalıp yarısına da eşit şekilde işlenerek oluşturulur. Çok hassas olarak işleme yapılmalıdır ki kalıp kapandığı zaman her iki yarım dairenin birleşimi tam bir daire meydana getsin. Şekil 3.14’de yuvarlak kesitli yolluk görülmektedir.

Aşağıda bazı plastik malzemelere ait tavsiye edilen yolluk çapları verilmiştir:

Malzeme	Yolluk Çapı (mm.)	
ABS, SAN	4,8 - 9,5	
Asetal	3,2 - 9,5	
Akrilik	8,0 - 9,5	
Poliamid	4,8 - 9,5	
Polikarbonat	4,8 - 9,5	
Poliester	4,8 - 9,5	Takviyeli
Poliester	3,2 - 8,0	Takviyesiz
Polietilen	1,6 - 9,5	
Polipropilen	4,8 - 9,5	
Polistiren	3,2 - 9,5	
PVC	6,4 - 15,9	

Trapezoidal yollukların her kenarında 5° - 7° 'lik koniklik vardır. Bu tip yolluklarda, yuvarlak kesitli yolluklara nazaran akış sürtünmesi daha fazladır. Fakat genellikle yolluğun tamamı, kalıp yarılardan birinin içerisinde olacak şekilde yapıldıklarından, yuvarlak kesitli yolluklardaki gibi tam çakıştıramama tehlikesi yoktur. Şekil 3.15'de trapezoidal yolluk görülmektedir[2,5].



Trapez biçimli dağıtıcı

Derinlik : 5-8 cm.

Genişlik: 1,25xDerinlik

Eğim açısı: 10° - 15°

Dağıtıcı

genişliği: R13

Şekil 3.15 Trapezoidal kesitli yolluk

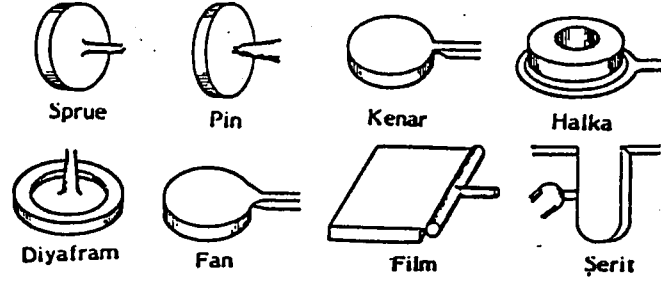
Yollukların yüzeyleri, malzeme akışı esnasında sürtünmenin minimuma düşürülmesi yani akışı zorlaştırmaması için iyice parlatılmış olmalıdır. Her bir kalıplama periyodunda yolluklarda kalan malzeme ıskartaya ayrıldığı için, uygun olan en küçük boyutlarda yapılmalıdır. Termoplastiklerde bu malzemeler parçalanıp öğütülerek tekrar granül malzemeye ilave edilebilmektedir. Fakat yeniden öğütmenin yapılamadığı termosetlerin kalıplanmasında yolluk boyutlarının küçük olması, parça maliyetini olumsuz etkileyecek olan malzeme sarfiyatını azaltacaktır. Bununla beraber, yolluğun kalıp boşluğunu çabuk dolduracak şekilde olması istenir. Bu iki sınır göz önünde bulundurularak yolluk sistemi tasarlanmalıdır. Yani yolluk sistemi, ne çevrimi engelleyecek şekilde dar, ne de malzeme israfını arttıracak şekilde geniş olmalıdır. Her iki durumda da parça maliyeti ve verim olumsuz yönde etkilenecektir.

3.2.6. Yolluk Girişi

Yolluğun kalıp boşluğuna açılan kısmı daha dar ve sıkı olarak dizayn edilir. "Giriş" olarak adlandırılan bu kısım, yolluk sistemi ile kalıp boşluğunu birleştirir. Kalıp boşluğunun doldurulması dışında, ayrıca kalıp içerisindeki malzemenin soğuması ile oluşan (kendini çekmeden dolayı) malzeme eksilmesinin karşılanmasını sağlar. Parça tasarlanırken çekmeden dolayı oluşabilecek boyut farklılıklarını giderecek şekilde, boyutlandırma toleransları verilir.

Başlıca iki çeşit giriş vardır: Geniş ve sınırlı yada nokta şekilli. Sınırlı girişler genellikle kalıp yarımalarının ortak düzlemlerinde, yani bölüm yüzeyini ortalayacak şekilde ve bir çok malzeme için 1,5 mm. çapı aşmayacak şekilde yapılırlar. Plastiklerin yolluk içindeki vizkoziteleri akış hızının fonksiyonu olduğundan sınırlı giriş iyi sonuç verir. Plastiğin akış hızı arttıkça vizkozitesi düşmeye başlar. Malzeme küçük bir girişe basınç altında zorlandığında akış hızı kesit daralması sebebi ile artar, vizkozitesi ise düşer. İkinci özelliği ise malzemede iyi bir karışma oluşturmastır.

Ayrıca eriyik malzemenin kalıp içerisine akışını kontrol altında tutup, soğuma esnasında hemen katılaşarak kalıp ile silindir arasındaki bağlantıyı kesmektir. Şekil 3.16'da yolluk girişi tipleri görülmektedir. İşlevleri ve kullanım yerleri aşağıda belirtilmiştir:



Şekil 3.16 Değişik yolluk girişi çeşitleri

Sprue tipi yolluk girişi, tek bir kalıp boşluğuna direkt besleme şeklinde basit yolluk girişi şeklindedir.

Pin tipi yolluk girişi, ana yolluktan aldığı beslemeyi, dar geçiş nedeniyle çok yüksek kesme oranları, düşük vizkozite, ve ince kalıplarda kolay doldurma sağlar. Bıraktıkları iz kolayca giderilebilir.

Kenar tipi yolluk girişi, çok boşluklu kalıplarda kullanılan standart tiptir. Kenardan besleme yaparlar. Bu tip yolluk girişi öncesi dağıtım dengeli yapılmalıdır.

Halka yolluk girişi, çok boşluklu kalıplarda içi boş yuvarlak parçaların kalıplanmasında kullanılır.

Diyafram tipi yolluk girişi, halka tipine benzemekle beraber ana yolluktan bir kalıp boşluğuna direk besleme yaparlar.

Fan türü yolluk girişinde eriyik fan şeklinde kalıp boşluğuna yayılır.

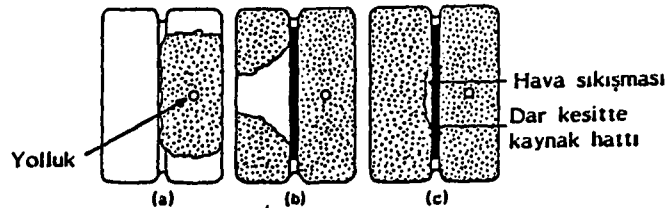
Film yolluk girişi, yönlenmiş dağıtmayı veya ince kalıplamalarda düzgünlüğü sağlarlar. Saydam malzemelerin kalıplanmasında çok kullanılırlar. Ölçme aletlerindeki polikarbonat mercekler bu tip yolluklar ile imal edilirler.

Şekil 3.17'de doğru ve yanlış yolluk girişi dizaynları görülmektedir. Buradan da görüldüğü gibi yolluk girişi türünün seçimi, kap şeklindeki parçalarda bir kaynak hattının oluşmasına sebep olacaktır (a). Doğru olan yolluk girişi türü, sprue tipidir ki burada malzeme dengeli bir şekilde silindirik şeklindeki kalıp boşluğuna herhangi bir kaynak hattı oluşturmadan dolsun [5].

Kesit daralması bulunan parçalarda yolluk girişi hemen kesit daralması olan bölümün yanından verilmemelidir. Eriyik bu kısma kadar gelir ve burada bir direnç ile karşılaşınca önce kalıbın diğer bölümlerini doldurur, daha sonra bu bölümden basınçla geçmeye kalkar. Şekil 3.17'de de görüldüğü gibi, doğru olanı yolluk girişinin kesit daralmasından belli bir mesafede konumlandırılması ve eriyiğin tam enjeksiyon basıncı ile (kalıbın diğer tarafı olduğu için) bu bölgeye gelmesidir.



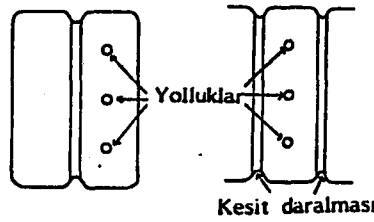
Şekil 3.17 Kesit daralması olan parçalarda yolluk girişinin yerleştirilmesi



Şekil 3.18 Parça boyunca kesit daralmasında tek yolluk girişinden besleme

Şekil 3.17'de görülen örnekte parça boyunca uzunlamasına bir kesit daralması mevcuttur. Bu tür bir parçada eğer tek bir yolluktan besleme yapılırsa şekilden de görülebileceği gibi malzeme dar kesitten geçmeye

zorlandığı için önce yolluk girişinin bulunduğu bölümü doldurmaya meyillenecektir. Düşen sıcaklıkla beraber kesit daralmasına önceden ulaşmış malzemenin akıcılığı düştüğünden, bu malzeme burada bir engel teşkil edecektir. Yolluk girişinin olduğu bölüm tamamı ile doldurulduğunda eriyik malzeme daha yüksek basınçla köşelerden ikinci bölüme geçecek ve bu da içeride hava sıkışması veya kesit daralmasında kaynak hattı oluşumu



Şekil 3.19 Kesit daralmasına sahip parça kalıplarında birden fazla yolluk girişi

gibi bir takım sorunları da beraberinde getirecektir. Bu tür parçalarda şekil 3.19'da da görülebileceği gibi birden fazla yolluk girişi vermek gereklidir.

Burada dikkat edilecek nokta, bu yollukların birbirlerine olan mesafesi, bunların dar kesite olan mesafelerinin iki katını aşmamalıdır. Yolluk girişi boyutları da kalıplama işlemini kontrol eden bir diğer etkidir.

3.2.7. Kalıp İlaveleri

Bazı ürünler, plastik parça içerisinde kalıplanmış metal ilaveler içerirler. Metal ilaveler yerleştirilmesi ile ilgili daha elverişli yöntemler mevcutsa bunlar ciddi olarak göz önünde bulundurulmalıdır. Metal ilaveleri ultrasonik yöntemle veya ürün içerisindeki yerleştirme boşluğunu doldurarak, yada ilave üzerinde bir dolgu duvarı döndürülerek yapılabilir.

Kalıp içi ilaveler potansiyel birer kalıp bozulmasıdır ve düzensiz bir çevrime

sebepe olabilirler. Eğer böyle bir ihtiyaç uygulanmak zorunda ise kalıbın hareketsiz yarısına yerleştirilmelidir ki hareketli kısmın kapanma hareketi sırasında gevşemesin. Böylece hiç olmazsa sabit kısımda yerleştirme pozisyonu sabitlenmiş olur. Kalıp içerisine plastik eriyiğin enjekte edilmesi sırasında, malzeme hidrolik basıncının kalıp içerisindeki ilavenin pozisyonunu bozmaması için çok iyi bir destekleme yapılmalıdır. Bütün olasılıklara rağmen kalıbın karşı yarısında düzenlenecek, ve ilaveyi kalıplama müddetince pozisyonunda tutacak bir tutucu pim ile kalıplama emniyet altına alınmalıdır.

Bazı ürünler, sadece yapılabildikleri ekonomik yöntemlere göre şekillendirilmişlerdir. Bu da pres dışındaki parçadan ilavenin çıkarılmasına izin verecek kalıplar şeklinde olmaktadır. Parçalarla birlikte çıkarılabilmeleri için, bu ilaveler boşaltma tarafına yerleştirilirler. Bu tür ilaveler gevşemeye izin vermeyecek ve atılabilmeyi sağlayacak engellere sahip olmalıdırlar. Soket düzenlemesi sadece tek yönlü yerleştirmeye izin vermelidir. Çok boşluklu kalıplarda, ilaveler aralarında değiştirilebilir olmalıdırlar. Bu da zarar ihtimalini engellerler.

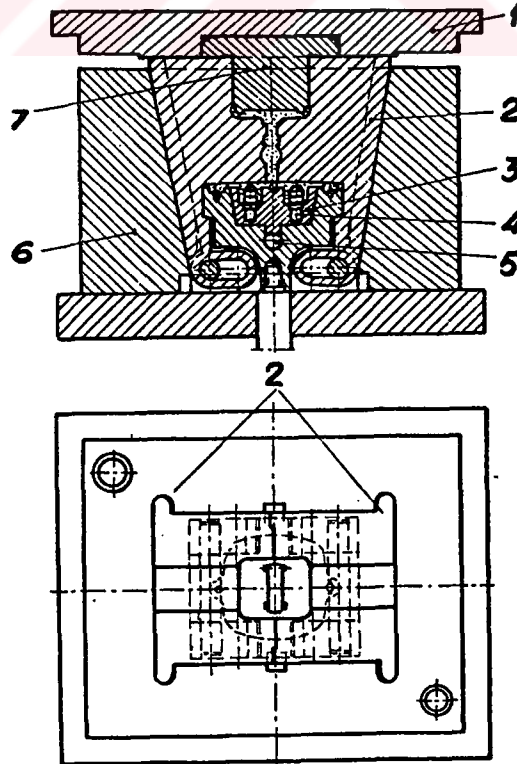
3.2.8. Hareketli Kalıp Plakaları

Hareketli kalıp plakaları (üç plakalı kalıp veya sıyırma plakalı kalıp gibi), plakaların omuz civataları yardımı ile katettikleri mesafeyi idare ederler. Plakaların hareketleri paralel olmalıdır, yoksa kılavuzlama pimleri ve karşılıkları olan burçları arasında sapma nedeniyle sıkışma olacaktır. Bu paralelliği sağlamak için omuz pimleri alt kafadan omuza kadar eşit uzunlukta olmalıdır. Karşı oyuklar da tamamen aynı derinlikte olmalıdırlar. Kolay bozulmayı engellemek için hareketli plakalar daha sert çeliklerden imal edilmelidirler. Hareketli plakalarda paralel çalışmadan yoksunluk, kalıbın uygunsuz işlem görmesi için devamlı tekrarlanan bir sebep teşkil eder ki, bu da kalıbın zarar görmesine neden olur.

3.2.9. Sökülebilir maça ve parçalar

Enjeksiyon kalıpcılığında enjekte edilecek parça üzerine kalıbın çalışan iki yüzü haricinde kenarlarında da herhangi bir girinti veya çıkıntı varsa, bu oyukları çıkartabilmek için yan maça denilen parçalar kullanılır.

Bu yan maçalar hareketlerini ya kalıp üzerindeki bir mekanizmadan, yada kalıbın dışına bağlanabilen ve kalıbın içine doğru herhangi bir parçaya hareket verebilen hidrolik veya pnömatik maça silindirlerinden alırlar. Serbest halde çalışan maçalar vasıtası ile sırt boşaltmaları yapmaktan kaçınılmalıdır. Zira bu maçaların, kalıplama parçası ile birlikte kalıptan çıkarılması ve temizlendikten sonra yeniden kalıba takılması gerekir. Bu da şüphesiz enjeksiyon kalıplama gibi çok seri bir kalıplama yöntemi için oldukça vakit alan bir işlemdir. Bu sebeple seri ve makinalı sistemlerde hidrolik veya pnömatik silindirlerden tahrik alan maçalar kullanılır.

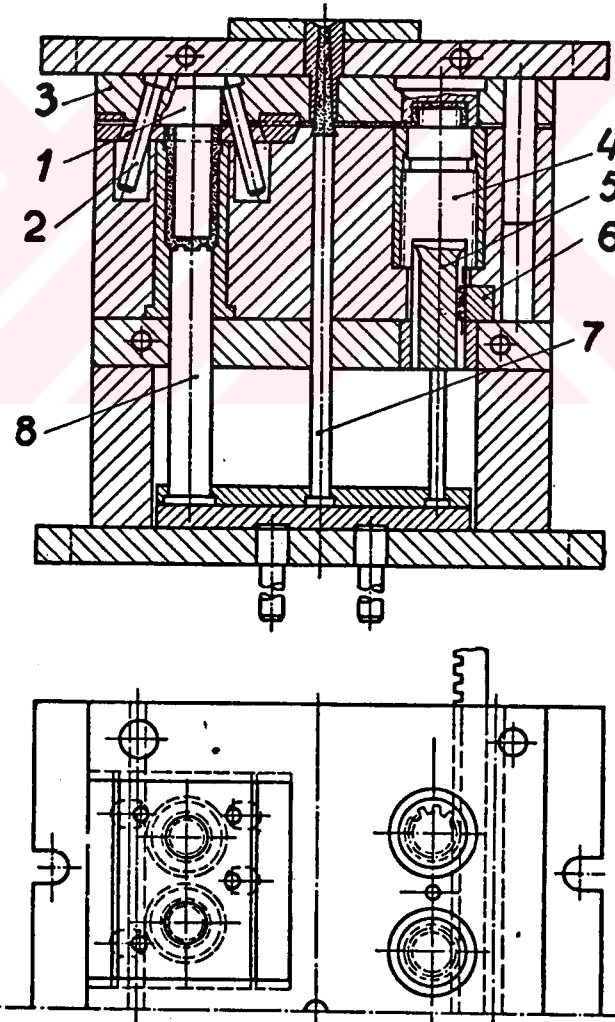


Şekil 3.20 Mekanik hareketli parçaları(çene) bulunan bir kalıp

Kendi üzerinden otomatik olarak çalışan bir kalıp resmi şekil 3.20'de görülmektedir. Burada 1-Üst sıkıştırma plakası, 2-Çene şeklindeki kalıp parçaları, 3-Kalıplanan iş parçası, 4-Takma metal parçalar görülmektedir [2].

Serbest çeneler, belirli bir hareket oluşturan bir menteşe ile donatılmıştır. İtici çubuk takma parçayı dışarı çıkarır çıkarmaz, çeneler bu hareketi yapar; başlangıçta bu hareket düşey doğrultuda olur.

İtme süresince bilezik arasındaki boşluk artınca, her iki serbest çene yan tarafa doğru düşer.



Şekil 3.21 Maçası otomatik olarak çalışan bir kalıp

Böylece sökülebilir durumdaki takma metal parça(3), pim(4) ile beraber serbest kalır. (5) Deliğine takılan eksantirik bir anahtar yardımıyla takma parça alt kısımdan ayrılır ve ardışık işlem için yeni ve temizlenmiş bir takma parça yerleştirilir. Sonra itici aşağıya doğru giderek yeniden kalıplama işlemi başlayabilir. Bu sistemdeki menteşe, çoğunlukla hata sebebi olur. Çünkü menteşenin çalışması için gerekli olan boşluk, çeşitli problemlere neden olabilir.

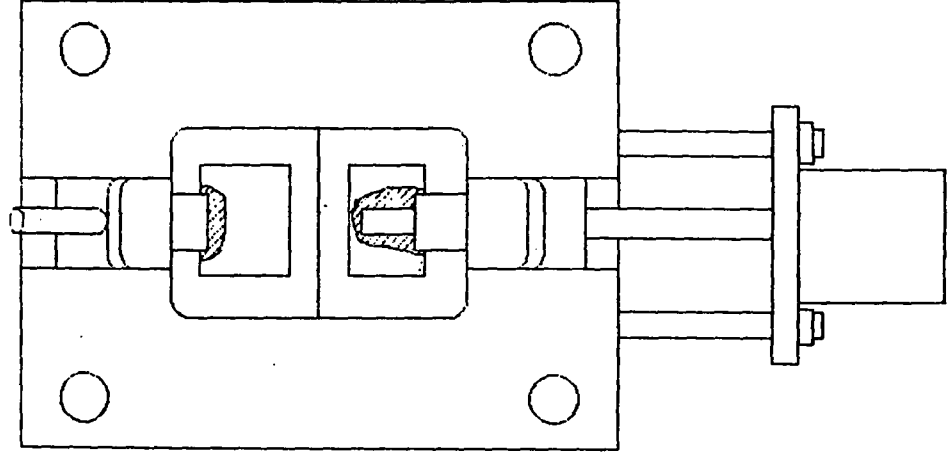
Seri olarak çalışan enjeksiyon kalıpları, ölü zamanı en aza indirmek için daha çok geliştirilmiştir. Şekil 3.21'de görülen kalıpta hem dış vidalı bir beher, hemde bu beherin vidalı kapağı kalıplanmaktadır. Burada 1- Hareketli iki çeneli dış vida maçası, 2- Eğik konumlu hareket pimleri, 3- Maçaların bağlandığı ana plaka, 4- Kapakta bulunan iç vidanın sökülebilir konumdaki iç maçası, 5- İç vida maçasını döndüren dişli, 6- Kremayer, 7- Yolluğu dışarı iten pim, 8- İtici.

Dış vida, üst plakaya (3) bağlanan doğrusal hareketli pimlerle (2), ileri geri hareket ettirilen iki çene arasında oluşur. Pres plakası yukarıya doğru harekete başlayınca, çeneler birbirlerinden uzaklaşırlar. Eğer üst plaka aşağı doğru bastırılırsa tam tersi işlem olur, yani çeneler birbirlerine yaklaşır.

Çok basit olan bu uygulama, yalnız dışı vidalı olan maçalı kalıplarda kullanılabilir. İç vidalı maçalar kural olarak dışarıya doğru sökülürler, ve sökme işlemi en rahat kremayerli dişli sistemiyle olur.

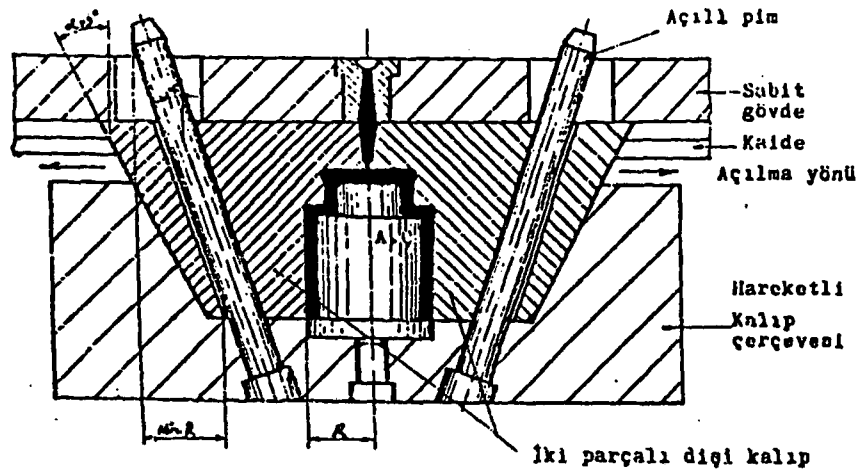
Burada kullanılan düzenekte itici pimi (8), çeviren dişli çarka (5) kavratılmıştır. Kalıp açılma yönünde hareket ederken, hem beher, hemde iç vida maçaları kalıptan çıkarılırlar. Ayrıca üst plaka maçaları sağa ve sola doğru iter. Beher kalıptan çıkarıldıktan sonra iç vida maçaları, kremayer tarafından döndürülerek dışarı çıkarılırlar. Havalandırmayı sağlamak için aksenal yarıkları bulunan sol itici, aynı zamanda kalıplanan beherin taban kısmını belirler [2,4].

Yine şekil 3.22'de şematik olarak gösterilen enjeksiyon kalıbında iki yan taraftan kızaklı maça çalışmaktadır.



Şekil 3.22 İki yan tarafında kızaklı maçası bulunan kalıbın şematik olarak görünüşü

Maçalardan biri daha önce açıklandığı gibi (sol taraftaki) hidrolik veya pnömatik kontrollü maça sistemidir. Bu sistem makina veya dışarıdan tahrik olarak kalıpta iş yapılmasını sağlar. Silindirin hareketleri kalıba bağımlı olarak değişir, kalıp kapanmadan önce dışarıdan sviç kontrolü ile elektromekanik tahrik alan silindir, ileri doğru hareket eder. Kalıp açıldıktan sonra ise yine aynı sistem silindiri geri yönde hareket ettirerek, maçanın kızak sistemi üzerinde çalışmasını sağlar.

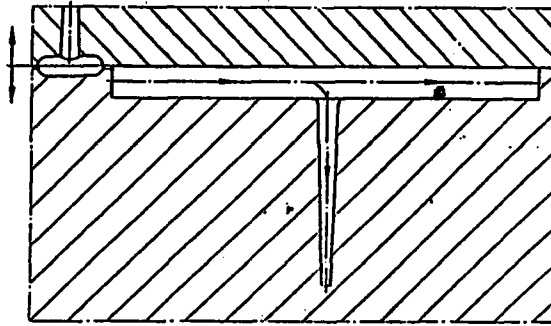


Şekil 3.23 Yan maçaları mekanik olarak kalıp hareketi ile çalışan kalıp

Kalıbın sağ kısmında bulunan maça sistemi şekil 3.21'de bulunan maça sistemi gibi çalışır fakat, burada hareketi, maça kazağı üzerinden geçen, konik pim veya boynuz adı verilen kalıp parçasından alır (Şekil 3.23)[2].

3.3. Kalıp Boşluğunda Hava Tahliyesi

Kalıbın çok kısa zamanda tam dolabilmesi için enjeksiyonun çok hızlı yapılması gerekir. Ayrıca parçada çapak olmaması için ayrılma yüzeyinin tam öpüşmesi gerekmektedir. Bu şartlarda hava bir tarafta, sıvı haldeki plastik diğer tarafta tam öpüşen kalıp içerisinde hapsedilir. Bu durumda kalıbın tam dolması mümkün değildir. Enjeksiyonun çok hızlı yapılması halinde içeride sıkışan hava sıcaklığı aniden artar ve o civardaki plastiği yakar. Eğer kalıpta hava tahliyesi yavaş olursa bu defa tam doldurmak için daha büyük basınçlara ve sıcaklığa ihtiyaç vardır. Bunun manası da parçanın normal ağırlığından fazla olması ve iç kısımlarda fazla iç gerilmelerdir. Parçaya giriş iki taraftan ise bu durumda, akan iki plastik kütlelerin birleşmesi iyice zorlaşır, zira hava bu yapışmaya mani olur. Bu şekilde imal edilen bir parçada kaynama noktasında mukavemet çok düşer ve zamanından önce kopar. Çevresi kalın bir kordonla kaplı plakaların havasını almak hemen mümkün değildir ve ince bir federe sahip bir parçada feder kısmından da hava tahliye olmaz.(Şekil 3.24)



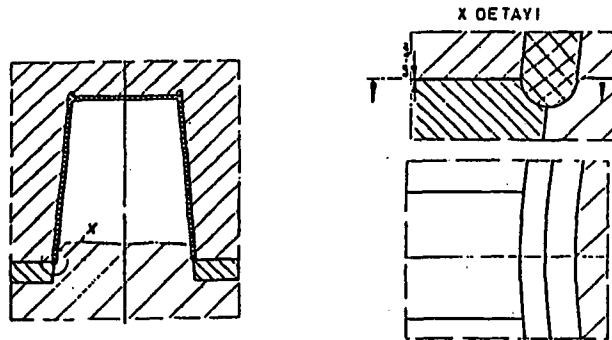
Şekil 3.24 Federli bir parçada hava tahliye olmaz.

Genelde hava tahliyesi ara kesitten yapılır. Konstrüksiyonu erimiş haldeki

plastığın arasında (iki taraftan giriş v.s.) kalmıyorsa, bu durumda hava tahliyesi ara kesitten yapılır. Bilhassa yeni kalıplarda hava tahliyesi çok önem kazanır. Zira ilk anda parçalar birbirine tam intibak etmiştir. Zamanla kalıbın sürtünmeyle meydana gelen aşınmasında hava tahliyesi daha kolaylaşır, ama kalıbın konstrüksiyonu esnasında tahliye muhakkak düşünülmelidir. Bu tahliye kanalları boyutlandırılırken, havanın geçeceği ama plastiğin (erimiş haldeki) geçemeyeceği şekilde düşünülmelidir. Aksi halde çapak teşekkül eder. Kanalin yüksekliği kullanılan plastiğe bağlıdır, buna ait değerler aşağıdaki gibidir [5].

Malzeme	Kanal Yüksekliği.	Malzeme	Kanal Yüksekliği
PE	0,02	POM	0,01-0,03
PP	0,01-0,02	PA	0,01-0,03
PS	0,02	GF-PA	0,01-0,03
ŞB	0,03	PBTB	0,01-0,03
ABS	0,03	PC	0,01-0,03
SAN	0,03		

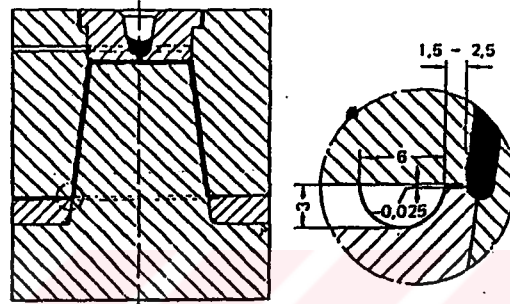
Çok gözlü kalıplarda hava tahliyesi sadece form veren bölümde değil aynı zamanda, yolluk civarında da düşünmek gerekir. Akış halindeki plastiğin önünde ne kadar az hava olursa malzemenin yanma ihtimali de o kadar az olur. Bu durumda plastiğin uçlarının da birbirine kaynaması iyi olur. Hava kolay tahliye olursa pek tabi karşı basınç olmadığından malzeme daha iyi dolar. Bu bilhassa ince cidarlı malzemelerde çok önemlidir.



Şekil 3.25 Çevre kısmi tahliye kanalları

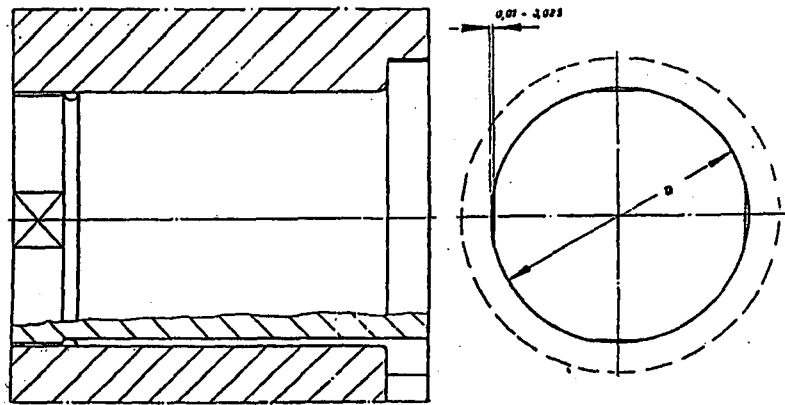
Bazen şekil 3.25'de görüldüğü gibi ayrılma yüzeyinde 0,01 ile 0,04 mm değerlerinde ve 30 mm uzunluğunda kanallar açılır ve bunlar daha geniş dış kanallara bağlanır, bu suretle de hava hemen tahliye olur.

Daha iyisi şekil 3.26'da görüldüğü gibi bütün çevrede tahliye kanalı açılabilir ve bu da daha geniş bir kanalla dışa bağlanır.



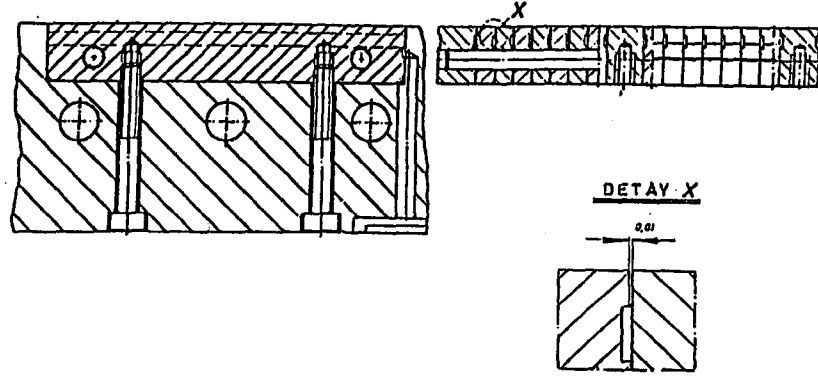
Şekil 3.26 Çevrede tahliye kanalı

Bazen kalıp direk şekil veren bölgelerde tahliye edilebilir, bunun en iyi çözümü iticilerdir. Ayrıca bir delik bir erkekle kapatılıp şekil boşluğu yaratılmışsa (şekil 3.27) bu durumda şekilde görüldüğü gibi 0,01÷ 0,025 derinliğinde taşlanır.



Şekil 3.27 Şekil boşluğu yaratılarak oluşturulan tahliye kanalı

Büyük parçalarda, bir bölüm lamellerden yapılır ve tahliye şekil 3.28'de gösterildiği gibi yapılır.



Şekil 3.28 Lamelli konstrüksiyonda tahliye

En önemli şey tahliye kanallarının düzlem üzerinde iz bırakmamasıdır. Lamel paketlerinden yapılmış kalıpların iyi soğutulamayacağı nazarı itibare alınmalıdır. Ayrıca hava tahliyesi esnasında, gazlar sıcak ve hızlı olduğu için tahliye esnasında korozyon olabilir. Bu durum göze alınırsa korozyona dayanıklı malzeme seçilmelidir [2,3].

3.4. Kalıpların Isıtma ve Soğutulma Sistemleri

Plastik kalıpların ısıtılması ve soğutulması, kalıplanan parçanın kaliteli ve kalıplamanın ekonomik olmasını sağlar. En etkili kalıp ısıtma ve soğutma metotları, dişi kalıp, erkek kalıp veya maça (dalıcı) içerisine soğutucu dolaşımını sağlayabilecek kanalların açılması ile elde edilmektedir. Dişi kalıp ve erkek kalıp içerisine açılacak ısıtma ve soğutma kanalları, kalıplama yüzeyinden uygun uzaklıkta ve kalıbın çatlamasına sebep olmayacak şekilde oluşturulması gerekmektedir.

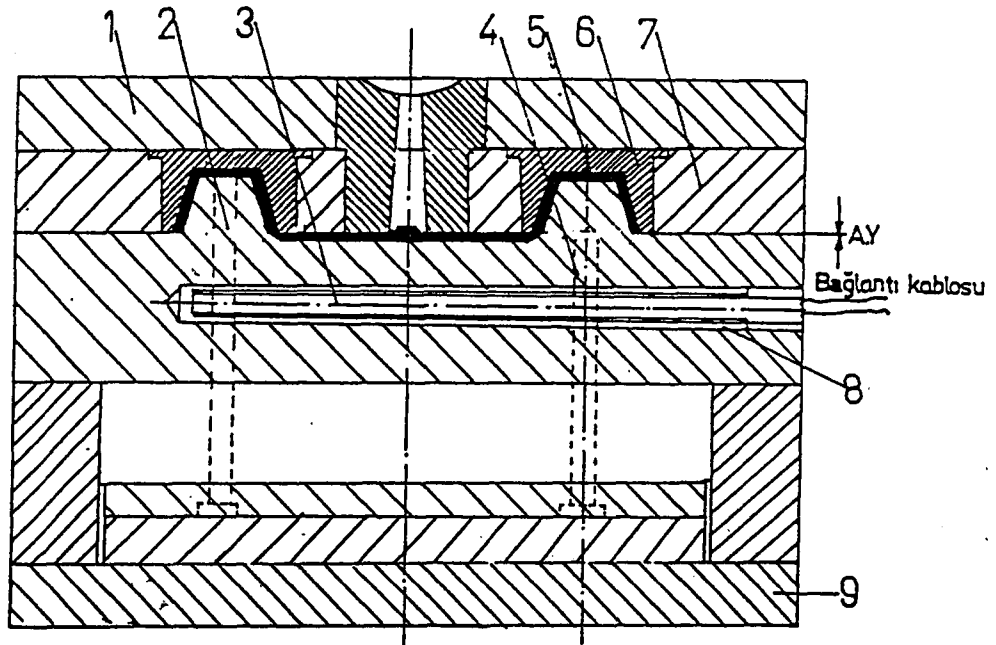
Enjeksiyon kalıplama metodunda, plastik madde daha önce ısıtıldığından, kalıp içerisinde yeniden ısıtmaya gerek yoktur. Ancak kalıplama süresince, enjektör memesinden kalıp boşluğunun dolmasına kadar geçen zaman içerisinde meydana gelen ısı kaybını önleyici sistem düşünülmelidir.

Özellikle büyük kalıplarda tercih edilen, "Sıcak yolluklu kalıp" düzeninde amaç, yolluk içerisindeki eriyiğin katılaşarak her kalıplama sonunda hurdaya ayrılması yerine, sürekli sıcaklığının muhafaza edilmesi olduğu için, kalıbın ısıtılması bu tür kalıp çeşitlerinde etkin olarak kullanılmaktadır. Bu ve benzeri kalıplama işlemlerinde, kalıbın uygun şekilde soğutulması ve parçanın şekil değiştirmeden çıkartılması da önem taşımaktadır.

3.4.1. Kalıpların Isıtılması

Plastik kalıpları genellikle elektrikli, kızgın buharlı (sitemli) ve sıcak yağlı sistemlerle ısıtılırlar. En iyi ve temiz kalıp ısıtma sistemi elektrikli ısıtmadır. Kullanma kolaylığı bakımından en çok uygulanan sistem olmasına rağmen kalıp maliyetini diğer ısıtma sistemlerine oranla daha fazla artırırlar.

Kalınlığı fazla olan erkek ve dişi kalıplardaki ısıtıcı kanallar, kalıplama yüzeyine çok fazla yakın olmamakla kaydı ile kalıp yarıları içine açılırlar.



Şekil 3.29 Isıtma kanallı enjeksiyon kalıbı

Et kalınlığı az olan kalıplardaki ısıtıcı kanallar doğrudan doğruya kalıp destek plakalarına veya kalıp sıkıştırma plakalarına açılırlar. Bu sistemdeki kusurlardan birisi de kalıp bağlandıktan sonra kalıbın ısınması ve kalıp sökülmeden önce soğuması için uzun süre beklenilmek zorunda olunmasıdır. Şekil 3.29'da ısıtma kanallı bir enjeksiyon kalıbı görülmektedir[6].

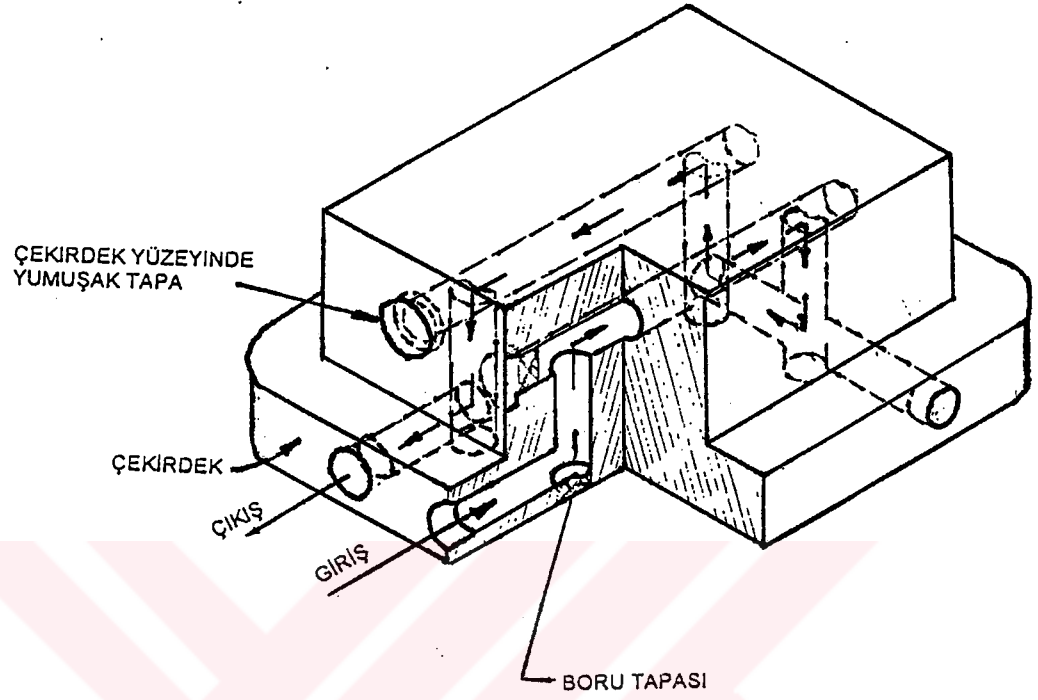
Bu kalıpta elektrikli ısıtma sistemi kullanılmıştır. Şekilde, 1-Kalıp üst plakası, 2-Erkek kalıp, 3-Isıtıcılar, 4-İtici pimler, 5-Kalıplanan parça, 6-Dişi kalıp, 7-Dişi kalıp çerçevesi, 8-Isıtıcı kalıp çerçevesi, 9-Kalıp alt plakası, A.Y ise, ayrılma yüzeyidir.

3.4.2. Kalıpların Soğutulması

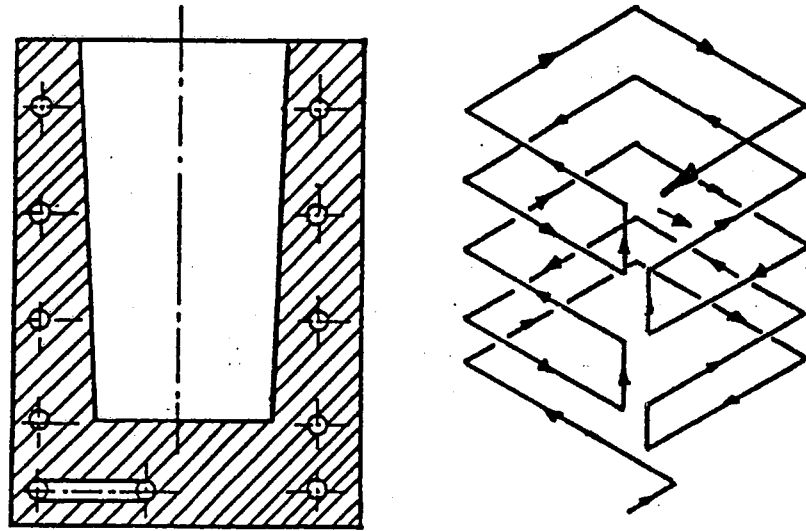
Kalıplama işlemi sırasında, özellikle termoplastiklerde, kalıbın içine malzeme gönderildikten sonra sertleşmesini sağlamak için soğutulması gerekir. Bu mekanizmanın daha sağlıklı ve daha hızlı gerçekleşmesi için kalıbın soğutulması sağlıklı bir şekilde yapılmalıdır. Soğutulmuş bir kalıbın sıcak plastik malzeme ile arasındaki sıcaklık farkı daha fazla olacağından ısı iletimi daha yüksek oranlarda ve daha hızlı olacaktır. Bu amaçla kalıp içine kanallar açılarak bu kanallarda 24-55 °C arasında su dolaştırılır.

Şekil 3.30'da içi boş kutu şeklindeki parçalara ait kalıpların en basit soğutma düzeni görülmektedir. Burada da görüldüğü gibi su kanalları mümkün olduğu kadar yüzeye yakın tutulmuştur.

Enjeksiyon kalıplarında soğutma sıvısı olarak genellikle su kullanılır. Kalıp yarıları içerisine açılan kanallardan geçiş yapan suyun birleşim yerlerinden kalıp içine dağılmasını önlemek için delikleri kör tapa ile kapatmak gerekir. Kalıp takfiye plakaları arasındaki su sızıntıları da dairesel kesitli sızdırmazlık elemanları ile önlenir.



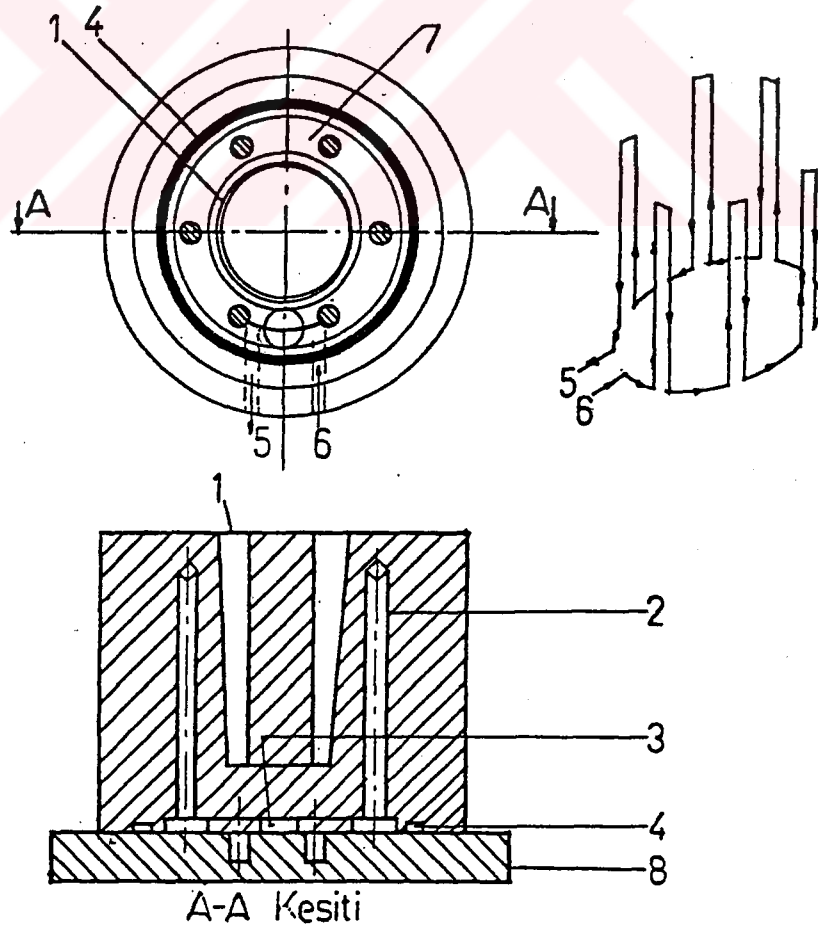
Şekil 3.30 Basit bir soğutma sisteminin görünüşü



Şekil 3.31 Kalıp içinde soğutma kanallarının dolaşım şekli

Bitmiş iş parçasının üzerinde kabarcık, gerginlik, sıkışma gibi istenmeyen durumları önlemek için sıcaklık çok iyi kontrol edilmelidir.

Soğutma suyu sıcaklığı aralığı, kullanılan termoplastik malzemenin cinsine bağlı olarak değişmektedir. Küçük kalıplar için soğutma suyu kanalları çapı 14 mm. ve aralarındaki uzaklık 60 mm. olmalıdır. Soğutma suyu giriş ve çıkışlarını düzenlemek, tapa ve nipelleri yerleştirmek için delik uçlarına 19 mm. rekor yerleştirilmelidir. Büyük kalıplar için su kanallarının aralıkları 100 mm. ve çapları 17 mm.'dir. Uçlarına 12,7 mm. rekor takılmalıdır. Büyük su plakaları bulunan kalıplarda, büyük dişi kalıplarda ve büyük çerçevelerde, kanal delikleri 17,5 mm. matkapla delinir. Küçük kalıplarda ise 14 mm. matkap ucu kullanılır. Bu çapların seçilme sebebi, standart olarak her yerde bulabileceğimiz tapa ve rekorlar kullanabilmek içindir. Kanallar genellikle çerçeve veya dişi kalıp bloklarına delinirler.



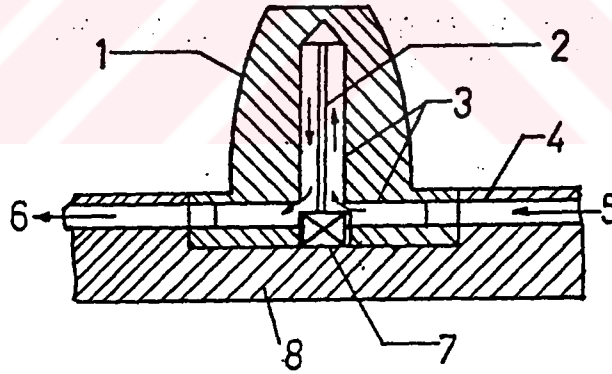
Şekil 3.32 Yüksek bir kalıptaki soğutma sistemi

Böylece su değişik seviyelere inme imkanı bularak daha iyi ve dengeli bir soğutma sağlar.

Bu şekilde üretilen parça üzerinde oluşabilecek çarpılma ve iç gerilmeyi artırıcı etkiler ortadan kaldırılmış olur. Şekil 3.31 ve şekil 3.32'de büyük parçaların kalıplarının soğutulmasında kullanılan sistemler görülmektedir.

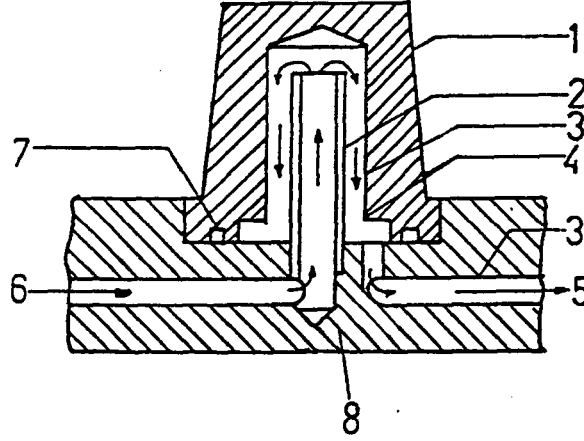
Şekil 3.32'de: 1-Dişi kalıp plakası(bloğu), 2-Soğutma kanalı, 3-Tapa, 4-Sızdırmazlık contası, 5-Soğutucu çıkışı, 6-Soğutma sistemi girişi, 7-Dairesel kanal ve 8-Kalıp destek plakasıdır.

Maça veya dalıcıların soğutulmasında kullanılan soğutucu kanalının bağlama plakasından geçerek doğruca dalıcıya vidalanması şekil 3.33'de gösterilmiştir.



Şekil 3.33 Dalıcıların soğutulması

Şekil 3.33'de, 1-maça veya dalıcı, 2-perde, 3-Delinmiş kanallar, 4-Boru, 5-Giriş tarafı, 6-Çıkış tarafı, 7-Boru tapası, 8-Kalıp destek plakasıdır. Çeşme tipi soğutmada, kalıp çevresine bir soğutma kanalı yerleştirilir. Bu kanal maça veya dalıcının içine doğru uzanır. Soğutma sıvısı, bu kanal içerisinden akar, daha sonra maça içindeki kanalları dolaşarak dışarıya çıkar. Şekil 3.34 de çeşme tipi bir soğutma sistemi ve şekil 3.35'de ise bu sistemin üç plakalı kalıpta kullanımı gösterilmiştir.



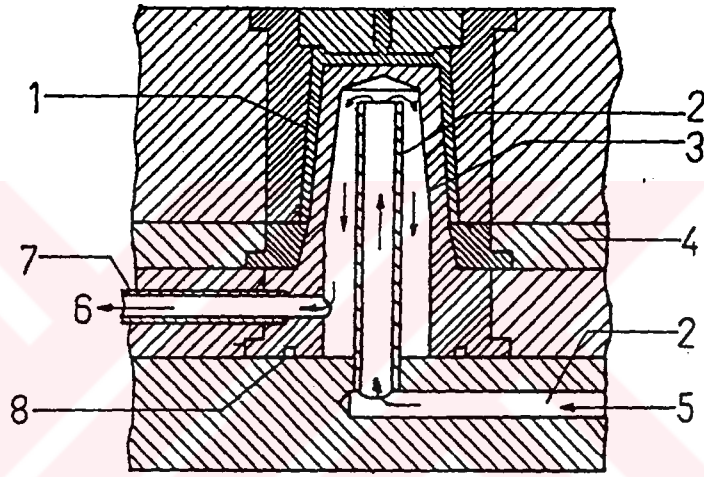
Şekil 3.34 Çeşme tipi soğutma sisteminin maça soğutulmasında kullanılışı

Şekil 3.34'de 1-Maça, 2-Perde, 3-Delinmiş kanallar, 4-Silindirik havşa, 5-Çıkış tarafı, 6-Giriş tarafı, 7-sızdırmazlık elemanı ve 8-Kalıp destek plakasıdır. Burada, giriş kanalından kalıp plakasına giren soğutma sıvısı, maça içine açılmış kanala bir boru vasıtası ile götürülerek, buradan çıkan sıvının boru ile kanal arasından dönüş kanalına ulaşması sağlanmıştır [3].

Su soğutmalı kalıp tasarımında uyulması gereken önemli kuralları şu şekilde sıralayabiliriz:

- Soğutma kanalları, kalıplama yüzeyine mümkün olduğu kadar yakın olmalıdır. Çünkü bu, kalıbın soğutulmasını kolaylaştırır. Fakat devamlı değişen sıcaklık sebebi ile kalıp yüzeyinde çatlama olabileceği göz önüne alınarak bu mesafe ayarlanmalıdır.
- Kalıp içinde dolaşan soğutma sıvısı, üretimi maksimum seviyede, kalıbı ise istenen sıcaklıkta tutabilecek miktarda olmalıdır.
- Soğutma sıvısının giriş ve çıkışlarını sağlayan bağlantı kanallarının ölçüleri, basınçlı sıvının dolaşımına uygun olmalıdır.

- Su ile soğutmada, suyun kalıba giriş sıcaklığı ile çıkış sıcaklığı arasındaki fark çok fazla olmamalıdır. Isı farkının fazla olması halinde kalıplanan parça homojen şekilde sertleşmez. Özellikle büyük ve detaylı parçaların kalıplanmasında, soğutma sıvısının daha sıcak olduğu kanallar civarında parça, daha soğuk olan kanal civarındaki sertliğe ulaşamadığından, kalıptan çıkarılması sırasında çarpılmalara sebep olabilir.



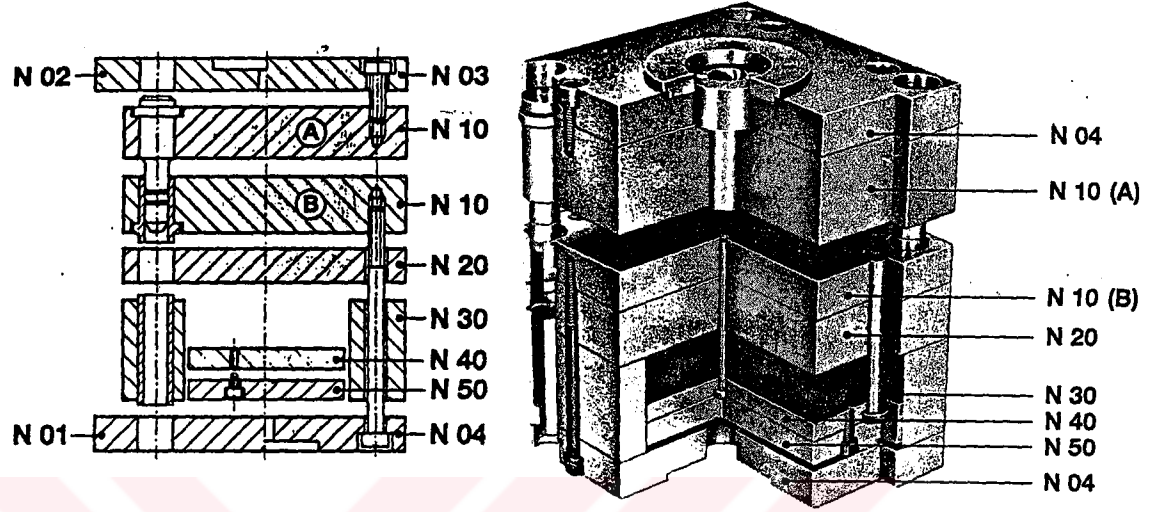
Şekil 3.35 Üç plakalı bir kalıpta çeşme tipi soğutma kanallarının görünüşü

Şekil 3.35'de 1-Kalıplanacak parça, 2-Boru, 3-Delinmiş kanal, 4-Ayırma plakası, 5-Soğutma kanalı girişi, 6-Soğutucu çıkışı, 7-Boru, 8-Sızdırmazlık contasıdır. Böylece maça kalıp içerinde soğutma suyu şekildeki gibi dolaştırılarak parça içine doğru girmiş bulunan maça kalıp soğutulmuş olur.

3.5 Standart Kalıp Setleri

Plastik enjeksiyon işleminde kullanılan kalıplar, üretilecek parçanın şeklini, ölçülerini ve bütün özelliklerini belirleyen en önemli eleman olmalarına rağmen, enjeksiyon makinası ile tek başlarına kullanılamazlar. Kalıbın enjeksiyon makinasına bağlanması, kalıbın açılarak kapanması, kalıp açıldıktan sonra parçanın ve yollukların sökülmesi gibi kalıplama

fonksiyonlarının yerine getirilmesi, kalıp elemanları olarak adlandırılan ve genellikle her kalıpta kullanılan takımlar tarafından sağlanır [7].



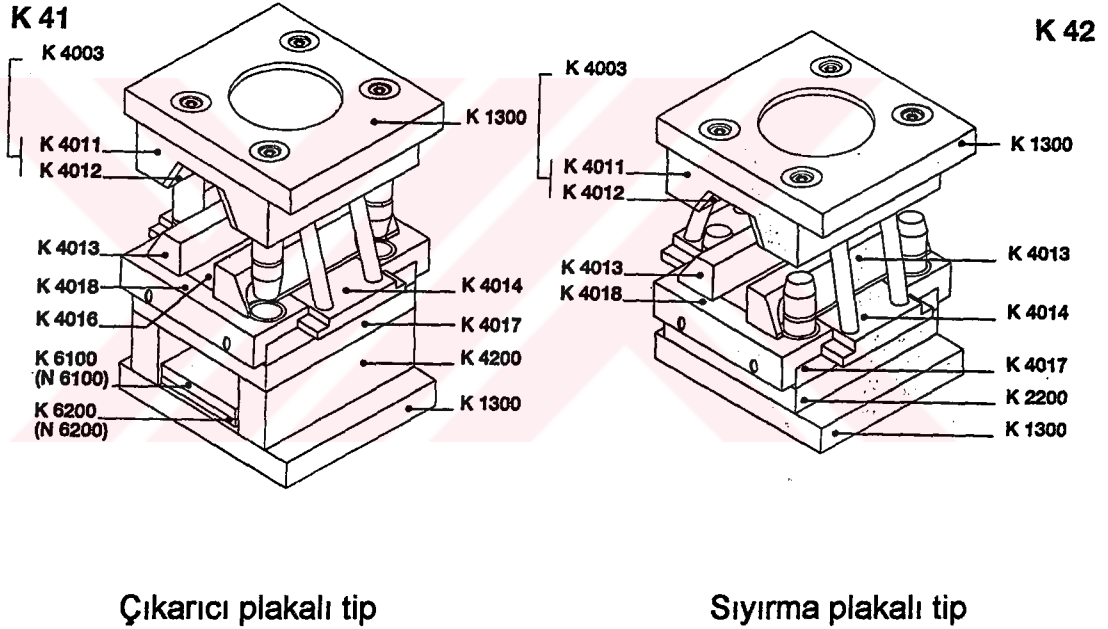
Şekil 3.36 Kalıp kesit resmi

Kalıplamada kullanılan elmanlar, kalıp imalatçısı firmalar tarafından, ihtiyaç duyulduğunda kolayca elde edilebilmesi için en çok kullanılan değerler göz önüne alınarak standartlaştırılmışlardır. Kalıbın bağlandığı kalıp gövdesi, itici pimler, kılavuz pimleri, burçlar, destek blokları, ve diğer kalıplama elemanları belirli büyüklüklerde sınıflandırılarak, düzenlenen kataloglar ile kalıpcılara sunulmaktadır.

Enjeksiyon işleminde genelde kalıplar, aksenel yönde açılan dişi ve erkek kalıp çifti ve iki plakalı kalıp için standart olan elemanlardan oluşur. Yine aynı şekilde dişi ve erkek kalıbın yana doğru kayarak açıldıkları enjeksiyon kalıpları için de standartlaşmış elemanlar söz konusudur. Bu doğrultuda kalıp katalogları oluşturularak bu kataloglarda her kalıp tipi için standart elemanlar imal edilerek kullanıma hazır hale getirilmişlerdir[6,7].

Aşağıda kalıp imalatçısının, (D-M-E firması) plastik kalıplar için düzenlediği kalıp kataloğunda hangi tip kalıplar için nasıl standart kalıp setleri oluşturulduğu anlatılmaya çalışılmıştır.

“B” tipi kalıp setinde plakalar monte edilmiş ve üst ve alt tablalar bağlanmıştır. “R” tipi kalıp setinde “B” tipi kalıp gövdesi, 4 adet dönüş pimi içermektedir. “SF” tipi kalıp setinde “R” tipi kalıp gövdesine yolluk burcu, sabitleme bileziği, ve yolluk itici pimi ilave edilmiştir. “S” tipi sette sadece 2 adet kalıp plakası (“A” ve “B” plakaları) ve 3 +1 kılavuz pimi mevcuttur. “SO” tipi sette “S” setindeki kalıp plakalarına vidalı delik açılmıştır(Şekil 3.37)[7]. Katalokta plastik enjeksiyon kalıp seti olarak yer verilen diğer bir önemli kalıp seti de kayar maça kalıplı setlerdir. (Şekil 3.38) Kayar maçalı setler de “Çıkarıcı plakalı tip” (K41) ve “sıyırma plakalı tip” (K42) olmak üzere iki çeşit olarak verilmiştir.

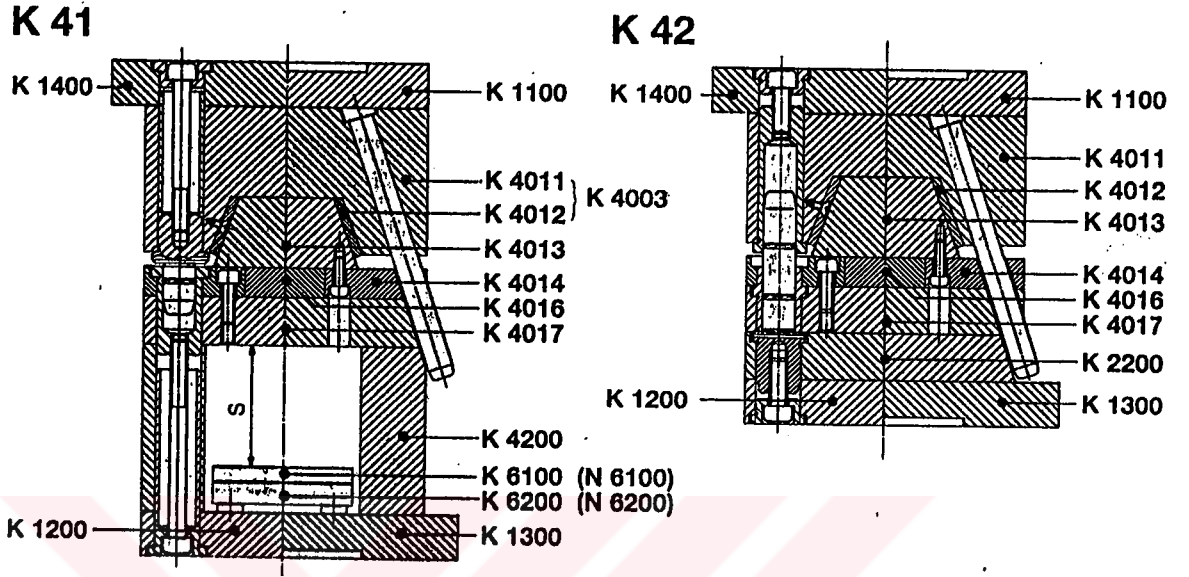


Şekil 3.38 Standart kayar maçalı kalıp çeşitleri

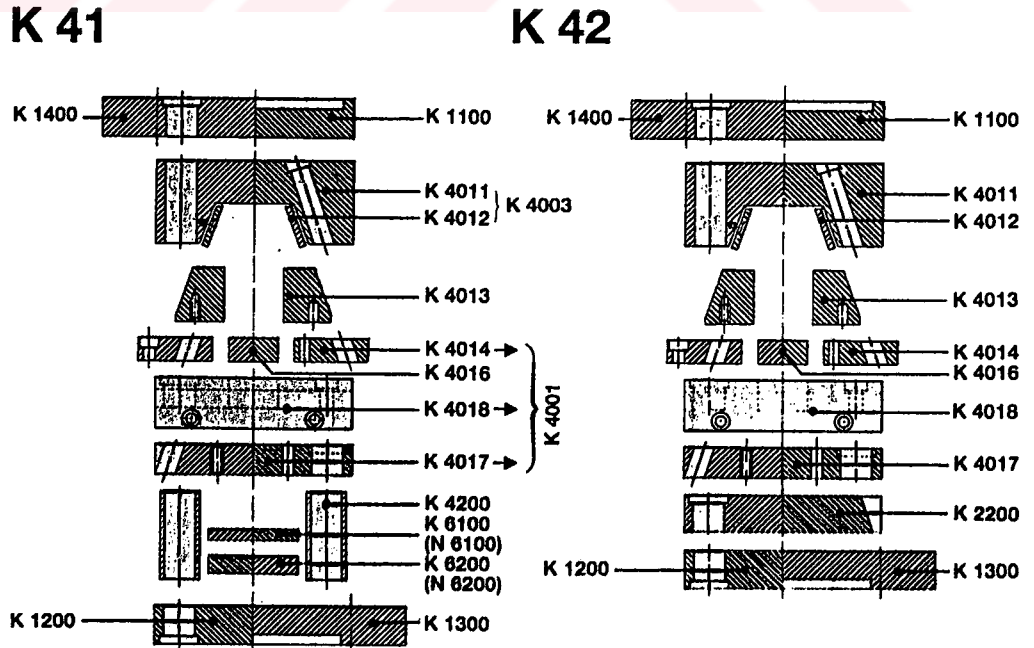
Çıkarıcı plakalı kalıp setinde, yaygın olarak kullanılan itici ve itici tespit plakası mevcut olup, Avrupa tip sabitleme pimleri ve yolluk burcu kullanılmıştır. Pimler sabit bölüme yerleştirilmişlerdir.

Sıyırma plakalı kalıp setinde, yaygın olarak, sökme plakası kullanılmaktadır. Bu kalıp setinde, kayar maça kalıp açıldıktan sonra parça sıyrılır. Avrupa tipi sabitleme kullanılır fakat bu sette, sabitlenmiş pimler hareketli kısma tespit edilmişlerdir. Şekil 3.39 ve şekil 3.40’da çıkarıcı plakalı (K 41) ve

sıyırma plakalı (K 42) tip kayar maça kalıplı setlerin montaj ve parçalı şekilleri görülmektedir[7].



Şekil 3.39 Standart kayar maçalı kalıp setleri



Şekil 3.40 Standart kalıp seti parçalı görünüşleri

Şekil 3.39 ve şekil 3.40'daki parçalar: K1100 Yerleştirme bileziğini içeren enjeksiyon merkezleme plakası, K1200 sıkıştırma plakası, K4011 üst destek plakası, K4012 aşınma önleyici, K4013 ayrılmış boşluk blokları, K4014 kılavuz bloklar, K4016 Maça sütunu (desteği), K4017 Üst plaka, K4018 kızaklar, K4200 kolonlar, K6100 Çıkarıcı tespit plakası, K6200 Çıkarıcı plakası ve K2200 ise destek plakasıdır. Standart kalıp seti kataloğunda bu parçalar değişik ölçülerde verilmişlerdir. Ayrıca standart olan diğer bütün kalıp ekipmanları (itici pimler, kılavuz pimleri, burçlar, kalıp bağlama elemanları, kalıp ısıtıcıları, ..vb.) kataloklarda verilmiştir.



BÖLÜM 4.

KALIP VE ÜRÜN KARAKTERİSTİKLERİ

Ürünün tasarlanması aşamasında kalıplanacak parça önce prototip olarak oluşturulur. Daha sonra parça resmi çizilir. Parçanın teknik resmi, kalıp yapımı öncesi bir takım değişikliklerin en kolayca irdelenerek yapılabileceği aşamadır. Bu şekilde hem ürünün montaj resmi, hemde tamamlanmış ürün prototipi yardımı ile parçanın yerine getirmesi istenilen fonksiyonları not edilerek kalıp detayları oluşturulur.

4.1. Malzeme Seçimi

Kalıp dizaynı, zamanla sadece malzemenin karakteristik özelliklerinin iyi kullanılmasını değil aynı zamanda imalatın, istenileni en iyi şekilde üretecek seviyede yapılabilmesini sağlamıştır. Bu gelişmeler ile birlikte satıcıların benzer malzemeler, bunların işlenmesi ve benzeri teknik konularda tavsiyeleri ileride kalıp yapımında kullanılan malzemeler konusunda anlatılacaktır.

4.2. Çekme (Büzülme)

Parçanın kalıplama sonucunda istenen boyutlarda olabilmesi için dikkat edilecek en önemli konulardan birisidir. Genellikle çekme miktarı hakkındaki tahminler, malzeme üreticilerinin sağladığı bilgilere bakılarak yapılır. Bu bilgiler, ASTM standartlarına göre kalıplanmış deney çubuklarından elde edilirler.

Test çubuğu özel bir basınç, kalıp sıcaklığı, erime sıcaklığı ve oluşma

zamanında kalıplanır. Test çubuğunun kalınlığı 3,175 mm. dir. Bununla birlikte, kalıplanmış parçalar çok nadir olarak kullanılan test blokları (çubukları) ile aynı veya benzer şartlarda üretilirler. Çok küçük toleranslı hashas parçalar için malzeme üreticileri tarafından test çubuklarından saptanan ve bilgi olarak verilenler yetersizdir. Bu nedenle özel parçalarda, daha büyük bir yaklaşıklıkla istenen boyutlara ulaşılabilmek için, çekme olayına etki eden bütün faktörleri çok iyi bir şekilde bilmeliyiz.

Büzülme, yani çekme çok geniş ölçüde kalıp içi basıncından etkilenir. Kalıp boşluğu boyunca basınca bağlı olarak çekme % 2'lere kadar çıkabilir.

Parça kalınlığı, çekme miktarında değişikliğe sebep olacaktır. 3,175 mm. veya daha kalın parçalardaki kendini çekme miktarı, 1,27 mm. veya daha ince parçaların daha düşük seviyelerdeki kendini çekme miktarından daha düşük olacaktır.

Kalıp ve erime sıcaklığı da büzülmeyi etkiler. Daha soğuk bir kalıp, daha küçük bir büzülme getirecektir. Bunun yanında kalıplamada kullanılan plastik malzemenin erime noktası arttıkça kalıplama sırasında daha büyük büzülmeler ortaya çıkacaktır.

Kalıp içinde kalma süresi arttıkça çekme miktarı azalır ve üretilecek parça, kalıp boyutlarına daha yakın çıkar.

Parça içindeki delikler, açıklıklar ve kesit değişimleri, parçanın katılaşma sırasında düzensiz soğumaya neden olacaktır. Bu sebeple kalıp içinde düzensiz soğuma sonucu bölgeden bölgeye farklı çekmeler ortaya çıkacaktır. Geniş büyüklükteki yolluk boğazları, daha az büzülmeye izin verdiğinden, daha yüksek kalıplama basınçlarına imkan sağlar.

Genel olarak çekme problemi şu kategorilere ayrılmıştır:

1. Çekme oranı %0,8 veya daha aşağı olan malzemelerde problemin

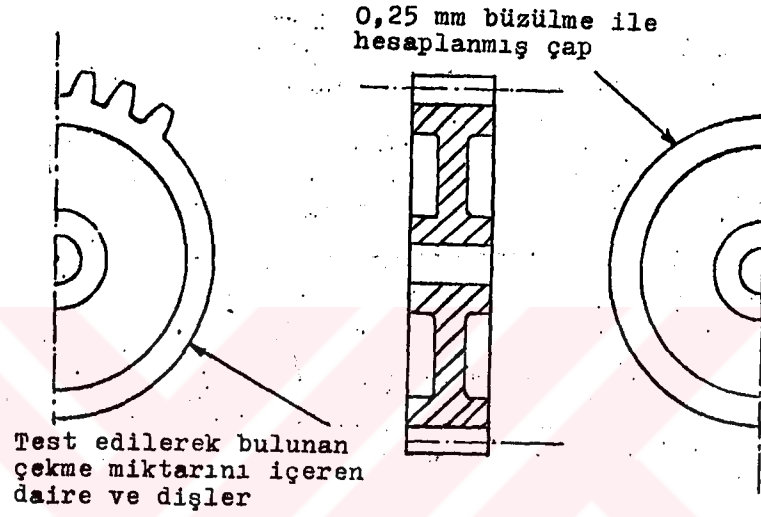
çözümü, kalıp basıncı, boşluk basıncı, erime sıcaklığı yada son dolum ile ilgili parametreler ile kolayca çözümlenebilir. Çekme oranının düşük olması çözümün kolay olmasını sağlar.

2. Çekme oranı yüksek malzemelerde (% 1'in üzerinde) merkezi yolluk sistemine göre kalıplanan parça simetrik bir dizayna sahip ise yine kalıplama parametreleri ile çekme olayı kontrol altına alınabilir.
3. Yüksek çekme oranına sahip malzemeden yapılmış, simetrik fakat yolluğu merkezde olmayan parçalarda, çekmenin azaltılması için, merkeze çok yakın çok yolluklu (3, 4 yada 6) beslemeye yaklaşılmalıdır. Bu durumda çekmenin makul seviyelerde tutulması oldukça güçtür, fakat başarılı olma şansı vardır.
4. Büyük problem, yüksek büzülme özelliklerine sahip malzemelerde ortaya çıkar. Bu tür malzemelerin kullanıldığı kalıpların çoğunda, malzeme üreticileri hem makul seviyede çekme bilgisi sağlamak için bütün mevcut faktörlerin çizildiği ve düzenlendiği monogramlar hazırlarlar, hem de ara değerlerin karşılaştırılabilmesi için gerçek çekme bilgileri ve kalıplama parametrelerine sahip örnekler gösterirler. Çok yüksek çekme oranlarına sahip malzemeler ile (naylon, polietilen, asetal gibi) kenar yada uçtan yolluklu kalıplamalarda, akış yönlerinde ve akışa dik daha küçük bölgelerde daha büyük çekmeler görülür.

Eğer çekme bilgilerinin tekrar gözden geçirilmesinde hala kesin boyutlar ile ilgili şüphe varsa, kesin çekme bilgilerinin saptanması için tek yol vardır: Prototip. Bu metotda tek kalıp boşluğu imal edilir, ve kritik boyutlar (testten sonra düzeltilen) incelenir. Prototip kalıp en az birbuçuk saat ve aynı şartlar altında işleme tabi tutulmalıdır. Üretilen numune parçalardan işlemdeki sadece son altı parça boyutlandırma için kullanılmalıdır. En iyi boyutlandırma, oda sıcaklığında 24 saat bekletildikten sonra yapılır. Test parçasının sonuçlarından yararlanılarak gerekli pim büyüklükleri kontrol edilmelidir. Küçük toleranslı deliklerin yerleştirilmesinde, boyutların hesaplanması ile ilgili delik derinlikleri ve pimlerin çalışması için basit bir prototip yapılabilir. Deliklerin ve pimlerin yerlerinin saptanmasından sonra

deliklerin etrafını tamamen çeviren omuz pimleri tarafından iyice sabitlik sağlanır.

Yüksek çekme oranlarına sahip malzemelerle kalıplama yapıldığında, dişliler prototip sistemde yapılmalıdır. Aşağıdaki dişli kalıplama metodu yaklaşık 200 farklı dişli üzerinde başarı ile uygulanmıştır:



Şekil 4.1 Dişli kalıbının oluşturulması

Kalıp, dişler hariç tamamen yapılır. Diş boşluklarının dış çapı 0,25 mm. ana taksimat dairesinden daha küçük yapılır. Bu, hesaplanmış çekmeyi içeren çaptır. Boşluk kalıplanır ve gerçek çekme buradan hesaplanır. Bir sonraki adım dişli dişlerini şekillendirmek için çekme bilgilerinin kullanılmasıdır. Yeniden elde edilen diş şekli, kalıba işlenir(Şekil 4.1)[4].

Bir parça, birkaç boyut üzerinde çok küçük toleranslar gerektiriyorsa, bu, saptanan çekme metotları üzerinde müşterek karar veren ve çekme faktörlerinin hepsini değerlendiren alet dizaynırları kadar, üretim dizaynırları da sorumluluğa ortak eder.

4.3. Kalıplama Sonrası Çekme

Önceden, çekme sonuçlarını kontrol etmek için, prototip parçalarının

ölçümlerinin, kalıplamadan 24 saat sonra yapılması önerilirdi. Acetal, nylon, termoplastik poliester, polietilen ve polipropilen gibi kristalin termoplastiklerde nihai büzülme, günler, haftalar, aylar ve hatta bir yıl kadar sürebilmektedir. Kalıplamadan bir saat sonra not edilen çekme, toplam çekmenin %75-95'i kadar olabilir. Bir çok malzeme üreticisi tarafından derlenen bilgilere göre çekme (büzülme), kalıp sıcaklığı, parça kalınlığı, enjeksiyon basıncı ve erime sıcaklığının fonksiyonudur.

Kalıplama sonrası büzülmenin sebebi, büzülmenin tamamlandığı denge noktasına kadar olan moleküler yeniden düzenlenme ve gerilme dinlenmesinin devam etmesidir. Bu moleküler yeniden düzenlenme ve iç gerilim kalıplama şartları tarafından oluşturulurlar. En kısa zamanda, en uygun nihai büzülmeye ulaşılan şartlar; yüksek kalıp sıcaklığında daha düşük hızda malzemenin donduğu kalıplama şartlarında gerçekleşir. Her malzeme, zamanın bir fonksiyonu olan kendine özgü bir kalıplama sonrası büzülme hızına sahiptir. Değişken parça kalınlıkları ve değişken kalıp sıcaklıkları için, zamanın fonksiyonu olan büzülme hızı eğrileri, malzeme satıcılarında mevcuttur.

Kalıplama işleminde üst kalıplama sıcaklık aralığı uygulandığında, kalıplanan parçada, kalıptan ayrıldıktan sonraki en kısa zamanda büzülmenin duracağı şartlar oluşturulmuş olur. Parçanın daha yavaş soğutulması makbuldür. İnce parçalar, kalınlıklarına göre çok geniş bir soğuma yüzeyine sahip olduklarından, daha yüksek soğuma hızına sahiptir. Sonuç olarak daha uzun büzülme zamanları vardır. Kalıplama sonrası çekme problemi, kristalin yada yarı kristalin plastiklerde vardır.

Üretimin ana hatları, son kullanım ve montajı, kalıplama sonrası büzülmenin ne derece saptanacağını ve potansiyel problemleri çözmek için hangi adımların izleneceğini belirler.

Bir çok kritik parçada, mümkün olan boyutsal değişiklikleri sağlamak için,

tavlama, basma-bırakma işlemlerine gerek duyulabilir. Her kristalin malzemenin, farklı kalıplama sorası çekme hızı olduğu hatırlanmalıdır[4,5].

4.4. Akış Uzunluğu

Malzemenin enjeksiyon makinası memesinden, kalıp boşluğunun en uç noktasına kadar olan akış yolu boyunca geniş ölçüde kalıp sıcaklığı hüküm sürecektir. Böylece kısa akışlar (75 mm.'den kısa olan) soğuk kalıplama olarak adlandırılacaklardır. Oysa 150 mm.'den daha uzun akış boylarında üst sıcaklık aralığına ihtiyaç duyulacaktır[4].

4.5. Kalıp Sıcaklığı

Kalıp sıcaklığı sadece akış uzunluğu ile değil, aynı zamanda kaynak (birleşme) çizgilerinin dayanımı, kalıp gerilmelerinin seviyesi ve kalıp görünüşü ile de ilgilidir. Daha yüksek sıcaklık, daha mukavim kaynak çizgileri, daha düşük gerilme seviyeleri, daha parlak görünüş ve daha derin batmalar verir.

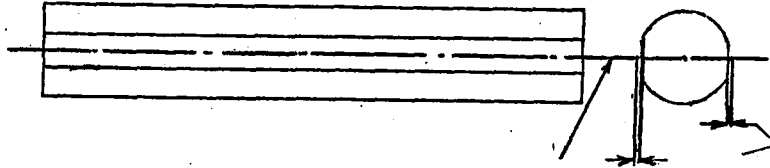
4.6. Kalıplama Sırasında Oluşan Gerilmeler

Kalıplama sırasında oluşan gerilmeler, yolluk boğazı civarlarında, girişlerde, deliklerde, keskin iç köşelerde, keskin kesit değişimlerinin olduğu geçişlerinde ve kaynak çizgilerinde yoğunlaşmıştır. Bu gerilim altındaki alanların dayanımlarında gerilme seviyelerine göre büyük azalmalar (% 10-20) olur. Gerilmelerin yoğun olduğu bu bölgelere kuvvet, sıcaklık, basınç uygulanmadığı gibi kimyasal ve ultraviyole etkimesine de izin verilmez.

4.7. Bölüm Yüzeyi

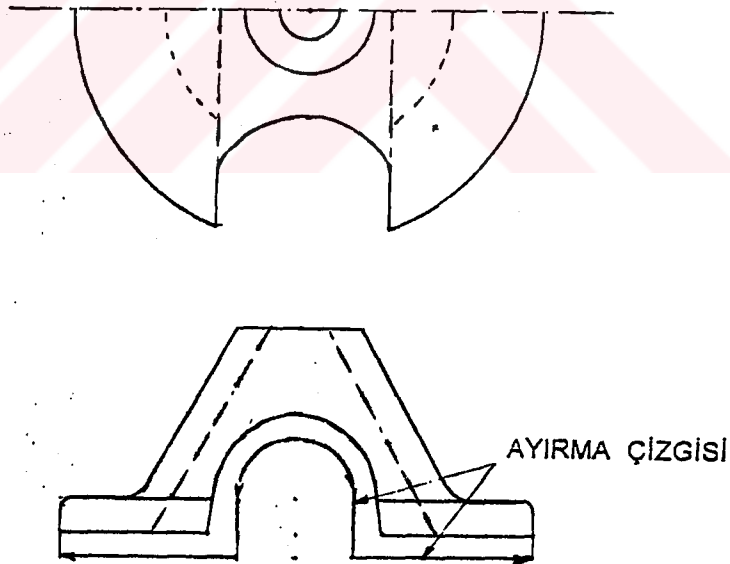
Bölüm çizgisi, parçanın fonksiyonuna ve özelliklerine bağlıdır. Örnek olarak,

eğer bir parça yatak içinde şaft olarak çalışıyorsa, gelişi güzel bölüm çizgisine izin verilmemelidir. Bununla birlikte bu iz küçültülmeye çalışılmalıdır. Diğer bir çözüm de şekil 4.2'deki gibi paralel düzlemler de bölüm çizgisinin oluşturulmasıdır.



Şekil 4.2 İki yanında paralel düzlemleri bulunan şaft

Bölüm çizgisinin ille de düz olması gerekli değildir, kalıpların parçanın profil kesitine bağlıdır. Şekil 4.3'de düzensiz bir bölüm çizgisi görülmektedir. Genelde, bölüm çizgisi estetik olarak uyumsuzluğa sebep olsa da, el tutma yerleri gibi, parçalarda fonksiyonel olarak işe yararlar[4].



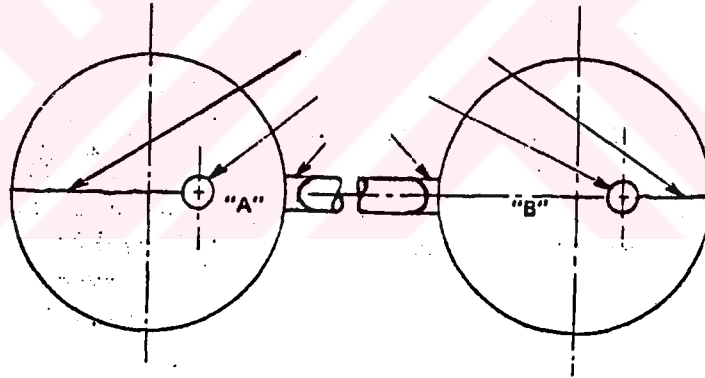
Şekil 4.3 Düzensiz bölüm çizgisi

4.8. Yolluk Girişinin Yerleştirilmesi ve Kaynak Çizgisi

Girişin kalıpta yerleştirilmesi sadece basınç değil, aynı zamanda parçanın görünüşü için de bir problemdir. Girişin en ağır kesite yerleştirilmesi tercih

edilir. Kaynak çizgilerinin mevcudiyeti ve görünüşü, kalıp dizaynı boyunca aklımızda bulunmalıdır. Çünkü, kaynak çizgileri kalıplanan parça üzerinde estetik olarak çatlak izi şeklinde bir iz bıraktığından ve parça dayanımı bu bölgelerde düşük olduğundan, dizayn aşamasında göz önünde bulundurulmalıdır.

Malzemenin kalıp boşluğuna girmesinden sonra, maça veya başka bir engele rastlaması sonucu ayrılan malzeme akışının, kalıbın içerisinde tekrar karşılaşarak birleşmeleri ile oluşan kaynak çizgileri, parça dayanımı üzerinde de farklı etkiler yapar. Şekil 4.4'de içerisinde delik bulunan iki parça dizaynında iki farklı giriş yerleşimi görülmektedir. Bunlardan "A" bölgesi girişin yerleşimi ve üzerinde kaynak çizgisi bulunmadığı için oldukça mukavim olacaktır. "B" alanı da aynı nedenlerden mukavim olacaktır[4].

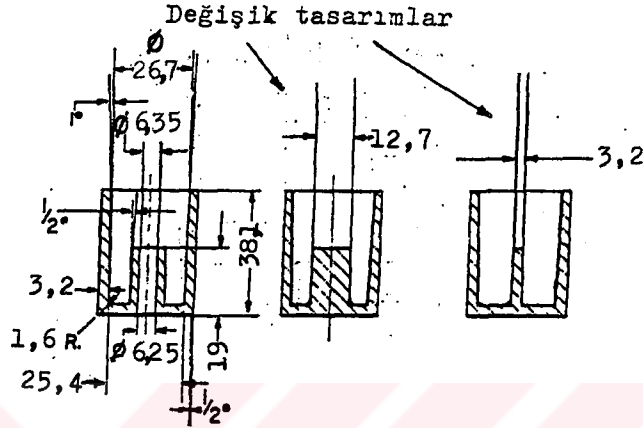


Şekil 4.4 Farklı yerlerden yolluk girişi yapılan, içinde delik bulunan parçada oluşan kaynak çizgileri

4.9. Eğim İlavesi

Belirtilmediğinde kalıpların birleşimi sırasında bir probleme sebep olmaması için, eğimler parça dizaynının dikkatine sunulmalıdır. Bazı durumlarda birçok eğim çizimdeki dik olarak görülen kenarlar üzerinde belirtilmelidir. İlgili her alan için eğim miktarı, parça çizimi üzerinde gösterilmelidir. Genelde

boyut olarak eğimler derece cinsinden belirtilirler. Çünkü her kenar için değişik eğimli standart freze bıçakları mevcuttur. Bu da kalıp için benzer eğimlerin kullanılmasını ekonomik yapar. Parçanın kalıptan çıkarılmasındaki güçlüğü, eğilmelere, uzamalara yada genelde ürünün kalitesini bozabilecek sonuçlara neden olacağı unutulmamalıdır. Parçanın kalıptan kolayca çıkarılabilmesi için, eğimler kalıplama işleminin en önemli ayrıntısıdır.



Şekil 4.5 Kalıbın uygun olarak eğimli yapılması

Düz deliklerin veya benzer konstrüksiyonların zorunlu olduğu haller vardır. Benzer durumlarda eğim için hazırlanmış normal toleranslar vardır. Şekil 4.5'de 6,35 mm. çapında ve 20 mm. derinliğindeki delik min. 6,22 ve max. 6,35 değerlere sahiptir. Alt kısmın 6,35 ve üst kısmın 6,25 olması için yapılacak kalıpta eğimler kendiliğinden oluşacaktır.

"Parçanın kolayca kalıptan çıkarılabilmesi için ne kadar eğim olmalıdır?" sorusu sorulabilir. Şimdi şekil 4.5'i inceleyelim ve kalıplama sırasındaki şartları analiz edelim. Kalıbın kapanmasının tamamlanması üzerine, katılaşmanın doğal sonucu olarak parça kendini çekecektir. Büzülme sonucunda, dışarıdan bir engelleme olmamasına rağmen kalıplanan parçanın dış boyutları kalıptan daha küçük olacaktır. Diğer taraftan kalıplanan parçanın iç ölçüleri, maça kalıp (erkek kalıp) nedeni ile değişemeyecektir. Sonuçta küçülmeye çalışacak olan soğuyan parça erkek kalıp üzerine yapışacak ve malzemenin yapışma eğilimi, çekme özelliğine bağlı olacaktır.

Örnek olarak, çekme oranı % 0,010 mm/mm olan malzemedan yapılmış bir kabı inceleyelim. Kabin içi 100 mm. ise, çekmenin karşılanabilmesi için maça kalıbın 100,01 mm. büyüklükte olması gerekir[4,6].



BÖLÜM 5.

KALIP BÜYÜKLÜKLERİ

5.1. Kalıp Boşluk Sayısı

Başlangıç noktası olarak, kalıp boşluğu sayısı saptanmalıdır. Bu genellikle, parça maliyeti ile işleme maliyetini dengeleyen müşteri tarafından saptanır. Kalıp imalatçısının bakış açısından, önerilen kalıp boşluğu sayısı, 50 günlük parça ihtiyacına bağlı ampirik bir formül ile saptanır. Bu 50 günlük gereksinim, 200 saat içerisinde ve 3 kalıplama ile üretilmelidir. Örnek olarak eğer yıllık gereksinim 100.000 parça ise 50 günlük ihtiyaç yaklaşık 20.000 adet olacaktır. Tahmin edilen işlem 60 Kapanma/saat yada 60 Parça/Kalıp/saat dir. Bu durumda kalıp boşluğu sayısı:

Kalıptaki Boşluk Sayısı=50 Günlük Parça İhtiyacı/200 Saat x Parça Sayısı/Boşluk Sayısı/saat (5.1)

$$=20.000/(200 \times 60) =1\frac{1}{3} \text{ yada } 2 \text{ boşluktur.}$$

Bu formül çok sayıdaki üretimler üzerinde de kontrol edilmiş ve doğruluğu kanıtlanmıştır. Kalıpta kaç boşluk hesaplandığına bakılmaksızın, uygun kalıp malzemesinin seçilmesi için kriter olarak kullanım etkinliği ve üretim işleminin sürekliliği alınmalıdır. Eğer bir kalıp, gerekli zamanın % 50'sinde yani yarısında çalışıyorsa "sıkı kullanım" olarak adlandırılır, fakat çalışma % 10'unda oluyorsa buna "hafif çalışma" denir[4].

Diğer bir metodu da sipariştan bağımsız, uzun süreli imalat için enjeksiyon makinesi performansına bağlı olarak hesaplanmasıdır. Bu metotda makinanın eriterek kalıba hazırlayabileceği eriyik miktarı ve kalıplama periyodu tahmini zamanı baz alınır:

G: Dakikada eriyen malzeme (gr)

g : kalıplama ağırlığı (gr)

f : Kalıptaki parça sayısı

t : Tam enjeksiyon zamanı (sn) olmak üzere:

$$G = \frac{60 \cdot f \cdot g}{t} \text{ eşitliği düzenlenerek:} \quad (5.2)$$

$$f = \frac{G \cdot t}{60 \cdot g} \text{ olarak hesaplanır.} \quad (5.2a)$$

Enjeksiyon ile kalıplamada yolluk ve yolluk burcu, kalıp ağırlığı yanında ihmal edilmemelidir. İş parçası ağırlığı g formülde aşağıdaki faktörlerle çarpılarak tayin edilmelidir.

İş Parçası Ağırlığı (gr)	Çarpan Faktörü
0,3 - 0,5	1,5
0,5 - 1	1,4
1 - 3	1,3
3 - 5	1,25
5 - 10	1,15
10 - 20	1,10
20'den fazla	1,05

Çok etkili kalıplarda işlenen küçük iş parçaları için yukarıdaki çarpan faktörü değerleri daha yüksektir.

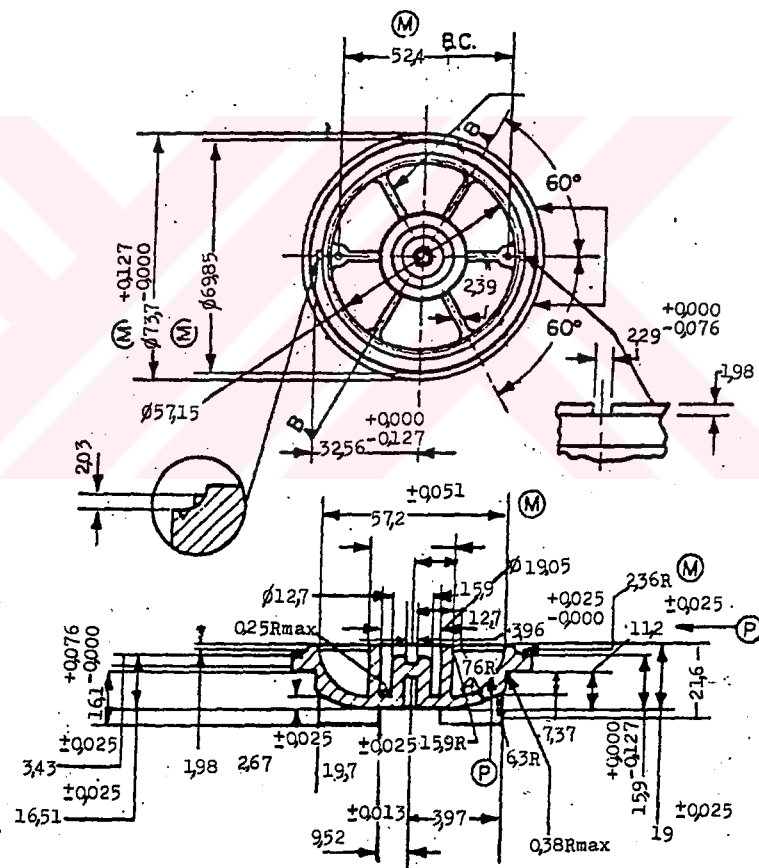
5.2. Kalıp Plakalarının Mukavemeti

Kalıbın dış boyutları, basma anındaki basınca ve eriyik plastik tarafından iletilen kalıp içi basıncına dayanabilecek değerlerde olmalıdır.

Kalıbın bölüm çizgisini oluşturan temas yüzeyleri, kalıbı kapatan koçun tekrarlanan darbe kuvvetine maruz kalır. Bu tip darbeler, kalıbın yarı temas

yüzeylerinde ezilmelere neden olabilir ki bu da boyutlarda değişiklik, kalıplanmış parçanın yanlış tarafa yapışması ve bölüm çizgisindeki kenarların düzlenmesine sebep olacaktır. Bölüm çizgisinde düşük basınç değerleri oluşturabilmek için çeşitli tedbirler alınır:

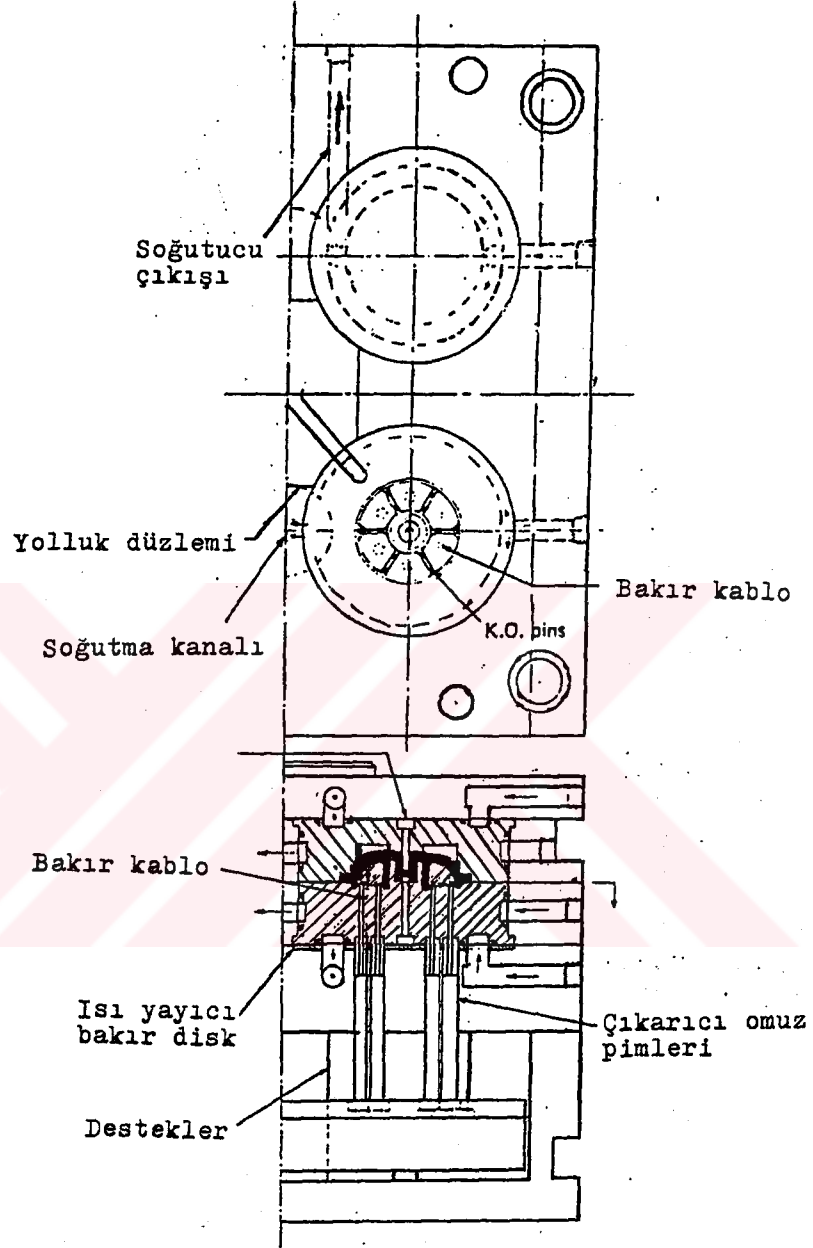
İşlem için gerekli tonaj düzenlenerek, kabul edilebilir basma gerilmesi seçilir ve bölüm çizgisindeki temas alanı hesaplanır. Kalıp için sıkıştırma tonajı; boşluk alanının (parça kalıp alanının) iz düşümünün, kullanılan malzemeye göre 3,1 ile 10,85 Kg/mm² arasında değişen değerle çarpımı ile bulunur.



Şekil 5.1 Polikarbonat'dan yapılmış bir parça ve ölçüleri

Polikarbonat için bu değer $7,75 \text{ Kg/mm}^2$ dir. İlk önce sıkıştırma kuvveti hesaplanır, kalıp malzemesi için müsaade edilebilir basıncı seçeriz ve kalıp yüzeyi alanına karşılık gelen değeri hesaplarız. Şimdi kalıp ayrılma düzleminin boyutlarının nasıl hesaplandığını görelim: Hesaplama için şekil 5.1'deki polikarbonat dan yapılmış parçanın 4 adetini içeren kalıp için

yapılacak hesapları inceleyelim: (Şekil 5.2)[4]



Şekil 5.2 Dört adet boşluk içeren kalıp

$$1. \text{ 4 Adet Parça alanı: } 4 \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 4 \cdot \frac{\pi \cdot 73,7^2}{4} = 17\,064,2 \text{ mm}^2 \quad (5.3)$$

$$2. \text{ 4 Adet yolluk: } 6,35 \text{ mm. } \varnothing \times 50,8 \text{ mm. uzunluk} = 4 \times 6,35 \times 50,8 = 1290,3 \text{ mm}^2$$

$$3. \text{ Bölüm yüzeyindeki besleme alanı } 12,7 \text{ mm. } \varnothing = \pi \frac{12,7^2}{4} = 126,7 \text{ mm}^2$$

$$\text{Toplam hesaplanan alan: } 17064,2 + 1290,3 + 126,7 = 18481,2 \text{ mm}^2$$

$$\text{Sıkıştırma tonajı} = \text{Hesaplanan alan} \times 7,75 \text{ Kg/mm}^2 \quad (5.4)$$

$$= 18481,2 \times 7,75 = 143230 \text{ Kg.} = 143 \text{ ton}$$

Bu değer için var olan en yakın standart sıkıştırma büyüklüğü 200 ton'luk sıkıştırmadır. (Enjeksiyon preslerinde sıkıştırma kuvvetleri belirli değerlerde mevcuttur.) Daha sonra bölüm yüzeyindeki mücade edilir basma gerilmesini seçmeliyiz: 300 Brinell sertlik numaralı çelik için mücade edilebilir gerilme bu işlemde 5,425 Kg/mm² dir. 44 RC'ye veya daha üst değerlere sertleştirilmiş çeliklerde bu değer 7,75 Kg/mm² dir. Bu kalıp için parça kalıbı boşlukları, 54 RC' ye kadar H-13 ısıt işlemi ile sertleştirilmiş malzemeden yapılmıştır; ve bunun için kabul edilebilir gerilme 7,75 Kg/mm² dir. Bu işlem için var olan en yakın pres 200 tonluk sıkıştırma yaptığı için:

$$\text{Basma Kuvveti} = \text{Bölüm Yüzeyi Temas Alanı} \times \text{İzin verilen gerilme} \quad (5.5)$$

$$200\,000 \text{ Kg} = \text{Bölüm Yüzeyi Temas Alanı} \times 7,75 \text{ Kg/mm}^2$$

$$\text{Bölüm Yüzeyi Temas Alanı} = \frac{200000}{7,75} = 25800 \text{ mm}^2 \text{ temas yüzeyi (Ayrılma düzleminde)}$$

Her bir kalıp boşluğu için, bölüm yüzeyinde bu değer: 25800/4 = 6450 mm² olacaktır. Yüzey genişliğini saptamak için; 6450 mm² temas alanının, D dış çaptaki alan ile kalıp alanı farkı olarak düşünülmesi gerekir:

$$\text{Alan} = \pi \frac{d^2}{4} = \pi \frac{73,7^2}{4} = 4266 \text{ mm}^2$$

$$6450 \text{ mm}^2 \text{ Temas alanı} = \pi \frac{D^2}{4} - \text{Alan} \quad (5.6)$$

$$6450 \text{ mm}^2 \text{ alan} = \pi \cdot \frac{D^2}{4} - 4266 \text{ mm}^2$$

$$\pi \frac{D^2}{4} = 10716 \text{ mm}^2$$

Buradan $D^2 = 13644$ ve $D = 116,8 \text{ mm.}$ bulunur.

$$\text{Kalıp-parça boşluğu arası mesafe} = \frac{D-d}{2} = \frac{116,8-73,7}{2} = 21,55 \text{ mm.} \quad (5.7)$$

Bu boyutlarda , temas yüzeyinde gerekli olan delik alanları da göz önüne

alınmalıdır. Yolluklar bölüm çizgisinde olduklarında, yolluk düzlemi, ilave delik alanlarını dengelemek için ilave temas yüzeyi sağlayacaktır. Yollukların bölüm yüzeylerinden (çizgilerinden) uzak olduğu üç plakalı kalıplarda, temas yüzeyi, giriş alanları ile genişletilmelidir. Bu özellikle çevresinde her inç mesafede delik olan kalıplarda önemlidir.

Yüzey genişliği için hesaplanmış değerler tam olarak tanımlanmalıdır ve kalıbın pres içerisine yerleşimi, güvenli tonaj dikkate alınarak yapılmalıdır.

Lame eşitliğine göre, iki ucu kapalı, gevrek malzemeden yapılmış silindirlerde kalınlık:

$$t = \frac{d}{2} \left(\sqrt{\frac{s+p}{s-p}} - 1 \right) \text{ dir. Burada:} \quad (5.8)$$

p: Enjekte edilecek malzeme basıncı = 14,06 Kg/mm²

d: silindir çapı = 73.7 mm.

s: Silindir malzeme için emniyet gerilmesi = 211 Kg/mm²

Bu durumda kullanılan emniyet katsayısı 5'dir.

$$s = \frac{211}{5} = 42.2 \text{ Kg/mm}^2 \text{ 'dir.} \quad (5.9)$$

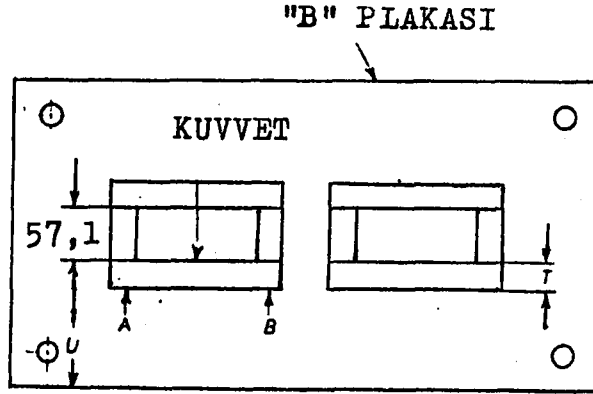
Örnekteki değerlerimizi yerlerine koyarsak:

$$t = \frac{73,7}{2} \left(\sqrt{\frac{42,2 + 14,06}{42,2 - 14,06}} - 1 \right) = \frac{73,7}{2} (1,41 - 1) = 15,1 \text{ mm.}$$

İki açıdan mukavemet şartları memnuniyet verici karşılanır. Bütün hesaplarda koç basıncı, kalıp boşluğuna uygulanan basınç olarak kabul edilir[4].

Şimdi bazı sebeplerden ötürü 2 boşluklu kalıp sipariş verilsin. Kalıp içinde

etkin basınç yine 200 ton büyüklüğünde olsun. Kolaylık amacı ile 127 mm. uzunluğunda, 152,4 mm. derinliğinde ve 57,15 mm. genişliğinde kutu kalıbı, hesaplar için kullanılacaktır (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 Çerçeve dayanımı

Kalıp boşluk sayısı :2

Malzeme :Polikarbonat

Parçanın yüzey alanı: $127 \times 57,15 = 7258 \text{ mm}^2$

Yolluk ve giriş alanı : $967,74 \text{ mm}^2$

Malzeme özellikleri : 54 RC' ye sertleştirilmiş H-13 çelik.

Sıkıştırma basıncı=Hesaplanan alan x ton/inç²

$$= 2 (7258 + 967,74) \times 7,75 \text{ Kg/mm}^2$$

$$= 127 500 \text{ Kg} = 127,5 \text{ ton}$$

Hesaplanan değere en yakın standart pres büyüklüğü 200 ton'dur.

$$\text{Kalıpların temas alanı} = \frac{200000}{7,75(\text{Emn. Gerilmesi})} = 25806,4 \text{ mm}^2 \text{ dir.} \quad (5.10)$$

Kalıp iki boşluklu olduğundan her bir boşluk için temas alanı: $12903,2 \text{ mm}^2$ dir.

Şekil 5.3'de de görüldüğü gibi boşluk temas alanı:

$$(2 \times 127 \times T) + (2 \times 57,15T) + (4 \times T^2) = 368,3T + 4T^2 = 12903,2 \text{ mm}^2 \quad (5.11)$$

Eğer eşitliği düzenlersek:

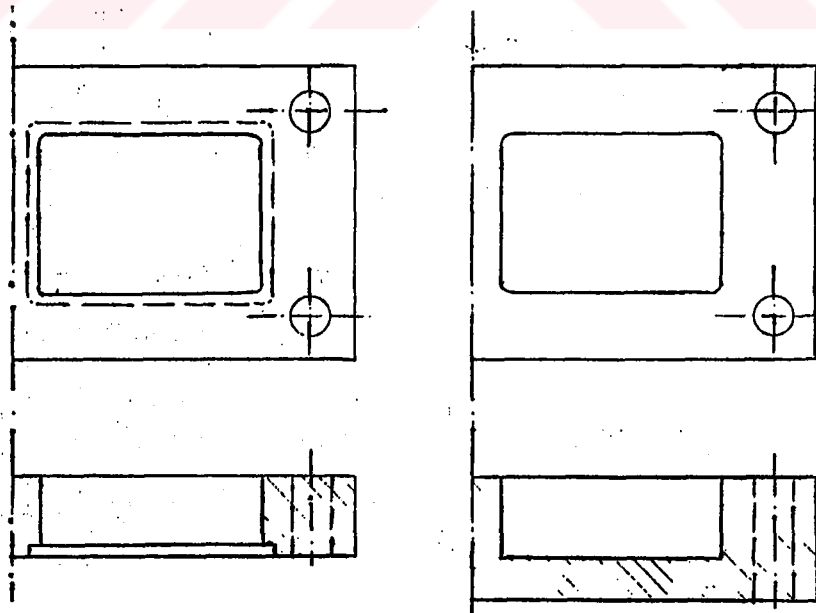
$4T^2+368,3T-12903,2=0$ eşitliğinden ,

$$T = \frac{-b \mp \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (5.12)$$

$$T = \frac{-368,3 \mp \sqrt{(368,3)^2 - 4 \times 4 \times (-12903,2)}}{2 \times 4}$$

Pozitif değer olarak $T=27,07$ mm. olarak bulunur.

Şekil 5.4'de de görüldüğü gibi kalıbın plaka üzerine sabitlenmesinde en çok kullanılan iki türlü kalıp plakası vardır Bunlardan birincisi resim çerçevesi şeklinde olan kalıp plakasıdır. Bu plaka çeşitinde alttan daha geniş olarak açılan boşluk ile plaka çerçeve halindedir. İkinci çeşit bağlama plakası da yine şekil 5.4' de görülen kör boşluklu plakadır. Her iki plakada da soğutmaya yardımcı kanallar mevcuttur. 127 mm uzunluk ve 152,4 mm genişlikteki boşluk plakaları için:



"Çerçeve plaka"

"Boşluklu plaka"

Şekil 5.4 Kalıp bağlama plakası çeşitleri

p: Enjekte edilecek malzeme basıncı = 14,06 Kg/mm²

Basınç = Açılma yönündeki kalıp alanı x Enjeksiyon basıncı (5.13)

=127x152,4x14,06=272128 Kg.=272 ton dur.

Bu kuvvet kalıp ortasında maksimum olacaktır ve kalıp birleşim noktasında plastik malzeme bölüm yüzeyine girme eğiliminde olacaktır. Kalıp plakalarında plastiğin deformasyonuna izin verilmemesine karşın burada olacak olan sehimler çok küçük değerlerdir. Bu yüzden hesaplarda maksimum sehim olarak 0,0025 mm değeri kabul edilerek hesaplar bu değere göre yapılır[4].



BÖLÜM 6.

ENJEKSİYON HATALARI

Bir plastik enjeksiyon sürecinde ürün sorumlusu, teknik elemanlar ve kalite kontrolcülerin en büyük sorunu, üretilen plastik parçalarda karşılaşılan ve genel olarak “enjeksiyon hataları” olarak adlandırdığımız istenmeyen oluşumlardır. Genellikle enjeksiyon hatalarını, iki ana grup olarak ayırabiliriz. Bunlardan birincisi, ürünün kullanım yerinde ve kullanım süresince performansını etkileyecek hatalar; ikincisi ise, parçanın estetiğini ve satışını etkileyebilecek olan görünüm bozukluklarıdır.

Hatalar çeşitli olmakla birlikte genellikle malzemeden, kalıptan, enjeksiyon makinasından, ürün tasarımından ve hatta üretim şartlarından kaynaklanırlar. Enjeksiyon hatalarının tespiti, hatanın adlandırılması, nedeninin bulunması, hatanın etkisinin belirlenmesi ve tekrarlanmaması için alınması gereken önlemlerin ve maliyetlerinin belirlenmesi, plastik enjeksiyon işleminin en önemli unsurlarındandır. Aşağıda genel olarak enjeksiyon işlemlerinde karşılaşılan hatalar kısaca tanıtılmaktadır:

6.1. Eksik Ürün

Öncelikle dikkat edilmesi gereken unsurlar, makinanın enjeksiyon grubunun yeterince güçlü olup olmadığı, malzemenin akışkanlığının yeterince sağlanıp sağlanamadığı, ve kalıbın tamamen dolmamasını sağlayan bir karşı basınç veya engelin olup olmadığıdır.

Kalıp içinde oluşan ve parçanın tamamen şekillenmesine karşı koyan bir iç basınç, genellikle sıkışan hava veya gazın sonucudur. Kalıp içindeki hava tamamen sıkışır ve hiçbir şekilde kalıptan kaçamıyor ise eksik ürün verme

olayının yanında yanık izininde oluşması kaçınılmazdır. Kalıp içinde havanın sıkışması kalıp yapımından meydana gelebildiği gibi, havalandırma kanallarının yağ, gres, pislik veya plastik malzeme ile tamamen dolması yada küçülmesi sonucunda da olabilir.

Çatlamış veya aşınmış bir yolluk bileziği, enjeksiyon esnasında geriye malzeme kaçırabileceğinden kalıp boşluğuna istenen miktarda malzeme enjekte edilemeyebilir.

Enjeksiyon memesinin küçük bir metal parçası yada malzemeye karışmış olan ve daha yüksek erime noktasına sahip bir plastik granülü tarafından tıkanması da kalıba eksik malzeme gönderilmesine ve sonuç olarak eksik ürüne sebep olabilir.

6.2. Parçanın Kalıpta Kalması

Parçanın kalıpta kalmasının bir çok nedeni olabilir. Malzemenin akışkanlığı da bu hata için sebep olabilir. Çok akışkan bir malzeme, kalıp içine olması gerekenden fazla bir basınçla enjekte edilebilir. Kalıp yüzeyini sıkıca kaplayan parçanın, soğuma esnasında oluşan hacim küçülmesi neticesindeki vakum kuvvetinden kurtulması zorlaşır. Eğer malzeme vizkozitesi yüksekse, o zaman basıncı arttırmak gerekir ki bunun sonucu yolluk besleme kanalında veya parçaya ait feder, kaburga gibi yerleri şekillendiren kalıp boşluklarında oluşacak aşırı basınç, parçanın kalıba yapışmasına sebep olabilir.

Enjeksiyon hızının yavaş tutulması da çekmeyi artırır ve parçanın, kalıbın erkeğine yapışmasına sebep olabilir.

Fazla malzeme beslemesinde ise parça kalıbın dışısında kalabilir ki bu da ciddi bir yapışma sonucudur. Bazen kalıbın dışısı erkeğine göre daha sıcak tutularak, dışide kalma sorunu çözümlenebilir.

Kalıpta kalma, makinanın suçu olabileceği gibi kalıp hatası sonucunda da görülebilir. İyi parlatılmamış yüzeyler, parçanın kalıp yüzeyine tutunmasına sebep olabilir. Kalıp dizaynında, parçanın kalıptan kolayca çıkabilmesi için eğimlere ve yuvarlatmalara dikkat edilmelidir.

6.3. Akış İzleri

Plastik malzeme bir kalıba enjekte edildiğinde, her akışkanda olduğu gibi kalın ve geniş bölgelere daha hızlı yayılır. Bu bölgeler dolduktan sonra daha dar ve ince kesitlere nüfuz eder. Malzemenin yol alışı esnasında, delik oluşturan bir pim, veya başka bir çıkıntıya rastladığında akışta türbülans oluşur ve bölünür. Bazen oluşan türbülans izi akış yolunun sonuna kadar taşınabilir ve donduğu yüzeyde dalgalı bir görüntü verir.

Aynı olay yolluk girişinde de oluşabilir. Konik yolluk girişinden giren akışkan düz kalıp duvarına dikey olarak çarptığında da ürünün besleme ağzı çevresinde dalgalı bir görüntü verebilir. Yandan yolluklu kalıplar kullanarak bu bozukluk giderilebilir, yada tünel tipi yolluk girişi ile bu bozukluk parçanın görünemeyeceği bir yere taşınabilir.

Akış izi dediğimiz bu kalıplama hatasının, proses ayarlamalarıyla giderilmesi bir hayli zordur. Ürün ve kalıp tasarımı esnasında önlem alınmalıdır.

6.4. Birleşme İzleri

İki veya daha fazla akış hattının birleştiği ve kaynaştığı yerde oluşan çizgilere birleşme izleri denir. Kalıpta birden fazla noktadan kalıba giriş durumlarında, delik oluşturan pimlerde, maçalarda, ilave metal parçalarda,.. vb. durumlarda, akışın birleştiği bölgelerde birleşme izi oluşacaktır. Önem verilmez ve etkilerinin azaltılmasına çalışılmazsa büyük sorunlar çıkabilir. Birleşme izi, görünümün önemli olduğu parçalarda göze en çarpan yerde

derin ve uzun bir çizgi halinde ortaya çıkabilir veya daha da kötüsü, parça üzerinde en ufak zorlamada kırılabilecek zayıf kesitler oluşturabilir.

Birleşme izinin hem görüntünün etkilenmeyeceği, hem de mukavemet bakımından kritik olmayan bir bölgede oluşması kalıp tasarımında göz önüne alınmalıdır. Birleşme izinin azaltılması için silindir ve kalıp sıcaklığının yükseltilmesi kadar hızlı enjeksiyon işlemi ile malzeme soğumadan birleşmenin sağlanması da önemlidir. Buna karşılık kalıptaki havalandırmanın yerleri ve etkinliği, hızlı enjeksiyon işlemine elverişli olmalıdır. Aksi durumda sıkışan hava izlerin artmasına ve yarıklara neden olur.

6.5. Yanık İzleri

Eğer kalıplama sonrasında parçanın bir bölgesinde siyahlaşma veya sararma var ise, ilk yapılacak iş kalıbın hava alma durumunun incelenmesidir. Kalıba giren malzeme tarafından sıkıştırılan ve kaçamayan hava çok yüksek bir sıcaklığa çıkar ki, bu plastikte oksidasyona sebep olur. Eğer kalıpta plastiğin tümüyle yanma reaksiyonu sonucu karbondioksit ve suya ayrışmasına yetecek kadar hava bulunmuyor ise malzemedeki hidrojen bileşiği tek başına reaksiyona girecek ve yüzeyde siyah bir kalıntı bırakacaktır. Bu yanık izine katlanılarak üretime devam edilirse, zamanla metal yüzeylerde oksitlenme sonucu karıncalanma oluşacaktır.

Kalıptaki havanın sıkışması kötü bir kalıp tasarımı sonucu olabilir. Bazen de bu durum kalıpçının aşırı titiz çalışması sonucunda ortaya çıkabilir. Normal olarak hava kalıbın öpüşme yüzeylerinden, tampon pimlerinden veya plaka aralarından kaçır. Eğer öpüşme yüzeyleri iyi parlatılır ve tampon pimleri çok iyi yapılırsa havanın tahliyesi önlenmiş olur. Bu nedenle söz konusu yüzeyler çok iyi parlatma yapılmadan tezgah kalem izleri ile bırakılmalıdır.

Malzemenin silindirde iken oksitlenmesinden kaynaklanan bir yanık türü de

özellikle PVC, Asetal veya Nylonlarda karşılaşılr. Önlem olarak enjeksiyon makinasındaki dirençlerden gelen ısı azaltılarak gerekli ısının sürtünme yoluyla sağlanması sağlanmalıdır.

6.6. Çapaklı Ürün

Genellikle kalıp öpüşme yüzeylerinde, tampon pimlerinin çevrelerinde veya parçanın herhangi bir yerinde “çapak” tabiri kullanılan malzeme taşmasının bir çok sebebi vardır. Çapak oluşumu makinadan veya kalıptan kaynaklanabileceği gibi plastik parçanın veya kalıbın iyi tasarlanmamasından, malzeme seçiminin yanlış yapılmasından ya da proses şartlarının iyi ayarlanmamasından meydana gelebilir.

Kullanılan makinanın kapama gücünün kalıbın ebatlarının büyük olmasından dolayı yetersiz kalması da çapak oluşumu için sebep teşkil eder.

Isıtıcı rezistanların kontrolünü sağlayan termokupl'ların arızalanması sonucu plastik malzemenin gerekenden fazla ısınması veya enjeksiyon makinasındaki malzeme besleme vidasının hızlı yada gereğinden fazla dönmesi ile oluşan mekanik sürtünmenin kontrolsüz olarak ısıyı arttırması sonucunda, plastik malzeme vizkozitesinin olması gerekenden daha düşük değere inmesi, malzemeyi daha akıcı yapacaktır ve kalıp öpüşme yüzeylerinden malzeme sızıntısı ve dolayısı ile çapak oluşumu artacaktır.

Enjeksiyon basıncı, kalıp detayları ve boşluğunun şekli, kalıp ilave metalleri (inserts) delikleri oluşturan pimler vb. ayrıntılar arttıkça oluşacak basınç düşmelerinin karşılanması için tasarımın gereği olarak yüksek değerde uygulanmak zorunda kalınır. Bu durumda da malzeme yüksek basıncın etkisi ile basınç düşmesine neden olacak engeller öncesi kalıp yüzeylerinden sızarak çapak oluşturabilecektir.

Bu sebepler dışında var olan kalıp için yapılacak olan değişiklikler de

apaklanmaya neden olacaktır. Kullanılan plastik malzemenin daha düşük vizkoziteye sahip bir malzeme olarak seçimi, bazı renklendirici pigmentlerin ısı kapasitelerinin diğerklerinden farklı olması sonucu renk değişimleri nedeniyle malzeme şartlarının değişmesi gibi belirli malzeme için tasarlanmış kalıp ve çalışma değerlerinin, üretim sırasında yapılacak bu değişikliklerle farklı sızma davranışları göstermesi de apak oluşumu için sebep teşkil ederler.

6.7. Parça Yüzeyinde çöküntüler ve İ Boşluklar

Enjeksiyon makinasına konan malzeme yeterince kurutulmamışsa içerisinde uçucu madde ihtiva ediyorsa veya gaz oluşumu varsa, özellikle et kalınlığı fazla olan parçaların içerisinde boşluk oluşumu görülebilir.

Boşluk oluşumunun bir nedeni de sıkışan havadır. Özellikle vizkozitesi düşük malzemenin kullanıldığı kalın parçalarda kalıp boşluğu içinde hapsolan hava kalıbın bu noktalarında eksik dolma veya i boşluğaa sebep olur. özüm olarak enjeksiyon hızı düşürülerek veya besleme ağızı değiştirilerek havanın kaçabilmesi için gerekli süre yaratılabilir.

Yüzeydeki çökmelerin en önemli nedeni kalıplama sonrası bzlmedir. Plastik malzeme eriyik halde iken doğal olarak katılaşmış halinden daha fazla hacim kaplar. Faz değiştirme ve soğuma esnasında hacimsel küçülmeye uğrar ve bu büzülme, parçanın kalın kesitli bölümlerinde ince kesitli bölümlerine göre daha fazla olur. Bu hacimsel küçülme daha çok parça yüzeyinde içe doğru çökme olarak kendini gösterir. Bu sebeple kalıbın soğutulması sırasında kalıplanan parçanın farklı et kalınlıkları dikkate alınmalıdır. Bir çok durumda mümkün olan en düşük eriyik sıcaklığında yeterli malzeme ile kalıbın hızla doldurulması; katılaşma sırasındaki sıcaklık farkını ve büzülme oranını küçlteceğinden, çöküntüleri en az mertebeye indirir.

6.8. Kalıptan Çıkarılırken ve Sonradan Çarpılma

Kalıptan çıkarılma sırasındaki çarpılmanın kökeni, kalıplama sonrası çarpılmadan farklıdır. Bir parça kalıptan çarpılmış olarak çıkıyor ise bunun sebebi yetersiz soğutmadır. Aksi taktirde yeterince soğumamış yüzeye vuran tampon pimleri parçanın çarpılmasına sebep olur

Kalıplama sonrası çarpılma, ya kalıptan çıktıktan hemen sonra ya da uzun bir süre sonra oluşur. Bu çarpılmanın sebebi iç gerilmeler veya farklı kesitlerdeki farklı çekmelerdir. Katkılı malzeme enjeksiyonunda, katkı malzemesinin yönlendirilmesine bağlı olarak çarpılmalar meydana gelebilir.

Ürün tasarımında her ne kadar farklı kesit kalınlıkları istenmesede, kaçınılmaz durumlarda, erken soğuyan ve daha ince kesitler ,geç soğuyan kalın kesitlere doğru parçayı çarpıtacaktır. Bilinçsiz yerleştirilmiş federler de çarpılmaya yol açabilirler. Kalıp sıcaklığının yüksek tutulması kalıptan çıkan üründe gerilmelerin daha az olmasını sağlar. Bu kristalin plastiklerde daha da gereklidir.

6.9. Kötü Görünürlü ve Pürüzlü Yüzey

Genellikle yolluk giriş ağzının çevresinde olmak üzere düzensiz yarım daireler şeklinde izlere sıkça rastlanmaktadır. Bunun bir nedeni kalıba son giren malzemenin yeterince basınca sahip olmaması sonucunda kalıp şeklini alamamasıdır.

Enjeksiyon esnasında kalıba giren malzemenin, daralan yolluk girişi nedeniyle basıncının düşmesine bir de kalıp içerisindeki karşı basınç eklenince vizkozitesi iyice yükselen plastik malzeme genellikle yolluk girişi civarında donmakta olan malzemeye, kalıp şeklini alması için gerekli basıncı uygulayamaz. Bu hatanın giderilmesi için, kalıbın doldurulması, mümkün olan en kısa sürede yapılmalıdır. Yeterli enjeksiyon hızı ve basıncı

sağlanamıyorsa daha güçlü makinalarda üretim gerçekleştirilmelidir. Kalıp yolluk kanallarının kısaltılması, genişletilmesi, parlatılması gibi akışı kolaylaştıracak ve basınç düşmesini azaltacak önlemler alınabilir. Poliasetal gibi sıcaklığa karşı hashas ve yüksek vizkoziteli plastik malzemelerde bu kırışik ve pürüzlü yüzey hatalarına sıkça rastlanır.

Kalıbın, içinde kalan bir parça nedeni ile ezilmesi, sert bir cisimle çizilmesi gibi dikkatsizlik ürünü nedenler dışında yüzey görüntüsünün istenenden kötü çıkması, kalıp yapımı, malzeme seçimi ve proses şartlarının etkisi ile oluşur.

Bir süre için kullanılmayacak olan kalıpların uygun bir koruyucu yağlama sonrası nemin düşük olduğu bir ortamda depolanması, paslanmadan dolayı oluşan kalıp yüzeyi bozulmalarının oluşturduğu kötü görünen yüzeylerin oluşmaması için gereklidir.

6.10. Yüzeydeki Lekeler

Plastik malzeme içindeki bir katkı maddesinin dekompozisyonu, kullanılan pigmentlerin yüzeye göç etmesi veya yanığa neden olmasa da kalıp yüzeyi ile reaksiyona giren gazlaşmış polimer dekompozitesi, parça yüzeyinde lekeler oluşturabilir. Bu olgular malzeme, boya ve katkı maddeleri ile ilgilidir ve proses şartları ile bu hatalar önlenabilir. Örneğin PVC'nin dekompozisyonu sonucu ortaya çıkan hidrolik asit yüzeyde lekelenmeler oluşturur. Sıcaklığın düşürülmesi ile bu lekelenmelerin önüne geçilebilir.

6.11. Serpinti (Gümüş İzleri) Oluşumu

Yolluğun parçaya bağlandığı yolluk girişinden yayılan, bazen de tüm parçayı kaplayabilen, gümüş izlerini andıran ve serpinti denilen ürün yüzeyindeki görüntü bozukluğu, sıkça rastlanılan bir enjeksiyon hatasıdır. Sebebi, plastik eriyiğin ihtiva ettiği uçucu maddelerin kalıplama esnasında parça yüzeyinde yoğunlaşarak bu görüntüyü vermesidir. Bu uçucu madde, malzeme

tarafından absorptlanıp kurutma sırasında uzaklaştırılamamış nem, yine malzeme içinde bulunan solvent, fazla miktarda kullanılmış kalıp ayırıcı madde veya polimerin ısı etkisinde ortaya çıkardığı gaz olabilir. Özellikle kalıplanacak olan plastik hammadde nemli ise, fırınlama ile iyice kurutulmalıdır.

6.12. Parça Yüzeyinde Çizikler

Kalıp açıldığında, ürünün yüzeyinde kalıbın açılma yönünde çizikler oluşuyor ise bunun başlıca iki basit nedeni olabilir: Birincisi, öpüşme yüzeylerinde eğer bir tahribat varsa, ve metal çapaklanması oluşmuşsa, ki bunun sebebi kalıp yüzeylerinin iyi alıştırılamaması yada hızlı kalıp kapanması nedeniyle kapanma yüzeylerinin hasar görmesidir, kalıp açılırken muhemenen parça yüzeyi çizilecektir. İkinci neden ise kalıbın aşırı doldurulmasıdır: Eğer kalıp aşırı doldurulmuş ve kalıbın yüzey parlatılması iyi yapılmamış ise dişi kısım parçayı çizebilir.

Ayrıca ikinci basıncın yüksekliği ve sürenin uzunluğu, yolluk girişinin büyük ve parçanın et kalınlığının fazla olduğu durumlarda da çizilmelere rastlanır. Özellikle ABS ve akrilik malzeme için yapılan kalıplarda yeterince koniklik verilmemişse ve pah kırmalar tasarlanmamışsa, ürün yüzeyinde çizilmelere rastlanabilir [2,4,5].

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Plastik enjeksiyon işleminin en önemli elemanı olan kalıp, parça tasarımından kalıp tasarımı ve imalatına kadar, gösterilecek özen ve dikkati; ürün kalitesi, üretim maliyeti, çalışma ömrü gibi kalıplama performansını gösteren unsurlara yansıtır. Kalıplar ne kadar iyi tasarlanır ve hesaplanırlarsa hesaplanırlar, ürün tasarımı esnasında, enjeksiyon işlemine göre uyulması gereken kriterler göz önüne alınmadıkça iyi bir ürün kalitesi elde etmek oldukça zordur.

Bir kalıbın kendinden beklenen bütün özellikleri yerine getirebilmesi için parça tasarımından kalıp imaline kadar, her aşamada sorumlu kişilerin daima bilgi alış verişi içinde olmaları gerekir. Piyasada küçük sanayilerde, genellikle parça tasarımcısı ile kalıp imalatçıları birbirlerini görmediklerinden ve kalıp yapımında ekonomikliğin ön planda tutulmasından dolayı, kalıplama çok bilinçli olarak yapılıyor sayılmaz. Ancak, ürün tasarımından kalıp imalatı ve enjeksiyon işlemine kadar plastik enjeksiyon işleminin her aşamasını bünyesinde geliştiren büyük firmalarda bu uyumu bulmak mümkündür.

Ürünün tasarımı aşamasında, enjeksiyon işleminin kesin üretim şekli olarak seçilmesinin ardından yapılması gereken ilk adım, hangi malzemenin kullanılacağına belirlenmesi ve kullanılacak malzemenin var olan şartlar ve işlem için uygunluğunun araştırılmasıdır. İkinci safhada malzeme özelliklerine ve genel enjeksiyon işleminin gerektirdiği kurallara uyularak, tasarım taslağı oluşturulmalıdır. Kalıplar çok pahalı elemanlar olduklarından ve hatalı bir kalıbın düzeltilmesinin çok pahalıya mal olacağından, kalıp üretimine geçilmeden, mümkünse kalıbın prototipi yapılmalı, yada karşılaşılabilecek hatalar ve ürün hataları muhakkak göz önüne alınarak iyice tetkik edilmelidirler.

Kalıplanacak ürünün sahip olacağı fonksiyonel özellikler, yapılacak kalıp tarafından parçaya kazandırılmalıdır. Aynı zamanda kalıplama sırasında oluşacak ürün hataları göz önüne alınarak konstrüksiyon şekillendirilmelidir.

Kalıplanacak parçada farklı büzülme ve bunun sonucunda oluşacak çarpılmaları önlemek için, ani kesit değişimlerinden kaçınılmalıdır. Kalıplama sonrası parçanın kalıptan çıkarılmasının kolay olması ve kalıba yapışmalar sonucu kalıbın zarar görmemesi için muhakkak suretle cıkıntı ve deliklerde gerekli eğimler verilmelidir.

Plastik enjeksiyon kalıplarında ürün için kalıp türü belirlenirken, üretim sayısı, parça büyüklüğü, kullanılan malzeme, kalıp türlerinin getireceği maliyetler ve bunların kazandıracağı avantajlar çok iyi tetkik edilmelidirler. Eğer sürekli üretilecek bir parçada kalıplanan parçanın büyüklüğü fazla ise ve

kalıplama sırasında uzun bir yolluk kullanılmak zorunda ise, ısıtılmış yolluklu kalıplama ile, yolluğu dolduran malzemenin her kalıplama sonrası katılaşarak ıskartaya ayrılması ve bunun getireceği zaman kaybı bertaraf edilebilir. Fakat bunun getireceği maliyetin kazanılan uzun vadedeki avantajlar ile iyi karşılaştırılması gerekmektedir.



KAYNAKLAR

- [1] **AKKURT, Selma, Plastik Malzeme Teknolojisi, İ.T.Ü., İstanbul (1995).**
- [2] **SANDELOWSKY, Plastik Kalıp Konstrüksiyonu, Çeviren, DEVECİ Kemal, M:E:B. Etüd ve Programlama Dairesi Yayınları, Ankara (1977).**
- [3] **SORS, Laszlo, Plastic Mould Engineering, Budapest, (1967).**
- [4] **DYM, Joseph, B., Injection Molds and Molding, New York, (1979), pp.1-132**
- [5] **ULAŞ, İbrahim, Plastik Teknolojisi - 1, Seminer Notları, M.M.O.B. Yayını, İstanbul, (1995), pp. 121-137**
- [6] **BERINS, M.L., Plastic Engineering Handbook of the Society of the Plastic Industry, Inc., Fifth Edition, Newyork, (1991).**
- [7] **D-M-E Mini-Catalogue, Belgium, (1991).**
- [8] **AKKURT, Selma, Plastik Malzeme Bilgisi, Birsen Yayınevi, İstanbul, (1991).**

ÖZGEÇMİŞ

1970 yılında İstanbul'da doğdu. Lise öğrenimini Taksim Atatürk Lisesi'nde 1987 yılında tamamladı. 1988 yılında girdiği İ.T.Ü. Makina Mühendisliği'nden 1992 yılında mezun oldu. 1993 yılında İ.T.Ü. Makina Mühendisliği İmalat Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitime başladı ve burada İngilizce hazırlık programını tamamladı. Halen İ.T.Ü. Makina Fakültesi İmalat Ana Bilim Dalında yüksek lisans çalışmasına devam etmektedir.

