

46550

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ☆ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

BİLGİSAYAR DESTEKLİ

KALIP TASARIMI VE İMALATI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak. Müh. Erdal DURSUN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 17 Ocak 1995

Tezin Savunulduğu Tarih : 27 Ocak 1995

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mustafa AKKURT

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Aybars ÇAKIR

Doç. Dr. Sait YÜCENUR

OCAK 1995

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ
ÖNSÖZ

Çalışmalarım sırasında yardımları için Sayın Prof. Dr. Mustafa AKKURT ' a
teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

Özet	iv
Summary	v
Giriş	1
1. GENEL KALIP BİLGİSİ	
1.1 Plastik Malzemeler	2
1.2 Enjeksiyon Yöntemi	3
1.3 Enjeksiyon Kalıpları	4
1.3.1 Kalıp Boşluğu	6
1.3.2 İtici Sistemleri	10
1.3.3 Kalıpların Soğutulması	15
2. BİLGİSAYAR DESTEKLİ KALIP TASARIMI	
2.1 Bilgisayar Destekli Tasarım	18
2.1.1 2-Boyutlu Çizim	19
2.2 Kütüphane Oluşturma ve Parametrik Tasarım	22
2.3 3-Boyutlu Çizimler	27
2.3.1 Tel Kafes Modelleme	27
2.3.2 Yüzey Modelleme	28
2.3.4 Katı Modelleme	31
3. BİLGİSAYAR DESTEKLİ KALIP İMALATI	
3.1 Programlama	35
3.2 Bilgisayar Destekli Programlama	36
Kaynaklar	40
Ekler	
Ek-A	41
Ek-B	48
Özgeçmiş	53

ÖZET

Kalıp , seri üretimin vazgeçilmez bir ögesidir. Üretilcek parçada aranan özellikler öncelikle kalıpta sağlanmalıdır. Bu nedenle gerek yüzey pürüzlülüğü gerekse boyutlarda dar tolerans aralıklarının uygulanması parça kalitesi ile doğru orantılıdır. Bu da kalıp boşluğunun ve diğer kalıp elemanlarının yüksek bir doğrulukla işlenmesini gerektirir.

Günümüzde özellikle sayısal kontrollü tezgahların üretimde yaygın kullanımı ile kalıpta beklenen doğruluk sağlanabilmektedir. Bu konuda hazırlanmış çok sayıda 3 boyutlu yüzey işleme yazılımları mevcuttur. Bunlar sadece CAM yazılımları olabileceği gibi CAD/CAM yazılımları da olabilir. Kalıp yüzeylerinin işlenmesinden önceki aşamalar şu şekildedir:

- İşlenecek yüzeyin çizimi
- İşleme modülünün seçimi (Tornalama , Freze vb.)
- Uygun takımların seçimi
- Takımın izleyeceği yolun tanımlanması
- NC kodların oluşturulması

SUMMARY

Computer Aided Mould Design And Manufacturing

The most important aim of the manufacturing is the production with better quality, lower cost and the large scale of product in a certain period of time . In order to increase the number of product in a certain time period, mould technology has been used for years. In the design and manufacturing of a mould, all stages of machining are included and the parts manufactured with these stages are assembled in the mould. With the developing technologies the time consumed during the design and manufacturing of a mould has been decreased continuously. The reason for this is the development of control systems and the standartization of the parts of the mould. The recent activities developed and used in this field is the computer aided design (CAD) and computer aided manufacturing (CAM) systems. These systems increase the efficiency due to their high rate of flexibility for the changes during the manufacturing of the mould. These systems are produced for the workstations at begining but now they are available for the personel computers also. The price of this systems are not so much for a medium scale production firm if it has got the CNC machines.

Computer-aided design (CAD) can be most simply described as “using a computer in the design process”. In the design process, a computer can be used in both the representation and the analysis steps. The application of CAD for representation is not limited to drafting. Three-dimensional wire frame modelling, boundry reresentation (B-rep) modelling, and solid modelling are representation methods available to CAD users. To aid an engineering analysis, there are packages

CAD is a product of computer era. Its development originated from early graphic systems. CAD can trace its origin to the development of interactive computer graphics. Three dimensional CAD systems allow a designer to move into the third dimension. Since a three dimensional model contains enough information for NC cutterpath programming, the linkage between CAD and NC can be developed. So called turn key CAD/CAM systems were developed based on this concept and became popular in the 1970s and 1980s.

One of the most valuable facilities offered by CAD is the option of being able to store files of drawing entities. When required any of these entity files can be recalled to be included in drawings. Sets of such files are known as libraries. The use of library files saves a great deal of time. A detail or symbol can be added to a drawing merely by calling up the necessary entity file from its library disk. When using CAD software it should never be necessary to draw the same item twice, either a single item can be copied, or it can be inserted into a drawing from a library of symbols or parts of drawings. Users can build up their own libraries of symbol files. There is no limit to the number of files for this purpose.

Using libraries allows very fast production of those drawings which contain large numbers of symbols or repetitive items. Some software firms supply disks of libraries of symbols files for use with some CAD software. AutoCAD contains a programming language *AutoLisp*, which has been developed from the original Lisp language. AutoLisp can be used to program *macros*, which can be stored on disk as library files.

Whether it is a simple two-axis drill or a complex five-axis machining center, all NC machines require part programming. It used to take many time to prepare of paper tapes or tape images for NC machine, but with CAD/CAM systems that have the capability of generating NC machining instructions based on the geometric definition of a workpiece it is easy to obtain the part program.

For a machine tool such as a mill or lathe, the part program describes the path that the cutter will follow, as well as the direction of rotation, rate of travel, and various auxiliary functions such as coolant flow. Traditionally, programs for NC machine tools have been created using one of the previously described methods: manual part

programming or computer assisted part programming. Simple programs are often created manually, more complex programs are usually created using a computer and a part programming language, such as APT. The manual method require the programmer to perform all calculations required to define the cutter path geometry and can be time consuming. Errors made by programmer are often not discovered until the program is tested. In APT however, errors are often not discovered until the program is tested. When using a CAD/NC system the part programming operation is greatly simplified. The programmer only generates the cutter path by selecting geometric elements with a mouse etc.

Before the machining of a part there are some stages in CAD/CAM:

- Creating the part drawing using CAD
- Selecting NC planing function
- Selecting the cutter(s) from library
- Modifying the cutter path
- Postprocessing for NC codes
- Transferring the data

With the start of the program established the next three or four blocks of data will concern setting the machine controller so that it interprets subsequent data in the correct manner. These set-up entries include instructions relating to the following :

- **Units**, which may be programmed in metric or inches;
- **Slide movement**, which may be stated as incremental or absolute dimensional values;
- **Speed**, which may be programmed as surface speed in meters per minute or spindle speed in revolutions per minute;
- **Feed**, which may be programmed as millimetres per spindle revolution or millimetres per minute.

In manual part programming, the machining instructions are recorded on a document, called a part program manuscript by the programmer. The manuscript is essentially an ordered list of the relative positions of the cutting tool and the workpiece that must be followed to machine the workpiece. In the computer assisted part programming the

workpiece in terms of basic geometric elements via points, line, surfaces, circles etc. Second, direct the cutting tool to perform machining steps along these geometric elements.

Once a cutter path is created it can be replayed for verification. The computer assists the programmer by animating the entire path on the display terminal, showing the location of the cutter visually, and by displaying the X, Y and Z coordinates.

After defining a machining program these NC words are stated in the program.

- N code : The sequence number , used to identify each block within an NC program and provides a means by which NC commands may be rapidly located.

N001 G92 X0.Y0.G91 G21;

N002 G01 X75.0 Y25.5 F600 S800;

N003 ...

- G code : The preparatory function , used as a communication device to prepare machine-control unit (MCU).

G00 Point to point positioning

G01 Linear interpolation

G02 Circular interpolation cw

G03 Circular interpolation ccw

G40 Cutter compensation - cancel

G41 Cutter compensation - left

G42 Cutter compensation - right

G90 Absolute dimension

G91 Incremental dimension

- X, Y, Z words : these give coordinate positions of the tool.

- F code : Specifies the feed in a machining operation. (mm or in per min)

- S code : Specifies the cutting speed of a machining process. (rpm)

- T code : Specifies which tool is to be used in a specific operation.

- M code : It is used to designate a particular mode of operation for an NC machine tool.

M00 Program stop

M02 End of program

M03 Spindle cw

M04 Spindle ccw

M05 Spindle off

M06 Tool change

an example of a program for electro-discharge machining

```
N001  G80Z-
      G92XYZ
      M05Z1.0
      M98 C300 Z-H001 P100
      M98 C330 Z-H002 P100
      M98 C360 Z-H003 P100
      M02
N100  G01 Z-10.
      M05 Z1.
      M99
```

an example of a program for wire cutting machine

```
O0001      Sub program
N5      G91G21
N15     G92X-55.I25.4J0
N20     S0D0
N25     G01G41X10.Y0
N30     Y1.7
N35     X5.3
N40     G02X.913Y6.933I39.7J-1.7
N45     G01X-5.12Y1.372
N50     X.44Y1.642
N55     G40X0Y0
N60     M50
N65     M99
```

O0002 Main program

```
N5      M98 P01 Q-15. L24
N10     M02
```

GİRİŞ

İmalat sektöründe önemli bir yeri olan plastik enjeksiyon kalıpcılığının, takım tezgahlarındaki ve bilgisayar donanım ve yazılımlarındaki gelişmelere paralel olarak niteliği değişmektedir. Buna bağlı olarak gerek tasarımında gerekse imalatında karşılaşılan bir takım sorunlar oldukça azalmıştır. Özellikle tasarım süresinin uzun sürmesi ve karmaşık profillerin işlenmesindeki güçlükler düşünüldüğünde bilgisayar destekli tasarım ve imalatın getirdiği avantajlar kalıp konusunda daha da belirginleşmektedir. Bunlardan başlıcaları şu şekilde sıralanabilir:

- İşleme süresinin azalması, dolayısıyla maliyetlerde düşüş,
- Tanımlanabilen bütün yüzeylerin yüksek bir hassasiyetle işlenebilmesi

Kalıp birçok parçadan oluşmaktadır. Yapım süresini etkileyen bir etken de (işlenecek profillerin dışında) bu parçaların hazırlanmasında geçen süredir. Ancak standart kalıp elemanları kullanılması durumunda bu süre oldukça azalacak, aynı zamanda tasarımda etkinlik sağlanacaktır. Çizim sırasında, kütüphane programları yardımıyla kalıp setleri ve diğer birçok kalıp elemanları parçanın belirlediği boyutlara uygun olan tipte seçilerek resim ortamına aktarılır. Böylece çizim, parçanın şekline göre gerekli düzenlemeleri yapmaktan ibaret olacaktır.

CAD yardımıyla tasarımı gerçekleştirilen kalıpta işlenecek yüzeylere ait modellemeler yapılır ve bu yüzeyleri temsil eden işleme parametreleri (ISO kodları) CAM ile oluşturulur. Bu amaçla önce enjeksiyon kalıpları konusunda kısa bilgiler verilecek, ardından bilgisayar destekli kalıp tasarımı ve imalatına değinilecektir.

1. Genel Kalıp Bilgisi

1.1 Plastik Malzemeler

Mühendislikte kullanılan malzemeleri iki ana gruba ayırabiliriz:

- a) Metal malzemeler
- b) Metal olmayan malzemeler

Tablo 1.1 Malzemelerin genel sınıflandırılması

<i>Metal malzemeler</i>	<i>Metal olmayan malzemeler</i>
-Asıl metaller Al , Mg , Cu , Ni , Fe -Alaşımlı metaller Çelik, bronz, pirinç, dökme demir	-Polimerler Termoset plastikler (Amino plastikler , poliester, fenolik, epoksi, poliüretan) Elastomerler (Butil, nitril, silikon) Termoplastikler (asetal, akrilik, poliamid, polikarbonat, polietilen) -Seraamikler -Camlar SiO ₂ , borosilikat -Diğerleri Yağlar, gresler, kağıtlar

Metal olmayan malzemeler sınıfında yer alan polimerler işleme esasına göre termoplastikler ve termoset plastikler olarak iki gruba ayrılır.

Termosetler, ısı işlemiyle bir defa istenilen şekli alabilen plastiklerdir, tekrar ısıtılmakla şekillendirilemezler. Ayrıca bu malzemeler çözünmezler. Termosetler polikondansasyon tepkimesiyle elde edilirler ve çapraz bağlı bir yapıya sahiptirler. Bu

plastiklerde polimerizasyon işlemi malzemeyi içeren monomerlerin biraraya getirildiği reaktörde başlar ve kalıplama işlemi sırasında biter.

Termoplastikler ısı ve basınç altında yumuşayan, akan; bu durumda herhangi bir şekli alabilen ve soğutulduğunda sertleşebilen plastiklerdir. Ayrıca yeniden ısıtıldığında yumuşayabilen, şekil alabilen malzemelerdir. Bu şekillendirme sırasında hiçbir kimyasal değişikliğe uğramazlar. Termoplastiklerin polimerizasyon işlemleri reaktörde tamamen bitmiş olur.

Yeniden kullanılabilme özellikleri termoplastiklerin kullanımında kolaylık sağlamaktadır. Plastikler, günümüzde gerek miktar, gerekse çeşit bakımından büyük gelişme göstermektedir. Hafif, kolay işlenebilir, korozyona karşı dayanıklı, iyi elektrik ve ısı yalıtkanlığına, iyi bir yüzey kalitesine sahip olan polimerler, makina, uçak, elektronik, ev gereçleri gibi endüstrinin hemen bütün alanlarında kullanılmaktadır. Plastiklerin bir ürün elde edilmesinde kullanılan yöntemlerden en yaygın olarak kullanılanı enjeksiyon yöntemidir.

1.2 Enjeksiyon Yöntemi

Bu yöntemde malzeme (plastik) sonsuz vida mekanizması içinde eritilerek bir memeden basınç altında kalıp boşluğuna enjekte edilir ve orada katılaşması sağlanır. Katılaşma işlemi sona erdiğinde kalıp açılarak parçanın çıkması sağlanır. Bir işleme periyodunda bitmiş parça elde edilebildiği için enjeksiyon yöntemi seri üretim bakımından çok önemlidir.

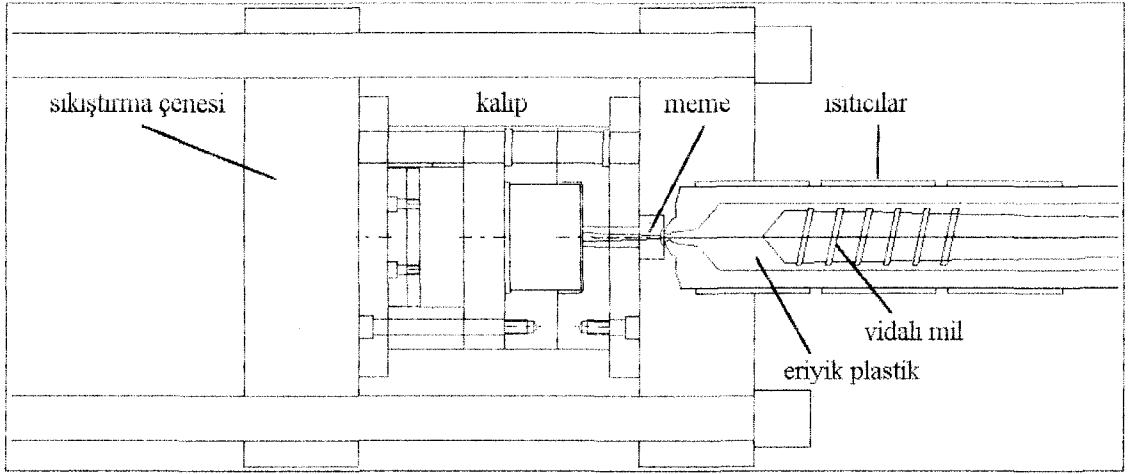
Enjeksiyon işleminin gerçekleştirilmesi için şu donanımlara gereksinim vardır:

Açma kapama ünitesi

Ergitme ve sıkıştırma ünitesi

Soğutma ünitesi

Kalıp



Şekil 1-1 Enjeksiyon presinin basit gösterimi

Vidalı mil, bir hidrolik silindir tarafından sola itilir, böylece önündeki eriyik malzemeyi kalıba basar; kalıp dolmuştur, malzeme basınç altında katılaşır, bu sırada vidalı mil dönmeye başlar ve vidanın etkisiyle aksel yönde geriye doğru giderek bir sonraki baskı için silindire granül halde malzeme alır. Henüz erime sıcaklığının altında olan granül malzeme bu sıcaklığa ulaşmak için gerekli ısıyı ısıtıcılardan alır. Ayrıca öne doğru daralan kesitten geçerken, sürtünmelerin açığa çıkardığı ısının da plastiğin erimesine etkisi olmaktadır. Vida malzemeyi öndeki hacme biriktirir. Kalıp içerisinde katılaşma tamamlandıktan sonra presin kapama çenesi geri giderek kalıbın açılması sağlanır ve parça kalıptan çıkarılır.

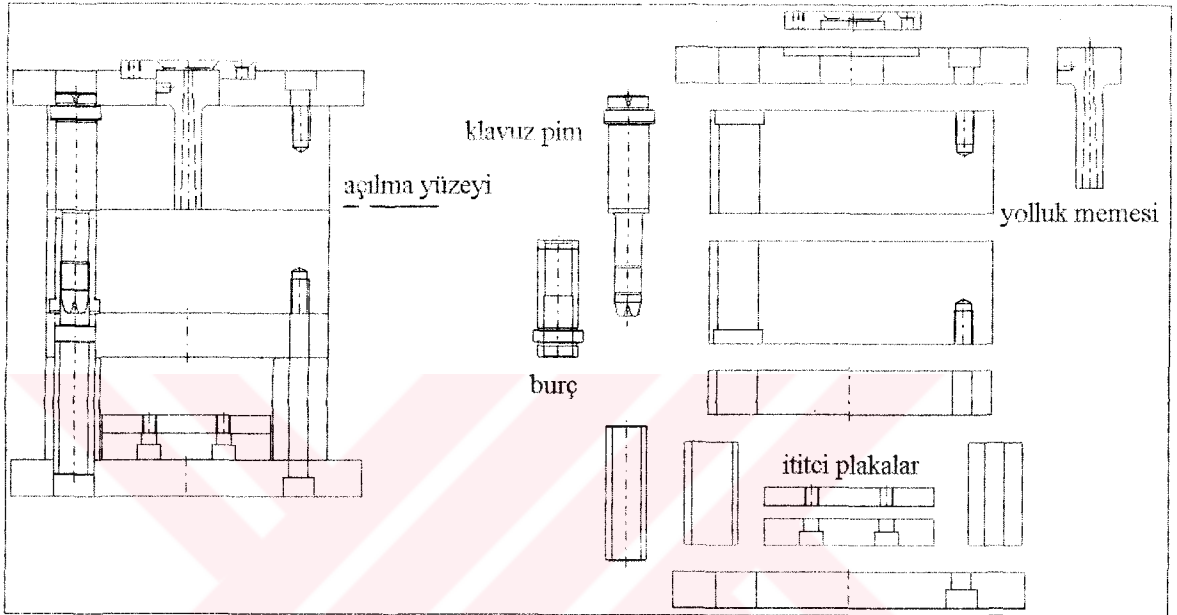
1.3 Enjeksiyon Kalıpları

Bir enjeksiyon kalıbında olması gereken özellikler şunlardır:

- a- Parçanın şeklini verecek boşluğun oluşturulması.
- b- Parçanın kalıptan dışarı atılmasını sağlayacak itici sistem.
- c- Erimiş ham malzemenin kalıp boşluğuna gönderilmesini sağlayan meme.
- d- Memeden giren erimiş malzemeyi kalıp boşluğuna (veya boşluklarına) dağıtan yolluk sistemi.
- e- Kalıp boşluğunu dolduran malzemenin homojen katılaşmasını sağlayan soğutma sistemi.

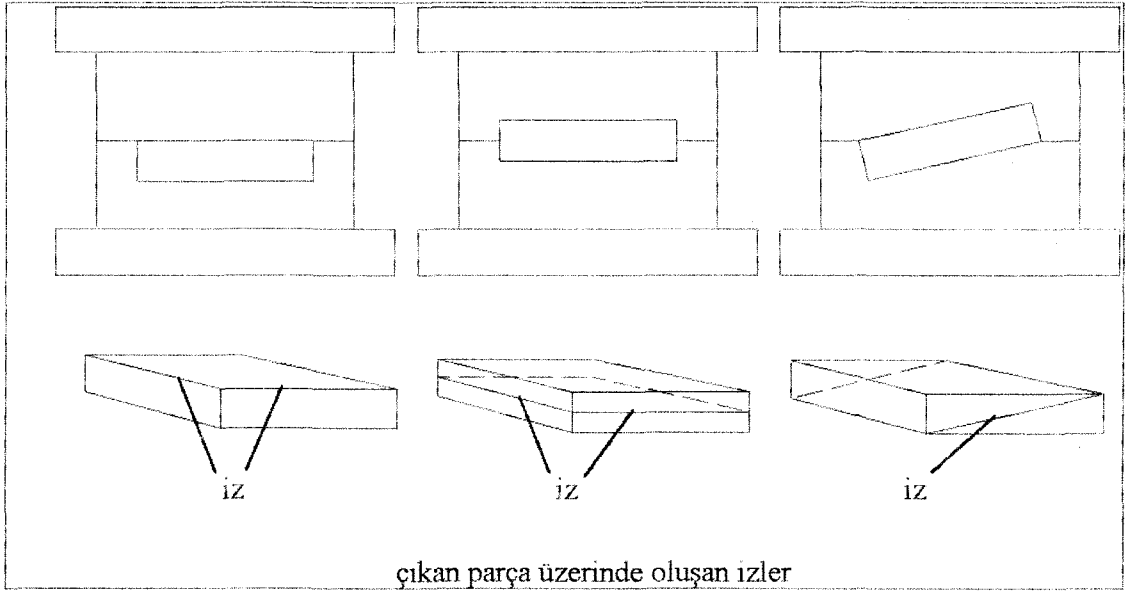
f- Kalıbın her açılıp kapandığında merkezleme görevini yapacak olan kılavuzlama elemanları .

g- Kalıbın enjeksiyon presine bağlanması için gerekli girinti ve çıkıntıların oluşturulması.



Şekil 1-2 Plastik enjeksiyon kalıp elemanları

Kalıp boşluğunun oluşturulması bir veya birden fazla birleşme yüzeylerinin biraraya getirilmesiyle oluşur. Her kalıp için enaz bir açılma yüzeyi olması gerekir. Açılma yüzeyinin (çizgisinin) yeri parçanın geometrik yapısına bağlı olarak belirlenir. Kalıptan çıkan parça üzerinde birleşme yüzeyleri çizgi şeklinde belirmektedir. Genellikle bu izler görünen yüzeylerden uzaklaştırılır. Bu nedenle açılma çizgisinin yerinin belirlenmesinde görsel etkenler de rol oynar. Bir prizmatik parçayı ele alalım ; birleşme yüzeyleri üç değişik şekilde düşünülebilir. Parça üzerindeki birleşme yüzeylerinin oluşturduğu izler kaçınılmazdır, ancak bu izlerin belirginliği azaltılabilir. Bunun için birleşme yüzeylerinin yüzey pürüzlülüğü oldukça düşük yapılmalı (N5 - N6) ve sertleştirilmelidir.

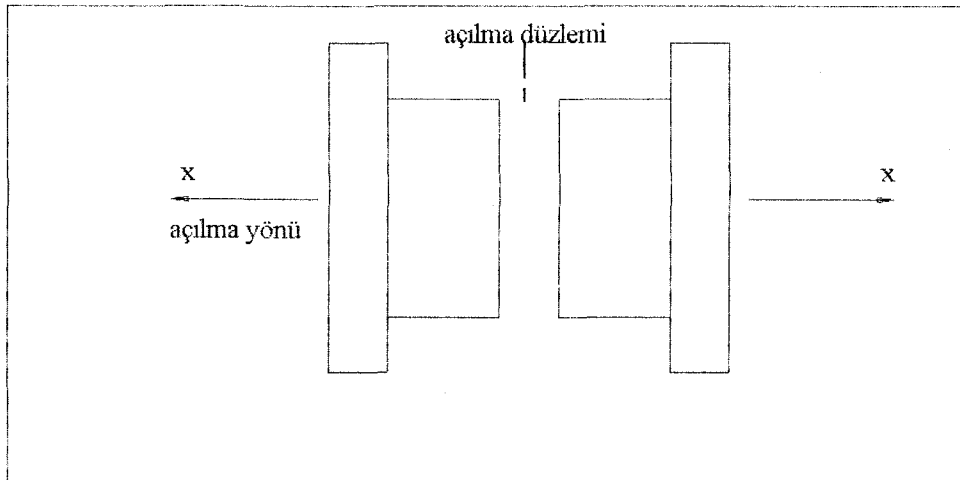


Şekil 1-3 Enjeksiyon işleminden sonra parçadaki izler

1.3.1 Kalıp Boşluğu

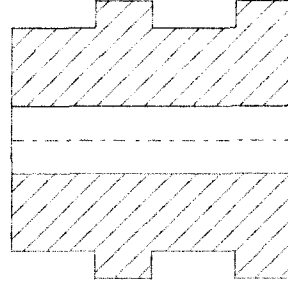
Kalıp boşluğu, parçanın iç ve dış profillerinin hacimsel farkı olarak tanımlanabilir. Eriyik durumdaki plastik malzeme kalıp boşluğunda katılaştığı için katılaşma sonundaki kendini çekme paylarının karşılanması amacıyla kalıp boşluğunun o oranda büyük yapılması gerekir.

Kalıp boşluğunun sağlanmasında yardımcı hareketler:



Şekil 1-4 Açılma yönü ve açılma düzleminin gösterimi

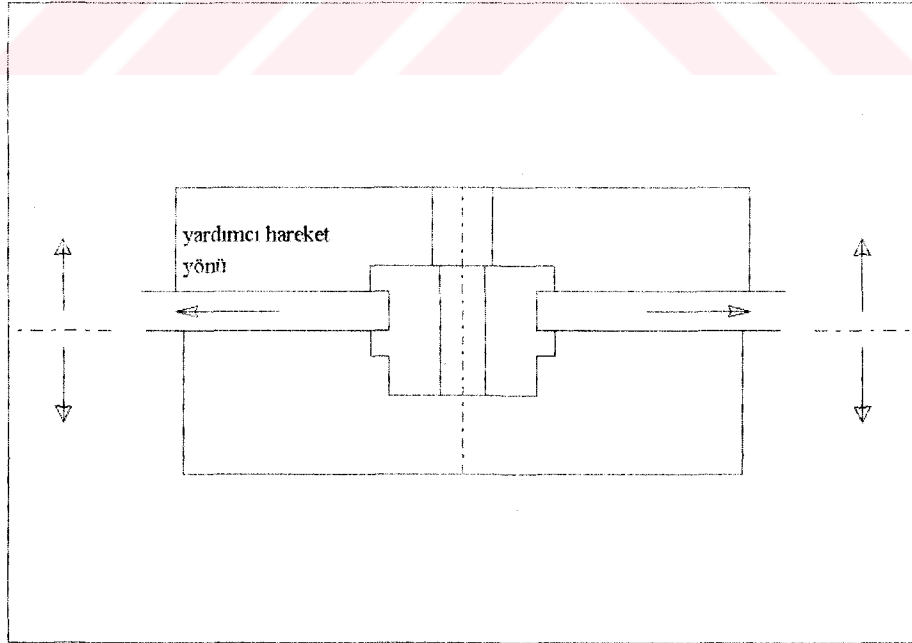
Açılma yönü yalnızca bir yana doğru olduğundan, parçada bu hareketi sınırlayıcı çıkıntı veya girintiler yardımcı bir hareket düzeneği ile gerçekleştirilmelidir, bu amaçla ya x yönündeki esas hareketten yararlanılır (kama düzeneği) yada dışarıdan bir etki (hidrolik veya pnomatik silindirler) kullanılır.



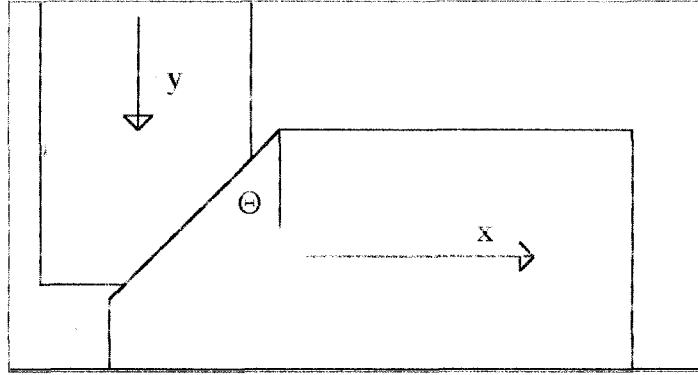
Parça

Şekil 1-5 Kalıplanacak parça

Şekil 1-5'deki parçanın girinti kısımlarını oluşturmak amacıyla yardımcı hareket doğrultusu gösterilmiştir. Bu hareketi kama düzeneği ile gerçekleştirelim:



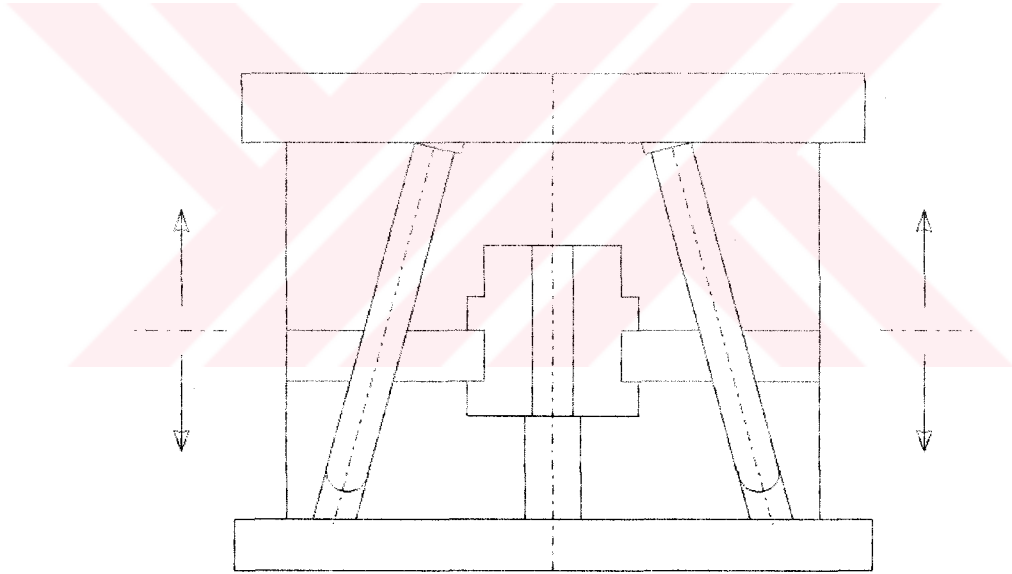
Şekil 1-6 Basit olarak kalıplama düzeneği



Şekil 1-7 Yardımcı hareket için kama düzeneği

$$\text{tg}\Theta = x / y$$

y kadarlık düşey harekete karşılık x kadar yatay bir hareket sağlar.

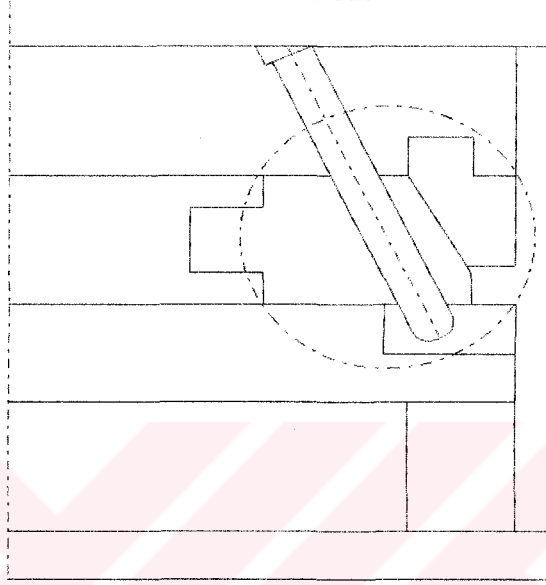


Şekil 1-8 Yardımcı hareketin sağlayacak olan pimlerin gösterimi

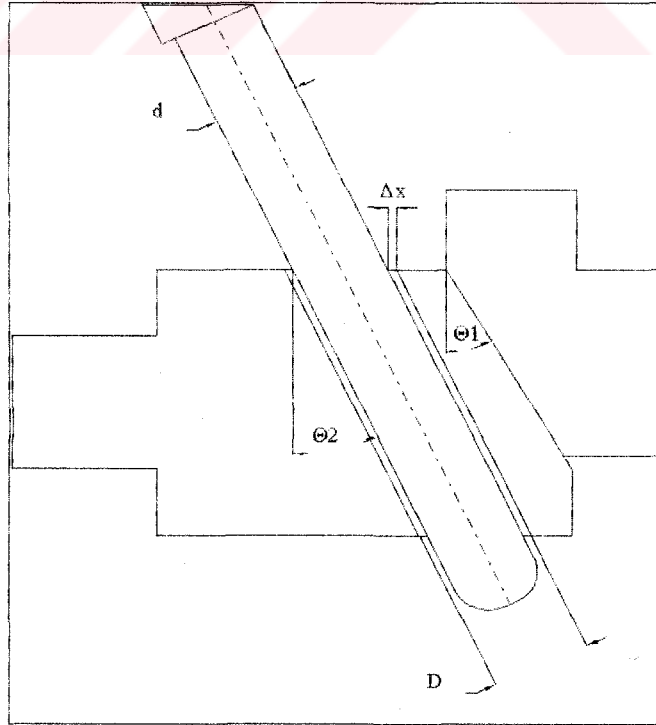
Şekil 1-8'deki gibi eğik olarak yerleştirilen pimler açılma hareketinin yardımıyla kızakları ileri ve geri yönde hareket ettirirler. Kızaklar kalıp boşluğunun oluşmasına yardımcı elemanlar olduklarından enjeksiyon anında doğrudan basınç ile karşılaşır. Parçada oluşturdukları alana bağlı olarak çalışma doğrultuları ile aynı yönde bir kuvvet ile zorlanırlar.

$$F = p \times A \quad p \text{ (kp/cm}^2\text{)} \quad ; \quad A \text{ (cm}^2\text{)} \quad ; \quad F \text{ (kp)}$$

Pimlerin sadece hareket sağlama özellikleri nedeniyle kızaktaki delikleri ile aralarında bir miktar çalışma boşluğu bulunmalıdır. Pimlerin, oluşan yatay kuvvetler nedeniyle zorlanmamaları için kızaklar kapandığı zaman bir kilitleme düzeneğine gereksinim vardır. Bunu için aşağıdaki sistem kullanılır.



Şekil 1-9 Eğik pim ve kilitleme elemanı



Şekil 1-10 Eğik pim ve kilitleme elemanı detayı

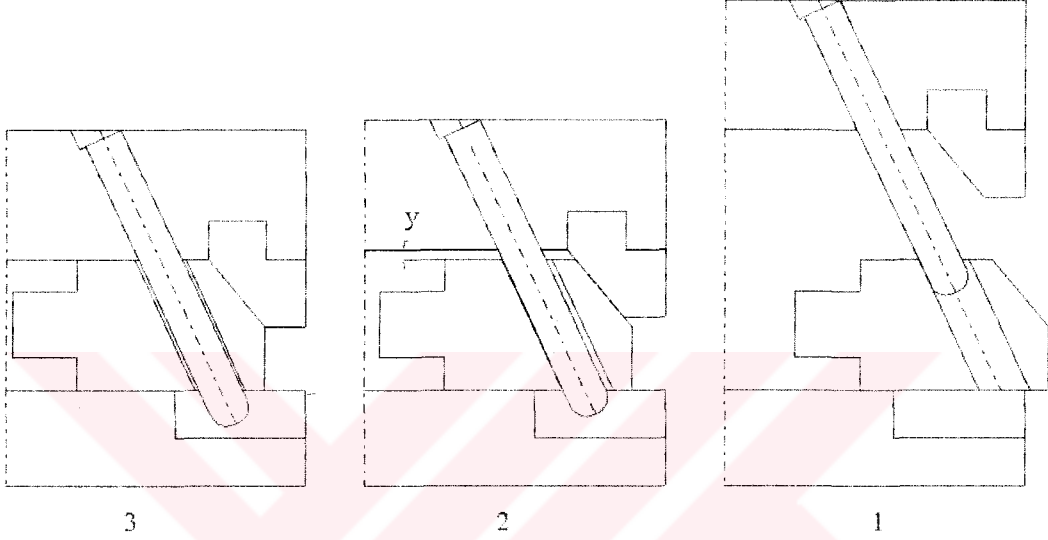
$$\Theta_1 > \Theta_2 \text{ olmalı}$$

$$\Theta_1 = \Theta_2 + (2 \div 5)$$

$$\Delta x = y \cdot (\tan \Theta_1 - \tan \Theta_2)$$

$$D = d + 2\Delta x \cdot \cos \Theta_2$$

y : kilitleme parçasının kızığa temas ettiği andaki yükseklik



Şekil 1-11 Yardımcı hareket aşamaları

1.3.2 İtici Sistemleri

Katılaşan plastik malzeme kendini çekme etkisiyle maçalar üzerine yanal kuvvetler uygular ve kalıp açıldıktan sonra maçalar üzerinde kalır. Parçanın maçalar üzerinden uzaklaştırılması için itici sistemleri kullanılır. Bunlar şu şekilde gruplandırılabilir.

a- Direkt itme sistemi

b- Kademeli itme sistemi

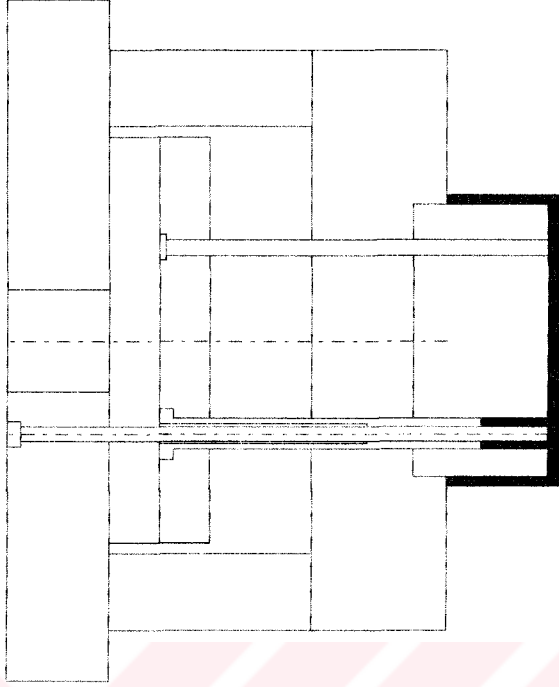
Bu itme sistemlerinde kullanılan itici tipleri şöyledir:

1-Silindirik ve profil iticiler

2-Boru tip iticiler

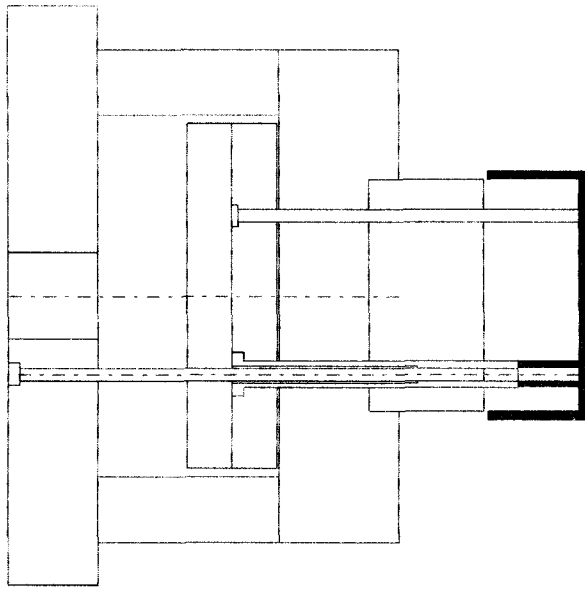
3-Plaka iticiler

a- Direkt itme sistemi



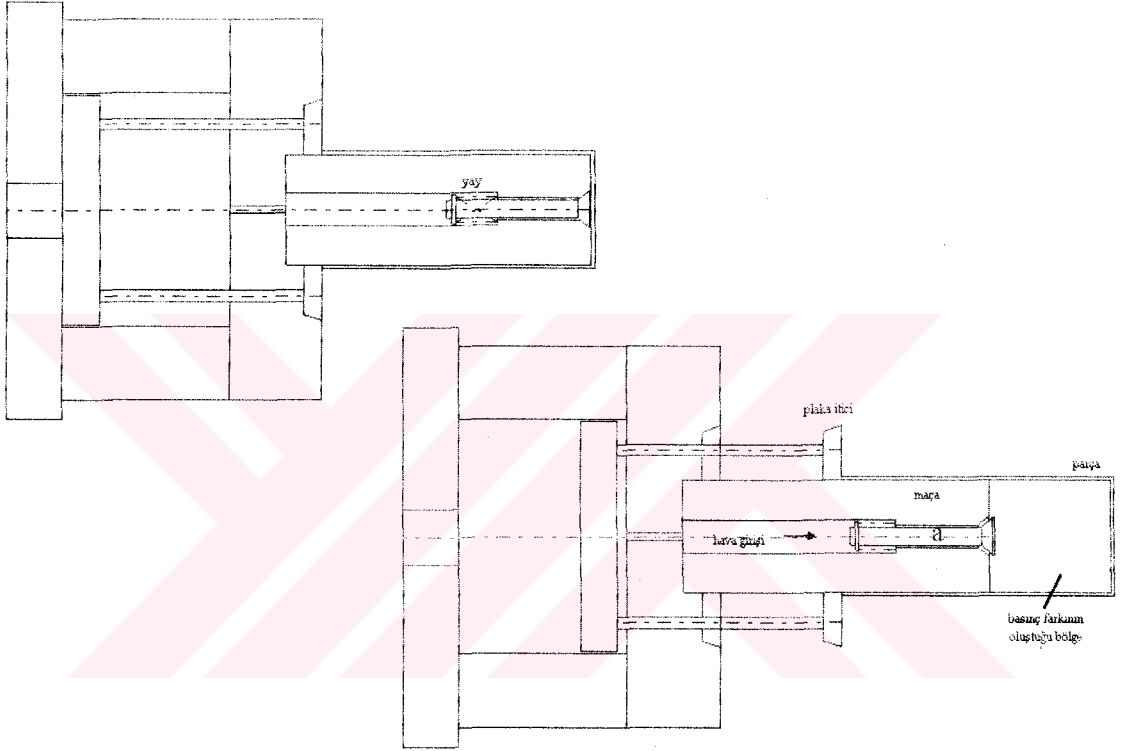
Şekil 1-12 İticilerin konumu

Parçanın düzgün bir şekilde çıkarılması için yanal kuvvetlerin oluşturduğu sürtünmeleri dengelemek üzere iticiler, parça üzerinde farklı büyüklük ve miktarlarda yerleştirilir. Bu nedenle iticilerin yerleşimi ve miktarları parçanın geometrik yapısına,maçalardaki çıkma açılara ve çıkma doğrultusundaki yüzey pürüzlülüğüne bağlıdır.



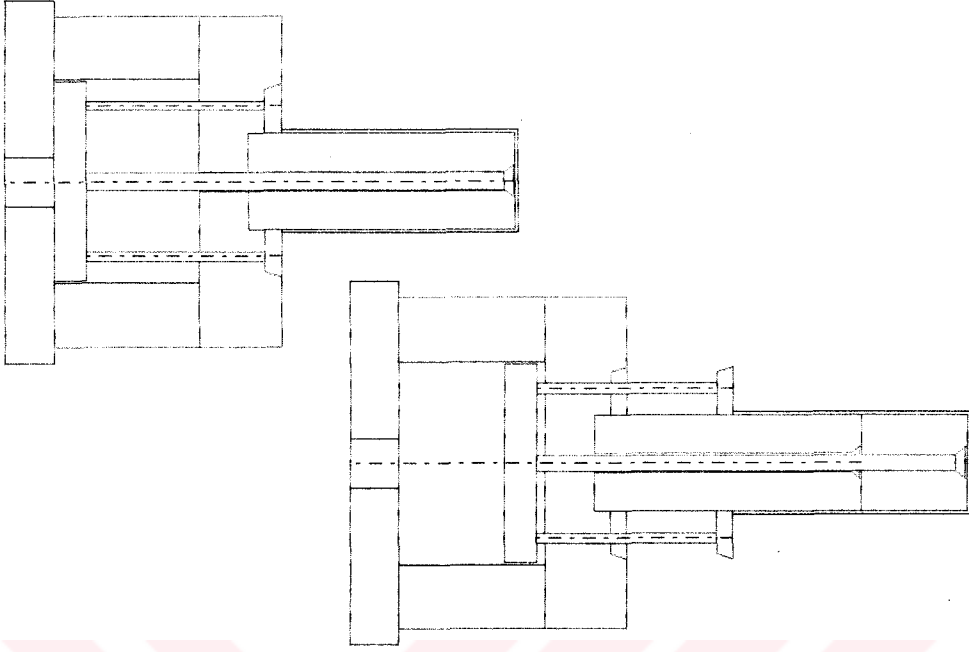
Şekil 1-13 Parçanın iticiler ile çıkartılması

Yassı parçalarda itici alanları parça yüzeyinin yaklaşık 1/10 'u kadar olmalıdır. Tüp şeklindeki uzun parçaların maçalardan çıkarılması anında maça ile parça arasındaki hacmin artması sonucu bu bölgede basınç düşümü gerçekleşir. Dış ortam basıncının etkisiyle parçada içe doğru çökme gözlenir. Bunu önlemek için parçanın maçadan sıyrılmaya başladığı ilk anda parça ile maça arasına hava girişinin sağlanması gerekir.



Şekil 1-14 Parça ile maça arasındaki vakumun önlenmesi

Şekil 1-14' de görüldüğü gibi hava geçişi, kalıp belirli bir aralığa kadar açıldıktan sonra oluşan basınç farkının etkisiyle "a" parçasının ileri hareketi ile sağlanır. Ancak bu hareketin oluşabilmesi için basınç düşümünün yay kuvvetini yenecek değere ulaşması gerekir. Yani parça ile maça arasına hava geçişi, itme hareketinin başlangıcında değil belirli bir yerinde olacaktır. Böylece ince kesitli ve dikdörtgen formundaki parçalarda (daha belirgin olacağından) itmenin bu anına kadar çökmeler engellenmiş olamayacaktır. Bu nedenle bu tip parçalarda aşağıdaki düzenek yeğlenmelidir.

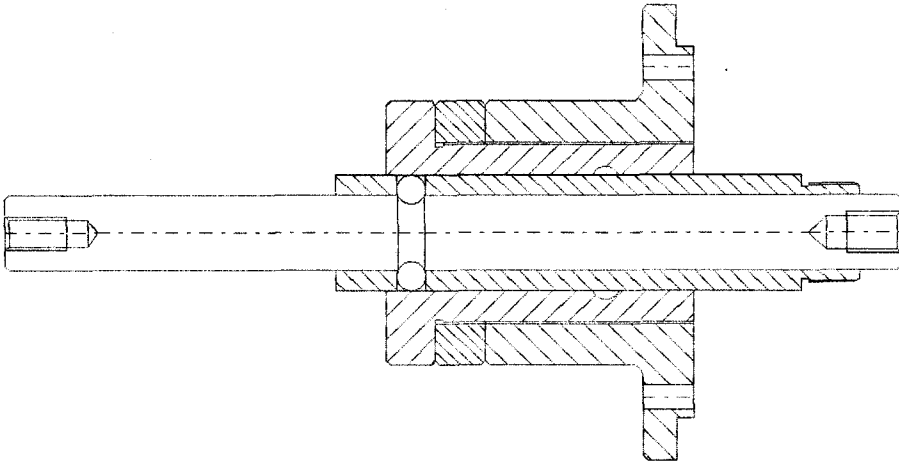


Şekil 1-15 Parça ile maça arasındaki vakumun başka bir şekilde önlenmesi

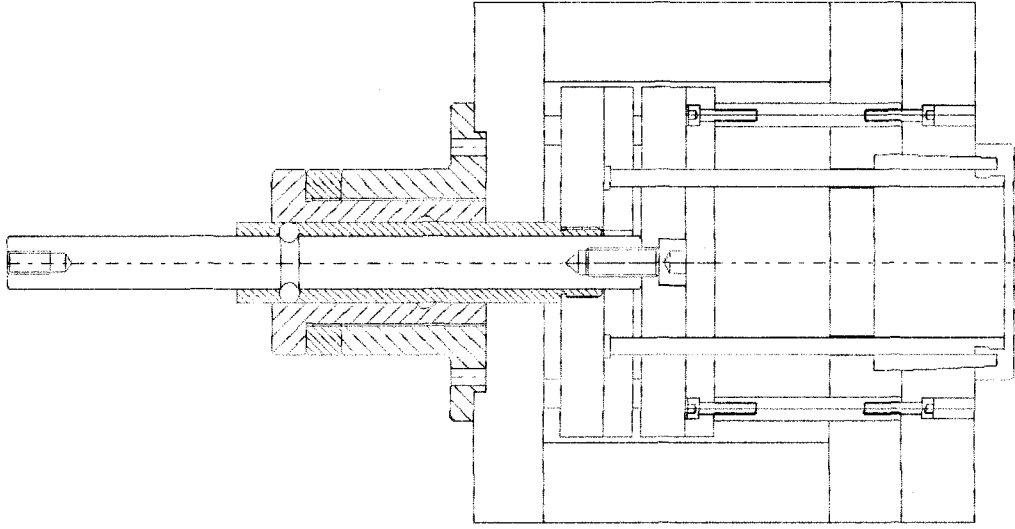
Bu düzenekte itme hareketinin başlangıç anında maça ile parça arasına hava girişi sağlanmış olur.

b- Kademeli itme sistemi

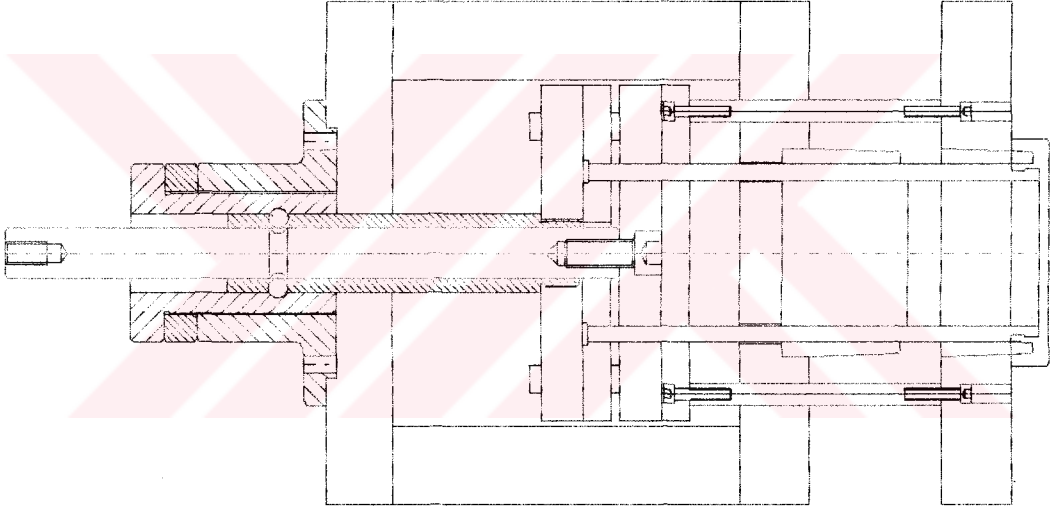
Parçanın direkt itilmesinin sakıncalı olduğu durumlarda bu sistem kullanılır. Parçada deformasyonlara neden olmamak için itme iki kademeli olur. Genellikle açılma hareketine dik yöndeki figürlerin oluşturulması için iticilerden yararlanılır. Böylece 1. kademedeki iticilerin hepsi parçayı iter, diğer kademedeki de iticilerin bir kısmı itme hareketine devam eder diğerleri (parçaya form verenler) geride kalır ve parçadan kurtulur(Şekil 1-17).



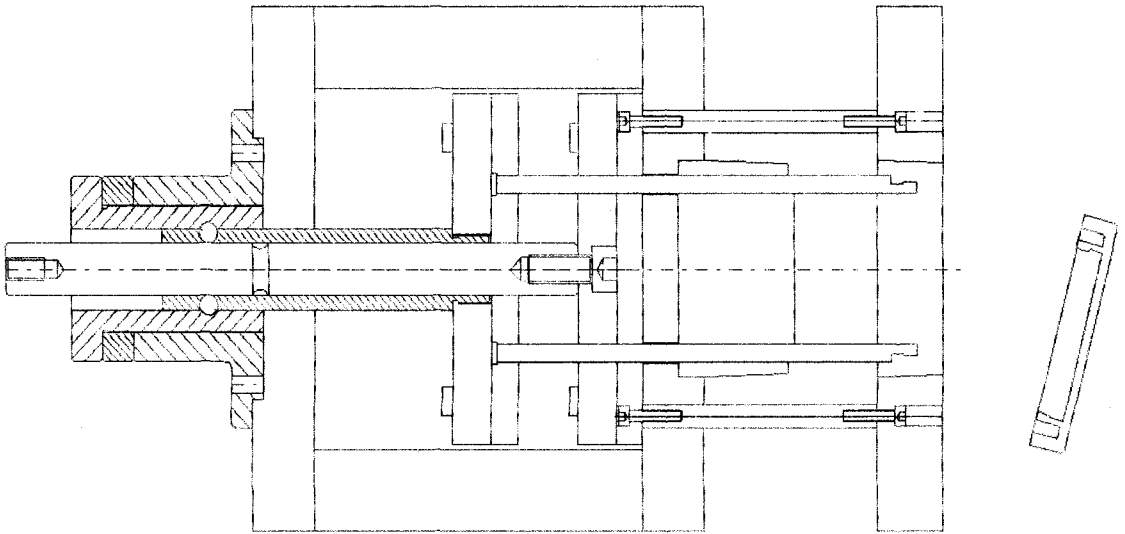
Şekil 1-16 Kademeli itme düzeneği



Şekil 1-17-a



Şekil 1-17-b



Şekil 1-17-c

Şekil 1-17 Parçanın kademeli itme düzeneği ile çıkarılması

1.3.3 Kalıpların Soğutulması

Isı verilerek sonsuz vida içerisinde eritilen plastik malzemenin, kalıp boşluğuna enjekte edildikten sonra üzerindeki ısının tekrar alınıp katılaşması sağlanmalıdır. Bu nedenle kalıbın belirli bir sıcaklıkta sabit tutulması gerekir. Plastik kalıpları su veya basınçlı hava ile soğutulur. Homojen bir katılaşmanın sağlanabilmesi için kalıbın da homojen soğutulması gerekir. Kalıp sıcaklığının sabit tutulması birçok etkene bağlıdır: kullanılan plastiğin cinsi, kütlesi, bu kütleye verilen ısı miktarı, malzemenin ısı iletim durumu, akıcılığı, katılaşma sıcaklığı ve kalıptan çıkarılma sıcaklığı, yolluk sistemi, kalıp çeliğinin cinsi, soğutma sisteminin durumu ve makineye ait özellikler (enjeksiyon hızı, enjeksiyon basıncı) .

Su ile yapılan soğutma işleminde kalıp yarımlarına su geçişi için delikler delinmektedir.

Su soğutmalı kalıplarda aşağıdaki özellikler gözönüne alınmalıdır.

- a- Soğutma delikleri veya kanalları kalıp boşluğuna uygun uzaklıkta olmalı; fazla yakın olması durumunda ani sıcaklık değişimi sonucu çelikte çatlamlar oluşabilir, uzak delinmesi durumunda ısı transferi uzun zamanda gerçekleşir.
- b- Soğutma sıvısının debisi kalıbı sabit sıcaklıkta tutacak değerde olmalı
- c- Soğutma sıvısının giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki farkın fazla olmaması için soğutma deliklerinin uygun büyüklük ve sayıda olması gerekir.

Kalıplanacak plastik malzeme miktarına bağlı olarak suyun kütleli debisi için aşağıdaki eşitlik çıkarılabilir.

Kalıpta oluşan ısı miktarı

$$Q = M_1 (C_p (T_1 - T_2) + q] \quad \text{Cal/h}$$

Transfer edilmesi gereken ısı miktarı

$$H = K.M_2.(T_3 - T_4) \quad \text{Cal/h}$$

$Q = H$ olacağından

$$M_1 (C_p (T_1 - T_2) + q] = K.M_2.(T_3 - T_4)$$

$$M_2 = M_1.C_p.(T_1 - T_2) + q / K (T_3 - T_4] \quad \text{kg/h}$$

Q: Kalıpta oluşan toplam ısı miktarı cal/h

H: Taşınması gereken ısı miktarı cal/h

q: Plastik ergime ısı miktarı cal/h

C_p : Plastik özgül sıcaklık katsayısı

M_1 : Kalıplanacak plastik madde miktarı kg/h

M_2 : Suyun kütleli debisi

T_1 : Plastik madde kalıplama sıcaklığı $^{\circ}C$

T_2 : Kalıp sıcaklığı $^{\circ}C$

T_3 : Suyun kalıptan çıkış sıcaklığı $^{\circ}C$

T_4 : suyun giriş sıcaklığı $^{\circ}C$

K : Toplam ısı transfer katsayısı

Tablo 1-2 Bazı plastiklerin özgül sıcaklık katsayısı ve ergime ısı miktarları

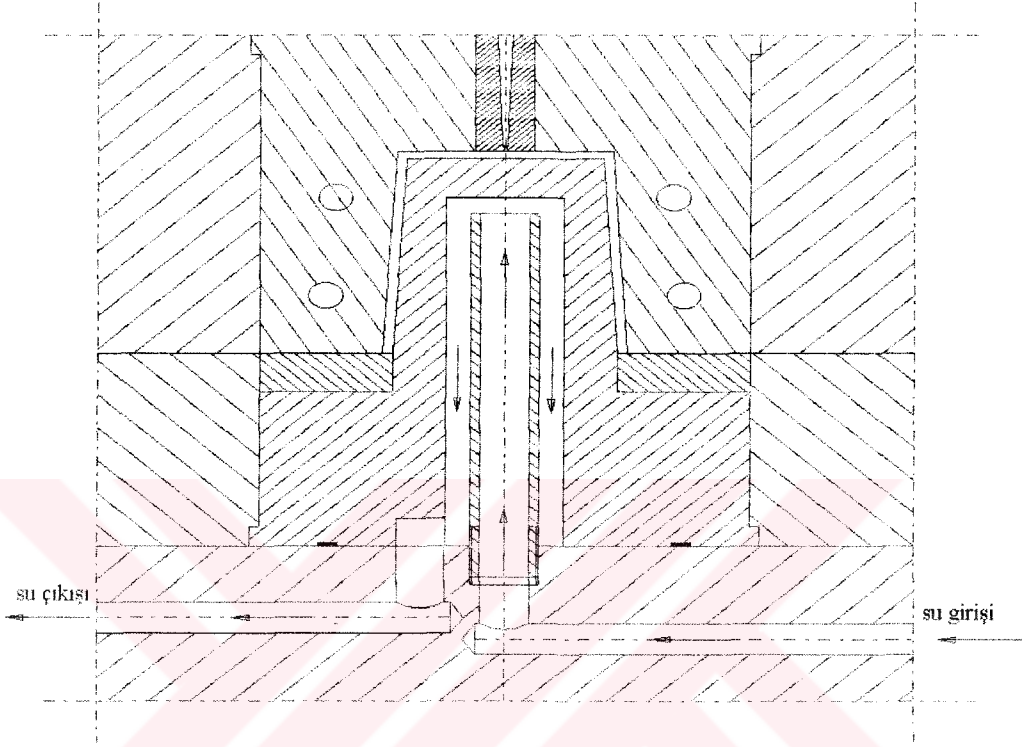
Plastik madde cinsi	Özgül sıcaklık katayısı C_p	Ergime ısı miktarı q
Naylon	0.40	150 - 175
Vinil (sert)	0.20 - 0.28	45
vinil (yumuşak)	0.30 - 0.50	45
Polietilen	0.46 - 0.55	125 - 175
Polipropilen	0.46	125 - 150
Polikarbonat	0.300000	125 - 150
Asetal	0.35	90

Tablo 1-3 Soğutma tipine bağlı olarak ısı transfer katsayısı

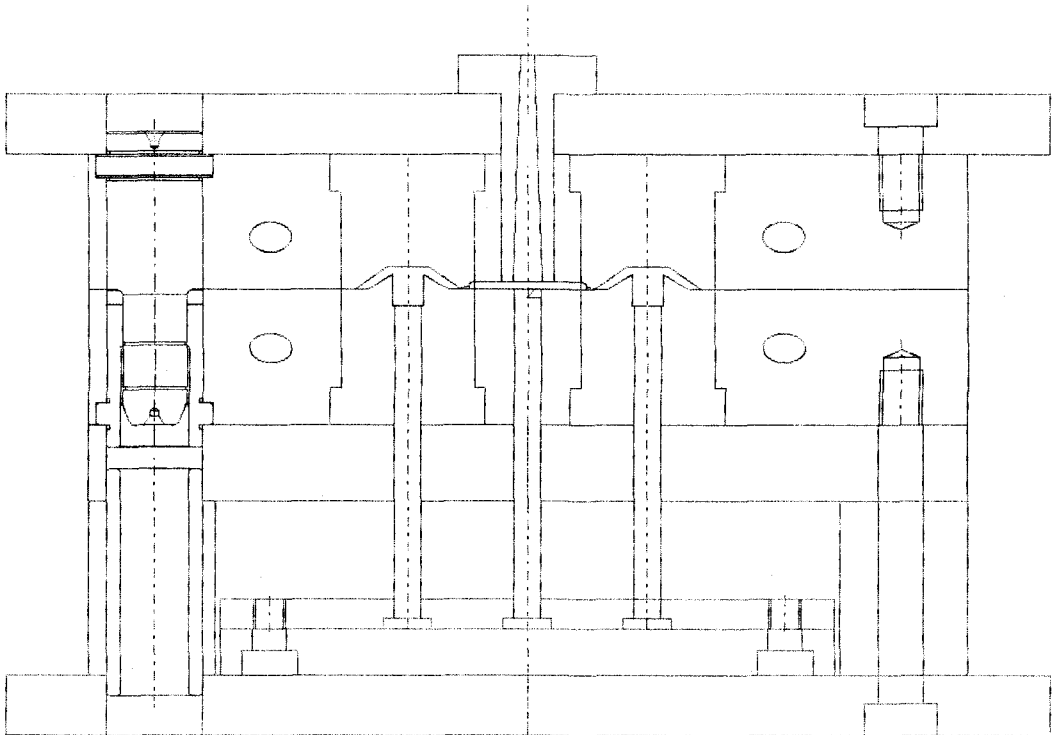
Soğutucu kanal tipi	K
Kalıp yarımına doğrudan açılan kanallar	0.64
Kalıp destek plakalarına açılan kanallar	0.50
Bakır borulu soğutma kanalları	0.10

Su ile soğutmanın uygun olmadığı durumlarda soğutma basınçlı hava ile sağlanır. Soğutma etkisi su ile soğutmaya göre daha zayıf olduğu için genellikle et kalınlığı az ve kalıp sıcaklığının çok fazla değişmesi gerekmeyen kalıplama işlemlerinde kullanılır.

Su yollukları kalıplarda değişik şekillerde düzenlenir. Bunlara örnek olarak aşığıdaki şekil 1-18 ve 1-19'ler gösterilebilir.



Şekil 1-18 Maçanın soğutulması



Şekil 1-19 Kalıpta soğutma deliklerinin yeri

2. Bilgisayar Destekli Kalıp Tasarımı

2.1 Bilgisayar Destekli Tasarım

Bilgisayar destekli tasarımı tasarım prosesinde bilgisayar kullanılması olarak basitçe açıklayabiliriz. Tasarım prosesinde bilgisayar, hem betimlemede hem de analiz aşamalarında kullanılır. Betimleme (gösterim) sadece çizimle sınırlı değildir, 3 boyutlu tel kafes modelleme ve katı modelleme vb. olanaklar da mevcuttur. Bilgisayar destekli çizim ve tasarım uygulamalarının önemli bir kısmını 2 boyutlu tasarım paketleri kullanılarak yapılan 2 boyutlu mühendislik çizimleri oluşturmaktadır. Bu yazılımlar ile doğru, daire, yay, gibi basit geometrik elemanlar kullanılarak istenilen çizimler oluşturulur. 2 boyutlu teknik resimlerin çizilmesi bilgisayar ile tasarım için başlangıçtır. Ancak alışlagelen teknik resim çizimlerinin yanında parçaların 3 boyutlu olarak gerçeğe yakın tasarlanıp görüntülenmesine kadar geniş olanaklar sağlanmaktadır.

Bir CAD sistemi 3 önemli kısımdan oluşur.

- Donanım
- Yazılım
- İşletim sistemi

Bunlardan yazılım, o CAD sisteminin içeriği ve fonksiyonlarıdır. Böylece bir CAD yazılımında olabilecek özellikler şu şekilde sıralanabilir.

- 2 boyutlu çizim
- 3 boyutlu çizim
- 3 boyutlu katı modelleme
- Analitik olmayan yüzeylerin oluşturulabilmesi
- Mühendislik analizleri (sonlu elemanlar, kinematik analiz, simülasyon vb.)

Bilgisayar destekli tasarımın yararlarını şu şekilde sıralayabiliriz:

- Daha hızlı ve hassas çizim

- Resim üzerinde kolayca değişiklik yapma imkanı
- Resmin saklanmasıda yer sorununun olmayışı
- Resmin 1:1 ölçekte çizilip istenilen ölçekte çıktı alınması
- Daha fazla tasarım seçeneklerinin denenmesi
- Karmaşık parçaların kolayca tasarlanması
- Tasarlanan ürünü görsel olarak daha iyi kavrama
- Kağıttan ve çizim aletlerinden tasarruf
- Montaj resimlerinin kolayca oluşturulması veya montaj resminden parça resimlerine geçişte kolaylık
- Standart parça kullanımında artış

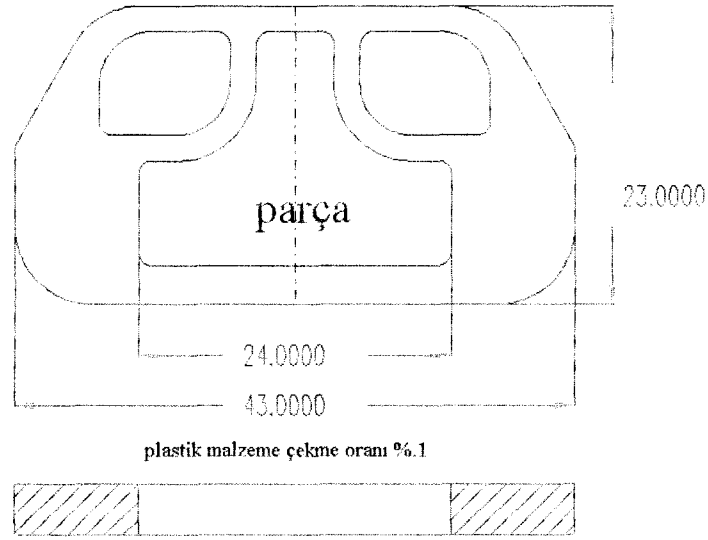
2.1.1. 2- Boyutlu çizim

İki boyutlu çizim sisitemleri klasik mühendislik çizimleri ile benzerlikler göstermektedir. Ancak klasik çizimde CAD yazılımlarında mevcut olan özelliklerden yalnızca biri kullanılmaktadır: resim oluşturma fonksiyonu. Daha doğrusu masa üzerinde çizilen bir resimde betimleneceklerin (çizgi, yazı, ölçüler vb.) tek tek oluşturulması zorunludur. Bunun yanısıra CAD sistemi ile oluşturulacak resim, değişik düzenleme fonksiyonları yardımıyla daha etkin bir şekilde sonuçlandırılır.

Resmin sonuçlandırılması için kullanılan fonksiyonları şöyle sıralayabiliriz.

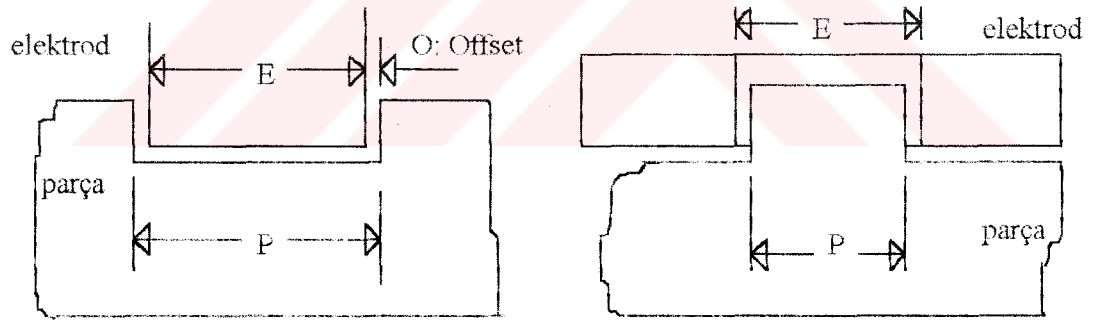
- a- Ayar fonksiyonları
- b- Resim oluşturma fonksiyonları
- c- Resim düzenleme fonksiyonları
- d- Ölçülendirme fonksiyonları
- e- Yardımcı fonksiyonlar

Bir enjeksiyon kalıbında elektrod olarak kullanılacak parçanın resim düzenleme fonksiyonlarından " offset" ve " scale" komutları yardımıyla hazırlanışını gösterelim



Şekil 2-1 Kahplanacak parça

Elektrod ölçülerini tespit edebilmek için önce elektroerezyon işleminde elektrod ile parça arasındaki ilişkiyi inceleyelim



elektrod erkek, parça dişi olursa
elektrod ölçüsü

$$E = A \times F - (2 \times O)$$

F: çekme faktörü (1.01)

A: Plastik parçanın ölçüsü

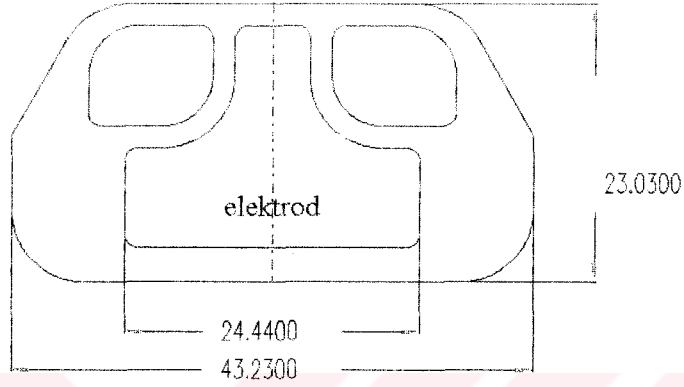
O: Offset (bu örnekte O = 0.1 alınmıştır)

elektrod dişi, parça erkek olursa
elektrod ölçüsü

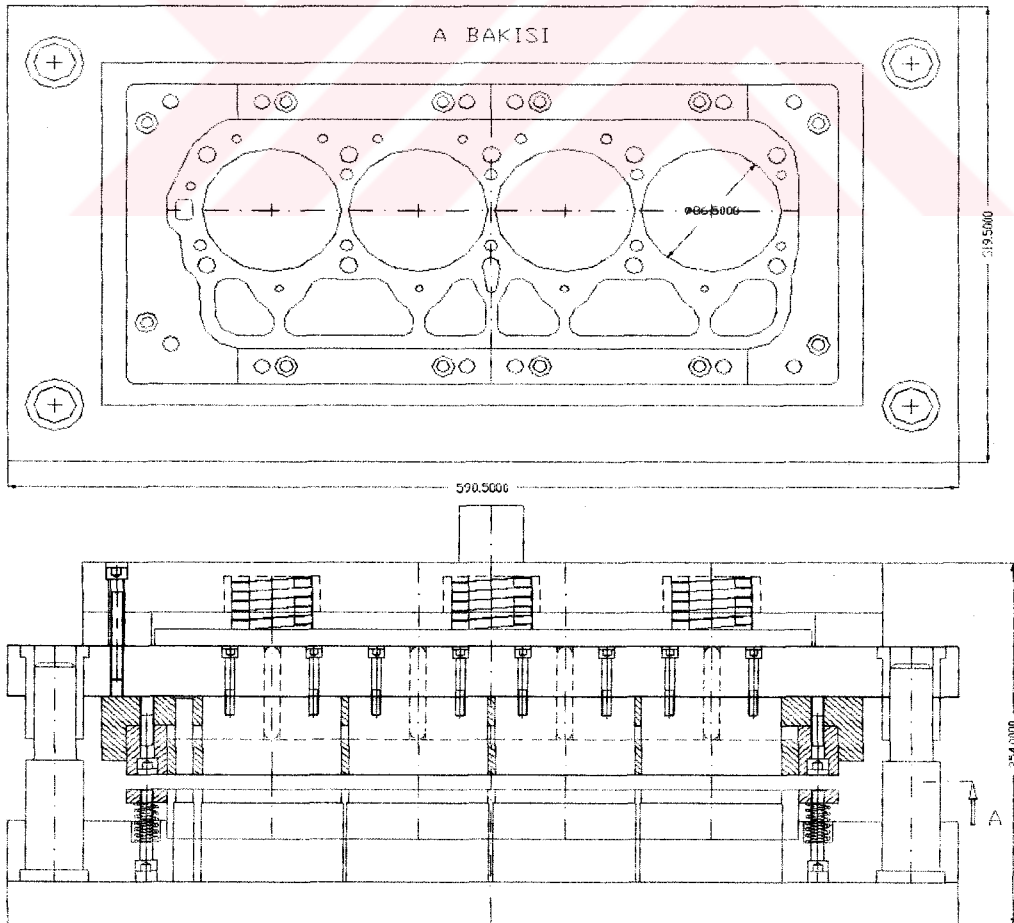
$$E = A \times F + (2 \times O)$$

Şekil 2-2 Elektroerezyon işleminde elektrod ile parça arasındaki ilişki

Parça çekme oranı kadar bir ölçekle büyütülür (scale komutu kullanılır). Daha sonra elektrodun dişi ve erkek olacak kısımları gözönüne alınarak uygun yönde offset' leme yapılır. Formüldende görüldüğü gibi erkek kısımlarda içe doğru, dişi kısımlarda dışa doğru offset yapılır. Böylece elektrodun ölçüleri saptanmış olur.



Şekil 2-3 Elektrod ölçüleri



Şekil 2-4 Autocad-10 ile hazırlanmış iki boyutlu bir çizim

2.2 Kütüphane Oluşturma ve Kütüphaneden Çizime Aktarım

Standart parça kullanımı kalıpcılıkta oldukça yaygınlaşmıştır. Kalıp tasarımı sırasında kullanılan pekçok standart parçanın her defasında yeniden çizilmesi gereksizdir. Bu amaçla standart parçaları bir kere çizerek harddiskin bir bölgesinde depolamak ve gerektiği zaman çağırmak mümkündür. Ayrıca boyutları değişen standart elemanlar, software' in (AutoCad' in) özel programlama dili (AutoLISP) ile önceden hazırlanır ve resim içine yerleştirilirken boyutları verilir. Böylece yeniden değişik ölçülerde çizdirilebilir.

Bir civata örneğini ele alalım: Çizim sırasında birden fazla M12 civatalardan değişik boylarda kullanılacağını varsayalım.



Şekil 2-5 Bir civatanın referans noktası ile gösterimi

Şekil 2-2-1' deki parçayı çizdikten sonra

Command: Wblock

File name: Sekiz karektere kadar bir ad verilir

Block name: =

Insertion base point: parçanın referans (baz) noktası verilir

“Wblock “ ile harddiske aktarılan parçayı resim içerisine çağırmak için “insert” komutu kullanılır.

Command: Insert

Block name (or ?): Resme çağrılacak block' un adı

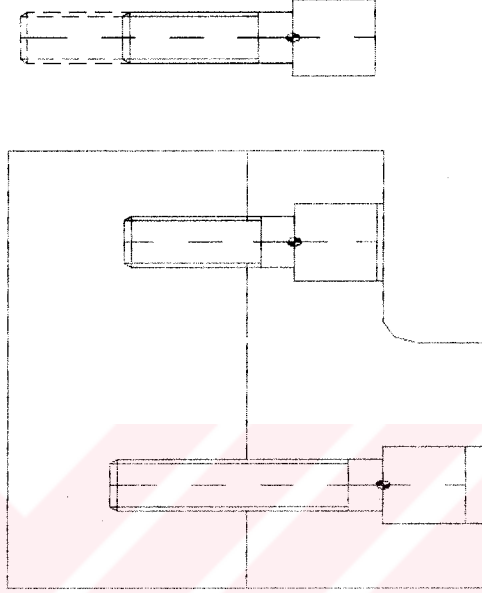
Insertion point: Block' un baz noktasının resim içinde yerleşeceği nokta

X scale factor (1)/Corner/XYZ: Çağrılacak block' un X yönündeki ölçeği

Y scale factor (default = X) : Çağrılacak block' un Y yönündeki ölçeği

Rotation angle <0>: Çağrılacak block' a döndürme açısı verilecek ise bu değer yazılır.

Değişken olarak dış boyu esas alınacağından herhangi bir dışboyunda bir defa çizilecek olan civatanın, çizime aktarımından sonra farklı dış boyları için “stretch” komutuyla uzatılıp yada kısaltılması ile isteğe uygun hale getirilir.

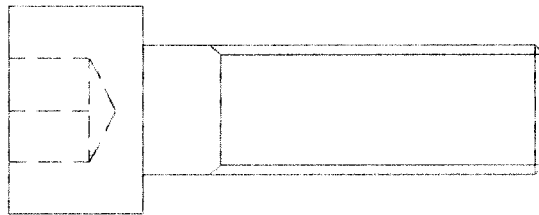


Şekil 2-6 Kütüphaneden alınan bir civatanın farklı dış boyları için yeniden şekillendirilmesi

Parçanın, bir referens noktasından taşınması ve resim üzerine belli bir açıda yerleştirilmesi gerekmektedir.

Sürekli kullanılacak parçaları bu şekilde çizip saklayarak yeniden çizilmesine gerek kalmadan kullanmak olasıdır. Bunun yanısıra boyutları da isteğe bağlı değişebilecek parçaların bu şekilde oluşturulması yerine parametrik değerlerin girilmesi suretiyle elde edilmesi daha kolay olacaktır.

Gömme başlı civatalar için hazırlanmış bir Lisp programı aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 2-7 Parametrik tasarımı yapılacak bir civatanın geometrik elemanları

```

(vmon)
(defun c:MC (/ tt)
(start)
(setq gg 0)
(while gg
  (setq code (getstring "\nEnter component code (eg M4X10,? for list) : "))
  (setq code (strcase code))
  (setq a code)
  (if (= a "?")
    (catalog "/MC/CV")
    (progn
      (setq x (open "/MC/CV.MAT" "r"))
      (prompt "\nSearching-please wait:")
      (setq ff 0)
      (while ff
        (setq aa (read-line x))
        (setq cc 0)
        (setq gg 0)
        (if (= ":" (substr aa 1 1))
          (progn
            (setq ff nil)
            (prompt "Specified component code not available ")
          )
          (setq gg nil))
        (count)
        (setq e (substr aa 1 (- cc 1)))
        (if (= e a) (setq ff nil))
      )
    )
  (setq a1 cc)
  (close x)
  )))
(count)
(setq b1 cc)
(setq MD (substr aa (+ a1 1) (- (- b1 a1) 1)))
(setq MD (atof MD))
(count)
(setq c1 cc)
(setq ML (substr aa (+ b1 1) (- (- c1 b1) 1)))
(setq ML (atof ML))
(count)
(setq d1 cc)
(setq HD (substr aa (+ c1 1) (- (- d1 c1) 1)))
(setq HD (atof HD))
(count)
(setq e1 cc)
(setq HT (substr aa (+ d1 1) (- (- e1 d1) 1)))
(setq HT (atof HT))
(count)
(setq f1 cc)
(setq SD (substr aa (+ e1 1) (- (- f1 e1) 1)))

```

```

(setq SD (atof SD))
(count)
(setq g1 cc)
(setq OL (substr aa (+ fl 1) (- (- g1 fl) 1)))
(setq OL (atof OL))
(getao)
(graphscr)
(initget 1)
(setq p0 (getpoint "\nIndicate insertion point for detail "))
(setq p2 (polar p0 (dtr AO) OL))
(setq p3 (polar p0 (+ (angle p0 p2) (dtr 180.000000)) HT))
(setq p4 (polar p3 (+ (dtr 90.000000) (angle p3 p0)) (+ (/ HD 2.0))))
(setq p5 (polar p3 (+ (dtr 90.000000) (angle p3 p0)) (- (/ HD 2.0))))
(setq p6 (polar p0 (+ (dtr 90.000000) (angle p0 p3)) (+ (/ HD 2.0))))
(setq p7 (polar p0 (+ (dtr 90.000000) (angle p0 p3)) (- (/ HD 2.0))))
(setq p8 (polar p0 (+ (dtr 90.000000) (angle p0 p3)) (+ (/ MD 2.0))))
(setq p9 (polar p0 (+ (dtr 90.000000) (angle p0 p3)) (- (/ MD 2.0))))
(setq p10 (polar p2 (angle p2 p0) ML))
(setq p11 (polar p10 (+ (dtr 90.000000) (angle p10 p3)) (+ (/ MD 2.0))))
(setq p12 (polar p10 (+ (dtr 90.000000) (angle p10 p3)) (- (/ MD 2.0))))
(setq p13 (polar p2 (+ (dtr 90.000000) (angle p2 p3)) (+ (/ MD 2.0))))
(setq p14 (polar p2 (+ (dtr 90.000000) (angle p2 p3)) (- (/ MD 2.0))))
(setq p15 (polar p14 (angle p14 p12) MD))
(setq p16 (polar p3 (angle p3 p2) (* (* 1 1.050000) (distance p3 p2))))
(setq p17 (polar p2 (angle p2 p3) (* (* 1 1.050000) (distance p2 p3))))
(setq p18 (polar p3 (angle p3 p0) (* (* 1 0.600000) (distance p3 p0))))
(setq p19 (polar p18 (angle p18 p0) (* (* 1 0.500000) (distance p18 p0))))
(setq p20 (polar p18 (+ (dtr 90.000000) (angle p18 p3)) (+ (/ SD 2.0))))
(setq p21 (polar p18 (+ (dtr 90.000000) (angle p18 p3)) (- (/ SD 2.0))))
(setq p22 (polar p3 (+ (dtr 90.000000) (angle p3 p18)) (+ (/ SD 2.0))))
(setq p23 (polar p3 (+ (dtr 90.000000) (angle p3 p18)) (- (/ SD 2.0))))
(setq p24 (polar p14 (angle p14 p15) (* (* 1 0.080000) (distance p14 p15))))
(setq p25 (polar p14 (angle p14 p13) (* (* 1 0.080000) (distance p14 p13))))
(setq p26 (polar p13 (angle p13 p14) (* (* 1 0.080000) (distance p13 p14))))
(setq p27 (polar p13 (angle p14 p24) (distance p14 p24)))
(setq p28 (polar p11 (angle p27 p13) (distance p27 p13)))
(setq p29 (polar p12 (angle p11 p28) (distance p11 p28)))
(setq p30 (polar p29 (angle p14 p25) (distance p14 p25)))
(setq p31 (polar p28 (angle p30 p29) (distance p30 p29)))
(lined p12 p24)
(lined p24 p27)
(lined p27 p11)
(lined p11 p31)
(lined p31 p26)
(lined p26 p25)
(lined p25 p30)
(lined p30 p12)
(lined p24 p25)
(lined p27 p26)
(lined p12 p9)

```

(lined p8 p11)
 (lined p7 p6)
 (lined p6 p5)
 (lined p5 p4)
 (lined p4 p7)
 (lined p30 p31)
 (hidden)
 (lined p22 p21)
 (lined p21 p20)
 (lined p20 p23)
 (lined p3 p18)
 (lined p21 p19)
 (lined p19 p20)
 (centre)
 (lined p17 p16)
 (fin)
)

CV/MAT

M4X10,4,10,7,4,3,10,
 M4X20,4,12,7,4,3,20,
 M4X30,4,12,7,4,3,30,
 M5X10,5,15,9,5,4,10,
 M5X16,5,15,9,5,4,16,
 M5X20,5,15,9,5,4,20,
 M5X25,5,15,9,5,4,25,
 M5X35,5,15,9,5,4,35,
 M6X12,6,12,10,6,5,12,
 M6X16,6,16,10,6,5,16,
 M6X20,6,18,10,6,5,20,
 M6X25,6,18,10,6,5,25,
 M6X30,6,18,10,6,5,30,
 M6X35,6,18,10,6,5,35,
 M6X40,6,18,10,6,5,40,
 M6X45,6,18,10,6,5,45,
 M6X50,6,18,10,6,5,50,
 M6X60,6,18,10,6,5,60,
 M6X70,6,18,10,6,5,70,
 M6X80,6,18,10,6,5,80,
 M6X100,6,18,10,6,5,100,

Standart kalıp elemanları üreten firmaların hazırlamış olduğu kütüphane programlarının yardımıyla kalıba ait bütün elemanlar, içlerinden uygun olanları seçilerek birleştirilir. Bu tür kütüphane programlarının sağladığı en büyük avantaj hızlı bir tasarım olanağı sunmaları ve standart elemanlara yönelişi sağlamalarıdır. Ancak ülkemizde bu tip hazır kalıp elemanları üreten firmaların azlığı ve olanlarında yalnızca bir kısmı ile sınırlı kalması bu sektöre yabancı firmaların egemen olmasını sağlamıştır.

Doğal olarak yabancı firmaların fiatlarının yüksek oluşunun ve genelde üretilecek parça sayısının sınırlı oluşu imalatçıyı kısa vadeli çözümlere yöneltmesinin de etkisiyle böyle bir sunumun talepleri de yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle ülkemizde hazır kalıp elemanları , var oluşlarına rağmen , yeterince kullanılmamaktadır.

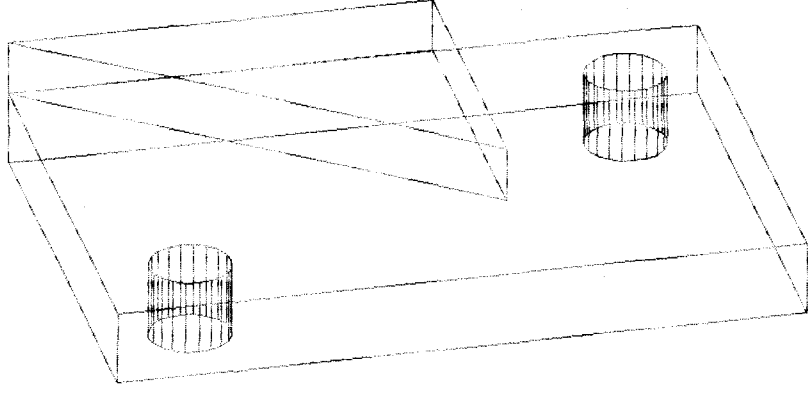
Bazı standart elemanların tasarımlarda kullanılırken referans (baz) noktalarına göre montaj resimleri Ek-A' da gösterilmiştir.

2.3 3-Boyutlu Çizimler

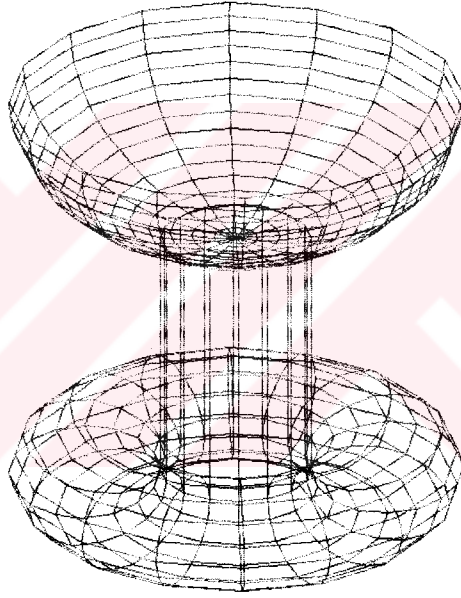
Bir ürün tasarım aşamasında bazı değişikliklere uğrayabilir. Herbir değişikliğe ait prototiplerin hazırlanması ise oldukça zaman almakla birlikte ekonomik bir yöntem değildir. Tasarım oluşturulmasında veya değiştirilmesinde, parçanın gerçek biçimi ile ilgili bilgi verebilecek yöntemlere olan gereksinim sonucu olarak bu alanda bilgisayarlar kullanılmaktadır. Ön tasarımda 3-D modelleme kullanımı ile pahalı prototip imalatının önüne geçilmiş olur. Bunun sonucu olarak, düşük ürün maliyeti, yüksek kalite ve güvenilirlik sağlanmış olacaktır. 3-D objeler şu yöntemler kullanılarak model oluşturulur.

2.3.1. Tel-Kafes Modelleme

2 boyutlu çizim teknikleri kullanılarak 3 boyutlu bir nesnenin dış yüzeyinin çizgi, yay vb. elemanlar kullanılarak modellenmesidir. Tel-kafes geometri bir şekli 3 boyutlu olarak göstermenin en basit yoludur. Tel kafes veya çizgi modelin yaratılması hızlı bir işlem olmasına karşın bu modeller oldukça karışık ve görsel olarak modellenmiş nesnenin algılanması oldukça zordur. Tel kafes modeli fiziksel bakımdan yüzeyleri ve içi olmayan modeldir. Bu nedenle bu modelden, nesnenin ağırlık, kütsel momentler gibi mekanik faktörleri hesaplanamaz yani analizi yapılamaz. Ayrıca CNC tezgahların programlanmasında kullanılan CAM sistemleri için bir model oluşturmaz.



Şekil 2-8 Basit bir tel kafes modelleme



Şekil 2-9 Basit bir tel kafes modelleme

2.3.2 Yüzey Modelleme

Fiziksel bakımdan yüzey modelleme nesnenin dış şeklini yansıtan ve onu kaplayan ince bir kabuk olarak düşünülebilir. Kullanılan yüzeyler düzlem veya silindir gibi basit geometrik yüzeyler olabileceği gibi daha karmaşık yüzeyler de kullanılır. Analitik olarak tanımlanamayan yüzeyler için ise polinomlara dayalı çeşitli matematiksel yaklaşım ve enterpolasyon yöntemleri (B-spline, Q-spline) kullanılır. Tel kafes modellere göre bilgisayar ortamında yüzey model oluşturma daha fazla zaman alır. Yüzey modelleme ile oluşturulmuş 3-boyutlu nesneler içi boş olarak elde edilir. Bu

nedenle yüzey modellemenin analizi yapılamaz, ancak bunlara CAM programları uygulanabilir. Yüzey modellemede iki farklı yol izlenebilir. Bunlardan biri CAD yazılım paketleridir, bunlarda sadece parçaya ait yüzey tanımlanır. Diğerisi ise CAM yazılım paketleridir, bunlarda ise tasarlanan parçanın işlenmesi için yüzey modeli çıkarılır. Tanımlı bu yüzey post prosesor' den geçirilerek işleme programı elde edilir. Yüzey modelleme konusuna bu açıdan yaklaşıldığında, genel olarak şu ayrım yapılabilir:

- a- Yüzey tanımlamalı modelleme
- b- Takım yolu tanımlamalı modelleme

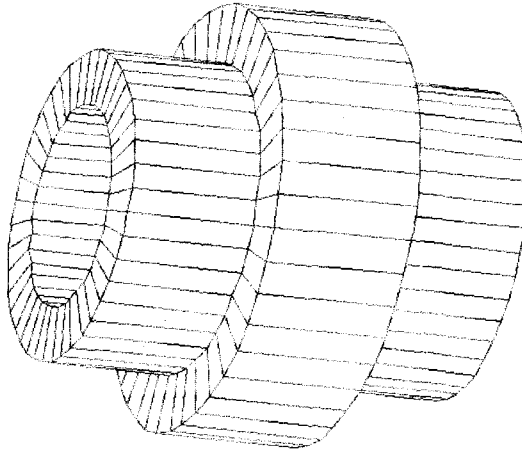
a- Yüzey Tanımlamalı Modelleme

Bu yöntemde çizim, parçayı ifade eden dış yüzey profilinin modellenmesidir. Hem CAD hem de CAM yazılım paketleri tarafından oluşturulabilirler.



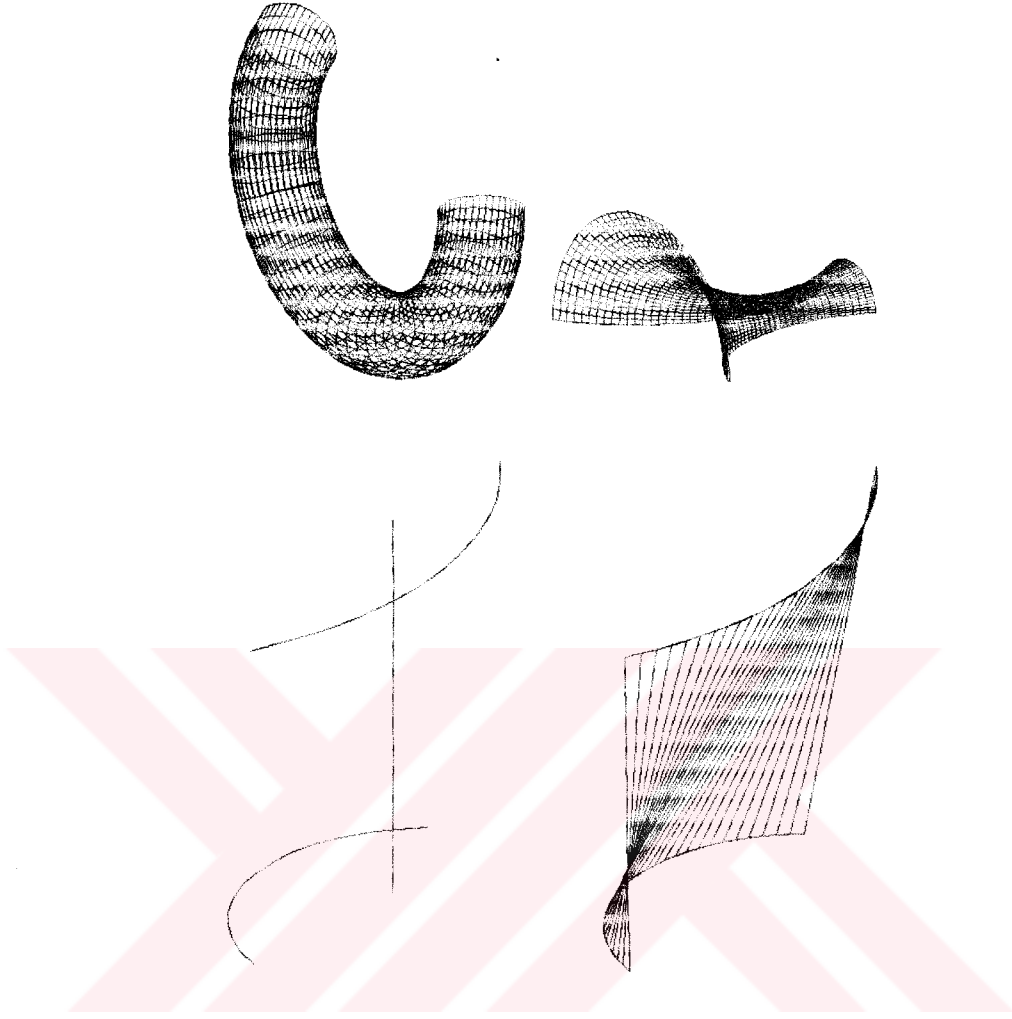
öncesi

Şekil 2-10- a



sonrası

Şekil 2-10- b Yüzey modelleme



Şekil 2-11 Basit yüzeylerin modellenmesi

b- Takım Yolu Tanımlamalı Modelleme

Bu yüzey modelleme tekniği sadece CAM yazılımları tarafından oluşturulur. Bu yüzey modelleme tekniğinde, parçanın yüzey profiline uygun olarak takımın izleyeceği bir yörünge oluşturulur. Bu yörünge bir eksen etrafında döndürülmesi veya parça boyutu kadar kaydırılmasıyla süpürdüğü bölge yüzey olarak tanımlanır. Takım yolu tanımlı yüzey modellemenin, yüzey tanımlı modellemeden farkı parça yüzey profiline uygun olarak takım yörüngesinin de tanımlanabilmesidir. Bu yazılımlara örnek olarak “SmartCAM” ve “EUKLID” verilebilir.

2.3.4. Katı Modelleme

Bu yöntemle ürünün 3 boyutlu görüntüsü geometrik ve fiziksel bakımdan tam olarak tespit edilir. Oluşturulan model yapılacak analizler için gerçek parça gibi davranır. Katı modelleme yazılımlarında obje ile ilgili veri yapısı yaygın olarak iki şekilde oluşturulabilir. B-rep (boundary representation) olarak adlandırılan yöntemde ürün kendisini sınırlayan yüzeylerle tanımlanır. 2-boyutlu arakesitlerin bir eksen etrafında döndürülmesi veya ötelenmesi ile 3 boyutlu model elde edilir. Birleşik hacim modeli (cgs = constructive solid geometry) olarak bilinen yöntemde ise karmaşık bir ürün küp, silindir, koni gibi temel hacimlerin birbirlerine eklenerek veya çıkarılarak elde edilir. Oluşturulan modele değişik açılardan ve gölgelendirilmiş olarak bakmak mümkündür.

Katı modelleme, kullanıcıya parçanın kütlesi, hacmi, yüzeyi ile ilgili kesin bilgiler sağlayacağı için modelleme tekniklerinin en güçlü olanıdır. Objeye yönelik kesin ve farklı algılanmayan geometrik model oluşturduğu için daha az bilgi ve insan katkısı gerekir. Katı modelleme özellikle mühendislik uygulamalarında olmak üzere, CAD sistemlerinde sıklıkla kullanılan 3 boyutlu görüntü eldesinde kullanılan bir tekniktir. Sadece bir elemana ait bütün geometrik yüzeylerin gösteriminde değil, aynı zamanda dahili bir kısım ayrı bir yüzey yada sınır olarak değilde modelin bir parçası olarak algılanabilir.

Tasarımcı, tasarımda fikir oluşturma aşamasında bir katı modelden değişik bilgiler elde edebilir. Bunlar, hesaplanması zaman alan, kütle, ağırlık merkezi, moment, ataleti olabilir. Katı model yardımıyla ürüne ait görüntü (ışık ve gölgelendirmeler ile) fotoğraf niteliklerinde elde edilebilir.

Katı modellemede kullanılan iki yaygın yöntem, B-Rep ve CGS dir.

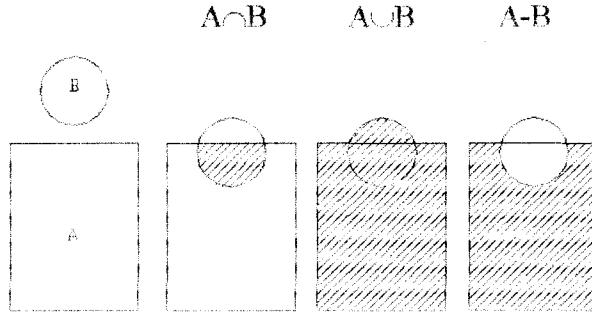
CGS:

Basit üç boyutlu bloklar (birkaç parametre ile kolayca oluşturulabilen silindir, dikdörtgen prizması, küre, koni) yardımıyla karmaşık katı katı model oluşturulması amacıyla kullanılır. Bu basit geometrik elemanlar Bool cebri vasıtasıyla matematiksel olarak bir araya getirilirler.

Bool cebrinde kullanılan özellikler şunlardır:

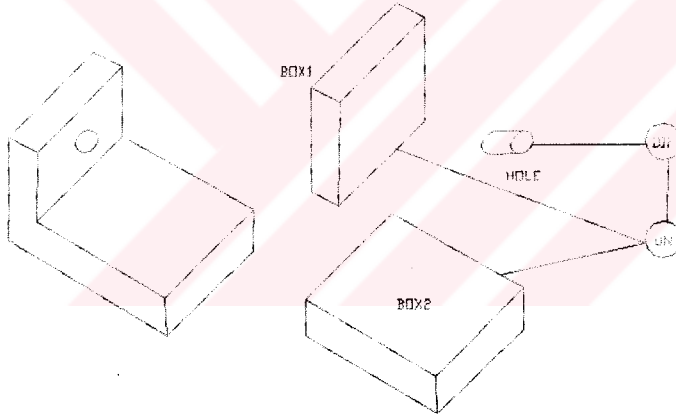
- Birleşim
- Kesişim
- Fark

İki boyutlu bir şekil için Bool cebri uygularsak



Şekil 2-12 İki boyutlu parçalara Bool cebrinin uygulanması

Üç boyutlu bir şekil için Bool cebri uygularsak



a) Parça

b) CGS ağacı

Şekil 2-13 Üç boyutlu parçalara Bool cebrinin uygulanması

Hole = CYL(..) AT(..)

BOX1= BLO(..) AT(..)

BOX2= BLO(..) AT(..)

BOX= BOX1 UN BOX2

PART= BOX DIF HOLE

3. Bilgisayar Destekli Kalıp İmalatı

Bilgisayar destekli kalıp imalatının esas kısmını kalıp boşluğunu oluşturan yüzeylerin yüzey modellerinin oluşturulup buna uygun olarak işlenmesidir diyebiliriz. Örnek olarak, Euklid yazılım paketinde mevcut olan “Kalıp Yüzeyi Fonksiyonu” yardımıyla yüzeyi modellenmiş bir parçanın yüzey sınırlarından itibaren etek olarak adlandırılan konik bir uzantı oluşturulur. Bu konik uzantı, parçanın kalıptan rahatlıkla çıkabilmesi için kullanılır.

Parçaya ait yüzey tanımlaması yapıldıktan sonra kesişen farklı yüzeyleri, arakesitleri boyunca yuvarlatarak birleştirip tek bir yüzey haline getirmek gereklidir. Bu amaçla Euklid yazılımında “Curvecut fonksiyonu” kullanılır. Şu şekilde tanımlanır:

SF: = CURVECUT (SFR, SFL, R, VP, “Name”);

SFR Sağ yandaki yüzey

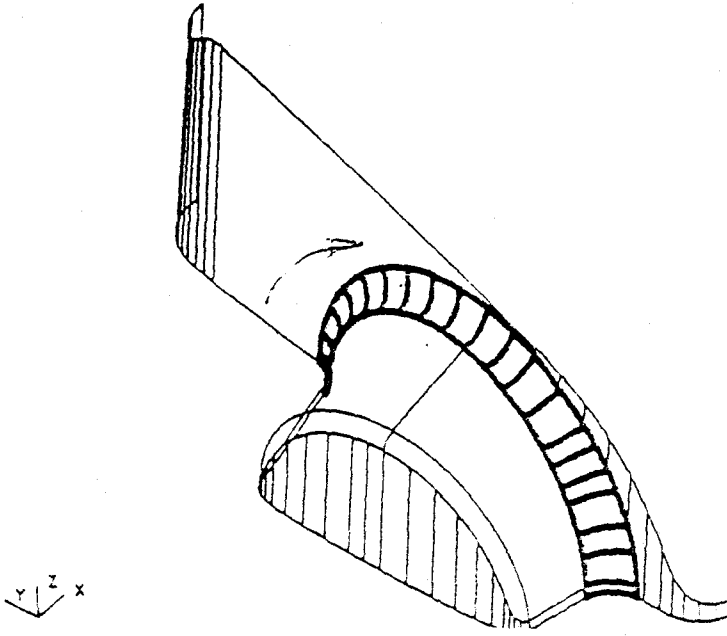
SFL Sol yandaki yüzey

R Yüzeylerin arakesitleri boyunca yuvarlatılacağı yarıçap

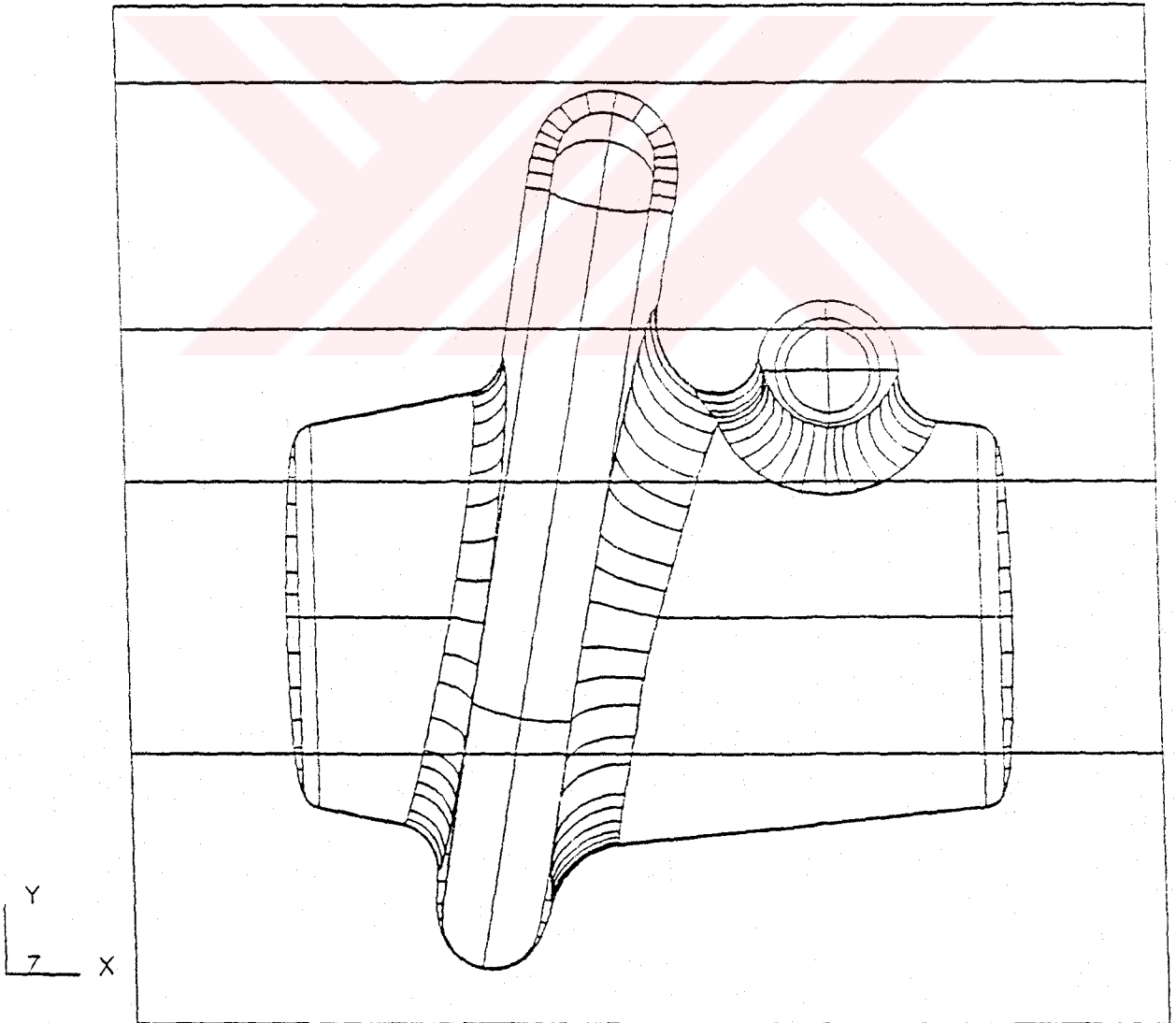
VP Bakış noktası (Ekran üzerinde parçayı istenilen bakış yönünde göstermek için)

“Name” Yuvarlatılarak elde edilen yeni yüzeye verilen isim

Şekil 3.1’ de kesişen bir yüzey ile profil yüzeyin sol tarafının Curvecut fonksiyonu kullanılarak belirli bir radyüs yuvarlatması sonucunda iki yüzeyin bütün haline gelmiş hali görülmektedir. Arakesitleri tanımlı radyüslerle yuvarlatarak diğer yüzeylere birleştiren ve bir kesici takım ile işleme anında takımın yüzeyler arası rahat geçişini sağlayan bu curvecut fonksiyonu Euklid CAM paketini, kalıp yüzeylerinin işlenmesi konusunda başarılı kılmaktadır. Ayrıca bu özellik sayesinde üretimi istenilen parçanın yekpare işlenmesi sağlanır. Şekil 3.2’ de çok sayıda farklı yüzeyin Curvecut fonksiyonu



Şekil 3-1 İki yüzeyin birleştirilmesi



Şekil 3-2 Çok sayıda yüzeyin birleştirilmesi

yardımıyla birleştirilmesi görülmektedir. Yüzeyin modelleme işlemi bittiğinde CAM paketi, bu yüzey üzerinde enterpolasyon hesap yöntemine göre kesici takım yörüngesini belirler. Bu takım yörüngesi, post processor tarafından ISO kodları (G ve M fonksiyonları) halinde işleme parametrelerine dönüştürülür.

Bilgisayar destekli imalat, bilgisayar kontrollü bir tezgaha, belli bir program çerçevesinde hazırlanmış olan geometrik ve teknolojik verilerin (parçanın geometrik şeklini oluşturmak amacıyla kızakların ve takım hareketlerinin) kontrol ünitesi tarafından iletilmesi olarak açıklanabilir. Buna göre bir ürün oluşturulmasındaki aşamalar şu şekilde yazılabilir.

- 1- Tasarım
- 2- Şekillendirme
- 3- Teknolojik plan hazırlanması
- 4- Programlama
 - Elle
 - Bilgisayarla
- 5- İşleme
 - Konvansiyonel
 - NC

3.1. Programlama

Kesici takım ile parça arasındaki bağıl hareketlerin tezgaha aktarılmak üzere hazır hale getirilmesidir.

Bir NC programı 3 bölümden oluşur:

a) Başlangıç kısmı : Hazırlık bilgilerini içerir

Referans noktası

Takım seçimi

Birim sistemi vb.

b) Ana bölüm : Programın esas kısmı olup işleme komutlarının bulunduğu kısımdır.

c) Son kısım : İşleme komutlarından sonra tezgahın neler yapacağını belirtir. Soğutma sıvısının kapatılması, sıfır noktasına geri dönülmesi gibi.

3.1.1 Bilgisayar Destekli Programlama

Programlama elle veya bilgisayar yardımıyla olabilir. Basit geometrik yüzeylerin işlenmesinde elle programlama yapılabilir, fakat karmaşık profillerde otomatik programlama yöntemi kullanılır. Kişisel bilgisayarlarda çalışabilecek çeşitli programlama dilleri geliştirilmektedir. Elle programlamada hatalar, genellikle program grafik olarak veya tezgahta test edilmeden ortaya çıkmamaktadır ve hata düzeltimi de oldukça yavaş olmaktadır. Aynı zamanda her tezgahta kendine özgü bir dil (APT) bulunduğundan programcı genellikle farklı başvuru kaynakları ile çalışacaktır. Oysa bilgisayar destekli parça programlamada programcı bütün programlarda hep aynı dili kullanacağı için işlemler basitleştirilmiş olacaktır. İster elle isterse bilgisayar ile program yapılsın her ikisinde de geometrik bilgilerin (genellikle bir çizim) doğru oluşturulması zorunludur.

CAD ' den NC programının oluşturulması ile çizimin yazım moduna dönüştürülmesine gerek kalmadan geometri formunda (noktalar, çizgiler, yaylar vb.) tanımlanabilir. Böylece sonuçta takım yolu geometrisi görüntülenebilir, bu da tezgahta program testine gerek kalmaksızın programın önceden gerçekleştirilmesini sağlayacaktır.

Bir torna veya freze tezgahı için parça programı, kesici takımın takip edeceği yolu tanımlamaktadır. Bununla birlikte dönme yönü, ilerleme hızı ve diğer yardımcı fonksiyonlar da bulunurlar. Genellikle çoğu NC cihazları NC prosesör yardımıyla CL data (Cutter Location) olarak adlandırılan interface kodları üretirler. CL data sırasıyla kullanılacak NC cihazı için kod üreten postprosesör için input olarak kullanılır. Sonuçlar ya delikli bant formunda ya da tezgah kontrol ünitesi tarafından saklanır.

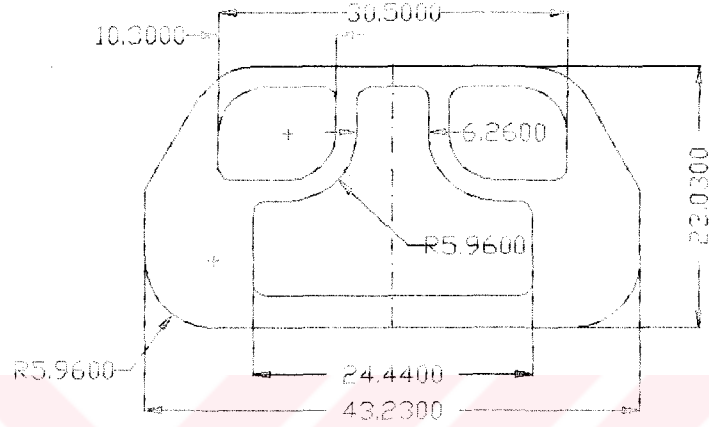
Böylece programın oluşturulması için

- Çizim oluşturulmalı
- NC fonksiyonunun seçimi yapılmalı (torna , freze , tel erezyon vb.)
- Takımlar seçilmeli
- Referans noktası belirtilmeli
- Takım yolu işaretlenmeli (CL data)
- Postprosesör (NC kodları oluşturulur)

adımları izlenmelidir.

Şekil 2-1'teki elektrodu tel erezyon tezgahında yapacak şekilde işlem basamaklarını uygulayalım:

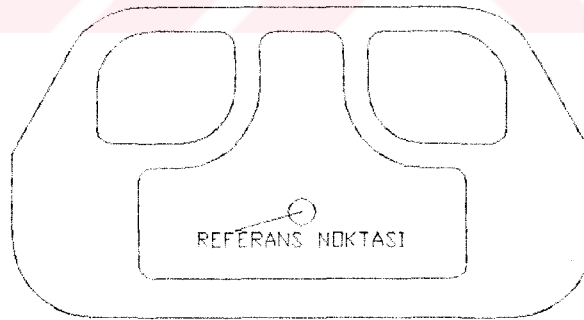
1- Çizimin oluşturulması



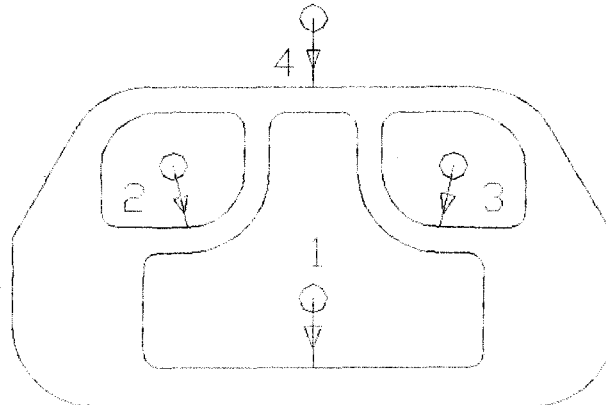
2- Tel erezyon (wire cutting machine) modülü seçilir

3- Takım= 0,25 çapında (tel) takım seçilir

4- Referans noktası seçilir



5- Takım yolu işaretlenir (mouse ile) . İşlemler adım adım yapılmalıdır.



6- NC kodların oluşturulması amacıyla Postprosesörden geçirilir ve program elde edilir.
Bu kodlar istenirse bilgisayardan tezgaha bir aktarım programı ile gönderilebilir.

O0001

N5	G90G21	<i>Mutlak</i>
N10	G95	
N15	X0Y0	<i>Referans noktası</i>
N20	G92I25.4J0	
N25	S0D0	
N30	G01G41	<i>Doğrusal hareket, takım offset (solda)</i>
N35	Y-5.	
N40	X-11.11	
N45	G02X-12.22Y-3.89I0J1.11K0L0	<i>Saat dönüş yönünde dairesel hareket</i>
N50	G01Y2.17	
N55	G02X-11.11Y3.28I1.11J0K0L0	
N60	G01X-9.09	
N65	G03X-3.13Y9.24I0J5.96K0L0	<i>Saat dönüş yönü tersi dairesel hareket</i>
N70	G01Y12.27	
N75	G02X-2.02Y13.38I1.11J0K0L0	
N80	G01X2.02	
N85	G02X3.13Y12.27I0J-1.11K0L0	
N90	G01Y9.24	
N95	G03X9.09Y3.28I5.96J0K0L0	
N100	G01X11.11	
N105	G02X12.22Y2.17I0J-1.11K0L0	
N110	G01Y-3.89	
N115	G02X11.11Y-5.1I-1.11J0K0	
N120	G01X0	
N125	Y0	
N130	G40	<i>Takım offset iptal</i>
N135	M50	
N140	G00X-10.158Y9.034	<i>Hızlı hareket</i>
N145	G01G42	
N150	X-9.09Y5.1	
N155	X-14.14	
N160	G02X-15.25Y6.21I0J1.11K0L0	
N165	G01Y9.24	
N170	G02X-11.11Y13.38I4.14J0K0L0	
N175	G01X-6.06	
N180	G02X-4.95Y12.27I0J-1.11K0L0	
N185	G01Y9.24	
N190	G02X-9.09Y5.1I-4.14J0K0L0	
N195	G01X-10.158Y9.034	
N200	G40	
N205	M50	
N210	G00X10.158	
N215	G01G41	
N220	X9.09Y5.1	

N225 G02X4.95Y9.24I0J4.14K0L0
 N230 G01Y12.27
 N235 G02X6.06Y13.38I1.11J0K0L0
 N240 G01X11.11
 N245 G02X15.25Y9.24I0J-4.14K0
 N250 G01Y6.21
 N255 G02X14.14Y5.1I-1.11J0K0L0
 N260 G01X9.09
 N265 X10.158Y9.034
 N270 G40
 N275 M50
 N280 G00X0Y20.2
 N285 G01G42
 N290 Y15.2
 N295 X11.889
 N300 G02X17.051Y12.22I0J-5.96K0
 N305 G01X21.615Y4.315
 N310 Y-1.87
 N315 G02X15.655Y-7.83I-5.96J0K0L0
 N320 G01X-15.655
 N325 G02X-21.615Y-1.87I0J5.96K0L0
 N330 G01Y4.315
 N335 X-17.051Y12.22
 N340 G02X-11.889Y15.215.161J-2.98K0
 N345 G01X0
 N350 Y20.2
 N355 G40
 N360 M50
 N365 M02

Program sonu

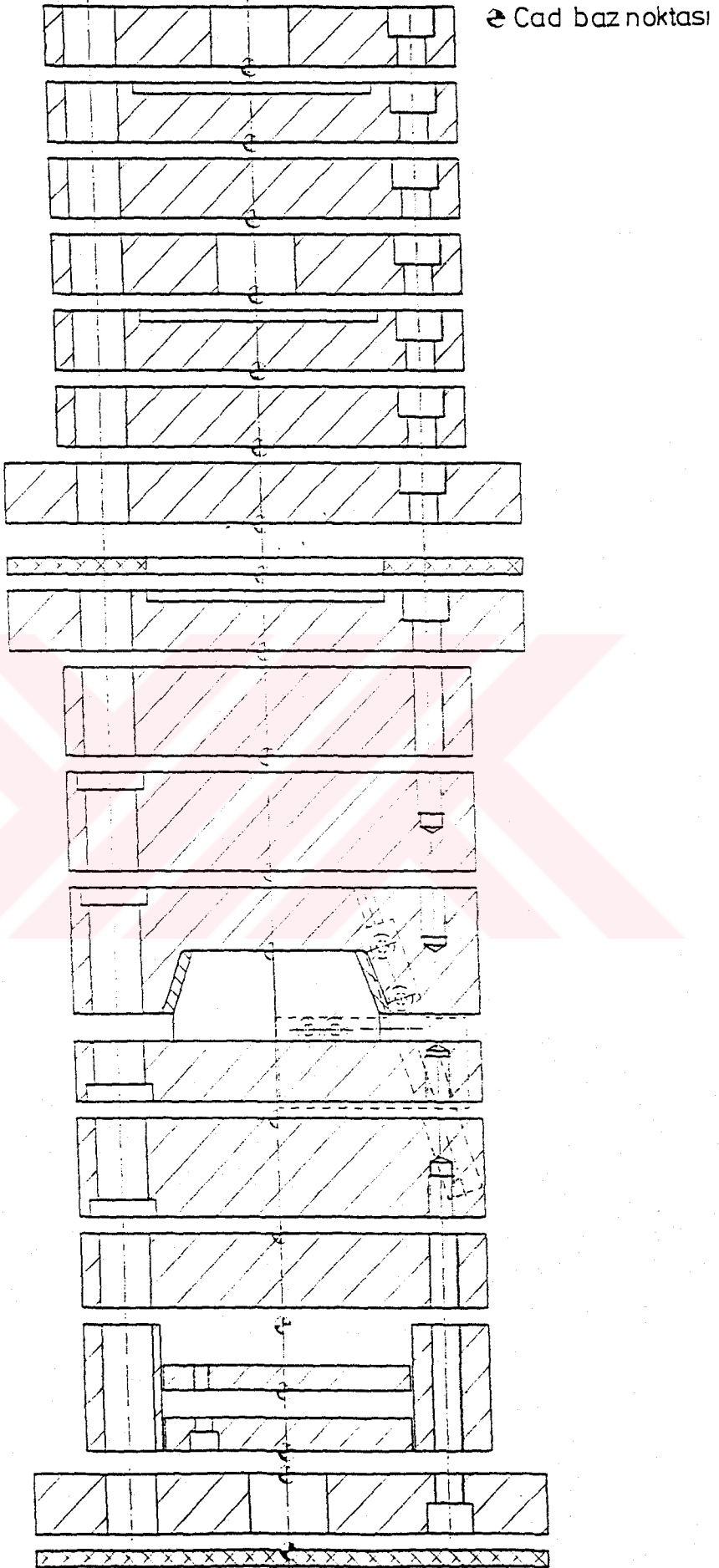
KAYNAKLAR

- [1] DAVIES, B.L. , (1991), Computer Aided Drawing and Design
- [2] HAIGH, H.J. ,(1985), An Introduction to Computer Aided Design and
Manufacturing
- [3] ROONEY, J. , (1989), Principles of Computer-Aided Design, Pitman Pub.
- [4] YSK, R.A. ,(1991), Computer Aided Manufacturing
- [5] “ Makina Mühendisliğinde CAD yazılımları” , Otomasyon Dergisi Özel İlavesi,
Mart 1993
- [6] Çeşitli kalıp firmalarının katologları
- [7] Y.Lisans ders notları

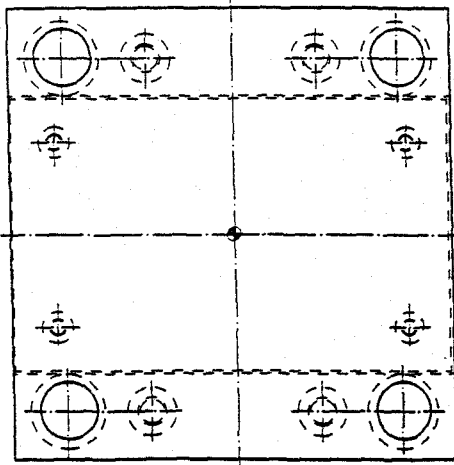
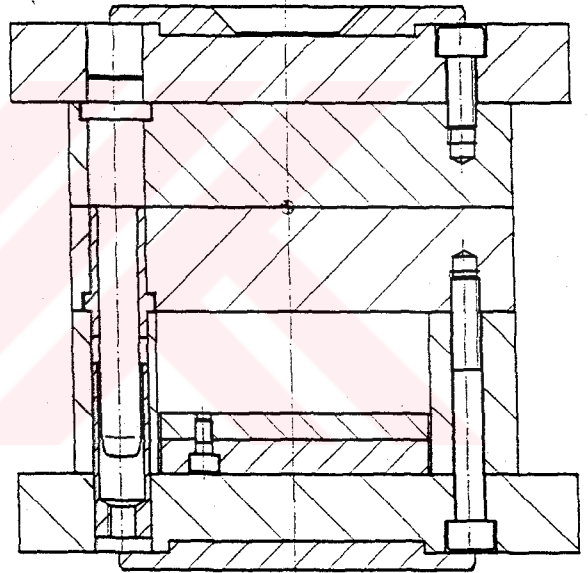
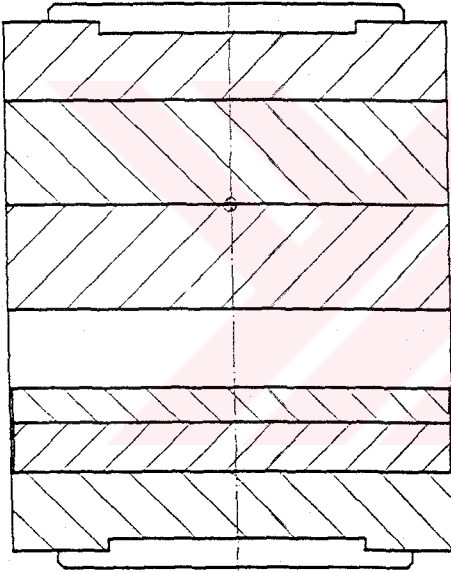
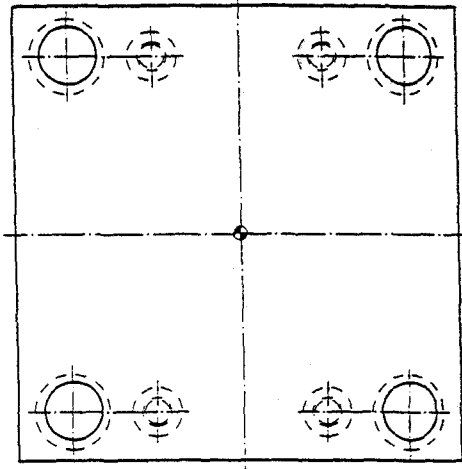
EK-A

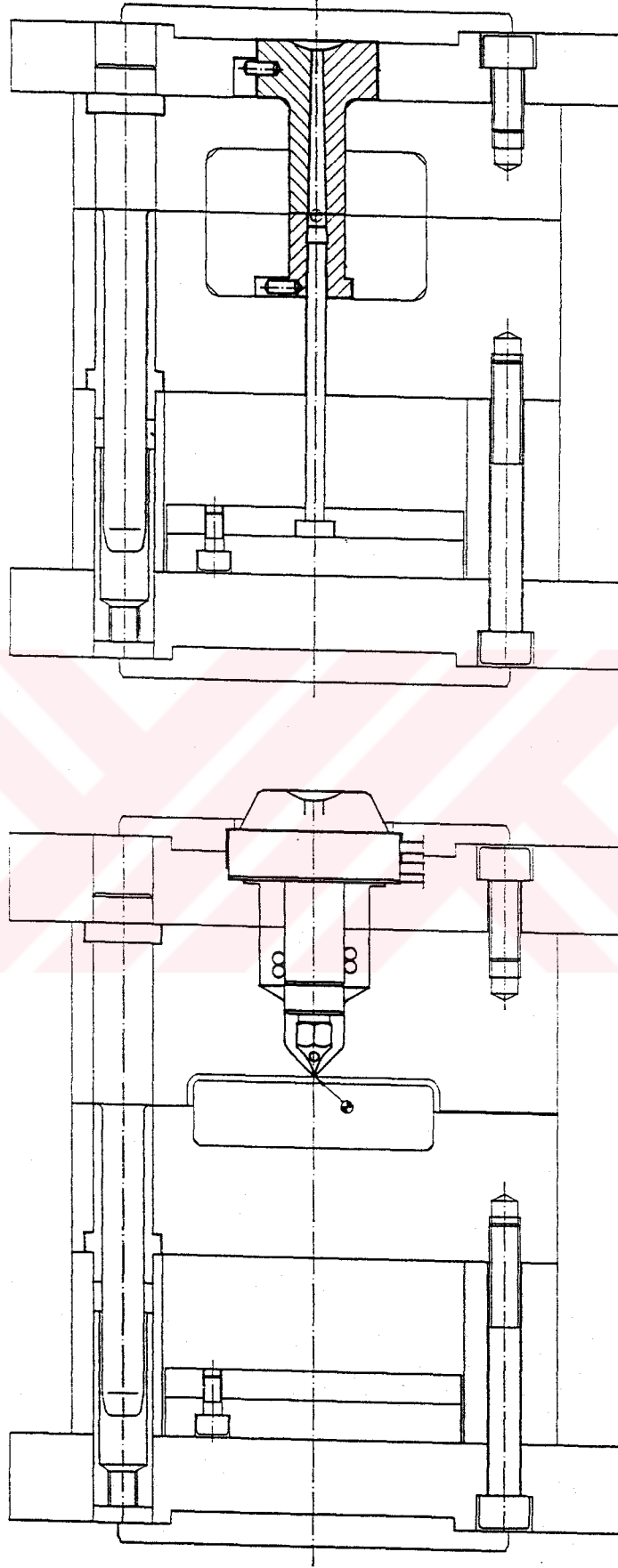
REFERANS NOKTALARINA GÖRE ÇEŞİTLİ KALIP ELEMANLARI



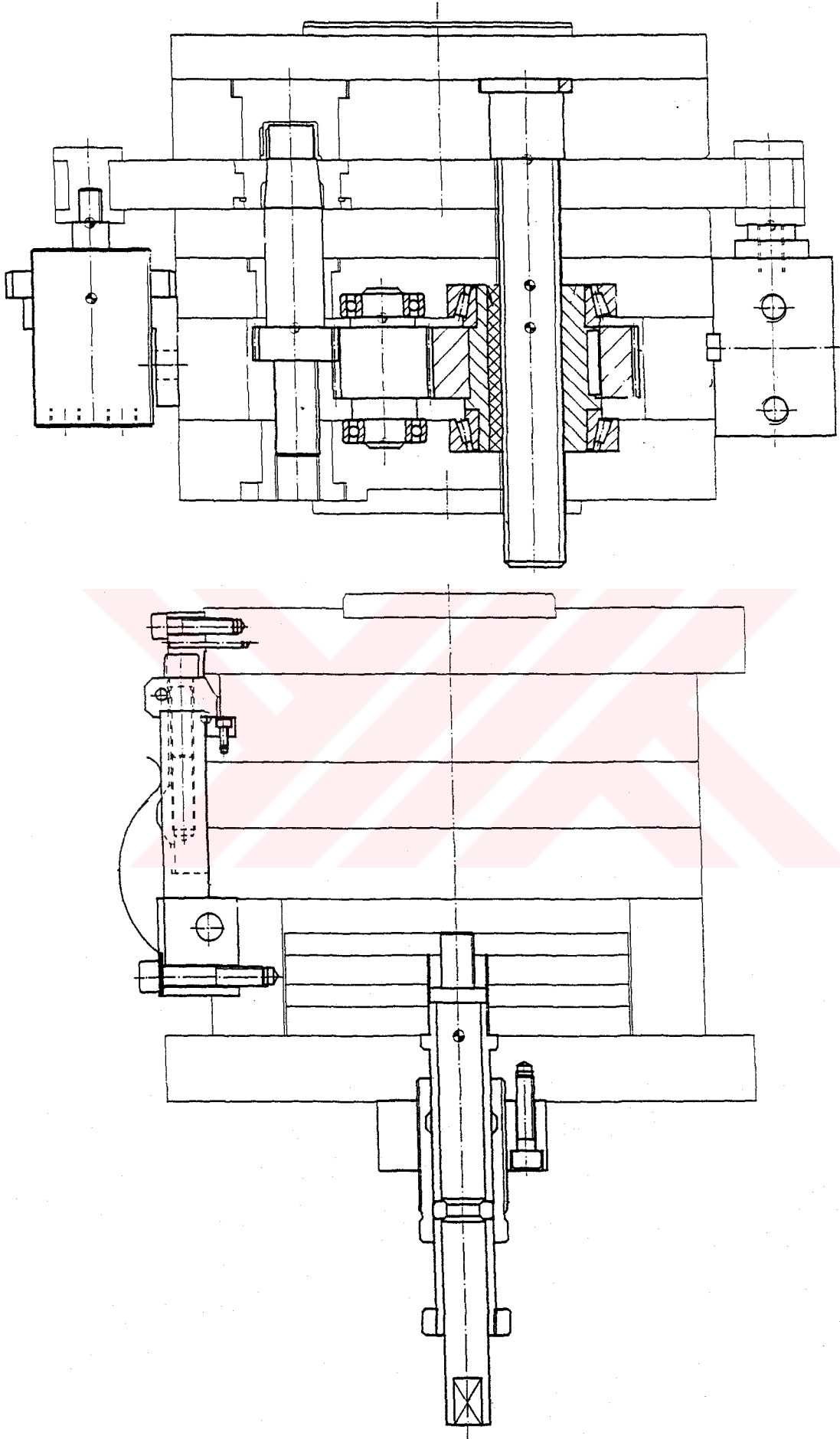


A.1 Bazı kalıp elemanlarının baz noktaları

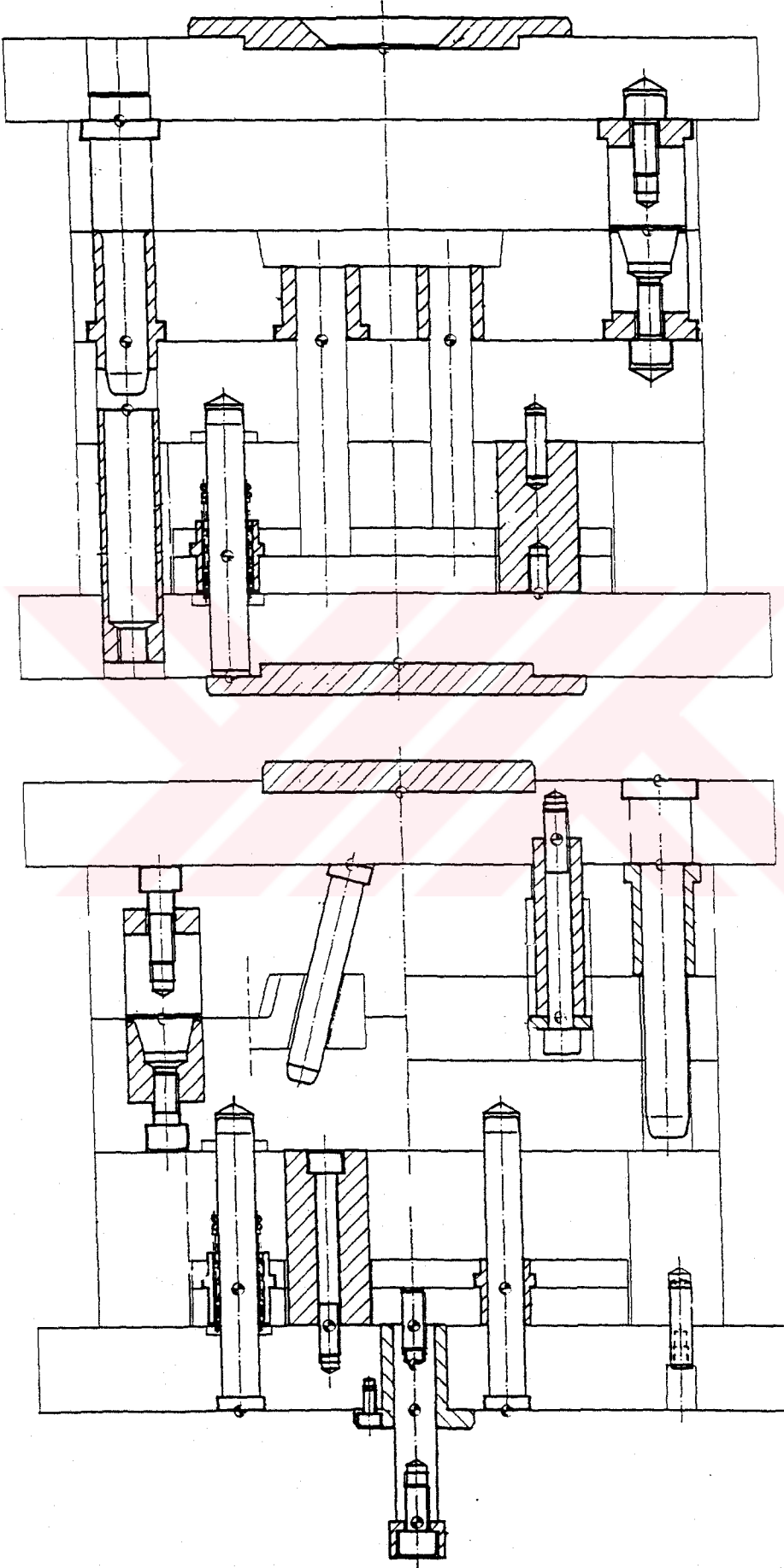




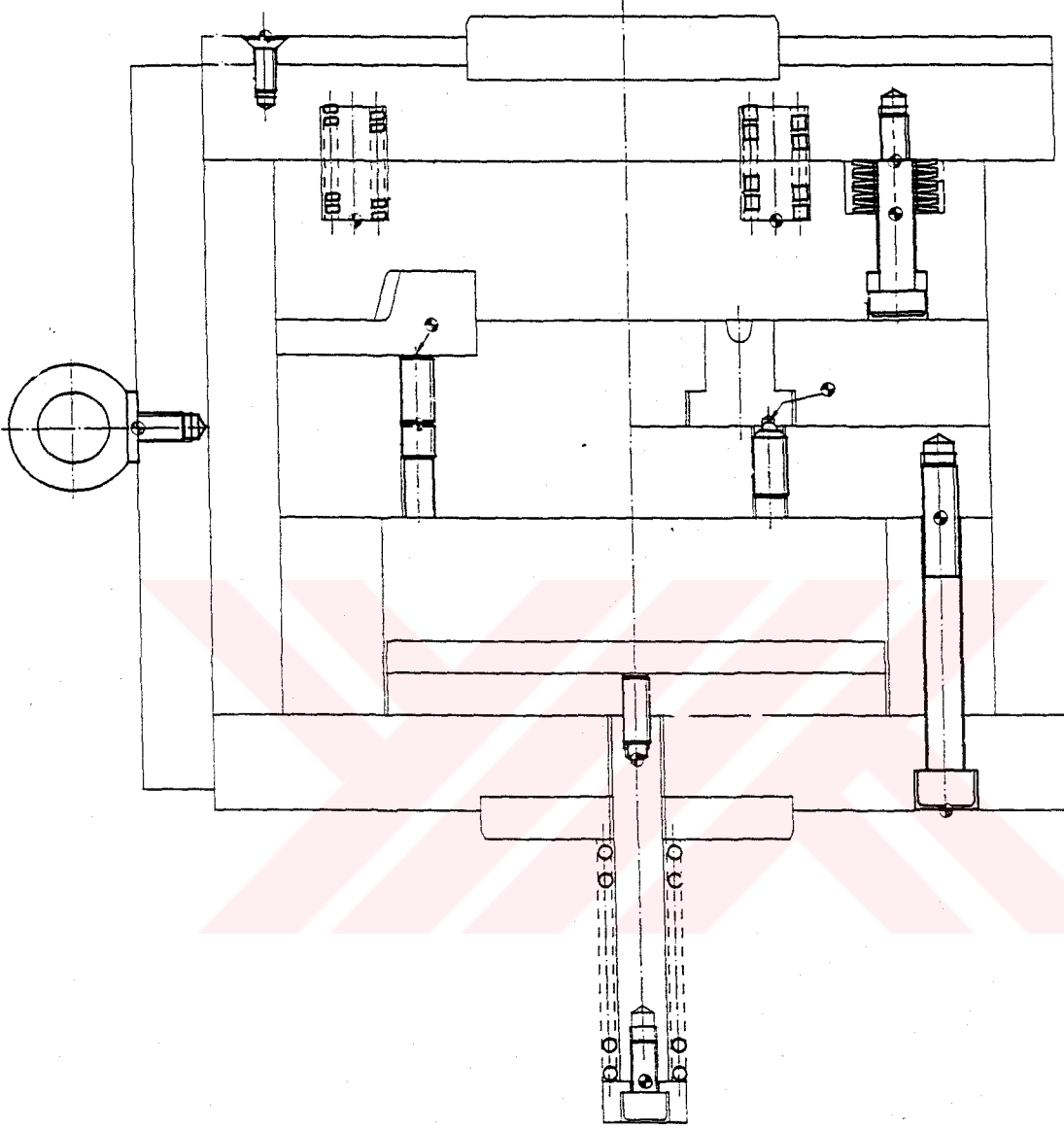
A.3 Bazı kalıp elemanlarının baz noktaları



A.4 Bazı kalıp elemanlarının baz noktaları



A.5 Bazı kalıp elemanlarının baz noktaları

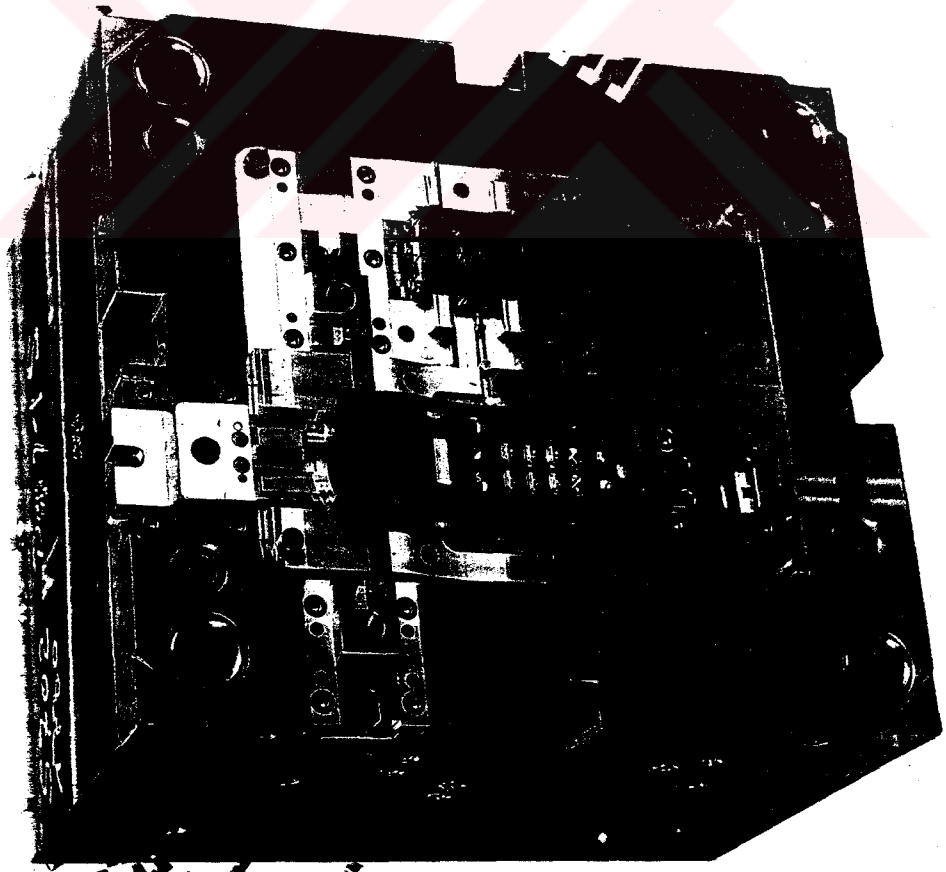
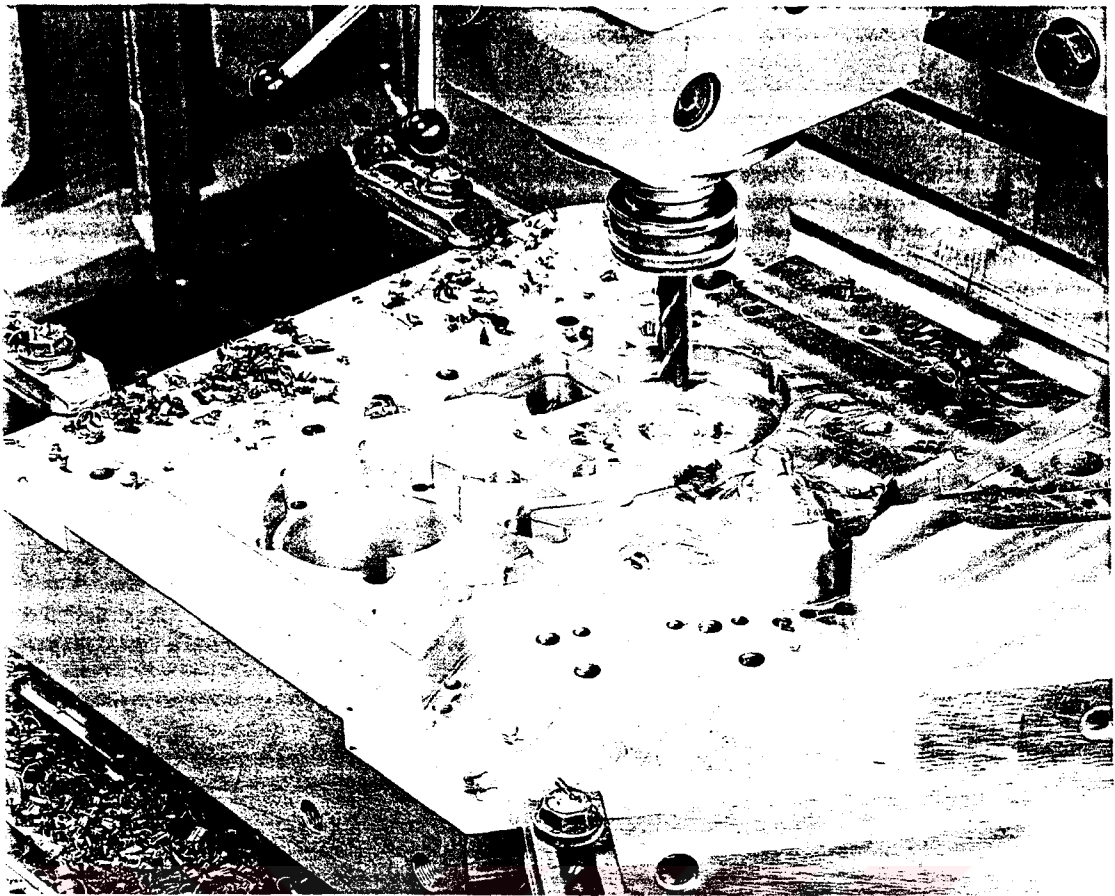


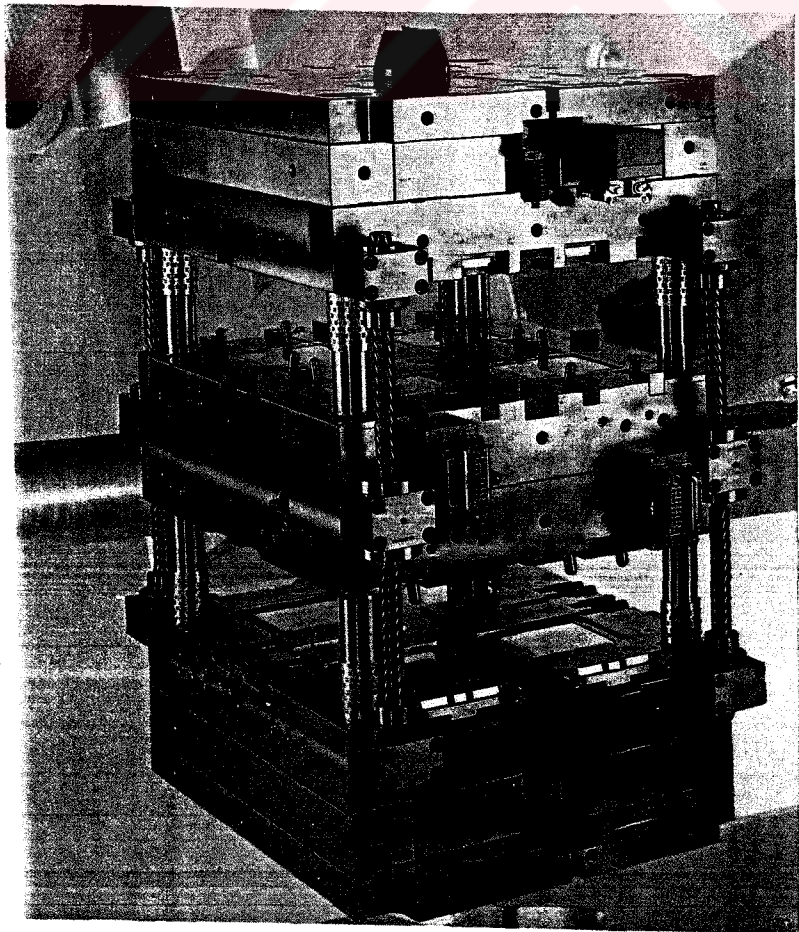
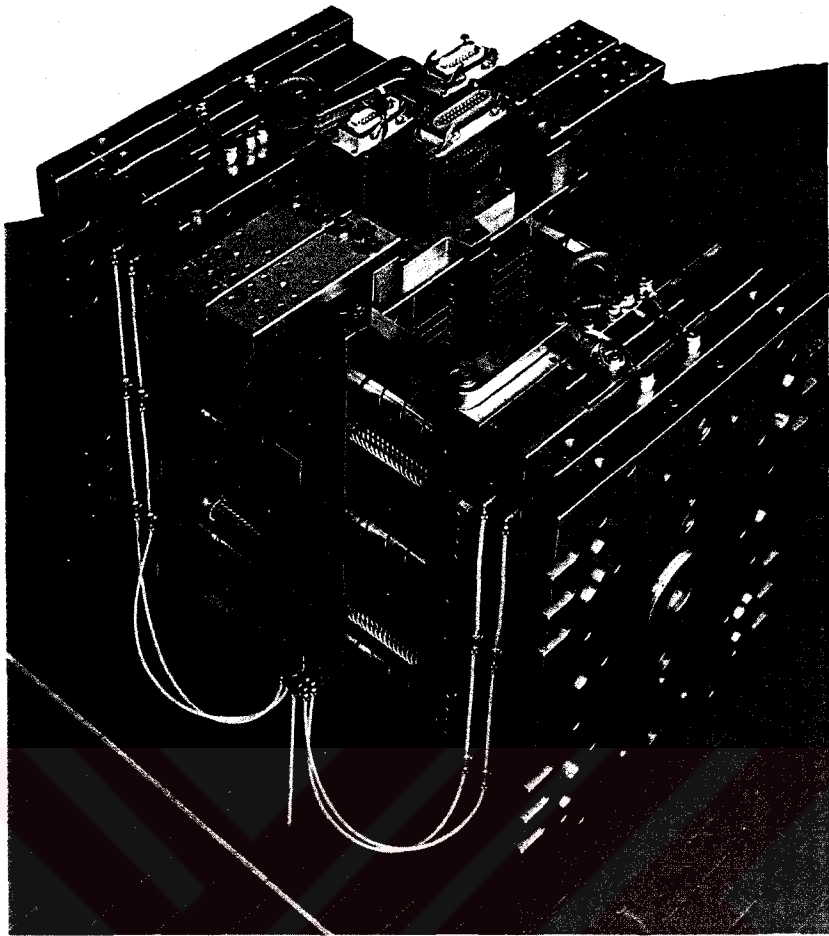
A.6 Bazı kalıp elemanlarının baz noktaları

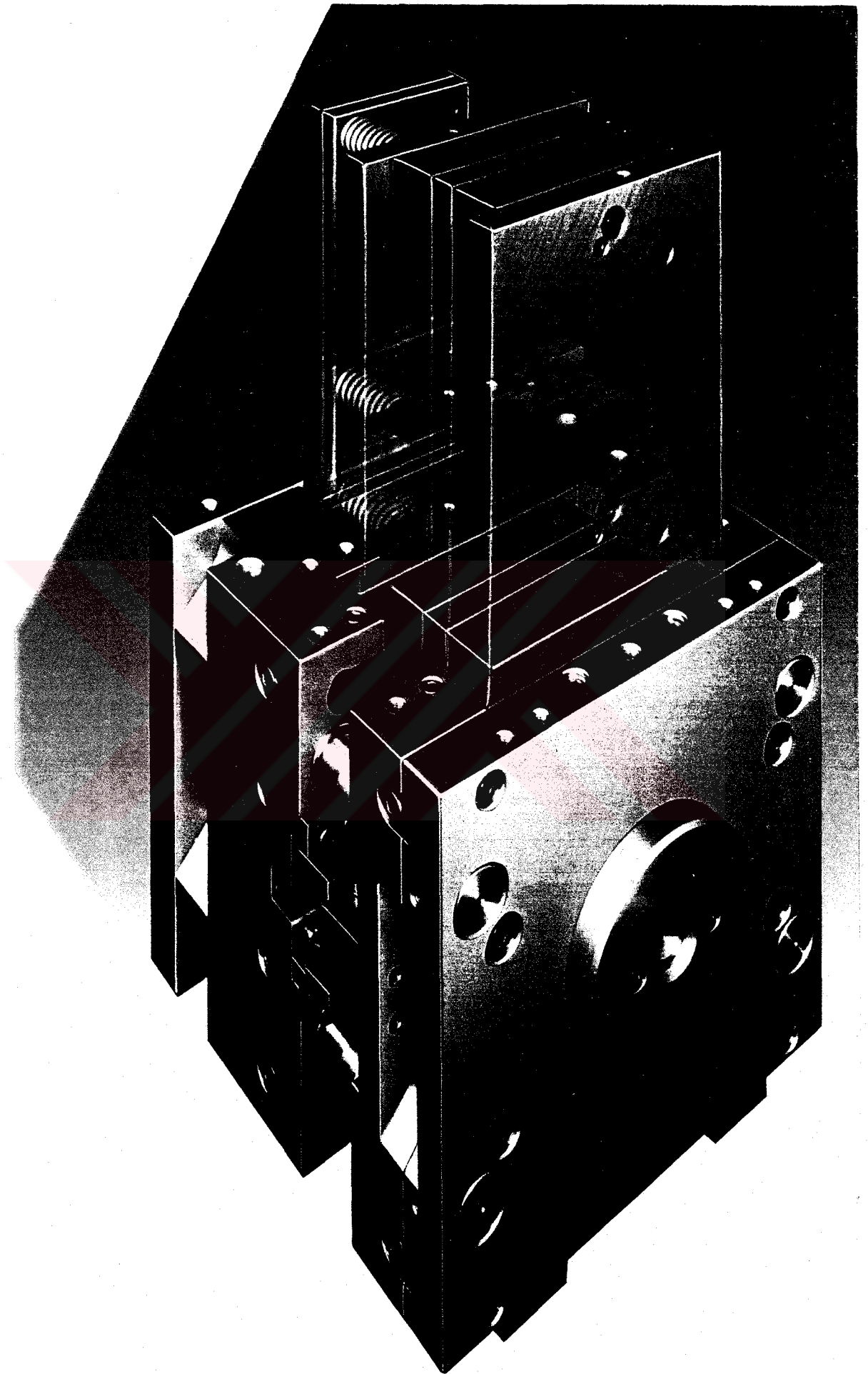
EK-B

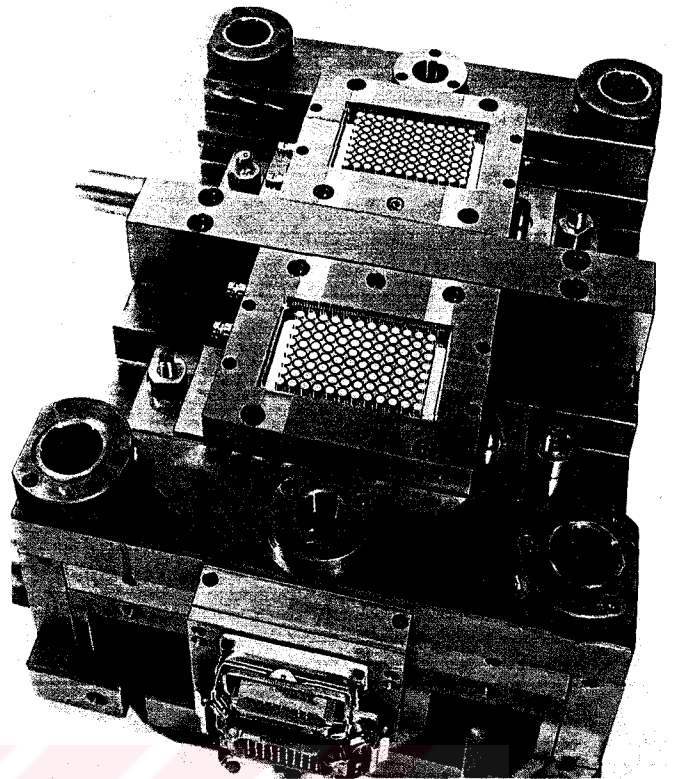
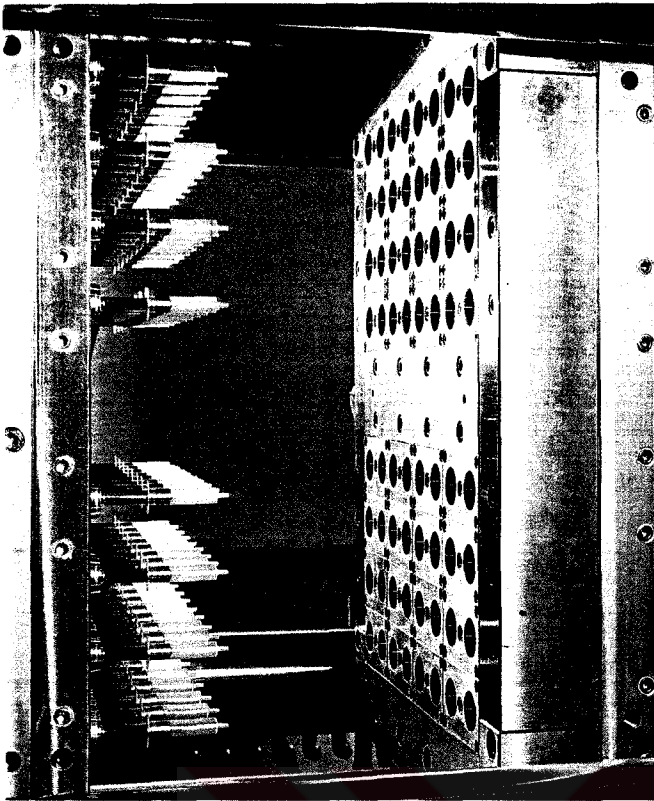
BAZI KALIP RESİMLERİ











ÖZGEÇMİŞ**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANİSTON MERKEZİ**

1969 Hanak doğumludur. İlk ve ortaokul öğrenimini Pendik Kurtköy' de tamamladı. 1984 yılında Gebze End. Mes. Lisesi'nden mezun oldu. 1986 yılında Yıldız Üniversitesi Makina Mühendisliği bölümünü kazandı. 1990 yılında mezun olup aynı yıl İ.T.Ü.' de yüksek lisans eğitimine başladı. Şu anda bir kalıp firmasında müdür olarak çalışmaktadır.