

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

34708

**TERMOPLASTİK ESASLI MAKİNA
PARÇALARIN İMALİNDE KULLANILAN
ENJEKSİYON KALIPLARININ SOĞUTULMASI**

Mak.Müh. Nilgün TURGUT (AKBAŞ)

**F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalı İmal Usulleri Programında
hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Hüseyin SÖNMEZ

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMENTASYON MERKEZİ**

İSTANBUL, 1994

İÇİNDEKİLER

	<u>SAYFA</u>
Teşekkür	1
Özet	2
1. Plastikler	4
1.1 Plastiklere Giriş	4
1.2 Termosettingler	7
1.3 Termoplastikler	8
1.4 Plastiklerin Özellikleri	10
1.4.1 Plastiklerin Yapısal Özellikleri	10
1.4.2 Plastiklerin ısı 1 Özellikleri	10
2. Plastiklerin Şekillendirme yöntemleri	12
2.1 Giriş	12
2.2 Plastiklerin Kalıplama işlemleri	12
2.2.1 Sıkıştırırmalı Kalıplama	12
2.2.2 İletmeli Kalıplama	14
2.2.3 Enjeksiyonla Kalıplama	15
2.2.4 Ektrüzyonla Kalıplama	17
2.2.5 Şişirmeli Kalıplama	19
2.2.6 Haddeleme	20
2.3 Plastiklerin Dökme işlemleri	21
2.3.1 Basit Dökme	21
2.3.2 Plastisol Döküm	23
2.3.2.1 Daldırmalı Kalıplama	23
2.3.2.2 Boşaltmalı Döküm	23
2.3.2.3 Döndürmeli Döküm	24
2.4 Katlandırma	25
2.5 Köpürtme	27

3.Enjeksiyon Tekniği	28
3.1 Enjeksiyon Tekniğine Giriş	28
3.2 Vida Silindir Seçimi	29
3.3 Meme Ağzı Seçimi	30
3.3.1 Açık Meme Ağzı	30
3.3.2 Sürgülü Meme Ağzı	30
3.3.3 İğneli Meme Ağzı	31
3.4 Vida Silindiri	31
3.5 Vida Silindirinin Isıtma işlemi Ve iş Başlangıcı	32
3.6 Plastifize işleminin Kalıp Paręasına Uyumu	33
3.6.1 İnce Cidarlı Paręalar	33
3.6.2 Kalın Cidarlı Paręalar	34
3.7 Vida Silindirinde Eriyik Oluşumu	35
3.7.1 Beslenme Zorluklarının Giderilmesi	36
3.8 Vida Devir Sayısı	38
3.9 Vida Yığma Basınę Olayı	39
3.10 Enjeksiyon Olayı	39
4.Enjeksiyon Kalıpları	41
4.1 Enjeksiyon Presi-Görevleri	41
4.2 Kalıp Gravürü	42
4.3 Yolluk-Kalıp Yolu	43
4.4 Soğutma	44
4.5 Şekil Değiştirme Sistemi	45
5.Kalıpların Soğutulması	47
5.1 Giriş	47
5.2 Kalıplardaki Soğutmada Oluşan Hataların İncelenmesi	48
5.3 Soğutma işlemi	50
5.4 Kalıbın Sıcaklık Dağılımının Hesap Olarak Tanımı	51

5.4.1 Toplam Isı Bilançosu	52
5.4.2 Soğutma Zamanının Hesabı	54
5.5 Soğutma Zamanının Hesap Olarak İrdelenmesi	57
5.5.1 Isı Akım Bilançosu	62
5.5.2 Soğutma Akışkan Debisi Ve Kanal Çapı	67
5.6 Soğutmanın Kabaca Tasarımı	72
5.6.1 Isı Akımlarının Gerçekleşmesi	73
5.6.2 Soğutma Homojenliği	73
5.6.3 İmlat Maliyeti	75
5.6.4 Basınç Kaybı Ve Gerekli Pompa Gücü	75
5.7 Parçalı Soğutma Tasarımı	77
5.8 Uygulama Örnekleri	83
Uygulama 1	83
Uygulama 2	84
Poli-T Programına Ait Bilgisayar Akış Şeması	96
5.9 Soğutma İşlemlerinin İrdelenmesi ve Özetlenmesi	98
Sonuç	104
Ek-1 Soğutma İşlemlerinin Hesaplanması Üzerine Program	106
Ek-2 Isı Alanlarına Bağlı İki Ölçülü Hesaplama	109
Kaynaklar	114
Özgeçmiş	116

ÖNSÖZ

Çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen tez danışmanı hocam YARD. DOÇ. DR. HÜSEYİN SÖNMEZ , çalışma arkadaşlarım ve aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

06 / 1994

Nilgün Turgut

ÖZET

Plastik enjeksiyon üretim yönteminde kalıplar çok önemli bir yer tutmaktadırlar. Hassas ve düzgün yüzeyle plastik parçaları elde etmek için (kalıpta oluşan çarpıklık, yüzey çöküntüleri, sonradan çarpılma vb... hataların oluşmaması için) kalıp soğutma işlemlerine dikkat etmek gerekir.

Soğutma işlemlerinde:

-Parçalara uygun kanal geometrileri seçilir.

-Uygun soğutma süreleri malzemelerin özelliklerine göre belirlenir.

Enjeksiyon parçalarının kalıplarına açılan soğutma kanallarının geometrileri dairesel veya dörtgen kesitli olabilir. bu kanallardan su , yağ vb..... akışkanlar geçirilerek soğutma işlemi sağlanır.

Bu çalışmanın ana konusunu soğutma işlemlerinin teorik hesapları ve uygulamalarının bilgisayar yardımı ile çözümlerinin incelenmesi oluşturmaktadır.

ABSTRACT

In the method of producing plastic injection, moulds take a very important place. It is necessary to be careful in the processes of mould cooling to obtain sensitive and smooth surface segments (not to be formed faults that deformity which is formed on the mould ; collapses of surface)

In the process of cooling:

- Suitable canal geometries are selected for segments
- Suitable cooling times are determined by properties of the materials

Geometries of cooling canals which are on the moulds of segment can be rectangular or circular section. Cooling of moulds are provided by the fluids like water, oil i.e. which flow throughout this canal.

Solving theoretical calculations and applications with computer are the main subject of this work.

BÖLÜM 1

1-Plastikler

1-1 Plastiklere Giriş:

Büyük çeşitlilik gösteren modellerle piyasaya sunulan plastik maddeler; kimyasal, optik veya mekanik türleriyle geniş özelliklere sahiptirler. Bu nedenle de malzeme olarak bir çok yerde ve bir çok amaç için kullanılabilirler.

10.000 yıl öncesinde taş devrinden maden devrine geçildiğinden bu yana metallerin yerini başka hiçbir malzeme alamamıştı. Ancak 20. yüzyılın ikinci yarısında devreye giren plastikler metallerin yerini hemen hemen almıştır.

1930 yılında, kauçuk ve lifler hariç tutulmak kaydıyla dünya plastik üretimi 100.000 ton idi. 1976 yılında bu miktar 45 milyon tona ulaştı. 1976-1986 yılları arasındaki tüketim değerleri incelendiğinde yıllık metal tüketiminin ancak her 15 yılda bir iki katına çıkabildiği, buna karşılık plastik tüketiminin her beş yılda bir ikiye katlandığı görülür. Plastik maddeler yıllar öncesinde esas olarak paketleme ve tüketim maddeleri sanayiinin az talep gören seri üretim mallarında kullanım alanı bulurlarken, günümüzde teknik yönden yüksek kaliteli ürünlerde giderek daha fazla önem kazanıyorlar. Plastik malzemeler oldukça düşük bir erime derecesine sahip olması şartına bağlı olarak enerji tasarrufu yapan bir ana şekil alma özelliğine sahiptir.

Plastik; kauçuk , suni elyaf ve selüloz , polimer diye

tanımlanan bileşik sınıfına girer. Polimer monomer adı verilen küçük moleküllerin, kovalent bağlarla birbirine bağlanmasıyla oluşturduğu iri moleküller olarak tanımlanır. Monomerlerin ergime sıcaklığı ve mukavemeti molekül büyüklüğüyle orantılıdır. (Tablo 1)

Tablo 1 - Monomerlerin Özellikleri

C atomu sayısı	Adı	Şekli
1	Metan	Gaz
2	Etan	Gaz
3	Propan	Gaz
7	Heptan	Sıvı
12 - 14	Yağ	Viskoz Sıvı
1000	Düşük moleküler ağırlıklı polietilen	Fleksibl Katı
3000 - 350.000	Yüksek moleküler ağırlıklı polietilen	Tok, kuvvetli katı

Plastiklerin özellikleri polimerin fiziksel ve kimyasal özellikleriyle ilgilidir. Bir çok özellikleri için yapısını incelemek gerekir. Yapı özellik ilişkisi bir çok özelliklerinin sentezinde kullanılır.

Isıya karşı davranışlarına göre polimerler; termoplastik ve termosetingerler olarak 2 grupta incelenebilir.

Bunun yanında polimerler; moleküllerin iç dizilişlerine göre de gruplanabilir. Bu gruplama üç esas tipi verir. Bunlar;

- 1- Amorf polimerler (Termoplastikler)
- 2- Kristalin polimerler (Termoplastikler)

3- Çapraz bağlı polimerler (Termosettingler)

Amorf polimerler uzun zincir şeklinde moleküller olup, kendi aralarında rastgele bağlanmışlardır. Kristal polimerlerde cam geçiş sıcaklığı adı verilen (Tg) sıcaklığı vardır. Kristal polimerlerde Tg sıcaklığı oda sıcaklığının çok altındadır , fakat malzeme lastiksi değildir. Bu amorf ve kristal polimerler arasındaki temel farktır.

Çapraz bağlı polimerlerde çapraz bağ sayısı kontrol edilerek viskoz sıvıdan rijit katılara kadar bir çok malzeme elde edilebilir.

Monomer sayısına göre sınıflandırılması :

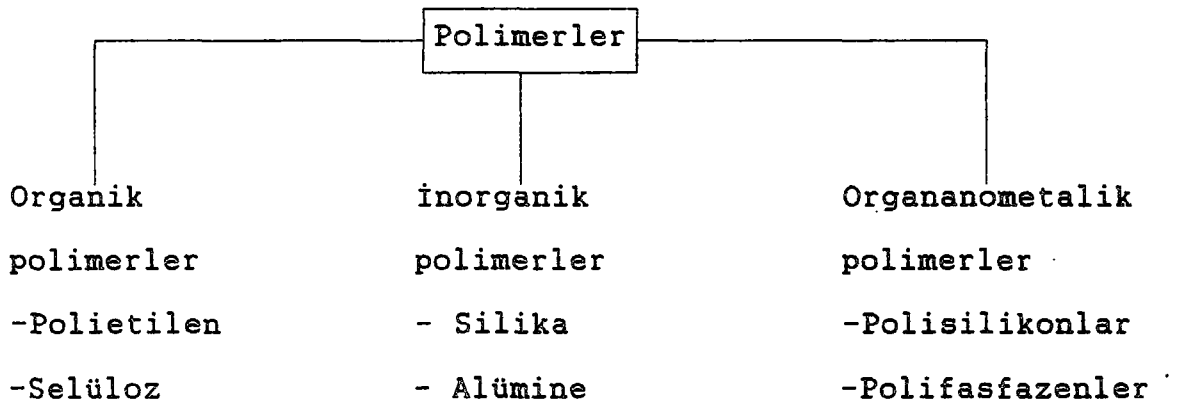
1- Homopolimerler

Monomerlerin sayısına bağlı olarak tek cins içerenlere denir.

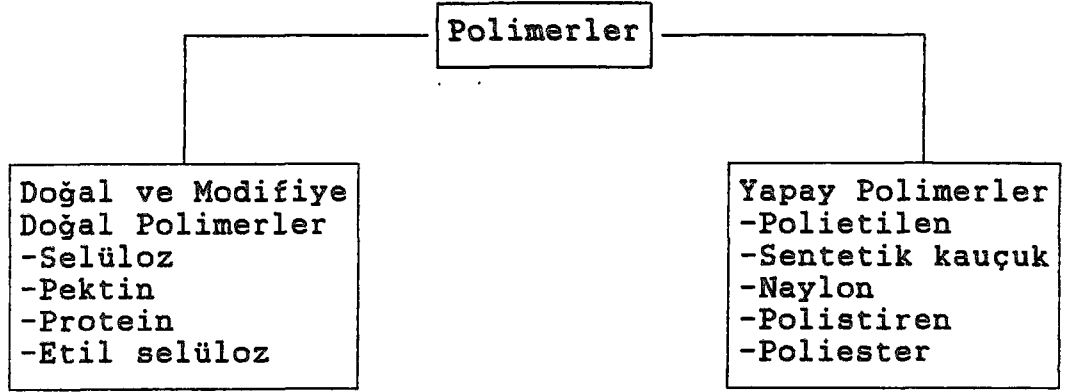
2- Kopolimerler

- a) Alternatif kopolimer
- b) Gelişigüzel kopolimer
- c) Blok kopolimer
- d) Graft kopolimer

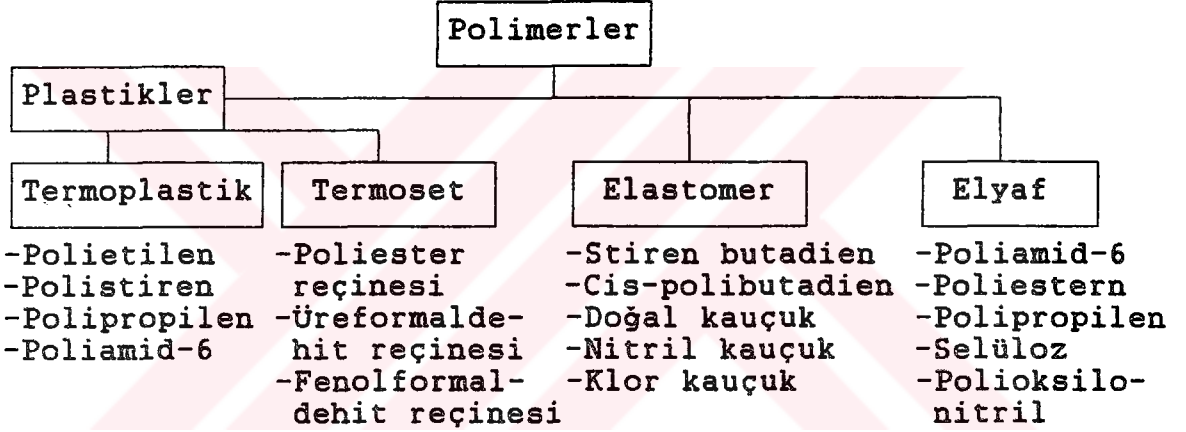
Yapılarına göre sınıflandırılması:



Kaynaklarına göre sınıflandırılması:



Fiziksel özelliklerine göre sınıflandırılması:



1-2 Termosettingler

Termosetler genellikle malzemenin özelliklerine bağlı olarak muhtelif tepkime türleri ile üretilirler, şartlandırılırlar. Makromoleküllerin oluşumu sıcaklığın arttırılması katalizör ve sertleştirici katkı ilavesi ile sağlanır. Baskı ve kalıplama uygulamalarında termosetler hemen her zaman dolgu ve takviye malzemeleri ile harmanlanarak kullanılır.

Termosetler, yanıcı değildirler. Yanıcı olmadıklarından alev uzaklaşınca genellikle derhal sönerler. Fenolik reçineler fenol kokusu yayarken , üre ve melamin formaldehit

reçinelerinden keskin bir formaldehit kokusu yayılır. Bazı poliester reçinelerin yaydığı koku ise polistireni andırmaktadır.

Termoset malzemeler çok yüksek derecede çapraz bağlıdır. Isıya karşı duyarsızdırlar . Çapraz bağ sayısı kontrol edilerek viskoz sıvıdan , rijit katılara kadar bir çok değişik malzeme elde edilebilir.

Termosetler oda sıcaklığında genellikle kırılmalıdır. Düşük sıcaklıklardan etkilenmezler. Aynı şekilde bu tip plastikler genellikle çözücülerden etkilenmezler . Bunlarda kovalent bağlar açılmadıkça çözündürülmezler.

Termoset malzemelere örnek olarak ; amino(melamin), epoksiler fenolikler, poliesterler, poliamidler, silikonlar verilebilir Elektrik ve elektronik alanlarında daha çok kullanılırlar.

1-3 Termoplastikler

Termoplastikler, makromoleküler Van der Waals bağı denilen bir bağla bir arada bulunurlar . Bu çekim elektrostatik kuvvetlerin benzeridir.

Termoplastikler, genel olarak polimerleşme reaksiyonu ile üretilirler. Bu reaksiyon esnasında monomerler birleşerek bir makromolekül oluştururlar . Polimerleşme sırasında monomerler aktivite edilerek diğer monomerlere bağlanmaları yada oluşan zincirlere eklenmeleri sağlanır. Bu işlemler genellikle sıcaklığı arttırarak , reaktör basıncını

yükselterek, ama özellikle katalizör kullanımı ile sağlanır. Termoplastikler , ısı ile şekillendirilebilen suni malzemelerdir. Oda sıcaklığında katı halde bulunup artan sıcaklık ile elastik durumdan plastik hamur haline hatta sıvı hale geçerler ve soğutulduklarında yeniden katılaşır. Mukavemet, tokluk ve sertlik özellikleri aynı kalmaktadır. Bu olay, aşırı ısıtma ile yumuşatıcı madde ayrılmadıkça ve polimerizasyon derecesi çok fazla yükseltilerek parçalanma meydana gelmedikçe istenildiği kadar tekrarlanabilir.

Termoplastiğin hamur halindeki durumunun alt sınırında - püskürtme - enjeksiyon döküm ve basınçlı döküm yapılır. Enjeksiyon dökümle parçalar çok küçük ölçülerden çok büyük ölçülere kadar aynı zamanda çok basit parçalardan kompleks parçalara kadar yüksek ölçü tamlığında imal edilebilir.

1-4 Plastiklerin Özellikleri

1-4-1 Plastiklerin Yapısal Özellikleri

Plastikleri yapısal farklılıkları nedeniyle kristalin plastikler ve düzensiz amorf yapıya sahip plastikler olarak gruplayabiliriz. (Tablo 2)

Tablo 2 Plastiklerin Yapısal Özellikleri.

Özellik	Kristalin Yapı	Amorf Yapı
Ergime ve yumuşama Yoğunluk	Kesin bir ergime noktasına sahiptir Kristalinlik yükseldikçe artar	Yumuşama geniş bir sıcaklık aralığındadır -----
Isı kapasitesi	Daha yüksek	Daha düşük
Isıtmada hacim değişikliği	Daha yüksek	Daha düşük
Kalıplama sonrası çekme	Daha yüksek	Daha düşük
Bastırılabilme	Genellikle daha çok	Bazen daha az

Enjeksiyon kalıplama esnasında eriyik halindeki plastik kristalin yapısını kaybeder ve amorf bir yapıya sahip olur. Soğumada da eski düzenli yapısına dönmeye çalışır.

Poliyeten, polipropilen, poliamid, poliasetal, poliester kristalin yapıya sahip plastiklerdir. Amorf yapıya sahip olanlar arasında polistiren, ABS, SAN, PVC, akrilik sayılabilir.

1-4-2 Plastiklerin Isıl Özellikleri

Tüm plastikler metallere göre daha düşük ısı iletkenliğine ve daha yüksek ısı kapasitesine sahiptir. Proses esnasında plastiklerin erime sıcaklıklarına ve enjeksiyon için gerekli akışkanlık düzeyi sıcaklığına kadar ısıtılmaları gerekmektedir. Belli sıcaklık değerlerinde plastikler yanabilmekte ve dekompoze olmaktadır. (Tablo 3)

Tablo 3 - Plastiklerin dekompozisyon ve azami silindir sıcaklıkları

<u>Malzeme</u>	<u>Azami'C Silindir Sıc</u>	<u>Dekompozisyon Sıcak.C</u>
ABS	225	310
Asetal	200-220	220-240
PVC	150-210	180-220

BÖLÜM 2

2 - PLASTİKLERİN ŞEKİLLENDİRME YÖNTEMLERİ

2-1 GİRİŞ

Günümüzde enjeksiyon maddesi olarak termoplastikler, presleme maddesi ve döküm reçinesi olan duroplastiklere göre yarı - mamül ve parça imalatında daha yaygın olarak kullanılmaktadır . Şekillendirme işlemlerini yerçekimi kuvveti ile döküm ve ayrıca savurma dökümü yöntemleriyle gerçekleştirebileceğimiz gibi, daha yaygın olarak kullanılan presle şekillendirme ve genellikle enjeksiyonla ve ekstürüzyon ile gerçekleştirebiliriz.

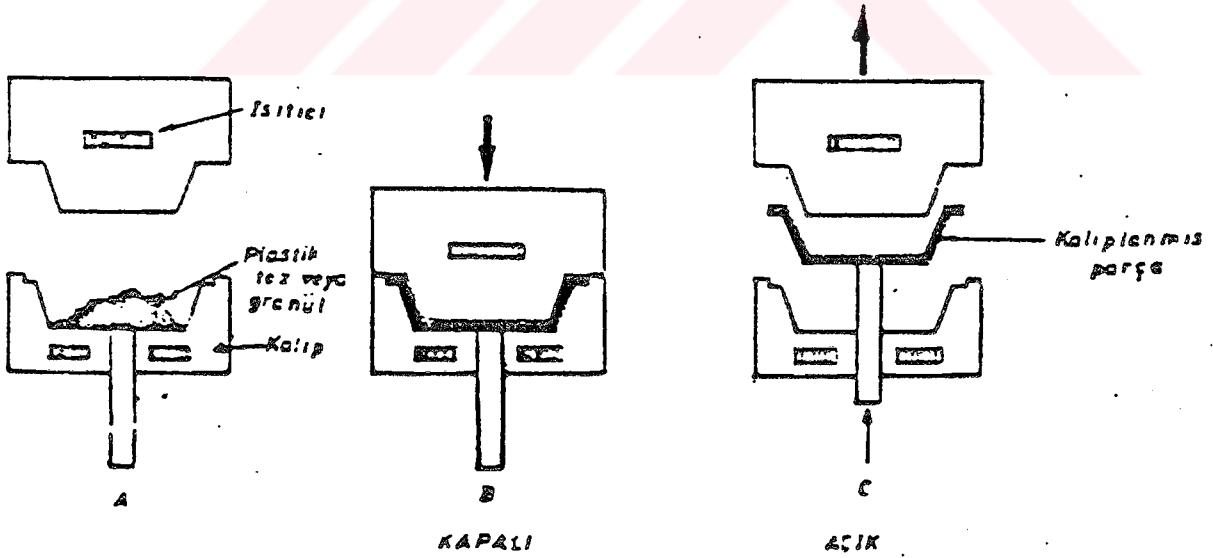
Şekillendirme yöntemlerinde gözönünde bulundurmamız gereken en önemli husus, imalatda kullanılan plastik türlerinin üretici firma tarafından kullanıcıya verilen plastiklerin işleme karakteristik değerleri olan yumuşama bölgesi, viskozitesi, erime noktası, akış davranışı, çözülme sıcaklık bölgesi ve v.s. gibi değerlerdir. Plastik malzemesinin bu işleme karakteristik değerleri ile hangi plastik malzemesi için hangi şekillendirme işleminin uygun olduğu belirlenir ve değerlere göre uygun şekillendirme işlemi yapılır. Yani şekillendirme makinası üzerinde plastik malzemesine uygun olarak sıcaklık ve basınç ayarlarının yapılması gibidir.

2-2 PLASTİKLERİN KALIPLAMA İŞLEMLERİ

2-2-1 Sıkıştırırmalı Kalıplama

Sıkıştırırmalı kalıplama daha çok termoseting plastikler için kullanılır. Alkidler , melamin , üreformaldehitler , fenolikler ve polyesterler genellikle böyle işlenirler. Yani

ısıyla sertleşen plastikler ısının yardımıyla meydana gelen bir kimyasal değişim sonucunda sertleştiğinden kalıp, işlem süresince sıcak tutulur ve sertleşen parça çıkarılınca yeni bir işlem için hazır duruma gelir. (Termoplastikleri sertleştirmek için kalıbın soğutulması gereklidir). Sıkıştırırmalı kalıplama işleminde önce toz veya granül halindeki plastik ön ısıtmaya tabi tutulur. Plastiğin cinsine göre sıcaklığı 150 - 200 °C arasında değişen kalıp boşluğuna doldurulur ve kalıp kısmen kapatılır. Isı ve uygulanan basınç plastiği sıvı hale getirip plastiğin kalıp boşluğuna dolmasını sağlar. Kalıp tamamen kapatılır ve plastik sertleşinceye kadar bir süre beklenir. Daha sonra kalıp açılır ve parça dışarı alınır. (Şekil-2.1) Elektrik anahtarlarının parçalarının çoğu, televizyon ve radyo kasaları, düğme, v.s. bu yolla şekillendirilir.

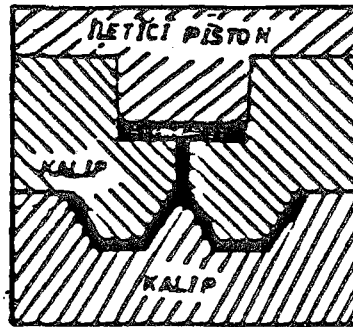


Şekil-2.1 Sıkıştırırmalı Kalıplama

2-2-2 İletmeli Kalıplama

İletmeli kalıplama daha çok termosetling plastiklerden yapılmış küçük parçaların imalinde kullanılır. Sıkıştırırmalı kalıplama da plastik kalıp etrafında düzgün olarak akmaz. Sıkıştırırmalı kalıplamanın bir türü olan iletmeli kalıplama ince kesitli parçaların yapımında kullanılır.

İletmeli kalıplama işleminde plastik önce iletme odasına konur ve ısı etkisiyle ergir. Eriyik halindeki plastik iletme odasından kalıp boşluğuna doğru zorlanır. Kapalı kalıp içerisindeki plastik ısı etkisiyle sertleşir. Sertleşme tamalanınca kalıp açılır ve parça dışarı itilir ve kalıbın içi temizlenir (Şekil 2.2). Bu kalıplama daha çok komplike parçalar da , cidar kalınlığı değişik olan parçaların üretiminde kullanılırsa hem iyi sonuç alınır hem de ürünün olgunlaşma süresi kısalır ve pürüzsüz yüzeyli olurlar. Fişler , terminal izolatörleri , kozmatik şişe kapakları v.b. bu işlemle yapılan şekillendirmelerde örnek olarak verilebilir. (Şekil 2.2)



Şekil-2.2 İletmeli kalıplama

2-2-3 Enjeksiyonla Kalıplama

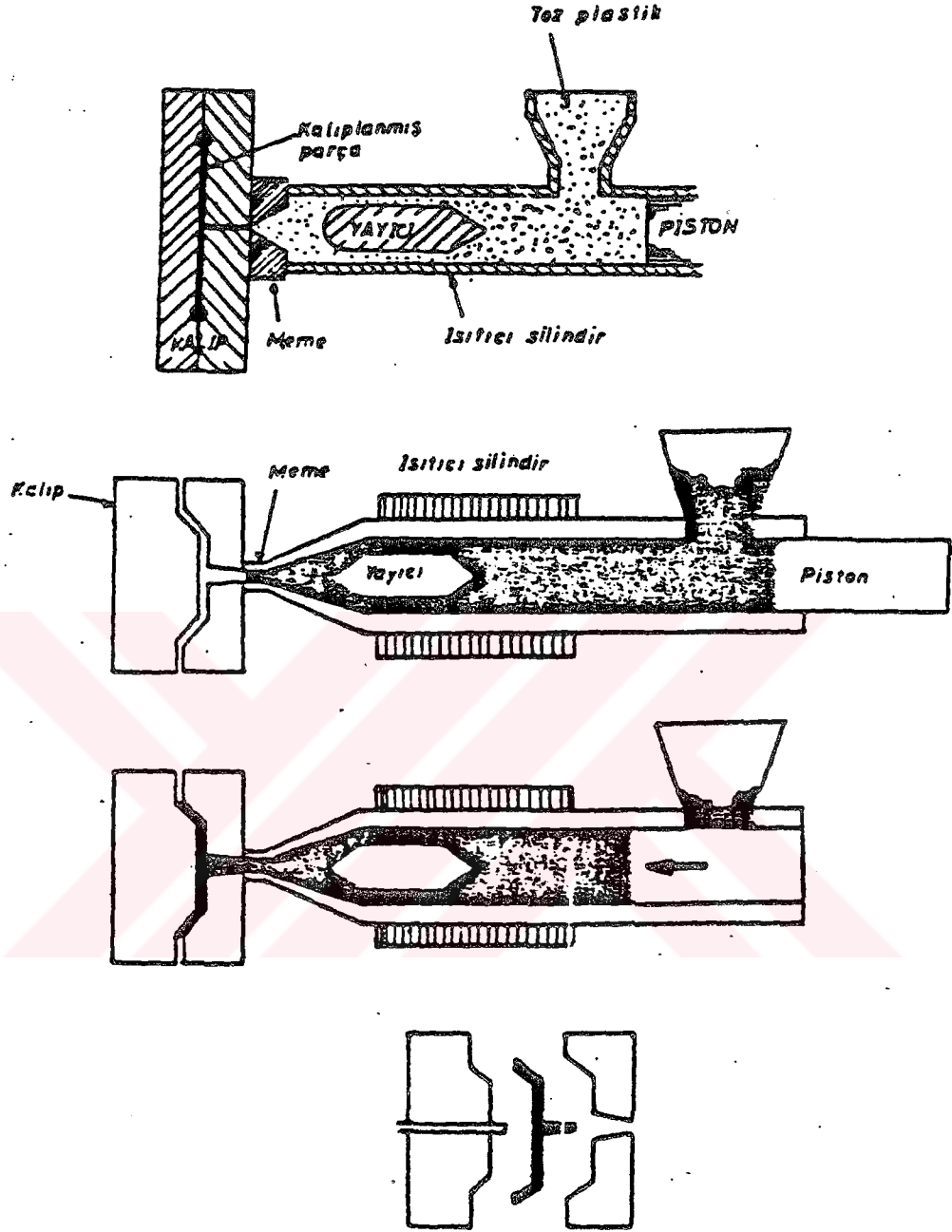
Enjeksiyonla kalıplama işlemi genel olarak , plastiğin, ısıtılarak akıcı hale getirilmesi ve kapalı soğuk kalıba itilmesi , kalıp içinde soğumak suretiyle sertleşerek istenilen biçimi alması prensibine dayanır. Enjeksiyonla şekillendirme , plastik endüstrisini diğer bütün işleme şekillerinden çok fazla değişikliğe uğratmıştır. Aynı biçim ve şekildeki ürünün uzun süre imal edilebilmesi için en uygun yöntemdir. Kalıpların yüksek basınca dayanıklı olması gerektiğinden yatırım miktarı çok yüksektir. Fakat seri imalat için mükemmel bir yöntemdir . Enjeksiyonla şekillendirme normal olarak termoplastik resinleri için (polietilen, polipropilen, polistren, naylon, PVC ve ABS) kullanılır. Fakat polyster gibi termosetler içinde geliştirilmiş olup, son zamanlarda fenolik ve aminolarada uygulanmaya başlanmıştır.

İki temel işleme yöntemi ve iki yöntemin çeşitli değişik şekillerini bir arada kullanan tali yöntemler vardır. Birinci yöntem ekstrüzyonla şekillendirmeye benzer, ancak sürekli olmayıp kısa çevirmeler biçimindedir. Nitekim 1938'e kadar buna ekstrüzyonla şekillendirme adı veriliyordu. Granül veya toz şeklindeki resin çekim etkisiyle bir huniden ısıtılmış bir silindire akıtılır. Burada dönen bir vida tarafından yumuşatılır ve ileri itilir. Sonra vida durur ve geri çalışarak erimiş malzemeye baskı yapar. Bu baskıyla malzeme yüksek basınç altında soğuk kalıba itilir. Çabucak soğur ve dışarı atılır. Genellikle tamam-

lanmış durumdadır. İkinci yöntemde , pistonlu enjeksiyon makinası kullanılır . Bu makinada hidrolik bir piston , ölçülmüş miktardaki resini kalıba enjekte eder. Muazzam hızlı imalata erişilebilir. Dört ağızlı bir kalıpta hız daha da arttırılabilir. Örneğin; propopilen bir sandalye 70 sn 'de imal edilebilir. Kalıplar genellikle 2 veya 3 parçalıdır. İki parçalı daha çok kullanılır . Kullanma yerleri yıkama kapları, kavanozlar ve her türlü açık kaplar yapılabilir.

Kalıbın iki parçası , mamül üzerinde bir çizgi halinde belirgindir . Bu çizgi baz hallerde tesviye edilir. Bazı hallerde ise bir ayrıntı ile gizlenir. Dairesel bir çıkıntı, kalıp ağzının yerini gösterir.

Sıkıştırmalı kalıplamada olduğu gibi bir ana ağıza çok sayıda kalıp bağlanarak küçük eşyalardan bir sıkıştırmada çok sayıda elde edilebilir. Sıkıştırma süresi çok kısa tutulursa resin kalıp boşluğunu dolduramaz. Aynı anda çok sayıda imalat yapılacaksa, her kalıp çok dikkatle bağlanmalı ve ana ağıza eşit uzaklıkta olmalıdır. Bütün enjeksiyon kalıpları, kalıp ağızdan uzaklaştıkça daralmalıdır. Kalıp resinin geldiği boruyla tam dik açı yapmamalıdır. (Şekil 2-3). Tüm enjeksiyon kalıpları, çeşitli parçalarına delinerek açılmış olan kanallardan su dolaştırılarak soğutulur. Termoplastikler enjeksiyonla şekillendirildiğinde artıklar , yolluklar ve tamam çıkmayan parçalar atılmaz, bunlar tekrar öğütülür ve kalıplanır.



Şekil-2.3 Enjeksiyonla kalıplama

2-2-4 Ekstrüzyonla Kalıplama

Ekstrüzyon işlemi , enjeksiyonla kalıplamaya benzer. Ancak enjeksiyonla kalıplamanın tersine bu sürekli bir olaydır. İşlem için yüksek molekül ağırlıklı resinler kullanılır. Çünkü bunlar soğuma sırasında şekli bozmazlar.

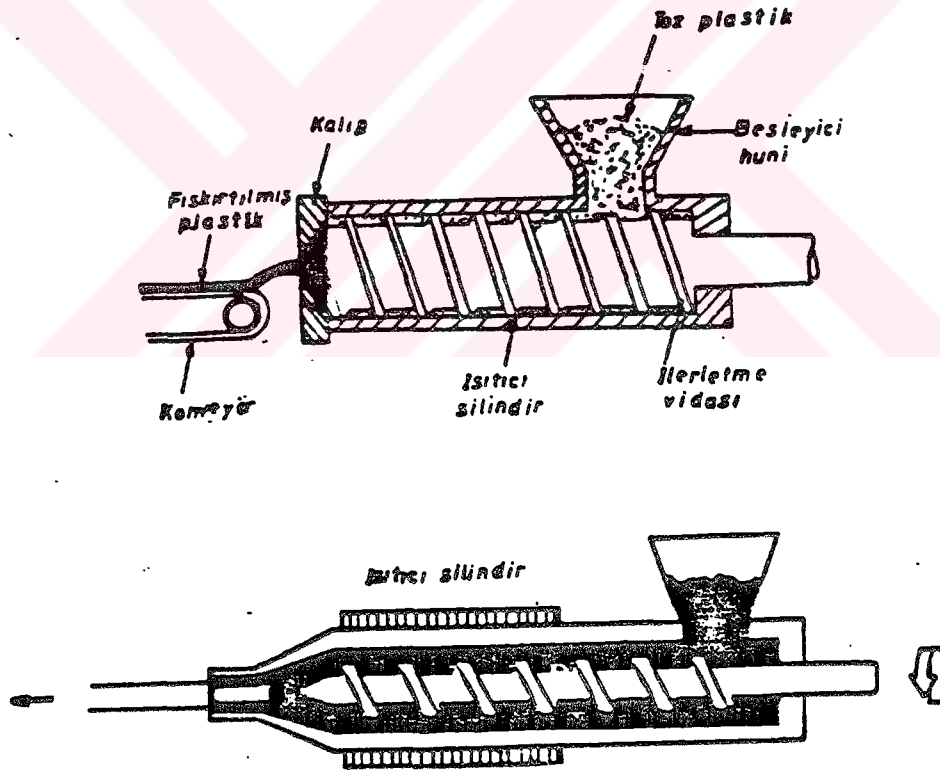
Ekstrüzyon, daha çok ısıyla yumuşayan plastiklere uygulanır. (termoplastiklere) En çok uygulandığı plastikler şunlardır: Akrilik, karbon florür, naylon, sitiren, polietilen, vinil- dir. Bu yöntemle daha çok borular, çubuklar, levhalar, oluklar, tabakalar vb. kesitleri boyunca değişmeyen parçalar elde edilebilir.

Ekstrüzyonla şekillendirmede; termoplastik malzeme toz veya granül halinde huniye (depoya) dökülür. Plastik, içinde dönen vidası olan ısıtma silindirine akar. Burada silindirin sıcaklığı ve silindir ile vida arasında meydana gelen sürtünmenin sıcaklığıyla erir. Isıtma silindirinin sıcaklığı 150 - 260 °C 'de tutulur. Sıvı hale gelen plastik silindir sonundaki kalıp ağzından (= 35 - 400 kg/cm²) basınçla fışkırır. Fışkıran eşyanın kesiti kalıp ağzının biçimine bağlıdır. Bu kademedeki fışkırmış plastik soğutulur ve böylece sertleştirilerek kalıbı terk eder ve konveyör kayışı ile beraber gider (Şekil 2-4).

Ekstrüzyon şişirmeli kalıplama yönteminde sıcak plastik boru parçası (parison) eldesi için ekstrüzyon makinası kullanılır . Kesikli veya sürekli ekstrüzyon makinaları amaca göre kullanılır . Kesikli bir makinada üfleme ve şişirme sırasında akış durur. Sürekli yöntemde ise bir yerde kalıp doldurulur ve sonra kalıp şişirmeye gider. Kalıp şişerken diğer bir kalıp dolmakta, bu sırada soğuyan kalıp ise açılarak boşaltılmaktadır. Dönen ve gidip gelen tipler mevcuttur. Enjeksiyon şişirmeli kalıplama yönteminde

ise sıcak plastik boru parçası (parison) kapalı bir kalıba gönderilerek oluşturulur. Ağırlık kontrolü devam etmekte ve boyun yapısı bu adımda oluşmaktadır. Daha sonra kapalı kalıptan, üfleme ile şekillendirme kalıbına aktarılmakta ve burada üflenerek şişirilmektedir. Bu son iki aşama ekstrüzyon şişirmeli kalıplamanın aynıdır. Enjeksiyon şişirmeli kalıplama ile küçük şişeler geniş şekilde yapılır.

Genel olarak şişirmeli kalıplama içi boş olan tek parçalı plastik eşyaları yapmak için uygulanan bir kaç yöntemden birisidir. (masa tenisi topları, çocuk bebek oyuncaklarının kafa ve vücutları, süt şişeleri vb).

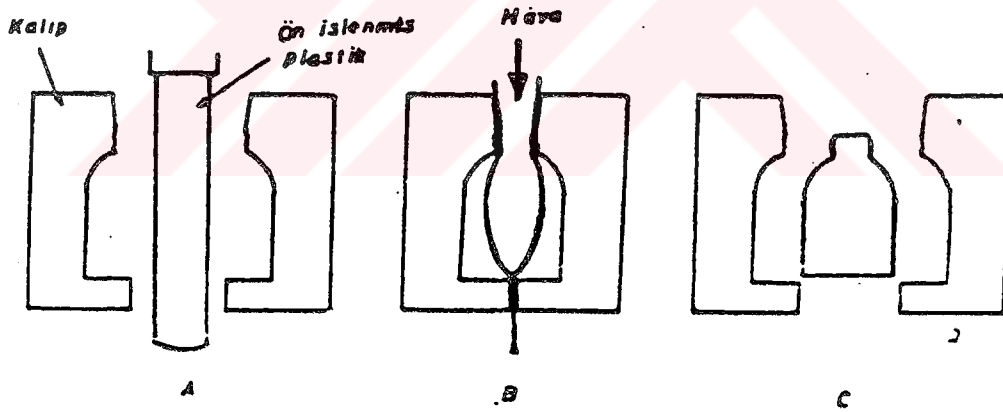


Şekil-2.4 Ekstrüzyonla kalıplama

2-2-5. Şişirmeli Kalıplama (Blow Moulding)

Her termoplastik şişirmeli kalıplamayla şekillendirilebilir. (yüksek yoğunluklu polietilen, PVC ve propilen şişirmeli

kalıplama ile işlenen plastiklerin başında gelir). Şişirmeli kalıplama ile içi boş ürünler elde etmek için çeşitli yöntemler kullanılır. Tümünde resini enjeksiyon veya ekstrüzyon şeklinde elde etmek gerekir . Sıcakta yumuşayan lastik (termoplastik) bir boru parçası , açık duran iki parçalı iki kalıp arasına ekstrüzyon presi tarafından gönderilir. Plastik boru henüz sıcakken kalıp kapanarak ekstrüzyon edilmiş boruyu içerde hapseder ve bir başını kaynatarak kapatır. Diğer başından içeriye resinin kalıbın tam şeklini alması için basınçlı hava üflenir. Basınçlı hava boruyu cidara doğru genişleterek kalıbın biçimine getirir. Kalıp devamlı soğuk tutulduğundan şişirilen lastik cidara temas edince sertleşir. Sertleşme tamamlandıca kalıp açılarak parça çıkarılır (şekil 2.5).



Şekil-2.5 Şişirmeli kalıplama

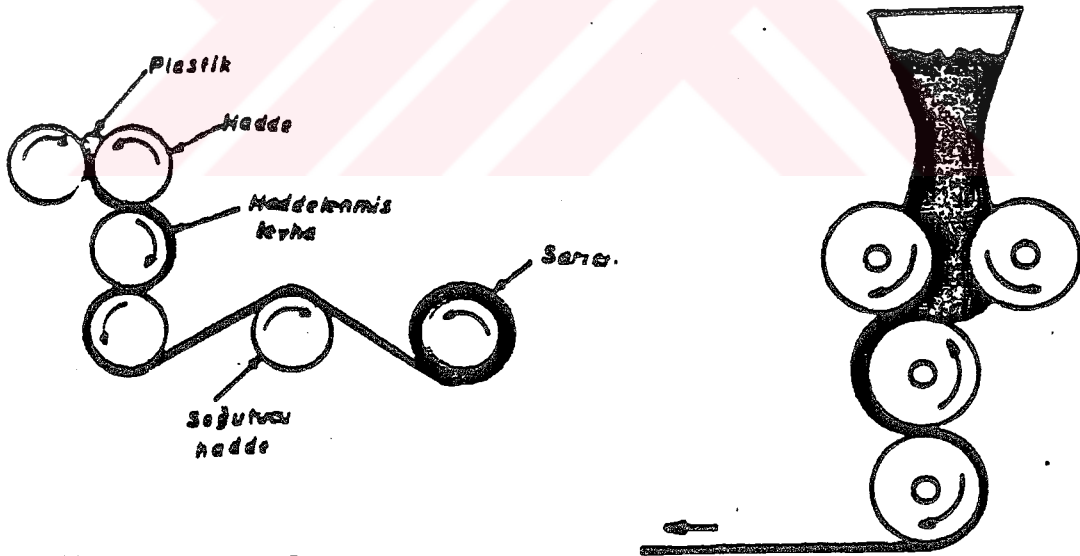
2-2-6 Haddelme (Calendaring)

Haddelme bazı bakımlardan (fışkırtmaya) ekstrüzyona benzer. PVC , ABS , yüksek yoğunluklu polietilen , polipropilen , polistiren vb. termoplastiklere uygulanır.

Bu metotla banyo perdelikleri , yağmurluk , döşeme

kaplamaları, oyun kağıtları, yüzme havuzu örtüleri ve saydam oto koltuk örtüleri yapılır (şekil 2.6).

Haddelendirme işlemi ise şöyle yapılır : Termoplastik reçine, stabilize maddesi , yağlayıcı , renk verici ve esnek film yapımı için plastik özellik sağlayıcı maddeler karıştırılır. İstenilen renk verilir. Sıvı hale getirilir. Bu yumuşak karışım bir seri sıcak yatay konumlu haddelerden geçirilerek haddelenir . Haddelerin yüzeyleri parlaktır ve içten ısıtılabilirler. Haddeler arasındaki mesafe film yahut yaprağın kalınlığını ayarlar. Haddeler arasındaki aralık gittikçe azaltılarak en sonunda istenilen belli bir kalınlığa getirilen malzeme bir seri soğutma haddelerinden geçirilerek sertleştirilir, sonra sarılır.



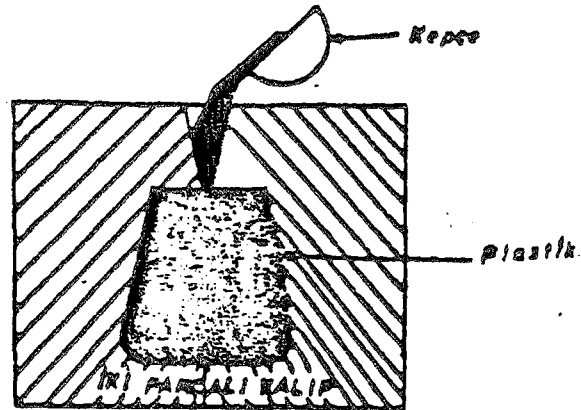
Şekil-2.6 Haddelendirme

2-3 PLASTİKLERİN DÖKME İŞLEMLERİ

2-3-1 Basit Dökme

Plastik işlerinin çoğu basit dökme ile yapılır. Dökmede sıvı plastik , kalıp içindeki boşluğa zorla itilmez . Sadece

dökülür. Döküm işleminde plastik, sıvı halde olacak şekilde hazırlanır. Bazı uygulamalarda plastik reçinesi doğal halinde zaten sıvıdır, diğerlerinde ise granül halindedir ve ısıtılarak sıvılaştırılır. Genellikle katalizör bir madde ilave edilir. Sıvı plastik kapalı olan kalıba dökülür. Bütün hava kabarcıkları giderilir. Kalıp içindeki plastik sertleşmeye bırakılır. Sertleşen plastik kalıptan çıkarılır. Çubuk, boru veya özel biçimler için genel olarak iki parçadan metal kalıp kullanılır. Düzlemsel ince varakların üretiminde kalıp olarak birbirinden varak kalınlığı kadar kalınlıktaki contalar aracılığıyla ayrı duran çok temiz olarak parlatılmış cam plakalar kullanılır. Kenarları yalnız bir köşesi açık kalacak şekilde tıkanmıştır. Bu köşeden içeriye plastik dökülür. (şekil 2.7) Hem termosetler hem de termoplastikler bu yolla biçimlendirilebilirler. Akrilik, sitiren, fenolik, polyester ve epoksiler bu yolla şekillendirilirler. (bu şekilde dökülmüş akrilik levhaların basınçlı döküme göre avantajları vardır). Optik özellikleri, ölçüsel kararlılığı, yüzey sertliği, çekme ve darbeye dayanıklılığı daha iyidir. Ancak bu yolla elde edilenler işlem süresinin uzunluğu dolayısıyla daha pahalıdır.



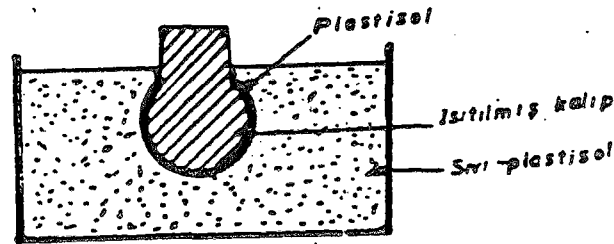
Şekil-2.7 Basit dökme

2-3-2 Plastisol Döküm

İçi boş parçaların yapımında kullanılan bir yöntemdir. Plastisol dökümün değişik uygulamaları vardır. Bunlar : Daldırmalı kalıplama, boşaltmalı biçimlendirme, döndürmeli döküm. Bunların hepsi sıvı plastisolun sıcak olan yüzeye temas edince sertleşmesi esasına dayanır.

2-3-2-1 Daldırmalı Kalıplama

Isıtılmış bir kalıp sıvı plastisol dolu kap içine daldırılır. Kalıp, plastisolla dolu olan kaptan belli bir hızda geri çekilir. Kalıba temas eden plastik yapışarak katılaşır. Kaptan geri çekme hızı ne kadar yavaş olursa plastik o kadar kalın olur. Katılaşan plastik ve kalıp beraberce 180 - 200 °C olan bir fırında pişirilir. Sonra plastik kalıptan sıyrılır (şekil 2.8). (Bu kalıplama karışık biçimde şekiller için kullanılır. Saydam kadın ayakkabı koruyucuları, buji örtüleri , oyuncak bebek ayakkabıları gibi.)



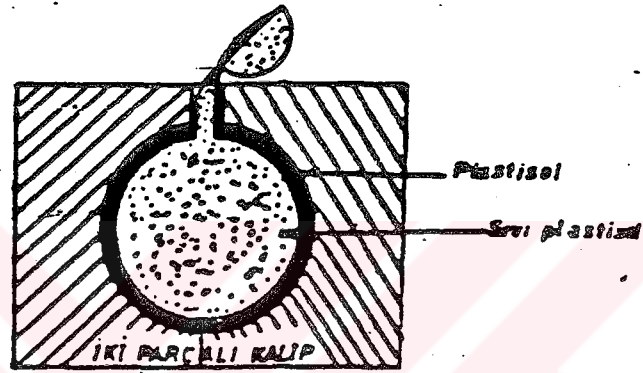
Şekil-2.8 Daldırmalı kalıplama

2-3-2-2 Boşaltmalı Döküm

Sıvı plastisol, yapılacak işin dış biçimine uygun bir boşluğu olan, ısıtılmış bir kalıp içine dökülür. Kalıbın içiyle temas eden plastisol hem katılaşır. Arta kalan (henüz katılaşmamış olan) plastik kalıptan boşaltılır. Katılaşan

plastik ve kalıp 180 - 200 'C 'ye ısıtılmış fırında sertleştirilir. Sonra kalıp açılarak parça çıkarılır. (Kalıp, hava taneciklerinin yok edilmesi için ya havasız bir yerde veya bir sallanma makinası üzerinde doldurulmalıdır). (şekil 2.9).

Oyuncaklar, çizmeler gibi içi boş olan açık eşya için kullanılır.

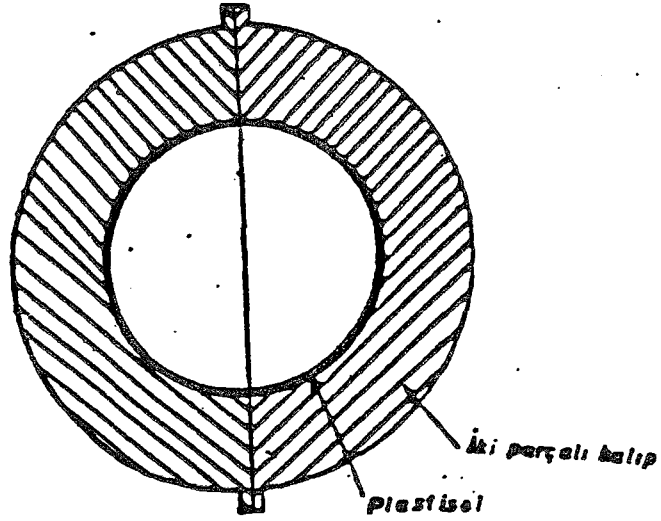


Şekil-2.9 Boşaltmalı döküm

2-3-2-3 Döndürmeli Döküm

Belli bir hacimdeki plastisol, ısıtılmış kapalı duran iki parçalı bir kalıp içine dökülür. Kalıp iki eksen etrafında döndürülür. Bu döndürme ile içerdeki plastik iç duvar etrafında ince bir kalınlık sağlayarak dağılır. Kalıp ile temas eden plastisol beraberce bir fırın içine yerleştirilerek plastisolün sertleşmesi sağlanır. Sonra kalıp açılarak parça alınır. (Tamamen kapalı, içi boş, dikişsiz eşyanın yapılması için uygulanır. Kalınlık her yerde aynı olur.

Plastikten yapılmış meyve gibi süs eşyası, oyuncakların çoğu, sıkma toplar bu yolla yapılır. (şekil 2.10).



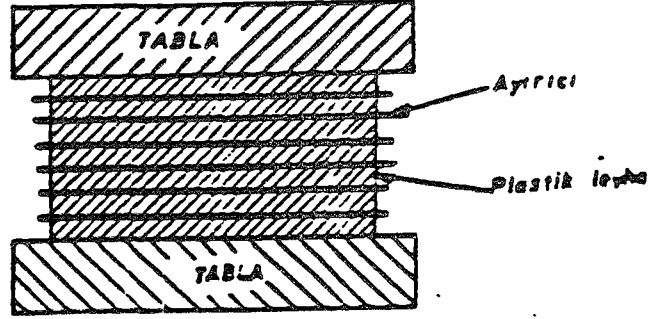
Şekil-2.10 Döndürmeli döküm

2-4 KATLANDIRMA

Katlandırma iki veya daha fazla kat yaparak bunları birbirine yapıştırmaktır .Plastiklere uygulanan katlandırma işlemi ile, reçine emdirilmiş veya reçine ile kaplanmış malzemeler ısı ve basınç ile birleştirilir. Katı hale getirilmiş eşya, yüksek ve alçak basınçla üretilmiş diye ikiye ayrılır. Bu ayırma, katlandırma süresince uygulanan basıncın büyüklüğüne göredir. Alçak basınçla katlandırmaya örnek polister verilebilir). Yüksek basınçla katlandırma çok kullanılan bir yöntemdir. Genellikle kağıt, bez, asbest olan katlandırılacak olan malzeme, önce sıcakta sertleşen bir reçine ile doyurulur. Reçinenin fazlası sıyrılır. Geriye kalan reçine kurutulur, fakat sertleştirilmez. Emdirilmiş malzeme arzu edilen kalınlık elde edilene kadar katlar halinde birleştirilir.

Isı ve basınç uygulanarak reçinenin akması ve sertleşmesi

sağlanır. Böylece yekpare bir malzeme elde edilir. Düzlem levhalar iyice parlatılmış tablalar arasında 70 - 100 kg/cm² basınç altında ve 150 - 180 °C arasında sıkıştırılır. Sertleşme preste , kalıpta veya çıkartılarak bir fırında yapılabilir (şekil 2.11).



Şekil 2-11 Katlandırma

Kullanılan reçine termoseting cinsindedir. Onun için bu reçinenin önce yumuşatılması sonra da sertleşmesi için ısıtılması gerekir.

Isıtma , pres tablaları içinden geçirilecek buhar, sıcak su veya elektrik direnç telleri ile sağlanır. Bitirilmiş iş, işlemin sonunda, tablalar içinden su geçirilmesi ile soğutulur. Yüksek basınçlı katlamalar en çok fenolik, melamin, silikat , epoksi ve polyester gibi termoseting reçinelerle yapılır. Astar malzemesi genellikle kağıt olmakla beraber bu iş de pamuk lifleri, asbest örgüleri, hasırlar ve yaprakları ile cam elyafta kullanılmaktadır.

Katlandırma yöntemi ile yapılmış olan günlük yaşantımızda göregeldiğimiz tezgah üstleri , duvar panoları örnek olarak verilebilir . Endüstriyel amaçlarla katlandırılmış plastik büyük dişli , yatak , küçük dişliler örnek verilebilir.

2-5 KÖPÜRTMELİ İŞLEMLER

Fiziksel ve kimyasal olmak üzere iki temel köpürtme işlemi vardır. Fiziksel köpürtmede plastiğin gözenekliğini sağlayan araç gazdır. Plastiğin içine, kalıplamak için hazırlanırken sıkıştırılmış gaz veya kolaylıkla gaz haline gelebilen sıvı ilave edilir. Isıtılınca gaz genişler. Plastik parçalarını şişirerek köpürtür (örnek genişleyebilen polistren).

Kimyasal köpürtmede , genişleme kimyasal reaksiyon sonucu olur. Bunun için plastik reçinesi ve katalizör ile sıkıştırılmış ve plastikle birleşerek gaz çıkaracak olan kimyasal madde gereklidir. Poliüretan köpüğü örnek olarak verilebilir. Genişleme işleminden sonra kalıp ve parça soğutulur (soğutma kalıpların etrafında dolaştırılan su ile sağlanır). En çok stiren ve üretan köpürtmeli işlemle köpürtülür. Vinil, polietilen silikat, selülozik ve fenolikler ve epoksilerde köpürtülebilir.

Böyle işlemlerde kırılacak eşyanın korunması için sandıklara konulan plastik destekleyici maddeler, suda yüzen oyuncaklar tavan örtüleri ve yılbaşı süslemeleri yapılabilir.

BÖLÜM 3

3- ENJEKSİYON TEKNİĞİ

3-1 ENJEKSİYON TEKNİĞİNE GİRİŞ

Enjeksiyon makinaları ile genellikle termoplastikler grubuna giren plastik malzemeler işlenmektedir.

Enjeksiyon prosesinde hammaddelerden otomatik olarak çoğu zamanda sonradan ek bir işleme tabi tutulmaları gerekmeyen hazır parçaların üretilmesi, enerji tasarrufundan daha da önemli bir gerçektir.

Buna bağlı olarak, enjeksiyon metodunun öneminin asıl nedeni şüphesiz insan gücüne olan ihtiyacın az oluşudur. Elle işletilen cihazların ve proses veri kontrol sistemlerinin devreye sokulmaları ile günümüzde hizmet ve kontrol elemanlarına olan ihtiyaç, aza indirgenmiştir.

Teknik olarak yüksek değerli plastik parçalarda enjeksiyon tekniğinin giderek daha fazla kullanılmasına cevap verebilmek için, ayarlı enjeksiyon makinaları uygulanmaya başlanmıştır. Bu makinalarla yüksek üretkenlikte imalat özellikleri elde etmek mümkündür.

Termoplastiğin hamur halindeki durumunun alt sınırında - püskürtme - enjeksiyon döküm ve basınçlı döküm yapılır. Enjeksiyon dökümle parçalar çok küçük ölçülerden çok büyük ölçülere kadar aynı zamanda da çok basit parçalardan kompleks parçalara kadar yüksek ölçü tamlığında imal edilebilir.

Termoplastiklerin enjeksiyon makinasındaki plastifize şekil alma ve soğuma işlemlerini doğru olarak kontrol edebilmek için şu faktörler gözönünde bulundurulmalıdır:

- 1- Homojen bir işlem süresi
- 2- Vida silindirinde malzemeye uygun sıcaklık dağılımı
- 3- Enjeksiyon parçası için doğru makina veya silindir büyüklüğünün seçimi
- 4- Doğru makina veya silindir ekipman seçimi
- 5- Kalıp ısıtıcı, kalıp soğutucu
- 6- Enjeksiyon hızı
- 7- Vida devir sayısı
- 8- Enjeksiyon basıncı
- 9- Meme deliği
- 10- Döküm yolu
- 11- Kalıp tasarımı

3-2 VIDA SİLİNDİR SEÇİMİ

Genel olarak vida silindirinin seçimi aşağıdaki hususlara bağlıdır.

- 1- Kalıbın hacmine
- 2- Eriyiğin akış karakteristliğine, çok tok (yüksek vizkozlu eriyiklerde ince cidar kalınlıklarında yüksek enjeksiyon basıncına ihtiyaç vardır.
- 3- Kalıp içerisindeki akış yolunun cidar kalınlığına olan ilişkisine bağlıdır. İnce cidar kalınlıklarında veya çok uzun akış yollarında yüksek enjeksiyon basıncına ihtiyaç

duyarlar.

Vida Silindir Uygulamalarında Tavsiyeler

Silindir Tipi A : Bu silindir ince cidar kalınlıklarında ve uzun akış yollarına sahip enjeksiyon parçalarında kullanılır. Ayrıca tok (vizkoslu) kütlelerde ve uygunsuz noktalı döküm yollarında tavsiye edilir.

Silindir Tipi B: Bu silindir yüksek molekül ağırlığına sahip kütlelerde , ince cidar kenarlı parçalarda veya uzun akış yollarında ve noktalı döküm yollarında kullanılır.

Silindir Tipi C : Ortalamalı vizkositeli kütlelerde ve cidar kalınlıklarında kullanılır. Bu silindir ayrıca sert -PVC 'de ince kenarlı olmayan parçalarda da başarılı bir şekilde kullanılabilir.

3-3 MEME AĞZININ SECİMİ

3-3-1 Açık Meme Ağızı (SVO)

Açık meme ağızı mümkün olduğu sürece diğer meme ağızlarına tercih edilmelidir. Malzeme değişimi daha kolay ve daha hızlı olarak gerçekleşmektedir. Kütlenin debisi (akışı) akışkanlar tekniğine göre daha uygundur. Esasen açık meme ağızı (SVO) patlayabilir, sıcaklık hassasiyetli ve tok akışkan kütlelerin işlenmesinde kullanılmaktadır.

3-3-2 Sürgülü Meme Ağızı (SVS)

Sürgülü meme ağızı kolay akabilen bütün kütlelerin (mesela polistireol, polietilen vs.) işlenmesi için uygundur. Sürgülü meme ağızı sadece memenin kalıp takımı tarafından geri itilmesi ile açılır . Silindir içindeki kütlenin ayrışması ile oluşan basınç sonucu kapalı meme , yani meme kalıbına dayanmamış ise , ağız daha sıkı kilitlenir . Bu nedenle

kolay patlayabilen kütlelerde kullanılmamalıdır (PVC ve Polimetilanozeid).

Daha tehlikeli durum ise SVS ve geri akış valfinin (RSB) aynı anda kolay ayrışabilen kütlelerin işlenmesinde kullanılmasıdır . Çünkü silindir içerisindeki bir patlama hacmi oluşabilir.

3-3-3 İğneli Meme Ağızı (SVN)

İğneli meme ağızı sadece vida silindiri içerisinde basınç oluşturursa açılır . Fakat burada iğneyi öne doğru iten yaydan dolayı bir basınç kaybı oluşur.

İğneli meme ağızı genellikle Poliamidlerin işlenmesinde kullanılır.

3-4 VIDA SİLİNDİRİ

Vida silindiri dış kısmında (ceketinde) bulundurduğu ısıtıcılar ile gerekli olan işleme sıcaklığına getirilebilmektedir . Doldurma hunisinin her iki tarafından vida silindiri soğutulur;

- 1- Tahrik sistemine ısı iletimi önlenir.
- 2- Kütle iletimini iyi bir şekilde kontrol edebilmek mümkün olabilmektedir.

Vida aşağıda belirtilen bölgelere ayrılmaktadır:

Besleme bölgesi,

Kompresyon bölgesi,

Karıştırma (dozaj) veya ölçme bölgesi.

Besleme bölgesinde iletim kütlesi sadece silindir duvarına yapılacak derecede ısıtılmalıdır . Böylece dönen vida

vasıtasıyla bir iletim sağlanmış olunur . Besleme bölgesinde doldurma hunisinden verilen plastik malzeme kütlesi dönen vida vasıtasıyla aksenal olarak diğer bölgelere (kompresyon) karıştırma (dozaj) ve enjeksiyon bölgelerine vs.itilmektedir

Besleme bölgesindeki sıcaklık ayarlanması besleme ilişkileri için önemlidir ve genellikle silindirdeki toplam eriyik dağılımını etkilemektedir . Silindir içerisindeki toplam eriyik dağılımına ayrıca plastik malzemenin türü ve biçimi (toz veya granür , çekirdek büyüklüğünde) yağlama, maddesi nem ve havalandırma işlemleride etkilemektedir .

Kompresyon bölgesinde ise kütle sıkıştırılmaktadır . Ayrıca plastik malzeme kütlesi bu bölgede hamurumsu veya sıvı halde olacak şekilde ısıtılmaya tabi tutulur. Hava ve nem etkileri kompresyon sonucu doldurma hunisine doğru gaz giderme kapağından (başlığından) geri itilmektedir.

3-5 VİDA SİLİNDİRİNİN ISITMA İŞLEMİ ve İŞ BASLANGICI

Bu ısıtma işleminde dikkat edilecek husus , vida silindirin işleme sıcaklığına kadar tam olarak ısıtılmasının sağlanmasıdır . Vidanın dönme hareketi başlamadan önce , vida silindiri istenilen ve ayarlanan çalışma sıcaklığına erişmiş olmalıdır . Her ısıtma bölgesi için makina üzerinde ayarlanması gereken sıcaklık derecesi plastik malzeme kütlesinin özelliğine bağlı olarak değişmektedir. Her zaman hareket başlangıcında vidalarda yüksek devir sayısının seçilmesi tavsiye edilir . Çünkü yüksek devir sayısında tahrik sistemi , vidanın burulma sonucu hasara uğrayacak şekilde yüksek bir dönme momenti oluşturamaz .

Poliamid kütlesinin işlenmesinde daha uzun bir ısıtma zamanı gerekmektedir . Bu durumda memenin . ve kafa bölgesindeki ısıtma süresi geçici olarak 15 - 20 °C kadar yükseltilmelidir . Bu yükseltilecek sıcaklıklar çalışma başlangıcında tekrar düşürülmelidir . Bu yükseltilecek sıcaklıklar çalışma başlangıcında tekrar düşürülmelidir, aksi takdirde kütle renklenebilir .

PVC veya başka bir termik hassasiyetli kütlelerde ayarlanan sıcaklık derecesi, ısıtma esnasında, vidanın kafa bölgesinde bir miktar düşürülmelidir (10 - 20 °C) . Böylece uzun ısıtma sürecinden dolayı kütlede bozulması önlenmiş olur .

3-6 PLASTİFİZE (PLASTİKLESMENİN) İŞLEMİNİN KALIP PARÇASINA UYUMU

Plastik malzeme kütlesinin plastifize işleme ve sıcaklık ayarı , enjekte edilmek istenilen parçaya uygun olarak yapılmalıdır . Bu kısımda ince ve kalın cidarlı parçaların plastifize (plastikleşmesi) işlemleri arasındaki ilişkiye değinilecektir.

3-6-1 İnce Cidarlı Parçalar

İnce cidarlı parçaların enjekte edilmesi söz konusu olduğunda , parçanın soğutma süresi kısadır . Monte edilen vida silindirin enjekte etme miktarı (enjekte ağırlığı) tamamen kullanılıyorsa , zorunlu olarak her ısıtma bölgesindeki kütlede geçme (ilerleme) süresi çok kısadır . Bu durumda kütle veya ayarlanan sıcaklığı malzeme özelliklerine uygun olarak yüksek tutmak gerekir . Böylece kalıbın doldurulması için gerekli olan ince akışlı bir kütle elde edilmiş olur .

3-6-2 Kalın Cidarlı Parçalar

Kalın parçaların enjekte edilmesinde ise soğutma ve bekleme süreleri daha uzun olmaktadır . Bu nedenle silindir sıcaklığının ince cidarlı parçalara göre daha düşük tutulması tavsiye edilir . Vida silindirinde eriyik kütlesinin uzun süre sıcaklık etkisinde kalması kütlenin renklenmesine yada termik olarak bozulmasına sebep olmaktadır . Çok yüksek bir kütle sıcaklığı ile çalışılması gerekiyorsa ;

- 1) Soğutma süresi daha uzun
- 2) Lunger oluşum tehlikesi daha büyük
- 3) Sıcaklık düşüş noktaları daha büyük olabilir.

Her plastik malzemesi için sıcaklığa bağlı olarak hacim değişimi farklıdır . Bu bir malzeme sabitidir (sıcaklık değişimi artmasında ısı genleşmesi , soğutma esnasında hacim büzülmesi) . Hacim büzülmesi polietilende , eriyiğin oda sıcaklığında soğutulmasında yaklaşık % 20-25 arasındadır. Buradan çıkan anlam , kusursuz bir parça elde edebilmek içinse ikinci baskı fazında hacmin dörtte biri kadar kalıp boşluğuna ek bir dolgu yapılmalıdır . Fakat bu ikinci baskı fazında bazı zorluklar ortaya çıkabilir , çünkü hacim büzülmesi sonucu oluşan eksik kütlenin iletilerek karşılanmasından önce yolluk kanalları tamamen dolmuş olabilir. Kalıbı biraz daha soğuk kütle ile doldurursak, o zaman hacim büzülmesi bir miktar azalabilir . Ayrıca soğutma ve ilave doldurma süreleri kısa olur.

Kalıba fazla soğuk kütle doldurulursa , o zaman partezil taneciklerin homojen bir şekilde ve yeterli derecede erimeleri tehlikeye düşebilir . Bu durumda genellikle enjekte

edilen parçalar kötü üst yüzeye sahip ve kırılğan olurlar, düşük mukavemet gösterirler ve çatlak oluşumuna yatkın olurlar.

Oda sıcaklığında eriyiğin soğuma sonucu hacim değişimine uğramasından dolayı , basma hacminin (hesapsal olarak vida kesiti , vida ilerlemesi) sadece yaklaşık % 70-80 kadarı eriyikte enjekte edilen parça hacmi olarak alınabilir. Dönen vida ile veya yağma basıncına karşı plastifize ve geri akış valfinin kullanılması ile , silindirden alınan enjekte parça hacmi yüzde olarak bir parça yükseltilebilir .

3-7 VIDA SİLİNDİRİNDE ERİYİK OLUSUMU

Bir ince kenarlı kalıp tam olarak doldurulmazsa, bunun sebebi soğuk bir kütlenin bulunmasıdır. Düşük kütle sıcaklığından dolayı eriyikler dar kanallarından kötü akmaktadırlar . Aynı zamanda vidanın ilerleme hızı enjeksiyon işlemi esnasında frenlenmektedir . Daha iyi bir kalıp dolumu ve vidanın ilerleme hızının yükseltilmesi enjeksiyon basıncının (bir başka vida silindiri kullanmak suretiyle) arttırılması ile sağlanabilir. Enjeksiyon basıncını arttırmadan önce her zaman kütle sıcaklığı ve böylece eriğin vizkositesinin değişmesini sağlamak uygun olur. Kafa bölgesinde ve memedeki sıcaklığın bir miktar yükseltilmesi, her zaman için istenilen başarıyı vermemektedir . Daha az sürtünme hassasiyetli kütlelerde kompresyon ve besleme bölgesindeki sıcaklıklar yükseltilirse , böylece kalıp dolumu kolaylaşır. Vidanın ilerleme hızı yükselmiş olur. Sürtünme hassasiyetli kütlelerin işlenmesinde ise, bu bölgelerdeki sıcaklıkların düşürül-

mesi uygun olur ; böylece daha kuvvetli bir sürtünme ısısı ile kütle sıcaklığı yükselir ve eriyiğin akış kabiliyeti düzeltilmiş olunur .

Kalın cidarlı bir parçayı tam olarak doldurabilmek için, belirli bir ilave basınç zamanına ihtiyaç vardır . Böylece malzemenin kalıp içinde büzülmesi sonucu oluşan boşluğu karşılaması mümkün olur . Yüksek sıcaklıktan dolayı eriyik sıvı halde bulunuyorsa , ilave basınç zamanı esnasında kütle vida basamakları üzerinden geri akabilir.

Vidanın malzeme ile beslenmesinde ise besleme bölgesindeki sıcaklığı önemli yer tutmaktadır . Küçümsenemeyecek düzeyde, malzemenin diğer bölgelerindeki akış durumu ve vida silindiri içindeki toplam sıcaklık dağılımı besleme bölgesindeki sıcaklıktan etkilenmektedir.

3-7-1 Beslenme Zorluklarının Sebepleri ve Giderilmesi

Yüksek silindir sıcaklığında kütle silindir kenarına daha sıkı yapışıyorsa, silindir kenarındaki kütle şimdiden daha sıvı halde bulunmaktadır. Bu nedenle vida kütlesi ile birlikte dönmektedir, bundan dolayı hiçbir ilerleme etkisi oluşmamaktadır ve vidanın beslenmesi (kütle çekimi) kötüdür.

Beslenme zorlukları çok nemli malzemelerde de meydana gelebilir. Eriyikte gaz kabarcıkları oluşur. Bunlar basınç düşümünün olduğu yöne, besleme hunisi yönüne kaçmak isterler. Bunun sonucu vidanın taşıma (transport) etkisi bozulmaktadır veya kalkmaktadır. Bunun sonucu olarak malzeme

yaklaşık 80 °C 'de 5-10 saat bir kuru havalı ocakta fazla kalın olmayan tabakalar halinde ön kurutmaya tabi tutulmalıdır (Akrylat, Gllulose, Actat, Polietilen, PVC vb). Bu kurutma etkisi bir gaz giderme cihazının kullanılması, yağma basıncına karşı plastifize vidanın dönmesi esnasında enjeksiyon işlemi yapılması veya besleme bölgesindeki sıcaklığın yükseltilmesi ve yağma basıncında devir sayısının arttırılması ile iyileştirilebilir.

PVC için uygun olan besleme bölgesi sıcaklığı dar bir bölgede bulunmaktadır ve bu nedenle tam olarak ayarlanması gerekir. Düşük sıcaklıkta kompresyon bölgesinde kütlelerin makaslanma (bölünme) ısısından dolayı oldukça yüksek sıcaklıklar oluşmaktadır, bunun sonucu olarak malzeme bozulmaya (ayrışmaya) uğramaktadır.

Genel olarak vida beslenmesi ele alıp incelendiğinde bir vidanın iyi bir şekilde beslenebilmesi için yapılması gereken ayar işleminin çoğunlukla tecrübeye dayalı bir işlem olduğu görülür. Ayrıca piyasada bulunan çok sayıdaki çeşitli türdeki malzemelerin besleme ilişkilerine tam olarak hakim olabilmek ayrı bir zorluk göstermektedir. Ankerverk - Nürnberg çeşitli malzeme türleri için hızlı bir şekilde besleme ilişkisini bulabilmek için özellikle ayarlanması gereken sıcaklıkları gösteren bir makina ayar tablosu hazırlamıştır. Bu tablodaki değerlerin sadece talimat olarak geçerliliği olduğu bilinmelidir. Çünkü bilindiği gibi ayarlanması gereken değerler malzeme türünden başka, vida devir sayısına döküm kalıbının biçimine ve yolluk

noktalarına vb. bağılıdır.

3-8 VİDA DEVİR SAYISI

Vida devir sayısı kütlenin viskozitesi, silindir veya vida çapı ve tahrik sisteminin güç sınırı ile belirlenmektedir.

Herşeyden önce vida devir sayısı, enjeksiyon parçasının istediği soğutma süresine uymalıdır. En homojen eriyik durumu vidayı mümkün mertebede uzun süre döndürerek hareket etmekte elde edilir. Buna karşın vidanın dönme süresi mümkün mertebe kısa olmalıdır. Vidanın dönmesiyle eriyik her zaman vida silindirine göre yaklaşık 20 °C daha sıcak olacaktır.

Plastik malzeme kütle sıcaklığı uzun süre bekleme durumunda silindir cidarının sahip olduğu sıcaklığa kadar düşer ve eriyik homojen bir şekilde dağılım göstermez. Bu şartlarda vida silindirini içten burgunun dönmesi sonucu oluşan makaslama kuvvetiyle ısıtılır. İletilen ısı miktarının malzemenin sürtünmeye karşı özelliği vida geometrisine ve vidanın dönme sayısına bağlı olduğunu söyleyebiliriz. Bu nedenle vida silindirinin kenarında bulunan ısıtıcılar üretim işlemi esnasında genellikle sadece bir ısı izolatör görevini görmektedirler, yani tüm ısıtma enerjisine sadece ısıtma esnasında ihtiyaç duyulmaktadır.

Vidanın dönmesi sonucu verilen ısı miktarı istenilen plastik malzeme kütesine, kütlenin dolaşım hızına, vida devir sayısına, geometrisinde ve ayarlanmış yükseltilmiş vida

yığıma basıncına bağlıdır.

3-9 VİDA YIĞMA (SONRAKİ) BASINC OLAYI

Plastifize işlemi esnasında yükseltilmiş vida yığıma basıncının ayarlanması ile makaslama sonucu oluşan ısıyı düzeltmek ve eriyiğin sıcaklığını tam olarak kontrol etmek ve yükseltmek mümkün olmaktadır. Bu durum özellikle zor eriyebilen mesala sert PVC gibi, aynı zamanda sıcaklık hassasiyetine sahip malzemelerin işlenmesinde fayda sağlamaktadır. Ayrıca soğutma olayı esnasında kütlenin yoğunluğu değişmektedir ve bunun sonucu vida silindirin hacmi kalıbı doldurmaya yeterli olmadığı zaman yükseltilmiş yığıma basıncı ile vida silindiri içindeki kütlenin biraz yoğunlaşması sağlanarak, biraz daha fazla enjeksiyon ağırlığı elde edilir.

3-10 ENJEKSİYON OLAYI

Vida ağzına tam olarak istenilen miktarda gelen homojen eriyik kütle memeden ve kanaldan zarar vermeden geçmek suretiyle şekil verilecek kalıbın içerisine yine zarar vermeksizin ulaşılması gerekir. Enjeksiyon olayı birbirinden ayrı iki kısımda düşünülebilir:

- 1) Kalıba doldurma işlemi
- 2) Çekilmenin engellenmesi

Enjeksiyon olayı iyi bir mamul elde edebilmek için çok önemlidir. Yüksek mukavemet ve iyi bir yüzey sathına erişebilmek için enjeksiyon olayını o şekilde ayarlamalıyız ki; malzeme kalıbın sürtünmesi en az olacak şekilde akmalıdır. Bunu sağlayabilmek için sonradan enjekte edilen malzeme önceki enjekte edilenin arasından geçerek akmalı ve

bu şekilde sürtünme az olacağı gibi ısı kaybı durumunda az olur. iyi bir akış elde edebilmek için, memeden kalıp boşluğuna geçiş uygun bir şekilde olmalıdır. Enjeksiyon kısmının akış yoluna oranı ne kadar büyük olursa o kadar uygun bir akış durumu sağlanmış olur.



BÖLÜM 4

4- ENJEKSİYON KALIPLARI

4-1 ENJEKSİYON TEKNİĞİNE GİRİŞ

Günümüzde plastik enjeksiyon yöntemi diğer üretim yöntemleri ile karşılaştırıldığında ciddi ve dikkate alınması gereken bir alternatif olarak karşımıza çıkar .

Bu üretim yönteminde parçalar imalat sonunda herhangi bir işleme gerek kalmadan kısa bir süre sonunda imal edilirler.

Plastik enjeksiyon yöntemi ile ,

-Malzeme tasarrufu

-Yüksek verim

-Yüksek hassasiyet

-Çok olumlu malzeme ve yüzey özellikleri

elde edilir.

Plastik enjeksiyon yöntemi incelendiğinde ; zor ve karmaşık bir sistem olduğu karşımıza çıkar .Bu nedenledirki; bu üretim alanında teknoloji geliştirilmesi yakın bir geçmişe kadar kapsamlı tecrübelere dayalı bir olgu olarak bilinmekteydi ancak günümüzde teknolojinin hızla ilerlemesiyle ve uygun teorik yöntemlerle plastik enjeksiyon teknolojisinde uzmanların tecrübesi en düşük seviyeye inmiştir. Plastik enjeksiyon üretiminde kalıplar çok önemli bir yer tutmaktadır.Yani bir parçanın gerekli olan araştırma sürecinin büyük bölümü kalıpların geliştirilmesine harcanmıştır.

4-1-1 Kalıp Gravürü

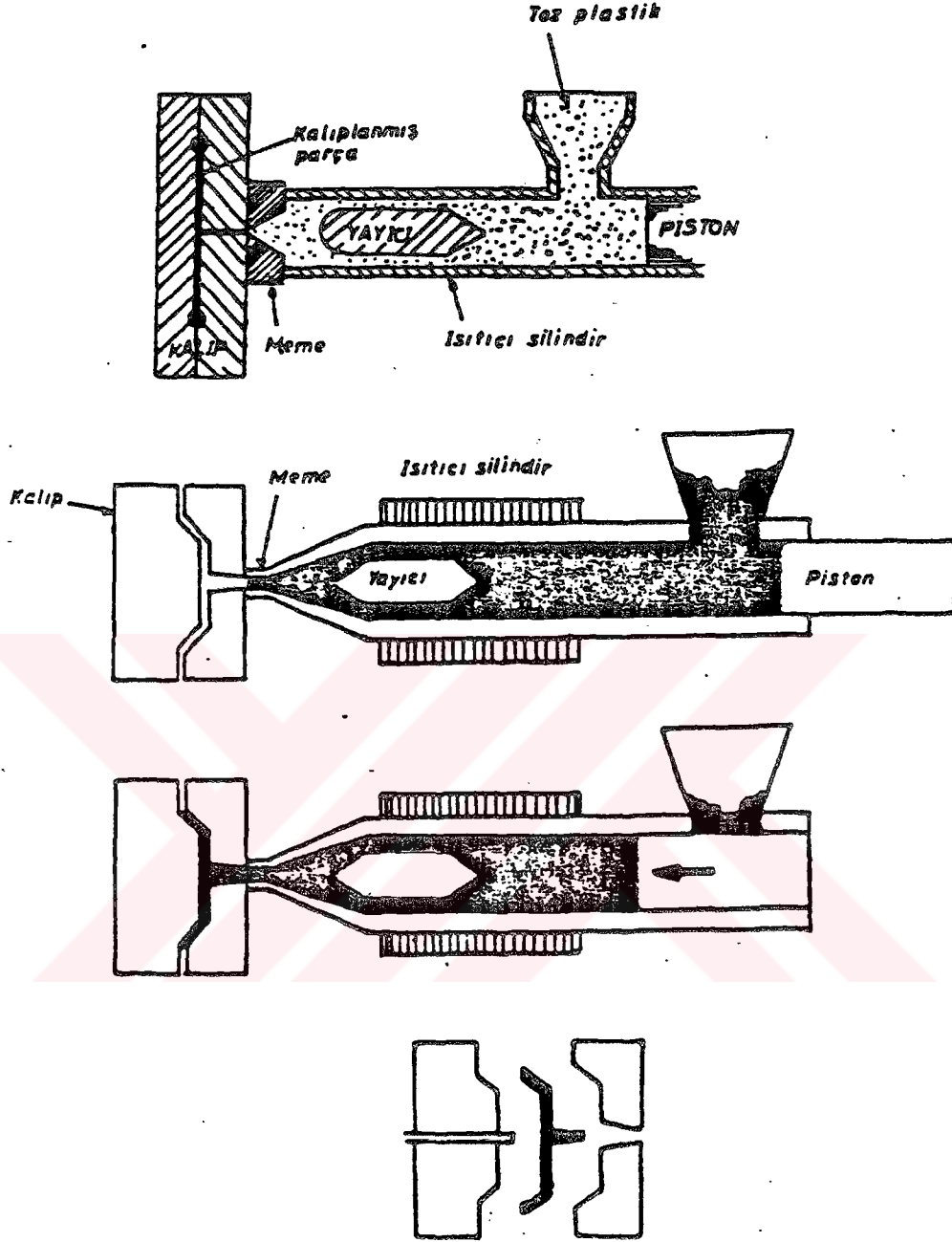
Kalıp parçasındaki kalite özellikleri, doğrudan doğruya kalıp gravürünün özelliklerini belirler. Gereken toleranslar ve ölçü hassasiyetler; büzülme düzeltmeleri ve kalıp gravürü ile ilgili sağlamlık özellikleri dikkate alınarak tespit edilir. Kalıp parçasının şekli, esasen ayrılma düzlemlerinin durumunu belirler. Kalıp şekli ve ilgili optik özellikler, kavitasyon yüzeyi kalitesini ve bağlantı yerleri ile itici pimlerin durumunu belirler.

Kalıp gravürü ile ilgili diğer sınırlamalar, kalıp doldurmanın görünüş noktasından ileri gelir. Bu sebeple bağlantı dikışı çoğunlukla optik ve mekanik zayıf yerlerin mevcudiyetine neden olur. Bu tür zayıflıklar, et kalınlığı değişiklikleri, kalıp gravürüne akış önleyici ve akış yardımcı elemanları takma, bağlantıların tipi ve konumu ile büyük ölçüde düzeltilebilir.

Öte yandan kesime hassas malzemelerde kalıp gravürü içinde mümkün olduğu kadar düzgün akış hızı sağlanmalıdır. Aynı şekilde kalıpta eriyiğin ön kısmında ilerleyen havanın kaviteden çıkması sağlanmalıdır.

En son uygulanan basınç, yolluk mesafesindeki kalıp parçası bölgesine kadar ulaşmalıdır. Bu şart kalıp boşluk seçiminde de dikkat edilmelidir. Son olarak, şekil değiştirmede kalıp gravürünün şartlarını belirler. Böylece şekil değişim eğrileri veya işleme yönü; şekil değiştirme kuvvetini önemli

ölçüde belirleyebilir.



Şekil4-1 Enjeksiyon kalıplama prosesi

4-1-2 Yolluk Sistemi

Bir yolluk sisteminin şartları, büyük ölçüde kalıp gravürüne dolun işlemi ve sonraki basınçla ilgili belirtilen şartlarla bağlantılıdır. Bağlantı konumu ve şekli kabaca yolluk geometrisi ve çatallanma sayısını gerektirir.

Düzenli dolum seyri ve iyi basınç uygulaması:

- Bir yolluk dağıtıcısının tüm yolları üzerinde eşit basınç kaybı
- Kalıp yolunda eriyiğin işlemle aynı zamanda girişi
- Kalıp yolunun uzun süre açık kalma şartlarına bağlıdır.

Prosesin ekonomikliğine bağlı olarak oluşan diğer şartlar;

- Minimal yolluk hacmi (atık)
- Yolluk sisteminde düşük basınç kaybı
- Soğutma süresine bağlı olmayan ebat
- Şekil değiştirmede otomatik kesit ayırma.

Bu sistemlerde ; mümkün olduğunca kısaltılan bekletme süreleri ile önemli bir kriter elde edilir. Ölü köşe tabir edilen durumlardan kaçınılmalıdır.

4-1-3 Soğutma

Bir soğutma sistemine olan ihtiyaç; amaçlanan kalıp kalitesinden ve ekonomiklik sebepleri ile imalat tekniği sebeplerine bağlı olarak ortaya çıkar.

Soğutma işlemlerinde istenen:

- Soğutma kanallarının mesafesinin az olması
- Kalıp gravürüne soğutma kanallarının mesafesi (Kanalların et kalınlığı uygulanan basıncı karşılamalı)
- Soğutma periyotlarının mümkün olduğunca fazla sayıda olması

Üretim ve kalıp maliyetleri nedenlerine bağlı olarak oluşan şartlar ; kalite şartlarına kısmen karşı olan şartlar olarak ortaya çıkar:

- Düşük soğutma süresi

- Az soğutma periyodu

- Az soğutma kanalı

- Soğutma kanallarının kalıp gravürü duvarına olan mesafenin azlığı

- Soğutma kanallarının kendi arasındaki mesafesinin az olması

Diğer sınırlamalar ise kalıp içine soğutma elemanı almak için yer gerektiğinden ; sık sık işletme ortamına bağlı olarak örneğin; merkezi soğutma suyu hazırlama sistemleri vasıtasıyla ortaya çıkarlar.

4-1-4 Şekil Değiştirme Sistemi

Şekil değiştirme sisteminin en önemli şartı zorunlu olan kinematiğin realizasyonu ; yani görevin doğrudan doğruya yerine getirilmesidir. Buna göre; bu sistem için kalıp göbeğinden parçayı çeken, süren veya ayıran bir tertibat hesaba katılmaz, aynı zamanda parçanın konturunu serbest bırakan elemanlarda dikkate alınır. Bunlar çoğunlukla sürgü ve çene ile onların işletme elemanlarıdır. (eğik civata, kam plaka, yay plakası vb.).

Şekil verme sistemi genellikle tüm çalışma prensibi için belirleyici olup, farklı kalıp tipleri genelde şekil verme tipine göre belirlenirler. (çeneli sıkıştırma kalıbı , sürgülü kalıp, sökülebilir kalıp) şekil değiştirme sistemi ile ilgili diğer şartlar , üretim ve kalıp maliyet sebeplerinden dolayı,

- Mekanik ve cebri kontrollü, hareket akışı (montaj ve kalıp masrafları)

- Kısa hareketlerle az şekil değiştirme süreli şekilde olabilir.

İtici pim ve ayırma yüzeyleri, çeneler ve sürgülerde işaret bıraktığı için şekil değiştirme elemanlarının durumu çoğunlukla sınırlı bir özellik gösterir. İtici pimlerin durumu; soğutma kanallarından etkilenirler. Son olarak makina kabul edilebilir kalıp montaj ölçüleri ve maksimal kalıp açılma yoluna bağlı olarak şekil değiştirme sistemi için bir sınırlama gerektirir.



BÖLÜM 5

5- KALIPLARIN SOĞUTULMASI

5-1 GİRİŞ

Kalıpların soğutulması işleminde eriyik biçiminde bulunan plastik malzeme katı hal almaktadır. Kalıpların bu soğutma işleminden bir çok şartlar talep edilmektedir. Bu şartların gerçekleştirilmesi soğutma sisteminin görevidir. Kalıp soğutma sistemi sadece tecrübelerle dayanmamaktadır. Çünkü devre zamanını ve enjeksiyon parçası kalitesini çekme , iç gerilme, çarpılma (gecikme) ve üst yüzey kalitesi gibi faktörler oldukça etkilemektedir.

Kısa soğutma zamanları, makinaların çalışma süre ve personel maliyeti açısından enjeksiyon parçası maliyetine direkt olarak etki etmektedir. Kalıp sıcaklığının düşmesi ile soğutma zamanları ona göre kısaltılmaktadır. Fakat kalıp sıcaklığının düşürülmesine sınır getirilmiştir. Çok düşük kalıp sıcaklıklarında hızlı soğumadan dolayı enjeksiyon parçası yüzeyinde düşük üst yüzey kalitesi ve yüksek iç gerilmeler oluşur.

Sonuçta enjeksiyon parçasının bütün bölgeleri imkanlar dahilinde eşit ve homojen bir şekilde soğutulmalıdır. Soğutmanın homojen bir şekilde gerçekleşmemesi, homojensiz enjeksiyon parça özellikleri ve çarpılma oluşturur. Öte yandan parçanın hassasiyeti de doğrudan doğruya kalıbın hassasiyetine bağlıdır. Bundan ötürü beklenen veya daha önceden hesaplanmış olan şekil değiştirme kuvvetleri altında kalıpların göstereceği dayanımın hesabı çok önemlidir.

Böylece üretimi oldukça pahalı olan kalıpların, iş parçalarının üretimi sırasında çatlama veya umulmayacak esnemeler gösterip , parçanın hassasiyetini etkilemeleri önlenmektedir.

Kalıpların soğutulmasındaki amaç;bu şartları hedefli yapacak soğutma kanalları hesaplamaları ile gerçekleştirmektir.

5-2 Kalıplardaki Soğutmada Oluşan Hataların İncelenmesi

Kalıpların soğutma işlemleri için gerekli şartların sağlanamaması durumunda üretilen parçalarda şu hatalar oluşur:

-Çapaklı ürün oluşması

Genellikle kalıp birleşme yüzeylerinde , tampon pimlerinin çevrelerinde veya parçanın herhangi bir yerinde çapak tabir edilen malzeme taşması olabilir. Çapak oluşumu kalıp veya makinadan kaynaklanabildiği gibi plastik parçanın ve kalıbın iyi tasarlanamamasından ,malzeme seçiminin yanlış olmasından yada proses şartlarının iyi ayarlanamamasından meydana gelebilir . Soğutmanın yeterli ve parçanın değişen et kalınlıklarına göre yapılması çapaklanmaya karşı iyi kalıp tasarımının gerekleridir . Önlenmesi için kalıp daha yavaş soğutulmalı yani soğutma süresi uzatılmalıdır.

-Parça içinde boşluk, yüzeyde çöküntü oluşması

Malzeme yeterli bir şekilde kurutulmamışsa özellikle et kalınlığı fazla olan parçaların içerisinde boşlukların oluşmasına neden olabilir.Önlenmesi için silindir sıcaklığının düşürülmesinin , enjeksiyonda bekleme basıncının ve uygulama süresinin arttırılmasının yanısıra kalıp soğutmasının parça et kalınlıklarında dikkate alınarak yapılması

çöküntüleri azaltacak bir faktördür.

-Kalıptan çıkarken çarpılma

Bir parça kalıptan çarpılmış olarak çıkıyorsa bunun nedeni yetersiz soğuma veya soğutma zamanıdır. Parçalar mutlaka kullanılan plastik malzemenin ısıl distorsiyon sıcaklığının altında soğutulmalıdır. Aksi takdirde yeterince soğumamış yüzeye vuran tampon pimleri parçanın çarpılmasına neden olur. Önlenmesi için yeterli soğuma ve yeterli soğutma zamanı sağlanmalıdır.

-Sonradan oluşan çarpıklık

Ürün tasarımı iyi yapılmış bir parçanın , kalıp besleme yeri hatalı verilmemiş ve farklı soğumalara neden olacak bir soğutma sistemi öngörülmemişse çarpılma oluşmaması gerekir. Parça , farklı et kalınlıklarına sahipse erken soğuyan ve daha çok çeken ince kesitler , geç soğuyan kalın kesitlere doğru parçayı çarpıtacaktır. Önlenmesi için kalıp soğutma sisteminde bu etkilere dikkat edilmelidir.

-Serpinti oluşması

Ürün besleme ağzından yayılan , bazende tüm parçayı kaplayabilen bu görünüş bozukluğunun kökeninde plastik eriyiğin ihtiva ettiği uçucu maddelerin kalıplana esnasında parça yüzeyinde yoğunlaşması yatmaktadır. Ancak bazende kalıp soğutma kanallarından sızacak ve kalıba damlayabilecek su serpintiye kaynaklık edebilir.

Kalıpların soğutma işlemlerinde parçadan istenen yüksek kalite şartlarında çoğunlukla soğutma elemanının düzenlenmesiyle ortaya çıkarılan soğutma dağılımı büyük önem taşır.

Homojenliğin kontrolü ile de soğutma elemanlarının pozisyon değişikliği zorunlu olabilir. Sonuçta; soğutma elemanlarının kanal çaplarının ve birbirlerinin arasındaki mesafenin soğutma açısından dolayısıyla hataların önlenmesi açısından çok önemli olduğu görülür.

5-3 Soğutma İşlemi

Kalıbın enjeksiyon sıcaklığına çıkarılabilmesi için verilmesi gereken ısının bir miktarı mutlaka ki, parça soğuyup kalıptan çıkarılacak sıcaklığa gelene kadar geriye alınması gerekir. Bu geri alma işlemi, kalıpta soğutma suyu aracılığıyla yapılacaktır. Enjeksiyon esnasında verilen ısının yaklaşık yarısının kalıpta iken geri alınması pratikte kabul edilmektedir.

Soğutma elemanı olarak genellikle yuvarlak kanallar kullanılır. Soğutma akışkanı yani; soğutma suyunun yayılması sıcaklık dengesinden bilindiği için soğutma kanal çapı tespit edilebilir. Bu tespit sırasında soğutma kanalındaki akıntının türbülanslı olup olmadığıda tespit edilir. Çünkü türbülanslı durumda daha iyi ısı iletimi mümkündür. Soğutma kanalı çaplarının diğer bir sınırı da basınç kayıplarıdır. Reynolds sayısının türbülanslı alanda $R = 2320$ 'den daha büyük olması gerekir. Buna göre:

$$d < \frac{4 \cdot U}{V \cdot 2300}$$

d=Kanal çapı

V=Akışkanın kinematik viskozitesi

U=Akışkanın akış hızı

Bu sınırlamalar dikkate alınarak kanal çapı imalat yönünden seçilir.Örneğin standartlaştırılmış çap;8,10,12 mm olabilir.

Kalıpların soğutma suyu tasarımları ülkemizdeki kalıp imalatçıları tarafından malesef yeterince önemsenmemektedir. Halbuki, soğutma verimliliği çevrim süresinin miktarında çok önemli bir rol oynamaktadır. Çünkü parçanın kalıptan deforme olmadan ve yaralanmadan çıkarılabilmesi için belirli bir sıcaklığa (distorsiyon sıcaklığının altına) getirilmesi gerekmektedir.

5-4 Kalıbın Sıcaklık Dağılımının Hesap Olarak Tanımlanması:

Kalıptaki sıcaklık işlevleri aşağıdaki diferansiyel eşitlik ile tanımlanabilir.

$$\frac{d(\rho \cdot c \cdot T)}{dt} = \lambda \left[\frac{d^2 T}{dx^2} + \frac{d^2 T}{dy^2} + \frac{d^2 T}{dz^2} \right] + \phi \quad (1)$$

ρ = Yoğunluk

c = izafi ısı kapasitesi

x, y, z = Konum koordinatları

λ = Isı iletim katsayısı

ϕ = Isı kaynağı

T = Sıcaklık

Bu Fourierin diferansiyel eşitliğinin sadece belli sınır ve başlangıç şartlar için geometrik basit cisimler olarak çözümleri vardır.

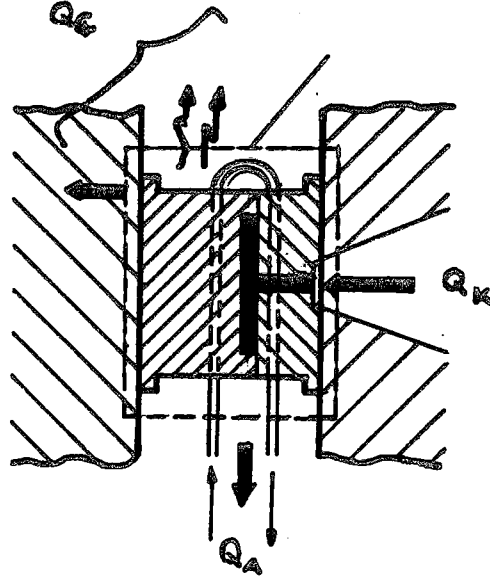
Bilinen formüller ve eşitlikler genellikle kalıp içersindeki bütün sıcaklık hadiselerinin basitleştirilmesine dayanmaktadır. Böylece bilinen analitik çözümler problemlerin tanımlanmasında kullanılabilir. Diğer formüller ise ısı ve elektrik arasındaki benzerlik ilişkisine dayanmaktadır. Bu benzerlikten dolayı kalıp içersindeki sıcaklık hadiselerini canlandırabilmek için elektriksel modeller kurulabilir. Bu analogi bazında kalıba sıcaklık işlemlerinin simülasyonu için elektrikli modeller yerleştirilir ve sayısal olarak değerlendirilir.

Termik olarak tasarımdan önce bazı verilen veya hedef büyüklükler bilinmektedir. Verilen büyüklüklerden biri herşeyden önce kütle sıcaklığıdır. Termik olarak kalıp tasarımında da belli adımlar izlenmelidir. Bu adımlar ise şu şekildedir;

- Toplam ısı bilançosunun kurulması
- Soğutmanın kabaca tasarımı
- Parçalara ayırarak tasarım
- Homojenlik kontrolü

5-4-1 Toplam Isı Bilançosu

Bu ilk adımda gerekli olan soğutma akışkanının debisini tahmin edebilmek için kalıbın kaba bir ısı bilançosu kurulacaktır. Burada ısı akımları bir enjeksiyon devresi ile ortalama değerler verebilir. Bu nedenle bu durumda hızlı hesaplamalar gerçekleştirebilmek için anlamlı bir şekilde ısı transfer bağlantılarını basitleştirmek uygun olur.



Şekil 5.1 : Isı akım bilançosu.

Kalıp için toplam ısı bilançosu şu şekildedir:

$$Q_K = + Q_A + Q_C \quad (2)$$

Q_K = Kalıp parçalarından verilen ısı akımı

Q_A = Soğutma akışkanının ısı akımı

Q_C = Çevreden verilen veya yayılan ısı akımı

Bu bilançoda kalıba verilen ısı akımları ve böylece kalıbı ısıtan ısı akımları artı alınmaktadır. Kalıptan çıkan ısı akımları ve böylece kalıbı soğutan ısı akımlar eksi (negatif) olarak alınmaktadır.

Termoplastiklerin enjeksiyon işleminde enjeksiyon kalıbı hep soğuduğu için, Q_K pozitifdir. Çevreyle yapılan ısı alışverişisi ise kalıbın sıcaklık seviyesine göre pozitif veya negatif olabilir. Soğutma akışkanı ısı akımı Q_A ise soğutmada kullanıldığı için ısı verir.

5-4-2 Soğutma Zamanının Hesabı:

1959 yıllarında Shusman ve Ballman adlı iki plastik mühendisi, polistirenden mamul bir parçanın kalıptan bozulmadan çıkmaları için gerekli sıcaklığın ne olması ile ilgili deneysel çalışmalar yapmışlar ve bu deneysel çalışmalarını şu formülle somutlaştırmışlardır:

$$t = \frac{s^2}{4 \lambda \cdot \pi^2} \cdot \log \left(\frac{2}{\pi^2} \frac{T_x - T_k}{T_c - T_k} \right) \quad (3)$$

t=Gerekli soğuma süresi

s=Parçanın et kalınlığı

λ =Isı iletim katsayısı

T_x =Isıl distorsiyon sıcaklığı

T_c =Silindir sıcaklığı (kalıplama sıcaklığı)

T_k =Kalıp sıcaklığı

Kalıp konfigürasyonu etkinliği soğuma süresini önemli etkiler. Ancak soğutmanın bilinçli yapıldığı durumlardaki pratik sonuçlarla yukardaki denklemden elde edilen sonuçların uyumluluk gösterdiği görülmüştür. Bu denklemden çevrim sürelerinin tespitinde ve yeni bir parçanın fiyatlandırılmasında yararlanılabilir. Ancak kalıbın yapısı ve soğutması yanında distorsiyon sıcaklığı da sapmalara neden olabilir. Çünkü parçanın kalıptan zedelenmeden çıkması için gerekli olan bu en düşük sıcaklık değeri malzemeye, parçanın şekline ve kalıp süzdürücü sistemine göre değişiklikler gösterebilir

Daha düşük ısı distorsiyon değerleri daha uzun soğutma süreleri gerektirebilir.

Tablo 5-1'de çeşitli malzemelere ait tipik proses sıcaklıkları ve bunların kullanılması ile bulunan faktörler verilmektedir.

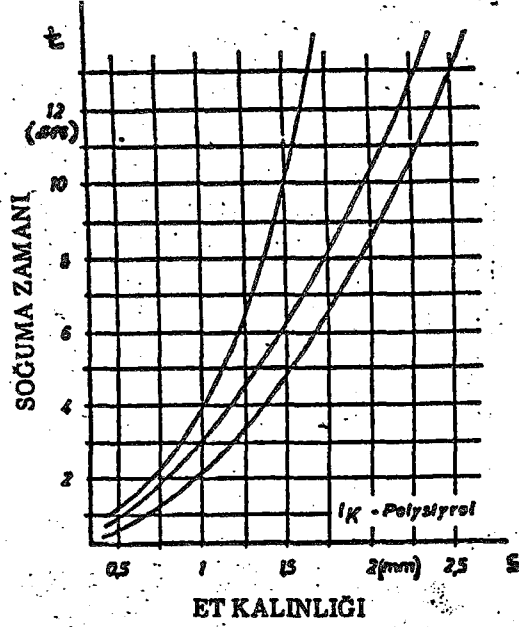
Tablo 5-1 Çeşitli malzemelerin işlem sıcaklıkları (C)

<u>Malzeme</u>	<u>Silindir</u>	<u>Kalıp</u>	<u>Isıl Distorsiyon</u>	<u>Faktör</u>
ABS	230	50	80	190
Asetal	115	100	140	305
Naylon 66	280	70	180	140
Polietilen	230	30	90	200
Polistiren	200	30	90	340
Polipropilen	250	60	120	338

Yukarıdaki faktörler bu denklemin sağ kısmındaki maksimum et kalınlığı dışındaki değerlerin hesaplanmış tutarlarıdır. Böylece denklem:

$t = \text{Faktör} \cdot S^2$ şekliyle oldukça basitleşir.

Bu denklem 0.5 mm et kalınlığına kadar çok iyi sonuçlar vermekle birlikte et kalınlığının artmasıyla sapmalarda olabilmektedir. Soğuma zamanının et kalınlığıyla bağlantısı Şekil 5-2' de gösterilmiştir.



Şekil 5-2 Soğuma zamanının et kalınlığı ile bağlantısı

Örneğin; maksimum et kalınlığı 3 mm olan propilen bir parça yukarıdaki sıcaklık değerlerinde kalıplanmış olsun:

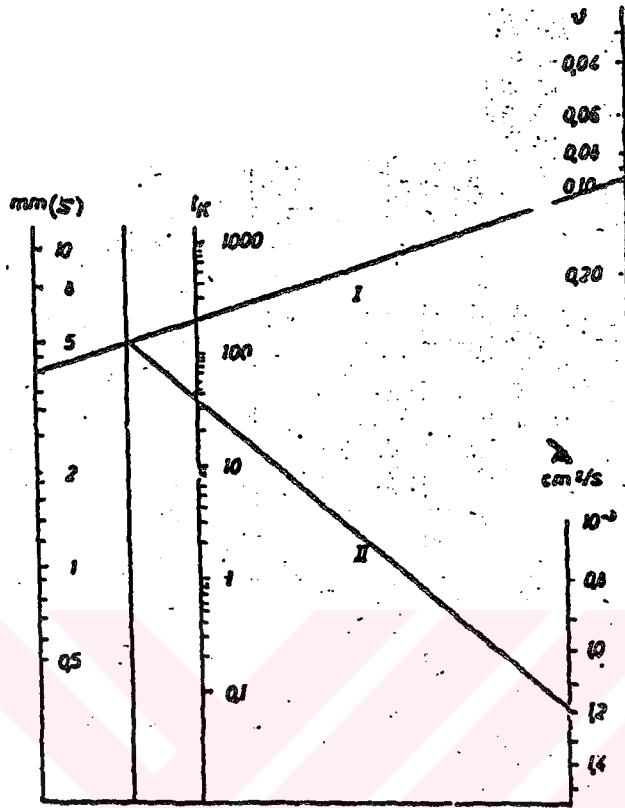
Gerekli soğutma süresi:

$$t = 338 \cdot 0.3^2 = 30.42 \text{ sn olacaktır.}$$

Tüm çevrim süresini bulmak için buna enjeksiyon kalıp açılma parçanın alınması ve kapama sürelerinin eklenmesi gerekmektedir. Enjeksiyon süresi, soğutma süresi için parçanın boyutsal küçülmelerinin, kalıp çekmesinin azaltılması. yüzey çöküntülerinin ve iç boşluklarının giderilmesi amacıyla verilir. Soğutma zamanının belirlenmesi için Şekil 5-3 verilen monogramlardan faydalanmak mümkündür Monograma göre et kalınlığı olan a değeri, kinematik viskozite V ile birleştirilir. Referans çizgisini kestiği yerden değeri ile birleştirildiği doğrunun zaman doğrusunu kestiği nokta soğuma zamanıdır.

$$\lambda = 1,22 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s} \dots \dots \dots \text{PS}$$

$\lambda = 0,70 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s} \dots \dots \dots \text{HDPE}$



Şekil 5-3 Soğutma zamanını belirlemek için monogram

5-5 Soğutma Zamanının Hesapsal Olarak İrdelenmesi :

İlk önce enjeksiyon parçası gözönüne alınırsa , $t = 0$ zamanı için T_e kütle sıcaklığına sahip malzeme enjekte edilmiştir. t_k soğuma zamanından sonra enjeksiyon parçası kesiti üzerinde oluşan soğutmanın zamanla değişen bir sıcaklık profili oluşturduğu görülür. (Şekil 5.4) oluşmuştur. Bu sıcaklık profili şu şekilde karakterize edilebilir.

- Enjeksiyon parçasının merkez sıcaklığı T_m ve
- Merkez sıcaklık T_m 'nin üzerinde bulunan ortalama sıcaklık T_{ort}

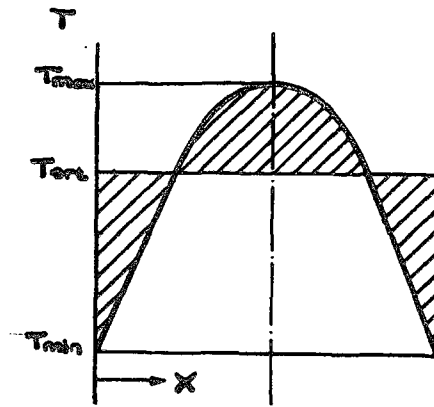
Bir tek boyutlu ısı iletim problemi gözönüne alınır ve ilave ısı kaynaklarının söz konusu olmadığı kabul edilirse, aşağıdaki eşitlik söz konusudur.

$$\frac{dT}{dt} = \alpha \frac{d^2T}{dx^2} \quad \text{burada} \quad \alpha = \frac{\lambda}{\rho \cdot c} \quad (4)$$

Bu diferansiyel eşitlik basitleştirilmiş sınır şartlarda fourier ile çözülebilir.

Başlangıç ve sınır şartlar :

1. Eriyik enjeksiyon işleminden hemen sonra cidar kalınlığının da sabit bir sıcaklığa sahiptir;
2. Kalıp cidar sıcaklığı sabit olarak kabul edilmektedir.
3. Sıcaklık iletim katsayısı sabit bir değer olarak kullanılmaktadır.



Şekil 5.4 : Soğuma sırasında oluşan sıcaklık profili

Ortalama sıcaklık için:

Disk, levha;

$$T_e(t) = T_k + 2(T_k + T_s) \sum_{k=1}^{\infty} \left[\frac{1}{\mu_k^2} \exp \left[-\lambda \left(\frac{\mu_k}{S/2} \right)^2 \cdot t \right] \right] \quad (5)$$

$\mu_k = \text{Cos } 0$ noktaları

Silindir;

$$T_e(t) = T_k + 2(T_k + T_s) \sum_{k=1}^{\infty} \left[\frac{1}{\mu_k^2} \exp \left[-\lambda \left(\frac{\mu_k}{d} \right)^2 \cdot t \right] \right] \quad (6)$$

$k = \text{Bessel fonksiyonlarının } 0 \text{ noktaları}$

$S = \text{Enjeksiyon parçasının cidar kalınlığı}$

$d = \text{Çap}$

Toplamı birinci teriminden sonra kesersek ve bu eşitlikler zamana göre dönüştürülürse, böylece levhalar ve silindir için söz konusu olan soğutma zaman eşitliği elde edilir.

Disk, levha;

$$t_k = \frac{S^2}{4 \cdot \lambda \cdot \mu_k^2} \cdot \ln \left[\frac{2}{\mu_k^2} \cdot \frac{T_s - T_k}{T_e - T_k} \right] \Rightarrow \mu = \frac{\pi}{2} \quad (7)$$

Silindir;

$$t_k = \frac{d^2}{\lambda \cdot \mu_k^2} \cdot \ln \left[\frac{4}{\mu_k^2} \cdot \frac{T_s - T_k}{T_e - T_k} \right] \Rightarrow \mu = 2,405 \quad (8)$$

Bessel fonksiyonunun birinci derecedeki fonksiyon değerleri bir yaklaşım ifadesi ile tanımlanabilir. Bu yaklaşım ifadesi hesaplamalarda yeterli hassasiyeti vermektedir.

$K = \text{silindir} = 2,40482556 = 3,13664232 \quad (K-1)$

$K = 1, 2, \dots$

Tablo5-2'de sıfır noktalarının bir toparlanması görülmektedir.

Tablo 5-2 Sıfır noktaların toparlanması

K	Levha	Silindir
1	1,570796	2,404826
2	4,712389	5,520078
3	7,853982	8,653728
4	10,995574	11,791534
5	14,137167	14,930918
6	17,278760	18,071064
7	20,420352	21,211637
8	23,561945	24,352472
9	26,703538	27,493479
10	29,845130	30,634606
11	32,956723	33,775820
12	36,128316	36,917098
13	39,269908	40,058426
14	42,411500	43,199792
15	45,553093	46,341188

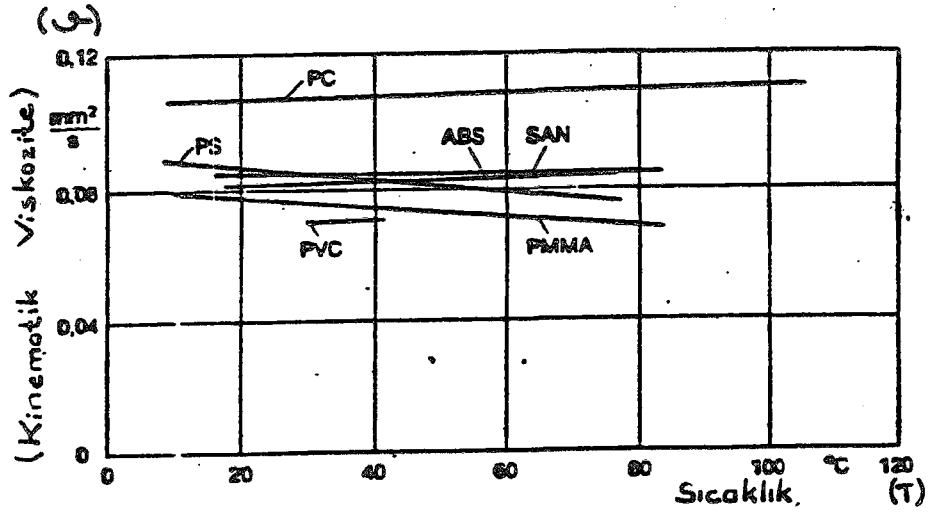
Soğutma zamanını tahmin edebilmek için bu metodun doğruluğu gerçek soğuma sıcaklığının aşağıdaki şartı sağlaması ile artar.

$$T = \frac{T_e - T_k}{T_s - T_k} = 0,25 \quad (0,2 < Q < 0,35) \quad (9)$$

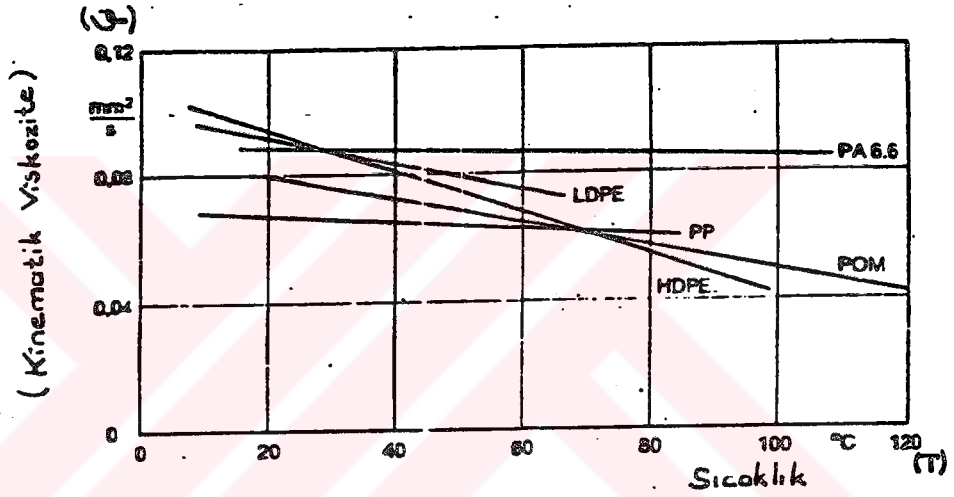
$$T = \frac{T_e - T_k}{T_s - T_k} = 0,16 \quad (0,13 < Q < 0,2) \quad (10)$$

Bu sebepten dolayı oluşan hata, ölçüm değerleri hesaplanmış bir efektif sıcaklık iletim katsayısı ile dengelenebilir. Burada T_s için meme çıkışındaki eriyik sıcaklığı, T_k için soğuma zamanı üzerinde tesbit edilmiş bir sıcaklık kullanılır.

Burada verilen λ_{eff} değerleri levhalarda $T = 0,25$ veya $T = 0,16$ soğuma derecesi için geçerlidir.



Şekil 5.5 : Amorflu enjeksiyon kütlelerinin efektif sıcaklık iletim katsayısı



Şekil 5.6 : Parça kristalli kütlelerinin efektif sıcaklık iletim katsayısı

Soğutma işlemi sırasında oluşan soğutma hatası:

Parça kristalli malzemelerde; %5

Amorf malzemelerde ; %10

değerlerini geçmemelidir.

Karmaşık şekilli parçalar tüm alanlarda düzlemsel olarak düşünülemezler. İşte burada bölünmüş soğutma işlemi uygulanarak kalıp parçalara ayrılır ve soğutma yapılır.

5-5-1 Isı Akım Bilançosu

Hesaplanan soğutma zamanına ve girilen yan zamana göre çevrim zamanı hesaplanır.

Soğumada enjeksiyon parçasından ısı alınmaktadır. Çıkan ısının ölçüsünü belirleyebilmek için izafi entalpinin değişiminden faydalanılabilir. Yoğunluk ile kütleyle bağlı entalpi farkı (kcal/kg) bir hacime bağlı entalpi farkına (kcal/m³) dönüştürülebilir.

Enjeksiyon parçası hacmi ile kalıba enjeksiyon parçasından verilen ısı akımı Q_K hesaplanabilir.

$$Q_K = \frac{h \cdot \rho \cdot v}{t_k + t_n} \quad (11)$$

AH = izafi entalpi farkı

ρ = Yoğunluk

v = Kalıp parçaları ve yolluk hacmi

t_k = Soğuma zamanı

t_N = Yan zaman (gecikme)

Bundan sonra tayin edilmesi gereken ısı akımı çevreye verilen ısı akımıdır. Bunun için kalıptan ve ayrıca izolasyonlardan iletilen ısılar, konveksiyon ve eşenim sonucu dikkate alınmalıdır. Isı akımına karşı olan dirençler elektrik dirençlerinde olduğu gibi paralel veya seri bağlıdır. Q_K, Q_A ve Q_Ç ısı akımları elektrik akımları olan I_K, I_A ve I_Ç akımlarına benzemektedirler. Sıcaklıklar ise U₁ ' den U₅ 'e kadar olan gerilimlere benzemektedirler.

QÇ 'yi belirleyebilmek için, çevre ve soğutucu akışkan sıcaklığının (U₁ ve U₂) belirlendiği gibi, R3 'ten R6'ya kadar olan dirençlere tekabül eden ısı dirençlerinin belirlenmesi gerekir.

$$RI = \frac{T}{Q} \quad (12)$$

RI = Isı direnci

T = Sıcaklık farkı

Q = Sıcaklık

Bu dirençlerin değerlendirilmesi için, önce soğutma kanallarının yüzeyleri kalıp parçası etrafında dört köşeli yüzey olarak alınır. Bu düzlemde sabit bir sıcaklık olan soğutma kanal cidar sıcaklığı tespit edilir. Bu sıcaklık daha önce bilinen enjeksiyon parçası ısı akımına, enjeksiyon parçası üst yüzeyine, ayrıca enjeksiyon parçası gravür cidar sıcaklığına ve tahmin edilen soğutma kanallarının enjeksiyon parçası cidarlarına olan mesafesine bağlı olarak hesaplanır.

$$T_{sk} = T_{ec} - \frac{Q_k \cdot a}{\lambda_k \cdot A_k} \quad (13)$$

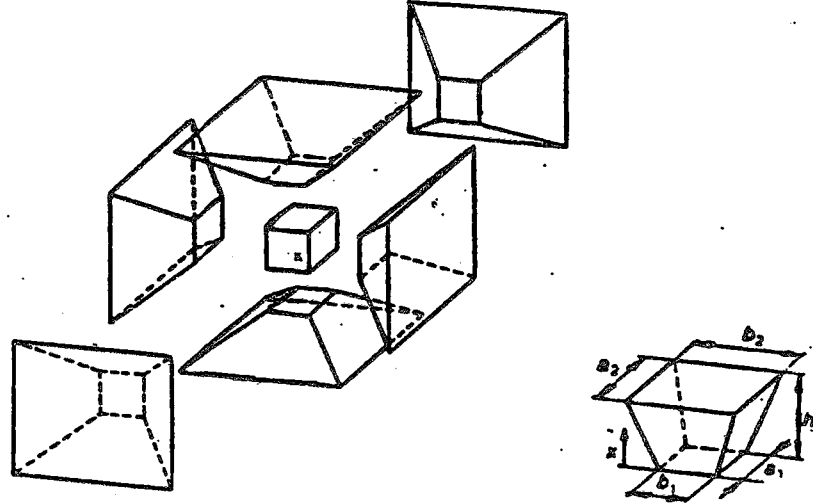
T_{sk} = Soğutma kanal cidar sıcaklığı (U₂)

T_{ec} = Enjeksiyon parçası gravür cidar sıcaklığı (U₄)

a = Enjeksiyon parçası gravür cidarına soğutma kanallarının mesafesi

λ_k = Kalıp malzemesinin ısı iletim katsayısı

A_k = Enjeksiyon parçasının toplam üst yüzeyi (2xhacim / ortalama cidar kenarı).



Şekil 5.7 : Toplam ısı bilançosunun hesabı

Kalıp içerisindeki ısı dirençlerinin hesabı için dört kalıp dış yüzeyi ve iki germe yüzeyinden dolayı kalıp altı piramit şeklinde parçaya ayrılır. (Şekil 5.7) Burada linear (düzgün) bir ısı akımının olduğu kabul edilmektedir. Isı akım yoğunluğu X yönde azalmaktadır ve kesit yüzeyinde sabit olarak kabul edilmektedir.

Isı akımı şu şekilde elde edilir :

$$RP = \frac{1}{\lambda_k} \int_0^H \frac{1}{A(x)} dx \quad (14)$$

eşitlikleri sözkonusudur.

a) $C_4 > 0$ için;

$$RP = \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{2}{C_4} \left[\arctan \left(\frac{2 \cdot C_1 h + C_2}{C_4} \right) - \arctan \left(\frac{C_2}{C_4} \right) \right]$$

b) $C_4 < 0$ için;

$$RP = \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{1}{-C_4} \left[\ln \left| \frac{2 C_1 h_1 + C_2 - -C_4}{2 C_1 h + C_2 + -C_4} \right| - \ln \left| \frac{C_2 - C_4}{C_2 + -C_4} \right| \right]$$

c) $C_4 = 0$ için;

$$RP = \frac{1}{\lambda} \left[\frac{2}{C_2} - \frac{2}{C_2 - 2C_1 h} \right]$$

Bundan sonra hesaplanması gereken diğer direnç ise izolasyon direnci (R_i). Bu direnç verildiği durumlarda bu direnç toplam kalıp soğutmasını homojenleştirmek veya soğutma gücünü düşürmek için kullanılır.

Burada izolasyon direnci:

$$R_i = \frac{1}{\lambda_i} \cdot \frac{A_i}{a} \quad (15)$$

A_i = izolasyon kalınlığı

a = izolasyon yüzeyi

Takiben belirtilen direnç (R_k) ise; ısı konveksiyonu ile hesaplanır.

$$R_k = \frac{1}{A_k \cdot k} \quad (16)$$

$k = a$ = Isı geçiş katsayısı havanın (mesela $k=15 \frac{W}{m^2k}$)
veya k =germe yüzeyleri için tecrübe değeri

(0 alaşımsız çelik veya az alaşımlı $k=100 \frac{W}{m^2k}$

$$k = 80 \frac{W}{m^2k}$$

Belirlenen geçerli olan ifade :

$$T_{str} = A \cdot E_{\epsilon} \cdot C_s \left[\left(\frac{T_{Ka}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{Ca}}{100} \right)^4 \right] \quad (17)$$

E = Emüsyon derecesi

C_s = Siyah cismin ışınlım sabiti ($C_s = 5,77 \frac{W}{m^2Ku}$)

T_{Ka} = Kalıp dış yüzeyin mutlak sıcaklığı

T_{Ca} = Çevrenin mutlak sıcaklığı

Bu ifadenin Ohm kanununa herhangi bir benzerliği yoktur. Bu nedenle çevreye verilen ısı akımının hesaplanması için de yorumlanabilir bir çözüm yöntemi uygulanmalıdır.

Bunun için ilk önce kalıp kenar yüzeyindeki sıcaklık tahmin edilir. Tahmin edilen değer ile ısı akımı ışınlım ile belirlenir ve bundan havali bir direnc RH tespit edilir.

ışınım direnci ile toplam hesaplama tekrar edilir. Bu iterasyon yöntemi genellikle 3 veya 4 iterasyon adımıyla sonra sonuca götürür. Bu toplam hesap işlemi kalıbın bütün altı dış yüzeyi için uygulanır ve belirlenen her ısı akımı çevreye verilen toplam ısı akımına eklenir.

5-5-2 Soğutucu Akışkanı Debisi Ve Kanal Çapı

Soğutma akışkanı tarafından veya alınan ısı akımı toplam ısı bilançosundan şu şekilde elde edilir :

$$T_A = (-T_{\text{Ç}} + T_K)$$

aynı zamanda şu ifade de geçerlidir :

$$T_A = M (T_{\text{GİRİŞ}} - T_{\text{ÇIKIŞ}}) \zeta_A \cdot C_A \quad (20)$$

M = Soğutma akışkanının hacimsel akımı (debisi)

ζ_A = Soğutucu yoğunluğu

C_A = Soğutucu izafi ısı kapasitesi

Kaliteli parçalarda soğutma devresine giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki fark $T_{\text{max}} = 2$ dereceden fazla olmamalıdır. Burada soğutma asgari debi miktarı elde edilir. Soğutma akışkanının debisinin başka bir kriteri ise soğutucu akışkanın türbülanslı akmasıdır. Bu durum Reynolds $Re = 2320$ olduğu zaman geçerlidir.

$$Re = \frac{4 \cdot U}{M \cdot k \cdot d} \quad (21)$$

M = Hacimsel debi

d = Soğutma kanal çapı

U = Akış hızı

Bu şarta göre verilen bir hacimsel debide M bir maksimum emniyet çapı d_{max} hesaplanabilir;

$$d_{max} = \frac{M}{1822 \cdot U} \frac{(mm/s)}{(mm/s)} \quad (22)$$

Buradan görüleceği üzere, düşük hacimsel debiler düşük çaplara sebep olmaktadır.

Soğutma kanal çapının (d_{max} ' dan küçük) belirlenmesinden sonra Reynold sayısı, Prandtl sayısı, Biot sayısı ve bununla ısı geçiş sabiti hesaplanabilir.

$$Pr = V \cdot \rho_A \cdot C_A \quad (23)$$

Pr = Prandtl sayısı ν = Kinematik viskozite

ρ_A = yoğunluk C_A = Isı kapasitesi

λ_A = ısı iletim katsayısı

α = ısı geçiş sabiti

$$\alpha = \frac{\lambda_A}{d} \left[(Re)^{0,75} - 180 \right] \cdot 0,037 (Pr)^{0,42} \quad (24)$$

d = Çap

Bi = Biot sayısı ($Bi = \alpha \cdot d / \lambda_k$)

λ_k = Kalıp malzemesinin ısı iletim katsayısı

Şekil 5.8'de soğutma akışkanı olarak en çok kullanılan suyun madde değerlerinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi ise görülmektedir. Tablo 5.3 'de ise değişik soğutma akışkanlarının farklı sıcaklıklardaki madde değerleri verilmektedir.

Su ile yağ ısı taşıyıcıları arasında ısı geçiş sabitleri mukayese edilirse, (mesela aşağıdaki kabullere göre) :

Soğutucu akışkan sıcaklığı $T_{su} = 80^{\circ}\text{C}$

Kanal çapı $d_{tK} = 8 \text{ mm}$

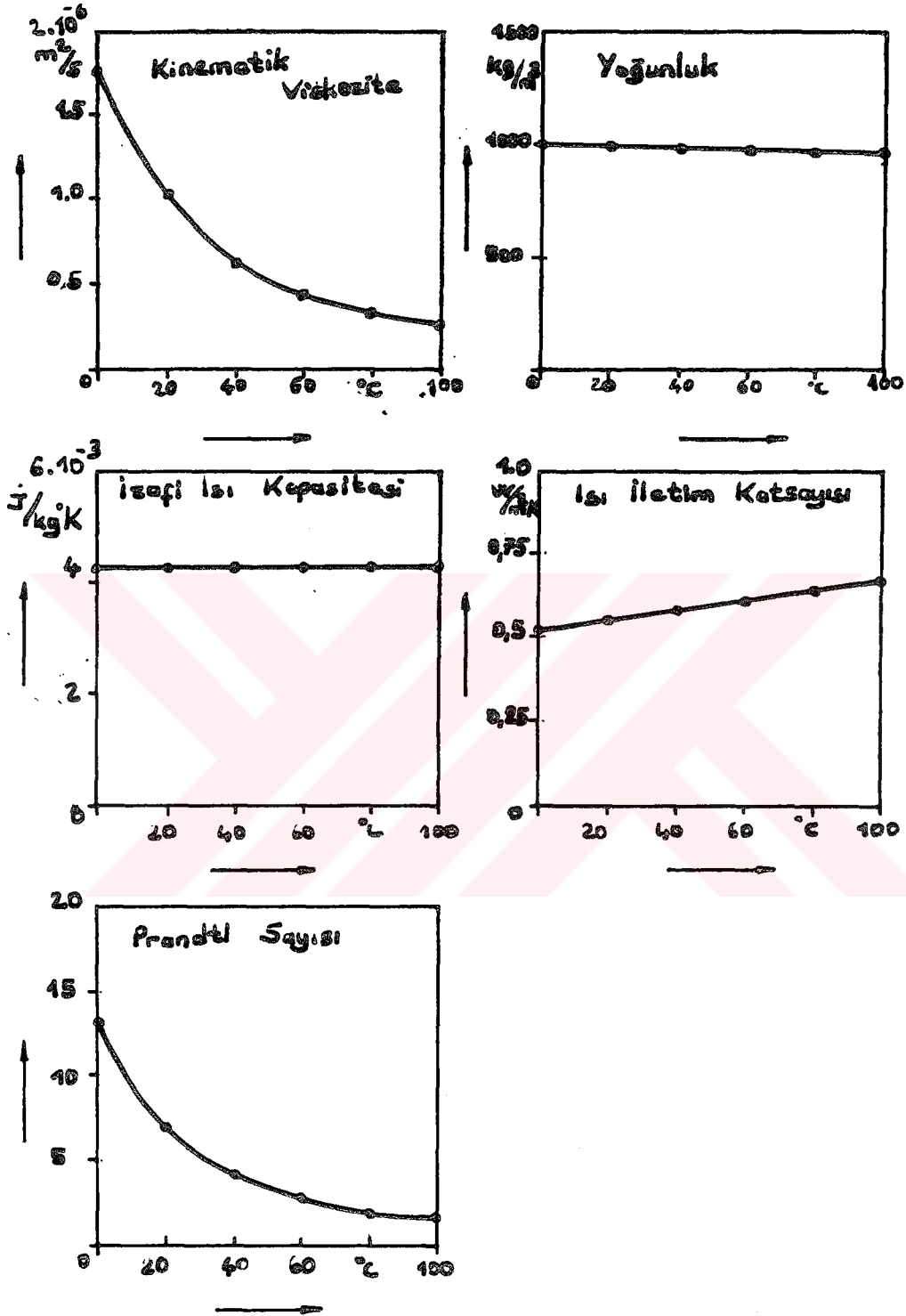
Soğutma akışkanı debisi $m_A = 5 \text{ kg/dk}$

Bu iki soğutma akışkanlarının ısı sabitleri

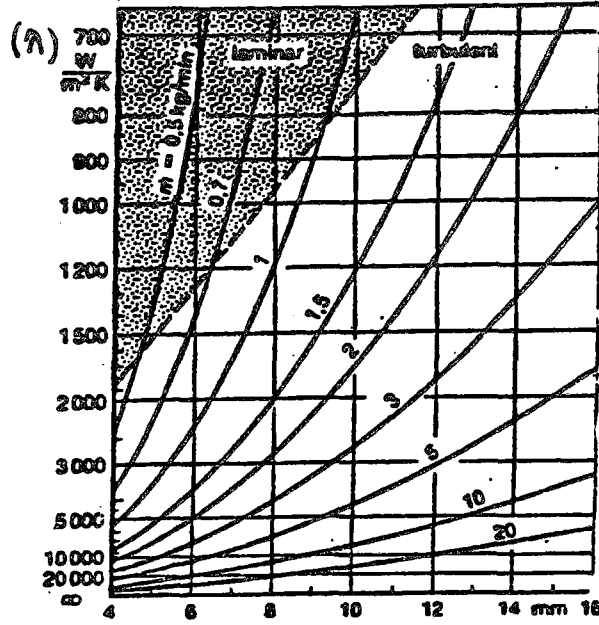
Su : $A = 10900 \text{ W/m}^2\text{K}$

Yağ : $A = 696 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak elde edilir.





Şekil 5.8 : $p=1$ bar için suyun termik verilerinin sıcaklığa bağlı olarak değişmesi



Şekil 5.9 : 20°C'deki su için geçiş sabiti

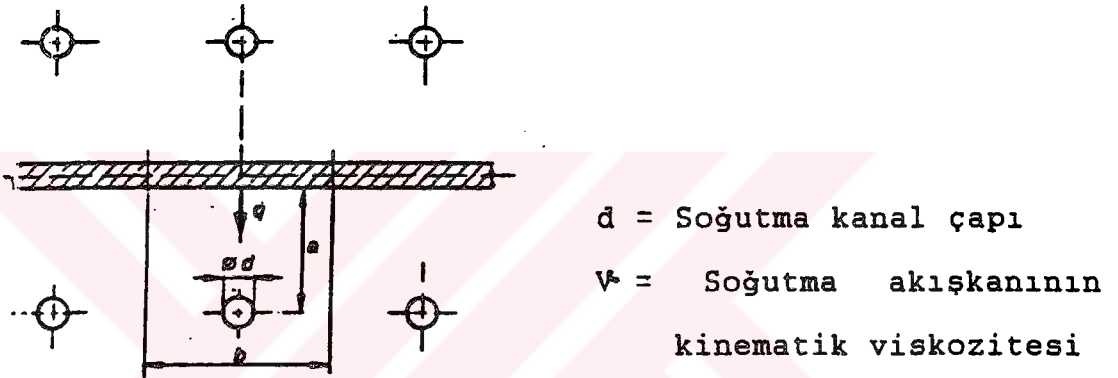
Tablo 5-3'de soğutucu akışkanların sıcaklık, yoğunluk, izafi ısı kapasitesi, ısı iletim katsayısı, kinematik viskozite prandtl sayısı değerleri verilmiştir.

Tablo 5-3 Akışkanların çeşitli değerleri

AKIŞKAN	°C	kg	Ws	W	m ²		Pr
		m ³	kg·K	m ² ·K	s		
SU	0	999,8	4221	0,555	1,789 10 ⁻⁶		13,6
	20	998,2	4183	0,598	1,006 10 ⁻⁶		7,03
	40	992,1	4179	0,627	0,658 10 ⁻⁶		4,35
	60	983	4191	0,651	0,478 10 ⁻⁶		3,01
	80	972	4199	0,669	0,364 10 ⁻⁶		2,22
	100	958	4216	0,682	0,294 10 ⁻⁶		1,75
ETİLENGLİKOL	0	1130	2250	0,304	48 10 ⁻⁶		400
	20	1118	2333	0,289	19,2 10 ⁻⁶		173
	40	1110	2425	0,274	8,8 10 ⁻⁶		86
	60	1087	2521	0,259	4,9 10 ⁻⁶		52
SOĞUTMA SUYU %20 MgCl ₂	-20	1184	2990	0,392	10,9 10 ⁻⁶		98,8
	0	1184	3036	0,452	4,64 10 ⁻⁶		36,9
	20	1184	3082	0,449	2,41 10 ⁻⁶		19,6
MİL YAĞI	40	871	1934	0,143	7,93 10 ⁻⁶		92,0
	80	832	2102	0,141	3,40 10 ⁻⁶		42,1
	120	807	2269	0,138	1,91 10 ⁻⁶		25,3
ISI TAŞIYICI YAĞ	-20	1058	1507	0,134	560 10 ⁻⁶		6677
	20	1031	1591	0,131	34,3 10 ⁻⁶		427
	80	989	1758	0,127	4,8 10 ⁻⁶		65,7
	120	961	1884	0,124	2,3 10 ⁻⁶		34,5
	200	903	2135	0,119	0,95 10 ⁻⁶		15,5
	300	827	2512	0,112	0,50 10 ⁻⁶		9,3

5-6 : Soğutmanın Kabaca Tasarımı :

Soğutma tasarım adımının amacı , soğutma elemanlarının sıralanması hakkında genel bir bakış açısı kazanmaktır. Burada gerçek enjeksiyon geometrisi dikkate alınmamaktadır. Enjeksiyon parçası kalınlığı sabit levha olarak görülmektedir. Soğutma elemanları olarak yuvarlak kanallar kullanılır. Bununla Şekil 5-10 'da gösterilen durum elde edilir. Bu şekle göre a, b ve d ölçüleri belirlenmesi gerekiyor.



Şekil 5.10: Kaba tasarım için soğutulacak parça

a = Enjeksiyon parçası üst yüzey ve soğutma kanal merkezi arasındaki mesafe.

b = Soğutma kanalların merkezleri arasındaki mesafe

d = Soğutma kanalının çapı

Soğutma kanallarının konumları bir çok kriterlere göre tayin edilir;

1. Isı akımlarını gerçekleştirmek
2. Yeterli homojenlik
3. Düşük imalat maliyeti

5-6-1 Isı Akımlarının Gerçekleşmesi

Şekil 5.10'daki geometriye verilen izafi akımı

$$q = \frac{Q_K}{A_K} \quad (25)$$

Soğutma akışkanından verilen veya alınan ısı akımı enjeksiyon parçası üst yüzeyine bağlı olarak formülize edilirse:

$$Q_A = -q \cdot A_K \cdot (1 + c_q) \text{ elde edilir.} \quad (26)$$

Burada ;

$$c_q = \frac{Q_C}{Q_K} ; \quad (27)$$

$$q = \left(\frac{\lambda_k}{a} \right) \cdot T_1 \quad T_1 = (T_K - T) \quad , \quad T_2 = (T_K - T_A)$$

$$- Q_A = A_{A_2} \cdot T_2$$

a = Isı geçiş sabiti

A_T = Soğutma kanalının üst yüzeyi

Sonuçta aşağıdaki bağıntı elde edilir:

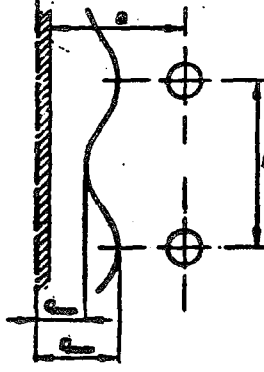
$$a = \lambda_k \cdot \left(\frac{Q_K - Q_A}{q} - \frac{1 + c_q}{a} \right) \cdot \frac{A_K}{A_E} \quad (28)$$

Bu arada;

$$\frac{A_K}{A_E} = \frac{b}{a} - \frac{A_K}{A_E} \text{ olduğu görülür.} \quad (29)$$

5-6-2 Soğutma Homojenliği

Soğutmanın homojenliği, ısı akım profili ile (Şekil 5.11) tanımlanabilir. (Birim yüzey için ısı akımı). Soğutma kanallarının arasında bulunan enjeksiyon parçası bölgeleri, soğutma kanalının karşısında bulunan (q_{max}) bölgelere göre daha kötü soğutulmaktadır. (q_{min}).



Şekil 5.11 Isı akım homojenliği

Soğutmanın homojenliği j soğutma hatası ile belirlenir. Bu soğutma hatası j şu şekilde tanımlanır.

$$j = \frac{\Delta q}{q} \cdot 100 \quad (30)$$

q = Isı akım yoğunluğu

j = Soğutma hatası (%)

Soğutma hatasının a ve b mesafelere olan bağımlılığı,

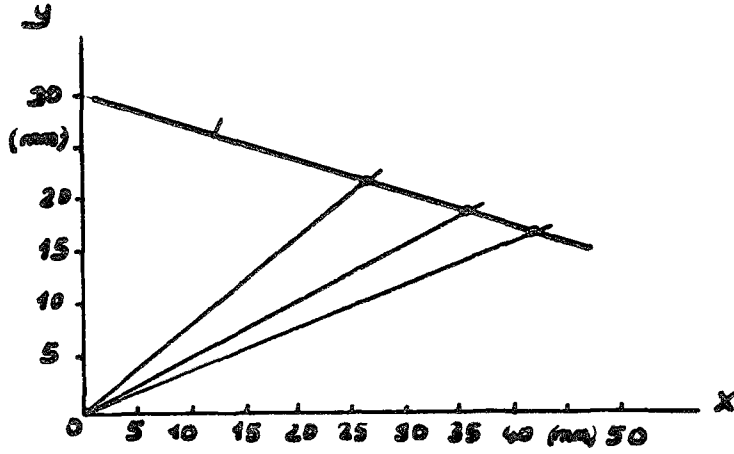
$$J (\%) = 2,4 (Bi)^{0,22} \cdot (b/a)^{2,8} \cdot \ln(b/a) \quad (31)$$

$$Bi = \text{Biot sayısı} = a \cdot \frac{d}{\lambda} \quad (32)$$

Soğutma hatası için söz konusu olan sınır değerler ise şöyledir:

$j = 2,5$ ila $\%5$ parça kristalli malzemeler için

$j = 5$ ila $\%10$ amorf malzemeler için



X= Mesafe Y= Homojenlik

Şekil 5.12. Pratik enjeksiyon parçası için sabit ısı akımında homojenlik sınırı ve mesafe kombinezonları.

5-6-3 İmalat Maliyeti

b mesafesinin büyük seçilmesi ile daha az soğutma kanal delikleri açılması gerekiyor. Bununla a ve b mesafelerinin belirlenmesi sağlanmış olunur. Soğutma kanallarının konumları takiben verilen verilere göre hesaplanabilir.

1. b mesafesinin verilmesi
2. Bütün etkili soğutma kanal uzunluklarının verilmesi
3. a mesafesinin verilmesi
4. Soğutma hatalarının j'nin verilmesi

Bu verilerde verilen soğutucu akışkan sıcaklığından hareket edilmektedir.

5-6-4 Basınç Kaybı Ve Gerekli Pompa Gücü

Toplam soğutma kanalından akım sonucu oluşan basınç kaybı şu şekilde hesaplanabilir:

$$P_K = \frac{L_K}{D_K} \cdot \frac{\mu_A}{2} \cdot U^2_A \quad (33)$$

L_K = Toplam soğutma kanal uzunluğu

μ_A = Sürtünme katsayısı

U = Akış hızı

Burada akımlarda meydana gelen sapmalar dikkate alınmamıştır.

Sürtünme katsayısı BLASIUS kanununa göre parlak borular için şu şekilde belirlenir.

$$\mu_A = \frac{0,316}{Re^{0,25}} \quad (2320 > Re > 100000 \text{ için geçerli}) \quad (34)$$

Akım sapmalarından dolayı oluşan ilâve basınç kayıpları ise şu şekilde belirlenir:

$$P_i = n_i \cdot S_i \cdot \frac{\mu_A}{2} \cdot U^2_A \quad (\text{Keskin köşeli } 90^\circ \text{ açılı büküm}) \quad (35)$$

n_i = 90° - büküm sayısı

= 1,8 ila 1,9 (amprit katsayıları)

$$P_b = n_b \cdot S_b \cdot \frac{\mu_A}{2} \cdot U^2_A \quad (90^\circ - \text{dirsek}) \quad (36)$$

n_b = 90° Dirsek sayısı

S_b = 0,4 (amprit katsayısı)

Toplam basınç kaybı ise şu şekilde hesaplanır:

$$A_{P_t} = A_{P_K} + A_{P_i} + A_{P_b} \quad (37)$$

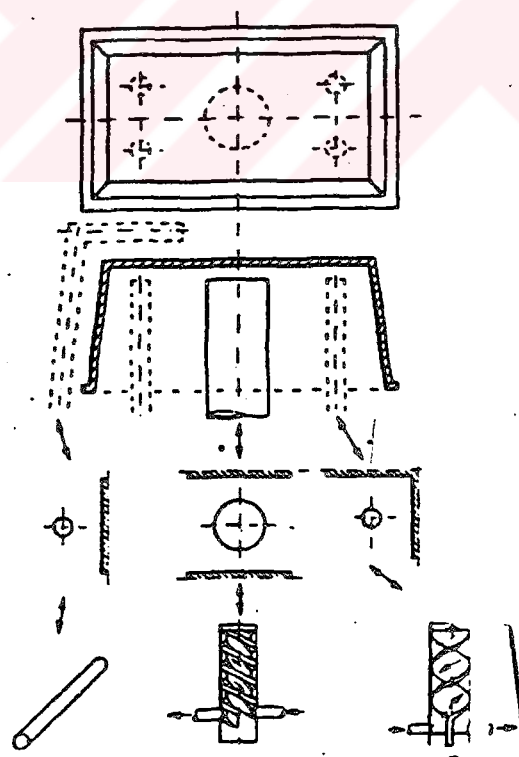
$$= \left(\frac{L_K}{D_K} + n_i \cdot S_i + n_b \cdot S_b \right) \frac{T_K}{2} \cdot U^2_A$$

pompa gücü olarak

$$N_p = \frac{m \cdot T_K}{S_A} \cdot P_{\text{TOPLAM}} \quad \text{gereklidir.} \quad (38)$$

5-7 Parçalı Soğutma Tasarımı:

Kabaca soğutma tasarımından sonra soğutma tasarımı konstrüktif incelenecektir. Bu incelemenin ilk adımını enjeksiyon parçası bölgesine göre soğutma işlemi için soğutma elemanının seçimi oluşturmaktadır. Soğutma elemanlarının konumları ve ölçümleri tam olarak belirlenmelidir. Bu tür tasarımın esasını enjeksiyon parçasının bölgelere ayrılması oluşturur. Bu bölgelerin herbiri soğutma elemanı ile soğutulmaktadır. Enjeksiyon parçasının bölgelere ayrılması sonucu oluşan değişik enjeksiyon parçası geometrileri, yani soğutma parçaları soğutma elemanlarından bağımsız olarak ele alınmaktadır. Bunlar ısı akımına karşı bir direnç ile karakterize edilirler. Bu direnç sadece geometrik şekle bağlıdır ve ısı iletim direnci olarak adlandırılır.



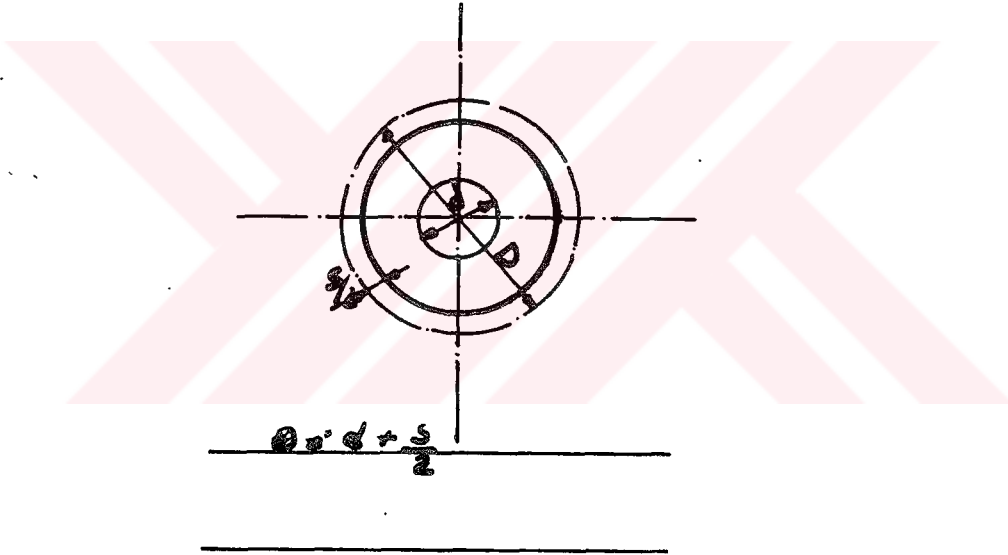
Şekil 5.13. Parçalı soğutma tasarımında izlenen yol.

Soğutma elemanlarının ısı iletim direnç hesabı genellikle yuvarlak bir soğutma elemanı ile soğutulan düzlemsel bir levha veya bir dikdörtgen kova hesabına götürülür. Bu iki boyutlu parçalar için, her parça için kalıba verilen ısı akımları ve her bir elemanın ısı iletim direnci hesabı için gerekli olan temel eşitlikler önceki bölümde verilmektedir. Bu eşitliklerde t_k soğutma zamanı, t_N yan zamanı, A_h izafi (özgül) entalpi farkı ve L parça uzunluğudur. Her değişik parça için oluşan hesapsal farklar ısı akım hesabında K_1 faktörünün ve ısı iletim direnci hesabında K_2 faktörünün dikkate alınması ile giderilir.

	K_1	K_2
	1	1
	2	0.5
	$4 + 2 \frac{s}{b}$	$\frac{0.077 - \ln\left(\frac{b}{d}\right)}{2 + \ln\left(\frac{b}{d}\right)}$ mit $a = \frac{b}{2}$
	$3 + \frac{s}{2b}$	$\frac{4}{3} \frac{0.077 - \ln\left(\frac{b}{d}\right)}{2 + \ln\left(\frac{b}{d}\right)}$ mit $a = \frac{b}{2}$

Şekil 5.14 Köşeli soğutma parçalarının ısı dirençleri ve ısı akımları.

Köşeli parça geometrilerinde olduğu gibi yuvarlak parçalarda aynı şekilde işlenmektedir. (Şekil 5.15), fakat buradaki ısı iletim direnci ve ısı akımı hesabında kullanılan eşitlikler düzlemsel bir levhaya götürmemektedir. Burada parçaların iki boyutlu olarak gözönüne alınmasının yanında enjeksiyon parçasının hacimsel kenarları, sözde kapatma parçaları olarak bilinen parçalarda hesaba katılmıştır. Bu parçaların h yüksekliği L ve b'ye göre genellikle küçük olduğu için toplam ısı akımının enjeksiyon parçasının örtme (kaplama) yüzeyinden soğutma elemanının sonuna kadar düzgün bir şekilde iletildiği tahmin edilmektedir.



Şekil 5.15 Yuvarlak soğutma parçasının ısı direnci
Pratikte kullanılan değişik soğutma elemanları için ısı iletim direncinin yanında ısı akışına karşı dirençde belirlenmelidir. Bu ısı geçiş direnci esasen şu şekilde belirlenir:

$$RK = \frac{1}{A_E \cdot \alpha} \quad (39)$$

RK = Isı geçiş direnci

A_E = Soğutma kanalı üst yüzeyi

α = Isı geçiş sabiti

Soğutma elemanlarında gerçek ısı geçiş sabiti için bir düzeltme faktörü getirilmiştir.

$$\alpha = \alpha^* \cdot K_f \quad (40)$$

K_f = Düzeltme faktörü

α* = Düzeltilmemiş ısı geçiş sabiti

Bu düzeltme faktörü dinamik viskozitenin ve soğutma akışkanının (K_{fa}) sıcaklıkla değişiminin, boru içindeki akış olaylarını (K_{fb}) ve ayrıca ideal boru akımında geometrik şartlardan (k_{fg}) dolayı oluşan sapmaların ısı geçiş sabitine olan tesirlerini dikkate almaktır.

$$K_f = K_{fa} \cdot K_{fb} \cdot K_{fg} \quad (41)$$

$$K_{fa} = \left(\frac{n(Q)}{n(Q)_E} \right)^{0.14} \quad (42)$$

n(Q) = Giriş ve çıkış sıcaklıkları arasında bir ortalama sıcaklıkta dinamik viskozite

n(Q)_E = Konumsal olarak tanımlanmış soğutma kanal cidar sıcaklığının dinamik viskozitesi

Düzeltme faktörleri K_{fb} ve K_{fg} her soğutma parçalarına ayrı ayrı bağlıdır. Yuvarlak olmayan kanallarda d çapı yerine bir hidrolik çap d_h kullanılır.

$$d_h = \frac{4 \cdot A}{\text{Çk}} \quad (43)$$

A = Kanal kesiti

χ_k = Kanal çevresi

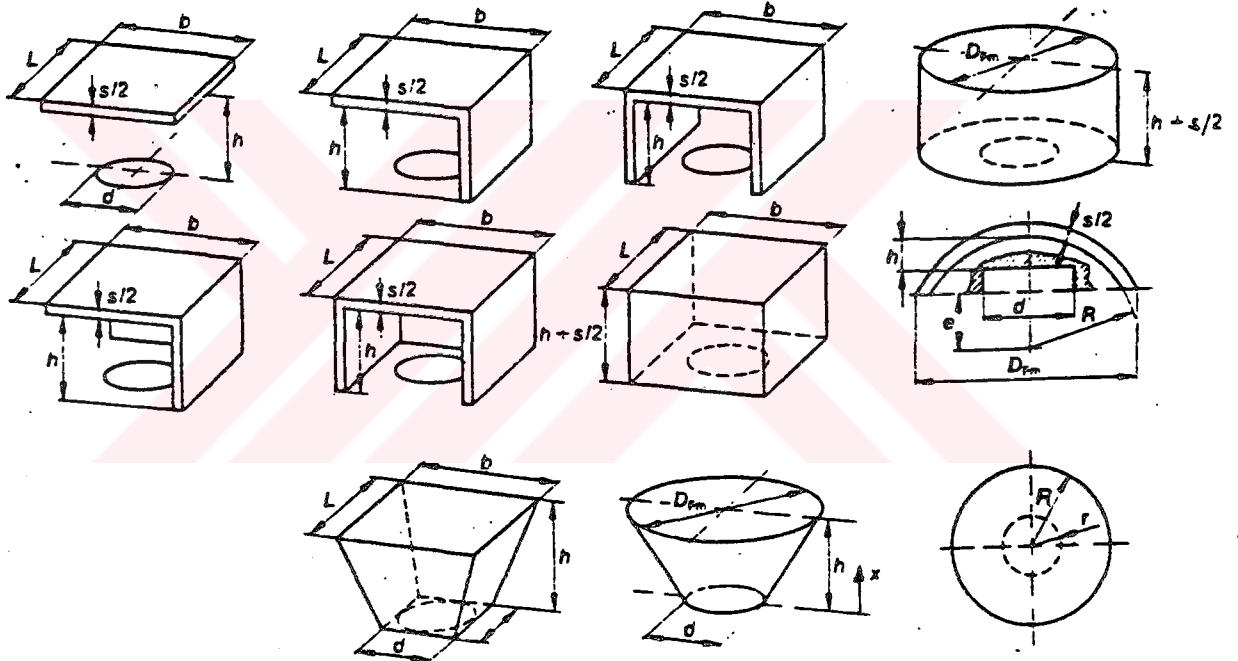
Bu bağıntı için geçerlilik bölgesi $2320 \leq Re \leq 10^6$

$0,6 < Pr < 500$

$2320 = Re = 10^6$

$0,6 = Pr = 500$

Yukarıda belirtilen eşitliklerde ısı geçiş sabitini belirleyebilmek için her soğutma elemanı için AE, dh, $K_{\text{f}} b$ büyüklükler belirlenmesi gerekir.



Şekil 5.16 Hacimsel soğutma parçaları

Parçadan kalıba olan ısı akımı için, ısı iletim ve ısı geçiş dirençleri (RI ve RK) için verilen bağlantılarla ayrıca enerji bilançosu bağıntısı ile elde edilen eşitlikler

$$QPK = \frac{1}{RI} \cdot (TK - TE) \quad (44)$$

$$QPK = \frac{1}{1+Cq} \frac{1}{RI} \cdot (TE - TA)$$

Soğutma tasarımının hedef büyüklüğü enjeksiyon parçası cidar sıcaklığıdır.

Bu tasarımın son adımını da soğutma elemanlarından geçen akımın gerçekleştirilebilmesi için gerekli olan basınç ihtiyacının kontrolü oluşturmaktadır. Bu basınç ihtiyacı her soğutma elemanı için yapılan ısı geçiş direnci hesabı ile birlikte belirlenir.



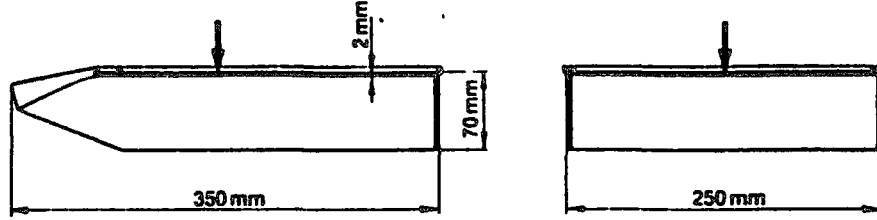
5-9 Uygulama Örnekleri:

Uygulama 1: 100gr ağırlığında polipropilen bir parça dakika-
da üç baskı verimliliği ile çalışmaktadır. Bir parça 130
cal/gr entalpi ihtiva etmektedir. (20°C'a göre) Kalıpta bunun
arısının alınması gerektiğine göre bir saatte uzaklaştırıl-
ması gereken ısı 1.700.000 Cal olacaktır. Eğer soğutma suyun-
daki sıcaklık artışı (giriş-çıkış) 5°C ise (t=5°C) suyun
debisi 234 lt/saat olmalıdır. Parçanın 25 cm uzunluğunda ve
15 cm genişliğinde olduğunu ve propilen ısı distorsiyon sı-
caklığı olduğu için, kalıp parça değme yüzeyinin 140°C'ı geç-
memesi gerekmektedir ve ortalama sıcaklığın 100°C' ta tutul-
ması istenmektedir. Kalıptaki suyun 60°C'ta olacağı kabulü
ile saniyede 325 cal ısının uzaklaştırılması gerekmektedir.
1 cm çapında yedi soğutma kanalı açılmıştır. Kanal ile parça
arasındaki ortalama uzaklık 4 cm'dir. Çeliğin ısı iletkenli-
ği 0.115 cal/cm.sn°C'tır. Kanalların alanının yarısının ısı-
sının uzaklaştırılmasında etkin olduğu kabul edilmektedir.
Soğutma kanalının ne uzunlukta olacağı ise aşağıdaki formül-
le belirlenmektedir:

$$\begin{aligned} \text{Toplam Kanalları} &= \frac{\text{Soğ. Uzaklaştırılması Gereken Isı} \times \text{Çelik Kalın.}}{\text{Toplam Çeliğin Isı iletkenliği} \times \text{Sıcaklık Farkı} \times \text{Alan}} \\ \text{Uzunluğu} &= \frac{325 \times 4}{0,115 \times (100-60) \times 0.5} = 180 \text{ cm} \end{aligned}$$

Öyle ise yedi kanalın herbirinin etkin uzunluğu 26 cm
olmaktadır. (180/ 7 = 26)

Uygulama 2 : Plastik enjeksiyon kalıbının ısıl olarak tasarımı ve soğutulmasına ait uygulama bir istifleme kutusu yani bir çekmece üzerinde açıklanmaya çalışılacaktır.



Şekil 5 -17 istifleme kutusuna ait parça geometrisi

1-Enjeksiyon parçası ve malzeme verileri

Enjeksiyon parçası polistirel malzemesinden üretilecektir. Kullanılan enjeksiyon malzemesi için 200°C 'lık bir kütle sıcaklığı ve 40°C kalıp cidar sıcaklığı seçilmiştir. Enjeksiyon parçası 80°C 'lık bir ortalama şekil alma sıcaklığında kalıptan dışarı alınsın. 200°C ve 80°C arasındaki ortalama değeri 1.01 gr/cm³' dür. Enjeksiyon parçasının cidar kalınlığı 2 mm'dir. Parça ağırlığı 325 gr'dır. Bu malzemenin oda sıcaklığında yoğunluğu 1.05 gr / cm³ olduğuna göre enjeksiyon parçası hacmi 309.5 cm³ olarak elde edilir. Bu enjeksiyon parçası basit bir levha gibi görülürse ;o zaman hacmi

$$V = s.A_k/2$$

Burada S cidar kalınlığı, A_k toplam enjeksiyon parçası üst yüzeyi ve V ise hacimdir.

Isı geçişinin olduğu toplam enjeksiyon parçasıyüzeyi ise

3095 cm²'dir. Kalıbın her iki yarısı için bir soğutma kanalı kullanılacaktır.

Bir çok soğutma kanalının kullanılmasında, enjeksiyon parçası hacimleri ve üst yüzeyleri homojen bir şekilde bu soğutma kanalları üzerine dağıtılır. Çeşitli şekillerde soğutma kanallarını hesaplamak mümkündür. Bunun için soğutma kanalına ait enjeksiyon parçası hacmi ve ısı geçişinin olduğu enjeksiyon parçası üst yüzeyi bilinmelidir. Cidar kalınlığı olarak toplam kalınlık dikkate alınır.

Soğuma süresi, daima en büyük enjeksiyon parçası cidar kalınlığına göre hesap edilir. Enjeksiyon parçası silindirik bir parça içeriyorsa; bu silindirik parçanın soğuma süresi ile levha biçimli bölgeye göre daha uzun olup olmadığı kontrol edilmeli ve diğer işlem adımları için önemli olup olmadığı incelenmelidir.

2 -Soğutma zamanı hesabı

Parçanın ve malzemenin verileri ile optimum soğutma tasarımı gerekliliği olan minimum soğutma süresi hesaplanabilir. Tahmini bir gecikme süresinin verilmesi ile devir süresi hesaplanabilir. (örneğimizde 5 sn)Şekil 'de gösterilen hesaplama örneği ilk önce verilen verilere göre hesaplanır. 1 nolu alternatifte 40°C daha yüksek bir kütle sıcaklığı , 2 nolu alternatifte 20°C daha düşük bir cidar sıcaklığı dikkate alınmıştır.

Alternatif 1

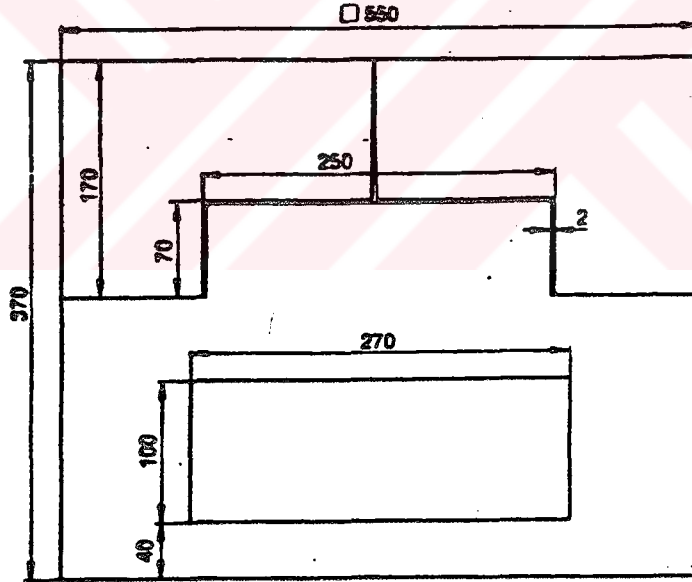
Kütle sıcaklığının yükseltilmesi 1,1 sn daha uzun bir soğutma ve devir süresi vermektedir, çünkü yüksek bir sıcaklık seviyesinden soğutulmaktadır.

Alternatif 2

Kalıp cidar sıcaklığının 20°C düşürülmesi 1,6 sn daha kısa bir soğutma ve devir süresi vermektedir. Sıcaklık iletim kabiliyeti çok az değişmiştir. Çünkü kalıp cidar sıcaklığına bağlıdır.

3 - Kalıp ve çevre verileri

Çevreyle olan ısı alışverişini hesaplayabilmek için kalıbın dış ölçüleri tahmin edilmelidir. Kalıp yüzeyleri şekildeki örneğe göre (Şekil 5 -18) şu şekilde elde edilir:



Şekil 5-18 Kalıp ölçüleri

Toplam kenar yüzeyler : $4 \cdot 370 \cdot 550 = 8140 \text{ mm}^2$

Germe yüzeyi : $550 \cdot 550 = 3025 \text{ mm}^2$

Kalıbın enjeksiyon parçası ve makina germe tablası arasındaki kalınlık : $(200+100) / 2 = 150 \text{ mm}$

Kalıbın ısı iletim katsayısı (Takım çeliği) = $42 \text{ W / m}^2 / \text{K}$

izolasyon için ısı iletim katsayısı = 0,23 W / m² / K

Isı ışınımında emisyon kaybı = 0,6

Germe tab. ısı ilet. için S orantı fakt. = 100 W / m² / K

Çevre sıcaklığı = 22°C (tahmini değer)

Havanın ısı geçiş katsayısı = 15 W / m² / K

Soğutucu akışkan sıcaklığı = 10°C

4- Isı akım bilançosu :

Isı akım bilançosu ile malzemeye veya kalıba alınan yada verilen ısı akımları bulunur. Isı akım bilançosunda arta kalan miktar ise soğutucu akışkan ile alınmalıdır. Kalıba verilen ısı akımları pozitif, kalıptan alınan ısı akımları ise negatif alınır. Şekildeki kalıba göre yapılan örnek bir uygulama ile önceki bölümlerdeki eşitliklerden faydalanarak bir kaç alternatif çözüm sunulmuştur.

Isı Bilançosu

<u>Malzeme Verileri</u>	<u>Kalıp Verileri</u>	<u>Çevre Verileri</u>
Entalpi farkı (kJ/kg) 233,75	Kalıp mal. ısı iletim kats. (W / m ² / K) 42	Isı trans. kat. (W / m ² / K) Çevre sıcaklığı (°C) 22
Ortalama yoğunluk (gr/cm ³) 1,01	Kalıp cidar yüzeyi (cm ²) 8140	Soğutucu akışkan sıcaklığı (°C) 10
-----	Kalıp germe yüzeyi (cm ²) 3025	ilave ısı (W) 0
<u>Enjeksiyon parçası verileri</u>	Emisyon katsayısı 6	
Enj. par. hacmi (cm ³) 309,5	Isı ilet. oran. fak. (W / m ² / K) 15	
Enj. par. yüzeyi (cm ²)	Çevre sıcaklığı (°C) 22	
Soğutma kanal sayısı 1		

izolasyonsuz Isı Akım Bilançosu

Malzeme	6809.7900
Çevre	542.1840
Konveksiyon	146.5200
Işınım	32.6643
Isı iletim	363.0000
ilave	0
Soğutucu Akışkan	-7351.9800

Alternatif 3

izolasyon Verileri

Germe Plakaların izolasyon Kalınlığı (mm)	3
izolasyon Isı iletim Katsayısı (W / m ² / K)	23
Kalıbın Kalınlığı (mm)	150
Soğutucu Akışkan Sıcaklığı (°C)	10
ilave Isı Akımı (W)	0

Isı Akım Bilançosu

Malzeme	6809.7900
Çevre	257.2120
Konveksiyon	146.5200
Işınım	32.6643
Isı iletim	78.0280
ilave	0
Soğutucu Akışkanı	-7067.010

Alternatif 4

izolasyon Verileri

Germe Plakaları izolasyon kalınlığı (mm)	3
izolasyon Isı iletim Katsayısı (W / m ² / K)	23
Kalıbın Kalınlığı (mm)	150
Soğutucu Akışkan Sıcaklığı (°C)	10
ilave Isı Akımı (W)	0

Isı Akım Bilançosu

Malzeme	6809.7900
Çevre	222.6980
Konveksiyon	118.0390
Işınım	26.6309
Isı iletimi	78.0280
ilave	0
Soğutucu Akışkan	-7032.4900

5 -Soğutucu Akışkan Debisi

Kalıp su ile soğutulacaktır. Bu esnada soğutucu akışkanı giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki farkın 5°C'dan küçük olması istenmektedir. Aksi taktirde soğutma kanalının başında kuvvetli sonunda düşük bir soğutma gerçekleştirilmiş olur. Örnekteki soğutma kanalında 10 mm'lik bir çap planlanmıştır. Soğutma akışkan akımının gözlemlenmesinde 10°C için soğutma akışkan verileri olan ısı kapasitesi, ısı iletim katsayısı ve kinematik viskozitesi verilmiştir.

İstenilen sıcaklık değişimi 335 cm³/sn'lik bir hacimsel debi ile sağlanmaktadır. 138 mm'lik bir çapa kadar akım türbülanslıdır. 350 cm³/ sn'lik bir hacimsel debi seçilmiştir. Bu debiye göre 4,8°C 'lık bir sıcaklık değişimi elde edilmektedir. Reynolds sayısı bu durum için laminar akım bölgesinin çok üzerinde bir değerde bulunmaktadır. Bu nedenle hacimsel debi daha da küçük seçilebilirdi. Bu örnekte akımdan dolayı iki kritik durumla karşılaşılabilir:

- 1- Küçük ve kalın enjeksiyon parçaları düşük hacimsel debiler gerektirirler. Bu esnada sıcaklık farkından dolayı şart koşulan hacimsel debiden daha büyük değerle ,gerçek kanal çapında türbülanslı akım bölgesine ulaşabilmek için karşılaşılabilir.
- 2- Büyük ve ince enjeksiyon parçaları çok büyük hacimsel debiler gerektirirler. Burada soğutma sistemindeki basınç kaybı problem olabilir.

Soğutucu Akışkan Verileri

Sıcaklık (°C)	10
Isı Kapasitesi (W.s/Kg/°C)	4200
Isı iletim Katsayısı (W/m ² /K)	0.50046
Yoğunluk (gr/cm ³)	1.00076

Kinematik Viskozite (m ² /sn)	1.32986E-06
İstenilen Sıcaklık Farkı (°C)	5
Minumum Hacimsel Debi (cm ³ /sn)	334.6260
Maksimum Çap (mm)	138.0940
Hacimsel Debi (cm ³ /sn)	350
Soğutma Kanal Çapı (mm)	10

Akım Verileri

Minumum Hacimsel Debi	334.6260
Maksimum Çap	144.439
Sıcaklık Yükselmesi	4.78038
Reynolds Sayısı	33509.8
Prandtl Sayısı	9.62972
Akım Hızı	4.45634

Isı Geçisi

Isı Geçiş Katsayısı	12770.3
Biot Sayısı	3.04055

6- Soğutma Geometrisi

Burada soğutma kanallarının konumları ilk önce % 5'lik bir soğutma hatası ile tayin edilmektedir.

Örnekte kanallar arası mesafe 75 cm'dir. Maça bölgesindeki soğutma kanalları istifleme kutusu yani çekmecenin uzunluk yönünde (350mm) yerleştirilsin. Böyle bir yerleştirme ile bağlantı delikleri kalıbın üst yüzeyine doğru delinebilir. İstifleme kutusunun kalınlığı ise 250 mm'dir. Soğutma kanallarının sayısı bu değerlere göre aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$250 \text{ mm} / 75 \text{ mm} = 3,3$$

Soğutma kanallarının miktarı ikinin katı olacak şekilde olmalıdır. Ancak o zaman soğutucu akışkan çıkış tarafı giriş tarafı ile aynı olur ve maça bölgesinde bulunan kanal delikleri açılabilir. Şekil 5.19'da değişik alternatifler sunulmaktadır.

Alternatif 5

iki kanalın kullanılması yüksek bir soğutma hatasına neden olmaktadır.

Alternatif 6

Dört soğutma kanalı % 3,5'lik bir soğutma hatası vermektedir Böylece homojen bir soğutma elde edilir. Maçanın dışında bulunan kanallar bu alternatifte enjeksiyon parçası cidarı kenarına yakın olurlar, fakat bu durum enjeksiyon parçası köşesinin daha fazla soğutulması gerektiği için uygun gözük-
mektedir.Enjeksiyon parçasına olan hesaplanan mesafe: 50.50
mm

Maça kenarı: $62.50 \text{ mm} / 2 = 31.25 \text{ mm}$

Bu alternatif en uygun olanıdır.

Alternatif 7

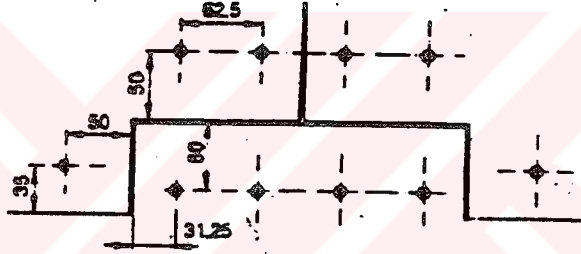
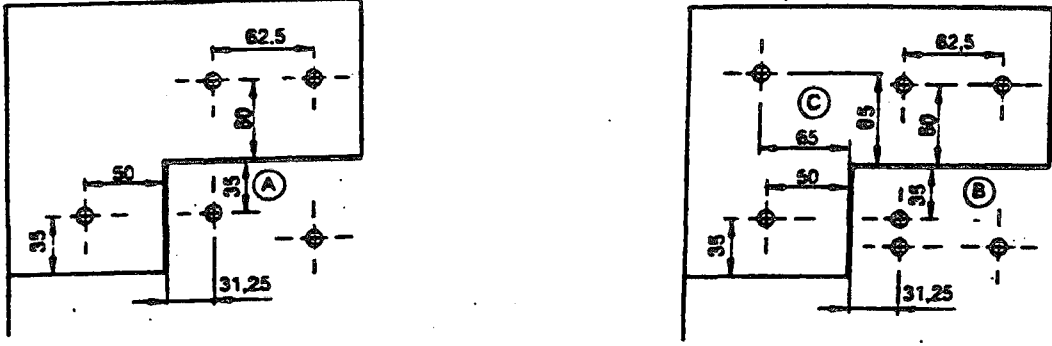
Altı soğutma kanalı ile soğutma hatası düzeltilmektedir. Fakat maçanın kenar bölgeleri 21 mm'lik bir kenarsal mesafe ile çok kuvvetli soğutulmaktadır. Soğutma sisteminin toplam uzunluğu artmaktadır ve bunun sonucu basınç kaybıda artmaktadır.

Soğutma Verileri

Enjeksiyon parçası -kanal mesafesi	49.1884 mm
Kanallar arası mesafe	74.7162 mm
Aranılan kanal uzunluğu	4142.34 mm
Soğutma hatası	% 5
Kanal sıcaklığı	14.2317°C
Soğutucu akışkan sıcaklığı	10°C

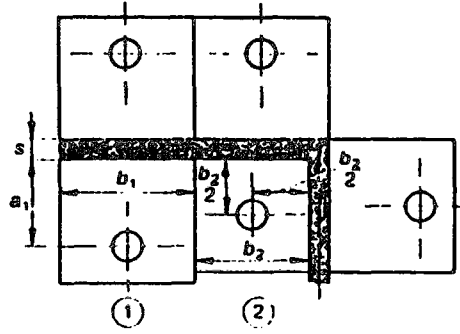
Alternatifler

- 5) 2 kanallı: Mesafe 250 mm / 2= 125 mm
 6) 4 kanallı: Mesafe 250 mm / 4= 62.50 mm
 7) 6 kanallı: Mesafe 250 mm / 6= 42 mm



Şekil 5-19 Soğutma kanallarının konumu

MAÇALAR İÇİN			
Soğutma Verileri	Alternatif 5	Alternatif 6	Alternatif 7
Enj. Parç.-Kanal Mesafesi	43.7521	50.5091	52.7254
Kanallar Arası Mesafe	125	62.5	42
Aranılan Kanal Uzunluğu	2476	4952	7369.05
Soğutma Hatası	67.0738	3.4007	2.6519
Kanal Sıcaklığı	17.0796	13.5398	12.3787
Soğutucu Akışkan Sıc.	10	10	10



Şekil 5-20 Enjeksiyon parçası bölgelerinin soğutulması

7- Basınc Kaybı Hesabı

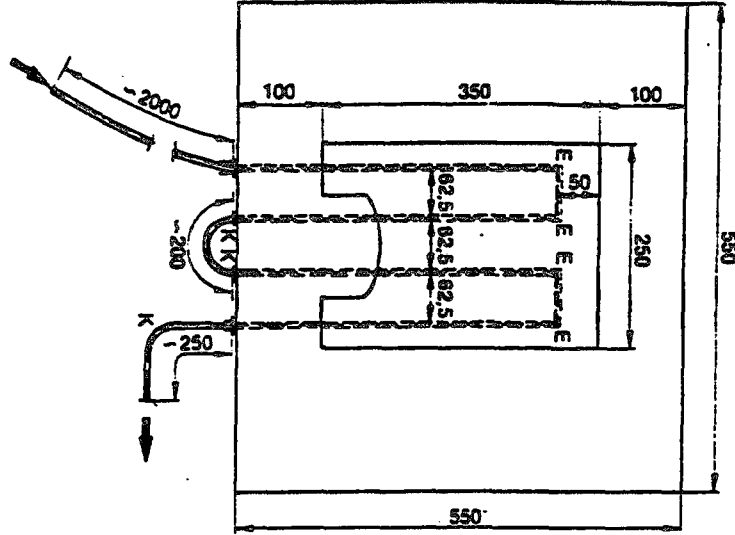
Soğutma sistemindeki basınç kaybını hesaplayabilmek için enjeksiyon parçasının bir resminden bazı ölçüler tayin edilmelidir:

- Toplam kanal uzunluğu
- Köşe sayıları
- Dirsek sayıları
- Bağlantı sayıları

Şekile göre maça bölgesi için elde edilen ölçüler :

- Kalıp giriş kanalı 2.000 mm
- 400 mm uzunluğunda 4 kanal 1.600 mm
- iç de iki dönüşüm 62.5 mm 125 mm
- Dış da bir dönüşüm 200 mm

Maça bölgesindeki kanal uzunluğu	4.175 mm
Köşe sayısı	4
Dirsek sayısı	3
Bağlantı sayısı	1



Şekil 5-21 Maça soğutma tertibatı

Şekile göre gravür bölgesi için elde edilen ölçüler :

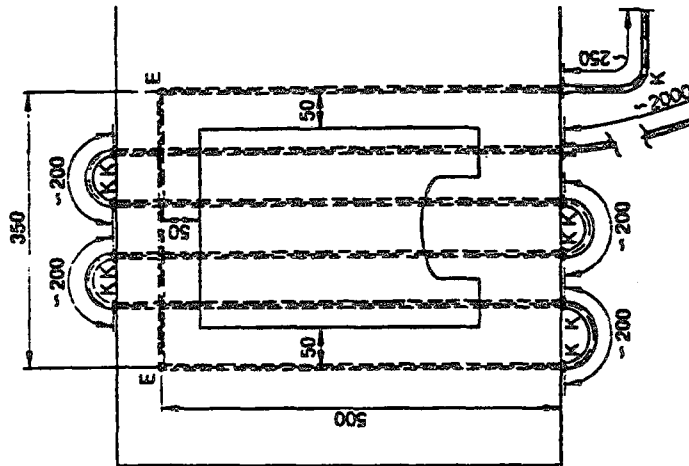
- Maça / gravür bağlantısının yarısı 250 mm
- Kenarsal kanallar 1.350 mm
- 550 mm uzunluğunda dört kanal 2.200 mm
- Dış da dört dönüşüm 800 mm
- Kalıbın çıkış kanalı 2.000 mm

Gravür bölgesinin kanal uzunluğu 6.600 mm

Köşe sayısı 2

Dirsek sayısı 9

Bağlantı sayısı 1

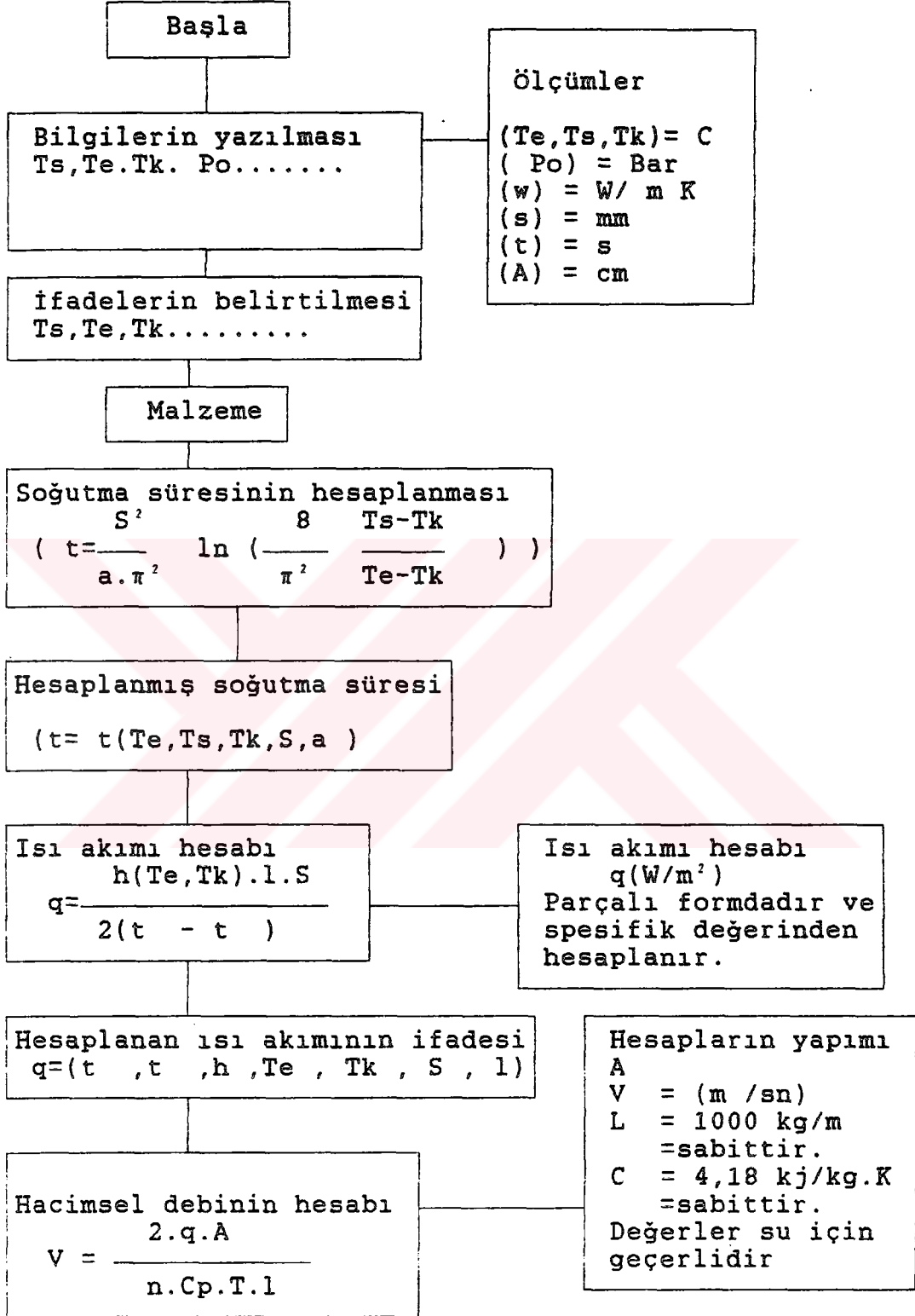


Şekil 5-23 Gravür soğutma tertibatı

Maça ve gravür bölgesindeki basınç ihtiyaçlarının toplamı ile basınç kaybı hesaplanabilir. En büyük basınç kaybı kanal uzunluklarında oluşur. Kanal çaplarının büyütülmesi ile toplam basınç kaybı azaltılabilir. 12 mm'lik bir çapta 3 bardan daha az basınç kaybı oluşur. Hacimsel debinin düşürülmesi ile basınç kaybını azaltmaya yönelmek kanal uzunluklarındaki homojenlikten dolayı tavsiye edilmez.



POLİ - T Programına Ait Bilgisayar Akış Şeması



Soğutma durumundaki hesapların ifadesi

$$d_{kr} = \frac{8 V^2 l}{\pi^2 p} \left(\frac{l}{d} + n \right)$$

Hesaplanan soğutma kanalı çapı

Sıcaklık değişim katsayısının hesaplanması

Başlangıç ve maksimum değerlerin birbirine oranı

Bu oran kademe değerini verir. X başlangıç değeri a uzaklığının çapın yarısından büyük olması gerektiğini gösterir. x serbest olarak seçilebilir Xmax değeri ise iki komşu soğutma kanalı arasındaki uzaklığı yarısından çaptan daha büyük olması gerektiğini gösterir.

a uzaklığının hesaplanması

b uzaklığının hesaplanması

Soğutma hatasının hesaplanması

A

$$\frac{X}{x} = \frac{X}{X} + \frac{x}{x}$$

$X < X_{max}$

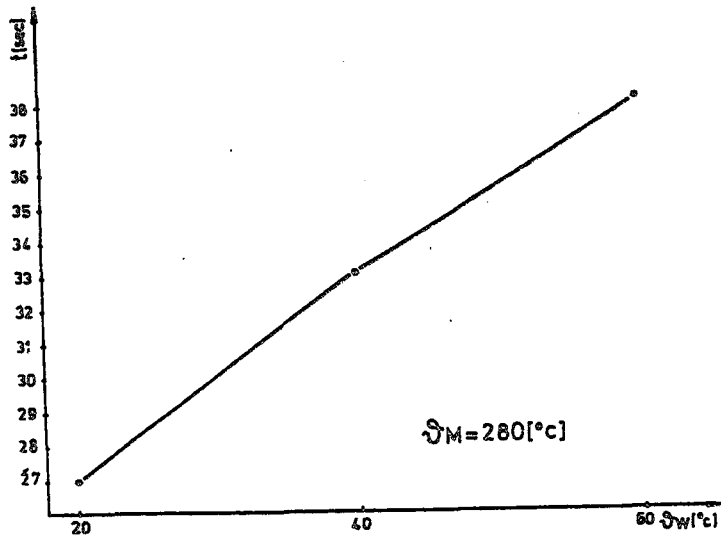
Hayır

Dur

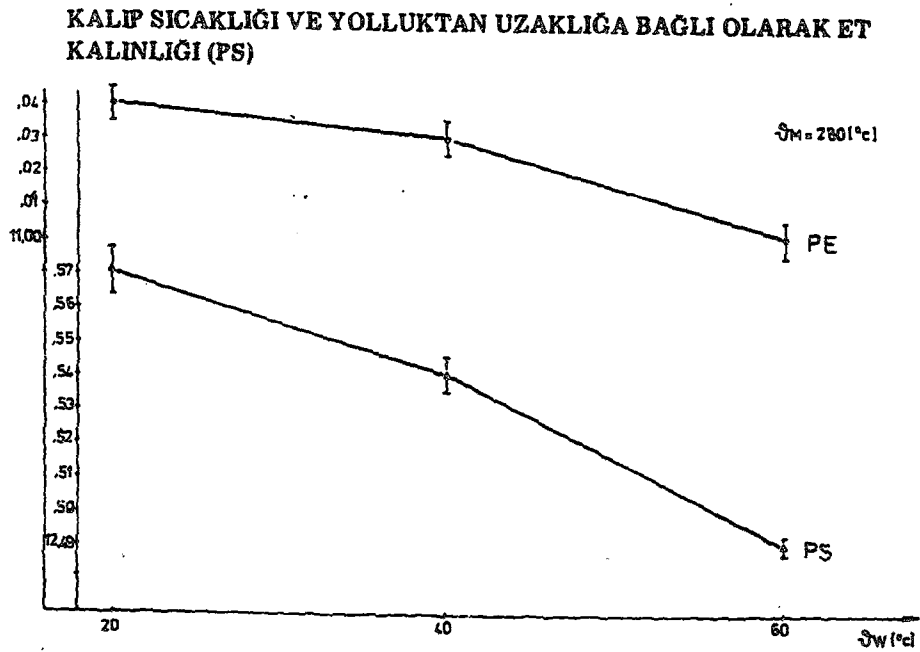
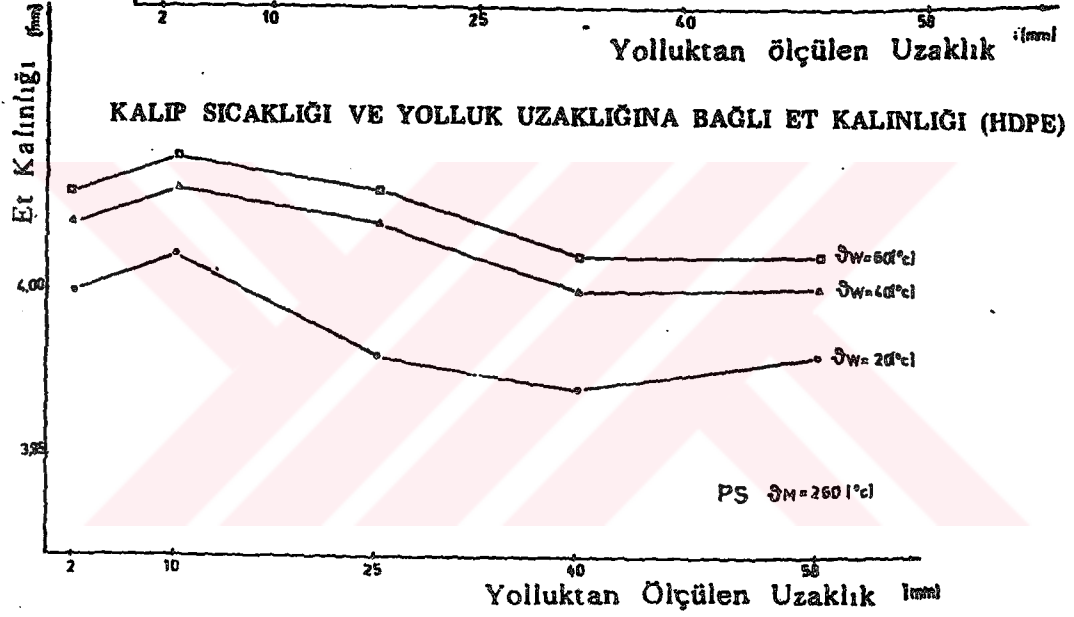
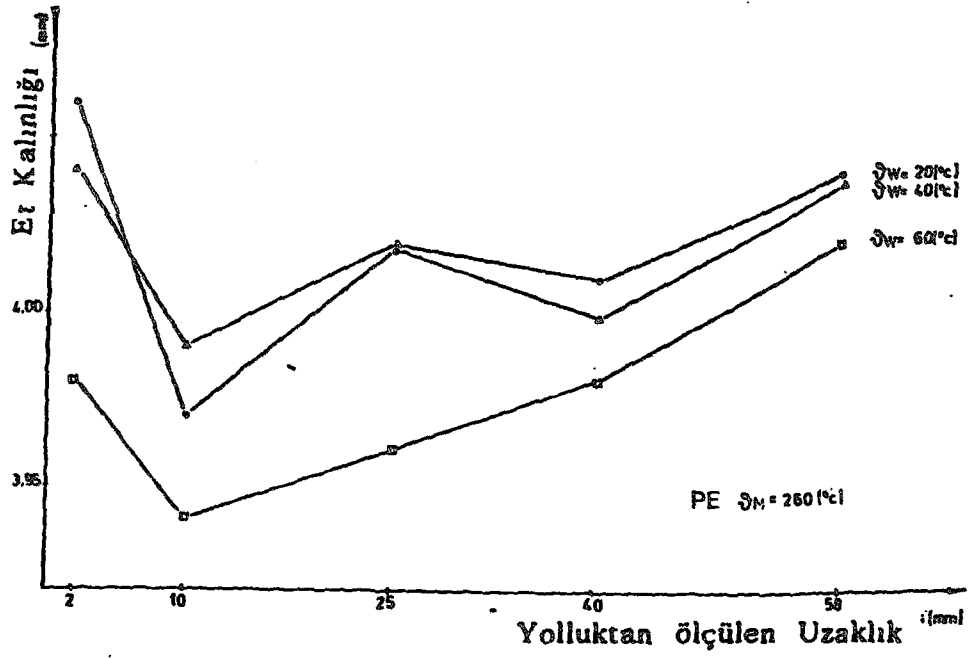
SOĞUTMA İŞLEMLERİNİN İRDELENMESİ VE ÖZETLENMESİ :

Bu çalışmada termoplastik esaslı parçaların üretiminde kullanılan enjeksiyon kalıplarının soğutma işlemlerinin hesapları , soğutma işlemlerinin bağlı bulunduğu faktörler incelenerek ; uygun soğutma işlemleri yapılmadığında(kalıp sıcaklığının az veya çok olması ,soğutma süresinin yetersiz olması gibi.....) kalıp sıcaklığının parça kalitesini etkilediği görülmüştür.

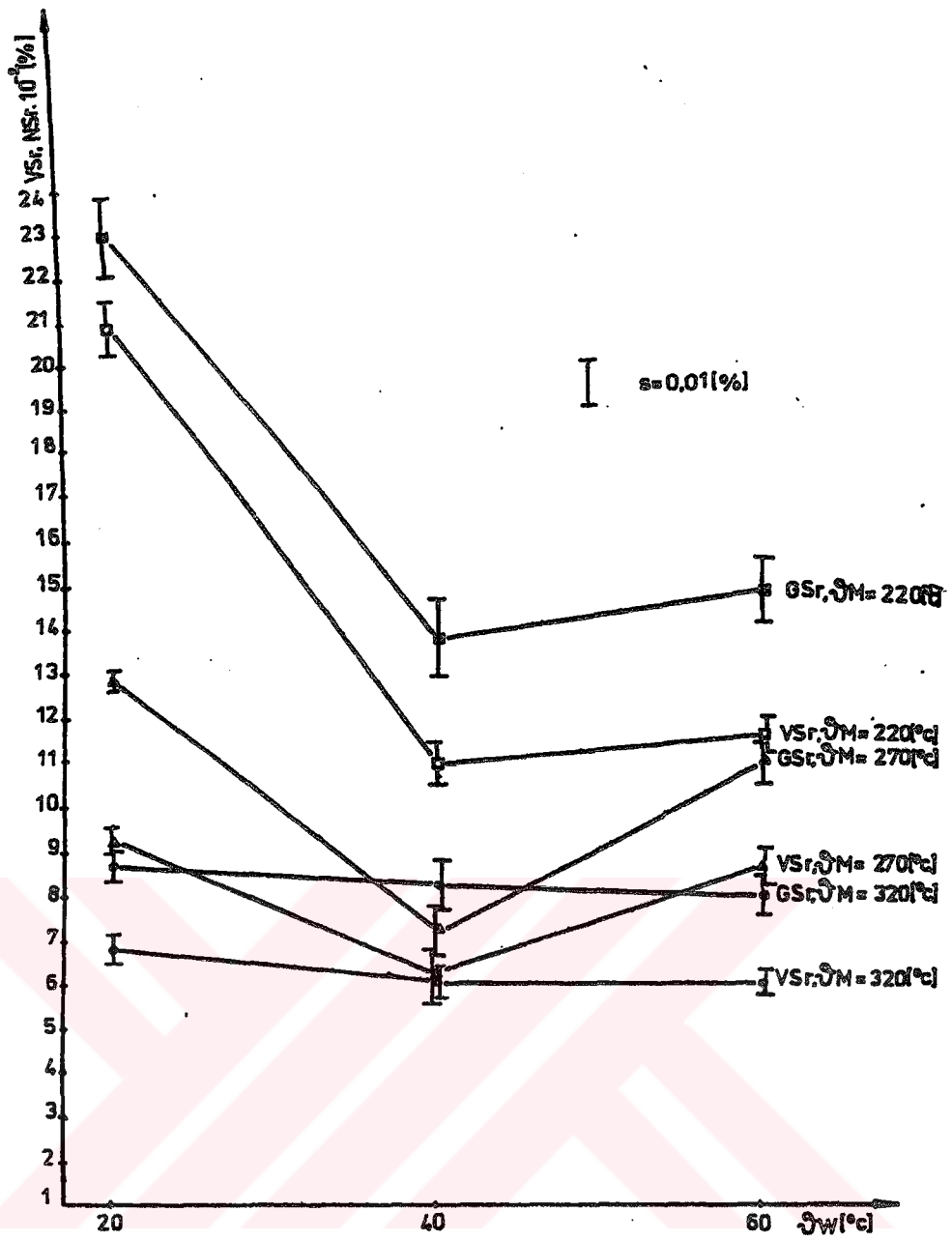
Kalıp sıcaklığının oriantasyon üzerine fazla bir etkisi yoktur , çekme üzerine az da olsa etkisi vardır.Yüksek kalıp sıcaklığı proses esnasındaki çekmeyi arttırır fakat,ikinci çekme daha az olduğu için sonuçta toplam çekme azalır. HDPE' nin çekmesi 1-3 % 'dür. PS 'de sadece soğumadan dolayı oluşan bir hacim küçülmesi olup , 0.2-0.3 % dür. HDPE ve diğer kristalli plastiklerde donarken kristalleşmeden dolayı oluşan hacim değişikliği PS'de yoktur.Kalıp ve eriyik ısısı arasındaki farklar büyük olunca iç gerilimler oluşur .Yolluk donma süresi kalıp sıcaklığı ile orantılı olarak uzar. (şekil 5-24 kalıp sıcaklığının etkileri)



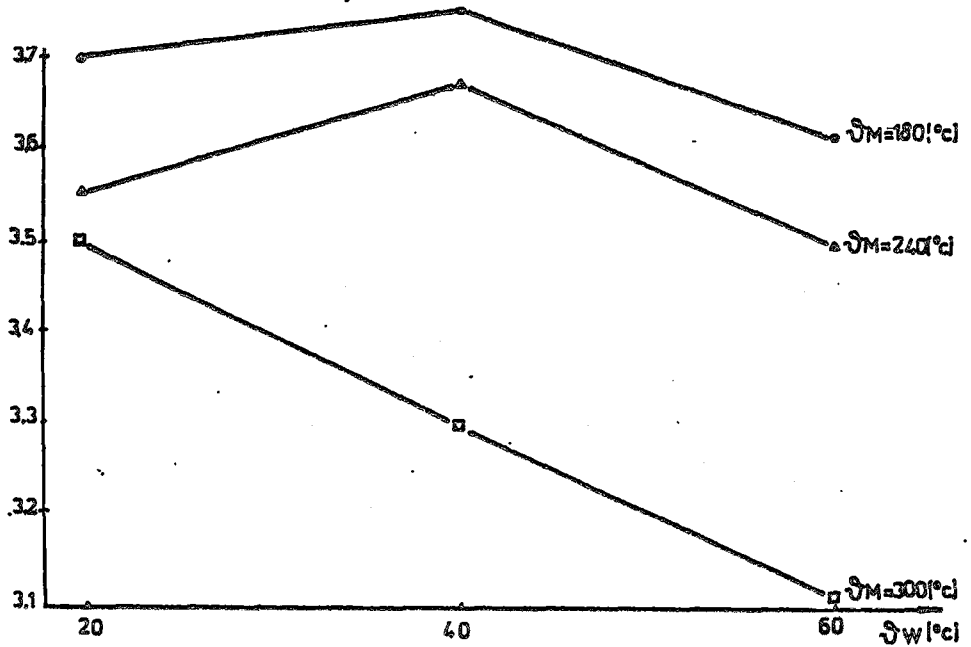
KALIP SICAKLIĞININ YOLLUK DONMA SÜRESİNE ETKİLERİ :



KALIP SICAKLIĞININ PS VE HDPE'NİN PARÇA AĞIRLIĞINA ETKİLERİ



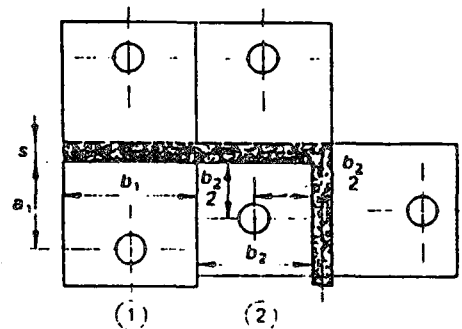
KALIP SICAKLIĞININ ÇEKME ÜZERİNE ETKİLERİ PS



KALIP SICAKLIĞININ TOPLAM ÇEKME ÜZERİNE ETKİLERİ (HDPE)

Şekil 5-24

Kalıpların soğutma işlemlerinde parça geometrisi oldukça önemli bir yer tutmaktadır . Levha veya karmaşık şekilli parçalara soğutma kanalları geometrileri seçilir ve uygun soğutma süreleri malzemelerin özelliklerine göre belirlenir Levha biçimli düz parçalarda dairesel kesitli geometriye sahip soğutma elemanları kullanılır. Eğer parça karmaşık bir şekile sahipse; bölümlere ayrılarak soğutma tasarımı yapılır. Bu aşamada ; kütle sıcaklığı, gravür sıcaklığı ortam sıcaklığı bilgisiyle ve önceden bir şekil değiştirme sıcaklığı vermek suretiyle kalıptaki toplam enerji bilançosu çıkarılır. Kalıbın izole edilip, edilemeyeceği ve nasıl izole edileceği ile ilgili kararlar verilir. Daha sonra soğutma dairelerinin sayısı , soğutma deliklerinin kendi aralarındaki ve kalıp gravürü yüzeylerine olan muhtemel uzaklıkları, soğutma suyu sıcaklıkları ve yayılması belirlenir. Daha sonra ki aşamada detaylandırma işlemi yapılır. Yalnız bu aşamada dikkat edilmesi gereken diğer önemli bir konu da sivri uçlu , girintili , çıkıntılı parçaların soğutma işlemleridir. Bu konuda neler yapılabileceği aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir. (şekil 5-25 ince bölgelerin soğutulması) Ancak soğutma işlemlerinde soğutma kanallarının geometrilerinden başka birbirlerine olan mesafelerinin, kanalların konumlarının, parça kenarından uzaklıklarının da oldukça önemli olduğu görülmüştür. (Şekil 5-26 Soğutma kanallarının konumu)



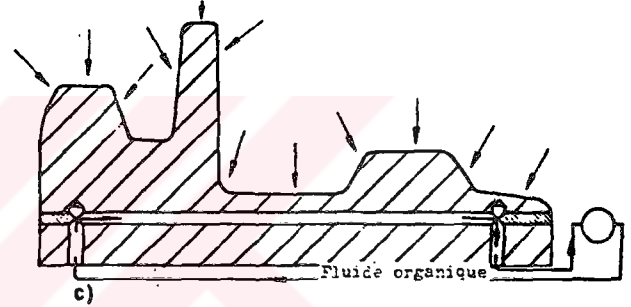
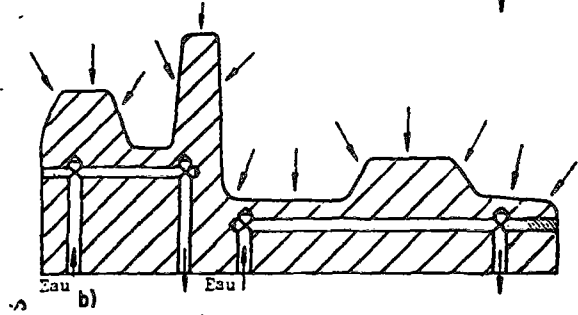
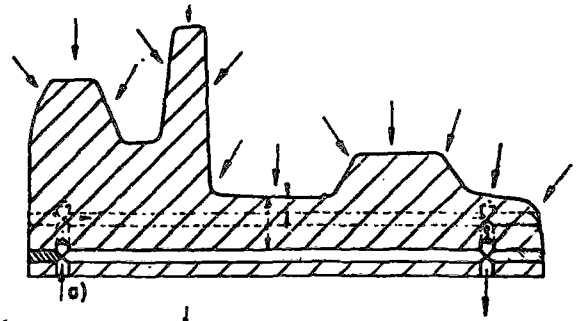
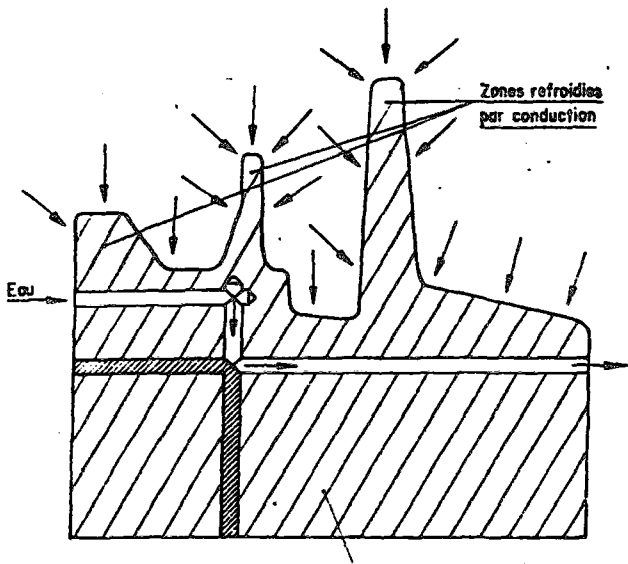
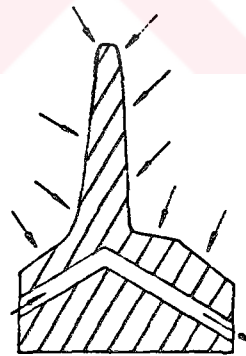
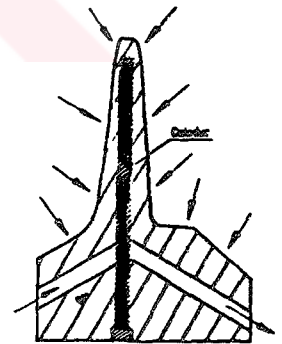


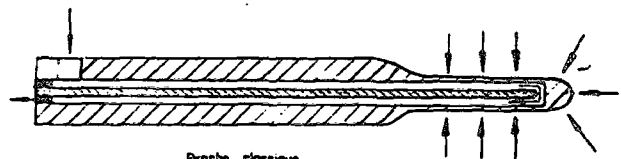
Figure 4



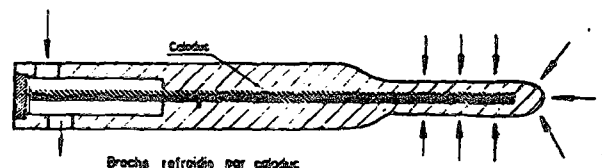
Poignard classique



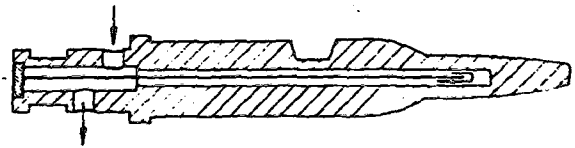
Poignard refroidi par cathode



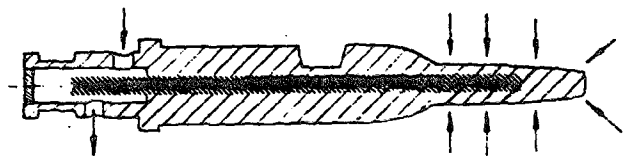
Broche classique



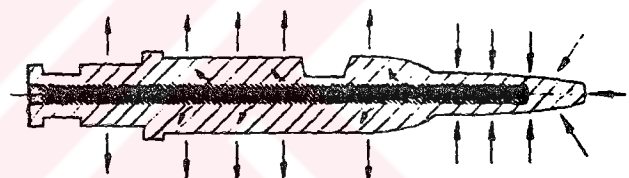
Broche refroidie par cathode



a) Refroidissement classique

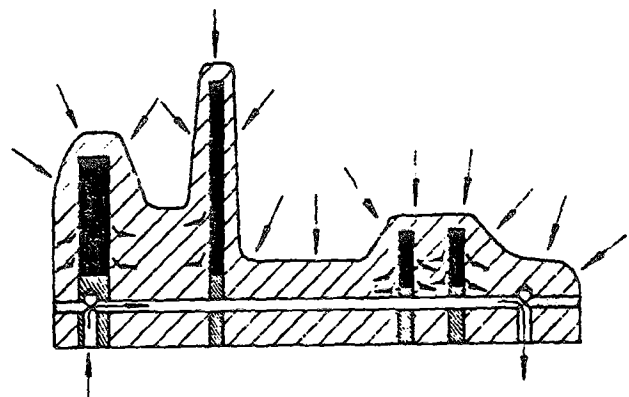
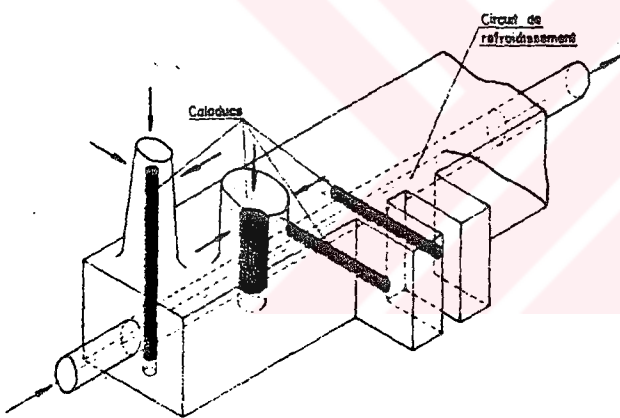


b) Refroidissement par caloduc associé à un circuit de refroidissement (Solution 1)



c) Refroidissement par caloduc faisant participer toute la masse (Solution 2)

Figure 7



SONUC :

Enjeksiyonla kalıplamada kalıp soğutma sistemi enjeksiyon parçasının kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Soğutma sistemi aynı zamanda işlemin ekonomikliğine ve imalat tekniği ile direkt bağlantılıdır . Enjeksiyon parçasının kalitesi açısından tasarımında şunlara dikkat etmek gerekir:

1)Yüksek sıcaklık seviyesinin ve

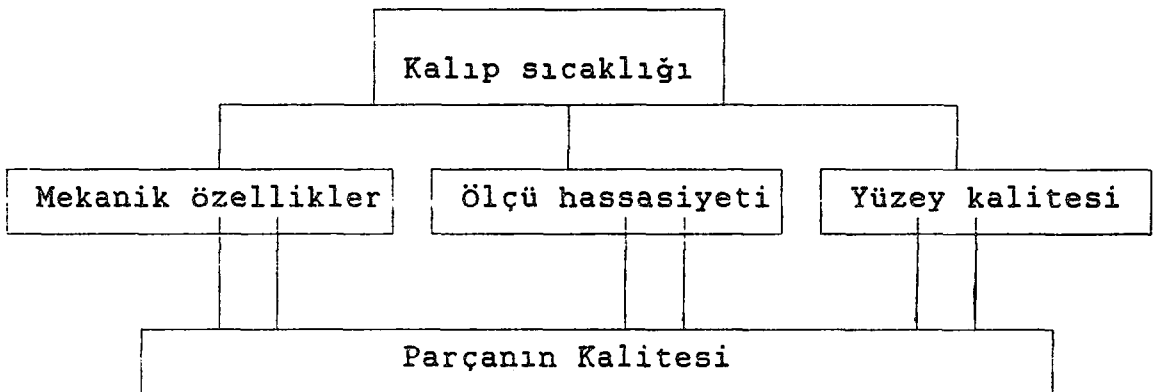
2)Düşük sıcaklık homojenliğinin

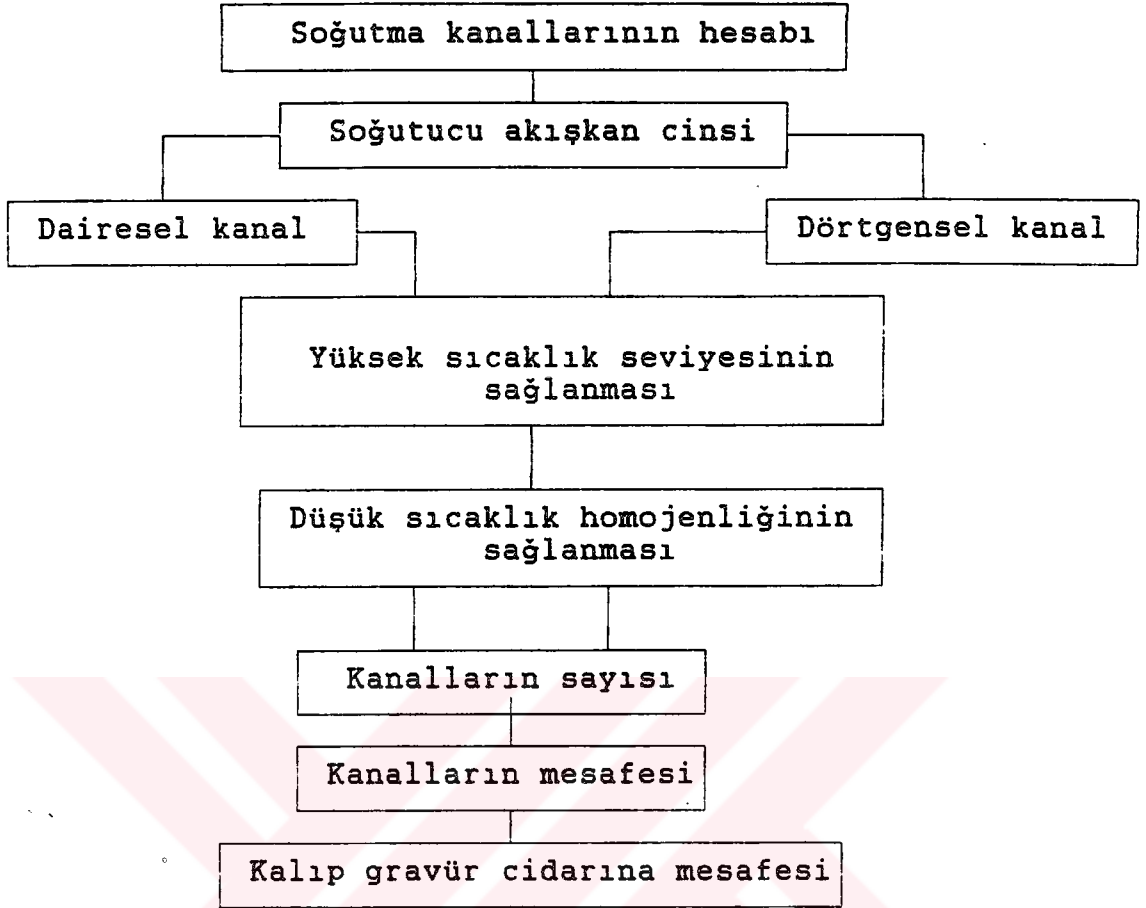
a - Kanalların sayısının çok olması.

b - Alt alta bulunan kanalların birbirlerine olan mesafesini düşük tutmak .

c - Kalıp gravür cidarına mesafesini büyük tutmak.

Bu faktörler sağlanarak kalıp sıcaklığı kontrol altına alınmak suretiyle kalıplarda yüzey çöküntüleri, sonradan çarpılma , serpinti , çapaklı ürün alınması gibi hataların oluşması önlenilmekte ve parçanın mekanik özellikleri, ölçü hassasiyeti , yüzey kalitesi dolayısıyla da enjeksiyon parçasının kalitesi yükseltilebilmektedir.





İmalat ve kalıp maliyetlerinden dolayı oluşan ve kısmen kalitenin bozulmasına yol açan şartlar ise şöyledir:

- 1) Düşük soğutma zamanı
- 2) Az sayıda soğutma kanalı
- 3) Kanal mesafesinin büyük olması
- 4) Kalıp gravür cidarına yakın olması

Günümüzde kalıpların soğutma işlemleri ile ilgili çeşitli bilgisayar programları da geliştirilmiş ve kullanımda imalatçıya kolaylık sağlanmak istenmiştir.

Ek-1 ve Ek-2 'de bu konuyla ilgili Aachen Üniversitesi tarafından geliştirilmiş bilgisayar programları verilmiştir.

EK-1 SOĞUTMA İŞLEMLERİNİN HESAPLANMASI ÜZERİNE PROGRAMLAR

Belirli termik özelliklere ve basit geometrik yapıya sahip şekillerdeki (küre-silindirik, levha) ısı değişimlerinin eşitlenmesiyle sabit ısı alanlarının hesaplanmasında "TFELDE" programından yararlanılır.

Isıtma ve soğutma; işlemleri sırasında gözlenen üretim parçalarındaki ısı değişimleri yada çevrede görülen ani ısı değişimleri yada çevrede görülen ani ısı değişimleri tespit edilir.

Programın normal işleyişinde belirli bir başlangıç ısısı, çevrenin ısısı, rand ısısı ve toplam ısı eşitliği alınır. Programdaki basit değişiklikler başlangıçta başlama ısısının rastlantısal alınmasından meydana gelir. Program değişiklikleriyle beraber çevre ve rand ısılarında belirlendiği gibi devam eder.

Parçada tabaka kalınlığı 1/20 olarak ölçülür ve ısılar farklı metotlarla hesaplanır.

Yer koordinatı X (yarıçap koordinatı) mm olarak verilir ve parçanın ortasından başlanarak ölçülür. Parçanın belirli farklı zaman aralıklarındaki ısı akımları 1..n 'e kadar alınarak ifade edilmiştir.

Verilen Bilgiler

Tq = Başlangıç ısısı (°C)

Tu = Sabit verilen çevre ve rand ısısı (°C)

A = Parçanın ısı iletkenliği (mm²/sn)

LA = Parçanın sıcaklık iletkenliği (W/mgrd)

AL = Vida için sıcaklık değişim sabiti (W/m²grd)

S = Çap (mm)

ZGES = Vida dışının toplam zamanı

DT = Hesaplama basamağı için gerekli zaman (S)

KZ = Geometrik şekillerin sayılar aracılığıyla gösterim

[(1) Levha, (2) Silindir, (3) Küre]

K = Kenar sayısı

PR = Yazı dizilerinin sembolik gösterimi

TEXT1 = Klartext ile gösterimi

Bilgilerin Uygulanması

Rand ısılarında atlama şeklindeki değişimler kabul edilirse, programın sıfırdan basamağında hata gözlenir. Bu ısı atlamalarında sonsuz sıcaklık değişimi denir ve LA = 0, AL = 0 olmalıdır.

DT zaman basamağında bir dizi şartları yerine getirilmelidir.

$$DT < \frac{S^2}{2AK^2}$$

Kenar sayısı olarak 20 alınabilir. Aksi taktirde programın bölme genişliğinin değiştirilmesi gerekir.

Örnek: Silindirik bir şekle sahip polietilen parçasının bir çelik kalıpta 20 °C 'de soğutma işlemi.

Polietilenin 20 °C 'de aniden soğuduğu kabul edilir.

Polietilen başlangıç sıcaklığı : 210 °C

Polietilen ısı iletkenliği : $A = 0,095 \text{ mm}^2/\text{sn}$

Silindirin çapı : $S = 8 \text{ mm}$

Toplam Soğutma Süresi : ZGES : 90 sn.

Veriler

Başlangıç ısı (GRD °C) $TO = 210$

Çevre yada Rand Isısı (GRN °C) $TU = 20$

Isı iletkenliği (QMMIS) $A = 0,095$

Isı iletkenliği (N/M*GRD) $LA = 0$

Sıcaklık Değişim Sabiti (W/QM*GRD) $AL = 473$

Çap (mm) $S = 8$

Toplam Hesaplama Süresi (s) $ZGES = 90$

Hesaplama Basamağı için Gerekli Zaman (s) $DT = 0,01$

Geometrik Şekil Türü [(1) Levha, (2) Silindir, (3) Küre] $KZ:2$

Kenar Sayısı $K :$

Yza Dizilerinin Sembolizasyonu (DT) $PR :$

Malzeme

EK-2 ISI ALANLARINA BAĞLI İKİ ÖLCÜLÜ HESAPLAMA

Bu programa örnek olarak subroutine alınmıştır. Grafikselleştirilmiş veriler ana programda düzenlenmiştir. Subroutine için "LEİTPR" ana programından yararlanılır.

Önemli Program Değişikliklerinin Açıklanması

ZG	Toplam soğutma süresi
SW	Kademe aralığı
SWZ	Zaman aralığı
IG	X - yönündeki kademe sayısı miktarı
JG	Y - yönündeki kademe sayısı miktarı
NG	Zaman kademe miktarı
N	Zaman
MAT((0;8),0;8)	Malzemenin kapladığı alan
S(80,80,5)	Alan katsayısı
T(0,81,0,81)	Isı alanı
TZW(0;81)	Isı değerlerinin toplanması ile elde edilen tek ölçülü alan
TWERKZ	Akışkanın ölçüm başlangıcındaki ısı
IR(Z)	Rant şartlarının türü (1 yada 2)
TR(Z)	Değişik rant şartlarının esas ısı derecesi
AL(Z)	Değişik rant şartlarında ısı değişimleri
BI(Z)	Değişik rant şartlarındaki Biot sayısı
F(g)	Sabitlik faktörü
WL(g)	Sıcaklık iletkenliği
AW	Akışkan ısı iletkenliği
AF	Parça kalıbının ısı iletkenliği
WLW	Akışkanın sıcaklık iletkenliği

WLF.	Parça kalıbının sıcaklık iletkenliği
FW	Akışkanın fourier sayısı
FF	Parça kalıbının fourier sayısı

Veriler

Önemli rant ve başlangıç şartlarında ısı iletkenliği için gerekli malzeme değerleri tablolardan elde edilir.

1. Sabitlik faktörü 0,25
2. X - yönündeki basamaklar 20
3. Y - yönündeki basamaklar 22
4. Uzaklık (m) 0,002
5. Akışkan ısısı ($^{\circ}\text{C}$) 20
6. Parça kalıbının ısısı ($^{\circ}\text{C}$) 200
7. α - Akışkan (M^2/S) 0,000015
8. α - Parça kalıbı (M^2/S) 0,00000008
9. Akışkan lamdası ($\text{W}/\text{M}^{\circ}\text{K}$) 50
10. Parça kalıbının lamdası ($\text{W}/\text{M}^{\circ}\text{K}$) 0,3
11. 3. akışkan rant şartı 1 - 20 - 8.0
12. 4. akışkan rant şartı 2 - 20 - 8,0
13. 5. akışkan rant şartı 2 - 20 - 0.0
14. 6. akışkan rant şartı 2 - 20 - 25.0
15. 7. akışkan rant şartı 2 - 20 - 0.0
16. 8. akışkan rant şartı 1 - 20 - 0.0
17. 9. akışkan rant şartı 2 - 20 - 0.0
18. X koordinatındaki başlangıç noktası 14
19. Y koordinatındaki başlangıç noktası 5
20. Ayrılma yüzeyindeki ısı 1

Bilgilerin Verilme Amaçları

1- Sabitlik faktörü için üst sınır 0,25 'dir. Görülen sabitlik küçültülmek zorundadır.

2-3 Bu programda her iki yöndeki (X ve Y koordinatlarında) bağlantı yerlerinin sayısı 80 'dir.

4- Aqudistant kristal için adım açıklığı metre olarak verilir. Her madde türü için bu durum için zaman aralığıyla belirlenmiştir.

5-6 Akışkan ve parça kalıbının ısı ölçümleri santigrad derece olarak ölçülür.

7-10 Hesaplamalar sırasında efektif değerler gözönünde bulundurulur. Karşılaştırılmalı ölçüm değerleri alınmalıdır. Eşit zamanda eşit soğutma dereceleri gözlenmelidir.

Isı iletkenlik ölçü birimi m^2/s

Sıcaklık iletkenlik ölçü birimi $W/M/K$

11-17 Rant şartlarında sunulan bilgiler

1. Rant türü (1 yada 2)

2. °C türünden esas ısı derecesi

3. Sıcaklık değişken sabiti $W/M^2/K$

Birinci rant türünde sıcaklık değişim sabitinin dış etkisi önemsenmez. Esas ısı derecesi rant ısısına denk tutulur.

Birinci rant türünde (konveksiyon) değişik durumlar mevcuttur. İkinci rant türünde ısı değişim sabiti sıfırlanır.

Esas ısı derecesi herhangi bir rol oynamaz. 18-19 Burada X ve Y koordinatları için belirli noktalar verilir. Isı alanını değiştirmek yada sabit duruma getirmek için ulaşılmak istenen bu noktalar seçilir.(1.) Koordinatlar alanın sol alt köşesini ifade eder.

20. Ayrılma yüzeyindeki ısıyı ifade eder.

Geometrik ve kapladığı alan tam sayılarla ifade edilir. iç alan noktaları akışkan için bir, parça kalıbı için ise iki tanedir. Akışkan için rant noktaları 3 'den 6 'ya kadar, parça kalıbı için ise 7 'den 9 'a kadardır. Köşenin dış yüzeyi için bir tane rant şartı belirlenir. Parça kalıbına uygun olarak 6 ile çevrelenir. 1 ve 2 sınır sayıları hataya neden olur.

Asıl hesaplamalara başlarken soğutma süresi ve zaman aralıklarının miktarı verilmelidir. Bundan başka parça kalıbının soğutulması, yeni bir enjeksiyona başlanması, rant şartlarının geçerliliği gibi sorular sorulur. İkinci şıktaki bilgiler önemlerinin eşitliğine göre sıralanır. Verilen bilgiler bilgisayarda program listesine kaydedilir.

Sonuç

Sonuçların açıklanmasında formüllerden yararlanılır. Açıklanan alan yapısı şekilde verilmiştir. Başlangıç ve rant şartları da gösterilmiştir.

Bunun yanında rant konumlarında verilen ısı alanları bağlama noktalarından X ve Y eksenlerinin pozitif kanadında yarım adım uzaklaştırılmıştır.

Mevcut sistemde grafik çizimleri, alan için grafiksel olarak izotermik yada zaman-ısı değişimlerine bağlı olarak gösterilir.

Termik temel özelliklerin incelenmesinde kullanılan bu program Source-Code (Fortran-77) ile geliştirilmiştir.



Spritzgies Werkzeugen(Vogel Verlag,
1978)

Lichius ,Ulrich Rechner unterstützte Konstruktion
Von Werkzeugen Zum Spritzgiessen
Thermoplastischen Kunststoffen

Kalpakjıyan,S Manufacturing Engineering And Techn.
Crawford,R.J. Plastic Engineering(1987)

Marşlıoğlu,M Plastik Malzemeler (1989)

Uzman,İ. Plastik Şekil Verme Teknolojisi(1989)

TMMOB Yayını Plastik Teknolojisi (1992)
Makina Müh. Odası

TMMOB Yayını Plastik işleme Teknikleri ve Kalite
Kimya Müh. Odası Kontrol (1989)

ÖZGEÇMİŞ:

AD VE SOYADI: NİLGÜN TURGUT (AKBAŞ)
DOĞUM TARİHİ: 1966
DOĞUM YERİ: İZMİT
1972-1977 İZMİT ZAFER İLKOKULU
1977-1980 İZMİT İNKILAP ORTAOKULU
1980-1983 KARAMÜRSEL LİSESİ
1983-1987 YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
1991-1994 YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
1988' yılından itibaren KOCAELİ MÜH. FAK. MAK. MÜH.BÖL.KONS.
VE İMALAT kürsüsünde çalışmaktadır.