

TC
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PLASTİK ENJEKSİYON KALIPÇILIĞINDA
ÇARPILMAYA ETKİ EDEN
PARAMETRELERİN İNCELENMESİ

Hakan ÖZAYDIN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
TASARIM VE İMALAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE
2003

TC
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PLASTİK ENJEKSİYON KALIPÇILIĞINDA
ÇARPILMAYA ETKİ EDEN
PARAMETRELERİN İNCELENMESİ

Hakan ÖZAYDIN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
TASARIM VE İMALAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI
Yrd. Doç. Dr. Babür ÖZÇELİK

GEBZE

2003

Hakan ÖZAYDIN'ın tez çalışması, G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve/..... sayılı kararıyla oluşturulan Jüri tarafından Tasarım ve İmalat Mühendisliği Anabilim Dalında **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE : Yrd. Doç. Dr. Babür ÖZÇELİK
(Tez Danışmanı)

ÜYE : Doç. Dr. Fehmi ERZİNCANLI

ÜYE : Yrd. Doç. Dr. İlyas KANDEMİR

ONAY

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararı

İmza / Mühür

ÖZET

Enjeksiyon kalıplama metoduyla termoset ve termoplastik maddelerden parça üretilmesi kısa zamanda gelişmiş ve plastik endüstrisinde ön sırayı almıştır. Plastik enjeksiyon kalıplama yönteminde, enjeksiyon makinesindeki basma ünitesi kalıba doğru yaklaşarak nozulun kalıba bir miktar girmesini sağlar. Enjeksiyon kalıplama metoduyla akışkan hale gelen plastik madde kalıp içersine enjekte edilir. Yolluk sistemi plastik ünitesinden gelen ergimiş malzemenin kalıp boşluklarına sevk edilmesini sağlar. Yolluk sistemi, yolluk girişi, yolluklar (ana ve tali yolluklar) ve parça girişinden oluşur. Kalıp plastik ile dolduktan sonra, vidanın plastik malzemeyi dolu kalıbın içersine enjekte etmesi devam ettirilerek kalıba uygulanan enjeksiyon basıncı artırılır ve böylece kalıp içindeki plastiğin soğumasıyla oluşan hacimsel çekme minimumda tutulur. Bu işleme “ütüleme” denir. Plastik malzeme katılaştıkça kalıp otomatik olarak açılır ve parça kalıptan alınır. Plastik kalıpların ısıtılması ve soğutulması, kalıplanan parçanın kaliteli ve kalıplamanın ekonomik olmasını sağlamaktadır. Kalıp tasarımı kalıplama toleransı, çekme payı miktarı, kalıp boşluğunun yüzey kalitesi ve kalıplanacak plastik maddenin diğer özellikleri de göz önünde bulundurulur. Kalıp genel olarak yuvarlatılmış üniform hatlara sahipse boşluğu doldurmak daha kolaydır. Tasarım yaparken parçadaki yuvarlatmalar, çeper kalınlığı, eğimler, kaburgalar, delikli çıkıntılar ve dişler parçada sorunlara yol açmayacak şekilde uygun tutulmaya çalışılır.

Plastik enjeksiyon yöntemi kullanılarak yapılan üretimlerde çeşitli sebeplerden dolayı hatalı parçalar ortaya çıkmaktadır. Problemlere yol açan sebeplerin kaynağı olarak makine, kalıp, işlem zamanı, işlem sıcaklığı, işlem basıncı, kullanılan malzeme, parça dizaynı başta gelmektedir. Bu problemlerden biri olan çarpılmanın nedenlerinden biri yetersiz soğuma veya soğutma zamanıdır. Sonradan oluşan çarpılma, iç gerilmeler veya malzeme çekmesinin sonucunda oluşur. Yanlış yerleştirilmiş federler de çarpılmaya yol açabilir. Çarpılmayı önlemek için uygun soğutma şartları seçilmelidir.

Bu çalışmada, plastik enjeksiyon kalıpcılık bilgisi sunulmuş, plastik enjeksiyon metodu kullanılarak yapılan üretimde ortaya çıkan hatalar ve hataların giderilmesi

için gerekli yöntemler üzerinde durulmuştur. Moldflow Plastics Insight Plastik Enjeksiyon Analiz Programı kullanılarak iki değişik soğutma şekli için çarpılma analizi yapılmıştır. Plastik malzeme olarak ABS kullanılmıştır. Çarpılmaya müsait boyutlarda tasarlanan plastik parçasının her iki soğutma kanal şekli için:

1. Yolluk boyutu,
2. Tutma basıncı,
3. Tutma zamanı,
4. Soğutma kanalı,
5. Soğutma zamanı,

parametreleri değiştirilmek suretiyle analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarından, çarpılma miktarı ile soğutma sıcaklığı arasındaki ilişki elde edilmiştir. Çarpılmaya soğutmanın etkisi analiz edilmiş, sonuçlar grafik olarak verilmiştir. Grafikler incelendiğinde, soğutma kanal şeklinin çarpılmayı fazla etkilemediği anlaşılmıştır. Soğutma zamanının, tutma basıncı ve tutma zamanının çarpılmada önemli payı olduğu ortaya çıkmıştır. Yapılan analizlerden sonra soğutma sıcaklığı, soğutma zamanı, soğutma kanallarının kaviteye olan mesafesi ve yolluk çapı taguchi analizi için faktör olarak kullanılarak çarpılmaya olan etkileri belirlenmiştir. Taguchi analizi sonucunda çarpılmaya etki eden en önemli faktörün soğutma zamanı olduğu ortaya çıkmıştır.

SUMMARY

Producing part from thermoset and thermoplastic material via injection moulding method improved in a very short time and became foremost in plastic industry. In the course of injection moulding method pressing unit in injection machine, approaching the mould, makes the nozzle enter the mould partly. Plastic material, turned into fluid by means of injection moulding method, is being injected into the mould. Runner system helps the melting material coming from plastic unit drive into the mould cavity. Runner system consist of sprue, runner and gates. After the mould filled with plastic, the injection pressure that is applied to the mould is increased, making the screw keep injecting the plastic material in to the full mould and in this way shrinkage, which is formed as the plastic in the mould gets cold, is kept minimum. This procedure is called “packing”. When the plastic material hardens, mould is opened automatically and the part is taken from the mould. Heating the plastic moulds and cooling make the moulded piece of good quality and help the moulding to be economic. Mould conception, moulding tolerance shrink portion amount, surface quality of mould cavity and other features of plastic material that will be moulded are also taken in to consideration.

If the mould generally has the rolled uniform lines, it's easier to fill the cavity. While designing the rolling in part, fence thickness inclinations, ribs, bosses and cogs should be selected so that problems are minimized.

There appears parts of error because of various reasons in the production that's made by using plastic injection method. The machine, the mould, process time, process heat, process pressure, material used and part design are in the first place in importance being the sources of reasons that cause problems. One of the reasons of warpage is insufficient cooling or cooling time. Warp that's formed later is constituted by the result of inner tensions or shrunk material. Wrong placed feders can also cause warpage. To prevent warpage, suitable cooling condition should be choosen.

In this work, information is presented on plastic injection moulding; the errors revealed in the production made by using the plastic injection method and the methods for removing the errors are emphasized.

Warpage analysis for two different cooling channel shape is performed by using moldflow plastics insight plastic injection analysis programme. ABS is used for plastic material. The plastic part which is designed in dimension available for warpage, for both cooling channel shapes,

1. Runner dimension,
2. Holding pressure,
3. Holding time,
4. Cooling channel,
5. Cooling time,

The analysis is carried out by changing the parameters. In the results the relation between the amount of warpage and cooling heat are shown on using by means of graphically. The effect of cooling on warpage is analysed and the results are emphasized by means of graphic. When the graphics are examined, it's seen that the cooling channel's shape doesn't affect the warpage much. It is revealed that the cooling time, the holding pressure and holding time have an important role in the warpage

After the analysis it's determined how the cooling heat, the distance of the cooling channels to the cavity and the runner affect the warpage by using them as parameters for the taguchi analysis. As a result of the taguchi analysis it's revealed that the most important factor in warpage is the cooling time.

TEŞEKKÜR

Bana bu araştırma konusunu öneren ve çalışmalarım sırasında hiçbir yardımı esirgemeyen değerli hocalarımdan tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Babür ÖZÇELİK'e, Arçelik AR-GE Müdürü Dr. Can MEYDANLI'ya, önerileriyle bana yol gösteren Tasarım ve İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı Başkanı Doç.Dr. Fehmi ERZİNCANLI'ya, Yrd. Doç. Dr. İlyas KANDEMİR'e ve katkılarından dolayı Araştırma Görevlisi Tuncay ERZURUMLU'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca plastik enjeksiyon kalıpcılık konusundaki teorik bilgilerimi pratikte de geliştirmemi sağlayan, tasarım aşamasından üretim aşamasına kadar kalıpcılıkla ilgili her konudaki tecrübe ve bilgilerini benimle paylaşan Karel Kalıp İşletmesi Tasarım Müdürü Gülnaz ARDALI'ya ve Karel Kalıp İşletmesi'ndeki çalışma arkadaşlarıma da teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	iv
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
ŞEKİLLER	xiii
TABLolar	xv
GRAFİKLER	xvi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI	3
3. PLASTİKLERİN SINIFLANDIRILMASI	5
3.1. Termoplastikler	5
3.1.1. Akrilikler	5
3.1.2. Asetal	6
3.1.3. Akrinitril Butadien Stiren	6
3.1.4. Selüloz	6
3.1.5. Naylon	6
3.1.6. Polifenilen Oksit	6
3.1.7. Polikarbonat	7
3.1.8. Polietilen	7
3.1.9. Polipropilen	7
3.1.10. Polistiren	7
3.1.11. Polivinil Klorid	7
3.2. Termosetler	7
3.2.1. Amin Plastikler	8
3.2.2. Epoksiler	8
3.2.3. Fenolikler	8

3.2.4. Polyester	8
3.2.5. Silikatlar	9
3.2.6. Uretanlar	9
4. PLASTİK ENJEKSİYON MAKİNELERİ	11
4.1. Enjeksiyon Memeleri	13
4.2. Enjeksiyon Presi Kalıp Sıkma Ünitesi	15
4.3. Termoset Plastiklerin Enjeksiyon Metoduyla Kalıplanması	16
4.4. Termoplastiklerin Kalıplanması	17
5. KALIP ELEMANLARI	18
5.1. Yolluk Burcu ve Yerleştirme Bileziği	18
5.2. Bağlama Plakaları ve Kılavuz Pimleri	19
5.3. İtici Pimler, Burçlar ve Plakalar	19
5.4. Destek Plakaları	20
6. KALIP TASARIMI	22
6.1. Kalıp Açılma Çizgisi	22
6.2. Açılı Pimler Ve Kam Blokları	23
6.3. Yolluk Sistemi	24
6.4. Dağıtıcı Kanallar	26
6.5. Giriş Kanalları	28
6.5.1. Doğrudan Giriş Kanalları	29
6.5.2. Sınırlandırılmış Giriş Kanalları	30
6.6. Hava Tahliye Kanalları	36
7. KALIP SOĞUTULMASI	39
7.1. Tek Parçalı Dişi Kalıp Plakasının Soğutulması	41
7.2. Erkek Plaka Soğutma Sistemi	41
8. PLASTİK KALIP MALZEMELERİ	44
8.1. Plastik Kalıpların Parlatılması	44
9. ENJEKSİYON YÖNTEMİNİN AŞAMALARI	46
10. PLASTİK ÜRÜN TASARIMINDA DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR	49
10.1. Çeper Kalınlığı	49
10.2. Yuvarlatmalar	51
10.3. Kaburgalar	52
10.4. Girintiler ve Çıkıntılar	52
10.5. Parçanın Eğimi	54

10.6. Delikli Çıkıntılar	54
10.7. Delikler	53
11. PLASTİK ENJEKSİYON YÖNTEMİNDE ORTAYA ÇIKAN AKSAKLIKLAR ve AKSAKLIKLARIN GİDERİLMESİ	55
11.1 Üründe Oluşan Hatalar	56
11.1.1. Parçada Oluşan Akış Çizgileri	56
11.1.2. Yeterli Olmayan Akış Menzili	56
11.1.3. Çöküntüler	56
11.1.4. Yanık İzleri	57
11.1.5. Yüzey Lekesi	57
11.1.6. Birleşme İzleri	57
11.1.7. Dalgalı Yüzeyler	58
11.1.8. Kalıptan Çıkarken Çarpılma	58
11.1.9. Sonradan Oluşan Çarpıklık	58
11.1.10. Çapaklı Ürün	58
11.1.11. Eksik Ürün	59
11.1.12. Jetting	59
11.2. Plastik Malzemeden Dolayı Oluşan Problemler	60
11.3. Kalıp Tasarımından ve Kalıptan Dolayı Oluşan Hatalar	60
11.4. Enjeksiyon Makinesinden Kaynaklanan Hatalar	60
11.4.1. Eksik Ürün Olması	60
11.4.2. Çapak Meydana Gelmesi	61
11.4.3. Yollukta Renk Bozulmasının Meydana Gelmesi	61
11.4.4. Parça Üzerinde Meydana Gelen Çukurlar	61
11.4.5. Boyutsal Ölçülerde Meydana Gelen Hatalar	61
12. PLASTİK ENJEKSİYON ANALİZİ	62
12.1. Çarpılma Analizi	62
12.2. Çarpımlarda Soğutmanın Etkisi	74
12.3. Taguchi Analizi	80
13. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	90
KAYNAKLAR	93
ÖZGEÇMİŞ	97

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SAN	Stirol Akrinitril
PMM	Polimetilmetakrilat
PA	Poliamid
POM	Polioksimetilen
PETB	Politereftalasitester
CA	Selülozasetat
ABS	Akrinitril Butadien Stiren
PPO	Polifenilen Oksit
PC	Polikarbonat
PE	Polietilen
PP	Polipropilen
PS	Polistiren
PVC	Polivinil Klorid
D	Vida çapı,
Q	Helis açısı,
S	Diş genişliği,
T	Vida adımı,
L	Vida boyu,
L/D	Vida boyunun çapına oranı
F	Destek plakası kuvveti, kg
J	Destek plakası dayanım momenti, mm ³
A	Toplam kalıplama alanı, mm ²
σ_b	Destek plakası eğilme gerilimi, kg/mm ²
C	Destekler arasındaki uzaklık, mm
h	Destek plakası kalınlığı, mm
L	Destek plakasının boyu, mm
P	Birim yüzeye gelen basınç kg/ mm ²
R	Giriş kanalı yarıçapı, mm
B	Giriş kanalı genişliği, mm

H	Giriş kanalı derinliği, mm
L	Giriş kanalı boyu, mm
η	Plastik maddenin kalıplama anında viskozitesi, kg s / mm ²
(S/G)	Sinyal/Gürültü
T	Hedef Değer
y	Değişken
L(y)	Kayıp Değeri

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL

3.1. Termoplastiklerin Yapısı	5
3.2. Termoset Plastiklerin Moleküler Yapısı	8
4.1. Plastik Enjeksiyon Makinesi	11
4.2. Dalıcı Pistonlu Enjeksiyon Presi	12
4.3. Vidalı Enjeksiyon Presi	13
4.4. Çeşitli Tipte Enjeksiyon Memesi	14
4.5. Enjeksiyon Vidası	15
4.6. Çeşitli Tip Hidrolik Sıkma Mekanizması	16
5.1. Kalıp Elemanları	18
5.2. İtici Pim	20
5.3. İki Plakalı Kalıp	21
5.4. Üç Plakalı Kalıp	21
6.1. Yolluk Sistemi	24
6.2. Sıcak Yolluk Sistemi	25
6.3. Dağıtıcı Kanal Tipleri	26
6.4. Yolluk Sistemleri	27
6.5. Doğrudan Kenar Girişi	29
6.6. Kenar Giriş Kanalı	30
6.7. Merkezi Giriş Kanalı	31
6.8. Disk Giriş Kanalı	32
6.9. Bilezik Tipi Giriş Kanalı	32
6.10. Çengel Tipi Giriş Kanalı	33
6.11. Fan Giriş Kanalı	33
6.12. Tünel Giriş Kanalı	34
6.13. Kulaklı Giriş Kanalı	34
6.14. Kulaklı Giriş Kanalı	34
6.15. Muz Tipi Giriş Kanalı	35
6.16. Hava Tahliye Kanalı	36
6.17. Hava Tahliye Kanalı	36

6.18. Hava Tahliye Kanalı	37
7.1. Soğutma Sistemi	39
7.2. Tavsiye Edilen Soğutma Kanalı Ölçüleri	42
7.3. Soğutma Kanalı Sistemleri	42
7.4. Yeterli ve Yetersiz Soğuma Düzeni	43
9.1. Enjeksiyon Aşamaları	47
10.1. Parça Tasarımlarının Uygunluğu	51
10.2. Yuvarlatma	51
10.3. Kaburga Yapısı	52
10.4. Parçanın Eğimi ve Parçadaki Çıkıntılar	52
10.5. Delikli Çıkıntılar	53
10.6. Delikler İçin Kalıp Tasarımı	54
11.1. Jetting ve Normal Akış	60
12.1. U tipi (Tek Girişli) Soğutucu Kanalları	64
12.2. Simetrik U Tipi (Çift Girişli) Soğutucu Kanalı	64
12.3. Çarpılmanın X Eksenli Boyunca Dağılımı	65
12.4. Çarpılmanın Y Eksenli Boyunca Dağılımı	65
12.5. Çarpılmanın Z Eksenli Boyunca Dağılımı	66
12.6. Toplam Çarpılmanın Dağılımı	66
12.7. Çift Girişli Soğutma Tipinde Çarpılma	67
12.8. Tek Girişli Soğutma Tipi İçin Çarpılma	67
12.9. Tek Girişli Soğutma Tipi İçin Çarpılma	68
12.10. Çift Girişli Soğutma Tipi İçin Çarpılma	69
12.11. Çift Girişli Soğutma Tipi İçin Çarpılma	70
12.12. Tek Girişli Soğutma Tipi İçin Çarpılma	70
12.14 Çarpılma	72
12.15. Toplam Çarpılma	73
12.16. Çarpılma	73
12.17. Çarpılma	74
12.18. Çift Girişli Soğutma Tipi İçin Çarpılma	75
12.19. Tek Girişli Soğutma Tipi İçin Çarpılma	75
12.20. Tek Girişli Soğutma Tipi İçin Çarpılma	76
12.21. Çift Girişli Soğutma Sistemi İçin Çarpılma	76
12.22. Çift Girişli Soğutma Sistemi İçin Çarpılma	77

12.23. Tek Girişli Soğutma Sistemi İçin Çarpılma	77
12.24. D Analizinde Çarpılmaya Soğutmanın Etkisi	78
12.25. E Analizinde Çarpılmaya Soğutmanın Etkisi	78
12.26. Plastik Parçanın Üst Yüzey Sıcaklık Dağılımı	79
12.27. Plastik Parçanın Üst Yüzey Sıcaklık Dağılımı	79
12. 28. Faktörlerin Çarpılmaya Olan Etkisi	86
12. 29. Soğutma Sıcaklığının Çarpılmaya Olan Etkisi	87
12. 30. Soğutma Zamanının Çarpılmaya Olan Etkisi	87
12. 31. Soğutma Kanallarının Kaviteye Olan Mesafesinin Etkisi	88
12. 32. Yolluk Çapı Etkisi	89

TABLÖLAR DİZİNİ

TABLO

3.1. Plastiklerin Dayanım ve Yalıtkanlık Özellikleri	9
3.2. Polimerlerin Tavsiye Edilen Kullanım Özellikleri	10
6.1. Tavsiye Edilen Havalandırma Derinlikleri	38
8.2. Kalıp Malzemeleri	44
10.1. Bazı Malzemeler İçin Önerilen Çeper Kalınlıkları	50
10.2. Termoset Malzemeler İçin Önerilen Çeper Kalınlıkları	50
12.1. ABS'nin Fiziksel Özellikleri	62
12.2. Analizlerde Alınan Parametrelerin Değerleri	63
12.1. Taguchi Analizi İçin Kullanılan Parametreler	78
12.2. Analizlerde Alınan Parametrelerin Değerleri	78
12.3. Taguchi Analizi İçin Kullanılan Parametreler	84
12.4. Taguchi Çizelgesi	84
12.5. Analiz Çizelgesi	85
12.6. Analiz Programı Sonuç Tablosu	85
12.7. Qualitek Analiz Programı Analiz Sonuç Tablosu	86

1.GİRİŞ

Plastikler, içinde bulunduğumuz yüzyılın en önemli malzemelerinden biridir. Bunun nedeni, plastiklerin hafif, kolay işlenebilir, korozyona dayanıklı, iyi bir elektrik ve ısı yalıtkanlığına sahip olmalarıdır.

Plastiklerin çok geniş bir kullanım alanına sahip olmalarının diğer bir nedeni de, farklı ihtiyaçlara cevap verebilecek çok sayıda farklı türe sahip olmalarından kaynaklanmaktadır. Kullanım yerleri ve kullanılan plastik çeşitleri farklılaştıkça, gerek malzemenin özelliğine, gerekse malzemenin kullanım yeri ve amacına göre plastik parçaların üretim yöntemleri de farklılaşmaktadır. Bu yöntemlerin en önemlilerinden biri de termoplastik parçaların üretiminde kullanılan enjeksiyon kalıplardır.

Enjeksiyon kalıpcılığında üretimin esası, ısıtılarak akıcı kıvama gelmiş olan malzemenin enjeksiyon makinesi ile parçanın geometrisine uygun olarak hazırlanmış bir kalıp içine basınç altında doldurulması ve katılaşmaya kadar beklenmesidir. Enjeksiyon kalıpları ile üretilen ürünlerin kalitesi, uygun tasarım, uygun kalıp malzemesi seçimi, uygun kalıp üretim yöntemleri, uygun enjeksiyon makinesi seçimi ve uygun üretim işlemleri sonucunda gerçekleşir. Üründeki hatalar bu süreçlerin bir veya birkaçının uygun olmayan şartlarda yapılmasından kaynaklanır. Kalıptan dolayı meydana gelen hata telafisi en zor olandır.

Plastik ürün ve kalıp tasarımının Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD-Computer Aided Design) programları kullanılmaya başlanmasıyla tasarımda hata ihtimali daha aza indirilmiştir. Ürünlerin kompleks yüzeyleri ise CNC (Computer Numerical Control) tezgahlarda Bilgisayar Destekli Üretim (CAM-Computer Aided Manufacturing) programları ile imal edilebilmektedir. Enjeksiyon sırasında en sık rastlanılan problem plastiğin kalıbı dolduramaması ve plastiğin çarpılması için ise analiz programları kullanılmaya başlanmıştır. Kalıp tasarımı bittikten sonra imalata geçilmeden önce plastiğin akış analizi yapılarak belli yaklaşımlar elde edilmektedir. Bu yaklaşımlar sayesinde tasarımda öngörülen düzeltmelerin yapılması mümkün olmaktadır.

Bu çalışmada plastik enjeksiyon kalıplama ile üretilen plastik parçaların tasarımında dikkat edilecek noktalar, hataların kaynağı ve bu hataların giderilmesinde uygulanacak işlemler araştırılmış, ayrıca üretim parametrelerinin hangi oranda hataya sebep olduğı ortaya konulmuştur. Bu amaçla Moldflow Plastics Insight (Plastik Enjeksiyon Analiz Paket Programı) kullanılarak analiz yapılmış ve Taguchi Optimizasyon Analiz Programı'ndan istifade edilerek faktörlerin etkisi belirlenmiş ve sonuçları değerlendirilmiştir.

2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Plastik ürüne ait kalıp tasarlanırken eş zamanlı olarak ürüne ait bilgisayar destekli analiz yapılmaktadır. Analiz sonucunda ürün tasarımında veya kalıp tasarımında değişiklik yapılabilir. Plastik enjeksiyonda kullanılan işlem parametreleri de analiz sonuçları değerlendirilerek değiştirilebilir. Bilgisayar destekli analizin amacı, ürüne ait plastiğin basılacağı en uygun giriş yeri tespiti, doldurma şartları, soğutma işlemi için soğutucu sistem ve enjeksiyon işlemi sonucunda çıkacak parçanın kalitesi hakkında fikir sahibi olmak, buna göre tasarımı optimize etmektir.

Plastik parçanın tasarım aşamasında plastiğin kalıplanabilecek şekilde olması ve enjeksiyon kalıbından çıkabilecek şekilde tasarlanması önemlidir. Kalıp, üretimde meydana gelebilecek hatalar karşısında tedbirler alınarak tasarlanır. Kalıp, gerekli halde maça ve lokma, ekonomik koşullar ve parçanın hatasız çıkması göz önünde bulundurularak tasarlanır. Uygun yolluk sistemi tasarımı parçanın kalitesi üzerinde çok etkili olduğu Hu [2000] tarafından ifade edilmiştir. Plastik malzemenin kalıp boşluğuna giriş açısı, yollukların kesiti de üretim kalitesinde etkin rol oynamaktadır. Kalıp boşluğunu doldurma oranı ile enjeksiyon basıncı arasındaki ilişkiyi Stevenson [1999] ortaya koymuştur. Kavite değişik boyutlarda tasarlanarak kaynak çizgileri oluşumu ve doldurma analizi yapılmış kavitenin değişimiyle kaynak çizgisi arasındaki ilişki Chun [1999] tarafından incelenmiştir. Plastik enjeksiyon kalıplamada, oluşabilecek hatalar ve doldurma aşamasını önceden tespit etmek amacıyla analiz programlar yazılmış, bununla ilgili çeşitli analizler yapılmıştır. Analiz sonuçları değerlendirilerek tasarımda düzeltmeler yapılarak hatasız ürün çıkması sağlanmaya çalışılmıştır. Hu [2000] iki tip yolluk sistemi için analiz yapmış, yolluk sistemi ile parça kalitesi arasındaki ilişkiyi ortaya koymuştur. Seow [1997] kavite tasarımının düzenli akış ve doldurma üzerindeki etkisini Moldflow plastik enjeksiyon analiz programı kullanarak araştırmıştır. Enjeksiyon parametrelerinin ürün kalitesine olan etkisi, analiz programı kullanılarak optimum çözüm şekli Chang ve Hwang [2000] tarafından ifade edilmiştir. Plastik enjeksiyon kalıpcılığında kaliteli ürün çıkması için enjeksiyon parametrelerinin optimum koşullarda olması gereklidir. Chang [2000] üç çeşit plastik üzerinde çekme etkisini, kalıp sıcaklığı, malzeme sıcaklığı, tutma basıncı, tutma zamanı değişkenlerini kullanarak incelemiştir.

Taguchi optimizasyon metodunu kullanarak optimizasyonu gerçekleştirmiştir. Sonuçta bu değişkenlerin her plastik için farklı etkiler yaptığını ortaya koymuştur. Papathanasiou [1993] plastik akışı iki boyutlu olarak kabul ederek matematiksel model oluşturmuş nümerik analiz yapılmıştır. Tan ve Yuen [2000] enjeksiyon kalıplama yöntemiyle üretilen parçada oluşan hataları en aza indirmek için matematiksel yaklaşımda bulunmuştur. İşlem parametreleriyle yapılan deneylerde oluşan veriler polinomal yapılarak optimizasyon problemi çözülmüştür. Plastik enjeksiyon hataları ve çözüm önerileri ile çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu konu ile ilgili Rosato [1995], Pye [1983], Turaçlı [1999], Uzun ve Erişkin [1984] tarafından kitaplar hazırlanmıştır.

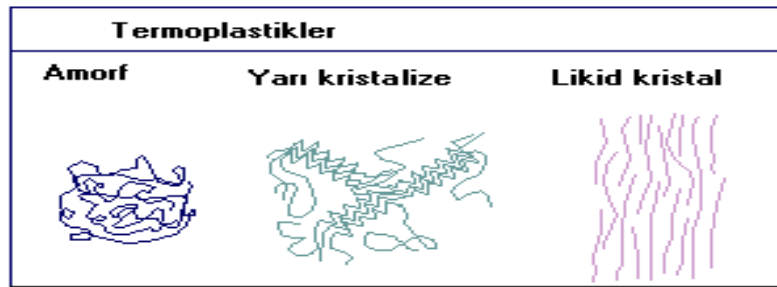
3. PLASTİKLERİN SINIFLANDIRILMASI

Plastikleri termik özellikleri yönünden iki ana gruba ayırmak mümkündür.

- Termoplastikler
- Termoset plastikler

3.1. Termoplastikler

Bir termoplastik, ısı ile şekillendirilebilen yapay bir malzemedir ve lineer zincir biçimindeki makro moleküllerden oluşur. Bunlar kuvvetli atom bağlarına sahiptirler. Fakat moleküllerin birbirleri ile bağlantıları zayıftır. Artan sıcaklık ile moleküller arasındaki bağlantı gittikçe azalarak, zincir moleküllerin birbirleri boyunca kayabilmeleri kolaylaşır. Bu nedenle, termoplastikler artan sıcaklık ile elastik durumdan, plastik hamur haline hatta sıvı hale geçerler ve soğutulduklarında yeniden katılaşır.



Şekil 3.1. Termoplastiklerin Yapısı [41]

Termoplastik grubunu oluşturan plastikler ve özellikleri aşağıda açıklanmıştır.

3.1.1. Akrilikler

Akriliklerin esası akrilik reçinesidir. Reçinenin ismi polimetil metakrilattır. Ticari ismi pleksiglas lucitedir. Akrilik, akrilik asitin kimyasal reaksiyonu sonunda elde edilmektedir. Şeffaf ve optik özellik gösteren en iyi termoplastiklerden biridir. Havadan etkilenmez ve güneş ışığına dayanıklıdır. Mekanik özellikleri iyidir. Isıya karşı dayanıklıdır. Cila ve parlatma aracı olarak, kanopi yapımında, gözlük yapımında ve reklam panolarında kullanılmaktadır.

3.1.2. Asetal

Çekmeye ve kırılma direnci yüksektir. Sıcak sudan ve kimyasal asitlerden etkilenmez. Çok iyi yalıtkandır. Endüstride dişli, yay, kam makarası, manivela kolu ve mil yatağı yapımında kullanılır.

3.1.3. Akrinitril Butadien Stiren

İyi mekanik özelliğe sahiptir. Isıya ve aşınmaya direnci yüksektir. İyi yüzey kalitesine sahiptir. İyi elektrik izolasyon maddesidir. Sudan ve rutubetten etkilenmez. Otomotiv endüstrisinde yaygın olarak kullanılır. Akrinitril Butadien Stiren (ABS) televizyon kabini, ayakkabı sektörü ve ev döşemeciliğinde de kullanılır.

3.1.4. Selüloz

Dayanımı yüksek fakat kırılmaya direnci azdır. Isıya dayanıklı ve elektriğe karşı iyi bir izolasyon maddesidir.

Dört ana gruba ayrılır.

- I. Selüloz Asetat (CA)
- II. Selüloz Asetat Bütürat (CAB)
- III. Selüloz Proprionit (CP)
- IV. Etil Selüloz (EC)

Çocuk oyuncaklarında, boru, hortum, direksiyon simidi, dolmakalem kapağı yapımında kullanılır.

3.1.5. Naylon

Bu plastikler poliyamid adını almaktadır. Poliyamidler kristalik yapıya sahiptirler. Çekme dayanımları yüksektir. Aşınmaya karşı dirençli ve sürtünme katsayısı azdır. Genellikle dişli, yatak, kam, kovan, makara yapımında kullanılır. Suya ve kimyasal maddelere dayanım, üstün elektrik yalıtkanlığı bakımından tercih edilir.

3.1.6. Polifenilen Oksit

İyi bir mekanik özelliğe sahiptir. Asit, su ve rutubetten etkilenmez ve iyi bir izolasyon maddesidir. Polifenilen oksit (PPO), pompa, vana, duş başlığı, filtre ve ev aletlerinde kullanılır.

3.1.7. Polikarbonat

Boyutlarında değişiklik olmayan en iyi plastiklerdendir. Çekme payı % 0.0125 mm dir. Elektrik iletkenliği yoktur. Bu nedenle iyi bir izolasyon malzemesidir. Polikarbonat (PC), pencere camı ev aletleri lamba kapakları ve reklam panolarında kullanılır.

3.1.8. Polietilen

Yoğunluğu en az olan termoplastik türündendir. Kırılmaya karşı direnci yüksektir. Polietilen asitlerden etkilenmez. Elektrik yalıtkanlığı iyidir. Polietilen (PE), ev eşyası, laboratuvar malzemeleri ve döşemecilikte kullanılır.

3.1.9. Polipropilen

Çekme direnci çok yüksektir. Kırılabilirliği azdır. Isıya karşı dirençlidir. Asitlere karşı dirençlidir. İyi bir izolasyon maddesidir. Polipropilen (PP), ev aletleri, laboratuvar malzemeleri, pedal yapımında kullanılır.

3.1.10. Polistiren

Üretimi kolay, mekanik özellikleri iyidir. Cam tozu ile güçlendirildiğinde çekme payı miktarı yok denecek kadar azdır. Polistiren (PS), ev eşyası, paketleme işlerinde, ışıklandırma panosu ve döşemecilikte kullanılır.

3.1.11. Polivinil Klorid

Kimyasal etkilere ve aşınmaya direnci fazladır. Kolayca renklendirilebilir. Yüksek sıcaklıklarda yumuşamaz. Polivinil klorid (PVC), elektrik bağlantı aletleri, plak, ev eşyası ve laboratuvar aletleri yapımında kullanılır.

3.2. Termosetler

Bir defaya mahsus olmak üzere ısıtıldığında istenilen biçimlendirmeyi elde ettikten sonra, yeniden ısıtıldığında eski biçimine dönüştürülemeyen plastik grubudur. Yan yana bağlı atom zincirleri, termoset plastik tekrar ısıtıldığında birbirleri üzerine kaymaz, yani atom bağları birbirini bırakmaz. Bu nedenle, termoset plastikler bir defa biçimlendirmeye tabi tutulurlar.



Şekil 3.2. Termoset plastiklerin moleküler yapısı [41]

3.2.1. Amin Plastikler

Toz halinde bulunan urea reçineleri tutkal olarak kullanılır ve çoğunlukla reçine tutkalı adı altında satılır. Aminler düşük frekanslı akımlar için iyi bir yalıtkandır. Ayrıca ısıya karşı dayanıklıdır. Suya ve kimyasal etkilere karşı direnç gösteren sert bir termoset türüdür. Banyo ve mutfak kaplamalarında, kontra plakların yapıştırılmasında kullanılır. Elektrikli aletlerde ve yemek takımlarının yapımında kullanılır.

3.2.2. Epoksiler

Epoksi reçineleri polyester ve epoksi grubunun kimyasal bileşimidir. İyi esneme ve çekme dayanımına sahiptir. Aşınmaya karşı dayanıklıdır. Tutkal, boya ve plastik levha yapımında kullanılır. Yüzey kaplaması ve elektrik aletlerinin yapımında kullanılır.

3.2.3. Fenolikler

Fenol ve formaldehitin kimyasal bileşimidir. Elektrik, ısı ve kimyasal özellikleri iyidir. Ancak koyu renkler elde edilebilir. Genellikle kutu, tüp endüstriyel makine kollarında elektrik kumandalarında yataklar ve kamlarda kullanılır.

3.2.4. Polyester

Bu plastiklerin çekme katsayısı çok fazla değildir. Serttir ısıya aşınmaya karşı dayanıklıdır. Elektrik iletkenliği hiç yoktur. Askeri amaçlarla uçak, gövde ve benzeri parçaların yapımında, kurşun işlemeyen zırhlarda, bavul çamaşır makinesi kazanı, buzdolabı parçaları yapımında kullanılır.

3.2.5. Silikatlar

Yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklıdır. Rutubete ve kimyasal etkilere karşı iyi direnç gösterir. Elektrikli aletler yapımında kullanılır.

3.2.6. Uretanlar

İyi bir yalıtkandır. Kimyasal maddelere karşı direnci yüksektir. Paketlemede, ev aletlerinde ve can kurtaran simidi yapımında kullanılır.

Aşağıdaki tabloda plastiklerin yalıtkanlık ve dayanım özellikleri yer almaktadır.

.Tablo 3.1. Plastiklerin dayanım ve yalıtkanlık özellikleri

		Yalıtkanlık		Dayanım		
		Elektrik	Isı	Çekme	Kırılma	Asit
TERMOPLASTİKLER	Akrilik	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi
	Asetal	Çokiyi	Çokiyi	Çokiyi	Çokiyi	Çokiyi
	ABS	İyi	Çokiyi	Çokiyi	Çokiyi	İyi
	Selüloz	İyi	Çokiyi	İyi	Kötü	İyi
	Naylon	Çokiyi	İyi	Çokiyi	Çokiyi	Çokiyi
	PPO	İyi	İyi	İyi	İyi	Çokiyi
	PC	Çokiyi	İyi	İyi	İyi	İyi
	PE	İyi	İyi	Çokiyi	Çokiyi	Çokiyi
	PP	İyi	İyi	Çokiyi	İyi	İyi
	PS	İyi	İyi	Çokiyi	İyi	İyi
	PVC	İyi	Çokiyi	Çokiyi	Çokiyi	Çokiyi
TERMOSETLER	Amin	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi
	Epoksi	Çokiyi	İyi	İyi	İyi	İyi
	Fenolik	İyi	İyi	Çokiyi	İyi	İyi
	Polyester	Çokiyi	İyi	İyi	İyi	İyi
	Uretan	İyi	İyi	İyi	İyi	İyi

Çeşitli tip polimerlerin tavsiye edilen kullanım özellikleri aşağıda tablo halinde verilmiştir

Tablo 3.2. Polimerlerin tavsiye edilen kullanım özellikleri [45]

AD	Eriyik Sıcaklığı (C)			Kalıp Sıcaklığı (C)			Çıkarma Sıcaklığı (C)
	Min.	Tavsiye Edilen	Max.	Min.	Tavsiye Edilen	Max.	Tavsiye Edilen
<u>ABS</u>	200	230	280	25	50	80	88
<u>PA 12</u>	230	255	300	30	80	110	135
<u>PA 6</u>	230	255	300	70	85	110	133
<u>PA 66</u>	260	280	320	70	80	110	158
<u>PC</u>	260	305	340	70	95	120	127
<u>PC ABS</u>	230	265	300	50	75	100	117
<u>PET</u>	265	270	290	80	100	120	150
<u>PP</u>	200	230	280	20	50	80	93
<u>PPE PPO</u>	240	280	320	60	80	110	128
<u>PS</u>	180	230	280	20	50	70	80
<u>PVC</u>	160	190	220	20	40	70	75

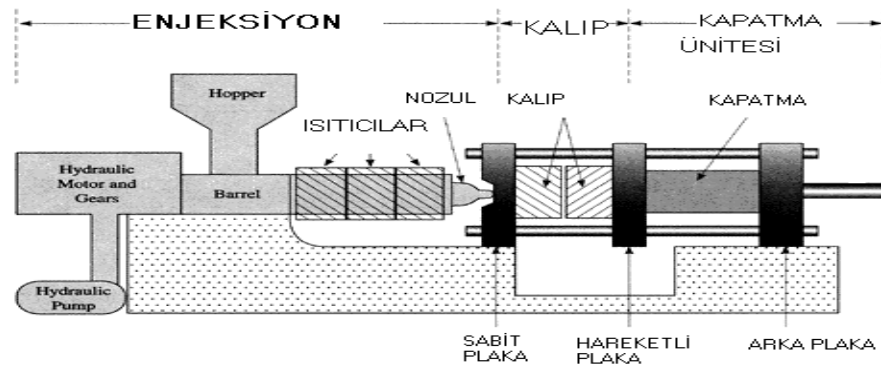
4. PLASTİK ENJEKSİYON MAKİNELERİ

Plastik enjeksiyon makineleri kullanma yerine göre uygunluğu belirlenir. Birçok faktör, kalıp tasarlanmadan önce makine dizaynına uygunluğu hesaba katılmalıdır. Kalıp tasarımının, makineye uygunluğunu seçerken ve işlemin tamamını anlamak için aşağıdaki faktörleri göz önünde bulundurmalıyız.

- Enjeksiyon baskısı yapılacak parçanın kullanım yeri,
- Kullanılan polimerin yapısı,
- Prosesten istenilen parça kalitesi ve üretim hacmi,
- Ekonomik olması.

Enjeksiyon baskı makinesi 3 ana bölüme ayrılır.

- Makine gövdesi
- Enjeksiyon ünitesi
- Kapatma ünitesi



Şekil 4.1. Plastik Enjeksiyon Makinesi

Makine gövdesi: Kilitleme ve enjeksiyon ünitesinin monte edildiği yerdir. Ana fonksiyonu boyutsal, dengeli, hassas ve kuvvetli olmasıdır. Modern makinelerin bu temel üniteleri, ağır çelik blokların yan plakalarla kaynaklanarak yapılmasıyla oluşur.

Enjeksiyon ünitesi: Bir enjeksiyon makinesinde plastik hammaddenin makineye alınması, alınan plastiğin ısıtılarak eriyik hale getirilmesi, yüksek basınç uygulayarak plastiğin kalıba doldurulması işlemlerini yapan çeşitli elemanlardan

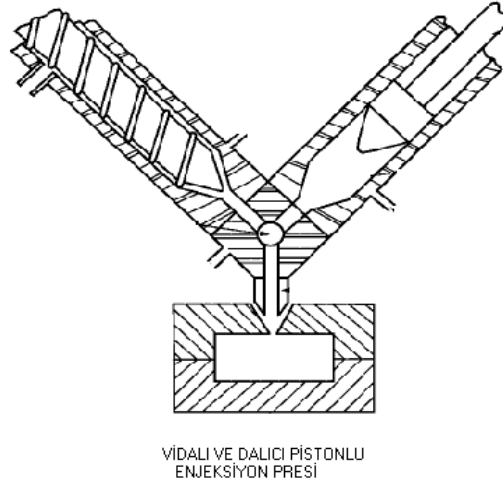
oluşur. Enjeksiyon makinesi ünitesinin temel fonksiyonları, polimer reçinesini eritmek ve hazırlamak, erimiş plastiği kalıba göndermektir [Bucaklıgil, 1999].

Enjeksiyon presleri genellikle üç değişik tipte yapılmıştır.

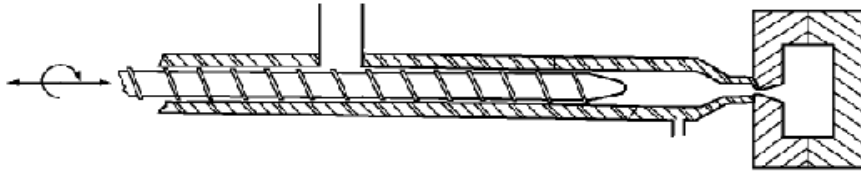
- Tek ve çift dalıcı pistonlu enjeksiyon presleri (Şekil 4.2).
- Vidalı ve dalıcı pistonlu enjeksiyon presleri (Şekil 4.3).

Dalıcı pistonlu enjeksiyon presleri, 450 gram kapasiteli ve 425 ton hidrolik kalıp sıkma üniteli preslerdir. Bu enjeksiyon presinin üzerinde bulunan huni içerisine , talaş veya boncuk halindeki plastik madde doldurulur. Besleme kanalı yardımıyla plastik madde enjeksiyon silindirin arka boşluğuna akar. Dalıcı piston, silindir içerisindeki plastik maddeyi sıkıştırır. Akışkan haldeki plastik madde, basınç ve sıcaklık altında kalıp boşluğuna enjekte edilir. Ancak vidalı enjeksiyon preslerine oranla, dalıcı pistonlu enjeksiyon preslerinin kalıplama hızı daha düşük ve basınç kaybı da fazladır. Bu nedenle, dalıcı piston ucundaki enjeksiyon basıncı, enjeksiyon memesi ucundaki basınçtan daha azdır. Vidalı enjeksiyon preslerinde ise silindir içerisinde ve enjeksiyon memesi ucundaki basınçlar aynıdır.

Çift dalıcı pistonlu enjeksiyon preslerinde, bir besleme silindiri aynı zamanda plastik madde ergitme silindiri ve enjeksiyon silindiri vardır. Besleme silindiri enjeksiyon silindirini sürekli besler. Vidalı ve dalıcı pistonlu enjeksiyon preslerinde vidalı enjeksiyon silindiri, plastik maddeyi ergitme ve enjeksiyon silindirini beslemektedir.



Şekil 4.2. Dalıcı pistonlu enjeksiyon presi



Şekil 4.3. Vidalı enjeksiyon presi

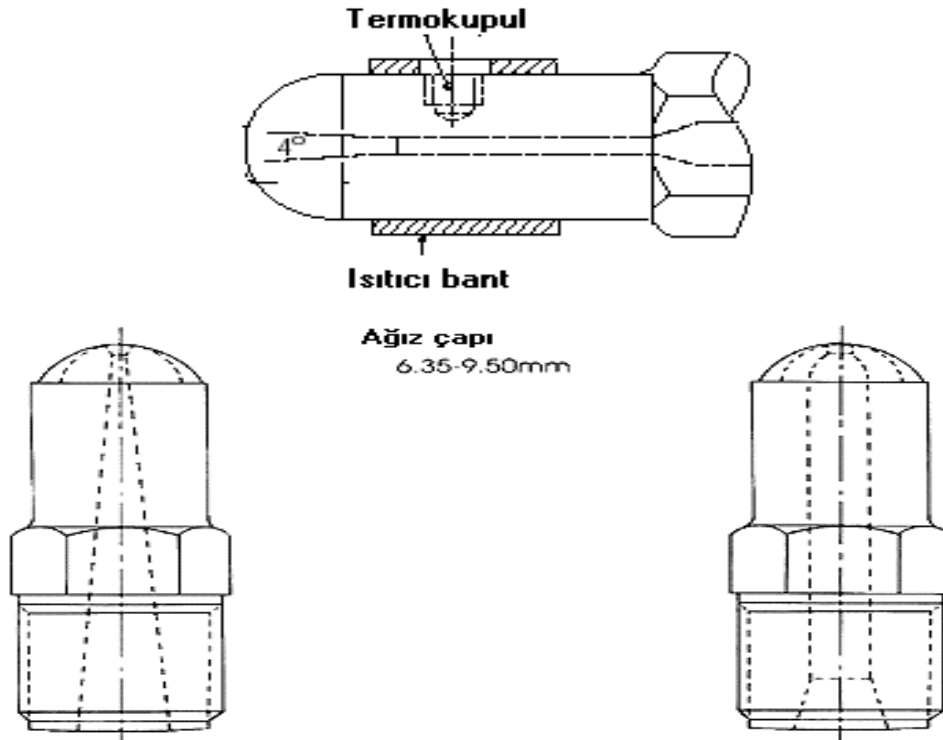
4.1. Enjeksiyon Memeleri

Enjeksiyon silindiri ile kalıp arasındaki plastik madde giriş yolu köprüsüdür ve aşağıdaki şekilde sınıflandırılır.

- Açma ve kapama vanası bulunmayan enjeksiyon memesi.
- İçerisinde yay baskılı açma ve kapama pimi bulunan enjeksiyon memesi.
- Ayırma vanalı enjeksiyon memesi.

Açık kanallı enjeksiyon memesi bulunan preslerde dalıcı piston veya vidalı mil, kalıplama işleminden sonra geri emiş yaparak arta kalan plastik maddenin enjeksiyon memesinden çıkmasını önler.

İçerisinde yay baskılı açma ve kapama pimi bulunan enjeksiyon memeli preslerde kalıplama yapılacağı zaman enjeksiyon basıncıyla yay baskısı yenilir ve yay açılır. Kalıplama sonunda silindir içersindeki basınç düşmesinden dolayı yay baskılı vana, enjeksiyon memesini kapatır ve plastik maddenin dışarı çıkmasını önler. Ayırma vanalı enjeksiyon memeleri genellikle vidalı enjeksiyon preslerinde kullanılır. Dönüş hareketi yapamayan vana, vidalı milin ileri geri hareketinden yararlanarak enjeksiyon memesinin açılmasını veya kapanmasını sağlar. Şekil 4.4'te çeşitli tipte enjeksiyon memeleri gösterilmektedir.



Şekil 4.4. Çeşitli tipte enjeksiyon memesi

Enjeksiyon basıncını sabit tutmak amacıyla vidalı milin dişleri, derinliğe konik olarak açılmıştır. Bu konikleştirme, vidalı mil ucu diş dibi çapından geriye doğrudur. Vidanın kalıplama bölgesi pompa görevi yaparak akışkan haldeki plastik maddeyi kalıp içersine iten kısımdır. Vida dayanımı, vida dönme hızı ve ilettiği güçle orantılıdır. Vidanın döndürme kuvveti artırıldığında vida tork kuvveti de artar. Genel

olarak vida adayanımı, vida karesinin küp kökü alınarak bulunur. Plastik madde sıcaklığının artmasına etki eden pek çok faktör vardır. Bütün değerler sabit tutmak kaydıyla vida dönüş sayısı artırıldığında plastik maddenin sıcaklığı da artar. Şekil 4.5'te enjeksiyon vidası gösterilmektedir. Şekil 4.5'te gösterilen simgelerin anlamları aşağıdadır.

D = Vida çapı,

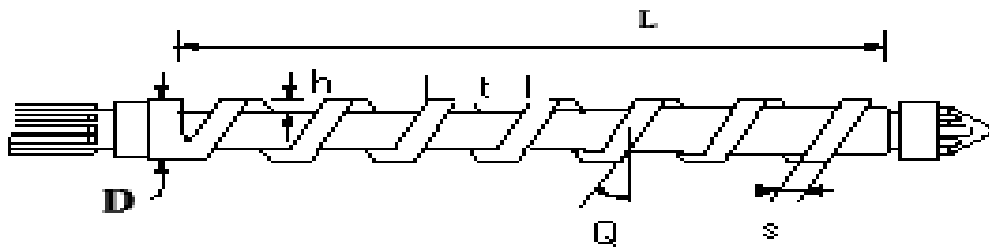
Q = Helis açısı,

S = Diş genişliği,

t = Vida adımı,

L = Vida boyu,

h = Vida diş derinliği

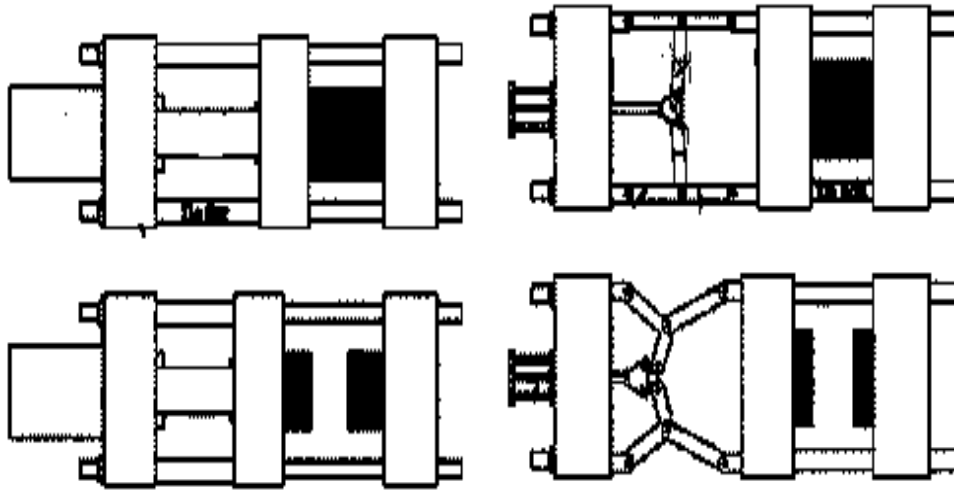


Şekil 4.5. Enjeksiyon vidası [42]

4.2. Enjeksiyon Presi Kalıp Sıkma Ünitesi

Enjeksiyon preslerinde kalıp sıkma aygıtı en önemli ünitelerden biridir. Bu tip preslerde iki değişik kalıp sıkma aygıtı kullanılmaktadır.

- Doğrudan hidrolik kalıp sıkma aygıtı,
- Hidrolik kumandalı mafsallı kollu kalıp sıkma aygıtı.



Şekil 4.6. Çeşitli tipte hidrolik sıkma mekanizmaları

Doğrudan hidrolik kalıp sıkma aygıtında silindir piston sistemi vardır ve piston mili ucuna hareketli kalıp sıkma plakası tespit edilmiştir. Kalıbın açılması, kapanması ve sıkma işlemi doğrudan hidrolik silindir-piston ve mafsal kolları yardımıyla yapılmaktadır. Bu tip kalıp sıkma aygıtlarında kuvvet iletme oranı 50:1'e kadar yükseltilebilmektedir. Doğrudan hidrolik kalıp sıkma aygıtında herhangi bir mekanik hareket olmadığı için kuvvet iletimi doğrudan silindir-piston gücüne bağlıdır.

4.3. Termoset Plastiklerin Enjeksiyon Metoduyla Kalıplanması

Termoset plastiklerden üretilecek parçaların, enjeksiyon kalıplama metoduyla kısa zamanda ve seri halde üretimi kolaydır. Termoset plastiklerin kalıplanmasında kullanılan enjeksiyon preslerindeki ısıtıcı silindir tasarımı, vidalı mil, enjeksiyon memesi ve pres kontrol ünitesi farklıdır. Aynı zamanda bu presler, termoset ve termoplastiklere göre ayarlanabilir konumda yapılmıştır. Enjeksiyon kalıplama metoduyla termoset plastik maddeden üretilecek parçanın silindir sıcaklığı, termoplastik enjeksiyon presleri silindir sıcaklığından daha düşüktür. Ancak, termoset plastiklerin kalıplama sıcaklığı daha fazladır. Termoset plastiklerin kalıplanmasında en çok tünel giriş kanallı kalıplar kullanılmaktadır. Ancak, başarılı bir kalıplama işleminin yapılabilmesi, tünel giriş kanalın eğim açıları ve yerleşimi, itici pimler, plastik maddenin cinsi ve kalıplanacak parçanın biçimine bağlıdır. Tünel giriş kanalındaki merkez açısı çok fazla olduğu zaman artık plastik maddenin çıkartılması zorlaşır. Giriş kanalı açısı çok az ve derinliğinin fazla olması halinde, giriş kanalının temizlenmesi mümkün değildir. Bu nedenle tünel giriş kanalı eğim açıları çok önemlidir. Genellikle tünel giriş kanallı kalıplarda merkez açısı 25-30 derece ve giriş kanalı açısı 30-35 derece arasında tutulur.

4.4. Termoplastiklerin Kalıplanması

Enjeksiyon kalıplama metoduyla akışkan hale gelen plastik madde kalıp içersine enjekte edilir. Plastik malzeme katılaşınca kalıp otomatik olarak açılır ve parça kalıptan alınır.

Kalıp tasarımı enjeksiyon presi, kalıp yapımcısı ve kalıbı kullanacak operatörün çalışma şartları göz önünde bulundurularak yapılır. Ayrıca kalıplama toleransı, çekme payı miktarı, kalıp boşluğunun yüzey kalitesi ve kalıplanacak plastik maddenin diğer özellikleri de göz önünde bulundurulur. Mümkünse, tasarımı yapılacak kalıpla üretilecek parçanın bir modeli yapılır. Model olarak plastik, metal, alçı, kil, ağaç, karton, kağıt veya diğer malzemelerden yararlanılır.

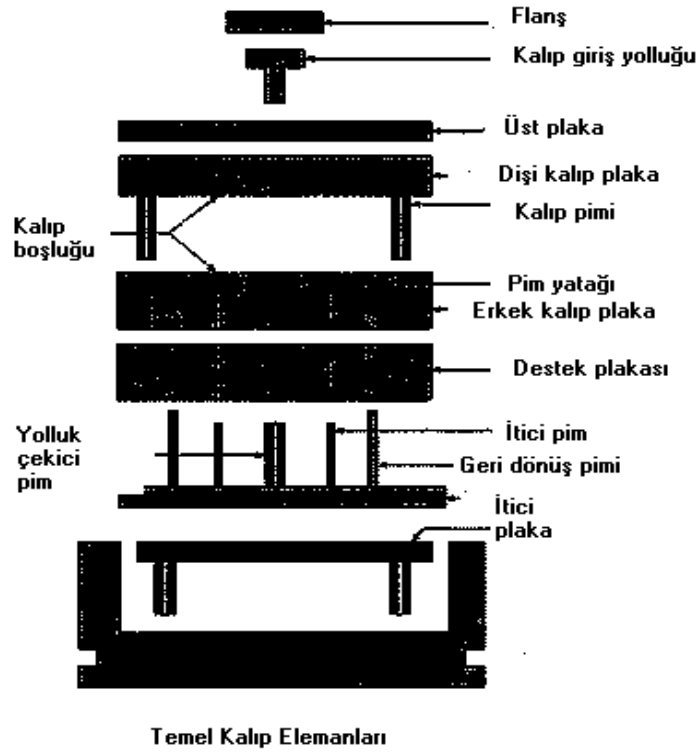
Kalıp tasarımı yapılırken takip edilecek işlem basamakları dört ana gruba ayrılır.

- Teorik ve teknik bilgileri kapsayan mühendislik bilgisi,
- Kalıbın yapımı,
- Üretimin sürekliliği,
- Üretilen parçanın kalitesi.

Bu işlem basamaklarından uzak kalıp tasarımıda meydana gelebilecek hatalar belirtilmeli ve ilgili bölümün görüşü alındıktan sonra yapılacak değişiklikler kalıba uygulanmalıdır. Bunlar genellikle kalıp malzemesini, maça pimlerini, kalıp açılma çizgisini, yolluk dağıtıcı ve giriş kanallarını, itici pimleri, kalıp sıcaklığını kontrol eden kanalların ölçülerini ve yerleşim planı, hava tahliye kanallarını ve özelliklerini içermektedir. Üretimi yapılacak parça ve kalıp tasarımı, kalıp elemanlarının yapımı ve kalıplama işlemi aynı atölyede yapılıyorsa, kalıbın denenmesi, üretilen parçanın kalite kontrolü ve meydana gelebilecek hataların yerinde görülmesi mümkündür. Ancak, tamamen donatılmış bir atölyenin ve her yönüyle bilgi ve beceriye sahip operatörün bulunamayışı nedeniyle hatasız bir kalıbın yapımı oldukça zordur.

5. Kalıp Elemanları

Dişi kalıp, zımba, maça veya maça pimi, itici pimler, dişi kalıp ve zımba çerçevesi, yolluk burcu, kalıp seti ve gövdesi ve benzeri elemanlardır.



Şekil 5.1. Kalıp elemanları

5.1. Yolluk Burcu ve Yerleştirme Bileziği

Yerleştirme bileziği, sabit veya hareketli kalıp yarımı üzerindeki yolluk burcu ile enjeksiyon memesinin aynı merkezde çalışmasını sağlar. Yolluk burcunun plastik giriş ağzı içbükey küresel yüzlü yapılarak, dışbükey küresel yüzlü enjeksiyon memesine uyması sağlanır. Ayrıca yolluk burcunun plastik giriş ağzı kavis yarıçapı, enjeksiyon memesi ucu kavis yarıçapından biraz büyük yapılır ve burç ağzında sertleşen artık plastik maddenin enjeksiyon memesi oturma yüzeyinde kalması önlenir.

5.2 Bağlama Plakaları ve Kılavuz Pimleri

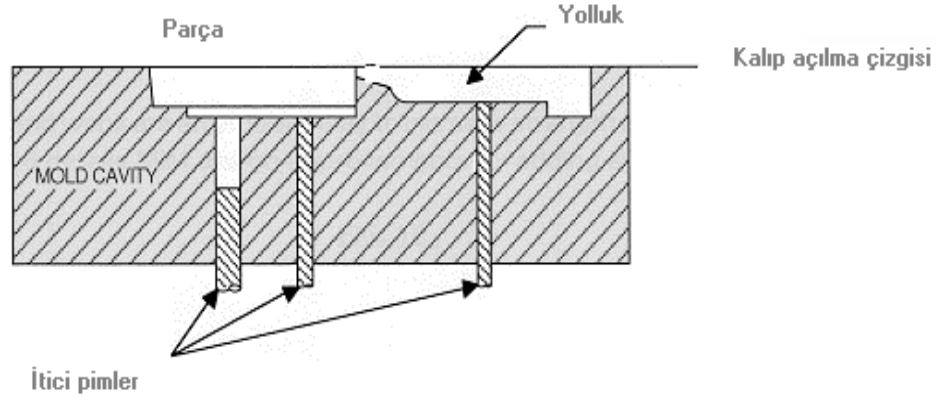
Kalıplama boşluğunu oluşturan kalıp yarımının desteklenmesinde kullanılan kalıp elemanlarındandır. Kalıp dayanımını artırmak amacıyla kullanılabileceği gibi, kalıp elamanlarının montajını da kolaylaştırmaktadır.

Kalıp yarımının aynı konumda açılıp kapanmasın sağlamak amacıyla ara plakalarının veya kalıba iki ile dört adet kılavuz pimi ve burcu yerleştirilmiştir. Kılavuz buręları, kılavuz pimleri üzerinde sũrtũnerek çalışır ve kalıp elemanlarını konuma getirir. Kalıbın çalışma kurs boyu göz önũnde bulundurularak kılavuz pim boyları seçilir.

Seri çalışan kalıplarda kullanılan kılavuz pimi ve buręları zamanla aşınabilir. Aşınma sonucunda meydana gelecek boşluğun iki katı hatta, kalıplanan parçaya doğrudan yansır. Bu nedenle, zamanla aşınan kılavuz pimi ve burcu yenisi ile değiştirilmelidir.

5.3. İtici Pimler, Buręlar ve Plakalar

İtici pimler genellikle krom vanadyumlu çeliklerden veya nitrasyon çeliklerinden yapılırlar. Ayrıca 0,1-0,175 mm derinliğinde ve 70-80 HRC sertliğinde yüzey sertleşme işlemine tabi tutulur. İtici pimlerin çalışma yüzeyleri honlanır ve çap ölçüsü 0,125 mm fazla yapılmak suretiyle aşınmış itici pim buręlu kalıplarda kullanılır. İtici pimplere desteklik yapar ve aynı konumda çalışmasını sağlar. Ayrıca itici plakalar, çekme pimlerinin yataklanmasında kullanılır. Böylece, yolluk çekici ve benzeri çekme pimlerini, çalışma süresince meydana gelebilecek zorlamalardan korur. İtici pimler gibi çalışan itici buręlar da, kalıplanan parçanın kalıp içersinden çıkartılmasında kullanılan kalıp elemanlarındandır. Bunlar düz fatura başlı veya fatura başlı kademeli olarak yapılırlar. Kalıplanan parçanın bütün yüzeyinden itilerek kalıptan çıkartılmasında kullanılır.



Şekil 5.2. İtici pimler [43]

5.4. Destek Plakaları

Büyük hacimli kalıplarda üretilen parçaların kalıp içersinden çıkartılmasında kullanılan itici pim, burç ve plakalarının desteklenmesinde kullanılan ilave kalıp elemanlarındandır. Ayrıca bu plakalar, kalıp yarımlarının desteklenmesinde de kullanılır. Desteklenmemiş itici pim ve plakalar, çarpıldığı veya şekil değiştirdiği zaman dişi kalıp veya maça pimlerinin konumu ile itici pimlerin çalışma konumu değişir. Bu da kalıptan çıkartılacak parçanın kırılmasına sebep olur. Bu nedenle kalıp sıkma kuvveti fazla olan preslerde kalıplama alanına uygun destek plakası boyutlarına bağlı olarak toplam kalıplama alanı bulunur.

Destek plakası kuvveti ve kalıplama alanı aşağıdaki formülle bulunur [Uzun,1984].

$$F = 8 J \sigma_b / C \quad \dots \dots \dots (5.1)$$

$$J = Lh^2 / 6 \quad \dots \dots \dots (5.2)$$

$$A = F/P \quad \text{veya} \quad A = 1.6 h^2 L / C \quad \dots \quad (5.3)$$

F= Destek plakası kuvveti, N

J= Destek plakası dayanım momenti, m³

A= Toplam kalıplama alanı, m²

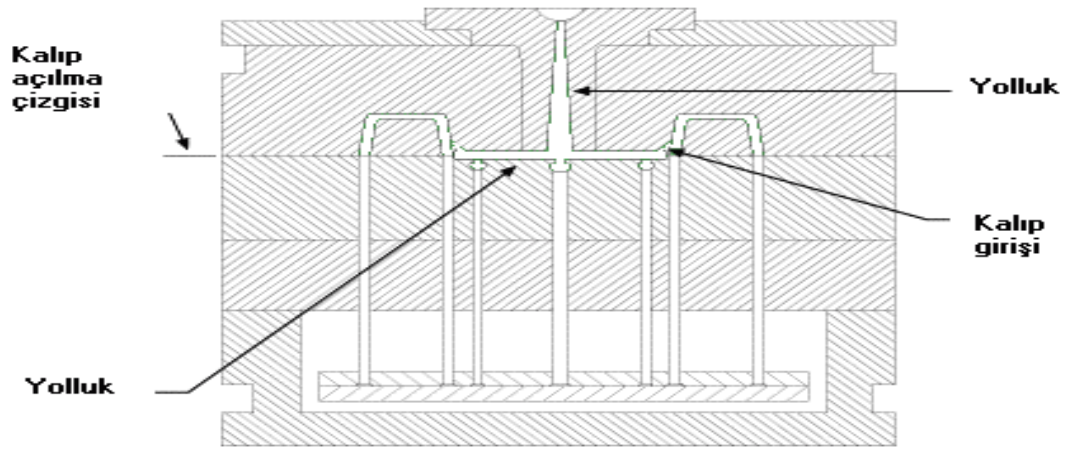
σ_b = Destek plakası eğilme gerilimi, kg/m²

C = Destekler arasındaki uzaklık, m

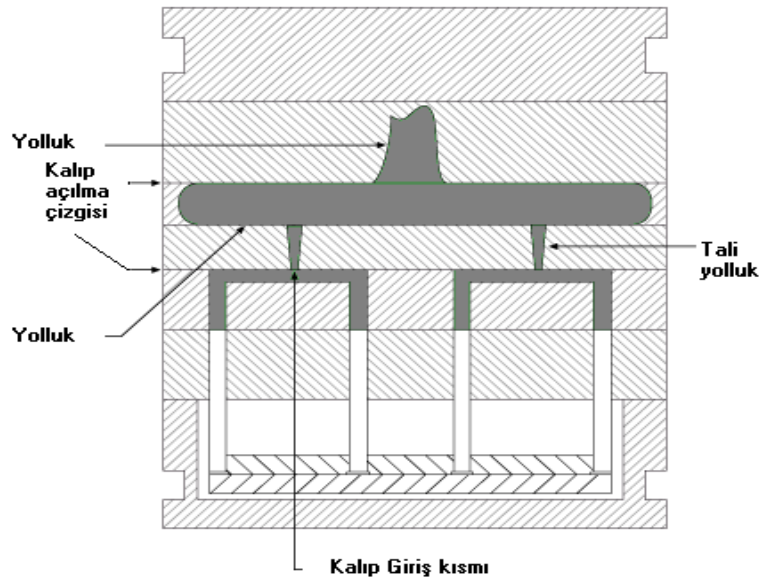
h = Destek plakası kalınlığı, m

L = Destek plakasının boyu, m

P = Destek plakasına etki eden plastik kalıplama basıncı, kg/ m²



Şekil 5.3. İki plakalı kalıp



Şekil 5.4 Üç plakalı kalıp

6. KALIP TASARIMI

6.1. Kalıp Açılma Çizgisi

Kalıp yarımalarının açılıp kapandığı ve kalıplanan parçanın açılma düzlemi üzerinde meydana gelen çizgiye, kalıp açılma çizgisi denir. Kalıplanacak parçanın biçim ve boyutlarına göre kalıbın birden fazla açılma çizgisi bulunabilir. Açılma çizgisi sayısına göre de kalıplar birkaç parçaya ayrılır. Ayrıca kalıplanacak parçanın biçimi, üretim sayısı, parçaya verilecek eğim açısı, boyutsal toleranslar, enjeksiyon kalıplama metodu, parçanın estetik görünüşü, ön kalıplama işlemleri, parça içine konacak plastik taşıyıcılar, hava tahliye kanalı, parça kalınlığı, kalıplama boşluğu sayısı ve yerleşim planı ve giriş kanalı tipine göre kalıp açılma çizgisi sayısı belirlenir.

Kalıplanan parçanın kalıp içersinden kolayca çıkartılması için kalıplama boşluğu, kalıp açılma çizgisine doğru bir miktar konikleştirilir. Kalıplama derinliği az olan kalıplarda, kalıplama boşluğundan kalıp açılma çizgisine doğru $1/4 - 1/2$ derece arasında, derinliği fazla olan kalıplarda bu miktar parçanın estetik görünüşünü bozmayacak şekilde 1 dereceye kadar verilebilir. Tek açılma çizgisi bulunan kalıplar, alt ve üst yarımalarından oluşan ve tek açılma çizgisi bulunan kalıplardır. Bu tip kalıplara uygulanacak ısı kontrol kanalları, destek plakalarına veya dişi kalıpla zımba içerisine açılır. Destek plakalarına açılan kanallar kalıbın soğutulmasında, dişi kalıp ve zimbaya açılan kanallar ise kalıbın ısıtılmasında kullanılır. İki açılma çizgisi bulunan kalıplar üretim sayısını artırmak amacıyla birden fazla kalıplama boşluğu bulunan kalıplarda iki açılma çizgisi yapılabilir. Bu tip kalıplarda dişi kalıp veya zımba, çift yönlü kalıplama işlemini görür. Kalıp dayanımını artırmak için esas kalıp elemanları, destek plakalarıyla takviye edilir. Ayrıca, kalıplar içersine ısıtıcı veya soğutucu kanallar da açılabilir. Üç açılma çizgisi bulunan kalıplar: Bir merkez çevresinde çoklu kalıplama boşluğu bulunan kalıpların genellikle üç kalıp açılma çizgisi bulunur. Ayrıca değişik profilli parçaların kalıptan çıkartılabilmesi için de en az iki veya üç açılma çizgisinin bulunması gerekmektedir. Bu nedenle, çoklu veya değişik profilli parçaların üretilmesinde kullanılan kalıplarda

üç açılma çizgisi bulunur. Aksi halde, parçanın kalıptan çıkartılması veya artık plastik maddenin alınması zorlaşır ve kalıplama işlemi tam olarak yapılamaz.

6.2. Açılı Pimler ve Kam Blokları

Kayma hareketli pek çok plastik hacim kalıpları vardır. Bu kalıpların açılma ve kapanma hareketi, açılı pimler yardımıyla sağlanır. Genellikle kademeli parçaların kalıplanmasında veya maça piminin dışarı çekilmesinde, açılı konumda yerleştirilen kılavuz pimli veya kam bloklu kalıplar kullanılır.

Kayma hareketli kalıp elemanlı, kalıp eksenine dik olarak yana doğru açılır veya çevreden merkeze doğru kapanır. Bu kayma hareketi kalıp elemanlarının açılma ve kapanma uzaklığı, kayma hareketini yapan pimlerin eğim açılarına bağlıdır. Ayrıca bu eğim açısı, kalıplanan parça biçimine ve üzerindeki kademeli çıkıntıların kalıplama konumuna bağlıdır.

Kayma hareketli kalıp elemanları genellikle;

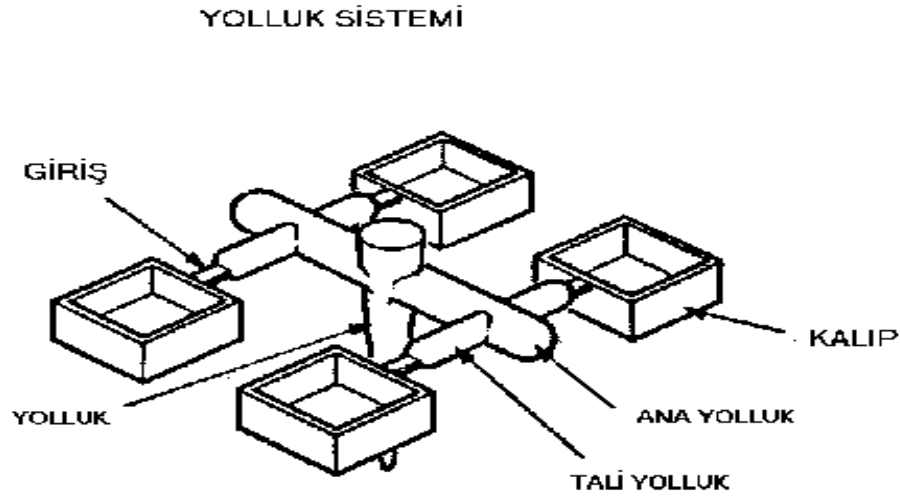
- 1- Sabit kalıp yarımı üzerindeki kayma hareketli dişi kalıp veya zımba, hareketli kalıp yarımı üzerine yerleştirilen açılı pimler veya kam blokları yardımıyla hareket ettirilir.
- 2- Hareketli kalıp yarımı üzerindeki kayma hareketli dişi kalıp veya zımba, sabit kalıp yarımı üzerinde yerleştirilen açılı pimler veya kam blokları yardımıyla hareket ettirilir.
- 3- Kayma hareketli dişi kalıp, zımba veya maça pimi çekicileri, itici mekanizmalar yardımıyla hareket ettirilir.
- 4- Yana açılan kayma hareketli kalıp elemanları, elle çalışan kramayer ve dişli sistemi yardımıyla hareket ettirilir.

Kayma hareketli dişi kalıp ve dişi kalıp çerçevesi konik olarak işlenmiştir. Konik yüzeyli dişi kalıp çerçevesi, kalıp yarımalarının kapanmasını sağlar. Kalıp açıldığında açılı pimler dişi kalıp yarımalarını yana doğru açar. Diğer bir kayma hareketli kalıp ise parmak kamdır. Kalıp eksenine doğrultusunda birim mesafe kadar açılınca, dişi kalıp yarımaları yana doğru açılma yapmaz. Kam etkili kalıplar genellikle enjeksiyon kalıplama metodunda uygulanır. Maça pimi çekicili ve ilave çıkıntılı kalıplarda kam etkili kalıp elemanları kullanılır. Bazı kam etkili kalıplarda

kullanılan itici pimler, kalıplanan parçanın biçimlendirilmesinde ve kalıptan çıkartılmasında kullanılmaktadır. [Uzun, 1984]

6.3. Yolluk Sistemi

Yolluk sistemi plastik ünitesinden gelen ergimiş malzemenin kalıp boşluklarına sevk edilmesini sağlar. Yolluk sistemi, yolluk girişi, yolluklar (ana ve tali yolluklar) ve parça girişinden oluşur. Yolluk girişi literatürde sprue olarak geçer. Enjeksiyon memesinden gelen eriyik plastiği yolluk dağıtım kanallarına ileten besleme kanalıdır. Yolluklar (runner) ana ve tali yolluktan oluşur. Yolluktan gelen plastiğin kalıp boşluğuna geçmesini sağlayan kanallardır. Yolluk girişi (gate) plastik malzemenin kalıp boşluğuna girdiği ve değişik tiplerde olabilen bir geçit veya yoldur.



Şekil 6.1. Yolluk sistemi

Standart yolluklar doğrudan kalıp plakaları üzerine açılırlar. Yolluk içindeki malzeme enjeksiyondan sonra katılır ve her çevrimden sonra parça ile birlikte

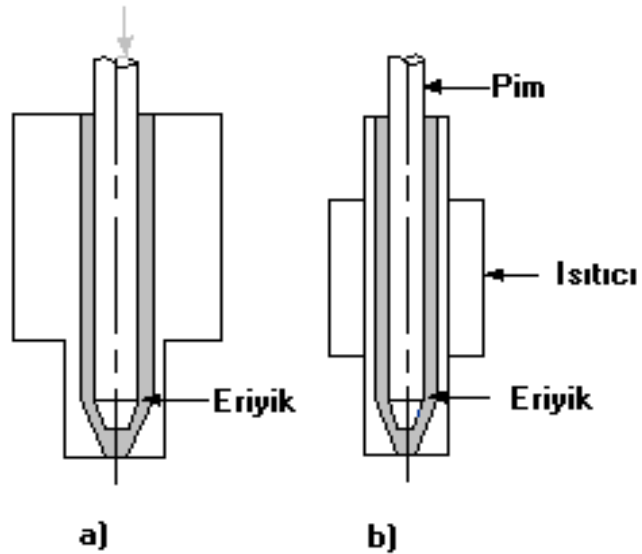
kalıptan çıkartılır. Termoplastiklerin yollukları kırma makinelerinde kırılarak tekrar hammadde olarak kullanılırlar.

Sıcak yolluk sistemlerinde, manifold içindeki yolluklar ergimiş malzemeyi lüleden kavite girişlerine kadar sıcaklık kaybı olmadan taşırlar. Termoplastik malzeme sıcak yolluk içinde sıvı olarak kalır. Bu yüzden yolluğun kalıptan çıkarılmasına gerek yoktur ve bir sonraki çevrim için kullanılmaya hazırdır.

Sıcak yolluk sistemi enjeksiyon ünitesinin kalıp içindeki uzantısı olarak görülebilir. Sıcak yolluğun avantajları şunlardır:

- Yalnızca baskının soğutulması gerektiğinden, baskı süresinin azaltılması.
- Yolluk sistemi olmadığı için geri dönüşüm işlemi de yapılmaz. Malzeme ve zaman tasarrufu sağlanır. Geri dönüşüm malzemesi besleme sistemine ilave edilmediğinden üretim miktarında, üretim esnasında sabitlik sağlanır.
- Baskı sonrası işlemlere ve ilave işçiliğe ihtiyaç yoktur. Çünkü yollukları koparmaya ihtiyaç yoktur, böylece tasarruf sağlanır.
- Baskı esnasında, kalıp doldurma esnasında polimer akışında çok iyi kontrol sağlanır.

Kartuş ısıtıcı



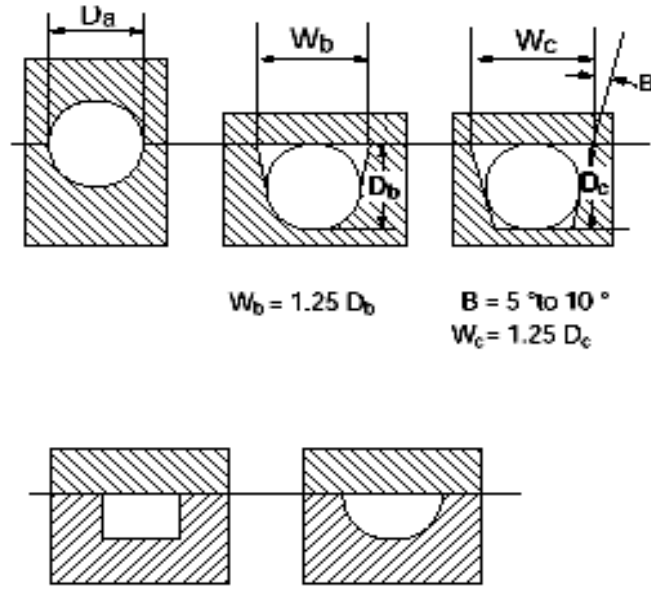
Şekil 6.2. Sıcak yolluk sistemi

Yüksek miktardaki baskının, düşük maliyetle üretilmek istenildiği durumda, sıcak yolluk sistemi ideal çözüm sunar.

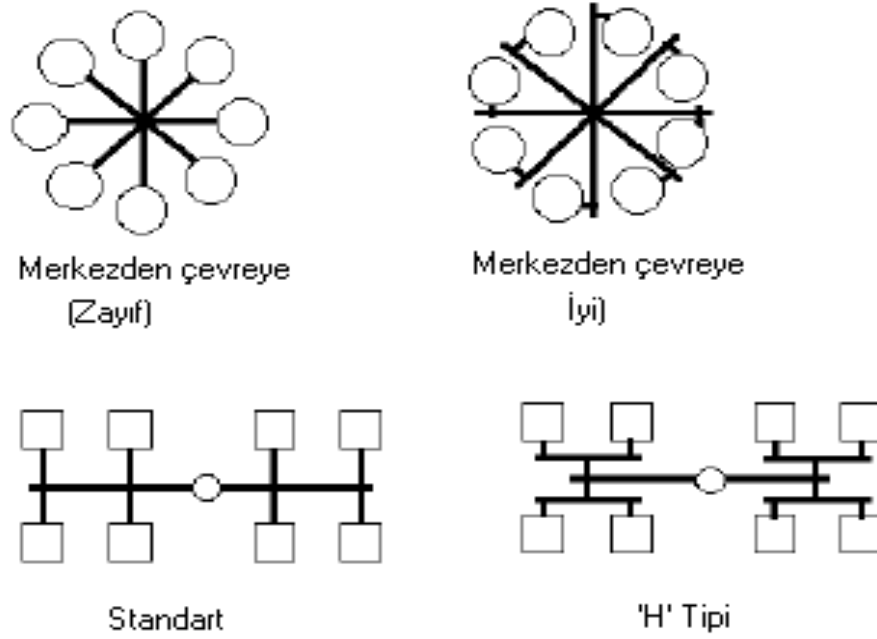
6.4. Dağıtıcı Kanallar

Dağıtıcı kanallar, yolluk ve giriş kanalı arasındaki bağlantı kanalıdır. Dağıtıcı kanalların biçim ve boyutları, kalıp tasarımında düşünülmesi gereken en önemli kısımlardan biridir. Enjeksiyon basıncı kaybını en aza indirecek ve plastik maddenin akışına hız kazandıracak boyutlarda olmalıdır. Bazı kalıplama işlemlerinde, dağıtıcı kanalların yeniden taşlanması ve kullanılması düşünülebilir. Dağıtıcı kanalların yeniden taşlanması ve kullanılması kalıp maliyetini, malzeme sarfiyatını ve zaman kaybını artırır. Ayrıca, kalıplanan parçanın fiziksel özelliklerini de etkiler. Bu nedenle, kalıp tasarımı yapılırken dağıtıcı kanalların biçim ve boyutları da beraber tasarlanır.

En çok kullanılan dağıtıcı kanalların kalıp açılma çizgisi üzerindeki kesit görünüşü daire, yarım daire, trapez ve dikdörtgen biçimindedir. Dairesel kesitli dağıtıcı kanallar, basınç ve sıcaklık kaybını önleyen en iyi yolluk ve giriş bağlantı kanalıdır. Trapez kesitli dağıtıcı kanallar genellikle kalıp yarımlarından birine açılır. Bu tip dağıtıcı kanallar en çok üç plakalı ve yuvarlak kesitli dağıtıcı kanalların açılması mümkün olmayan kalıplara açılır. Diğer yarım yuvarlak ve dikdörtgen kesitli dağıtıcı kanallar tercih edilmezler. Tercih edilen dağıtıcı kanalların kalıp içerisindeki yerleşim konumu, kalıplama dengesine uygun olmalı veya kalıplama işlemini dengeleyici yönde olmalıdır.



Şekil 6.3. Dağıtıcı kanal tipleri [42]



Şekil 6.4. Yolluk sistemleri

Dengeli yerleştirilmiş dağıtıcı kanallar. Yolluktan düzgün hızda gelen plastik maddeyi, yolluktan eşit uzaklıktaki ve aynı ölçülerdeki kalıplama boşluklarına aynı hızda iletirler. Çoklu kalıplama boşluğu bulunan kalıplarda, bütün boşlukların aynı anda doldurulması veya plastik maddenin bütün boşluklara aynı oranda akması gerekmektedir. Kalıplama boşluklarına akan plastik madde oranı farklı ise bazı

kalıplama boşlukları boş kalacak ve kalıplama işlemi tam olarak yapılamayacaktır [Dubois, 1987] .

Plastik maddenin akış uzaklığı eşit ise, bazı kalıp yapımcıları dengelenmiş veya ‘H’ tipi dağıtıcı kanal sistemini tercih eder. Ancak, bu her zaman mümkün olmayabilir ve plastik madde giriş kanalı yakınlarında donabilir. Bunu önlemek için kanal civarına ısıtıcı sistem yerleştirilir. Böylece, yolluktan gelen plastik maddenin sıcaklığı sabit tutulur.

Dağıtıcı kanal ölçüleri, kalıplanacak plastik maddenin cinsi ve parça boyutlarına bağlıdır. Yapışkanlığı az olan maddenin kalıplanmasında, yolluk burcu ile kalıplama boşluğu arasındaki uzaklık 125 mm’nin altında ise 3-6,5 mm çapında dairesel kesitli dağıtıcı kanallar kullanılır. Büyük hacimli parçaların kalıplanmasında bu değerler 8-9,5 mm çapa kadar artırılabilir. Yapışkanlığı fazla olan plastik maddeler için kalıba açılacak dağıtıcı kanal ölçüleri de dairesel kesitli ve 10 mm çaplıdır. Ancak dağıtıcı kanal çapları, verilen ölçülerden küçük açılıp denenerek verilen değerlere yaklaşık ölçülerde tanımlanır. Aksi halde, büyük çaplı dağıtıcı kanalın daha küçük çapa düşürülmesi mümkün olamaz.

6.5. Giriş Kanalları

Dağıtıcı kanal ile kalıplama boşluğunu birbirine bağlayan belli biçim ve boyutlardaki kanallara, giriş kanalı denir. Giriş kanalları, yeterli miktardaki plastik maddenin kalıplama boşluğuna girmesini ve kalıbı doldurmasını sağlar. Ayrıca, kalıplanan parçanın çekme payını bir miktar önler. Giriş kanallarının boyutları, tipi ve yerleşim planı kalıplanacak parçaya etki ederek fiziksel özelliklerini değiştirir. Bu nedenle giriş kanalı boyutları, kalıplanacak plastik maddenin cinsine kalıplama hacmine, dağıtıcı kanal boyutlarına ve enjeksiyon basıncına göre seçilir. Giriş kanalları, doğrudan giriş kanalı ve sınırlandırılmış giriş kanalı olmak üzere ikiye ayrılır.

6.5.1. Doğrudan Giriş Kanalları

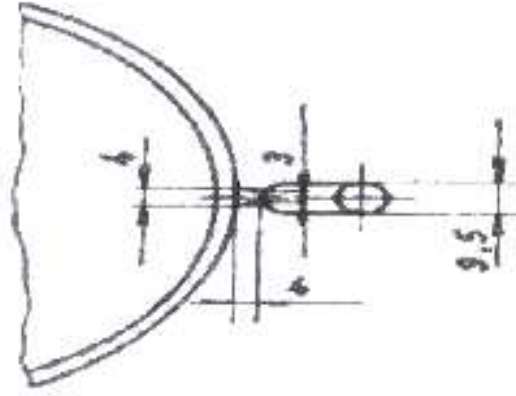
Genellikle kesit alanı büyük olan giriş kanallarıdır (Şekil 6.5 ve Şekil 6.6). Bu tip giriş kanalları termoplastiklerin kalıplanmasında ve aşağıdaki amaçlar için kullanılır.

- 1- Dağıtıcı kanalı bulunmayan iki plakalı kalıplarda uygulanan yolluk beslenmeli giriş kanalı,
- 2- Akrilik ve benzeri yüksek viskoziteli plastiklerin giriş kanalı,
- 3- Maksimum kalıplama basıncını iletmek amacıyla derinliği ve ya kalınlığı fazla ve simetrik olmayan kalıplama işlemlerindeki giriş kanallarında kullanılır.

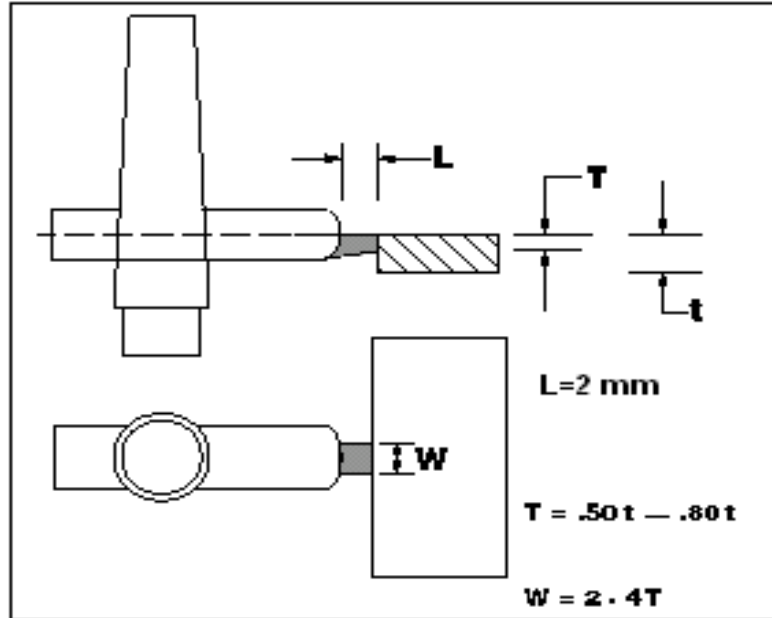
Çoklu kalıplama işlerinde kullanılan kalıpların her kalıplama boşluğuna giriş kanalı açılır. Bu giriş kanalı çeşitli kesit tiplerindedir ve en küçük kesit alanı $1.6 \times 1.6 \text{ mm}^2$ 'dir. Doğrudan giriş kanalları genellikle, yandan kenar giriş veya üstten kenar giriş kanallarıdır. Bu kenar giriş kanalları yarım yuvarlak, kare veya dikdörtgen ve bazen de trapez kesitli olarak açılır.

W, kanal genişliği, erimiş plastiğin akma şekline parça girişinde etki eder. Giriş uzunluğu yolluk girişindeki basınç düşmesine etki eder. Giriş derinliği yolluktan geçen plastiğin plastik miktarına etki eder. Kenar giriş kanalı en basit giriş dizaynıdır ve kolayca işlenebilir. Kullanım alanı sınırlıdır, çünkü bu dizaynın kalıp doldurma karakteristiği iyi değildir. Kenar yolluk girişi, eğer parçada çok iyi kalite veya estetik aranmazsa kullanılır.

Doğrudan giriş kanalı genellikle radyo kabini, tepsi, dikdörtgen kutu, çanak ve benzeri parçaların üretiminde kullanılan kalıplara uygulanır. Çoklu kalıplama işlemlerinde kullanılan kalıpların her kalıplama boşluğuna giriş kanalı açılır. Bu giriş kanalları yarım daire, dikdörtgen veya kare kesitlidir. Doğrudan giriş kanalları genellikle, yandan kenar giriş veya üstten kenar giriş kanallarıdır. Bu giriş kanalları yarım yuvarlak kare veya dikdörtgen bazen de trapez kesitli olarak açılır.



Şekil 6.5. Doğrudan kenar girişi



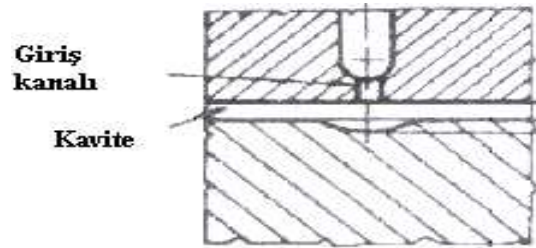
Şekil 6.6. Kenar giriş kanalı [42]

6.5.2. Sınırlandırılmış Giriş Kanalları

Bu tip giriş kanalları genellikle kenar veya merkezden beslenmelidir. Şekil 6.7'de merkezi giriş kanalına örnek verilmiştir. En çok serbest akışlı ve düşük viskoziteli plastik maddelerin kalıplanmasında kullanılır. Sınırlandırılmış giriş kanallarının kullanılma gerekleri şunlardır:

- 1- Kalıplama işleminden sonra giriş kanalındaki artık plastik maddenin kısa sürede donması gerekiyorsa,
- 2- Erken donması gereken giriş kanalları,
- 3- Kalıplanacak parçanın estetik görünüşü bozulmayacaksa, sınırlandırılmış giriş kanalları kullanılır.

Sınırlandırılmış giriş kanalları normal olarak 0.75- 1.5 mm çaplı veya kesit alanı bu çaplara uygun dikdörtgen ve kare kesitli olarak yapılır. Giriş kanalı boyu, yaklaşık olarak giriş kanalı çapında veya derinliğinde yapılır. Sınırlandırılmış giriş kanalında, dağıtıcı kanal çapının giriş kanalı çapına oranı $(D/d) = 4.5$ olmalı. Bu orana göre dağıtıcı kanal kesit alanının giriş kanalı kesit alanına oranı yaklaşık 20:1 olmalıdır. Dikdörtgen kesitli giriş kanalları tercih edildiğinde yine aynı oran uygulanır ve giriş kanalının genişliği, derinliğinin 2.5 katı kadar alınır.



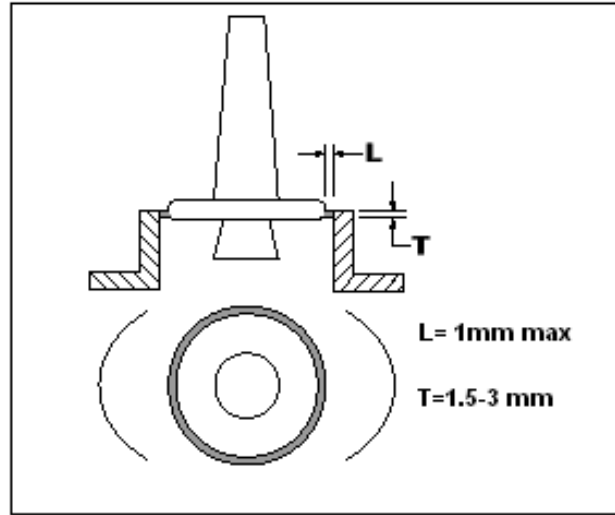
Şekil 6.7. Merkezi giriş kanalı [Uzun, 1984]

İki plakalı kalıplarda dağıtıcı kanal, kalıp yarımlarından birine yarım daire, dikdörtgen veya kare kesitli olarak açılır. Buna bağlı olarak giriş kanalı da yarım daire, dikdörtgen veya kare kesitli olarak kalıp yarımlarından birine açılır. Plastik maddenin kalıp içersindeki fışkırma etkisini azaltmak amacıyla kenardan veya merkezden giriş kanalı açılır. Bazen de plastik maddenin fışkırtma etkisini azaltmak için kalıp içersine yön değiştirme plakaları yerleştirilir.

Otomatik kalıplama işlemini ve giriş kanalının koparılmasını kolaylaştırmak amacıyla kanalı, kalıplama boşluğuna doğru konikleştirilir. Bu tip giriş kanallarındaki artık plastik kırılırken veya kesilirken sert plastikten kalıplanan ince kesitli parçaların da kırılması veya çatlaması önlenmiş olur.

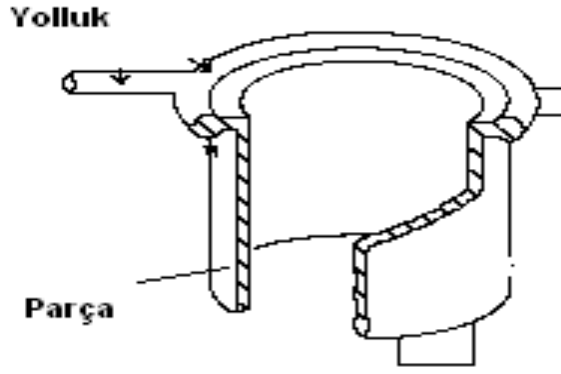
Kalıp merkezindeki yolluktan gelen plastik maddeyi çevredeki kalıp boşluklarına dağıtan giriş kanalına disk giriş kanalı denir. Bu tip giriş kanalları, doğrudan yolluktan aldığı plastik maddeyi kalıplama boşluğuna iletir. Derinliği 0.4 - 0.65 mm arasındaki dikdörtgen kesitli giriş kanalları kullanılır. Disk giriş kanalları genellikle aşağıdaki amaçlar için kullanılır.

- 1- Düz boru veya içi boş kap biçimindeki simetrik parçaların elle kalıplama işlemlerinde,
- 2- Kalıp açılma çizgisinin görünmemesi gereken kalıplama işlemlerinde,
- 3- Kenar giriş kanalının uygulaması zor büyük hacimli parçaların kalıplanmasında, disk giriş kanalları kullanılır.



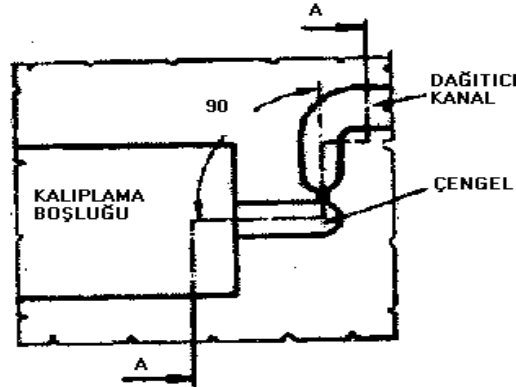
Şekil 6.8. Disk giriş kanalı [42]

Derinliği fazla olan kalıplama işlemlerinde, maça pimi çevresini kolayca doldurmak amacıyla bilezik tipi giriş kanalı kullanılır (Şekil 6.9). Bilezik tipi giriş kanalı dağıtıcı kanaldan aldığı plastik maddeyi kalıplama boşluğuna maça pimi çevresine iletir.



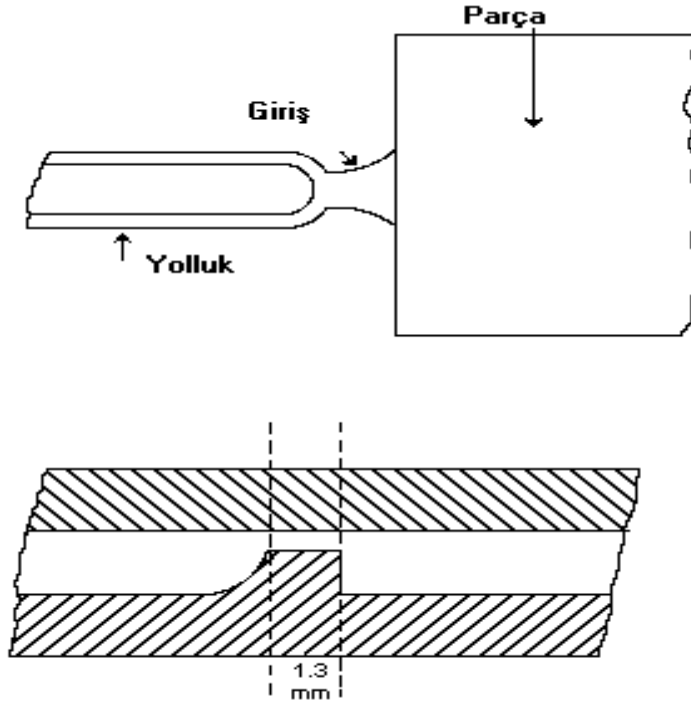
Şekil 6.9. Bilezik tipi giriş kanalı

Parça dayanımını artırmak amacıyla akrilik plastiklerin kalıplanmasında, çengel tipi giriş kanalları kullanılır. Şekil 6.10'da Çengel tipi giriş kanalı gösterilmiştir. Bu tip giriş kanallı kalıplarda, dağıtıcı kanaldan gelen plastik madde sınırlandırılmış çengel giriş kanalına yöneltilir ve buradan da kalıplama boşluğuna iletilir. Çengel tipi giriş kanalı genellikle kare veya dikdörtgen kesitli yapılıdır.



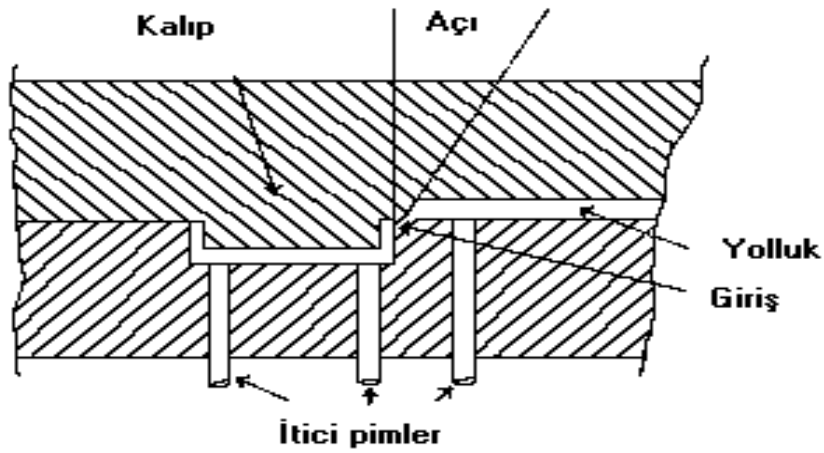
Şekil 6.10. Çengel tipi giriş kanalı

Fan giriş kanalı, kenar yolluk girişinin şekillendirilmiş halidir. İnce parçaları doldurmak için kullanılır. Fan giriş tipi, parçanın çarpılmasını azaltır ve düzgün yüzeyli çıkmasına yardımcı olur. Şekil 6.11'de fan giriş kanalı gösterilmiştir.



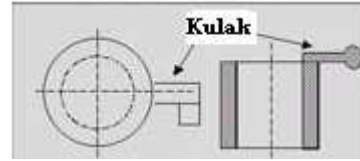
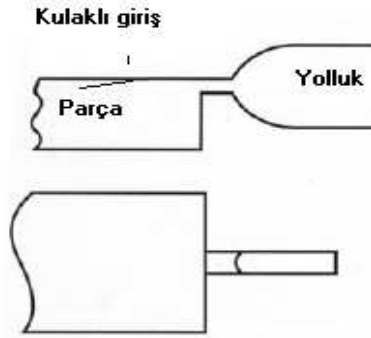
Şekil 6.11. Fan giriş kanalı

Tünel giriş kanalı, baskı sonrası parça girişinin parçadan otomatik olarak kopmasına imkan sağlar. Şekil 6.12’de tünel giriş kanalı gösterilmiştir. Tasarımında kalıba uygun havalandırmanın yerleştirilmesi gerekir. Girişin kopma izi parça yüzeyinde kalabilir.



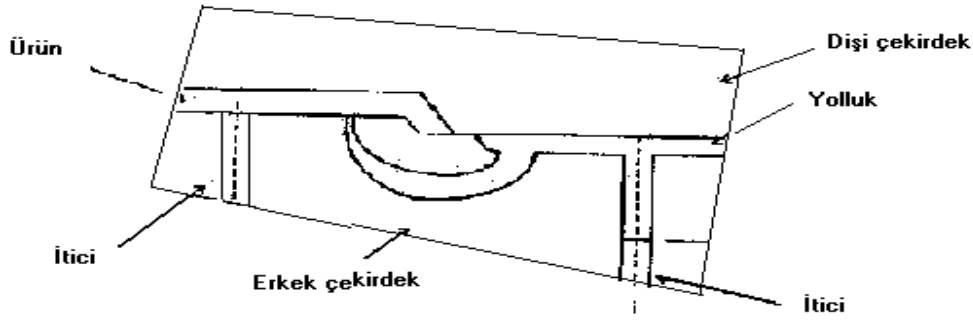
Şekil 6.12. Tünel giriş kanalı

Kulaklı giriş kanalı, jetting olayını azaltır. Kulaklı giriş kanalı, büyük parçaların yapımında estetik görünüşün önemli olduğu yerlerde kullanılır. Şekil 6.13’de ve 6.14’te kulaklı giriş kanalı yer almaktadır.



Şekil6.13. Kulaklı giriş kanalı

Şekil 6.14. Kulaklı giriş kanalı



Şekil 6. 15. Muz tipi giriş kanalı

Muz tipi giriş kanalı, tünel tipi giriş kanalının değişik bir uygulaması olup yolluk girişi olarak ürünün yan tarafının uygun olmadığı zamanlarda kullanılabilir. Bu metot seyrek olarak kullanılır. Çünkü kullanılan plastik malzemenin esneme özelliği burada aşırı önem taşır ve yeterince esnekliğe sahip olmaması durumunda sistem çalışmaz. İkinci dezavantajı ise kalıpta bu kısmı imal etmek hem zor hem de ilave lokmalar gerektirdiği için maliyeti de yüksektir. Şekil 6.15’de muz tipi giriş kanalına örnek verilmiştir.

Giriş kanalının biçimi, boyutları ve plastik maddenin cinsine göre kalıplama boşluğuna gönderilecek plastik maddenin debisi aşağıdaki formülle bulunur.

Daresel kesitli kanallarda ;

$$\text{Debi } Q = \pi R^4 P / 8\eta L, \text{ m}^3 / \text{s} \dots\dots\dots(6.1)$$

Yarım daire kesitli giriş kanallarında ;

$$\text{Debi } Q = \pi R^4 P / 16\eta L, \text{ m}^3 / \text{s} \dots\dots\dots(6.2)$$

Dikdörtgen kesitli giriş kanallarında;

$$\text{Debi } Q = b h^3 P / 12\eta L, \text{ m}^3 / \text{s} \dots\dots\dots(6.3)$$

P: Birim yüzeye gelen basınç, kg/ m²

R: Giriş kanalı yarıçapı, m

b: giriş kanalı genişliği, m

h: Giriş kanalı derinliği, m

L: giriş kanalı boyu, m

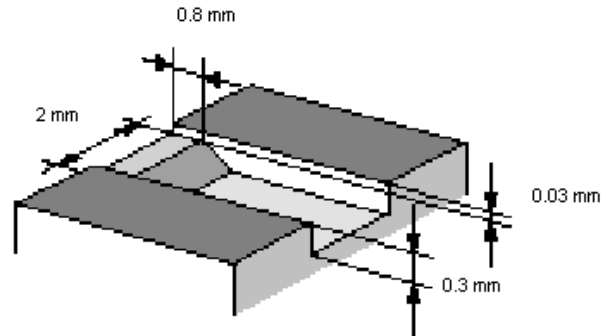
η : Plastik maddenin kalıplama anında viskozitesi, kg s / m²

6.6. Hava Tahliye kanalları

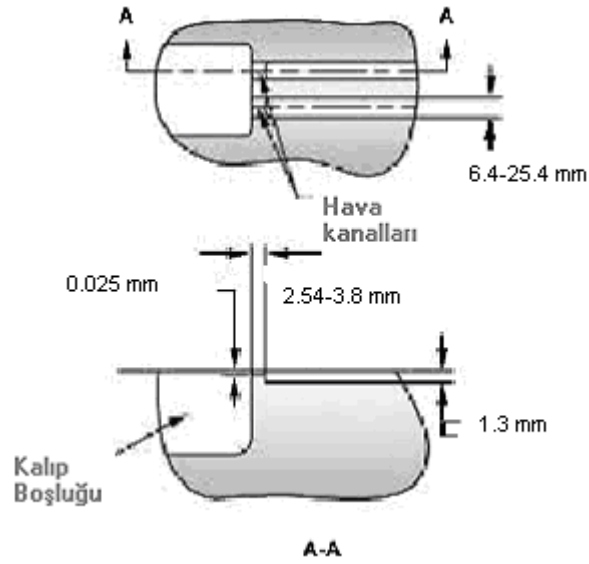
Akışkan haldeki ısıtılmış plastik madde kalıp içersine enjekte edildiğinde, kalıplama boşluğundaki havayı dışarı atar. Hava tahliye kanalı açılmamış ve hassas olarak alıştırılmış bir kalıp istenilen sıkma kuvvetiyle kapatıldığında, kalıp içersine enjekte edilen plastik madde hava basıncıyla karşılaşır. Kalıp içersindeki sıkışan hava, plastik maddenin kalıplama boşluğunu doldurmasını engeller. Aynı zamanda plastik madde ile hava karşılaşarak kalıplanan parça içerisinde hava boşlukları meydana getirir. Bu nedenle, kalıpları içersine uygun ölçülerde hava tahliye kanalları açılır ve kalıplama anında kalıp içersindeki havanın dışarı çıkması sağlanır. Şekil 6.16'da, 6.17'de ve 6.18'de hava tahliye kanallarına örnek verilmiştir.

Hava tahliye kanallarının boyutları ve kalıp içersindeki yerleşim planı, genellikle tecrübeye bağlı olarak bulunan değerlere göre alınır. Hava tahliye kanalları genellikle kalıp açılma çizgisi üzerine yerleştirilir. Yerleşim konumu ve boyutları, kalıplanacak plastik maddenin cinsi ve kalıplama boşluğunun hacmine bağlı olarak seçilir. Genellikle 0.025 mm derinliğinde ve kalıplama hacmine bağlı olarak 25 mm genişliğine kadar kalıp yarımlarından birine açılır. Hava tahliye kanalı genişliğinin 25 mm olması mümkün değilse, derinliği 0.125 mm ve genişliği 12 mm olacak şekilde açılır. İtici pimli kalıp tasarımı yapılıyorsa, itici pim ve deliği arasındaki boşluk hava tahliye kanalı görevi yapar. Bazen de özel olarak pimler yerleştirilerek

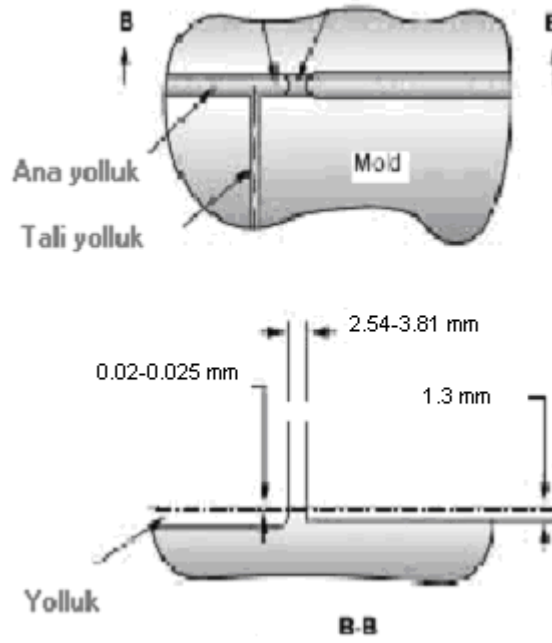
hava tahliye kanalı görevi yapması sağlanır. Aşağıda çeşitli tip hava tahliye kanalları gösterilmiştir.



Şekil 6.16. Hava tahliye kanalı



Şekil 6.17. Hava tahliye kanalı



Şekil 6.18. Hava tahliye kanalı [46]

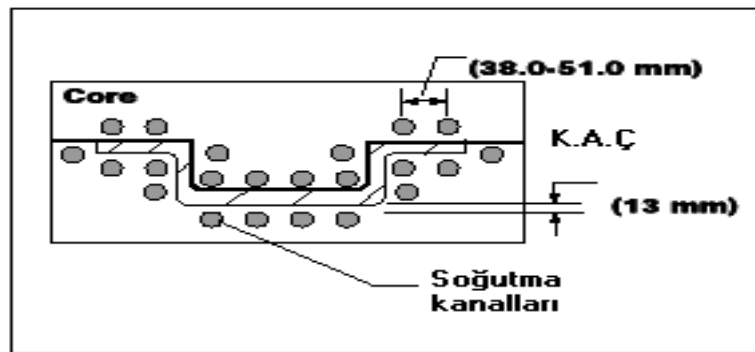
Genellikle küçük boyutlu hacim kalıplarına hava tahliye kanalı açılmasına gerek yoktur. Çünkü kalıp yarımları alıştırma boşluğu arasından hava kolayca çıkabilir. Büyük boyutlu hacim kalıplarındaki hava tahliye kanalı, plastik madde giriş kanalı karşısına gelecek şekilde açılmalıdır. Merkezden veya çevreden disk giriş kanallı kalıplardaki hava tahliye kanalları, giriş kanalı konumuna göre çevreden veya merkezden açılır.

Tablo 6.1. Tavsiye edilen havalandırma derinlikleri

MALZEME	MAKSİMUM TAVSİYE EDİLEN HAVALANDIRMA DERİNLİĞİ
ASETAL	0.01/0.015 mm
HDPE	0.015/0.02 mm
POLİPROPİLEN	0.018/0.025 mm
POLİSTREN	0.042/0.06 mm
ABS	0.042/0.06 mm
AKRİLİK	0.06/0.078 mm
POLİKARBONAT	0.06/0.078 mm

7. KALIP SOĞUTULMASI

Plastik kalıpların ısıtılması ve soğutulması, kalıplanan parçanın kaliteli ve kalıplamanın ekonomik olmasını sağlamaktadır. Kalıp sıcaklığını belirlenen sıcaklıkta tutmak için kalıp içinde açılmış kanallarda sıvılar dolaştırılarak sağlanır. Bu kanal ve deliklere soğuma yolları ve bu sisteme soğutma devresi denir. Kalıbın dolması esnasında en sıcak erimiş plastik, kalıp girişinde ve en soğuk erimiş plastik, yolluk girişinden en uzak noktadadır. Soğutma suyunun sıcaklığı, bu kanallardan geçtikçe artar. Kalıpta eşit soğuma sağlamak için kalıbın sıcak bölgelerine soğuk sıvı ve parçanın soğuk kısımlarına sıcak sıvı girişi sağlamak gerekir. Genelde en basit sistem, kalıbın boydan boya delinmesiyle sağlanan soğutma sistemidir. En etkili kalıp ısıtma ve soğutma metotları, dişi kalıp ve dalıcı zimba veya maça pimi içinde dolaşım yapabilen kanalların açılmasıyla elde edilmektedir. Şekil 7.1’de Soğutma sistemi gösterilmiştir. Dişi kalıp ve dalıcı zimba (maça pimi) içersine açılacak ısıtma ve soğutma kanalları, kalıplama yüzeyinden uygun olan uzaklıkta ve kalıbın çatlamasına sebep olmayacak şekilde açılması gerekmektedir. Plastik kalıpları genellikle su veya basınçlı havayla soğutulur. Su ile yapılacak soğutma işleminde kalıp yarımları içine açılan kanallardan geçiş yapan suyun birleşim yerlerinden kalıp içersine dağıtılmasını önlemek için geçiş yolları üzerindeki delikleri, kör tapa ile kapatılır.



Şekil 7.1. Soğutma sistemi [42]

Kalıp takviye plakaları arasındaki su sızıntıları da dairesel kesitli salmastralarla önlenir. Bu salmastralar yumuşak bakır, alüminyum ve kauçuk malzemelerden yapılır. Sızdırmazlığı sağlayan bu salmastralara ‘O’ ringleri de denir. Kalıplanacak parçanın boyutlarına bağlı olarak kalıp içerisine açılacak soğutma kanallarının özellikleri ve soğutucu etkisi değişmektedir.

Doğrudan kalıp yarımlarına açılan soğutma kanallarında, soğutma sıvısı kısa zamanda etkisini göstermekte ve kalıplanan parçanın sertleşmesi hızlanmaktadır. Ancak kalıp yarımlarını ani soğutulmasıyla kalıpta meydana gelen değişken ısı, kalıbın çatlamasına sebep olmaktadır. Ayrıca kalıplanan parçanın et kalınlığı fazla ise dış yüzeylerdeki sertleşme hızı iç kısımlara oranla daha fazladır. Bu da parçanın kalıptan çıktıktan sonra şekil değiştirmesine sebep olabilir. Bu zararlar göz önünde bulundurulduğunda, doğrudan kalıp yarımlarına açılan soğutma kanalları, kalıplama yüzeyinden uygun uzaklıkta ve ölçüde olmalıdır.

Derinliği fazla olmayan kalıplama işlemlerinde kalıp yarımlarına açılacak soğutma kanalları içerisine bakır borulu soğutucu sistem yerleştirilir ve üzerine düşük sıcaklıkta ergiyen bir maden dökülerek bakır boruların sabitleşmesi sağlanır. Derinliği fazla olan kalıplama işlemlerinde, kalıbın çatlamasını önlemek ve soğutucu sistemin yerleşimini kolaylaştırmak amacıyla bakır borulu soğutma sistemi uygulanır. Bu tip bakır borulu soğutma sistemi, dalıcı zımba veya dişi kalıp içerisine yerleştirilir.

Çok parçalı kalıplarda soğutmanın kısa zamanda etkisini göstermesi için, soğutucu kanallar, destek plakaları ve kalıp yarımları içerisinden geçerek kalıbı terk edecek şekilde tasarlanır.

Su ile soğutmanın uygun olmadığı veya su ile soğutmanın kalıba ve kalıplanan parçaya zarar verdiği hallerde, kalıp basınçlı hava ile soğutulur. Basınçlı havayla yapılacak soğutma işleminde basınçlı hava kalıp içerisine açılan kanalları dolaşarak kalıptan ayrılır.

Tek parçalı kalıp plakası tipinin sıcaklığı plakaya açılmış delikten geçirilen su sirkülasyonu ile kontrol edilir. Bu delikler birbirine bağlanarak devre oluşturulur.

Kalıbın dişi ve erkek kısmı birbirine benzemediğinden bunların soğutma devreleri ayrı ele alınmalıdır.

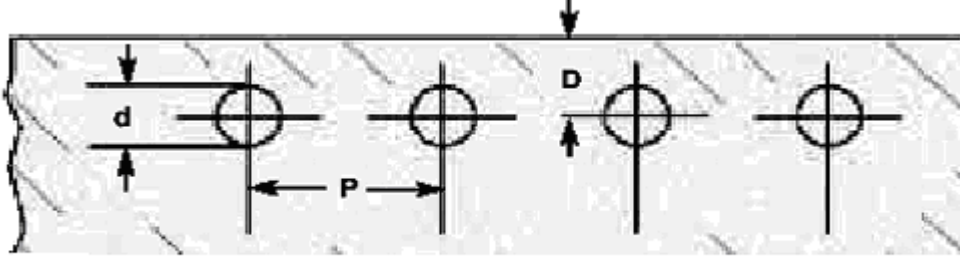
7.1.Tek Parçalı Dişi Kalıp Plakasının Soğutulması

Kalıp için en basit yaklaşım iki tane su kanalı, kalıp boşluğunun her iki tarafına açılır ve bunlar esnek hortumla birbirine bağlanır. Akma kanalının sonuna adaptör takılır. Dışardan yapılan esnek hortumlu su kanalı bağlantısı, kalıp içine kalıp delinerek dahili olarak da yapılabilir. Bu U şeklindeki kalıp devresi dar ve uzun kalıp boşluklarını soğutmakta kullanılabilir. Dahili kanalları birleştiren delik açma yerine, freze ile açılmış yarıklı plakayı kalıba bağlamak suretiyle de bu su kanalları bağlanabilir. Burada iki temel tasarım kullanılır. Kalıp plakasının yanına açılmış delikle bu soğutma kanalları birleştirilerek suyun bu kanallarda devamlı kalıp plakasının içine gömülecek şekilde vidalanır. Bu bağlantı conta kullanılarak su kaçağı önlenir.

Derin tek plakalı kalıplarda soğutma için çok tabakalı soğutma sistemi kullanılır. Her seviyedeki su devresi, kalıp boşluğuna mümkün olduğunca yakın olarak düzenlenir. Kalıp boşluğundaki her bir duvarın sıcaklığının kontrolü isteniyorsa, soğutucu plaka metodu düşünülmelidir. Bu plaka kalıbın yan duvarlarına takılır ve soğutma suyu bu plakalar içine açılmış kanallardan geçer .

7.2. Erkek Plaka Soğutma Sistemi

Erkek lokmanın derinliği çok az ise (25 mm altında) Z tipi tek kademeli su soğutma sistemi kullanılabilir. Su kanalı erkek lokmanın altına yerleştirilir. Açılı delik sisteminde, kalıbın erkek plakasının altından delinmiş soğutma kanalları birleşirler, yüzeye oldukça yakındır. Bu deliklerin her birine tıkaç takılır. Tıkaç düz delik sisteminde delikler erkek plakanın arka kısmına dik açılı olarak açılır. Bu deliklerin alt kısmına tıkaç takılır. Bu kanallar yandan açılmış kanalla birbirine bağlanır. Basamaklı su devresinde kanallar erkek lokmanın yan tarafına ve yüzeye paralel olarak açılır. Bu delikler çok dikkatli tıkaç yerleştirilmelidir ve parlatılmalıdır. Şekil 7.2’de tavsiye edilen soğutma kanalı ölçüleri yer almaktadır.

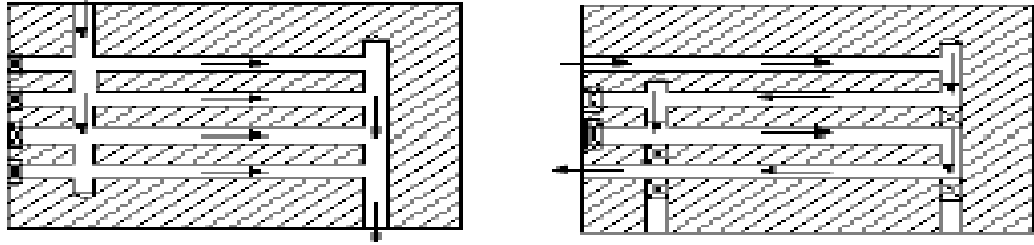


d: Soğutma kanalı çapı = 11.2-14.2 mm

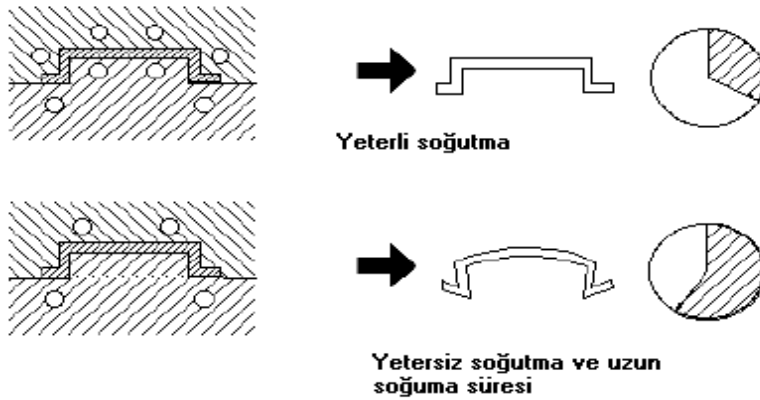
D: Yüzeyden derinliği = $1.5d - 2.5d$

P: Soğutucu kanallar arasındaki mesafe = $3d - 5d$

Şekil 7.2. Tavsiye edilen soğutma kanalı ölçüleri [46]



Şekil 7.3. Soğutma kanalı sistemleri



Şekil 7.4. Yeterli ve yetersiz soğuma düzeni

8. PLASTİK KALIP MALZEMELERİ

Kalıbın etkin şekilde fonksiyonunda, malzemenin seçimi etkin yer tutar. Malzeme seçiminde aranan özellikler, kalıbı kullanırken istenilen özellikleri karşılamalıdır. Örneğin baskının uzun süre kullanılacağı durumlarda sertleştirilmiş çelik kullanılır. Kalıp malzemesi olarak en çok karbonlu ve alaşımlı çelikler kullanılmaktadır. Az karbonlu çelikler genellikle üretim sayısı az ve hassas olmayan kalıplama işlemlerinde kullanılır. Yüksek karbonlu çelikler uzun süre kullanılacak kalıpları yapımında kullanılır. Alaşımlı çeliklerden yapılan kalıplar uzun süre özelliklerini korur. Genellikle ölçü tamlığı, yüzey temizliği seri üretimi gerektiren parçaların kalıpları alaşımlı çeliklerden yapılır. Yüksek basınçlı plastik kalıplarının yapımında paslanmaz çelikler kullanılmaktadır. T 420 paslanmaz kalıp çeliği, uygulama alanı en çok olan çelik normudur. Son zamanlarda az karbonlu martenzit kalıp çeliği de kullanılmaktadır. Enjeksiyon kalıplarının yapımında kullanılan diğer malzemeler çizelgede gösterilmiştir.

Tablo 8.2. Kalıp malzemeleri [Uzun, 1984]

NORMU	KULLANMA ALANI
P-20	Sertliği 35 Hrc. Genellikle düşük viskoziteli plastik kalıplarının yapımında kullanılır.
H-13	Genleşme kat sayısı az, sertliği 48-52 Hrc' dir.
A-2	Aşınmaya karşı direnci fazladır.
Ç 4140	Sertliği 28-32 Hrc'dir.
M 2	Sertliği 60 Hrc' nin üstünde olası gereken kalıpların yapımında kullanılır.

8.1. Plastik Kalıpların Parlatılması

Kaba işlenmiş kalıplama yüzeyindeki kesici alet izlerinin giderilmesi, maliyeti artırır ve zaman kaybına neden olur. Talaş kaldırma işleminden sonra keskin kesicilerle yüzeysel temizleme yapılmalı veya mümkünse taşlanmalıdır. Çünkü,

kaba işlenmiş yüzeyin doğrudan parlatma işlemine geçilmesi mümkün değildir. Sertleştirilmiş kalıpların parlatılması gerekiyorsa, kalıp sertliği giderildikten sonra parlatma işlemi yapılmalıdır. Ancak bu maliyeti artırır. Bunun yerine kalıp sertliği giderilmeden yapılabilen parlatma metotları uygulanır. Bunlar, kimyasal madde kullanılarak elektrik devreleriyle parlatma, gaz halindeki tahrip edici etkisi fazla olan maddenin kalıp yüzeyine püskürtülmesi, yüksek frekanslı asitli eriyik içine parlatılacak kalıp daldırma şeklinde uygulamalardır

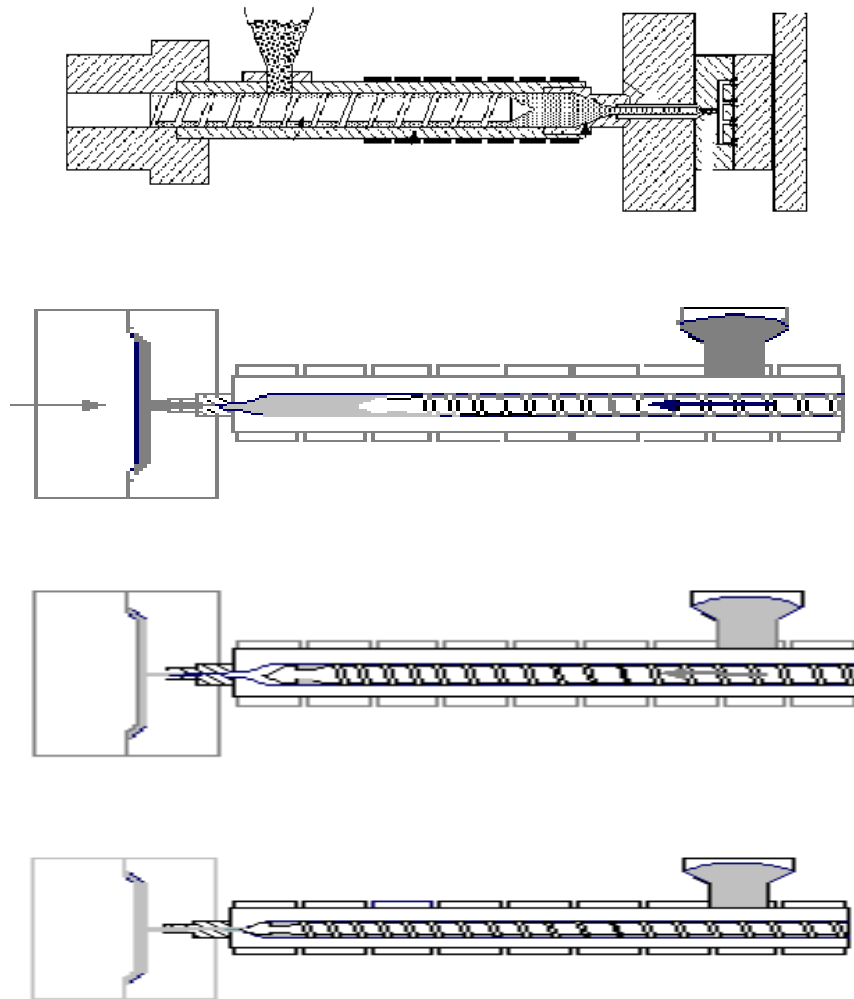
9. ENJEKSİYON YÖNTEMİNİN AŞAMALARI

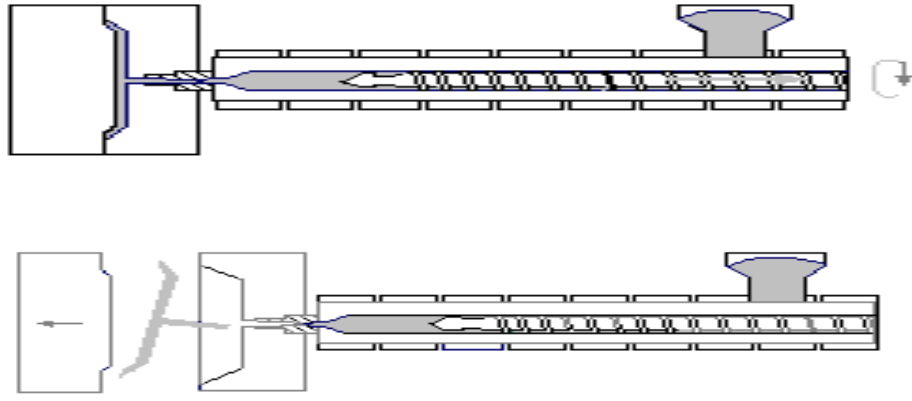
Enjeksiyon makinesi plastik ünitesi, kilitleme ünitesi ve kontrol ünitesinden oluşmuştur. Enjeksiyon makinesinin plastiği eritme ünitesini namlu, namlu etrafındaki ısıtıcı bantlar, nozul, vida, kontrol bileziği , hidrolik silindirler ve motor oluşturur. Bir piston gibi namlu içinde hareket eden vida, ünitenin sonundaki hidrolik şahmerdana direkt olarak bağlıdır. Vidanın iki hareketi vardır. Bir piston silindir gibi ileri ve geri belli stoklarda gidip gelme hareketi, diğeri ise vida motorundan aldığı eksenel dönme hareketi. Bu iki hareketi yaparak basma strokunda malzemeyi sıkıştırarak kalıba doğru sevk eder.

Plastik ünitesinin ana görevi plastik malzemeyi eritmek ve ergimiş malzemeyi kalıp boşluğuna enjekte etmektir. Aynı özelliklere sahip parçalar üretmek için her çevrimde eşit miktarda malzeme kalıp boşluğuna gönderilmelidir. Vidalı tip plastik ünitelerinde vida döner ve plastik ünitesinin deposundan malzeme alır. Vidanın dönmesi malzemenin plastik ünitesine ait lüleyle doğru hareket etmesine ve sürtünme ile ısınmasına neden olur. Ayrıca plastik malzeme, ısıtıcılar yardımıyla ısıtılan silindir duvarlarına temas ettiği için ısınır böylece malzeme erir. İleri doğru hareket ettirilen ergimiş malzeme vidanın ön tarafındaki bir boşlukta biriktirilir. Basma ünitesi kalıba doğru yaklaşarak nozulun kalıba bir miktar girmesini sağlar. Aynı zamanda basılan plastik malzemenin değişmesi durumunda namluda kalmış olan artık plastik maddeden kurtulmak için de ünite geri çekilerek bir süre boşta enjeksiyon işleminin yapılmasını da sağlamış olur. Namluda kalan eski plastik malzemedan kurtulmak için enjeksiyon işlemi öncesinde basma ünitesinin kalıptan yeterince uzaklaşmış olmasına özellikle dikkat etmek gerekir.

Basma olayının başlaması için eriyik halde bulunan plastiğin vida önünde olması gerekir. Vidanın ileri doğru hareketiyle erimiş plastik nozulun içinden geçerek kalıba dolar. Bu işlem oldukça yüksek basınç altında gerçekleşir. Enjeksiyon sırasında kontrol bileziği bir çek-valf gibi davranarak kapanır ve vidanın önündeki eriyik plastiğin geriye doğru kaçmasını engeller.

Kalıp plastik ile dolduktan sonra, vidanın plastik malzemeyi dolu kalıbın içersine enjekte etmesi devam ettirilerek kalıba uygulanan enjeksiyon basıncı artırılır ve böylece kalıp içindeki plastiğin soğumasıyla oluşan hacimsel çekme minimumda tutulur. Bu işleme ütüleme denir. Ütüleme çevrimi bittikten sonra ve kalıp soğutma çevrimi esnasında sonsuz vida dönmeye başlar ve kontrol bileziği kapatılırken daha fazla plastiği vidanın önüne vida kanalları boyunca ilerletilir. Kontrol bileziği kapalı olduğundan plastiğin gideceği bir yer yoktur ve böylece basınç yükselerek vidayı geriye doğru iter. Bu şekilde direnç elde edilir buna geri basınç denir. Sonsuz vida dönerek geri çekilir. Soğutma çevriminin son bulmasıyla kalıp açılır. Plastik parçalar kalıptan çıkartılır ve kalıp yeni bir çevrim için kapanır. Enjeksiyon aşamaları şekil 9.1’de gösterilmiştir.





Şekil 9.1. Enjeksiyon aşamaları [44]

10. PLASTİK ÜRÜN TASARIMINDA DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR

Tasarımcı kalıplama işleminde kullanılan plastik malzemenin özelliklerini bilmelidir. Plastik, ergitilip yüksek basınçla kapalı kalıba gönderildiğinde değişime uğrar. Kalıp genel olarak yuvarlatılmış üniform hatlara sahipse boşluğu doldurmak daha kolaydır. Tasarım yaparken parçadaki yuvarlatmalar, çeper kalınlığı, eğimler, kaburgalar, delikli çıkıntılar ve dişler parçada sorunlara yol açmayacak şekilde uygun olmalıdır.

10.1. Çeper Kalınlığı

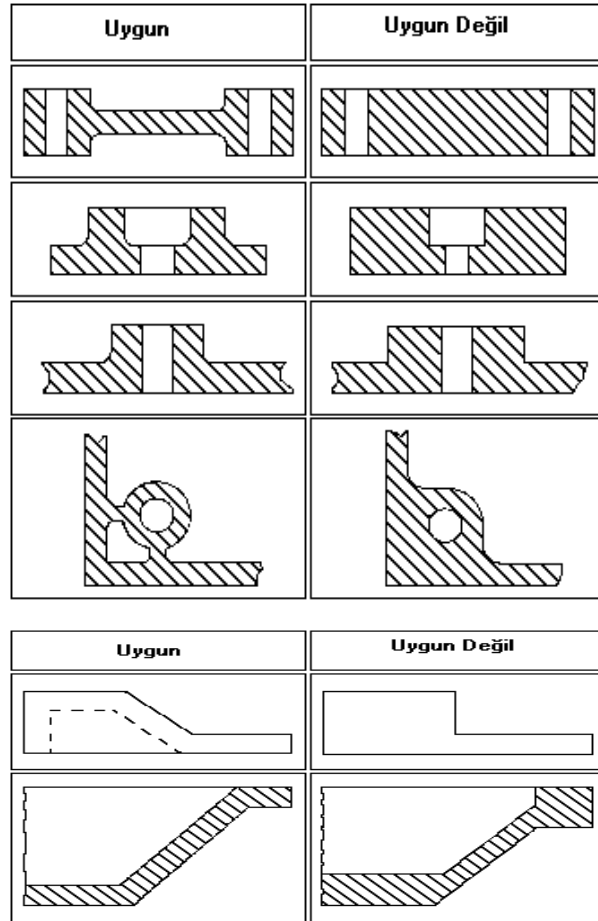
Uygun koşullar altında, çeper kalınlığının belirlenmesi, normal olarak malzeme seçimine bağlıdır. Bazen alan kısıtlaması buna mani olur. Çeper kalınlığı, kullanım ihtiyaçları ve üretim gereksinimleri göz önüne alınarak belirlenir. Çeper kalınlığı plastiğin akış, katılaşma, parçanın kalıptan çıkması, dayanım ve hassasiyet göz önüne alınarak yapılmalıdır. Bütün bu hususlar birbiriyle yakından ilgilidir. Plastik parçalar, belirli yapısal gereksinimleri karşılayacak minimum çeper kalınlığında tasarlanmalıdır. Böylece hem malzemedan tasarruf sağlanır hem de ısı transferi hızlanacağından yüksek üretim hızları elde edilir. Bazen parçanın kullanımı düşük dayanım gerektirir. Fakat kalıptan itilmeye dayanma ve birleşme işlemlerini kolaylaştırmak için gerekli dayanım sağlanmalıdır. Bunun içinde gerekli çeper kalınlığı kullanılmalıdır. Şekil 10.1’de uygun olan tasarımlara örnek verilmiştir. Temel olarak, çeper kalınlığı parçanın şekil değişimini, iç gerilmeleri ve çatlamayı ortadan kaldırmak için olabildiğince üniform olmalıdır. Farklı çeper kalınlıkları kullanılacaksa, kalın kesitten ince kesite yumuşak bir geçiş sağlanmalıdır. Birkaç kalın alan varsa kalıp, birden fazla yolluktan gelen malzeme ile doldurulabilir. Birleşme çizgileri nedeniyle bu yöntemin de bir sınırı vardır. Kaynakların oluşumu çeper kalınlığı ile yakından ilgilidir ve kontrol edilmesi gerekir. Kaynak yerleri, iki ergimiş malzeme cephesinin karşılaşmasıyla oluşur. İnce çeper kullanılırsa akış şiddetli bir şekilde kısıtlanır ve kalıp uygun dolmayabilir. Çok kalın kesitlerde de boşluklar oluşabilir.

Tablo 10.1. Bazı malzemeler için önerilen çerper kalınlıkları

Termoplastik malzeme	Minimum (mm)	Ortalama (mm)	Maksimum (mm)
Asetal	0,381	1,571	3,175
ABS	0,762	2,286	3,175
PP	0,635	2,032	7,62
PS	0,762	1,575	6,35
PVC	1,016	2,362	9,525
Poliüretan	0,635	12,7	38,1
Naylon	0,381	1,575	3,175
Polisulfon	1,016	2,54	9,525

Tablo 10.2. Termoset malzemeler için önerilen çerper kalınlıkları

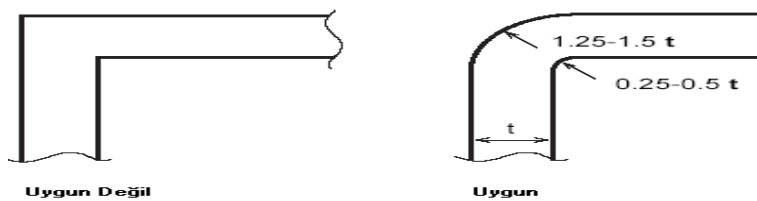
Termoset malzeme	Minimum kalınlık (mm)	Ortalama kalınlık (mm)	Maksimum kalınlık (mm)
Alkid-Cam takviyeli	1,016	3,175	12,7
Alkid-Mineral	1,016	4,75	9,525
Epoksi-Cam	0,762	3,175	25,4
Melamin-Selüloz	0,9	3,175	4,75
Fenolik	1,27	3,175	25,4
Fenolik-Cam	0,762	2,362	19,05
Fenolik-Mineral	3,175	4,75	25,4
Polyester	1,016	1,778	25,4



Şekil 10.1. Parça tasarımlarının uygunluğu

10.2. Yuvarlatmalar

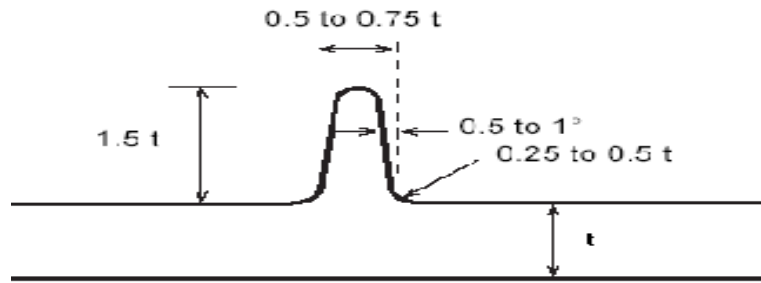
Plastik parçalardaki keskin köşeler, parça hasarlarına neden olan en önemli etkenlerden biridir. Keskin köşelerin giderilmesi bu noktalardaki gerilme yığılmalarını azaltır. Yuvarlatmalar, plastiğin kalıbı doldururken daha düzenli bir yol izlemesini ve parçanın kalıptan daha kolay çıkarılmasını sağlar. İçteki bütün keskin köşelerin 0,381 mm'lik yarıçapla yuvarlatılması dayanımda büyük iyileşmeler sağlar. Şekil 10.2'de uygun ve uygun olmayan tip yuvarlatmaya örnek verilmiştir.



Şekil 10.2. Yuvarlatma

10.3. Kaburgalar

Kaburgaların görevi, çerper kalınlığını artırmadan parçanın rijitliğini ve dayanımını artırmaktır. Kaburgaların uygun kullanımıyla, çoğunlukla soğuma sırasında meydana gelen çarpılmalar önlenir. Bazı durumlarda da, kalıplama esnasında malzeme akışını kolaylaştırır. Genel olarak, kaburganın taban genişliği, tutturulduğu çerperin kalınlığından az olmalıdır. Şekil 10.3’de kaburga yapısına örnek verilmiştir. Kaburgaların kalıptan kolay çıkartılmaları için tabandan uca doğru incelen bir kesite sahip olmaları gerekir. Yan çerperdeki kaburga veya çıkıntılar bölüm yüzeyine dik olmalıdır. Böylece parçanın kalıptan çıkarılması kolaylaşır.



Şekil 10.3. Kaburga yapısı

10.4. Girintiler ve Çıkıntılar

Kalıplanmış parçayı başarılı bir şekilde üretmek için bazı tasarım prensiplerine uyulmalıdır. En temel prensip ise parçanın katılaştıktan sonra kalıptan kolayca çıkartılmasıdır. Girinti ve çıkıntılar için parçalı kalıplar ve hareketli kalıp parçaları gereklidir. Parçanın dışındaki girintiler için kullanılan tipik sistem yana çekilen maçalardır.



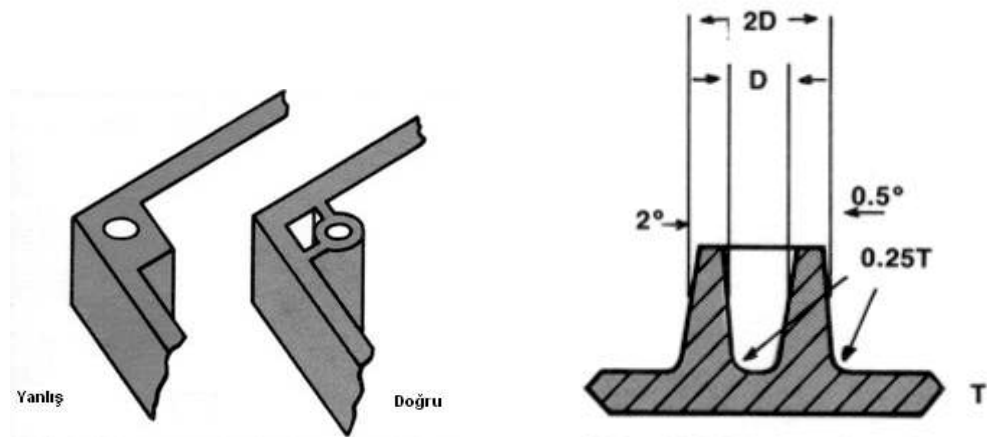
Şekil 10.4. Parçanın eğimi ve parçadaki çıkıntılar

10.5. Parçanın Eğimi

Parçanın kalıptan kolay çıkartılması için parçaya iç ve dış eğimler verilmelidir. Gereken eğim miktarı derinlikle değişmektedir. Eğim, kalıplama işlemi, çeper kalınlığı ve kullanılan plastiğe göre değişir.

10.6. Delikli Çıkıntılar

Bunlar, deliklerin kuvvetlendirilmesinde ve bağlantılarda kullanılan çıkıntılardır. Delikli çıkıntılar mümkünse köşelere konulmalıdır. Şekil 10.5'te uygun delik tasarımına ve hatalı tasarıma örnek verilmiştir. Böylece malzemenin dengeli akışı sağlanmış olur. Malzeme akışını desteklemek için delikli çıkıntıların yan kısımlarında kaburgalar kullanılabilir.

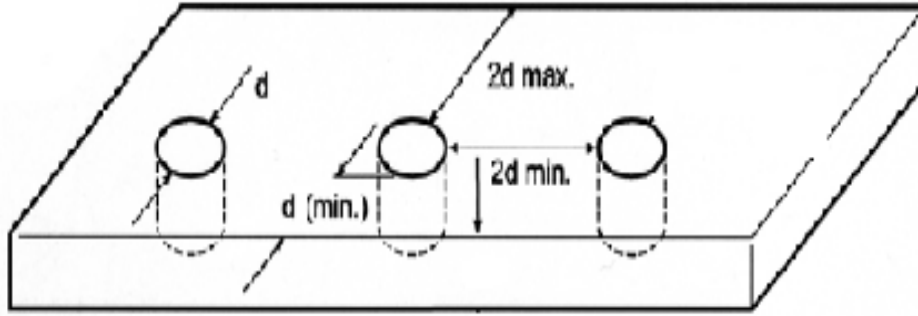
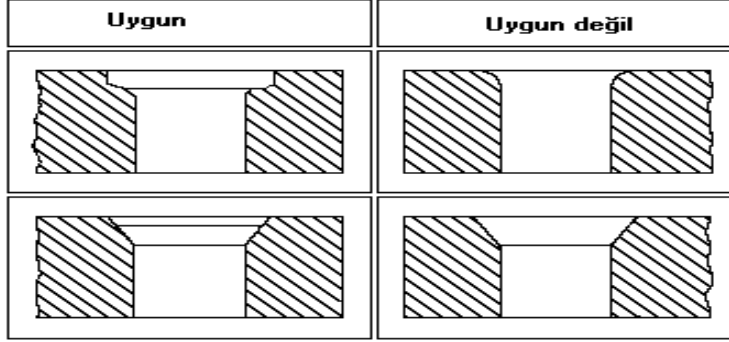


Şekil 10.5. Delikli çıkıntılar

10.7. Delikler

Parça üzerindeki deliklerin tasarımı ve yerleşimi, parçanın yapısını en az zayıflatacak şekilde ve imalat karmaşıklığını azaltacak şekilde olmalıdır. Birbirine komşu delikler arasındaki ve delik ile kenar arasındaki mesafe en azından deliğin çapı kadar olmalıdır. Kör delikler, tek tarafından tutturulmuş maçalarla oluşturulur. Maçanın uzunluğu, delik çapının iki katı olacak şekilde sınırlandırılmıştır. Çeperlerdeki delikler, yolluğun konumu ve malzemenin akış yoluna göre de önemli bir sorundur. Şekil 10.6'da kalıplarda delik tasarımına örnek verilmiştir. Malzeme

önce deliği oluşturan maçanın etrafında akmak ve arkasında tekrar birleşmek zorundadır. Buda birleşme çizgileri oluşmasına sebebiyet verir [Aslan, 1997].



Şekil 10.6. Delikler için kalıp tasarımı

11. PLASTİK ENJEKSİYON YÖNTEMİNDE ORTAYA ÇIKAN AKSAKLIKLAR VE AKSAKLIKLARIN GİDERİLMESİ

Plastik enjeksiyon yöntemi kullanılarak yapılan üretimlerde çeşitli sebeplerden dolayı hatalı parçalar ortaya çıkmaktadır. Problemlere yol açan sebeplerin kaynağı olarak makine, kalıp, işlem zamanı, işlem sıcaklığı, işlem basıncı, kullanılan malzeme, parça dizaynı başta gelmektedir. Problemlerin odağında kalıplama döngüsü gelmektedir. Enjeksiyon zamanı, doldurma zamanı, kalıp sıcaklığı, kapanma zamanı, soğuma zamanı, açılma zamanı, yolluk tasarımı, parça kalınlığı ve akış yolunun uzunluğu belirleyici bir ölçü olmaktadır. Kalıplama döngüsünün problem analizinde üç büyük element doğrudan ilgilidir. Bunlar:

- 1.Enjeksiyon kalıp makinesi: Kalıbın kilitleme mekanizması yeterli olup olmadığı ve kapasitesi.
2. Kalıp: Kalıp tasarımında eksiklik olup olmadığı.
3. Malzeme: Polimer formülasyonunun uygunluğu.

Bu üç element zaman, basınç ve sıcaklıktan direkt etkilenir. Bir problemi çözmek için yapılması gereken ana işler şunlardır:

1. Enjeksiyon prosesi izlenmeli.
2. Yapılması gereken değişiklikleri sırayla yapmalı, yapılan her değişikliğin etkisini gösterecek kadar bir süre için beklenmeli ve etkileri dikkatli biçimde incelenmelidir.
3. Problemin makineden, kalıptan, çalışma şartlarından, malzemedan veya tasarımdan mı olduğu tespiti yapılmaya çalışılmalıdır.

Eğer problem sürekli değilse veya rasgele meydana geliyorsa büyük ihtimalle makineden kaynaklanıyordur. Parça kalitesi operatörden operatöre değişiyorsa problem muhtemelen operatörden kaynaklanabilir. Problem tek boşluklu kalıpta meydana geliyorsa ve sürekli aynı bölgede meydana geliyorsa problem akış modelinden kaynaklanabilir.

11.1 Üründe Oluşan Hatalar

11.1.1 Parçada Oluşan Akış Çizgileri

Plastik malzeme bir kalıba enjekte edildiğinde, her akışkanda olduğu gibi kalın ve geniş bölgelere daha hızlı yayılır. Buralar dolduktan sonra daha dar ve ince kesitlere nüfus eder. Malzemenin yol alışı esnasında delik oluşturan bir birim, oyuk çıkaran bir erkek parçaya rastladığında türbülans olayı yaşanır ve akış bölünür. Akış esnasında oluşan türbülans, akışın bölünmesine ve oluşan izin akış yolunun sonuna kadar taşınmasına sebep olabilir. Bu olay sonucu yüzeyde dalgalı bir görüntüye sebep olur. Aynı olay yolluk girişinde de yaşanabilir. Besleme ağzından giren akışkan kalıp duvarına dikey çarptığında dalgalı görüntü oluşabilir. Yandan ürün besleme ağzı kullanılarak bu görüntü bozukluğu azaltılabilir yada tünel tipi besleme ağzıyla parçanın görüntüsünü etkilemeyeceği bir bölgesine taşınır. Akış izi proses ayarlamalarıyla giderilmesi zordur bu nedenle ürün ve kalıp tasarımı esnasında önlem alınmalıdır. Enjeksiyon basıncının yeniden ayarlamak, enjeksiyon hızını artırmak, nozul ağzını büyötmek, kalıp sıcaklığını artırmak, parça girişini büyötmek gibi önlemler alınabilir. Kalıp tasarımında kavite girişi yeniden düzenlenebilir.

11.1.2.Yeterli Olmayan Akış Menzili

Muhtemel çözümler enjeksiyon basıncını artırmak, plastik sıcaklığını artırmak, nozul sıcaklığını artırmak, enjeksiyon hızını artırmak, nozul ağzını büyötmek, kalıp sıcaklığını artırmak ve parça girişini büyötmektir [Rosato, 1995].

11.1.3. Çöküntüler

Malzeme yeterince kurutulmamışsa, özellikle et kalınlığı fazla parçaların içerisinde boşlukların oluşmasına neden olabilir. Malzeme uçucu madde taşıyorsa veya gaz oluşumu varsa boşluklar oluşabilir. Akışkanlığı fazla olan malzemenin kullanıldığı kalın parçalarda, kalıplama boşluğu içinde hapis olan hava, boşluk oluşturur. Tutma basıncını ve zamanını artırmak, nozul sıcaklığını artırmak, enjeksiyon hızını azaltmak, nozul ağzını büyötmek, kalıp sıcaklığını azaltmak, parça girişini büyötmek, soğuma süresini azaltmak çözüm yöntemi olabilir.

11.1.4. Yanık İzleri

Eğer parçanın bir bölgesinde siyahlaşma ve sararma varsa, ilk yapılacak iş kalıbın hava atma durumunun incelenmesi olmalıdır. Kalıba giren malzeme tarafından sıkıştırılan ve çıkamayan hava çok yüksek sıcaklığa çıkar ki plastikte oksidasyon reaksiyonuna girer ve yüzeyde siyah bir iz bırakır. Bu şekilde üretime devam edildiği takdirde metal yüzeyinde oksitlenme sonucu hasar yapacaktır. Kalıbın temas yüzeyleri iyi parlatılır ve tampon pimleri çok düzgün yapılırsa havanın tahliyesi engellenmiş olur. Bu nedenle temas yüzeyleri çok iyi parlatılmayıp kalem izleriyle bırakılmalıdır. Problemleri önlemek için, plastik giriş sıcaklığını düşürmek, kalıbın içindeki keskin geçişleri yuvarlatma, enjeksiyon hızını düşürme, nozul ağzını büyültme, parça girişini büyütme işlemleri yapılabilir.

11.1.5. Yüzey Lekesi

Plastik malzeme içindeki bir katkı maddesinde kullanılan pigmentin yüzeye göç etmesi veya yanığa neden olmasa da kalıp yüzeyiyle reaksiyona giren gazlanmış polimer, parça yüzeyinde lekeler oluşturabilir. Plastik giriş sıcaklığını artırmak, nozul sıcaklığını artırmak, enjeksiyon hızını azaltmak, kalıp sıcaklığını artırmak, kalıbı parlatmak, köşeleri kırmak, parça giriş büyüklüğünü artırmak önlemleri alınabilir.

11.1.6. Birleşme İzleri

İki veya daha çok akış hattının birleştiği ve kaynaştığı yerde oluşan çizgilere birleşme izleri denir. Kalıpta birden fazla besleme ağzı, delik çıkaran pimler yada maçalar varsa birleşme izi olacaktır. Birleşme izleri görüntünün önemli olduğu yerlerde derin ve uzun çizgiler halinde belirebilir. Birden fazla ürün besleme ağzının olması birleşme izlerinin sayısını çoğaltır. Bu durumda en iyi çözüm sıcak yolluk kullanmaktır. Birleşme izleri mukavemet sorunlarına da yol açar. Kalıba giren malzeme eğer birleşme tam gerçekleşmeden donuyorsa bu izi yapabilir. Birleşme izlerinin azaltılması için silindir ve kalıp sıcaklığının yükseltilmesi kadar hızlı enjeksiyon önemli bir önlemdir.

11.1.7. Dalgalı Yüzeyler

Genelde düzensiz yarım daireler şeklinde olan izlerdir. Bunun nedeni basınç eksikliği sonucu malzemenin kalıp yüzeyinin şeklini alamamasıdır. Kalıp yolluk kanallarının kısaltılması, genişletilmesi, parlatılması gibi önlemler alınabilir. Enjeksiyon hızını artırmak, tutuş basıncı ve zamanını artırmak, kalıp sıcaklığını düşürmek, kuru malzeme kullanmak muhtemel çözüm yöntemi olabilir.

11.1.8. Kalıptan Çıkarken Çarpılma

Bir parça çarpılmış olarak çıkıyor ise bunun nedeni yetersiz soğuma veya soğutma zamanıdır. Parçalar mutlaka kullanılan plastik malzemenin ısı çarpılma sıcaklığının altında soğutulmalıdır. Aksi takdirde yeterince soğumamış yüzeye vuran itici pimleri parçanın çarpılmasına neden olur.

11.1.9. Sonradan Oluşan Çarpıklık

Parçanın kalıptan çıktıktan kısa bir süre sonra yada uzun bir süre sonra çarpılması iç gerilmeler veya malzeme çekmesinin sonucunda oluşur. Ürün tasarımında farklı et kalınlıkları, farklı soğumalar neticesinde parça çarpılacaktır. Yanlış yerleştirilmiş federler de çarpılmaya yol açabilir. Çarpılmanın bir nedeni de parçadaki farklı malzeme çekmesindendir. Malzeme kalıba girdikten sonra karşılaştığı soğuk kalıp duvarı üzerinde bir film tabakası yaparak donar. Kesit daraldıkça akış yönünde bir kayma gerilmesi oluşacak molekül zinciri fazladan gerilecektir. Çarpılmayı önlemek için farklı soğuma yapılmalıdır.

11.1.10. Çapaklı Ürün

Genellikle kalıp temas yüzeylerinde, itici pimlerin çevrelerinde veya parçanın herhangi bir yerinde çapak tabiri kullanılan malzeme taşmasının bir çok nedeni vardır. Çapak oluşması kalıp veya makineden kaynaklanabildiği gibi plastik parçanın ve kalıbın iyi tasarlanmamasından meydana gelebilir. Makinenin kapama gücünün yetersiz kalması çapağa neden olabilir. Isıtıcı rezistanslara kumanda eden termokupulların arızalanması, vidanın hızlı yada gereğinden uzun süre dönmesi sonucu oluşan mekanik sürtünme kökenli ısınma sonucu plastik sıcaklığının

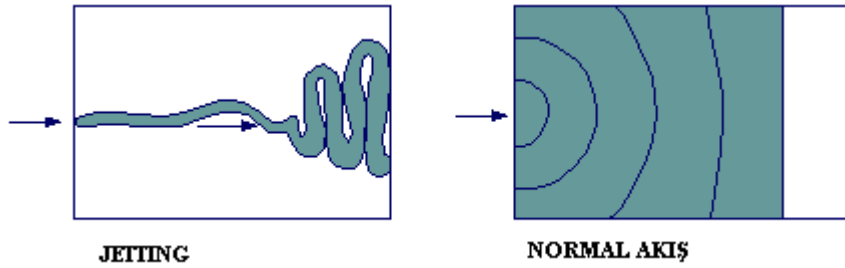
istenilenden fazla yükselmesinin doğurduğu düşük viskozite ve kalıp temas yüzeylerinden malzeme sızmasına neden olur. Ürün besleme ağzlarının geniş tutulması, plastik eriyik sıcaklığının ve gerekli enjeksiyon basıncının düşürülmesinde etkin olacaktır. Çapak oluşmaması için enjeksiyon şartlarının dengeli ayarlanması gerekir. Malzeme sıcaklığını yükselterek viskozitesinin azaltılması sonucu kalıp içerisinde gereğinden fazla basınç oluşur. Basınç, makinenin kapama gücünü aşarsa çapaklanma başlar. Bu durumda enjeksiyon basıncı azaltılmalı veya sıcaklık düşürülmelidir.

11.1.11. Eksik Ürün

Eksik ürün almanın bir çok nedeni olabilir. İlk bakılacak şey makinenin enjeksiyon grubunun güçlü olup olmadığı, malzemenin akışkanlığının yeterince sağlanıp sağlanmadığı ve kalıbın tamamen dolmasını engelleyen bir karşı basınç veya engelin varlığıdır. Kalıp içinde oluşan ve parçanın tamamen şekillenmesine karşı koyan bir iç basınç genellikle hava veya gazın sıkışıp kalmasındandır. Hava tamamen sıkışıp kalıyor ve hiçbir şekilde kaçamıyorsa, eksik ürün verme olayının yanında yanık izinin de oluşması kaçınılmazdır. Ancak, bazen havanın yavaş bir sızma şeklinde kaçması durumunda yanma oluşmaz, fakat malzeme bu sırada donduğu için dolma gerçekleşmez. Enjeksiyon basıncının artırılmasıyla tam doldurma gerçekleşebilir, ancak bu ürün besleme ağzı çevresinde kalıcı gerilmelere yol açacağından iyi bir yöntem değildir. Bunun yerine enjeksiyon hızı artırılmalıdır. Diğer bir çare ise kalıp sıcaklığının yükseltilmesidir [Birinci, 1997].

11.1.12. Jetting

Baskı yüzeyinde kaba veya mat izler görülür. Fıskırtma renkte ve parlaklıkta farklılığa sebep olur. Fiziksel nedeni fışkırmanın normal plastik akışından farklı olmasıdır. Sicim şeklinde olmuş plastik, yolluk geçidinden başlayarak kontrolsüz bir hareketle kalıp boşluğuna girer ve arkadan gelen plastik ile homojen olarak karışmaz. Bu durum sıkça uzun parçaların yüksek enjeksiyon hızıyla dolması durumunda oluşur. Önlenmesi için olarak kavite giriş pozisyonunun uygun tasarlanması gerekir [Turaçlı, 1999].



Şekil 11.1. Jetting ve normal akış

11.2. Plastik Malzemedan Dolayı Oluşan Problemler

Çökeltilerin sebebi, plastik malzemenin nemli olmasından kaynaklanır. Akış çizgilerinin sebebi de malzemenin nemli ve pis olmasından kaynaklanır bu aynı zamanda kırılmalığının da sebebidir. Yüzey lekelerinin sebebi, granüllerin pis ve büyüklüklerinin aynı olmamasından kaynaklanır. Büzölmelerin sebebi, nemli granöl ve granüllerin eşit olmamasından ön ısıtmada oluşan ısı farklarıdır.

11.3. Kalıp Tasarımından ve Kalıptan Dolayı Oluşan Hatalar

Yanlış parça girişi yerleştirme sonucunda üretilen parçada kaynak çizgileri, akış çizgileri, jetting, hava girişi, delik oluşumu, çarpıklık, boşluk ve çökelti meydana gelir. Parça girişi ve yollukların çok dar olması, kısa atış mesafesi, plastiğin çok ısınması, yollukların erken donması, çökelti ve boşluklara sebep olur. Yollukların çok büyük olması, uzun kalıplama döngüsü, artık plastik madde artışı, basınç kayıplarına neden olur. Çok kaviteli kalıplarda iyi merkezlenmemiş kaviteler kalıpta bozulmaya yol açar. Eşit olmayan kalıp soğutması, kalıplama döngüsünün uzun olmasına neden olur, büzölmenin artmasına neden olur, yüzey bozukluğu ve bozulmalara yol açar.

11.4. Enjeksiyon Makinesinden Kaynaklanan Hatalar

11.4.1. Eksik Ürün Olması

Huni içersinde plastik madde yoktur, huni kanalı kısmen kapanmış olabilir. Plastik madde ergitme kapasitesi yetersizdir.

11.4.2. Çapak Meydana Gelmesi

Kalıp sıkma kuvveti kalıplama alanına göre uygun olmayabilir. Kilitleme ünitesi kontrol edilir. Kalıp sıkma çeneleri paralel değilse düzeltilmelidir.

11.4.3. Yollukta Renk Bozulmasının Meydana Gelmesi

Kurutucu huni kontrol edilir. Enjeksiyon memesi temizlenmelidir. Çapaklar alınmalıdır. Kontrol ünitesi kontrol edilir.

11.4.4. Parça Üzerinde Meydana Gelen Çukurlar

Enjeksiyon presinin plastik ergitme kapasitesi artırılır.

11.4.5. Boyutsal Ölçülerde Meydana Gelen Hatalar

Besleme ünitesi hatalı olabilir. Isı ünitesi kontrol edilmelidir. Enjeksiyon basıncı uygun ayarlanmalıdır.

Günümüzde Moldflow MPI (Moldflow Plastics Insight) analiz programının kullanılmasıyla, parça tasarımı aşamasında kalıp tasarımında etkili olacak birçok veriler elde edilebilmektedir. Buda kalıp tasarımında zaman kaybının en az seviyeye indirilmesinde, maliyetin düşürülmesinde ve ürün kalitesinin yükseltilmesinde büyük yararlar sağlamaktadır.

12. PLASTİK ENJEKSİYON ANALİZİ

Plastik enjeksiyon kalıpcılıkta üründe meydana gelebilecek hataları önlemek, zaman ve paradan tasarruf etmek amacıyla simülasyon analiz programları geliştirilmiştir. Moldflow programı da plastik enjeksiyon analizi için geliştirilmiş bir programdır. Bu programda kalıbı doldurma, ütüleme, soğutma, çarpılma, çekme ve oluşabilecek çeşitli hataların analizi yapılmaktadır.

En sık karşılaşılan problemlerden biri olan çarpılma probleminin sebebi ve çarpılmanın indirgenmesi amacıyla bir deney parçası üzerinde analiz yapılmıştır. Düz plakanın çarpılmaya daha müsait olması sebebiyle deney parçası olarak Ortası boş, 2 mm kalınlığında, 130, 450 (X,Y) ölçülerinde parça tasarlanmış ve iki tip soğutma kanalı şekli için akış analizleri yapılmıştır (Şekil 12.1). Analiz sonucunda plastik parça üzerinde meydana gelen çarpılmaların dağılımı şekil 12.3'te gösterilmektedir.

12.1. ÇARPILMA ANALİZİ

Çarpılma analizi Moldflow analiz programı kullanılarak yapılmıştır. Deney parçası olarak 2 mm kalınlığında 450 mm uzunluğunda 130 mm eninde ortası boş bir parça tasarlanmıştır (şekil 12.1). Bu parçanın çarpılmaya müsait bir yapısı olduğundan dolayı değiştirilen parametrelerin sonuçları arasındaki fark daha net olacaktır. Analiz çalışması altı sınıfa ayrılarak yapılmış her analiz gurubu A dan F ye kadar isimlendirilmiştir. Analiz için plastik malzemesi olarak ABS kullanılmıştır.

Tablo 12.1. ABS' nin fiziksel özellikleri

Özgül ısı, C_p (J/kg°C)	2289
Camsı geçiş sıcaklığı, T_g (°C)	1785
Termal genleşme sabiti, α (°C ⁻¹)	0.2×10^{-3}
Elastiklik modülü, E (MPa)	2.732×10^3
Poisson oranı, ν	0.35
Isıl iletkenlik, K (w/mK)	0.16

Tablo 12.2. Analizlerde alınan parametrelerin değerleri

Analiz Parametreler	(A) ANALİZİ	(B) ANALİZİ	(C) ANALİZİ	(D) ANALİZİ	(E) ANALİZİ	(F) ANALİZİ
Soğutucu kanal çapı (mm)	10	10	10	10	10	12
Giriş çapı(sprue) (mm)	8	8	8	8	8	8
Yolluk çapı (mm)	4	4	4	8	8	4
Kavite girişi (mm)	2x2	2x2	2x2	2x2	2x2	2x2
Soğutma su sıcaklığı (°C)	0-5-10-15-20-25	0-5-10-15-20-25	0-5-10-15-20-25	0-5-10-15-20-25	0-5-10-15-20-25	0-15-25
Soğutma zamanı (s)	2	1	1	2.8	25	1
Soğ. Kanal. kaviteye olan mesafesi (mm)	30	30	30	30	30	18

A ANALİZİ

Parça kalınlığı: 2mm

Soğutucu kanal çapı: 10 mm, kaviteden uzaklığı 30mm

Yolluk girişi: 8 mm

Yolluk Çapı: 4 mm

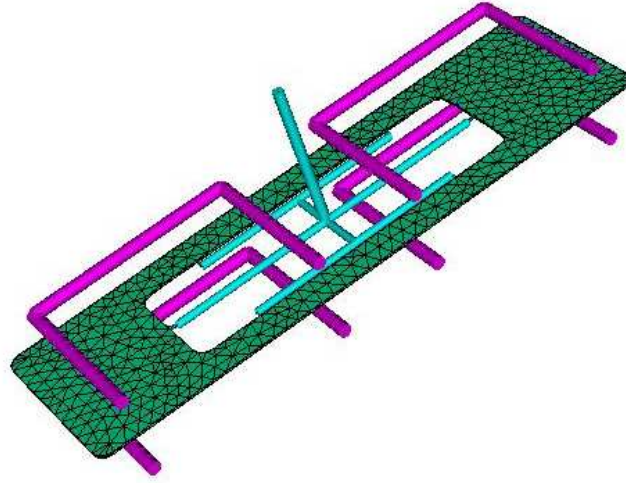
Kavite girişi:2x2 mm

Tutma basıncı profili: 80 Mpa 1 s ulaşma, 0 Mpa'a 0 s'de düşüş, 2 s soğutma zamanı

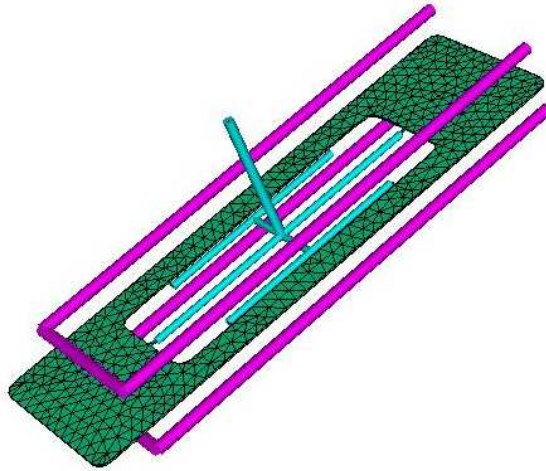
Tutma basıncı (Mpa)	Tutma zamanı (s)
80	1
0	0
0	2

Soğutma sistemi: U tipi (Tek giriş)

Giriş sıcaklıkları : 0-5-10-15-20-25 °C

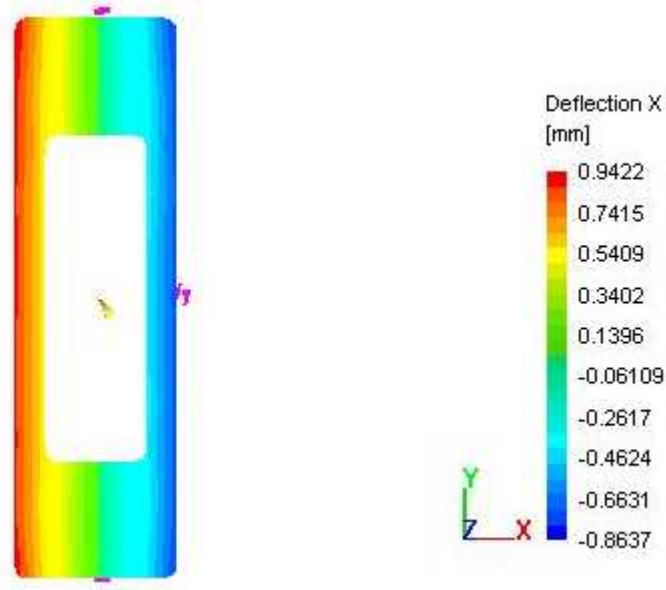


Şekil 12.1. U tipi (Çift girişli) soğutucu kanalları

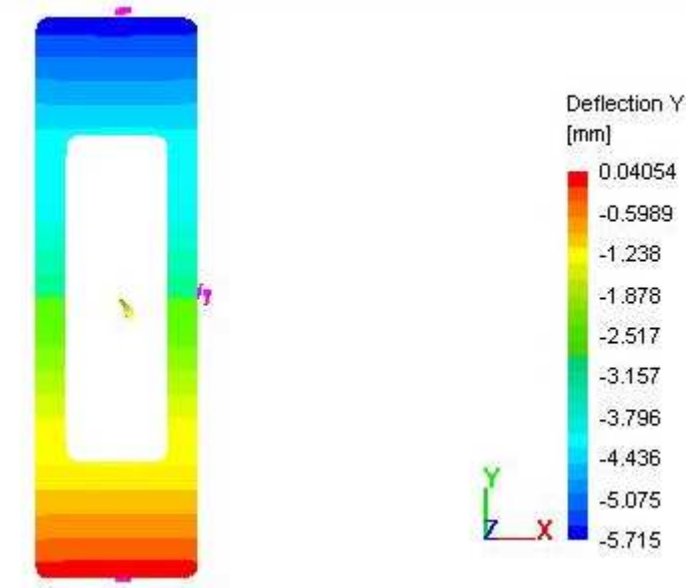


Şekil12.2. Simetrik U Tipi (Tek girişli) soğutucu kanalı

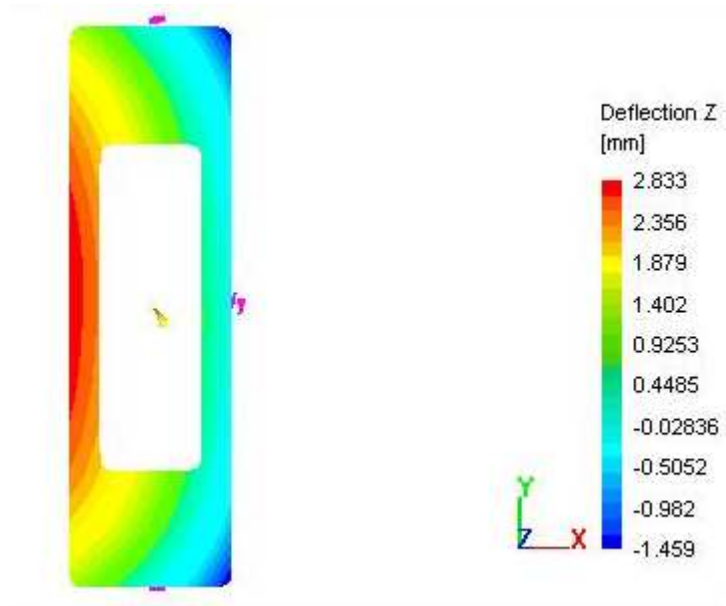
A analizinin çarpılma analizi sonucu (Soğutma giriş sıcaklığı 20 °C) aşağıdaki parçada renk dağılımı yapılarak gösterilmiştir.



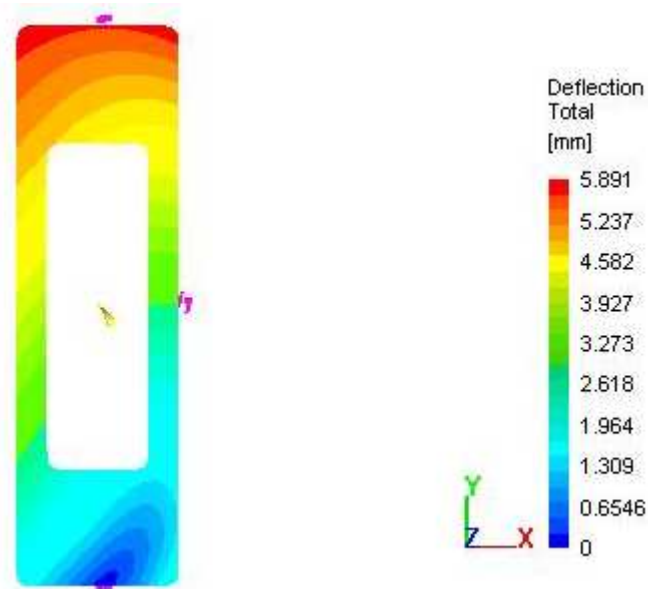
Şekil 12.3. Çarpılmanın X eksenine boyunca dağılımı



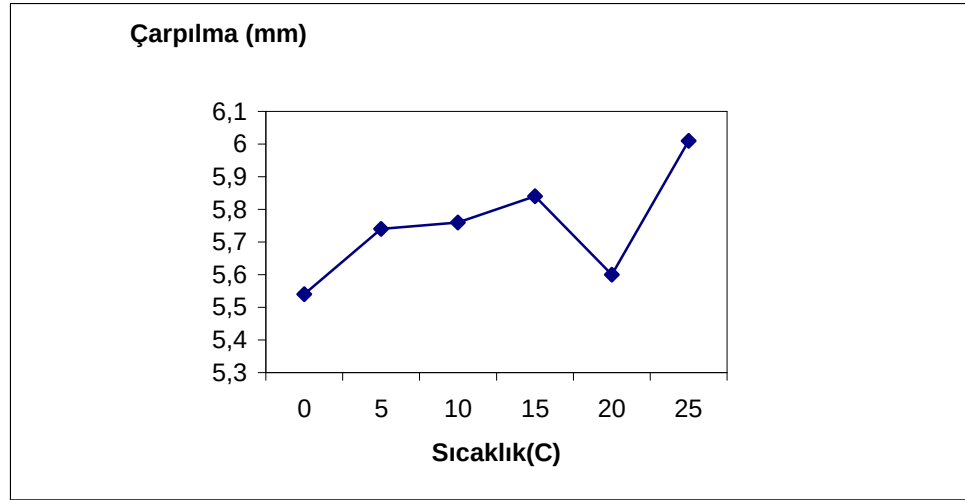
Şekil 12.4. Çarpılmanın Y eksenine boyunca dağılımı



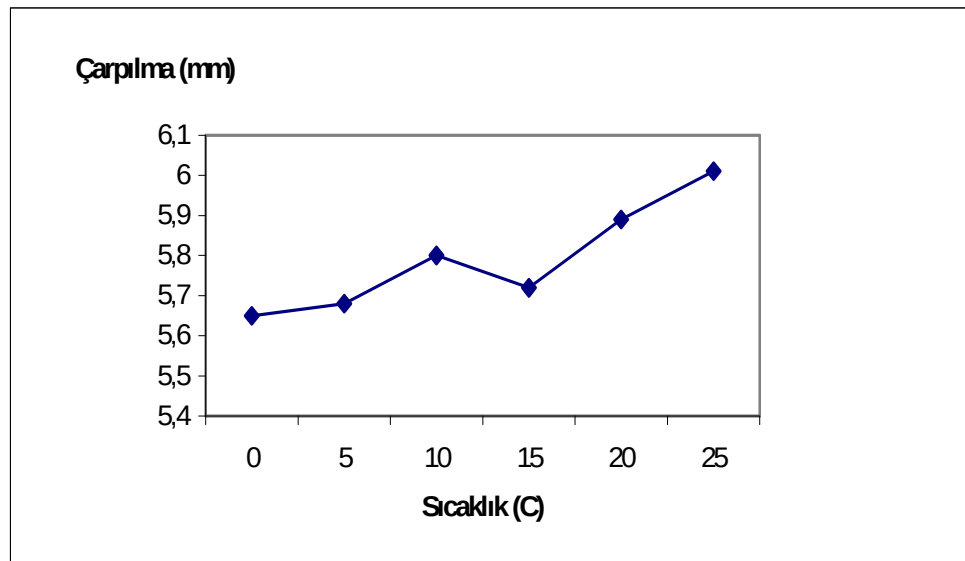
Şekil 12.5. Çarpılmanın Z eksenine boyunca dağılımı



Şekil 12.6. Toplam Çarpılmanın dağılımı



Şekil 12.7. Çift girişli soğutma tipinde çarpılma



Şekil 12.8. Tek girişli soğutma tipi için çarpılma

B ANALİZİ

B analizinde soğutma kanalı çapı ve kaviteden uzaklığı korunarak, tutma basıncı profilinde değişiklik yapılmıştır. Şekil 12.9 ve şekil 12.10’da çarpılma ile soğutma sıcaklığı arasındaki ilişki gösterilmiştir.

Parça kalınlığı: 2mm

Soğutucu kanal çapı: 10 mm, kaviteden uzaklığı 30mm

Yolluk girişi : 8 mm

Yolluk Çapı: 4 mm

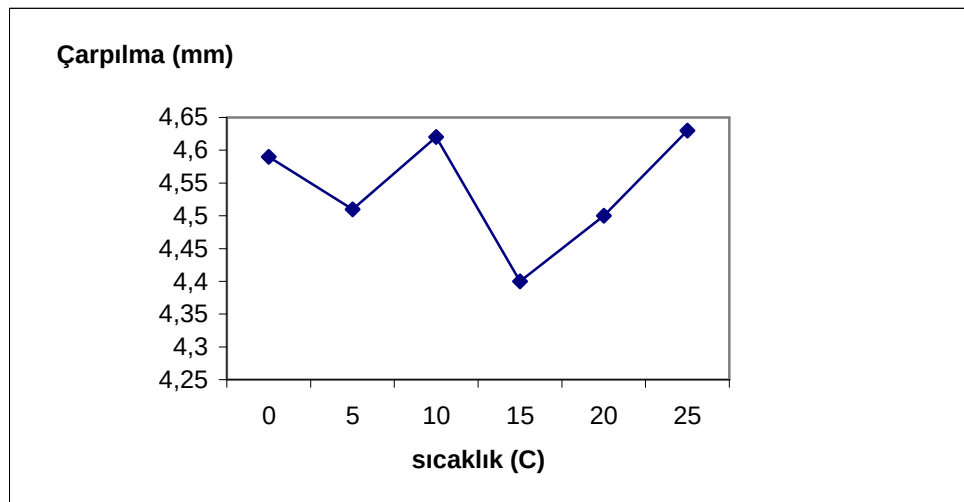
Kavite girişi:2x2 mm

Tutma basıncı profili: 80 Mpa 0.5 s ulaşma, 0’a 0.5 s de düşüş, 1 s soğutma zamanı

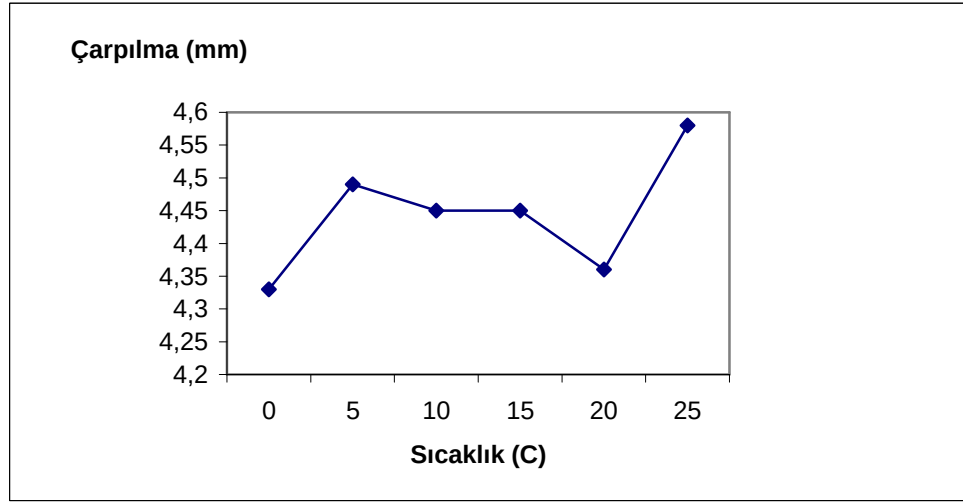
Tutma basıncı (Mpa)	Tutma zamanı (s)
80	0.5
0	0.5
0	1

Soğutma sistemi: Simetrik U tipi

Giriş sıcaklıkları : 0-5-10-15-20-25 C



Şekil 12.9. Tek girişli soğutma tipi için çarpılma



Şekil 12.10. Çift girişli soğutma tipi için çarpılma

C ANALİZİ

C analizinde A ve B analizinde olduğu gibi soğutma çapı ve kaviteden uzaklığı sabit tutulmuştur. Tutma basınç profili değiştirilmiş tutma basıncı 0 Mpa'a 2 s'de düşmüştür.

Parça kalınlığı: 2mm

Soğutucu kanal çapı: 10 mm, kaviteden uzaklığı 30mm

Yolluk girişi: 8 mm

Yolluk Çapı: 4 mm

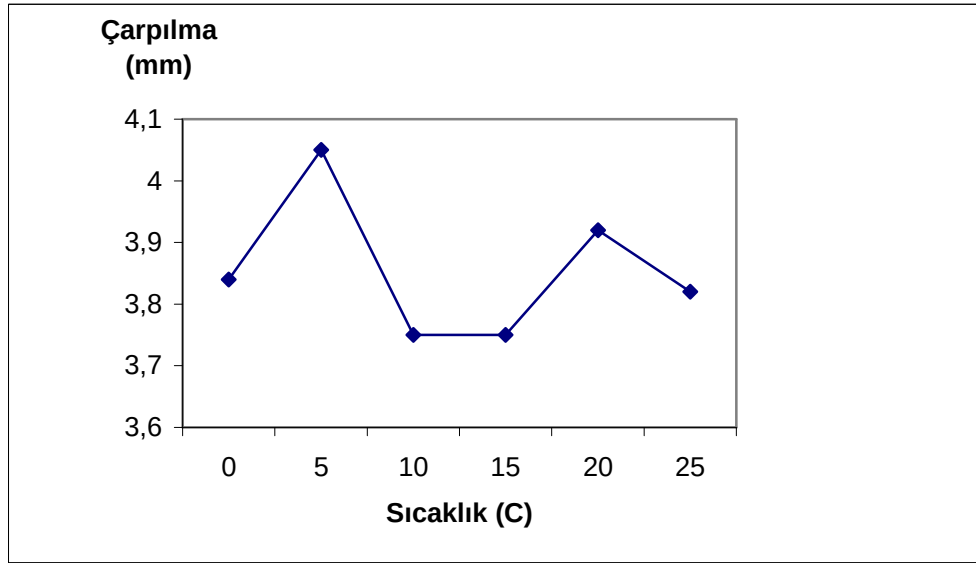
Kavite girişi: 2x2 mm

Tutma basıncı profili: 75 Mpa 1 s'de ulaşma, 0Mpa'a 1 s de düşüş, 1 s soğutma zamanı

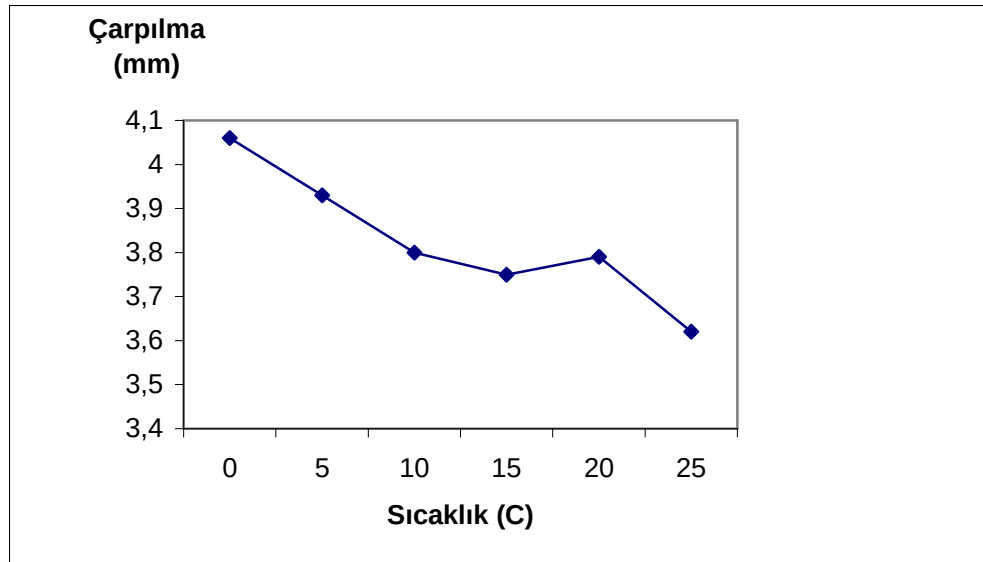
Tutma basıncı (Mpa)	Tutma zamanı (s)
75	1
0	1
0	1

Soğutma sistemi: Simetrik U tipi

Giriş sıcaklıkları : 0-5-10-15-20-25 °C



Şekil 12.11. Çift giriqli soğutma tipi için çarpılma



Şekil 12.12. Tek Giriqli soğutma tipi için çarpılma

D ANALİZİ

D analizinde yolluk çapı 8 mm' ye yükseltilmiştir. Tutma basıncı düşük tutulmuş, tutma zamanı artırılmıştır. Şekil 12.14'te çarpılma ile soğutma sıcaklığı arasındaki ilişki gösterilmiştir.

Parça kalınlığı: 2 mm

Soğutucu kanal çapı: 10 mm, kaviteden uzaklığı 30 mm

Yolluk girişi: 8 mm

Yolluk: 8 mm çap

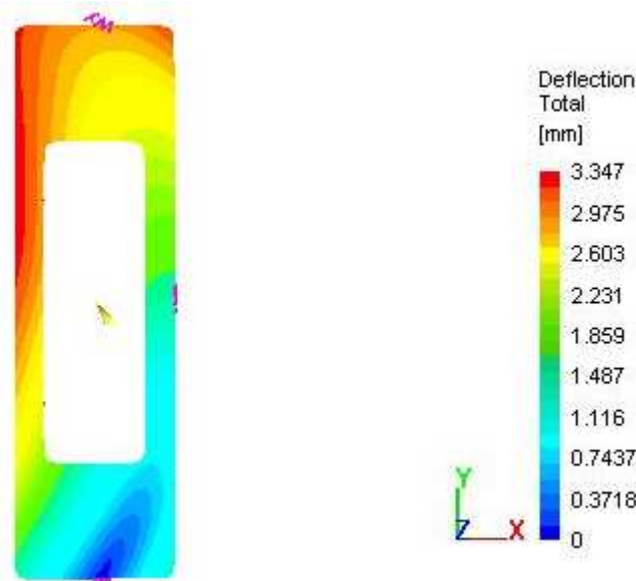
Parça girişi: 2x2 mm

Tutma basıncı profili: 56.5 Mpa'a 0 s ulaşma, 56.5Mpa'a 4.8 s tutuş, 14.8 Mpa'a 0.15 s düşüş, 0 Mpa'a 0.49 s de düşüş, 0Mpa 'da 2.81 s duruş.

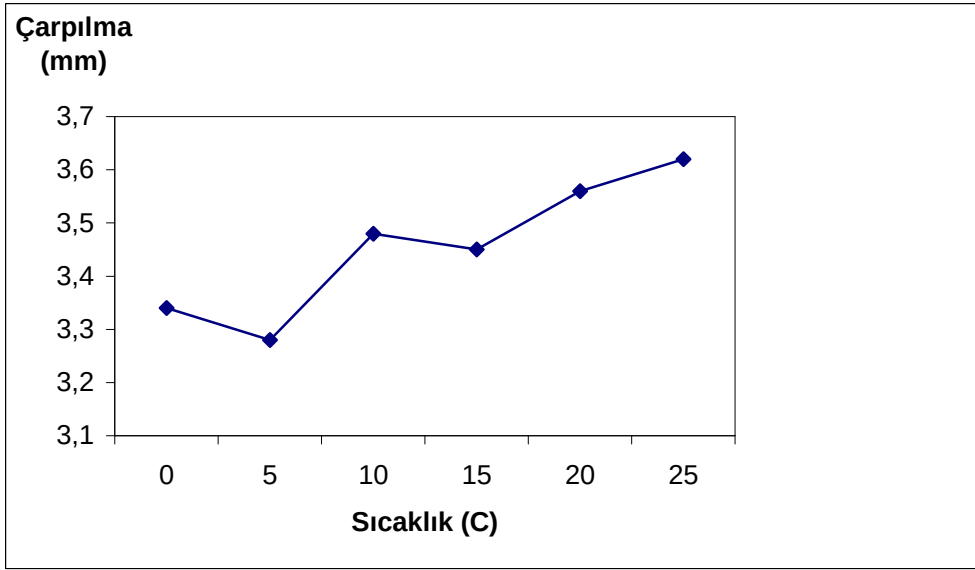
Tutma basıncı (Mpa)	Tutma zamanı (s)
56.5	0
56.5	4.8
14.8	0.15
0	0.49
0	2.81

Soğutma sistemi: Simetrik U tipi

Giriş sıcaklıkları : 0-5-10-15-20-25 °C



Şekil 12.13. Toplam çarpılma 0 °C 'de



Şekil 12.14 Çarpılma

E ANALİZİ

E analizinde soğutma süresi 25 s'e artırılmıştır. Diğer parametreler sabit bırakılmıştır.

Parça kalınlığı: 2mm

Soğutucu kanal çapı: 10 mm, kaviteden uzaklığı 30mm

Yolluk girişi: 8 mm

Yolluk: 8 mm çap

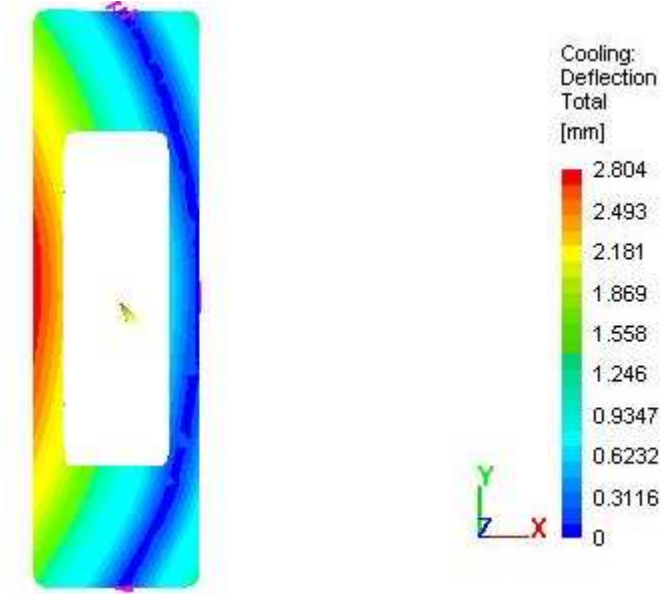
Parça girişi: 2x2 mm

Tutma basıncı profili: 56.5 Mpa 0 s'de ulaşma, 56.5 Mpa'da 4.8 s tutuş, 14.8 Mpa'a 0.15 s düşüş, 0 Mpa'a 0.49 s de düşüş, 0 Mpa'da 25 s duruş.

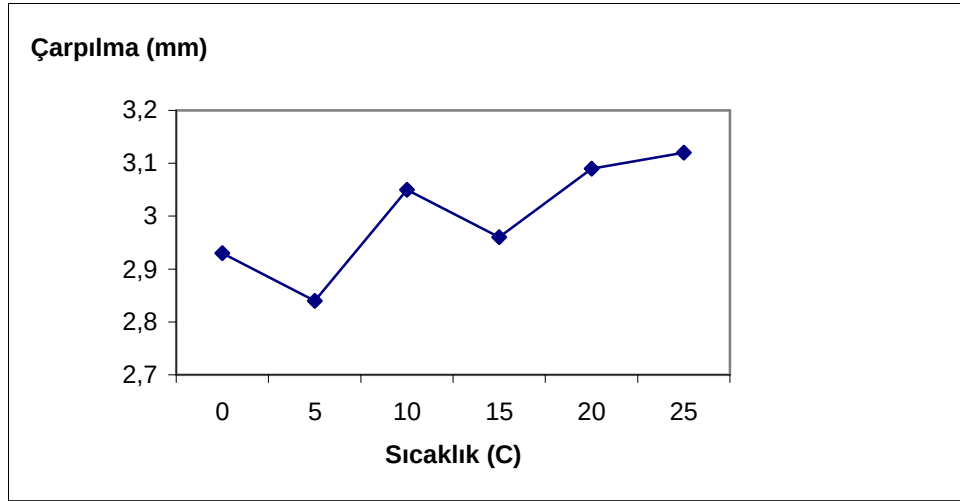
Tutma basıncı (Mpa)	Tutma zamanı (s)
56.5	0
56.5	4.8
14.8	0.15
0	0.49
0	25

Soğutma sistemi: Simetrik U tipi

Giriş sıcaklıkları : 0-5-10-15-20-25 °C



Şekil 12.15. Toplam çarpılma (0 °C ‘de)



Şekil 12.16. Çarpılma

F ANALİZİ

F analizinde soğutucu kanalın merkezinin kaviteye mesafesi 18 mm ye düşürülmüştür.

Yolluk girişi: 8 mm

Yolluk Çapı: 4 mm

Kavite girişi: 2x2 mm

Parça kalınlığı: 2mm

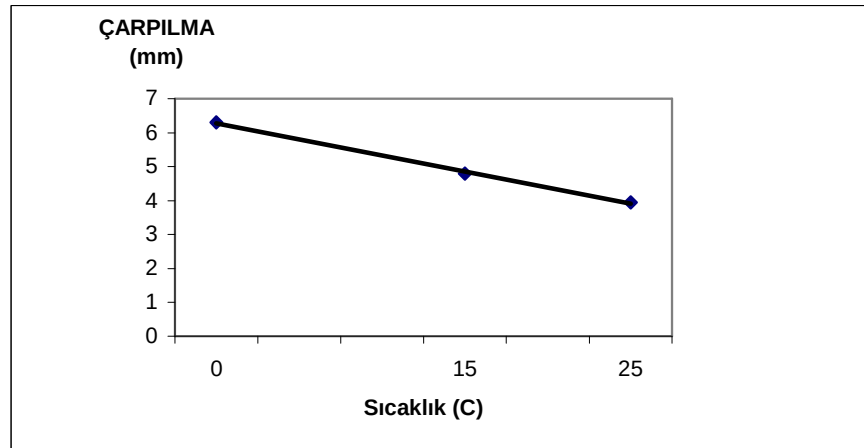
Soğutucu kanal çapı: 12 mm, kaviteden uzaklığı 18mm

Tutma basıncı profili: 75 Mpa 1 s ulaşma, 0 Mpa'a 0 s de düşüş, 1 s soğutma zamanı

Tutma basıncı (Mpa)	Tutma zamanı (s)
75	1
0	0
0	1

Soğutma sistemi: Simetrik U tipi

Giriş sıcaklıkları : 0-15-25 °C

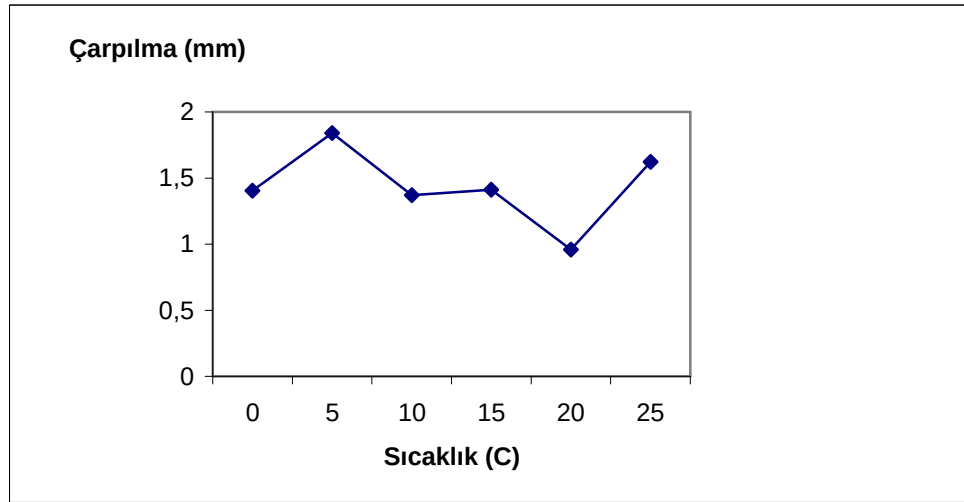


Şekil 12.17. Çarpılma

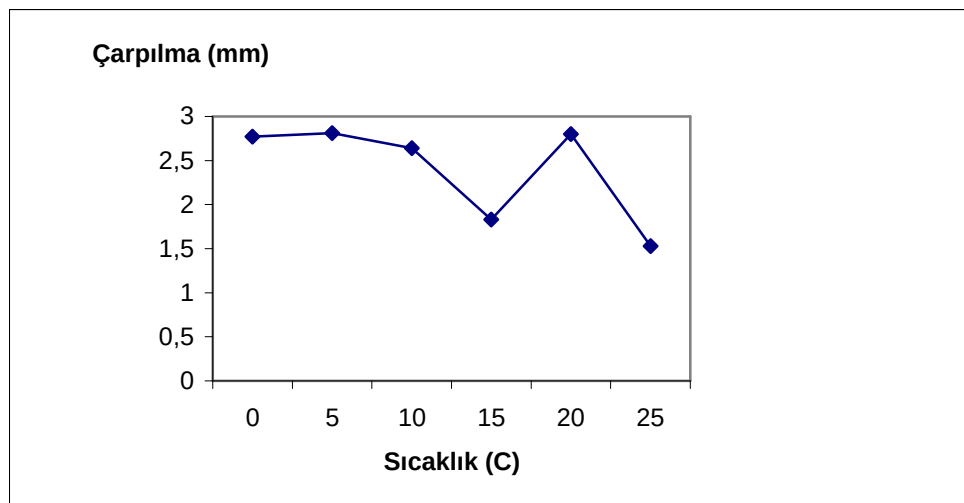
12.2. ÇARPILMALARDA SOĞUTMANIN ETKİSİ

Moldflow programı çarpılma analizi sonuçlarında, çarpılmaya etki eden faktörleri de göstermektedir. Soğutma faktörü analiz sonucunda ayrıca grafik olarak sunulmuştur.

A ANALİZİ

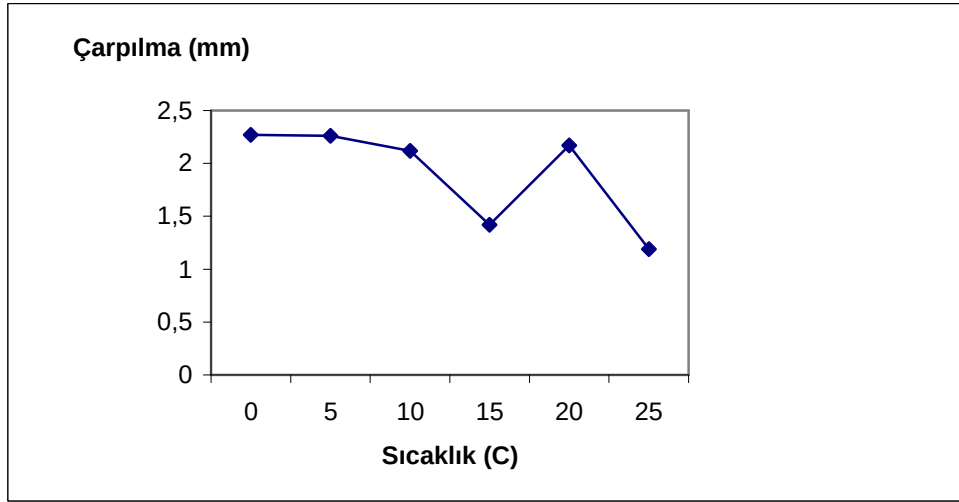


Şekil 12.18. Çift girişli soğutma tipi için çarpılma

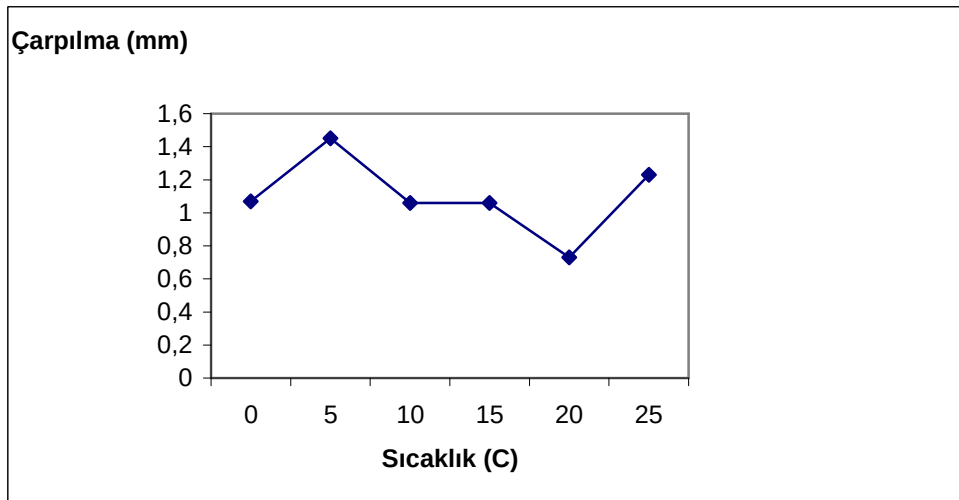


Şekil 12.19. Tek girişli soğutma tipi için çarpılma

B ANALİZİ

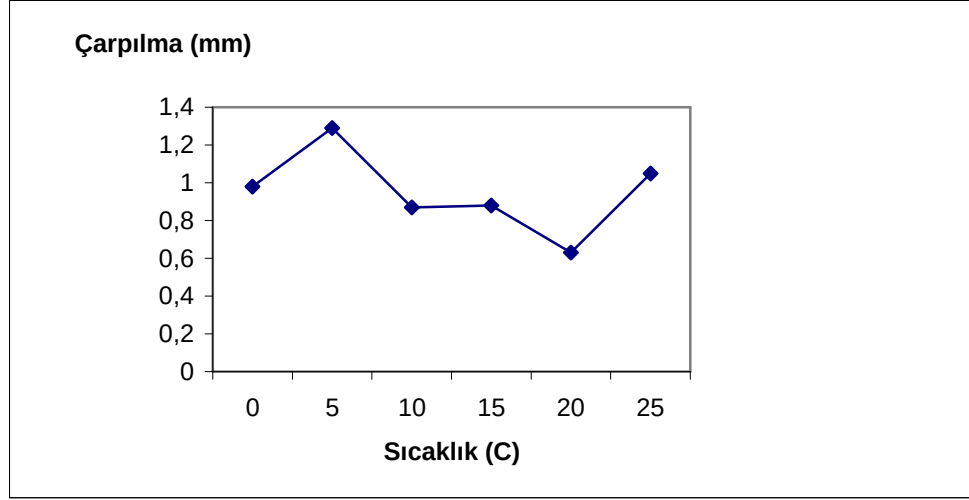


Şekil 12.20. Tek girişli soğutma tipi için çarpılma

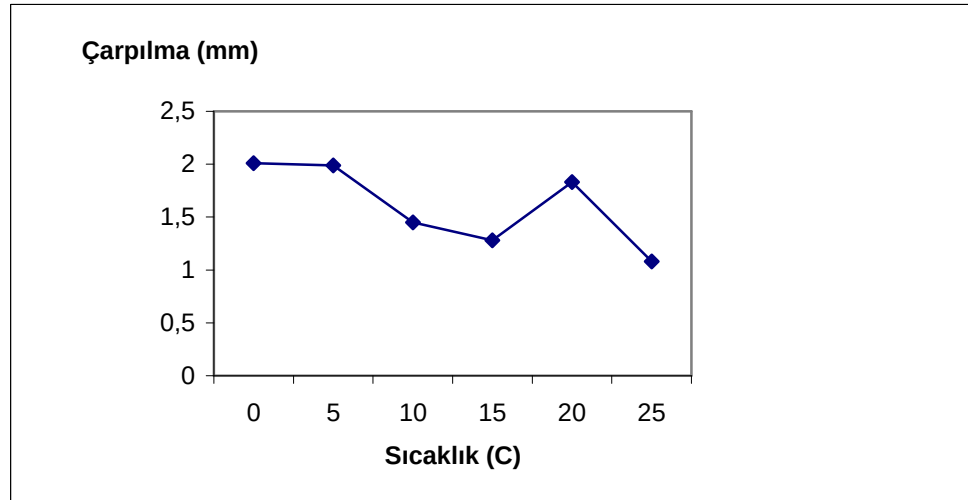


Şekil 12.21. Çift girişli soğutma sistemi için çarpılma

C ANALİZİ

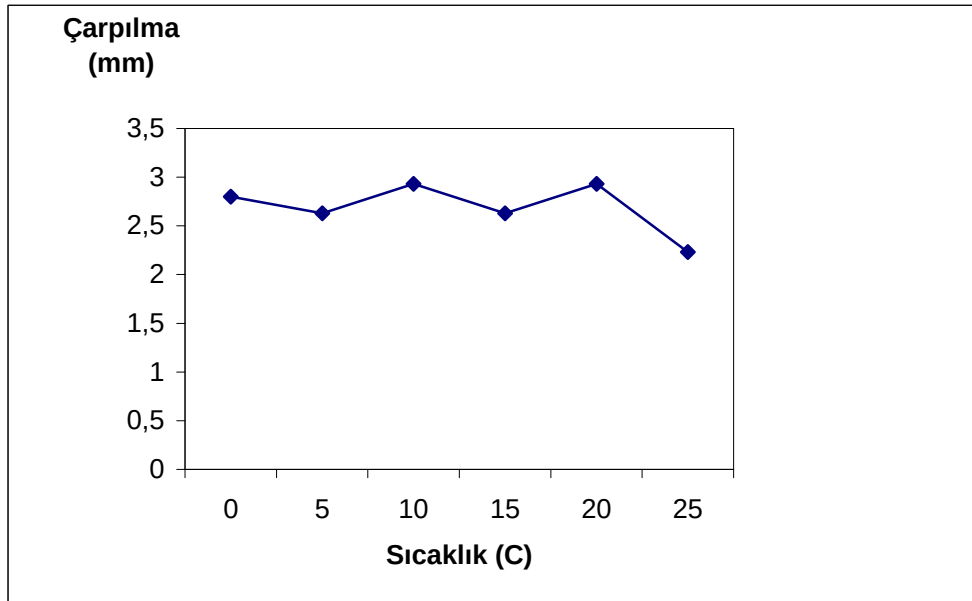


Şekil 12.22. Çift girişli soğutma sistemi için çarpılma



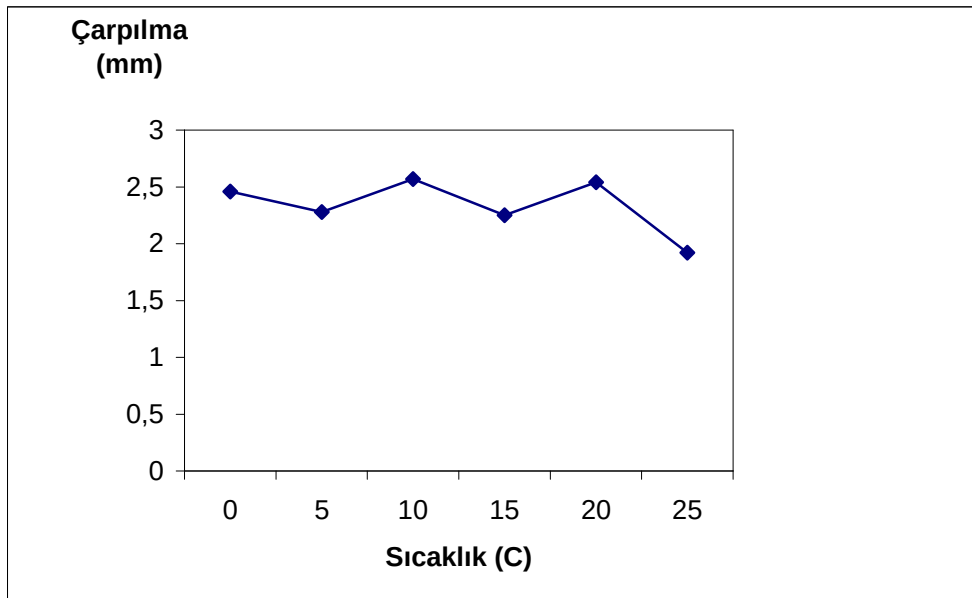
Şekil 12.23. Tek Girişli soğutma sistemi için çarpılma

D ANALİZİ



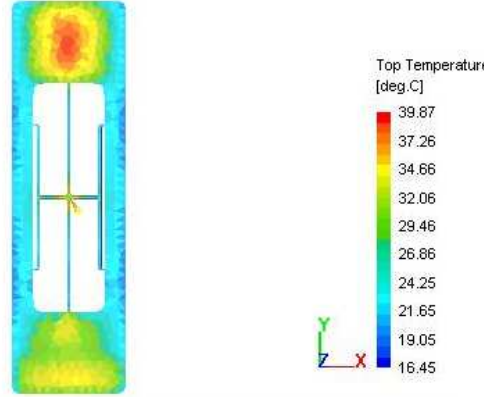
Şekil 12.24. D analizinde çarpılmaya soğutmanın etkisi

E ANALİZİ



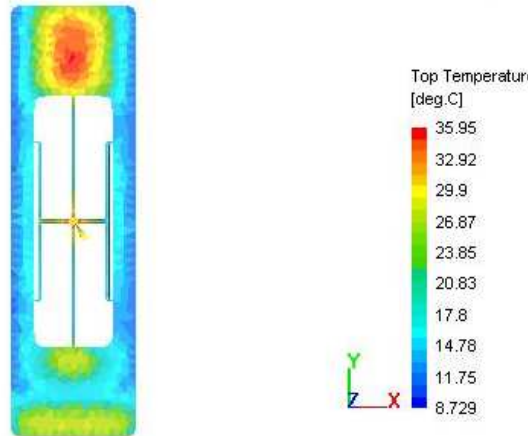
Şekil 12.25. E analizinde çarpılmaya soğutmanın etkisi

A analizinde tek girişli soğutma sistemi kullanarak 0 derece soğutma girişi yapıldığında plastik parçanın yüzey sıcaklık dağılımı şekilde gösterilmiştir. Soğutma sistemi kaviteden 30 mm uzağında yer almaktadır.



Şekil 12.26. Plastik parçanın üst yüzey sıcaklık dağılımı.

F analizinde tek girişli soğutma sistemi kullanarak 0 derece soğutma girişi yapıldığında plastik parçanın yüzey sıcaklık dağılımı şekil 12.27’de gösterilmiştir.



Soğutma sistemi kaviteden 18 mm uzağında yer almaktadır.

Şekil 12.27. Plastik parçanın üst yüzey sıcaklık dağılımı.

12.3. TAGUCHI ANALİZİ

12.3.1. Giriş

Kalite, bir rekabet unsuru olması nedeni ile sürekli bir gelişim göstermek zorundadır. Toplam kalite yönetiminin ana hedeflerinden biri de üründeki kaliteyi ürünün tasarım aşamasında sağlamaktır .Kalite geliştirme ve üründeki kaliteyi tasarım aşamasında sağlamanın vazgeçilmez yollarından biri deneysel tasarımıdır. Bir diğer amaç ise gerçekleştirmek için minimum maliyetli deney planlamasının yapılmasıdır. İşte bu iki amacı gerçekleştirmenin metotlarından biri de Taguchi deneysel tasarım metodudur [Çelikçapa, 2001].

Kalite geliştirmede geniş bir kullanıma sahip olan iki istatistiksel yaklaşım; istatistiksel süreç kontrolü ve ürün tasarımıdır.

İstatistiksel süreç kontrolü ile sadece ürün tasarımında ortaya konulan amaçların süreç esnasında korunması gerçekleştirilebilir. Oysa, ürünün kalite karakteristiklerinde oluşabilecek değişkenliklerin azaltılması ve süreç çevresindeki olumsuzluklara karşı minimum duyarlılığa sahip ürün üretilmesi deney tasarımı yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilebilir. Bu yöntemler dikkate alınarak tasarlanan bir ürün nominal değerinde üretilebilir ve bu değer çevresindeki değişkenliğinin minimum olması sağlanabilir. Ürün ve süreç tasarımında kalitenin geliştirilmesi konusunda en önemli katkıyı yapan Genichi Taguchi Japonya'nın endüstriyel ürün ve süreç geliştirmesinde 1940 sonlarından beri aktif olarak yer alan bir Japon makine mühendisidir. Ağırlıklı olarak istatistiksel kavram ve araçlara, özellikle istatistiksel deney tasarımına dayalı kalite geliştirme için hem felsefe hem de metodoloji geliştirmiştir. Çok basit ve temel üç kavram üzerine kurulmuş olan Taguchi felsefesi, kalite kontrol kavramının etki alanını genişletmiştir. Bu fikirler;

- Kalite, muayene ile değil, ürünün tasarımında gerçekleştirilecektir,

- Kalitenin en iyi şekilde elde edilmesi, kalite karakteristiklerinin hedef değerlerden sapmalarının minimize edilmesi ile gerçekleşir. Ürün, kontrol edilemeyen çevresel faktörlerden etkilenmeyecek şekilde tasarlanmış olmalıdır,

Kalitenin maliyeti, nominal değerlerden sapmaların bir fonksiyonu olarak ölçülmelidir. Kayıplar sistem içerisinde ölçülebilir olmalıdır.

Taguchi, deney tasarımlarını, ortogonal dizinler olarak bilinen tablolarla çok daha basit ve kararlı hale getirmiştir. [Akalın, 2002]

Hedef çevresindeki değişkenliğin azaltılmasına yönelik olarak Taguchi, gürültü (noise) faktörlerini ele almıştır. Gürültü faktörleri süreç çıktılarına etkileyen fakat ekonomik olarak kontrol altına alınamayan faktörlerdir. Hava şartları, makine donanımı gibi gürültü faktörleri genellikle değişkenliğe yol açan unsurlardır. Sonuç olarak gürültüden en az etkilenen ve yüksek bir sinyal-gürültü (signal to noise-S/N) oranına sahip güçlü bir tasarım elde edilebilir.

12.3.2. Kayıp Fonksiyonu

İlgilenilen performans karakteristiğinin değeri y ve bu karakteristiğin hedef değeri T ile gösterilir. Bu y değeri ürün yaşam süreci boyunca T değerinden sapabilir. İstatistiksel anlamda y herhangi bir olasılık dağılımına sahip bir rasgele değişkendir. y 'deki değişkenlik üretici ve kullanıcı kayıplarına sebep olur. y 'nin hedef değerden sapmasına bağlı olarak oluşan kaybın ifadesi $L(y)$ ile gösterilir. Genellikle $L(y)$ 'nin gerçek fonksiyonel ifadesini belirlemek oldukça zordur. Fakat pek çok performans karakteristiği için Taguchi karesel yaklaşımı kullanılmıştır. Karesel (Taguchi) kayıp fonksiyonu

$$L(y) = k (y-T)^2 \quad \dots\dots\dots (12.1)$$

eşitliği ile verilir. Bu eşitlikteki k pozitif bir sabittir ve bilinmeyen bu sabit y 'nin herhangi bir değeri için eğer $L(y)$ biliniyorsa belirlenebilir.

12.3.3. Taguchi'nin Sinyal/Gürültü Oranları

Taguchi, varyasyonu azaltmak amacıyla deney tasarımında performans kriteri olarak kullanılmak üzere, sinyal/gürültü oranı olarak adlandırılan bir dizi istatistik geliştirmiştir. Taguchi, uygulamadaki problemleri hedefin türüne göre üçe ayırmış ve her biri için farklı bir sinyal/gürültü (S/G) oranı tanımlamıştır.

a. En Küçük-En İyi

Bu tür problemlerde, kalite değişkeni y 'nin hedef değeri sıfırdır. Bu durumda sinyal/gürültü oranı şöyle tanımlanabilir.

$$S/G \text{ Oranı} = -10 \log(\sum y_i^2 / n) \dots\dots\dots(12.2)$$

b. En Büyük-En İyi

Bu durumda y 'nin hedef değeri sonsuzdur ve sinyal/gürültü oranı aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$S/G \text{ Oranı} = -10 \log[\sum (1/y_i^2) / n] \dots\dots\dots(12.3)$$

c. Hedef Değer-En İyi

Bu tür problemlerde, y için belli bir hedef değer (örneğin, ürün boyutları gibi) verilmiştir. S y değerlerinin standart sapmasıdır. Bu durumda,

$$S/G \text{ Oranı} = 10 \log(y^2 / s^2) \dots\dots\dots (12.4)$$

Her üç tip problemde de, amaç S/G oranını maksimize etmektir. Taguchi'ye göre, S/G oranlarının maksimize edilmesi, bir yandan sinyali artırırken, diğer yandan da değişkenliği azaltmaktadır [Saat, 2000].

12.3.4 Ortogonal Dizinler

Ortogonal dizin kavramı, İngiltere'de Ronald Fisher tarafından ortaya çıkarılmıştır. Bu konudaki ilk çalışmalar deneylerdeki hataları kontrol etmek için kullanılmıştır. Taguchi, Ortogonal dizinle sadece ortalama sonuçlar üzerine faktörlerin etkisini ölçmekle kalmamış, aynı zamanda ortalama sonuçlardan değişimi de incelemiştir [Ünal, 2001]. Bir tasarım parametresinin her seviyesi diğer tasarım parametrelerinin her seviyesi ile aynı sayıda tekrarlanıyorsa bu dizinlere ortogonal dizin denir. Taguchi, tasarım ve gürültü matrislerinin oluşturulmasında ortogonal dizinlerin kullanılmasını tavsiye etmiştir. Ortogonal dizinler, tasarım parametrelerinin, değişik sayıda test seviyelerine sahip olmasına imkân verir. Taguchi, her bir tasarım parametresi için üç veya daha fazla test seviyesinin araştırılması, tasarım parametrelerinin ana etkileri açısından doğrusal olup olmadığını ortaya çıkarabilir. İki seviyeli faktörel tasarımlarda, her faktörün yüksek

ve düşük olarak belirtilen iki seviyesi vardır. Bu iki seviye, bir faktörün etkisinin varlığı ve yokluğu ile eşleştirilmekte, sırası ile +1 ve -1 gösterimleriyle ifade edilebilmektedir. Buna göre ortogonal dizinler, etkileri tahmin edilebilir. Faktörlere ait ikili kolonların çarpımlarının (nokta çarpımı) toplamının sıfır olması ile tanımlanabilir. Nokta çarpımı, her iki sütunla birbirinin karşılığı olan sayıların çarpılıp toplanmasıyla elde edilir. Ortogonal dizinlerin kullanılması, etkilerin birbirinden bağımsız olarak tahmin edilebilmesine olanak sağlar.

Parametre tasarımı: Süreç optimizasyonunda anahtar aşama parametre tasarımıdır. Bu aşamada ürünün fonksiyonel karakteristiklerini yada temel fonksiyonlarını optimum seviyeye getirecek ve kontrol edilemeyen faktörlere karşı minimum düzeyde hassasiyet göstermesini sağlayacak, sürecin belirli faktör seviyelerinin belirlenmesine olanak sağlar. Burada kontrol edilemeyen faktörler (gürültü) kavramı, tüm parazit ve karıştırıcı faktörleri yani kontrol dışı faktörleri ifade etmektedir. Bu aşamada deneysel tasarımda sıkça kullanılan iki ana kavram ile karşılaşılır: Ortogonal gösterim ve işaret/gürültü analizi (S/N-Signal/Noise). Ortogonal gösterim tasarımları, ortogonallik özelliği nedeniyle kesirli faktörsel tasarımlardır. S/N oranı süreç değişkenliğinin bir ölçüsüdür. Taguchi'ye göre S/N oranı kullanılarak sürecin optimize edilmesiyle, optimum süreç şartlarının dinç ve kararlı olması yani minimum süreç değişkenliğine sahip olması sağlanır.

Taguchi metodunun aşamaları, aşağıdaki gibidir:

- 1) Problemlerin tanımlanması: İlk olarak problem tanımlanır ve hedef tespit edilir.
- 2) Faktör ve seviyelerinin belirlenmesi: Ürünün proses şeması çizilir, kılçık diyagramı çizilir. Kontrol edilebilir ve kontrol edilemeyen gürültü faktörleri belirlenir. Her faktör gurubu birbirinden ayrılarak bu faktörler için seviyeler belirlenir.
- 3) Ortogonal diziler ve seçimleri : Faktörsel deneyler, olası tüm faktör-seviye kombinasyonlarını açıklamayı gerektirdiği için yüzlerce hatta binlerce deney gerektirir. Bu deney sayılarını azaltan Taguchi tarafından geliştirilen ortogonal diziler kullanılır.
- 4) Faktörlerin kolonlara atanması: Bir deneysel dizayn matrisi tüm plandaki her bir deneyi tanımlayan deneysel şartların bir özetiştir. Faktörler ortogonal dizi sütunlarına atanırken öncelikle seviye durumuna ve faktörler arasındaki etkileşim olup

olmadığına bakılır. Eğer faktörler birbirinden bağımsız ise her hangi bir faktör her hangi bir sütuna atanabilir. Eğer faktörler arasında tespit edilmiş bir etkileşim var ise, o zaman belli kurallar gereği atama sütunlara zorunlu olarak yapılır.

5) Verilerin varyans analizi ile analiz edilmesi: Varyans analizi için her bir deneyden elde edilen verilerin ortalaması, standart sapması ve S/N oranı hesaplanır.

12.3.5 Analiz Çalışması

Taguchi analizi çarpılmaya etki eden parametrelerin etki yüzdesini belirlemek için yapılmıştır. Parametreler için;

A: Soğutma sıcaklığı

B: Soğutma zamanı

C: Soğutma kanallarının kaviteye olan mesafesi

D: Yolluk çapı kullanılmıştır.

Parametre değerleri üç değer için kullanılmıştır. Bunlar minimum, maksimum ve ortalaması olan değerdir. Taguchi metodu kullanılarak L9 (3^4) serisi ile çizelge oluşturulmuştur. DX6 trial Taguchi programı ile analiz gerçekleştirilmiştir. Çarpılma değeri için 9 analiz yapılmış sonuçları taguchi çizelgesine yerleştirilerek analiz sonuçlandırılmıştır. Deney sonucunda parametrenin çarpılmaya olan etkisi görülmüştür.

Tablo 12.3. Taguchi analizi için kullanılan parametreler

PARAMETRELER	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
Soğutma sıcaklığı	10 °C	20 °C	30 °C
Soğutma zamanı	5 s	10 s	15 s
Soğutma kanallarının kaviteye mesafesi	18 mm	24 mm	30 mm
Yolluk çapı	4 mm	6 mm	8 mm

Tablo 12.4 Taguchi çizelgesi

Run	Faktör 1 A:A	Faktör 2 B:B	Faktör 3 C:C	Faktör 4 D:D	Çarpılma
1	2	3	1	2	2.796
2	1	2	2	2	2.846
3	1	3	3	3	2.545
4	1	1	1	1	3.201
5	3	2	1	3	2.885
6	2	1	2	3	3.64
7	3	3	2	1	2.977
8	2	2	3	1	2.977
9	3	1	3	2	3.235

Tablo 12.5. Analiz çizelgesi

ANALİZ NO	Soğutma sıcaklığı (C°)	Soğutma zamanı (s)	Soğutma kanallarının kaviteye mesafesi (mm)	Yolluk çapı (mm)
1	20	15	18	6
2	10	10	24	6
3	10	15	30	8
4	10	5	18	4
5	30	10	18	8
6	20	5	24	8
7	30	15	24	4
8	20	10	30	4
9	30	5	30	6

Tablo 12.6. Analiz sonucu

FAKTÖR	% ETKİ
A: Soğutma sıcaklığı	14.46
B: Soğutma zamanı	71.86
C: Soğutma kanallarının kaviteye olan mesafesi	11.97
D:Yolluk çapı	1.71

Analiz sonucunda çarpılmaya etki eden en büyük faktör % 71.86 ile soğutma zamanı olmuştur. Onu soğutma sıcaklığı, Soğutma kanallarının kaviteye mesafesi, yolluk çapı izlemiştir.

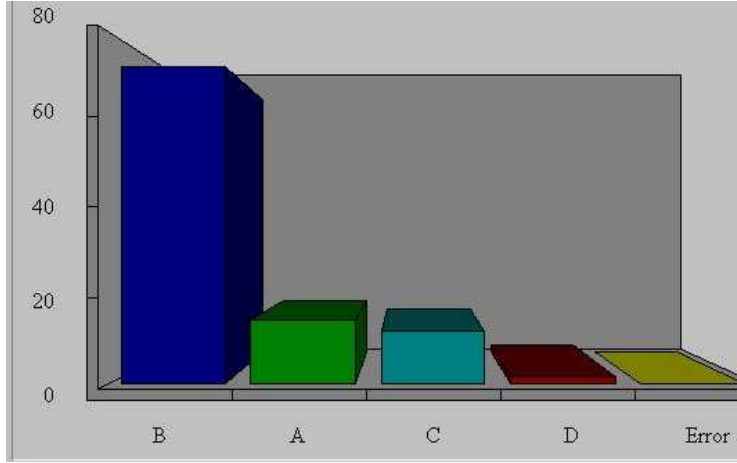
Uygulama, Qualitec 4 paket programı ile yapılmıştır. Windows üzerinde çalışan bu program, deney yasarımı ile Taguchi yöntemini uygular. Bir ürüne ait üretim parametreleri tespit edildikten sonra, kaliteyi arttırmak için bu parametrelerin optimum seviyeleri bu program yolu ile kolayca analiz edilebilir.

Qualitek-4 optimizasyon programı ile analiz sonuçları girilerek Taguchi analizi gerçekleştirilmiştir. Faktörlerin çarpılmaya olan etkileri aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

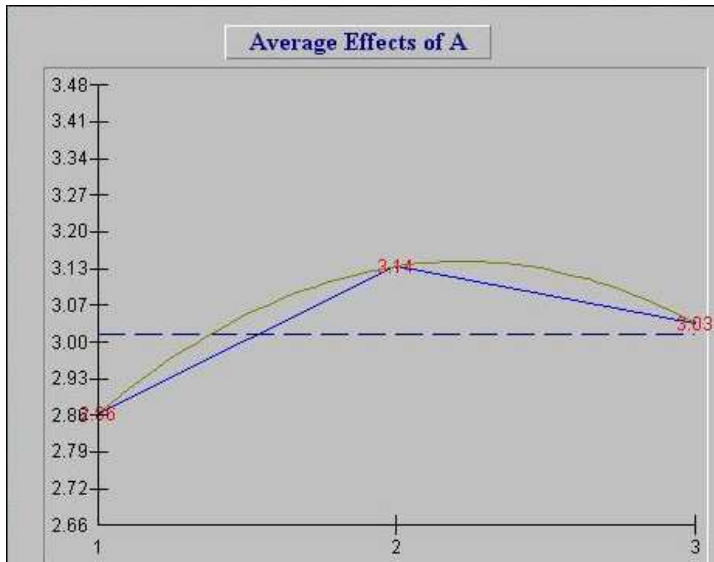
Tablo 12.7’de f ile gösterilen sütunda faktörlerin serbestlik dereceleri yer almaktadır. S harfi ile gösterilen sütunda faktörlere ait kareler toplamı vardır. V ile gösterilen sütunda faktörlerin varyansı yer almaktadır. P ile ifade edilen sütun Faktörlerin yüzdelik etkilerini göstermektedir. Şekil 12.29’da Soğutma sıcaklığının çarpılmaya olan etkisi yer almaktadır. Sıcaklık 10 C iken çarpılma minimum olmuştur. Sıcaklık arttığında çarpılma artmıştır. Şekil 12.30’da soğutma zamanı arttıkça çarpılmada azalmıştır. Şekil 12.31’de Soğutma kanallarının kaviteye olan mesafesi, arttığında çarpılma artmış fakat mesafe 30 mm’ye çıkartıldığında çarpılma minimum olmuştur. Şekil 12.32’de yolluk çapı büyültüldüğünde çarpılma azalmıştır.

Tablo 12.7 Qualitek analiz programı analiz sonuç tablosu

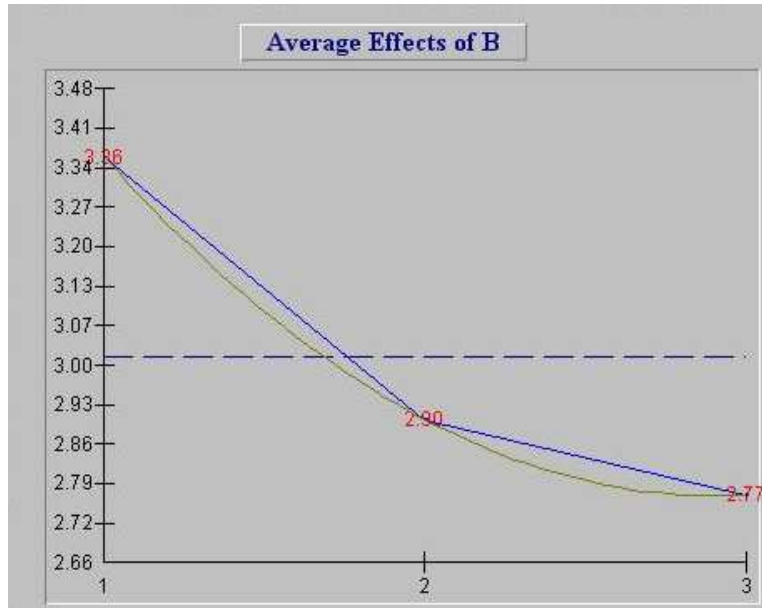
Col# / Factor	DOF (f)	Sum of Sqrs. (S)	Variance (V)	F - Ratio (F)	Pure Sum (S')	Percent P(%)
1 A	2	.114	.057	----	.114	14.456
2 B	2	.568	.284	----	.568	71.854
3 C	2	.094	.047	----	.094	11.965
4 D	2	.013	.006	----	.013	1.71
Other/Error	0					
Total:	8	.79				100.00%



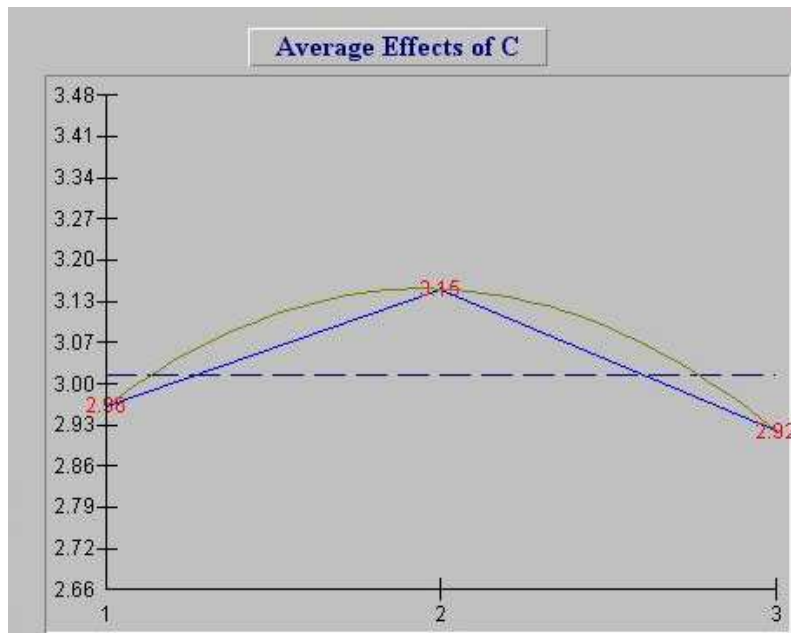
Şekil 12. 28. Faktörlerin çarpılmaya olan etkisi



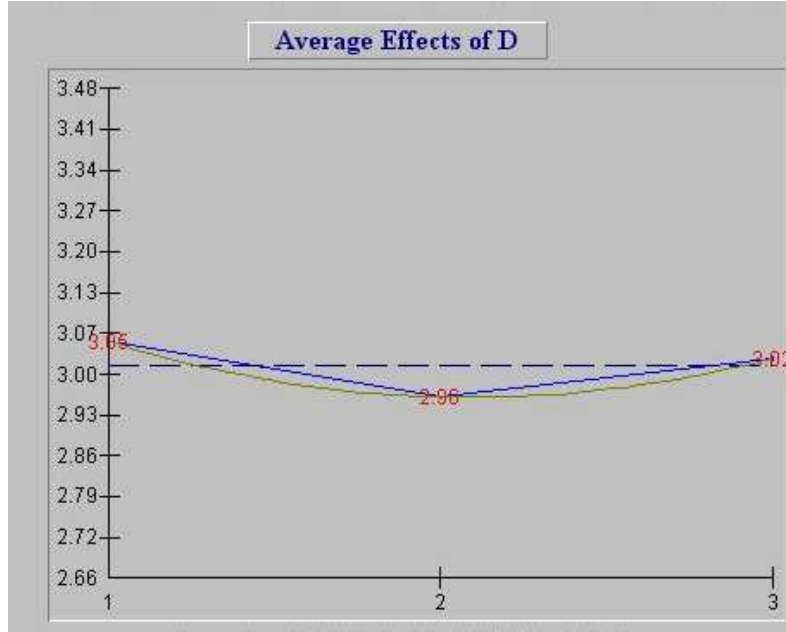
Şekil 12. 29. Soğutma sıcaklığının çarpılmaya olan etkisi



Şekil 12. 30. Soğutma zamanının çarpılmaya olan etkisi



Şekil 12. 31. Soğutma kanallarının kaviteye olan mesafesinin etkisi



Şekil 12. 32. Yolluk çapı etkisi

Tablo 12.8 'de faktörlerin, optimum sonuç için seviye sayıları yer almaktadır. Bu seviyeler kullanıldığında optimum çarpılma 2.478 mm olacaktır.

Tablo 12.8. Optimum sonuç

Column # / Factor	Level Description	Level	Contribution
1 A	1	1	-.148
2 B	3	3	-.239
3 C	3	3	-.093
4 D	2	2	-.053
Total Contribution From All Factors...			-.534
Current Grand Average Of Performance...			3.011
Expected Result At Optimum Condition...			2.478

13. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan üretimlerde ortaya çıkan problemlere ilişkin değişiklikler neticesinde tecrübeyle bulunmuş değerler ışığında Moldflow analiz programını kullanılarak analiz yapılmıştır. Bu analizin amacı ise çarpılmayı etkileyen faktörleri tespit etmektir. Plastik malzeme olarak ABS kullanılmıştır. Soğutma sisteminde iki tip soğutma sistemi kullanılmış, bunlarda kendi aralarında kaviteye olan mesafesi ve giriş sıcaklıkları değiştirilerek analiz edilmiştir.

A analizinde soğutucu kanal çapı 10 mm, kaviteden uzaklığı 30 mm olarak belirlenmiştir. Tek girişli U tipi soğutma sistemi ile çift girişli soğutma sistemi kullanılmış ve 0-5-10-15-20-25 °C de su girişi altı ayrı sıcaklık değeri kullanılarak analiz yapılmıştır. Çarpılma değerlerine bakıldığında çift girişli soğutma sistemi için 5.5-6.1 mm arasında çarpılma değeri tespit edilmiştir. Tek girişli U tipi soğutma sistemi için 5.6-6.1 mm arasında çarpılma gözlemlenmiştir.

B analizinde soğutma kanalı çapı ve kaviteden uzaklığı korunarak, tutma basıncı profilinde değişiklik yapılmıştır. Basınç yavaş biçimde sıfır Mpa' a indirilmiştir. Sonuçta, tek girişli soğutma sisteminde 4,4- 4,6 mm arasında çarpılma değerleri ortaya çıkmıştır. Çift girişli soğutma sisteminde ise 4,3- 4,6 mm çarpılma değerleri tespit edilmiştir.

C analizinde A ve B analizinde olduğu gibi soğutma çapı ve kaviteden uzaklığı sabit tutulmuştur . Tutma basınç profili değiştirilmiş ve tutma basıncı 0 Mpa' a 2 s' de düşmüştür . Sonuç olarak tek girişli soğutma sistemi için 3,5 - 4 mm çarpılma , çift giriş için 3,7- 4 mm arasında çarpılma değerleri ortaya çıkmıştır .

D analizinde yolluk çapı 8 mm'e yükseltilmiştir. Tutma basıncı düşük tutulmuş, tutma süresi uzatılmıştır. Sonuçta 3,3 – 3,6 mm arasında çarpılma değerleri gözlemlenmiştir .

E analizinde soğutma süresi 25 s' e çıkarılmış, çarpılma değerleri 2,9 – 3,1 mm arasında gerçekleşmiştir.

Sonuçlar değerlendirildiğinde A , B ve C analizlerinde yolluk sistemi ve soğutma sistemi aynı olmak koşulu ile analiz yapılmıştır. Tek girişli soğutma sistemi ile çift girişli soğutma sisteminde ortaya çıkan çarpılma değerleri birbirine yakındır. Analiz sonuçlarından anlaşıldığı gibi soğutma tipinin, çarpılmadaki etkisi çok az olmaktadır. Tutma basıncı profili ise çok önemli faktör olarak çarpılmayı etkilemektedir. Tutma profili eğimli bir şekilde gerçekleştiğinde çarpılma azalmıştır. Soğutma süresi uzadığında çarpılma miktarı azalmıştır. Yolluklar büyüdüğünde tutma basıncı düşmüş, çekme miktarında azalma olmuştur. Bunun sonucunda çarpılma miktarı azalmıştır. Soğutma kanalı kaviteye yaklaştığında çarpılma daha da artmıştır .

Taguchi analizi sonucunda çarpılmaya etki eden en büyük faktör % 71.86 ile soğutma süresi olmuştur. Onu % 14 ile soğutma sıcaklığı, % 11 ile soğutma kanallarının kaviteye mesafesi, % 1 ile yolluk çapı izlemiştir. Bu durumda soğutma süresinin çarpılmaya etkisi çok büyük miktarda olmaktadır. Soğutma sıcaklığı arttığında çarpılma artmaya başlamıştır. 10 C° de en küçük çarpılma ortaya çıkmıştır. Soğutma suyu 20 C° de iken çarpılma % 10 artmıştır. Soğutma suyu sıcaklığı 30 C iken çarpılma % 3,5 düşmüştür. Çarpılmanın en yüksek olduğu soğutma sıcaklığı 20 C° dir. Minimum çarpılma değeri soğutma sıcaklığının 10 C° olması halinde gerçekleşmiştir.

Soğutma zamanı 5 s verildiğinde çarpılma miktarı 3,28 mm olmuştur. Soğutma zamanı 10 saniyeye çıkartıldığında çarpılma % 12 düşmüştür. Soğutma zamanı 15 saniyeye çıkartıldığında çarpılma % 5 daha düşmüştür. Şekilden de anlaşıldığı gibi soğutma süresi arttığında çarpılma da azalmaktadır.

Soğutma kanallarının kaviteye uzaklığı 18 mm verildiğinde çarpılma 2,98 mm olmuştur. Mesafe 24 mm'ye çıkarılınca çarpılma % 16 artmıştır. Mesafe 30 mm yapıldığında ise çarpılma % 7,5 düşerek 2,92 mm olmuştur. Çarpılma grafiği parabolik seyir izlemiş, soğutma kanallarının kaviteye 24 mm mesafede iken maksimum çarpılma gerçekleşmiştir. Minimum çarpılma ise soğutma kanallarının kaviteye mesafesi 30 mm olduğunda görülmüştür.

Yolluk boyutu 4 mm verildiğinde çarpılma 3,05 mm olmuştur. Yolluk çapı 6 mm olduğunda çarpılma % 3 azalmıştır. Yolluk çapı 8 mm olduğunda çarpılma % 2

artmıştır. Minimum çarpılma yolluk çapının 8 mm büyüklükte olduğunda gerçekleşmiştir.

Soğutma sistemi ve enjeksiyon aşamaları parçanın kalitesine büyük oranda etki etmektedir. Parçanın kaliteli ve problemsiz çıkması için tasarım aşamasında bütün etkenler göz önüne alınarak tasarım yapılmalı, üretim aşamasında uygun değerler kullanılarak üretim yapılmalıdır. Deney parçasına feder eklenerek çarpılmaya olan etkileri ile ilgili bir çalışma yapılabilir. Plastik enjeksiyon kalıp tasarımında sonradan olabilecek hataları önlemek için tasarımın her aşaması yani en iyi giriş yeri tespiti, giriş şekli ve büyüklüğü, yollukların yapısı faktör olarak kullanılarak analiz gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

1. Akalın T., Ürün Tasarımında Taguchi Yöntemi ve Bir Örnek Uygulama, Bilim Dergisi , 2002.
2. Aslan A., Plastik Ürün Tasarım İlkeleri, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi , İstanbul, 1997.
3. Birinci A., Plastik Enjeksiyon Kalıpların İncelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 1997.
4. Bucaklıgil Ç., Plastik Kalıp Tasarım Esasları ve Uygulamalı Kalıp Tasarım Örneği, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 1999.
5. Chang S.H., Hwang J.R. and Doong J.L., Optimization of The Injection Molding Proses of Short Glass Fiber Reinforced Polycarbonate Composites Using Grey Relational Analysis, pp. 186-193, Journal of Material Processing Technology, 2000.
6. Chang T.C., Shrinkage Behavior and Optimization of Injection Molded Parts Studied by The Taguchi Method, Polymer Engineering and Science, pp. 703-710, 2001.
7. Chen R.S., Lin H.C. and Kung C., Optimal Dimension of PQFP by Using Taguchi Method, Composite Structures, pp. 1-8, 2000.
8. Chen Y., Lam Y.C. and Li D.Q, Analysis of Thermal Residal Stress in Plastic Injection Molding, Journal of Material Processing Technology, pp. 275-280, 2000.
9. Chun D.H., Cavity Filling Analysis of Injection Molding Simulation Bubble and Weld Line Formation, Journal of Material Processing Technology, pp. 177-181, 1999.
10. Çelikçapa F., Taguchi Deneysel Tasarım Metodunun Bir Dokuma işletmesinde Uygulama Denemesi, Cilt: 19 Sayı: 1-2, 2001.
11. Design Expert 6.0.9, Taguchi Optimizasyon Analiz Paket Programı, 2003.
12. DuBois J.H. and Pribble W.I., Plastic Mold Engineering Handbook Forth Edition, 1987.

13. Esenlik M., Plastik Enjeksiyon Kalıpcılığında Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2001.
14. Feron B., Wolf D. and Wortberg J., Optimized Cooling and Gauge Tolerances in Blown Film Extrusion, *Polymer Engineering and Science*, pp. 876-881, 1997.
15. Han K.H. and Im Y.T., Compressible Flow Analysis of Filling and Past Filling Injection Molding with Phase Change Effect, *Composite Structures*, pp. 179-190, 1997.
16. Hu B.H. and Tong K.K., Design and Optimisation of Runner and Gating Systems for The Die Casting of Thin Walled Magnesium Telecommunication Parts Through Numerical Simulation, *Journal of Material Processing Technology*, pp. 128-133, 1999.
17. Huang M.C. and Tai C.C., The Effective Factors in The warpage Problem of An Injection Molded Part with A Thin Shell Feature, *Journal of Material Processing Technology*, pp. 1-9, 2001.
18. Karadağ H., Plastik Kalıpcılığın Esasları, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 1994.
19. Khakhar D.V. and Joseph K.V., Optimization of The structure of Integral Skin Foams for maximal flexural Properties, *Polymer Engineering and Science*, pp. 726-733, 1994.
20. Lee C.C. and Stevenson J.F., Optimized Runner Systems for Multicavity Injection Molds , *Polymer Engineering and Science*, pp. 375-384, 1999.
21. Li C.L., A Feature Based Approach to Injection Mould Cooling System Design, *Computer Aided Design*, pp. 1073-1090, 2001.
22. Lin J.C., Optimum Cooling Analysis of Free Form Injection Mold Using an Abductive Network, *Journal of Material Processing Technology*, pp. 226-236, 2002.
23. Moldflow Plastics Insight 2.0, Plastik Enjeksiyon Analiz Paket Programı, 1999.
24. Oğuz B., Application of The Taguchi Method to Investigation of The Sealing Process of Plastic Film Packets, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2001.
25. Papathanasiou T.D. and Kamal M.R., Filling of Complex Shaped Mold With a Viscoelastic Polymer, *Polymer Engineering and Science*, pp. 400-409, 1993.

26. Pye R.G.W., Injection Mold Design, Third Edition, 1983.
27. Qualitek-4, Taguchi Optimizasyon Analiz Paket Programı, 2003.
28. Rosato D.V., and Rosato D.V., Injection Molding Handbook Second Edition, 1995.
29. Saat M., Kalite Denetiminde Taguchi Yaklaşımı, Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt 2, sayı3. S.97-108, 2000.
30. Saito M., Kukula S., Kataoka Y. and Miyata T., Practical Use of Statistically Modified Laminate Model for Injection Moldings, Material Science & Engineering, pp. 280-287, 2000.
31. Salahuddin N. and Shehata M.M., Reductions of Polymerization Shrinkage in Mettly Methacrylate Montmorillonite Composites, Materials Letters, pp. 289-294, 2002.
32. Seow L.W. and Lam Y.C., Optimizing Flow in Plastic Injection Molding, Journal of Material Processing Technology, pp. 333-341, 1997.
33. Song Y.H., Zhang K.F., Wang Z.R. and Diao F.X., 3D FEM Analysis of Temperature Field and Thermal Stress for Plastics Thermal Forming, Journal of Material Processing Technology, pp. 35-43, 2000.
34. Tai C.C. and Lin J.C., A Runner Optimization Design Study of A Die Casting Die, Journal of Material Processing Technology, pp. 1-12, 1996.
35. Tan K.H. and Yuen M.M.F., A Fuzzy Multiobjective App.roach for Minimization of Injection Molding Defects, Polymer Engineering and Science, pp. 956-971, 2000.
36. Tseng W.J. and Liu D.M., Effect of Processing Variables on Warping Behaviours of Injection Molded Ceramics, Ceramics International, pp. 125-133, 1998.
37. Turaçlı H., Enjeksiyon Hataları ve Çözümleri, PAGEV Yayınları, İstanbul,1999.
38. Turaçlı H., Enjeksiyon Kalıpları İmalatı, PAGEV Yayınları, İstanbul, 2000.
39. Uzun İ. ve Erişkin Y., Hacim Kalıpcılığı, Enjeksiyon Kalıplama Metodu, İstanbul, 1984.
40. Ünal Y., Şanzıman Giriş Mili İmalatındaki Proses Parametrelerine Taguchi Metodunun Uygulanması, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2001.

41. www.scudc.scu.edu/cmdoc/dg_doc/develop/material/classify/
42. www.honeywell-plastics.com/techinfo/litshop/inject/
43. www.berkeley.edu/~DFM/inj_molding/inj_molding.html
44. www.plasticszone.com/moldflow/know.nsf/documents/
45. www.scudc.scu.edu/cmdoc/dg_doc/develop/material/
46. www.aestpe.com

ÖZGEÇMİŞ

20.09.1977’de İstanbul’da doğdu. 1988’de Örnek İlkokulu’ndan, 1994’te Haydarpaşa Lisesi’nden mezun oldu. 1998 yılında Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü’nü başarıyla bitirdi. 2000 yılında Erzincan’da vatani görevini yaptı. 2001 yılında Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Tasarım ve İmalat Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisans Programı’na kayıt oldu. Halen KAREL KALIP işletmesinde Tasarım Mühendisi olarak çalışmaktadır.