

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**POLİMER MALZEMELERİN ENJEKSİYONDA
BİRLEŞME İZLERİNİN MEKANİK DAVRANIŞLARA
ETKİLERİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tek.Öğrt. Serkan DENİZ

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNE EĞİTİMİ

Tez Danışmanı : Öğrt. Gör. Dr. Ahmet DEMİRER

Eylül 2006

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**POLİMER MALZEMELERİN ENJEKSİYONDA
BİRLEŞME İZLERİNİN MEKANİK DAVRANIŞLARA
ETKİLERİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tek.Öğrt. Serkan DENİZ

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNE EĞİTİMİ

Tez Danışmanı : Öğrt. Gör. Dr.Ahmet DEMİRER

Bu tez .. / .. /2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

.....
Jüri Başkanı

.....
Üye

.....
Üye

TEŞEKKÜR

Bu çalıőmanın ortaya çıkmasında, değerli görüş ve bilgileriyle büyük katkı sağlayan kıymetli hocam Sn. Dr. Ahmet DEMİRER ve Teknik Öğretmenler Ertan AKIRGİL ve Melih DOĞAN'a, çevirilerdeki yardımı nedeniyle Yard. Doç. Dr. Can HAŐIMOĐLU' na sonsuz teőekkürlerimi sunarım

Kalıbın üretilme aşamasında benden yardımlarını esirgemeyen Erel Makine San. Tic. Ltd. őti. işletmecileri Mak. Müh. Sn. Hasan ULU ve Emin GÜNDÜZ'e, Alkan Kalıp Ustabaőısı Sn. Ahmet Bey'e teőekkürü bir borç bilirim.

Numunelerin basılması, malzeme temini ve deney aşamasında tüm imkanlarını bana sunan Berke Plastik işletmecisi Sn. İbrahim BİRİCİK ve Ustabaőısı Sn. Haluk AZI'ya, Mert Plastik işletmecileri Sn. Cem Mehmet Bey ve Yusuf Bey'e, Federal Elektrik Plastik Enjeksiyon Bölüm Sorumlusu Kimya Mühendisi Volkan SERDAR'a katkılarından dolayı sonsuz minnettarım.

Ayrıca maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme ve eşime teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLOLAR LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xii
SUMMARY.....	xiii

BÖLÜM 1.

GİRİŞ	1
-------------	---

BÖLÜM 2.

PLASTİKLER	7
2.1. Genel Bilgi	7
2.2. Plastiklerin Genel Özellikleri.....	8
2.3. Plastiklerin Çeşitleri.....	10
2.3.1. Termoplastikler	11
2.3.1.1. Polietilen (PE).....	12
2.3.1.2. Polipropilen (PP).....	12
2.3.1.3. Polistiren (PS)	13
2.3.2. Termosetler	13
2.4. Malzemenin Reolojik Özellikleri.....	14
2.4.1. Dolgu maddelerinin etkisi	15
2.4.2. Basınç ve sıcaklık etkisi	15
2.5. Plastiklerin Kullanılan Kalıplama Yöntemlerinin Sınıflandırılması.16	

BÖLÜM 3.

PLASTİK ENJEKSİYON YÖNTEMİ	17
3.1. Plastik Enjeksiyon Yöntemi	17
3.1.1. Plastik enjeksiyon makinesi	18
3.1.2. Enjeksiyon yönteminin avantajları.....	20
3.1.3. Enjeksiyon yönteminin dezavantajları.....	20
3.1.4. Enjeksiyon prosesi akışı	20
3.1.5. Enjeksiyon çevriminin aşamaları	21

BÖLÜM 4.

PLASTİK ENJEKSİYON KALIPLARI.....	24
4.1. Genel Bilgi	24
4.2. Kalıp Tasarımında Dikkate Alınması Gereken Hususlar.....	25
4.3. Enjeksiyon Kalıp Elemanları	27
4.3.1. Enjeksiyon burcu ve yerleştirme bileziği.....	27
4.3.2. Bağlama plakaları ve klavuz pimleri.....	28
4.3.3. İtici pimler, burçlar ve plakalar	29
4.3.4. Destek plakaları.....	30
4.3.5. Yolluk sistemleri	30

BÖLÜM 5.

YOLLUK SİSTEMLERİ.....	31
5.1. Genel Bilgi	31
5.2 Yolluk Girişi	33
5.3. Yolluk sisteminin çeşitleri ve prensipleri.....	35
5.4. Yolluk sisteminden istenilen özellikler	38
5.5. Yolluk dağıtıcılar	38

BÖLÜM 6.

PLASTİK ÜRÜNLER ÜZERİNDEKİ İZLER VE HATALAR.....	46
6.1. İzlerin Tanımlanması.....	46
6.1.1. İzlerin ve hataların nedenleri.....	46

6.1.1.1. Yanık izleri.....	47
6.1.1.2. Akış izleri.....	47
6.1.1.3. Birleşme izleri	48
6.1.1.4. Kalıp öpüşme yüzeyinde iz	48
6.1.1.5. Kırışık ve pürüzlü yüzey	48
6.1.1.6. Yüzey görüntüsünün kötü olması.....	49
6.1.1.7. Yüzeydeki lekeler.....	49
6.1.1.8. Serpinti (Gümüşi izler) oluşması	49
6.1.1.9. Çizikler.....	50
6.1.1.10 Eksik ürün	50
6.1.1.11. Çatlama	51
6.1.1.12. Soyulma	51

BÖLÜM 7.

PLASTİK ÜRÜNLER ÜZERİNDEKİ BİRLEŞME İZLERİ.....	52
7.1. Birleşme İzleri ve Birleşme İzlerinin Yol Açtığı Hatalar	52
7.2. Birleşme İzi Zararlarının Azaltılması.....	54

BÖLÜM 8.

DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	59
8.1. Materyal.....	59
8.1.1. Deneyde kullanılan donanım	59
8.1.2. Plastik malzemelerin özellikleri	62
8.1.3. Ürün geometrisi	62
8.1.4. Plastik enjeksiyon kalıbının imalat aşamaları	64
8.2. Yöntem	67
8.2.1. Deneyin yürütülmesi.....	67
8.2.2. Çekme ve eğme testlerinin yapılacağı deney cihazı.....	68

BÖLÜM 9.

DENEY SONUÇLARI69

9.1. Proses Sıcaklığına Göre Tek ve Çift Girişli Basılan Eğme ve Çekme Numunelerinin Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması.....69

9.2. Katkılı ve Katkısız PP Malzemenin Proses Sıcaklığına Göre Birleşme İzinin Eğme ve Çekme Mukavemet Değerlerinin Karşılaştırılması...72

9.3. Proses Sıcaklığına Göre Birleşme İzli ve İzsiz Numunelerin Eğme ve Çekme Dayanımlarının Karşılaştırılması.....74

BÖLÜM 10.

SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....75

10.1 Çekme ve Eğme Oranlarının Değerlendirilmesi75

BÖLÜM 11.

TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....78

KAYNAKLAR80

ÖZGEÇMİŞ.....84

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

PE : Polietilen

PP : Polipropilen

PS : Polistiren

ABS : Akrlonitril-Butadien- Stiren

SAN : Stiren-Akrlonitril

RN : Plastik ünitesi lülesinin küresel uç çapı

RS: : Yolluk burcu küresel girintisinin yarıçapı

dN : Plastik ünitesi lülesinin ağız çapı

ds : Yolluk burcunun ağız çapı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Dünyada plastik malzemelerin senelere göre kullanım oranı	1
Şekil 1.2. Batı Avrupa’da kullanım alanlarına göre plastik tüketimi.....	2
Şekil 2.1. Termoplastiklerin yapısını oluşturan atom zincirler	11
Şekil 3.1 Bir plastik enjeksiyon makinesinin çalışma prensibi.....	18
Şekil 3.2. Enjeksiyon makinesi	18
Şekil 3.3. Enjeksiyon makinesinin üniteleri.....	19
Şekil 3.4. Enjeksiyon prosesinde çevrim zamanı ve kalıptaki basınç değişimi	23
Şekil 4.1 Bir plastik enjeksiyon kalıbının şematik gösterimi.....	25
Şekil 4.2. Bir enjeksiyon kalıbında ana ve yan fonksiyonlar.....	26
Şekil 4.3. Enjeksiyon kalıbı ve önemli parçaları	27
Şekil 4.4. Yolluk burçları ve montajları.....	28
Şekil 4.5 Hava basınçlı yaylı iticiler	29
Şekil 5.1 Metal malzemelerin ve plastik malzemelerin kalıba akış düzeni	31
Şekil 5.2 Plastik malzemelerin kalıba doldurulması	32
Şekil 5.3 Yolluk Sistemi	32
Şekil:5.4 Makine lülesi ve yolluk burcu	34
Şekil 5.5. Basit bir soğuk yolluk tasarımı	36
Şekil 5.6. Sıcak yolluk sisteminin enjeksiyon kalıbı içindeki konumu.....	37
Şekil 5.7. Dağıtıcı kanal kesitleri	39
Şekil 5.8. Dağıtıcı kanal kesitleri ve kabuk oluşturma biçimleri	40
Şekil 5.9. Çoklu kalıplama boşluğu bulunan kalıplarda dağıtıcı kanal tipleri	41
Şekil 5.10. Giriş çeşitleri ve özellikleri.....	43
Şekil 7.1 Enjeksiyon kalıplamadaki birleşme izi oluşması.....	53
Şekil 7.2 Birleşme yerini ürün dışında oluşumu.....	53
Şekil 7.3 Mold flow programında analiz edilmiş çekme ve eğme numuneleri.....	55

Şekil 7.4 Deney çubukları tek girişle doldurulan kalıbın dolum aşamaları.....	56
Şekil 7.5 Deney çubukları çift girişle doldurulan kalıbın dolum aşamaları.....	57
Şekil 8.1. Deneyde kullanılan plastik enjeksiyon tezgahı.....	60
Şekil 8.2. Deneyde kullanılan plastik enjeksiyon tezgahının elektronik kontrol ünitesi	61
Şekil 8.3. Deneyde kullanılan kalıbın plastik enjeksiyon tezgahına bağlanmış hali.	61
Şekil 8.4. Çekme ve eğme numune ölçüleri.....	63
Şekil 8.5. Kalıptan çıkarılmış numunenin bütün hali.....	63
Şekil 8.6. Deneylerde kullanılan çekme ve eğme çubuğu	64
Şekil 8.7. Kalıp içersine işlenmiş numune modelinin görünüşü.....	65
Şekil 8.8. Kalıbın iç kısmını gösteren bitmiş hali	66
Şekil 8.9. Kalıbın tamamını gösteren bitmiş hali	66
Şekil 8.10. Deneyde kullanılan çekme ve eğme test cihazı	68
Şekil 9.1. Birleşme izli ve izsiz Polipropilen eğme numunesinin malzeme sıcaklığına göre dayanımı	72
Şekil 9.2. Birleşme izli ve izsiz Polistren çekme numunesinin malzeme sıcaklığına göre dayanımı	72
Şekil 9.3. Birleşme izli ve izsiz Polipropilen %30 cam elyaf katkılı eğme numunesinin malzeme sıcaklığına göre dayanımı	72
Şekil 9.4. Birleşme izli ve izsiz Polipropilen çekme numunesinin malzeme sıcaklığına göre dayanımı.....	73
Şekil 9.5. Birleşme izli ve izsiz Polistiren çekme numunesinin malzeme sıcaklığına göre dayanımı	73
Şekil 9.6. Birleşme izli ve izsiz Polipropilen %30 cam elyaf katkılı çekme numunesinin malzeme sıcaklığına göre dayanımı.....	73
Şekil 9.7. Birleşme izsiz PP ile PP %30 cam elyaf katkılı eğme numunesinin malzeme sıcaklığına göre dayanımı	74
Şekil 9.8. Birleşme izli PP ile PP %30 cam elyaf katkılı eğme numunesinin malzeme sıcaklığına göre dayanımı	74
Şekil 9.9. Birleşme izsiz PP ile PP %30 cam elyaf katkılı çekme numunesinin malzeme sıcaklığına göre dayanımı	75
Şekil 9.10. Birleşme izli PP ile PP %30 cam elyaf katkılı çekme numunesinin malzeme sıcaklığına göre dayanımı	75

Şekil 9.11. Birleşme izli ve izsiz numunelerinin sıcaklığa bağlı eğme dayanımları	76
Şekil 9.12. Birleşme izli ve izsiz numunelerinin sıcaklığa bağlı çekme dayanımları.....	76

TABLolar LİSTESİ

Tablo 8.1.	Deneyde kullanılan donanım ve paket programlar	60
Tablo 8.2.	Deneylerde kullanılan plastik malzemeler ve teknik özellikleri.....	62
Tablo 8.3.	Tek ve çift girişle basılan malzemelerin deney şartları	67
Tablo 11.1.	Birleşme izli ve izsiz numunelerin çekme ve eğme testine göre dayanımlarının karşılaştırılması	79

ÖZET

Anahtar kelimeler: Plastik enjeksiyon kalıpları, Moldflow programı, Birleşme izleri, Çekme deneyi, Eğme deneyi

Her geçen gün plastiklerin kullanım alanları ve kullanım oranları hızla artmaktadır. Plastik üretim yöntemlerinin en önemlilerinden biri plastik enjeksiyon yöntemidir.

Plastik enjeksiyon yöntemiyle üretilen parçaların kaliteli olması ve aynı zamanda herhangi bir darbe yada kuvvete maruz kalmaları durumunda, malzemenin elverdiği oranda maksimum sağlamlık aranmaktadır. Bu sağlamlığın gerçekleşmesi proses şartlarının uygunluğuna ve aynı zamanda kalıp tasarımının doğru yapılmasına bağlıdır. Günümüzde kalıp tasarımına önem verilmeden üretilen plastik ürünler hayatımız her noktasında karşımıza çıkabiliyor.

Bu tür uygulamalarda kalitenin düşmesine sebep en önemli unsurlardan bir tanesi plastik malzemenin kalıp içersindeki birleşme izleridir. Dayanım noktası düşük olan bölgelerde birleşen malzeme, o ürünün kullanımı esnasında sağlıklı bir duruma koymaktadır.

Yapılan bu çalışmada, TSE normlarında çekme ve eğme numuneleri üretildi. Bu numunelerin yolluk sistemleri UNIX tasarım programında gerçekleştirildikten sonra tüm koordinatları AUTOCAD programında hazırlanarak üretimine geçildi.

Deney aşamasında numuneler üç farklı malzemenin (PP, PP katkı, PS) basılmış, her malzeme için uygun olan tek basınç kullanılıp (70 bar, 100 bar), yine her malzemenin proses sıcaklığının dışında normal ve yüksek olmak üzere üç farklı sıcaklıkta basılmıştır. Ayrıca tüm bu işlemlerde basılan numuneler önce tek girişli ve daha sonra ise çift girişli basılmıştır.

Sonuçta, tek yollukla basılan numunelerin çift yolluklu basılan numunelere oranla çekme ve eğme dayanımlarının yüksek olduğu tespit edilmiştir. PP ile basılan tek ve çift girişli numuneler arasında tek girişli, çekmede %2,7 ve eğmede %4,5; PP %30 cam elyaf katkı ile basılan tek ve çift girişli numuneler arasında tek girişli, çekmede %13,1 ve eğmede %7,8; PS ile basılan tek ve çift girişli numuneler arasında ise tek girişli, çekmede %6,2 ve eğmede de % 2,9 mukavemet dayanımı daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Dolayısıyla bir plastik enjeksiyon kalıbında eğer ihtiyaç yoksa birden fazla yolluk girişinin tercih edilecek olmasının malzemenin mekanik davranışlarına olumsuz yönde etki ettiği belirlenmiştir. Şayet tek girişin yeterli gelmediği, bilhassa büyük gramajlı malzemelerde birden çok giriş kullanılmaktadır. Bu gibi durumlarda birleşme izlerinin, malzemenin kullanıldığı yerdeki konumuna göre mekanik dayanımını pek etki etmeyecek bölgelere çekilmesi daha uygun bir tasarım kriteri olarak kabul edilmelidir.

THE EXPERIMENTAL RESEARCH ON POLIMER MATERIALS OF THE EFFECTS IN MECHANICAL BEHAVIOR ON WELD LINES

SUMMARY

Keywords: Plastic injection molds, junction trace, tensile strenght test, bending test, elastite module.

Using area and ratio of plastics are increasing day by day. Plastic injection is one of the most important plastic production method.

Parts which are productued by plastic injection method are desired to have high quality and have maximum strenght against to any impact and or force. Obtaing of this sternght depends on convenience of process condions and proper mold desing. Today, plastic products which are produced in appropriate designed models can encounter us in daily file.

Junction traces of plastic materials in mold is are one of the most important factor that decreases quality of products at this type of applications. The material which joined at less resistant areas deteriorates the quality of product.

In this study, tensile and bending samples were productued at TSE norms. Desing of runner system of the samples were done in UNIX programme and all coordinates were prepaned in AUTOCAD.

In experments the samples were pressed from 3 different materials (PP, PP added and PS), the appropriate pressure (70 bar, 100 bar) for each material was used and three different temperature, high and normal , were used during pressing. Besides, all samples runner and later pressed with double runners.

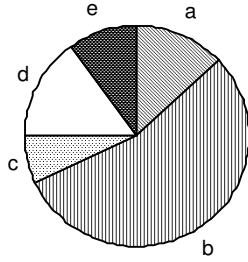
At the result, it's determined that bending that bending and tensile strenght of the samples which were produced with single runner are higher then the products which were produced with double runners. If we want to compare the single and double runners which produced with PP, the single runner is on tensile strenght % 2,7 and on bending strenght %4,5 more resistant on the endurance. This endurance resistant is %13,1 on tensile strenght and %7,8 on bending strenght for the single and double runners which has produced with PP %30 glass- fibres adulterated. For lastly the endurance resistant is %6,2 on tensile strenght and %2,9 on bending strenght for the single and double runners which has produced with PS.

Consequently , prefering of multi runner system in a plastic injection mold decreases mechanical behaviours of the material is determined (If there no need). Multi runner system uses the single runner system is inadequate especially for higher quantity production in this conditions the juntion traces must carry to the areas which effects the mechanical strenght of the material fewer is accepted as more appropriate design criterion.

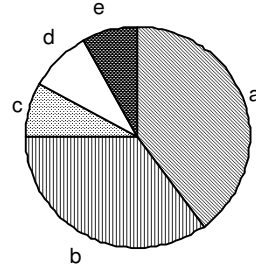
BÖLÜM 1. GİRİŞ

Plastik, içinde bulunduğumuz yüzyılın en önemli malzemelerinden biri olup, günümüzde günlük hayattan başlayıp en özel bilimsel uygulamalara kadar hemen hemen her alanda karşımıza çıkmaktadır. Bunun nedeni, plastiklerin hafif, kolay işlenebilir, korozyona dayanıklı, iyi elektrik ve ısı yalıtkanlığına sahip olmalarıdır.

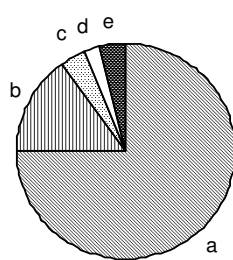
- a- Plastikler
- b- Demir
- c- Diğer metaller
- d- Tabii kauçuk ve lifler
- e- Suni kauçuk ve lifler



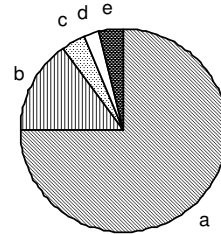
1966
31 dm³/kişi



1983
75 dm³/kişi

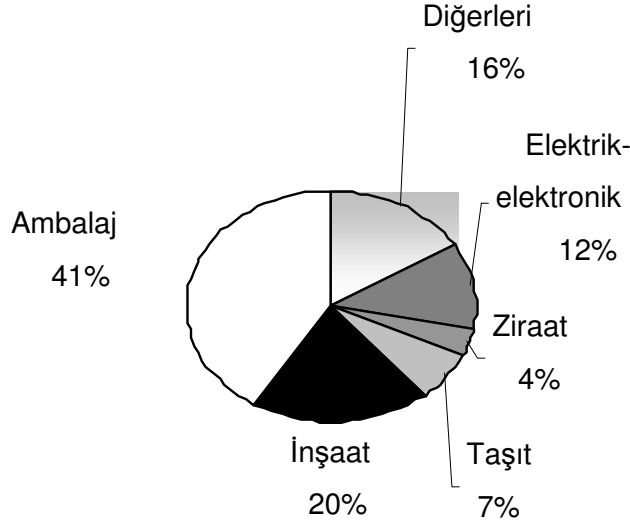


2001
286 dm³/kişi



2005
300 dm³/kişi

Şekil 1.1 Dünyada plastik malzemelerin senelere göre kullanım oranı [1].



Şekil 1.2 Batı Avrupa da kullanım alanlarına göre plastik tüketimi [2].

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 kullanım yeri ve amacına göre plastik parçaların üretim yöntemleri de farklılaşmaktadır. Bu yöntemlerin en önemlilerinden biri de enjeksiyon kalıplama yöntemidir. Termoplastik ve zaman zaman da termoset plastikler enjeksiyon yöntemiyle veya diğer ifadeyle enjeksiyon kalıplama ile kolayca şekillendirilebilirler.

Enjeksiyon kalıpları; günlük hayatımızda ağırlıklı olarak kullandığımız plastiklerin üretiminde sıkça başvurulan bir yöntem olup kompleks parçaların işlenmesinde büyük kolaylıklar sağlanmaktadır. Farklı mekanizmalarla donatılabilen bu kalıpların çekirdeğinin (kalıp gözünün) işlenmesinde titiz bir işçilik gerekmektedir. Parça kalitesiyle doğrudan ilgili olan kalıp tasarımının yapılmasında tecrübenin yanında simülasyon programlarının da fonksiyonu büyüktür.

Enjeksiyon kalıbı tasarımında parçanın şekli, ağırlığı, parça sayısı, plastik türü gibi birçok faktör etkilidir. Kalıp yapıldıktan sonra ortaya çıkan sorunların bertaraf edilmesi hem pahalı bir yol hem de uzun zaman alan bir

çalışmadır. Kalıp tasarımı yapıldıktan sonra kalıbın dolun şekli, doldurma süresi, sıcaklık ve basınç dağılımı, birleşme izi konumu gibi birçok çalışma Moldflow vb. simülasyon programıyla yapılabilmektedir. Bu konuyla ilgili birçok çalışmalar yapılmaktadır. Örneğin;

DAIRENIEH I. S. ve ark., 1996 yılında yaptığı bir çalışmada birleşme izlerinin bilgisayarda simülasyonu konulu çalışmalarında Moldflow programını kullanmış ve kalıpta kullanılan materyalin birleşme izleri, viskozitesi, yoğunluğu ve sıcaklık ve basınç dağılımları ile ilgili değişimleri önceden bildirme konusunda kullanılan bu simülasyon programının elverişli olduğunu tespit etmişlerdir [3].

DEMİRER A. ve ark., normal yolluklu sistemle bastıkları farklı termoplastik malzemelerin çekme (büzülme) değerlerini incelemişlerdir. Parçayı tasarladıktan sonra Moldflow programıyla simüle etmişler ve giriş yerlerinin konumuna göre akış yolunu gözlemlemişlerdir. Böylece parçada oluşabilecek sorunları önceden tespit etmişlerdir [4].

PATCHARAPHUN S. ve ark., sandviç enjeksiyon kalıplama yönteminde materyal dağılımı üzerine simülasyon ve deneysel araştırma konulu çalışmalarında, iki polimerik materyalin kalıplanmasındaki parametrelerin yüzey ve çekirdek materyal dağılımı üzerine etkilerini araştırmışlardır. İmalata geçilmeden önce Moldflow programı kullanarak gerekli parametreler elde edilmiştir. Sonuçta Moldflow programının böyle bir deneyde çok yararlı olduğunu saptamışlardır [5].

ZHONG H. ve ark., Moldflow analizi ile ince duvarlı plastik ürünlerin enjeksiyon kalıplama proses dizaynı konulu çalışmalarında kullanılan ürünlerin kalitesinde Moldflow analizinden önce kayda değer sekiz adet ciddi kriterde hata oluşumu saptanmıştır. Moldflow ile yapılan yüzlerce deney sonuçlarından oluşan sentez doğrultusunda ise en uygun proses parametreleri oluşumunu sağlamışlardır [6].

Ortaya çıkabileceği düşünülen hataları en aza indirgemek tasarımcının görevidir. Kimi zaman tek girişle doldurulamayan parçalar için iki veya daha fazla giriş uygulanmaktadır. Fakat ortaya çıkacak mutlak hataların da aynı zamanda önlemleri alınmalıdır.

Kalıp tasarımında dikkat edilecek hususlardan sonra parçada ortaya çıkan birleşme izlerinin neden olduğu sorunlar ve bunların giderilme yollarıda yapılan farklı makale çalışmalarıyla ortaya konmaya çalışılmıştır.

INCOE firması yapmış olduğu çalışmalarda iki girişle doldurulan malzemenin birleşme yerinde katlanmalar ve görüntü bozuklukları olduğunu ifade etmekte ve bunu valfli meme sistemiyle giderme yöntemini izah etmektedir [7].

Kalıbın tasarımında ve üretiminde en önemli hususlardan birisinin, malzemenin kalıp içersindeki doldurma esnasında oluşan birleşme yerleri olduğu ortaya çıkmaktadır. Yapılan tasarıma göre birleşme yerlerinin öyle noktalara kaydırılması gerekiyor ki üretim sonunda elde edilen ürünün belli oranlarda mukavemet dayanımı yüksek olabilsin.

BOYANOVA M. ve ark., 2003 yılında yaptıkları bir çalışmada polikarbonat ve polistren malzeme üzerindeki birleşme izlerinin kalitesini mikrosertlik tekniği kullanarak ölçmüşlerdir. Bu lme esnasında her iki malzeme kalıp içersinde en düşük sıcaklıkta basılmış. Daha sonra ergiyik sıcaklıkları polikarbonat için 300° ve polistren için 270° çıkarılmıştır. Sonuç olarak sıcaklığın arttırılması ile malzeme sertliklerinin azaldığını tespit etmişlerdir [8].

ZHAİ M. ve ark., iki ve daha fazla girişli enjeksiyon kalıplamasında en kritik iki hata olan birleşme izi ve eğrilik konusunda yapmış oldukları çalışmalarında, hataların azaltılması yada giderilmesi için belli neticeler elde etmişlerdir. Metotlarını dayattıkları üç adet yöntemi de şu şekilde açıklıyorlar. Kalıbın içinde birleşme izlerinin oluşacağı bölgeleri tayin etmek, en uygun giriş bölgelerine karar verip enjeksiyon basıncını en aza indirmek ve birleşme izlerini yolluk ölçülerindeki değişimlerle istenilen bölgelere kaydırmak gerektiği sonucuna varmışlardır [9].

BURÇOĞLU ve ÜNSALAN' göre, birleşme izlerinin azaltılması için silindir ve kalıp sıcaklığının yükseltilmesi kadar hızlı enjeksiyon işlemi ile malzeme soğumadan birleşmenin sağlanması da önemlidir. Buna karşılık kalıptaki havalandırmanın yerleri ve etkinliği, hızlı enjeksiyon işlemine elverişli olmalıdır. Aksi durumda sıkışan hava, izlerin artmasına ve yanıklara neden olmaktadır [10].

PECORINI, 'Şekilsiz selüloz propionlarda mekanik kırılmaların birleşme izleri kırıklarına yaklaşım', konulu çalışmasında polimerler üzerinde meydana gelen birleşme izlerini incelemiştir. Kalıp içersinde dağılamayan polimerin donmasıyla meydana gelen birleşme izlerinin yüzeysel bir olay olduğunu tespit etmiş; mutlaka meydana gelecek ise izin dayanımının geliştirilmesi için kalıp şartlarının ayarlanması, birleşme uzunluğunun azaltılması ve kullanılacak malzeme yapısının mekanik özelliklerin geliştirilmesi önerilmiştir [11].

MARKHAM'a göre ise, bir kalıpta basılacak plastik ürünün kalitesini koruma altına almak için birçok metod ve materyal vardır. En iyi ve en geçerli koruma çözümü başlangıçta yapılması gereken ve iyice düşünülüp karar verilmiş olan kalıbın imalatındaki proses akışıdır şeklinde ifade etmektedir [12].

Yapmış olduğumuz bu çalışmada konuyla ilgili literatürler taranarak birleşme izlerinin oluşumu ve giderilme yolları incelenmiştir. Ayrıca aynı kalıpta tek ve çift girişli olacak şekilde tasarım yapılmıştır. AutoCad' de çizilen numune Moldflow programı kullanılarak simüle edilmiş ve elde edilen sonuçlar ışığında enjeksiyon kalıbı imal edilmiştir. Kalıp çekme ve eğme numunelerini oluşturacak şekilde iki girişli olarak işlenmiştir. Önce tek girişli numuneler basılmış ikinci giriş kalıpta atıl bırakılmıştır.

Deneylerde sırasıyla PP, PP %30 cam elyaf katkılı ve PS kullanılmıştır. Bu malzemeler farklı proses sıcaklıklarında, sabit kalıp sıcaklığında ve farklı basınçlarda basılmıştır. Elde edilen numuneler üzerinde, tek girişli ve çift girişli olmak üzere, sırasıyla eğme ve çekme deneylerine tabii tutulmuştur. Numunelerdeki birleşme izleri mikroskopla da görüntülenmiştir.

Yapılan çalışmada proses sıcaklığının ve katkı malzemesinin birleşme izine olan etkisi ve iz oluşmayan malzemeyle de kıyaslaması yapılarak birleşme izinin iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Proses sıcaklığının artmasıyla birleşme izinin çekme ve eğme mukavemet gerilmeleri değerlerinde olumlu yönde etki ettiği, daha yüksek mukavemet değerleri için katkı malzeme kullanmanın daha uygun olacağı tespit edilmiştir. Bu çalışma sonrası farklı plastik ürünleri kullanılarak bunlarda; basınç, kalıp sıcaklıkları, enjeksiyon ve ütleme basınçları ve süreleri değiştirilerek birleşme izinin iyileştirilmesi çalışmalarına katkı sağlanabilir.

BÖLÜM 2. PLASTİKLER

2.1.Genel Bilgi

Plastikler, monomer denilen kimyasal ünitelerden meydana gelen, yüksek molekül ağırlığına ve zincir şeklinde yapıya sahip sentetik malzemelerdir. Bilim ve teknolojiadaki gelişmeler, insanlığın başlangıcında çok sınırlı olan malzeme kullanımını, hem malzemenin çeşitliliklerini hem de değer ve kalitelerini yükseltmelerine paralel olarak çok hızlı bir şekilde arttırmıştır. Çok uzun yıllar kullanılan metal, odun ve seramik gibi malzeme cinsleri yanında plastikler ancak 20. Yüzyıl başlarında tanınmaya ve kullanılmaya başlanmıştır. 20. Yüzyılın başlarında Amerika'lı bir işadamının iyi bir bilyardo topu yaptırmak istemesi ve buna büyük bir maddi bir ödül koyması üzerine Baekeland tarafından sentezi yapılan FenolFormaldehit reçinesi (bakalit) ile gerçekleştirilmiştir. Keşfedilen her plastik türü , ilk keşfedildiği günden itibaren kullanıma sunulmamış, birtakım gelişmeler geçirdikten sonra kullanıma sunulabilmiştirler [13].

Günümüze gelene kadar çok hızlı bir gelişim gösteren bu malzeme cinsi, artık birçok özellikleri açısından diğer malzemelerden üstün hale gelmiş , otomotiv, elektronik ve haberleşme başta olmak üzere hemen hemen her sektörde en çok tercih edilen malzeme cinsi olmuştur.

2.2. Plastiklerin Genel Özellikleri

Çok çeşitli ve diğer birçok malzeme grubundan daha farklı özelliklere sahip plastiklerin ana özellikleri şöyle özetlenmiştir.

1. Özgül ağırlıkları azdır.
2. Çok çeşitli mekanik özelliklere sahiptirler.
3. Kolay şekil verilebilir ve kolay işlenebilir.
4. Katkı maddeleri ile özellikleri değiştirilebilir.
5. Isı ve elektrik iletkenlikleri düşüktür.
6. Saydamdırlar
7. Korozyona ve kimyasal maddelere karşı dayanıklıdırlar.
8. Yeniden işlenip kullanılabilir hale gelebilirler.
9. Ucuz bir şekilde üretilebilirler.

Bu özellikleri biraz daha yakından inceleyelim:

1. Metallerden ve seramiklerden daha hafif olan plastiklerin özgül ağırlıktan 0.8 g/cm^3 ile 2.2 g/cm^3 arasında değişir. Bu hafifliklerine karşın yüksek mekanik mukavemete sahip plastikler, en çok tercih edilen hafif malzeme sınıfı haline gelmiştir [14].

2. Plastikler, çok çeşitli mekanik özelliklere sahiptirler. Çekme mukavemetleri ve elastikiyet modülleri metallerden düşük olmasına rağmen, geniş sınırlar dahilindedir. Bununla beraber cam-fiber takviyeli plastiklerin bu özellikleri bilinen en hafif metallerden olan alüminyum ile yansır hale gelmiştir. Hatta günümüzde çeşitli dolgu maddeleri kullanılarak bazı metallerden daha yüksek mekanik mukavemete sahip plastik malzemeler bile ortaya çıkarılmıştır [14].

3. Plastikler çok kolay işlenirler. İşleme sıcaklıklarının 400 ° C'nin altında (genelde 120 ° C ile 320 ° C arası) olması, işlenmeleri için gerekli enerji miktarının da düşük olmasını sağlar. Aynı zamanda plastikler , yüksek miktarlarda üretime imkan veren otomasyon tekniklerine uygun oldukları gibi pahalı ve zaman alıcı son işlemler gerektirmeden çok komplike parçalar üretmeye de uygun malzemelerdir.[14]

4. Plastiklerin iç ve dış özellikleri, katkı maddeleriyle kolaylıkla değiştirilebilir. Bu katkı maddelerinin önemlileri;

Malzeme özelliğini geliştirmeyen ve ekonomik nedenlerle malzeme ilave edilen talaş, mineral, kalsit vb. dolgu maddeleri, plastik malzemelerin elastikiyet modülü ve çekme mukavemeti gibi mekanik özelliklerini değiştiren, genellikle cam veya karbon-fiber gibi takviye edici dolgu malzemeleri, malzemenin boyanmasını sağlayan renk pigmentleri, bazı plastiklere, çalışma özelliklerini ve mekanik özelliklerini değiştirmek için katılan yumuşatıcılar, özellikle elektrik mühendisliğinde büyük öneme sahip, malzemeye yanıcılık özelliğini azaltmak üzere katılan alev geciktiriciler ve bozunmasını engellemek için malzemeye katılan stabilizatörlerdir [14].

5. Plastiklerin elektrik ve ısı iletkenlikleri düşüktür. Isı iletkenliklerinin metallerin ısı iletkenliklerinden neredeyse 300 kat daha düşük olması, plastikleri önemli ısı yalıtıcı malzemeler haline getirmiştir. Tabii bu kadar yüksek ısı yalıtkanlığının önemli bir dezavantajı , eriyik haldeki plastik malzemenin kalıp içinde soğutulmak için uzun sürelere ihtiyaç duymasıdır. Düşük elektrik iletkenlikleri , plastiklerin önemli elektrik yalıtıcı malzemeler haline gelmiş olmakla beraber bazen de plastiklerin elektrik geçirmesi istenebilir. Örneğin ayakkabı tabanı imalinde , kullanıcı üzerinde statik elektrik birikmemesi için taban malzemesinin elektriği geçirmesi istenir. Bu ve benzeri uygulamalar için karbon siyahı gibi katkılarla plastikler iletken halede getirilebilir [14].

6. Bazı plastiklerin saydam görünümüne sahip olmaları onları gözlük camı, kompakt disk ve Optik disk üretimine uygun kılmaktadır. Bu malzemeler camdan çok daha rahat işlenebilir olmalarının yanında optik ve mekanik yapılan açısından da oldukça gelişmiş özelliklere sahiptirler [14].

7. Plastikler kimyasal maddelere karşı da yüksek dirence sahiptirler. Atomik yapılan temelde metallere farklı olan plastikler korozyondan da metaller kadar etkilenmezler. Sadece birçok kimyasal ortama karşı, olan dirençleri bile, plastiklere büyük bir pazar payı kazandırmıştır. Buna çeşitli ev aletleri, akaryakıtı karşı dirençli otomobil parçaları veya gıda ve kozmetik sanayinde ambalajlama amacıyla kullanılan plastikler örnek olarak verilebilir. Bununla beraber plastiklerin organik çözücülerde çözünebilir olması, kullanılacakları uygulamalarda daha dikkatli olunmasını gerektirmektedir [14].

8. Plastikler çeşitli metotlarla yeniden kullanılabilir hale getirilebilirler. Ama ekonomik sebeplerden dolayı plastikleri malzeme olarak geriye kazanmaktansa yakarak enerji geri dönüşümünü sağlamak tavsiye edilmektedir [14].

9. Plastikleri hammadde olarak üretmek, düşük miktarlarda enerji gerektirdiği için ucuz da olmaktadır. Ancak enjeksiyon kalıpcılığında kullanılan plastiklerin geri dönüşümlü olmaması tavsiye edilir. Kullanılsa bile çok düşük oranlarda yeni malzemeyle birlikte kullanılması istenir. Çünkü ürün yüzey kalite düzeyini düşürebilir [14].

2.3. Plastiklerin Çeşitleri

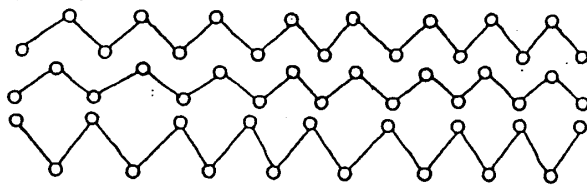
Plastikleri sınıflandırmak çok güç olmasına rağmen termik özellikleri açısından termoplastikler ve termoset plastikler diye iki ana gruba ayırabiliriz.

2.3.1. Termoplastikler

Termoplastikler yüksek sıcaklıklarda yumuşarlar ve eriyik haline gelirler. Bu halde iken termoplastiklerin şekillendirilmesi çok kolaydır. Termoplastikler muhtelif sıcaklıkta muhtelif hallerde bulunurlar:

- a) Katı Hal: Malzeme cam gibi sert ve tokluk arz eden sert bir halde bulunur.
- b) Termoelastik Hal: Bu durumda malzeme yüksek elastikiyete sahip olur.
- c) Termoplastik Hal: Bu durumda malzeme akışkan bir sıvı halindedir.

Kısaca termoplastikler balmumuna benzer; ısıtıldığında yumuşar, erir, şekil verilebilir. Bu grupta olanlar akrilikler, selülozikler, naylon, polistiren, polietilen, karbonflorür ve vinillerdir. Bunların her firmaya ait ayrıca birer ticari isimleri vardır. Burada moleküller ucuca eklenerek birbirinden bağımsız çizgisel makro moleküller oluştururlar (Şekil 2.1). Bu zincirler arasında kuvvetli bağ yoktur. Bundan dolayı termoplastikler ısıtıldığında atom zincirleri kayarak malzemenin akıcılığına sebep olurlar. Soğutulduğunda atom zincirleri tekrar katılır. Termoplastiğin ısıtılma ve soğutulma işlemleri belirli sayıyı aşmamalıdır. Eğer aşarsa rengi değişir, görünüşü bozulur [1].



Şekil 2.1 Termoplastiklerin yapısını oluşturan atom zincirleri [1].

2.3.1.1. Polietilen(PE)

Kok fırın gazından veya doğalgaz ya da petrolden üretilen Eten ve Etan'dan elde edilir. Polietilen, oldukça düşük yoğunluğa sahiptir. Bunların elastikliği yüksektir ve düşük sıcaklıklarda da darbeye dayanıklıdır. Diğer üstünlükleri, pek az su alması, uygun elektriksel özelliği, yüksek kimyasal dayanıklılığı ve çok yönlü işlenebilirliğidir. Fiyatının da düşük olmasından dolayı, çok yerde kullanılabilirler. Önemli kullanım yerleri, paketlenme folyesi, plaka, profil, boru, delildi parça ve kullanım yerinde gerilim çatlağı korozyon tehlikesi olmayan, mekanik özellikler ve yüzey sertliği bakımından fazla zorlanmayan enjeksiyon döküm parçalardır. Polietilenin yoğunluğu 0,91-0,92 g/cm³'tür [15]

2.3.1.2. Polipropilen(PP)

Polipropilen, tüm yüksek polimerler içerisinde en düşük yoğunluğa sahiptir(0,90-0,91 g/cm³). Malzemenin Elastikiyet modülü 125 kgf/mm²'dir. Polietilende olduğu gibi, mekanik özellikler yoğunluğa ve ergime derecesine bağlıdır. Polipropilen, polietilene nazaran daha yüksek dayanım ve yüzey sertliğine sahiptir, termik özellikleri iyidir. Polipropilen su almaz. Bu durum özellikle, ne rutubette ve ne de yumuşama sıcaklığına kadar olan sıcaklıklarda etkilenmeyen, malzemenin dielektriksel özelliği açısından önemlidir [15] .

Polipropilen, yarı şeffaf beyaz plastik bir malzemedir. 121°C ye kadar sıcaklıklarda uzun süre kullanılabilir. Mantarlara ve bakterilere karşı dayanıklıdır. 60 °C ye kadar kuvvetli asitlere ve bazlara dayanıklıdır. Yakılabilir fakat yavaş yanar. Zehirsizdir. Uygun şekilde modifiye edildiğinde iyi bir ısı dayanımına sahiptir. Birçok makine ve beyaz eşya parçası olarak kullanılır. Otomotiv sanayinde akümülatör gövdesi olarak

kullanılır. Bunun dışında enjektör, halat, levha, atılabilir filtre, elektrik malzemelerinde vb. kullanılmaktadır.

2.3.1.3. Polistiten (PS)

Hammaddeler arasında polistirenden bahsedecek olursak, çok yaygın kullanılan bir plastik türüdür. Kolay işlenmesi ve ucuzluğu sayesinde kağıt tahta ve metallerin yerini almıştır. Genel maksat veya kristal polistiren şeffaf ve sağlam bir malzemedir. Darbeye dayanıklı polistirenler kütle polimerizasyonu ile elde edilir. Ayrıca prosele elastomerler ilave edilir.

Ekstrüzyon tatbikatları polistiren tüketiminin 1/3 ünü kapsamaktadır. Ve enjeksiyon tatbikatında kıyasla daha hızlı olarak büyümektedir. Ekstrüde edilmiş profiller, ayna ve resim profillerinde ve inşaatta çok geniş tüketim sahası bulmuştur. Et, yumurta kutuları ekstrüde edilmiş PS levhadan terforming ile elde edilir. İnce duvarlı cam şişelerin ambalajı içinde bu ürün yaygın olarak kullanılmıştır. Polistiren malzemenin yoğunluğu 1,02-1,05 g/cm³ ve Elastikiyet modülü 310 kgf/mm²'dir.

Kasetler, radyo, TV, stereo kapakları imalinde yaygınlaşmakta olan bir tatbikattır.

2.3.2. Termosetler

Termoset plastikler ısı işlem yardımıyla bir defa şekil verildikten sonra tekrar ısıtılıp ilk haline dönüştürülemez ve başka şekil verilemez. Belli başlı olanları; fenolikler, aminler, poliesterler, epoksiler ve alkidlerdir. Termosetlerdeki zincirler arasında kuvvetli bağlar oluşur, bunun neticesinde üç boyutlu bağlar meydana gelir.

Termosetlerde, termoplastikler gibi polimerizasyon usulü ile elde edilirler. Yalnız

bunlarda polimerizasyon iki kademe meydana gelir. Birincisi malzemeyi meydana getiren monomerlerin bir araya getirilmesidir. İkinci kademe ise kalıpta meydana gelir. Yüksek basınç ve sıcaklıkta monomerler reaksiyona girer ve zincirler oluşur. Yalnız hala bu zincirlerde reaksiyona girmemiş kısımlar mevcuttur. Basıncın ve sıcaklığın tesiriyle molekül zincirleri arasında yan bağlar meydana gelir. Bu reaksiyon sonucu olarak polimeri teşkil eden moleküller arasında ağ şeklinde bağlar meydana gelir. Bu yüzden kalıplanmış bir termoset, teorik olarak dev bir molekül olarak kabul edilebilir [1].

2.4. Malzemenin Reolojik Özellikleri

Reoloji tanım olarak malzemenin deformasyon ve akışını inceleyen bilim dalıdır. Bu yüzden polimerlerin reolojik özellikleri enjeksiyon kalıplama prosesinde en önemli rolü üstlenmektedir. Kalıplama esnasında akışkan haldeki malzemenin kalıbı doldurabilmesi için gerekli basıncı ve sıcaklığı bu özellikler tayin eder. Ayrıca yine bu özellikler kalıplanan bu parça içinde kalan artık gerilmelerin miktarını dolayısıyla da parçanın mekanik özelliklerini tayin eder.

Reolojik özellikler malzemenin deformasyonundan ve akışından olduğu kadar akma sona erdikten sonraki gerilme değişimlerinin oluşumundan da sorumludurlar. Bu yüzden bu özellikler enjeksiyon kalıplama işleminde en önemli rolü oynar. Reolojik özelliklerden viskozite ısı özelliklerle birlikte ergimiş malzemenin yolluklardan ve girişlerden geçerek kalıp boşluğunu doldurabilmesi için gerekli olan basıncı tayin eder. Kalıbın dolmasından sonra gerilmelerin ergimiş malzeme içindeki gerilmelerin boşalması bitmiş parçada oluşan ve parçanın mekanik özelliklerini etkileyen kalıntı gerilmelerin oluşumuna neden olur. Bu yüzden malzemeyi üretenler kadar kalıbı tasarlayanlarında malzemenin reolojik özelliklerinin prosesi nasıl etkilediği hakkında bilgi sahibi olmaları gerekmektedir [14].

2.4.1. Dolgu maddelerinin etkisi

Dolgu maddeleri veya takviye amacıyla kullanılan fiberler reolojik özellikler üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahip olabilirler. Hacimsel olarak tipik % 20-40 oranında bir katkı sonucu viskozite gözle görülür bir şekilde artar. Cam kürecikler ile takviye edilmiş polipropilenin kullanıldığı kalıp dolma davranışının test edildiği bir çalışmada cam küreciklerin viskoziteyi önemli miktarda anmasına rağmen kalıp boşluğu içindeki akış özelliğine herhangi bir etkisi olmadığı görülmüştür [14] .

2.4.2. Basınç ve sıcaklık etkisi

Bir sıvının viskozitesi artan sıcaklıkla keskin bir şekilde azalır. Bir sıvının viskozitesi aynı zamanda basınca bağlıdır ve basınç azaldıkça viskozite de azalır. Sıcaklık ve basınçla değişiminin, viskozitenin serbest hacim adı verilen temel bir özelliğe bağlılığının bir göstergesi olduğu düşünülür. Bu hacim ergimiş malzeme içinde moleküller tarafından doldurulmamış ve bu yüzden moleküllerin hareket edebilmesini kolaylaşacak ve bunun sonucu viskozite düşecektir. Sıcaklığın yükselmesi ısı genleşmeyi dolayısıyla da serbest hacmi artırır. Bu durum viskozitenin artan sıcaklıkla düşüşünü açıklamaktadır. Öte yandan basıncın artması malzeme içinde sıkışma yaratır ve bu da viskozitenin artması anlamına gelir. Polimerler çok fazla sıkıştırılabilir olmadıkları için serbest hacme bağlı olarak viskozitenin basınçla olan değişimi sıcaklıkla olan kadar önemli değildir [14] .

2.5. Plastiklerin En Çok Kullanılan Kalıplama Yöntemlerinin Sınıflandırılması

Plastiklerin kalıplanması yöntemlerini şu şekilde sıralayabiliriz.

1. Sıkıştırılmalı (basınçlı) kalıplama metodu
2. Transfer (aktarma) kalıplama metodu
3. Enjeksiyon kalıplama metodu
4. Santrifüj (Döndürmeli) kalıplama metodu
5. Haddeme kalıplama metodu
6. Şişirme kalıplama metodu
7. Fıskırtma kalıplama metodu
8. Soğuk kalıplama metodu

Toplam plastiklerin % 25'i enjeksiyon kalıplama metoduyla parça üretiminde kullanılmaktadır[15].

BÖLÜM 3. PLASTİK ENJEKSİYON YÖNTEMİ

3.1 Plastik Enjeksiyon Yöntemi

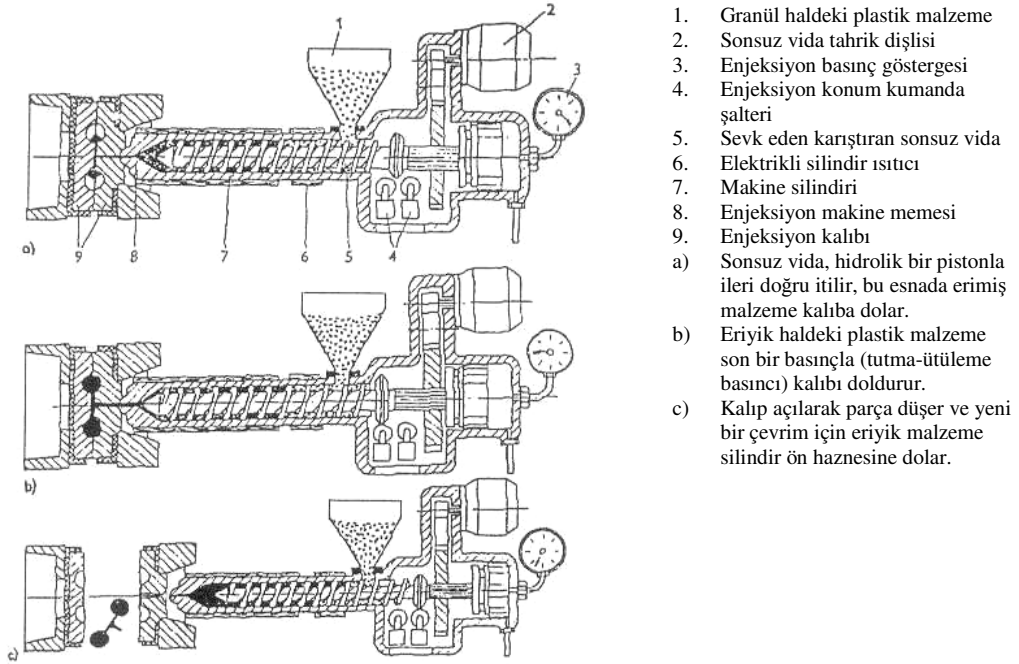
Plastik malzemeler genelde talaşsız ve talaş kaldırılarak elde edilebilirler. Bununla beraber en çok kullanılan yöntem talaşsız imalat yöntemidir. Bu yöntem sıcak koşullarda, hammaddenin ürünün şeklini yansıtan bir boşluğa dökülmesi veya preslenmesi ile gerçekleştirilir.

Pratikte bir çok kalıplama yöntemi vardır. Ancak kalıplama yöntemi esas olarak plastik malzemenin türüne bağlıdır. Bu nedenle belirli bir malzeme için en uygun kalıplama yöntemini seçmek, iyi sonuçlar elde edilmesinin birinci koşuludur. Talaşlı imalat yöntemi ancak hiçbir kalıplama yöntemi uygun değilse seçilir [16].

Plastik malzemelerin biçimlendirilmesinde basınçlı kalıplama, döner kalıplama, döküm kalıplama, basınçta ısı ile biçimlendirme, şişirme ve enjeksiyon kalıplama gibi teknikler kullanılmaktadır. Püskürtmeli kalıplama yada enjeksiyon kalıplama da denilen plastik enjeksiyon işlemi plastik eşya üretiminde kullanılan ve kullanımı her geçen gün diğerlerine göre artan en önemli metottur. Hammaddenin tek bir işlemle istenilen şekilde kalıplanabilmesini sağlaması ve birçok durumda imal edilen ürün için son işlem uygulamaları gerektirmemesi, bu metodu seri parça üretimi için oldukça uygun bir hale getirmektedir [14].

3.1.1. Plastik enjeksiyon makinesi

Enjeksiyon yönteminin esası, tanecikli yapıdaki ham malzemenin ısıtılmakta olan silindirden eritilerek geçirilip ucundaki memeden kapalı kalıp boşluğuna doğru itilmesi şeklindedir (Şekil 3.1). Bu yöntemde kalıba basılan plastik malzeme kalıp boşluğunun biçimini alarak katılaşmaktadır.

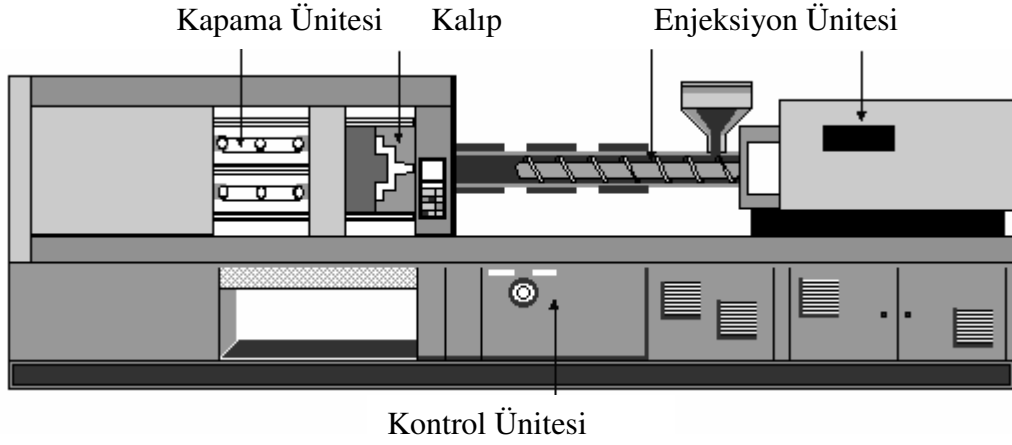


Şekil 3.1 Bir plastik enjeksiyon makinesinin çalışma prensibi [17].

Bir plastik enjeksiyon makinesi Şekil 3.2 ve Şekil 3.3’de görülmektedir



Şekil 3.2. Enjeksiyon makinesi [18].



Şekil 3.3. Enjeksiyon makinesinin üniteleri [18].

Bir enjeksiyon makinesinin genel özellikleri şunlardır:

Plastik malzemenin sıcaklığını basınç altında akış sağlayabilecek dereceye çıkarmak, Makinenin kapalı tuttuğu kalıba plastiğin itilip katılaşmasını sağlamak , Kalıbı açıp ürünü çıkarmak [14].

Enjeksiyon kalıplamada hidrolik sistem basıncı, uygulanan sıcaklık ve süre önemli ölçüde biçimlendirilen plastik türüne bağlıdır.

Bu makineler; enjeksiyon işleminin değişik safhalarını çabuk olarak ayar edebilecek şekilde yapılmışlardır ve enjeksiyon kalıp makineleri seri imalat bakımından gayet üstün niteliklere sahiptirler [19].

Genellikle termoplastiklerde uygulanan bu yöntem bazı tedbirler alınarak termosetlere de uygulanabilir. Günümüzde PE, PS, PP, ABS, SAN, Naylon başta olmak üzere bir çok polimer bu yöntemle işlemekte ve çok çeşitli ürün elde edilmektedir [20].

3.1.2. Enjeksiyon yönteminin avantajları

1. Seri şekilde üretim yapılabilmesi,
2. Büyük hacimli ürün elde edilebilmesi,
3. Maliyetin düşük olması,
4. Otomasyona uygun olması,
5. Hemen hemen son işlem gerektirmemesi,
6. Çok farklı yüzey, renk ve şekillerde ürün elde edilebilmesi,
7. Malzeme kaybının çok az olması,
8. Aynı makinede ve aynı kalıpta farklı malzemelerin basılabilmesi,
9. Küçük toleranslarda çalışabilmesi,
10. Kalıba metaller yerleştirerek (insert) basılabilmesi,
11. Plastik malzemeye asbest, talk, karbon gibi dolgu maddelerinin eklenerek ürünün daha ucuza üretilmesi,
12. Katkı maddeleri ilavesiyle ürünün mekanik özelliklerinin iyileştirilebilmesidir.

3.1.3. Enjeksiyon yönteminin dezavantajları

1. Sektördeki yoğun rekabetten dolayı kar marjının düşük olması,
2. Kalıp fiyatlarının pahalı olması,
3. Enjeksiyon makinelerinin ve yedek parçalarının pahalı olması,
4. Kalitede sürekliliğin tam olarak tanımlanamaması ve sağlanamaması [21].

3.1.4. Enjeksiyon prosesi akışı

Şekil 3.1.'deki enjeksiyon makinesinde görüldüğü gibi bir plastik enjeksiyon parçasının imalatı için önce plastik malzemenin sıvı hale getirilmesi lazımdır. Elde

edilen bu plastik malzeme önceden yapılmış olan kalıp içersindeki boşluğa sevk edilmelidir ve orada şekline sabit kalmak kaydıyla soğutulmalıdır. Kalıp içersindeki basınç 500-1000 bar arasında olur. Yalnız kalıbın içindeki, malzeme basıncı her yerde aynı olmaz. Bundan sonrada parça kalıptan çıkarılır. İmalat prosesini gerçekleştirebilmek için enjeksiyon makinesi ve kalıp, görünen ana görevleri yerine getirebilmelidir [1].

3.1.5. Enjeksiyon çevriminin aşamaları

Bir komple enjeksiyon çevrimi kısmen üst üste çakışan çeşitli safhalardan oluşur (Şekil 3.4.). Çevrim, kalıbın yani mengineenin kapanması ile başlar. Enjeksiyon grubu, meme yolluk burcuna değinceye kadar ileri gider. Sıcak yolluklu sistemlerde bu safha bulunmayabilir. Klasik yolluk sistemine sahip kalıp kullanan makinelerle enjeksiyon işlemi yapılırken kalıbın istenenden fazla ısınmasını önlemek için memenin her enjeksiyon işleminden sonra kalıptan ayrılması istenebilir.

Meme yolluk burcuna tam olarak dayandıktan ve enjeksiyon için gerekli basınca ulaşıldıktan sonra, plastik malzeme kalıba dolmaya başlar. Bu safha işlem sırasına ve üretilen parçanın büyüklüğüne bağlı olarak, bir saniyeden çok daha kısa sürebileceği gibi birkaç saniye de sürebilir. Bu safha, üretilen parçanın kaliteyle ilgili bazı önemli özelliklerine de direkt olarak etki eder [14].

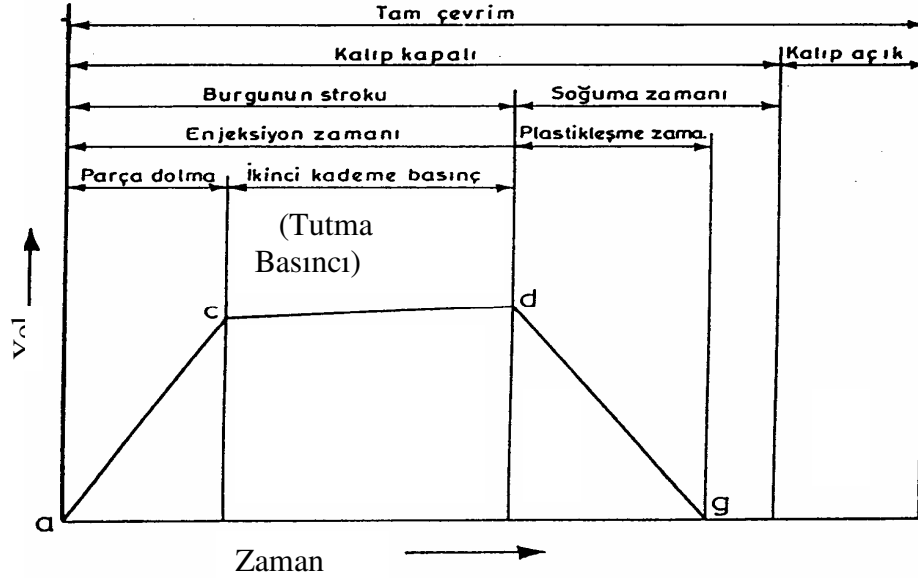
Kalıba dolan plastik malzemenin soğumaya başlaması malzeme daha soğuk kalıp duvarlarına değer değmez, yani enjeksiyon işlemi başlar başlamaz meydana gelir.

Tutma (ütüleme) basınçları safhası enjeksiyon safhasını izler. Enjeksiyon işleminin bu safhasında düşük aksenal hızda hareket eden yani ilerleyen helezon, malzemenin termal büzülmesini yani soğuk kalıp duvarlarına değen malzemenin büzülme

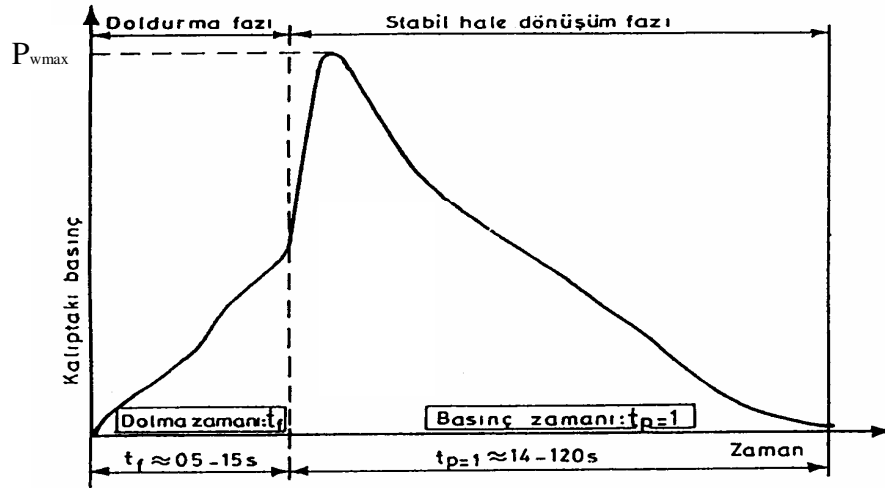
başlamasını telafi edebilmek amacıyla tam büzülmeyi önleyecek miktarda yeterli malzemeyi, genelde farklı basınç değerlerinde, enjekte etmeye devam eder. Bu safhanın ürününün ağırlık, boyutsal hassasiyet ve iç yapısına önemli etkileri vardır.

Enjeksiyon ve tutma basınçları safhasında enjeksiyon grubu yani meme kalıpla temas halindedir. Tutma basıncı safhasından sonra grup kalıptan ayrılabilir. Grubun geri çekilmesiyle de bir sonraki enjeksiyon işlemi için plastikleşme işlemi başlayabilir. Grubun geri çekilebilmesi için memenin kapanabilmesi, yani helezonun enjeksiyon grubu geri giderken memeden malzeme akışına izin vermeyecek bir tasarıma sahip olması gerekir. Aksi takdirde grup kalıba dayalı vaziyette kalmalıdır. Böylece 5. ve 6. Safhalar birbirine karışmış olur. Uygun seçilen bir makine ile plastikleşme safhası daha ürünün soğuması işlemi bitmeden sona erer. Pratikte hangi safhanın daha önce biteceği, esas olarak parçanın et kalınlığına ve plastikleşmeye uğrayan malzemenin miktarına bağlıdır. Eğer makinenin plastikleşme performansı yeterli değilse çevrim süresi uzar ve bu da maliyetin artmasına neden olur. Plastikleşme safhasından sonra, kalıp içindeki malzeme yeterli derecede mekanik kararlılığa erişene kadar yani, çıktıktan sonra deforme olmayacak duruma gelene kadar soğumaya devam eder.

Enjeksiyon çevriminin son safhası kalıbın açılıp ürünün kalıptan dışarı atılması işlemidir. Böylece bir sonraki çevrim başlar [14].



a) Enjeksiyon prosesinde zamana bağlı tam çevrim



b) Çevrim esnasında zamana bağlı kalıp içi basınç değişimi

Şekil 3.4. Enjeksiyon prosesinde çevrim zamanı ve kalıptaki basınç değişimi [1].

BÖLÜM 4. PLASTİK ENJEKSİYON KALIPLARI

4.1. Genel Bilgi

Kalıp enjeksiyon kalıplama işleminin kilit elemanıdır. Bir veya daha fazla kalıplama boşluğuna sahip olan kalıp her parça geometrisine göre ayrı olarak yapılmalıdır. Bir enjeksiyon kalıbının yerine getirmesi gerekenler şunlardır:

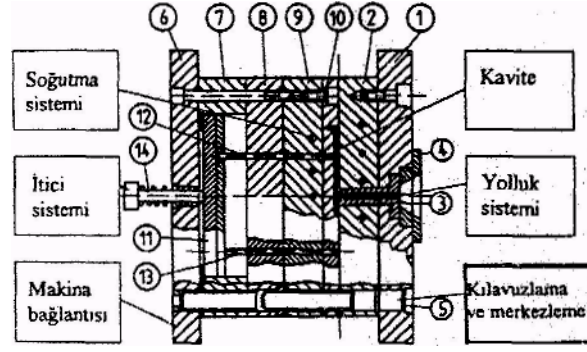
- Ergimiş malzemeyi kalıp boşluğuna veya boşluklarına iletmek
- Ergimiş malzemeye parçanın son şeklini vermek
- Ergimiş malzemeyi soğutmak
- Bitmiş parçayı kalıptan çıkartmak

Kalıbın yukarıda sayılan işlemleri yapan fonksiyonel grupları ise şunlardır:

- Yolluk sistemi
- Kalıp boşluğu
- Soğutma sistemi
- İtici sistemi

Bu fonksiyonel kısımlardan ayrı olarak kalıbın işlevini tam olarak yerine getirebilmesi için ek gereksinimler vardır. Kalıp enjeksiyon makinesinin plakalarına bağlanabilmelidir.

Hem kalıp taşıyıcı plakaların kapanmasını kolaylaştırmak, hem de plastik ünitesindeki silindirin ergimiş malzemeyi kalıp içine gönderen kısmının kalıbın girişine tam olarak oturmasını sağlamak için kalıbın hareketli veya sabit tarafında merkezleme burcu ve kalıp üzerindeki merkezleme elemanları yapar [14].



Şekil 4.1 Bir plastik enjeksiyon kalıbının şematik gösterimi [15].

Kalıplanan parçayı şekillendirmenin yanı sıra kalıbın önemli bir görevi daha vardır. Bu görev üretilen parçanın kalıptan çıkabilmesidir. Bu ise kalıbın kolayca açılan, tam ve doğru olarak kapanabilen en az iki kısımdan meydana gelmesi ile mümkündür. Bunun için, kalıp parçaları birbirlerine göre kılavuzlanmalıdır.

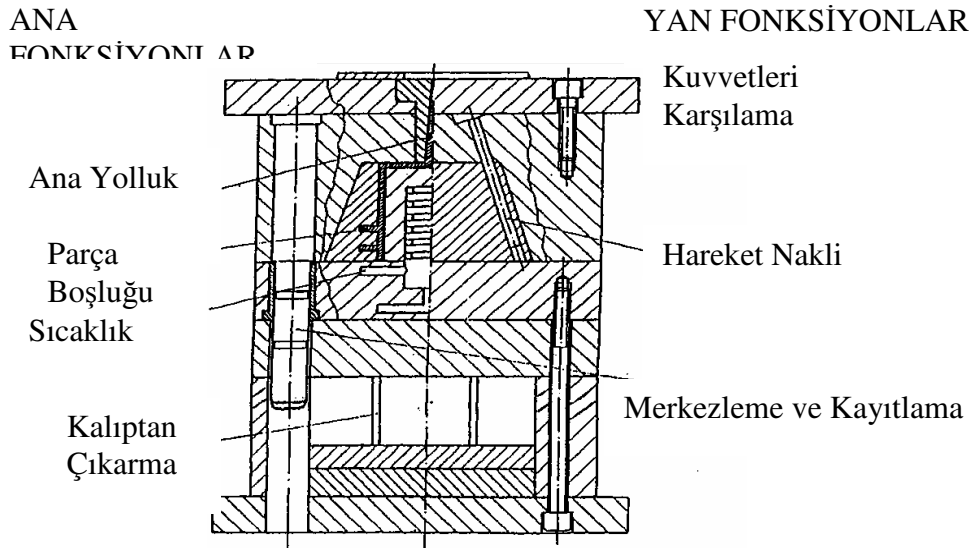
Parça geometrileri değişiklik gösterdiği için kalıp tasarımları da çok büyük değişiklikler gösterebilmektedir. Şekil 4.1 'de bir enjeksiyon kalıbının şematik gösterimi ve ana elemanları yer almaktadır.

4.2. Kalıp Tasarımında Dikkate Alınması Gereken Hususlar

Kalıp tasarımı, parçanın teknik resminin, bir örneğinin veya modelinin tasarımcıya verilmesinden itibaren başlayan bir süreçtir. Ayrıca kalıbın birlikte çalışacağı makine, kavite sayısı ve eğer verilmemişse parçanın üretileceği ham maddenin seçimi de ilave olarak gerekli olan bilgilerdir.

Bu bilgiler kalıp dizaynı için gerekli olmakla birlikte yeterli değildirler. Bunlara ilave olarak aşağıdaki maddelerin de incelenmesi gereklidir[22].

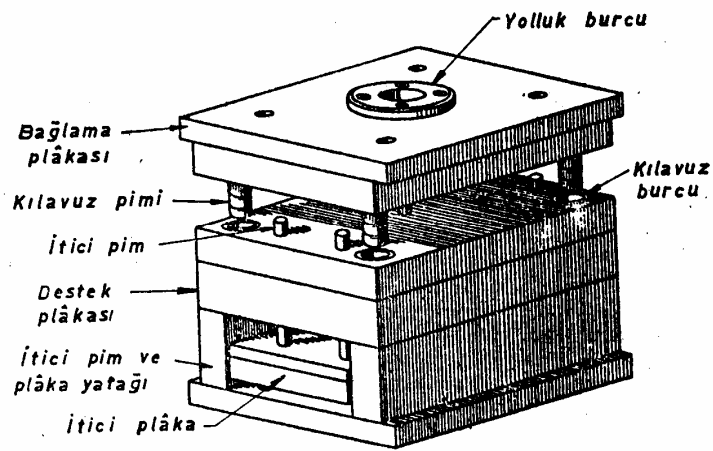
- Seçilen plastik malzemenin kalıplanabilme karakteristiği,
- Kaç adet parçanın üretileceği,
- İstenilen kalıplama çevrimi,
- Ürünün nerede ve nasıl kullanılacağı,
- Ürün başka parçalarla birlikte mi çalışacak veya kullanılacak (toleranslar),
- Çekme,
- Çıkış açıları,
- Ne tür bir yolluk sisteminin gerekli olduğu,
- Kavite giriş noktaları, akış ve birleşme hatları, itici izleri,
- Yüzey kalitesi,
- Parça üzerinde istenen yazılar veya şekillerin olup olmaması,
- Kavitelerin numaralandırılması,
- Kalıp için gerekli başka ekipmanlar.
- Kullanılacak makinenin tonaj, parça büyüklüğü ve plastik kapasitesinin uygunluğu,
- Parçanın kalıptan alınmasının ne şekilde olacağı (otomatik veya elle),
- Proje süresi,



Şekil 4.2. Bir enjeksiyon kalıbında ana ve yan fonksiyonlar [1].

4.3. Enjeksiyon Kalıp Elemanları

Kalıp elemanları denildiğinde, kalıp üzerinde bulunan bütün parçalar akla gelmektedir. Bunlar dişi kalıp, zımba, maça veya maça pimi, itici pimler, erkek kalıp ve zımba çerçevesi, yolluk burcu, kalıp seti ve gövdesi ve benzeri elemanlardır. Şekil 4.3’de enjeksiyon kalıbı ve önemli elemanları gösterilmektedir [23].

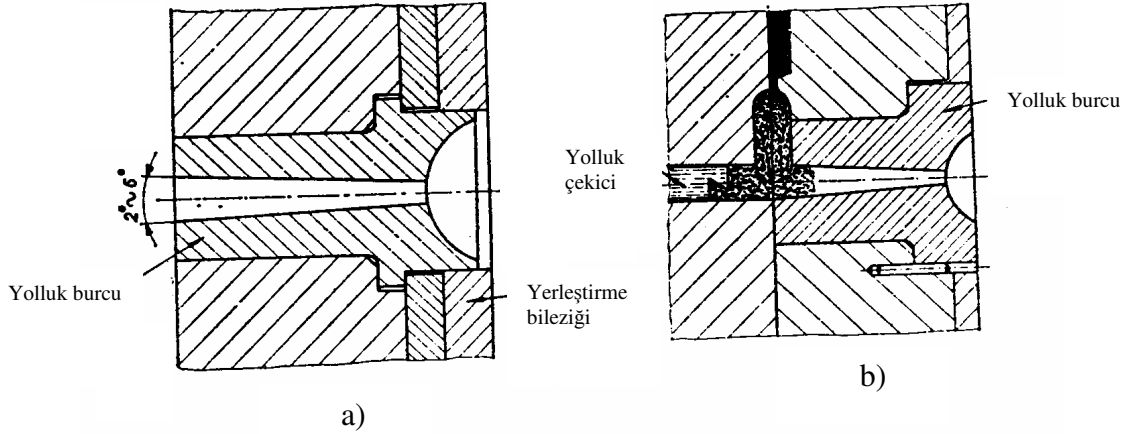


Şekil 4.3. Enjeksiyon kalıbı ve önemli parçaları [23].

4.3.1. Yolluk burcu ve yerleştirme bileziği (Merkezleme flanşı)

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

Şekil 4.4'de değişik tipteki yolluk burçları ve montaj konumları gösterilmektedir [23].



Şekil 4.4. Yolluk burçları ve montajları [23].

4.3.2. Bağlama plakaları ve kılavuz pimleri

Kalıplama boşluğunu oluşturan kalıp yarımlarının desteklenmesinde kullanılan kalıp elemanlarından biridir. Kalıp dayanımını arttırmak amacıyla kullanılabilecekleri gibi, kalıp elemanlarının montajını da kolaylaştırmaktadırlar. Kalıp yarımlarının aynı konumda açılıp kapanmasını sağlamak amacıyla, ara plakalarına veya kalıba iki ila dört kılavuz pimi ve burcu yerleştirilmiştir. Kılavuz burçları, kılavuz pimleri üzerinde sürtünerek çalışırlar ve kalıp elemanlarını aynı konuma getirirler. Kalıbın çalışma kursu boyunca göz önünde bulundurularak kılavuz pim boyları seçilir.

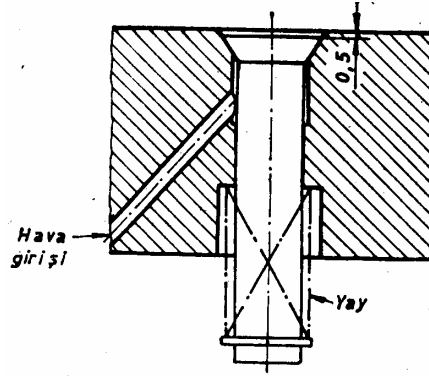
Seri çalışan kalıplarda kullanılan kılavuz pimi ve burçları zamanla aşınabilir. Aşınma sonunda meydana gelecek boşluğun iki katı hata, kalıplanan parçaya doğrudan yansır. Bu nedenle, zamanla aşınan kılavuz pimi ve burcu yenisiyle değiştirilmelidir [23].

4.3.3. İtici pimler, burçlar ve plakalar

İtici pimler genellikle krom vanadyumlu çeliklerden veya nitrürasyon çeliklerinden yapılırlar. Parçanın kalıplama işlemi bittikten sonra, parça kalıptan itici diye tabir edilen pimlerin uyguladığı kuvvet yardımıyla çıkarılır. Özellikle yeni kalıplarda, parçayı çıkarmaya yetecek itici kuvvetini hesaplamamanın matematiksel bir yolu olmadığı için itici kuvvetinin tayini zordur. Gereğinden fazla bir kuvvetle iticiler hareket ettirildiğinde, iticiler temas ettikleri yerde iz bırakacaklar, gereğinden daha düşük bir kuvvet uygulandığında ise itici kuvveti parçayı çıkarmaya yetmeyecektir.

İtici pimlerin yerleşim yerlerinin seçimi oldukça önemlidir. Ayırma çizgisinde olduğu gibi itici yerleşim yerinin parçanın bir çok özelliklerini yakından etkiler. Parçanın geometrisi, girişin yerleşimi ve plastik malzemenin türü itici sisteminde en önemli parametrelerdir. İticiler yalnızca parçayı çıkarmakla kalmazlar, aynı zamanda parçanın kalıplanması esnasında hava tahliyesine yardımcı olurlar. Bu amaçla itici deliklerine 1 ° lik boşaltma açılır.

İtici pimler gibi çalışan itici burçları da, kalıplanan parçanın kalıp içerisinden çıkartılmasında kullanılan kalıp elemanlarından. Bunlar düz, fatura başlı veya fatura başlı kademeli olarak yapılırlar. Kalıplanan parçanın bütün yüzeyinden itilerek kalıptan çıkarılmasında kullanılır. Şekil 4.5'te itici burçlar ve hava basınçlı yaylı iticiler görülmektedir [24].



Şekil 4.5 Hava basınçlı yaylı iticiler [23].

4.3.4. Destek plakaları

Büyük hacimli kalıplarda üretilen parçaların kalıp içerisinde çıkartılmasında kullanılan itici pim, burç ve plakaların desteklenmesinde kullanılan ilave kalıp elemanlarıdır. Ayrıca bu plakalar, kalıp yarımlarının da desteklenmesinde kullanılır. Desteklenmemiş itici pim ve plakalar, çarpıldığı veya şekil değiştirdiği zaman dışı kalıp ve maca 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 [23].

4.3.5. Yolluk sistemleri

Yolluk sisteminin amacı plastikleşmiş sıcak ve yumuşak malzemeyi lüleden alarak en az sıcaklık ve basınç kaybıyla boşluğun girişine iletmektir. Yolluk sisteminde istenilen özellik doldurmanın tam olması ve sıkıştırmanın en uzak noktaya kadar gitmesidir [25].

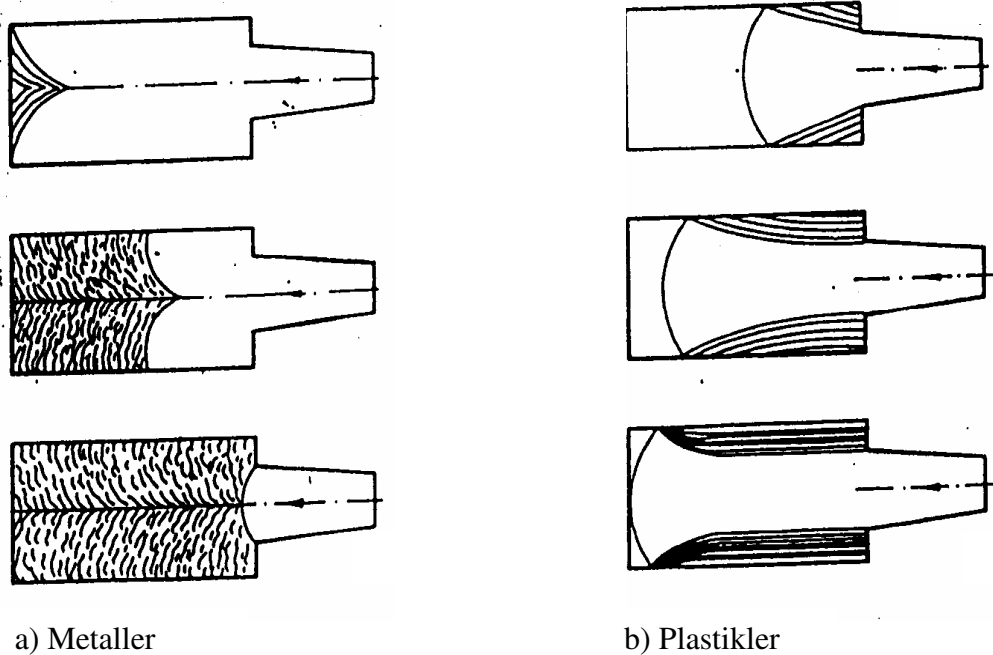
Yolluk Sistemleri ile ilgili konuyu ayrıntılı olarak bir sonraki bölümde inceleyeceğiz.

BÖLÜM 5. YOLLUK SİSTEMLERİ

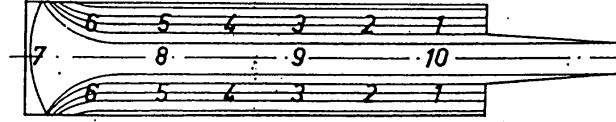
5.1 Genel Bilgi

Yolluk sistemi plastik ünitesinden gelen ergimiş malzemenin kavitelere sevk edilmesini sağlar. Konfigürasyonu, boyutları ve parça ile olan bağlantısı kalıbın dolma işlemi dolayla da parçanın kalitesi üzerinde oldukça etkilidir. Çabuk katılaşma ve tasa çevrim zamanı gibi ekonomik unsurları baz alarak yapılan bir tasarım özellikle teknik olarak bir takım özelliklere sahip olması istenen parçalardan beklenen kalitenin sağlanması için uygun değildir [22].

Yolluk sisteminde istenilen özellik doldurmanın tam olması ve sıkıştırmanın en uzak noktaya kadar gitmesidir. Şekil 5.1'de metal malzemenin ve plastiklerin bir kalıbı doldurmada akış düzeni, Şekil 5.2'de ise bir plastik malzemenin kalıbı nasıl doldurduğu görülmektedir [1,25].



Şekil 5.1 Metal malzemelerin ve plastik malzemelerin kalıba akış düzeni [1].



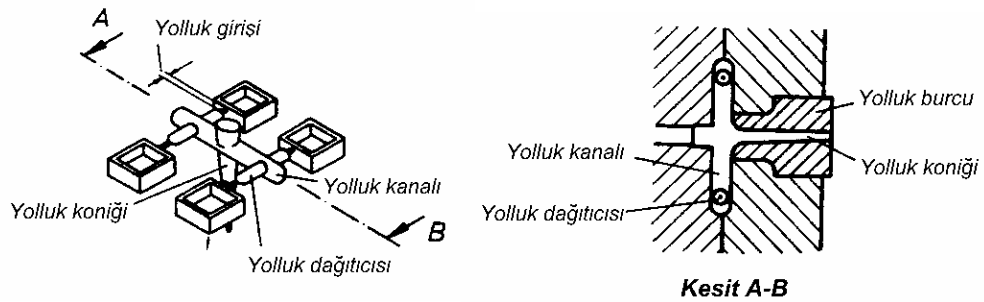
Şekil 5.2 Plastik malzemelerin kalıba doldurulması (1 başlangıç 10 bitiş) [1].

Bütün plastiklerde olduğu gibi polipropilenin de yolluk seçimi önemli bir yer teşkil eder. Yolluklarda rastlanan en önemli hatalar ise birleşme izleridir. Kalıplama basıncı ve sürtünmenin azalması için yolluklar büyük önem teşkil eder. Genel olarak uygun bir yolluğun seçilmemesi nedeniyle ergimiş plastik kalıp boşluğuna uygun bir şekilde akmadığı için görünüş ve mukavemet açısından hatalara neden olmaktadır. Bu da parçada meydana gelen çekme ve büzölmeleri etkilemektedir [26].

Yolluk sisteminde yolluğun şekli, boyutları ve kalıpla bağlantısı, kalıbı doldurma işlemleri gibi faktörler üretilen parçanın kalitesi üzerinde oldukça etkilidir.

Yolluk sistemleri genellikle çeşitli kısımlardan oluşur. Bu durum özellikle çok gözlü kalıplarda daha da belirgindir. Şekil 5.3’de yolluk sistemini oluşturan kısımlar gösterilmiştir. Bu kısımlar;

- Yolluk koniği (yolluk çubuğu)
- Yolluk dağıtıcısı ve yolluk tali dağıtıcısı
- Yolluk girişi (parça girişi) olarak adlandırılır.



Şekil 5.3 Yolluk Sistemi [16].

Tek gözlü kalıplarda yalnız yolluk burcu vardır ve yoluğun girişini de bu sağlar. Çok gözlü kalıplarda ise yolluk koniği haricinde yolluk dağıtıcısı ve yolluk tali dağıtıcıları bulunmaktadır. Yolluk sistemi, malzemenin kalıp gözlerine, aynı basınç, sıcaklık ve zamanda dolmasını sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Yolluk girişi, malzemenin yolluk dağıtıcısından kalıp gözüne geçişini sağlar. Parçanın yolluk sisteminden kolay ve temiz bir şekilde ayrılabilmesi için yolluk girişi özellikle ince tasarlanmalıdır. Bu aynı zamanda parçanın görünümünü de olumlu yönde etkiler [27].

Bu kadar önemli bir role sahip olan yolluk girişlerini şimdi daha yakından inceleyelim.

5.2.Yolluk Girişi

Yolluk girişi genellikle yolluk burcu içinde şekillendirilir. Kalıp kapandıktan sonra ve makine plastik ünitesinin lülesi, kalıp ve plastik ünitesi arasındaki geçiş noktasını dışarıya izole edecek şekilde ileri doğru itildiğinde, malzeme plastik ünitesinden yolluk girişine doğru akar. Bu olay kalıbın bu bölgede lokal olarak önemli ölçüde yüklenmesine neden olur ve bu bölgenin diğer kısımlara göre daha çabuk aşınmasına neden olur. Bu nedenle yolluk burcu çelikten yapıp sertleştirilir ve kalıba lokma olarak takılır. Böylelikle aşındığı zaman kolaylıkla değiştirilebilir.

Temas yüzeyi yalıtma yüzeyi de olması nedeniyle özel bir önem taşır. Düzlem ve küresel temas yüzeyleri arasında fark vardır.

Düzlem temas yüzeyleri sızdırmadığı sağlamak için daha yüksek basınçlar gerektirirler.(Şekil.5.4.) Bu yüzden çoğu halde küresel temas yüzeyleri sızdırmadığı

sağlamak amacıyla kullanılırlar. (Şekil5.4.) Yolluk burcuna, makine lülesinin uç kısmının yerleştirileceği fazla derin olmayan küresel bir girinti yapılır.

Aşağıdaki şekilde (Şekil5.4.) gösterilen küresel temas yüzeyinin boyutları aşağıdaki genel koşullar çerçevesinde saptanır.

$$R_{N+1} < R_s \text{ (mm)}$$

$$d_s < d_N - l \text{ (mm)}$$

Burada;

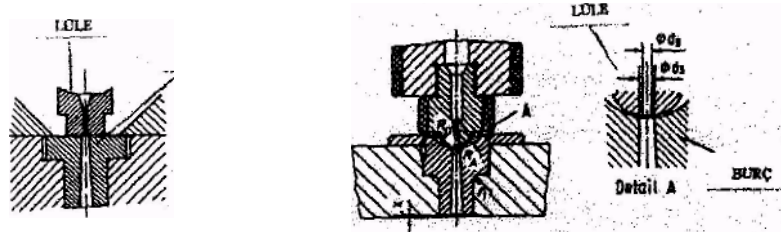
R_N : Plastik ünitesi lülesinin küresel uç yarıçapı

R_S : Yolluk burcu küresel girintisinin yarıçapı

d_N : Plastik ünitesi lülesinin ağız çapı

d_s : Yolluk burcunun ağız çapı

dır.



Şekil:5.4 Makine lülesi ve yolluk burcu [13]

Eğer bu koşullar sağlanamazsa aşağıdaki şekilde (Şekil8.3.) gösterildiği gibi katılaşmadan sonra yolluk girişinin kalıptan çıkışını engelleyen bir çıkıntı meydana gelir [22].

Yolluk girişinin dip kısmının boyutları parçanın boyutlarına ve özellikle de parçanın kesitlerinin kalınlığına bağlıdır. Göz önüne alınması gereken kurallar şunlardır,

-Yolluk girişi, enjeksiyondan sonraki tutma safhasında ki tutma basıncım iletebilmek için diğer herhangi bir kesitten daha önce katılaşmamalıdır. Ancak bu şartın sağlanması için de çevrim zamanını uzatacak şekilde çok kalın olmamalıdır.

-Yolluk girişi kalıptan kolaylıkla çıkartılabilmelidir, bu yüzden uç kısma doğru inceltmelidir. Bu inceltme miktarı çoğu halde en iyi sonucu sağlamak için 1° den fazladır ve 4° civarındadır.

Şekil 5.11.' de yolluk giriş çeşitleri özellikleri verilmiştir.

5.3. Yolluk Sisteminin Çeşitleri ve Prensipleri

Sıcaklık kontrolüne göre üç çeşit yolluk sistemi vardır. Bunlar normal, soğuk ve sıcak yolluk sistemleridir.

a) Normal yolluk sistemi

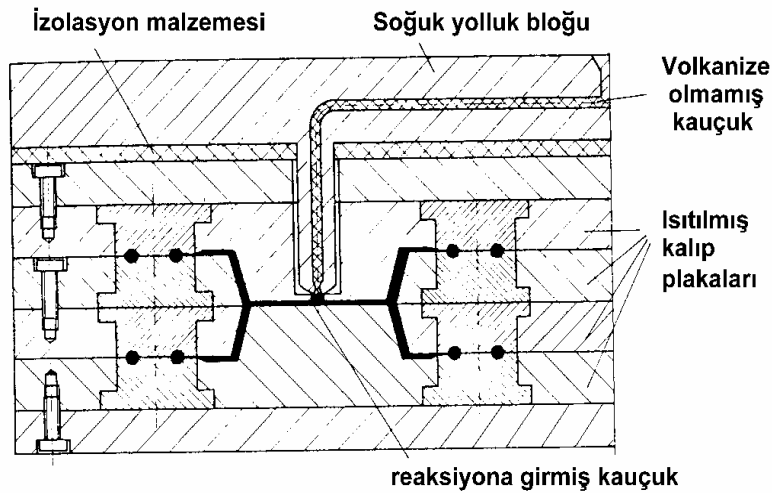
Normal yolluk sistemlerinde, yolluğun ısıtılması için ilave ekipmanlar kullanılmamaktadır. Yolluk sistemi doğrudan doğruya kalıp plakaları üzerine açılmaktadır. Bu yüzden sıcaklıkları genellikle kalıp sıcaklığı ile aynıdır. Yolluk içindeki malzeme enjeksiyondan sonra katılaşır ve her çevrimden sonra parça ile birlikte kalıptan çıkartılmalıdır. Termoplastiklerin yollukları, kırma makinelerinde

kırılıp ham maddeye karıştırılarak geri dönüşümlü malzeme olarak tekrar kullanılırlar.

b) Soğuk yolluk sistemleri

Duroplast ve kauçuk gibi kalıpta kimyasal reaksiyon gösteren malzemeler için termoplastik kalıplardaki sıcak yolluğun bir benzeri olan soğuk yolluk sistemi kullanılır. Soğuk yollukta, sıcak yolluğun aksine bir izolasyon problemi bulunmaktadır (Şekil 5.6).

Soğuk yolluklu sistemde yolluk sıcaklığı yaklaşık 80°C ile 100°C arasında iken kalıptaki sıcaklık yaklaşık 160°C ile 200°C arasındadır. Bu durum sıcak haldeki kalıp gözü plakaları ile düşük sıcaklıktaki yolluk arasında izolasyon problemine neden olmaktadır. Bu sistemde eriyiğin yollukta reaksiyona girmemesine dikkat edilmelidir. Kaynaklarda çoğunlukla soğuk yolluk terimi hatalı olarak normal yolluklar için kullanılır.

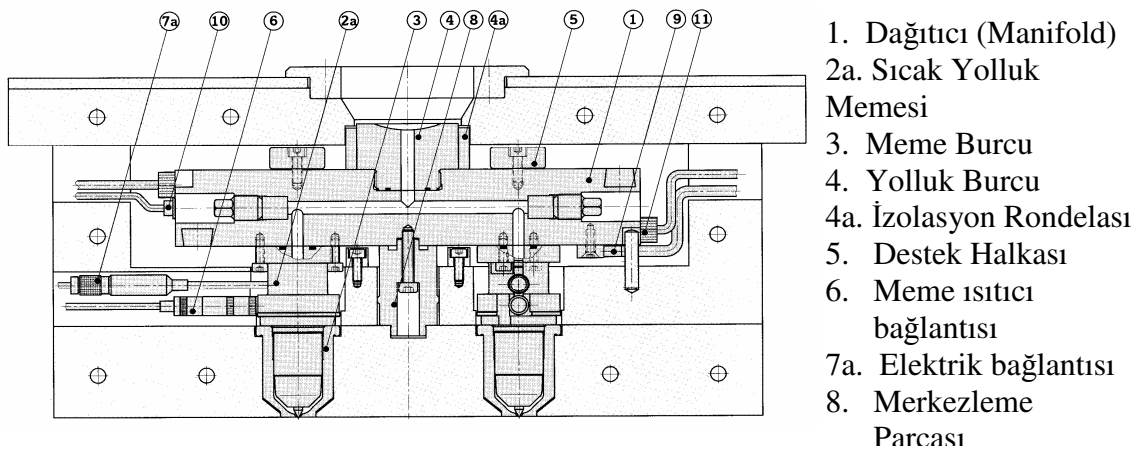


Şekil 5.5. Basit bir soğuk yolluk tasarımı [27].

c) Sıcak yolluk sistemleri

Sıcak yolluk sistemi, enjeksiyon makine memesinden kalıp gözüne kadar olan bölgede ergimiş plastik malzemeyi, hasar vermeden ve ısı kaybına yol açmadan kontrollü bir şekilde bekletme ve istenildiğinde kalıp gözüne basma sistemidir. Sıcak yolluk enjeksiyon kalıbı içinde ayrı bir elemandır. Bu sistem makine enjeksiyon memesinin bir uzantısı olarak görülebilir (Şekil 5.7).

Yolluk dağıtıcısı içerisindeki kanallar, ergimiş malzemeyi (180°C-300°C) makine plastikleştirme ünitesi memesinden kalıp gözü girişlerine kadar sıcaklık kaybı olmadan taşırlar. Normal yollukların aksine termoplastik malzeme sıcak yolluk içinde sıvı olarak kalır. Bu yüzden yolluğun kalıptan çıkarılmasına gerek yoktur ve bir sonraki çevrim için kullanılmaya hazırdır. Sıcak yolluk sistemlerindeki temel problem sıcak yolluk dağıtıcısının kendisine göre daha soğuk olan kalıptan termal olarak yalıtılmasıdır.



Şekil 5.6. Sıcak yolluk sisteminin enjeksiyon kalıbı içindeki konumu [27].

5.4. Yolluk Sisteminden İstenilen Özellikler

1. Malzeme kalıpta en az birleşme hattı olacak şekilde iletilmeli,
2. Malzemenin akışını zorlaştıran engeller mümkün olduğunca az olmalı,
3. Toplam enjeksiyon ağırlığındaki payı mümkün olduğunca az olmalı,
4. Parça mümkün olduğunca kalıptan kolayca çıkartılabilmeli,
5. Parçanın görünüşü zarar görmemeli,
6. Basınç, sıcaklık ve malzeme kayıplarını düşük tutmak için yolluk boyları teknik şartlar dahilinde çok kısa olmalı,
7. Ütüleme basıncı parçanın toplam katılma süresi esnasında etkili olabilmesi için parçanın katılma süresi ile aynı veya düşük olmalı,
8. Yolluk, çevrim süresine mümkün olduğunca etki etmemeli,
9. Giriş yeri parçadaki en büyük cidar kalınlığının olduğu yerde olmalı,
10. Giriş yeri jetleme olayını önleyecek şekilde seçilmelidir [27].

5.5. Yolluk Dağıtıcıları

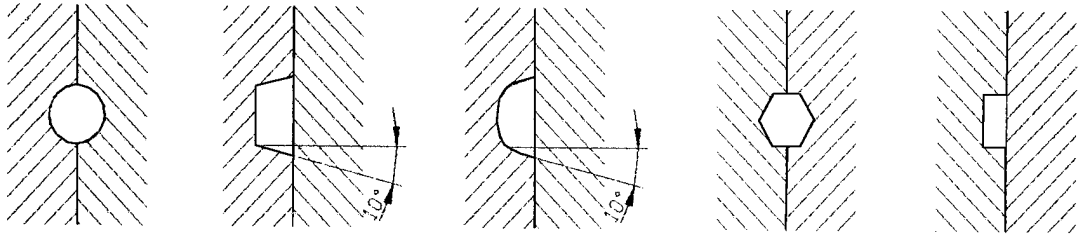
Dağıtıcılar yolluklarla birleşik olarak dişi kalıp çukurlarına yaklaşık 1 mm mesafeye kadar malzemenin akması için yapılan oluk veya kanallardır. Dağıtıcılar mümkün olduğu kadar eşit uzunlukta ve kısa olmalıdır. İdeal bir dağıtıcı sisteminin yapımı mümkün olmayan hallerde kollara ayrılmış sistemin kullanılması gerekir. Çünkü iş parçasının biçimi ve dişi kalıbın yayılma şekli, dağıtıcıyı işleme zorluğu çıkarır. Kollu dağıtıcı sistemde, her dişi kalıba malzemeyi sevk etmek için yardımcı kollar bulunur. Bu yardımcı kollar yolluk tarafından beslenen esas dağıtıcılara bir açı altında birleşirler. Her iki sistemde de dağıtıcı kanalları, malzemenin kolay kayması, sürtünmenin mümkün olduğu kadar azaltılması için iyice parlatılmış olması gerekir [28].

Dağıtıcı kanallar, yolluk ve giriş kanalı arasındaki bağlantı kanalıdır. Dağıtıcı kanalların biçim ve boyutları, kalıp tasarımında düşünülmesi gereken en önemli özelliklerden biridir. Enjeksiyon basıncı kaybını en aza indirecek ve plastik

maddenin akışına hız kazandıracak boyutlarda olmalıdır. Ancak, plastik malzemenin donmasına sebep olabilecek büyüklükte olmamalıdır.

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 yuvarlak, yarım yuvarlak, trapez ve dikdörtgen biçimindedir (Şekil 5.8, Şekil 5.9).

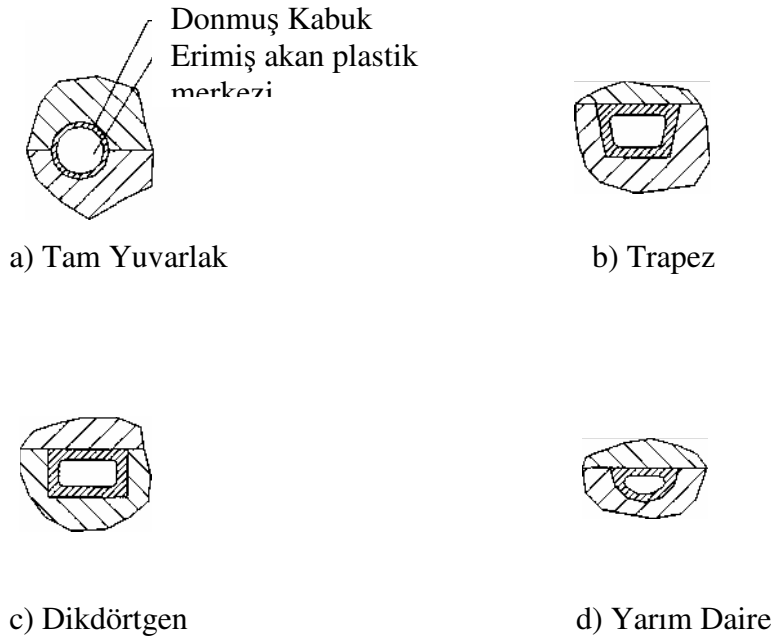


Şekil 5.7. Dağıtıcı kanal kesitleri [29].

Yuvarlak kesitli dağıtıcı kanalları, 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 ve mümkünse kullanılmaz [23].

Etkin kalıp besleme sistemi tasarımında dizayn mühendislerin, erimiş plastiğin akış karakterini, bunun kanal geometrisi, basınç transferi ve akış etkinliği yönünden etkilerini anlaması gerekir. Sıcak erimiş polimer soğuk metal kalıpla kontak kurduğu zaman (örneğin yolluk), polimerin yüzeyi donarak kabuk oluşturur. Bu donmuş

kabuk termal izolatör gibi hareket ederek erimiş plastiğin merkezinin sıcak kalmasını ve akışını sağlar. Beslenme kanallarının geometrisi, bu donmuş kabuğun şeklini belirler, akış hacmindeki düşmeye bağlı olarak basınç düşmesi olur. Erimiş plastiğin donma karakteristikleri, yolluk geometrisi tarafından belirlenir ve bunların kanaldaki plastik akış oranına ve basınç iletimine etkisi vardır. Dört köşe, dikdörtgen ve yarım daire şeklindeki yolluklar akış donma karakteristiklerinden dolayı fazla tercih edilmez [30].



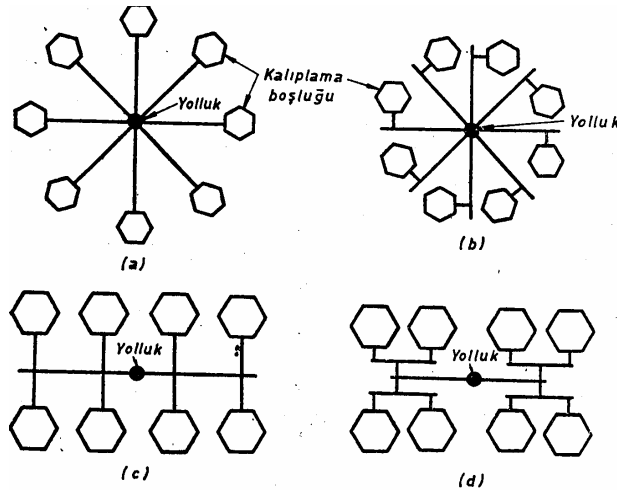
Şekil 5.8. Dağıtıcı kanal kesitleri ve kabuk oluşturma biçimleri [30].

Bu tip yollukların etkin akma hacimlerinde azalma olur ve bu tip kanallarda, basınç düşmesi fazladır. Baskıdaki kalıp içi basınç kontrolü azalır. Yolluk sisteminin kesiti, ayrıca yolluk sistemin dışarı atmak için gerekli itici kuvvetlerin üzerine etkisi vardır. Eğimli veya açılı şeklindeki yolluklar örneğin, yarım ve tam yuvarlak ve trapez kesitli yolluklar, kalıptan atılması esnasında daha az kuvvete ihtiyaç duyar. Tam yuvarlak yolluk sistemi, diğer yolluklara göre daha iyi akma ve kalıptan atılma karakteristiklerine sahiptir. Fakat bu yolluğun her bir yarısının bir kalıp plakaya işlenmesinin zorluğundan dolayı yapılmaları pahalıdır. Tam yuvarlak yolluk yapmak yerine makul akma ve kalıptan atılma karakteristiğine sahip tabanı eğimli trapez

yolluk daha ucuza yapıldığından kullanılabilir. Özel freze çakısı, yolluk yapımı esnasında yolluk açmada kullanılır [30].

Çoklu kalıplama boşluğu bulunan çok gözlü kalıplardaki dağıtıcı kanalların ve kalıplama boşluklarının tipleri Şekil 5.10.'de gösterilmektedir.

Şekil 5.10-a'da radyal dağıtıcı kanallar kalıplama boşluğuna direkt olarak açılmaktadır. Şekil 5.10-b'deki tercih edilen dağıtıcı kanallar sıcaklığı fazla olan plastik malzemenin kalıplanmasında ve kalıplama boşluğu düzgün kollara ayrılmış kalıplarda kullanılır [23].



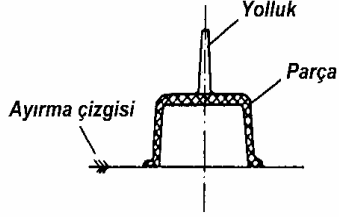
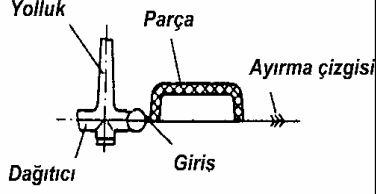
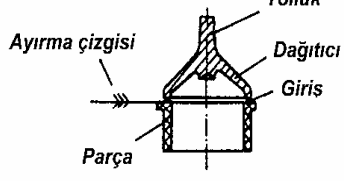
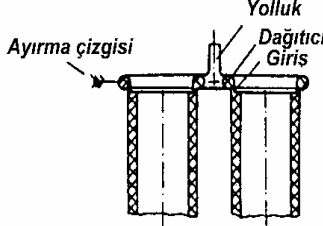
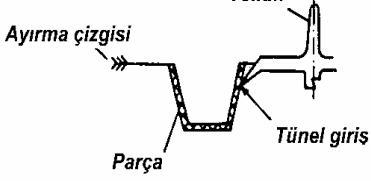
Şekil 5.9. Çoklu kalıplama boşluğu bulunan kalıplarda dağıtıcı kanal tipleri [23].

Çoklu kalıplama boşluğu bulunan kalıplarda, bütün boşlukların aynı anda doldurulması veya plastik malzemenin 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 [23].

Plastik malzemenin akış uzaklığı eşitse , bazı kalıp yapımcıları dengelenmiş veya "H" tipi dağıtıcı kanal sistemini tercih eder (Şekil 5.10-c). Ancak bu her zaman

mümkün olmayabilir ve plastik malzeme giriş kanalı yakınlarında donabilir. Bu durumu önlemek için Şekil 5.10-d'deki dağıtıcı kanal sistemi tercih edilir veya dağıtıcı kanal civarına ısıtıcı sistem yerleştirilir. Böylece, yolluktan gelen plastik maddenin sıcaklığı sabit tutulur.

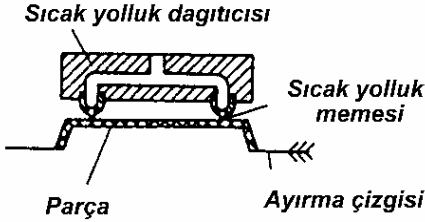
Dağıtıcı kanal ölçüleri, kalıplanacak plastik malzemenin cinsi ve parça boyutlarına bağlıdır. Vizkozitesi az olan plastik maddenin kalıplanmasında yolluk burcu ile kalıplama boşluğu arasındaki uzaklık 125 mm'nin altında ise 3-6,5 mm çapında yuvarlak kesitli dağıtıcı kanallar kullanılır. Büyük hacimli parçaların kalıplanmasında bu değerler 8-9,5 mm çapa kadar arttırılabilir. Vizkozitesi fazla olan plastik maddeler için kalıba açılacak dağıtıcı kanal ölçüleri de yuvarlak kesitli ve 10 mm çaplıdır. Ancak dağıtıcı kanal çapları verilen ölçülerden küçük açılıp denenerek verilen değerlere yaklaşık ölçülerde tamamlanır. Aksi halde büyük çaplı dağıtıcı kanalın daha küçük çapa düşürülmesi mümkün olamaz [23].

<p>Çubuk veya Konik Giriş</p>		<p>Uygulama: Sıcaklık hassasiyeti olan, akmaya karşı dirençli, ve kalın cidarlı parçalar için. Avantajları: Yüksek kalite ve ölçü tamlığı. Dezavantajları: Yolluğun koparılması sonrasında giriş verinin temizlenmesi</p>
<p>Bant veya Film Giriş</p>		<p>Uygulama: Düz (yassı) parçalarda (plaka ve şerit gibi) Avantajları: Birleşme izi yoktur, yüksek kalite ve ölçü tamlığı. Dezavantajları: Yolluğun</p>
<p>Dış</p>		<p>Uygulama: Eksenel simetrik parçalarda Avantajları: Birleşme izlerinden kaçınıyor böylece mukavemette azalma olmuyor. Dezavantajları: Yolluğun</p>
<p>Halka Giriş</p>		<p>Uygulama: Halka veya boru şeklindeki parçalarda her iki yandan enjekte olması durumunda. Avantajları: Birleşme izlerinden kaçınıyor böylece mukavemette azalma olmuyor. Dezavantajları: Önemsiz birleşme izleri görülür, yolluğun koparılması</p>
<p>Yüksek Basınç</p>		<p>Uygulama: Çok gözlü kalıplarda özellikle küçük parçalar. Avantajları: Otomatik olarak yolluğun ayrılması. Dezavantajları: Yüksek basınç kayıplarından dolayı sadece basit parçalar için</p>

Şekil 5.10 Giriş çeşitleri ve özellikleri [17].

Giriş		Özellikler
Koparmalı Noktalı Giriş		<p>Uygulama: Çok gözlü kalıplarda merkezden enjeksiyonlama için.</p> <p>Avantajları: Otomatik olarak yolluk ayrılmaktadır.</p> <p>Dezavantajları: Büyük</p>
Nokta Giriş (ön hücreli)		<p>Uygulama: Yolluğun parçadan tam otomatik olarak ayrılması için.</p> <p>Avantajları: Sonradan işlem gerekmez.</p> <p>Dezavantajları: Özellikle ısı</p>
Yolluksuz Giriş		<p>Uygulama: İnce cidarlı parçalarda hızlı çevrim durumunda.</p> <p>Avantajları: Yolluk için malzeme kaybı yoktur.</p> <p>Dezavantajları: Meme için</p>
Çok Kademeli Giriş		<p>Uygulama: Çok gözlü kalıplarda düz ve hafif parçaların üretiminde.</p> <p>Avantajları: Makinanın plastikleştirme işleminden en iyi yararlanılması.</p>
Yalıtılmış Yolluklu Giriş		<p>Uygulama: Yüksek yumuşaklığa ve eriyik sıcaklığına sahip malzemeler için ve hızlı çevrim durumunda.</p> <p>Avantajları: Otomatik yolluk ayrılması, sadece işletme çalışmaya ara verdiğinde</p>

Şekil 5.10. (Devam) Giriş çeşitleri ve özellikleri

Giriş çeşidi	Özellikle	
Sıcak Yolluklu Giriş		<p>Uygulama: Teknik olarak, çevrim zamanından bağımsız ve zor işlenen malzemelerde de uygulanır.</p> <p>Avantajları: Yolluk için malzeme kaybı yoktur, otomatik yolluk ayırma</p> <p>Dezavantajları: Kalıp yapım maliyeti yüksektir, ölçme ve kontrol cihazları masrafı vardır.</p>

Şekil 5.10. (Devam)Giris cesitleri ve özellikleri

BÖLÜM 6. PLASTİK ÜRÜNLER ÜZERİNDEKİ İZLER VE HATALAR

6.1. İzlerin ve Hataların Tanımlanması

Bir plastik enjeksiyon işletmesinde ürün sorumlusu, teknik elemanlar ve denetçilerin en büyük sorunu ve uğraşları, üretilen plastik parçalarda karşılaşılan ve genel olarak ‘‘enjeksiyon hataları’’ diye adlandırdığımız istenmeyen oluşumlardır. Bu hataların kaynakları çeşitli olmakla birlikte arz ettikleri önem genellikle iki kategoride toplanabilir. Birincisi ürünün kullanım yerinde ve süresince etkili olabilecek performansı ilgilendiren hatalar, ikincisi parçanın estetiğini ve satışını etkileyebilecek olan görüntüsel bozukluklardır [31].

6.1.1. İzlerin ve Hataların Nedenleri:

Hatalar çeşitli olmakla birlikte genellikle malzemeden, kalıptan, makinadan, işletme düzeninden ve ürün tasarımından kaynaklanırlar. Bu hatanın düzeltilmesi yönünde alınacak önlemler konusunda literatür ve malzeme kataloglarında tavsiye reçeteleri yayınlanmaktadır. Bir hata için örneğin basıncı yükselt, hızı yükselt, silindir sıcaklığını yükselt, kalıp sıcaklığını yükselt , kalıp havalandırmasını arttır gibi çeşitli ve genellikle tek satırlık tavsiyelerde bulunur. Aslında ‘ her şeyi dene, bir çözüm bulacaksın’ denmektedir. Hatta bazen kalıbı tadil et yada yenile gibi son derece pahalı çözümler önerebilmektedir. Mevcut bir kalıp için düşünülebilecek şey yolluk ile ürün beslenmelerinin şekil ve büyüklüğünün değiştirilmesi ve kalıp havalandırmasının fazlaştırılması olabilir [31].

6.1.1.1 Yanık izleri

Eğer parçanın bir kısmında siyahlaşma ve sararma var ise, yapılacak ilk iş, kalıbın hava atma durumunun incelenmesi olacaktır. Kalıba giren malzeme tarafından sıkıştırılan ve kaçamayan havaya, çok yüksek bir sıcaklığa çıkar ki, plastikte oksidasyon reaksiyonuna girer. Eğer plastiğin tümüyle yanma reaksiyonu sonucu karbondioksit ve suya ayrışmasına yetecek kadar hava bulunmuyorsa malzemedeki hidrojen komponenti ilk ve tek başına reaksiyona girecek ve yüzeyde siyah bir kalıntı bırakacaktır. Bu yanık izine katlanılabilmekten üretime devam edildiği takdirde, zamanla metal yüzeyinde, oksitlenme nedeni ile karıncalanma meydana gelebilecektir.

Kalıpta hava sıkışması kötü bit kalıp tasarımı sonucu olabilir. Bazen bu durum, kalıpcının aşırı titiz çalışması sonucu ortaya çıkabilir. Normal olarak hava, kalıbın öpüşme yüzeylerinden, tampon pimlerinden veya süzdürme plakalarının arasından kaçar. Eğer öpüşme yüzeyleri iyi parlatılır, ve tampon yüzleri iyi yapılırsa, havanın tahliyesi önlenmiş olur. Olabilecek 0,04 m.lik bir aralıktan plastiklerin sızma kabiliyeti çok azdır. Bu nedenle öpüşme yüzeyleri çok iyi parlatılmadan ve tezgah kalem izleri ile bırakılmamalıdır [31].

6.1.1.2 Akış izleri

Plastik malzeme bir kalıba enjekte edildiğinde, her akışkanda olduğu gibi kalın ve geniş bölgelere daha hızlı yayılır. Buralara dolduktan sonra daha dar ve ince kesitlere nüfus eder. Malzemenin yol alışı esnasında delik oluşturan bir pim, oyuk çıkaran bir erkek parçaya rastlandığında türbülans olayı yaşanır ve akış bölünür. Bazen oluşan türbülansın izi akış yolunun sonuna kadar taşınabilir ve donduğu yüzeyde dalgalı bir görüntü verir [31].

Akış izi dediğimiz bu kalıplama hatasının, proses ayarlamaları ile giderilmesi bire hayli zordur. Ürün ve kalıp tasarımı esnasında önlem alınmalıdır.

6.1.1.3 Birleşme izleri

Birleşme izleriyle ilgili detaylı konu 6.2. ayrıntılı olarak açıklanmıştır

6.1.1.4 Kalıp öpüşme yüzeyinde iz

Kalıp öpüşme yüzeylerinin parçaya denk gelen yerlerinde çapaklanma şeklinde iz bırakması, kalıp yapımında gerekli ihtimamın gösterilmesine yada kapama gücünün yetersizliğinden olabilir. İyi parlatılmış yüzeyler öpüşme izini mat olanlara göre daha fazla gösterdiklerinden buraların desenlendirilmesi bu izi maskeleyecektir. En iyi kalıp tasarımında öpüşmeleri mümkünse en az mahsurlu yerlerde gerçekleştirilmesi düşünülmelidir [31].

6.1.1.5 Kırışık ve pürüzlü yüzey

Genellikle ürün besleme ağzının çevresinde olmak üzere düzensiz yarım daireler şeklinde (plak yüzeyini andıran) beliren izlere sıkça rastlanmaktadır. Bunun bir nedeni kalıba son giren malzemenin yeterince basınç sağlayamaması sonucu o bölgede kalıp yüzeyinin şeklinin alınamamasıdır [31].

Enjeksiyon esnasında kalıba giren malzemenin, küçülen ürün besleme ağzı nedeni ile basıncının düşmesine, kalıp içine oluşmuş karşı basınçta eklenince malzemenin vizkositesi iyice yükselir ve genellikle ürün besleme ağzı çevresinde donmakta olan

plastige kalibn Őeklini alması iwin yeterli kuvvet uygulanamaz. Bu hatanın űstesinden gelmenin en iyi yolu, kalıbı műmkűn olan en bűyűk hızla doldurmaktır. Yeterli enjeksiyon hızı ve kuvveti saęlanamıyor ise daha gűçlű bir makinada űretim gerweleűtirilmelidir. Kalıp yolluk kanallarının kısaltılması, geniűletilmesi parlatılması gibi akıűı kolaylaűtıracak ve basınw dűűmesini azaltacak űnlemler alınabilir [31].

6.1.1.6 Yűzey gűrűntűsűnűn kűtű olması

Kalıbn iweride kalan bir parwa ile ezilmesi, sert bir cisimle wizilmesi gibi dikkatsizlik űrűnű nedenler dıűında, istenenden kűtű wıkması kalıp yapımı, malzeme seewimi ve proses űartlarının etkisiyle oluűur [31].

6.1.1.7 Yűzeydeki lekeler

Plastik malzeme iwersindeki bir katkı maddesinin dekompozisyonu kullanılan pigmentin yűzeye gűw etmesi veya yanıęa neden olmasa da kalıp yűzeyi ile reaksiyona giren gazlaűmıű polimer dekompozesi, parwa yűzeyinde lekeler oluűturabilir. Bu olgular malzeme, boya ve katkı maddelerinin kendileri ile ilgilidir ve araűtırılmalıdır. Ancak yinede proses űartları ile űnlenebilirler. űrneęin PVC nin dekompozisyonu sonucu ortaya wıkan hidroklorik asit yűzeyde lekelenmeler yapar. Sıcaklıęın dűűrűlmesi ile bu olay engellenebilir [31].

6.1.1.8 Serpinti (Gűműű izler) oluűması

űrűn besleme aęzından yayılan, bazen de tűm parwayı kapsayabilen gűműű izleri andıran ve serpinti denilen gűrűntű bozukluęu sıkwa rastlanabilen bir enjeksiyon

hatasıdır. Kökeninde bir plastik eriyiğin ihtiva ettiği uçucu maddelerin kalıplama esnasında parça yüzeyinde yoğunlaşarak bu görüntüyü vermesi yatmaktadır. Bu uçucu madde, malzeme tarafından absorblanıp kurutma yoluyla uzaklaştırılmamış nem, yine malzemenin ihtiva ettiği solvent, fazla miktarda kullanılmış, kalıp ayırıcı madde ve polimerin ısıl dekratasyonu sonucu ortaya çıkan gazdır. Bu sebeple eğer malzeme nemli ise bir fırında kurutulmalıdır [31].

6.1.1.9 Çizikler

Kalıp açıldığında, ürünün yüzeyinde kalıbın açılış yönünde çizikler oluşuyor ise bunun nedeni iki kategoride toplanabilir. Birinci neden, öpüşme yüzeylerinde eğer bir tahribat ver ise ve metal çapaklanması süzdürülen parçayı çiziyorsa, bu kalıp yüzeylerinin iyi alıştırılmasından yada hızlı kalıp kapama nedeni ile kalıbın hasarlanmasından kaynaklanmaktadır [31].

İkinci neden kalıbın aşırı doldurulmasıdır. Eğer kalıp aşırı doldurulmuş ve kalıbın yüzey parlatılması iyi yapılmamış ise dışı kısım parçayı çezebilir. İkinci basıncın yüksekliği ve sürenin uzunluğu, ürün besleme ağzının büyük, parçanın et kalınlığının fazla olduğu durumlarda bu çizilmelere yol açabilir.

6.1.1.10 Eksik ürün

Eksik ürün almanın birçok nedeni olabilir. İlk bakılacak şey makinanın enjeksiyon grubunun yeterince güçlü olup olmadığı, malzemenin akışkanlığının yeterince sağlanıp sağlanmadığı ve kalıbın tamamen dolmamasını getiren bir karşı basınç veya engelin varlığıdır [31].

6.1.1.11 Çatlama

Eğer plastikte proses esnasında giderilmemiş iç gerilmeler kaldı ise bu durum daha sonra elverişsiz evre ve iklim koşullarında çatlamaların ortaya çıkmasına yol açabilir. İ gerilmelerin azaltılması lazımdır [31].

6.1.1.12 Soyulma

Yüzey soyulmalarının bir nedeni yine i gerilmelerin fazla oluşundandır. Parça içersindeki giderilmemiş gerilmeler taşıyan bir parça, normalde etkilenmeyeceği bir solventle sıcak bir ortamda karşılaştığında yüzeyinde soyulmalar görülebilir. Örneğin polipropilenden yapılmış ve dibinde iç gerilmeler kalmış bir kovaya sıvı deterjan dökelim. Üstüne su ilave edildiğinde çıkan çözünme ısısında etkisiyle yüzeyde pullanmalar şeklinde soyulmalar gözlemlenir.

BÖLÜM 7. PLASTİK ÜRÜNLER ÜZERİNDEKİ BİRLEŞME İZLERİ

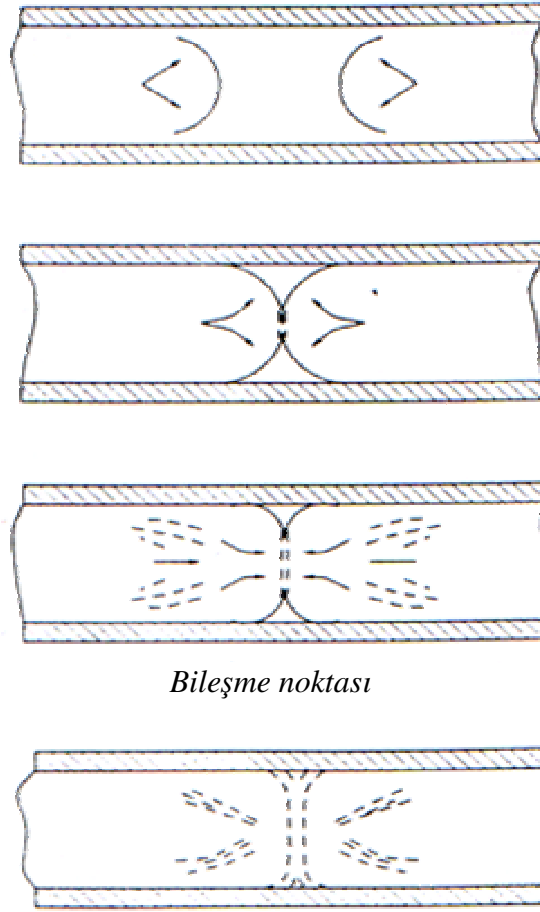
7.1 Birleşme İzleri ve Birleşme İzlerinin Yol Açtığı Hatalar

İki veya daha fazla akış hattının birleştiği ve kaynaştığı yerlerde oluşan çizgilere birleşme izleri denir. Kalıpta birden fazla giriş, delik çıkaran pimler ya da maçalar, insertler, bozlar vb. erkek parçalar var ise birleşme izi meydana gelmektedir (Şekil 7.1). Önlem alınmaz ve etkilerinin azaltılmasına çalışılmazsa birleşme izleri büyük sorunlar çıkarabilmektedir [31].

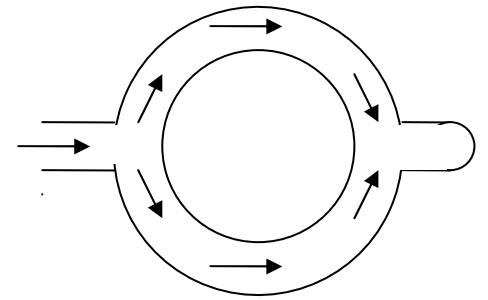
Birleşme izi görüntünün önemli olduğu bir üründe göze en çarpan yerde derin ve uzun bir çizgi halinde belirebilir, ya da daha kötüsü en ufak bir yükte çatlayabilen çok zayıf bir kesit oluşturabilir.

Enjeksiyon hatası olan ‘akış izleri’nin nedenleri birleşme izlerine de kaynaklık eder. Ancak birleşme izleri mukavemet sorunlarını ortaya çıkaran ve diğeri gibi yalnızca yüzeyde olmayıp, kesitte de etkili olan bir hatadır. Yüzeyde yılan gibi kıvrımlı bir görünüş arz eden ‘jetting’ denilen iz, bir akış değil soğuk bir birleşme izidir. Kalıba püskürerek ilk giren ve nispeten soğuk olan malzeme, eğer birleşme tam gerçekleşmeden donuyor ise bu izi yapabilir. Kalıp yolluğunda soğuk mal tutucu yapılması bunun için önemlidir. Silindir ve kalıp sıcaklığının yükseltilmesi ‘jetting’ veya diğeri tip birleşme izlerinin etkisini azaltabilir. Kalıp sıcaklığının yükseltilmesinde dikkat edilmesi gereken husus, malzemenin kristallik yüzdesinin ve kristal boylarının kırılma dayanıklılığı arttıracak bir düzeye çıkmamasıdır [31].

Birleşme yerlerindeki kesitin, malzemenin belirtilen gerilme mukavemetinin % 80'ine kadar zayıflamasına müsaade edebilir. Bu izin hem görüntünün etkilenmeyeceği hem de mukavemet bakımından kritik olmayan bir bölgede oluşması kalıp tasarımında göz önüne alınmalıdır. Ürün besleme ağzı yandan verilmiş tasarımda, birleşme yeri bu ağzın tam karşı (180°) yerinde oluşur (Şekil 7.2). Konik besleme ağzılı ya da iğne besleme ağzının olması birleşme izlerinin sayısını çoğaltır. Şayet başka bir amaç yok ise (çarpılmanın önlenmesi gibi) birden fazla besleme ağzı verilmesi sorunlar ortaya çıkarmaktadır [31].



Şekil 7.1 Enjeksiyon kalıplamadaki birleşme izi oluşması



Şekil 7.2 Birleşme yerinin ürün dışında oluşumu

Akışın engellenmesiyle oluşan birleşme izi tipi 'sıcak birleşme izi tipi' sıcak kaynak olarak, farklı girişlerden gelen yüzeylerin etkilemesiyle oluşan ise soğuk kaynak olarak adlandırılır. Sıcak kaynaktaki malzeme, boşluğa girince mesela pim gibi engelleme ile ayrılır. Sonra akıntılar birlikte geri toplanır. Ara yüzey sıcaklığı fazla

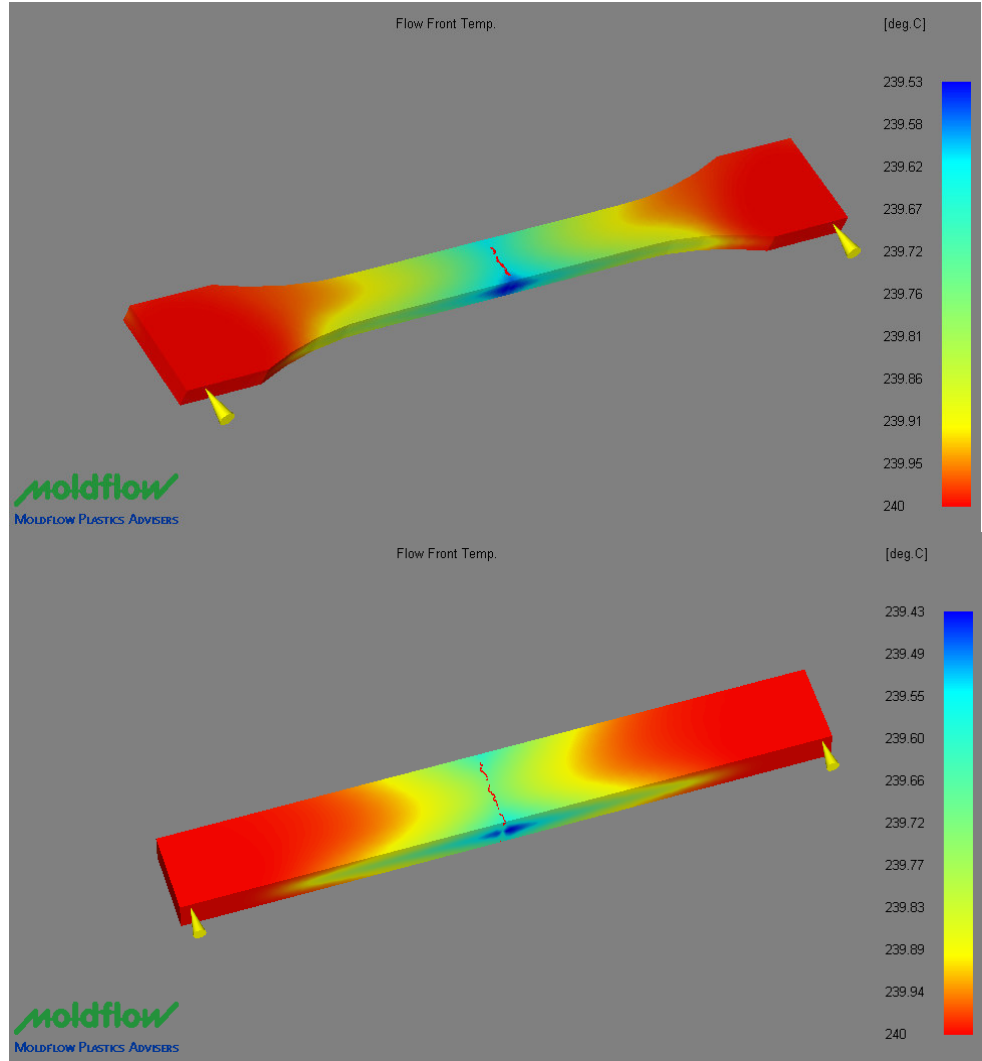
değişmez. İki yüzey bir diğeri etkilediğinde iki yüzeyin sıcaklığı düşmektedir. Böylece soğuk kaynak olarak adlandırılan oluşumlara yol açmaktadır.

7.2. Birleşme İzi Zararlarının Azaltılması

Kalıp parlatma izlerinin (zımpara ve taşlama gibi) malzemenin akış yönünde verilmesinin, birleşme izlerinin azaltılmasına yardımcı bir unsur olduğu unutulmamalıdır. Birleşme izinin azaltılması için silindir ve kalıp sıcaklığının yükseltilmesine kadar, hızlı enjeksiyon suretiyle malzeme soğumadan birleşmenin sağlanması da önemli bir önlemdir. Buna karşın kalıptaki havalandırmanın yerleri ve etkinliği hızlı enjeksiyona elvermelidir. Sıkışmış hava enjeksiyon izlerinin artmasına ve yanık izlerinin oluşumuna neden olacaktır [31].

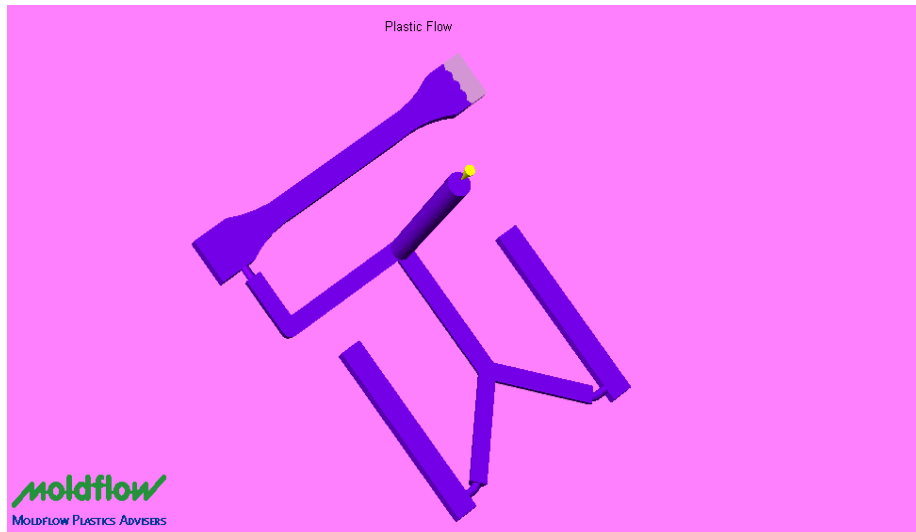
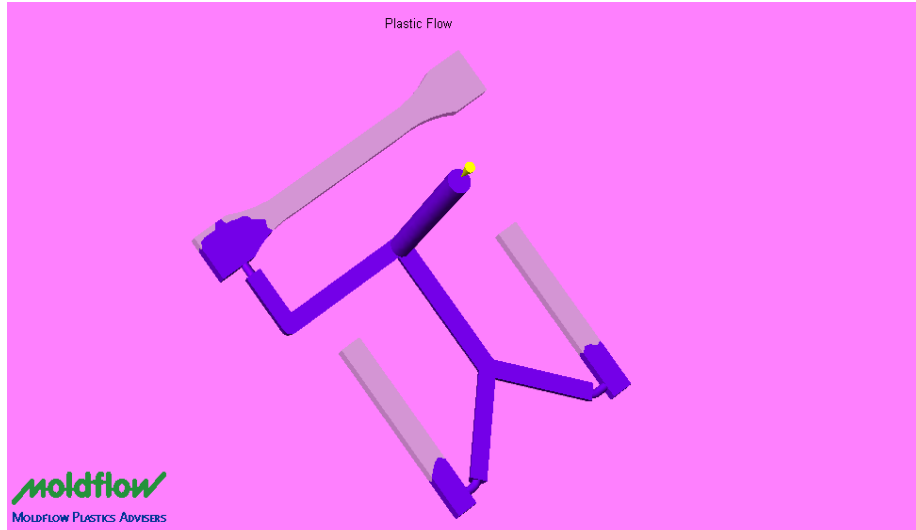
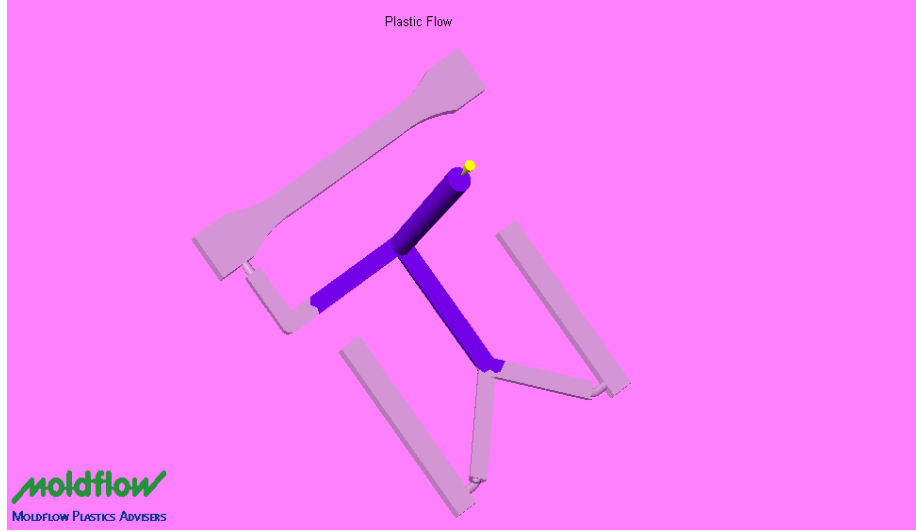
Birleşme izinin oluşmaması için daha tasarım aşamasında kalıpta veya üretilen parçada ne tür bir değişiklik yapılması gerektiği düşünülmelidir. Kalıp imal edilmeden önce mümkünse bir akış analiz programı kullanarak (Moldflow, C.Mold, Ansis vb.) oluşan birleşme izlerinin yeri tespit edilebilir. İzlerin oluşmaması veya daha görsel olmayan ve yüksek mukavemet istenmeyen noktalara çekilmesi için tasarımda değişikliklere gidilmelidir [32].

Diğer bir taraftan birleşme izlerinin yok edilebilmesi veya en aza indirilebilmesi için malzemenin basılacağı kalıbın tasarımının da çok detaylı bir şekilde incelenip daha sonra imal edilmesi önemlidir. Ayrıca daha önce belirttiğimiz gibi kalıbın imali öncesinde tasarımı dijital ortamda hazırlandığı zaman, bu tasarımın elverişli olup olmadığını test edebilmek için hazırlanmış bilgisayar programları kullanılır. Moldflow adındaki bilgisayar programı bu işlem uygun görülen programlardan biridir.

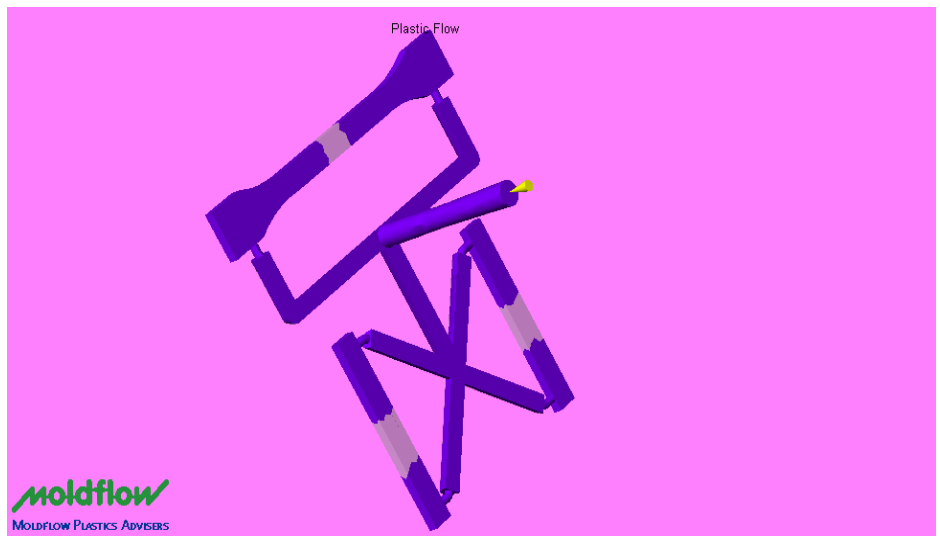
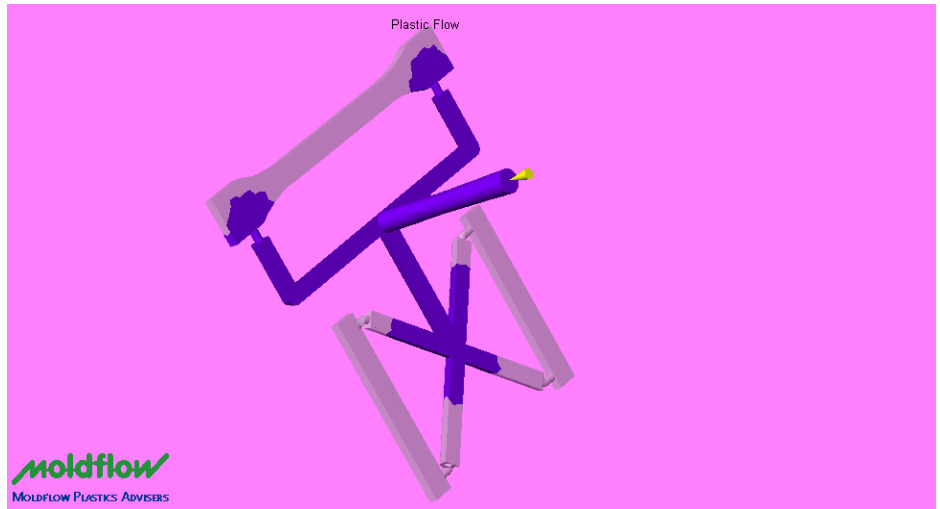
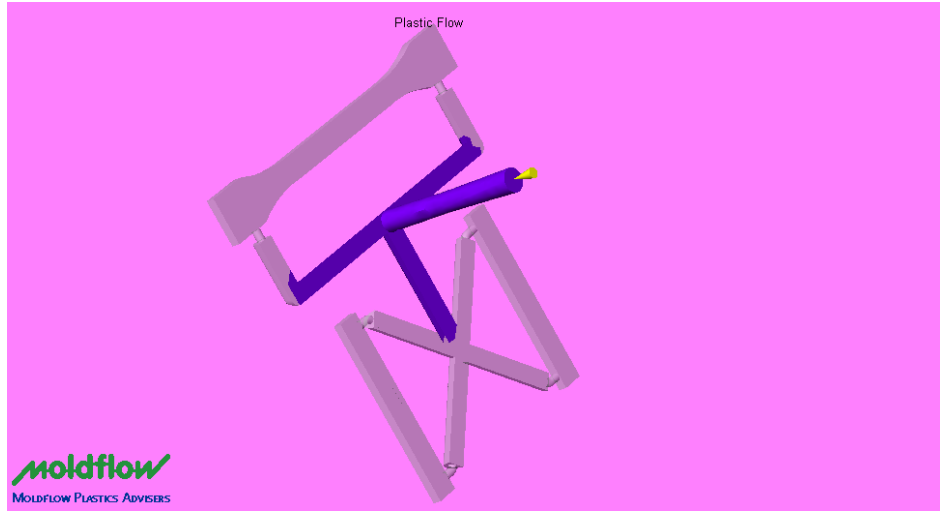


Şekil 7.3 Mold flow programında analiz edilmiş çekme ve eğme numuneleri

Plastik malzeme ile imalat yapılacak bir kalıp tasarımı yapılırken eğer ürünün oluşturulması için tek giriş yeterli ise, oluşturulabilecek en iyi tasarım budur. Fakat ebat olarak büyük ve çok şekilli bir parça üretilecek ise tek giriş çoğu zaman kalıp içini kullanılacak malzeme ile doldurmakta yeterli olmayabilir. Bu gibi durumlarda birden fazla giriş tercihi yapılması kaçınılmazdır. Birden fazla giriş tercihi yapılırken, tasarım öyle yapılmalıdır ki üretilecek ürün kullanılırken üzerinde meydana gelecek birleşme izleri, kullanımı açısından bu ürünü etkilememelidir.



Şekil 7.4 Deneş çubukları tek girişle doldurulan kalıbın doluş aşamaları



Şekil 7.5 Deneş çubukları çift girişle doldurulan kalıbın doluş aşamaları

Bu sebeple kalıp tasarımında birleşme izlerinin oluşu kaçınılmaz ise bu izlerin olabildiğince ölü noktalara kaydırılması üretilecek ürün açısından çok önemlidir. Ayrıca birleşme izleri bu ölü noktalarda oluşurken, kalıp içersinde malzeme sıcaklığı mümkün olduğunca değerini yitirmemelidir. Bu durum sayesinde sıcak kalan malzeme birbiri ile daha iyi kaynaşarak oluşacak birleşme noktalarının darbelere dayanımı daha yüksek olacaktır. Kaynaşmanın istenilen şekilde sağlıklı olabilmesi için enjeksiyon tezgahında eritilen malzemenin sıcaklığı öncelikle bir miktar attırılabilir ve kalıp tasarımı esnasında soğutma kanallarının birleşme izlerinin oluşacağı noktalardan geçirilmeyip mümkün olduğunca uzak noktalara yerleştirilmesi gerekmektedir.

BÖLÜM 8. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada plastik üzerinde oluşan birleşme izlerinin çekme ve eğmeye karşı mukavemeti deneysel olarak incelenmiştir. Bu çalışmada Tablo 8.1 de özellikleri verilen donanım ve yazılımlar ayrıca Tablo 8.2 de teknik özellikleri verilen plastik hammaddeler kullanılmıştır. Deney iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada içerisinde çekme ve eğme numuneleri bulunan kalıp tasarımı ve imalatı yapılmıştır. Bu aşamada kalıp, eğme çekme numuneleri için çift yolluklu olarak imal edilmiş fakat yollukların sadece birer uçları kalıp boşluğuna açılmış, dolayısıyla numune boşlukları tek yolluklu olarak üretime hazır hale getirilmiştir. Hazırlanan kalıp ile plastik enjeksiyon makinesinde tek yolluklu numuneler üç farklı malzeme ile üç farklı sıcaklıkta basılmıştır. İkinci aşamada ise birinci aşamada hazırlanan ikinci yolluk uçları açılmış ve numuneler yine üç farklı malzeme ile üç farklı sıcaklıkta basılmıştır. Her işlem basamağı için en az beş adet numune basılmıştır.

Enjeksiyon işleminin ardından çekme ve eğme test cihazında bütün numuneler tek tek teste tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar malzeme, sıcaklık ve yolluk giriş sayıları açısından mekanik değerleri karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır.

8.1. Materyal

8.1.1. Deneyde kullanılan donanım

Deneysel çalışmada kullanılan donanım ve paket program Tablo 8.1 de gösterilmiştir. Ayrıca kalıp yapımında kullanılan tezgahlardan biri Şekil 8.1. de; deneyde kullanılan plastik enjeksiyon tezgahı Şekil 8.2. de ve kalıbın tezgaha bağlanmış hali Şekil 8.3. de gösterilmiştir.

Tablo 8.1. Deneyde kullanılan donanım ve genel özellikler

Kullanılan Malzeme, Makine ve Takım	Tedarik ve İmal Edildiği Firma	Genel Özellikleri
Plastik Enjeksiyon Kalıbı (İki Plakalı)	Erel Makine (Sakarya) Alkan Kalıp (Sakarya) Kütsert Makine (Sakarya)	İki Plakalı Su Soğutmalı Parabolik Yolluklu
Enjeksiyon Makinesi (ENGEL)	ENGEL (Almanya)	Max Basma Kapasitesi.:350 gr.
MOLDFLOW Kalıp Test Programı	Berke Kalıp A.Ş. (Sakarya)	Kalıp İçindeki Tasarımın Test Programı
Freze Tezgahı (VOUGA)	VOUGA (Çin)	Dijital Kontrollü Üni.Freze
Teksan Dik CNC İşleme Tez.	Teksan (İstanbul)	Çok amaçlı dijital kontrollü CNC
Tezsan Kopimat 500 Üni-versal Torna Tezgahı	Tezsan (İstanbul)	Kopya Torna Tezgahı
Testometric Çekme Deney Tezgahı	Testometric(İngiltere)	Plastik malzemeler için çekme ve eğme tezgahı
Autocad 2000	SAÜ TEF	Çizim programı



Şekil 8.1. Deneyde kullanılan plastik enjeksiyon tezgahı

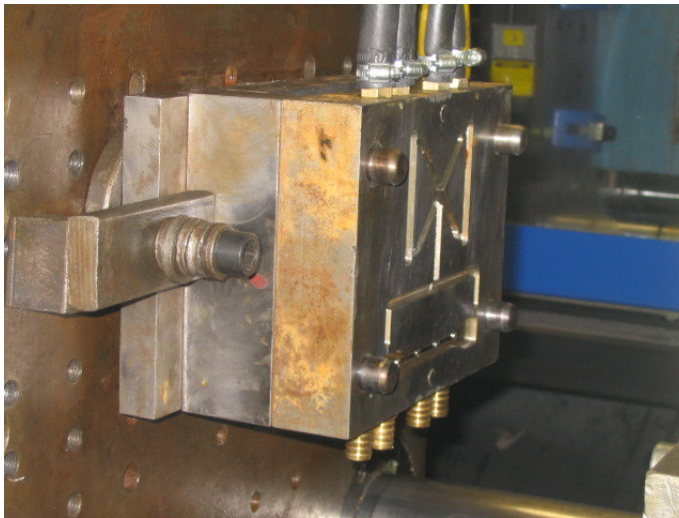
Teknik Özellikleri:

Max. Kapama Kuvveti : 650 Ton
 Kapama Sistemi : Hidromekanik
 Max. Basma Kapasitesi : 350 gr
 Üretici Firma : ENGEL, Almanya



Şekil 8.2. Deneyde kullanılan plastik enjeksiyon tezgahının elektronik kontrol ünitesi

Deneyde kullanılan plastik enjeksiyon tezgahı ENGEL marka Alman yapımı olup enjeksiyon vidası üç ısıtma bölgesine sahiptir.



Şekil 8.3. Deneyde kullanılan kalıbın plastik enjeksiyon tezgahına bağlanmış hali

8.1.2. Plastik malzemelerin özellikleri:

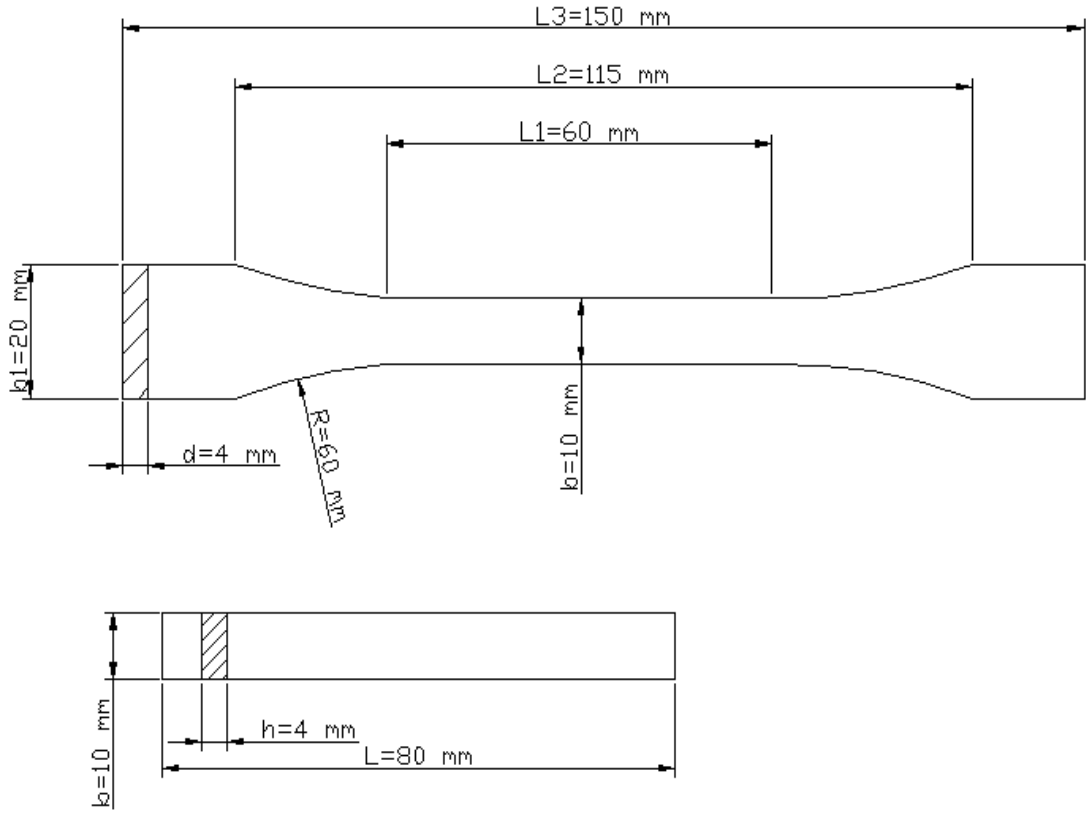
Deneyleerde kullanılan plastik hammaddelerin teknik özellikleri Tablo 8.2. de verilmiştir. Malzemeler polimer bazlı ve üç farklı cinstedir.

Tablo 8.2. Deneyleerde kullanılan plastik malzemeler ve teknik özellikleri[29]

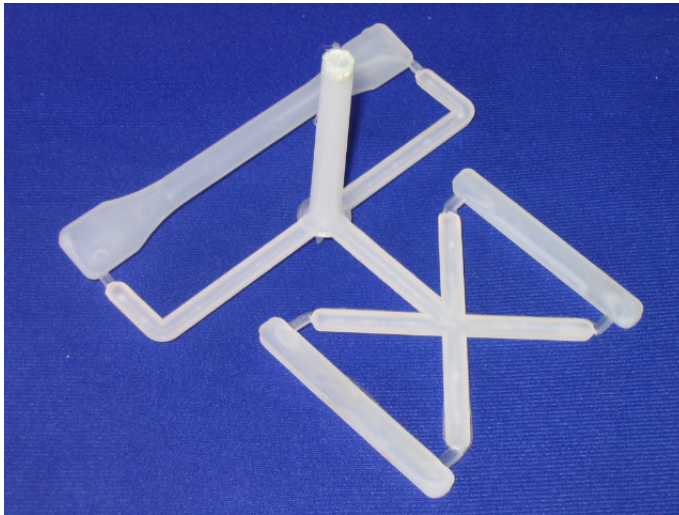
Malzemenin Kimyasal Adı	Ticari Adı	Yoğunluğu (g/cm ³)	Çekme Dayanımı (Mpa)	Elastiklik Modülü (Mpa)	İşleme (Proses) Sıcaklığı (°C)
PP (Polipropilen)	Petoplen MH 418 Petkim, İzmit	0,90-0,91	30-35	125	180-250
PP Cam Elyaf Katkılı %30	Teknoplen HP GFR30 Naturel	1,11-1,13	80-90	420	220-280
PS (Polistiren)	Petren, A 825 E Petkim, İzmit	1,02-1,05	15-20	310	170-280

8.1.3. Ürün geometrisi

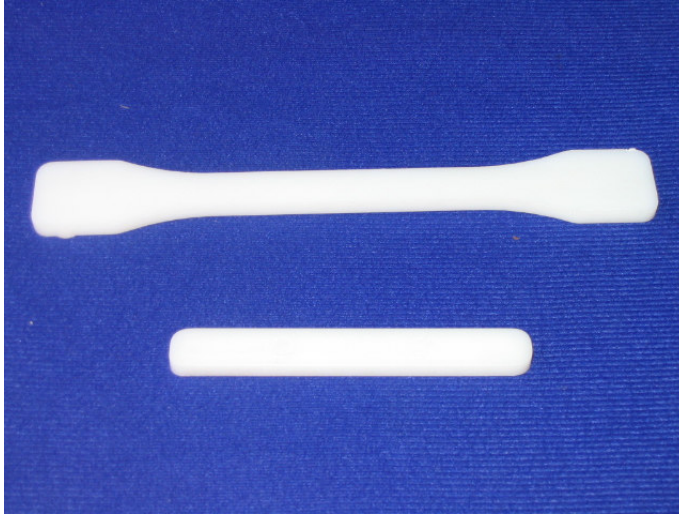
Kalıplanan ürünler TSE (Türk Standartları Enstitüsü) baz alınarak imal edilmiş çekme (TS 3861) ve eğme (TS 985) çubuklarıdır. Kalıplanan ürünlerin teknik özellikleri Şekil 8.4. de ve numunelerin orijinal resimleri Şekil 8.5. ve Şekil 8.6. da görülmektedir.



Şekil 8.4. Çekme ve eğme numune ölçüleri [26,27]



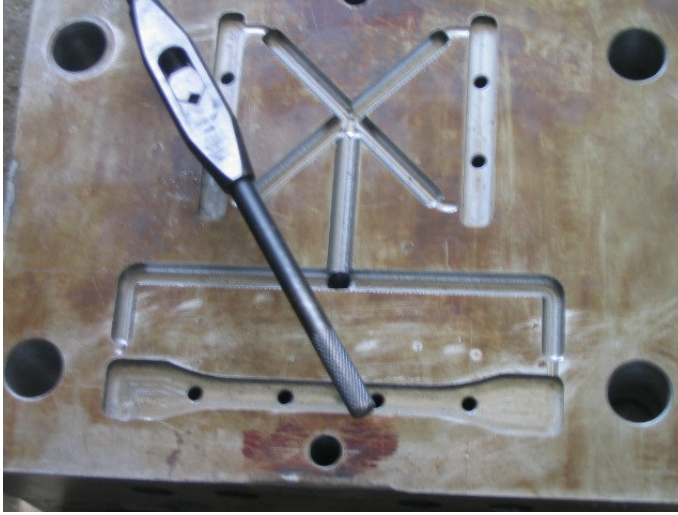
Şekil 8.5. Çift girişli numunenin görünüşü



Şekil 8.6. Deneylerde kullanılan çekme ve eğme çubuğu

8.1.4 Plastik enjeksiyon kalıbının imalat aşamaları

Kalıbın imalatı öncesi bilgisayar ortamında ihtiyacımız olan birleşme izlerini, bize numunelerin tam ortasında sunabilecek model tasarımı yapıldı. Bu işlem için UNIX çizim ve tasarım programı kullanıldı. Akışkanın kalıp boşluğunu homojen olarak aynı zaman diliminde doldurabilmesini sağlamak için yolluk dağıtıcılarının, giriş çaplarının ve uzunluklarının aynı ölçü toleranslarında olmasına dikkat edilmiştir. Ayrıca soğutma kanallarının tasarımı da parçayı her yönden aynı şekilde soğutma sağlayabilecek şekilde tasarlanmıştır.



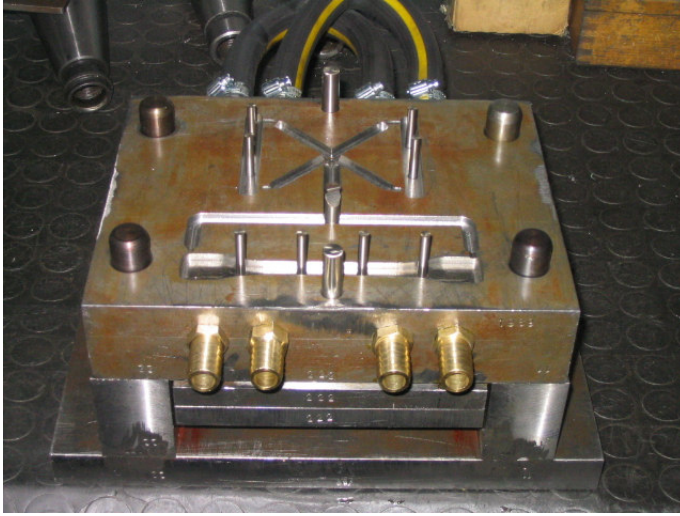
Şekil 8.7. Kalıp içersine işlenmiş numune modelinin görünüşü

Kalıp üzerinde uygulanacak model tasarımı seçildikten sonra malzeme teminine geçildi. Temin edilen malzemele; sırasıyla iki adet bağlama plakası, iki adet kalıp model ve kapama plakası, iki adet itici pim plakası ve iki adet itici pim takozu ayrıca kalıp içinde çalışacak farklı ölçülerde 5'lik ve 10'luk itici pim temin edildi. Böylece kalıbı oluşturacak parçaların tümü tamamlanmış oldu.

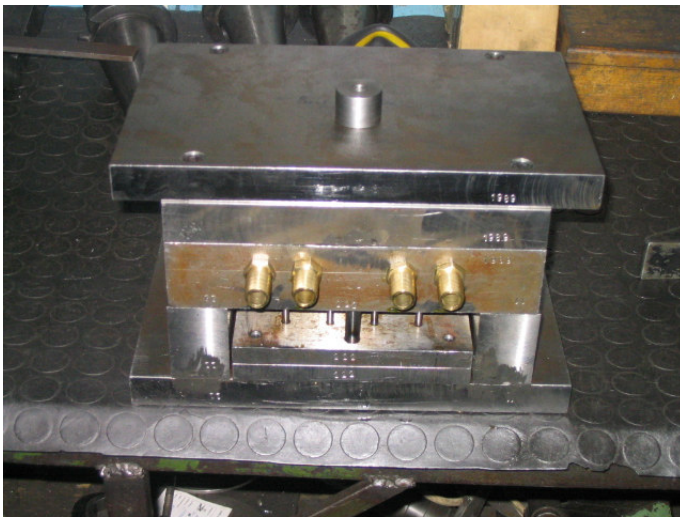
Kalıbın imal aşamasında temin edilen plakalar ve takozların istenilen ölçüye getirilmesi amacıyla taşlanması ile başlandı. Taşlanıp ölçüye getirilen malzemeler ilk önce birbirlerine, birleşecekleri yerlerden elektrik kaynağı ile kaynatılarak gerekli bağlantı delikleri ve itici pim delikleri delindi. Daha sonra spiral taş ile birbirinden ayrılan parçaların üzerine açılan deliklere havşa açıldı.

Bu aşamadan sonra itici pim plakaları model içindeki itici pim deliklerine denk olması için model (erkek) plakasına kaynatılıp delikleri delindi ve itici pimler plaka içersine yerleştirilerek plakalar birbirine vidalandı. Bunun paralelinde model plakası dik işleme CNC tezgahında, daha önceden AutoCad 2000 çizim programında hazırlanan numunelerin koordinatları ile beraber model, plaka üzerine işlendi.

Montaj için hazır hale gelen kalıp parçaları üzerlerinde bulunan vida delikleri vasıtasıyla birbirlerine cıvatalanarak monte edilip birleştirildi. Ardından su kanalları girişlerine dış çekilip takılan suluklar, su boruları ile suyun devir daimi görevini yerini getirmiş ve böylelikle kalıbımız numune basma işlemine hazır hale getirilmiştir.



Şekil 8.8. Kalıbın iç kısmını gösteren bitmiş hali



Şekil 8.9. Kalıbın tamamını gösteren bitmiş hali

8.2. Yöntem

8.2.1. Deneyin yürütülmesi

Deneyle aynı kalıpta tek ve çift girişli olarak Tablo 8.3. de verilen aynı proses koşullarında gerçekleştirilmiştir. Deneyde her malzeme için farklı enjeksiyon sıcaklığı ve basıncı kullanılmış olup kalıp sıcaklıkları sabit tutulmuştur. Deneyle her malzeme için iki farklı sıcaklıkta alınmış olup, bir tanesi proses sıcaklığı olmak üzere diğeri yüksek sıcaklık seçilmiştir.

Tablo 8.3. Tek ve çift girişle basılan malzemelerin deney şartları

Plastik Malzeme	Numune Türü	Tek Giriş (Birl. ızsız)			Çift Giriş (Birl. İzli)		
		Sıcaklıklar (°C)	Basınc (Bar)	Kalıp Sıcaklığı (°C)	Sıcaklıklar (°C)	Basınc (Bar)	Kalıp Sıcaklığı (°C)
PP	Çekme Çubuğu	180	100	40-45	180	100	40-45
		220			220		
	Eğme Çubuğu	180	100	40-45	180	100	40-45
		220			220		
PP Katkılı (%30 Cam Elyaf)	Çekme Çubuğu	200	100	40-45	200	100	40-45
		240			240		
	Eğme Çubuğu	200	100	40-45	200	100	40-45
		240			240		
PS Antişok	Çekme Çubuğu	170	90	40-45	170	90	40-45
		190			190		
	Eğme Çubuğu	170	90	40-45	170	90	40-45
		190			190		

Tabloda açık bir şekilde görülen deney şartları doğrultusunda her proses için en az beş adet numune basılmıştır. Tüm numuneler elde edildikten sonra bu numunelerin çekme ve eğme testleri yapılmıştır.

8.2.2. Çekme ve eğme testlerinin yapılacağı deney cihazı

Deneyde kullanılan çekme-eğme cihazı TESTOMETRİC marka ve İNGİLTERE malıdır. (Şekil 8.17) Sonuçlar öncelikle cihaza bağlı olan monitörde gözlenmekte ve sonrasında yazıcı vasıtasıyla kağıda aktarılmaktadır. Cihaza testi yapılacak numunenin kalınlığı ve eni ile bilgiler girilmekte buna bağlı olarak cihaz istenilen Youngs Modulus (Elastikiyet Modülü) verilerini ortaya koymaktadır. Aynı zamanda testin gerçekleşmesi esnasında oluşan grafikleri de göstermektedir.



Şekil 8.10. Deneyde kullanılan çekme ve eğme test cihazı

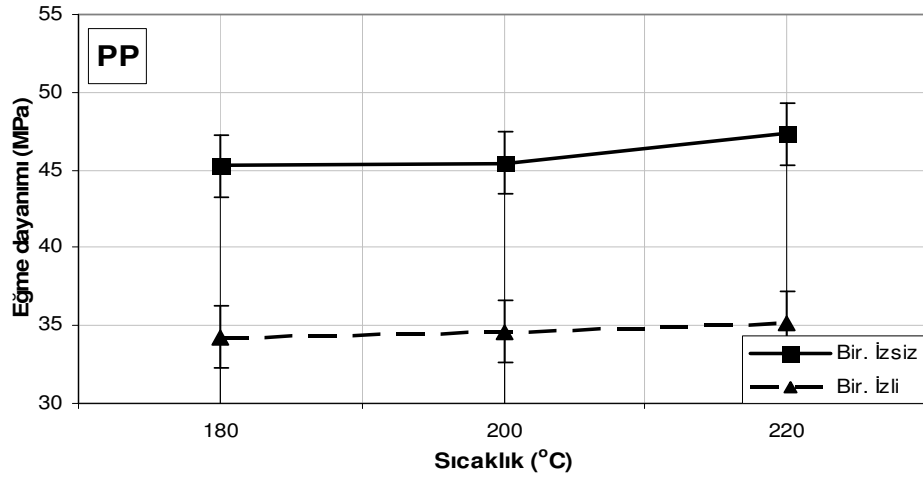
BÖLÜM 9. DENEY SONUÇLARI

9.1. Proses Sıcaklığına Göre Tek ve Çift Girişli Basılan Eğme ve Çekme Numunelerinin Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması

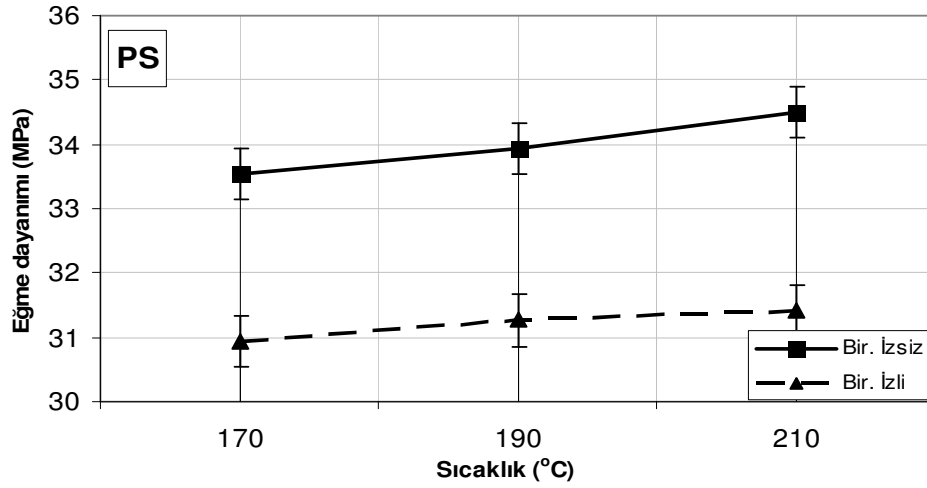
Deneyleer plastik enjeksiyon makinasında PP, PP %30 cam elyaf katkılı ve PS (natürel) malzemededen çekme ve eğme numuneleri olarak hem tek ve hem de çift girişli olarak basılmıştır. Proses sıcaklıkları kullanılan malzemeye göre üç farklı sıcaklıkta (PP için; 180°C, 200°C, 220°C, PP % 30 cam elyaf katkılı için; 200°C, 220°C, 240°C, PS için; 170°C, 190°C, 210°C) ve PP-PP %30 cam elyaf katkılı için enjeksiyon basıncı 100 bar ve PS için 70 bar olarak uygulanmıştır. Kalıp sıcaklığı sabit tutulup (40-45°C), alınan numunelerin eğme ve çekme testleri yapılarak öncelikle tek girişli basılan numunelerin ve ardından çift girişli basılan numunelerin mukavemet değerleri belirlenmiş ve son olarak da birbirleriyle karşılaştırılması gösterilmiştir.

Yapılan testlerde proses sıcaklığı arttıkça tek ve çift girişli basılan tüm malzemelerde çekme ve eğme mukavemet değerlerinde artış görülmektedir.

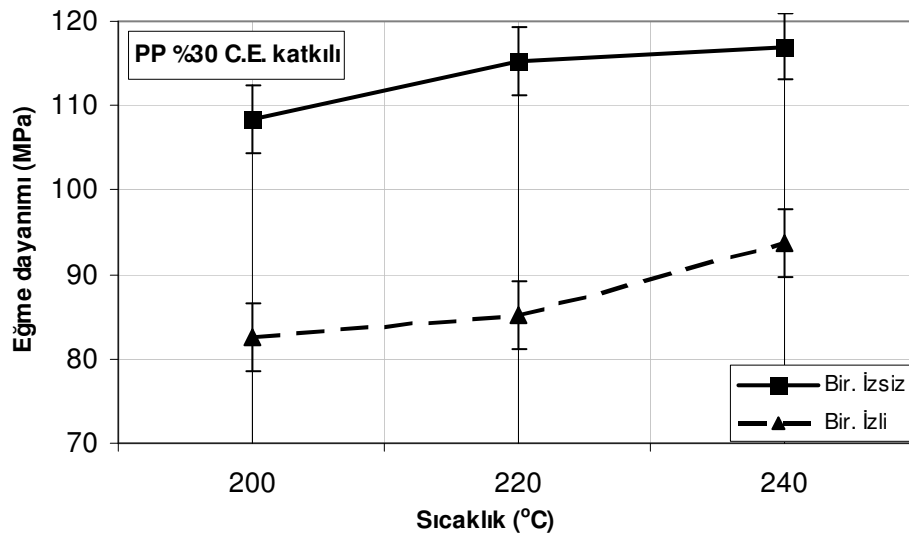
Tek ve çift girişli basılmış eğme ve çekme numuneleri ise birbirleri aralarında kıyaslandığında, tek girişle basılmış olanlar daima çift girişle basılmış olanlardan daha yüksek mukavemette olduğu gözlenmiştir.



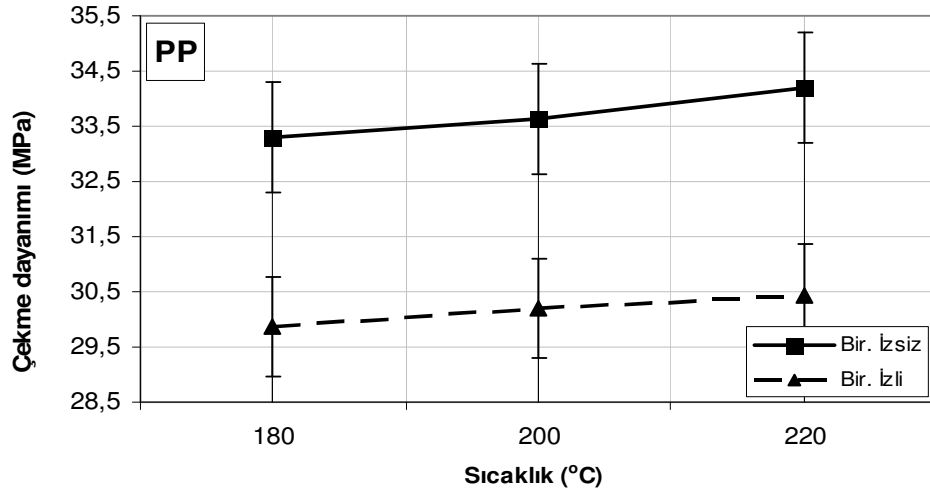
Şekil 9.1. Birleşme izli ve ızsız Polipropilen eğme numunesinin malzeme sıcaklığına göre dayanımı



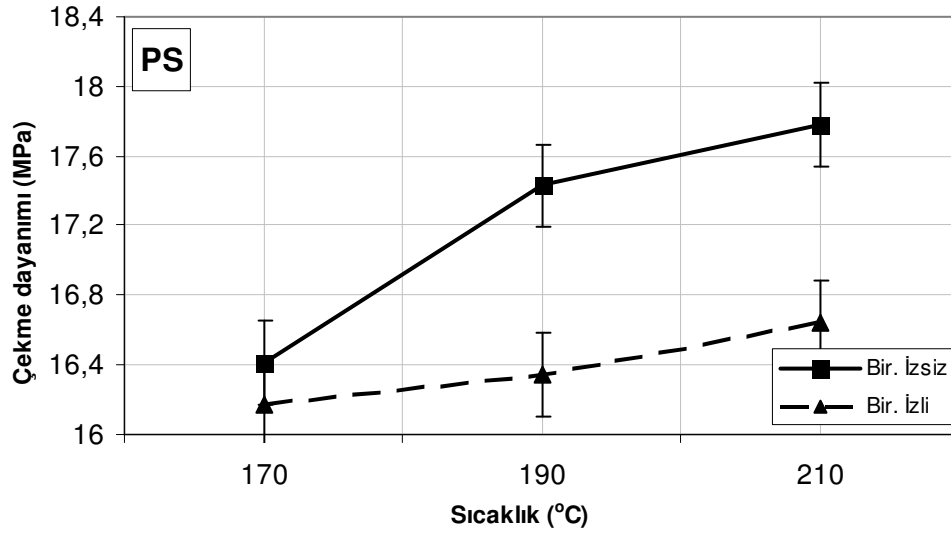
Şekil 9.2. Birleşme izli ve ızsız Polistren eğme numunesinin malzeme sıcaklığına göre dayanımı



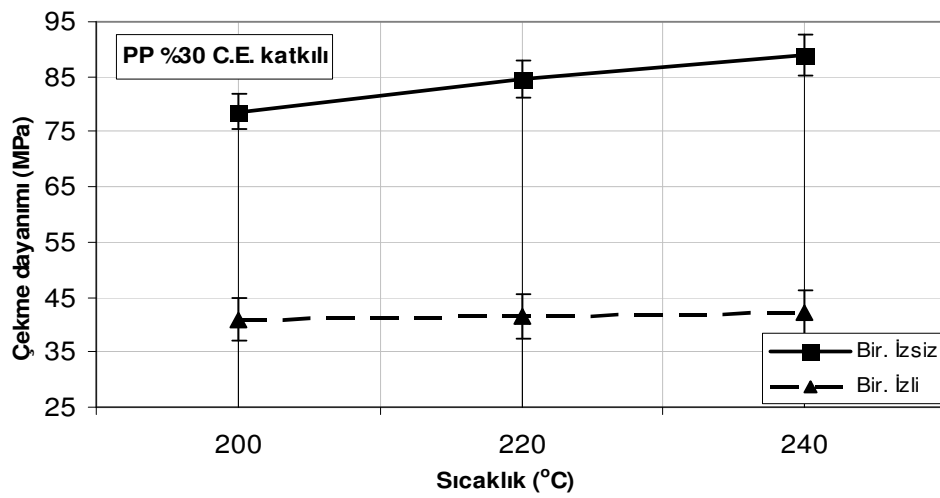
Şekil 9.3. Birleşme izli ve ızsız Polipropilen %30 cam elyaf katkılı eğme numunesinin malzeme sıcaklığına göre dayanımı



Şekil 9.4. Birleşme izli ve izsiz Polipropilen çekme numunesinin malzeme sıcaklığına göre dayanımı



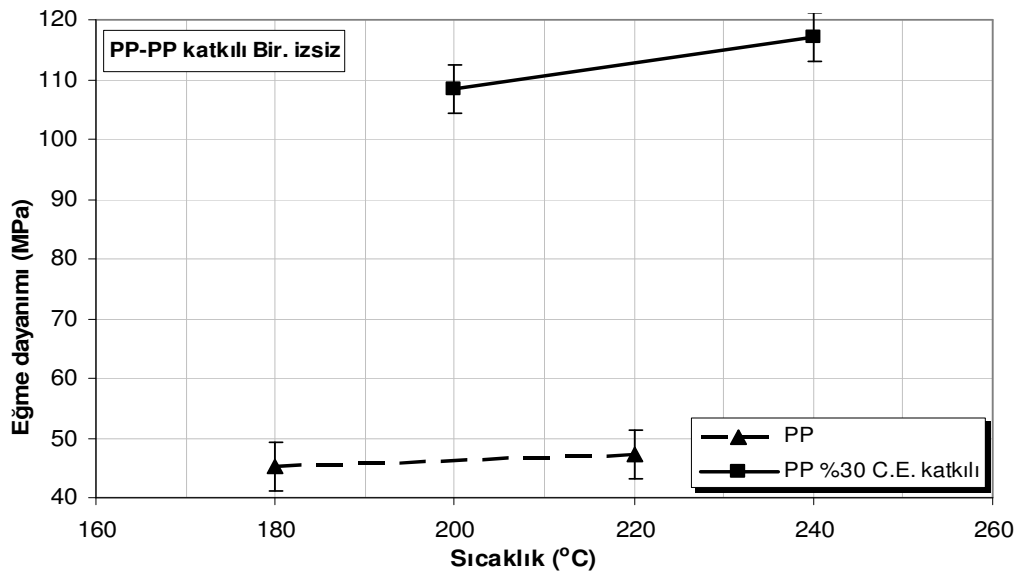
Şekil 9.5. Birleşme izli ve izsiz Polistren çekme numunesinin malzeme sıcaklığına göre dayanımı



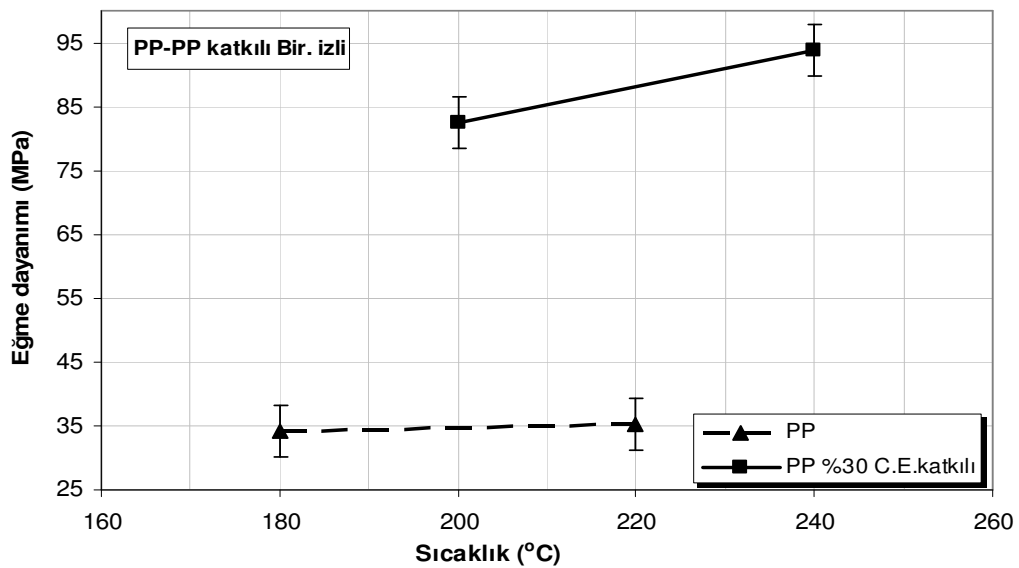
Şekil 9.6. Birleşme izli ve izsiz Polipropilen %30 cam elyaf katkıli çekme numunesinin malzeme sıcaklığına göre dayanımı

9.2. Katkılı ve Katkısız PP Malzemenin Proses Sıcaklığına Göre Birleşme İzinin Eğme ve Çekme Mukavemet Değerlerinin Karşılaştırılması

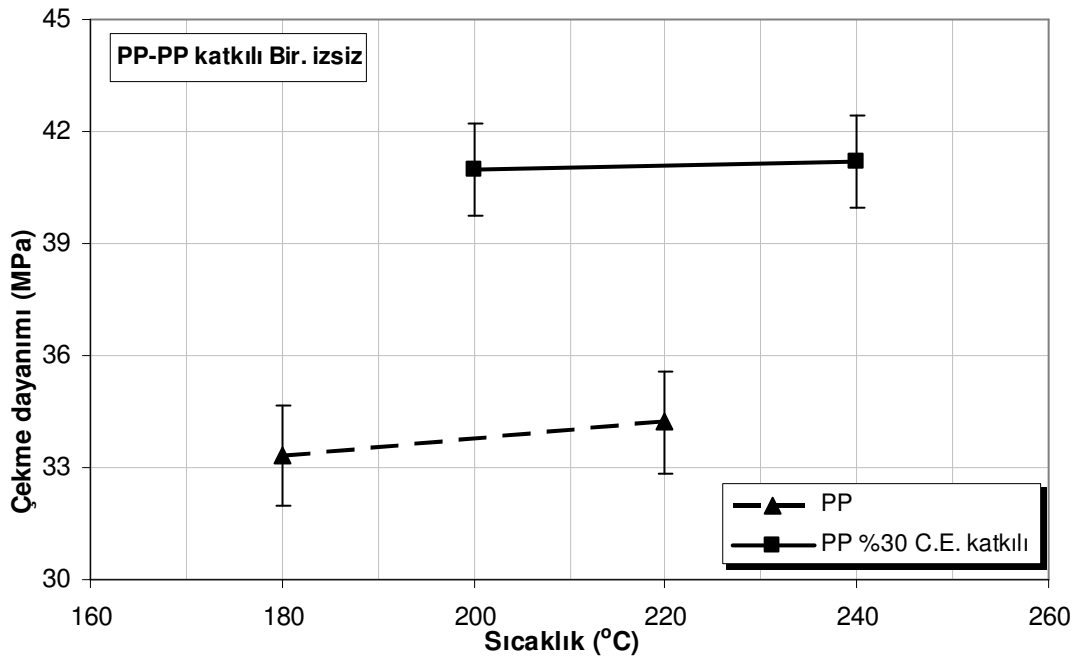
Endüstride farklı şartlarda kullanım amaçlı olarak üretilen, mekanik özellikleri artırılmış cam elyaf katkılı polipropilen malzeme, katkısız naturel kullanılan polipropilene göre çekme ve eğme mukavemet değerleri daha yüksek olduğu belirlenmiştir.



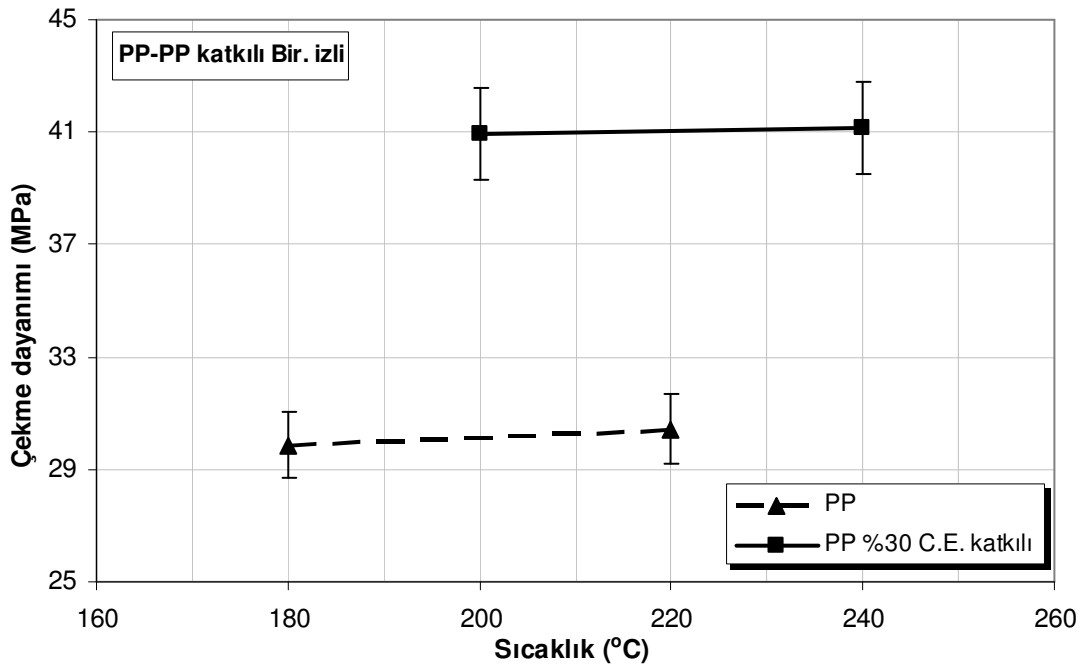
Şekil 9.7. Birleşme izsiz PP ile PP katkılı eğme numunesinin malzeme sıcaklığına göre dayanımı



Şekil 9.8. Birleşme izli PP ile PP katkılı eğme numunesinin malzeme sıcaklığına göre dayanımı

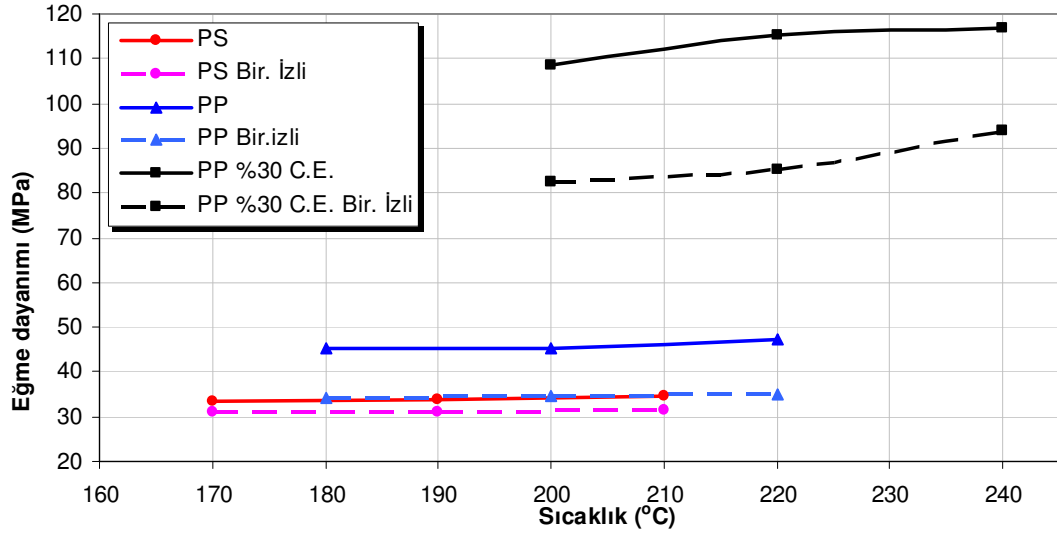


Şekil 9.9. Birleşme ızsız PP ile PP katkılı çekme numunesinin malzeme sıcaklığına göre dayanımı

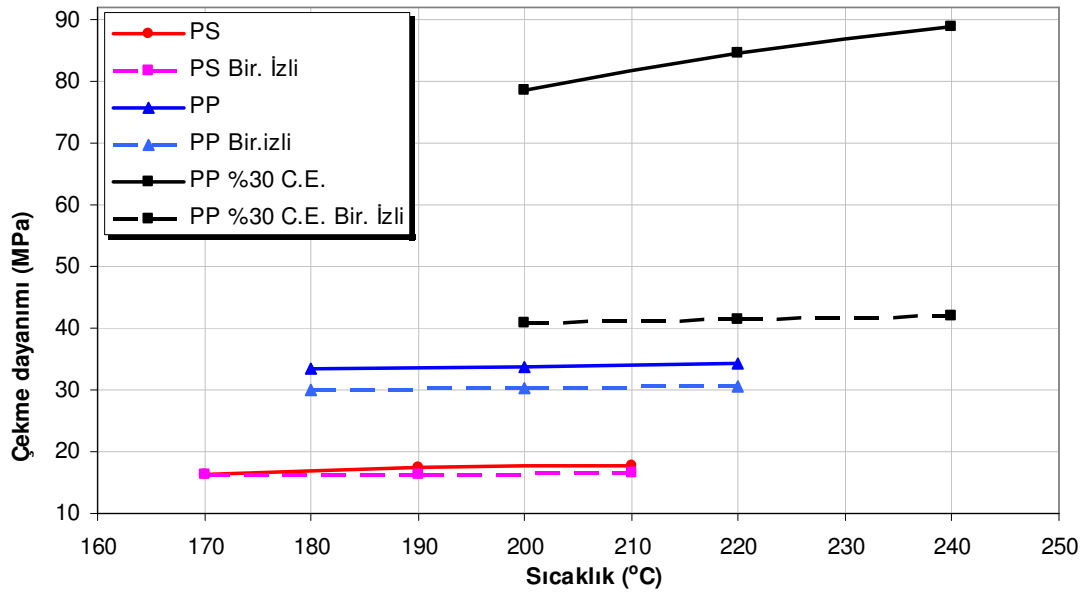


Şekil 9.10. Birleşme izli PP ile PP katkılı çekme numunesinin malzeme sıcaklığına göre dayanımı

9.3. Proses Sıcaklığına Göre Birleşme İzli ve İzsiz Numunelerin Eğme ve Çekme Dayanımlarının Karşılaştırılması



Şekil 9.11. Birleşme izli ve izsiz numunelerinin sıcaklığa bağlı eğme dayanımları



Şekil 9.12. Birleşme izli ve izsiz numunelerinin sıcaklığa bağlı çekme dayanımları

BÖLÜM 10. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

10.1 Çekme ve Eğme Oranlarının Değerlendirilmesi

Plastiklerin genel özelliklerinden olan elastikiyet, plastiklerin metaller yerine kullanılmasını kısıtlayan en önemli özellik olmuştur. Günümüz şartlarında artan teknoloji, bu tabuyu kısmen de olsa yıkmaya çalışsa da plastiklerin kullanılmayan alanları hala mevcuttur.

Fakat kullanılan plastik ürünlerin dayanımları yüksek olması amacıyla üretim şartlarında çok titiz bir çalışma gerektirmektedir. Bunların en başında gelen unsur kalıp tasarımıdır. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda birleşme izi oluşmayan (tek girişli olarak üretilen) numunelerin, birleşme izi oluşan numunelere (çift girişlilere) oranla elastikiyet modüllerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Bir diğer unsur ise tasarımı yapılan kalıpta üretilecek malzemeye uygulanacak proses şartlarıdır. Uygun proses sıcaklığında, uygun basınçta ve uygun kalıp sıcaklığında üretilecek plastik ürün eğer en doğru kalıp tasarımıyla da pekiştirilmiş olursa elde edilecek ürünün teknik özellikleri daha yüksek olacaktır.

TURNG L. ve arkadaşı, birleşme izi dayanımının proses şartları üzerine etkisi ve enjeksiyon kalıbında şekillendirilmiş mikrohücrel parçaların mikroyapısı konulu çalışmalarında polikarbonat gerilme test modelleri kullanmış ve mukayese için aynı zamanda alıılmış katı numuneler üretilmişlerdir. Bu numuneler üzerinde mikroskopik analiz ve gerilme testleri incelenmiştir. Sonuç olarak birleşme izi dayanımı ve enjeksiyon kalıbında şekillendirilmiş mikrohücrel parçaların iyileştirilmesi için uygun proses şartları tespit edilmiştir [36].

Bu nedenle kalıp tasarımı esnasında üretilecek olan plastik ürün eğer tek girişle basılmasına imkan veriyorsa bunun en iyi şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Fakat tek girişle basmanın imkanı yok ise, bir veya birden çok girişin kullanımı kaçınılmaz ise, birleşme izlerinin bu işlem de mümkün olduğunca plastik ürünün kullanımı esnasında kuvvete maruz kalmayacak ölü bölgelerde oluşturmak daha iyi sonuç verecektir.

Plastikler kullanılacakları yere göre doğru seçilmelidirler. Elastikiyet modülü düşük olan bir plastik malzeme yüksek darbelere dayanım gerektiren bir bölgede kullanılması gerektiğinde parçada deformasyon ve bir takım problemler ortaya çıkabilir.

KİM J. ve ark. , çeşitli miktarlarda uygun biçimde karıştırılmış karmaşık şekilli polyamidin birleşme izlerinin morfolojisi ve mekanik özellikleri üzerine etkisi konulu çalışmalarında EPR (polietilen-ran-propilen) ile karıştırılmış polyamid kullanılmış ve bu karışım üzerinde meydana gelen birleşme izleri üzerindeki etkiler incelenmiştir. Sonuç olarak polimer malzeme ile belli oranlarda kullanılan katkı malzemesi iyi mekanik özellikler elde etmek için kullanılması ihtiyacının ortaya çıktığını belirtmişlerdir [37].

JARUS D. ve ark. , polipropilen karışımların birleşme izi dayanımı konulu çalışmalarında değişik oranlarda PVC ile karıştırılmış polietilen kullanılmış ve karışımda farklı viskozite oranları incelenmiştir. Kullanılan PVC oranlarındaki değişim karışımın esneklikten kırılmalığa geçişini sağlamıştır. Böylelikle bu karışım kompozisyonu için uygun olan en iyi viskozite oranı tespit edilmiştir [38].

180°C'de basılan PP malzeme şayet birleşme izli olduğunda çekme mukavemeti % 10,3 ; eğme mukavemeti ise % 24,4 azalmaktadır. Proses sıcaklığının 220°C'ye

ıkarılması bu iki mukavemet değerini sırasıyla % 2,35 ile 2,84 arttırmaktadır. Fakat bu değerler birleşme izi oluşmayan (tek girişli) numuneye ulaşmamaktadır.

200°C'deki cam elyaf katkılı PP malzeme birleşme izli basıldığında çekme mukavemeti % 47,9 , eğme mukavemeti % 24 daha düşük olmaktadır. Proses sıcaklığı 240°C'ye çıkarıldığında bu değerler sırasıyla % 2,6 ile 13,6 artmaktadır. 240°C'deki eğme değeri tek girişli yani birleşme izi oluşmayan numunenin 200°C'deki değerine ulaşmış olduğu görülmektedir.

170°C'deki PS malzeme yine birleşme izli basıldığında çekme mukavemeti % 1,46 , eğme mukavemeti % 7,76 düşmektedir. Sıcaklığın 190°C olması ile mukavemet artış değerleri sırasıyla % 1,55 ile %1,46 olmaktadır.

BÖLÜM 11. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Polimer malzemelerin enjeksiyonda birleşme izlerinin mekanik davranışlara etkilerinin deneysel olarak incelendiği bu çalışmada PP (naturel), PP %30 cam elyaf katkılı ve PS (antişok) malzemeler birleşme izi sağlanacak şekilde (çift girişli) ve birleşme izi olmaksızın enjeksiyon kalıbında basılmıştır. Enjeksiyon kalıbı çekme ve eğme numunelerini tek ve çift girişli basılabilecek şekilde ve homojen bir soğutmayı da sağlayacak biçimde tasarlanmıştır. İlk olarak birleşme izi oluşmayan tek girişli formda basılan numuneler daha sonra kalıpta ikinci girişler açılarak birleşme izi oluşan numuneler basılmıştır. Birleşme izleri giriş çaplarına aynı tutularak orta noktada oluşması temin edilmiştir. Bu hususta plastik akış analiz programı olan Moldflow' dan yararlanılarak akış düzeni simüle edilmiştir. Kalıp sıcaklığı ve enjeksiyon basıncı sabit tutulmuş, sıcaklığın birleşme izi üzerine etkisi mekanik deneylerle tespit edilmiştir.

- Kalıp tasarımının, bir akış analiz programı kullanılarak yapılması uygundur. Olası birleşme izlerinin önceden görerek önlem almak (örneğin giriş yerini ve sayısını değiştirmek), imalat sonrası muhtemel tadilatların önüne geçecektir. Bu, işçilik, malzeme maliyeti ve zamandan kazanç sağlayacaktır.
- Proses sıcaklığının arttırılması birleşme izi mukavemet değerlerinin iyileştirilmesinde pozitif etki yapmaktadır. Çekme mukavemet değerlerinde PP' de % 2,7 , katkılı PP' de % 13,1 ve PS' de ise % 6,2'e varan iyileşme görülmüştür. Her malzeme için farklı proses sıcaklığında basılan numunelerin mukavemet değerlerinin iyileşmesi, birleşme izinin daha iyi kaynadığını göstermektedir. Proses sıcaklığının arttırılmasında dikkat edilmesi gereken husus malzeme bozunma sıcaklığının aşılmamasıdır.

- Cam elyaf katkılı PP malzemenin çekme ve eğme dayanım değerleri natürel malzemeye göre %149 (çekme) ve %21 (eğme) artış göstermiştir. (Şekil 9.7 , Şekil 9.9) Mukavemet değerleri yüksek istenen durumlarda proses sıcaklığı artışının yanı sıra cam elyaf katkısının da kullanılması uygun görülmektedir.

Tablo 11.1. Birleşme izli ve izsiz numunelerin çekme ve eğme testine göre dayanımlarının karşılaştırılması

Malzemeler	Proses Sıcaklığı °C	Sıcaklık artışı ile oluşan Çekme dayanımındaki (%) artma		Sıcaklık artışı ile oluşan Eğme dayanımındaki (%) artma	
		Birleşme izsiz	Birleşme izli	Birleşme izsiz	Birleşme izli
PP	180-220	2,70	2,35	4,50	2,84
PP %30 Cam-Elyaf Katkılı	200-240	13,10	2,60	13,60	7,80
PS	170-190	6,20	1,55	2,90	1,46

- Birleşme izi oluşan numunelerle (çift girişli), oluşmayan numuneler (tek girişli) arasındaki mukavemet değerleri incelendiğinde birleşme izli numunelerin mukavemet değerlerinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir. (Tablo 11.1)
- Karmaşık parçaların imalinde birleşme izlerinden kaçınılmıyorsa giriş yerinin tayininde bu izlerin yüksek kuvvetlere maruz kalmayan bölgelere çekilmesi gerekmektedir. Bu durum hem görsel unsur, hem de mukavemet değerlerinin yol açtığı malzeme ömrü açısından olumlu sonuç gösterecektir.

KAYNAKLAR

- [1] TAMER, M., “Pimaş Plastik Kalıpları”, İTÜ Lisansüstü Ders Notları, İstanbul,1998
- [2] EISENREICH, N., “Plastiklerin Tanımlanması”, Kunststoffe, Vol 2,1996
- [3] DAIRENIEH I. S. at all, “Computer Simulation Of Weld Lines In Injection Molded Poly”, Polimer Engineering And Science, August 1996
- [4] DEMİRER A. at all, “An Experimental Investigation of The Effects of Hot Runner System on Injection Moulding Process in Comparison With Conventional Runner System” , Materials & Design May 2006
- [5] PATCHARAPHUN S. at all, “Simulation And Experimental Investigations of Material Distribution in the Sandwich Injection Molding Process” , Polymer-Plastics Technology and Engineering 2006
- [6] ZHONG H. at all, “Injection Moulding Process Design of Thin-walled Plastics Products Based on Moldflow Flow Analysis” , Moldflow November 2005
- [7] KARL H. V., Incoe, Kunststoffe, München, August 2001
- [8] BOYANOVA M. at all, “Influence of Processing Conditions on the Weld Line in Doubly Injection-Molded Glassy Polycarbonate and Polystyrene” , Wiley InterScience July 2003
- [9] ZHAİ M. at all, “Numerical Simulation of the Mould-Filling Process in Resin-Transfer Moulding” , Composites Science and Technology, Volume 60, Issue 6, May 2000
- [10] BURÇOĞLU M. ve ÜNSALAN B., “Plastik İşleme Teknikleri ve Kalite Kontrol” , TMMOB, Kimya Müh. Odası Ekim 1989

- [11] PECORINI T. J. , “A Fracture Mechanics Approach to Weld-Line Fracture in an Amorphous Cellulosa Acetate Propionate” , Polimer Engineering And Science, February 1997
- [12] MARKHAM, D., “Shielding: Quantifying The Shielding Requirements For Portable Electronic Design and Providing New Solutions By Using A Combination of Materials and Design” , Sciencedirect.com, 2004
- [13] AKKURT S. ve KILIÇ A. R., “Plastik Enjeksiyon Kalıplarının incelenmesi ” ,Makine-Metal Teknolojisi Dergisi Aralık 1999
- [14] AKYÜZ, Ö. F., “Plastikler ve plastik enjeksiyon teknolojisine Giriş” , PAGEV Yayınlan 1998
- [15] ŞEKER, C., “Termoplastiklerin Şekillendirilmesinde Kullanılan Enjeksiyon Kalıplarının İncelenmesi” , MÜFBE Makine Eğitimi Yüksek Lisans Tezi Haziran 1999
- [16] KURT S., “Plastik Malzemelerinin İmalat Yöntemlerine Genel Bir Bakış” , Kalıp Malzeme&Yan Sanayi Teknolojisi, Ocak-Şubat,2000
- [17] DEMİRER A., “Enjeksiyon Kalıplarında Sıcak Yolluk Sistemlerinin Kalıplama Prosesine Etkilerinin Deneysel Olarak İncelenmesi” , Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri, 2002
- [18] Scudc.scu.edu/cmdoc/dg, 2003
- [19] THOMAS G. D., (Çv. ŞAĞAN O.), “Kompresyon ve Transfer Döküm Ekipmanı Plastik Döküm Kalıpları” , Ankara, 1974
- [20] AKKURT, S., “Plastik Malzeme Teknolojisi” , İTÜ Makine Fakültesi, 1995
- [21] www. mertmakina.com, Ağustos 2003
- [22] ALKAYA, A.R. “Plastik Enjeksiyon Kalıplarının Tasarımı ve Üretimi” , İTÜ FBE Makine Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi Ocak 1998
- [23] UZUN İ., ERİŞKİN Y., “Hacim Kalıpcılığı” , MEB, İstanbul, 1984

- [24] YENİTEPE R., ŞEKER C., “Termoplastiklerin Kalıplanmasında Kullanılan Enjeksiyon Kalıplarının İncelenmesi 2” , Pagev Plastik Dergisi, Temmuz-Ağustos, 2002
- [25] YENİTEPE R., ŞEKER C., “Termoplastiklerin Kalıplanmasında Kullanılan Enjeksiyon Kalıplarının İncelenmesi 1” , Pagev Plastik Dergisi, Mart-Nisan, 2002
- [26] ÖKSÜZ M., YILDIRIM H., “Termoplastiklerin Enjeksiyonla Kalıplanmasında Dizayn Yönünden Dikkate Alınması Gereken Faktörler” , Plastik Ambalaj Dergisi, Kasım,1997
- [27] DEMİREER A., “Yolluk Sistemleri ve Tasarımı 1” , Pagev Plastik Dergisi, Mayıs-Haziran, 2002
- [28] KLUZ J., “Plastik ve Metal Döküm Kalıpları” , MEB, Ankara,1972
- [29] ACAR, T., “Plastik Enjeksiyon Kalıpları İçin Bilgisayar Destekli Soğutma Sistemi Tasarımı” , Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri,2002
- [30] TURAÇLI, H., “Enjeksiyon Kalıpları İmalatı” , Pagev Yayınları, İstanbul, 2000
- [31] ESENLİK M, “Plastik enjeksiyon kalıpcılığında karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri” , Yüksek Lisans Tezi, 2001
- [32] DEMİREER A., “Taşıtlarda Kullanılan Plastikler ve Plastik Teknolojisi” , Ders notları 2006, Sakarya.
- [33] ÇAKIRGİL, E., “Plastik enjeksiyon kalıplarında soğutma sisteminin parça kalitesine etkilerinin deneysel olarak incelenmesi” , Yüksek Lisans Tezi, 2003
- [34] TSE, TS 3861 “Plastikler- Deney Parçaları-Çok Amaçlı Hazırlanması ve Kullanılması” , 1993
- [35] TSE, TS 985 “Plastikler Eğilme Özelliklerinin Tayini” , 2000

- [36] TURNG L. at all, "Effect of Process Conditions on The Weld-Line Strength and Microstructure of Microcellular Injection Molded Parts" , Polimer Engineering And Science, January 2003
- [37] KIM J. K. at all , "The Effect of Weld-Lines on The Morphology and Mechanical Properties Of Amorphous Polyamide / Poly Blend With Various Amounts of An In Situ Cmpatibilizer" , Polymer 42 2001
- [38] JARUS D. at all , "Weld Line Strength of Poly/Polyethylene" , Polymer 41 2000

ÖZGEÇMİŞ

1976 yılında Almanya'da doğdu. İlk öğrenimini Almanya'da, orta ve lise öğrenimini Sakarya'da bitirdi. 1995 yılında Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü Otomotiv Öğretmenliği Programına girdi. 1999'da mezun oldu. Aynı yıl Sakarya Fatih Endüstri Meslek Lisesinde göreve başladı. Halen aynı okulda görev yapmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.