

Plastik Enjeksiyon Makinelerinde ve Ürünlerde Arıza Tespiti ve Giderilmesi

Fatma Canan Yiğit

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Ağustos 2011

Error Detection and Correction Plastic Injection Molding Machines and Products

Fatma Canan Yiğit

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Mechanical Engineering

August 2011

Plastik Enjeksiyon Makinelerinde ve Ürünlerde Arıza Tespiti ve Giderilmesi

Fatma Canan Yiğit

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı
Enerji Termodinamik Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof. Dr. Yaşar PANCAR

Ağustos 2011

ONAY

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Fatma Canan Yiğit'in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Plastik Enjeksiyon Makinelerinde ve Ürünlerinde Arıza Tespiti ve Giderilmesi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Yaşar PANCAR

İkinci Danışman : -

Doktora Tez Savunma Jürisi:

Üye: Prof.Dr. Yaşar PANCAR

Üye: Prof.Dr. Kemal TANER

Üye: Yrd.Doç.Dr. İrfan ÜREYEN

Üye: Yrd.Doç.Dr. Mesut TEKKALMAZ

Üye:Yrd.Doç.Dr. Sevil ERGÜR

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof.Dr.Nimetullah BURNAK
Enstitü Müdürü

ÖZET

Bu çalışmanın birinci bölümünde plastik malzemelerle ilgili temel kavramlar ele alınarak enjeksiyon teknolojisinde hangi plastiğin kullanılmasının uygun olacağı araştırıldı. Plastik enjeksiyon teoremi ile birlikte plastik enjeksiyon makineleri mekanik ve hidrolik arıza tespitleri ve giderilmeleri üzerinde durularak, üretilen malzemelerdeki olası hata ve çözümleri detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Plastik malzemeler, enjeksiyon teknolojisi, enjeksiyon makineleri

SUMMARY

In the first part of this study by taking the basic concepts related to plastic materials , which investigated the use would be appropriate with plastic injection technology. Theorem together with the plastic injection molding machines, plastic injection molding, mechanical and hydraulic troubleshooting and repairs, with emphasis on the possible error produced materials and solutions are described in detail.

Keywords: Plastic materials, injection technology, injection molding machines

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında desteğini esirgemeyen ve görüşleriyle yönlendiren danışmanım Sayın Prof. Dr. Yaşar PANCAR' a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
EKLER DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
2. PLASTİKLERİN TARİHÇESİ	2
3. PLASTİKLERİN ELDE EDİLMELERİ VE GENEL ÖZELLİKLERİ	4
3.1. Polimerlerin Elde Edilmesi	4
3.2. Zincir Yapılarının Geometrik Dizilişine Göre Polimerlerin Sınıflandırılması.....	5
3.2.1. Amorf ve yarı – kristalin plastikler.....	5
3.2.1.1. <u>Amorf termoplastikler</u>	8
3.2.1.2. <u>Yarı kristalin termoplastikler</u>	9
3.3. Görünüm, Optik ve Diğer Fiziksel Özellikler.....	10
3.4. Mekanik Özellikler.....	10
3.5. Elektriksel Özellikler.....	13
3.6. Kimyasal Özellikler.....	14
3.7. Çözünürlükler.....	16
3.8. Isısal Özellikler.....	17
4. PLASTİK ENJEKSİYON MAKİNELERİ	19
4.1. Plastik Enjeksiyon Makineleri.....	19
4.2. Enjeksiyon Ünitesi.....	20
4.2.1. Malzeme doldurma hunileri ve plastik malzemenin kurutulması.....	21
4.2.2. Enjeksiyon vidası.....	23
4.2.3. Geri dönüşsüz valfler (Çek valfler).....	24
4.2.4. Meme (Nozzle).....	25

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

4.2.5. Kalıp ve kalıp elemanları.....	25
4.2.5.1. <u>Erkek kalıp</u>	26
4.2.5.2. <u>Destek pimi</u>	27
4.2.5.3. <u>Yağlama tertibatı</u>	27
4.2.5.4. <u>Geri döndürücü pimler</u>	27
4.2.5.5. <u>İtici plakalar kılavuzlaması</u>	27
4.2.5.6. <u>Sabitleme pimi</u>	28
4.2.5.7. <u>Hızlı rekor bağlantı elemanı</u>	28
4.2.5.8. <u>Yolluk çekici</u>	28
4.2.5.9. <u>İtici pimler</u>	28
4.2.5.10. <u>Dişi kalıp</u>	28
4.2.5.11. <u>Merkezleme mili ve burcu</u>	29
4.2.5.12. <u>Kalıp plakası bağlantı civataları</u>	29
4.2.5.13. <u>Hızlı rekor bağlantı elemanı</u>	29
4.2.5.14. <u>Yolluk salkımı (Sprue)</u>	30
4.2.5.15. <u>Mapa delikleri</u>	30
4.2.5.16. <u>Merkezleme flanşı</u>	30
4.2.5.17. <u>Kalıp bağlama yuvaları</u>	30
4.2.5.18. <u>Standart kalıp plakası</u>	30
4.2.6. Mengene ünitesi.....	31
4.2.6.1. <u>Mekanik mengene sistemi</u>	31
4.2.6.2. <u>Hidrolik mengene sistemi</u>	32
4.2.6.3. <u>Hidromekanik mengene sistemi</u>	32
4.3. Enjeksiyon Makinesi Hidrolik Sistemi.....	33
4.3.1. Hidrolik pompa.....	34
4.3.2. İşletme vanaları ve kontrolü.....	34
4.3.3. Hidrolik motorlar ve silindirler.....	35
4.3.4. Hidrolik akışkan.....	35
4.3.5. Hidrolik aksesuarlar.....	36
4.3.6. Plastik enjeksiyon makinelerinde hidrolik sistemlerde olası hatalar ve çözüm yolları.....	36

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

4.4. Enjeksiyon Makinesi Kontrol Sistemi.....	37
4.5. Aksesuar Elemanlar.....	38
4.5.1. Kırma makinesi (Granülatör).....	38
4.5.2. Kurutma fırını.....	39
4.5.3. Hammadde besleyici.....	39
4.5.4. Silo.....	39
4.5.5. Robotlar ve ambalaj üniteleri.....	39
4.5.6. Soğutucular (Su soğutma kuleleri ve su depoları).....	39
4.5.7. Kompresörler.....	39
5. PLASTİK ENJEKSİYON TEKNOLOJİSİ.....	40
5.1. Plastik Enjeksiyon Nedir?.....	40
5.2. Plastik Enjeksiyon Yönteminin Aşamaları.....	40
5.3. Plastik enjeksiyon da Ürün Kalitesine Etki Eden Makine Kontrol Parametreleri.....	42
5.3.1. Enjeksiyon zamanı.....	42
5.3.2. Enjeksiyon hızı.....	43
5.3.3. Enjeksiyon basıncı.....	44
5.3.4. Ütüleme basıncı ve zamanı.....	45
5.3.5. Eriyik sıcaklığı.....	46
5.3.6. Kalıp sıcaklığı.....	47
5.3.7. Sıcak yolluklar ve sıcaklıkları.....	49
5.3.8. Mengene ünitesi ve basıncı.....	50
5.3.9. İtici ve sıyrıcı sistemler.....	51
5.4. Plastik Enjeksiyonunda En Çok Kullanılan Hammaddeler ve Kullanım Koşulları.....	52
5.4.1. Plastik enjeksiyonunda en çok kullanılan hammaddeler.....	52
5.4.2. Plastik hammaddelerin plastik enjeksiyonda kullanım koşulları.....	56
5.4.2.1. <u>Genel Amaçlı Polistren, GPPS, (Kristal)</u>	56
5.4.2.2. <u>Sert – Polivinil klorür, u-PVC</u>	57
5.4.2.3. <u>Yumuşak – Polivinil klorür, p-PVC</u>	59
5.4.2.4. <u>Polikarbonat, PC</u>	60
5.4.2.5. <u>Akrilonitril – butadien – stiren, ABS</u>	62

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

5.4.2.6. <u>Akrilonitril – butadien – stiren / Polikarbonat karışımı, ABS/PC</u>	64
5.4.2.7. <u>Stiren akrilonitril, SAN</u>	65
5.4.2.8. <u>Polimetil metakrilat, PMMA (Akrilik)</u>	66
5.4.2.9. <u>Polifenilen oksit, PPO</u>	68
5.4.2.10. <u>Yüksek yoğunluklu polietilen, YYPE</u>	69
5.4.2.11. <u>Polipropilen, PP (Moblen)</u>	71
5.4.2.12. <u>Poliamid 6, PA 6 (Naylon 6)</u>	73
5.4.2.13. <u>Poliamid 6.6, PA 6.6 (Naylon 6.6)</u>	74
5.4.2.14. <u>Polibütilentereftalat, PBT</u>	76
5.4.2.15. <u>Polietilen teraftalat, PET</u>	78
5.4.2.16. <u>Polioksümetilen, POT (Poliasetal)</u>	80
6. TERMOPLASTİK MALZEMELERİN ENJEKSİYONUNDA OLUŞAN ÜRETİM KUSURLARI VE ÇÖZÜMLERİ	82
6.1. Problemi Bulma.....	84
6.2. Üründe Oluşan Hatalar.....	85
6.2.1. Yanık izleri.....	85
6.2.2. Akış izleri.....	86
6.2.3. Jetting (Plastiğin yılan gibi fişkirarak kalıba dolması).....	86
6.2.4. Birleşme izleri.....	87
6.2.5. Kalıp temas yüzeyindeki izler.....	88
6.2.6. Karışık ve pürüzlü yüzeyler.....	88
6.2.7. Yüzeydeki lekeler.....	89
6.2.8. Serpinti (Gümüşi izler) oluşması.....	89
6.2.9. Çizikler.....	90
6.2.10. Eksik ürün.....	90
6.2.11. Parçanın kalıpta kalması.....	92
6.2.12. Çapaklı ürün.....	93
6.2.13. Parça içinde boşluk ve yüzeyde çöküntü oluşması.....	94
6.2.14. Kalıptan çıkarken çarpılma.....	95
6.2.15. Sonradan oluşan çarpıklık.....	95

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
6.2.16. Çatlama.....	96
6.2.17. Soyulma.....	96
7. PLASTİK ENJEKSİYON MAKİNELERİNDE KALIP KİLİTLEME KUVVETİ HESABI.....	97
8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	101
KAYNAKLAR	103
EKLER.....	104
EK-1. Plastik Enjeksiyon Makineleri (Güneş Plastik San.)	
EK-2. Plastik Enjeksiyonda Termoplastik ve Termoset Malzemeler İçin Problemler ve Çözümleri	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Amorf termoplastiklerin yapısı.....	6
3.2. Amorf termosetlerin yapısı.....	6
3.3. Yarı - kristalinlerin yapısı.....	7
4.1. Granül haldeki plastik malzeme.....	19
4.2. Plastik enjeksiyon makineleri.....	20
4.3. Plastik enjeksiyon makinesinde malzeme hunisi.....	22
4.4. Plastik enjeksiyon makinesinde enjeksiyon vidası.....	24
4.5. Plastik enjeksiyon kalıp elemanlarının düzeni.....	26
4.6. Plastik enjeksiyon kalıbı.....	26
4.7. Plastik enjeksiyon kalıbı dışı taraf ve çekirdek ön görünüşü.....	29
4.8. Granülatör.....	38
5.1. Plastik enjeksiyon aşamaları.....	41
5.2. Sıcak yolluk kontrol modülü.....	50
6.1. Normal akış ve jetting.....	87
6.2. Birleşme izleri.....	87
6.3. Kalıptan kaynaklanan yüzey hatası.....	88
6.4. Parça yüzeyinde meydana gelen çizikler.....	89
6.5. Eksik dolun.....	91
6.6. Çapaklı ürün.....	93
6.7. Parça yüzeyinde çöküntü.....	94
6.8. Sonradan oluşan çarpıklık.....	96
7.1. İnce et kalınlıklı parçalar için kalıp içi göz basıncı.....	97

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Plastiklerin bulunuş ve kullanım yılları.....	2
3.1. Amorf termoplastikler.....	8
3.2. Yarı- kristalin termoplastikler.....	9
3.3. Bazı plastiklerin kohezyon enerjisi yoğunlukları.....	12
3.4. Açık hava koşullarında bazı plastiklerin mekanik özelliklerindeki değişmeler.....	14
3.5. Bazı Plastiklerin Çözünürlükleri.....	16
3.6. Yapısal Bozulma İle Plastiklerin Çözünmesi.....	18
4.1. Hidrolik sistemde olası hata ve çözüm yolları.....	36
5.1. Plastik Hammaddeler İçin Kısaltmalar.....	52

EKLER**Sayfa**

Ek-1 Plastik Enjeksiyon Makineleri (Güneş Plastik San.).....	105
Ek-2 Plastik Enjeksiyonda Termoplastik ve Termoset Malzemeler İçin Problemler ve Çözümleri.....	108

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Bilindiği gibi insanoğlu yaradılışından bu yana sürekli olarak gelişen arayışlarına paralel bir şekilde ihtiyaç duyduğu gereçlerin üretimi için yeni yeni malzemeler geliştirmiştir. Plastik artık bugün, insan düşünün gerçeğe uzanan bir yansıması olarak biçimlenmekte ve her geçen gün yaşamımızda yeni boyutlar kazanmaktadır. Otomotiv, uçak sanayi, uzay araçları, tıp ve giderek insan vücudu gibi duyarlı her alanda plastik kullanılmaktadır. Plastiğin bu hızlı gelişiminin nedeni, PP, PVC, PE gibi ana maddelerin içine katılan özel katkılarla, kullanılacağı yere göre istenilen biçim verilerek üretilebilmesi, kolay şekil alması, her çeşit izolasyon gücünün yüksekliği, temizliğinin kolaylığı, defalarca kullanılabilmesi ve uzun ömürlü olmasından kaynaklanmaktadır. Bu özellikleriyle plastik, ekonomiye artı değer kazandırarak, kullanıcıların sorunlarını rahatlıkla çözümlenebilmektedir.

Plastik endüstrisindeki bu hızlı gelişmeler plastik işleme teknolojilerini de kapsamaktadır. Özellikle pek de yeni olmayan plastik enjeksiyon teknolojisinde büyük bir ilerleme sağlanmış, bu teknoloji en çok kullanılan işleme teknolojisi haline gelmiştir. Bu ilerleme sadece ürün imali ile sınırlı kalmamış, ürün tasarımından malzeme ve makine seçimine kadar her alanda kendini göstermiştir. Tasarım malzeme seçimi yanı sıra üretilen ürünlerdeki hataları belirleme ve çözüme yöntemleri de geliştirilerek daha kaliteli ürün elde edilmesine olanak sağlamıştır.

BÖLÜM 2

PLASTİKLERİN TARİHÇESİ

20.Yüzyılın başlarından itibaren “Organik Kimya” konusunda hızlı tempoda gelişmeler olurken sayısız kimyasal madde yanında, plastik hammadde madde veya maddelerine de yönelik birçok sentezler yapılmıştır. Ancak o zamanki koşullarda plastikler, kullanım gereksinimi veya tüketim yeri pek görülmemesi nedeniyle belirli bir süre sonra, birçok aşamalardan da geçerek toplumun yararlanmasına verilebilmişlerdir.

Bütün bu gelişmeler sırasında plastik dünyasına açılan ilk önemli pencere, Amerikalı bir iş adamının iyi bir bilardo topu yaptırmak istemesi ve buna büyük bir maddi ödül koymasına üzerine, “BAEKELAND” tarafından sentezi yapılan fenol-formaldehit reçinesi (Bakalit) ileler. Bundan günümüze hızlı bir süreçte araştırmalar ve yatırımlar yapılarak üstün nitelikli plastikler kütle üretimiyle dünya pazarlarına verilmişlerdir. Böylece sanayi devrimi içinde plastikler de layık oldukları yeri almışlardır.

Bazı plastiklerin ilk bulunuş yılı ile, teknolojik problemlerinin çözülerek insanlığın hizmetine girdiği yıllar aşağıda verilen Çizelge 1.1.’de görülmektedir

Çizelge 1.1. Plastiklerin Bulunuş ve Kullanım Yılları (Yaşar, 2001)		
Plastiğın Adı	İlk Bulunuşu	Kullanım
Akril nitril	1943	1943
Akrilonitril butadien stiren	1969	1970
Aramid (Aromatik poliamid)	-	1972
Asetal	-	1960
Epoksi	1947	1950
Fenol formaldehit	1907	1909

Çizelge 1.1. Plastiklerin Bulunuş ve Kullanım Yılları (Devamı)		
Plastiğin Adı	İlk Bulunuşu	Kullanım
Kazein formaldehit	1879	1879
Melamin formaldehit	1938	1938
Poliamid (nylon)	1928	1940
Poliester	1940	1943
Polieterimid	1982	1982
Polietilen, alçak yoğunluklu	1936	1950
Polietilen, yüksek yoğunluklu	-	1954
Polikarbonat	1956	1956
Polimetil metakrilat	1928	1928
Polipropilen	-	1956
Polipropilen oksit	1966	1967
Polistiren	1930	1937
Politetra flüor etilen	-	1962
Poliüretan	1938	1938
Polivinil asetat	1920	1932
Poliviniliden klorid	1941	1941
Selüloz asetat	1865	1900
Selüloz nitrat	1838	1870
Silikon plastiği	-	1945
Üre formaldehit	1921	1921

BÖLÜM 3

PLASTİKLERİN ELDE EDİLMELERİ VE GENEL ÖZELLİKLERİ

Bir plastikte polimeri oluşturan ana gruplar plastik türüne göre değişik sayılarda olurlar. Ayrıca bu gruplar doğrusal, dallanmış veya çapraz bağlı bir yapı oluştururlar. Grupların bir moleküldeki sayısına “Polimerizasyon derecesi” denir. Grup molekül kütlesi ile polimerizasyon derecesinin çarpımı da plastiğin molekül kütlesini verir.

Bu kavramlar Polivinil klorid örneği ile açıklanabilir.

Polivinil klorid polimerinin monomeri olan vinil klorid’in mol kütlesi 63, polimerizasyon derecesi de 1000 olduğuna göre, Polivinil kloridin mol kütlesi: $63 \times 1000 = 63000$ olur.

Plastiklerde mol kütlesi genelde 10 000 - 1000 000 arasındadır.

Daha çok petrol, belirli ölçüde de kömür ve diğer kaynaklara dayalı olan plastik üretiminde tepkime yürüdükçe başlangıç maddelerinin özellikleri bir süreçte azar azar değişir, polimerleşme sona erince de başlangıç maddelerinden tamamen farklı yeni bir ürün oluşur. Örnek olarak etilen gazından katı bir plastik olan polietilenin elde edilmesi gösterilebilir. (Yaşar, 2001)

3.1. Polimerlerin Elde Edilmesi

Plastiğin yapı taşı olan monomerlerin belirli bir tepkimeye girerek bir araya gelmesine ve polimer oluşturma işlemine polimerizasyon adı verilir. Monomerdeki ikili olan bağlar bu tepkime ile serbest kalarak tek bağlı bir yapı oluşturarak polimeri meydana getirir. Polimer molekülleri, büyük molekül ağırlıklı uzun zincirler halinde moleküllerden meydana gelmektedirler. Polimerlerin bu yapıda olmalarının, polimerlerin özelliklerine etkisinin tartışılabilmesi için polimerlerde “molekül ağırlığı” ve “polimerleşme derecesi” kavramlarından söz edilmektedir. Polimerleşme derecesi; bir polimer molekülündeki tekrarlayan monomerlerin yani merlerin, sayısını

göstermekte ve molekül ağırlığı ile arasında aşağıda görüldüğü gibi bir bağıntı bulunmaktadır.

$$MA = \text{Molekül Ağırlığı}$$

$$PD = \text{Polimerleşme Derecesi}$$

$$MA (\text{Polimer}) = PD \times MA_3$$

3.2. Zincir Yapılarının Geometrik Dizilişine Göre Polimerlerin Sınıflandırılması

3.2.1. Amorf ve Yarı – Kristalin Plastikler

Polimerler ısıya karşı gösterdikleri davranışlara göre iki gruba ayrılabilir:

- Termoplastikler
- Termosetler

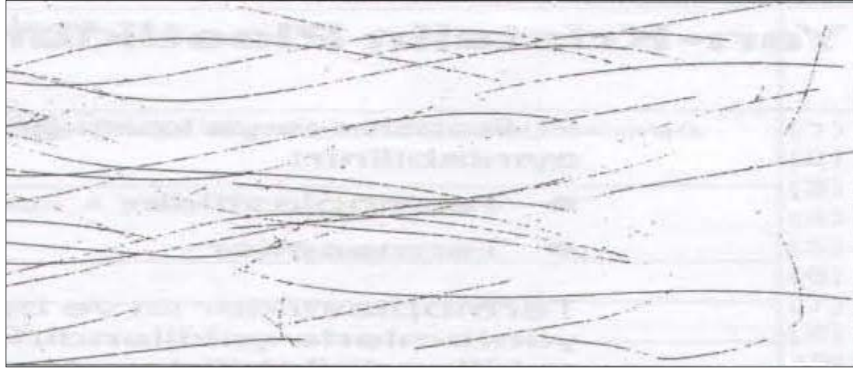
Termoplastikler ısı ve basınç altında yumuşar, akar ve böylece çeşitli yöntemlerle şekillendirilebilirler. Ve hatta tekrar tekrar eritilip şekillendirilebilirler. Ayrıca uygun çözücülerde çözünebilir. Ör: PS, PE, PP, ABS, PBT vb.

Termosetler ise bir ısı işlemine maruz kaldıklarında çapraz bağlar oluştururlar ve dolayısıyla çözünemez ve tekrar tekrar eritilemezler. Ör: Üre-formaldehit, Melamin-fenol-formaldehit vb.

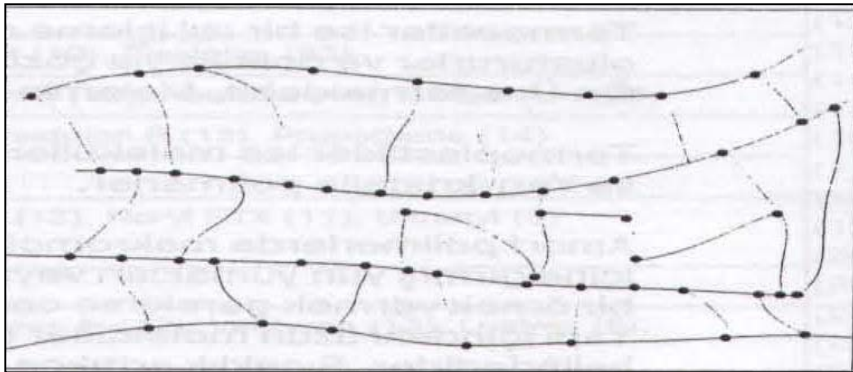
Termoplastikler ise moleküler yapılarına göre ikiye ayrılırlar: Amorf ve Yarı – kristalin polimerler. (ARBURG)

Amorf polimerlerde makromoleküller gelişmiş güzel şekilde birbirinin içine girmiş yün yumakları veya bir spagetti demetine ya da daha iyi bir örnek vermek gerekirse canlı bir solucan yığımına benzetilebilir. Yapı içindeki uzun moleküller (solucanlar) sürekli hareket halindedirler. Sıcaklık arttıkça hareketlilikte artar. Amorf polimerlerin erimesi söz konusu değildir. Belirli bir sıcaklığın üzerinde akmaya zorlanırlar ve tüm amorf plastik prosesleri her malzeme için farklı olan bu sıcaklıktan daha üst sıcaklıklarda işlenebilmektedir. Bu tür polimerler, birkaç istisna dışında (ABS ve SB gibi) yarı saydam veya tamamen şeffaftırlar (PC, PS, SAN, PMMA, CA vb.).

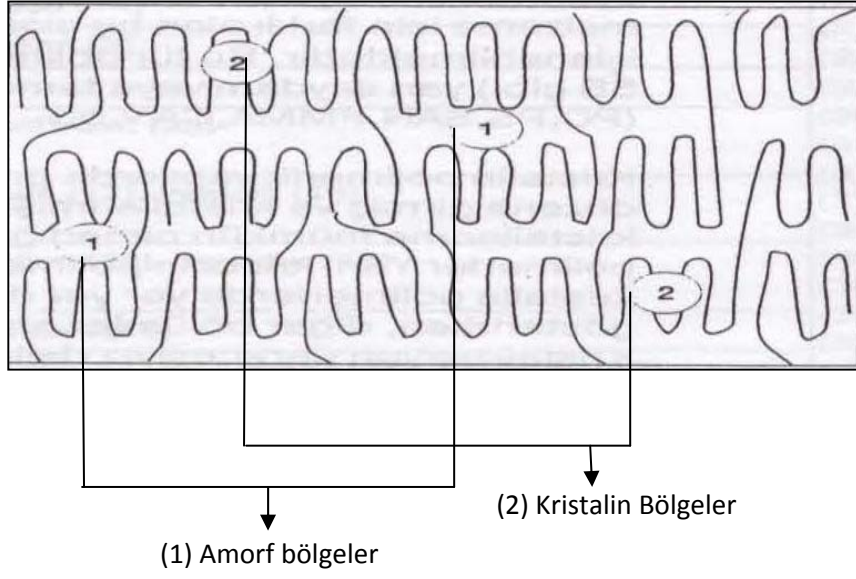
Kristalin polimerik yapılarda polimer zincirinin tamamı belli bir düzene girmiş ve kristallenmiştir. Ancak polimerlerde % 100 kristallenme mümkün olmadığı için kristalin özellik gösteren polimerler Yarı – kristalin polimerler olarak adlandırılmaktadırlar. Yarı – kristalin polimerlerde yer yer düzenli, kafes yapısı (kristalin bölgeler) gösterirken, diğer bölümler amorf özellik göstermektedirler. Kristalizasyon derecesi az dallanmış moleküllerde, çok dallanmış moleküllere göre daha fazladır. Bu yüzden çapraz bağlanmış PE, düz PE'ne göre daha az kristalizasyon derecesine sahiptir. Kristalizasyon derecesi yoğunluk, sertlik ve kararlılık gibi bir çok özelliği artırır. Yarı – Kristalin polimerler opaklıklar, renk veya katkı maddeleri katılmadan bile buğulu bir görünüme sahiptirler. Sadece erime noktaları aşıldığında (kristal bölgelerin erimesi) yarı şeffaf veya şeffaf hale gelirler.



Şekil 3.1. Amorf termoplastiklerin yapısı (ARBURG)



Şekil 3.2. Amorf termosetlerin yapısı (ARBURG)



Şekil 3.3. Yarı - kristalinlerin yapısı (ARBURG)

3.2.1.1. Amorf termoplastikler

Amorf plastiklerin kalıp çekme değerleri yarı – kristalin plastiklere oranla daha düşüktür. Dolayısıyla amorf plastiklerle yarı – kristalinlere oranla daha hassas üretimler yapılabilmektedir.

Çizelge 3.1. Amorf termoplastikler (ARBURG)

Kısaltılmış İsim	Elastik Modülü ³⁾ N/mm ²	Darbe Mukavemeti ^{3) 4)} Nmm/mm ²	Yük Altında Olmadan Maks. Kullanma Sıcaklığı		Plastikleştirme (Sertleşme) Sıcaklığı (°C)	Akış Karakteristiği ⁷⁾
			Uzun Süreli (°C) ⁵⁾	Kısa Süreli (°C) ⁶⁾		
PS	3200	1,5 – 3	50-70	60-80	90	l
SB	1800 - 2500	5 - 20	50 – 70	60 – 80	90	l
SAN	3600	2 – 3	85	95	100	m
ABS	1900 – 2700	7 – 25	75 – 85	85 – 100	105	m s
PPO Mod ¹⁾	1000 – 3500	8 – 15	80	150		s
PVC sert	1000 – 3500	2 – 5 – 50 ⁸⁾	55 – 65	70 – 80	90	s
PVC yumuşak		3 – oBr.	50 – 55	55 – 65		l m
CA	2200	2 – 40	50 – 70	80 – 90	100	l
CAB, CP	1000 – 1600	8 – 15	60 – 115	80 – 120	125	l
PMMA	2700 – 3200	1,5 – 3	65 – 90	85 – 100	105	m
PC ¹⁾	2100 – 2400	20 – 35	135	145	150	s
PSU ¹⁾	2600 – 2750	3 – 4	150	200		s
PES ¹⁾	2450	4 – 6	200	260		s
PA Amorf ¹⁾	2000	13	80 – 100	130 - 140	150 – 160	m

3.2.1.2. Yarı kristalin termoplastikler

Çizelge 3.2. Yarı – kristalin termoplastikler .(ARBURG)

Kısaltılmış İsim	Elastik Modülü ³⁾ N/mm ²	Darbe Mukavemeti ^{3) 4)} Nmm/mm ²	Yük Altında Olmadan Maks. Kullanma Sıcaklığı		Plastikleştirme (Donma) Sıcaklığı (°C)	Akış Karakteristiği ⁷⁾
			Uzun Süreli (°C) ⁵⁾	Kısa Süreli (°C) ⁶⁾		
PE yumuşak	200 - 500	18 o.Br.	60 - 75	80 - 90	105 - 115	L m
PE sert	700 - 1400	4 o.Br.	70 - 80	90 - 120	125 - 140	m s
PP ¹⁾	1100 - 1300	4 - 18	100 - 110	130 - 140	158 - 168	m s
PA 6 ^{1) 2)}	14000 - 3200	3 o.Br.	80 - 100	140 - 180	215 - 225	L
PA 6.6 ^{1) 2)}	2000 - 2900	5 o.Br.	80 - 120	170 - 200	250 - 265	L
PA 6.10 ^{1) 2)}	2000	7 - 10	80 - 100	150	210 - 225	L
PA 11 ¹⁾	1000	30 - 40	70 - 80	140 - 150	180 - 190	L
PA 12 ¹⁾	1600 - 1700	10 - 20	70 - 80	140 - 150	175 - 185	L m
POM ¹⁾	2800 - 3200	5 - 10	90 - 110	110 - 150	165 - 175	L
PETP ¹⁾	3100	3 - 6	100	200	255 - 258	L
PBTP ¹⁾	2000	3 - 6	100	165	220 - 225	L
PPS ¹⁾	3400	3 - 8	200	300	280 - 288	L
FEP	350 - 650	o.Br.	205	250	285 - 295	s
ETFE	1100	o.Br.	150	220	270	s
PAA ¹⁾	11300-17000 ¹⁰⁾	7,5 - 27,5	115 - 145	230	235 - 240	L
PPA	6300 - 14500		185	280	310	L
PAEK ¹⁾	4000	o.Br.	250	300	335 - 370	L
LCP ¹⁾	10000-35000 ⁹⁾	20 - 70 ⁹⁾	120 - 240		270 - 380	L m

3.3. Görünüm, Optik ve Diğer Fiziksel Özellikler

Plastiğin görünümü onun biçimi, rengi, opak veya saydam oluşu, yüzeyinin parlak ya da mat oluşu, varsa yüzeysel üretim kusurları gibi özelliklerini belirler.

Plastiklerin renkli görünümü genelde pigment veya boyar maddelerle sağlanır.

Bazı plastiklerin saydamlık derecesi % 92 ile caminkine ulaşır. Bunlar da azo ve anilin sınıfı boyar maddelerle yine saydam, Titan dioksit ve diğer çeşitli metal oksitler, karbon siyahı gibi maddelerle de mat olarak boyanabilirler.

Plastiklerin ışığı farklı derecelerde geçirmeleri onların yapılarıyla ilgili olup sanayide günlük hayatta kullanılan çok iyi optik özelliklere sahip ürünler elde edilmiştir. Polimetilmetakrilat, polikarbonat, kristal polistiren, selüloz asetat bunların yaygın örnekleridir.

Plastiklerin katkısız yoğunlukları 0.9 - 2gr/cm³ kadardır.

3.4. Mekanik Özellikler

Türlerine göre plastiklerin mekanik özellikleri çok büyük dağılım gösterir. Yüksek mekanik özelliklere sahip olanlarındaki demir dışı metallerinkine yaklaşırlar. Bununla beraber bazı plastikler için aşınma dayanımı, uzama değerleri metallerinkinden yüksek olabilir. Mesela, oto cam silici motorunun poliamid dişlisi, hiç yağlanmadan, arabanın ömrü boyunca hizmet görür. Sertlik, basma ve çekme dayanımları ise, genelde metallerinkinden daha düşük değerlerdir. (Yaşar, 2001)

Sürünme dayanımı plastikler içinde çok önemli bir mekanik özelliktir. Statik ölçümler teknoloji gereksinimlerini her zaman yeterli bir şekilde karşılayamamaktadır. Biçimlendirilmiş bir plastik parça basınç, sıcaklık, kimyasal ortam gibi faktörlerle belirli bir süre zorlanırsa ilk andaki mekanik değerlerinde düşmeler görülür.

Bazı plastiklerin belirli mekanik özelliklerine ait kalitatif bilgiler örnek olarak aşağıda verilmiştir:

- Akrilonirtil : Çekme ve darbe dayanımları yüksek, uzaması az.
- Asetal : Çekme, darbe dayanımı, sertlik ve uzama yüksek.
- Epoksi : Asetal ile aynı özelliklerde.
- Fenolik : Sert, kırılğan, çekme dayanımı dolgu maddesine göre yüksek veya düşük, uzaması çok az.
- Melamin : Fenolik gibi ancak çekme dayanımı daha yüksek.
- Poliamid : Çekme dayanımı, uzaması ve aşınma dayanımı yüksek.
- Poliester, ts : Darbe dayanımı ve uzaması düşük.
- Poliester, tp : Darbe ve çekme dayanımı yüksek.
- Polikarbonat : Çekme sürünme ve darbe dayanımı ile uzaması yüksek.
- Poliyeten, yy : Darbe dayanımı yüksek.
- Poliimid : Çekme ve darbe dayanımı yüksek, sürünme dayanımı yüksek (yükleme sonu dayanım değişimi az).
- Poliüretan : Çekme dayanımı değişik, darbe dayanımı yüksek, uzaması çok fazla.
- Polivinilklorid: Çekme dayanımı ve esneklik değişik.
- Silikon : Mekanik özellikler zayıf, ısıl direnci yüksek.
- Sülfon : Çekme, basma, sürünme dayanımı yüksek.

Plastiklerin sert, yumuşak veya elastik olmalarını nitelendiren önemli bir kavramda ‘‘Kohezyon Enerjisi Yoğunluğu’’ dur.

Moleküllerin çekim enerjilerinin yüksek olduğu veya düşük olduğu oranlarda plastikler rijit veya yumuşak olabilmektedir. Bir bakıma kohezyon enerjisi yoğunluğu plastiklerin belirli mekanik özelliklerini tariflemektedir. Kohezyon enerjisi yoğunluğu birimi kalori/cm³ tür. Çizelge 3.3.'de bazı plastikler için bu değerler görülmektedir.

Çizelge 3.3. Bazı Plastiklerin Kohezyon Enerjisi Yoğunlukları(Yaşar, 2001)		
Polimer Adı	Kohezyon En. Yoğ.	
	Cal/cm ³	J/cm ³
Poliakrilonitril	(237)	991.8
Polietilen, (Ay)	(62)	259.5
Polietilen tereftalat	(114)	477
Polihekzametilen adipamid	(185)	774.2
Poliizobutilen	(65)	272
Polimetil metakrilat	(83)	347.3
Polistiren	(74)	309.7
Polivinil Asetat	(88)	368.3
Polivinil klorid	(91)	380.8
Poliizopren	(67)	280.4

Çizelge 3.3. incelendiğinde, Polietilen (Ay), Poliizobutilen ve Poliizopren'in rijitlikleri az, aksine mekanik özellikleri çok iyi olan, örnek olarak da sanayide hammadde yatağı olarak kullanılabilen ısıtılmış Polihexametilen adipamid (nylon)'e ait kohezyon enerjisinin yoğunluğunun da büyük olduğu görülür.

Plastiklerin mekanik özellikleriyle ilgili önemli Türk Standartları bir sonraki sayfada gösterilmiştir:

Çekme özellikleri (ve uzama)	:	TS 1398
Basınç dayanımı	:	TS 1096
Darbe dayanımı, izod	:	TS 1005
Sertlik	:	TS 1326

3.5. Elektriksel Özellikler

Özel amaçla üretilmedikçe plastiklerin hemen hemen hepsi yalıtkan olup iyi bir dielektrik özelliğine sahiptir (Volt/mm olarak).

Dielektrik sabiti, herhangi bir maddeden yapılmış kondansatörün kapasitesi ile aynı kondansatörde dielektrik madde olarak hava (veya boşluk) bulunduğu zaman göstereceği kapasite (sığa) arasındaki orandır.

Yıllar önce, plastikler sanayideki yerini almamış iken elektrik kablosu üretiminde yalıtkan madde olarak lastik kullanılırdı. Üretim güçlüğü ve zaman kaybı yanında bu tür yalıtkanlar aradan yıllar geçince yapı bozunmasıyla tehlikeli akım kaçaklarına neden olurdu. Plastikler sayesinde dayanıklı ve istenilen kalitede yalıtıma sahip elektrik malzemelerini ekonomik olarak yapmak mümkün olabilmiştir. Bira ısının açığa çıktığı bazı elektrik devre elemanları yapımında sıradan termoplast plastiklerin kullanımı sakıncalı ise de yumuşama sıcaklığı yüksek, hatta bazı dolgularla ısı özellikleri daha da iyileştirilen termoplastlar ve termoset ürünler bu tür üretime kesin bir çözüm getirirler. Fenol formaldehit, melamin formaldehit ve halojenli plastikler tipik birer örnek olarak verilebilirler. Dielektrik dayanımını arttıran, ısıl özelliklerini iyileştiren başlıca dolgu maddeleri mika, asbest ve antimon trioksittir.

Alışıla gelenin dışında, bazen, özel amaçlar için plastiğin belirli derecede iletken olması istenir. Sıradan plastikler için bu amaca, bileşimine metal tozları, grafit, karbon siyahı gibi maddeler katılarak ulaşılabilir. Son zamanlarda üzerinde çalışılan "POLİASETİLEN" ve benzeri plastiklerin dolgu maddesine gerek kalmadan iletken özelliklere sahip olduğu bilinmekte olup, kablo yapımı ve diğer metalden yapılan elektrik malzemeleri için bakıra alternatif olabileceğine ümitle bakılmaktadır.

Plastik maddelerin dielektrik dayanımlar TS 1397, dielektrik sabitleri de TS 1224'teki deneylerle ölçülmektedir.

3.6. Kimyasal Özellikler

Genelde çoğu plastik maddeler belirli derişimlerde asitlere ve bazlara karşı dirençlidirler. Bu direnç plastik türlerine göre az çok değişmektedir. PE-PTFE, PP, Epoksi, Poliester, Sülfon, Vinil plastikleri kuvvetli asitlere ve bazlara dirençli tipik örneklerdir. Akrilik, Fenolik, Poliasetal ve termoplast poliester ise kuvvetli asit ve bazlara karşı direnç göstermeyen ürünlerdir.

Keza açık hava koşullarında da her plastik değişik şekillerde etkilenir.

Plastiklerin açık hava koşullarından etkilenmeleri Çizelge 3.2.'de görülmektedir. Polibutilen, Polikarbonat ve teflon grubunun açık hava koşullarına en dayanıklı plastikler olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 3.4. Açık Hava Koşullarında Bazı Plastiklerin Mekanik Özelliklerindeki Değişmeler (Yaşar, 2001)				
Plastik türü	Kaldığı bölge	Süre, yıl	Çekme dayanımı değişmesi (%)	Uzama değişmesi (%)
Poliasetal	Florida (1)	1	0	0
Poliasetal	Florida (1)	10	-3	-24
Akrilik	Florida (1)	1	0	0
Akrilik	Bristol (2)	5	-23	-49
Poliamid	Florida (1)	1	-21	-
Poliamid	Florida (1)	5	-11	-78
Poliamid	Florida (1)	15	-34	-80
Polibutilen	Arizona (3)	2	-	0
Polikarbonat	Arizona ve Florida	3	-1	+1
Poliester	DAĞILIM BÜYÜK			

Çizelge 3.4. Açık Hava Koşullarında Bazı Plastiklerin Mekanik Özelliklerindeki Değişmeler (Devamı)				
Plastik türü	Kaldığı bölge	Süre, yıl	Çekme dayanımı değişmesi (%)	Uzama değişmesi (%)
Polietilen	Londra (4)	1	-12	-12
Polietilen	Londra (4)	3	-14	-20
Polistiren	Los Angelas (5)	1	-11	-
Polistiren	Los Angelas (5)	2	-9	-15
Polisülfon	Malverne (6)	1	+5 – (-9)	-
Polisülfon	Malverne (6)	2	-6 – (-10)	-
Teflon 6	Florida (1)	15	-2	0
Teflon 7	Florida (1)	15	16	5
Poliüretan	DAĞILIM BÜYÜK			
Vinil Plastikleri	Genelde çekme yüksek, uzamalar düşük gözlenmiştir.			

Bölgenin iklim özellikleri:

- (1) : Yağışlı, sıcak (tropikal)
- (2) : Ilık ve yağışlı (nemli)
- (3) : Sıcak ve kurak
- (4) : Ilık ve yağışlı (nemli)
- (5) : Ilık ve yağışlı (nemli)
- (6) : Soğuk ve yağışlı (nemli)

3.7. Çözünürlükler

Fenol formaldehit, melamin formaldehit, poliester gibi termoset plastiklerden kalıplanmış parçalarla PE, PP, PVC, PA, PTFE gibi yüksek mol ağırlıklı polimerler çözücülere karşı çok dirençli maddelerdir. Selüloz plastikleri (selüloz asetat, selüloz nitrat gibi) akrilik, vinil asetat, polistiren gibi maddeler de üniversal çözücülere direnç gösteremeyip çözünürler. Çözünürlük dereceleri de plastik ve çözücü türlerine göre değişim gösterir. (Bk. Çizelge 3.3)

Plastiklerin çözünürlük özelliğinden yararlanılarak onların dispersiyon haline getirilmeleri ve yapıştırılmaları sağlanır. Dispersiyon haline getirilmeleri lak ve boya yapımı için önemlidir.

Kimya sanayi ile kimyasal maddelerle çalışılan iş yerlerindeki donanımın plastikten yapılması halinde kimyasal ve çözünürlük özellikleri de dikkatle incelenmelidir. (Yaşar, 2001)

Belirli plastiklerle kaplanmış bir metal parça veya yüzeyin yeniden temiz hale getirilmesi söz konusu olduğunda bazı kimyasal maddeler kullanılarak, tahriple bu amaca ulaşılır.

Plastiklerin değişik derişimlerdeki asit ve alkalilerle çözücülere dirençleri TS 710'daki deneylerle saptanmaktadır.

Çizelge 3.5. Bazı Plastiklerin Çözünürlükleri (Yaşar, 2001)								
ÇÖZÜCÜ	PLASTİKLER							
	Etil selüloz	Selüloz asetat	Selüloz butirat	Selüloz nitrat	PM MA	PS	Vinil asetat	Vinil asetat klorid
Aseton	0	+	+	+	+	0	+	0
Benzen	0	-	-	-	+	+	+	-
Cellosolve	0	-	0	+	+	-	+	-
Dioksan	+	+	+	+	-	+	+	+

Çizelge 3.5. Bazı Plastiklerin Çözünürlükleri (Devamı)								
ÇÖZÜCÜ	PLASTİKLER							
	Etil selüloz	Selüloz asetat	Selüloz butirat	Selüloz nitrat	PM MA	PS	Vinil asetat	Vinil asetat klorid
Etilen diklorid	+	-	+	-	+	+	+	+
Etilen glikol	-	0	-	0	-	-	-	-
Etanol	0	-	-	-	-	-	+	-
Eter	0	-	-	-	-	+	+	-
Toluen	0	-	-	-	+	+	+	-

+ : çözünür

- : çözünmez

0 : az çözünür

3.8. Isısal Özellikler

Plastiklerin en önemli ısısal özellikleri ısı iletkenliği, ısı genişmesi (boyca), ısıya dayanıklılık, eğilme sıcaklığı, erime sıcaklığı, yumuşama sıcaklığı, yanma oranı ve yanma ürünlerinin incelenmesidir.

Plastikler genelde çok küçük ısı genişmesi katsayısı ve ısı iletkenlik katsayısına sahiptirler. Özellikle köpük plastik haline getirildikten sonra yalıtım değerleri daha da yükselir.

Eğilme, yumuşama ve erime sıcaklıkları daha çok termoplast ürünler için söz konusudur. Termoset ürünler ise genelde daha yüksek ısısal özelliklere sahiptirler. Termoplastlar genelde 50-125°C sıcaklıktaki ortamlarda kullanılabildiği halde termosetler 110-300°C lerde bile dayanıklıdırlar. Keza yanma özellikleri de plastiklerde çok değişiktir. Küçük bir alevle hemen tutuşabilen selüloz nitrata karşılık silikon plastiği ve termoset poliimid bu konuda tipik örneklerdir.

Plastiklerin bazı ısısal özellikleri aşağıdaki standartlarla tayin edilmektedir.

Isısal iletkenliği	: TS 388
Isı genleşmesi(boyca)	: TS 1065
Eğilme sıcaklığı	: TS 1400 ve TS 1402
Yumuşama sıcaklığı	: TS 1825
Erime akış indisi	: TS 1323

Bazı polimerler özel kimyasal maddelerle sıcakta işleme tabi tutulduğunda yapısal bozulma ile çözünürler.

Çizelge 3.6. Yapısal Bozulma İle Plastiklerin Çözünmesi (Yaşar, 2001)	
Plastik türü	Kimyasal madde
Epoksi	Derişik sülfat asiti, sıcak
Fenol formaldehit vb.	Sodyum hidroksit çözeltisi, sıcak
Poliamid	Formik asit çözeltisi, %90'lık
Polietilen	Tetrahidronaftalin, toulen, çikloheksan, sıcak
Polietilen tereftalat	0-Klorofenol, fenol ve krezol karışımları

Termoplast plastikler, ısı ile yumuşamalarından yararlanılarak çeşitli yöntemlerle biçimlendirilirler. Termosetler de nispeten ısıya dayanıklı olduklarından elektrik malzemeleri yapımında fazla miktarda kullanılırlar.

Bazı sıvı polimerler uygun soğuma hızlarına sahip olduklarından çeliklere su vermede başarıyla kullanılmaya başlanmıştır. Isısal özellikler bakımından yağların yerine geçebilecek olan Polialkilen glikol, su verme çatlak riskini büyük ölçüde azaltmakta ve malzemeye boyut kararlılığı sağlama avantajlarına sahiptir.

BÖLÜM 4

PLASTİK ENJEKSİYON MAKİNELERİ

Metal, ağaç, cam ve seramik gibi yüzyıllarca kullanılan ve halen de kullanılmakta olan malzemelere alternatif olarak ortaya çıkan plastikler, artık küreselleşme kavramını tartışmaya başlayan tüm toplumlar için önemi gittikçe artan bir malzeme sınıfı olmuştur. 1800lü yılların sonlarına doğru ilk örnekleri ve iş işleme teknikleriyle ortaya çıkan bu malzeme türü, yüzyıldan biraz fazla bir zaman diliminde hem kalite, hem de çeşitlilik açısından diğer malzeme cinsleriyle kıyaslanamayacak derecede hızlı bir gelişme göstermiş, saf olarak veya içine katkı maddeleri eklenerek neredeyse tüm diğer malzeme cinslerinden daha çok tercih edilir olmuştur.

Bu kadar hızlı gelişen plastiklerin kalıplanma metotları, maalesef onlar kadar hızlı bir gelişme gösterememiştir. Tabi ki plastik işleme makineleri zamanımıza ayak uyduracak derecede hızlı, sağlam ve güçlü yapıda olup yüzlerce belki de daha fazla farklı tasarıma sahiptirler. Ama çalışma mantıkları temelde aynıdır.

4.1. Plastik Enjeksiyon Makineleri

Enjeksiyon yönteminin esası granül veya toz haldeki ham malzemenin ısıtılmakta olan silindirden eritilerek geçirilip ucundaki memeden kapalı kalıp boşluğuna doğru itilmesi şeklindedir. Bu yöntemde kalıba basılan plastik malzeme kalıp boşluğunun biçimini alarak katılaşmaktadır.



Şekil 4.1. Granül haldeki plastik malzeme

Bir enjeksiyon makinesinin temel işlevi şunlardır:

1. Malzemenin sıcaklığını basınç altında akış sağlayabilecek seviyeye çıkarmak
2. Makinenin kapalı tuttuğu kalıba plastiğin itilip katılaşmasını sağlamak
3. Kalıbı açıp ürünü çıkarmak



Şekil 4.2. Plastik enjeksiyon makineleri

4.2. Enjeksiyon Ünitesi

Bir enjeksiyon ünitesinin ana görevleri şunlardır:

- Huniden kovana giren plastik malzemeyi ısıtıp eritmek,
- Eriyik malzemeyi kalıba enjekte etmek ve
- Malzemenin kalıpta sağlam bir ürün haline gelmesi için gerekli tutma basınçlarını sağlamak şeklinde özetlenebilir.

Bu basit ve temel görevlerinin yanında, enjeksiyon ünitesinin yerine getirmesi gereken başka görevler de vardır. Bir enjeksiyon ünitesi,

- Rahatça ileri geri hareket edecek şekilde olmalı,
- Memeyle yolluk burcunu gerekli kuvvetle temas halinde tutabilmelidir.
- Günümüzde bu saydığımız işlemler daha çok vidalı enjeksiyon üniteleri ile sağlanmaktadır.

Bir enjeksiyon ünitesinin önemli elemanları malzeme akış yönüne göre;

- Huni,
- Vida (Helezon veya burgu da denir),
- Vida üzerinde malzemenin homojenizasyonunu sağlayan parçalar (bazı durumlarda kullanılırlar),
- Vida ucundaki geri dönüşsüz valf (çek valf) (bazı durumlarda kullanılır)
- Meme ve
- Isıtıcı bantlar yani rezistanslardır.

4.2.1. Malzeme doldurma hunileri ve plastik malzemenin kurutulması

İçine sadece işlenmemiş hammadde doldurulan huninin bazı önemli özelliklere sahip olması gerekir. Şöyle ki bir huni;

- Tamamıyla boşaltılabilecek
- Kolay kullanılabilir,
- Kolay monte edilebilir,
- Toz geçirmez ve
- Kolay temizlenebilir bir yapıda olmalıdır.

Normal şartlarda makine çalışırken huni doludur ve işlenecek hammadde direkt olarak huniden enjeksiyon grubunun besleme bölgesine, oradan da vidanın hareketleri sayesinde ısınıp eriyerek meme boşluğuna akar.

İşlenecek malzemenin taneli yapıda olması pek problem çıkarmazken toz halindeki malzemeler veya küçük çaplı vidalar hunide kısa devre (ya da köprüleme – bridging) denen, malzemenin donup kovan girişinde tıkanma yapması olayına neden olabilirler. Buna engel olmak için huniye karıştırıcılar veya vida konveyörleri takılabilir.



Şekil 4.3. Plastik enjeksiyon makinesinde malzeme hunisi

Ayrıca meme duyarlı polimerler kullanılacaksa kullanılacak malzemenin kurutulması gerekir. Çünkü enjeksiyonda kullanılan tüm plastik malzemeler taşıma ve depolama sırasında havada bulunan nemden etkilenirler. Üretim sırasında su buharına dönüşen nem, gerek plastiğin kararlılığını etkileyerek mekanik özelliklerinin bozulmasına, gerekse malzemenin iç (kabarcıklar oluşması gibi) ve dış (yüzeyde benek ve çöküntü oluşması gibi) yapısını bozarak çeşitli enjeksiyon hatalarına yol açar. Dolayısıyla enjeksiyon işlemi neticesinde elde edilen ürünün kalitesi plastik malzemenin kurutulma kalitesiyle doğru orantılı olacaktır.

Kurutma işlemi, malzemenin içinde ya da yüzeyinde biriken nemi almak için gereken buharlaştırma ısını sağlamak ve oluşan su buharını da düzenli bir hava akışıyla ortamdan uzaklaştırmak şeklinde özetlenebilir. Kurutma işleminden verim alabilmek, ancak kurutucunun kapasitesinin doğru olarak belirlenmesiyle mümkündür. Doğru kapasite seçimi için ise;

- Saatte kurutulacak malzeme miktarı,
- Maksimum kurutma sıcaklığı,
- Malzemenin sisteme girişte sahip olması gereken nem oranı,
- Malzemenin sistemden çıktıktan sonra sahip olması istenen nem oranı,

- Malzemenin sisteme giriş sıcaklığı,
- Malzemenin kurutma sıcaklığındaki ısı kapasitesi,
- Malzemenin sistemde kalma süresi ve
- Havanın çığ noktası sıcaklığı değerleri bilinmelidir.

Kurutmanın verimliliğini belirleyen en önemli faktör havanın çığ noktası sıcaklığıdır. Çığ noktası sıcaklığı, havadaki nemin yoğunlaşacağı yani havadaki su buharının %100 doyuma ulaşacağı sıcaklık olup havadaki sabit nem oranını belirler.

4.2.2. Enjeksiyon vidası

Plastik malzemeyi eriten ve kalıba basan vida veya vida sistemleri enjeksiyon makinelerinin de en önemli parçalarındandır.

Bir vida sisteminde bulunması gereken özellikler;

- İyi plastikleştirme (eritme) performansı,
- Verimli (kısa zamanlı) malzeme transferi,
- Etkili eritme ve karıştırma (sıcaklığın ve katkı malzemelerinin homojenliğini sağlayabilme) ve
- Kendini iyi temizleme kabiliyeti olarak sıralayabiliriz.

Vidalar genelde üç farklı bölgeden meydana gelirler:

1. Besleme bölgesinde taneli veya toz haldeki katı malzeme taşınır ve sıkıştırma bölgesine iletilir. Bu bölgede vidanın dış yüksekliği, malzeme düşük yoğunlukta olsa bile yeterli miktarda akış sağlanabilmesi için oldukça derin tutulmuştur.

2. Sıkıştırma bölgesinde (geçiş bölgesi de denebilir) besleme bölgesinden alınan malzeme sıkıştırılır. Bu bölgelerdeki taşıma işleminin kararlılığı genelde malzemenin tam olarak erimesine ve sıkıştırma bölgesinin sonuna ulaşana kadar geçen zamana bağlıdır.

3. Ölçme bölgesinde ise homojen hale gelmiş olan malzemenin sıcaklığı enjeksiyon sıcaklığına yükseltilir ve malzeme kalıplanmaya hazır hale gelir.



Şekil 4.4. Plastik enjeksiyon makinesinde enjeksiyon vidası

4.2.3. Geri dönüşsüz valfler (çek valfler)

Enjeksiyon vidalarına, vidaların enjeksiyon ve tutma basınçları safhalarında bir piston gibi hareket etmesini sağlayan ve bu sırada malzemenin geri akışına engel olan parçalar takılır. Bunlar, vidanın uç bölgesine takılan ‘geri-dönüşsüz valf veya çek valf’ olarak adlandırılan parçalardır. Bu parça grubunun hepsine birden ‘yüzük torpil veya yüksek torpil takımı’ adı da verilmektedir.

Bir geri-dönüşsüz valfte aranan özellikler:

- Yüksek verim
- Kısa kapanma süresi
- Yüksek mekanik mukavemet ve
- Kendini iyi temizleme yeteneğidir.

Bu valflerde bulunması gereken önemli özelliklerden birisi de kısa kapanma süreleridir. Geri-dönüşsüz bir valfin kapanma zamanı, vidanın enjeksiyon yapmak üzere aksel harekete başladığı andan başlayıp valfin geriye doğru hiç malzeme akışına izin vermeyeceği duruma geldiği ana kadar geçen zamandır.

Geri-dönüşsüz valfler yüksek oranlarda yüklenmeye maruz kaldıkları için çabuk aşınmaya uğrarlar. Bunun için geri-dönüşsüz valfler, hem kalıba basılan malzemenin boşalttığı yerlere kısa zamanda malzeme gelmemesinden dolayı oluşan ölü noktaları önleyebilecek, hem de hızlı aşınmalarını engelleyecek bir tasarıma sahip olmalıdırlar. Ölü noktalar, malzemenin kovan içinde kalma süresini arttırdığı için degradasyona neden olurken renk değişimlerinde de hemen hemen her zaman sorun çıkartırlar.

4.2.4. Meme (nozzle)

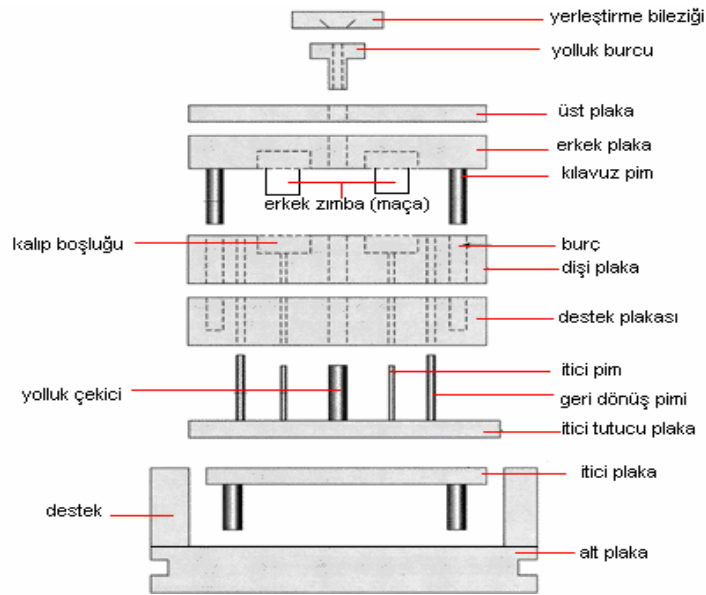
Meme, ocağın uç kısmına monte edilen, ocağın ucunun enjeksiyon yapabilmek için kalıbın yolluk burcuna tam olarak denk gelmesini sağlayan ve yapısına göre plastikasyon ve soğuma esnasında ocağın ağzını kapayarak dışarı mal akışını önleyen parçadır.

Memeler açık veya kapalı (kapatılabilir) şekildedir. Akış kesme memeleri de denen kapalı memeler kendi kendine kontrollü (oto-kontrollü) veya dışarıdan kontrollü olabilir.

Açık memeler genelde akış yönünde konikleşen (sivrileşen) basit bir kanala sahiptirler. Pratikte en kullanışlı olan meme, en az basınç düşmesine neden olan bu açık meme tipidir.

4.2.5. Kalıp ve kalıp elemanları

Kalıp materyallerin şekillendirilmesi için kullanılan elemanlar grubudur. Kalıplara imalatta özellikle üretim oranının yüksek olduğu durumlarda ihtiyaç duyulmaktadır. Plastik enjeksiyon kalıp elemanları olarak yoluk burcu ve yerleştirme bilezikleri; bağlama plakaları ve klavuz pimleri; itici pimler, burçlar ve plakalar, destek plakaları; kalıplama plakaları ve maçalar şeklinde sıralanabilir.(Güneş,2005)



Şekil 4.5. Plastik enjeksiyon kalıp elemanlarının düzeni.(Güneş,2005)

4.2.5.1. Erkek kalıp

Erkek çekirdek (core) kalıplanan parçanın iç kısımlarını ve delik, feder gibi detayları çıkaran ana kalıp elemanlarından biridir. Erkek çekirdek malzemesi de dişi çekirdek gibi ön ısıtma işlemi görmüş çelik malzemeden yapılır. İtici erkek çekirdek üzerinde bulunur ve erkek çekirdek ile dişi çekirdek (cavity) arasında kalan boşluk plastik parçanın kalınlığını oluşturur. Plastik malzemenin şeklini kazandırdığı için kalıbın en önemli elemanlarının başında gelmektedir.



Şekil 4.6. Plastik enjeksiyon kalıbı. (Güneş,2005)

4.2.5.2. Destek pimi

Destek pimleri silindirik bir parça olup kalıp bağlama plakasına sabitlenir ve itici plakasından boşluklu geçerek erkek kalıp plakasına dayanır. Böylece kalıbın ağırlığından ve enjeksiyon esnasında oluşan basınçtan dolayı kalıp plakalarına destek olarak sehim verme olayının önüne geçilir. Çok büyük kalıplarda destek pimlerinin boyu uzun tutularak ön yükleme sağlanmış olur. Destek pimlerinin sayısı ve çapı kalıp boyutuna göre değişir. (Güneş,2005)

4.2.5.3. Yağlama tertibatı

Standart kalıp elemanı olup itici plakaları kılavuzlama mil ve burcunun kalıp çalışması esnasında yağlanmasını sağlar.

4.2.5.4. Geri döndürücü pimler

Diğer itici pimlerle beraber itici plakasına bağlı olup, erkek kalıp plakasında hassas yataklanmış olarak geçer ve dişi kalıp plakasında son bulur. Enjeksiyon esnasında kalıp açılırken hareketli duruma geçen itici plakası ve pimler parçayı kalıptan çıkardıktan sonra kalıp kapanma çevrimine gelindiğinde geri döndürücü pimler dişi kalıp plakası vasıtasıyla normal konumuna getirilmiş olur. Enjeksiyon makinesinin geri döndürme mekanizmasında oluşabilecek arıza da itici pimleri geri çekerek kalıbın zarar görmesini önler.

4.2.5.5. İtici plakalar kılavuzlaması

Standart bir kalıp elemanı olup şapkalı bir milden ve ara flanşlı bir burçtan oluşur. Görevi itici plakaları ve dolayısıyla itici pimlerinin çalışması esnasında plakaların doğru bir şekilde kılavuzlayarak konumlamasını sağlar. Flanş, itici plakası ve itici destek plakası arasında yer alırken şapkalı mil erkek kalıp bağlama plakası, itici plakaları ve flanştan geçerek erkek kalıp plakasından hassas olarak yataklanır. Genellikle bir kalıpta dört adet bulunur. Standart parça olarak satıldığından kalıp tasarımcısı üretici firma kataloğundan faydalanarak rahatlıkla kullanabilir. Özel kalıp setlerinde ise boyutları istenen şekilde özel imalat yapılarak kullanılabilir.

4.2.5.6. Sabitleme pimi

Sabit bir pim olmakla beraber erkek kalıp plakası, paralel plakalar ve kalıp bağlama plakasından hassas geçerek bu plakaların birbirlerine göre hizalanmasını ve vibrasyona karşı direncini arttırarak esnemeyi ve oynamayı engeller.

4.2.5.7. Hızlı rekor bağlantı elemanı

Standart kalıp elemanı parçası olup, kalıptaki su rekoru ile enjeksiyon makinasının su giriş bağlantısı için kullanılır. Elemanın erkek tarafı kalıba vidalanır, dişi tarafı ise enjeksiyon makinası su dağıtım servisine sabitlenir. Sabitleme piminin en büyük özelliği çok çabuk bir biçimde bağlantı yapılabilmesini sağlamak ve su sızdırmazlığını sağlamaktır.

4.2.5.8. Yolluk çekici

Kalıp açıldığında yolluk salkımının yolluk memesinden kurtularak erkek tarafında kalmasını sağlayan elemandır. Bu yolluk dağıtım kanalında açılan ters açılı konik ile sağlanır.

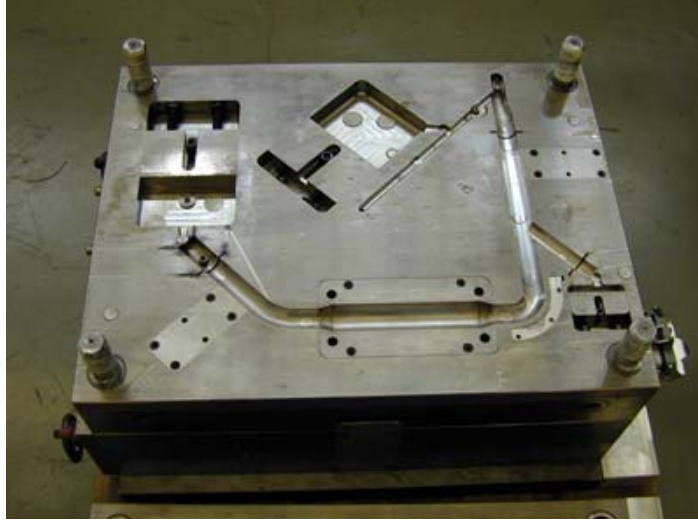
4.2.5.9. İtici pimler

Şapkakalı bir pim olmakla beraber itici plakada sabit olarak yer alır. Görevi kalıp açıldığında itici mekanizmasının çalışmasıyla harekete geçerek erkek çekirdek üzerinde kalmış olan plastik ürünün kalıptan çıkmasını sağlamaktır. İtici plakası ile erkek kalıp plakası arasındaki mesafe iticilerin strokunu belirler. Bu stroka toplam mesafenin %10 u kadar emniyet payı da ilave edilir. İticiler erkek çekirdek lokmalarında hassas yataklanırken erkek kalıp plakasında ve itici plakasında boşta geçer. İtici sayısı, iticilerin yeri ve itici tipi kalıp tasarımcısının başlıca göz önünde bulundurması gereken başlıca husustur. (Güneş,2005)

4.2.5.10. Dişi kalıp

Dişi çekirdek genellikle kalıplanan parçanın dış, kozmetik kısmını çıkaran temel kalıp elemanıdır. Dişi çekirdeğin bulunduğu tarafa dişi veya kalıbın A yarısı denir. Dişi çekirdekler genelde ön ısıl işlem görmüş çeliklere işlenmektedir. Kalıplanan

ürünün özelliklerine bağlı olarak uygun çelik seçimi yapılmalıdır. Genellikle kalıplanan parçanın dış kısmını yani görünen bölgesini oluşturmaktadırlar. Bu nedenden dolayı bu bölgenin polisaj işlemi ayrıntılı işçilik gerektirir. Erkek çekirdek ile beraber ürünün şeklini vermesi açısından en önemli kalıp elemanlarıdır denebilir.



Şekil 4.7. Plastik enjeksiyon kalıbı dişi taraf ve çekirdek ön görünüşü.

4.2.5.11. Merkezleme mili ve burcu

Merkezleme mili ve burcu kalıbın erkek ve dişi plakalarının birbirlerine göre konumlanmasını sağlar. Genellikle kalıbın dişi tarafına merkezleme milleri, erkek tarafına ise burçlar yerleştirilir. Bir kalıpta kalıbın dış kenarına monte edilmiş dört adet mil ve burç bulunur. Mil ve burç setlerinden biri hatalı kalıp kapanmasını önlemek amacıyla diğer üç setteki mil ve burçlardan eksen aralığı kaçık olarak monte edilir. Bu kaçık taraf genellikle kalıbın üst kısmına ve enjeksiyon makinesi operatörünün tarafına gelecek şekilde yerleştirilir.

4.2.5.12. Kalıp plakası bağlantı civataları

Kalıp plakalarını bağlamak amacıyla kullanılmakla beraber genellikle metrik ölçüde, imbus başlı civatalar kullanılır.

4.2.5.13. Hızlı rekor bağlantı elemanı

Erkek tarafta olduğu gibi dişi tarafta da aynı şekilde bulunmaktadır.

4.2.5.14. Yolluk salkımı (sprue)

Erkek tarafta olduğu gibi dişi tarafta da aynı şekilde bulunmaktadır. Yolluk salkımında bulunan koniklik, enjeksiyon makinesi tarafında küçük çapta, yolluk dağıtım kanalında ise daha buyk çapta bulunmalıdır.

4.2.5.15. Mapa delikleri

Kalıp plakalarının ve kalıp setinin komple veya parça parça taşınabilirliğini sağlamak amacıyla mapa delikleri bulunur. Mapa deliği taşınan kısmın ağırlılığıyla orantılı bir çapa sahip olmalıdır.

4.2.5.16. Merkezleme flanşı

Merkezleme flanşı kalıbın enjeksiyon makinesine merkezlenmiş bir şekilde bağlanmasını sağlar. Enjeksiyon makinelerinin flanş boşluğu farklı olup kalıp tasarımcısının tasarım esnasında bu değerini kullanılacak makinenin teknik bilgilerine bağlı olarak ataması gerekmektedir.

4.2.5.17. Kalıp bağlama yuvaları

Bu yuvalar kalıbın her iki tarafına ve enjeksiyon makinasının çalışma eksenine dik gelecek şekilde açılmış olup kalıbın makinaya bağlanmasını sağlar. Bu yuvalara oturtulan pabuç, civatalar tarafından kalıp enjeksiyon makinasına emniyetli bir biçimde sabitlenir. Tasarımcı kalıba açılacak yuvaların boyutlarını üretilecek kalıba uygun olarak tasarlamalıdır. .(Güneş,2005)

4.2.5.18. Standart kalıp plakası

Standart kalıp plakası tüm kalıbı içermektedir. Merkezleme mil ve burçlar, desteklemeler, lokmalar, tüm yardımcı elemanlar örnek olarak hidrolik silindir, vida mekanizması, elektrik bağlantıları gibi standart bir kalıp plakasını oluşturur. Bu standarda erkek ve dişi çekirdekleri ve lokmaları dahil değildir.

4.2.6. Mengene ünitesi

Enjeksiyon olayının sürekli bir olmaması, kalıbın ürünün çıkması için açılmasını ve sonraki baskı için tekrar kapanmasını gerektirmektedir. Mengene ünitesinin görevi, kısaca kalıbın açılıp kapanmasını sağlamaktır. Plastiğin çok yüksek basınçlarda kalıba enjekte edilmesi sebebiyle mengene ünitesi, kalıbı enjeksiyon ve tutma basınçları safhasında sıkıca kapalı tutmalı, kalıbın açılıp çapak yapmasını önlemelidir.

Günümüzde en çok bilinen üç çeşit mengene sistemi vardır. Bunlar :

- Mekanik mengene sistemi
- Hidrolik mengene sistemi
- Hidromekanik mengene sistemi

4.2.6.1. Mekanik mengene sistemi

Mekanik mengene sistemlerinde gerekli mengene hareketleri ve kapama kuvveti, mekanik sistemin kinematiği sayesinde sağlanır. .

Mekanik mengineleler kendi içlerinde iki gruba ayrılır:

Tek kollu mekanik mengineleler : Kalıp kapanmasını tek bir makas çiftiyle yapan mengene türüdür. Küçük kapatma kuvvetleri için kullanılır. Kapatma kuvveti arttığında parça tasarımı, üretimi ve montajı açısından daha kolay olacağı için çift kollu mekanik mengineleler tercih edilir.

Çift kollu mekanik mengineleler : Tek bir makas çiftinin kalıp kapatma kuvvetini sağlayamayacağı durumlarda kullanılır. Halen en yaygın olarak kullanılan mengene türüdür.

Mekanik menginelelerin tercih edilme nedenleri şunlardır:

1. Mengene hareketleri daha hızlıdır.
2. Hidrolik pistonları daha küçüktür, daha az yağ gerektirir.
3. Makine boyu daha küçüktür.

4. Kontrol sistemi daha basittir.

5. Hidrolik basınç ve debi daha az olduğundan hidrolik elemanlar daha küçük ve daha ucuzdur.

4.2.6.2. Hidrolik mengene sistemi

Hidrolik mengene sisteminin yapısı mekanik sistemlerden tamamıyla farklıdır. Bu sistemin belirgin özelliği, mengene kapama kuvvetini sağlayan büyük silindirlerdir. Bir de bu sistemlerde genelde ana silindirden daha küçük olup büyük yağ kütlelerine gerek kalmadan yüksek basınçta açma kapama işlemini yapan yardımcı silindirler vardır. Kapama kuvvetini ana silindirdeki yağın oluşturması ve yağın çeliğe oranla daha az rijit olması, hidrolik sistemlerde kalıbın mekanik sistemlere oranla daha fazla deforme olmasına neden olmaktadır.

Hidrolik menginelelerin tercih edilme nedenleri şunlardır:

1. Kalıp kapatma kuvveti ile oynama imkanı daha fazladır. Gerektiğinde daha az enerji harcayarak yeterli kalıp kapatma kuvveti elde edilebilir.
2. Kalıp takılırken veya çalışırken kalıp kapatma noktasını ayarlamak daha kolaydır.
3. Parça sayısı ve bu parçaların sürtünme aşınmaları daha azdır. Bu nedenle bakım maliyeti daha düşüktür.
4. Özel üretim şekilleri ile çalışmak mümkündür.
5. Mengene kuvveti ile enjeksiyon kuvveti aynı ekseninde olduğundan kalıp açılması ve çapak riski daha düşüktür.
6. Kolon arası kalıp boşluğu mekanik menginelelere göre daha geniş tutulabilir.

4.2.6.3. Hidromekanik mengene sistemi

Özellikle büyük makineler için, hidrolik sistemde hareket ettirilen büyük miktarlardaki yağ azaltmak ve sisteme hız kazandırmak için, sisteme ekstra mekanik elemanlar dahil edilmiştir. Bu sistemlerde kapama işlemi bir veya birkaç küçük ama uzun stroklu hidrolik silindir tarafından sağlanır. Kilitleme kuvveti, küçük stroklu ve geniş etki alanına sahip bir hidrolik piston tarafından uygulanır. Böylece yağın gereksiz dolaşımı da önlenmiş olur. Buna ek olarak bu sistemlerde kilitleme kuvvetine, düşük hacimli hidrolik pistonları sayesinde, hidrolik mengene sistemlerine oranla daha hızlı ulaşılır.

Hidromekanik menginelemlerin tercih edilme nedenleri şunlardır:

1. Büyük mengene kuvvetleri sağlayabilirler.
2. Uzun mengene hareketleri az yağ kullanılarak yapılabilir.
3. Kalıp kapama için gereken kuvvetin sağlanması az miktarda basınçlı yağla mümkündür.

4.3. Enjeksiyon Makinesi Hidrolik Sistemi

Enjeksiyon kalıplama makinesinin işlevi hidrolik sistemin elektrik motorundan gelen gücü çeşitli hareketli parçalara iletmek ve gücü kontrol etmektir. Elektrik kontrol sistemi yönü, kuvveti, hızı ve makine döngüsünü sıralamak için hidrolik sistemi düzenler. Hidrolik sistemin temel bileşenleri:

1. Akışkan deposu
2. Pompalar
3. Vanalar
4. Silindirlere
5. Hidrolik motorları

Hidrolik akışkanı gücü hidrolik sistem boyunca iletir ve pompaları ve vanaları yağlar. Makine üreticisinin veya hidrolik-donanım tedarikçisinin önerilerini takip etmek kullanılacak akışkanı seçmede önemlidir. (Kamal, Z.)

Hidrolik hatlar, çevrimin içinde sıvı bir bileşenden diğerine giderken, geçiş yolları oluşturur. Bu hatlar çelik tüplere, hortumlara veya hidrolik yağın delinmiş manifold boyunca akışına benzetilebilir. Depo hidrolik akışkan için saklama tankı görevi görür. Ek olarak, depo akışkanın içindeki safsızlıkların çökmesine izin vererek sürekli temiz kalmasına ve aynı zamanda türbülansı ve atık ısıyı minimize eder.

4.3.1 Hidrolik pompa

Pompa akışkanın hatlarda itilmesini sağlar. Pompalar genellikle enjeksiyon kalıplama makinelerin balanslarının yapılmasında kullanılır - paletli tipi ile. Pompa ünitesi olan kutu(kovan) kam halkası, oluklu rotor, ve kanatlar içerir ve aşınma plakası ile basınç plakası arasında durur. Hücreler her iki bitişik kanatlardan, halka rotor, ve yan plakalardan oluşur. Pompa döndüğünde her hücrede hacim genişler veya daralır çünkü kam halkasının yüzey yanayı rotor boşluğunun içine ve dışına kanatları iter. Yan plakalardaki delikler pompanın giriş deliğine bağlanır, dönen kovana giren yağ hücreleri artan genişlikte doldurur.

Yan plakalardaki diğer delikler pompanın çıkışına bağlanır ve gelen yağ hücrenin hacmi azalmaya başladığında dönen kovandan boşaltılır. İki giriş bağlantısı taban tabana zıt bir şekildedir çünkü iki basınç bağlantısı hidrolik basıncı sağlar buda basınçtan kaynaklanan bütün yükleri tasfiye eder, sonuç olarak pompada uzun ömrü ve az tamirata sağlar.

Pompa yüke dönel hareketi bildirdiği için pompaya dönel akışkan motoru da denir. Genellikle, aşırı hız aralıklarının ayarlanmasına izin verilir ve iyi beygir gücüne iyi ölçü oranı ve ağırlığa sahiptirler. Akışkan motorları darbe olmadan yük baskısı altında kabiliyetlerini gösterebilirler. (Kamal, Z.)

4.3.2 İşletme vanaları ve kontrolü

Hidrolik devredeki maksimum basınç boşaltma vanası ile limitlendirilir. Pompa pozitif yer değiştirme ünitesi olduğundan, pompa sürekli olarak akış karşılaştığı dirençlere aldirmaksızın yağı dışarı atar. Boşaltma vanasının hidrolik sistemi korumak ve makineye fazla gelen basınçlara karşı koymak için fazla yağı tanka geri göndermek için bypass'ına ihtiyaç duyulur.

Yüksüzleştirme vanası akan yağı bir pompadan atmak için kullanılır ve aynı zamanda basıncı başka bir pompa ile tutar. Bu tip pompalar basınç küçük hacim pompası ile tutulurken aynı zamanda geniş hacim pompasının yüksüzleşmesinden kaynaklı ısıyı ve gücü muhafaza etmek için genellikle çift pompa ile kullanılır.

Kontrol vanası akışın tek yönlü olmasını sağlar ve farklı yönde ilerlemesini önler. Hafif yay rulmanı kendi yuvasında tutar. Basınç giriş bağlantısında basınç yay kuvvetini geçerse, rulman yuvasını kaldırır ve akış giriş bağlantısından çıkış bağlantısına geçer. Ters yönde ise, basınç çıkış bağlantısına uygulandığında yay basıncına eklenir, rulman tutulur kapanır sonuç olarak da ters yönlü akış olmaz. Akış kontrol vanası ve boşaltma vanası hidrolik hatta akış hızını düzenler ve maksimum basıncı sınırlandırır. Enjeksiyon kalıplama makinelerinde genellikle öğütücüyü çalıştıran hidrolik motorun hızını kontrol etmede kullanılır. (Kamal, Z.)

Selonoid işletme yön vanaları yağ akışının yönünü kontrol eder. Bunlar selonoid işletme veya seloniod kontrol ve pilot işletme de olabilir.

4.3.3 Hidrolik motorlar ve silindirler

Hidrolik motorlar hidrolik enerjiyi (basınç ve akış) mekanik enerjiye dönüştürmede kullanılır. Bunların çalışmaları pompaların tersidir. Yağ deliğe ittirildiği ve başka birinden boşaltıldığı zaman, motor bir yönde döner.

Eğer akış yönü tersine çevrilirse, motorun dönme yönü de değişir. Motor çalışana kadar merkezkaç kuvveti oluşmadığından, yaylar vanaların arkasına tutması için halkalara karşı yerleştirilir. Motorların aksine silindirler hidrolik enerjiyi mekanik enerjiye çeviren lineer aktüatörlerdir. Silindirin sonuna etki eden yağ piston ve rodun tek yönde hareket etmesine neden olur. Eğer yağ akışı tersine dönerse hareket de tersine döner.

4.3.4 Hidrolik akışkan

Eğer kalıplama makinesinin ısıtma silindirini sistemin kalbi gibi görürsek, hidrolik yağ hatları ise damarlardır. Yağ seçimi çok önemli bir faktördür, bu sebeple yağ seçileceği zaman bir dizi önemli konu ele alınmalıdır.

4.3.5 Hidrolik aksesuarlar

Bütün modern kalıplama makineleri gerekli filtre sistemleri ile donanmıştır ve herhangi bir iyi bakım programının bir bölümü bu sistemlerin düzenli incelenmesini içerir. Hidrolik akışkanı uygun tank seviyesinde tutmak, enjeksiyon makinesinin uygun sıcaklık seviyelerinde çalıştığına emin olmak, ve yağın önceden temizlendiğinden filtre edildiğinden emin olunmak makinenin sorunsuz çalışması açısından önemlidir.

4.3.6 Plastik enjeksiyon makinelerinde hidrolik sistemlerde olası hatalar ve çözüm yolları

Çizelge 4.1. Hidrolik sistemde olası hata ve çözüm yolları			
	Belirti	Olası Hata	Çözüm
Hidrolik Sistem	Pompa gürültülü	a.Emme kısmında hava sızıntısı b.Bağlantı arızalı c.Motor arızalı d.Pompa arızalı	a.O ringi kontrol et b.Kauçuk contayı kontrol et c.Motoru kontrol et d.Pompayı kontrol et
	Sistem basıncı yok	a.PV paneli arızalı yada ayarsız b.PV sigortası arızalı c. Vananın elektrik tertibatı gevşek d.Vana arızalı	a.PV panelini ayarla b.Sigortayı kontrol et c.Vana bağlantı kablosunu kontrol et d.Vanayı onar yada değiştir
	Basınc dengersiz	a.Vana içinde hava var b.Emme borusunda hava sızıntısı c.Yağ akışkanlığı çok düşük yada çok yüksek d.Yağ kirli / bozuk	a.Vana içindeki havayı tahliye et b.Emme borusunu kontrol et c.Yağ sıcaklığını 20-50 C ye ayarla d.Hidrolik yağı değiştir
	Operasyon esnasında titreşim	a.Sistem hattında hava var b.Yağlayıcı yeterli değil c.Hidrolik silindir arızalı	a.Silindir yada sitem hattındaki havayı tahliye et b.Yağlayıcı ekle c.Hidrolik silindiri kontrol et
	Makine çalışmıyor	a.Basınç yetersiz b.Akış yetersiz c.Yönlendirme vanası sinyal vermiyor d.Hidrolik silindirde sızıntı var e.Geri emiş basıncı çok yüksek	a.Basıncı arttır b.Akışı arttır c.Sinyal kablosunu & terminali kontrol et d.Yağ kaçağını kes e.Geri emiş basıncını düşür
	Hidrolik sistemde sızıntı	a.Yağ boru hattı bağlantısı gevşek b.Hidrolik hortumu eskimiş	a.Gevşekliği/kaçağı önle b.Hidrolik hortumu değiştir
	Silindirde sızıntı	a.Vida gevşek b.Silindir yağ contası arızalı	a.Kaçağı önle b.Silindir yağ contasını değiştir

4.4. Enjeksiyon Makinesi Kontrol Sistemi

Enjeksiyon makinesi bir bütün olarak tüm fonksiyonlarını takip ve belli bir sıraya göre koordine edebilecek, çalışma parametrelerini gözlemleyip sabit tutabilecek ve enjeksiyon çevriminin her safhasını optimize edebilecek olan bir sisteme, yani kontrol sistemine ihtiyaç duyar. Çünkü bir enjeksiyon makinesindeki tüm fonksiyonlar her makinede olması gerektiği gibi belli bir sıraya göre gerçekleştirilmeli, her fonksiyonun başlama ve bitiş zamanları ve konumları kontrol altında tutulmalı ve takip edilmelidir.

Bir enjeksiyon makinesinde açık veya kapalı devre kontrolüyle denetlenmesi gereken bazı fonksiyonlar;

- Kovan sıcaklığı,
- Eriyik malzemenin sıcaklığı,
- Varsa sıcak yolluk sistemlerinin sıcaklığı,
- Kalıp sıcaklığı,
- Vidanın dönüş hızı (ürün alma işlemi için)
- Enjeksiyon hızı ve
- Tutuma basınçlarıdır

4.5. Aksesuar Elemanlar

Çevre birimleri sayıları, tipleri, görevleri ve tasarımları ile geniş bir kümeyi tanımlar. En çok tanınan elemanlar olarak şunları sayabiliriz.

4.5.1. Kırma makinesi (granülatör)

Yolluk, çapak ve firelerin kırılarak tekrar kullanılmasını sağlar.



Şekil 4.8. Granülatör

4.5.2. Kurutma fırını

Nemli hammaddenin kullanılabilmesini sağlar; tavalı, huni üstü, vakumlu gibi pek çok türü vardır. Makineye, hammaddeye ve ürüne uygun olan türünü seçmek gerekir.

4.5.3. Hammadde besleyici

Hammaddenin makineye doldurulmasının otomatikleştirilmesinde kullanılır.

4.5.4. Silo

Sürekli olarak aynı hammaddeyi kullanan tesislerde, hammadde deposu olarak kullanılır.

4.5.5. Robotlar ve ambalaj üniteleri

Ürünü kalıptan çıkarmak, ambalajlamak ve kalite kontrolü yapmakta kullanılır.

4.5.6. Soğutucular (su soğutma kuleleri ve su depoları)

Makine yağını ve kalıbı soğutmak için kullanılan soğuk suyu temin ederler.

4.5.7. Kompresörler

Çeşitli işlemlerde gerekebilecek basınçlı havayı sağlarlar.

BÖLÜM 5

PLASTİK ENJEKSİYON TEKNOLOJİSİ

5.1. Plastik Enjeksiyon Nedir?

Şu anda plastik malzemeleri biçimlendirmede “basınçlı kalıplama, döner kalıplama, döküm kalıplama, basınçta ısı ile biçimlendirme, şişirme ve enjeksiyon kalıplama vb..” teknikler kullanılmaktadır. Püskürtmeli kalıplama ya da enjeksiyon kalıplama da denilen plastik enjeksiyon işlemi, plastik eşya üretiminde kullanılan ve kullanımı her geçen gün diğerlerine göre artan en önemli metotlardandır. Hammaddenin tek bir işlemle kalıplanabilmesini sağlaması ve birçok durumda imal edilen ürün için son işlem uygulamaları gerektirmemesi, bu metodu seri mal üretimi için oldukça uygun bir hale getirmektedir.

Plastik enjeksiyon işleminin önemli avantajlarından bir, bu metotla, otomize edilmiş üretim hatlarının bir tek basamağında bile çok kompleks yapılara sahip ürün elde edilebilmektedir. Oyuncaklar, otomobil parçaları, ev eşyaları, çeşitli elektronik parçaları gibi günlük hayatta rastladığımız plastik ürünlerin birçoğu plastik enjeksiyon işlemi ile üretilmişlerdir.

5.2. Plastik Enjeksiyon Yönteminin Aşamaları

Enjeksiyonla kalıplama yönteminin esası, kalıplanacak plastik malzemeyi homojen olarak kalıplama sıcaklığına kadar ısıtmak ve piston yardımı ile meme ve yolluk sisteminden geçirerek ısıtılmış kalıp boşluğuna basınçla enjekte etmektir. Bu yöntem tüm plastik malzemelere uygulanabilmektedir. Enjeksiyonla kalıplama yöntemi, toz veya granül hâldeki plastik malzemeyi, homojen olarak ısıtan, çeşitli katıkları homojen olarak karıştıran ve istenen biçime getiren en hızlı kalıplama yöntemidir. Bu nedenle parça halindeki mamullerin imalinde en çok plastik enjeksiyonla kalıplama yöntemi kullanılmaktadır.

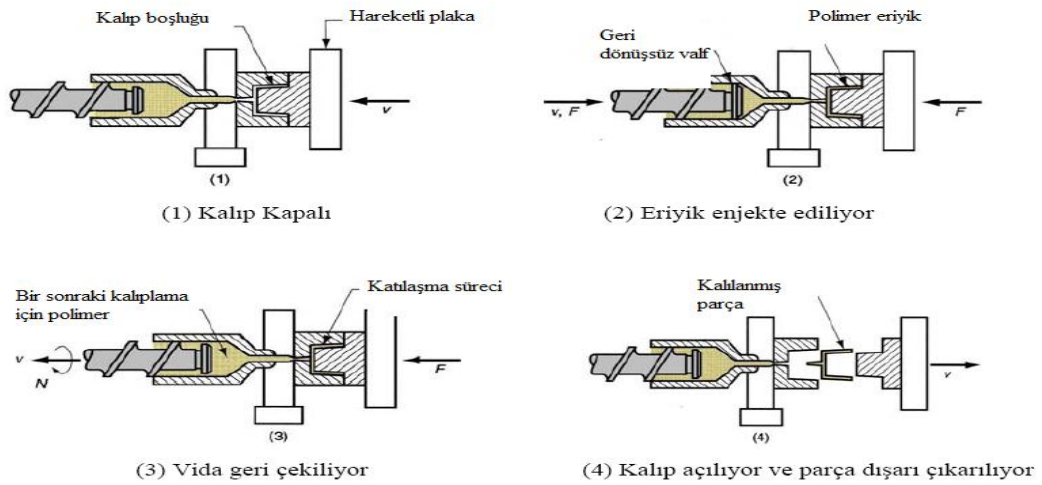
Enjeksiyon kalıplama yöntemi her biri kısmi olarak bir sonraki safhayı da giren çeşitli aşamalardan oluşmuştur. Yöntemin nasıl işlediğini ve her safhanın parça kalitesini nasıl etkilediğini anlamak için bu safhalar kısaca anlatılmıştır. (Birinci, 1997)

1. Çevrim kalıbın kapanması ile başlar.

2. Makinenin plastik ünitesi lüle kalıbın yolluk burcuna dayanana kadar ileri doğru hareket eder. Bu safha sıcak yolluk sistemli kalıplarda atlanabilir. Konvansiyonel yolluk sistemlerinde ise makine enjeksiyon lülesi kalıbı ısıtmaması için enjeksiyon işlemi bittikten sonra geriye çekilmelidir.

3. Makine enjeksiyon lülesi ile yolluk burcunun teması sağlanır sağlanmaz plastik ünitesi basıncı arttırmaya başlar ve artık enjeksiyon işlemi başlayabilir. Bu safha parça boyutuna ve işlem sırasına göre birkaç saniye kadar devam edebilir. Enjeksiyon safhası süresince oluşan koşullar kalite açısından parçanın bazı önemli karakteristiklerini etkiler.

4. Tutma (ütüleme) basıncı safhası enjeksiyon safhasını takip eder. İşlemin bu safhası boyunca plastik ünitesi vidasının aksel hareketi, kavite içinde soğumadan dolayı meydana gelen çekmeyi azaltmak için yeteri kadar malzemeyi kaviteye sokabilmek amacıyla yavaştır. Bu safha parçanın ağırlığını, boyut hassasiyetini ve iç yapısını etkilemesi açısından yöntemin en önemli safhalarından biridir. Enjeksiyon ve tutma safhalarında plastik ünitesi kalıp ile temas halindedir.



Şekil 5.1. Plastik enjeksiyon aşamaları (Turaçlı,2003)

5. Tutma (ütüleme) basıncı safhasından sonra makine lülesi geriye çekilir. Plastik ünitesi geri geldikten sonra bir sonraki çevrim için plastikleşme (plastikasyon) işlemi başlar. Ancak bu durum makine lülesinin plastik ünitesi geri geldikten sonra kapanabilir tip olması durumunda mümkündür. Eğer lüle açık tip bir lüle ise, plastikleşme süreci lüle yolluk burcuna temas edince başlar. Uygun seçilmiş olan bir makinede plastikleşme safhası kalıbın soğuması tamamlanmadan önce biter. Pratikte bu faz parçaların cidar kalınlığına ve plastikleştirilecek malzemeye bağlı olarak tamamlanır. Eğer makinenin plastikleşme performansı yeterli değilse çevrim zamanı plastikleşme zamanı tarafından belirlenir ve üretim maliyeti artar. Plastikleşme safhasını takiben parça yeterli mekanik kararlılığa ulaşana kadar soğutulur.

6. Enjeksiyon kalıplama çevriminin en son safhasında kalıp açılır ve parça kalıptan çıkartılır. Bundan sonra artık bir sonraki çevrim başlar.

Tüm safhaların zamanları toplamından oluşan çevrim zamanı parça maliyeti açısından kritik bir önem taşır. Tüm safhaların sürelerinin mümkün olduğu kadar kısaltılabilmesi için belirli bir çaba gereklidir ve tüm makine ve kalıp hareketleri mümkün olduğu kadar kısa sürelerde gerçekleştirilmelidir.

5.3. Plastik enjeksiyonda Ürün Kalitesine Etki Eden Makine Kontrol Parametreleri

Ürün geometrisi ve malzeme özellikleri yanında, enjeksiyon prosesinin kendisinin de ürünün ve son özelliklerinin üzerinde kesin etkileri vardır. Belki kalıp tasarımındaki hatalar kolay kolay düzeltilemez ama bu hataların prosese etkileri belli oranlarda azaltılabilir ve istenen kalitede ürünler imal edilebilir. Kalıp haricinde çevre şartlarının ve makine çalışma parametrelerinin bilinmesi de yüksek kalitede ürün imali için şarttır. Bu bölümde plastik enjeksiyon prosesinde ürün kalitesi üzerine etki eden makine kontrol parametreleri açıklanmıştır (Birinci, 1997)

5.3.1. Enjeksiyon zamanı

Enjeksiyon zamanı, kalıba malzemenin dolmaya başladığı anla tutma basınçlarının uygulanmaya başladığı an arasındaki safhadır. Bu safha genelde hız kontrollü olarak gerçekleştirilir. Yani helezon, malzemeyi 5 ile 10 basamak arasında

değişen bir hız profili ile kalıba iter. Hız profili de diğer işlem parametreleri gibi malzemeye ve kalıba (yani parçaya) göre ayarlanmalıdır. Genelde malzemenin kalıba enjeksiyonu düşük bir hızda başlar, zamanı kısaltmak için hız artırılır ve kalıp boşluğu tam dolmadan hız tekrar azaltılır. Başlarken ve biterken enjeksiyon yapılan hızların düşük tutulması, kalıba herhangi bir zarar vermemek içindir. Her malzeme, makine ve kalıp (yani ürün) için bir optimal enjeksiyon zamanı aralığı vardır. Bu zaman aralığı özellikle ekonomik sebeplerden dolayı çok önemlidir. Enjeksiyon zamanının çok kısa tutulması birim zamanda daha büyük miktarda hacim akışı gerektirdiği için, yüksek basınç kayıplarına neden olur. Çok uzun enjeksiyon zamanı ise, kalıp duvarına yakın eriyiğin katılaşmaya başlamasından dolayı serbest kanal kesit alanının azalmasına, dolayısıyla yüksek basınç kayıplarına neden olur. Bu sebeplerden dolayı enjeksiyon zamanının minimum basınç değerlerini sağlayacak şekilde ayarlanması (Birinci, 1997)

Çıkan ürünün iyi kalitede olmasının şartlarından biri de kalıp içindeki malzemenin ortalama sıcaklığının kalıbın her tarafında sabit tutulmasıdır. Eğer enjeksiyon zamanı kısa tutulursa, malzeme akış yolunun sonundaki (uç noktasındaki) sıcaklık, malzemenin ilerleyişi sırasında meydana gelen iç sürtünmeden dolayı enjeksiyon sıcaklığından daha yüksek olabilir. Yani kalıp boşluğunda akan malzemenin maruz kaldığı sürtünme, sıcaklığını artırır. Enjeksiyon zamanı uzun tutulursa da tam tersi meydana gelir, yani akış çizgisinin uç noktasının sıcaklığı enjeksiyon sıcaklığından düşük olabilir. Oysa enjeksiyon sıcaklığıyla malzeme akış çizgisinin uç noktasındaki sıcaklığın aynı olması ürünün boyutsal kararlılığı açısından önemli olup bunu sağlayan ortalama bir enjeksiyon zamanının olduğu da unutulmamalıdır (Birinci, 1997)

5.3.2. Enjeksiyon hızı

Vida piston gibi hareket ettiğinde, kalıbın dolma hızıdır. İnce kısımları olan parça, imalatında yüksek enjeksiyon hızı kullanımı kalıbı plastik donmadan doldurmak için gereklidir. Fakat kalın kısımları olan parçada daha iyi yüzey yavaş enjeksiyon hızı kullanılarak elde edilir. Kalıp doldurma esnasında enjeksiyon hızı programlanabilir. Bu ayar kapalı veya açık devre sistemiyle yapılabilir (Şeker,1999)

Makine ayarında hangi enjeksiyon hızı kullanılırsa kullanılsın enjeksiyon süresiyle birlikte kayıt edilmelidir. Bu zaman ilk enjeksiyon basınç değerine ulaşmak

gereklidir ve vidanın ileri hareket zamanının bir parçasıdır. Modern enjeksiyon makinelerinin çoğu kapalı devre sistemiyle baskı süresini kontrol eder. Vidanın pozisyonu sensör kullanılarak takip ve zamana göre grafik şeklinde kayıt edilebilir. Sensörden gelen bilgi kontrol paneline gönderilir ve bu bilgiyle kontrol ünitesi yüksek enjeksiyon basıncını uygulayarak sabit baskı sağlar.

Dolma esnasında basınç gittikçe artar çünkü kalıbın dolması esnasında akışkanlık direnci artar. Kalıp dolmasının belirli bir noktasında örneğin kalıp hemen hemen dolarken veya yolluk girişi donarken akışkanlığa direnç oldukça yüksektir ve vidanın bu oranda basınç vermesini beklemek gerçekçi değildir. Bu noktada kontrol, hız kontrolden basınç kontrole değiştirilir. Bu noktada hızdan basınca geçiş noktası “(VPT-velocity pressure transfer point)” diye bilinir.

5.3.3. Enjeksiyon basıncı

Kalıbı doldurma esnasında yüksek hızla kalıbı doldurmak için yüksek basınca ihtiyaç duyulur. Kalıp dolduktan sonra yüksek basınç gerekli değildir veya arzu edilmeyebilir. Birçok baskıda yüksek ilk basıncı düşük ikinci basınç (ütüleme) takip eder. Asetal, naylon gibi bazı yarı kristal termoplastiklerin baskısı esnasında bu ikinci basınca ihtiyaç olmayabilir. Çünkü ani basınç değişimi kristal yapıda istenmeyen değişikliğe sebep olur. Oryantasyon (moleküllerin yönlendirilmesi ki bu özellikle plastiğin akış yönünde olur) oranının azaltılması önemlidir. Bunun için kalıp mümkün olduğu kadar çabuk doldurulmalıdır ve erimiş plastik soğutulurken sürtünmemelidir. Çünkü bu durum, plastiğin soğuk ve uzayarak (creep) akışı demektir ki hiç de arzu edilmez (Şeker,1999)

Eğer hızdan basınca geçiş noktası (VPT) yanlış pozisyonda ayarlanırsa yani hızdan basınca geçiş çok erken olursa bu duruma sebep olur. Yolluk girişi donmadan ve enjeksiyon basıncı yeterince yüksek olarak kalıp yavaşça dolar. Bu da baskıda yüksek dahili gerilime sebep olur. Çünkü kalıp yavaşça doldurulurken soğumayla baskıdaki oryantasyon seviyesi maksimumlaşır. Bu durumlar enjeksiyon basıncı kalıp doldurma hızı ile birlikte artırılarak üstesinden gelinir.

Hızdan basınca geçiş noktasının (VPT) kesin olarak ayarlanması çok önemlidir. Eğer bu şart yerine getirilmezse değişik yapılarda baskıya sebep olur. Enjeksiyon baskısında baskının aynı özelliklerde yapılması büyük önem arz eder. Farklı yapıya sahip baskı hiç arzu edilmez. Hızdan basınca geçiş noktasındaki (VPT) değişim aşağıdaki özellikler değerlendirilerek tespit edilir:

1. Vida pozisyonu,
2. Hidrolik basınç, (hat basıncı olarak da bilinir),
3. Nozzle (meme) basıncı, (erimiş plastik basıncı olarak da bilinir),
4. Kalıp boşluğu (cavity) basıncı, (CPC olarak da bilinir),
5. Kalıp açma gücü,
6. Kalıp açma pozisyonu

Hızdan basınca geçiş noktası (VPT), duruma uygun kalıp boşluğu basıncı (CPC) istenilen yerde kontrol için kullanılabilir. Kalıbın içindeki, basınç, çekmeyi ve baskı ağırlığını kontrol eder. Kalıp boşluğu basıncı (CPC) kullanımı çok kalıbı olan fabrikalar tarafından belirtilen sebeplerden dolayı kullanılamazlar. Çünkü kalıpta değişikliğe ihtiyaç duyar.

Basınç ölçme aletini itici blok içine yerleştirmek zordur. İtici pimlerin boyutlarındaki farklılıktan dolayı ayarlama, kalibre etme problemleri vardır. Basınç ölçme aletinin kolayca zarara uğraması ve tamirinin zor olması da bir handikaptır. Hızlı enjeksiyon makinelerinde hidrolik sistemin hızlı bir şekilde karşılık vermemesi nedeniyle hızdan basınca geçiş noktası (VPT) ayarı, kalıp boşluğu basıncı (CPC) kullanıldığında etkili değildir .

5.3.4. Ütuleme basıncı ve zamanı

Ütuleme basıncı; enjeksiyon basıncından hemen sonra, enjeksiyon memesi kalıpla temas halindeyken uygulanır. Enjeksiyon işleminin bu aşamasında, düşük aksel hızda hareket eden, ilerleyen vida; soğuk kalıp duvarlarına temas eden erimiş plastik malzemenin hemen büzülme başlamasını telafi edebilmek için yeterli miktarda erimiş plastik malzemeyi, genelde farklı basınç değerlerinde enjekte etmeye devam

eder. Ütöleme basıncı; parçanın ağırlık, boyutsal hassasiyeti ve iç yapısına önemli etkileri vardır .

Ütöleme basıncının uygulandığı bu zaman dilimine; ütöleme zamanı denir. Ütöleme zamanı gereğinden az olursa; ütöleme basıncıyla birlikte kalıp içersine giren erimiş malzeme de az olur. Bu da; enjeksiyon esnasında kalıp içersine giren ve soğuyarak büzülen malzemenin daha iyi kalitede üretilmesini etkiler. Ütöleme zamanı daha uzun olduğunda; kalıp içersine giren eriyik malzeme daha çok olacaktır. Dolayısıyla ürünün kalitesi de artacaktır .

Ütöleme basınçları safhasının en önemli yönü; uygulanan basınçlar sayesinde, soğumaya başlayan malzemedede termal büzölme (çekme)den dolayı meydana gelmesi muhtemel hava boşluğu ve kanal izlerine, kasılma ve yamulmalara (çarpıklıklara) engel olabilmek için, kalıba malzeme doldurulmaya devam edilmesidir. Tutma basınçları safhası, helezonun belirlenen bir konumundan itibaren başlar ve belirlenen bir süre için devam eder. Tutma basınçları enjeksiyon işlemi biter bitmez, malzeme daha tam soğumadan uygulanmaya başlamalıdır çünkü malzeme kalıp duvarlarına değdiği andan itibaren soğumaya ve hızlı bir şekilde donmaya geçer

Tutma basınçları safhası, basınç kontrollü olarak gerçekleştirilir. Bu da çoğu zaman helezonun 5 ile 10 arası basamakta, farklı değerlere sahip basınçlarla yüklenmesi anlamına gelir. Basınç değerleri ile basınç profili, kullanılan malzemeye, kalıba ve diğer işlem parametrelerine göre ayarlanmalıdır. Basınç profili, üretilecek parçanın büzölme ve yamulma davranışlarını optimize edebilmek için kullanılmalıdır. Enjeksiyondan tutma basınçları safhasına geçiş, ani basınç değişimleri olmaması ve dolayısıyla kalıbın aniden aşırı yüklenmemesi açısından büyük önem taşır (Birinci, 1997)

5.3.5. Eriyik sıcaklığı

Enjeksiyon makinesinde sert plastik granüller enjeksiyon ünitesindeki vida yardımıyla içeri alınır. Bu plastik granüllere, ocak duvarlarından ısı verilir. Ayrıca; vidanın dönmesi de ilave bir ısı sağlar ve plastik bu sayede ısıtılır. Enjeksiyon ünitesindeki bu vidanın geometrisinde; vida ön tarafına doğru dişler azalmaktadır.

Sonuçta; bu azalma yumuşayan plastiğin, erimiş plastiğe geçmesini sağlar. Bu erimiş plastik; enjeksiyon ünitesinin memesine iletilir. Burada; ocak duvarlarından ve vida dönmesiyle elde edilen ısı, eriyik ısıdır. Bu sıcaklığın düşük tutulması; kalıp içerisine gönderilen erimiş plastiğin daha erken soğuyup, kalıplanan parçanın kalitesinin istenilen düzeyde olmasını engeller. Eriyik ısısının daha yüksek tutulması da; erimiş plastiğin kalıp içerisinde daha geç soğumasına ve parçanın kalitesinin arttırılmasına sebep olur .

Ayrıca eriyik sıcaklıkları, parçaların yüzey görünümü üzerinde çok büyük etkiye sahiptir. Çoğu üretici, materyallerin her biri için uygun bir sıcaklık aralığını belirtir. Genellikle eriyik sıcaklığı ne kadar yüksek olursa, kalıp sıcaklığı o kadar yüksek ve yüzey parlaklığı o derece iyi olur. Bununla birlikte eriyik sıcaklığını çok fazla artırmak, bazen parçalarda çukurluklar oluşma ihtimalini arttırır. Özel bir materyalin, tavsiye edilen sıcaklık aralığında yapılan bir dizi parça üretiminde, her bir parçanın ağırlığı belli bir sıcaklıkta maksimum olduğu görülür. Düşük sıcaklıklarda büyük basınç düşüşü nedeniyle parça ağırlığı düşük olacaktır. Eriyik sıcaklığını artırmak basınç düşmesini azaltacak ve böylece parça ağırlığı, maksimum düzeye yükselecektir. Maksimum düzey geçilirse, bundan sonraki sıcaklık artışları vizkoziteyi etkilemekten çok, çekmeyi etkileyecektir ve parça ağırlığı düşecektir .

5.3.6. Kalıp sıcaklığı

Kalıp cidarı sıcaklığı, parça kalitesi işlemin ekonomikliği ve boyut hassasiyeti için çok daha önemlidir. Bu sıcaklık malzemenin ısıl karakteristiğinden başka soğuma zamanını da belirlemektedir. Burada kalıp cidarı yüzeyinin sıcaklığı, kalıp sıcaklığı olarak kabul edilmekte ve mevzii sıcaklık değişimleri dikkate alınmamaktadır. Cidar kalınlığı 2.5 mm den daha ince olan ince kesitli parçalarda enjeksiyon safhasında hidrolik basınçtaki belirli bir artışın erken meydana geldiğine dikkat edilmelidir. Bu durum, eriyik merkezindeki sıcak eriyiğin kalınlığının büyümesi ve kalıp cidarının soğuma etkisinden olabilir.

Kalıp ısı transfer sistemi termoplastik işleyen makinelerde “kalıp soğutma sistemi”, termoset işleyen makinelerde “kalıp ısıtma sistemi” ismini alır. Bu bölümde, kullanımı termosetlere oranla daha yaygın olan termoplastikler yani kalıp soğutma sistemleri üzerinde durulacaktır (Birinci, 1997)

Soğutma tasarımı kalıbın çevrim zamanını direk etkileyen parametrelerden biridir. Bilindiği gibi çevrim zamanı uzadıkça parça birim maliyeti de o oranda artacak demektir. Parçadan, kalıptan çıkarılmaya uygun hale gelene kadar ısı çekilmelidir. Bu amaca ulaşmak için geçen zamana soğuma zamanı denir. Çekilmesi gereken ısı miktarı ergimiş malzemenin sıcaklığına, parçanın kalıptan çıkarılabileceği sıcaklığa ve plastik malzemenin özgül ısısına bağlıdır. Örneğin bir kalıp 6 saniyelik bir çevrim zamanı ile çalışıyorsa kalıba uygulanacak daha iyi bir soğutma ile bu 5 saniyeye çekilebilir. Daha iyi bir soğutma kalıbın ilk yatırım maliyetini arttırsa bile %17'lik çevrim zamanındaki bu artış kalıbın uzun süreli çalışmasında inanılması zor miktarlarda tasarruf sağlar.

Optimum bir soğutma çözümü için oldukça teorik olan bir çok yaklaşımlar mevcuttur. Bu tür sayısal analiz yöntemleri bilgisayarlar yardımıyla üniversitelerde veya bu konuda uzman firmalarda yapılmaktadır. Bu tür çalışmaların sonucunda kalıp tasarımcıları için pratik bilgiler elde edilebilmektedir. Fakat bu teorik çalışmaları her zaman uygulamaya almak üretim şartları gereği veya ekonomik sebeplerden dolayı mümkün olmamaktadır. Eriyik haldeki plastik malzeme basınçla kalıp boşluğunun içine enjekte edilerek istenen ürün elde edilmiş olur. Ürünün kalıptan çıkabilmesi için itici sisteminin uyguladığı itme kuvvetine karşı yeterli dayanımı göstermesi ve deformasyona uğramadan kalıbı terk etmesi gerekir. Bu sebeple itme çevrimi esnasında plastiğin sıcaklığı enjeksiyon esnasındaki sıcaklığa göre daha düşük olması gerekmektedir. Beraber oda sıcaklığında olmasına da gerek yoktur. Kalıp bir çeşit ısı değiştiricisi görevi görürken kalıba ilave edilen soğutma sistemi de bu etkiyi artırır.

Bu yüzden yüksek üretim kapasiteli kalıplar için bu kayıp zamanın en aza indirilmesi bir zorunluluk olmaktadır. Bununla beraber soğutma tasarımı yaparken tasarımcının göz önünde bulundurması gereken bir çok genel tasarım esasları da vardır.

Plastik malzemelerin enjeksiyon ve kalıp sıcaklıkları oldukça geniş bir aralıkta bulunmaktadır. Bu sebeple tasarımcının ve malzeme tedarikçisinin tecrübeleriyle tavsiye ettiği en uygun sıcaklıklar seçilmelidir. Tecrübeli bir kalıp tasarımcısı kalıplanan ürüne ait plastik malzemenin fiziksel özelliklerinin ve görünüşünün soğutma sistemine bağlı olarak nasıl değişeceğini bilmelidir. Örneğin kalıplanan ürün kırılğan

veya yetersiz parlaklıkta olmasının sebebi çok hızlı soğuma veya çok düşük kalıp sıcaklığı olabilir. Çok yavaş soğumada veya kalıp yeterli soğuklukta olmaması halinde ise üründe istenmeyen kristalleşme gözlenebilir.

Soğutma sıvısı olarak genellikle su kullanılır. Kullanılan suyun kireçli olması kalıbın uzun süreli çalışmasında soğutma kanallarının tıkanmasına yol açabilir. Ayrıca kanal çeperini kaplayan kireç tortusu ısı transferini olumsuz etkileyecektir. Kalıp çıkışında ısınan su kapalı bir çevrim ile soğutma kulesine veya kulelerine gönderilerek kuleler vasıtasıyla sıcaklığı düşürülür ve soğumuş olarak tekrar kalıbın soğutma kanalları girişine gönderilir. Bazı plastik malzemelerde ise ABS veya PC gibi kullanılacak soğutma suyu kalıba girmeden bir ısıtıcıdan geçirilerek sıcaklık belli bir seviyeye getirilir. Çünkü kalıbın sağlıklı çalışabilmesi için kalıbın belli bir sıcaklıkta tutulması gerekmektedir. ABS ve PC kalıp içerisinde çok çabuk akıcılığını kaybettiği için kalıbın sıcak tutulması plastiğin akışını kolaylaştıracaktır. (Şeker,1999)

Su ile soğutmanın uygun olmadığı veya su ile soğutmanın kalıba, ve kalıplanan parçaya zarar verdiği hallerde, basınçlı havayla soğutulur. Basınçlı havayla yapılacak kalıp soğutma sisteminde basınçlı hava, kalıp içerisine açılan kanalları dolaşarak kalıptan ayrılır. Soğutma etkisi, su soğutmalı sisteme oranla daha yavaştır. Bu nedenle genellikle et kalınlığı az ve kalıp sıcaklığının çok fazla değişmesi gerekmeyen kalıplama işlemlerinde, basınçlı havalı soğutma sistemi kullanılır

5.3.7. Sıcak yolluklar ve sıcaklıkları

Plastiklerin enjeksiyon kalıplarında şekillendirilmesinde son yıllarda daha çok sıcak yolluk sistemleri kullanılmaya başlanmıştır. Önemli ölçüde enerji, malzeme ve işçilik kazançları gibi bir çok avantajlar sağlayan bu sistemin giderek gereği ve önemi artmaktadır. Bununla beraber kullanımdan ve bilhassa tasarımdan kaynaklanan hatalar da sıkça karşımıza gelmektedir.

Sıcak yolluk sisteminde eriyik haldeki malzeme, enjeksiyon silindirinden kalıp gözüne kadar olan mesafede sıcaklık ve basınç kaybı olmadan ve hasara uğramadan iletilmektedir. Bu süre boyunca plastik malzemenin; içinde eriyik olarak kaldığı ve böylece giriş memesine kadar uzandığı plakaya manifold (dağıtıcı plaka) denir.

Plastiğin manifold içinde eriyik halde kalmasının sağlanması için, manifoldun ısıtıcılar vasıtasıyla eriyik sıcaklığına kadar ısıtılması ve sürekli bu sıcaklıkta kalmasının temin edilmesi gerekmektedir. Bu ısı kontrolü de termokupllar kullanılarak sağlanır.

Bir termoplastik kalıbın sıcak yolluk sistemi ayrı ve ısıtılan bir manifold olarak düşünülür. 180 °C den fazla olan sıcaklığı ile termoplastik malzemenin ergime sıcaklığı aralığındadır ve bu yüzden ortalama kalıp sıcaklığından 20 ile 120 °C daha sıcaktır. Manifold içindeki yolluklar ergimiş malzemeyi makine plastik ünitesi lülesinden kavite girişlerine kadar sıcaklık kaybı olmadan taşırlar. Basit olarak sıcak yolluklar makine plastik ünitesi lülesinin kavitelere kadar olan devamı olarak göz önüne alınabilirler. Standart yollukların aksine termoplastik malzeme sıcak yolluk içinde sıvı olarak kalır. Bu yüzden yolluğun kalıptan çıkarılmasına gerek yoktur ve bir sonraki çevrim için kullanıma hazırdır. Sıcak yolluk sistemlerindeki temel problem sıcak manifoldun kendisine göre daha soğuk olan kalıptan termal olarak yalıtılmasıdır. Sıcak yolluk sistemleri konvansiyonel yolluk sistemlerinden, hazır olarak monte edilmiş sistemlere geçişteki en önemli ve geniş aşamayı temsil etmektedir .



Şekil 5.2. Sıcak yolluk kontrol modülü

5.3.8. Mengene ünitesi ve basıncı

Enjeksiyon olayının sürekli bir işlem olmaması, kalıbın ürünün çıkması için açılmasını ve sonraki baskı için tekrar kapanmasını gerektirmektedir. İşte mengene ünitesi bu işi yapar. Plastiğin çok yüksek basınçlarda kalıba enjekte edilmesi sebebiyle

mengene ünitesi kalıbı enjeksiyon ve tutma basınçları safhasında sıkıca kapalı tutmalı, kalıbın açılıp çapak yapmasını önlemelidir (Şeker,1999)

5.3.9. İtici ve sıyrıcı sistemler

Plastik ürün kalıp boşluğunda soğuduktan ve kalıp açıldıktan sonra kalıptan çıkarılması gerekir. Bunun için hemen hemen her plastik enjeksiyon kalıplarında bir itici sistemi kullanılır. Sadece birkaç örnek almak için yapılmış prototip kalıplarda pahalı bir itici sistemi uygulamak yerine ürün elle kalıptan alınabilir. Aynı zamanda oldukça büyük ve hacimli, şekil olarak kompleks ürünler de elle veya robot yardımıyla kalıptan çıkarılır.

İtici mekanizmasının çalışması iki türlü olabilir. Bunlar otomatik itme ve yarı otomatik itme sistemleri olarak adlandırılabilir. Otomatik itme sisteminde itme olayının başlaması ve bitmesi tamamen otomatik olarak operatöre ihtiyaç duyulmaksızın olur. Genellikle kalıpların otomatik itme sistemiyle çalışılması tercih edilir. Yarı otomatik itme sisteminde ise operatörün her itme çevrimi bittikten sonra, emniyet kapısını açmak ve kalıp kapanmadan da kapamak zorundadır.

İtme çevriminde temel kural kalıp açıldığında ürünün itme olayının gerçekleşeceği tarafta kalmış olmasıdır. Eğer ürüne yeterli ve doğru bir şekilde çıkış açısı verilmişse ürün istenilen tarafta kalacaktır. Hatta ürünün kalacağı tarafı garanti etmek için kalıbın uygun yerlerine ters aç (undercut) verilebilir.

Enjeksiyon makinelerinde kilitleme mekanizmasının bulunduğu tarafta itici mekanizması da yer alır. Bu sebeple çoğu kalıpta itici sistemi enjeksiyon makinesinin kilitleme tarafına gelecek şekilde yerleştirilir. Üç plakalı kalıplarda da yolluk itici sistemi enjeksiyon tarafında yer alırken, normal iticiler ise kilitleme mekanizması tarafında yer alır. Erkek kalıp plakası ile dişi kalıp plakası arasında ürünün erkek forma takılmadan serbestçe düşebilmesi için yeteri kadar açıklığın bulunması şarttır. Benzer şekilde eğer ürün elle veya robotla alınacak ise erkek ve dişi plakaların bu işlemi güçleştirmeyecek kadar birbirlerinden uzaklaşmış olmaları gerekir. Genel bir kural olarak derin ürünler için strok mesafesi $S=2.5H$, daha derin ve az açılı ürünlerde ise bu değer daha da büyük olabilir. (H:ürün yüksekliği veya derinliği) .

5.4. Plastik Enjeksiyonunda En Çok Kullanılan Hammaddeler ve Kullanım Koşulları

5.4.1. Plastik enjeksiyonunda en çok kullanılan hammaddeler

Çizelge 5.1. Plastik Hammaddeler İçin Kısıltmalar (ARBURG)

Kısaltma	Hammadde	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Termoplastik (T) Termoset (D) Elastomer (E)	Standart		Uyarı
				DIN	VDI/VDE Standart	
ASA	Akrilonitril/stiren/akrilat	1,07	T			
ABS	Akrilonitril/butadiyen/stiren	1,03 1,07	T	16772		ISO/DIS 2580/1
AMMA	Akrilonitril/metilmetakrilat	1,17	T			
CA	Selüloz asetat	1,26 1,22	T	7742		
CAB	Selüloz asetat butirat	1,16 1,22	T	7742		
CAP	Selüloz asetat propiyonat		T			
CN	Selüloz nitrat	1,38	T			
CP	Selüloz propiyonat	1,19 1,23	T	7742		
ETFE	Etilen/tetrafloroetilen	1,70	T			
EVA	Etilen/vinil asetat	0,92 0,95	T, TPE	16778		TPE-O
FEP	Tetrafloroetilen hekzafloropropilen	2,14 2,17	T			
LCP	Likit Kristal Polimer	1,1 1,8	T			
PA 4.6	Poliamid 4.6	1,18	T			
PA 6	Poliamid 6	1,13/1,14	T	16773	2479	ISO/DIS 1874/1
PA 6.6	Poliamid 6.6					
PA 11	Poliamid 11					
PA 12	Poliamid 12	1,04/1,02	T	16773	2479	ISO/DIS 1874/1

Çizelge 5.1. Plastik Hammaddeler İçin Kısaltmalar (Devamı)

Kısaltma	Hammadde	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Termoplastik (T) Termoset (D) Elastomer (E)	Standart		Uyarı
				DIN	VDI/VDE Standart	
PA 6-3-T	Poliamid amorf	1,12	T			
PAA	Poliarilimid	1,43 1,64	T			
PEEK	Polietereterketon	1,27 1,49	T			PEK, PEEK, PEEK
PAI	Poliamid/imid	1,38	T			
PAN	Poliakrilonitril	1,1 1,15	T			Enjeksiyona Kullanılmaz.
PAR	Poliarilat (PAE, APE, PEC)	1,2	T			
PAS	Poliarilatsülfon	1,36	T			
PBT (PTMT)	Polibutulen tereftalat (Politetrametil tereftalat)	1,29	T			
PC	Polikarbonat	1,20 1,24	T			ISO/DIS 7391/1
PCTFE	Poliklorotrifloroetilen	2,10 2,12	T			
PE-LD	Polietlen yumuşak	0,91 0,93	T			HD-PE kısaltması kullanılmaz
PE-HD	Polietlen	0,94 0,96	T	16776 ISO 1872	2474 Bl. 1	ND-PE kısaltması kullanılmaz
PEI	Polieter imid	1,87	T			
PET	Polietlen tereftalat	1,37 (krist) 1,34 (amorf)	T	16779		ISO 7792/1

Çizelge 5.1. Plastik Hammaddeler İçin Kısaltmalar (Devamı)

Kısaltma	Hammadde	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Termoplastik (T) Termoset (D) Elastomer (E)	Standart		Uyarı
				DIN	VDI/VDE Standart	
PFA Kopolimer	Perfloroalkoksi alkan kopolimer		T			
PI	Poliimid	1,42	T, D			Enjeksiyonda kullanılmaz
PIB	Poliizobutilen	0,91 0,93	T			
PMMA	Polimetil metakrilat	1,18	T	7745	2476	ISO/DIS 8257/1
POM	Polioksimetilen, Poliasetol	1,14 1,43	T	16781	2477	
PP	Polipropilen	0,9	T	16774	2474 Bl. 2	ISO 1873
PPA	Poliftalimid	1,26 1,56	T			
PPEM (PPOM)	Polifenilen eter modifiye (Polifenilen oksit mod.)	1,06 1,10	T			
PPS	Polifenilen sülfid	1,34	T			
PS	Polistiren	1,05	T		2471	7741 ISO 1622/1
PSU/PES	Polisülfon/Polietersülfon	1,24/1,37	T			
PTFE	Politetrafloro etilen	2,14 2,20	T, E	16782	2480	Enjeksiyonda kullanılmaz
PUR	Poliüretan	1,14 1,26	T, TPE D, E			
PVAL	Polivinil alkol		T			
PVC Yum. PVC-P	Polivinil klorür, yumuşak	1,2 1,35	T	7749		ISO/DIS 2898/1

Çizelge 5.1.1. Plastik Hammaddeler İçin Kısaltmalar (Devamı)

Kısaltma	Hammadde	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Termoplastik (T) Termoset (D) Elastomer (E)	Standart		Uyarı
				DIN	VDI/VDE Standart	
PVC Sert PVC-U	Polivinil klorür, sert	1,38 1,4	T	7746 7748		ISO 1060 ISO 2798
PVDF PVF 2	Poliviniliden florür	1,78	T			
SAN	Stiren akrilonitril kopolimer	1,08	T	16775		ISO/DIS 4894/1
SB	Stiren/Butadiyen	1,04	T	16771		ISO/DIS 2897/1 PS ve TPE-S blok kopolimeri
SBS SIS	Stiren/Butadiyen/Stiren Stiren/İzopren/Stiren	0,9 1,14	TPE TPE			
SEBS	Stiren/Etilen- Butadiyen/Stiren	0,9 1,14	TPE			
SI	Silikon	1,86 1,88	D, E			
TPE-A	Termoplastik polieter- blokamid	1,01 1,14	TPE			
TPE-E	Termoplastik poliester- elastomer	1,13 1,25	TPE			
TPE-O	Termoplastik poliolefin- elastomer	0,88 1,25	TPE			EP (D) M / PP NBR / PP
TPE-U	Termoplastik poliüretan- elastomer	1,10 1,34	TPE			
VF	Vulkanize Fiber	1,1 1,34 ²	T			

5.4.2. Plastik hammaddelerin plastik enjeksiyonda kullanım koşulları

5.4.2.1. Genel Amaçlı Polistren, GPPS, (Kristal):

Yapı: Amorf

Özgül ağırlık: 1,05 g/cm³

Fiziksel özellikler: Sert, rijit ve kırılımandır, çok iyi elektrik yalıtımı, yüksek boyutsal kararlılığı iyidir ve kolay boyanabilir. Nem emmesi düşüktür, cam şeffaflığındadır, kokusuz ve tatsızdır.

Kimyasal özellikler: Asitlere, alkalın çözeltilere, gres yağlarına, yağlara ve tuzlu çözeltilere, alkollere karşı dirençlidir. Ancak yakıtlara, benzene ve bir çok çözeltiliye karşı dirençli değildir. Kimyasallarla temas halinde yük altında çatlama eğilimi vardır.

Malzemenin tanınması: Çok yanıcıdır, açık sarı alevle yanar, alevi çok dumanlı ve islidir, tipik tatlımsı stiren kokusu vardır.

Eriyik sıcaklığı: 220 – 280 °C

Kalıp sıcaklığı: 15 – 50 °C

Enjeksiyon basıncı: Akış özellikleri iyi olduğundan 800 – 1400 bar gibi yüksek enjeksiyon basınçlarına çoğu kez gerek yoktur.

Ütüleme basıncı: Ütüleme basıncı enjeksiyon basıncının % 30 – 60'ı kadardır, ütüleme basıncı süresi nispeten azdır .(ARBURG)

Geri basınç: 50 – 100 bar. Geri basınç düşük olduğunda eriyikte hava yanıkları ve boşluk oluşabilir (üretilen parçada gri veya siyah çizgiler oluşur).

Enjeksiyon hızı: Genelde hızlı enjeksiyon yapılır, kalıplama şekline bağlı olarak kademeli enjeksiyon profili gerektirir, ince cidarlı kaplar için enjeksiyon hızları olabildiğince yüksek olmalıdır ve mümkünse akümülatör kullanılır.

Vida hızı: Yüksek vida devri (1,3 m/s kadar dairesel hızlar mümkündür). Yine de iyi sonuç için; vida devir hızı, plastikleştirme süreci içinde sağlanacak şekilde ayarlanmalıdır.

Dozaj stroku (min. – maks.): 0,5 – 4,0 D, (D: vida çapı)

Yastıklama: Dozaj strokuna ve vida çapına göre değişir, 2 – 8 mm

Ön kurutma: Kötü depolama koşulları haricinde gerekli değildir, gerektiği durumlarda 80 °C’da 1 saat önerilebilir.

Geri dönüşüm: % 100 kırma malzeme kullanılabilir.

Çekme: % 0,3 – 0,6

Yolluk tipi: İğne yolluk, sıcak yolluk, yalıtımlı yolluk kullanılır, nispeten küçük kesit alanları yeterlidir.

Makine kapatma: Başka bir temizlik malzemesiyle makinayı temizlemeye (kusturmaya) gerek yoktur, PS çok yüksek sıcaklıklara dirençlidir.

Silindir ekipmanı: Standart vida, standart meme ve roket kullanılır.

Darbe Dayanımlı Polistiren, HIPS, (Antişok):

HIPS sadece aşağıda belirtilen özellikler açısından GPPS’den farklıdır;

- Butadien içeriğinden dolayı opaktır (ışığı geçirmez).
- Sert sağlam ve kolayca kırılmaz.

Nem çekmesi GPPS’den fazla olduğundan kurutma gerekebilir.

5.4.2.2. Sert – Polivinil klorür, u-PVC

Yapı: Amorf

Özgül ağırlık: 1,35 g/cm³

Fiziksel özellikler: Sert, rijit kırılabilir, şeffaftan opaklaşmış görünüme, iyi yapışma özellikleri, bazı formülasyonları toksik değildir.

Kimyasal özellikler: Asitlere, alkalın çözeltilere, gres yağlarına, yağlara ve yakıtlara karşı dirençlidir ama benzene ketonlara, esterlere ve leke çıkarıcılara karşı dirençli değildir.

Malzemenin tanınması: Alev geciktiricilidir, kendinden söner, etrafı yanar, dumanlıdır, alevi hafif yaygındır ve hidroklorik asit gibi kokar.

Eriyik sıcaklığı: 210 – 220 °C

Kalıp sıcaklığı: 30 – 60 °C

Enjeksiyon basıncı: 800 – 1600 bar

Ütüleme basıncı: Çok yüksek değerlere ayarlanmamalıdır. Ütüleme Basıncı enjeksiyon basıncının %40 – 60'ı kadardır, kalıplanmış parçaya ve yolluk tipine uydurulmalıdır.

Geri basınç: Isı hassasiyeti açısından doğru ayar en önemli gerekliliktir, vidanın (ısı girişi kapalı) sürtünmesinden oluşan ısı, silindir ısıtma bantlarından daha iyidir, 300 bara kadar geri basınç uygulanabilir.

Enjeksiyon hızı: Enjeksiyon hızı çok yükseğe ayarlanmamalıdır ve malzemenin yüksek sürtünmeye maruz kalmamasına özen gösterilmelidir, üretilen parça çarpılma yapıyorsa ve keskin köşeler içeriyorsa değişik enjeksiyon hızları kesinlikle gereklidir.

Vida hızı: Mümkün olan en düşük değerlere ayarlayınız, maksimum hız 0,2 m/s dairesel hıza denk gelmelidir, düşük vida hızına rağmen dozajlama, soğuma süresinden önce tamamlanmadıysa plastikleştirme hızını azaltın, yüksek ve düzgün tork gereklidir.

Dozaj stroku (min. – maks.): 1,0 – 3,5 D

Yastıklama: Küçük olmalıdır: Dozaj strokuna ve vida çapına bağlı olarak 1,5 mm'dir, silindir monte ederken vidanın eksensel oynamasının minimum olması sağlanmalıdır.

Ön kurutma: 70 °C'da 1 saat (kötü koşullarda saklandığında kurutma gerekir)

Geri dönüşüm: Malzeme ısısız bozunmaya uğramadıysa tekrar kullanımı mümkündür.

Çekme: %0,5 – 0,7 (D: vida çapı)

Yolluk tipi: Film ve diyafram yolluklar avantajlıdır, küçük parçalar için iğne yolluk da mümkündür, yolluk kalıplanan malzemeye bir radüsle birleştirilmelidir.

Makine kapatma: Isıtmayı kapatmak gerekir, basınçsız plastikleştirilmelidir, eriyiğin kovanda bekleme süresi en fazla 2 – 3 dakika olmalıdır, başka bir temizlik malzemesi ile kusturmak gerekir, bu işlemi silindir sıcaklığı 160 °C'a düşene kadar ihtiyaç olan sıklıkla devam ettirmek gerekir.

Silindir ekipmanı: Sert PVC için özel geometrili vida kullanılmalıdır, bazı uygulamalar ısıtma bantları ve hava soğutma fanlı silindirler gerektirir, standart meme kullanılabilir. (ARBURG)

5.4.2.3. Yumuşak – Polivinil klorür, p-PVC

Yapı: Amorf

Özgül ağırlık: 1,1 – 1,4/cm³

Fiziksel özellikler: Esnektir, kauçuğumsu – elastiktir ve toksik değildir.

Kimyasal özellikler: Asitlere, alkalın çözeltilere, deterjanlara, yağlara karşı dirençlidir ama yakıtlara, esterlere ve klorlu hidrokarbonlara karşı dirençli değildir.

Malzemenin tanınması: Alev geciktiricilidir, dumanlı yanar, etrafı yeşil olan hafif yaygın alevle yanar ve hidroklorik asit gibi kokar.

Eriyik sıcaklığı: 200 – 210 °C

Kalıp sıcaklığı: 30 – 50 °C

Enjeksiyon basıncı: 800 – 1200 bar

Ütöleme basıncı: Ütöleme basıncı gerekli enjeksiyon basıncının % 30 – 50'sidir.

Geri basınç: 50 – 100 bar

Enjeksiyon hızı: İyi yüzey kalitesi elde etmek için, enjeksiyon çok yüksek bir oranda olmamalıdır (eğer gerekirse kademeli enjeksiyon profili uygulanabilir)..(ARBURG)

Vida hızı: Orta vida hızına ayarlanır, maksimum dairesel hız 0,5 m/s'dir

Dozaj stroku (min. – maks.): 1,0 – 3,5 D, (D: vida çapı)

Yastıklama: Dozaj strokuna ve vidalama çapına bağı olarak 2 – 6 mm

Ön kurutma: Gerekli değildir, ancak malzeme kötü koşullarda saklandığında 70 °C'da 1 saat kurutulmalıdır. (ARBURG)

Geri dönüşüm: Malzeme ısısız bozunmaya uğramadıysa tekrar kullanımı mümkündür.

Çekme: % 1 – 2,5

Yolluk tipi: Küçük parçalar için iğne yolluk kullanılabilir, yolluk parçaya bir radüsle birleştirilmelidir.

Makine kapatma: Isıtmayı kapatmak gerekir, geri basınç olmadan birkaç sefer ekstrüzyon çevrimi yapılmalıdır.

Silindir ekipmanı: Standart vida, standart meme ve roket kullanılır.

5.4.2.4. Polikarbonat, PC

Yapı: Amorf

Özgöl ağırlık: 1,2 g/cm³

Fiziksel özellikler: Sert, mukavim, - 100 °C'a kadar darbe dayanımı, yük altında deformasyon sıcaklığı yüksekti, cam şeffaf, toksik değildir, kolay boyanabilir, su çekmesi az, dış ortam dayanımı iyidir.

Kimyasal özellikler: Yağlara, yakıtlara, sulandırılmış asitlere ve alkollere dayanıklı; güçlü asitlere alkalın çözeltilerine benzene dayanıksızdır.

Malzemenin tanınması: Alev geciktiricilidir. Alev çekilince söner, parlak sarı ve dumanlı yanar, kömürleşir. Kabarcıklar oluşur. Tipik bir kokusu yoktur.

Eriyik sıcaklığı: 280 – 310 °C

Kalıp sıcaklığı: 80 – 110 °C

Enjeksiyon basıncı: Malzemenin akışkanlığının düşük olmasından dolayı 1300 – 1800 bar gibi yüksek basınçlar gereklidir.

Ütüleme basıncı: Enjeksiyon basıncının % 40 – 60'ı kadardır. Ütüleme basıncı ne kadar düşükse, kalıp içinde oluşacak gerilim o kadar azdır.

Geri basınç: 100 – 150 bar

Enjeksiyon hızı: Akış uzunluğuna ve bölge kalınlıklarına bağlı olarak değişir. İnce cidarlı kalıplar için hızlı enjeksiyon; düzgün yüzey görünümü için kademeli yavaş – hızlı enjeksiyon profili kullanılmalıdır.

Vida hızı: Dairesel hız maks. (0,6 m/s) olmalıdır. Plastikleşme hızı, soğuma hızına denk düşürülecek şekilde ayarlanmalıdır; vidada yüksek tork gereklidir.

Dozaj stroku (min. – maks.): 0,5 – 3,5 D, (D: vida çapı)

Yastıklama: Dozaj strokuna ve vida çapına bağlı olarak 2 – 6 mm arasında değişir.

Ön kurutma: 120 °C'da 3 saat. Nem miktarını %0.02'nin altında tutmak mekanik özelliklerin optimum olmasını sağlar.

Geri dönüşüm: %20'ye kadar kırma malzeme eklenebilir. Daha yüksek karışım oranlarında ısı direncini muhafaza eder fakat mekanik özellikleri zayıflar.

Çekme: % 0,6 – 0,8 arasındadır. Cam elyaf takviyeli tiplerde %0,2 – 0,4'tür.

Yolluk tipi: Yolluk çapı, maksimum parça cidar kalınlığının en az % 60 – 70'i kadar olmalıdır ama minimum yolluk çapının 1,2 mm olması gerekir (yolluk açısı 3,5° hatta iyi bir yüzey için 2° olmalı) .(ARBURG)

Makine kapatma: Üretim duraklamalarında içindeki plastik bitene kadar ekstrüzyon yaptırın ve sıcaklığı 200 °C'ye kadar düşürün, silindiri temizlemek için YYPE ile tahliye deneyin, vidayı ısınmış silindirden çıkartın, artıkları pirinç kıllı bir fırçayla temizleyin.

Silindir ekipmanı: Standart vida, standart roket ve meme.

5.4.2.5. Akrilonitril – butadien – stiren, ABS

Yapı: Amorf

Özgül ağırlık: 1,06 – 1,19 g/cm³

Fiziksel özellikler: Sert, -40 °C'ye kadar tok, ısı değişikliklerine dayanıklı, düşük sıcaklık ve yüksek sıcaklık dayanımı (100 °C), genel olarak dış ortam şartlarına dayanımı iyi değildir, nem emmesi düşüktür, toksik içermez, elektroliz ile kaplanabilir, cam şeffaflığında özel tipleri vardır.

Kimyasal özellikler: Asitlere, alkaline solüsyonlarına, hidrokarbonlara, yağlara ve yakıtlara dayanıklı; asetona, eterlere, etil benzene, etil ve etilen kliride, aniline ve benzene dayanıksızdır.

Malzemenin tanınması: Çok yanıcıdır. Parlak sarı ve dumanlı alevle yanar. Tipik tatlımsı stiren kokar.

Eriyik sıcaklığı: 220 – 250 °C

Kalıp sıcaklığı: 40 – 80 °C

Enjeksiyon basıncı: 1000 – 1500 bar

Ütüleme basıncı: Göreceli olarak kısa ütüleme basıncı ve süresi. Ütüleme basıncı enjeksiyon basıncının % 30 – 60'ı kadar olmalıdır.

Geri basınç: 50 – 150 bar olmalıdır. Eğer düşükse malzeme içinde sıkışan hava kömürleşmeye (parça içinde gri veya siyah çizgilere)yol açabilir.

Enjeksiyon hızı: Tercihen kademeli enjeksiyon profili (yavaş – hızlı), yüzey parlaklığı, minimum birleşme hatları ve yüksek birleşme hatları mukavemeti için yüksek enjeksiyon hızları uygun olacaktır. Akışların birleştiği yerlerde havalandırma kanalları gereklidir.

Vida hızı: Maksimum dairesel vida hızı 0,6 m/s dir. Fakat soğumadan önce plastikleşmenin tamamlanabilmesi için vakit tanıyacak kadar yavaş olması tercih edilir.

Dozaj stroku (min. – maks.): 0,5 – 4,0 D (D: vida çapı)

Yastıklama: Dozaj stroku ve vida çapına bağlı olarak 2 -8 mm arasında değişir.

Ön kurutma: ABS bazı örneklerde ön kurutmasız olarak, orijinal ambalajından kurutulmadan kullanılabilir. Bunun dışında 80 °C'da 3 saat kurutma gerektirir. Yoksa nem parça yüzeyinde çizgilere, şeritlere, kabarcık oluşumuna yol açabilir.

Geri dönüşüm: % 30'a kadar kırma malzeme karıştırılabilir, fazlası ısıl özelliklerini bozacaktır.

Çekme: % 0,4 – 0,7

Yolluk tipi: İğne yolluk ve sıcak yolluk kullanılabilir, minimum cidar kalınlığı 0,7 mm'den az olmamalıdır. Çünkü ABS'in akışkanlığı göreceli olarak düşüktür.

Makine kapatma: Başka bir malzemeyle tahliye yapmaya (kusturmaya) gerek yoktur.

Silindir ekipmanı: Standart vida, standart roket ve meme.

5.4.2.6. Akrlonitril – butadien – stiren / Polikarbonat karışımı, ABS/PC

Yapı: Amorf

Özgül ağırlık: 1,06 – 1,19 g/cm³

Fiziksel özellikler: Darbe dayanımı yüksek, parlak yüzeyli, iyi ışık dayanımı, elektrolizle kaplanabilir ısıya dayanıklı, yüksek kopma mukavemetli.

Kimyasal özellikler: Hidroliz (suyla bozunmaya) dayanımı zayıftır, ketonlara, esterlere, klorlanmış hidrokarbonlara dayanamaz.

Eriyik sıcaklığı: 260 – 270 °C

Kalıp sıcaklığı: 70 – 90 °C

Enjeksiyon basıncı: 800 – 1500 bar

Ütüleme basıncı: Boşluk ve çöküntüleri önlemek için enjeksiyon basıncının % 40 – 50'si kadar olmalıdır. Kalıplanacak parçadaki iç gerilmeleri önlemek için olabildiğince düşük seçilmelidir.(ARBURG)

Geri basınç: Sürtünmeden kaynaklanacak sıcaklık artışını önlemek için yalnızca 50 – 100 bar

Enjeksiyon hızı: Sürtünmeden oluşacak ısıyı minimize etmek için orta hızlar seçilmelidir. Bazı uygulamalar için yavaş – hızlı kademeler önerilir.

Vida hızı: Maksimum dairesel vida hızı 0,4 m/s

Dozaj stroku (min. – maks.): 1,0 – 3,0 D, (D: vida çapı)

Yastıklama: Dozaj stroku ve vida çapına bağlı olarak 2 – 5 mm arasında değişir.

Ön kurutma: 80 °C'da 4 saat

Geri dönüşüm: % 20'ye kadar kırma malzeme karışımıyla ısıl özelliklerini kaybetmez ve uygun bir şekilde ön kurutma yapılabilir.

Çekme: % 0,5 – 0,7, hemen hemen izotropiktir. (Tüm yönlerde aynı miktarda çeker). Cam elyafli tiplerde çekme % 0,2 – 0,4'tür.

Yolluk tipi: Hemen her tür yolluk kullanılabilir. Sıcak yolluk kullanıldığı durumlarda sıcak yolluğa iyi ısı kontrolü sağlanması önemlidir.

Makine kapatma: Isıtma sistemini kapayın, makineyi kusturun.

Silindir ekipmanı: 50 mm'ye kadar çaplı standart vida, (daha büyük çaplarda düşük sıkıştırılmalı ve dozajlamayı azaltacak özel geometrik şekiller kullanılmalıdır). Standart roket ve meme. (ARBURG)

5.4.2.7. Stiren akrilonitril, SAN

Yapı: Amorf

Özgül ağırlık: 1,08 g/cm³

Fiziksel özellikler: Mükemmel şeffaflık, yüksek derecede sertlik, sıcaklık değişimlerine iyi dayanım, yüksek sıcaklıklarda boyutsal kararlılık.

Kimyasal özellikler: Asitlere, alkalın solüsyonlarına, doymuş hidrokarbonlara ve yağlara dayanıklı; konsantre mineral asitlere, aromatik hidrokarbonlara, esterlere eterlere ve ketonlara dayanıksız .(ARBURG)

Malzemenin tanınması: Çok yanıcıdır ve çok dumanlı parlak sarı alevle yanar. Tipik tatlımsı stiren kokusu çıkarır.

Eriyik sıcaklığı: 220 – 250 °C

Kalıp sıcaklığı: 40 – 80 °C

Enjeksiyon basıncı: 1000 – 1500 bar

Ütüleme basıncı: Enjeksiyon basıncının % 30 – 60'ı kadardır. Ütüleme süresi göreceli olarak kısadır.

Geri basınç: 50 – 100 bar arasındadır. Eğer düşükse malzeme içinde sıkışan hava kömürleşmeye (parça içinde gri veya siyah çiziklere) yol açabilir.

Enjeksiyon hızı: Parlak yüzeyler, minimum birleşme çizgileri ve yüksek birleşim çizgisi dayanımı elde edebilmek için yüksek seçilmelidir.

Vida hızı: Maksimum dairesel vida hızı 0,6 m/s. Bununla birlikte vida hızı ayarlanırken plastikleşmenin soğuma süresinden hemen önce olmasına dikkat edilmelidir. Vida torkunun orta kademedede olması gereklidir.

Dozaj stroku (min. – maks.): 0,5 – 4,0 D, (D: vida çapı)

Yastıklama: Dozaj stroku ve vida çapına bağlı olarak 2 – 8 mm arasında değişir.

Ön kurutma: 80 °C’de 4 saat. Uygun olmayan stoklama ve bekletme, nem emmesine yol açar ve buda parça yüzeyinde çökme, çizik ve kabarcıklanmaya yol açar.

Geri dönüşüm: % 30’a kadar kırma malzemesi karışımıyla ısıl özelliklerini kaybetmez; yüksek kalitede parça üretmek için kırma malzeme ilave edilmeden kullanılmalıdır.

Çekme: % 0,4 – 0,7

Yolluk Tipi: Prensip olarak her çeşit yolluk ve iğne yolluk kullanılabilir.

Makine Kapatma: Başka malzemeyle kusturmaya gerek yoktur.

Silindir Ekipmanı: Standart vida, standart roket ve meme.

5.4.2.8. Polimetil metakrilat, PMMA (Akrilik)

Yapı: Amorf

Özgül ağırlık: 1,18 g/cm³

Fiziksel özellikler: Sert, kırılğan, göreceli olarak mukavim, çizilmeye dayanıklı, cam şeffaf, optik özellikleri iyi, parlaklığı yüksek, mükemmel dış ortamdayanımı, kolay boyanabilir. Toksik değildir.(ARBURG)

Kimyasal özellikler: Zayıf asitlere ve alkalın solüsyonlarına, yağlara dayanıklı; güçlü asitlere alkalın solüsyonlarına, klorlanmış hidrokarbonlara dayanıksız. İç gerilmeden dolayı çatlama.

Malzemenin tanınması: Yanıcılığı yüksektir ve oldukça dumanlı, çıtırıtılı, parlak sarı alevle yanar. (alevden uzaklaştırılsa bile). Tatlımsı meyvemsi koku çıkartır.

Eriyik sıcaklığı: 220 – 250 °C

Kalıp sıcaklığı: 40 – 80 °C

Enjeksiyon basıncı: Akıcılığı az olduğu için yüksek basınçlar gereklidir: 1000 – 1700 bar.

Ütüleme basıncı: İnce cidarlı parçalar için (lensler gibi) çok uzun süreli ve yüksek ütüleme basınçları gereklidir. (enjeksiyon basıncının % 40 – 60'ı kadar basınç, 2 – 3 dakika süreyle).

Geri basınç: 100 – 300 gibi göreceli yüksek basınçlar gereklidir. Yetersiz art basınç parça içinde boşluklara, gri veya siyah gölgelenmelere sebep olabilir.

Enjeksiyon hızı: Akış uzunluğuna bölüm kalınlığına bağlıdır. Kalın bölmeli parçalarda iyi bir akış elde etmek için çok yavaş hızlara ihtiyaç duyulur. Kademeli enjeksiyon profili: yolluk girişlerinde iyi görüntü elde etmek için yavaştan hızlıya kademeli enjeksiyon tavsiye edilir.

Vida hızı: Soğuma süresine uyacak kadar yavaş plastikleştirilmeli, maksimum dairesel vida hızı 0,6 m/s olmalıdır. Vida torkunun yüksek kademedede olması gereklidir.

Dozaj stroku (min. – maks.): 0,5 – 3,5 D, (D: vida çapı)

Yastıklama: Dozaj stroku ve vida çapına bağlı olarak 2 – 6 mm arasında değişir.

Ön kurutma: Su emmesi %1 gibi yüksek değerlere çıkabildiği için 80 °C'da 4 saat mutlaka gereklidir.

Geri dönüşüm: Malzeme uygun bir şekilde ön kurutulur ve boyanırsa, kırma malzeme eklenmesi mümkündür ancak optik özellikler düşer.

Çekme: % 0,3 – 0,7

Yolluk tipi: Akışkanlığın düşük olması sebebiyle geniş yolluklara ihtiyaç vardır, lensler için yolluk, lensin dış kenar kalınlığından 0,5 mm küçük olmalıdır. Yolluk çapı, kalıbın en geniş bölümüne kadar büyük olmalıdır. Yolluk girişine yakın yerlerde iyi bir yüzey elde edebilmek için, keskin kenarlar olmamalıdır. Verimli ve uzun basınç aktarımı için yolluk ayrımları kısa ve yuvarlak yada kare olmalıdır. Geniş ve/veya ince yolluk kesitleri uygun değildir.

Makine kapatma: Kusturmaya gerek yoktur.

Silindir ekipmanı: Standart vida (optik parçaların üretimi için özel geometrilere ihtiyaç vardır), standart roket ve meme.

5.4.2.9. Polifenilen oksit, PPO

Yapı: Amorf

Özgül ağırlık: 1,05 – 1,10 g/cm³

Fiziksel özellikler: Sert, düşük sürtünme ve aşınma karakteristikleri, yüksek sıcaklıklarda boyutsal kararlılık, düşük su emme, çizilmeye mukavim, opak, toksik değildir.

Kimyasal özellikler: Asitlere, alkalın solüsyonlarına, alkollere, yağlara dayanıklı; klorlanmış hidrokarbonlara ve benzeneye dayanıksız.

Malzemenin tanınması: Alev geciktiricilidir, alev kaynağı çekilince söner, damlama yapmaz. Dumanlı, parlak bir alevi, kendine has bir kokusu vardır. (ARBURG)

Eriyik sıcaklığı: 270 – 290 °C

Kalıp sıcaklığı: 80 – 120 °C

Enjeksiyon basıncı: 1000 – 1400 bar.

Ütüleme basıncı: Enjeksiyon basıncının % 40 – 60'ı kadar.

Geri basınç: 30 – 100 bar.

Enjeksiyon hızı: Uzun akış yolu olan kalıplar yüksek enjeksiyon hızı gerektirir. Ancak bu tür kalıplarda uygun hava tahliyesinin yapılması önemlidir.

Vida hızı: Dairesel hızın maksimum 0,6 m/s civarında olacağı orta kademe hızlar.

Dozaj stroku (min. – maks.): 0,5 – 3,5 D, (D: vida çapı)

Yastıklama: Dozaj stroku ve vida çapına bağlı olarak 3 – 6 mm arasında değişir.

Ön kurutma: 110 °C'ta 2 saat.

Geri dönüşüm: Isıl bozunmaya uğramadığı sürece malzemenin kırılarak yeniden kullanılması mümkündür.

Çekme: % 0,8 – 1,5

Yolluk tipi: Küçük kalıplı parçalar için iğne/tünel yolluk, bunun dışında normal yolluk veya diyafram yolluk; sıcak yolluk.

Makine kapatma: Isıtıcı sistemi kapatın; vida art basıncının düşük olduğu durumlarda, makineyi kusturarak silindiri boşaltın.

Silindir ekipmanı: Standart vida, standart roket ve meme.

5.4.2.10.Yüksek yoğunluklu polietilen, YYPE:

Yapı: Yarı Kristalin

Özgül ağırlık: 0,94 – 0,96 g/cm³

Fiziksel özellikler: Yumuşaktır, yoğunluğa bağlı olarak $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'a kadar düşük sıcaklık direnci vardır. Darbe dayanımı, elektrik yalıtımı iyidir, darbe mukavemeti yüksektir. Nem emmesi düşüktür ve toksik değildir.

Kimyasal özellikler: Asitlere, alkaline çözeltilere, çözücülere, alkollere, yakıtlara, meyve sularına, yağlara ve süte karşı dirençlidir. Aromatikli bileşiklere ve klorlu hidrokarbonlara dayanıklı ve kimyasallara temas halinde yük altında çatlar.

Malzemenin tanınması: Çok yanıcıdır, parlak ve mavi alevle yanar, alev kaynağı çekildikten sonra bile yanmaya devam eder, damlama yapar ve yanarken parafin (mum) gibi kokar.

Eriyik sıcaklığı: $220 - 280\text{ }^{\circ}\text{C}$

Kalıp sıcaklığı: $20 - 60\text{ }^{\circ}\text{C}$

Enjeksiyon basıncı: İyi akma özellikleri sayesinde ince cidarlı kaplar hariç $800 - 1400\text{ bar}$ gibi yüksek enjeksiyon basınçlarına gerek yoktur. İnce cidarlı kaplarda 1800 bar 'a kadar çıkmak gerekebilir.

Ütüleme basıncı: Nispeten yüksek kalıp çekmesi nedeniyle, boyutsal hassasiyetin önemli bir faktör olduğu parçalarda uzun süreli ütüleme gerektirir. Ütüleme basıncı enjeksiyon basıncının yaklaşık $\%30 - 60$ 'ıdır.

Geri basınç: $50 - 200\text{ bar}$. Düşük geri basınç, farklı ağırlıklarda parçaların oluşmasına ve kötü pigment (boya) yayılımına sebep olur.

Enjeksiyon hızı: İnce cidarlı kaplar için yüksek enjeksiyon hızları gerekir, diğer uygulamalar için orta enjeksiyon hızları tercih edilir.

Vida hızı: Yüksek vida devri ($1,3\text{ m/s}$ kadar dairesel hızlar mümkündür). Yine de vida hızının, plastikleşmenin soğuma süresinden önce bitmesini sağlayacak şekilde ayarlamak gerekir. Gereken vida torku düşüktür.

Dozaj stroku (min. – maks.): $0,5 - 4,0\text{ D}$, (D: vida çapı)

Yastıklama: Dozaj strokuna ve vida çapına göre değişir, $2 - 8\text{ mm}$

Ön kurutma: Gerekli değildir. Kötü depolama durumlarda 80 °C'da 1 saat önerilebilir.

Geri dönüşüm: % 100 kırma malzeme kullanılabilir.

Çekme: % 1,5 – 2,5 aralığında yüksek kalıp çekmesi vardır, çarpılmaya eğilimlidir, 24 saate kadar çekme devam eder.

Yolluk tipi: İğne yolluk, sıcak yolluk, yalıtımlı yolluk ince et kalınlıklı kalıplar için nispeten küçük çaplı yolluklar bile yeterlidir.

Makine kapatma: PE yüksek sıcaklıklara dirençli olduğundan başka bir temizlik malzemesiyle enjeksiyon ünitesini temizlemeye (kusturmaya) gerek yoktur.

Silindir ekipmanı: Standart vida, standart uygulamalar için 3 bölge vida ve ambalaj kapları için özel geometri (L:D = 25:1) ve karıştırma bölge vida kullanılmalıdır, standart roket ve meme kullanılır.

5.4.2.11. Polipropilen, PP (Moblen):

Yapı: Yarı kristalin

Özgül ağırlık: 0,91 – 0,93 g/cm³

Fiziksel özellikler: Serttir. Yüksek darbe mukavemetine, mükemmel elektriksel yalıtıma sahiptir, toksik değildir. PE'den daha serttir ve sıcaklık direnci daha iyidir ama düşük sıcaklık direnci özel tipleri hariç daha zayıftır, özellikle canlı menteşeler için uygundur.

Kimyasal özellikler: Asitlere, alkalın çözeltilere, tuzlu çözeltilere, alkollere, yakıtlara, meyve sularına, yağlara ve süte karşı dirençlidir ama klorlu hidrokarbonlara karşı halinde yük altında çatlama eğilimi azdır.

Malzemenin tanınması: Çok yanıcıdır. Damlayarak yanar ve yanmaya devam eder. Parlak ve mavi alevle yanar, güçlü katran benzeri parafin (mum) kokusu çıkarır.

Eriyik sıcaklığı: 220 – 280 °C

Kalıp sıcaklığı: 20 – 70 °C

Enjeksiyon basıncı: İyi akış özellikleri sayesinde ince cidarlı kaplar hariç 800 – 1400 bar gibi yüksek enjeksiyon basınçlarına gerek yoktur. İnce cidarlı kaplarda 1800 bar'a kadar çıkmak gerekebilir.

Ütüleme basıncı: Çöküntü izlerini engellemek için uzun süreli ütüleme gerekir (çevrim süresinin %30'u kadar). Ütüleme basıncı gerekli enjeksiyon basıncının %30 – 60'ı kadardır.

Geri basınç: 50 – 200 bar.

Enjeksiyon hızı: İnce cidarlı kaplar için yüksek enjeksiyon hızları (akümülatör) gerekir, diğer uygulamalar için orta enjeksiyon hızları tercih edilir.

Vida hızı: Yüksek vida devri (1,3 m/s kadar dairesel hızlar mümkündür). Yine de iyi sonuç için; vida devrini, erimenin soğuma süresinden önce bitmesini sağlayacak şekilde ayarlamak gerekir.

Dozaj stroku (min. – maks.): 0,5 – 4,0 D, (D: vida çapı)

Yastıklama: Dozaj strokuna ve vida çapına göre değişir, 2 – 8 mm

Ön kurutma: Kötü depolama koşulları haricinde gerekli değildir, gerektiği durumlarda 80 °C'da 1 saat önerilebilir.

Geri dönüşüm: % 100 kırma malzeme kullanılabilir.

Çekme: % 1,5 – 2,5, (sonradan çekme derecesi yüksektir) malzeme 24 saate kadar çekmeye devam eder.

Yolluk tipi: İğne yolluk veya çoklu iğne yolluk, sıcak yolluk, yalıtımlı yolluk kullanılır. Yolluk kalıplanan parçanın en kalın yerine denk getirilmelidir, aksi takdirde büyük çöküntü izleri oluşabilir.

Makine kapatma: Başka bir temizlik malzemesiyle makinayı temizlemeye (kusturmaya) gerek yoktur, PP yüksek sıcaklıklara dirençlidir.

Silindir ekipmanı: Standart vida, standart uygulamalar için 3 bölgeli vida ve ambalaj kapları için özel geometrili ($L:D = 25:1$) ve karıştırma bölgeli vida kullanılmalıdır, standart roket ve meme kullanılır.

5.4.2.12. Poliamid 6, PA 6 (Naylon 6):

Yapı: Yarı kristalin

Özgül ağırlık: $1,13 \text{ g/cm}^3$

Fiziksel özellikler: Nem dengesinde olduğu zaman (% 2 – 3). Çok toktur, kuruyken kırılğan, sert ve rijittir. Yıpranmaya dirençlidir, sürtünme özellikleri, pigment yayılımı iyidir. Toksik değildir.

Kimyasal özellikler: Yağlara, yakıtlara, benzen, alkalin çözeltilere, çözücülere, klorlu hidrokarbonlara, esterlere ve ketonlara dirençlidir ama ozona, hidroklorik asite, sülfürik asit ve hidrojen peroksite dirençli değildir.

Malzemenin tanınması: Yanıcıdır, ateş kaynağı çekildikten sonrada yanmaya devam eder, köpürerek ve etrafı sarı mavi alev ile yanar, damlama yapar, yanmış saç teli kokusu çıkarır.

Eriyik sıcaklığı: $240 - 250 \text{ }^\circ\text{C}$

Kalıp sıcaklığı: $60 - 100 \text{ }^\circ\text{C}$

Enjeksiyon basıncı: $1000 - 1600 \text{ bar}$ 'dır. Kablo bağları gibi uzun akış yolu gerektiren malzemelerde 1800 bar 'a kadar çıkabilir.

Ütüleme basıncı: Normalde enjeksiyon basıncının %50'sidir, malzeme nispeten çabuk katılaştığı için kısa ütüleme basıncı yeterlidir, ütüleme basıncını düşürmek parçalardaki stresi azaltır.

Geri basınç: $20 - 80 \text{ bar}$ çok hassas ayar gerektirir, çünkü çok yüksek geri basınç düzgün olmayan plastikleşmeye neden olur.

Enjeksiyon hızı: Nispeten hızlı enjeksiyon önerilir, kalıp üzerinde hava tahliyesi sağlanmalıdır aksi taktirde parçada kömürleşme oluşabilir. (ARBURG)

Vida hızı: 1 m/s dairesel hıza kadar olan yüksek vida hızı mümkündür. Ancak, vida hızı öyle ayarlanmalıdır ki plastikleşme işlemi soğuma süresinin bitiminden hemen önce tamamlanmış olsun, gereken vida torku düşüktür.

Dozaj stroku (min. – maks.): 0,5 – 3,5 D, (D: vida çapı)

Yastıklama: Dozaj strokuna ve vida çapına göre değişir, 2 – 6 mm'dir.

Ön kurutma: Alüminyum folyolu torbadan direk olarak beslenmediği takdirde 80 °C'da 4 saat kurutulmalıdır. Poliamidler hirooskopik olduğundan nem geçirmeyen kaplarda ve kapalı besleme hunilerinde saklanmalıdır, nem oranı %0,25'in üzerine çıktığında işleme zorlukları başlar.

Geri dönüşüm: % 10 - 25 kırma malzeme kullanılabilir.

Çekme: PA6 dolgusuz % 0,7 – 2,0 çeker, % 30 cam elyaf ile % 0,3 – 0,8 çeker. Kullanım sıcaklıkları 60 °C'ın üzerindeyse parçalar tavlmalıdır, tavlama sonradan çekmeyi azaltır, yani parçaların boyutsal kararlılığı daha fazla ve iç gerilimleri daha az olur, buhar şartlandırılması önerilir.

Yolluk tipi: İğne, tünel, film yolluklar kullanılabilir, doymuş parça dar bir sıcaklık aralığında işlendiğinden sıcak yolluğa iyi ısı kontrolü sağlanmalıdır.

Makine kapatma: Farklı malzemelerle birlikte kusturmaya gerek yoktur, eriyiğin silindir içinde bekleme zamanı 20 dakikaya kadar çıkabilir bu yüzden ısıl bozunma oluşabilir.

Silindir ekipmanı: Standart roket, vida ve meme kullanılabilir, yüksek plastikleştirme kapasitesi için özel geometriler gerekir, cam elyafli malzemeler için aşınma dirençli silindir ve burgu gerekir.

5.4.2.13. Poliamid 6.6, PA 6.6 (Naylon 6.6):

Yapı: Yarı kristalin

Özgül ağırlık: 1,14 g/cm³

Fiziksel özellikler: Nem dengesinde olduğu zaman (% 2 – 3). Çok toktur, kuruyken kırılğan, sert ve rijittir. Yıpranmaya dirençlidir, sürtünme özellikleri, pigment yayılımı iyidir. Toksik değildir.

Kimyasal özellikler: Yağlara, yakıtlara, benzen, alkalın çözeltilere, çözücülere, klorlu hidrokarbonlara, esterlere ve ketonlara dirençlidir ama ozona, hidroklorik asite, sülfürik asit ve hidrojen peroksite dirençli değildir.

Malzemenin tanınması: Yanıcıdır, ateş kaynağı çekildikten sonrada yanmaya devam eder, köpürerek ve etrafı sarı mavi alev ile yanar, damlama yapar, yanmış saç teli kokusu çıkarır.

Eriyik sıcaklığı: 270 – 290 °C

Kalıp sıcaklığı: 60 – 100 °C

Enjeksiyon basıncı: 1000 – 1600 bar'dır. Kablo bağlantıları gibi uzun akış yolu gerektiren malzemelerde 1800 bar'a kadar çıkabilir.

Ütüleme basıncı: Normalde enjeksiyon basıncının %50'sidir, malzeme nispeten çabuk katılaştığı için kısa ütüleme basıncı yeterlidir, ütüleme basıncını düşürmek parçalardaki stresi azaltır.

Geri basınç: 20 – 80 bar çok hassas ayar gerektirir, çünkü çok yüksek geri basınç düzgün olmayan plastikleşmeye neden olur.

Enjeksiyon hızı: Nispeten hızlı enjeksiyon önerilir, kalıp üzerinde havalandırma sağlanmalıdır aksi taktirde parçada kömürleşme oluşabilir.

Vida hızı: 1 m/s dairesel hıza kadar olan yüksek vidalama hızları mümkündür. Ancak, vidalama hızı öyle bir hıza ayarlanmalıdır ki plastikleşme işlemi soğuma süresinin bitiminden hemen önce tamamlanmış olsun, gerekli vida torku düşüktür.

Dozaj stroku (min. – maks.): 0,5 – 3,5 D, (D: vida çapı)

Yastıklama: Dozaj strokuna ve vida çapına göre değişir, 2 – 6 mm'dir.

Ön kurutma: Alüminyum folyolu torbadan direk olarak beslenmediği takdirde 80 °C'da 4 saat kurutulmalıdır. Poliamidler hiroskopik olduğundan nem geçirmeyen kaplarda ve kapalı besleme hunilerinde saklanmalıdır, nem oranı %0,25'in üzerine çıktığında işleme zorlukları başlar.

Geri dönüşüm: % 10 - 25 kırma malzeme kullanılabilir.

Çekme: PA6.6 dolgusuz % 0,7 – 2,0 çeker, % 30 cam elyaf ile % 0,4 – 0,8 çeker. Kullanım sıcaklıkları 60 °C'ın üzerindeyse parçalar tavlmalıdır, tavlama sonradan çekmeyi azaltır, yani parçaların boyutsal kararlılığı daha fazla ve iç gerilimleri daha az olur, buhar şartlandırılması önerilir.

Yolluk tipi: İğne, tünel, film yolluklar kullanılabilir, doymuş parça dar bir sıcaklık aralığında işlendiğinden sıcak yolluğa iyi ısı kontrolü sağlanmalıdır.

Makine kapatma: Farklı malzemelerle birlikte kusturmaya gerek yoktur, eriyiğin silindir içinde bekleme zamanı 20 dakikaya kadar çıkabilir bu yüzden ısıl bozunma oluşabilir.

Silindir ekipmanı: Standart roket, vida ve meme kullanılabilir, yüksek plastikleştirme kapasitesi için özel geometriler gerekir, cam elyafli malzemeler için aşınma dirençli silindir ve burgu gerekir.

5.4.2.14. Polibütilentereftalat, PBT:

Yapı: Yarı kristalin

Özgül ağırlık: 1,30 g/cm³

Fiziksel özellikler: Yüksek ısıl kararlılığa, çok yüksek sertliğe ve rijitliğe sahiptir. Nem emmesi düşüktür, kimyasallarla temas halinde yük dayanımı iyidir. Mükemmel sürtünme karakteristikleri ve yıpranma direncine sahiptir. Boyutsal kararlılığı iyidir, toksik değildir.

Kimyasal özellikler: Yağlara, greslere, alkollere, eterlere, yakıtlara, zayıf asitlere ve zayıf alkalin çözeltilere dirençlidir ancak benzene, alkalilere, güçlü asitlere ve güçlü alkalin çözeltilere ve ketonlara dirençli değildir.

Malzemenin tanınması: Alev geciktiricidir, alev kaynağından uzakta söner, parlak sarımsı portakal ve dumanlı alev ile yanar, tatlımsı aromatik bir kokusu vardır.

Eriyik sıcaklığı: 250 – 260 °C, dar işleme aralığı, 230 °C'nin altında donmaya meyillidir, 270 °C üzerinde ısıl bozunabilir.

Kalıp sıcaklığı: 60 – 80 °C

Enjeksiyon basıncı: 1000 – 1400 bar.

Ütüleme basıncı: Enjeksiyon basıncının % 50 – 60'ıdır.

Geri basınç: Sürtünme ısısından kaçınmak için sadece 50 – 100 bar'dır.

Enjeksiyon hızı: Yüksek katılaşma ve kristalizasyon oranlarından dolayı yüksek hızlara ihtiyaç duyulur. Enjeksiyon sırasında eriyiğin soğuması veya katılaşmasından kaçınılmalıdır. Kalıpta etkili havalandırma sıkışan havanın akış yolunun sonunda kömürleşmeye sebebiyet vermemesi için önemlidir.

Vida hızı: Maksimum vidalama hızı 0,5 m/s dairesel hıza denk olmalıdır.

Dozaj stroku (min. – maks.): 0,5 – 3,0 D, 4 D eriyiğin silindirdeki çok uzun bekleme zamanı ve aşırı ısınmasındaki hassasiyeti göz önünde bulundurulduğunda; bekleme zamanı 5 dakikayı aşmamalıdır. (D: vida çapı).

Yastıklama: Dozaj strokuna ve vida çapına göre değişir, 2 – 5 mm'dir.

Ön kurutma: 120 °C'da 4 saat önerilir.

Geri dönüşüm: Ön kurutma yapıldığı ve ısıl bozunma olmadığı takdirde alev geciktiricili malzemelerle karıştırıldığında % 10'a kadar tekrar öğütme yapılabilir, alev geciktirici içermeyen malzemelerle kullanıldığında ise % 20 kırma malzeme kullanılabilir.

Çekme: Kalıp sıcaklığından çok fazla etkilenir. Kalıp sıcaklığı ne kadar yüksek olursa çekmede okadar yüksek olur: % 1,4 – 2,0 veya % 30 cam elyafli tiplerinde % 0,4 – 0,6. (ARBURG)

Yolluk tipi: Merkezi yolluk kullanmaktan ve cam elyaflı tiplerde iğne yolluk kullanmaktan kaçınılmalıdır, yolluk girişleri parça dolumu düzgün olacak şekilde yerleştirilmelidir, sıcak yolluk kullanıldığı takdirde iyi sıcaklık kontrolü gerekir.

Makine kapatma: Isıtma sistemini kapatınız. Makineyi tamamen boşalana kadar kusturun, çalışmaya ara verildikten sonra makine tekrar devreye alınırken kusturma işlemi eriyik içindeki kabarcıklar bitene kadar devam edilmelidir.

Silindir Ekipmanı: Standart vida, meme ve roket kullanılır.

5.4.2.15. Polietilen teraftalat, PET:

Yapı: Genelde yarı kristalindir. Ama amorf (şeffaf) tipleride vardır.

Özgül Ağırlık: 1,35 g/cm³

Fiziksel özellikler: Tokluk Özelliğini, mukavemet (PBT'den daha mukavimdir) ve yüksek sertlikle birleştirir. Ölçüsel stabilitesi ve akışkanlığı, nem emmesi ve iç gerilimleri düşüktür.

Kimyasal özellikler: Yağlara, alkollere, eterlere, yakıtlara, zayıf asitlere, alkalın çözeltilerine dayanıklı; benzene, alkalilere, güçlü asitlere keton gibi alkalın çözeltilerine dayanıksızdır.

Malzemenin tanınması: Alev geciktiricilidir, yandığında parlak, sarıya yakın turuncu, dumanlı alevle yanar. Tatlımsı aromatik kokar.

Eriyik sıcaklığı: 270 – 280 °C

Kalıp sıcaklığı: 120 – 140 °C

Enjeksiyon basıncı: İnce cidarlı parçalar için 1600 bar'a kadar.

Ütüleme basıncı: Çöküntü ve boşlukları önlemek için enjeksiyon basıncının % 50 – 70'i kadar olmalı ütüleme süreleri yalnızca gerektiği kadar seçilmeli, uzun ütülemelerde iç gerilimler daha yüksek olacaktır. Özellikle amorf malzemelerde darbe dayanımının düşmesine yol açar.

Geri Basınç: 50 – 100 bar (sürtünmeden kaynaklanacak ısıyı engellemek için)

Enjeksiyon hızı: Yüksek katılma ve kristalizasyon oranlarından dolayı yüksek hızlara ihtiyaç duyulur. Enjeksiyon sırasında eriyiğin soğuması veya katılmasından kaçınılmalıdır. Kalıpta etkili havalandırma sıkışan havanın akış yolu sonunda kömürleşmeye sebebiyet vermemesi için, kalıpta etkili havalandırma sağlanmalıdır.

Vida hızı: Maksimum 0,5 m/s dairesel hız.

Dozaj stroku (min. – maks.): 0,5 – 3,5 D (D: vida çapı)

Yastıklama: Dozaj strokuna ve vida çapına bağlı olarak değişir, 2 – 5 mm arasında değişir.

Ön kurutma: 140 °C'da 4 saat önerilir.

Geri dönüşüm: Maksimum % 20 kırma malzeme eklenebilir (iyi kurutulmuş ve ısıyla bozulmamış olmalıdır). Orijinal malzeme ile elde edilen mekanik ve termal özellikler kırma eklenmesiyle de sağlanmaktadır.

Çekme: Malzeme tipine, kesit kalınlığına, kalıp sıcaklığı ve ütüleme basıncına göre % 1,2 – 2,0 arasında veya % 30 cam elyaf takviyeli tiplerde % 0,4 – 0,6 arasında değişir.

Yolluk tipi: Hemen her tür yolluk kullanılabilir. Sıcak yolluk kullanıldığı durumlarda sıcak yolluğa iyi ısı kontrolü sağlanması önemlidir.

Makine kapatma: Isıtma sistemini kapatınız. Makineyi içindeki tüm malzeme bitinceye kadar kusturun; eğer başka bir plastik malzemeyle çalışmaya devam edilecekse PE veya PP yardımıyla kovan temizliği yapılması tavsiye edilir.

Silindir ekipmanı: Standart vida, standart roket ve meme.

5.4.2.16. Polioksimetilen, POT (Poliasetal):

Yapı: Yarı Kristalin

Özgül ağırlık: 1,41 – 1,42 g/cm³

Fiziksel özellikler: Sert, tok, -40 °C'ye kadar kırılmaz, yüksek aşınma direnci, düşük sürtünme özellikleri, düşük nem emme, toksik değildir.

Kimyasal özellikler: Zayıf asitlere ve alkalın solüsyonlarına, yağlara, benzene, alkole, yakıtlara dayanıklı; güçlü asitlere dayanıksız.

Malzemenin tanınması: Yanıcıdır. Alevden uzaklaştırılsa bile yanmaya devam eder, damlar ve mavimsi bir alevle yanar. Söndüğünde keskin formaldehit kokar.

Eriyik sıcaklığı: 205 – 215 °C

Kalıp sıcaklığı: 40 – 120 °C

Enjeksiyon basıncı: 1000 – 1500 bar; cidar kalınlığı 3 – 4 mm olan kalın cidarlı parçalar için 1000 bar olup, ince cidarlı parçalar için 1500 bara kadar çıkabilir.

Ütüleme basıncı: Kalıp sıcaklığı ve kalıbın içindeki cidar kalınlığına göre değişir. Ütüleme basıncı ne kadar verimliyse, parçadaki çekmelerde o kadar az olur. Kalıp içinde 600 – 700 bar basınç oluşturabilmek için, ütüleme basıncının 800 – 1000 bar arasında bir değere set edilmesi gerekir. Hassas kalıplar düşünüldüğünde, enjeksiyon ve ütüleme basınçlarının aynı seviyede ayarlanması daha avantajlıdır (basınçta düşüşler yaşanmaz). Ütüleme süresini, toplam çevrim süresiyle aynı değere büyütmek gerekir. Kalıptan çıkan parçaları ağırlıklarının artık artmadığı seviyeye kadar tartıp optimal ütüleme süresi bulunur. Ütüleme süresi sıklıkla çevirme süresinin % 30'u kadardır. İdeal ağırlığın sadece % 95'i kadar ağırlıkta bir parça % 1,85 çeker.

Geri basınç: 50 – 100 bar

Enjeksiyon hızı: Orta hız kademesi seçilir. Eğer enjeksiyon hızı çok düşük seçilir yada kalıp veya eriyik sıcaklığı çok düşük olursa parça yüzeyinde gözenekler oluşabilir.

Vida hızı: Maksimum dairesel vida hızı 0,7 m/s. Bununla birlikte maksimum vida hızı ayarlanırken plastikleşmenin, soğuma süresi içinde olmasına dikkat edilmelidir. Vida torkunun orta kademede olması gereklidir.

Dozaj stroku (min. – maks.): 0,5 – 3,5 D (D: vida çapı)

Yastıklama: Dozaj stroku ve vida çapına bağlı olarak değişir, 2 – 6 mm arasında değişir.

Ön kurutma: Gerektirmez. Fakat malzeme nem çekmişse 100 °C’de yaklaşık 4 saat kurutulmalıdır.

Geri dönüşüm: % 20’ye kadar kırma malzeme kabul edilebilir.

Çekme: Yaklaşık % 2’dir. (% 1,8 – 3,0); 24 saat sonrasına kadar nihai çekmeye ulaşılamaz. (ARBURG)

Yolluk tipi: Birbirine yakın cidar kalınlıklarına sahip küçük parçalarda iğne yolluk kullanılabilir. Yolluk çapı parçanın en kalın bölmesinin % 50 – 60’ı kadar olmalıdır. Enjeksiyonu kalıp boşluğu içindeki herhangi bir engele (maça, duvar) doğru yapmak daha avantajlıdır. Bu malzemeyi sıcak yollukla çalışmak oldukça zordur.

Makine kapatma: Üretimin bitiminden 5 – 10 dakika önce ısıtıcı sistemi kapatın, basıncı 0’a getirin, silindir boşaltmak için makineyi kusturun. Eğer başka bir hammaddeyle (PA veya PC gibi) çalışmaya devam edecekseniz, PE ile bir tahliye çevrimi yapın. (PE’nin geniş bir işleme serbestliği vardır).

Silindir ekipmanı: Standart vida, standart roket ve meme.

BÖLÜM 6

TERMOPLASTİK MALZEMELERİN ENJEKSİYONUNDA OLUŞAN ÜRETİM KUSURLARI VE ÇÖZÜMLERİ

Bir problemi çözerken probleme doğru yaklaşılmalıdır. Üretilen parça istenildiği gibi değilse problem;

1. Malzeme,
2. Kalıp,
3. Proses çalışma şartları,
4. Makine,

Dörtlüsünden birine ya da birkaçına birden müdahale edilerek çözülür (Birinci, 1997)

Temel olarak, bir parçada problem;

- Ya proses öncesinde (malzeme tedariki ve depolama),
- Ya proses sırasında(çevrim sırasındaki çalışma şartları),
- Ya da proses sonrasında (parçalara son işlem uygulanması, paketlenme, taşınma) meydana gelir. Proses öncesinde ya da sonrasında meydana gelen problemler genelde “malzeme kirlenmesi, renklendirme, tozlanma, nem alma” gibi sebeplerden kaynaklanmaktadır. Bu tür problemlerin çözümleri genelde açık ve kolaydır. Ama proses sırasında meydana gelen problemler daha karışık ve dikkat isterler. Bu problemler de;

- 1.Makineden
- 2.Kalıptan
- 3.Çalışma şartlarından (zaman -sıcaklık-basınç)
- 4.Malzemedden
- 5.Ürün tasarımından kaynaklanırlar.

Proses sırasında oluşan problemlerde, plastik malzemeye çalışma parametrelerinin ne tür etkilerde bulunduğu araştırılmalıdır. Bu parametreler;

1. Enjeksiyon zamanı
2. Tutma basınçları değerleri ve zamanı
3. Soğutma zamanı
4. İtme (parçayı kalıptan çıkarma) zamanı
5. Mengene bekleme zamanı
6. Kalıp sıcaklığı
7. Yolluk tasarımı
8. Yolluk geçidi ve büyüklüğü
9. Parça et kalınlığı
10. Akış yolu uzunluğudur.

Çevrim sırasında oluşan problemler ana olarak üç faktöre bağlıdır. Bunlar:

1. Enjeksiyon makinesi: Kapama kuvveti yeterli mi? Baskı kapasitesi yeterli mi?, vs.
2. Kalıp: Kalıp doğru tasarlanmış mı? Kendinden istenen fonksiyonları yerine getirebiliyor mu?, vs.
3. Malzeme: Üretilen parça için doğru malzeme mi seçildi? Gerekli çalışma şartlarında istenildiği verimi verebiliyor mu?, vs (Birinci, 1997)

Enjeksiyon makinesinin, kalıbın ve malzemenin performansları, yani verimli bir şekilde çalışabilmesi de üç ana değişkene bağlıdır. Bu değişkenler " zaman, basınç ve sıcaklık" tır. Enjeksiyon prosesi sırasında meydana gelebilecek problemlerin birçoğu bu üç değişkenin doğru şekilde ayarlanması ile giderilebilmektedir. Bu arada bu üç değişkenin birbiriyle bağlantılı olduğu unutulmamalı ve ayarlar buna göre yapılmalıdır

6.1. Problemi Bulma

Bir problemi çözebilmek için o problemin ne olduğunu bulmanız gerekmektedir. Bir problemi en rahat bulabilmenin şartı da sürekli yapılan kalite kontroldür. Fakat kalite kontrol işlemi müşteriden ret geldiği zaman başlamamalıdır. Kalite kontrol işlemi bir süreç olup üretime başlamanın ilk adımından yani ürün tasarımından başlamalı, malzeme seçimi ve tedariki, kalıp tasarımı, makine seçimi ile devam edip malzeme ürün haline gelip paketlenene ve müşteriye ulaşana kadar her basamakta istisnasız uygulanmalıdır.

Kalıp en uygun şartlarda kullanılmalı, işlem sırasında gerekebilecek her türlü ekipman, ulaşılabilecek bir yerde hazır olarak bulunmalıdır. Her parçanın en iyi şekilde üretilebileceği bir zaman, basınç ve sıcaklık bölgesi vardır. En iyi kaliteyi yakalayabilmek için gerekli değerlerin bulunduğu bu bölge, genelde deneme yanılma yöntemi ile bulunur

Her parça için farklı değerler kapsayan bu bölge parçanın en kaliteli şekilde üretildiği bölgedir. Bununla beraber bu bölgenin sınırlarının ifade ettiği değerler bazen istenen kaliteyi sağlamayabilir. Bu nedenle sınır değerlerini kullanmamak faydalı olur .

Çevrim süresinin kısa olması isteniyorsa makine, parçanın en iyi şekilde üretilebileceği basınç, zaman ve sıcaklık değerlerinin bulunduğu bölgenin en düşük sıcaklık ve en yüksek basınç değerine ayarlanmalıdır. Eğer bu ayarlarla istenen kalite elde edilemiyorsa, sıcaklık değerleri yükseltilmeli ve basınç değerleri azaltılmalıdır, (termoset malzemeler için tam tersi söz konusudur)

Eğer parçada bir problem varsa ve makine değerlerinde yapılan değişiklikler bu problemi gideremediyse, kalıp incelenmeye alınmalıdır. Kalıpta yapılan küçük değişiklikler bile makine değerlerinin yeniden ayarlanmasını gerektirir ki bu ayarlar da çok kolay tutturulamazlar. (Birinci, 1997)

Birçok enjeksiyon problemi makine değerlerinde yapılan değişikliklerde, bir kısmı da kalıpta yapılan değişikliklerle çözüme kavuşur. Ama bu iki yaklaşım da problemi giderememişse problemin malzemenin aşağıdaki özelliklerinden kaynaklanma ihtimali yüksektir;

1. Akış Özellikleri: Eriyik malzemenin viskozitesi ve farklı akış oranlarında viskozitesinde meydana gelen değişimler, vs.

2. Isıl Özellikleri: Malzemenin erime sıcaklığı, özgül ısı, ısı iletkenliği, kristalizasyon zamanı, vs.

3. Granül Özellikleri: Malzeme granüllerinin büyüklüğü, şekli, diğer özellikleri, vs.

6.2. Üründe Oluşan Hatalar

6.2.1. Yanık izleri

Eğer parçanın bir bölgesinde siyahlaşma ve sararma varsa, ilk yapılacak iş, kalıbın hava atma durumunun incelenmesi olacaktır. Kalıba giren malzeme tarafından sıkıştırılan ve kaçamayan hava, çok yüksek bir sıcaklığa çıkar ki, plastikte oksidasyon reaksiyonuna girer ve yüzeyde siyah bir iz bırakır. Bu yanık izine katlanılarak üretime devam edildiği takdirde, zamanla metal yüzeyinde, oksitlenme nedeniyle karıncalanma meydana gelebilecektir (Şeker,1999)

Kalıpta hava sıkışması kötü bir kalıp tasarımı sonucu olabilir. Bazen de bu durum, kalıpçının aşırı titiz çalışması sonucu ortaya çıkabilir. Normal olarak hava, kalıbın temas yüzeylerinden, itici pimlerinden veya sıyırıcı plakalarının arasından kaçar. Eğer temas yüzeyleri iyi parlatılır ve tampon pimleri çok düzgün yapılırsa, havanın tahliyesi önlenmiş olur. Olabilecek 0.04 mm'lik bir aralıktan plastiklerin sızma kabiliyeti çok azdır. Bu nedenle temas yüzeyleri çok iyi parlatılmayıp ve tezgah kalem izleriyle bırakılmalıdırlar. Özellikle yazılara, kaburgalara, tümseklere ve gerilimin olduğu kısımlara yakın yerlerde, erimiş plastik malzeme hava kabarcığının üzerinden geçer ve havayı tutar yani hapseder. Sonuçta hava yakalanmış olur, yani hava izi (yanık) oluşur. Önlemek için enjeksiyon hızı azaltılır, kalıbın içindeki keskin geçişler yuvarlatılır, rib, feder vb derinliği azaltılır. Geri emişin yanlış uygulanmasından dolayı, silindir memesinde havanın sıkışmasında parçanın yüzeyinde yanık izlerinin oluşmasına neden olabilir. Memeden mal akışının olmaması için yapılan ve mal alımından sonra vidanın biraz geriye alınması işlemi olan geri emiş yeterinden fazlaysa memedeki malzeme oksitlenebilir ve parça yüzeyinde yanık izlerine neden olabilir.

Malzemenin silindirde iken oksitlenmesinden kaynaklanan bir yanık türüne de özellikle PVC, asetal ve naylonlarda karşılaşılr. PVC de bu olay, baskıdan baskıya yeri değişen koyu ve uzun bir iz şeklindedir. Çaresi rezistanslardan gelen ısının azaltılıp, gerekli ısının sürtünme yoluyla teminidir. Silindir sıcaklık bölgelerinin arka sıcak, orta soğuk ve ön sıcak şeklinde ayarlanması bir önlem olarak.

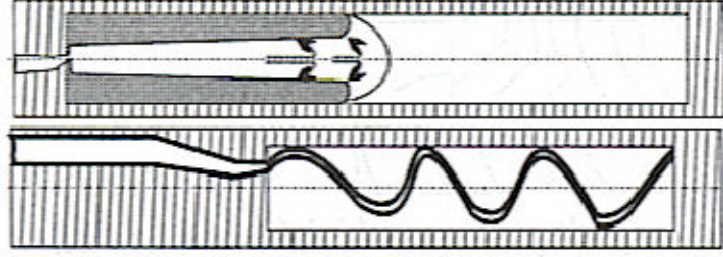
6.2.2. Akış izleri

Plastik malzeme bir kalıba enjekte edildiğinde, her akışkanda olduğu gibi kalın ve geniş bölgelere daha hızlı yayılır. Buralar dolduktan sonra daha dar ve ince kesitlere nüfus eder. Malzemenin yol alışı esnasında delik oluşturan bir birim, oyuk çıkaran bir erkek parçaya rastlandığında türbulans olayı yaşanır ve akış bölünür. Bazen oluşan türbulansın izi akış yolunun sonuna kadar taşınabilir ve donduğu yüzeyde dalgalı bir görüntü verir. Aynı olay yolluk girişinde de yaşanabilir. Konik ürün besleme ağzından giren akışkan düz kalıp duvarına dikey çarptığında da ürünün besleme ağzı çevresinde dalgalı bir görüntü verebilir. (Şeker,1999)

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

6.2.3. Jetting (plastığın yılan gibi fıskırarak kalıba dolması)

Baskının yüzeyinde yılan gibi kaba veya mat izler görülür. Fıskırma sıkça renkte ve parlaklıkta farklılığa sebep olur. Bazı durumlarda yarık şeklinde görülebilir. Fiziksel nedeni şudur: Fıskırma erimiş plastiğın ön kısmının normal plastik akışından farklı olmasından dolayıdır. Sicim şeklinde oluşmuş plastik yolluk geçidinden başlamak üzere kontrolsüz bir hareketle kalıp boşluğuna girer. Bu durumdaki erimiş plastik sicimi öyle bir şekilde soğur ki arkadan gelen plastik bileşimi ile homojen olarak karışmaz. Bu durum sıkça uzun parçaların yüksek enjeksiyon hızıyla dolması durumunda oluşur, ayrıca kavite giriş pozisyonu da önemlidir. (Turaçlı,2003)



Şekil 6.1. Normal akış ve jetting (Turaçlı,2003)

6.2.4. Birleşme izleri

İki veya daha fazla akış hattının birleştiği ve kaynaştığı yerlerde oluşan çizgilere birleşme izleri denir. Kalıpta birden fazla ürün besleme ağzı, delik çıkaran pimler ya da maçalar, lokmalar vb. erkek parçalar var ise birleşme izi olacaktır. Önem verilmez ve etkilerinin azaltılmasına çalışılmazsa büyük sorunlar çıkabilir. 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. Bir önceki enjeksiyon hatası "akış izlerinin" nedenleri birleşme izlerine de kaynaklık eder. Ancak birleşme izleri mukavemet sorunlarını da meydana getiren ve diğeri gibi yalnızca yüzeyde olmayıp, kesitte de etkili olan bir hatadır. Üründe mukavemet özellikleri göz ardı edilirse kavitenin birleşme izlerini gizlemek için kumlama yapılabilir.



Şekil 6.2. Birleşme izleri (Turaçlı,2003)

Birden fazla ürün besleme ağzının olması birleşme izlerinin sayısını çoğaltır. Zaten, eğer başka amaç yoksa birden fazla besleme ağzı verilmesi sorunlar yaratır. Bu durumda en iyi çözüm sıcak yolluk kullanmaktır. Kalıp parlatma izlerinin malzemenin

akış yönünde verilmesinin, birleşme izlerinin azaltılmasına yardımcı bir unsur olduğu unutulmamalıdır. Birleşme izlerinin azaltılması için silindir ve kalıp sıcaklığının yükseltilmesi kadar, hızlı enjeksiyon suretiyle malzemenin soğumadan birleşmenin sağlanması da önemli bir önlemdir. Buna karşın kalıptaki havalandırmanın yerleri ve etkinliği hızlı enjeksiyona el vermelidir. Sıkışmış hava enjeksiyon izlerinin artmasına ve yarıklara neden olacaktır. (Turaçlı,2003)

6.2.5. Kalıp temas yüzeyindeki izler

Kalıp temas yüzeylerinin parçaya denk gelen yerlerinde çapaklanma şeklinde iz bırakması, kalıp yapımında gerekli ihtimamın gösterilmemesine ya da kapama gücünün yetersizliğinden olabilir. İyi parlatılmış yüzeyler temas izini mat olanlara göre daha fazla gösterdiklerinden buraların desenlendirilmesi bu izi maskeleyecektir. En iyisi kalıp tasarımında temas mümkünse en az mahsurlu yerlerde gerçekleştirilmesi düşünülmelidir.



Şekil 6.3. Kalıptan kaynaklanan yüzey hatası

6.2.6. Karışık ve pürüzlü yüzeyler

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

Enjeksiyon esnasında kalıba giren malzemenin, küçülen ürün besleme ağzı nedeniyle basıncının düşmesine, kalıp içinde oluşmuş karşı basınçtan etkilenince malzemenin vizkozitesi iyice yükselir ve genellikle ürün besleme ağzı çevresinde donmakta olan plastiğe kalıbın şeklini alması için yeterli kuvvet uygulanmaz. Yeterli enjeksiyon hızı ve kuvveti sağlayamıyor ise daha güçlü bir makinede üretim gerçekleştirilmelidir. Kalıp yolluk kanallarının kısaltılması, genişletilmesi, parlatılması gibi akışı kolaylaştıracak ve basınç düşmesini azaltacak önlemler alınabilir. Bu izin bir diğer oluş biçimi ise, baskıdan baskıya memenin ucunda kalan ve havayla nispeten soğumuş bulunan plastik muhtevanın kalıba girer girmez değdiği yüzeyin şeklini alamadan donmasıdır (Şeker,1999)

6.2.7. Yüzeydeki lekeler

Plastik malzeme içerisindeki bir katkı maddesinde kullanılan pigmentin yüzeye göç etmesi veya yanığa neden olmasa da kalıp yüzeyiyle reaksiyona giren gazlanmış polimer, parça yüzeyinde lekeler oluşturabilir. Bu olgular malzeme, boya ve katkı maddelerinin kendileriyle ilgilidir ve araştırılmalıdır. Ancak yine de proses şartları ile önlenebilirler (Turaçlı,2003)

6.2.8. Serpinti (gümüşi izler) oluşması

Ürün besleme ağzından yayılan bazen de tüm parçayı kaplayabilen gümüşi izleri andıran ve serpinti denilen görüntü bozukluğu sıkça rastlanabilen bir enjeksiyon hatasıdır. Kökeninde plastik eriğinin 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 solventi fazla miktarda kullanılmış kalıp ayırıcı madde ve polimerin ısıl degravasyonu sonucu çıkan gazdır. Polimerin ısıl degravasyonu sonucu ortaya çıkan gazın varlığı malzemenin memeden kusturularak incelenmesiyle tespit edilebilir. Hem bir gaz çıkışı, hem de köpüklenme bu olayı kanıtlar. Bu takdirde sıcaklık kontrolörleri, rezistanslar ve termokulplar kontrol edilmelidir. Malzeme akışı esnasında sürtünme kaynaklı ısı oluşması da gaz ayrışmasına kaynaklık edebilir. Ayrıca ürün besleme ağzındaki aşırı sürtünmeden oluşan kinetik enerjinin ısıya dönüşmesi

gazlaşmaya neden olabilir. Bazen de kalıp suluklarından sızabilecek ve kalıba damlayabilecek su, serpintiye kaynaklık edebilecektir (Turaçlı,2003)

6.2.9. Çizikler

Kalıp açıldığında, ürünün yüzeyinde kalıbın açılış yönünde çizikler oluşuyor ise bunun nedeni iki kategoride toplanabilir. Birinci neden, temas yüzeylerinde eğer bir tahribat varsa ve metal çapaklanması sıyrılan parçayı çiziyorsa, bu kalıp yüzeylerinin iyi alıştırtılmasından ya da hızlı kalıp kapama nedeniyle kalıbın hasar görmesinden kaynaklanmaktadır.

İkinci neden, kalıbın aşırı doldurulmasıdır. Eğer kalıp aşırı doldurulmuş ve kalıbın yüzey parlatılması iyi yapılmamış ise dişi kısım parçayı çizebilir. İkinci basıncın yüksekliği ve sürenin uzunluğu, ürün besleme ağzının büyük, parçanın et kalınlığının fazla olduğu durumlarda bu çizilmelere yol açabilir. Özellikle ABS ve akrilik malzeme için yapılan kalıplarda yeterince koniklik verilmemişse ve pah kırma tasarlanmamışsa ürün yüzeyinde çizilmelere rastlanabilir.



Şekil 6.4. Parça yüzeyinde meydana gelen çizikler

6.2.10. Eksik ürün

Eksik ürün almanın birçok nedeni olabilir. İlk bakılacak şey makinenin enjeksiyon grubunun yeterince güçlü olup olmadığı, malzemenin akışkanlığının yeterince sağlanıp sağlanmadığı ve kalıbın tamamen dolmasını engelleyen bir karşı basınç veya engelin varlığıdır.



Şekil 6.5. Eksik dolum

Kalıp içinde oluşan ve parçanın tamamen şekillenmesine karşı koyan bir iç basınç genellikle hava veya başka bir gazın sıkışıp kalmasındandır. Hava tamamen sıkışıp kalıyor ve hiçbir şekilde kaçamıyorsa, eksik ürün verme olayının yanında yanık izinin de oluşması kaçınılmazdır. Ancak, bazen havanın yavaş bir sızma şeklinde kaçması durumunda oksidasyon reaksiyonu (yani yanma) oluşmaz, fakat malzeme bu sırada donduğu için dolma gerçekleşmez. Havanın sıkışması kalıp yapım hatasından meydana gelebildiği gibi, havalandırma kanallarının yağ, gres, herhangi bir pislik veya plastik ile tıkanması ya da küçülmesinden de olabilir. Kalıbın yüksek basınçta sıkışması durumunda da metalin elastik halde aşırı bastırılmasından dolayı havalandırmalar etkisiz halde kalabilir (Birinci,1997)

Kalıp içinde bir iç basınç oluşması, özellikle boyu uzun ama ince bir et payı bulunan parçalarda donma sonucu ortaya çıkar (parçanın her iki yüzeyindeki donmuş tabaka toplam kesitin yüzde ellisine ulaştığında kalıp doldurulmuş olmalıdır.) Enjeksiyon basıncının artırılmasıyla tam doldurma gerçekleşebilir, ancak bu ürün besleme ağzı çerçevesinde kalıcı gerilmelere neden olacağından iyi bir yöntem değildir. Bunun yerine, kalıbın tam doldurulabilmesi için enjeksiyon hızının daha fazla artırılabilmesi, yağ debisi yüksek bir makinede üretimin gerçekleştirilmesi yararlı olacaktır. Diğer bir çare ise kalıp sıcaklığının yükseltilmesidir. Gerilim giderilmesi

veya parlaklık sağlanması nedeni dışında kalıp sıcaklığının arttırılması, çevrim süresini uzatacağından verimi düşürecektir.

Prosesle ilgili tüm faktörler üzerinde çaba gösterildiğinde, yeterli güç, sıcaklık ve malzeme beslemesi yapıldığı ve hatta basınç ve hız valfleri, rezistanslar, termokulplar, sıcaklık kontrolörleri denetlediği halde eksik üründen kurtulamıyor ise suç enjeksiyon grubunda aranmalıdır. Şüphelenilebilecek bir yer çek-valf görevi yapan enjeksiyon vidası bileziğidir. Çatlamış veya aşınmış bir bilezik enjeksiyon esnasında geriye malzeme kaçıtır. Benzeri bir şekilde eğer enjeksiyon hidrolik silindir pistonundaki sızdırmazlık elemanlarından da geriye yağ kaçıtırma olursa eksik parça söz konusu olabilir. Kalıbın tam dolmasındaki engellerden biri de enjeksiyon memesinin küçük bir metal parçası ya da malzeme karışmış olan ve daha yüksek sıcaklıkta eriyebilen bir plastik granülü tarafından tıkanmış olmasıdır. Memenin enjeksiyon ağzına tam oturmaması da enjeksiyonu engeller, hatta malzemenin kalıp dışına akmasına yol açar. (Şeker,1999)

Eksik ürünü önlemek için yollukların ve besleme ağızlarının üretim denemesi yapılan bir kalıpta büyütülmeleri düşünülebilir. Ancak yeni olmayan kalıbın sırf malzeme değişikliğinden dolayı eksik ürün verdiği durumlarda bu genişletme işlemi yapılmamalıdır.

6.2.11. Parçanın kalıpta kalması

Parçanın kalıpta kalmasının birçok nedeni olabilir. Malzemenin akışkanlığı buna kaynaklık edebilir. Çok akışkan bir malzeme, kalıp içerisinde gereğinden fazla bir basınçta enjekte edilebilir. Kalıp yüzeyini sıkıca kavrayan parçanın soğuma esnasında oluşan hacim küçülmesi neticesindeki vakum kuvvetinden kurtulması zorlaşır. Eğer malzeme vizkozitesi yüksekse, o zaman basıncı arttırmak gerekir ki bunun sonucu yolluk besleme kanalında veya parçaya ait feder, bölme gibi yerleri çıkaran kalıp oyuklarında oluşacak aşırı basınç parçanın kalıba yapışmasına neden olabilir. Enjeksiyon hızının yavaş tutulması da çekmeyi arttıracaktır ve parçanın kalıbın erkeğine yapışmasına yol açabilecektir. Fazla malzeme beslemesinde ise parça kalıbın dışısında kalabilir ki bu da ciddi bir yapışma sorunudur. Bazen kalıbın dışısı erkeğine göre daha sıcak tutularak, dışıda kalma sorunu çözümlenebilir. Kalıpta kalmada makinenin de

suçu olabilir. Eğer hidrolik sistem yeterli yağ debisini sağlayamıyor ise yukarıda da bahsedilen aşırı çekme olayı ile karşılaşılabilir.

Kalıpta kalmanın en büyük kaynağı kalıp hatasındandır. İyi parlatılmamış yüzeyler parçanın sıkışmasına ve yapışmasına neden olabilir. Yalnız burada unutulmaması gereken bir durum sıyırmanın yapılacağı erkek yüzeyin iyi parlatılmasının ters etki yapacağı ve parçanın dışıde kalabileceğidir. Ürün tasarımında yeterli aç, koniklik, pah kırma gibi sıyırmayı kolaylaştıracak koşullar öngörülmalıdır.

6.2.12. Çapaklı ürün

Genellikle kalıp temas yüzeylerinde, itici pimlerinin çevrelerinde veya parçanın herhangi bir yerinde çapak tabiri kullanılan malzeme taşmasının bir çok nedeni vardır. Çapak oluşması kalıp veya makineden kaynaklanabildiği gibi plastik parçanın ve kalıbın iyi tasarlanmamasından da meydana gelebilir. Kullanılan makinenin kapama gücünün kalıbın ebatlarının büyük olmasından dolayı yetersiz kalması çapak vermeye neden olabilir. Basınç kontrol ve debi kontrol valflerindeki arıza, hidrolik kapama sistemine sahip makinelerde yağ ısınması, hidrolik devreden gelen arızaları oluşturur. Mengene grubunda kolon plakalarının merkezinde olmaması da belli bölgelerde çapak oluşmasına yol açar. Isıtıcı rezistanslara kumanda eden termokulpların arızalanması, yerlerinden oynamaları veya malzeme beslenmesinde vidanın hızlı ya da gereğinden uzun süre dönmesi sonucu oluşan mekanik sürtünme kökenli ısınma sonucu plastik sıcaklığının istenilenden fazla yükselmesinin doğurduğu düşük vizkosite kalıp temas yüzeylerinden malzeme sızmasını getirir.



Şekil 6.6. Çapaklı ürün

Parçada çapak oluşumu kalıbın tam ve doğru kapanmamasından, kalıp birleşme hattının tam düz olmamasından kaynaklanır. Parçadaki çapak oluşumunu önlemek için enjeksiyon basıncı ve enjeksiyon hızı düşürülmeli, kilitleme kuvveti arttırılmalı, parça yüzey alanı küçültülmelidir.

6.2.13. Parça içinde boşluk ve yüzeyde çöküntü oluşması

Malzeme yeterli bir şekilde kurutulmamışsa özellikle et kalınlığı oldukça fazla parçaların içerisinde boşlukların oluşmasına neden olabilir. Eğer malzeme uçucu madde taşıyorsa veya silindir içerisinde degratasyon sonucu gaz oluşumu varsa, yine parça içerisinde boşluklar oluşabilir. Bu mahsurların tespiti halinde giderilmesi kolaydır. Yine gazın neden olduğu boşluk durumu hava sıkışmasıdır. Özellikle akışkanlığı fazla olan malzemenin kullanıldığı kalın parçalarda, kalıplama boşluğu içerisinde hapis olan hava, boşluk oluşturur. Enjeksiyon hızının düşürülmesi, ürün besleme ağzının değiştirilmesi, ütüleme basıncı ve hızının arttırılması gibi önlemlerle netice alınabilir (Turaçlı,2003)



Şekil 6.7. Parça yüzeyinde çöküntü

Plastik malzeme eriyik halinde iken katı haline oranla daha fazla hacim kaplar. Faz değiştirme ve soğuma esnasında hacimsel küçülmeye uğrar ve tabiidir ki uzun ve kalın yerlerde bu küçülme kısa ve ince kesitlere göre fazla olur. Kalıplanmış bir plastik parça üzerinde ani kesit kalınlığı değişiklikleri varsa ve feder oluşturmak yerine kalın et kalınlıkları varsa farklı hacimsel küçülme yüzeyde çöküntü şeklinde kendini belli eder. Eğer malzemenin kalıba değen yüzeyi çabuk donarsa, bu hacimsel küçülme içeride bir boşluk yaratarak gerçekleşecektir. Malzemenin özelliğinden ve parça tasarımının

sonuçlarından kaynaklanan bu önemli mahsurun giderilmesi pek kolay değildir. Kalıbın soğutulmasında et kalınlıklarının da göz önüne alınarak yapılması çöküntüleri azaltacak bir faktördür. Birçok durumda mümkün olan en düşük eriyik sıcaklığında, yeterli malzeme ile kalıbın hızla doldurulması çöküntü ve boşlukların azaltılmasında en etkin yöntem olacaktır. Parçanın kullanımında eğer yüzey görüntüsü çok önem taşıyorsa, çöküntü boşluklara tercih edilmelidir. Çünkü parça içerisinde bir çentik etkisi yapan iç boşluklar düşük malzeme sorunları meydana getirir. Görüntünün berbat olduğu durumlarda, örneğin kalıp sıcaklığı düşürülerek çöküntüler lehine iç boşlukların oluşumuyla hacim küçülmesinin etkisi yüzeyde azaltılır.

6.2.14. Kalıptan çıkarken çarpılma

Bu çarpıklığın kökeni, parça kalıptan çıktıktan sonra oluşan ve iç gerilmelerin neden olduğu çarpılmadan farklıdır. Bir parça kalıptan çarpılmış olarak çıkıyor ise bunun nedeni yetersiz soğuma veya soğutma zamanıdır. Parçalar mutlaka kullanılan plastik malzemenin ısı distorsiyon sıcaklığının altında soğutulmalıdır. Aksi takdirde yeterince soğumamış yüzeye vuran itici pimleri parçanın çarpılmasına neden olur .

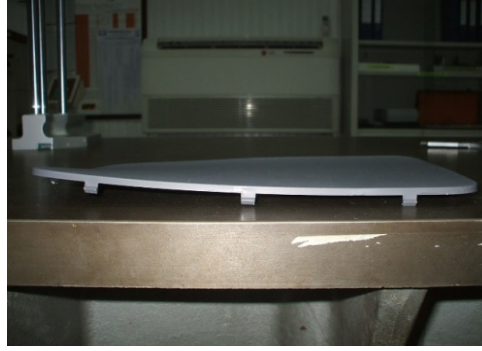
6.2.15. Sonradan oluşan çarpıklık

Parçanın kalıptan çıktıktan kısa bir süre sonra ya da uzun bir süre sonra çarpılması iç gerilmeler veya daha farklı malzeme çekmelerinden dolayıdır. Katkı malzeme enjeksiyonunda katkı maddesinin yönlenmesine bağlı olarak çarpılmalar meydana gelebilir. (Turaçlı,2003)

Ürün tasarımında farklı et kalınlıklarının verilmesi kaçınılmaz ise, erken soğuyan ve daha çok çeken ince kesitler, geç soğuyan kalın kesitlere doğru parçayı çarpıtacaktır. Bilinçsiz yerleştirilmiş federler de çarpılmaya yol açabilirler.

Çarpılmanın bir nedeni parçadaki farklı malzeme çekmesindedir. Malzeme kalıba girdikten sonra karşılaştığı soğuk kalıp duvarı üzerinde bir film tabakası yaparak donar. Kesit daraldıkça sonradan gelen malzeme akış yönünde fazladan bir kayma gerilmesine neden olacaktır ve molekül zinciri akış yönüne doğru fazladan gerilecektir. Sonuçta akış yönünde (radyal) soğuma tamamlandığında buradaki malzeme çekmesi, akışa dik olan yöndeki çekmeye oranla daha fazla olacaktır. İki farklı çekme, parçanın

üzerinde çekmenin fazla olduğu yöne doğru çarpılmalar oluşacaktır. Farklı soğuma uygulaması, özellikle büyük parçaların kalıplanmalarında bu çarpılma etkisini azaltacak neticeler verebilir. Parçada kalıptan çıktıktan sonra oluşan deformasyonun engellenmesi için kalıp sıcaklığı, kalıp açma hızı ve itici hızı düşürülmeli, kalıp kapama süresi uzatılmalıdır.



Şekil 6.8. Sonradan oluşan çarpıklık

6.2.16. Çatlama

Eğer plastikte proses esnasında giderilmemiş iç gerilmeler kaldı ise bu durum daha sonra elverişsiz çevre ve iklim koşullarında çatlamların ortaya çıkmasına yol açabilir. İç gerilmelerin azaltılması lazımdır. Bunun için ürün tasarımında keskin köşelerden mümkün olduğunca kaçınılmalıdır ve soğutmanın homojenliği sağlanmalıdır.

6.2.17. Soyulma

Yüzey soyulmalarının bir nedeni yine iç gerilmelerin fazla oluşundandır. Parça içerisinde giderilmemiş gerilmeler taşıyan bir parça, normalde etkilenmeyeceği bir solventle sıcak bir ortamla karşılaştığında yüzeyinde soyulmalar görülebilir. Örneğin polipropilenden yapılmış ve dibinde iç gerilmeler kalmış bir kovaya sıvı deterjan dökelim. Üstüne su ilave edildiğinde çıkan çözünme ısısının da etkisiyle yüzeyde pullanmalar şeklinde soyulmalar gözlemlenir. Bir plastik malzemeye başka bir plastik malzeme karıştığında da üründe, özellikle ürün besleme ağzında soyulmalar olur. Fazla miktarda kullanılan kalıp ayırıcı yağları daha sonradan yüzey soyulmalarına neden olabilirler.

BÖLÜM 7

PLASTİK ENJEKSİYON MAKİNELERİNDE KALIP KİLİTLEME KUVVETİ HESABI

Kilitleme Kuvveti Hesabı

İhtiyaç duyulan kilitleme kuvveti öncelikle,

- Kalıp kapanma hattındaki parça yüzey alanına
- Kullanılan plastik hammaddeye
- Kalıp sertliğine bağlıdır.

İnce et kalınlıklı parçalar için gereken kilitleme kuvveti kalın parçalara göre daha fazladır.



Şekil 7.1.İnce et kalınlıklı parçalar için kalıp içi göz basıncı (ARBURG)

Şekil 7.1de ince et kalınlıklı parçalar için kalıp içi göz basıncı verilmiştir.Bu grafik düşük ve orta viskoziteli plastikler için geçerlidir.

$$\text{Akış yolu uzunluğu / duvar kalınlığı} = \frac{\text{Akış yolu uzunluğu } L}{\text{Duvar kalınlığı } s} = \frac{L}{s}$$

İnce duvar kalınlıklı parçalar için gerekli kilitleme kuvveti,

Kilitleme kuvveti = $Z \times A_{yüzey} \times pW$ şeklinde hesaplanabilir.

Z = Kalıptaki göz sayısı

$A_{yüzey}$ = Kalıp birleşme hattındaki yüzey alanı

pW = L/s ve et kalınlığına (s) göre Şekil 7.1'den okunan kalıp göz basıncıdır.

Bazı endüstriyel ürünler için kalıp kilitleme kuvveti hesaplanması;

Tek kullanımlık bardak

Akış yolu $L = 80\text{mm}$

Et kalınlığı $s = 0.5\text{mm}$

$L/s = 80/0.5 = 160$

Göz sayısı $z = 1$

$A_{yüzey} = 51\text{cm}^2$

pW (Şekil 7.1'e göre) $= 650\text{ bar} = 6500\text{ N/cm}^2$

Kilitleme kuvveti $= 1 \times 51 \times 6500 = 331500\text{ N} = 332\text{ kN}$

Reçel Kavanozu

Akış yolu $L = 85\text{mm}$

Et kalınlığı $s = 0.5\text{mm}$

L/s	= 85/0.5 = 170
Göz sayısı	z = 1
$A_{yüzey}$	= 71 cm^2
pW (Şekil 7.1'e göre)	= 750 bar = 7500 N/ cm^2
Kilitleme kuvveti	= 1 x 71 x 7500 = 532500 N = 533 kN

Saksı

Akış yolu	L = 120mm
Et kalınlığı	s = 0.55mm
L/s	= 120/0.55 = 218
Göz sayısı	z = 1
$A_{yüzey}$	= 113 cm^2
pW (Şekil 7.1'e göre)	= 800 bar = 8000 N/ cm^2
Kilitleme kuvveti	= 1 x 113 x 8000 = 904000 N = 904 kN

Ankastre Fırın Kontrol Panel Düğmesi

Akış yolu	L = 75mm
Et kalınlığı	s = 0.5mm
L/s	= 75/0.5 = 150
Göz sayısı	z = 1
$A_{yüzey}$	= 32 cm^2

$$pW \text{ (Şekil 7.1'e göre)} = 400 \text{ bar} = 4000 \text{ N/ cm}^2$$

$$\text{Kilitleme kuvveti} = 1 \times 32 \times 4000 = 128000 \text{ N} = 128 \text{ kN}$$

Pet Şişe

$$\text{Akış yolu} \quad L = 90 \text{ mm}$$

$$\text{Et kalınlığı} \quad s = 0.5 \text{ mm}$$

$$L/s = 90/0.5 = 180$$

$$\text{Göz sayısı} \quad z = 1$$

$$A_{\text{yüzey}} = 83 \text{ cm}^2$$

$$pW \text{ (Şekil 7.1'e göre)} = 700 \text{ bar} = 7000 \text{ N/ cm}^2$$

$$\text{Kilitleme kuvveti} = 1 \times 83 \times 7000 = 581000 \text{ N} = 581 \text{ kN}$$

Plastik Tabak

$$\text{Akış yolu} \quad L = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Et kalınlığı} \quad s = 0.5 \text{ mm}$$

$$L/s = 150/0.5 = 300$$

$$\text{Göz sayısı} \quad z = 1$$

$$A_{\text{yüzey}} = 113 \text{ cm}^2$$

$$pW \text{ (Şekil 7.1'e göre)} = 700 \text{ bar} = 7000 \text{ N/ cm}^2$$

$$\text{Kilitleme kuvveti} = 1 \times 113 \times 7000 = 791000 \text{ N} = 791 \text{ kN}$$

Pet Şişe Kapağı

Akış yolu	$L = 60\text{mm}$
Et kalınlığı	$s = 0.5\text{mm}$
L/s	$= 60/0.5 = 120$
Göz sayısı	$z = 1$
$A_{\text{yüzey}}$	$= 16\text{cm}^2$
pW (Şekil 7.1'e göre)	$= 450 \text{ bar} = 4500 \text{ N/cm}^2$
Kilitleme kuvveti	$= 1 \times 16 \times 4500 = 72000 \text{ N} = 72 \text{ kN}$

BÖLÜM 8

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Plastik ürünler günlük yaşantımızın her alanında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Geçmişte yalnızca hafif işler ve dekorasyon amaçlı olarak kullanılırken günümüzde artık birincil önem taşıyan yapısal uygulamalarda metallerin yerini almaya başlamışlardır.

Ülkemiz bu konuda önemli mesafeler kaydetmiş olup büyük firmalar özel yazılım programları kullanarak daha kalıp üretilmeden sanal ortamda kalıplarını ve ürünlerini deneyebilme imkanı bulmuşlardır. Küçük ve orta ölçekli işletmelerde durum biraz farklıdır. Mali imkanların el vermemesi zaten onların yazılım kullanmamalarının önünde ciddi bir engel teşkil etmektedir.

Enjeksiyonla kalıplanan plastik ürünlerde meydana gelen çekme, üzerinde durulması gereken en önemli enjeksiyon problemlerinden biridir. Çekme oranı büyük ölçüde kalıplanan malzemeye bağlı olmakla birlikte, parçanın şekli, yolluk sistemi, enjeksiyon sıcaklığı, enjeksiyon basıncı, ütüleme basıncı, ütüleme zamanı, soğutma süresi de çekmede etken parametrelerdir. Enjeksiyon basıncının kalıplanan parçanın çekmesi üzerinde belirgin bir etkisi vardır. Enjeksiyon basıncı arttıkça hem düzlem içinde hem de kalınlık yönü boyunca çekme oranı azalır. Çalışma sıcaklığının ise daha küçük bir etkiye sahiptir.

Malzemede meydana gelen çekme üzerinde etkili olan parametreler incelenerek buna bağlı olarak plastik enjeksiyon için kalıp kilitleme kuvvetleri hesaplanmış ve gereken en doğru değerler bulunmuştur.

Genel olarak değerlendirilecek olursa; plastik enjeksiyon işleminde sıcak malzemenin soğuması ve üzerinden basıncın kalkmasıyla ister istemez çekme meydana gelir. Eriyik sıcaklığı, enjeksiyon basıncı, tutma zamanı, tutma basıncı ve soğuma süresi gibi enjeksiyon parametreleri ve parça ağırlıklarının çekme miktarına etkileri araştırılırsa mümkün olan en az çekme miktarı ile fonksiyonel yapısı ve ömrü bozulmayan deney parçalarının üretiminin yapılabileceği görülür.

ÖNERİLER

Parça et kalınlığı, itici basıncı, sıcak yolluk sıcaklığı, kilitleme basıncı ve katkı maddesi miktarının çekmeye olan etkileri, oluşturulacak daha geniş Taguchi ortogonal dizileriyle incelenebilir.

KAYNAKLAR

Güneş Plastik Kalıp San.Ltd.Şti. Gebze/Kocaeli,Türkiye

Akyüz, Ö.F.: “Plastikler Ve Plastik Teknolojisine Giriş”, PAGEV Yayınları, İstanbul,Türkiye,(1999)

Öksüz, M.: “Enjeksiyonla Kalıplama Yönteminde Kalıplama Şartlarının İzotaktik Polipropilenin Hacim Değişikliğine Etkisi”, PAGEV Plastik Araştırma Geliştirme ve İnceleme Dergisi (1996)

Yaşar, H.: “Plastikler Dünyası” TMMOB yayınları, Ankara,Türkiye, (2001)

Güneş, A.T.: ” Plastik Enjeksiyon Kalıpları” TMMOB yayınları,Ankara,Türkiye,(2005)

ARBURG Enjeksiyon Kılavuzu www.arburg.de/com/TR/tr/index.jsp

Kamal, Z.:”Troubleshooting Plastic Injection Molding Machines” (1993)

Şeker, C.: “Termoplastiklerin Şekillendirilmesinde Kullanılan Enjeksiyon Kalıplarının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul 1999

Birinci, A.: “Plastik Enjeksiyon Kalıplarının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul 1997

Turaçlı, H.: “Enjeksiyoncunun El Kitabı”, Pagev Yayınları, İstanbul 2003

Kayı, Y.: “Plastik Enjeksiyon Prosesindeki Parametrelerin Çekme Problemine Etkilerinin Taguchi Metodu İle İncelenmesi ”, Yüksek Lisans Tezi, Mayıs 2006

EK -1

Plastik Enjeksiyon Makineleri (Güneş Plastik San.)



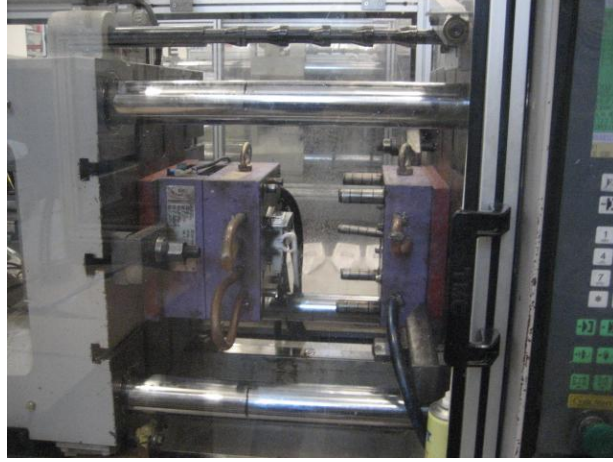
Plastik Enjeksiyon Makinesi



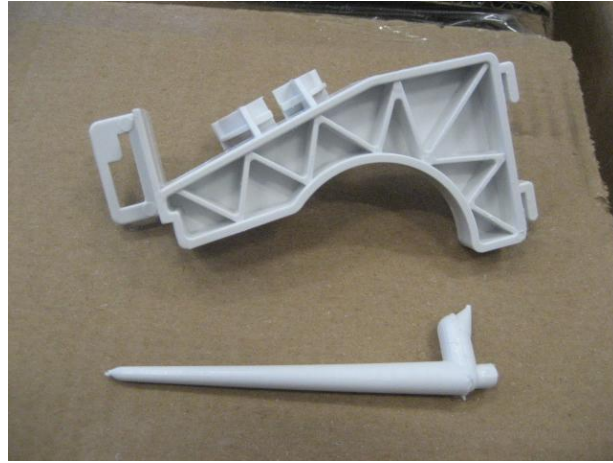
Plastik Enjeksiyon Makinesi Mengene Sistemi



Plastik Enjeksiyon Makinesi Vida Sistemi



Plastik Enjeksiyon Erkek ve Dişi Kalıp , Mengene Sistemi



Plastik Malzeme



Plastik Enjeksiyon Kalıbı

EK -2

**Plastik Enjeksiyonda Termoplastik ve Termoset Malzemeler İçin
Problemler ve özümleri**

Termoset (Duroplast) Malzemeler İçin Problemler ve Çözümleri (ARBURG)

Olası Problemler ve Çözümleri		Makine Ayarları														
		Enjeksiyon Basıncı	Enjeksiyon Basıncı (Varsa)	Ütipleme Süresi	Enjeksiyondan Ütiplemeye Geçiş Noktası (Sonra → Önce ←)	Sıcaklığı Sildir Sıcaklığı, Meme Sıcaklığı	Vida Dönüş Hızı	Vida Geri Basıncı	Enjeksiyon Hızı	Plastikleştirme	Kalp Sıcaklığı	Kilitleme Kuşveti	Kalp Açılma Hızı ve İtici Hızı	Kalp Kapama Süresi	Dekomp. Kontrolü İle Çalışım	Geri Basıncı Prosedürü İle Çalışım (2. Kilitleme Kuşveti)
Üretilen Parçadaki Problemler	Genel: Değeri Arttırım: Değeri Düşürün: Değeri Değıştirin: Değeri Değıştirin: Değeri Değıştirin:	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕
Eksik Kalıp Dolması		↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕
Çapak Oluşumu		↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕
Parçanın Kalıptan Zor Çıkması																
Parçanın Kalıptan Çıkarken Deformasyonu																
Parçanın Kalıptan Çıktıktan Sonra Şekil Bozukluğu		↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕
Çökme Oluşumu		↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕
Hava Kabarcığı Oluşumu																
Parçada Yırtık Oluşumu		↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕
Siyah (yanık) Noktalar																
Cansız, Mat Görünüm (Yolluğa yakın bölgede)		↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕
Yüzey Matlığı																
Gözenekli Yüzey		↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕
Yol Yol (koyu) izler																
Bulutlu Görünüm																
Gözenekli Bölgelerde Birleşme İzleri		↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕	↕

Termoset (Duroplast) Malzemeler İçin Problemler ve Çözümleri

Olası Problemler ve Çözümleri Genel: Değeri Arttırın: Değeri Düşürün: Değeri Değiştirin: Değeri Değiştirin: Değeri Değiştirin:	Kalıp												
	Kalıbı Parlatın (İtçilere Dikkat Edin)	Yetersiz İnceleme	İtçi, İnsert v.b. Nedenli Çapak Oluşumu	Kalıp Tam ve Doğru Kapamıyor	Yolluğu, Girişi Parlatın	Yolluğu, Girişi Çapı	Çok Gözlü Kalıplarda, Tüm Gözleri Kademeli Olarak Doldurun	Yolluk Yerleşimi Uygun Değil	Hava Kanalı Açın veya Hava Kanallarını Genişletin	Kalıp Boyutları Uygun Değil (küçük), Kalıp Esmiyor	İtici Tipi Uygun Değil	Kalıp Isıtma Uygun Değil	
Üretilen Parçadaki Problemler													
Eksik Kalıp Dolması				X		↔		X	X				
Çapak Oluşumu			X		X					X			
Parçanın Kalıptan Zor Çıkması	X	X									X		
Parçanın Kalıptan Çıkarırken Deformasyonu	X										X		
Parçanın Kalıptan Çıktıktan Sonra Şekil Bozukluğu						↔	X	X	X				X
Çökme Oluşumu													
Hava Kabarcığı Oluşumu													
Parçada Yırtık Oluşumu													X
Siyah (yanık) Noktalar													
Cansız, Mat Görünüm (Yolluğa yakın bölgede)	X					↔			X	X			X
Yüzey Matlığı	X					X							
Gözenekli Yüzey						↔							
Yol Yol (koyu) izler					X								
Bulutlu Görünüm													
Gözenekli Bölgelerde Birleşme İzleri						↔							X

Termoset (Duroplast) Malzemeler İçin Problemler ve Çözümleri

Üretilen Parçadaki Problemler	Hammadde Özellikleri			Makine Komponentleri							Üretilen Parça		
	Malzeme Beslenmesi Yetersiz, Huni Boş, Kapalı veya Tıkalı	Malzeme Uygun Değil (Ör: Akış Karakteristiği Yanlış)	Kirlenmiş Malzeme	Fazla Kaydırıcı Kullanılmış	Memne Hasarlı	Yanlış Vida	İstima Zamanı Çok Uzun, Kısa Çevrim Süresi veya Küçük Silindir Kullanım	Plastikleştirme Silindiri Çok Küçük	Projeksiyon Alanı Çok Büyük	Daha Büyük Makine Kullanım	Çok Hızlı Sogutma	Parça Şekli Uygun Değil	Duvar Kesiti Çok Ağır
Olası Problemler ve Çözümleri Genel: X Değeri Arttırın: ← Değeri Düşürün: → Değeri Değiştirin: ↔ Değeri Değiştirin: ↔ Değeri Değiştirin: ↕	X	X				X	X	X	X				X
Üretilen Parçadaki Problemler													
Eksik Kalıp Dolması		X							X				
Çapak Oluşumu		X											
Parçanın Kalıptan Zor Çıkması		X											
Parçanın Kalıptan Çıkarken Deformasyonu		X											
Parçanın Kalıptan Çıktıktan Sonra Şekil Bozukluğu		X									X		
Çökme Oluşumu		X											
Hava Kabarcığı Oluşumu		X											
Parçada Yırtık Oluşumu		X									X		
Siyah (yamak) Noktalar		X											
Cansız, Mat Görünüm (Yolluğa yakın bölgede)		X		X									
Yüzey Matlığı		X											
Gözenekli Yüzey		X	X										
Yol Yol (koyu) izler		X	X		X								
Bulutlu Görünüm		X	X										
Gözenekli Bölgeelerde Birleşme İzleri		X	X										
		X	X										
		X	X										

Termoplastik Malzemeler İçin Problemler ve Çözümleri

Olası Problemler ve Çözümleri Genel: Değeri Arttırın: Değeri Düşürün: Değeri Değiştirin:	Makine Ayarları												
	Enjeksiyon Basıncı		Ütipleme Süresi	Silindir Süresi	Meme Sıcaklığı	Vida Hızı	Enjeksiyon Hızı	Vida Geri Basıncı	Plastikleştirme	Kalıp Sıcaklığı	Kilitleme Kuvveti	Kalıp Ağma Hızı ve İtici Hızı	Kalıp Kapama Süresi
	Enjeksiyon Basıncı	Ütipleme Basıncı											
Üretilen Parçadaki Problemler													
Eksik Kalıp Dolması	↕	↕	↕	↕	↕				↕		↕		
Çapak Oluşumu	↕	↕	↕	↕					↕		↕		
Parçanın Kalıptan Zor Çıkması	↕	↕	↕	↕					↕		↕		
Parçanın Kalıptan Çıkarken Deformasyonu													↕
Çökme Oluşumu			↕										
Hava Kabarcığı Oluşumu				↕					↕				
Parçanın Kalıptan Çıktıktan Sonra Şekil Bozukluğu	↕	↕	↕	↕					↕		↕		
İç Gerilimli Parça Oluşumu	↕	↕	↕	↕					↕		↕		
Parçada Yırtık Oluşumu	↕	↕	↕	↕					↕		↕		
Dalgalı Yüzey Görünümü	↕	↕	↕	↕					↕		↕		
Yüzeyde Pullanma	↕	↕	↕	↕					↕		↕		
Cansız, Mat Görünüm (Yolluğa yakın bölgede)			↕	↕					↕		↕		
Yüzey Matlığı				↕					↕		↕		
Parçada Renk Bozulması (Isısal bozunma)			↕	↕					↕		↕		
Yol Yol (koyu) izler			↕	↕					↕		↕		
Hava Hepsisi, Siyah Noktalar			↕	↕					↕		↕		
Soğuk Birleşme Noktası Oluşumu	↕		↕	↕					↕		↕		

Termoplastik Malzemeler İçin Problemler ve Çözümleri

Olası Problemler ve Çözümleri Genel: Değeri Arttırın: Değeri Düşürün: Değeri Değiştirin:	Kalıp														
	Kalıbı Parlatın (İtçilere Dikkat Edin)	Yetersiz İnceltme	Kalıpta Pürüz	İtçi, Insert v.b. Nedenli Çapak Oluşumu	Kalıp Tam ve Doğru Kapamıyor	Kalıp Birleşme Hatlı Tam Düz Değil	Özgül Kilitleme Kuvveti Uygun Değil, Parça Yüzey Alanını Küçültün	Yolluk ve Yolluk Girişlerinin Çaplarını Arttırın	Çok Gözülü Kalıplarda, Tüm Gözleri Kademeli Olarak Doldurun	Yolluk Yerleşimi Uygun Değil	Hava Kanalı Açın	Kalıp Açmada İtçi ile Parça Arasına Hava Girişi Sağlayın	Kalıp Boyutları Uygun Değil (Küçük), Kalıp Esmiyor	İtçi Uygun Değil	Kalıp Soğutma veya Isıtma Uygun Değil
Üretilen Parçadaki Problemler	X				X		X								
Eksik Kalıp Dolması															
Çapak Oluşumu		X													
Parçanın Kalıptan Zor Çıkması		X													
Parçanın Kalıptan Çıkarırken Deformasyonu		X													
Çökme Oluşumu							X								
Hava Kabarcığı Oluşumu									X						
Parçanın Kalıptan Çıktıktan Sonra Şekil Bozukluğu										X					
İç Gerilimli Parça Oluşumu															
Parçada Yırtık Oluşumu							X								
Dalgalı Yüzey Görünümü							X								
Yüzeyde Pullanma							X								
Cansız, Mat Görünüm (Yolluğa yakın bölgede)	X														X
Yüzey Matlığı	X														
Parçada Renk Bozulması (Isısal bozunma)															
Yol Yol (koyu) izler															
Hava Hepsini, Siyah Noktalar															
Soğuk Birleşme Noktası Oluşumu															X

Termoplastik Malzemeler İçin Problemler ve Çözümleri

Üretilen Parçadaki Problemler	Hammadde Özellikleri			Makine Komponentleri				Üretilen Parça					
	Malzeme Beslenmesi Yetersiz, Huni Boş, Kapalı veya Tıkalı	Malzeme Nemli, ÖN KURUTMA	Karşık Malzeme	Fazla Kaydırıcı Kullanılmış	Meme Donmuş veya Tıkalı	Meme Tipi Uygun Değil	Meme, Silindir ve Vida Ucu Yalıtımı Uygun Değil (Malzeme Biriktimi)	Roket Yüzüğü Kaçırıyor	Isiticilerde Sorun (Yetersiz Isıtma)	Malzemenin Silindirde Kalma süresi Uzun (Küçük Makine Kullanım)	Parça Alanı Çok Büyük (Büyük Makine Kullanım)	Fazla Et Kalınlığı Nedeniyle Şekil Bozukluğu	Duvar Kesiti Çok Ağır
<p>Olası Problemler ve Çözümleri</p> <p>Genel: X</p> <p>Değeri Arttırın: ←</p> <p>Değeri Düşürün: →</p> <p>Değeri Değiştirin: ↕</p>	X				X			X		X			
Üretilen Parçadaki Problemler													
Eksik Kalıp Dolması													
Çapak Oluşumu													
Parçanın Kalıptan Zor Çıkması													
Parçanın Kalıptan Çıkarken Deformasyonu													
Çökme Oluşumu													X
Hava Kabarcığı Oluşumu													X
Parçanın Kalıptan Çıktıktan Sonra Şekil Bozukluğu												X	
İç Gerilimli Parça Oluşumu													
Parçada Yırtık Oluşumu		X											
Dalgalı Yüzey Görünümü		X											
Yüzeyde Pullanma		X											
Cansız, Mat Görünüm (Yolluğa yakın bölgede)		X											
Yüzey Matlığı		X											
Parçada Renk Bozulması (Isısal bozunma)													
Yol Yol (koyu) izler		X											
Hava Hepsisi, Siyah Noktalar		X											
Soguk Birleşme Noktası Oluşumu		X											