

PLASTİK ENJEKSİYON
MAKİNALARININ ENDÜSTRİYEL
UYGULAMALARI

NESRİN KIRAÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

1993

PLASTİK ENJEKSİYON MAKİNALARININ
ENDÜSTRİYEL UYGULAMALARI

Nesrin Kırac

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı
İmalat ve Konstrüksiyon Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman:Yrd.Doç.Dr.Nermin Kurşungöz

Şubat-1993

Nesrin Kırac'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Plastik Enjeksiyon Makinalarının Endüstriyel Uygulamaları" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

.19.2.1993

Üye : Prof. Dr. Erdoğan FIRATLI
Üye : Doç. Dr. Orhan Şerif KOMAÇ
Üye : Yrd. Doç. Dr. Nermin KURŞUNÖZ
(Danışman)

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
.24.SUBAN.1993.gün ve .342.12..sayılı
kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü
Prof. Dr. Rüstem KAYI

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
SUMMARY	ii
ÖNSÖZ	iii
1.PLASTİKLER	1
1.1.Giriş	1
1.2.Plastiklerin tanımı	2
1.3.Kullanılmakta olan plastik türleri ve özellikleri	3
1.3.1.Poliamid	3
1.3.1.1.Poliamid türlerinin kodlandırılması	7
1.3.2.Polietilen	8
1.3.2.1.Polietilen türlerinin kodlandırılması	10
1.3.3.Polipropilen	11
1.3.3.1.Polipropilen türlerinin kodlandırılması	14
1.3.4.Polistren	15
1.3.5.ABS ve SAN	17
1.3.6.Asetal	18
1.3.6.1.Asetal homopolimerleri	20
1.3.6.2.Asetal kopolimeri	20
1.3.7.Akrilik	21
1.3.8.Selülozikler	22
1.4.Plastik dünyasında yeni gelişmeler	24
1.4.1.Yüksek ısıllı kuvvetlendirme	24
1.4.2.Makinada işlenebilen poliüretan	24
1.4.3.ERF Plastics'ten polyester bileşikler .	24
1.4.4.Polikarbonat levha malzemeleri	25
1.4.5.İzolasyon için plastik levha	25

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
1.4.6.Polipropilen masterbeacth (boya)	25
1.4.7.Pnömatikler için naylon tüpler	26
1.4.8.Uzun karbon elyafı plastikler	26
1.4.9.Uzun ile kısa elyafın karşılaştırılması	26
1.4.9.1.Mukavemet ve rijitlik	27
1.4.9.2.Darbe mukavemeti	27
1.4.9.3.Aşınma mukavemeti	28
1.4.9.4.Isıl genleşme	28
1.4.9.5.Elektrik iletkenlik	28
1.4.10.Cam ve karbon takviyeli plastiklerin karşılaştırılması	28
1.5.Plastik türlerinin tanınması	30
1.5.1.Yüzdürme deneyi	30
1.5.2.Plastiği tutuşturarak alevden ayırmak .	31
1.5.3.Kimyasal maddelerle yapılan deney	31
1.5.4.Bakır tel deneyi	31
1.6.Plastiğin günümüzdeki önemi	34
2.PLASTİK ENJEKSİYON MAKİNALARI	36
2.1.Giriş	36
2.2.Plastik enjeksiyon makinalarının özellikleri.	37
2.2.1.Hidrolik motor tayini	37
2.2.2.Enjeksiyon kapasitesi	39
2.2.3.Helezon	45
2.2.3.1.Helezonun soğutulması	46
2.2.3.2.Helezonun temizlenmesi ve sökme işlemi	47
2.2.4.Isınma kontrolü	48
2.2.4.1.Isıtıcı bandlar	48
— 2.2.4.2.Isı ölçücü	50
— 2.2.4.3.Sıcaklık kontrolörleri	51
2.2.5.Valf seçimi	52

İÇİNDEKİLER

Sayfa

2.2.5.1.Yön denetim valfleri	52
2.2.5.1.1.Yön denetim valflerinin çalışma konumları	55
2.2.5.2.Basınç denetim valfleri	55
2.2.5.3.Akış denetim valfleri	59
2.2.5.3.1.Kısma bölgesindeki akış	60
2.2.5.3.2.Kısma valfleri	60
2.2.6.Hidrolik sistemlerde filtrasyon	61
2.2.6.1.Kirliliğin neden olduğu faktörler	61
2.2.6.2.Hidrolik akışkanın kirlenme nedenleri	62
2.2.6.3.Filtrasyon kapasitesi	63
2.2.6.4.Filtre tipleri	64
2.3.Enjeksiyon ile kalıplama	65
2.3.1.Plastik özellikleri ve işleme	65
2.3.1.1.Termal kararsızlık	65
2.3.1.2.Isıtma ve soğutma	66
2.3.1.3.Isıl iletkenlik	66
2.3.1.4.Kayma hızı	67
2.3.2.Kalıbın doldurulması ve ütüleme	68
2.3.2.1.Enjeksiyon basıncı ve hız	68
2.3.2.2.Eriyik sıkıştırılması ve ütüleme	69
2.3.2.3.Akış esnasında ütüleme	69
2.3.2.4.Geri akış	69
2.3.2.5.Muntazam olmayan duvar kalınlığı	70
2.3.2.6.Sıcaklık değişimleri	71
2.3.3.İşlemin özellikler üzerine etkisi	71
2.3.3.1.Fiziksel özellikler	71

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
2.3.3.1.1.Oryantasyon	71
— 2.3.3.1.2.Sıcaklığın etkileri .	72
2.3.3.1.3.Özellik değişiklikleri	73
— 2.3.3.2.Yüzey görünümü	73
— 2.3.3.2.1.Sıcaklıklar	74
— 2.3.3.2.2.Kurutma	76
2.3.3.3.Boşluk boyutlarının hesaplanması	76
2.3.3.4.Çarpılma	77
2.3.3.4.1.Amorf materyaller	77
2.3.3.4.2.Kristalin materyaller.	77
2.3.4.Soğutmanın gerekleri	78
2.3.4.1.Soğutma evresi	78
2.3.4.2.Entalpi	78
2.3.4.3.Soğutma akış hızının hesaplanması	79
2.4.Plastik enjeksiyondaki gelişmeler	81
3.ÖRNEK PROJE	84
3.1.Helezon çapının tayini	84
3.2.Kapama kuvvetinin hesaplanması	85
3.3.Enjeksiyon piston çapının tayini	85
3.4.Pompa tayini	85
3.5.Motor tayini	86
3.6.Hidrolik motor tayini	86
3.7.Teknik veriler	88
4.SONUÇ	89
KAYNAKLAR DİZİNİ	90

EKLER

1. Dik pres plastik enjeksiyon makinası
2. Enjeksiyon hidrolik motor grubu
3. Meme çeşitleri
4. Hidrolik şema

ÖZET

Günümüzde Plastik Enjeksiyon Makinaları pek çok amaç için kullanılmaktadır. Bu makinaların imalatı ve kullanımı, kapasite ve kullanım ömrü için çok önemlidir.

Bu çalışmada ilk olarak plastikler hakkında genel bilgi verildikten sonra plastiklerin özellikleri ve günümüzdeki öneminden söz edilerek, Plastik Enjeksiyon Makinalarının tanımı yapılmıştır. Daha sonra Plastik Enjeksiyon Makinalarının özelliklerine değinilerek son bölümde örnek bir proje ile çalışma tamamlanmıştır. Projede yer alan Plastik Enjeksiyon Makinası ile ilgili resimlere ekler bölümünde yer verilmiştir.

SUMMARY

In this day Plastic Enjection Machines using for more aims. This machines manufacturing and using, more important for capacity and using power.

First time in this working, general knowledge give about plastics and after peculiarity of plastics and explain to important about todays, making definition of Plastic Enjection Machines. After that take charge of Plastic Enjection Machines peculiarity last parts, works have been completed one of the example project. In this place project interested in Plastic Enjection Machines pictures had given that place of addition parts.

ÖNSÖZ

Günümüzde oldukça yaygın kullanılan alanına sahip olan plastik enjeksiyon makinaları yeni gelişmelerle önemini giderek artırmaktadır.

Daha çok küçük sanayiciler bünyesinde gelişmekte olan plastik enjeksiyon makinaları her türlü ihtiyaca cevap verebilmektedir. Bugün günlük hayatta kullanılan plastik malzemelerden insan vücuduna kadar birçok alanda kullanılan plastikler, plastik enjeksiyon makinalarına verilen önemi daha da artırmaktadır. Fakat bu makinaların imalatı belli bir proje kapsamında yapılmadan sadece taklit yoluyla ortaya çıkarılmaktadır. Bu da makinaların istenilen kapasitede kullanılamamasına neden olmaktadır.

Bu çalışmada, bana yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Yrd.Doç.Dr.Nermin Kurşungöz'e teşekkür ederim.

1.PLASTİKLER

1.1.GİRİŞ

Plastik sıfatı Yunanca'dan gelmektedir.Kolaylıkla şekillendirilebilir veya deforme edilebilir anlamındadır.Geçen yüzyılın ortasında selüloz nitretin keşfi ile tanınmıştır.Bazıları "Plastikler" terimini,makromoleküller organik bileşiklere dayanan maddelerin geniş bir aralığı için kullanmayı tercih ederler.Bundan dolayı,maddenin kolayca deforme olabilir halini nitelemek için "Plastik madde" deyi mi kullanılabilir,fakat "Plastikler"terimi,sadece plastik ailesine ait olan maddeleri belirtmek için kullanılmaktadır.

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 artıdeğer kazandırarak,kullanıcıların sorunlarını rahatlıkla çözümlenebilmektedir.

1.2.PLASTİKLERİN TANIMI +

Plastikler,kimyasal yolla elde edilen sentetik maddelerdir.Bunlar kimya sanayi tarafından üretilen maddeler içinde en çok kullanım alanı olan gruplardan birini teşkil ederler.

Plastikler önemlerini mekanik özelliklerine borçludurlar.Bu özellikleri sayesinde tahta,metal,seramik,tabiielelyaf ve tabii kauçuk gibi maddelerle yarışabilirler.Ayrıca bazı maddelerin katılmasıyla plastiklere kullanım alanlarına göre istenilen özellikler kazandırılabilir.Bu maddeler güneş ışığına karşı dayanıklılık kazandıran stabilizatörler oksidasyona karşı koruyucular,yanmazlık sağlayıcılar,kaydırıcılar,yumuşatıcılar,mechanik özellikleri artıracak cam ve mineral elyafı,talk gibi katkı maddeleri,tebeşir,kaolin gibi dolgu maddeleri ve boyalardır.

Plastiklerde termoplast ve termoset arasında bir ayrım yapılır.Termoplastlar şekillenme kabiliyetlerini ısı altında tekrarlayabilirler.Bunlar amorf ve kristalli olmak üzere ikiye ayrılırlar.Kristalli termoplastlarda (örneğin polipropilen) polimer zincirleri belirli bir düzen içinde bulunurlar.Amorf termoplastlar (örneğin polistren) polimer zincirleri karmaşık bir durumdadır.Termosetlerde ise (örneğin melamin) polimer zincirleri ağ şeklinde birbirlerine kenetlenmiş durumdadır,öyle ki bir defa kenetlendikten sonra tekrar ısıtılsa dahi bağlar çözülmez.Aynı durum elastomerler için geçerlidir.Yalnız elastomer ağlarının daha geniş olması bunlara esneklik ve yumuşaklık sağlar.Termoplastlarda bu esneklik daha az olup,uzun zincir halindeki moleküllerin amorf bölgelerde sınırlı hareket edebilmeleriyle sağlanır.Bu esneklik sayesinde plastikler vibrasyona karşı hassas olmayıp,darbeye karşı dayanıklı sayılırlar.Cisimlerin fiziksel titreşimlerini çeliğe nazaran on defa daha fazla absorbe edip,ses,elektrik ve ısıyı iletmezler.

Plastikler hafiftirler,kimyasal maddelere ve neme karşı dayanıklıdırlar,paslanmaz ve çürümezler.Erime sıcak-

lıkları düşüktür, basınç ve ısı altında zor şekiller bile rahatlıkla çalışabilirler. Yüzeyleri parlaktır, kir tutmazlar köpürtülebilirler. Plastikler polimerizasyon, poliadisyon ve polikondansasyon adı altında üç ayrı metod ile elde edilirler.

Polimerizasyon, monomer adı verilen düşük molekül ağırlıklı bileşiklerin birbirine eklenerek polimer adı verilen yüksek molekül ağırlıklı bileşiklerini oluşturmasıdır. Polimerizasyon işlemiyle elde edilen polimerler, başlangıçta oluşan monomerlerle molekül ağırlığının büyük ölçüde artması dışında aynı temel özellikleri taşırlar. (örneğin poliasetal ve poliüretan)

Polikondansasyon, aynı veya ayrı karakterde moleküllerin düşük moleküllü bir maddenin açığa çıkmasıyla birbirlerine eklenmesidir. Bu madde de genellikle sudur. Örneğin alkol ve asidin birleşmesiyle ester oluşur, su açığa çıkar. Moleküllerin bağlantıları iki yerde oluşursa zincir şeklinde termoplastlar (örneğin poliamid 66), üç yerde oluşursa ağ şeklinde termosetler (örneğin melamin reçinesi) meydana gelir. (1)

1.3. KULLANILMAKTA OLAN PLASTİK TÜRLERİ VE ÖZELLİKLERİ

1.3.1. Poliamid (PA)

Poliamidler, zincirlerdeki tekrarlanan amid gruplarıyla tanınan termoplastiklerdir. Bütün türleri kısmen kristalli olup nispeten yüksek ergime noktalarına sahiptirler. (175-275 °C arasında)

Poliamidler teknik termoplastlar arasında eskiden beri tanınan ve büyük ölçüde kullanılan bir grubu oluştururlar. Çok küçük parçalardan 5 kg'ı aşan büyük parçalara kadar çeşitli malzemelerin yapımında kullanılırlar. Bütün plastik işleme teknikleri, poliamidlere uygulanabilir. Otomotiv, elektrik, elektronik, ambalaj, tel, teçhizat ve benzeri endüstrilerde kullanım alanı bulurlar. Kullanımları sırasında üç önemli avantajları vardır:

(i) Çeşitli teknik özelliklerin uygun kombinasyonu

(ii) Kimyasal olarak modifiye edilebilmesi, katkı ve dolgu maddeleriyle çeşitli özellikler ve özellik kombinasyonları kazandırılabilmesi

(iii) İşlenebilme kolaylığı

Poliamidlerin en önemli özellikleri şu şekilde özetlenebilir:

(i) Mekanik özelliklerini 100° C ve üzerinde de koruyabilirler

(ii) Özellikle gazolin, yağ ve diğer otomotiv sıvıları gibi hidrokarbonlara kimyasal mukavemetleri vardır. Çözücü gerilim çatlamasına karşı dayanıklıdırlar.

(iii) Darbe mukavemetleri, bükülebilirlikleri ve sağlamlıkları çok yüksektir.

(iv) Özellikle ince kesitlerde çok kuvvetlidirler.

(v) İnce kesitler ve kompleks parçalar kolaylıkla şekillendirilebilirler.

(vi) Vidalama, kaynak ve yapıştırma yoluyla parçaları birleştirilebilir.

(vii) Kaygan yüzeyli olup, aşınma ve eskimeye karşı dayanıklıdırlar.

(viii) Yüzeyleri güzel görünümlüdür, renklendirilebilir.

Poliamidlerin çeşitli tipleri vardır. Bunların kimyasal yapıları ve buna bağlı özellikleri farklıdır. Genel olarak iki kimyasal sınıfa ayrılırlar:

(i) Bir dikarboksil asit ile bir diaminin polikondansasyonu ile elde edilenler,

(ii) Asit bir amin grupları taşıyan halka yapıllı monomerlerin polimerizasyonu ile elde edilenler

Poliamidlerin içinde en önemlileri poliamid 6 ve 66'dır. Çünkü sertlik, sağlamlık ve ısı mukavemetleri diğer bütün tiplere nazaran daha yüksektir. Özellikleri birbirine çok yakın olmasına rağmen, ergime noktasının daha yüksek olmasından dolayı yüksek ısı gerektiren durumlar için poliamid 66'da daha yüksek darbe mukavemeti ve işlenebilme kolaylığı gerektiren yerlerde ise poliamid 6 tercih edilir. Bütün poliamidler atmosferden nem absorblarlar ve relatif nem

miktarına bağılı olarak bir denge noktasına ulaşırlar. Bu da özelliklerini büyük ölçüde etkiler. Sağlamlık ve sertlikleri azalır, darbe mukavemetleri artar, boyutları büyür. Bu nedenle ölçüleri çok hassas olan ve yüksek çekme mukavemetini gerektiren parçaların üretiminde kullanılan poliamidlerin cam elyafı ve mineral dolgu maddeleriyle takviye edilmesi gerekir. Poliamid 6.10, 6.12, 11 ve 12 daha düşük amid konsantrasyonuna sahip olmaları nedeniyle daha az nem absorblarlar.

Poliamidler genelde asitler, kuvvetli bazlar, fenol ve diğer katran asitlerine karşı dayanıklı değildirler. Hatta sıcak su ile uzun süre temas ederlerse bundan da etkilenebilirler. (65°C ve yukarısı) minimum %2,5 oranında karbon siyahı ile karıştırılırsa güneş ışığının etkisinden korunurlar. Özellikle poliamid 6 ve 66'nın değişik amaçlarda kullanılmak üzere çeşitli türleri üretilmektedir. Bu türler başlıca üç yolla elde edilebilirler:

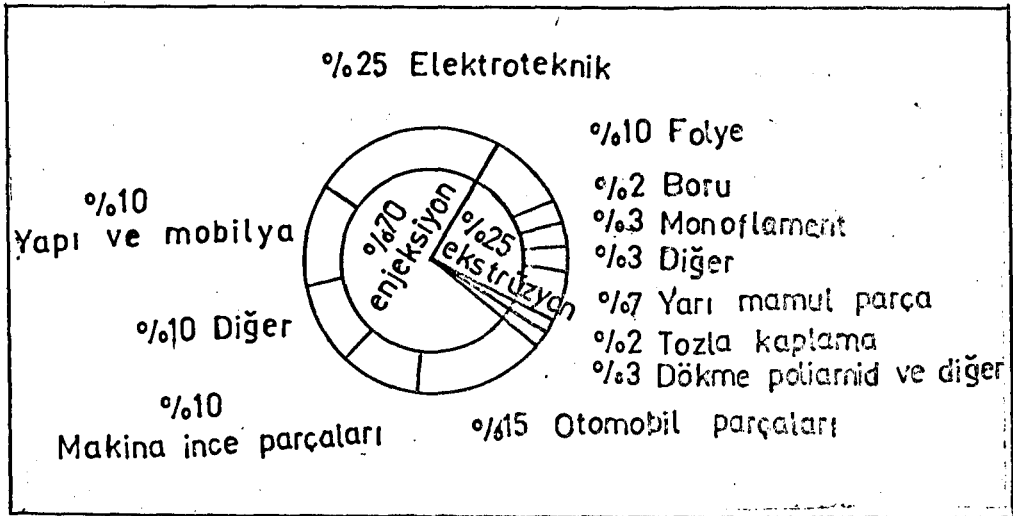
- (i) Molekül ağırlığının değiştirilmesi, kopolimerin üretilmesi
- (ii) Katkı maddelerinin kullanılması
- (iii) Dolgu maddeleriyle takviye edilmesi

Molekül ağırlığını değiştirerek poliamidlerin vizkoziteleri ayarlanır. Buna göre, ince kesitli enjeksiyonluk parçaların üretimi için akıcı ve şişirmelik olarak ağıdalı olmak üzere değişik vizkozitelere poliamidler üretilebilir. İşleme sırasında yapılan modifikasyonlardan bir diğeri de stearatlar gibi kaydırıcıların poliamide katılmasıdır. Bu şekilde kalıptan çıkarma ve ekstrüzyon performansı yükseltilir, daha hızlı enjeksiyon sağlanabilir. Molekül ile ilgili modifikasyonların üretilen parçaların özellikleri üzerinde çok az etkisi vardır. Poliamid hemen hemen tüm sanayi dallarında özellikle yüksek sıcaklıklarda yatak, film, kaplama ve adezif malzemesi olarak kullanılır. (2)

Polimerin kullanılma süresini uzatabilmek için 85°C veya daha yüksek sıcaklıklarda ısı stabilizasyonu uygulamak gerekir. Bu da metal halojenler veya metalik antioksidantlar gibi stabilizatörlerin katılmasıyla sağlanır.

Stabilize edilmemiş poliamid, 85°C'ye kadar herhangi bir bozulmaya uğramadan kullanılabilir. Isı stabilizatörü katılmış cinsleri ise 140°C'ye kadar kullanılabilirler.

Darbe mukavemeti ve esnekliği arttırılmış birçok poliamid cinsi bulunmaktadır. Erime noktasını pek de fazla düşürmeden, kopolimerizasyon veya katkı maddeleriyle sertlik ve sağlamlık arasında belirli bir denge sağlanır. İki tip dolgu maddesi kullanarak poliamide sertlik ve sağlamlık kazandırılabilir. Bunlardan birincisi %6-40 oranlarında katılabilen cam elyafıdır. Diğeri ise deformasyonu azaltan mineral ve cam karışımlarıdır. Poliamidler genellikle parlak renkler taşırlar. Yüzeyleri boyanabilir, sıcak baskı ve benzeri işlemler yapılabilir. Poliamidlere ayrıca yanmazlık da kazandırılabilir. Poliamidlerin molibden disülfür, grafit ve politetrafloretillen gibi yüksek sıcaklığa dayanıklı katı kaydırıcılar taşıyan, sürtünmesi ve aşınması az olan türleri vardır.



Şekil-1.1. Poliamid kullanım alanları(1)

Bunlar pahalıdırlar, fakat özellikle yatak ve dişli-lerde kullanıldıklarında üstün performans gösterirler. Üstün mekanik özellikleri yanında akıcılığı, dolayısıyla kolay işlenmeleri poliamidlere teknik-bir plastik türü olarak çok geniş kullanım sahası sağlamıştır. (1)

1.3.1.1. Poliamid türlerinin kodlandırılması

Poliamid 6B70 orta, 6B80 yüksek vizkoziteli poliamid 6 türleridir. Kaprolaktam esaslı olup ağdalı ve serttirler. En önemli özellikleri darbeye mukavim olmalarıdır. Darbeye mukavemet vizkozite ile orantılı olarak artar.

Poliamid 6B70L modifiye edilmiş poliamid alaşımıdır. Standart poliamidlerden farkı kolay işlenmesi ve az rutubet alması olup, yüzeyi parlaktır.

Tablo-1.1. Poliamid çeşitlerinin mekanik özellikleri(2)

ASTM	Özellik	Genel amaçlı	Grafit elyaf takviyeli	Cam elyaf tak.	Ekonomik cam elyaf takviyeli
D792	Özgül ağır.	1,42	1,48	1,61	1,68
D1708	Çekme muk. (N/mm ²)				
	23°C	191,7	202,7	204,8	219,3
	135°C	116,5	157,2	159,3	172,4
	232°C	65,5	108,3	112,4	137,2
D1708	Uzama (%)				
	23°C	15	6	7	7
	135°C	21	14	15	6
	232°C	22	11	12	8
D790	Eğilme modülü (N/mm ²)				
	23°C	5033,4	19857,6	11721,5	14479,5
	135°C	3861,2	18754,4	10687,3	13790
	232°C	3585,4	15720,6	9859,9	13790
D790	Eğilme muk. (N/mm ²)				
	23°C	240,6	349,6	333	358,5
	135°C	171	259,2	247,5	300,6
	232°C	117,9	173,8	180,6	268,2
D256	Darbe mukavemeti izod(ft-lb/in)	2,7	1,0	1,5	1,5
D722	Kayma mukavemeti (N/mm ²) 23°C	127,6	119,3	138,6	156,5
D695	Basma mukavemeti (N/mm ²) 23°C	221,3	254,4	264,1	322

Poliamid 66A70 ve 66A80 orta ve yüksek vizkoziteli poliamid 66 türleridir. Hekzametilendiamin ve adipik asit esaslı olup sert, aşınmaya ve ısıya dayanıklı bir termoplasttır. Cam takviyeli 6B70, GF30 ve 66A70, GF30 yüke ve sıcaklığa son derece dayanıklı olan üstün mekanik özelliklere sahip, çok sert metallere yerine kullanılacak

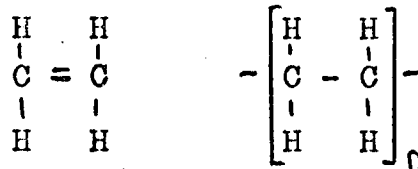
modifiye poliamid türleridir.(1)

Tablo-1.2.Poliamid çeşitlerinin mekanik özellikleri (2)

ASTM	Özellik	66	6	Naylon 6/12	Döküm
D792	Özgül ağırlık	1,14	1,13	1,06	1,15-1,17
D638	Çekme mukavemeti (N/mm)	82,7	81,4	60,7	75,8-96,5
D638	Uzama(%)	60	150	150	20-50
D638	Çekme modülü (N/mm ²)	2895,9	2620,1	1999,6	2413,3-3102,8
D790	Eğilme modülü (N/mm ²)	2827	2758	1999,6	--
D256	Darbe mukavemeti (ft-lb/in)	1,0	1,0	1,0	0,9
D785	Sertlik (Rockwel R)	121	119	114	112-120

1.3.2.Polietilen(PE)

PE,etilen gazının uzun zincirler meydana getirmek üzere polimerizasyonu ile elde edilir.Etilen gazı, olofin grubu adı verilen doymamış hidrokarbon bileşikleri içinde en basit yapıya sahip olanıdır.

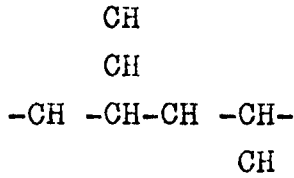
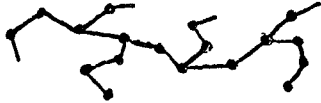


Polimerizasyon esnasında etilen moleküllerinin çift bağları açılır,uzun molekül zincirleri oluşup sertleşerek polietilen elde edilir.Bu reaksiyonlar aslında oldukça karmaşıktır ve meydana gelen polimerler de değişik yapılara sahip olurlar.Değişik yapı ve özelliklere sahip yüzlerce çeşit etilen polimeri vardır.Kopolimerler,polimer karışımları,dolgulu tipler,köpükler,molekülleri dallanmış yapıda olanları bu çeşitlerden bazılarıdır.

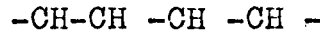
Alçak yoğunluklu polietilen LDPE,radikal oluşturucuları ve etilen monomeri kullanarak,çok yüksek basınç (2000 atm) altında ve oldukça yüksek sıcaklıklarda (200°C),otaklav veya tüp reaktörlerde imal edilir.Dallanmış yapıya sahip polimerlerin yoğunlukları 0,92-0,94 gr/cm³,kristallik oranları ise %40-50 arasında değişir.

Yüksek yoğunluklu polietilen HDPE, katalizör sistemi-ne dayanarak oldukça düşük basınçta (<100 atm) ve hatta basınca ihtiyaç olmayacak şekilde düşük sıcaklıklarda üretilir. Polietilenin sifıra yakın nem emme özelliği vardır.

Polietilen üretimi sırasında dallanma derecesi kontrol edilerek kristallik oranı ve fiziksel özellikleri ayarlanabilir. Dallanma, kristallik derecesini etkileyen en önemli faktördür. Alçak basınç polimerizasyonunda polimer zincirleri birbiri üzerine daha sıkı bir şekilde dizilirler, böylece kristallik derecesi ve buna bağlı olarak yoğunluğu artan yüksek yoğunluklu polietilen elde edilir.



Alçak yoğunluklu polietilen (LDPE)



Yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE)

Şekil-1.2. Molekül zincirleri (polietilen) (1)

Genel olarak yoğunluğun artması, yüzey sertliği, çekme mukavemeti, ısı ve kimyasal maddelere karşı dayanıklılık, elastikiyet modülü, opaklık ve geçirmezlik özelliklerini artırır. Buna karşılık darbe mukavemeti ve gerilim çatlama-larına karşı dayanıklılığı azaltır. Yoğunluğun değişmesinden etkilenmeyen özellikler ise kopma mukavemeti, kopma uzaması ve akıcılıktır. Yoğunluğu yanında PE'nin molekül ağırlığı da fiziksel özelliklerini etkiler. PE'nin molekül ağırlığı 50000 ile 1000000 arasında oynar. Molekül ağırlığı yüksek olan PE daha iyi fiziksel özellikler taşır. Özellikle darbe kimyasal gerilim çatlama-larına karşı mukavemeti çok yüksektir. Yüksek molekül ağırlıklı polietilenin polimer zincirleri çok uzun olduğundan eriyik vizkozitesi de yüksek,

diğer bir deyişle akış indisi düşük ve işlenmesi daha zordur. İşleme kolaylığı ve mamülün özellikleri arasında kurabilecek bir denge hangi amaçlar için ne gibi bir akış indisinin tatbik edilebileceğini gösterir. Yüksek molekül ağırlıklı HDPE preslerde ve özel çift burgulu ekstrüderlerde şekillendirilirler. Bu makinalardan profiller, bloklar üretilip talaş alma yöntemiyle istenilen şekiller verilir. Boru, plaka, profil, içi boş cisimler, şişirme bidonları, şişirme folyeler düşük ve orta akış indisi olan PE türleri ile üretilir.

Enjeksiyon makinalarında istenen PE'ler, orta ve yüksek akış indisine sahip tiplerdir. Burada malzeme, istenilen akıcılığa ve sertliğe göre seçilip işlenir. Molekül ağırlığının yanında molekül ağırlığının dağılımı da PE'nin özellikleri ve işleme tekniği bakımından önem taşır. Genelde dar molekül ağırlığı dağılımına sahip polimerlerin darbe mukavemeti yüksek olup, düşük sıcaklıklarda da sağlamlıklarını korurlar. Geniş molekül ağırlığı dağılımına sahip olanlar ise enjeksiyon işlemlerine daha yatkındır.

PE iyi bir elektrik izalatördür. Elektrostatik yüklenmeden dolayı toz çekerse de içine antistatik konularak bu önlenbilir. Hidrokarbonlar ve şiddetli oksitleyiciler haricinde bütün kimyasal maddelere karşı dayanıklıdır. Öyle ki PE'nin iyi bir şekilde yapıştırılamamasının nedeni hiçbir maddede kısa sürede çözülme değildir. PE düşük sıcaklıklarda bile sağlamlık ve esneklik gösterir. 70°C'ye kadar kırılğan değildir. Çok iyi geçirmezlik özelliği yanında PE'den mamül ince filmler yeterli derecede şeffaftırlar. Çok çeşitli işleme tekniklerine uygulanabilirliği yanında nispeten düşük maliyeti ile PE, gün geçtikçe daha geniş kullanım sahası bulan bir plastik türüdür. (1)

1.3.2.1. Polietilen türlerinin kodlandırılması

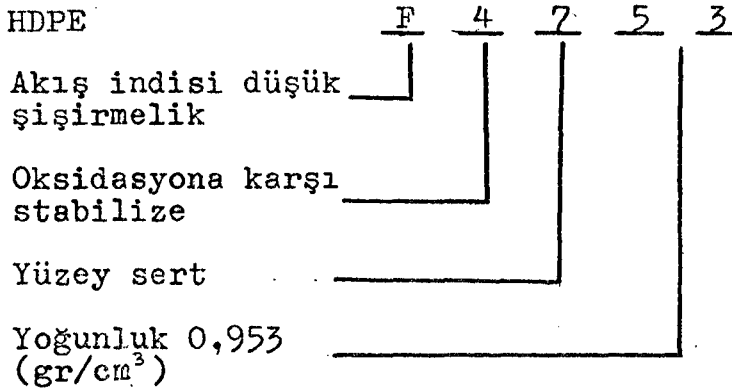
Kullanım yerine göre çeşitli akış indisi ve yoğunlukta hazırlanan HDPE türlerinin kodlandırılmasında bir harf ve dört rakam sistemi kullanılmıştır. Harf akış indisini göstererek HDPE'nin çalışma şekli ve kolaylığı

Tablo-1.3.Polietilenin mekanik özellikleri(2)

ASTM	Özellik	Alçak Yoğunluklu	Orta Yoğunluklu	Yüksek Yoğunluklu
D792	Özgül ağırlık	0,910-0,925	0,926-0,940	0,928-0,941
B638	Çekme mukavemeti (N/mm ²)	4,1-15,9	8,3-24,1	21,4-37,9
D638	Uzama(%)	90-800	50-600	20-1000
D638	Çekme modülü (N/mm ²)	96,5-262	172,4-379,9	413,7-1241
D790	Eğilme modülü (N/mm ²)	55,2-413,7	413,7-792,9	689,5-1379
D256	Darbe mukavemeti (ft-lb/in)	Kırılmaz	0,5-16	0,5-20
D785	Sertlik (Rockwell R)	10	15	65

hakkında fikir verir.Bu harf alfabenin başına yaklaştıkça akış indisi artar.Harfteñ sonra gelen ilk rakam PE'nin stabilize edilme şeklini gösterir.Örneğin:

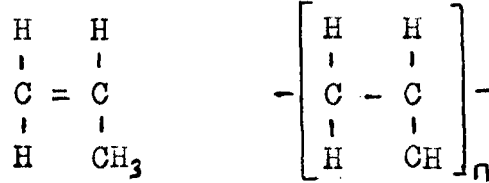
- 1....Temel stabilize,sağlığa zararsız
- 2....Isıya karşı stabilize
- 3....UV ışınlarına karşı stabilize
- 4....Oksidasyona karşı stabilize
- 5....Takviyeli türler
- 6....Özel imalat
- 7....Yumuşaklığı artırılmış



1.3.3.Polipropilen(PP)

Alçak yoğunluklu bir reçine olan polipropilen tabi olarak yarı saydam ve süt beyaz rengindedir.Polipropilen de

polietilen gibi bir poliolefindir. Propilen gazının, çeşitli katalizörlerin de bulunduğu bir reaktörde polimerizasyonu ile elde edilir. Bir polipropilen molekülü yaklaşık 10000 ile 20000 monomer ihtiva eder.



Polipropilen molekülü stereo yapılarına göre üçe ayrılırlar:

- (i) Ataktik polipropilen: Polimer zincirinin üzerindeki metil grubunun yeri herhangi bir düzen takip etmez.
- (ii) Metil grubu düzenli olarak zincirinin her iki tarafında yer alır. (Sindiotaktik polipropilen)
- (iii) İzotaktik polipropilen: Metil grubu her iki karbonda bir olmak üzere aynı yönde polimer zincirine eklenmiştir.

İzotaktik yapıya sahip moleküller birbiri üzerine sıkı bir şekilde dizilebilirler. Bu da polimerin kristal bir yapıya sahip olmasını sağlar. Bir homopolimerde aranılan özellikler, onun en az %93 izotaktik molekül ihtiva etmesiyle sağlanır. Zaman zaman izotaktik polipropilen molekül zinciri boyunca da ataktik kısımlara rastlanabilir. Bu da polimerde amorf bölgelerin oluşmasına sebep olur. Bu nedenle polipropilen kısmi kristalli bir plastik olarak kabul edilir. İzotaktik polipropilenin kristallik oranı oldukça yüksek olup %60-70 civarındadır. Kristallik oranının plastiğin sertliği üzerine etkisi vardır. Bu oran yükseldikçe sertlikte artar. Amorf kısımlar ise moleküllere hareketlilik ve dolaşısıyla plastiğe yumuşaklık ve esneklik özellikleri kazandırır. Kristal bağları çok kuvvetli olan polipropilen, bu sayede donma noktasının üzerindeki ve erime noktasının üzerindeki ve erime noktasının altındaki sıcaklıklarda oldukça serttir.

Polipropilen çok hafif bir plastiktir. Yoğunluğu 0.90

gr/cm³ civarındadır.Bu nedenle birim hacme düşen maliyeti açısından en ucuz termoplasttır.Bu nedenle birim hacme düşen maliyeti açısından en ucuz termoplasttır.Yüzey şişmesine neden olan aromatik ve klorlu hidrokarbonlar dışındaki kimyasal maddelerden etkilenmez.Çok az nem çeker. Deterjan ve sabun çözeltilerinde çevresel gerilim çatlaması azdır.Bu özellikleri sayesinde çok çeşitli amaçlarda kullanılabilir.Bütün bunlara ek olarak polipropilen çok kolay işlenebilen bir plastiktir.Her türlü plastik işleme tekniği uygulanabilir.

Propilen homopolimeri,birlikte polietilen grubunu oluşturduğu polietilene yakın bazı özellikler taşır.Kimyasal maddelere karşı dayanıklılığı ve elektriksel özellikleri polietilene benzer.Genelde polietilenden daha uzun ömürlü olup,yüzey sertliği,çekme mukavemeti ve yüksek ısılara dayanıklılığı polietilenden daha fazla,darbe mukavemeti daha azdır.Propilen homopolimeri oldukça serttir ve 0 °C'nin altındaki sıcaklıklarda kırılmandır.Polipropilen,molekül ağırlığı ayarlanarak ,etilenle kopolimerize edilerek,otaktik polipropilen veya elastomerlerle karıştırılarak düşük sıcaklıklardaki kırılma önlenir.Molekül ağırlığının artması,polimerin yüzey sertliğini azaltır,ağdalığını artırır.Benzer şekilde etilen kopolimerinin de sertliği az, darbe mukavemeti yüksektir.Etilen miktarı arttıkça şeffaflıkta dikkate değer bir artış olmaz.

Polipropilenin işleme sırasında sorun yaratabilecek iki önemli özelliği vardır.Birincisi,molekül yapısındaki tersiyer karbon atomu yüzünden,yüksek sıcaklıklarda kolayca oksitlenebilmesidir.Diğeri de enjeksiyonda çekmeye uğramasıdır.Polipropilenin enjeksiyon çekmesi %1,5-3 civarındadır.Bu çekme akış yönünde %1 daha fazladır.Bu nedenle yüksek boyut stabilitesinin gerektiği büyük parçaların çalışmasında güçlükler doğabilir.Bu güçlükler,polipropilene bazı katkı maddeleri karıştırılarak azaltılabilir.Başlıcaları talk,cam elyafı,amyant elyafı ve tebeşir olan bu katkı maddeleri,plastığın sertliğini ve ısı stabilitesini ar-

arttırır, enjeksiyonda çekmeyi azaltırlar. Kullanım yerlerinin gerektirdiği bazı özellikler polipropilene kazandırılabilir. Isı stabilizatörleri, güneş ışığına karşı koruyucular (örneğin kurum), yanmazlık sağlayıcıları ve antistatikler bu amaçla kullanılan maddelerden bazılarıdır.

Ticari bir plastik olarak 1960'larda ilk defa piyasaya sürülmesinden bu yana, polipropilenin üretimi kısa sürede çok yüksek bir düzeye ulaşmış ve oldukça geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Modifiye edilmiş türleriyle bu alan, her geçen gün biraz daha genişlemektedir.(1)

Tablo-1.4. Polipropilenin mekanik özellikleri(2)

ASTM	Özellik	Değiştirilmemiş reçine	Cam takviyeli	Darbe mukavemeti
D792	Özgül ağırlık	0,905	1,05-1,24	0,89-0,91
D638	Çekme mukavemeti (N/mm ²)	34,5	41,4-100	19,3-30,3
D638	Üzama(%)	10-20	2,0-3,6	350-500
D638	Çekme modülü (N/mm ²)	1103,2	3102-6205	689,5-1172
D790	Eğilme modülü (N/mm ²)	1172,1-1723,8	2620-5860	827,4-1241
D256	Darbe mukavemeti (ft-lb/in)	0,5-2,2	1,0-5,0	1,0-15
D785	Sertlik (Rockwell R)	80-110	110	50-85

1.3.3.1. Polipropilen türlerinin kodlandırılması

Polipropilen'nin kodlandırılmasında bir harf ve dört rakam kullanılmıştır. Harf, akış indisini belirtir, alfabenin sonuna yaklaştıkça akıcılık artar. Harften sonra gelen ilk iki rakam PP'nin stabilize edilme şeklini gösterir.

10....Temel stabilize, sağlığa zararsız

12....Temel stabilize, kayganlaştırıcı, sağlığa zararsız

20....Sıcağa dayanıklı

40....Sıcağa ve deterjanlara dayanıklı

70....Takviyeli tipler

Üçüncü rakam yüzey sertliğini gösterir, rakam arttıkça yüzey sertliği artar. Dördüncü rakam polipropilen tipinin homopolimer veya kopolimer olduğunu gösterir. Dördüncü rakamdan

sonra gelebilecek harf, takviyeli polipropilenin takviye maddesini, rakam da % olarak miktarını gösterir.(1)

0....Homopolimer

2....Kopolimer

T....Talk

C....Cam elyafı

1.3.4. Polistren(PS) X

Amorf bir polimer olan polistrenin en önemli özellikleri, parlayan bir berraklık, sertlik, kolay işlenebilme ve çok iyi renklenme kabiliyetidir. Bu özelliklere bağlı olarak homopolimer ve kopolimer şeklinde imal edilir. Homopolimerler genel amaçlı ve darbe mukavemetli ve cam ile kuvvetlendirilmiş şeklinde üretilmektedir. Bu reçineler~~e~~ enjeksiyon kalıplama, levha ve profil ekstrüzyonu, köpük kalıplama gibi birçok teknolojik yöntemler uygulanabilir. Ayrıca genişleyen polistren denilen ve özellikle yalıtkan ve enerji sönmülemde çok elverişli olan bir köpük çeşidi daha vardır.

Genişleyen polistren iki kademede elde edilmektedir. Birinci kademede reçine bir kalıp içerisinde, istenilen yoğunluğa kadar parçacık şeklinde genişletilir. İkinci kademede köpük şeklinde parçacıklar parça kalıbına konulur ve içine buhar verilir. Buhar, parçacıkların ısıtılmasını ve buharın genişlemesi ile birlikte, birbiriyle birleşmesini ve boşluksuz (voit-free), kuru bir köpüğün oluşmasını sağlar. Bu işlemde kullanılan basınç $0,035 \text{ daN/mm}^2$ 'den daha azdır.

Değiştirilmemiş polistren, rijid ve kırılğan, orta mukavemetinde ve kristal berraklığında bir reçinedir. Polibutadin gibi lastik çeşitleri ile harmanlandığında darbeye mukavim bir birleşim elde edilir. Isı mukavemeti oldukça düşük (kullanma sıcaklığı 93°C 'ye kadar), oda sıcaklığında elektriksel özellikleri iyi ve birçok aromatik ve klorlanmış çözücülerde çözülür. Fakat yiyecek ve içeceklere karşı dayanıklıdır. Genellikle polistren, düğme, ışık düğmeleri, içecek şişeleri ve paketleme melzemesi, köpüklü şekli ise yalıtkan ve enerji sönmüleme yapımında kullanılır.(2)

Tablo-1.5.Polistrenin mekanik özellikleri(2)

ASTM Özellik	Polimer		Kristal berrak	Kopolimer	
	Genel amaçlı	Darbe mukavemetli		Darbe mukavemetli	Cam ile katkı
D792 Özgül ağırlık	1,04-1,09	1,03-1,1	1,08-1,1	1,05-1,08	1,13-1,22
D638 Çekme mukavemeti (N/mm ²)	34,5-82,7	10,3-48,3	48,3-53,1	33,1-49,6	72,4-86,2
D638 Uzama(%)	0,5-2,0	2-60	1,4-1,7	2,0-20,0	1,3-2,0
D638 Çekme modülü (N/mm ²)	2758-4137	965,3-344,5	3033,8-3240,7	1930,6-2895,9	4343,9-6895
D790 Eğilme mukavemeti (N/mm ²)	55,2-117,2	20,7-82,7	82,7-86,9	58,6-84,1	84,1-135,8
D790 Eğilme modülü (N/mm ²)	2758-3033,8	1034,3-3171,7	3171,7-3378,6	2206,4-3102,8	3792,3-6757
D256 Darbe mukavemeti (ft-lb/in)	0,2-0,45	0,5-4	0,3-0,5	0,5-4,4	1,8-2,6
D785 Sertlik (Rockwell M)	65-80	10-90	108	80	101

1.3.5.ABS ve SAN

ABS plastikleri butadin ve stiren akrilonitril kopolimerinden meydana gelmektedir.ABS düşük sıcaklıklarda dahi sert,rijid ve tok bir malzemedir.Pratikte standart ve özel amaçlı olmak üzere iki grup olarak üretilmektedir.Standart çeşitleri çok yüksek darbe mukavemetli,yüksek darbe mukavemetli ve orta darbe mukavemetli olarak sınıflandırılır.Özel amaçlı grup ise yüksek ısıya dayanıklı,aleve dayanıklı,berrak ve genişleyebilen çeşitlerinden oluşmaktadır.

ABS reçineleri genellikle opak ve yarı saydam olabilirler gibi çeşitli renkte de üretilirler.Ayrıca enjeksiyon,ekstrüzyon,üfleme ve kalıplanma için uygun çeşitleri vardır.Özelliklerini iyileştirmek için ABS başka plastiklerle örneğin ısı ve darbe özelliklerini dengelemek için polikarbonatla harmanlanabilir,ayrıca PVC'nin rijitliğini değiştirebilir.Kuvvetlendirilmiş çeşidinde %40'a kadar cam elyafı bulunabilir.

ABS plastiklerinin iyi çekme,darbe direnci,aşınma direnci; boyut kararlılığı,yüzey sertliği,rijitliği,kimyasal mukavemeti ve elektriksel özellikleri vardır.Yüksek gerilmelerde plastik akma gösterirler.Bu nedenle elastik sınırının ötesinde kırılmadan bükülebilirler.Çok iyi darbe mukavemetine sahip olan ABS'nin yüksek deformasyon hızlarında gösterdiği akmadan dolayı darbe kırılması,gevrek olmaktan çok sünektir.Uzun süre güneş ışınlarının etkisi altında kaldığında rengi değişir,darbe mukavemeti ve sünekliliği azalır.Bunu önlemek için çeşitli boyama ve kalıplama sistemleri kullanılır.Sıcak ortam şartlarında ABS iyi bir kararlılık gösterir.Kalıplanmış ABS parçaları,su,tuzlar,inorganik asitler ve alkalikler tarafından etkilenmezler,ancak bu özellik zamana ,sıcaklık ve zorlama seviyesine bağlıdır.ABS reçineleri ester ve ketonlarda çözülür,bezi klorlanmış hidrokarbonatlar ve aldehitlerde yumuşar ve şişerler.

Stiren ve akrilonitril kopolimeri olan SAN,sert,rijid ve saydam bir plastiktir.Kimyasal mukavemeti,boyut kararlılığına ve kolay işlenebilme özelliklerine sahip SAN reçine-

leri, genellikle enjeksiyon kalıplamaya elverişlidirler. Ancak ekstrüzyon, şişirme ve basınç kalıplamada da uygulanabilir.

SAN reçinelerinin özellikleri, akrilonitril miktarını ve kopolimerin molekül ağırlığını ayarlayarak kontrol edilebilir. Kalıplama sırasında, yönlenmeyi kontrol ederek, oldukça düşük olan çekme mukavemeti, darbe mukavemeti ve çözülme direnci iyileştirilebilir. SAN plastikleri, tıp şırıngaları, vakum temizleyicileri ve nemlendirici tertibatları yapımında buzdolabı bölmeleri, bulaşık makinası ve buna benzer parçaların yapımında kullanılmaktadır.(3)

1.3.6. Asetal

Yüksek kristalinite derecesine sahip olan bu malzeme formaldehidin polimerizasyonu ile elde edilir. Mühendislik plastikleri grubuna giren asetal plastiği, sert, rijid, iyi nem, ısı ve solvent mukavemetine sahiptir. Bu reçineler homopolimer ve kopolimer şeklinde elde edilir. Yüksek ergime sıcaklığına sahip olan asetal plastikleri, daha sert, daha rijit ve iyi yorulma mukavemetine sahiptirler. Molekül ağırlığı yüksek olan bazı homopolimerler, olağanüstü bir tokluk ve kopolimerlerden daha büyük bir uzama gösterirler. Asetalin her iki çeşidi de kuvvetli asitlerden etkilenirler, fakat kopolimerler kuvvetli alkalilere karşı dayanıklıdır. Asetal kopolimerleri uzun zaman ve yüksek sıcaklıkta kararlı kalırlar, ayrıca yüksek sıcaklıkta suya karşı çok iyi bir mukavemet gösterirler.

Asetalin hem homopolimerleri hem de kopolimerleri cam elyafı ile kuvvetlendirilmiş enjeksiyon kalıplama ürünleri halinde bulunurlar. İkisini de PTFE veya silikon ile takviye edilmiş çeşitleri vardır. Asetal homopolimerleri, düşük sürtünmeli çeşitleri elde etmek için kimyasal yağlayıcılarla takviye edilirler. Asetal plastikleri, piyasada ekstrüzyon çubukları ve slab şeklinde bulunurlar. Bunlardan pirinç takımlar kullanarak talaş kaldırma ile çeşitli parçalar yapılabilir.(4)

Tablo-1.6.ABS ve SAN Plastiklerinin mekanik özellikleri(3)

ASTM	Özellik	Standart ABS			Aleve karşı	Özel amaçlı ABS	
		Yüksek darbeli	Çok yüksek darbeli	Orta darbeli		Berrak	SAN
D638	Çekme mukavemeti (N/mm ²)	41-34	34,45-43,41	41,34-51,68	37,9-68,9	39,96-43,41	62,01-82,68
D636	Uzama(%)	5-20	5-70	5-25	5-25	25-75	1-4
D638	Çekme modülü (N/mm ²)	2274	1378-2343	2480-2618	2205-2549	2067-2274	10335-38584
D790	Eğilme modülü (N/mm ²)	72.35	41,34-79,24	79-24	62,01-84,4	72-35	94,46-117,13
D785	Sertlik (Rockwell R)	103	69-105	107	90-117	100-105	M85

1.3.6.1.Asetal homopolimerleri

Asetal homopolimerleri yüksek çekme mukavemeti, rijitlik, rezilyans ve tekrarlanan darbelere karşı orta tokluğa sahiptirler. Delrin 100 olarak bilinen çeşidi yüksek darbe dayanıklılığına sahip en tok, saf asetaldır. Delrin 100 ST ise süper tokluğa sahip bir asetal çeşididir. Asetal homopolimerleri, tüm takviyesiz termoplastiklerden daha yüksek yorulma mukavemetine sahiptirler. Bu malzemenin sürünme özellikleri de mükemmeldir. Nem yağlayıcı solventler bu özelliği etkilemez. Bundan başka, asetal homopolimerlerinin iyi aşınma ve sürtünme özellikleri vardır. Çelik üzerinde kuru sürtünme halinde, basınca bağlı olarak sürtünme katsayısı 0,1-0,3 arasındaadır. Sürtünme ve aşınma özelliklerini iyileştirmek için, PTFE elyafları ve kimyasal yağlayıcılarla takviye edilirler. Mekanik özelliklerinin yanısıra, asetal homopolimerleri düşük nem emme kabiliyetine, organik solventlere karşı yüksek mukavemete, çok iyi boyut kararlılığına ve havada çok iyi aşınma mukavemetine sahiptirler. Yukarıda gösterilen tüm özelliklere bağlı olarak asetal homopolimerleri dişli çark, kam, yatak gibi yüksek zorlamalara maruz kalan makina elemanları olarak kullanılmaktadır. Teknolojik olarak bu plastikler değişik vizkozitede, örneğin ekstrüzyon için yüksek vizkozite, enjeksiyon için alçak vizkozite değerlerine sahip olarak üretilmektedirler. (3)

1.3.6.2.Asetal kopolimeri

Asetal kopolimeri, mekanik ve işleme özellikleri arasında iyi dengeye sahip reçinelerdir. Ergime sıcaklığı 182°C ile 232°C arasında değişen bu plastikler yarı saydam beyaz veya çeşitli renkte bulunurlar. Katkısız halinin yanısıra, cam elyaf ile kuvvetlendirilmiş çeşitleri de vardır. Asetal kopolimerleri, çok iyi çekme ve eğilme mukavemetine, yorulma mukavemetine ve sertliğe sahiptirler. Çok iyi yağlama özellikleri vardır. Nem emme özelliği düşük kimyasal maddelere ve çözücülere karşı iyi olan mukavemetinin yanısıra elektriksel özelliklere de sahiptirler. Asetal kopolimerleri elektrik parçalarının yapımında kullanılmaktadır. Bir yıl

boyunca havada 114°C'de tutulduğunda mukavemeti çok az azalmaktadır. Altı aya kadar sabit kalan darbe mukavemeti, bundan sonraki altı ayda 1/3 oranında düşüş göstermektedir. Suda 82°C'de bir yıl kalsa da özelliklerini kaybetmezler.(3)

Tablo-1.7. Asetal plastiklerinin mekanik özellikleri(3)

ASTM	Özellik	Kopolimer	Homopolimer
D638	Çekme mukavemeti (N/mm ²)		
	22,8°C	60,63	68,90
	53,4°C	34,45	47,54
D638	Uzama(%)	60,00	40,00
D638	Çekme modülü(N/mm ²)	2825	3583
D790	Eğilme mukavemeti(N/mm ²)	89,57	97,15
D790	Eğilme modülü(N/mm ²)		
	22,8°C	2584	2825
	53,4°C	1240	1585
D671	Yorulma mukavemeti(N/mm ²) (10 yük tekrarı)	22,74	29,63
D785	Sertlik (Rockwell R)	80,00	94,00
	Sürtünme katsayısı		
	Asetal/Asetal	0,35	0,3
	Asetal/Çelik	0,15	0,15

1.3.7. Akrilik

Akrilik termoplastikleri, akrilik ester monomerlerinin ve özellikle metil metakrilatın polimerizasyonu ile elde edilen plastiklerdir. Bunlar kristal berraklığı ve havada yıpranmaya karşı dayanıklılığı ile tanınan malzemelerdir. Reçineler, döküm yolu ile elde edilen levha, çubuk ve boru ekstrüzyonu ile elde edilen levha, film, enjeksiyon kalıplama ve ekstrüzyon için bileşikler şeklinde bulunurlar. Özel bir yöntem olan, iki cam plaka arasındaki döküm yöntemine hücre döküm denilir. Hücre döküm levhanın, çok iyi optik özellikleri ve yüzey kalitesi vardır. Bu plastikler çeşitli renkte ve bileşimde bulunabilirler. Döküm levhaların ultraviyole emici, ayna gibi çeşitleri vardır. Saydam, yarı saydam ve opak olarak üç şekilde yapılabilirler.

Akrilik filmleri çeşitli kalınlıklarda ve genişliklerde, berrak ve renkli olarak bulunurlar. Enjeksiyon ve ekstrüzyon mamüllerinin standart ve yüksek molekül ağırlıklı

çeşitleri vardır.Yüksek molekül ağırlıklı çeşidi,düşük akma hızına karşın yüksek ısı mukavemeti gösterir.Alçak molekül ağırlıklı çeşidi,kolay akabilen,karışık parçaların yapımında kullanılan ancak ısı mukavemeti düşük bir reçinedir.Ayrıca,normal akriliklerin saydamlığına ve yıpranmaya karşı mukavemetine sahip yüksek darbeli,akrilik plastik çeşidi vardır.

Akrilik plastiklerinin iki boyut kararlılığı ve çok iyi ısı özellikleri de vardır.Berrak akrilik plastiği en iyi cam kadar saydamdır.Işık iletme kapasitesi %92 ve kırılma indeksi 1,49'dur.Bundan dolayı lens,gözlük ve diğer optik aparatlarda geniş uygulama alanı vardır.Ayrıca 360mm ve daha düşük ultraviyole enerji filtre eden,UV ışığına opak ya da kısmi opak olan türleri bulunur.

Çizilme karşı termoplastiklerden en yüksek mukavemete sahip olan akrilik plastikleri,normal bakım ve temizleme sırasında aşınır ve çizilebilirler.Düşük olan tokluğu,kalıplama sırasında moleküllerin yönleneşmesi ile iyileşir.Jet uçakların kabin camları yönleneşmiş akrilik levhalarından yapılmaktadır.Akrilik levha ve kalıplanmış parçalar inorganik asit ve alkalilere,deterjan çözeltilerine ve diğer temizleme malzemelerine karşı dayanıklıdır.Ancak klorlanmış ve aromatik hidrokarbon,ester ve ketonlara karşı zayıftırlar.Saydamlığı,parlaklığı ve boyut kararlılığı senelerce korozyon ortamında dahi bozulmaz.Floresan lambaların ışınları ile yıpranmaz ve renklerini kaybetmezler,ancak 265mm altında bulunan UV ışınlarının etkisiyle renklerini kaybederler.(3)

1.3.8.Selülozikler

Selülozik plastikleri selüloz esterleri olan selüloz asetat,selüloz asetat bitirat,selüloz propionat ve selüloz eter olan stil selülozdan elde edilir.Bunlar pratikte asetat,bitirat,propionat ve etil selüloz gibi isimler taşır.Saydam,yarı saydam,opak veya inci renginde olabilirler.Açık sarı (amber)olan etil selüloz hariç,diğer selülozikler berrak şekilde imal edilirler.

Selülozik plastiklerin özellikleri büyük ölçüde onla-

Tablo-1.8.Akrilik plastiklerin mekanik özellikleri(3)

ASTM	Özellik	Döküm levha	Standart	Yüksek Darbeli
D638	Çekme mukavemeti(N/mm ²)	72,35	72,35	37,21-48,23
D638	Uzama(%)	5	5	50
D638	Çekme modülü(N/mm ²)	3101	2963	15,16-22,05
D790	Eğilme mukavemeti(N/mm ²)	113,69	110,24	48,23-72,35
D790	Eğilme modülü(N/mm ²)	3101	3101	448-1723
D785	Sertlik(Rockwell)	M100-102	M95	R99-M68

ra ilave edilen yumuşatıcı miktarı tarafından tayin edilir. Az miktarda yumuşatıcı ihtiva eden selülozikler (bunlara ASTM D569'a göre "hard flow" da denir) Sert,rijid ve mukavimlerdir.Yüksek miktarda yumuşatıcı ihtiva edenler (soft flow) daha az sert,daha az rijid ve daha az mukavimdir. Bunlar düşük sıcaklıkta da işlem görebilirler.

Kalıplanmış selülozik parçalar geniş sıcaklık aralığında kullanırlar.Düşük sıcaklıklarda da tokluğunu korurlar.Bu malzemeler düşük özgül ısı ve ısı iletkenliğine sahiptirler.Butirat,propionat ve etil selülozun boyut kararlılığı,çok iyidir,bunun yanısıra su emme özelliği de düşüktür.Butirat ve propionat,çok kuvvetli asit ve bazların dışında su ve sulu çözeltilere karşı dayanıklıdır.Genellikle selülozikler havada sürekli olarak kullanmaya elverişli değildirler.Ancak gerek butiratin,gerekse propionatin havada dayanıklı çeşitleri de vardır.(3)

Tablo-1.9.Selüloz plastiklerin mekanik özellikleri(3)

ASTM	Özellik	Selüloz Asetat	Selüloz propionat	Selüloz A. Butyzat	Etil Selüloz
D638	Çekme mukavemeti (N/mm ²)	15,16-47,54	9,65-49,61	9,65-42,72	20,67-33,07
D638	Çekme modülü (N/mm ²)	448-2756	413-1481	345-1378	1516-1723
D790	Eğilme mukavemeti (N/mm ²)	17,23-71,66	11,71-73,03	12,40-63,7	32,38-46,85
D785	Sertlik (Rockwell R)	122	115	112	79-106

1.4. PLASTİK DÜNYASINDA YENİ GELİŞMELER

1.4.1. Yüksek Isılı Kuvvetlendirme

Amerikan Huber Cooperation ile Norwegion Talk arasındaki işbirliği sonucu fiber katkı maddelerinin yeni çeşitleri ortaya çıktı. Xenex ve XPWZ olarak bilinen fiberler, plastik malzemelerin, metallerin ve seramiklerin özelliklerinin değişimi için kullanılırlar.

Bu fiberler, tek tek filamentlerin ve mikron alanındaki örümcek ağları olarak tanımlanırlar. Eski tiplerle kıyaslandıklarında, uzama özellikleri ve dayanma güçleri daha fazladır. Çaplarında yapısal parçalanmalar yoktur, buna eski tip metalik olmayan inorganik makrofiberlerde rastlanır. Yapılan testlere göre bu katkı maddeleri yüksek ısılar için ideal bulunmuştur. Uygulama yerleri, epoksi reçineleri, mühendislik plastikleri, kompozit malzemeler, seramik, yüksek ısıya boya ve kaplama sistemleri. (4)

1.4.2. Makinada İşlenebilen Poliüretan

Yeni bir çeşit poliüretan özellikle makinada işlenmek üzere H. Stater and Sons Ltd. Sheffield tarafından piyasaya sürülmüştür. Supal RD denilen malzeme, herhangi bir hafif metal gibi kesilebilir, frezelenir, delinir, vurulabilir. 85'lik sertliğe sahip Shoer D alüminyum karşısında bir seçenek oluşturmuştur. (4)

1.4.3. ERF Plastics'ten Polyester Bileşikleri

Sıkıştırma kalıplamada söz sahibi olan ERF Plastics, kendi üretim kolaylıklarından yararlanarak malzeme satış servisi kurdu. Levha kalıp bileşiği (SMC), hamur kalıp bileşiği (DMC) ERF'in laboratuvarlarında geliştirilmiştir. Çalışmalar sırasında birçok test uygulanmıştır, bunların arasında formülasyon dengesi, depolama, ticari üretim kapasitesi, kalite kontrolü vardır. SMC ve DMC bileşiklerinin değişik uygulamalar için performans özellikleri oldukça çeşitlidir. Yeni bir gelişmeyle SMC, korozyon direnci, ateşe dayanıklılığıyla çelik ve alüminyumun yerini alır duruma gelmiştir. Bu malzemeler otomotiv alanında da kullanılabilir. (4)

1.4.4. Polikarbonat Levha Malzemeleri

Roehm GmbH'nin plastik bölümü, uzun ömür çeşidiyle polikarbonat malzemelerin kullanım alanını genişletmiştir. Bu çeşidin hava koşullarına karşı 10 yıllık garantisi vardır. Uzun ömür levhası ekstrüzyon edildiği için dayanıklı kısım soğukta, ısı değişiminde ve doğa dışı durumlarda ($-40+115^{\circ}\text{C}$) zarar görmez. 10 yıldan sonra malzeme saydamlığından sadece %4 kaybedecektir, bu kaplanmamış polikarbonatlarda %8-10'dur. Yüzey aşınmadığı için kir tutmaz.

Makrolon üç standart renkte olabilmektedir: saydam kahverengi, gri ve siparişe göre diğer renklerde yapılabilir. Isı tasarrufunun önemli olduğu yerlerde iki, üç katlı levhalar önerilmektedir. Kırılmaya karşı beş yıllık garanti verilmektedir. Makrolon ürünleri İngiltere'de Roehm Ltd., Plastic Division tarafından kontrol edilen dağıtma sistemiyle elde edilebilir. (4)

1.4.5. İzolasyon İçin Plastik Levha

Class H, elektriksel izolasyon için yüksek basınçlı bir levha Tufnol Ltd. Midlands tarafından üretilmiştir. Tufnol Grade 10G/80 olarak bilinen levha Ylok reçinesiyle bağlı camla kaplanmıştır. Böylece yüksek derecede izolasyon ve mekanik güç elde edilmiş olur. 200°C ısıda uzun süreli dayanır. Fiziksel özellikleri bozulmaz. Xylox, pheno-analkyl reçineleri için ticari bir daldır. Yüksek performanslı yapısal ve elektriksel uygulamalarda kullanılır. Yüksek termal dengesi, çözücü özelliği, yağ, kimyasallara karşı direnci ve radyasyon direnci vardır. Tufnol Grade 10618 standart kalınlıkta (0,8mm-25mm) bulunabilir. (4)

1.4.6. Polipropilen Masterbatch (boya)

Cobati Plastik Europe, özellikle bahçe mobilyalarında polipropilenin kullanılması için özel formüllü masterbatch piyasaya sürmüştür. PP 7208 denilen madde de %60 mineral ve buna ek olarak renk vericiler ve diğer katkı maddeleri vardır. Doğal polipropilen ile eşit miktarlarda karıştırıldığında %30 minerale sahip beyaz renkli bir bileşik elde edilir.

PP'nin bu maddeyle karıştırılması sonucu PP'nin mekanik özellikleri gelişerek daha geniş uygulama alanlarına yayılabilmektedir.(4)

1.4.7.Pnömatikler İçin Naylon Tüpler

Plymouth'daki Tecamec Ltd.basınçlı hava sistemleri ve pnömatik uygulamalar için ekstrüde edilmiş hafif naylon çeşitleri sunmuştur.Tectube adı altında piyasaya sunulan tüpler hem esnek hem de katı hallerde,30 nominal OP boyutunun üzerinde 4mm boyutunun üzerinde 4mm -1(in) olmak üzere naylon 11 ve 12'dir.Doğal renk de dahil olmak üzere 120°C'ye kadar sıcaklıkta kullanmak üzere dizayn edilmiştir.Mükemmel gerilme kuvvetine ve dengeye ayrıca titreşim direncine sahiptir.14-35 barlık sabit basınçlar için (200-500 lb-ft/in) uygundur.(4)

1.4.8.Uzun Karbon Elyafı Plastikler

Bu plastikler süreksiz elyaf takviyeli termoplastikler içinde en yüksek eğilme ve çekme modülüne sahiptirler. Yüksek rijitlik ve ağırlık oranları ve aşınma dayanımlarının daha iyi olması,bu plastikleri metallerle rekabete götürmüştür.Buna ek olarak karbon elyaflar elektrik iletken olduklarından,elektrostatik yük boşaltma ve elektromanyetik girişim(EMI) etkilerine dayanarak istenen yerlerde kullanılır.Yeni plastiklerin bazılarında yapılan testler,elektromanyetik radyasyon azalma hızının çok yüksek olduğunu göstermiştir.

Uzun karbon elyafla takviye etmek için ilk olarak naylon 6/6 ve 6/10 reçineleri kullanılmıştır.Bu kristalin termoplastiklerin seçilmesinin nedeni,karbon elyafla kolay birleştirilip kalıplanan yüksek dayanımlı reçineler olmaları ve bu konuda endüstri deneyiminin geniş olmasıdır.(3)

1.4.9.Uzun ile Kısa Elyafın Karşılaştırılması

Uzun elyaf takviyelerde elyaf konsantrasyonu,liflerin uzunluk/çap oranına bağlı olduğundan,daha uzun lifler belirgin avantaj sağlar.Bu plastiklerde takviye kabiliyeti,oluşan gerilme yoğunlaşmaları yüzünden lif uç sayısı ile sınıflandırılır.

lanır. İlk aşamada lif uçları matris kaymasını başlatır, sonradan lif etkileşimi matris kaymasından daha etkili olmaya başlar. Böylelikle daha az sayıda lif ucu içeren uzun elyaf takviyeli plastik, kısa elyaf plastikten daha iyi özelliklere sahiptir. Bunun yanısıra pultrüzyon işlemi paletlere çok lif yüklenmesine imkan vermektedir. (3)

1.4.9.1. Mukavemet ve rijitlik

Kısa ve uzun karbon elyaf/naylon 6/6 plastikleri karıştırıldığında oda sıcaklığında uzun karbon takviyeli elyaf, çekme dayanımını yalnızca %5 oranında yükseltmektedir. Buna karşılık, çekme modülü %32, eğilme dayanımı %22 ve eğilme modülü %47 artmaktadır. Yüksek sıcaklıkta uzun elyafli plastiklerin üstünlüğü artmaktadır. Şöyleki aynı karbon/naylon 6/6 malzemede, uzun ve kısa elyafli plastiklerin arasındaki fark, 150°C'de çekme mukavemeti için %35, eğilme modülü için %66 olmaktadır. 205°C'de durum daha fazla uzun karbon elyaf lehine gelişmektedir. Çekme dayanımı %43'e, eğilme modülü %71'e kadar artmaktadır. Uzun karbon takviyeli polikarbonat özellikle 120°C'de kısa elyafa göre daha üstündür. Çekme dayanımı %93'e ve eğilme modülü %80'e ulaşmaktadır. (3)

1.4.9.2. Darbe mukavemeti

Bir malzemenin darbe dayanımı çekme ve eğilme gibi doğrudan belirlenemez. Bunun için üç yöntem kullanılmaktadır. Çekme darbesi, eğilmiş çubuk darbesi (Izod), sabit plaka (düşen çekiç)

Kısa ve uzun karbon/naylon 66 plastiklerin çentikli Izod darbe testlerinde, uzun karbon elyafli plastik %80 daha iyi sonuç vermiştir. Düşen çekiç testinde fark daha azdır. %10'dan daha küçüktür. Düşen çekiç testi kısa karbon elyafli parçalarda düzgün bir delik açmakta, uzun karbon elyafli lar da daha sünek bir kırılma oluşturmaktadır.

Uzun karbon elyaflar, kısa olanlardan daha iyi darbe dayanımına sahip olsalar dahi, bu plastiklerin darbe dayanımı uzun cam elyaf takviyeli plastiklerden daha düşüktür. Bunun nedeni, karbon elyafların cam elyaflarından daha kırılğan

olmasından ileri gelmektedir.(3)

1.4.9.3.Aşınma mukavemeti

Uzun elyaf takviyeli plastiklerde,elyaf uç sayısı az olduğundan,abrazif aşınma hızıda kısa elyafli plastiklerden azdır.Kısa ve uzun karbon elyaf takviyeli naylon 66 plastiklerin çeliğe karşı sürtünme,çifti oluşturduğunda,aşınma faktörü ve sürtünme katsayısı,karbon,cam ve aramid ile takviye edilenlere göre düşük olduğu görülmüştür.(3)

1.4.9.4.Isıl genleşme

Karbon lifleri,düşük lineer ısıl genleşme katsayısına sahip olduklarından,karbon takviyeli plastikler matris polimerinden daha küçük ısıl genleşme katsayısına sahiptir. Bununla beraber çoğu plastikler gibi bu malzemede izotropik değildir.(3)

1.4.9.5.Elektrik iletkenlik

Karbon liflerinin yararlı bir yönü de elektrik iletkenlikleridir.Böylelikle onları herhangi bir polimere katarak elde edilen plastik,elektrik yüklerini boşaltabilme veya elektro manyetik radyasyondan korunma özelliklerini taşır.Plastiğin elektrik iletkenliği,elyafın uzunluk/çap oranına takviye oranı şekline ve ayrıca matris içinde elyaf dağılımına bağlıdır.Kısa olanlardan 10-20 kat daha uzun olan uzun elyaflar çok daha yüksek seviyede elektrik iletkenliği sağlarlar.(3)

1.4.10.Cam ve Karbon Takviyeli Plastiklerin Karşılaştırılması

Karbonun cama göre başlıca avantajlarından biri,rijidliğinin fazla olmasıdır.Karbonun elastiklik modülü,konvansiyonel E camının üç katından fazladır.Karbon elyaf takviyeli plastiklerin hem rijitlik/ağırlık hem de dayanım/ağırlık oranları,cam elyaf takviyeli olanlarına göre daha yüksektir.Ayrıca,karbon elyafları elektrik iletken olduklarından elektrostatik yük boşaltma ve elektromanyetik girişim (EMI) etkilerine dayanım istenen yerlerde kullanılabil-

Tablo-1.10.Kısa ve uzun karbon elyaf takviyeli kompozitlerin tipik mekanik özellikleri(3)

	<u>Çekme dayanımı</u> (daN/mm ²)	<u>Çekme modülü</u> (daN/mm ²)	<u>Eğilme dayanımı</u> (daN/mm ²)	<u>Eğilme modülü</u> (daN/mm ²)	<u>Basma dayanımı</u> (daN/mm ²)	<u>Kesme dayanımı</u> (daN/mm ²)	<u>Darbe Izod</u> (ft-lb/in)
Naylon 6/6							
Kısa elyaf	27,6	3238,5	36,5	2342,7	20,0	10,0	1,6
Uzun elyaf	28,9	4272,0	44,4	3307,4	21,7	13,6	2,9
Naylon 6/10							
Kısa elyaf	24,1	2480,5	32,4	2032,7	---	---	2,0
Uzun elyaf	26,0	3238,5	40,7	2549,4	---	---	3,0
Polikarbonat							
Kısa elyaf	17,9	1860,4	26,2	1584,8	17,8	8,5	1,8
Uzun elyaf	21,0	2549,4	31,7	2765,1	18,9	11,6	2,5

lırlar. Cam elyafları buna karşılık, daha az kırılğan ve oldukça da ucuzdurlar.

Cam ve karbon elyafly plastiklerin özelliklerini karşılaştırmak için, her iki elyaf naylon 6/6 malzemesi içine, pultrüzyon tekniğı ile katılıp, 200mm uzunluğunda çubuk halinde kesilir. Çubuk elyaflar tek doğrultuda ve sürekli kalacak şekilde plaslar halinde kalıplanır.

Elyaf akış yönünde ölçülen mekanik özellikler, uzun elyafın takviye oranı için en yüksek ya da optimum değerlerdir. Karbon elyaf takviyeli plastiklerin hem dayanımı, hem de rijitlikleri, cam elyaf takviyelilerden belirgin şekilde yüksektir. (Çekme mukavemeti 86,1 daN/mm olup bu teorik değerın %80'dir.) Cam elyaf takviyeli plastiklerin darbe mukavemetleri, karbona nazaran daha yüksektir. (3)

Tablo-1.11. Cam ve karbon takviyeli plastiklerin karşılaştırılması (3)

<u>Elyaf Özellikleri</u>	<u>E Camı</u>	<u>Karbon</u>
Ortalama elyaf çapı (μm)	10,17	7
Özgöl ağırlık	2,54	1,8
Çekme (elastiklik) modülü (daN/mm ²)	72349	23427,3
Çekme kopma dayanımı (daN/mm ²)	344,5	344,5
Çekme kopma uzaması (%)	4,8	1,5
Isı iletkenliğı (Btu-in/h-ft ² -°F)	0,992	0,17
Lif yönünde	2,9x10 ⁶	-0,99x10 ⁶
Life dik yönde	7,2x10 ⁶	16,78x10 ⁶
Yüzey enerjisi (erg/cm ²)	31	53

1.5. PLASTİK TÜRLERİNİN TANINMASI

Plastik üreten ve çalışan işyerlerinin çoğunda henüz labratuar bulunmadığından, plastik türlerini ayırabilmeleri için aşağıdaki basit deneyler kullanılabilir.

1.5.1. Yüzdürme Deneyi

Yoğunluğu sudan az veya fazla olan plastik türlerini birbirinden ayırmaya yarar. İnce parçaları önce dibe batırmak, sonra yüzüp yüzmediğini araştırmak gerekecektir. Ortası delik olan granüllerinin deliklerinin civarına ufak hava kabarcıklarının yapışmamasına dikkat etmelidir. (4)

1.5.2. Plastik Tutuşturarak Alevden Ayırmak

Çakmak veya kibritle plastik tutuşturulur. Daha sonra alevden ayırarak yanıp yanmadığını, yanarsa alevin şekli, rengi, isli olup olmadığı araştırılır. Yanarak damlayabileceği gözönüne alınarak dikkatli olmak gerekecektir. Söndürülerek koklanır. (1)

1.5.3. Kimyasal Maddelerle Yapılan Deney

Plastik parça üzerine bir damla çözücü madde damlatarak parmakla ovalamak yeterlidir. (1)

1.5.4. Bakır Tel Deneyi

Bakır tel, ucu kızarana kadar ısıtıldıktan sonra granül veya biraz daha büyük bir plastik parçaya temas ettirilir. Yapıştıktan sonra yine aleve tutulur. Alevin yeşil renk alıp almadığı kontrol edilir.

Bunlardan başka plastik parçanın yüzeyini tırnakla kazımak, parçayı kırmak ve kırık yüzeyi incelemek de fayda sağlar. Plastik türü anlaşıldıktan sonra emin olmak için şu deneyler yapılabilir:

(i) Bir cam tüpün içine ufak bir plastik parça konur. Tüp, 45° eğik olarak şiddetli olmayan bir alev üstünde devamlı hareket ettirilerek ısıtılır. Isıtmanın çok çabuk olmamasına dikkat edilmelidir.

-Poliölefinler (PE, PP):

Erir, şeffaflaşır, ancak çok dikkatli bakılırsa görülebilen beyaz buhar çıkarır.

-Stiren polimeri:

PS erir, gaz haline gelir

SB erir, sarımsı renk alır

ABS kimyasal olarak bozulur, kararır.

-Holojen polimerleri:

Yumuşar, kimyasal olarak bozulur, kahverengi-siyah arası bir renk alır.

-Poliakrilester, homopolimer grubu:

PMMA yumuşar, hafif köpürerek ve çatırdayarak kimyasal olarak bozulur, geriye az miktarda kahverengi-siyah ar-

artık kalır.

POM erir,gaz haline gelir,kimyasal olarak bozulur.

CA,CAB erir,siyahlaşır.

PETP erir,eriyiğin etrafı çerçeve halinde beyazlaşabilir,koyu kahverengi artık kalır.

PC şeffaf ve vizkozitesi yüksek bir eriyik haline gelir,daha fazla ısıtıldığında kimyasal olarak bozunup siyahlaşır.

PA'in kristalli türleri erir,şeffaflaşır.Amorf türleri kimyasal olarak bozulur,kahverengi artık kalır.

(ii)Plastik yanarken alevin incelenmesi

İçinde alevle karşı stabilizatör olmayıpta alevde yanmayan tek plastik türü PTFE'dir.Diğerleri iki grupta toplanır:

I-Alev içinde yanar,ayırınca söner

II-Tutuştuktan sonra kendi başına yanar

-Polielefinler(PE,PP):

II,alev sarı renkte olup merkezi mavidir.Yanarak damlar

-Stiren polimerleri:

II,parlak veya parlak sarı alevle,çok fazla is çıkarak çıra gibi yanar.

-Halojen polimerleri:

I,yumuşak PVC türleri II,sarı alevle kurumlu olarak yanar.Alevin dip tarafı hafif köpüklü ve yeşil renktedir.

-Poliakrilester,Homopolimer grubu:

PMMA II,çatırdayarak yanar,yanarak parlak bir alevle damlar.

POM II,mavi veya renksiz olarak yanar.

CA II,yeşil-sarı parlak alevle erir ve damlar.

CAB II,sarı parlak alevle yanarak damlar.

PETP I,II,parlak,çatırtılı,isli bir alevle damlayarak yanar.

PC I,parlak,kabarcıklı isli alevle,kömürleşir.

PA I,II,tutuşan yer mavimsi sarı renktedir,çatırdayarak damlar,söndükten sonra elyaf gibi çekilir.

(iii)Boya veya katkı maddesi katılmamış plastiklerin dış

Tablo 1.12. Plastik türleri (1)

PLASTİK TÜRLERİ	PE	PP	CA	CAB	PA	POM	PMMA	PETP	PS	SB	ABS	PVC-Y	PVC-S	PC
Yüzdürme deneyi														
Yüzer	PE	PP												
Yüzmez			CA	CAB	PA	POM	PMMA	PETP	PS	SB	ABS	PVC-Y	PVC-S	PC
Yakma deneyi														
İssiz yanıyor	PE	PP		CAB	PA	POM	PMMA							
İsli yanıyor			CA	CAB	PA			PETP						
Yanarak damlıyor	PE	PP	CA	CAB	PA			PETP	PS	SB	ABS			
Sönüyor												PVC-Y	PVC-S	PC
Söndükten sonraki koku														
Genzi yakan bir koku						POM						PVC-Y	PVC-S	
Yanmış yün, saç kokusu					PA									
Meyva kokusu							PMMA							
Sönmüş mum kokusu	PE	PP												
Yanmış şeker, havagazi kokusu			CA	CAB					PS	SB	ABS			
Yanmış kağıt kokusu														
Kokusuz								PETP						
Fenol kokusu														PC
Karbon tetra klorür														
Yüzey yapışkan oluyor									PS	SB				
Yapışkan olmuyor	PE	PP	CA	CAB	PA	POM	PMMA	PETP			ABS	PVC-Y	PVC-S	PC
Asetik asit esteri														
Yüzey yapışıyor				CAB					PS	SB	ABS			PC
Yapışmıyor	PE	PP			PA	POM	PMMA	PETP				PVC-Y	PVC-S	
Yüzey matlaşıyor			CA											

* Bu deney içinde yanmaya karşı stabilizatör bulunmayan normal plastik türleri için geçerlidir.

görünümü de türleri hakkında bilgi verir. Amorf plastik türleri kalın cidarlarda bile şeffaf olabilir. PS, SAN, PVC-S, PVC-Y, PMMA, CA, CAB, PC, PETP bu tür plastiklerdir. Sadece ince folyeler halinde iken şeffaf olabilen cidar kalınlığı arttıkça bulanık, opak renk alan plastikler şunlardır: PA, PE, PP, ABS. Folye halinde çalışılmayan, kalın cidarlarda opak olan plastik türleri ise POM, PTFE'dir. (1)

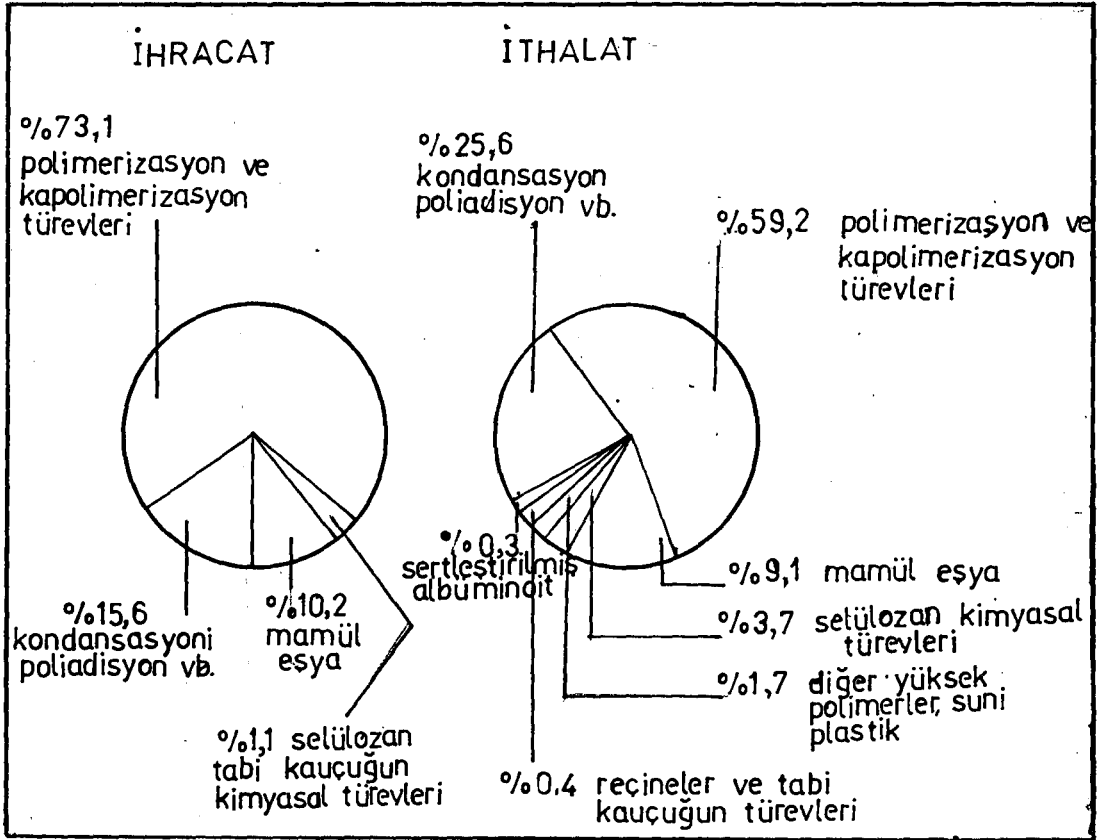
1.6. PLASTIĞIN GÜNÜMÜZDEKİ ÖNEMİ

Ambalaj sanayinden otomotive, yapay kalpten bilgisayara, tarımdan uzay teknolojisine kadar uzanan geniş ve yaygın alana mal veren plastik sanayi, Türkiye'de ilk örneklerini 1960'lı yıllarda vermeye başladı. 1965 yılında PETKİM'in kurulmasıyla hammadde gereksinimi az da olsa iç piyasadan karşılanması yeni umutların belirmesine sebep oldu. 1970'li yıllarda ortaya çıkan petrol krizinden etkilenen sektör, bu yıllarda durgunluk dönemine girdi. Aliğa tesislerinde hammadde ünitelerinin devreye girmesiyle birlikte 1984 yılından itibaren iç piyasada kendini göstermeye başladı. Büyüme oranı 11,4 olarak belirlendi. Üretim 1984'de 784 milyon dolarken, 1988'de 1293 milyon dolara çıktı. Aynı yıl plastik sanayi üretimi 1.8 trilyon lira olarak gerçekleşirken, 1994 yılında %4,5 dış pazarlara verileceği beklenmektedir. Buna karşılık iç talebin sadece 0,5'i ithalatla karşılanacak. Bu hedeflerin tutturulması halinde 1988 yılında yüzde 62 olan ihracatın ithalatı karşılama oranı 1994'de %141'e çıkacak. Dış ticaret hedefleri gerçekleşirse, 1994'de 100 milyon dolarlık plastik eşya ihracatına karşılık 71 milyon dolarlık ithalat yapılabilecek.

Plastik sanayi üretim hedeflerini gerçekleştirebilmesi halinde plastik hammadde miktarı 466 bin tondan 775 bin tona yükselecek. Hammaddenin 200 bin tonu PVC, 90 bin tonu YYPE (yüksek yoğunluklu polietilen), 250 bin tonu AYPE (alçak yoğunluklu polietilen), 85 bin tonu PS (polistren) ve 150 bin tonu PP'den oluşacak.

Hammaddenin 1988 yılı fiyatlarıyla 1994 yılındaki parasal değeri 1,4 trilyon liraya ulaşacak. Yani %46 olan ham-

madde plastik sanayi üretimi üzerindeki ağırlığı %44 olarak gerçekleşecek. Böylece sabit fiyatlarla 582 milyon dolar olan hammadde talebi 1994 yılında 991 milyona çıkacak. Ancak hammadde ihtiyacının tümü yurtiçi üretimiyle karşılanamayacağı için, artan talebe çözüm olarak hammadde ihracatına izin verilmeyecek.



Şekil-13 1988 yılı plastik dış ticareti (3)

yok

2. PLASTİK ENJEKSİYON MAKİNALARI

2.1. GİRİŞ

Bugünkü modern anlamıyla ilk vidalı enjeksiyon makinası 1956'da imal edilmiştir. O günden bu yana tip model ve boyut olarak birçok makina geliştirilmiştir. Şöyleki alıcı kendi işi için çok çeşitli makinaların arasından bir seçim yapmak zorundadır. Bu seçimin uygun olarak yapılması için, bu makinaların çalışma esaslarının yanı sıra bunların kapasite ve iş kabiliyeti hakkında kesin bilgilere gereksinim vardır.

Diğer taraftan Türkiye'de irili ufaklı enjeksiyon makinaları imal eden birçok firmalar vardır. Büyük firmalar bu makinaların tip ve modellerini lisans anlaşmaları ile (yani konstrüksiyon çalışmalarını yapmadan) imal etmektedirler. Küçük firmalar ise mevcut olan tip ve modelini kopye ve kendilerinden bir takım eklentiler yaparak imal etmektedirler. Tüm bu çalışmalar bu makinaların konstrüksiyon ve imalat bakımından esasını oluşturan kapasite ve iş kabiliyeti hakkında kesin bilgiler olmaksızın yapılmaktadır.

② Şekil-2.1'de basit bir plastik enjeksiyon makinası görülmektedir. Plastik enjeksiyon makinası üç ana grup halinde incelenebilir. (5)

(i) Mekanik bölüm:

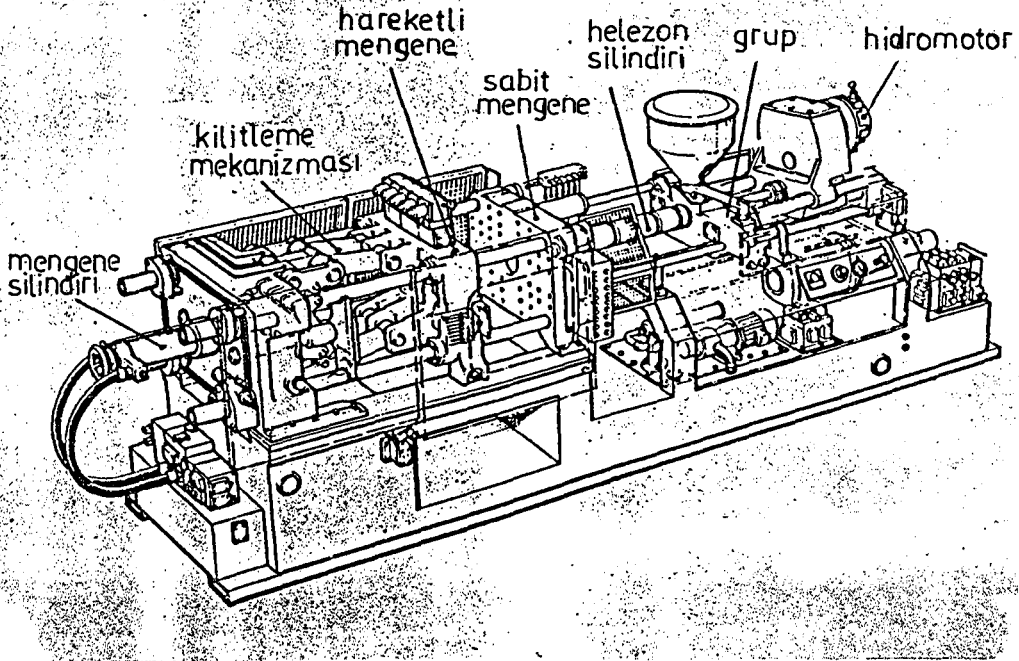
Bu gruptaki en önemli bölge mengene bölgesindeki mekanik kilitleme sistemidir. Günümüzde kilitleme mekanizması pistonlu ve makaslı olmak üzere iki şekilde uygulanmaktadır. Pistonlu sistemde, kilitleme ayrı bir piston yardımıyla gerçekleşir. Makaslı sistemde ise farklı bir basınç ile kilitleme işlemi gerçekleşir.

(ii) Hidrolik sistem:

Bir plastik enjeksiyon makinasının tüm hareketlerinin en hızlı ve en randımanlı şekilde meydana getirme sorumluluğunu üzerinde taşıyan hidrolik sistem makinanın dinamik yapısını oluşturduğu için büyük önem kazanır. Plastik enjeksiyon makinasının hidrolik sistemi tasarlanırken iki faktör göz önünde bulundurulmalıdır:

- Tüm hareketleri istenilen hız ve basınç değerlerinde sağlayabilecek geniş ayar imkanına sahip ve ısı oluşmasını önlemek amacı ile yağın sıkışmasına fırsat verilmeyecek bir hidrolik sistemin gerçekleştirilmesi,
 - Hidrolik sistemi oluşturan hidrolik elemanların geçirdikleri yağ debisi ve basıncına göre doğru olarak seçilmesi,
- (iii)Helezon:

Helezon veya vida olarak adlandırılan parça, üzerinde vida hatvesi bulunan uzun ve yuvarlak bir parça olup, helezon silindiri içinde hidromotor tarafından döndürülür. Plastik enjeksiyon makinasının kapasitesine ve kullanım alanına göre helezon seçimi yapılır. Helezon için en önemli faktör, malzeme yapısı, geometrik şekillendirme ve yüzey kalitesidir.



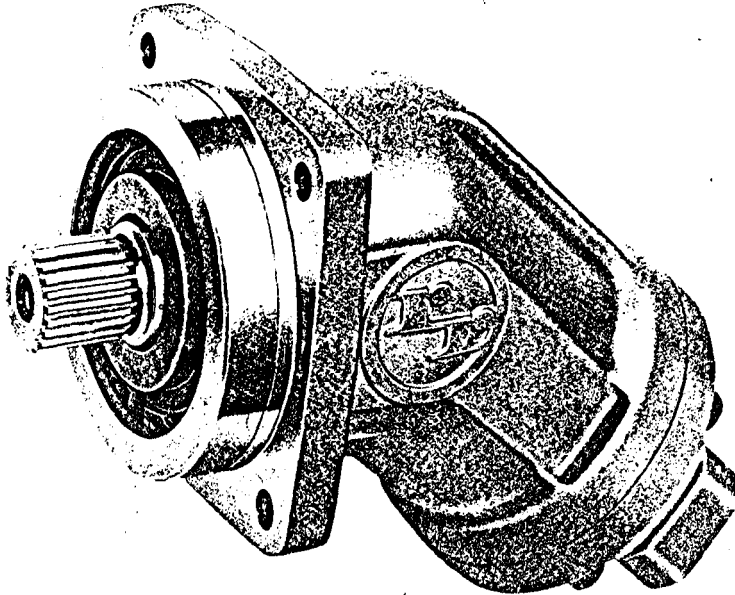
Şekil-2.1. Plastik enjeksiyon makinası(5)

2.2. PLASTİK ENJEKSİYON MAKİNALARININ ÖZELLİKLERİ

2.2.1. Hidrolik Motor Tayini

Hidrolik motorlar, pompanın ürettiği basınçlı akışkanla dairesel hareketler üretirler. Hidrolik enerjiyi mekanik enerjiye dönüştüren hidrolik motorlar, dişli, pistonlu ve pa-

letli olmak üzere değişik şekillerde yapılırlar. Hidrolik motora giriş kanalından gönderilen basınçlı akışkan dişli-
lere veya paletlere çarparak meydana getirdiği moment, mili
döndürür. Elde edilecek olan çevresel kuvvet ile döndürme
momentinin değeri, motora giren akışkanın basıncına ve etki
ettiği yüzeyin büyüklüğüne göre değişir. Dişli veya paletle-
rin dönmesiyle bağlı olduğu ana mil döner ve bu dairesel
hareket çok değişik amaçlarla kullanılabilir. Motora gönde-
rilen akışkanın yönü değiştirildiği zaman ana milin dönme
yönü de değişir. Yön değiştirmek için genellikle açık mer-
kezli ve (H) tipi merkezi olan yön kontrol valfleri kulla-
nılır. Hidrolik motorun dönme hızı, akışkanın debisine göre
değişir. Debi artırılınca dönme hızı artar, debi azaltılınca
dönme hızı azalır. Hidrolik motorlarda hızı kontrol etmek i-
çin kullanılacak akış kontrol valfi, motordan çıkan yağı kı-
sacak şekilde bağlanmalıdır. Hidrolik sistemin ihtiyacına
uygun motoru seçmek için elde edilmek istenen güç, moment ve
debi dikkate alınarak gerekli hesaplar yapılır.



Şekil-2.2. Hidrolik motor(7)

Endüstriyel uygulamalarda çalıştırılacak sistem için
gerekli motor kapasitesini tayin ederken hesapla bulunan

değerden (%40) daha büyük seçilmesi tavsiye edilmektedir. Hidrolik motorların çalıştırılmasında üretici firmanın tavsiyelerine uygun akışkan, filtreleme hassasiyeti çalışma sıcaklığı ve çalışma basıncı dikkate alınmalıdır.(6)

Hidrolik motor hesaplama formülleri:(7,10)

$$\text{Giriş debisi } Q = \frac{V_g \cdot n}{1000 \eta_v} \text{ (lt/dak)} \dots \dots \dots (2.1)$$

$$\text{Devir sayısı } n = \frac{Q \cdot 1000 \cdot \eta_v}{V_g} \text{ (dev/dak)} \dots \dots \dots (2.2)$$

$$\text{Döndürme momenti } M = \frac{V_g \cdot \Delta p \cdot \eta_{mh}}{2 \cdot \pi \cdot 100} \text{ (Nm)} \dots \dots \dots (2.3)$$

$$\text{Tahrik gücü } P = \frac{M \cdot n}{9549} = \frac{Q \cdot \Delta p \cdot \eta_t}{600} \text{ (W)} \dots \dots \dots (2.4)$$

Burada V_g : Hacimsal debi (cm^3)

n : Devir sayısı (dev/dak)

Q : Debi (lt/dak)

Δp : Giriş ve çıkış arasındaki basınç farkı (bar)

η_v : Hacimsal verim (%) (0,9-0,95)

η_t : Toplam verim (%) (0,8-0,88)

η_{mh} : Hidrolik-mekanik verim (%) (0,9-0,92)

Hidrolik motorların üstünlükleri şöyle sıralanabilir:(6)

-Kademesiz hız ayarı yapılabilir

-Kolay harekete geçer

-Hareket devam ederken hız ayarı yapılabilir, sistemi durdurmaya gerek yoktur

-İstenilen anda dönüş yönü değiştirilebilir

-Pompanın debisi azaltılarak dinamik fren yapılabilir

-Her türlü makina ve aparata takılabilir

-Devrede emniyet valfi olduğu için sistem aşırı yüklenmelerde kendini korur

-Ekonomiktir

2.2.2.Enjeksiyon Kapasitesi

Enjeksiyon kapasitesi E_k olarak tanımlanabilir.Buna göre,

$$E_k = \text{Vidanın stroku} \cdot \text{vidanın alın yüzeyi...} \quad (2.5)$$

bağıntısı ile hesaplanır. Vidanın strokuna bağlı olduğu için enjeksiyon kapasitesi genellikle kalıplanacak parçanın ağırlığından %10 daha fazla olmalıdır. Diğer taraftan bir enjeksiyon makinasında kalıplanabilen maksimum parça ağırlığı yaklaşık olarak,

$$G_p = K \cdot \text{vida stroku} \cdot \text{plastığın yoğunluğu..} \quad (2.6)$$

şeklinde hesaplanır. Burada 0,7-0,8 değerinde olan K faktörü, vida strokunun tümünün kullanılmadığını göstermektedir.

Denklem (2.5)'de görüldüğü gibi enjeksiyon kapasitesi vidanın alın yüzeyine, bu da vidanın çapına bağlıdır. Bu bakımdan vida çapı enjeksiyon kapasitesini tayin eden önemli faktörlerden biridir. Vidanın çapı aynı zamanda vidanın uzunluğunu da tayin etmektedir. Daha eski yıllarda uzunluk/çap (L/D) oranı için 12:1 ile 16:1 arasında değişen değerler kullanılırken, günümüzde bu değer 20:1 olarak tavsiye edilmektedir. Amerikan standartlarında vidanın uzunluğu değişik bir şekilde tarif edildiği için bu değer 22:1 veya daha yüksektir.

Enjeksiyon kapasitesi, enjeksiyon basıncı ve kapama kuvveti birbirini etkileyen faktörlerdir. Bu bakımdan bir standartlaşmaya gidilmesi için enjeksiyon kapasitesi belirli bir enjeksiyon basıncına göre belirlenmiştir. Bu basınç standart olarak 100 MPa alınmıştır. Bu şekilde ifade edilen enjeksiyon kapasitesine "çalışma kapasitesi" denilmektedir. Buna göre Avrupa'da kapasite sipesifikasyonu 500/180 veya 500-180 olarak ifade edilmektedir. Bu demektir ki 100 MPa bir enjeksiyon basıncında, makinanın enjeksiyon kapasitesi 500cm^3 ve kapama kuvveti 180 Mp (1800 kN)'dir. Amerika'da önce kapama kuvveti gösterilmektedir. Örneğin 300-28, kapama kuvveti 300 ton ve enjeksiyon kapasitesi 28 ounce ($\text{lounce} \approx 28,35\text{grm}^3$) olan bir makina demektir. Çeşitli imalatçı firmalarının verilerinin incelenmesi ve bunları istatistikî ve probabilitè analize tabi tutmasından, enjeksiyon kapasitesi ve kapama kuvveti arasında ortalama olarak,

$$V_s = V_o \cdot (F_c / F_o \cdot 1,3) \dots\dots\dots(2.7)$$

bağıntısı bulunmuştur. Burada V_o, F_o belirli bir makina için bilinen enjeksiyon kapasitesi ve kapama kuvvetidir. Bu bağıntıdan elde edilen değer ortalama değerdir. Sapmalar aşağıda gösterildiği gibidir.

$$F_c = (600-4000) \text{ kN arasında } s = 110 \text{ cm}^3$$

$$F_c = (4000-20000) \text{ kN arasında } s = 900 \text{ cm}^3$$

$$F_c = 20000 \text{ daN için } s = 8500 \text{ cm}^3$$

Örneğin bilinen $V_o = 2000 \text{ cm}^3$ ve $F_o = 5800 \text{ kN}$ için, $F_c = 6000 \text{ kN}$ da $V_s = 3038 \text{ cm}^3$ bir enjeksiyon kapasitesi elde edilir. Enjeksiyon (çalışma) kapasitesi ile kapama kuvveti arasındaki bağıntıyı daha iyi ifade etmek için ,

$$a = \frac{\text{maksimum enjeksiyon kapasitesi } \left(\frac{\text{cm}^3}{\text{kN}} \right)}{\text{kapama kuvveti}} \dots\dots(2.8)$$

oranı da kullanılmaktadır. Bu oran

$$\text{Avrupa makinaları için, } a = a_o \cdot \left[\frac{F_c}{F_o} \right]^{0,33} \dots\dots(2.9)$$

$$\text{ABD makinaları için, } a = a_o \cdot \left[\frac{F_c}{F_o} \right]^{0,27} \dots\dots(2.10)$$

şeklinde ifade edilir. Burada a_o, F_o belirli bir makina için bilinen değerlerdir. Örneğin kapama kuvveti $F_c = 3500 \text{ kN}$ ve $a = 0.39$ olduğu durumda, ortalama enjeksiyon kapasitesi,

$$V_s = 3500 \cdot 3,9 = 1365 \text{ cm}^3 \dots\dots\dots(2.11)$$

elde edilir. Maksimum iş ağırlığı (polistren için),

$$G_s = V_s \cdot g = 1365 \cdot 0,9 = 1230 \text{ gr} \dots\dots\dots(2.12)$$

olarak bulunur. Bu değer ortalama bir değerdir. Sapmalar dikkate alınırca $F_c = 3500 \text{ kN}$ 'da makinanın iş ağırlığı,

G_s 1230± 500 gr olması gerekir. Başka kapama kuvvetlerine karşılık gelen sapmalar aşağıda gösterilmiştir.

<u>Kapama kuvveti(kN)</u>	<u>Maksimum iş ağırlığı(gr)</u>
1000	250± 100(110)
5000	1950± 750(880)
10000	4700± 1900(2500)
30000	19500± 7500(10500)

Parantez içindeki değerler Avrupa makinalar içindir.

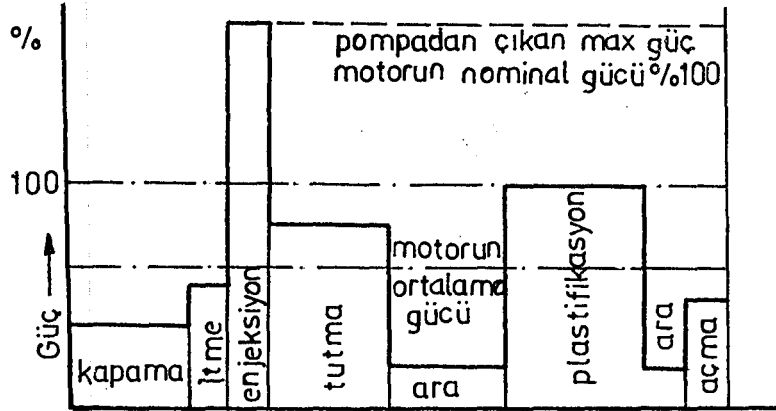
Enjeksiyon makinalarında en zor tayin edilen faktör enjeksiyon makinasının gücüdür. Bunun nedeni bir iş devresinde gereken güç, büyük aralıklar arasında değişmesinden ileri gelmektedir. Enjeksiyon işleminde bir iş devresi, kapama (kalıbın kapanması), enjeksiyon ünitesinin ileriye itilmesi (kalıbın ağızına yanaşması için), enjeksiyon, tutma basıncı (işin katılaşmasına kadar) ara, plastifikasyon (vidanın dönmesi ve malzemenin katı halinden ergimiş hale geçmesi) ara, açma (kalıbın açılması) gibi kademelerden meydana gelmektedir. Bu kademeler için gereken güç şekil-2.3'de gösterilmiştir. Burada 100 ile gösterilen elektrik motorunun nominal (plaka üzerinde yazılan) gücü ve pompanın gücü sabit olarak alınmıştır. Görüldüğü gibi enjeksiyon için istenilen en büyük güç, iş devresi içinde çok az bir zaman alan enjeksiyon kademesindedir. Motorun gücü enjeksiyon için gereken güce göre seçilirse, %40 ile %95 arasında değişen bir güç kaybı meydana gelmektedir. Örneğin ortalama olarak %60 bir güç kaybı olduğu varsayılırsa, günde 10 saat çalışan 50 kw'lık bir motorda günde,

$$\text{Güç kaybı} = 0,60 \cdot 50 \cdot 10 = 300 \text{ kw saat} \dots \dots \dots (2.13)$$

ve senede (240 çalışma günü)

$$\text{Güç kaybı} = 300 \cdot 240 = 72000 \text{ kw saat} \dots \dots \dots (2.14)$$

bir güç kaybı meydana gelmektedir. Analitik olarak güç kaybı , verim dikkate alınmadan,



Şekil-2.3. Enjeksiyon işleminin iş devresi (2)

$$P_a = p_p Q_p - p_k Q_k \dots\dots\dots(2.15)$$

bağıntısı ile hesaplanır. Burada,

p_p : Pompanın enjeksiyon için basıncı

Q_p : Debisi

p_k : Herhangi bir kademe için gereken basınç

Q_k : Bu kademe için pompanın debisi

Bu kayıpları önlemek için bir takım çözüm yolları vardır. Bunlardan birisi hidrolik devreye bir akümülatör konulur ve motor gücü daha düşük, örneğin oldukça büyük zaman alan plastifikasyon kademesi için gereken güce göre tayin edilir. Burada akümülatör, enjeksiyon için gereken basıncı sağlar. Akümülatör ile donatılmış bir hidrolik devre şekil-2.4'de gösterilmiştir.

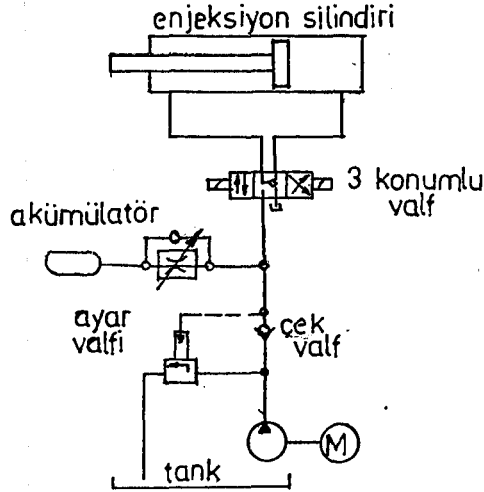
Enjeksiyon için gereken güç,

$$p_p = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot P \cdot s^2}{4 \cdot 10^2 \cdot 2t} \text{ (kw)} \dots\dots\dots(2.16)$$

bağıntısı ile hesaplanır. Burada,

D : Hidrolik pistonun çapı (m)

- P : Pistonun toplam strokunun dörtte birinden, dörtte üçüne kadar hareket ettiği sırada karşılık gelen hidrolik basınç (MPa)
- s : Strok (m)
- t : Pistonun s strok boyunca hareket etmesi için geçen zaman



Şekil-2.4.Hidrolik devre(2)

İmal edilen çeşitli makinaların incelenmesinden, istatistikî ve probalite kurallarına göre, enjeksiyon gücü ile enjeksiyon kapasitesi arasında,

$$P_p = P_o \left(\frac{V_p}{V_o} \right)^{0,7} \dots \dots \dots (2.17)$$

bağıntısı bulunmuştur. Burada P_o, V_o belirli bir makina için belirli enjeksiyon gücü ile enjeksiyon kapasitesidir. Akümülatör ve pompa için geçerli olan bu bağıntının sapmaları %20'dir. Enjeksiyon gücü ile elektrik motorunun giriş gücü (P_m) arasında,

$$P_p = \eta \cdot P_m \dots \dots \dots (2.18)$$

bağıntısı yazılabilir. Burada η , hidrolik sistemin hidrolik mekanik ve diğer kayıplarını dikkate alan toplam verimidir.(2)

2.2.3.Helezon

Granül şeklindeki plastik hammaddesinin, ısıtıldıktan sonra basınç altında enjeksiyona hazır duruma getirildiği yerdir. Genel olarak besleme bölgesi, sıkıştırma bölgesi ve boşaltma bölgesi olmak üzere üç ayrı bölgeden oluşur.

(i) Besleme bölgesi:

Vidanın arka bölgesidir. Silindirde besleme boğazı ve besleme deposundan aşağı doğru dik konumdadır. Vida dönerken granül halindeki malzeme besleme deposundan akarak besleme bölgesinden ileriye doğru itilir. Malzeme bu ilerleme sırasında ve silindir üzerindeki ısıtıcıların vermiş olduğu ısı ile enjeksiyon kıvamına gelir. Besleme bölgesinin uzunluğu makina ölçülerine bağlıdır ve vidanın toplam uzunluğunun %30-%50'si arasında değişebilir. Hatveler arası hareket hacmi, besleme deposundan aldığı malı kolayca alıp ileriye doğru hareketini sağlayabilmesi için diğer bölgelere göre daha büyüktür.

(ii) Sıkıştırma bölgesi:

Vidanın besleme bölgesinden sonra gelen bölgedir. Bu bölgede enjeksiyon kıvamına giren malzeme enjekte edilmeye hazır durumda ileriye doğru itilerek sıkıştırılır. Hatveler arası hareket hacmi düşüktür.

(iii) Boşaltma bölgesi:

Vidanın sıkıştırma bölgesinden sonra gelen bölgedir. Bu bölgenin amacı ısınarak kıvama giren malzemeyi son karışımında dışa atmak yani kalıba enjekte etmektir.

Helezonun yapısı, her malzeme türü için farklı bir yapı teşkil eder. Şekil-2.5'de PVC, Naylon ve Polietilen malzemeler için helezon tipleri görülmektedir. Helezonun uzunluğu L/D oranıyla belirlenir. Bu oran 20:1 ile 37:1 arasında değişmektedir. Örneğin 90 mm çaplı L/D oranı 20 olan bir helezonun uzunluğu,

$$\frac{L}{D} = 20 \text{ ise,}$$

$$\frac{L}{D} = \frac{L}{90} = 20, L = 1800 \text{ mm} \dots\dots\dots(2.19)$$

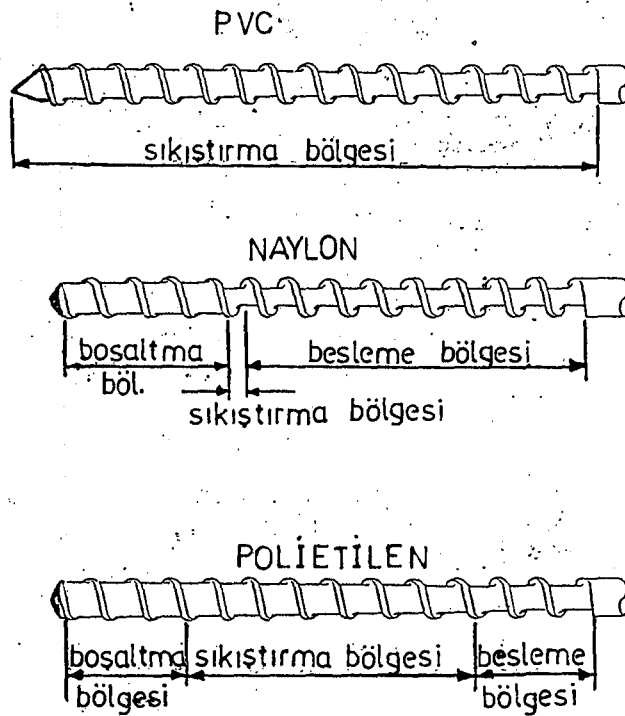
olarak elde edilir.L/D oranı 22 seçilirse,

$$\frac{L}{D} = 22 \text{ ise,}$$

$$\frac{L}{D} = \frac{L}{90} = 22, L = 1980 \text{ mm} \dots\dots\dots(2.20)$$

olarak elde edilir. görüldüğü gibi aynı çaptaki helezon farklı uzunlukta olabilir.L/D oranı,makina veriminin yüksek olması istenilen yerlerde daha yüksek seçilir.Vida boyunun uzun olması makina verimini artırdığı gibi

- Daha düzgün sıcaklık dağılımı sağlar
- Çok yüksek vida hızlarında kullanılabilir
- Karışım daha iyi sağlanır.

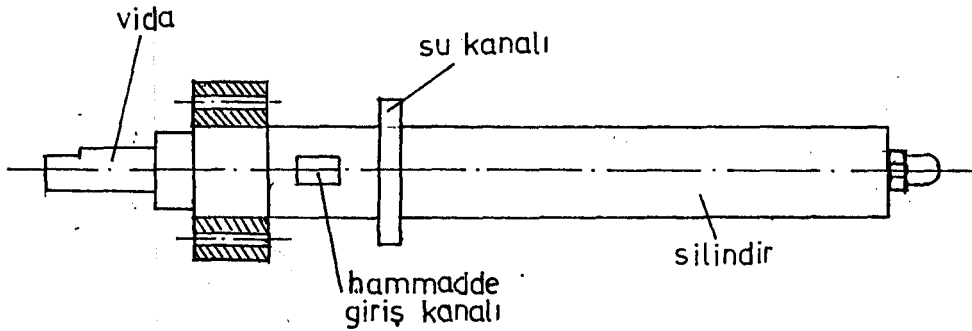


Şekil-2.5.Helezon tipleri (8)

2.2.3.1.Helezonun soğutulması

Helezonun besleme bölgesinde,besleme deposundan akan

malzemenin girişte yüksek sıcaklıkta karşılaşp yapışmasını önlemek için bu bölgede vidanın soğutulması gerekir. Bu amaçla silindir üzerinde soğutma kanalı bulunur. Ayrıca besleme bölgesi üzerindeki soğutma kanalı bulunur. Ayrıca besleme bölgesi üzerindeki ısıtıcı sıcaklığı diğer bölgelere göre daha düşük derecede tutulur. Böylece giren malzemenin ani olarak yüksek sıcaklıkta karşılaşması önlenmiş olur. (8)



Şekil-2.6. Enjeksiyon silindiri (9)

2.2.3.2. Helezonun temizlenmesi ve sökme işlemi

Enjeksiyon silindiri içindeki helezonun çıkartılması için önce silindir içindeki malın temizlenmesi gereklidir. Bunun için sırasıyla aşağıdaki işlemler gerçekleştirilir.

- Besleme deposundaki malzeme tamamlandıktan sonra depo kapatılır.
- Sıcaklık normal çalışma sıcaklığında tutulmalıdır
- Vida döndürülerek besleme boğazında kalan malzeme alınır ve öne doğru itilir
- Silindir içindeki malzeme enjekte edilerek boşaltılır
- Isıtıcı sıcaklıkları düşürülür
- Silindir içindeki malzeme tamamen boşaldığı zaman vida durdurulur
- Ani olarak sökücü aletler yardımıyla vida sökülür
- Vida söküldükten sonra yüzeyi bozmadan temizleme işlemi gerçekleştirilir. (8)

2.2.4. Isınma Kontrolü

Isınma kontrolü dış ısı ve iç ısı olarak iki şekilde incelenebilir. Dış ısı, ısıtıcılardaki ısıdır. İç ısı, makinanın çalışması sırasında ortaya çıkan, sürtünmeden dolayı oluşan ısıdır. İç ısı miktarı değişkendir. Çalışma durumuna bağlı olup ısı ölçümü çok zordur. Sadece kalıptan çıkan malzemenin sıcaklığı pirometre yardımıyla ölçülebilir. Bu işlem malzeme kalıptan hemen çıkar çıkmaz yapılmalıdır. Dış sıcaklık faktörleri üç ana grupta toplanabilir. Bunlar ısıtıcı bandlar (rezistanslar), ısı ölçücü (termokupul) ve sıcaklık kontrolörleridir. (8)

2.2.4.1. Isıtıcı bandlar (rezistanslar)

Çok parçaları ısıtmada elektrik rezistanslı ısıtıcılar diye bilinen ısıtıcı bandları kullanılır. Bu ısıtıcılar makinada helezonun içinde bulunduğu silindir üzerine yerleştirilir. Isıtıcı miktarı silindirin büyüklüğüne göre değişir. En çok kullanılan ısıtıcı bandları seramik, mika ve alüminyum ısıtıcılarıdır.

(i) Seramik ısıtıcı

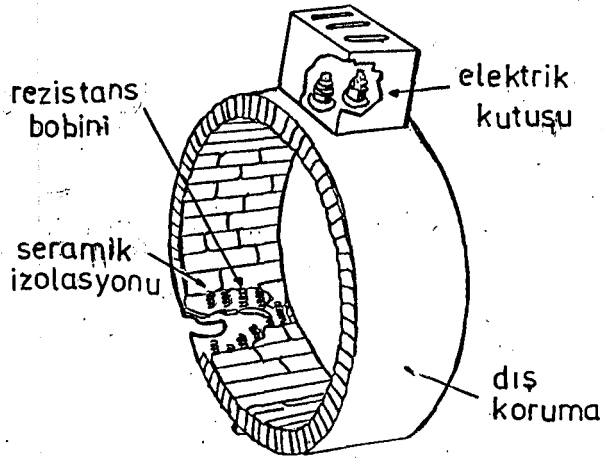
Seramik ısıtıcı yüksek hızda çalışan bir ısıtıcıdır. Bundan dolayı yüksek ısı girişi istenilen yerlerde kullanılır.

Isıtıcının içinde bulunan elektrik rezistansları bobin şeklinde bulunur. Bobin seramiğin içinde gömülüdür. Eğer rutubet durumu söz konusu olursa seramik bu rutubeti çekerek bobinin zarar görmesini önler. Seramik bloklar korozyonu engellemek için metal muhafaza içine yerleştirilmiştir. Evlerde kullanılan 220 V elektrikle çalışabilir. Seramik ısıtıcılar çok parçalı olduklarından maliyetleri yüksektir. Bu nedenle bu tür ısıtıcılar yerlerini döküm alüminyum ısıtıcılara bırakmıştır.

(ii) Mika ısıtıcılar

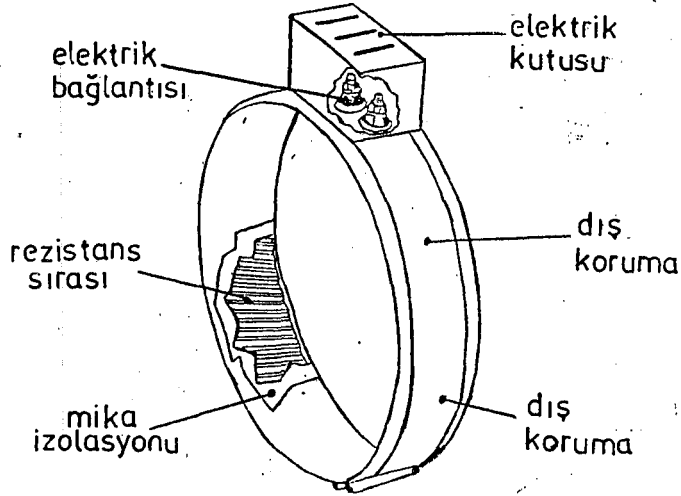
Mika ısıtıcılar düşük maliyetli ve üretim kolaylığı olduğundan büyük bir kullanım alanına sahiptir. İstenilen sıcaklık dereceleri elde edilebildiğinden küçük kapasiteli yerlerde de kullanılmaktadır.

Mika ısıtıcılar içindeki elektrik rezistansları mi-
ka ile izole edilmişlerdir. Bu rezistansların Kıvrılmamasına
bükülmemesine dikkat edilmelidir. Çünkü şerit halindeki re-
zistansta bükülme sonucu kopma meydana gelebilir.



Şekil-2.7. Seramik ısıtıcı (8)

Bu tür ısıtıcılar daha çok kalıplarda kullanılırlar. (8)

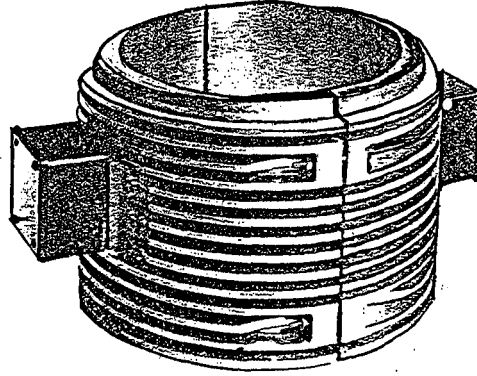


Şekil-2.8. Mika ısıtıcı (8)

(iii) Döküm alüminyum ısıtıcı

Son derece sağlam bir ısıtıcı türüdür. Rezistans bö-
binleri döküm alüminyum içinde izole edilmiştir. Silindirik
üzerine yerleştirilerek bağlantısı sağlanır. Isı kaybı ol-

dukça düşüktür. Bu tür ısıtıcıların tek dezavantajları maliyetlerinin yüksek olmasıdır. (8)



Şekil-2.9. Döküm alüminyum ısıtıcı (8)

2.2.4.2. Isı ölçücü

Isı ölçücü sıcaklık değişimini kontrol eder. Sıcaklık kontrollerine bağlanarak buradaki sıcaklığa göre, eğer istenilen sıcaklığa ulaşılmamışsa sıcaklık artışının devam etmesine izin verir, istenilen sıcaklığa ulaşılmışsa rezistansı devreden çıkartarak sıcaklığı o derecede muhafaza eder.

Isı ölçücü dıştaki muhafazanın içinde farklı maddelerden oluşmuş iki ayrı telden meydana gelmiştir. Isı ölçücünün bir ucu (sıcak birleşme) enjeksiyon silindiri üzerine temas edecek şekilde ısıtıcı bandındaki yuvasına yerleştirilir. Diğer ucu ise (soğuk birleşme) sıcaklık kontrollerüne bağlanır. İki tür ısı ölçücü vardır. Bunlar,

(i) J tipi:

Bu tip ısı ölçücülerde tellerden biri demir ve diğeri konstant yani bakır ve nikel karışımıdır. FE/CON ya da FE/KON (Demir/Konstant) şeklinde gösterilir.

(ii) K tipi:

Bu tip ısı ölçücülerde tellerden biri nikel/krom karışımı, diğeri ise nikel/alüminyum karışımıdır. NiCr/NiAl şeklinde gösterilir.

Isı ölçücü'de iki tel arasında meydana gelen emf (mv) değeri bağlantı noktalarındaki sıcaklığa bağlıdır. Isı ölçücü tipini kullanım yerine göre seçmek gerekir. Çünkü aynı

sıcaklıkta farklı emf(mv) ölçüleri elde edilir.(tablo-2.4)

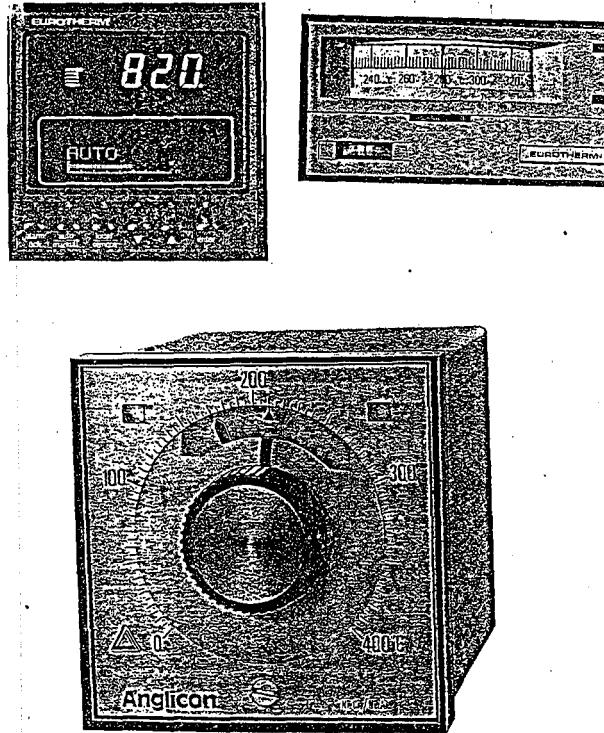
Avrupa'da J tipi ısı ölçücü, batıda K tipi ısı ölçücü, İngiltere'de ise J tipi ısı ölçücü kullanılmaktadır. Uluslararası renk koduyla iki telin renk kodundan ısı ölçücünün hangi tip olduğu anlaşılabilir.

Tablo-2.4 .EMF (milivolt) değerleri(8)

Termokupul tipi	Sıcaklık °C					
	100	140	180	220	260	300
J tipi (FE/CON)	5,268	7,457	9,667	11,887	14,108	16,325
K tipi (NiCr/NiAl)	4,095	5,733	7,338	8,938	10,56	12,207

2.2.4.3.Sıcaklık kontrolörleri

Sıcaklık kontrol ölçme aletleri göstericili ve göstericisiz olmak üzere iki tür olarak kullanılmaktadır.Göstericili kontrolörler,sıcaklığı dijital olarak ya da bir ibre hareketi ile gösterirler.Göstericisiz kontrolörler bir ışık yoluyla sıcaklığı kontrol ederler.(8)

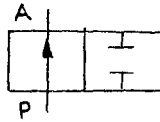


Şekil-2.10.Göstericili sıcaklık kontrolörleri(8)

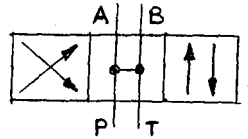
2.2.5.Valf Seçimi

2.2.5.1.Yön denetim valfleri

Basıncılı akışkanın akış hareketinin başlatılması, durdurulması veya yönünün değiştirilmesi ile kullanıcının (silindir veya hidrolik motor) hareket yönünün ve duruş konumunun belirlenmesinde yön denetim valfleri kullanılır.Yön valfinin tanımı yol (uyarı bağlantıları dışında) ve konum sayısına göre yapılır.Örneğin iki yollu ve iki konumlu valf 2/2 bir yön denetim valfi olarak tanımlanır.



4 yollu ve 3 konumlu bir valfe kısaca 4/3 yön denetim valfi denir.



P = Basınç (pompa) bağlantısı

T = Depo

A,B=Kullanıcı bağlantıları

Hidrolik devrelerde bağlantılar valfin normal konumunda belirtilir.Yön denetim valfleri iki gruba ayrılır,

(i) Oturtmalı yön denetim valfleri

(ii)Sürgülü yön denetim valfleri

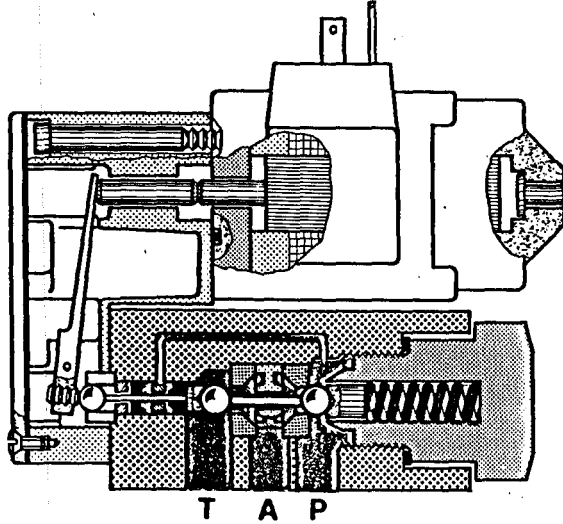
Bu valflerin herbiri doğrudan veya ön uyarılı olabilir.Bir valfin doğrudan veya ön uyarılı olması birinci derecede gerekli tahrik kuvvetinin büyüklüğüne ve dolayısıyla valfin anma ölçüsüne bağlıdır.(10)

(i) Oturtmalı yön denetim valfleri

Bu valflerin sürgülü yön denetim valflerinden farkı devreyi sızdırmaz olarak kapama özelliğidir.Sürgülü yön denetim valflerinde gövde ile sürgü arasındaki oynama aralığı nedeniyle sürekli bir iç sızıntı vardır.

(ii) Sürgülü yön denetim valfleri

Sürgülü yön denetim valfleri doğrusal ve döner sürgülü olmak üzere iki gruba ayrılırlar.Uygulamalarda birçok yararları olması nedeniyle doğrusal sürgülü yön denetim valf-

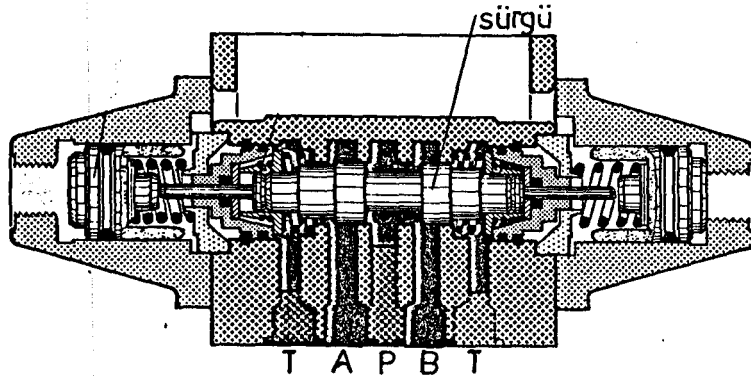


Şekil-2.11.Oturtmalı yön denetim valfleri(10)

leri tercih edilmektedir.Tercih nedenleri aşağıda sıralanmıştır,

- Daha basit tasarımlı
- Döner sürgüye oranla çalışma gücü yüksek
- Basınç dengelemesi çok iyi,dolayısıyla çalıştırma kuvveti düşük
- Kayıplar az
- Denetim fonksiyonları daha fazladır.

Sürgünün hareketi ile gövdedeki kanallar birbirine bağlanır.Herbir kanal gövdedeki çıkışlar ile bağlantılıdır.Kanalların bağlanması veya ayrılması eş zamanlı olup



Şekil-2.12.Sürgülü yön denetim valfleri(10)

İşlem sırası tam olarak belirlenebilir. Sürgüdeki basit değişiklikler ile farklı denetleme işlemleri gerçekleştirilebilir. Genel olarak gövdede bir değişiklik olmaz. Herbir kanalın birbirine göre sızdırmazlığı sürgü ve gövde arasındaki geçme boşluğu üzerinden sağlanır. Oturtmalı tiplere oranla kesin sızdırmazlık mümkün değildir. Sızdırmazlık etkisi geçme boşluğuna ve kullanılan akışkanın vizkozitesine bağlıdır. Bu tür valfler su için kullanıma uygun olmayıp, yağ ile çalışmada yeterli bir sızdırmazlık sağlanır. Sürgülü yön denetim valfleri üçe ayrılır,

-Mekanik uyarılı valfler

Sürgünün çalıştırılması bir kol yardımıyla sağlanır.

-Pnömatik ve hidrolik uyarılı valfler

-Elektrik uyarılı valfler

Elektrik uyarı şekli çok sayıda otomatik işleme bağlı olarak en sık kullanılanıdır. Doğrusal çekmeli bobin olarak dört ayrı model kullanılır.

-Doğru akımlı havada çalışır bobinler

-Doğru akımlı yağda çalışır bobinler

-Alternatif akımlı havada çalışır bobinler

-Alternatif akımlı yağda çalışır bobinler

Doğru akım bobinleri, yumuşak çalışmalı olup yüksek derecede çalışma emniyetine sahiptirler. Çok sık aralıklarla çalışabilen bobinlerde sürgünün sıkışması sonucu yanma meydana gelmez.

Dalgalı akım bobinlerinin önemli bir özelliği çalışma sürelerinin kısa oluşudur. Bobin enerjilendirildiği halde armatür son üç konuma kadar ulaşamaz ise belirli bir süre sonra bobin yanar.

Yağda çalışan bobinler açık hava veya nemli bir ortamda çalışan sistemlerde tercih edilir. Armatürün yağ içindeki hareketi ile daha az bir sürtünme, strok hareketinde sönümleme ve iyi bir ısı iletimi elde edilir.

Havada çalışan bobinler basit bir yapıya sahiptirler.

2.2.5.1.1.Yön denetim valflerinin çalışma konumları

Sürgü tipinin değişmesi ile sembollerde belirtilen değişik çalışma konumları elde edilir.Her kare bir çalışma konumunu gösterir.En çok kullanılan çalışma konumları harfler ile belirtilmiştir.

Çalışma konumunda akış yönleri paralel ve çapraz oklar ile gösterilir.3 konumlu valflerin aradaki konumuna orta konum denir.Valfler orta konumuna göre isimlendirilir.Örneğin tüm yollar kapalı (E),açık (H) veya bunların kombinasyonları olabilir.Orta konum hidrolik sisteme ve çalışma şekline göre seçilir.(Semboller) (10)

2.2.5.2.Basınç denetim valfleri

Hidrolik sistemi veya sistemin bir bölümündeki basıncı denetlemek için kullanılan basınç denetim valfleridir.Fonksiyonlarına göre üç gruba ayrılırlar,

- (i) Basınç emniyet valfleri
- (ii)Basınç sıralama valfleri
- (iii)Basınç düşürücü valfler

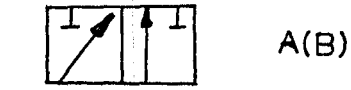
Basınç denetim valfleri doğrudan veya ön uyarılı olarak kullanılırlar.

- (i) Basınç emniyet valfleri

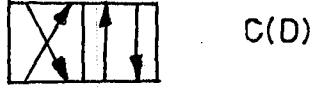
-Doğrudan uyarılı basınç emniyet valfi

Sistem besinici kapama elemanının yüzeyini etki ederek yay kuvvetine karşı bir kuvvet oluşturur.Basıncın artmasıyla bu kuvvetin değeri de giderek artar ve yay kuvvetini aştığı anda kapama elemanı yuvasından kaldırılarak depoya olan bağlantı açılır.Fazla akışkan depoya gönderilir.Kullanıcının akışkana gereksinimi olmadığı sürede pompanın bastığı akışkanın tümü valf üzerinden depoya gönderilir.Kapama elemanı üzerinden yay ve basınç kuvvetleri dengelendiği sürece valf açık olur.Açılma stroku akış miktarı ile sürekli değişir.Sistem basıncı ayarlanan yay kuvveti değerini aşmadığından dolayı bu valfler basınç emniyet valfi olarak tanımlanır.

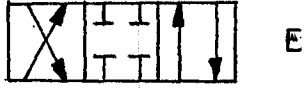
SEMBOLLER (10)



A(B)



C(D)



E



F



G



H



J



L



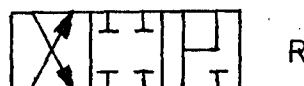
M



P



Q



R



T



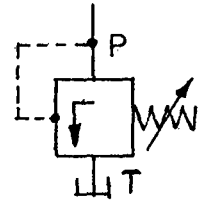
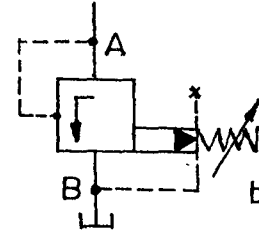
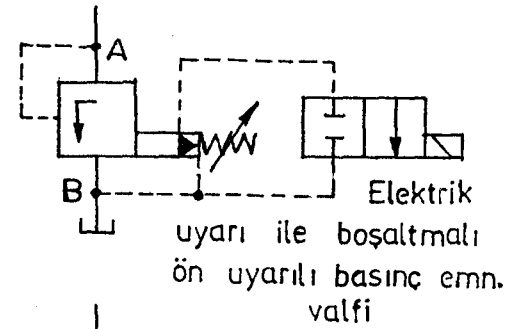
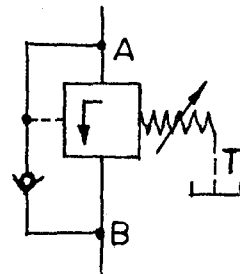
U

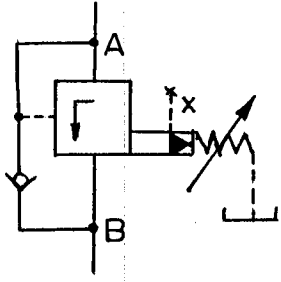


V

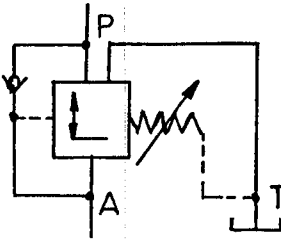


W

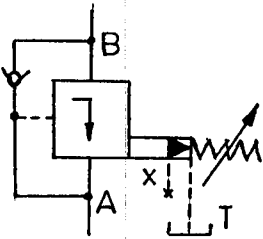
Doğrudan uyarılı
basınç emniyet valfiÖn uyarılı
basınç emniyet
valfiElektrik
uyarı ile boşaltmalı
ön uyarılı basınç emn.
valfiDoğrudan
uyarılı basınç
sıralama valfi



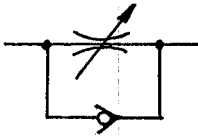
Ön uyarılı basınç sıralama valfi



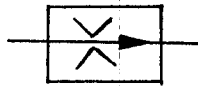
Doğrudan uyarılı basınç düşürücü valf



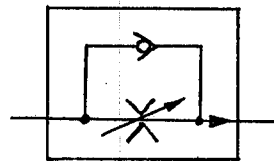
Ön uyarılı basınç düşürücü valf



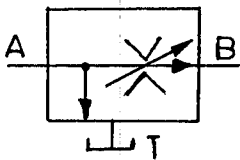
Çek valfli kısma valfi



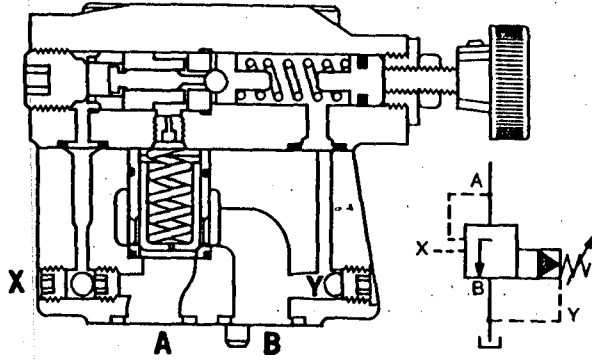
İki yöllü akış sınırlayıcı valf



İki yöllü akış denetim valfi



Üç yöllü akış denetim valfi



Şekil-2.13.Basınç emniyet valfi (10)

-Ön uyarılı basınç emniyet valfleri

Yüksek debili sistemlerde ön uyarılı basınç emniyet valfleri kullanılır.Sistem basıncı pompa kanalından ana sürgünün sağ yanındaki hücreye dolayısıyla ön uyarı valfinin kapama elemanına etki eder.Sürgünün her iki yüzeyi,eşit büyüklükte olduğundan boşta çalışmada hücrelerdeki basınçlar aynı olup sürgü basınçla dengelenmektedir.Sistemin devreye alınması esnasında pompanın depoya olan bağlantısı kapatılır.Sistem basıncı ön uyarı valfinde ayarlanan değere ulaştığında kapama elemanı yuvasından kaldırılarak depoya olan bağlantı açılır.Yağın sabit kısıtlayıcıdan geçişinde oluşan basınç düşümü nedeniyle ana sürgünün her iki yüzeyine farklı basınç etki eder.

-Elektrik uyarı ile boşaltmalı ön uyarılı basınç emniyet valfleri

Yön denetim valfi bobinin enerjilendirilmesi ile sürgü sola doğru hareket ederek ana pistonun yay tarafının depoya olan bağlantısını açar.Pistonun yay tarafında basınç düştüğünden piston giriş basıncının etkisiyle yuvasından kaldırılarak akışkan hemen hemen basınçsız olarak depoya boşaltılır.Pompaların basınçsız devreye alınması,boşta çalışma süresince akışkanın basınçsız olarak sirkülasyonu, dolayısıyla daha az güç kaybının sağlanması için uygulama-

larda bu tür valfler kullanılmaktadır.

(ii) Basınç sıralama valfleri

-Doğrudan uyarılı basınç sıralama valfleri

Basınç emniyet valfi ile karşılaştırıldığında burada kapama elemanı olarak hassas ayar yapabilen bir sürgü bulunmaktadır.

-Ön uyarılı basınç sıralama valfleri

Ön uyarılı basınç sıralama valfleri yüksek debili sistemlerde kullanılır.Ön uyarı valfi bir sürgüden oluşmaktadır.

(iii)Basınç düşürücü valfler

-Ön uyarılı basınç düşürücü valfler

Bu valfler yüksek debili sistemlerde basıncı düşürmek için kullanılırlar.

-Doğrudan uyarılı basınç düşürücü valfler

Basınç emniyet ve basınç sıralama valflerine karşılık olarak basınç düşürücü valfler normalde açık valflerdir.(10)

2.2.5.3.Akış denetim valfleri

Akış denetim valfleri yağ akışını kısıtlayarak kullanıcının hareket hızının kademesiz olarak değiştirilmesini sağlarlar.Özelliklerine göre ikiye ayrılırlar,

(i) Kısmi valfleri

-Basınç ve vizkoziteye bağımlı

-Basınca bağımlı vizkoziteden bağımsız

(ii)Akış denetim valfleri

-Basınçtan bağımsız vizkoziteye bağımlı

-Basınçtan ve vizkoziteden bağımsız

(i)Kısmi valfleri

Bu valflerde aynı akış kısıtlamasında kısmi bölgede oluşan basınç düşümü ile akışta bir değişme olmaktadır.

(ii)Akış denetim valfleri

Bunlar aynı akış kısıtlamasında akış denetim valfindeki basınç düşümüne bağımlı olmaksızın akışın sabit değerinde tutulduğu valflerdir.

2.2.5.3.1.Kısma bölgesindeki akış

Kısma bölgesindeki yağ akışı aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$Q = a.A.\sqrt{\frac{\Delta p.2}{\rho}} \dots\dots\dots(2.21)$$

$$a = \sqrt{\frac{1}{\zeta}} \dots\dots\dots(2.22)$$

$$\zeta = \frac{L.64.\nu}{V.d_H^2} \dots\dots\dots(2.23)$$

Q : Akış miktarı (lt/dak)

A : Kısma kesit yüzeyi (mm²)

Δp : Basınç kaybı (A ve B arasındaki basınç düşümü) (bar)

a : Akış katsayısı

ρ : Yoğunluk (gr/cm³)

ζ : Sürtünme direnci katsayısı

L : Kısma boyu (mm)

ν : Vizkozite (mm²/sn)

V : Akış hızı (m/sn)

d_H : Hidrolik çap ($d_H = 4 \cdot \frac{A \text{ (kısma kesiti)}}{U \text{ (ıslak çevre)}}$) $\frac{A: \text{mm}^2}{U: \text{mm}}$

Akış katsayısı kısma şekline göre kısıtlayıcılarda ve deliklerde 0,6-0,9 değerlerinde alınabilir.

2.2.5.3.2.Kısma valfleri

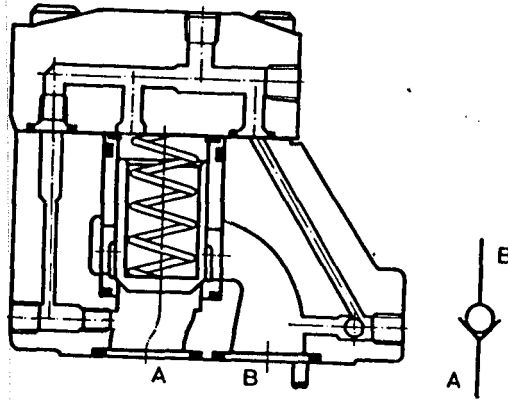
Kısma valfindeki akış kısma bölgesindeki basınç düşümüne bağlıdır.Başka bir deyişle kısma valfinden geçen yağ miktarı arttıkça basınç düşümü de artmaktadır.Kısma bölgesindeki akış için verilen bağıntıda sürtünme direnci katsayısı vizkozite ile bağlıdır.Bağıntıdan daha kısa bir kısma boyunun vizkozitede daha az değişmeye neden olacağı görülmektedir.Buradan akışkanın inceldikçe akışın artacağı sonucu ortaya çıkar.Bir valfte vizkoziteye bağımlılık veya pratik olarak bağımsızlık kısma bölgesinin ta-

sarımına bağlıdır.

-Sabit bir çalışma direnci varsa,

-Kullanıcıdaki yükün değişmesi ile oluşacak hız değişimi önemli değilse,

sistemde kısma valfleri kullanılabilir.Kısma valfleri basınç ve vizkoziteye bağımlıdır.(10)



Şekil-2.14.Çek valfli kısma valfi (10)

2.2.6.Hidrolik Sistemlerde Filtrasyon

Hidrolik sistemlerde meydana gelen arızaların nedenleri araştırıldığında çoğunun sebebinin hidrolik akışkanı kirleten katı partiküller olduğu anlaşılmıştır.Bu kirliliğin nedeni yetersiz filtrasyon sonucudur.Hidrolik sistem aşamasında filtre etkili ve doğru bir şekilde seçilmelidir.(11)

2.2.6.1.Kirliliğin neden olduğu faktörler

(i)Hidrolik elemanları aşındırır:

Kirliliğe neden olan parçacıklar sistemdeki elemanlar da aşınmaya neden olurlar.Aşınma sonucunda meydana gelen parçacıklar ise kirliliğin artmasına,dolayısıyla aşınmanın artmasına neden olur ve kirlilik giderek artar.Elemanlardaki

aşınma sistemdeki çalışmayı zorlaştıracığından bu da ısınmaya neden olur. Isınma sonucu ise yağın vizkozitesi artar, verim düşer, enerji kayıpları artar ve sızdırmazlık elemanları görevlerini yerine getiremezler.

(ii) Hidrolik elemanların fonksiyonlarını bozar:

Toleranstan daha küçük çaplardaki partiküller sürgülerin arasına girerek aşınmaya neden olurlarken toleranstan daha büyük partiküller ise ağır aşınmaya ve sürgülerin sıkışmasına neden olurlar. Çekirdek (sürgülü) tip valflerde, çek valflerde, basınç kontrol valflerinde çekirdek ile oturma yüzeyi arasına sıkışan parçacıklar kaçaklara neden olurken aynı zamanda orifislerin tıkanmasına, pompalarda yağlama kanallarının tıkanmasına, yataklama malzemelerinin bozulmasına neden olurlar.

(iii) Hidrolik akışkanı bozar:

Yağdaki kirlilik yağın kimyasal yapısını da etkiler. Kirlilik yağın köpürmesine, çamurlaşmasına, yaşlanmasının hızlanmasına neden olur.

2.2.6.2. Hidrolik akışkanın kirlenme nedenleri

- Hidrolik sistemde kullanılan tank, boru, hortum, bağlantı elemanı, blok, valf, pompa ve silindirlere imalattan kalan kirlilik ve montaj esnasında meydana gelen kirlilik,
- Sisteme doldurulan hidrolik yağın kendi bünyesindeki kirlilik,
- Sistemin çalışması esnasında pompa, kontrol valfleri, silindir motor, hortum ve sızdırmazlık elemanlarından aşınma ile meydana gelen katı parçacıkların oluşturduğu kirlilik,
- Tank dış ortamdan havalandırma kapağından giren partiküller, piston koluna dış ortamdan yapışarak aşınmış sızdırmazlık elemanlarından geçen kirlilikler yağın kirlenmesine neden olur.

Görüldüğü gibi kirliliğin oluşmasını önlemek mümkün değildir. O halde yapılması gereken yağı filtre ederek kirlilik derecesini düşürmektir. Doğru seçilmiş kalite filtreler kirlilik oranını oldukça düşürebilirler.

2.2.6.3. Filtrasyon kapasitesi

Filtre elemanlarını hassasiyet ve tutma kapasiteleri β_x sayısı ile ifade edilir. x filtrenin tutabildiği minimum partikül çapını β sayısı ise tutma kapasitesini gösterir. Bu sayı uluslararası bir test ile saptanır ve farklı imalatçılar tarafından imal edilen ayrı özelliklere sahip filtre elemanlarının karşılaştırılmasında önemli bir faktördür.

Elemanların β_x sayısının belirlendiği test standı iki ayrı hidrolik sistemden oluşur. Test sisteminde filtre test edilirken diğer sistemde ise kirlilik üretilir. Kirlilik üreten sistem ile kirletilen yağ, test edilecek filtre elemanından geçerken filtre giriş ve çıkışında hidrolik akış-kandaki partiküller elektronik sayıcılar ile sayılır. β_x sayısı filtre elementine giren x ve x 'ten büyük partiküllerin sayısının oranıdır.

$$\beta_x = \frac{n_{\text{giren} \geq x(\text{mm})}}{n_{\text{çıkan} \geq x(\text{mm})}} \dots \dots \dots (2.24)$$

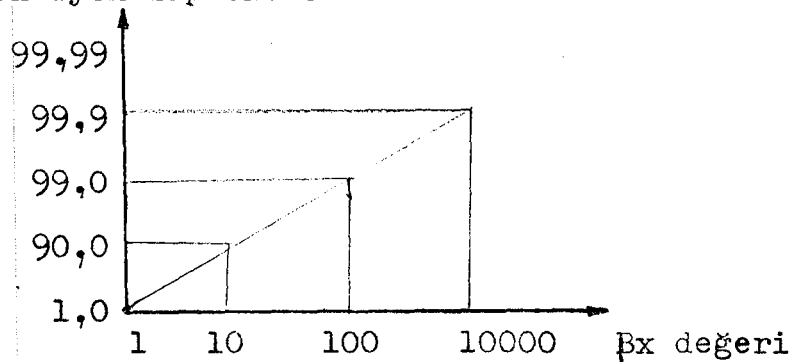
$\beta_x = 2 \dots \%50$ tutma kapasitesi

$\beta_x = 20 \dots \%95$ tutma kapasitesi (nominal filtrasyon)

$\beta_x = 75 \dots \%98,6$ tutma kapasitesi

$\beta_x = 100 \dots \%99$ tutma kapasitesi (mutlak filtrasyon)

Enjeksiyon kapasitesi



Şekil-2.15. Enjeksiyon kapasitesi (II)

2.2.6.4.Filtre tipleri

Filtre sistemde şartlara göre beş ayrı noktada kullanılır,
(i)Emiş hattı filtresi

Pompa ve tank arasındaki emiş hattına takılır.Böylece herhangi bir pisliğin pompaya ve sisteme ulaşması önlenir.Pompa emişinin zorlanmaması için filtrede meydana gelebilecek basınç düşümünün çok düşük olması gerekir.(0.2 bar) Bunu sağlamak ise ancak düşük hassasiyetli ve yüksek debi geçirgenlikli filtrelerle mümkündür.Bu nedenle emiş filtresi olarak 100 mm hassasiyetinde filtreler kullanılır.

(ii)Basınç hattı filtresi

Bilindiği gibi pompalar,borular,bağlantı elemanları, blok ve valflerde kirliliğe sebep olmaktadır.Sistemde servo veya oransal valfler,servo silindirler kullanılıyorsa bu hassas elemanlar basınç filtreleri ile korunurlar.Bu tip filtreler basıncın yüksek olduğu hatlarda kullanıldığından hem elemanları hem de kapları basınca dayanıklıdır.

Filtre kapları 3 ayrı basınç kademesinde (düşük basınç 100 bar,orta basınç 250 bar,yüksek basınç 450 bar) üretilirler. Çalışma basınçları yüksek olduğundan maliyetleri yüksektir.

(iii)Dönüş hattı filtresi

Sistemden gelen kirli yağı filtre ederek tanka temiz yağın girmesini sağlar.Sistemin dönüş hattına monte edildiğinden,düşük basınçta çalışırlar.Fiyatları ucuzdur.Dönüş filtrelerinde 3 bar tansiyonlu çek valfler kullanılır.Bunun nedeni filtreyi yüksek basınç birikiminden korumaktır.

(iv)Havalandırma kapağı filtresi

Sıcaklık farkı,geri dönüş debileri ve pompa emişinden dolayı tanktaki yağ seviyesi farklılık gösterir.Dış ortamın kirli olmasından dolayı emiş esnasında hava ile tanka giren pisliklerin girişini önlemek için kullanılırlar.

(v)Filtrasyon sistemi

Yağ debisinin çok büyük olduğu sistemlerde bir filtrasyon ve soğutucu devresi kurularak tanktaki yağ devamlı olarak bu devre üzerinden sirküle edilir.

2.3.ENJEKSİYON İLE KALIPLAMA

Enjeksiyon ile kalıplama,termoplastik materyallerin (plastiklerin)önemli işleme metodlarından biridir.Enjeksiyonla kalıplama yapmak için değişik alanlardan biridir.Kalıp tasarımcıları ve kalıp imalatçılarının,kusursuz ve yüksek verimli kalıp elde edebilmeleri için plastiklerin yapısı ve işlenmesi sırasındaki davranışı hakkında bilgi sahibi olmaları gerekir.(12)

2.3.1.Plastik Özellikleri ve İşleme

Birçok termoplastik,işlenebilmeleri için yeterli yumuşaklığa gelinceye kadar ısıtılır,istenilen şekil verildikten sonra biçimini koruması için soğutulur.Plastiklerin, -Oksijenli ortamda ısıtıldıklarında çabuk bozulmaları -Isıyı iyi iletmemeleri -İşlenme sıcaklığına gelebilmeleri için büyük miktarda ısı sınıfı uzaklaştırılmasınının gerekmesi -İşleme sıcaklığında yüksek vizkoziteye sahip olmaları -Genellikle düzensiz akış göstermeleri çalıştırmaları güçleştirir.Bunun yanında bazı plastikler su absorblarken bazıları da işlenmeleri esnasında zararlı gazlar çıkarır.

2.3.1.1.Termal kararsızlık

Vida tipi enjeksiyon makinalarının gelişmesiyle düzenli ısı vermek mümkün olduğundan,plastiklerin ısıtılmasına ilişkin problem en aza indirilmiştir.Bütün plastiklerin termal kararsızlıkları aynı olmadığından,bazılarının işlenmesi daha çok dikkat gerektirir.UPVC dikkatli ısıtılmazsa bozunmaya uğrar ve koroziif ürünler oluşur.Bu tür plastiklerle çalışacak kalıplar bozunmayı en aza indirecek şekilde yapılmalıdır.Bozunma genellikle,bölgesel olarak fazla ısınan yerlerde başlar.Bölgesel ısınmaya sebep olan değişik faktörler vardır.Örnek verilirse, -Parça kesitindeki ani farklar -Eriyiğin akış yönündeki ani değişikliği

-Vida dişi ile silindir yüzeyi arasına sıkışan malzemelerdir.

İşleme sıcaklığında ısınan bazı nemli materyallerde, polimerin bozulması sonucunda oluşan yan ürünler gibi zarar verebilir. Bunun gibi ıslak, sıcak ve korozif materyalleri yüksek hızda kalıplamak yüzeylerini aşındırır. Kalıptaki iyi tahliye kanalları ile bu tür problemler en aza indirgenebilir. Dolgulu materyallerin kullanılması problemleri biraz daha artırır.

2.3.1.2. Isıtma ve soğutma

Plastiklerin işleme sıcaklıkları nispeten düşük ve sıcaklıktaki vizkoziteleri yüksektir. Vidanın dönmesi sürtünme nedeniyle büyük miktarda ısı üretir. Bu da, önemli sorunlara nedendir. Ayarlanmış sıcaklık ile ergime sıcaklığı çok değişik olabilir. Bu nedenle sıcaklık düzenli olmayabilir.

Isının büyük kısmı soğutma sırasında geri alınmalıdır. Bu da işlem sırasında oldukça uzun bir zaman alır. Isıyı çekmenin sihirli bir yolu olmadığından, bu zamanın harcanması kaçınılmazdır. Bu soğutma hızı, parçanın kristalleşme morfolojisini oryantasyon ve çekme oluşumuyla etkiler.

2.3.1.3. Isıl iletkenlik

Plastiklerin ısıl iletkenlikleri çok düşüktür. Bu faktör plastiklerin soğutulması problemine ilave edildiğinde, soğumanın neden zaman aldığı daha iyi anlaşılır.

Isı kalıplanmış parçadan taşıma yoluyla uzaklaştırıldığından, parçanın soğuma esnasında kalıp yüzeyi ile temas halinde sulanması önem kazanır. (Soğumadan dolayı çekintiler parçayı kalıp yüzeyinden uzaklaştırmaya meyillidir) Ütüleme basıncı çekme payını karşılayabilmelidir. Fakat gereğinden fazla olması parça kalınlığını artırır. Dolgu materyaller kullanıldığında, dolgu maddesinin ısıl iletkenliği fazla olduğu için soğumaya yardım ederler. Bir önemli konu da kalıp yüzeyinin pürüzlü olması malzeme ve kalıp yüzeyinin kontak alanını artıracığından, ısı transferinde artış

sağlayacaktır.(12)

2.3.1.4.Kayma hızı

Polimer molekülleri uzun ve ince olduklarından dolayı uygulanan güç yönünde sıralanırlar,bu da moleküllerin kayma hareketine maruz kalması demektir.Bu nedenle kayma hareketi ne kadar büyük olursa,polimerin akış ve akışkanlığı daha çok olur.Polimerin vizkozitesi kayma miktarı veya uygulanan kayma hızı ile değiştirilebilir.Tablo-2.2 'de kayma hızının 100 sn'den 100000 sn'ye çıkarıldığında eriyik sıcaklığı sabit kalmasına rağmen vizkozite değerinde önemli bir düşüş elde edileceğini göstermektedir.

Pratik bir bakış açısından kayma polimere doldurma hızı veya vida ileri hareketi yoluyla uygulanabilir.Kalıp doldurma zamanları normalde 3 sn'den az olduğu için kayma hızları yüksek olma eğilimi gösterir.Her materyalin kendine göre optimum kayma hızı ve doldurma hızı vardır.Bu yüzden bazı polimerlerin kayma duyarlı olduğu ifade edilir.Böyle polimerlere tipik örnek olarak PVC,PC ve yanma geciktirici içeren polimerler verilebilir.Bu malzemelerle,uygun ölçülü yolluk sistemleri ve yavaş doldurma hızlarında çalışılmalıdır.Öte yandan PS,PA,POM,PBT gibi master materyaller daha küçük kesitli yolluk ve son derece hızlı doldurmayla işlenebilir.(12)

Tablo-2.2 .Vizkozite(kayma) hızı ilişkisi naylon 6 (12)

Malzeme	Vizkozite (NSM^{-2}) 1000s^{-1}					Vizkozite (NSM^{-2}) 280°C de kayma hızı artırıldığında			
	240	260	280	300	100s^{-1}	1000s^{-1}	10000s^{-1}	100000s^{-1}	
Naylon 6									
Düşük vizkozite	98	78	63	50	197	63	20	6	
Orta vizkozite	149	115	89	69	323	89	25	7	
Yüksek vizkozite	394	319	259	210	1220	259	55	12	

2.3.2.Kalıbın Doldurulması ve Ütüleme

2.3.2.1.Enjeksiyon basıncı ve hız

Termoplastiklerin çoğunluğu 300°C'nin altında kalıplanır.Bu sıcaklıkta vizkozite oldukça yüksektir.Bu yüksek vizkozitelerine rağmen,bu sıcak termoplastikler "eriyik"diye adlandırılırlar.

Katı haldeki plastik materyal,enjeksiyon makinasının kovanında (silindirinde) eriyik hale dönüştürülüp vidanın ileri hareketiyle kalıba aktarılır.Vidanın ileri hareketi cm^3/sn ya da gr/sn birimiyle tanımlanır.Yakın bir geçmişe kadar genellikle birinci etap basınç kalıp boşluğunu süratle doldurmak,ikinci etap basınçta aşırı yığılmayı önlemek amacıyla daha düşük uygulanırdı.Bu işleme oryantasyon ve stresi azaltmak için başvurulmuştur.Burada basınca,akış hızını belli bir degerde tutmak için ihtiyaç vardır.Akış genellikle çok hızlıdır ve kalıbın doldurulması için 1sn'den daha az bir zamana ihtiyaç vardır.Bu hızlı dolum sürecinden sonra,dolum çekme miktarını karşılamak için materyale basınç devam eder.Fazla yüklemeyi önlemek için bu ikinci ekstra basınç daha düşük tutulur.Makina teknolojisindeki gelişmeler sayesinde,vidanın ileri hareketinde değişik hızları sağlamak kolaylaşmıştır.Vidanın ileri hareketi aşağıdaki aşamalarda incelenebilir:

- (i)Hızlı bir vida hareketiyle yolluk ve dağıtım kanallarının hızlı dolması sağlanır,bu basınç ve ısı kaybını en aza indirir.
- (ii)Daha yavaş vida hareketiyle plastik malzeme kalıba besleme ağzından daha yavaş geçip kalıbı daha kontrollü doldurur.Böylece yolluk çevresindeki istenmeyen şekiller birtakım gazların oluşması ve doldurulan polimerin soyulması önlenecektir.Bu yolla püskürtme de minimize edilmiş olacaktır.
- (iii)Kalıp boşluğu içine bir parça plastik malzeme girmesinden sonra hızın artırılması sonucu kalıp içindeki plastik malzeme püskürtmeyi azaltacaktır.
- (iv)Kalıp boşluğunun dolmasından hemen önce tekrar hız a-

zaltılması çapaklanmayı önler ve düzgün ve yanlıssız yüzey elde edilmesini sağlar.

Kısaca söylenebilir ki,kalıp dolulum esnasında vida ya da enjeksiyon hızı,basınçtan daha önemlidir.Hidrolik sistem basıncı belli bir değere ayarlayarak istenilen vida hızı sağlanabilir.

2.3.2.2.Eriyik sıkıştırılması ve ütüleme

Vidanın ileri doğru hareketiyle eriyik kalıba dolmaya başlar ve akışa karşı direnç kalıp doldukça artar.Hız sabit kaldığı halde enjeksiyon basıncının sürekli artmasının sebebi de budur.Akışa karşı direncin artması nedeniyle artan enjeksiyon basıncıyla plastik eriyik,kalıp dolulum esnasında iyice sıkışmış olur.Plastik eriyikleri oldukça sıkışabilir bir özellik gösterir,kolaylıkla %15 oranında sıkışabilirler.Dolayısıyla kalıpta aşırı yüklenebilirler bu da parça maliyetinê artırır.Plastik eriyiği ve hidrolik yağın sıkışabilirliğinden dolayı,vida hızı profili ile eriyik akış hızı profilinin aynı olacağı yanlışına kolayca düşülebilir.

2.3.2.3.Akış esnasında ütüleme

Genellikle sıkışma ya da ütüleme sistemlerinin,sadece kalıp dolu olduğu zaman gerektiği farz edilir.Böylece,esas boşluk doldurma işlemi esnasında esas eriyiğin sıkıştırılması işlemini anlamak daha kolaylaşır.Örneğin düz yolukla beslenen,düz,dikdörtgen bir şekil düşünelim.Materyal kalıptan girdikten sonra simetrik olarak yayılacaktır.Kalıp dikdörtgen şeklinde olduğu için ilk önce yan duvarlara ulaşır.Bu noktaldan daha uzak yerlere akış güç olur.Bu nedenle akış belirli yönlerde duracak ve sıkışma oluşacaktır.Kalıp tasarımcıları,kalıbı boşluğun her tarafının aynı anda dolmasını sağlayacak şekilde dizayn etmelidir.

2.3.2.4.Geri akış

Kalıp boşluğuna itilen materyalin kalıptan dışarı çıkması,geri akış olarak tanımlanır.Şayet besleme ağzı çok

genişse, materyalin diğer bir besleme ağzına yönlenebileceği düşünülebilir. Geri akış, kalıp doldurulması esnasında boşluktaki basıncı çok yüksek bir değere ulaştığı için oluşur.

Polimer eriyiklerinin yüksek sıkışabilirliklerinden dolayı büyük miktarda ekstre madde besleme ağzından kaçacaktır. Bu durumda kapının donmamış olduğu farz edilir. Biraz daha madde soğuduğu zaman bu oryantasyona neden olacak, oryantasyon da düşük ısıdan dolayı kalıcı olacaktır. Düşük ısıdan dolayı madde kolaylıkla soğuyacak ve böylece Brownion hareketi oryantasyonu engellemeyecektir.

İdeal olarak boşluktaki madde, basınç kaynağından ayrılmalıdır. Birikme periyodu esnasında yeterli miktarda madde yığılmıştır. Buda yolluk sisteminin daraltılması ve/veya kapının kapatılması ile önlenbilir. Bu yollardan birincisi daha akla yatkındır. Bu yolla madde tasarrufu sağlanmakta ve üretim süresi kısalmaktadır. Bunun sebebi yolluk sisteminin çok daha kalın olması ve bu yüzden soğumanın daha fazla zaman almasıdır. Genellikle plastik endüstrisinde kapılar çok küçük, yolluklar çok geniş yapılıdır. Bu aradaki dengeyi sağlamak için (Glenn 1988) bir yol tavsiye etmiş ve bilimsel makalesinde buna ait bir de uygulanmış örnek göstermiştir.

Belirli bir hacimdeki yolluk sistemi için basınçtaki düşmenin ölçülebilmesi için, erime derecesindeki materyalin vizkozitesi gerekir. Eğer basınç düşmesi 10000 Psi (70 MNm^{-2}) değilse, yolluk çapının yanlış olduğu varsayılarak doğru basınç düşmesini sağlayana kadar yolluk için değişik çaplar denemmelidir. (2)

2.3.2.5. Muntazam olmayan duvar kalınlığı

Birçok plastik ürün, gerçekte ince ve kalın kısımlar içerir. Eriyik kalıpta yol alırken, dar ve güç geçilen yerlerle karşılaştığında akış kolaylığından dolayı daha geniş yerlerden akmayı tercih edecektir. Basınç uygulamasına ve daha fazla malzemenin itilmesine devam edilirse, o zaman dar yerlerin de dolması sağlanmış olur.

Plastik materyel kalıba basıldığında kalıpta ısı kaybedeceği için bazı durumlarda et kalınlığının az olduğu kısımlara dolmaz. Bununla birlikte eğer halen yeterli akış varsa, kalıp nispeten soğuk malzemeyle kayma etkisiyle dolacaktır. Sonuçta parça içinde yüksek seviyede oryantasyon olacaktır. Bu tür sorunlardan kaçınmak için parçanın mümkün mertebe eşit et kalınlığında olmasına dikkat edilir. Bu mümkün değilse, parça kalınlığındaki ani değişimlerden kaçınılarak, malzemenin kalıbın her tarafına eşit zamanda ulaşmasını sağlar.

2.3.2.6. Sıcaklık Değişimleri

Malzemenin kalıba basılmasından sonra, çekme miktarını karşılamak için bir miktar malzeme daha basılır. Bu ilave materyalin varlığı yığılmaya neden olur. Bu yığılma genellikle simetrik bir şekilde olur. Bu durumda en az dirence sahip bölgeler, kalıpta soğuk bölgeler içinde diğer kısımlara nazaran daha sıcak kalmış bölgelerdir. İlave malzeme bu sıcak kanallardan akıp kalıba sıkışacaktır. Eğer makinada kalıplanmış bir parçanın üzerine değişik renkte bir malzeme basılma imkanı olsa, ikinci basılan malzeme birincinin üzerinde cama gömülmüş ağaç gibi duracaktır. Bütün bunlar, kalıp ve malzeme sıcaklıklarının doğru ve düzenli olmasını gerektiren nedenlerdir.

2.3.3. İşlemin Özellikler Üzerine Etkisi

2.3.3.1. Fiziksel Özellikler

Belirli bir makina, kalıp ve materyalle, kalıp dolma süresi, kalıp sıcaklığı, enjeksiyon süresi gibi ayarlarla oynayarak, görünüşte aynı ama aslında farklı bir dizi parça üretmek mümkündür. Bu dizinin bir ucu eksik parça diğer ucu çapaklı parça ise, bu iki uç arasında çok çeşitli özellikte parça üretilebilir.

2.3.3.1.1. Oryantasyon

Termoplastik materyaller, doğal durumlarında birbirleriyle rastgele girişim yapmış, uzun zincirli büyük moleküller-

den oluşur. Benzetme yapılacak olursa, tek bir polimer molekülünün büyütülmüş resmi, yere düşmüş bir yay yığınının resmi gibidir, yay parçaları gibi polimer molekülleri de birbirine geçmiş ve birbirlerine sarılmıştır.

Plastik kalıbı dolduracak şekilde akışkan hale getirildiğinde, makromoleküller akış yönünde dizilir. Üretim hızı yüksek olduğundan dolayı, bu moleküller daha serbest konfigürasyonlarına dönmeye yetecek zamanı bulamaz. Polimer molekülleri akış yönünde dizildiklerinde, bunların oryante oldukları söylenir ve biz bu parça içinde oryantasyon elde ederiz. Bu oryantasyon nedeniyle ürünlerde değişik yönlerde farklı özellik taşıyacaktır. Yani anizotropik olduğu söylenir. Bu nedenle plastik parçası tanecikli, damarlı yapısından dolayı tahtaya benzer, enlemesine ve boylamasına çok farklı özellikler gösterir. (kırılgenlik, bükülebilirlik vb.) Kalıp içinde değişik noktalarda akış hızı ve soğuma hızının farklı olmasından dolayı enjeksiyon kalıplamayla elde edilen ürünler anizotropik ve homojen değildir.

2.3.3.1.2. Sıcaklığın etkileri

Çoğu kalıplama makinalarında kalıp, uygun parçalarından, bilinen hızda ve sıcaklıkta su dolaşımı yapılarak soğutulur. Bu işlem polimerin kalıba taşıdığı ısıyı almak için yapılır. Soğutma süresi, parçanın çıkarılması ve elden geçirilmesi sırasında, parçanın distorsiyona dayanacak kadar sert olmasını sağlayacak şekilde ayarlanır. Isı alma işlemi plastik materyallerin çok düşük ısı iletkenlikleri nedeniyle daha da güçleşir. Isı kalıbın merkezinden dış yüzeye doğru yayılmakta güçlük çeker, aynı zamanda kalıbın uzunlamasına nüfuz etmeside güçtür. Bu nedenle lokal bir ısı değişikliği saptandığında bu ısıyı yok etmek zordur.

Parçanın dışı, soğudukça büzülür, bu sırada halen sıcak olan merkezine bir basınç uygulanır. Kalıbın farklı bölmelerinden oluşacak soğuma hızı farklılıkları, sorunu daha da kötüleştirir. Çekmenin diğer nedeni ise, enjeksiyon makinasının plastikleştirme kapasitesinin aşılması her noktası eşit ısıtılmamış eriyik üretmesi olabilir. Soğutmanın bir

sonucu olarak parçada oluşan stres, parçanın özelliklerini etkileyebilir. Bu durum PS parçalarda şöyle gözlenir. Stresi alınmamış PS parça, beyaz alkole daldırıldığında çatlakların oluştuğu gözlenir. Daha sonra aynı üretimden alınan diğer bir parça yükseltilmiş bir sıcaklığa kadar ısıtılıp, yavaş yavaş soğutularak tavlanacak olursa bu parçanın beyaz alkole direncinin arttığı görülecektir.

Distorsiyondan kaçınmak için, parçanın ısıtılacağı sıcaklık çok yüksek olmamalıdır. PS için bu sıcaklık, 90°C 'nin altında olmamalıdır. Soğutma hızlarında olabilecek her değişiklik kristal yapılarını etkiler ve buna bağlı olarak yapı özellikleri değişir. Kristallik özelliğinin artırılmasının sertlik üzerindeki etkisi (gerilim modülüyle ölçüldüğü şekilde) şaşırtıcıdır. %70 kristalleşmeden %95'e giderken, gerilme modülü iki kattan fazla olabilir.

2.3.3.1.3. Özellik değişiklikleri

Kristalleşmenin değişmesiyle gerilim modülü değişir. Ancak değişen tek şey gerilim modülü değildir. Çalışma koşulları değiştirildiğinde, diğer bütün özelliklerde etkilenir. Eğer besleme ağzının yeri ve boyutu değiştirilirse, tamamıyla farklı yapı değerlerinden oluşan bir durum elde edilir. (tablo-2.3)

PS gibi bir amorf malzeme kalıplanırken, besleme ağzının boyutunun ve/veya konumunun değiştirilmesiyle moleküler oryantasyon seviyesinde değişiklik meydana getirir. Materyalin kalıba giriş yönündeki yapı özellikleri, kalıba giriş yönündeki moleküllerin oryantasyonu nedeniyle diğer yönlerdeki yapı özelliklerinden farklı olacaktır. Bu durum şu şekilde gözlenebilir. Besleme ağız konumları farklı olan iki parçaya sivri uçlu bir aletle merkezlerine hafifçe vurulduğunda kırılma eğilimi gösterir. Bu yön akış veya oryantasyon yönündedir.

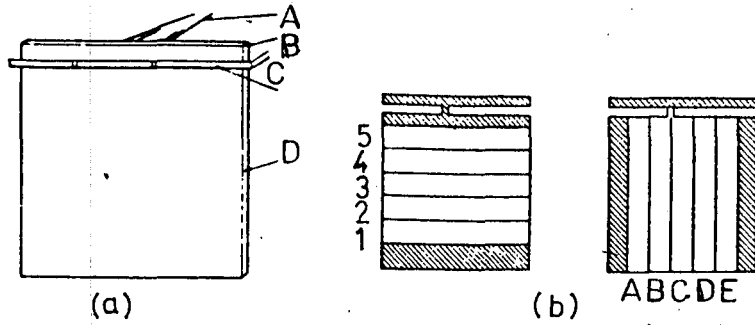
2.3.3.2. Yüzey görünümü

Çoğu durumda yüzey görünümü enjeksiyonla kalıplananın

yegane değerlendirme kriteridir. Başka bir deyişle görünüşleri tamamsa, parçalarda iyidir. Parçaları değerlendirmek için başka testler kullanılsa bile, halen uygulanan testtir. Parça yüzey parlaklığı yüzey hatalarının olmayışı (çöküntüler ve şişmeler) açısından kontrol edilir.

2.3.3.2.1. Sıcaklıklar

Enjeksiyon kalıplamada kullanılan eriyik ve kalıp sıcaklıkları, parçaların yüzey görünümü üzerinde çok büyük etkiye sahiptir. Çoğu üretici materyallerin herbiri için uygun bir sıcaklık aralığını belirtir.



Şekil-2.16. Plaka tip kalıplama (12)

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 artırır. Özel bir materyalin, tavsiye edilen sıcaklık aralığında yapılan bir dizi parça üretiminde, herbir 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.

Tablo-2.3.Yolluk tiplerinin genişlik ve yerinin plaka tip kalıplamadaki etkileri(12)

Örnek	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
Yolluk genişliğinin esnek yükleme ile kırılma yüklemesi (kg)	0-125	0-06	0-125	0-06	0-125	0-06	0-125	0-06	0-125	0-06
1	2-55	2-55	4-5	4-7	2-2	2-1	4-6	4-65	4-35	4-45
2	2-4	2-3	4-75	4-75	2-1	1-95	4-65	4-75	4-4	4-25
3	2-4	2-4	4-9	4-95	2-05	2-15	4-9	4-9	4-50	4-65
4	2-4	2-4	5-25	5-3	2-10	1-95	5-0	5-25	4-85	4-90
5	2-65	2-05	5-4	5-6	2-2	2-0	5-5	5-4	5-25	5-3
A	6-1	6-1	4-65	4-65	5-15	5-25	4-6	4-6	4-3	4-4
B	6-3	6-3	4-75	4-75	5-45	5-5	4-95	4-85	4-4	4-65
C	6-3	6-2	5-0	5-0	5-3	5-5	5-1	5-0	4-5	4-7
D	6-25	6-1	5-3	5-35	5-25	5-35	5-3	5-3	4-9	5-1
E	5-9	5-8	5-3	5-35	5-05	5-15	5-3	5-3	5-1	5-2

Burada, eriyik ısısı kovan ısısına karşı olarak belirtilmiştir. Bunun nedeni vidalı makinalarda vida döndürüldüğünde çok büyük miktarda enerji eriyiğe aktarıldığında çok büyük farklılıklar olabilir. Bu nedenle vidanın dönme hızına karşı oluşan ters basınçla (vidanın dönmesine karşı koyan basınç) yüzey parlaklığı artar.

2.3.3.2.2. Kurutma

Büyük tonajdaki termoplastikler normalde kurutma istemezler. Bunun yanında pek çok mühendislik termoplastik malzemede ise, durum böyle değildir. Bunların bazıları sünger gibi su tutar. Plastikler $CaCO_3$ gibi minerallerle doldurulduğunda, PP gibi su tutmayan materyallerin bile kurutulması gerekli olabilir, bu da sorunu giderek kötüleştirir. Bazı üreticiler kurutmanın, problemleri önlemenin yanında, kurutulan malzemenin çok daha kolay kalıplandığını gördüklerinden kullandıkları bütün materyalleri düzenli olarak kuruturlar. (Bu özellikle ısıtma, yüksek sıcaklıklarda eriyen plastiklerde enjeksiyon işleminin performansını artırdığı için uygulanır) PA ve PPO gibi bazı plastiklerde çalışmayı kolaylaştırmak, kurutma sıcaklığı üzerinde aşırı kurutmakla mümkündür. Ancak kurutma koşulları, çok katı kontrol edilmelidir. Bir problemi çözerken, bozunma gibi başka bir probleme neden olmasının hiçbir yararı yoktur.

Çoğu plastiğin ergime ısısına çıkarmak için nemli ortamda ısıtılması plastiğe ciddi zararlar verebilir. Bununla beraber vida, kovan ve kalıp üzerinde olumsuz etkileri olur. Örneğin nemli, aşındırıcı eriyiğin hızla kalıp içine enjeksiyonu kalıpta aşınmaya neden olur.

2.3.3.3. Boşluk boyutlarının hesaplanması

Kalıptan çıkan ürünlerin çekmesine ilişkin yayınlanmış rakamlar kalıp boşluğu ölçülerini hesaplamada kullanılabilir. Ancak verilen değer aralığının geniş olmasından dolayı durum karmaşık bir hal alır. Genellikle hangi değer kullanılması gerektiğine geçmiş deneyimlerden yararlanarak

karar verilir. Daha güvenilir bir yaklaşım gerçek üretim koşullarında yapılan pilot üretimle çekme düzeyini saptamaktır. Parça ölçümü çekmeden sonra sıkı kontrol altındaki koşullarda yapılmalıdır. Boşluk boyutlarını hesaplamak için doğru formül kullanmanın önemi (RUBIN 1972) tarafından vurgulanmıştır. Şayet $D_c(in)$ boşluğun boyutları olarak tanımlanırsa $D_p(in)$ kalıplanan parçanın boyutları ve $S(in.in^{-1})$ bu malzemenin çekme faktörüdür. Formülasyon

$$D_c = D_p \cdot S + D_p \cdot S^2 \dots\dots\dots(2.25)$$

Eğer kalıp çok sıcak şartlarda çalışacaksa, çeliğin genişlemesinde hesaba katılacaktır.

2.3.3.4. Çarpılma

Bükülme ve/veya çarpılma enjeksiyonla kalıplama endüstrisinde rastlanan en yaygın olaylardandır. Özellikle parçanın yamulması şeklinde kendini gösterir. Bu kalıplamanın hemen ardından olabileceği gibi uzun bir zaman geçtikten sonra da olabilir.

2.3.3.4.1. Amorf malzemeler

Aynı materyal, basılmış parça içinde değişik yönlerde değişik seviyelerde çekme gösterir. Bu değişik çekmeler çarpılmalara sebebiyet verir, bu da istenmeyen durumlardandır. Bu yüzden iyi kalıp dizaynı ve uygun işlemlerin yapılması önemlidir. Distorsiyon önemli ve üniform soğutma yapılmalıdır. Enjeksiyonla elde edilmiş parçalarda, akışın ve sıcaklık etkilerinin sebep oldukları stresten kaçınmak, minimum çarpılmayı sağlamak amaç olmalıdır.

2.3.3.4.2. Kristalin malzemeler

PP ve Naylon gibi kristalin materyallerin üniform soğutması önemlidir. Oryantasyon bu tür materyallerde kristalleşme üzerinde etkili olur. Değişik tip ve seviyedeki kristal özelliği, çekme ve çarpılmaya sebep olabilir. Materyal sudan absorbluyorsa, problem daha da kötüleşir. Buna klasik bir örnek PA 66'dır. Su absorblaması boyutlarında ve şeklin-

de değişikliklere sebep olur.Suyun alınıp veya verilmesi kristal özelliğini etkileyecektir.Şayet materyal yumuşaksa, stres nedeniyle çarpılmalar olabilecektir.Örneğın alçak yoğunluklu polietilenden üretilmiş kutularda görebiliriz. İlk zamanlar düzgün ve simetrik olan kutuda birkaç ay içinde hızlı şekilde deformasyonların olduğu saptanır.Stresi en aza indirmek,enjeksiyonla çalışanların amacı olmalıdır.

2.3.4.Soğutmanın Gereklere

Polimerleri işlenebilir,sabit vizkozitede akışkan eriyik haline getirmek için ısıtılmaları gerekir.Eriyik istenilen biçimde kalıplandıktan sonra şeklini koruyabilmesi için verilen ısı uzaklaştırılmalıdır.Uzaklaştırılması istenen ısı her polimer için ayrı değerdedir.

2.3.4.1.Soğutma evresi

Tipik bir enjeksiyonlu kalıplama işleminin evreleri incelendiğinde,iki önemli kademe gözlenir.

- (i)Kalıbın doldurulması ve basıncın uygulanması
- (ii)Soğutma işlemi veya ısının uzaklaştırılması

Soğutmanın önemi,doğru soğutmanın birim üretim zamanını düşürmesi,az toleranslı üretimi mümkün kılması ve birim maliyetini düşürmesindedir.

2.3.4.2.Entalpi

Entalpi birin kütlenin sıcaklığını bir dereceden diğereğine değiştirmek için gerekli ısı miktarıdır.Bu nedenle uzaklaştırılması gerekli ısının toplamı cismin kütlesine (m) ve entalpi değişim miktarına (Δh) bağlıdır.Termoplastik polimerlerin entalpi değerleri bazen grafik şeklinde verilir.Amorf ve kristalin polimerler için entalpi değerleri farklıdır.Şekil-2.17'de bazı polimerlerin entalpi eğrilerini göstermektedir.Buradan entalpi değerleri kolayca elde edilir.Örneğın;

PS erime sıcaklığı erime sıcaklığı 220°C

kalıp sıcaklığı 30°C

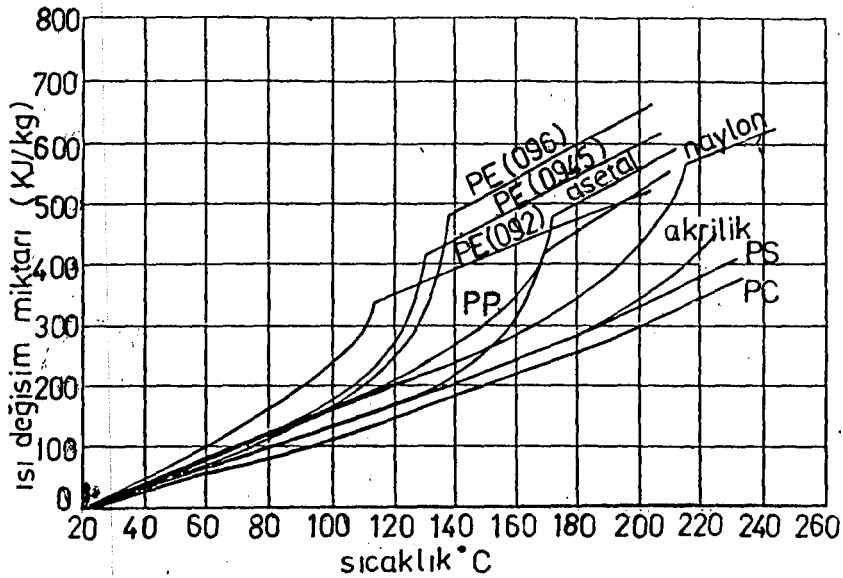
Şekil-2.17'de PS için bu değerlere karşılık gelen entalpi

değerleri okunur..

$$h = 370 - 50 = 320 \text{ kJ/kg} \dots \dots \dots (2.26)$$

Entalpi değerleri her zaman kolay elde edilmez. Entalpi değeri hesaplanırken materyalin spesifik ısı değeri (C_p) hesaba katılmalıdır. h , entalpi, T_{erime} , polimerin erime sıcaklığı, $T_{kalıp}$, kalıp sıcaklığı, m , cismin kütlesidir.

$$h = m \cdot C_p \cdot (T_{erime} - T_{kalıp}) \dots \dots \dots (2.27)$$



Şekil-2.17. Bazı plastiklerin ısı değişim değerleri (entalpi) (12)

2.3.4.3. Soğutma akış hızının hesaplanması

Termoplastikler işlenirken kalıba aktarılan ısı şu şekillerde uzaklaşır.

- (i) Makinanın diğer bölgelerine yayılarak
- (ii) Yayılma
- (iii) Kalıp içinde sıvı dolaştırarak

Soğutma (iii)'deki gibi kalıp içindeki kanallardan su veya su/glikol geçirerek sağlanır.

İşlem sırasında verilen ısı (q), kalıp içinden Q lit/sn'lik

sıvı dolaşımı ile uzaklaştırılacaksa

$$q = Q \cdot \Delta H \quad \text{veya} \quad h = C_p \cdot \Delta T \dots \dots \dots (2.28)$$

(2.28) eşitliğinden

$$q = Q \cdot C_p \cdot \Delta T \dots \dots \dots (2.29)$$

C_p : Soğutma ısısının spesifik ısı değeri

ΔT : Soğutma ısısının giriş/çıkış sıcaklık farkı

Isı değişim aralığı genellikle +2 derece alınır. Formül yeniden düzenlenirse,

$$Q = \frac{q}{C_p \cdot \Delta T} \dots \dots \dots (2.30)$$

Q : Eriyik tarafından getirilen ısının uzaklaştırılması için ortamdan geçirilecek sıvının lt/sn cinsinden hızı

Örnek:

Bir makinada ABS ile çalışılmaktadır. Dört'lü baskı yapan makinada bir kapanmada 40 gr madde işlenmekte, dakikada 4 baskı yapılmaktadır. ABS'in erime ısısı 240°C 'dir. Kalıp ısısını $60 + 2^\circ\text{C}$ 'de tutabilmek için, minimum su akış hızı şu şekilde hesaplanır.
sn'de işlenen madde miktarı,

$$\frac{4 \cdot 40}{60} = 2,66 \text{ gr/sn veya } 0,0027 \text{ kg/sn} \dots \dots (2.31)$$

ABS'nin ısı değeri 369 J/gr veya 369 KJ/kg ($C_p \cdot T$) (tablo)

$$q = 2,66 \cdot 369 = 971,54 \text{ J/sn (971,54 watt)} \dots \dots (2.32)$$

$$q = 0,971 \text{ kw} \dots \dots \dots (2.33)$$

$$q = C_p \cdot \Delta T \dots \dots \dots (2.34)$$

(2.34) eşitliğinde $C_p = 4,186 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$ alınırsa

$$Q = \frac{0,971 \cdot 60}{4,186 \cdot 4}$$

$$Q = 3,5 \text{ lt/dak} \dots\dots\dots(2.35)$$

Tablo-2.4. Değişik termoplastik materyallerin soğuma kapasiteleri

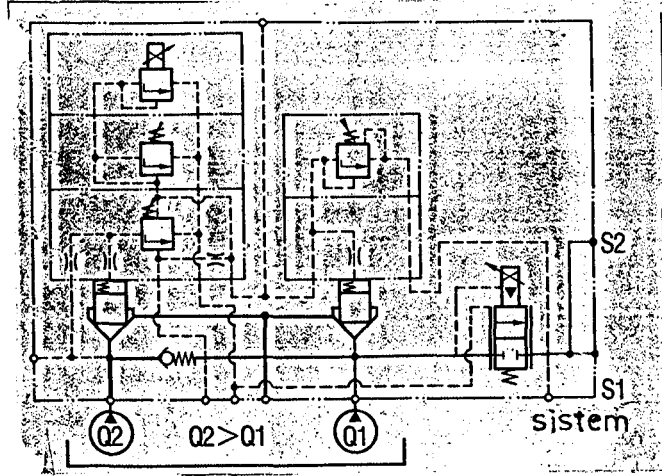
Malzeme	Ergime ısısı °C	Kalıp ısısı °C	Sıcaklık değişikliği °C	Özel ısı J/kgK	Isı atılması J/gr	S.M. lgr
350	220	150	1600	240	9,55	---
PES	360	150	210	1150	242	9,63
PEEK	370	165	205	1340	275	10,94
PET	240	60	160	1570	283	11,26
PETP(c)	275	135	140	2180	305	12,13
PEEL	220	50	170	1800	306	12,17
PS	200	20	180	1720	310	12,33
ASETAL	205	90	115	3000	345	13,72
PC	300	90	210	1750	368	14,64
ABS	240	60	180	2050	369	14,69
LDPE	200	20	180	2780	500	19,89
NAYLON 6	250	80	170	3060	520	20,68
NAYLON 66	280	80	200	3075	615	24,46
PP	260	20	240	2790	670	26,65
HDPE	260	20	240	3375	810	32,20

* S.M. : Isı atılması için gerekli su miktarı (12)

2.4. PLASTİK ENJEKSİYONDAKİ GELİŞMELER

Plastik enjeksiyon makinaları gerek hız ve hareketler gerekse kuvvetler ve konum kontrolünün yoğun olduğu sistemler olduğundan hidroliğin en yaygın kullanım alanlarından biridir. Günümüzün modern makinalarında en büyük amaç, hızı mümkün olduğunca artırarak üretim hızını artırmak, hareketlerin en ince ayrıntılarına kadar kontrol ederek kaliteyi yükseltmek, enerjiden maksimum tasarruf sağlayarak, daha

sessiz ve çevreye zararsız sistemler üretmektir. Bu amaçla değişik tasarımlar yapılmış, bunlardan en önemlisi de oransal kontrol sistemlerinin plastik makinalarına uyguladığı P/Q blokları olmuştur.



Şekil-2.18. Hidrolik devre (5)

Bu sistemler fiyatları açısından da çok olumlu sonuçlar vermektedir. Tek veya çok amaçlı sabit debili pompaların üzerine monte edilebilen bu bloklar, pompanın hem debisini hem de basıncını hassas bir şekilde oransal olarak kontrol edebilmekte, aynı zamanda üstün bir dinamik performans göstermektedir. Bu tip uygulamalar için son derece verimli (1500 dev/dak'da %90) ve sessiz çalışan (65 db max) ve 250 bar basınca çıkabilen debisi 18-193 cm³/dev arası değişebilen paletli pompaları geliştirmiştir. Bu pompalar gerek fiyatları, gerek uzun ömürleri, çok kısa zamanda ve az masrafla değiştirilebilen tamir kartları ile çok olumlu sonuçlar vermiş ve konusunda lider olmuştur. Debileri 900 lt/dak'ya kadar olan P/Q bloklarıyla kumanda edebilmekte, daha yüksek debilerin kontrolünün gerektiği uygulamalarda, debisi elektronik olarak ayarlanabilen, değişken debili paletli pompalar ve oransal basınç emniyet valfleri tercih edilmektedir. Böylece enerjiden yapılan tasarrufla maliyetlerdeki artışlar karşılanmaktadır. P/Q bloklarının diğer bir önemli özelliği de ana emniyet

valfi basıncının ikinci bir emniyet valfiyle kumanda edilmesi sonucu, sistemin güç duyarlı hale getirilmesi, böylece ayar basıncı ne olursa olsun, pompa basıncının gerekli yük basıncından 5-10 bar kadar yüksek olması sağlanarak gereksiz enerji kayıplarının tamamen önlenmiş olmasıdır. Enjeksiyon makinalarının hızlı hareketlerinde gerekli yüksek debiyi sağlamak ve enerji tasarrufu için hidrolik akümülatörler de kullanılmaktadır. Yine enjeksiyon karşı basıncını hassas olarak kontrol ederek daha mükemmel ürün sağlamak amacıyla geliştirilen çok geniş basınç aralıklarında çalışabilen karşı denge valfleri vardır. Büyük makinalarda bodünözü çevirmek için küçük devirli radyal pistonlu hidrolik motorlar kullanılmakta, böylece hassas devir kontrolü sağlanarak, şanzıman gereksinimini de ortadan kaldırmaktadır. Bu amaçla tek veya çift deplasmanlı ve torku 16000 Nm ye kadar çıkabilen motorlar üretilmektedir.

Tüm bu hidrolik sistemler değişik tasarımlara ve uygulamalara cevap verebilecek elektronik kart, işlemciler ve bilgisayar gruplarıyla birlikte sunulmaktadır. Gelişen elektronik teknolojisi mikro-computer tekniğinde uygulanmasıyla plastik enjeksiyon makinalarının debi, basınç, ısı, konum vs. fonksiyonlarının çok hassas kapalı devre kumanda olanağını vermekte, bu amaçla geliştirilen bilgisayarlar orta ve büyük boy makinalarda çok yüksek verimler alınmasını sağlamaktadır. Bunlardan başka küçük makinalar için valf soketlerine yerleştirilmiş mikro oransal kontrol kartları, klasik basınç valflerinde kullanılan ve makinalarda oluşan şokları önlemek için geliştirilmiş yavaşlatma soketleri vs. aksesuarlar kullanıma sunulmuştur.

Bu sistemler plastik enjeksiyon makinalarından başka, şişirme makinaları, ayakkabı makinaları ve muhtelif lastik işleme makinaları ile preslerde de kullanım alanı bulmaktadır. (5)

3.ÖRNEK PROJE

Bu bölümde enjeksiyon kapasitesi 290 gr,kapama kuvveti 15 ton olan bir dik enjeksiyon makinasının basit olarak dizaynına yer verilmiştir.Bu bölümdeki hesaplar genel olarak kullanılan pratik değerlere göre yapılmıştır.

3.1.HELEZON (VIDA) ÇAPININ TAYİNİ

Burada yapılan hesaplamalar PVC esas alınarak yapılmıştır.PVC yoğunluğu $1,42 \text{ kg/dm}^3$

$$\text{Enjeksiyon hacmi} = \frac{\text{Enjeksiyon kapasitesi}}{\text{Yoğunluk}} \dots\dots(3.1)$$

$$\text{Enjeksiyon hacmi} = \frac{290.10^3(\text{kg})}{1,42(\text{kg/dm}^3)} \dots\dots\dots(3.2)$$

$$V = 0,204 \text{ dm}^3 \dots\dots\dots(3.3)$$

Vida stroku $s = 200 \text{ mm}$ (2 dm) seçilirse,

$$\text{Enjeksiyon hacmi} = \text{Alan} \cdot \text{strok} \dots\dots\dots(3.4)$$

$$0,204 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot 2$$

$$D = 36 \cong 40 \text{ mm} \dots\dots\dots(3.5)$$

$D = 40 \text{ mm}$ çaplı helezon(vida) seçimi yapılır.Helezonun uzunluğu ise $L/D = 18$ oranına göre hesaplanırsa,

$$\frac{L}{40} = 18 \dots\dots\dots(3.6)$$

$$L = 720 \text{ mm} \dots\dots\dots(3.7)$$

Yukarıdaki hesaplamalara göre bu enjeksiyon makinası için $D = 40 \text{ mm}$ çaplı ve $L = 720 \text{ mm}$ uzunluğunda bir helezon seçimi yapılır.

3.2.KAPAMA KUVVETİNİN HESAPLANMASI

$$\text{Kapama kuvveti} = \text{Basınç} \cdot \text{Alan} \dots \dots \dots (3.8)$$

Burada $P = 1200 \text{ kg/cm}^2$ olarak alınarsa,

$$F = 1200 \cdot \frac{\pi \cdot (4)^2}{4} \dots \dots \dots (3.9)$$

$$F = 15080 \text{ kg} \dots \dots \dots (3.10)$$

Kapama kuvveti olarak $F = 15$ ton olarak elde edilir.

3.3.ENJEKSİYON PİSTON ÇAPININ TAYİNİ

(3.8) eşitliğinde P ve F değerleri,

$F = 15080 \text{ kg}$ (3.10) eşitliğinden

$P = 100 \text{ bar}$ (çalışma basıncı)

olarak alınır,sa,

$$F = P \cdot A$$

$$15080 = 100 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \dots \dots \dots (3.11)$$

$$D = 13,85 \text{ mm} \dots \dots \dots (3.12)$$

Enjeksiyon piston çapı $D = 13,85 \text{ mm}$ olarak seçilir.

3.4.POMPA TAYİNİ

Burada tasarlanan plastik enjeksiyon makinasında enjeksiyon işleminin 5 sn içerisinde gerçekleşmesi istenmektedir. Buna göre, (13)

$$\text{Debi} = \text{Alan} \cdot \text{strok} \dots \dots \dots (3.13)$$

Strok değeri $s = 200 \text{ mm}$ (bölüm 3.1)

$$Q = \frac{\pi \cdot (1,385)^2}{4} \cdot 2 \dots \dots \dots (3.14)$$

$$Q = 3 \text{ litre} \dots \dots \dots (3.15)$$

$Q = 3$ litre 5 sn süre için gerekli akışkan miktarıdır. Dakikada gerekli akışkan miktarı ise,

$$Q = \frac{3(\text{lt}) \cdot 60(\text{sn})}{5(\text{sn})} \dots\dots\dots(3.16)$$

$$Q = 36 \text{ lt/dak} \dots\dots\dots(3.17)$$

Burada tasarımı yapılan enjeksiyon makinasında kullanılmak üzere $Q = 36$ lt/dak kapasiteli bir pompa seçilir.

3.5.MOTOR TAYİNİ

$$\text{Motor gücü } P(\text{kw}) = \frac{Q \cdot P}{600 \cdot \eta_g} \dots\dots\dots(3.18)$$

Burada η_g (genel verim) = 0,85

$P = 100$ bar

$Q = 36$ lt/dak olduğuna göre,

$$P = \frac{36 \cdot 100}{600 \cdot 0,85} \dots\dots\dots(3.19)$$

$$P = 7,05 \approx 7,5 \text{ kw} \dots\dots\dots(3.20)$$

Bu değerlere göre motor gücü $P = 7,5$ kw olan bir motor seçimi yapılır.

3.6.HİDROLİK MOTOR TAYİNİ

Hidrolik motor seçimi için önce moment değerinin hesaplanması gerekir. Buna göre moment, (M)

$$M = \frac{P \cdot V \cdot \eta_{hm}}{2 \cdot \pi \cdot 100} \text{ (Nm)} \dots\dots\dots(3.21)$$

Burada $P = 100$ bar (basınç)

$V = 210 \text{ cm}^3$ (debi)

$\eta_{hm} = 0,95$ (hidrolik-mekanik verim)

$$M = \frac{100 \cdot 210 \cdot 0,95}{2 \cdot \pi \cdot 100} \dots\dots\dots(3.22)$$

$$M = 31,75 \text{ Nm} \dots\dots\dots(3.23)$$

Moment değeri $M = 31,75 \text{ Nm}$ olan bir hidrolik motor seçimi yapılır.

TEKNİK VERİLERBİRİMİDEĞERİ

ENJEKSİYON ÜNİTESİ

Vida çapı	mm	40
Vida uzunluğu/vida çapı	L/D	18
Enjeksiyon hacmi	cm ³	210
Gerçek enjeksiyon kapasitesi(PS)	gr	290
Spesifik enjeksiyon basıncı	kg/cm ²	1200
Vida stroku	mm	200
Strok hacmi	cm ³	251,3
Isıtma gücü	kw	4,5
Isıtma bölgesi	kısım	3

KAPAMA ÜNİTESİ

Kapama gücü	ton	15
Kalıp açma stroku	mm	500
min kalıp kalınlığı	mm	150
max kalıp kalınlığı	mm	500
Bağlantı plaka boyutları	mm	500x500
Kolonlar arası mesafe	mm	325x325

GENEL ÖZELLİKLER

Pompa motor gücü(büyük pompa)	kw	7,5
Pompa motor gücü (küçük pompa)	kw	2,2

SONUÇ :

Plastik ve Plastik Enjeksiyon Makinaları günümüzde oldukça yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Birbirine bağlı bu iki kavram her ne kadar güncel ise de, hala istenilen noktaya ulaşılamamıştır. Bunun nedeni yeterince bilgilendirilmeme ve yanlış uygulamadır.

Özellikle Plastik Enjeksiyon Makinalarının taklit yoluyla imalatı ve uygulamaları bu konudaki ilerlemeyi yavaşlatmaktadır. Yanlış uygulama kapasiteyi zorladığından bu da insan gücü ve enerjinin israfına neden olmaktadır.

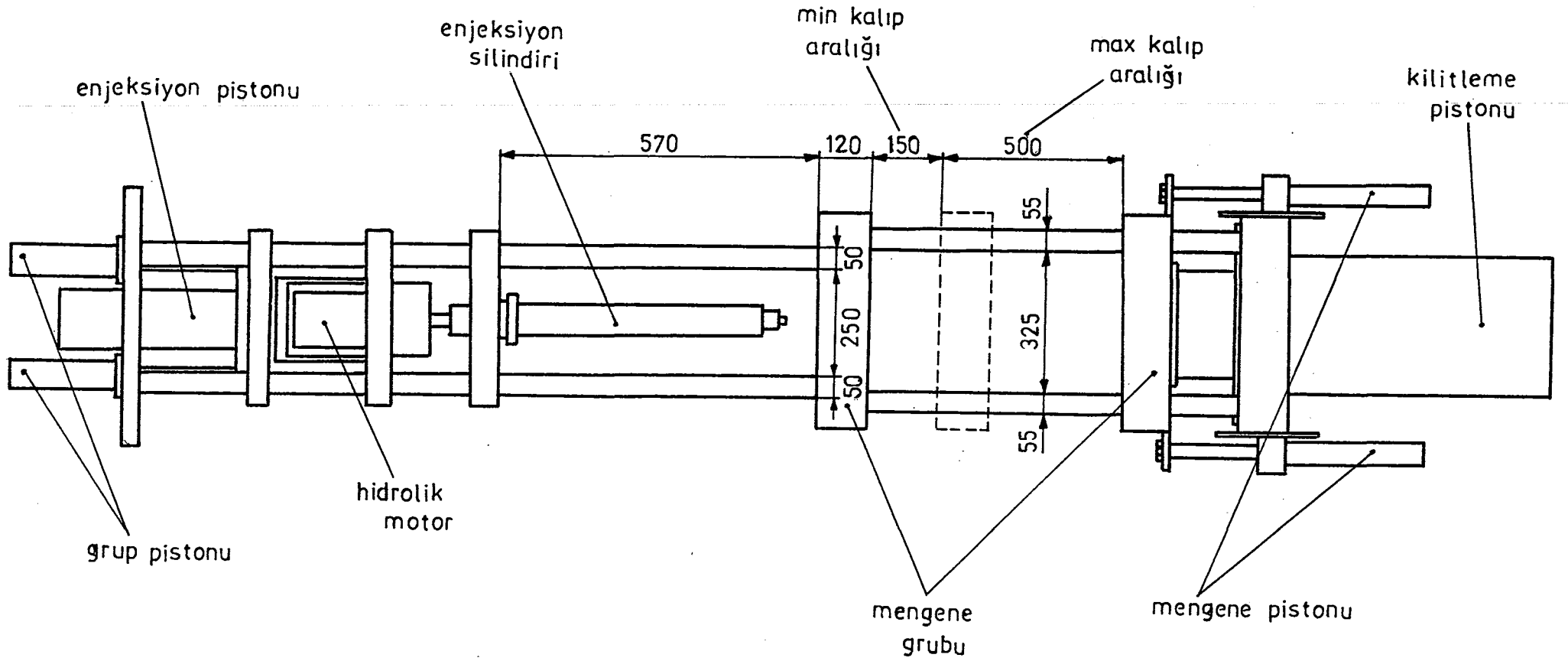
Artık Plastik Enjeksiyon Makinalarının taklit devresi atlatıldığından üreticilerin teorik bilgiler edinmeleri ve bu bilgileri en doğru şekilde uygulamaları gerekmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

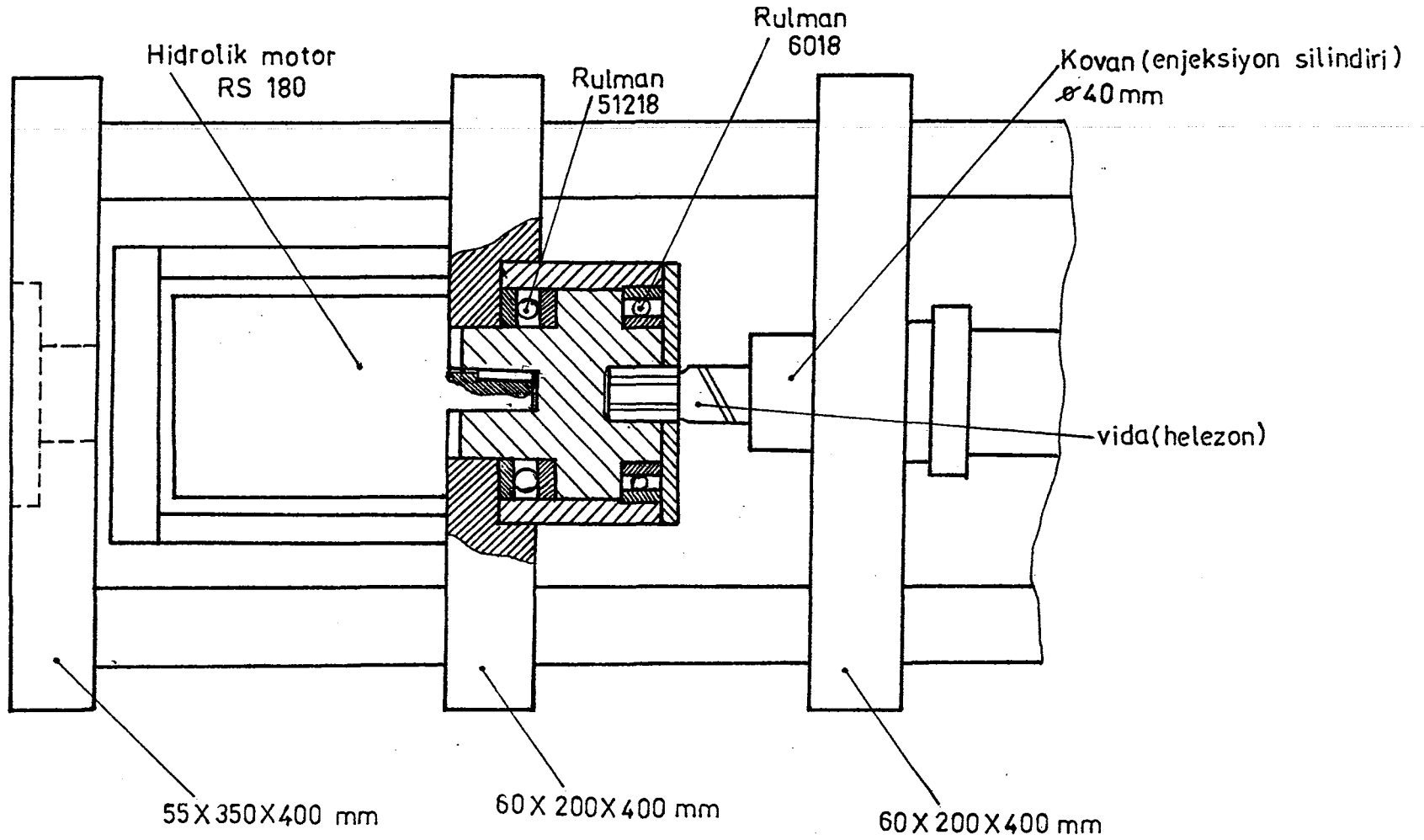
- (1).Plateks,Plastik Teknolojisi,Plastik ve Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş. Yayını,Sayfa 1-4,24-26,33-34,46-48
- (2).Plastik ve Çevre,İnceleme ve Araştırma Dergisi,1989 Sayı 2,Sayfa 12-16,23-25
- (3).Plastik ve Çevre,İnceleme ve Araştırma Dergisi,1989 Sayı 1,Sayfa 15-18,28-30
- (4).Plastik ve Çevre,İnceleme ve Araştırma Dergisi,1990 Sayı 4,Sayfa 24-25
- (5).Plastik Araştırma,Geliştirme ve İnceleme Dergisi,Yıl 2,Sayı 6,Sayfa 19-23,26-28
- (6).Karacan,İsmail,1987,Endüstriyel Hidrolik,Ankara,Sayfa 321-328
- (7).Rexroth Hidropar,Hidrolik Motor-Hidrolik Pompa Kataloğu
- (8).Hinman,M.Extrusion Appreciation Course,Plastics Processing Industry Training Board,Section 2
- (9).Enformak,Enjeksiyon Silindirleri Kataloğu
- (10).Schmith,A.Endüstriyel Hidrolik Eğitimi Cilt-1,Çeviren Haluk Aykun,GL.Rexroth GmbH.Loehr am Main,Sayfa 91-138
- (11).Metal Makina,İmalat Teknolojisi,Mühendislik ve Pazarlama Dergisi,Nisan 1992,Sayı 36,Sayfa 23-28
- (12).Plastik Araştırma,Geliştirme ve İnceleme Dergisi,Yıl 2,Sayı 7,Sayfa 4-15
- (13).Müller,Ernst,Hydraulic Forging Proseses,Springer-Verlag Berlin/Heidelberg/New York 1968,Sayfa 76-77

E K L E R

ölçüler mm



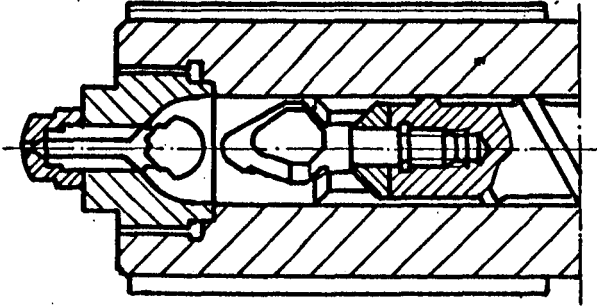
DİK PLASTİK ENJEKSİYON
MAKİNASI



ENJEKSİYON – HİDROLİK MOTOR
GRUBU

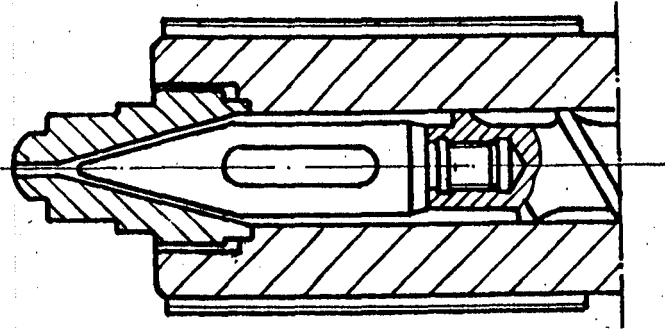
MEME ÇEŞİTLERİ

SUBOPLU MEME

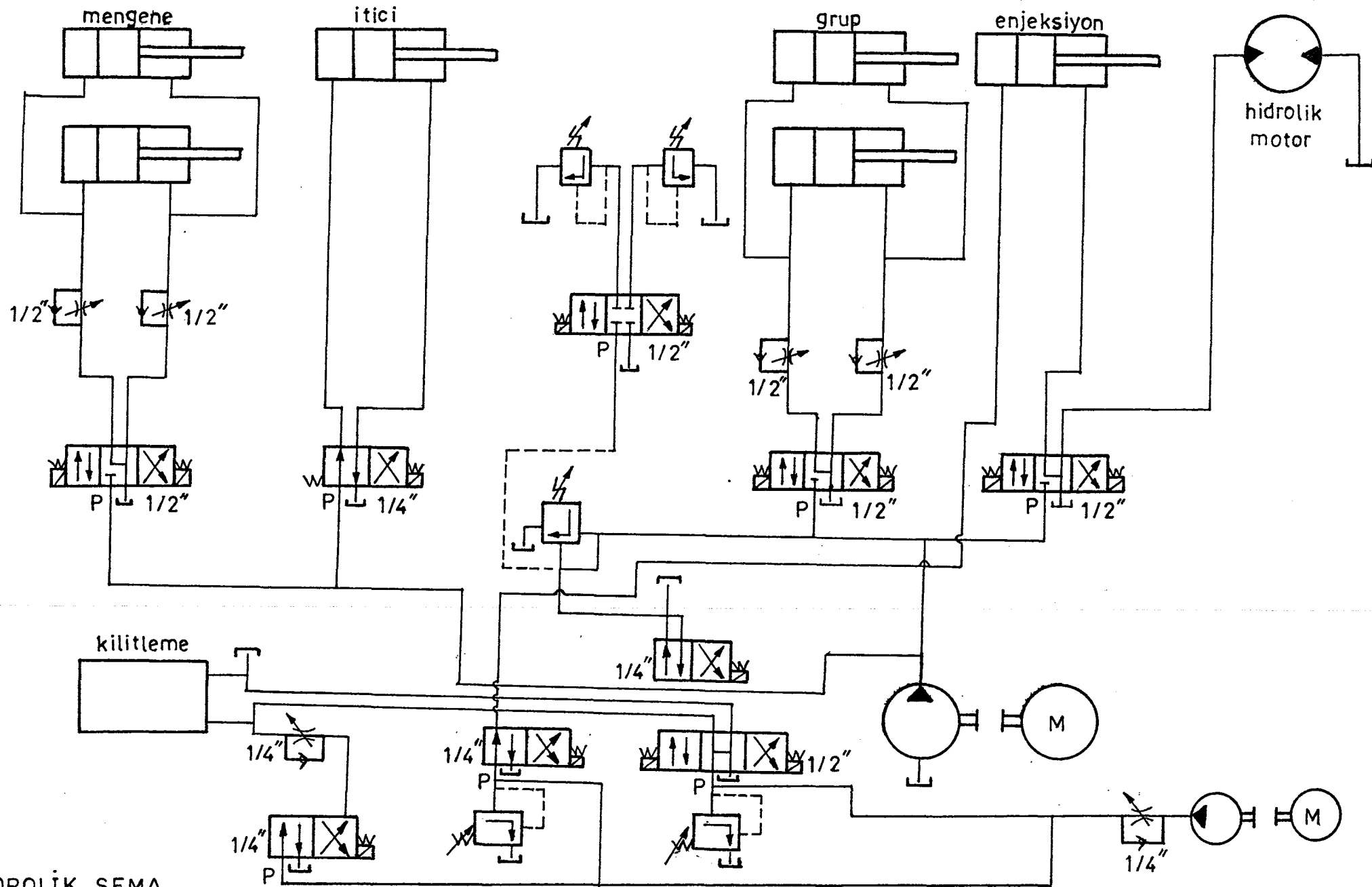


Gazlı olmayan plastiklerde suboplu meme kullanılır

DÜZ MEME



Gazlı plastiklerde düz meme kullanılır



HİDROLİK ŞEMA