

## PLASTİK ÜRÜNLERDE ÇEKME MİKTARINA ETKİ EDEN ENJEKSİYON PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ

Yavuz Çakır\* Ahmet ÖZDEMİR\*\* Abdulmecit GÜLDAŞ\*\*

\* Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

\*\* Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, Kalıpcılık ABD, Ankara, Türkiye

### ÖZET

Enjeksiyonla kalıplanan plastik ürünlerde meydana gelen çekme, dar tolerans aralıklarında imal edilen makine parçalarının yerini almaya başlayan parçalar için ciddi bir problemdir. I 20 – 3 polietilen plastik ürünlerdeki çekme miktarına, enjeksiyon parametrelerinin ve kalıp özelliklerinin etkilerinin deneysel olarak araştırıldığı bu çalışmada, yapılan deneylerle enjektörde sıcaklığı, enjektörde basıncı, katkı maddesi oranı ve kalıplama süresinin plastik ürünlerdeki çekme miktarına olan etkileri grafikler halinde sunulmuştur. Katkı maddesi olarak endüstride yaygın kullanılan I 668 polietilen tercih edilmiştir. Enjektörde basıncı ve kalıplama süresinin artması ile çekmenin azaldığı, katkı maddesi ve enjektörde sıcaklığının artırılması ile çekmenin arttığı tespit edilmiştir.

### INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF INJECTION PARAMETERS ON THE SHRINKAGE VALUE OF THE PLASTIC PARTS

#### ABSTRACT

The shrinkage which occurs in the plastic parts molded by injection is a very serious problem due to these parts replaced the mechanical products that are manufactured into very small tolerances. In this study, the shrinkage of a I 20-3 plastic product which is affected from the injection parameters and the mold properties is experimentally investigated. In the experiments it was graphically obtained how the injection temperature, the injection pressure, the proportion of supplement material and the injection duration effect the shrinkage amount of a plastic part. I 668 polyethylene is selected for a supplement material. It was found that the shrinkage amount of plastic decreases with the increase the injection pressure and the duration.

#### 1. GİRİŞ

19. yüzyılın sonlarına doğru bulunan plastikler, özellikle 2. Dünya savaşından sonra daha da geliştirilmiş ve binlerce çeşidi ile endüstride ve günlük hayatımızda hızla artan bir şekilde kullanılır olmuştur [1-13]. Fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre üretim şeklinin belirlendiği plastik parça üretiminde, çeşitli üretim teknikleri (enjeksiyon, ekstrüzyon, şişirme vb.) geliştirilmiştir. Plastik parçaların yaklaşık %33' ünün enjeksiyonla kalıplama tekniği ile üretildiği tespit edilmiştir [1-5]. Bu kadar geniş üretim kapasitesine sahip olan enjeksiyonla kalıplama üretimi konusunda bir çok araştırma yapılmıştır. Enjeksiyonla kalıplama tekniğinde üretilen parçanın kalitesi, geometrik yapısı ve boyut toleransları, yüzey kalitesi ve dayanıma etki eden faktörler bir çok araştırmaya konu olmuştur. Kalıplanan ürünün kalitesini belirleyen faktörlerin başında gelen boyutsal değişiklik (büzülme), enjeksiyon parametrelerine bağlı olarak kontrol altına alınmaya çalışılmıştır [1-4, 7-13].

Enjeksiyonla kalıplama işleminde ürünlerdeki çekme miktarını etkileyen faktörler, halen devam eden bir çok araştırmacı tarafından teorik ve deneysel çalışmalara ve çeşitli hazır paket programlar kullanılarak çekme miktarı (EK-1) tespit edilmeye çalışılmıştır [14-19].

Yapılan çalışmalarda, enjeksiyonla kalıplamada erimiş plastiğin soğuması sırasında oluşan sıcaklık dağılımının kalıplanan parça içerisinde homojen dağılmamasının çekme miktarını daha fazla etkilediği tespit edilmiştir [19-23]. Plastik ürünlerin kalıplanması sırasında ısı transferi ve soğutma sisteminden dolayı kalıbın her bölgesinin sıcaklığının farklı olması, özellikle et kalınlığının fazla olduğu ürünlerde çekme miktarının arttığı gözlenmiştir [19-28].

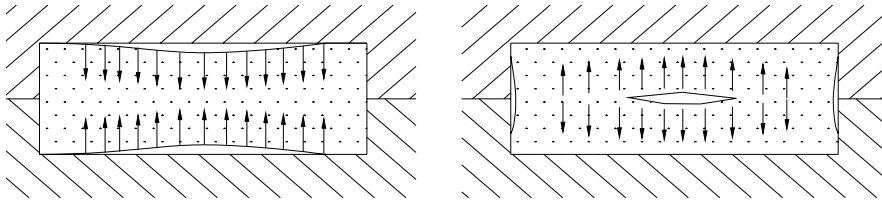
Ayrıca, sonlu elemanlar ve sonlu farklar yöntemleri kullanılarak yapılan analiz ve simülasyon programları, girişlerin konumu ve sayısının kalıp boşluğunun dolma tipini ve zamanını değiştirerek çekme miktarını etkilediği belirlenmiştir [29-34]. C-Mold, Ideas, Moflow ve Pro-Engineer gibi çekme miktarlarının önceden girildiği paket programlarda, kalıp boşluğunun dolması, giriş ve yollukların yerleşimi, sıcaklık ve basınç dağılımları vb. gibi parametrelerin ürün üzerindeki etkilerini teorik olarak gösterdiği bilinmektedir [1-4, 34]. Her ne kadar deneysel çalışmalardan elde edilen veriler ışığında kurulan denklemlerle donatılan paket yazılımlar çekme miktarı hakkında tahminler sunsa da, ürünün yapısından, geometrisinden oldukça etkilendiği bilinen ürünlerin çekme yüzdeleri kesinlik kazanmamıştır. Gelişen teknoloji metalik ürünlerin yerine artık plastik malzemelerden yapılan ürünlerin tercih edilmesini beraberinde getirmiştir. Henüz plastik malzemelerin çekme miktarlarının tam olarak tespit edilemeyişi, bu konuda bir araştırma başlatma ihtiyacını doğurmuştur. Klasik plastik ürünlerde çok da önemli olmayan boyut tamlığı, metalik makine parçalarının yerini alması planlanan ürünlerde, çekme miktarını virgülden sonra mümkün olan hassasiyette elde etmeyi gerektirmektedir.

Bir dizi plastik malzemenin deneye alınmasının planlandığı çalışmanın ilk aşamasında ülkemiz plastik endüstrisinde yaygın olarak tercih edilen I-20 polietilen hammaddesiyle kalıplanan ürünlerdeki çekme miktarlarına etki eden enjeksiyon parametreleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Katkı maddesinin etkilerini gözlemek amacıyla I 668 yüksek yoğunluklu polietilen malzeme kullanılmıştır.

## 2. PLASTİK MALZEMELERDE ÇEKME

Plastik enjeksiyonla kalıplamada çekme, erimiş plastiğin kalıp boşluğunda katılaştıktan sonraki boyutsal ve geometrik bozulmaları olarak tanımlanmaktadır [1-9]. Şekil 1’ de görüldüğü gibi çekme, plastiğin katılma sırasında enjeksiyon parametreleri veya kalıplanan parçanın şekline göre içerden dışarıya veya dışarıdan içeriye doğru çekilmeye (büzümeye) maruz kalmasıdır [1].

Kalıplanan parçalarda ısı ve basınç farkından dolayı oluşan gerilmeler, malzemenin çekme veya çarpılmasına neden olmaktadır. Çekme miktarına etki eden faktörler, kalıplanan parçanın şekli, et kalınlığı ve et kalınlığının değişimi, girişin tipi (EK-2), girişlerin sayısı ve girişler arası mesafe ve plastiğin kristalleşme oranıdır [1, 2]. Ayrıca, enjekte basıncı, enjekte sıcaklığı, tutma basınçları ve katkı maddesi çekme miktarına etki eden diğer parametrelerdir [28-32].



Şekil 1. Enjeksiyonla kalıplama sırasında oluşan plastik malzemelerdeki çekme

Plastiklerin ısı genleşme katsayılarının yüksek olmasından ve kristalleşme oranlarından dolayı enjeksiyonla kalıplamada çekme kaçınılmaz olmaktadır. Plastik ürünlerdeki çekmenin, kalıplama işleminden sonra da devam ettiği bilinmektedir [1, 2]. Çekme miktarının büyük bir kısmı kalıplama sırasında oluşmakla birlikte, az da olsa ürünün kullanım ömrü boyunca da etkisini sürdürmektedir [1-3, 7].

### 2.1. Çekme Miktarına Etki Eden Faktörler

Enjeksiyonla kalıplanmış plastik ürünlerin soğutulması sırasında oluşan çekmeye etki eden bir çok faktör bulunmaktadır. Bunlar;

- Enjekte sıcaklığı,

- Enjekte basıncı,
- Soğutma süresi
- Katkı maddesi,
- Plastik hammaddesinin cinsi,
- Plastiğin kristalleşme oranı,
- Kalıplanan parçanın şekli,
- Kalıplanan parçanın et kalınlığı ve et kalınlığı değişimi,
- Giriş tipi, girişlerin sayısı ve girişler arası mesafe,
- Kalıp boşluğunu doldurma tipi

şeklinde sayılabilirler.

### 3. MATERYAL VE METOT

Enjekte edilmiş plastik ürünlerde çekme miktarının araştırılması amacıyla yapılan deneysel çalışmalarda, tespitlerin gerçekçi olması açısından endüstriyel bir plastik ürün ve kalıbı tercih edilmiştir (Şekil 2, Şekil 3).

Enjekte edilecek plastik malzeme olarak sanayideki uygulamalarda yaygın olarak tercih edilen PETKİM ürünü I 20-3 alçak yoğunluklu polietilen seçilmiştir. Katkı maddesinin çekme miktarını araştırmak amacıyla yine endüstriyel uygulamalarda sıkça tercih edilen ve I 20-3 polietilen malzemeyi renklendirme ve dayanımı artırma amacıyla kullanılan I 668 yüksek yoğunluklu polietilen malzeme seçilmiştir. I 20-3 polietilen ve I 668 yüksek yoğunluklu polietilen malzemelerinin fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. I 20-3 polietilen ve I 668 (UV) polietilen malzemesinin fiziksel ve mekanik özellikleri [34, 35].

	I 20-3 POLİETİLEN	I 668 (UV) PİETİLEN		TEST METOTLARI
	Değer	Değer	Birim	
Erime Akış İndisi	17.5-22.9	4.4-6.5	g/10 dk	ASTM D-1238
Yoğunluk (23 <sup>0</sup> C)	0.914-0.918	0.966-0.970	g/cm <sup>3</sup>	ASTM D-1505
Çevresel Gerilim Altında Çatlama Direnci	18	3	Saat/F50	ASTM D-1693
Akma Direnci	80	294	Kg/cm <sup>2</sup>	ASTM D-638
Kopma Gerilme Direnci	75	248	Kg/cm <sup>2</sup>	ASTM D-638
Kopmada Uzama	375	1100	%	ASTM D-638
Sertlik Modülü	1100	-	-	ASTM D-638

Deneylerde kullanılan plastik enjeksiyon makinesi olarak Yonca Makina Sanayi tarafından üretilen ve hidromekanik kumandalı tezgah seçilmiştir. Tezgah üzerinde kullanıcıya sunulan kumanda edilebilir enjeksiyon tezgahının hidrolik devre ayarları ile ilgili tuşların adları ve ilk enjeksiyon işleminde bunların ayarlandığı değerler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Deneyde kullanılan enjeksiyon makinesinin kumanda panosu ve ayarları

HIZ AYARLARI		BASİÇ AYARLARI	
Mengene Kapama	6 Kademe	Mengene Kapama	6 Bar
Kalıp Koruma	6 Kademe	Kalıp Koruma	6 Bar
Mengene Açma	4 Kademe	Mengene Açma	6 Bar
Mengene Açma Frenleme	1 Kademe	Mengene Açma Frenleme	6 Bar
İtici	4 Kademe	İtici	4 Bar
Maçalar (Kullanılmadı)	0	Maçalar (Kullanılmadı)	0
Grup İleri	6 Kademe	Gurup İleri/Geri	6 Bar
Grup Geri	4 Kademe	Enjeksiyon Basıncı	6 Bar
Enjeksiyon Mal Basma	6 Kademe	Ütüleme	5 Bar
Hammadde Alma	6 Kademe	Hammadde Alma	6 Bar

Yapılan literatür çalışmalarından elde edilen bilgilere uygun olarak enjekte edilmiş plastik ürünlerde en etkili parametreler olarak;

- 1-Enjekte edilen eriyik plastiğin sıcaklığı,
- 2-Enjekte basıncı,
- 3-Enjekte işleminden sonra kalıbın kapalı kalma süresi
- 4-I 668 yüksek yoğunluklu katkı maddesinin oranı sırasıyla dikkate alınmıştır.

#### 4. DENEYLERİN YAPILIŞI

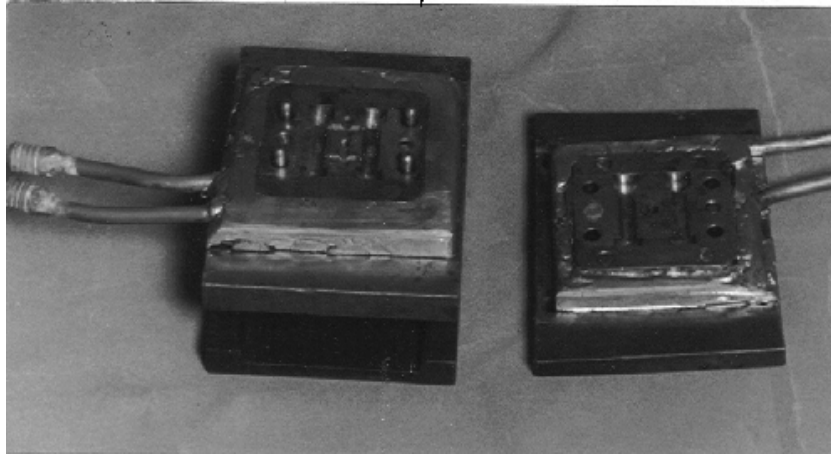
Enjekte edilen plastiğin sıcaklığı üretici firma tarafından 170 °C – 210 °C arasında tavsiye edildiğinden, sıcaklık değişiminin çekme miktarına olan etkisini gözlemlemek amacıyla bu aralık esas alınmıştır. Deneysel ürünler 170 °C den başlayarak 10 °C adımla 210 °C kadar, her adımda yirmişer adet ürün basılmıştır. Ürün kalıplandıktan sonra basılan her ürün ayrı ayrı kodlanmış plastik poşetler içerisinde ölçüm yapılacak zamana kadar muhafaza edilmiştir. Ürünler poşet içersine yerleştirilmeden önce düz bir zemin üzerinde tamamen soğuyuncaya kadar bekletilmiştir.

I 20-3 polietilen malzeme için üretici firma tarafından tavsiye edilen enjekte basınç aralığı 4-8 bar olarak dikkate alınmış, yine üretici firmanın alçak basınçlarda enjekte edilmesi tavsiyesine uyularak 4 bar' dan başlanmış 1 bar adımlar halinde 8 bar' a kadar deneysel numuneler yirmişer adet basılarak elde edilmiştir.

Çekme miktarına kalıbın kapalı kalma süresinin etkisi de incelenmiş, enjeksiyon süresi ve kalıbın kapalı kalma süresi (Ütüleme süresi) farklı adımlarda ayarlanarak yirmişer numune basılmıştır.

Katkı maddesi oranının çekme miktarına etkisini araştırmak amacıyla I 668 yüksek yoğunluklu polietilen malzeme, I 20 düşük yoğunluklu malzeme içersine sırasıyla %10, %20, ..., %50 oranlarında %10 adımla karıştırılmış ve yirmişer numune basılmıştır.

Numunelerin kalıptan çıkarılması esnasında ürünü deforme edecek herhangi bir kuvvet uygulanmamasına dikkat edilmiştir. Ürünün tabiatından gelen konik yüzeylerin yeterli olmamasından dolayı 4 iticiye sahip bir itici sistemli kalıp kullanılmıştır.

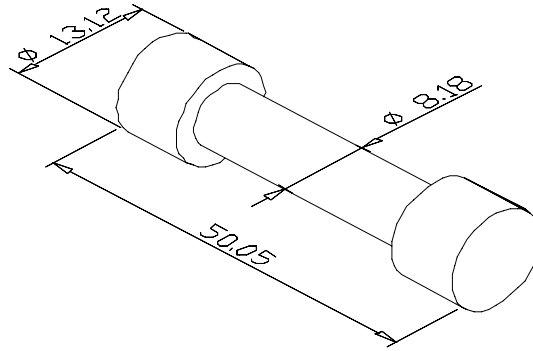


Şekil 2. Denede kullanılan kalıp

Daha önceden sanayide bir ürün enjeksiyonu için kullanılmış ve üretimini tamamlamış kalıbın soğutma sistemi olmadığından, çevresine kalıp ısısını emmek amacıyla bakır boru sarılmış ve kalıpla iyi ısı alış verişinin sağlanması için boşluklar kurşun dökülerek doldurulmuştur (Şekil 2). Kalıbın soğutulması amacıyla kullanılan su, şehir şebekesinden sağlanmış ve deney süresince, suyun devridaim yapması engellenerek ısınan su sürekli dışarı atılmıştır. Kalıbın soğutma suyunun debisi 12,6 lt/dak olarak ölçülmüş ve toplam 5 ölçümün ortalaması alınmıştır.

Deneyle, Şekil 2' de fotoğrafı görülen kalıptan çıkan parçalar üzerinde yapılmıştır. Enjekte edilen parça üzerinde üç ölçü alınmış ve enjeksiyon parametrelerine göre değişimi grafik olarak ortaya çıkarılmıştır.

Deney kalıbında bir baskıda iki numune elde edilmiştir. Deneylerin güvenilirliğini artırmak için her seri deneyden 20 parça enjekte edilmiş ve en sağlıklı ölçmenin yapılabilmesi için parçalar, üretimden bir hafta sonra ölçülmeye alınmıştır. Sıcak olarak enjekte edilen ürünler, kullanım süreleri boyunca çekmeye maruz kaldığında ve enjeksiyon işleminin ilerleyen yakın zaman dilimi içinde bu çekme yüksek olduğundan, ölçümlerin bu hızlı çekmeden etkilenmemesine dikkat edilmiştir. Şekil 3’ de görüldüğü gibi deney numunesi silindirik olduğundan, ölçme işlemi 0,01 mm hassasiyetindeki dijital göstergeli mikrometre yardımı ile yapılmıştır.

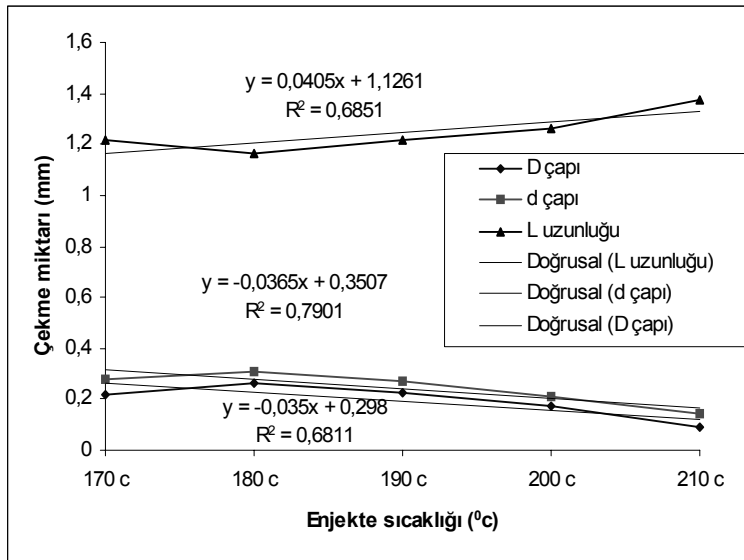


Şekil 3. Enjekte edilen numune

#### 4.1. Deneysel Sonuçlar

##### 4.1.1. Enjekte Sıcaklığının Çekmeye Etkisi

Elde edilen deney sonuçlarına göre plastik malzemelerin enjekte sıcaklığından etkilendiği tespit edilmiştir. Şekil 4’ deki grafikte L uzunluğundaki çekme miktarı, çaplardaki çekme miktarlarından büyük olduğu görülmektedir.

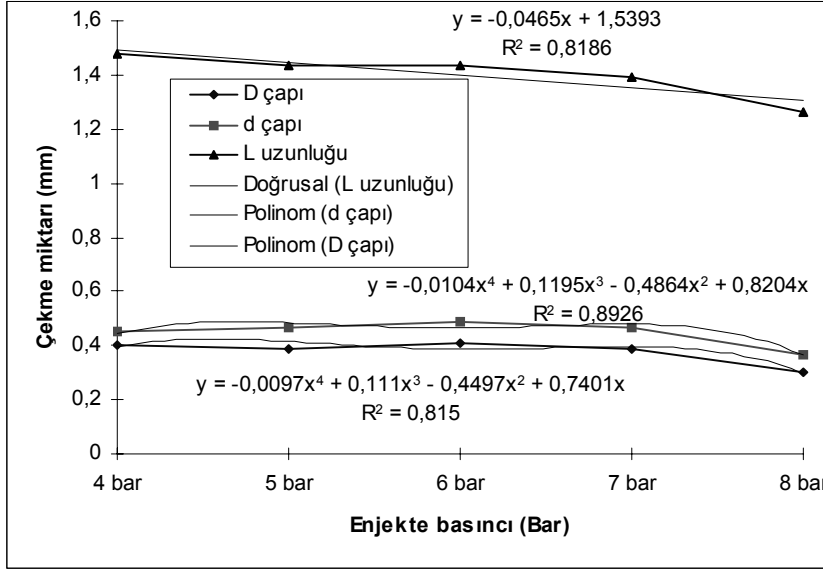


Enjekte sıcaklığı (°C)	Çekme miktarı (mm)		
	D çap	d çapı	L uzu.
170	0,217	0,278	1,218
180	0,264	0,305	1,166
190	0,225	0,271	1,218
200	0,17	0,208	1,265
210	0,089	0,144	1,371

Şekil 4. Enjekte sıcaklığının çekmeye etkisi

Enjekte edilen plastik parçaların tüm yüzeylerde eşit soğutulmaması nedeni ile ürünün iç kısmının (merkezinin), dış kısmından daha geç soğuduğu tespit edilmiştir. Bundan dolayı, büyük ve küçük çaplardan elde edilen çekme miktarının aşağıya doğru azalma göstermesi yanlıtıcı bulunmuştur (Şekil 4). Parçanın dış yüzeyi kalıpla temas ettiğinden dış kabuk çabuk soğumakta ve sertleşmekte, iç bölgede bulunan eriyik haldeki plastik soğumaya başladıkça sert dış kabuğu içeriye doğru çekmeye çalışmaktadır. Sert olan kısım içeriye doğru büzülemediğinden, iç bölgedeki eriyik plastik dış kısma doğru yönelmekte ve orta merkez kısmının boşaldığı elde edilen numunelerin dikine kesilmesiyle tespit edilmiştir.

#### 4.1.2. Enjektörde Basıncının Çekmeye Etkisi



Enjektör basıncı (Bar)	Çekme miktarı (mm)		
	D çapı	d çapı	L uzun.
4	0,404	0,453	1,477
5	0,39	0,465	1,432
6	0,412	0,486	1,434
7	0,384	0,469	1,391
8	0,299	0,365	1,265

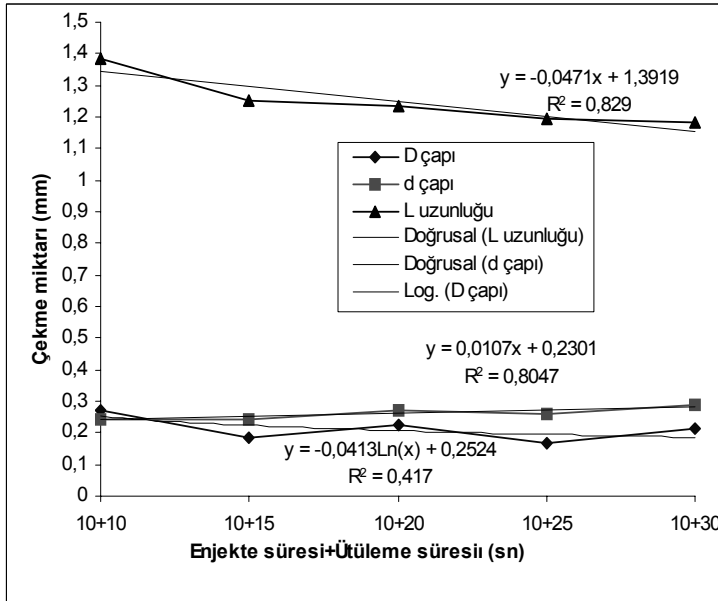
Şekil 5. Enjektörde basıncının çekmeye etkisi

Enjektör basıncı artırıldıkça ilk yapılan deneyde olduğu gibi çekme miktarında bir düşme tespit edilmiş fakat Şekil 5' deki grafikte görüleceği gibi, hafif ölçü dalgalanmaları burada da tespit edilmiştir. Yüksek basınçlara doğru çekme miktarının azaldığı özellikle 7 bar' dan sonra hızlı düşüş gösterdiği gözlenmiştir.

D çapının ölçüsü 13,12 mm, d çapının ölçüsü 8.18 mm olmasına rağmen çekme miktarlarının birbirlerine çok yakın olduğu tespit edilmiştir. Parçanın iç kısmına bakıldığında ısı dağılım merkezinde ve alın yüzeyinde çukurlaşmalar ve boşluklar oluştuğu görülmüştür. Parça D çapının et kalınlığı fazla olduğundan çekme miktarının fazla olması beklenirken parçanın dış yüzeyi erken soğuduğundan, iç bölgelerdeki plastik, soğumaya başlamasıyla beraber dış bölgelere doğru çekilmiştir. İç bölgelerde en son soğumanın oluştuğu merkezlerde çukurlaşmalar ve boşluklar oluşmuştur.

#### 4.1.3. Kalıplama Zamanının Çekmeye Etkisi

Kalıplama zamanının artması, plastik üzerinde az da olsa çekme miktarının azalmasına yol açmakta ve ürünün kalıptan çıktıktan sonra çarpılmasını önlemektedir. Sert dokulu plastiklerde kalıplama zamanının fazla olması ve çabuk soğutulmuş kalıptan çıkan ürünün kalıbı sıcakak maça gibi bir bölgesinin olması, ürünün çatlamasına yol açtığı bilinerek maçalı kalıp tercih edilmiştir.



Kalıplama süresi 10+(sn)	Çekme miktarı (mm)		
	D çapı	d çapı	L uzun.
10	0,273	0,244	1,387
15	0,184	0,245	1,253
20	0,225	0,271	1,237
25	0,168	0,262	1,196
30	0,214	0,289	1,18

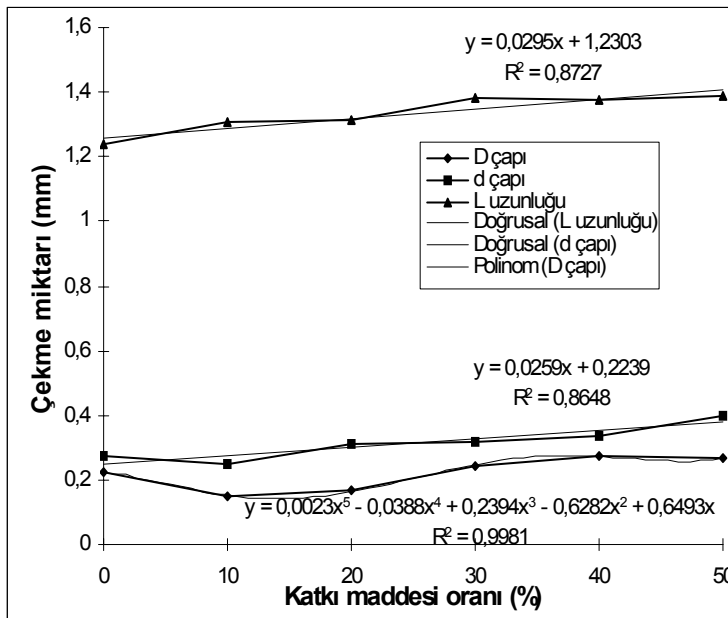
Şekil 6. Kalıplama zamanının çekme miktarına etkisi.

Şekil 6' da görülen kalıplama zamanının ilk 10 sn' si enjekte süresi, kalan zaman ise ütleme zamanı olarak ayarlanmıştır. İlk deneylerde gözlenen enjeksiyon süresinin sabit tutulmayışının deney sonuçlarına olabilecek olumsuz etkisi bu deneyde tekrarlanmamıştır. Enjeksiyon süresi 10 sn' e olarak sabit tutulmuş, ütleme zamanı 10 sn' den başlayarak 30 sn' ye kadar 5 sn aralıklarla değiştirilmiştir.

Şekil 6' da görüldüğü gibi, L uzunluğunda ve D çapında çekme miktarının azaldığı, d çapında ise çekme miktarının arttığı görülmektedir. Burada, parçanın kalıp içerisinde soğuması süresi arttıkça D çaplarından dış kısımlara doğru (L eksenli boyunca) soğuma süresince çekilme meydana gelmiştir. L boyu soğumayla beraber gelen D çaplarındaki çekme gerilmesine karşı uzamış, d çapı küçülmüştür.

#### 4.1.4.Katkı Maddesi Oranının Çekmeye Etkisi

Düşük yoğunluklu plastik ile yüksek yoğunluklu plastik ağırlık yüzdesi olarak karıştırılmış ve bu karışımlardan elde edilen granül hazneye doldurularak sırayla enjekte edilmiştir. Her karışım için 20 numune basılmıştır. Farklı karışımlara geçişte, silindir, meme ve bir önceki numuneler için hazırlanan karışımın yer aldığı bütün yollar temizlenmiştir.



Katkı maddesi oranı(%)	Çekme miktarı (mm)		
	D çap	d çapı	L uzu.
0	0,225	0,271	1,237
10	0,151	0,254	1,308
20	0,167	0,311	1,312
30	0,244	0,32	1,38
40	0,274	0,338	1,375
50	0,269	0,398	1,39

Şekil 7. Katkı maddesi oranının çekme miktarına etkisi

Katkı maddesi oranı arttıkça parça çekme miktarının arttığı tespit edilmiştir. Yüksek yoğunluklu polietilen malzemesinin çekme miktarı, düşük yoğunluklu polietilen malzemesine nazaran daha fazla olduğundan çekme miktarı artmasının bundan kaynaklandığı yorumu yapılmıştır. Şekil 7' de katkı maddesi %10' dan başlamış çekme miktarı her üç ölçüm bölgesinde düşük çıkmıştır. Katkı maddesi %10 kademeli olarak artırılmış ve çekme miktarı da paralel olarak artmıştır.

## 5. SONUÇ

Plastik enjeksiyon kalıplılığında sıcak malzemenin soğuması ve üzerinden basıncın kalkmasıyla ister istemez çekme (büzülme) meydana gelmektedir. Bu çekme miktarını mümkün olduğu kadarıyla azaltmak, ürünün fonksiyonel yapısını ve ömrünü bozmayacak değerlere çekmek mümkündür. Basınç, sıcaklık, katkı maddeleri, kalıplama ve soğutma zamanı gibi enjekte parametrelerinin çekme miktarına etkileri araştırılarak mümkün olan en az çekme miktarı ile plastik parçalar üretilebilmektedir. Ürün özellikle tam ölçüsünde isteniyorsa, kalıp çekme miktarı kadar büyük yapılmalıdır. Tam ölçüye getirme işlemi, incelenmiş olan parametrelerin etkisi dikkate alınarak yapılan değişikliklerle sağlanmaktadır.



Enjektörde sıcaklığının, enjektörde basıncının, kalıplama süresinin ve katkı maddesi miktarının I 20-3 plastik ürünlerde çekme miktarına olan etkileri araştırılmış ve elde edilen sonuçlar aşağıya maddeler halinde çıkarılmıştır.

1. Enjektörde sıcaklığı ve katkı maddesi oranı arttıkça çekme miktarı artmakta, enjektörde basıncı ve ütüleme zamanı arttıkça çekme miktarı azalmaktadır.
2. Enjektörde zamanının az tutulmasının, numuneye tam dolgunluk ve homojenlik vermediği tespit edilmiştir. Ütüleme zamanı kısa tutulduğunda, ürün yeteri kadar soğutulmamış olarak elde edilmekte ve ürün üzerinde itici pimlerin derin izlerinin olduğu görülmüştür. Çıkan ürünün dışarıda soğumasıyla çarpılmaların olduğu tespit edilmiştir.
3. Ütüleme zamanı uzun tutulduğunda, ürün kalıp içinde soğumakta, çarpılmalar engellenmekte ve çekme miktarı azalmaktadır. Ütüleme zamanının uzun tutulmasının dezavantajı, maçalı kalıplarda plastik malzeme fazla soğutulduğunda çekme miktarı artmaktadır. Böylece, kalıp içerisindeki plastik malzemede çatlaklar oluşmakta ve ürün kusurlu olarak dışarı çıkmaktadır. Ütüleme süresinin artması parça üretim maliyetinin artmasına sebep olmaktadır.
4. Plastik enjeksiyonda kullanılan malzemelerin çekme miktarları, ürünlerdeki çekme miktarını doğrudan etkilemektedir. Katkı maddesinin artırılmasıyla ürünün kalıp içinde ilk soğuyan plastik bölgelerinde, bölgesel çekme daha belirgin oluşmakta ve hatta ürünün içinde boşlukların oluşmasına sebep olmaktadır.
5. Plastik katkı maddesinin artırılmasıyla parça parlak renkli ve sert dokulu özellik kazanmıştır.
6. Enjektörde basıncının artırılması, makineye ve kalıba gelen kuvveti artırmakta makine ve kalıbın çalışma ömründen önce arıza vermesine neden olabilmektedir.
7. Enjektörde basıncının artırılmasıyla, basınç oluşturmak için fazladan enerji harcanmakta ve bu durum parça üretim maliyetini artırmaktadır.
8. Enjektörde sıcaklığının artırılması; fazladan enerji sarfiyatına yol açtığı gibi, fazladan soğutmaya ihtiyaç duyulmasıyla ürün maliyetinin artacağı tespit edilmiştir.
9. Enjektörde sıcaklığının artırılması, soğutma süresini ve parça üretim zamanını artırmıştır.
10. Kalıplama zamanının artırılmasıyla, ürün için üretim süresi, soğutma enerjisi, amortisman giderleri ve işçilik artmakta ve bu durum maliyeti olumsuz yönde etkilemektedir.

Çalışmayla enjeksiyon parametrelerinin I 20-3 polietilen malzemesi üzerinde etkileri araştırılmıştır. Araştırmacılar diğer plastikler içinde enjeksiyon parametrelerini değiştirmek suretiyle, plastik malzemelerin çekme miktarının nasıl etkilendiği gözlemlenmelidir. Çekme miktarı hesaplaması yapan araştırmacıların ürünün et kalınlığına dikkat etmesi gerektiği ortadadır. Araştırmada et kalınlığı konusuna değinilmemiş, lokal çekmeler incelenmemiş, sadece çizilen çerçeve içinde elde edilen gözlemler aktarılmıştır.

## KAYNAKLAR

1. Rosat, O., Donald, U., 1999, **Injection Molding Handbook**, Second Edition, Kluwer Academic Publishers, Boston/London.
2. Pye, P. G. W., 1998, **Injection Mold Design**, Fourth Edition, John Wiley & Sons Inc., New York.
3. Buckleitner, E. V., 1995, **Plastic Mold Engineering Handbook**, 5. Ed., Chapman & Hall, New York.
4. Menges, G., Mohren, P., 1983, **How To Make Injection Molding**, Hanser Publisher, New York.
5. Turaçlı, H., 2000, **Enjeksiyon Kalıp İmalatı**, PAGEV Yayınları, İstanbul
6. Akyüz, Ö. F., 1999, **Plastikler ve Plastik Enjeksiyon Teknolojisine Giriş**, PAGEV Yayınları, İstanbul
7. Çakır, Yavuz, 2000, I 20-3 Polietilen Üretilen Parçada Çekme Miktarına Etki Eden Enjeksiyon Parametrelerinin Araştırılması, **Yüksek Lisans Tezi, Gazi Ün. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara
8. F. Mark, M. Bikales, G. Overberger, G. Menges, 1989, **Encyclopaedia of Polymer Science and Engineering**, Wiley Interscience, New York.
9. Kohan, I. M., 1995, **Naylon Plastics Handbook**, Hanser/ Gardner Publications, Inc., Cincinnati.
10. Michaeli, Greif, Kaufmann, Vossebürger, 1995, **Training in Plastic Technology**, Hanser/ Gardner Publications, Inc., Cincinnati.
11. Carly, F. J., Levy, S., 1989, **Plastics Extrusion Technology Handbook**, Second Edition, Industrial Press, Inc., New York.
12. Henser, F., 1997, **Plastics Extrusion Technology**, 2<sup>nd</sup> Edition, Hanser/ Gardner Publications, Inc., Cincinnati.



13. Osswald, A. T., 1998, **Polymer Processing Fundamentals**, Hanser/ Gardner Publications, Inc., Cincinnati.
14. Cappelletti, R. M., 1995, **International Plastics Handbook**, 3<sup>rd</sup> Edition, Hanser/ Gardner Publications, Inc., Cincinnati.
15. Lee, Ho-sang, 1999, In-Plane Deformation Analysis of Plastic Parts in the Injection Molding Process, **Journal of Injection Molding Technology**, Vol 3, No 1, 11-20
16. Chang, Tao C Faison, Ernest, 1999, Optimisation of Weld Line Quality in Injection Molding Using an Experimental Design approach, **Journal of Injection Molding Technology**, Vol 3, No 2, 61-66
17. Coughlin, J., 1992, Melt-Temperature detection problems you may know you have, **Modern Plastics Magazine**, Pp 101-105.
18. Jaworski, J. M., 1997, Usin CAS Injection Molding Simulation Predict Overpack, Voids and Sing, **ANTEC' 97**, 1161 33642-3646
19. Kim, S. J., Lee (SNU), K., Kim(LH) Y. L., 1996, Optimisation of Injection Molding Conditions Using Genetic Algorithm, **Proc Spie**, Vol 2644 173-180
20. Öz, U, 1997, Bilgisayar Destekli Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarımı, **Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul
21. Wang, H., Prystay ,M., Hetu, F-J., Jen, C. K., 1996, Gap Between Mold and Part and Its Effect on Cooling of Injection-molded Plastics, **ANTEC' 96**,1049-1053.
22. Lam, L.C., Seam L. W., 1997, Optimisation flow in plastic injection molding, **Journal of Materials Processing Technology**, Vol 72, No 1, 333-341.
23. Rezayat, M., Stafford, O. R., 1991, A Thermoviscoelastic Model for Residual Stress in Injection Molded Thermoplastics, **Polymer Engineering and Science**, Vol 31, No 6, 393-398.
24. Deveci, Kemal, 1977, **Plastik Kalıp Konstrüksiyonu**, Teknik Öğretmen Okulu, Ankara.
25. Wang, K.K., Hieber, C. A. and Chiang H. H., 1991, A Unified Simulation of the Filling and Postfilling Stages in Injection Molding. Part I: Formulation, **Polymer Engineering and Science**, Vol 31, No 2, 116-124.
26. Tamma, K. K., Dowler, B. L. ve Railkar, S. B., 1988, Computer Aided Applications to Injection Molding: Transfinite / Finite Element Thermal / Stress Response Formulations, **Polymer Engineering and Science**, Vol 28, No 7, 421-428.
27. Akay, S. ve Özden, S., 1996, Prediction of Process-Induced Warpage in Injection Molded Thermoplastics, **Polymer Engineering and Science**, Vol 36, No 13, 1839-1846.
28. Dininger, J., 1994, Three Critical Measurements on Injection Molding Processes, **Polymer Engineering and Science**, Vol. 37, No 6, 2159-2164.
29. TURGUT, N., 1994, Termoplastik Esaslı Makine Parçalarının İmalinde Kullanılan Enjeksiyon Kalıplarının Soğutulması, **Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi**, İstanbul .
30. Kovarski, L. A., 1994, **Molecular Dynamics of Additives in Polymers**, Utrecht, The Netherlands.
31. Sepe, P. M., 1998, **Dynamic Mechanical Analysis for Plastics Engineering**, Plastics Design Library, Norwich.
32. Brydson, J. A., 1975, **Plastic Materials**, London.
33. Douglas M. Bryce, 1991, **Thermoplastic Troubleshooting for Injection Molders**, SPE Series, Pp 15-32.
34. Jeffrey, Dininger, 1997, **Engineering Technologies**, Lorin County Community College, Elyria, Ohio.
35. C-MOLD News, April 1998, **Molding Intelligence**, Vol. 11, No. 1.
36. PETKİM, 1977, **(I 20-3) ve (I 668) polietilen malzeme katalogu**, İzmit/Yarımca
37. ASTM 1238 ve ASTM 1505

## EK 1

Çok kullanılan plastik malzemeler ve enjekte sıcaklıklarındaki çekme değerleri [28].

Malzemenin adı ve Sembolü	İşleme Sıcaklığı °C	Kalıp sıcaklığı °C	Enjeksiyon Basıncı kPa/cm <sup>2</sup>	Çekme Payı (%)
Polietilen düşük yoğunluklu (PELD)	220-260	20-60	600-1500	1,5-3
Polietilen yüksek yoğunluklu (PEHD)	240-280	20-60	600-1500	2-4
Polipropilen (PP)	250-270	50-75	800-1800	1-2,5
Polistiren (PS)	180-280	10-100	600-1800	0,3-0,6
Stirol akrilnitril Kopolimer (SAN)	180-270	50-80	600-1800	0,5-0,7
Polivinilklorür sert (PVC)	180-210	30-50	1000-1800	0,5
Polimetilmetakrilat (PMMA)	210-240	50-70	700-1000	0,1-0,8
Poliamid 6 (PA)	240-260	70-120	900-1400	0,5-2,2
Poliamid 6,6 (PA)	260-290	70-120	900-1400	0,5-2,2
Polieksimetilen POM	200-210	90	800-1700	1,9-2,3
Polikarbonat (PC)	280-320	80-100	800-1500	0,8
Politereftalasitester (PBTB)	240-260	60-80	1000-1200	1,5-2,5
Politereftalasitester (PETB)	260-290	140	1200-1400	1,2-2
Selilozasetat (CA)	180-230	50-80	800	0,5
Selilozasetabutirat (CAB)	180-230	50-80	800	0,5

## EK 2

## En sık kullanılan giriş tipleri

