



Plastik Enjeksiyon Kalıplarında PVC (Polivinil Klorür) ve PC (Polikarbonat) İçin En Uygun Kalıp Çeliği Seçimi

Hüseyin Veli DÖNDÜREN¹, Süleyman Serhat KARACASULU*²

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi, 32200, Isparta

²Konya Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Plastik Teknolojisi, 42090, Konya

(Alınış Tarihi: 19.02.2015, Kabul Tarihi: 31.07.2015)

Anahtar Kelimeler

Polimer
Çelik
Sertlik
Çekme dayanımı
Viskosite
Yoğunluk

Özet Her geçen gün, plastiklerin insanoğlunun yaşamındaki kullanım alanının daha da artmasıyla, plastik sektörü gelişerek günümüze kadar gelmiştir. Artan talep ve rekabet ortamından dolayı plastik teknolojisi gelişmeye hızla devam etmektedir.

Ülkemiz de, sektördeki konumunu koruyarak daha da büyümek için plastik teknolojisi üzerindeki çalışmalar hızla devam etmektedir. Yapılan bu çalışmalarda takviyeli plastikler, ısı, sıcaklık, basınç gibi değişkenler üzerinde çalışmaktadır. Ancak kalıp çeliği seçimine dair yapılan çalışmalar yok denecek kadar azdır.

Bu çalışmada PVC (Polivinil Klorür) ve PC (Polikarbonat) polimerleri; AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliği, AISI P20 plastik kalıp takım çeliği, AISI H11 sıcak iş takım çeliği ve AISI Ç1040 karbon çeliğinden yapılmış plastik enjeksiyon kalıplarına enjekte edilmiştir. Elde edilen ürünlerde sertlik, yoğunluk, çekme dayanımı ve anorganik dolgu yüzdesi (kül) deneyleri yapıldı. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak yorumlandı ve en uygun kalıp çeliğine karar verildi.

Esnek PVC numunelerinin Shore A sertlik değerleri, AISI Ç1040 karbon çeliği için 69,5, diğerleri için 68 olarak ölçülmüştür. Yoğunluk değerlerinde hepsinde 1,183 gr/cm³ olarak ölçülmüştür. Çekme gerilmesi sonuçları AISI Ç1040 karbon çeliğinde 7,873, AISI P20 plastik takım çeliğinde 7,615, AISI H11 sıcak iş takım çeliğinde 7,702, AISI 420F paslanmaz plastik takım çeliğinde ise 8,167 N/mm² olarak gözlemlenmiştir.

PC numunelerinin Shore D sertlik değerleri, AISI Ç1040 karbon çeliği için 80, AISI P20 plastik takım çeliğinde 81,3, AISI H11 sıcak iş takım çeliğinde 83,3, AISI 420F paslanmaz plastik takım çeliğinde ise 82,6 olarak ölçülmüştür. Yoğunluk değerleri AISI Ç1040 karbon çeliğinde 1,197, AISI P20 plastik takım çeliğinde 1,199, AISI H11 sıcak iş takım ve AISI 420F paslanmaz plastik takım çeliğinde 1,198 gr/cm³ olarak tespit edilmiştir. Çekme gerilmesi sonuçları AISI Ç1040 karbon çeliğinde 63,962, AISI P20 plastik takım çeliğinde 62,217, AISI H11 sıcak iş takım çeliğinde 62,217, AISI 420F paslanmaz plastik takım çeliğinde ise 55,132 N/mm² olarak gözlemlenmiştir.

The Selection of the Most Suitable Mold Steel for PVC (Polyvinylchloride) and PC (Polycarbonate) in Plastic Injection Molds

Keywords

Polymer
Steel
Hardness
Tensile strength
Viscosity
Density

Abstract: With each passing day, the use of plastics in the life of human beings with a further increase of the field, the plastics gligibly small. In this study, PVC (Polyvinyl Chloride) and PC (Poindustry has evolved to the present day. Because of increased demand and competition, plastics technology continues to evolve rapidly. Work on the plastic technology to further grow while maintaining its position in the industry in our country are continuing. In these studies reinforced plastics, heat, temperature, pressure such variables has been working on. But

studies on the choice of mold steels are nelycarbonate) polymers was injected into plastic injection molds which is made of AISI 420F stainless plastic mold tool steel, AISI P20 plastic mold tool steel, AISI H11 hot work tool steel and AISI 1040 carbon steel. Hardness, density, tensile strength and the percentage of inorganic fillers experiments were performed for the products obtained. The results obtained were interpreted by comparing and the selection of the most suitable mold steel was decided.

Shore A hardness values of Flexible PVC samples, was measured as 80 for AISI Ç1040 carbon steel, 68 for others. In all the density values 1.183 g/cm³ was measured. The results of tensile stress was observed as 7.873 on AISI Ç1040 carbon steel, 7.615 on AISI P20 plastic tool steel, 7.702 on AISI H11 hot work tool steel, and 8.167 N / mm² on AISI 420F stainless plastic tool steel.

Shore D hardness values of PC samples, was measured as 80 for AISI Ç1040 carbon steel, 81.3 on AISI P20 plastic tool steel. 83,3 on AISI H11 hot work tool steel, and 82,6/ mm² on AISI 420F stainless plastic tool steel. Density values was measured as 1,197 on AISI Ç1040 carbon steel, 1,199 on AISI P20 plastic tool steel, 1,198 on AISI H11 hot work tool steel and AISI 420F stainless plastic tool steel. The results of tensile stress was observed as 63,962 on AISI Ç1040 carbon steel, 62,217on AISI P20 plastic tool steel, 62,217on AISI H11 hot work tool steel, and 55,132 N / mm² on AISI 420F stainless plastic tool steel.

1. Giriş

Çok çeşitli ad ve şekilleri bulunan plastik, termik özellikleri bakımdan şu iki gruptan biri içine girer: Termoplastikler ve Termoset plastikler. Isıtma ve soğutma işlemini birkaç defa tekrarlayarak termoplastiğe yeniden çeşitli biçimler verilebilir (Swanson, 1971). Polimer mer adı verilen moleküllerin birleşmesiyle oluşan molekül zincirlerdir. Termoplastiği oluşturan bu zincirleri bir arada zayıf Van Der Vals kuvvetleri tutarlar. Plastik ısıtıldığında bu zayıf kuvvetler daha da zayıflar ve kaybolurlar. Buna bağlı olarak plastik esneklemeye (kauçuk gibi davranmaya), daha sonra da sıcaklık miktarına bağlı olarak akmaya başlar (Turaçlı, 1999). Bu da plastiğin biçimlendirilebilmesini sağlayan özelliğdir.

Şu anda plastik malzemeleri biçimlendirmede "basınçlı kalıplama, döner kalıplama, döküm kalıplama, basınçta ısı ile biçimlendirme, şişirme ve enjeksiyon kalıplama da denilen" teknikler kullanılmaktadır. İşte püskürtmeli kalıplama ya da enjeksiyon kalıplama da denilen plastik enjeksiyon işlemi, plastik eşya üretiminde kullanılan ve kullanımı her geçen gün diğerlerine göre artan en önemli metotlardandır. Hammaddenin tek bir işlemle istenen şekilde kalıplanabilmesini sağlaması ve birçok durumda imal edilen ürün için son işlem uygulamaları gerektirmemesi, bu metodu seri imali için oldukça uygun bir hale getirmektedir (Akyüz, 2006).

Enjeksiyon ünitesinin yani enjeksiyon grubunun ana amacını, plastik malzemeyi eritmek ve kalıba basmak

şeklinde özetleyebiliriz. Enjeksiyon işleminin en önemli elemanlarından biri, belki de en önemlisi kalıptır. Çünkü enjeksiyon kalıba yapılır (Akyüz, 2006).

Kalıplama koşulları veya işleme parametreleri plastik enjeksiyon kalıplama için önemli bir rol oynar. Kalıplama koşulları da kalıplama işlemi verimliliğini, döngü süresi ve enerji tüketimini etkiler. Kalıplama koşullarının: malzemeler, parça tasarımı ve kalıp gibi diğer faktörler ile plastik ürünlerin kalitesini belirleme konusunda yakın bir ilişkisi var. Kalıplama koşulları: erime sıcaklığı, kalıp sıcaklığı, dolma zamanı, enjeksiyon süresi ve paketleme basıncı gibi önemli parametreleri içermektedir (Dang, 2014).

Kalıp seçiminin plastiğin özelliklerine etkisini inceleyen Özçelik ve Özbay, (2011) polipropilen plastiği için kalıp malzemeleri olarak 2000 serisi alüminyum ve Ç1020 serisi çelik kullanmıştır. Deneysel plan için ise Taguchi'nin L9(34) ortogonal tasarımını uygulamıştır. Deney sonuçlarında alüminyum malzemeden elde edilen PP ürünün elastisite modülünü daha düşük elde edilmiştir. Akma ve maksimum eğilme dayanımında ise inişli çıkışlı olarak birbirine yakın değerler elde edilmiştir.

Kalıp çeliklerinin plastik üzerindeki etkisini inceleyen çalışmaların yetersiz olması ve plastik kalitesi üzerinde önemli bir etkisinin olmasından dolayı araştırmanın amacı plastik enjeksiyon kalıplarında yapılan üretimlerde oluşan sorunları en aza indirmek ve kaliteyi artırma konusunda çalışmalar yapmaktır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Deneyde Kullanılan Malzemeler

Deneyleerde takviyesiz granül halde polikarbonat (PC) ve esnek polivinil klorür (PVC) plastikleri ile AISI H11 sıcak iş takım çeliği, AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliği, AISI P20 plastik kalıp takım çeliği ve AISI Ç1040 karbon çeliği kullanılmıştır.

Sert, yumuşak, opak ve saydam tipler halinde termoplast bir ürün olarak üretilen PVC özellikle plastikleştirici ile işlenmiş şekilde yaygın olarak kullanılan bir malzemedir (Yaşar,2001). Boru yapımında, kapı ve pencere yapımında, yer karoları gibi diğer inşaat malzemelerinin imalatında, yağmurluk yapımında, elektirik ızalasyonunda, ayakkabı imalinde, kağıt ve tekstilde, kaplama işlemlerinde, kablo yapımında, şişe ve çeşitli kutuların imalinde kullanılır (Balkır vd., 1992).

Bisfenol A'dan üretilen polikarbonat en geniş ikinci satış hacmine sahip termoplastiktir (Fried, 2003). Amorf bir mühendislik termoplastığı olan polikarbonatın genel amaçlı kalıplama ve ekstrüzyon çeşidinin yanı sıra bazı özellikleri ve işleme karakteristiklerini sağlayan çeşitleri de vardır (Akkurt, 1991).

AISI H11 bir krom molibden-vanadyum alaşımli sıcak iş takım çeliğidir ve aşağıdaki gibi karakterize edilmiştir: Termal şok ve termal yorgunluğa karşı yüksek direnç seviyesi, iyi yüksek sıcaklık mukavemeti, tüm yönlerde mükemmel tokluk ve süneklik, mükemmel tüm sertleştirme özelliği,

sertleşme sırasında iyi boyutsal kararlılık (Uddeholm, 2013). İçindeki elementlerin oranı Tablo 2'de verilmiştir. Fiziksel veriler, Tablo 1'de verilmiştir.

AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliği sertleştirilmiş ve temperlenmiş durumda temin edilen krom alaşımli paslanmaz plastik takım çeliğidir diğer korozyona dayanıklı ön sertleştirilmiş sınıflardan daha yüksek olan bir sertlik derecesi daha dayanıklı bir kalıp ve daha uzun bir ömür sağlar. AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliği aşağıdaki gibi karakterize edilmiştir: iyi korozyon direnci, büyük boyutlarda bile düzgün sertlik, iyi işlenebilirlik (Uddeholm, 2013). İçindeki elementlerin oranı tablo 2'de verilmiştir. Fiziksel verileri Tablo 1'de verilmiştir.

AISI P20 plastik kalıp takım çeliği Cr-Ni-Mo alaşımli birinci sınıf kaliteli vakum ile gaz uzaklaştırılmış çeliktir, sertleştirilmiş ve temperlenmiş olarak şu yararları sunar: sertleştirme riskleri ve maliyeti yok, zaman tasarrufu, örneğin ısı uygulamalar için bekleme yok, düşük takım maliyeti, değişiklikler kolayca gerçekleştirilebilir. Sonradan yüzey aşınma direnci arttırmak için nitrürlenebilir veya yüzey hasarını azaltmak için alevle sertleştirilebilir içindeki elementlerin oranı Tablo 2'de verilmiştir. (Uddeholm, 2013). Fiziksel verileri Tablo 1'de verilmiştir.

AISI Ç1040 karbon çelikleri alaşımli çeliklerdir. İçerdikleri yüksek oranda karbon miktarından dolayı karbon çelikleri olarakta bilinirler (Merritt ve Ricketts, 2000). İçindeki elementlerin oranı Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Çeliklerin fiziksel verileri (Uddeholm, 2013)

AISI	H11			420F		P20	
Sıcaklık °C	20	200	400	20	200	20	200
Yoğunluk kg/m ³	7800	7750	7700	7700	-	7800	7750
Termal genişleme katsayısı	-	11,6 x 10 ⁻⁶	12,4 x 10 ⁻⁶	-	10,8 x 10 ⁻⁶	-	12,7 x 10 ⁻⁶
Her bir °C tan 20 °C'a							
Isıl İletkenlik W/m °C	-	30	30	-	24	-	28
Elastisite Modülü Mpa	210000	200000	180000	215000	205000	205000	200000
Özgül ısı kapasitesi	-	-	-	460	-	460	-

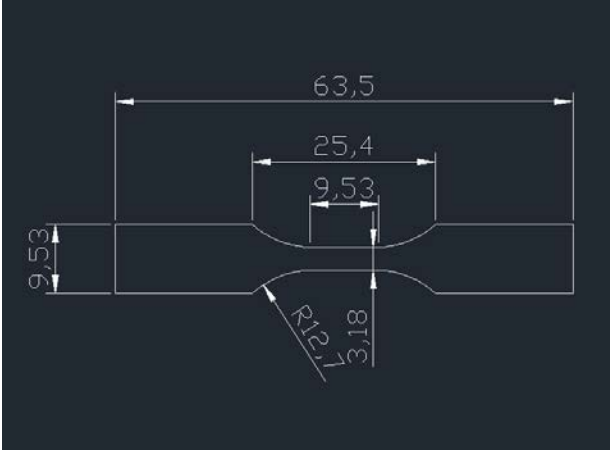
Tablo 2. Çeliklerin kimyasal içerikleri

AISI	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	S	N	P
H11	0,36	0,3	0,3	5	1,3	0,5	-	-	-
420F	0,12	0,2	1,3	13,4	0,5	0,2	0,1	+	-
P20	0,37	0,3	1,4	2	1	0,2	-	-	-
Ç1040	0,37/0,44	-	0,6/0,9	-	-	-	0,05	-	0,04

2.2. Makine Enjeksiyon Kalıplarının Üretimi

Kalıpların üretimine başlamadan önce ilk olarak deneyleerde kullanılacak ürünlerin boyutlarına uygun

kalıp boşluklarına göre kalıp tasarımı için Solidworks programı kullanıldı. Çekme deneyi için ASTM D638-10 standartına göre çizilmiş çekme deneyi numunesinin ölçüleri Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. AutoCad programında çizilmiş çekme deneyi numunesi

Sertlik deneyi için 35x35x4 mm, yoğunluk deneyi için 35x35x2 mm boyutlarında dikdörtgen prizma şeklinde kalıp boşlukları tasarlandı. Dişi plaka kalıp boşluklarının sığacağı şekilde 120x120 mm yolluk enjeksiyonun yapılacağı enjeksiyon makinesi ve erkek kalıbın yüksekliğinin dikkate alınmasıyla dış çap 28 mm, yolluk derinliği 72 mm, giriş ağız çapı 5 mm, çıkış ağız çapı 8 mm olarak tasarlandı. Dişi plaka kalıp boşluklarının hepsini alacak şekilde 120x120 mm ölçülerinde tasarlandı. Isınmanın etkisini görmek için Hava cep ve tahliye kanalları yapılmadı.

Tasarım aşamasından sonra CNC, torna, freze ve matkap kullanılarak imalatı yapıldı.

2.4. Enjeksiyon Parametreleri

Tablo 3'te PVC ve PC plastiklerinin enjeksiyonları için uygulanan parametreler verilmiştir.

Tablo 3. Enjeksiyon parametreleri

	PVC	PC
3. Rezistans sıcaklığı	160 °C	260 °C
4. Rezistans sıcaklığı	20 sn	280 °C
Meme sıcaklığı	15 °C	15 °C
Soğuma zamanı	20 sn	15 sn
Ütüleme süresi	5,5 sn	6 sn
Enjeksiyon basıncı	60 bar	60 bar
Mal alma cetveli	43 cm	43 cm

Şekil 2'de enjeksiyon işlemi sonrası elde edilen çekme deneyinde kullanılacak numune verilmiştir.



Şekil 2. AISI H11 sıcak iş takım çeliğinden edilen çekme deneyinde kullanılacak PVC numunesi

2.5. Deneyler

Yapılan tüm deneylerde ortam sıcaklığı 22-23 °C ve bağıl nem % 60-62 arasında değişmiştir ve tüm kalıplardan 30. basımda elde edilen numuneler üzerinde deneyler yapılmıştır. Shore D sertlik deneyi için 50 N, Shore A sertlik deneyi için 12,5 N gücünde yük uygulanmıştır. Çekme deneyinde ASTM D638-10 standartına göre hazırlanmış numuneler PC için 5 mm/dk., PVC için ise 12,5 mm/dk. çekme hızı seçilmiştir.

3. Bulgular

PVC numunesine ait Shore A, yoğunluk ve çekme gerilmesi deney sonuçları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. PVC deney sonuçları

	AISI	Ç1040	H11	P20	420F
Shore A		69,5	68	68	68
Yoğunluk gr/cm ³		1,183	1,183	1,183	1,183
Çekme gerilmesi N/mm ²		7,873	7,702	7,615	8,167

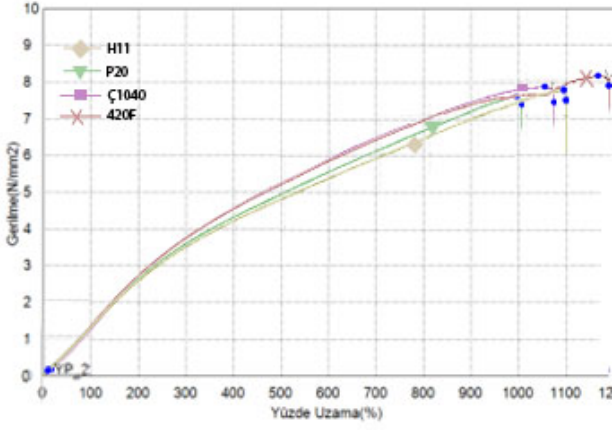
PC numunesine ait Shore A, yoğunluk, ve çekme gerilmesi Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. PC deney sonuçları

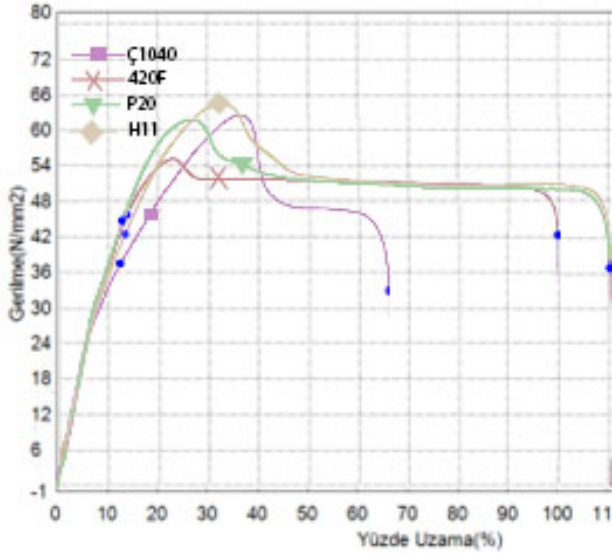
	AISI	Ç1040	H11	P20	420F
Shore D		80	83,3	81,3	82,6
Yoğunluk gr/cm ³		1,197	1,198	1,199	1,198
Çekme gerilmesi N/mm ²		63,962	64,754	62,217	55,132

3.1. Çekme Deneyi Grafikleri

Her bir kalıptan ayrı ayrı basılan PVC numunelerinin çekme deneyi sonuçları Şekil 3, PC numunelerinin ise Şekil 4'te görülmektedir.



Şekil 3. PVC çekme deneyi grafiği



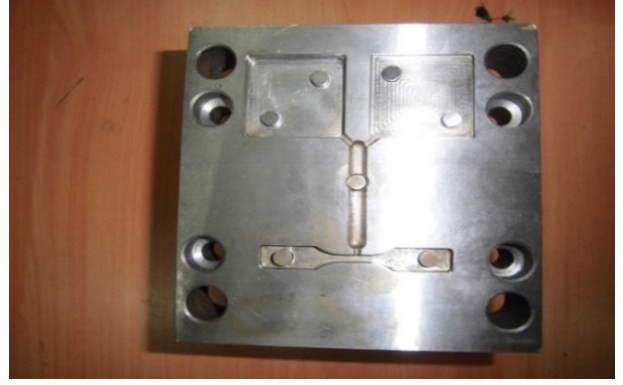
Şekil 4. PC çekme deneyi grafiği

3.2. Enjeksiyon Sonrası Kalıp Çeliklerindeki Değişimler

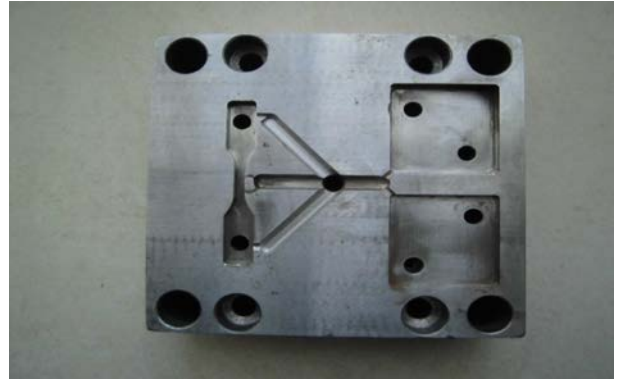
PVC ve PC enjeksiyonundan sonra özellikle PVC'nin korozyif özelliğinden dolayı kalıplarda farklı miktarlarda korozyon oluşumu görülmüştür. Şekil 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12'de bu oluşumu gösteren fotoğraflar görülmektedir.



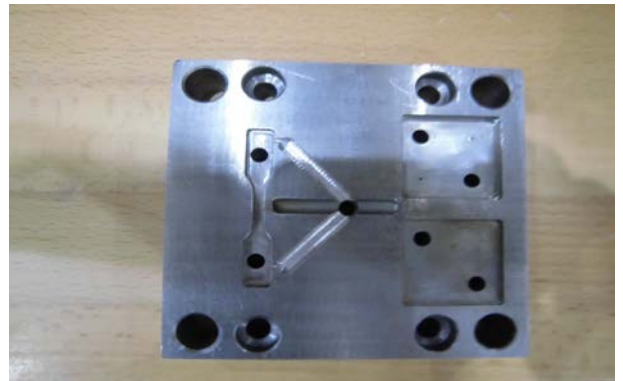
Şekil 5. PVC enjeksiyonu sonrasında AISI Ç1040 karbon çeliğinde oluşan korozyon



Şekil 6. PVC enjeksiyonu sonrasında AISI P20 plastik kalıp takım çeliğinde oluşan korozyon



Şekil 7. PVC enjeksiyonu sonrasında AISI H11 sıcak iş takım çeliğinde oluşan korozyon



Şekil 8. PVC enjeksiyonu sonrasında AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliğinde oluşan korozyon



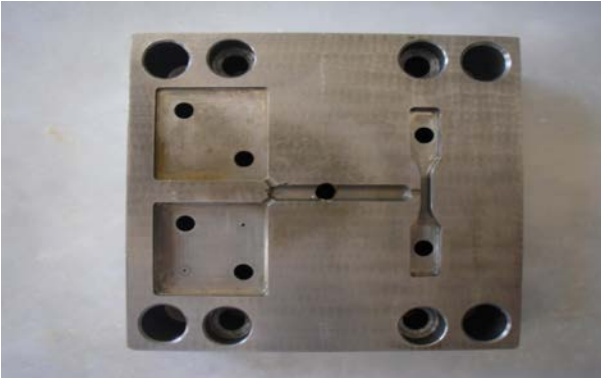
Şekil 9. PC enjeksiyonu sonrasında AISI Ç1040 karbon çeliğinde oluşan korozyon



Şekil 10. PC enjeksiyonu sonrasında AISI P20 plastik kalıp takım çeliğinde oluşan korozyon



Şekil 11. PC enjeksiyonu sonrasında AISI H11 sıcak iş takım çeliğinde oluşan korozyon



Şekil 12. PC enjeksiyonu sonrasında AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliğinde oluşan korozyon

4. Tartışma ve Sonuç

Yapılan deneylerde esnek PVC numunesi AISI Ç1040 karbon çeliğinde enjekte edildiği zaman Shore A sertlik değeri 69,5, AISI P20 plastik kalıp takım çeliğinde 68, AISI H11 sıcak iş takım çeliğinde 68, AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliğinde ise 68 olarak ölçülmüştür.

PVC için en yüksek sertlik değeri diğerlerine oranla yaklaşık % 2,158'lik bir artışla AISI Ç1040 karbon çeliğinde gözlenmiştir. Yalnız yumuşak bir plastik olan PVC için sertlik artışı önemli bir özellik değildir bu yüzden AISI Ç1040 karbon çeliğinin kullanılması

uygun olmayıp çekme deneyi sonuçları bakılması gerekecektir.

Yoğunluk değerlerinde PVC numunelerinde bir değişme olmayıp hepsinde 1,183 gr/cm³ olarak ölçülmüştür.

Çekme deneyi sonuçlarına bakıldığında esnek PVC, AISI Ç1040 karbon çeliğinde enjekte edildiği zaman, yüzde uzama % 1067,99, kopma gerilmesi 7,458 N/mm², akma gerilmesi 0,173 N/mm², çekme gerilmesi 7,873 N/mm², AISI P20 plastik takım çeliğinde yüzde uzama % 1006,58, kopma gerilmesi 7,407 N/mm², akma gerilmesi 0,169 N/mm², çekme gerilmesi 7,615 N/mm², AISI H11 sıcak iş takım çeliğinde yüzde uzama % 1081,79, kopma gerilmesi 7,44 N/mm², akma gerilmesi 0,170 N/mm², çekme gerilmesi 7,702 N/mm², AISI 420F paslanmaz plastik takım çeliğinde ise yüzde uzama % 1189,54, kopma gerilmesi 7,907 N/mm², akma gerilmesi 0,174 N/mm², çekme gerilmesi 8,167 N/mm² olarak gözlemlenmiştir.

Tüm PVC çekme sonuçlarına göre düşük çekme gerilmesi değeri AISI P20 plastik kalıp takım çeliğinde görülmüştür. Çekme gerilmesindeki artışları AISI P20 plastik takım çeliğine göre kıyaslandığında, AISI H11 sıcak iş takım çeliği yaklaşık %1,141, AISI Ç1040 karbon çeliği % 3,396, AISI 420F paslanmaz plastik takım çeliği ise % 7,246 oranında artış göstermiştir. Çekme özelliği açısından AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliği en ideal çeliktir.

PC numunesi AISI Ç1040 karbon çeliğinde enjekte edildiği zaman Shore D sertlik değeri 80, AISI P20 plastik takım çeliğinde 81,3, AISI H11 sıcak iş takım çeliğinde 83,3, AISI 420F paslanmaz plastik takım çeliğinde ise 82,6 olarak ölçülmüştür.

PC için sonuçlara bakıldığında en düşük Shore D sertlik değeri AISI Ç1040 karbon çeliğinde görülmüştür. Sertlik değeri artışlarının kıyaslamasını, AISI Ç1040 karbon çeliğine göre yapıldığında, AISI P20 plastik takım çeliği % 1,625, AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliği % 3,25, AISI H11 sıcak iş takım çeliği ise % 4,125 artış göstermiştir. PC sert bir plastik olduğu için, sertlik özelliğine en fazla katkıda bulunan kalıp çeliği, AISI H11 sıcak iş takım çeliği yüksek bir artış göstermesinden dolayı en uygun kalıp çeliğidir.

PC numunesi AISI Ç1040 karbon çeliğinden elde edilince yoğunluk değeri 1,197, AISI P20 plastik takım çeliğinde 1,199, AISI H11 sıcak iş takım ve AISI 420F paslanmaz plastik takım çeliğinde 1,198 gr/cm³ olarak tespit edilmiştir.

PC en fazla yoğunluğa AISI P20 plastik kalıp takım çeliğinde ulaşmış en az yoğunluk ise AISI Ç1040

karbon çeliğine enjekte edildiği zaman gözlenmiştir. İkisi arasında % 0.167 civarında bir fark oluşmuştur.

PC, AISI Ç1040 karbon çeliğinde enjekte edildiği zaman, yüzde uzama % 64,542, kopma gerilmesi 33,599 N/mm², akma gerilmesi 38,3649 N/mm², çekme gerilmesi 63,962 N/mm², AISI P20 plastik takım çeliğinde yüzde uzama % 110,277, kopma gerilmesi 37,099 N/mm², akma gerilmesi 45,107 N/mm² çekme gerilmesi 62,217 N/mm², AISI H11 sıcak iş takım çeliğinde yüzde uzama % 109,719, kopma gerilmesi 35,902 N/mm², akma gerilmesi 41,406 N/mm², çekme gerilmesi 64,754 N/mm² AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliğinde ise yüzde uzama % 99,034, kopma gerilmesi 41,169 N/mm², akma gerilmesi 44,871 N/mm², çekme gerilmesi 55,132 N/mm² olarak gözlemlenmiştir.

PC çekme deneyi sonuçlarına bakıldığında en düşük çekme gerilmesi değeri 55,132 N/mm² ile AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliğinde görülmüştür. Çekme gerilmesindeki artışları AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliğine göre kıyaslandığında, AISI P20 plastik takım çeliği yaklaşık % 12,852, AISI Ç1040 karbon çeliği % 16,016, AISI H11 sıcak iş takım çeliği ise % 17,453 oranında artış göstermiştir. Çekme özelliği açısından AISI H11 sıcak iş takım çeliği en ideal çeliktir.

Tüm PC için yapılan deney sonuçlarına bakıldığında hem sertlik hem de çekme değerlerinin, diğer kalıp çeliklerinde basılan numunelere göre daha yüksek olmasından dolayı PC için en uygun kalıp çeliğinin AISI H11 sıcak iş takım çeliği olduğu görülmüştür.

PVC yumuşak ve esnek bir plastik olduğu için sertlik özelliğinin bir önemi kalmıyor, bu nedenle çekme deneyi sonuçlarına bakıldığında en yüksek değeri veren AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliği, PVC için en uygun kalıp çeliği olduğu sonucuna varılıyor.

Bu sonuçlardaki farklılık çeliklerin sahip olduğu korozyon dayanımı, termal şok ve termal yorgunluğa karşı yüksek direnç, ısı iletim katsayısı gibi özelliklerin ve çeliklerin bileşiminde bulunan elementlerin oranlarının ve çeşitlerinin farklı olması gibi etkenlerden kaynaklanmaktadır. Örneğin PVC korozif bir polimer olduğu için yüksek korozyon dayanımına sahip olan AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliğinde daha iyi sonuç vermiştir. PC ise enjeksiyon sıcaklığı 280 °C gibi yüksek bir değer olduğu için termal şok ve termal yorgunluğa karşı yüksek direnci iyi olan AISI H11 sıcak iş takım çeliği diğer çeliklere göre daha iyi sonuç vermiştir. Sonuçlara bakıldığında PVC'de en iyi sonucu veren AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliği, PC için aynı etkiyi vermemektedir. Tam tersi durum PC için de geçerlidir. PC'de en iyi sonucu veren AISI H11 sıcak iş takım çeliği PVC'de PC'de olduğu kadar etkili

değildir. Bu durum her plastik için farklı çeliklerin kullanılması gerektiğini gösteriyor.

Teşekkür

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi 3855-YL1-14 nolu proje tarafından desteklenmektedir.

Kaynaklar

Akkurt, S., 1991. Plastik Malzeme Bilgisi. Birsen Yayınevi, 106s, İstanbul.

Akyüz, Ö.F., 2006. Plastikler ve Plastik Enjeksiyon Teknolojisine Giriş. Pagev Yayınları, İstanbul, 36s, 37s, 46s.

Balkır, C., Güran, N., Soyyörük, H.H., 1992, Karadeniz Ekonomik İşbirliği Bölgesi (KEİB) Projesi Çerçevesinde Petrokimya Sanayii. Petkim Yayınları, 22s, İzmir.

Dung, X.P., 2014. General Frameworks for Optimization of Plastic Injection Molding Process Parameters. Simulation Modelling Practice and Theory 41, 15–27.

Fried, J.R., 2003. Polymer Science and Technology. Prentice Hall, 394p, New Jersey.

Merritt, F.S., Ricketts, J.T., 2000. Building Design and Construction Handbook. McGraw-Hill, New York, 4.57p.

Özçelik, A., Özbay, A., 2011. Determination of Effect on the Mechanical Properties of Polypropylene Product of Molding Materials Using Taguchi Method. Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 29, 289-300.

Swanson, R.S., 1971. Plastik Teknolojisi. Çev. Bağcı, M., Erci, G., Karabay, M., Akbaş, A. Milli Eğitim Bakanlığı Mesleki ve Teknik Öğretim Kitapları Etüt ve Programlama Dairesi Yayınları, Ankara, 282s.

Turaçlı, H., 1999. Enjeksiyon Hataları ve Çözümleri. Pagev Yayınları, İstanbul, 12s.

Yaşar, H., 2001. Plastikler Dünyası. TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yayınları, 132s, Ankara.

Uddeholm, 2013. http://www.uddeholm.com/files/PB_impax_supreme_english.pdf (Erişim Tarihi: 19.04.2014).

Uddeholm, 2013. http://www.uddeholm.com/files/PB_Uddeholm_ram_ax_hh_english.pdf (Erişim Tarihi: 19.04.2014).

Uddeholm, 2013.
http://www.uddeholm.com/files/PB_Uddeholm_vida_r_superior_english.pdf (Erişim Tarihi: 19.04.2014).

Semboller

°C	Santigrat
cm	Santimetre
cm ³	Santimetre küp
Cr	Krom
dk.	Dakika
J	Joule
Kg	Kilogram
Mo	Molibden
mm	Milimetre
mm ²	Milimetre kare
Mn	Mangenez
MPa	Megapaskal
N	Azot
Ni	Nikel
PC	Polikarbonat
PP	Polipropilen
PVC	Polivinil klorür
S	Kükürt
Si	Silisyum
VCM	Vinül Klorür monomeri
%	Yüzde
°	Derece