

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ**

**PLASTİK ENJEKSİYON KALIPLARINDA PVC (POLİVİNİL KLORÜR)
VE PC (POLİKARBONAT) İÇİN EN UYGUN KALIP ÇELİĞİ SEÇİMİ**

Süleyman Serhat KARACASULU

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Hüseyin Veli DÖNDÜREN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İMALAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2015**

©2015 [Süleyman Serhat KARACASULU]

TEZ ONAYI

Süleyman Serhat KARACASULU tarafından hazırlanan "**Plastik Enjeksiyon Kalıplarında PVC (Polivinil Klorür) ve PC (Polikarbonat) İçin En Uygun Kalıp Çeliği Seçimi**"adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman **Yrd. Doç. Dr. Hüseyin Veli DÖNDÜREN**

 Süleyman Demirel Üniversitesi

Jüri Üyesi **Yrd. Doç. Dr. Nihat YILMAZ**

 Süleyman Demirel Üniversitesi

Jüri Üyesi **Yrd. Doç. Dr. Murat KORU**

 Süleyman Demirel Üniversitesi

Enstitü Müdürü **Prof.Dr. Ahmet ŞAHİNER**

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Süleyman Serhat KARACASULU

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	3
3. MATERYAL, YÖNTEM VE DENEYSEL ÇALIŞMA.....	7
3.1. Deneyde Kullanılan Plastikler	7
3.1.1. Polivinil klorür (PVC)	7
3.1.1.1. PVC'nin kullanım alanları.....	8
3.2. Polikarbonat (PC)	8
3.2. Kalıp Çelikleri	10
3.2.1. AISI H11 sıcak iş takım çeliği.....	10
3.2.2. AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliği	12
3.2.3. AISI P20 plastik kalıp takım çeliği	14
3.2.4. AISI Ç1040 karbon çeliği	16
3.3. Makine Enjeksiyon Kalıplarının Üretimi	17
3.4. Enjeksiyonla Kalıplama	22
3.4.1. Enjeksiyon parametreleri.....	23
3.5. Shore Sertlik Testi	27
3.5.1. Testin uygulanması.....	27
3.5.2. Testin anlamı.....	27
3.5.3. Shore D sertlik deneyi.....	27
3.5.4. Shore A sertlik deneyi.....	28
3.6. Yoğunluk Deneyi	29
3.7. Anorganik Dolgu Yüzdesi (Kül) Deneyi.....	30
3.8. Çekme Deneyi.....	30
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	35
4.1. Sertlik Deneyi Sonuçları.....	35
4.1.1. Shore D sertlik deneyi sonuçları	35
4.1.2. Shore A sertlik deneyi sonuçları	35
4.2. Yoğunluk Deneyi Sonuçları.....	35
4.3. Anorganik Dolgu Yüzdesi (Kül) Deney Sonuçları.....	36
4.4. Çekme Deneyi Sonuçları	36
4.5. Enjeksiyon Sonrası Kalıp Çeliklerindeki Değişimler	39
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	44
KAYNAKLAR	48
ÖZGEÇMİŞ.....	51

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

PLASTİK ENJEKSİYON KALIPLARINDA PVC (POLİVİNİL KLORÜR) VE PC (POLİKARBONAT) İÇİN EN UYGUN KALIP ÇELİĞİ SEÇİMİ Süleyman Serhat KARACASULU

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Hüseyin Veli DÖNDÜREN

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 tez çalışmasında 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.

Ulaşılan sonuçlara göre kullanılan kalıp çeliklerinin PVC ve PC üzerinde dikkate değer değişimlere yol açmıştır. Özellikle sertlik ve çekme değerlerinde büyük farklar gözlenmektedir. Tez için kullanılan kalıp çelikleri arasında PVC için AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliği, PC için ise AISI H11 sıcak iş takım çeliği en iyi sonucu vermiştir.

Anahtar Kelimeler: Polimer, çelik, sertlik, çekme dayanımı, viskozite, yoğunluk.

2015, 51 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

THE SELECTION OF THE MOST SUITABLE MOLD STEEL FOR PVC (POLYVINYLCHLORIDE) AND PC (POLYCARBONATE) IN PLASTIC INJECTION MOLDS

Süleyman Serhat KARACASULU

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Manufacturing Engineering**

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Hüseyin Veli DÖNDÜREN

With each passing day, the use of plastics in the life of human beings with a further increase of the field, the plastics industry 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 negligibly small.

In this thesis, PVC (Polyvinyl Chloride) and PC (Polycarbonate) 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.

According to the results of mold steel used on PVC and PC has led to remarkable changes. Especially large differences in hardness and tensile values are observed. AISI 420F stainless plastic mold tool steel for PVC, AISI H11 hot work tool steel for PC gave the best results, among of molds steels which used for thesis.

Keywords: Polymer, steel, hardness, tensile stretch, viscosity, density

2015, 51 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma boyunca karşılaştığım zorlukları bilgi ve deneyimleri ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Yrd. Doç. Dr. Hüseyin Veli DÖNDÜREN'e teşekkürlerimi sunarım. Literatür araştırmalarımda yardımcı olan değerli rehberlik hocam Celalettin ERDEMOĞLU'na, çekme deneyi numune standartlarını temin etmemde ve çekme deneylerinin gerçekleştirilmesinde yardımcı olan Selçuk Üniversitesi Prof. Dr. Ahmet Avcı ve Arş. Gör. Okan Demir'e ve tez yazım kuralları konusunda bilgisiyle yardımcı olan Süleyman Demirel Üniversitesi Yüksek Lisans öğrencisi Avni Engin DURMAZ'a teşekkür ederim.

Tezimin gerçekleşmesinde 3855-YL1-14 numaralı proje ile maddi destek sağlayan Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Tezimin imalat aşamasındaki desteklerinden dolayı Kalsan Kalıp şirketine teşekkür ederim.

Sertlik, yoğunluk ve anorganik dolgu yüzdesi deneylerinin yapılmasında yardımcı olan Bursa KOSGEP Plastik Laboratuvarı çalışanlarına ayrıca teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Son olarak tezimin her aşamasında yanımda olan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Süleyman Serhat KARACASULU
ISPARTA, 2015

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. PVC granül hammadde	7
Şekil 3.2. PC granül hammadde	9
Şekil 3.3. AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliği, W.-Nr. 1.2085 çeliğine göre karşılaştırmalı korozyon direnci	13
Şekil 3.4. Solidworks makine enjeksiyon kalıbı tasarımı	18
Şekil 3.5. AISI Ç1040 karbon çeliğinden yapılmış kalıp	19
Şekil 3.6. AISI H11 sıcak iş takım çeliğinden yapılmış kalıp	20
Şekil 3.7. AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliği çeliğinden yapılmış kalıp	21
Şekil 3.8. AISI P20 plastik kalıp takım çeliğinden yapılmış kalıp	22
Şekil 3.9. Kalıpların bağlandığı yatay plastik enjeksiyon makinesi	23
Şekil 3.10. PC enjeksiyonu sırasındaki ekran görünümü	24
Şekil 3.11. Kalıbın açıldığı andaki görünümü	25
Şekil 3.12. Enjeksiyon işleminden sonra AISI H11 sıcak iş takım çeliğinden yapılmış kalıptan edilen çekme deneyinde kullanılacak PVC numunesi	26
Şekil 3.13. Enjeksiyon işleminden sonra AISI P20 plastik kalıp takım çeliğinden yapılmış kalıptan elde edilen, sertlik deneyinde kullanılacak PC numunesi	26
Şekil 3.14. Shore D Sertlik deneyinde kullanılan iğne	28
Şekil 3.15. Shore A Sertlik deneyinde kullanılan iğne	29
Şekil 3.16. AutoCad programında çizilmiş çekme deneyi numunesi	31
Şekil 3.17. Universal germe çekme test cihazı ile çekme deneyi	32
Şekil 3.18. Universal germe çekme test cihazında kopmuş numune	33
Şekil 3.19. Çekme deneyi yapılırken ekranda oluşan gerilme-uzama grafığı	34
Şekil 4.1. AISI Ç1040 karbon çeliğine enjekte edilmiş PC çekme deneyi grafığı	36
Şekil 4.2. AISI P20 plastik kalıp takım çeliğine enjekte edilmiş PC çekme deneyi grafığı	37
Şekil 4.3. AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliğine enjekte edilmiş PC çekme deneyi grafığı	37
Şekil 4.4. AISI H11 sıcak iş takım çeliğine enjekte edilmiş PC çekme deneyi grafığı	37
Şekil 4.5. AISI Ç1040 karbon çeliğine enjekte edilmiş PVC çekme deneyi grafığı	38
Şekil 4.6. AISI P20 plastik kalıp takım çeliğine enjekte edilmiş PVC çekme deneyi grafığı	38
Şekil 4.7. AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliğine enjekte edilmiş PC çekme deneyi grafığı	38
Şekil 4.8. AISI H11 sıcak iş takım çeliğine enjekte edilmiş PC çekme deneyi grafığı	39
Şekil 4.9. PVC enjeksiyonu sonrasında AISI Ç1040 karbon çeliğinde oluşan korozyon	40
Şekil 4.10. PVC enjeksiyonu sonrasında AISI P20 plastik kalıp takım çeliğinde oluşan korozyon	40

Şekil 4.11. PVC enjeksiyonu sonrasında AISI H11 sıcak iş takım çeliğinde oluşan korozyon.....	41
Şekil 4.12. PVC enjeksiyonu sonrasında AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliğinde oluşan korozyon.....	41
Şekil 4.13. PC enjeksiyonu sonrasında AISI Ç1040 karbon çeliğinde oluşan korozyon	42
Şekil 4.14. PC enjeksiyonu sonrasında AISI P20 plastik kalıp takım çeliğinde oluşan korozyon	42
Şekil 4.15. PC enjeksiyonu sonrasında AISI H11 sıcak iş takım çeliğinde oluşan korozyon.....	43
Şekil 4.16. PC enjeksiyonu sonrasında AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliğinde oluşan korozyon.....	43

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Esnek (plastifiye) PVC tipik özellikleri.....	8
Çizelge 3.2. PC özellikleri.....	9
Çizelge 3.3. AISI H11 sıcak iş takım çeliği bileşik içeriği	10
Çizelge 3.4. AISI H11 sıcak iş takım çeliği ısı işlemleri	11
Çizelge 3.5. AISI H11 sıcak iş takım çeliği fiziksel verileri	11
Çizelge 3.6. AISI H11 sıcak iş takım çeliği mekanik özellikleri	11
Çizelge 3.7. AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliği bileşik içeriği ...	13
Çizelge 3.8. AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliğine uygulanan ısı işlemler	13
Çizelge 3.9. AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliği fiziksel verileri	14
Çizelge 3.10. AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliği mekanik özellikleri.....	14
Çizelge 3.11. AISI P20 plastik kalıp takım çeliği bileşik içeriği	15
Çizelge 3.12. AISI P20 plastik kalıp takım çeliğine uygulanan ısı işlemler ..	15
Çizelge 3.13. AISI P20 plastik kalıp takım çeliği fiziksel verileri.....	16
Çizelge 3.14. AISI P20 plastik kalıp takım çeliği mekanik özellikleri	16
Çizelge 3.15. AISI P20 plastik kalıp takım çeliği basma gerilmesi.....	16
Çizelge 3.16. AISI Ç1040 karabon çeliği bileşik içeriği	17
Çizelge 3.17. Enjeksiyon parametreleri	24
Çizelge 4.1. Shore D sertlik deneyi sonuçları.....	35
Çizelge 4.2. Shore A sertlik deneyi sonuçları	35
Çizelge 4.3. Yoğunluk deneyi sonuçları.....	35
Çizelge 4.4. Anorganik dolgu yüzdesi (kül) deney sonuçları	36
Çizelge 5.1. PVC deney sonuçları	44
Çizelge 5.2. PC deney sonuçları.....	45

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

C	Santigrat
cm	Santimetre
cm ²	Santimetre kare
cm ³	Santimetre küp
Cr	Krom
d	Çap
dk.	Dakika
HRC	Rockwell C sertliği
J	Joule
kg	Kilogram
M	Molibden
mm	Milimetre
mm ²	Milimetre kare
Mn	Mangenez
MPa	Megapaskal
n	Tekrar sayısı
N	Azot
Ni	Nikel
P	Basınç
PC	Polikarbonat
Phr	Her yüz kauçuk için parçalar
PP	Polipropilen
PVC	Polivinil klorür
S	Kükürt
sa.	Saat
Si	Silisyum
t	Zaman
T	Sıcaklık
VCM	Vinül Klorür monomeri
%	Yüzde
°	Derece

1. GİRİŞ

Çok çeşitli ad ve şekilleri bulunan plastik, termik özellikleri bakımından şu iki gruptan biri içine girer: Termoplastikler ve Termoset plastikler. Isıtma ve soğutma işlemini birkaç defa tekrarlıyarak 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 özelliktir.

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 bası kalıba yapılıdır (Akyüz, 2006).

Daha önceki yıllarda plastik kalıplarının dişi ve erkek kısımları AISI Ç1040 veya Ç1050 gibi çeliklerden, yapılırdı. Bu çeliklerin plastik kalıp yapımında kullanılmasından dolayı kalıplardan ürün elde edilirken üründe çökme olması, yanma olması, çizgi oluşması, matlık oluşması, her yerin homojen olmaması, akışkan olmaması, çıkan ürünün kırılğan olması gibi pek çok hatalar

oluşuyordu. Bu sorunların nedenlerinden biri de, basılan plastiklerin çeliklerle uyumlu olmamasıdır . Bu nedenle tezin amacı da plastik enjeksiyon kalıplarında yapılan üretimlerde oluşan sorunları en aza indirmek ve kaliteyi artırma konusunda çalışmalar yapmaktır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

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 $L_9(3^4)$ 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.

Plastik enjeksiyon kalıplarında üründeki kaynak yeri hatalarının mukavemet özelliklerine etkisi araştıran Topal, (2010) çalışmasında plastik enjeksiyon kalıplama yöntemiyle üretilen polipropilen plastiği için karşılaşılan kaynak hattı hatasını, kaynak hattında oluşan birleşme açısı ve kaynak hattı uzunluğu yönünden incelemiştir. Mukavemete olan etkilerini araştırmak için kaynak hattı bölgesini, geometride yapılan değişikliklerle farklı açılarla oluşturmuş ve her farklı açı için farklı enjeksiyon parametreleri deneyerek mukavemetteki değişimi çekme ve darbe deneyleri yaparak incelemiştir. Ulaştığı sonuçlara göre ürün tasarımında yapılan değişikliğin çekme dayanımı açısından kaynak hattına olumlu, darbe dayanımı açısından olumsuz etki yaptığını söylemektedir. Bunu kaynak hattı bölgesinde eriyik ısısı düştüğü için moleküler birleşmenin istenilen oranda olmamasına bağlamaktadır.

Kamber, (2008) Plastik enjeksiyon kalıplarında basınç ve sıcaklık parametrelerinin ürün kalitesine etkileri ve taguchi yöntemi ile optimizasyonu konusunda yapmış olduğu çalışmada Akrilonitril bütadien stiren (ABS) kalıp ve makinedeki aşınma, ölçme cihazlarındaki hassasiyet ve kalibrasyon yetersizliği, hava şartları ve ham maddelerdeki değişiklikler ve voltajdaki dalgalanmaların elde edilen parça kalitesi üzerinde etkili oldukları için teorik ve deneysel çalışmalarda basınç, sıcaklık ve enjeksiyon zamanı değerleri, enjeksiyon makinesindeki ölçme cihazları yerine kalıp içerisine yerleştirilen sensörlerden alındı. Kullanmış olduğu değerlerde basınç parametrelerini 800, 950, 1000 bar, sıcaklık parametrelerini 185, 200, 225 °C ve donma süreleri 20, 25, 35 sn

olarak seçilmiştir. Basınç, sıcaklık ve enjeksiyon zamanı Taguchi Yöntemi ile elde edilen plana göre ölçüldü. Üretim hatalarını minimize etmek üzere boyutlar, distorsiyon ve dairesellik hataları belirlendi. Kaliteli bir ürün ve minimize edilmiş üretim hataları için gerekli basınç, sıcaklık ve enjeksiyon zamanı değerleri optimizasyon teknikleriyle elde edildi. Ulaştığı sonuca göre basıncın 1000 bar altında olmaması, enjeksiyon sıcaklıklarının 225 °C nin altında olmaması, parça enjeksiyon ve donma zamanının 20 saniyenin altında olmaması gerektiğine karar verilmiştir.

Plastik enjeksiyon kalıplarındaki yolluk çeşitlerinin ürün kalitesine etkisini araştıran Yüksek, (2010) çalıştığı firmayla birlikte sıcak ve soğuk yolluklu kalıpları çok sayıda farklı tür ve geometriye sahip plastik numularda denemiştir. Daha çok ekonomik verileri ve plastiklerin düzlemsel geometride olmasına dikkate alan çalışmada yaklaşık 4.000 kalıbın tamamı soğuk yolluklu sistemde yapılmıştır. Çünkü en çok üretilen ürünler için bile ayda en fazla 28 saat enjeksiyon makinesiden çalışılmaktadır. Kalıpların değeri ortalama 4.000-5.000 bin TL, en pahalı kalıbın ise maliyeti 12.000 TL iken, yapılan çalışmada ilk defa sıcak yolluklu kalıp yapılmıştır ve işçilik&teknik destek hariç sadece maddi boyutu yaklaşık 19.000 TL ye mal olmuştur. Malzemenin ve, kalıp ekipmanlarının dışında, tezgahlarda işleme süreleri minimum 2 kat artmıştır. Enjeksiyon bölümünde soğuk yolluklu kalıbın üretime hazırlanması maksimum 1 saat iken, sıcak yolluklu sistemde minimum 3 saate çıkmıştır. Yapılan tüm çalışmalardan sonra soğuk yolluklu sistemli ürün yelpazesindeki 4.000 ürün taranmıştır ve düzlemsellik problemi yaşanan, imalatı basit, üretim miktarı fazla olan, enjeksiyon montajı basit olan, üretim sonrası bir sonraki üretime giriş süresi kısa olan ürünler seçilmiştir. Sadece 35 ürünün sıcak yolluklu sistemde yapılmasına karar verilmiştir.

Plastik adını kendine özgü mekanik özelliklerinden dolayı almaktadırlar. Metalik malzemelerle karşılaştırıldıklarında kendilerine özel ve büyük değişiklikler gösterirler. Gerilimlere hassastırlar. Sıcaklık duyarlılıkları metallere nazaran çok yüksektir. Plastikler kimyasal yapı olarak birbirileri ile zincirsel bir bağlanma gösteren çok sayıdaki “Mer” molekülünden oluşurlar. Bu

birçok yapı poly (latince çok) öneki ile polimer adını alır ve uzun moleküllerden oluşur (Koçak ve Abalı, 2005).

Polimer, çok sayıda küçük molekülün kovalent bağlarla birbirlerine bağlanarak oluşturduğu makromoleküldür. Monomer adı verilen küçük moleküller uygun koşullarda polimerizasyon tepkimesi sonucu birbirleriyle kimyasal bağ yaparlar ve polimer moleküllerine dönüşürler. Çok sayıda küçük molekülün art arda kimyasal bağlarla bağlanması uzun, zincire benzer iri bir molekül verir. Bu nedenle polimer molekülü, polimer zinciri ve makromolekül kavramları birbirleri yerine kullanılır (Saçak, 1998).

Pek çok diğer sentetik termoplastik polimerler 1800'lerde keşfedildi ve 1990'ların başlarında ticarileştirildi. Örneğin polivinil klorür (1838, 1914), polyester (1838, 1939), polimetilmetakrilat (1880, 1928), belirtilen ilk tarih keşif ikinci de yaklaşık olarak ticarileştiği tarih anlamına geliyor (McGreavy, 1993).

İlk tamamen sentetik plastik, fenol-formaldehit, 1909 yılında nerdeyse J.W Hyatt'in yarı sentetik plastik-selüloz nitrati geliştirmesinden 4 yıl sonra L.H. Baekeland tarafından tanıtıldı. Hyatt ve Baekeland ikisi de plastiklerini deneme ve hatayla icat etti (Chanda ve Roy, 2007).

B.F. Goodrich ve Carbide and Carbon Chemicals şirketleri tarafından, polivinil klorür 1933-1934 de ticari olarak üretilmeye başlandı. Normal polivinül klorür %53-55 kloro sahiptir. Yaklaşık olarak 80° de yumuşar. İleri derecede plastikleştirici katılmış polivinil klorür lastiğimsi kıvamdadır (Hazer, 1993).

Vinül Klorür ($CH_2=CHCl$), genellikle klorürün tek veya iki basamaklı ilavesi ile yapılır. PVC homopolimeri %56,7 (mol/mol) Cl içerir. Polivinül klorür (PVC), vinül klorür monomeri (VCM)'den hazırlanan bir polimerdir (Erbay, 2006).

PVC'nin oluşum denklemi aşağıdaki gibi örneklenebilir (Hüner, 2008),



n tekrarlanan birimini gösterir ve günümüzde üretilen PVC türleri için 700-1500 arasında değişir. PVC, molekül yapısı ve morfolojisi ile her alanda kullanılabilirliği açısından oldukça önemli bir polimerdir. PVC doğal olarak tanecikli (partiküllü) yapıdadır. Eşsiz partikül yapısı nedeni ile PVC teknologlarının kelime dağarcıklarında en çok kullanılan kelime “morfoloji”dir. Diğer herhangi bir polimerde PVC’de olduğu kadar tane iç yapısına, morfolojiye önem verilmemiştir (Erbay, 2006).

İlk polikarbonat çalışmaları 1898’de A. Einhorn tarafından hidrokinon ve fosgen arasındaki reaksiyondan elde edilmiştir. Polikarbonatlar 1956’da ticari olarak üretilmeye başlandı. Sanayide polikarbonatlar genellikle fosgenleşme metodu ile üretilir. Ham madde olarak 4,4-dioksidifenilalkan ve fosgen kullanılır. Bisfenol A’nın keşfiyle polikarbonat üretimi gelişmeye başladı. Bisfenol-A, fenol ile asetonun reaksiyonundan elde edilir (Kurbanova vd., 1997).

3. MATERYAL, YÖNTEM VE DENEYSEL ÇALIŞMA

3.1. Deneyde Kullanılan Plastikler

Tez için yapılan deneylerde takviyesiz granül halde polikarbonat (PC) ve esnek polivinil klorür (PVC) plastikleri kullanılmıştır. Kullanılan plastikler atık plastiklerden elde edilmemiştir.

3.1.1. Polivinil klorür (PVC)

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). Şekil 3.1'de tezde kullanılan PVC granül hammadde görülmektedir.



Şekil 3.1. PVC granül hammadde

Plastifiyanlar, stabilizörler ve diğer katkı maddeleriyle kolaylıkla karışabilme (blending) özelliğinden dolayı PVC diğer plastiklerden çok daha yaygın kullanım alanına sahiptir (Beşergil, 2002).

Plastifiyan miktarı 20-100 phr (ağırlıkça 100 kısım reçine bazında) arasında değişmekle birlikte Çizelge 3.1'de 50 phr plastifiyan içeren esnek PVC'nin tipik özellikleri verilmektedir (Erbay, 2006).

Çizelge 3.1. Esnek (plastifiye) PVC tipik özellikleri (Erbay, 2006)

Özellik	Birim	Test	Değer
Spesifik gravite	kg/m ³	ISO R 1183	1,19-1,68
Çekme kuvveti	MPA	BS 2782, 320 A	7,5-30
Kopmada uzama	%	BS 2782, 320 A	140-400
B.S. Yumuşaklığı	-	BS 2782, 365 B	5-100
Soğukta bükülme sıcaklığı	°C	BS 2782, 159 A	-20, -60
Hacimsel direnç (23 °C)	W cm	BS 2782, 202 A	10 ¹⁰ -10 ¹⁵
Yaşlanma direnci	-	saha tecrübesi	mükemmel
Ozon direnci	-	saha tecrübesi	çok iyi

3.1.1.1. PVC'nin kullanım alanları

Boru yapımında, kapı ve pencere yapımında, yer karoları gibi diğer inşaat malzemelerinin imalatında, yağmurluk yapımında, elektrik ızalasyonunda, ayakkabı imalinde, kağıt ve tekstilde, kaplama işlemlerinde, kablo yapımında, şişe ve çeşitli kutuların imalinde kullanılır (Balkır vd., 1992).

3.2. Polikarbonat (PC)

PC. Carbonate ester grubunun aromatik grupla bağlandığı bir poliester tipidir (Turaçlı, 1999). Polikarbonatlar karbinik asidin poliesterleridir (Kurbanova vd., 1997).

Bisfenol A'dan üretilen polikarbonat en geniş ikinci satış hacmine sahip termoplastiktir (Fried, 2003).

Polikarbonat reçineleri şeffaf, korozyona dayanıklı, tutuştuklarında kendi kendini söndüren, zaman ve ısı ile boyutları çok az değişen, nem absorpsiyonu çok düşük olan ve bütün bunlara ilave olarak çok iyi mekanik özellikleri olan

önemli mühendislik plastiklerinden biridir (Savaşçı vd., 1991). Şekil 2.2'de tezde kullanılan PC granül hammadde görülmektedir.



Şekil 3.2. PC granül hammadde

Amorf bir mühendislik termoplastiği olan polikarbonatın genel amaçlı kalıplama ve ekstrüzyon çeşidinin yanı sıra bazı özellikleri ve işleme karakteristiklerini sağlayan çeşitleri de vardır (Akkurt, 1991).

Polikarbonata ait yoğunluk, çekme dayanımı vb. özellikler Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. PC özellikleri (Akkurt, 1991).

Malzeme	Yoğunluk (Kg/m ³)	Çekme Dayanımı (MPa)	Çekme modülü (GPa)	Çekmede kopma uzaması (%)
Polikarbonat (PC)	1100-1250	56-66	2,0-3,0	100-130

PVC ve PC polimerlerinin plastik enjeksiyon işlemi için kullanılmış olan alaşımlı çelikler olan AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliği, AISI P20 plastik kalıp takım çeliği, AISI H11 sıcak iş takım çeliği ve AISI Ç1040 çeliklerine ait bilgiler aşağıdadır.

3.2. Kalıp Çelikleri

3.2.1. AISI H11 sıcak iş takım çeliği

AISI H11 düşük silikon içeriğiyle yeni nesil modifiye H11 (1.2343) çelik sınıfındandır. Çelik en son üretim teknikleri kullanılarak üretilir ve yüksek tokluk değeri gösterir. Yüksek saflıkta AISI H11, plastik uygulamalarında mükemmel bir çeliktir.

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,
- İyi yüksek sıcaklık mukavemeti,
- Tüm yönlerde mükemmel tokluk ve süneklik,
- Mükemmel tüm sertleştirme özelliği,
- Sertleşme sırasında iyi boyutsal kararlılık (Uddeholm, 2013).

Uygulama alanları; döküm veya dövme gibi yüksek tokluk gereken yerlerdir. Yüksek saflıkta olması onu ayrıca plastik uygulamalarda da mükemmel bir çelik yapar (Uddeholm, 2013). Analiz sonuçları Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. AISI H11 sıcak iş takım çeliği bileşik içeriği (Uddeholm, 2013)

Analiz tipi %	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
Standart özellikleri	0,36	0,3	0,3	5,0	1,3	0,5
	X36 CrMoV5 (CNOMO) belirtme X36 CrMoV5-1, W.-Nr. 1.2340 ~AISI H11, ~B H11, ~W.-Nr. 1.2343, ~AFNOR Z38 CDV 5, ~UNI X37 CrMoV 51 KU, ~UNE X37 CrMoV 5					
Teslimat durumu	Yumuşak yaklaşık 180 HB'ye tavlınır					
Renk kodu	Beyaz bir çizgi üzerinde kırmızı / turuncu					

Tüm numuneler 1000x200 mm ölçülerinde bir parçanın merkezinden alınır. Aksi belirtilmediği sürece, tüm numuneler 1000 °C ile sertleştirildi, bir vakum fırını içerisinde söndürüldü, ve 2+2 saat 600 °C sıcaklıkta 45 ± 1 HRC sertliğe temperlendi (Uddeholm, 2013). Çeliğe ait ısıl işlemler Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.4. AISI H11 sıcak iş takım çeliği ısıl işlemleri

İşlem	Sıcaklık
Yumuşak tavlama	850 °C
Gerilim giderme	650 °C
Sertleştirme	
Önısıtma	600-650 °C/ 820-850°C
Östenitleme	980-1000°C

Fiziksel veriler Çizelge 3.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.5. AISI H11 sıcak iş takım çeliği fiziksel verileri (Uddeholm, 2013)

Sıcaklık	20 °C	200 °C	400 °C	600 °C
Yoğunluk kg/m ³	7 800	7 750	7 700	7 600
Elastisite Modülü Mpa	210 000	200 000	180 000	140 000
Termal genişleme katsayısı Her bir °C den 20 °C	-	11,6 x 10 ⁻⁶	12,4 x 10 ⁻⁶	13,2 x 10 ⁻⁶
Isıl İletkenlik W/m °C	-	30	30	31

Mekanik özellikleri çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.6. AISI H11 sıcak iş takım çeliği mekanik özellikleri (Uddeholm, 2013)

Sertlik	45 HRC	46,5 HRC	48,5 HRC
Çekme dayanımı	1450 MPa	1580 MPa	1680 MPa
Akma dayanımı	1240 MPa	1340 MPa	1410 MPa
Uzama A5	% 13	% 13	% 12
Kesit daralması Z	% 65	% 65	% 64

3.2.2. AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliği

AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliği sertleştirilmiş ve temperlenmiş durumda temin edilen krom alaşımlı paslanmaz plastik takım çeliğidir (Uddeholm, 2013).

AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliği diğer korozyona dayanıklı ön sertleştirilmiş sınıflardan daha yüksek olan bir sertlik derecesi daha dayanıklı bir kalıp ve daha uzun bir ömür sağlar (Uddeholm, 2013).

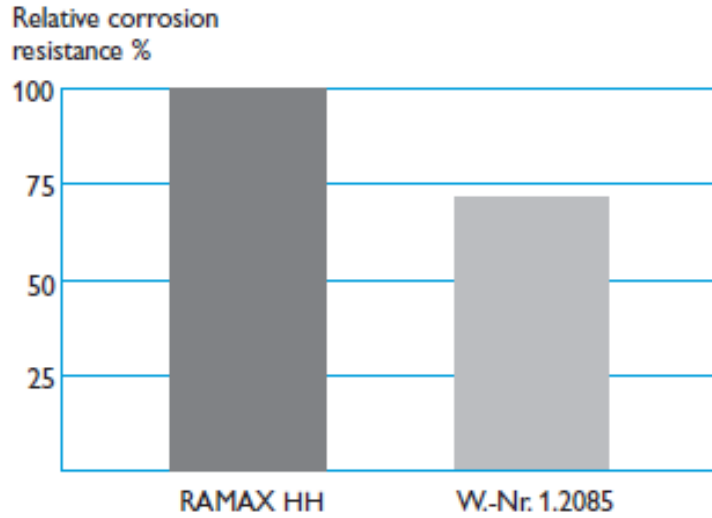
AISI 420F paslanmaz plastik takım çeliği aşağıdaki gibi karakterize edilmiştir:

- İyi korozyon direnci,
- Büyük boyutlarda bile düzgün sertlik,
- İyi işlenebilirlik (Uddeholm, 2013).

AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliği çeşitli yararlar sağlar:

- Ürün mükemmel indentasyon direnci ile birlikte tüm boyutlarıyla üniform sertlik sunar.
- Çevrim süresi tutarlılığını etkileyen su soğutma kanallarının tıkanması engelleyecek kalitede korozyona dayanıklıdır (Uddeholm, 2013).

Şekil 3.3'te W.-Nr. 1.2085 takım çeliğine göre karşılaştırmalı korozyon direnci verilmiştir.



Şekil 3.3. AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliği, W.-Nr. 1.2085 çeliğine göre karşılaştırmalı korozyon direnci

Analiz sonuçları Çizelge 3.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.7. AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliği bileşik içeriği (Uddeholm, 2013)

Analiz tipi %	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	S	+N
	0,12	0,2	1,3	13,4	0,5	0,2	0,1	
Teslimat durumu	Yaklaşık 320-350 HB'ye sertleştirilir ve temperlenir.							
Renk kodu	Beyaz bir çizgi üzerinde siyah / kahverengi							

Çeliğe ait ısıl işlemler Çizelge 3.8'de verilmiştir.

Çizelge 3.8. AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliğine uygulanan ısıl işlemler

İşlem	Sıcaklık
Yumuşak tavlama	860 °C
Gerilim giderme	530 °C/ 2 sa.
Sertleştirme	
Önisıtma	500-600 °C
Östenitleme	980-1020 °C / 30 dk.

Sertleştirilmiş ve yaklaşık 340 HB'ye kadar temperlenmiş oda ve yüksek sıcaklıklarda veriler 3.9'da verilmiştir.

Çizelge 3.9. AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliği fiziksel verileri (Uddeholm, 2013)

Sıcaklık	20 °C	200 °C
Yoğunluk kg/m ³	7700	-
Elastisite Modülü Mpa	215 000	205 000
Termal genleşme katsayısı Her bir °C den 20 °C'ye	-	10,8 x 10 ⁻⁶
Isıl İletkenlik W/m °C	-	24
Özgül ısı kapasitesi J/kg °C	460	-

Mekanik özellikler Çizelge 3.10'da verilmiştir.

Çizelge 3.10. AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliği mekanik özellikleri (Uddeholm, 2013)

Test sıcaklığı	20 °C	200 °C
Çekme dayanımı Rm Mpa	1140	1580
Akma dayanımı Rp0.2	990	1340
Kesit daralması Z, %	46	48
Uzama A ₅ %	12	10

3.2.3. AISI P20 plastik kalıp takım çeliği

AISI P20 plastik kalıp takım çeliği çok iyi parlatma ve tekstüre özellikleri ile premium önsertleştirilmiş kalıp çeliğidir. AISI P20 plastik kalıp takım çeliği en büyük boyutları bile tüm kesiti boyunca çok düzgün bir sertlik profili gösteren çok geniş boyutlu bir yelpazesi mevcuttur (Uddeholm, 2013).

Yaklaşık 310 HB teslim sertliği, çeliği aşağıdaki gibi bir çok farklı uygulamalara için en uygun çelik yapar:

- Plastik enjeksiyon kalıplama için kalıplar
- Şişirme kalıplama için kalıplar
- Plastik ekstrüzyon için kalıplar

-Gelişmiş yorulma dayanımı ve güvenilirlik gerektiren makine bileşenleri gibi genel inşaat parçaları,

AISI P20 plastik kalıp takım çeliği Cr-Ni-Mo alaşımlı birinci sınıf kaliteli vakum ile gaz uzaklaştırılmış çeliktir, sertleştirilmiş ve temperlenmiş olarak aşağıdaki yararları sunar:

- Sertleştirme riskleri yok.
- Sertleştirme maliyeti yok.
- Zaman tasarrufu, örneğin ısı uygulamalar için bekleme yok.
- Düşük takım maliyeti (örneğin düzeltilecek distorsiyon yok).
- Değişiklikler kolayca gerçekleştirilebilir.
- Sonradan yüzey aşınma direnci arttırmak için nitrülenebilir veya yüzey hasarını azaltmak için alevle sertleştirilebilir (Uddeholm, 2013).

Analiz sonuçları çizelge 3.11'de verilmiştir.

Çizelge 3.11. AISI P20 plastik kalıp takım çeliği bileşik içeriği (Uddeholm, 2013)

Analiz tipi %	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo
	0,37	0,3	1,4	2,0	1,0	0,2
Standart belirtme	AISI P20 'ye modifiye edildi					
Teslimat durumu	290-330 HB'ye sertleştirilir ve temperlenir.					
Renk kodu	Sarı / yeşil					

Çeliğe ait ısı işlemler çizelge 3.12'de verilmiştir.

Çizelge 3.12. AISI P20 plastik kalıp takım çeliğine uygulanan ısı işlemler

İşlem	Sıcaklık
Yumuşak tavlama	700 °C
Gerilim giderme	550 °C
Sertleştirme	
Önisıtma	500-600 °C
Östenitleme	850 °C

Sertleştirilmiş ve yaklaşık 340 HB'ye kadar temperlenmiş oda ve yüksek sıcaklıklardaki veriler 3.13'te verilmiştir.

Çizelge 3.13. AISI P20 plastik kalıp takım çeliği fiziksel verileri (Uddeholm, 2013)

Sıcaklık	20°C	200°C
Yoğunluk kg/m ³	7800	7750
Termal genleşme katsayısı Her bir °C tan 20 °C'a	-	12,7 x 10 ⁻⁶
Isıl İletkenlik W/m °C	-	28
Elastisite Modülü N/mm ²	205 000	200 000
Özgül ısı kapasitesi J/kg °C	460	-

Mekanik özellikler Çizelge 3.14'te verilmiştir.

Çizelge 3.14. AISI P20 plastik kalıp takım çeliği mekanik özellikleri

Test sıcaklığı	20 °C	200 °C
Maksimum çekme dayanımı R _m N/mm ²	1020	930
Akma dayanımı R _{p0.2} N/mm ²	900	800
Kesit daralması Z, %	% 46	% 48
Uzama A ₅ %	% 65	% 65

Basma gerilmesi Çizelge 3.15'te verilmiştir.

Çizelge 3.15. AISI P20 plastik kalıp takım çeliği basma gerilmesi

Akma noktasındaki basma gerilmesi N/mm ²	850–1000
--	----------

3.2.4. AISI Ç1040 karbon çeliği

Alaşımız çeliklerdir. İçerdikleri yüksek oranda karbon miktarından dolayı karbon çelikleri olarakta bilinirler. Sertleşebilirlikleri içerdikleri karbon

miktarına paralel olarak artarken toklukları ise karbon miktarı ile ters orantılıdır (Merritt ve Ricketts, 2000).

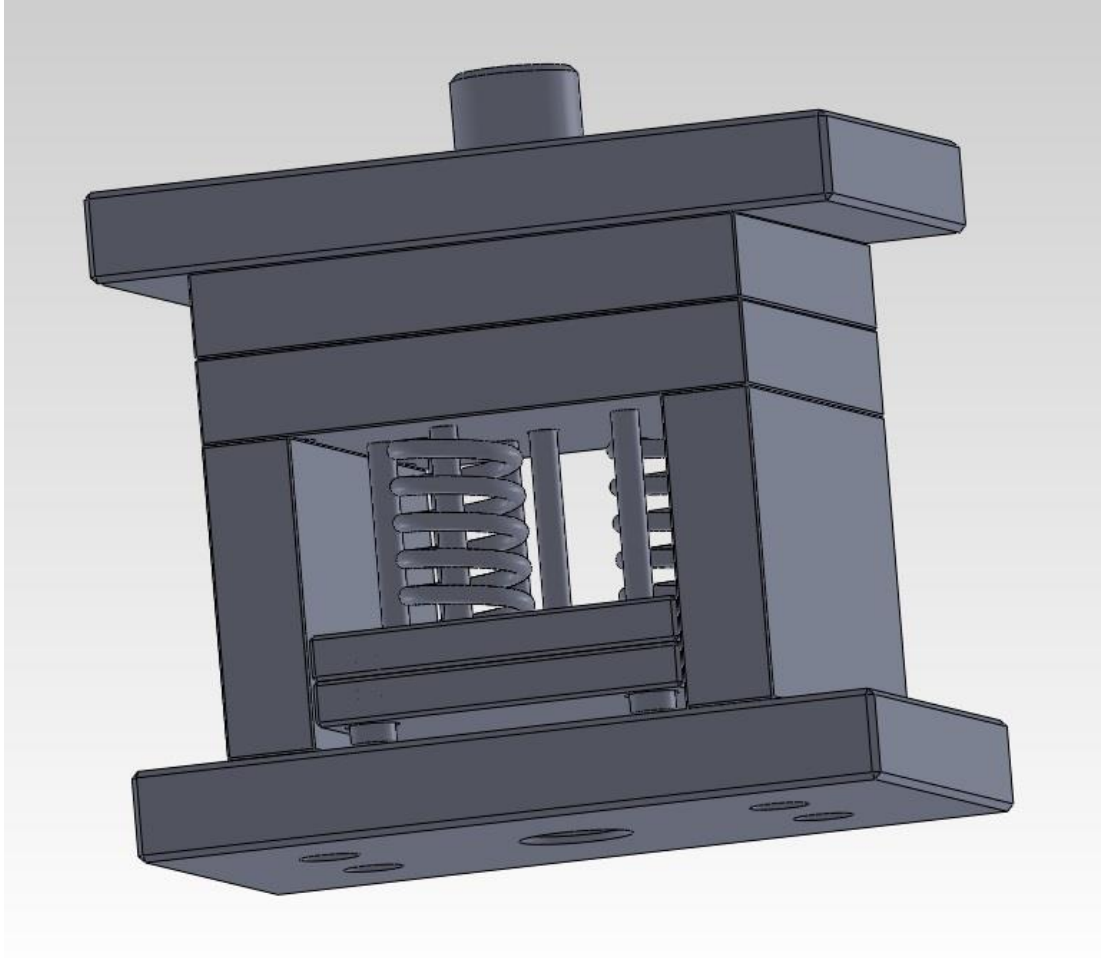
AISI Ç1040 karbon çeliği kaplinler, krank milleri ve soğuk başlı parçalarda kullanılır. mekanik özelliklerine baktığımızda çekme dayanımı 620 Mpa, akma dayanımı 415 Mpa olarak ölçülür (AZO Metarials, 2013). Kimyasal bileşimi Çizelge 3.16'da verilmiştir.

Çizelge 3.16. AISI Ç1040 karabon çeliği bileşik içeriği (Merritt ve Ricketts, 2000)

SAE ve AISI No.	Kimyasal bileşim limiti %			
	Karbon	Manganez	Max Fosfor	Max Sülfür
1040	0,37/0,44	0,60/0,90	0,040	0,050

3.3. Makine Enjeksiyon Kalıplarının Üretimi

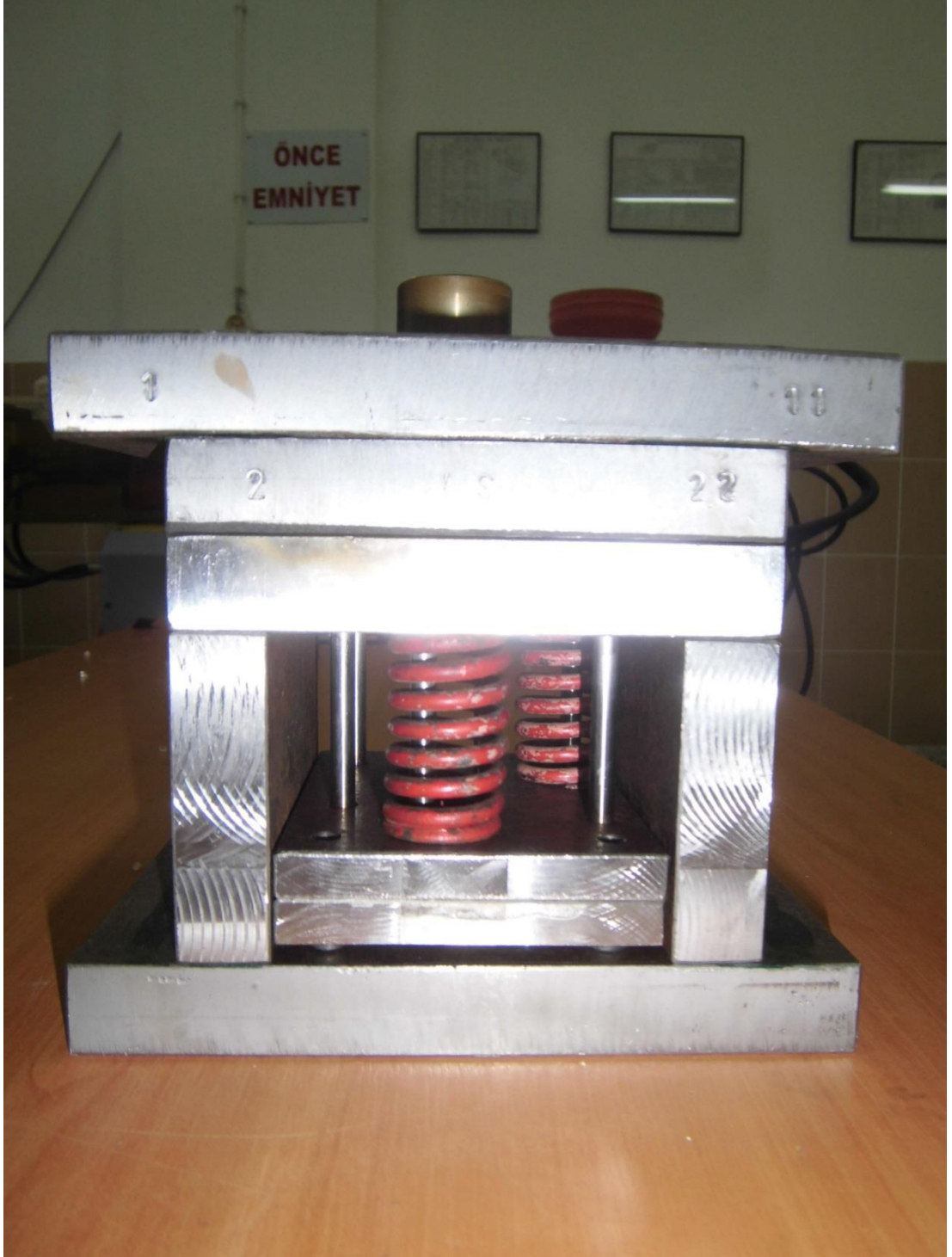
Kalıpların üretimine başlamadan önce ilk olarak üretilecek malzemeye uygun kalıp tasarımı için Solidworks programı kullanıldı. Şekil 3.4'te Solidwork programında çizilmiş kalıbın katı model tasarımına ait resim görülmektedir. Tüm kalıplar tasarlanırken, temin edilen çelikler arasındaki küçük ölçü farkları dışında hepsi için aynı kalıp boşluğu geometrisi ve delik merkezi eksenleri belirlenerek aynı tasarım kullanılmıştır.



Şekil 3.4. Solidworks makine enjeksiyon kalıbı tasarımı

Temin edilen kalıp çelikleri hidrolik şerit testerede bir miktar işleme payı bırakarak kesildi. Daha sonra kesilen parçalar kaba işleme için universeal freze tezgahında alın frezeleme işlemine tabi tutuldu. son olarak taşlama tezgahında yüzey kalitesi iyileştirildi. Plastiğin içine dolacağı kalıp boşluğu CNC freze tezgahında işlendi. Merkezleme pimleri itici pimler ve civataların geçeceği delikler torna tezgahında delindikten sonra bağlantı civatalarının geçebilmesi için kılavuz çekilerek vida dişleri açıldı. Şerit testerede kesilen merkezleme pimleri sıcak dövme yöntemiyle şişirildi. İtici pimler ve yolluk hazır alındıktan sonra istenilen ölçülere getirildi, son olarak tüm parçaların montajı civata bağlatıları kullanılarak yapıldı.

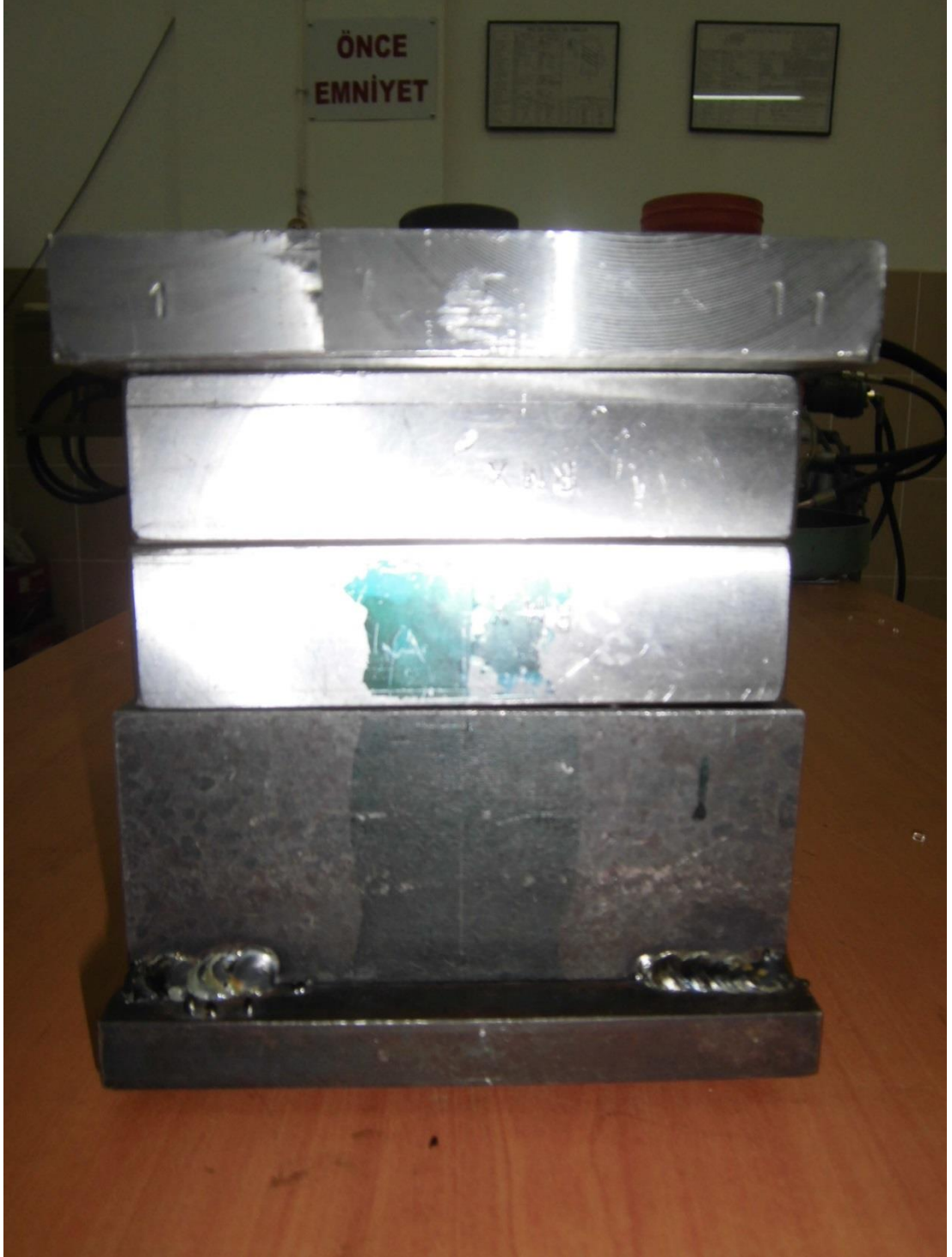
Aşağıda Şekil 3.5, 3.6, 3.7 ve 3.8'de üretilen kalıpların fotoğrafları görülmektedir.



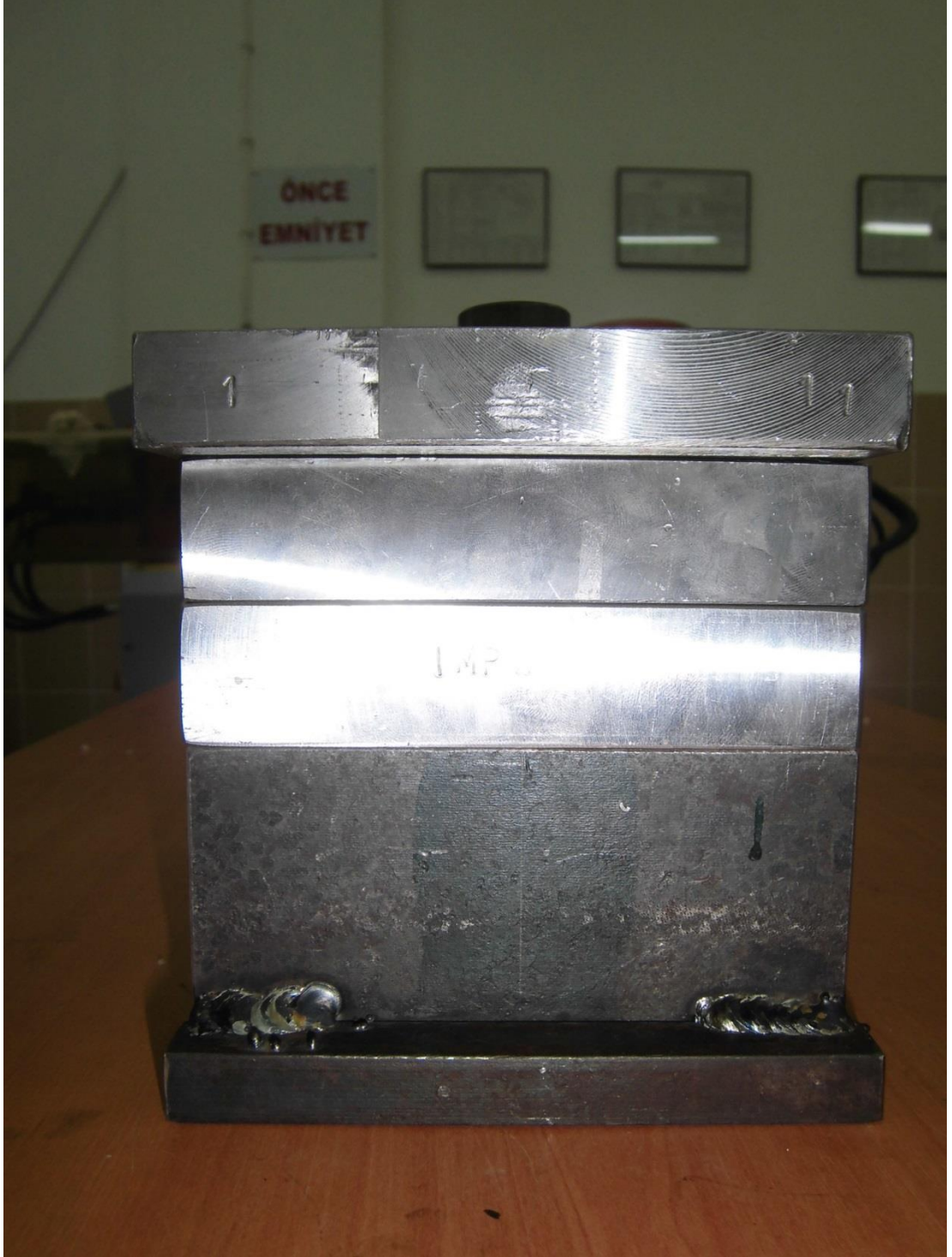
Şekil 3.5. AISI Ç1040 karbon çeliğinden yapılmış kalıp



Şekil 3.6. AISI H11 sıcak iş takım çeliğinden yapılmış kalıp



Şekil 3.7. AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliğinden yapılmış kalıp



Şekil 3.8. AISI P20 plastik kalıp takım çeliğinden yapılmış kalıp

3.4. Enjeksiyonla Kalıplama

Bu metot kalıplama şekillerinin en basitidir ve kalıplanacak plastiği akıcı hale kadar ısıtılarak basınçla soğuk kalıba vermekten ibarettir. (Palın, 1971).

Şekil 3.9'da kalıpların bağlandığı yatay plastik enjeksiyon makinesi görülmektedir.



Şekil 3.9. Kalıpların bağlandığı yatay plastik enjeksiyon makinesi

Huniye, o an basımı yapılacak olan plastik hangisiyse PVC yada PC doldurulur. Mengene ünitesi açıldıktan sonra kalıp alt plakası, hareketli plakaya, üst plaka sabit plakaya, kalıp bağlama pağucuyla bağlanır. Son olarak kontrol paneline aşağıda belirtilmiş olana parametreler girildikten sonra basım işlemi gerçekleşir.

3.4.1. Enjeksiyon parametreleri

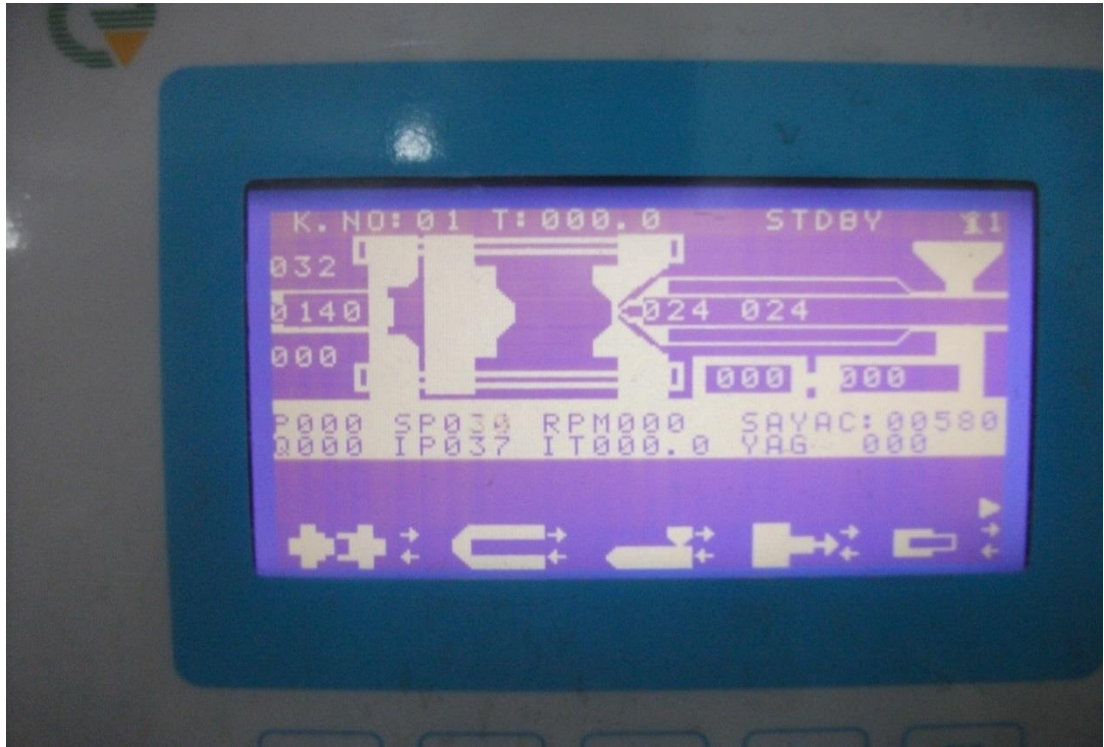
Plastik enjeksiyonu için seçilen parametreler literatür ve bu konuda çalışma yapmış firmalardan alınan değerlerin deneme yoluyla optimum değerlere ulaşılması sonucu bulunmuştur ve Çizelge 3.1'de görülmektedir. İlk denemede PVC için sıcaklık değeri 170 °C girildiğinde çıkan üründe oluşan yanma sebebiyle her basımda 2 °C ısı düşürülerek 160 °C'de daha şeffaf ürün elde

edilmiştir. PC ve PVC için diğer parametrelerde bir sorun görülmeyip Çizelge 3.17’de belirtildiği gibi değiştirilmeden kullanılmıştır.

Çizelge 3.17. Enjeksiyon parametreleri

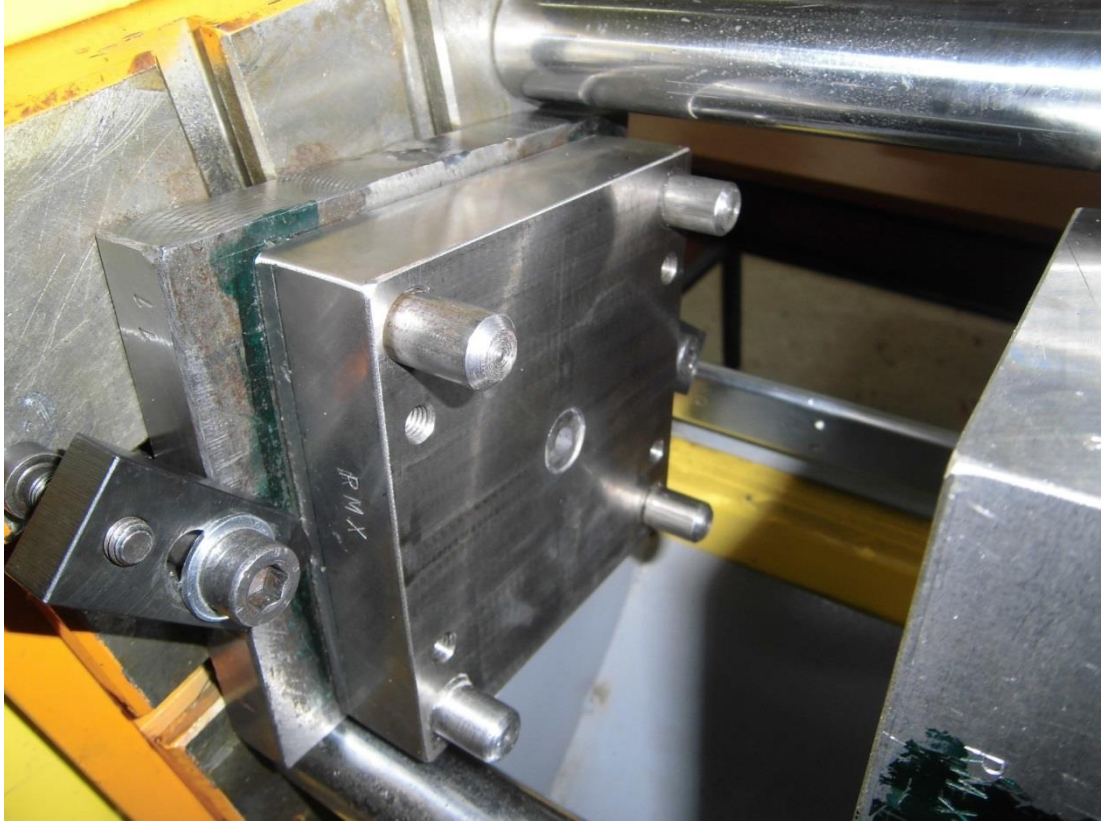
	PVC	PC
3. Rezistans sıcaklığı	160 °C	260 °C
4. Rezistans sıcaklığı	20 sn	280 °C
Meme sıcaklığı	15 °C	15 °C
Soğuma zamanı	20 sn	15 sn
Ütüleme süresi	5,5 sn	6 sn
Enjeksiyon basıncı	60 bar	60 bar
Mal alma cetveli	43 cm	43 cm

Plastik enjeksiyon makinesi üzerinde yedi adet rezistans takılabilecek yer mevcuttur. Bunlardan sadece 3. ve 4. yerlerde rezistans takılıdır. Bu parametrelerin girildiği, kontrol paneline ait fotoğraf Şekil 3.10’da görülmektedir.



Şekil 3.10. PC enjeksiyonu sırasındaki ekran görünümü

Basım işlemi gerçekleşip soğuma süre beklendikten sonraki, kalıbın açıldığı ana ait fotoğraf Şekil 3. 11'de verilmiştir.

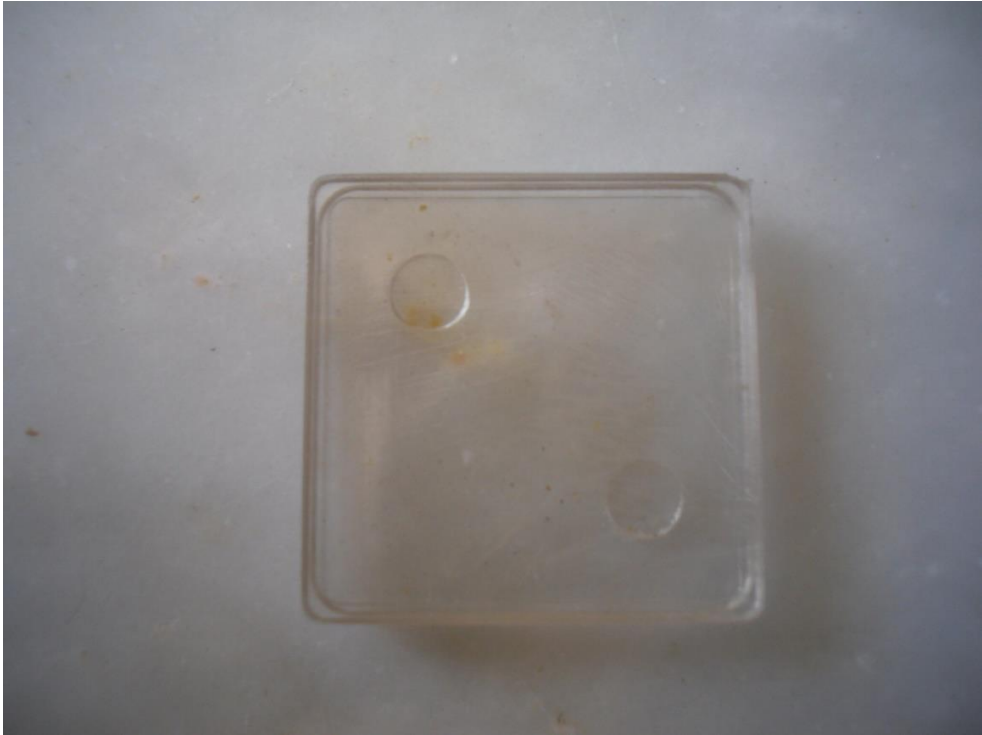


Şekil 3.11. Kalıbın açıldığı andaki görünümü

Enjeksiyon işleminden sonra elde edilen, sertlik deneyinde kullanılacak PC numunesi Şekil 3.12 çekme deneyinde kullanılacak PVC numunesi Şekil 3.13'te görülmektedir.



Şekil 3.12. Enjeksiyon işleminden sonra AISI H11 sıcak iş takım çeliğinden yapılmış kalıptan edilen çekme deneyinde kullanılacak PVC numunesi



Şekil 3.13. Enjeksiyon işleminden sonra AISI P20 plastik kalıp takım çeliğinden yapılmış kalıptan elde edilen, sertlik deneyinde kullanılacak PC numunesi

3.5. Shore Sertlik Testi

PVC ve PC için yapılan Shore D sertlik ve Shore A sertlik deneylerinde ortam sıcaklığı 22-23 °C ve bağıl nem % 60-62 arasında değişmiştir. Tüm kalıplardan 30. basımda elde edilelen numuneler üzerinde sertlik deneyi yapılmıştır.

3.5.1. Testin uygulanması

Durometre cihazının basınç uygulanan kısmına bağlı ince uçlu bir ayağı bulunmaktadır. Bu ayak temeli tamamen yüzeye değecek şekilde bastırıldığında göstergede okunan değer, sertlik değeri olarak kaydedilmektedir (Savaşçı ve Beşergil, 1989).

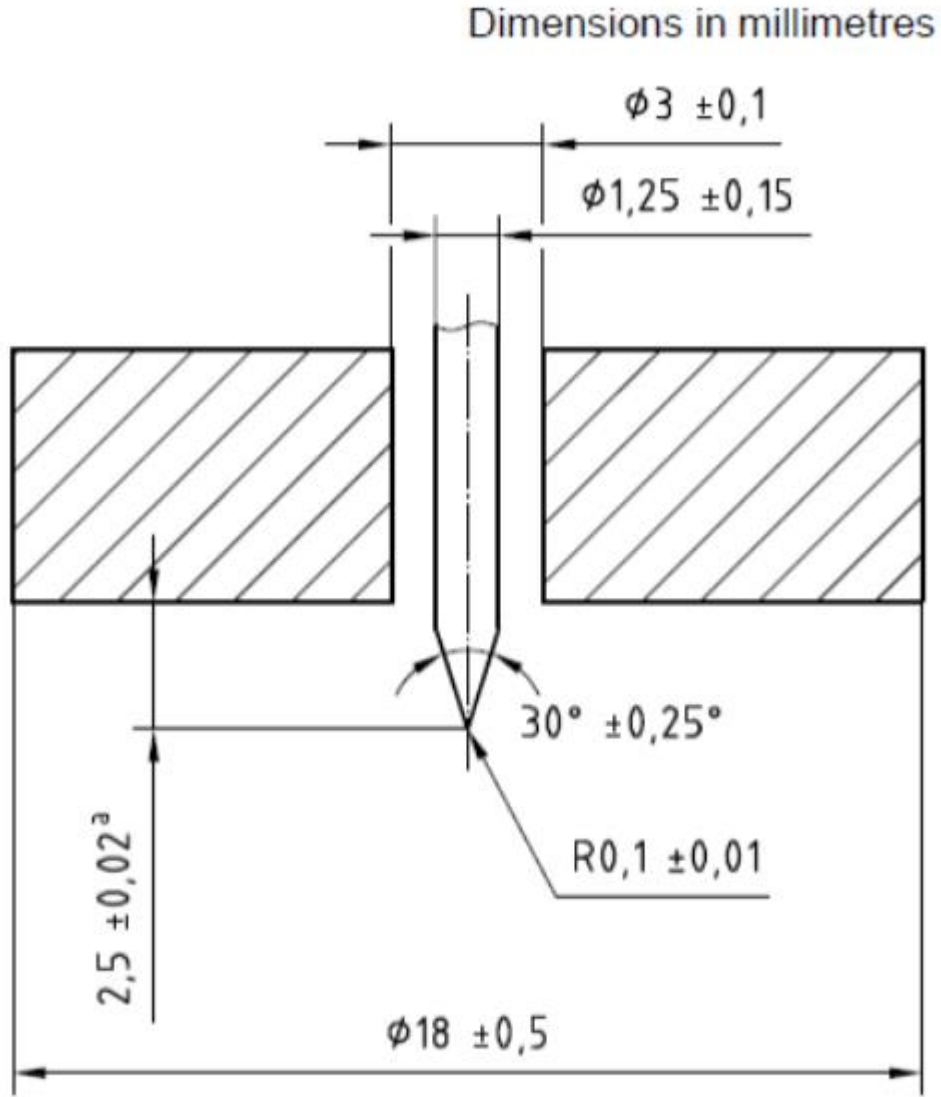
3.5.2. Testin anlamı

Test sonuçları, 0'dan 100'e kadar bölümlenmiş bir göstergeden okunmakta olup elde edilen birimlerin değerleri yoktur. Durometreye basınç uygulanır uygulanmaz okunan değerler, basınç uygulanmasından sonra bekleyip okunan değerlerden farklıdır. Bu durum plastik malzemelerin "creep" özelliğinden kaynaklanmaktadır (Savaşçı ve Beşergil, 1989).

Shore deneyi yumuşak ve esnek plastikler için Shore A sert plastikler için Shore D olmak üzere iki farklı yöntemi vardır. Aralarındaki fark aşağıda anlatılmıştır.

3.5.3. Shore D sertlik deneyi

50 N gücünde yük uygulanır, kullanılan iğne Şekil 3.14'deki teknik resimde görüldüğü üzere konik ve sivridir.



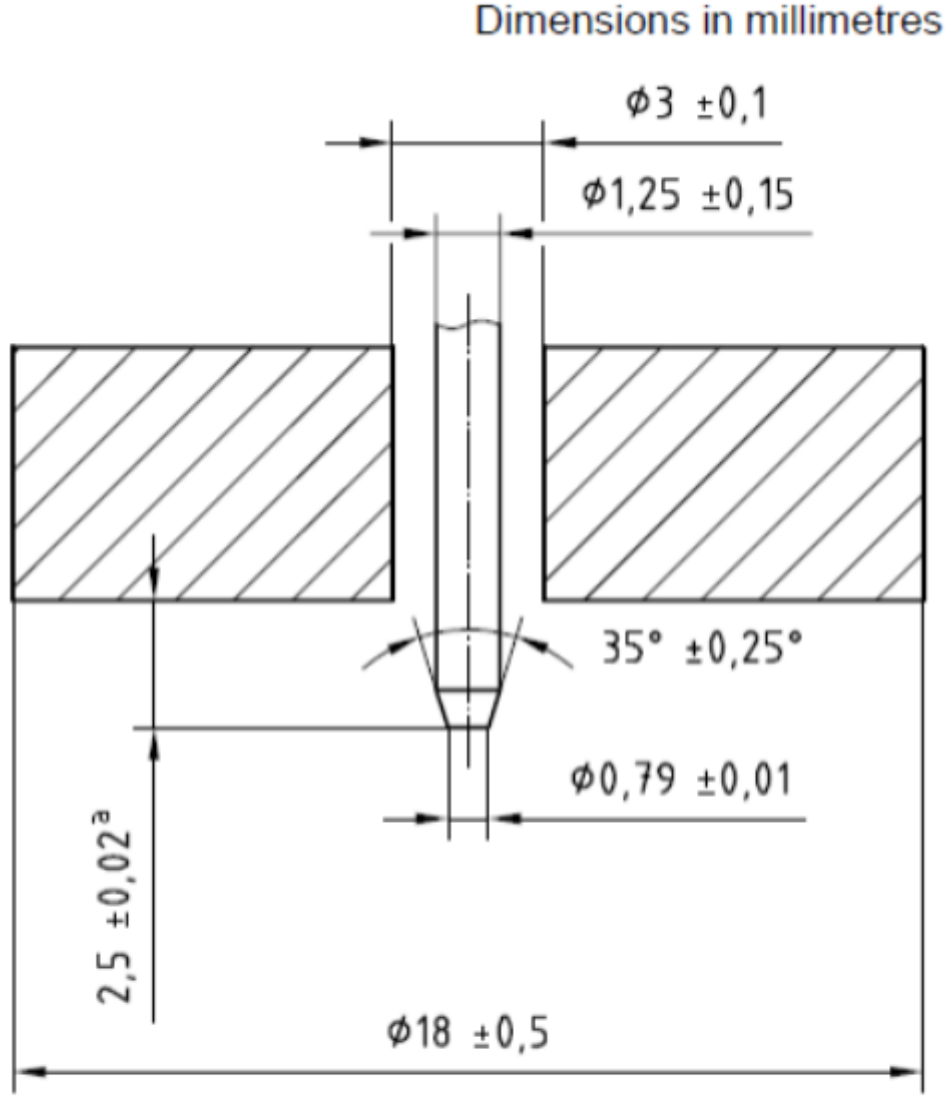
a The protusion shown is valid for a reading of 0.

Figure 2 — Indentor for Type D durometer

Şekil 3.14. Shore D Sertlik deneyinde kullanılan iğne

3.5.4. Shore A sertlik deneyi

12,5 N gücünde yük uygulanır, kullanılan iğne Şekil 3.15'te teknik resimde görüldüğü gibi radyus şeklindedir.



a The protusion shown is valid for a reading of 0.

Figure 1 — Indentor for Type A durometer

Şekil 3.15. Shore A Sertlik deneyinde kullanılan iğne

3.6. Yoğunluk Deneyi

İnce bir tele bağlanmış olan örnek tartılır. Daha sonra bu örnek suya daldırılarak su içinde iken tekrar tartılır. Havada ve sudaki ağırlık farkından yoğunluk kolaylıkla hesaplanır (Yaşar, 2001).

PVC ve PC için yapılan yoğunluk deneylerinde ortam sıcaklığı 22-23 °C ve bağıl nem 60-62 % arasında değişmiştir.

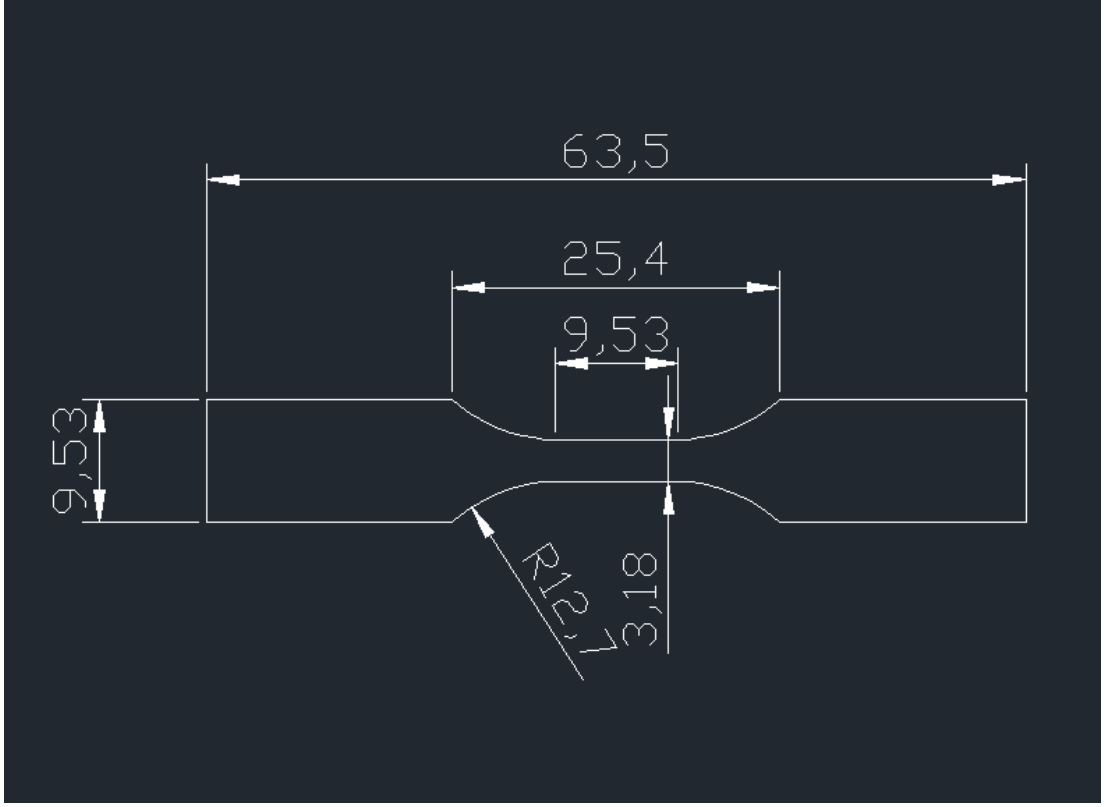
3.7. Anorganik Dolgu Yüzdesi (Kül) Deneyi

Deney için önceden ısıtılmış fırına atılan numune içindeki plastik miktarı ortamdaki uzaklaşana kadar bekletilir. Daha sonra sabit tartıma getirilir, kül miktarı % olarak hesaplanarak malzemenin içindeki katkı miktarı ve türü belirlenir.

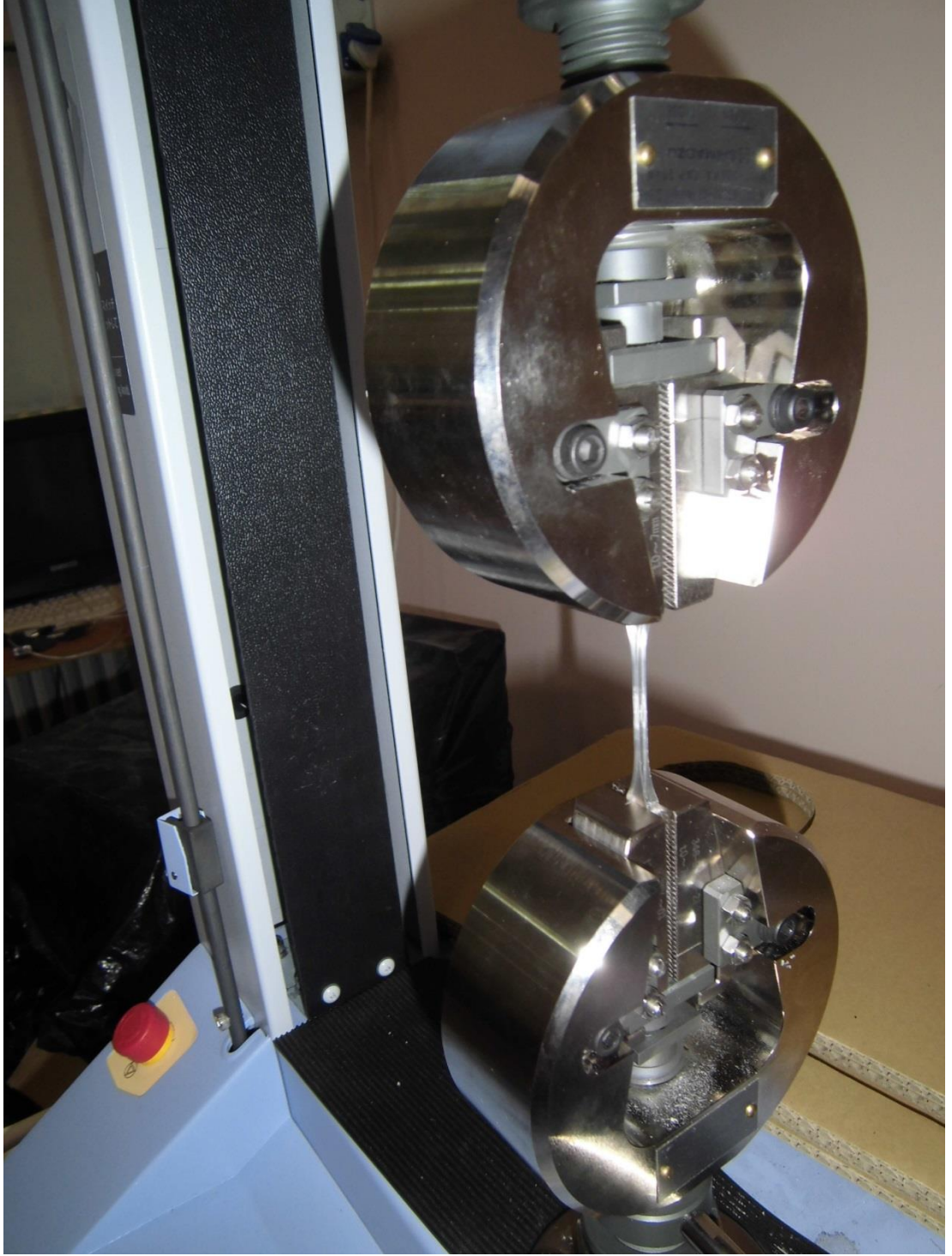
PVC ve PC için yapılan yoğunluk deneylerinde ortam sıcaklığı 22-23 °C ve bağıl nem 60-62 % arasında değişmiştir.

3.8. Çekme Deneyi

Tüm kalıplardan 30. basımda elde edilen numuneler üzerinde çekme deneyi yapılmıştır. Çekme deneyinin yapıldığı Shimadzu AG-X test cihazı manuel ve bilgisayar kontrollü (Bilgisayar programı Trapezium X) 10 kN maksimum kuvvete sahip çekme cihazıdır. Trapezium X bilgisayar programı sayesinde cihazda gerçekleştirilen deneylerin istenilen verileri elde edilip istenilen formata dönüştürülebilmektedir. Deney için Şekil 3.16'da görülen ölçülerde ASTM D638-10 standartına göre hazırlanmış numuneler, Şekil 3.17'de görülen universal germe çekme test cihazına iki ucundan çenelere bağlandıktan sonra, cihazın numuneye uygulanan yükün, numuneyi tek bir ekseninde PC için 5 mm/dk., PVC için ise 12,5 mm/dk. sabit hızla uzamasını sağlayacak şekilde, numunenin kopana kadar artmasıyla çekme deneyi gerçekleşir. Numunenin koptuktan sonraki görüntüsü Şekil 3.18'de görülmektedir. Bu sırada bilgisayar Şekil 3.19'da görüldüğü gibi gerilme-uzama grafiğini oluşturur.



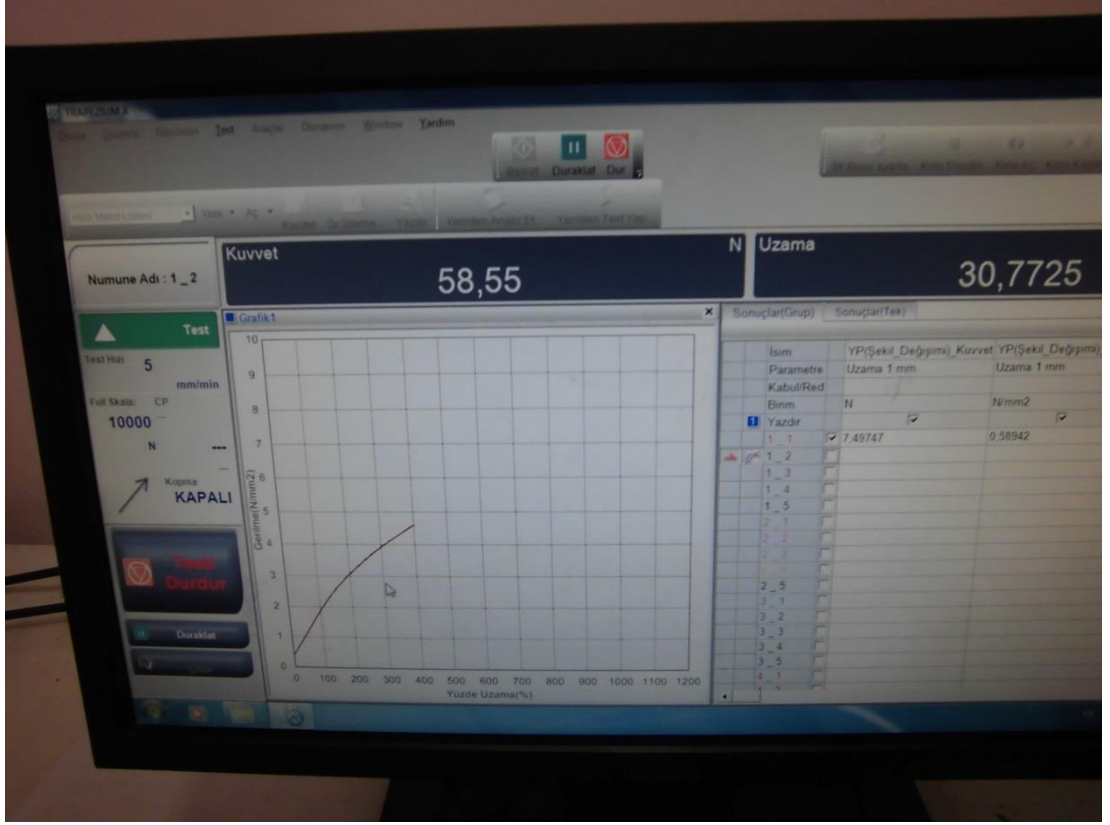
Şekil 3.16. AutoCad programında çizilmiş çekme deneyi numunesi



Şekil 3.17. Universal germe çekme test cihazı ile çekme deneyi



Şekil 3.18. Universal germe çekme test cihazında kopmuş numune



Şekil 3.19. Çekme deneyi yapılırken ekranda oluşan gerilme-uzama grafiği

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Sertlik Deneyi Sonuçları

4.1.1. Shore D Sertlik deneyi sonuçları

Kalıplarda basılan PC numunesine ait Shore D sertlik deneyi sonuçları Çizelge 4.1'de görülmektedir.

Çizelge 4.1. Shore D sertlik deneyi sonuçları

	AISI Ç1040	AISI P20	AISI H11	AISI 420F
PC	80	81,3	83,3	82,6

4.1.2. Shore A Sertlik deneyi sonuçları

Yumuşak ve esnek plastiklerde Shore D sağlıklı sonuçlar vermediği için PVC numuneleri ayrıca Shore A deneylerine tabi tutulmuştur. PVC numunesine ait Shore A sertlik deneyi sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Shore A sertlik deneyi sonuçları

	AISI Ç1040	AISI P20	AISI H11	AISI 420F
PVC	69,5	68	68	68

4.2. Yoğunluk Deneyi Sonuçları

Yapılan yoğunluk deneylerin sonuçları Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Yoğunluk deneyi sonuçları

	AISI Ç1040	AISI P20	AISI H11	AISI 420F
PVC	1,183	1,183	1,183	1,183
PC	1,197	1,199	1,198	1,198

4.3. Anorganik Dolgu Yüzdesi (Kül) Deney Sonuçları

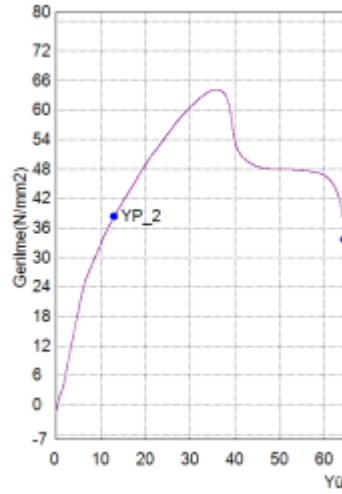
Anorganik dolgu yüzdesi (kül) deney sonuçları ise Çizelge 4.4'te görüldüğü gibidir.

Çizelge 4.4. Anorganik dolgu yüzdesi (kül) deney sonuçları

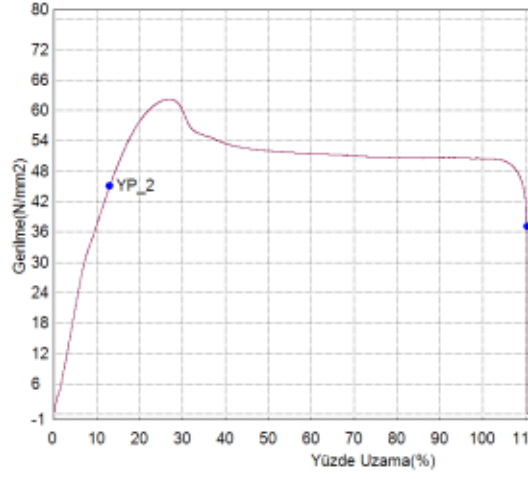
	AISI Ç1040	AISI P20	AISI H11	AISI 420F
PVC	0	0,04	0,05	0,01
PC	0,01	0,04	0,03	0,03

4.4. Çekme Deneyi Sonuçları

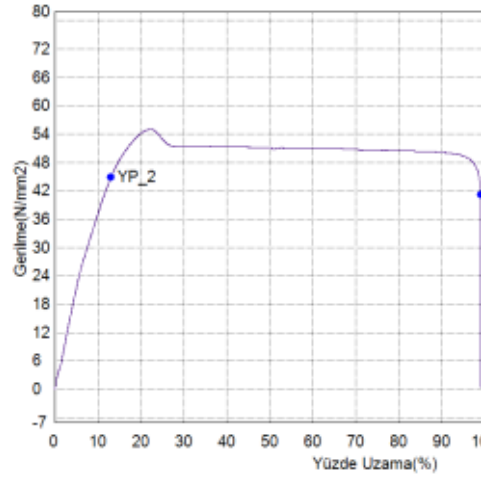
Her bir kalıptan ayrı ayrı basılan PVC ve PC numunelerinin çekme deneyi sonuçları Şekil 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7 ve 4.8'de görülmektedir.



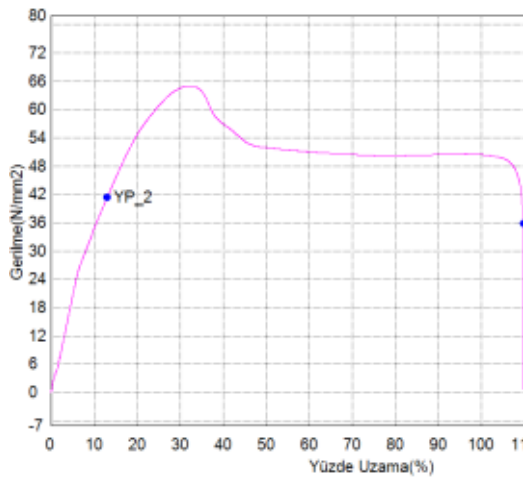
Şekil 4.1. AISI Ç1040 karbon çeliğine enjekte edilmiş PC çekme deneyi grafiği



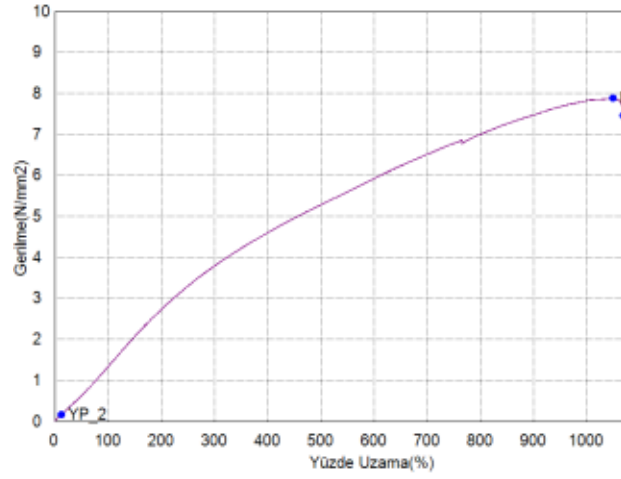
Şekil 4.2. AISI P20 plastik kalıp takım çeliğine enjekte edilmiş PC çekme deneyi grafiği



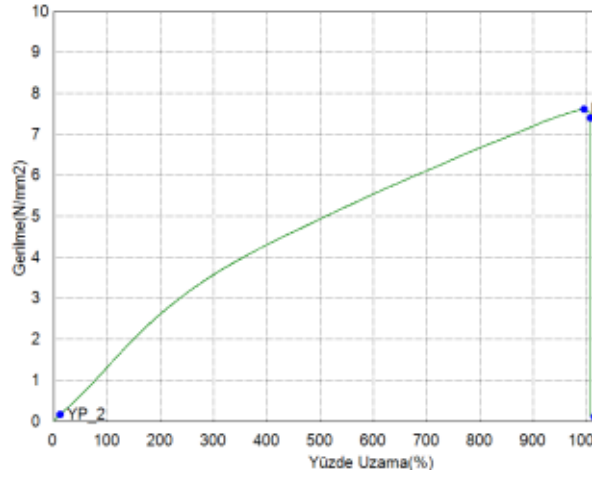
Şekil 4.3. AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliğine enjekte edilmiş PC çekme deneyi grafiği



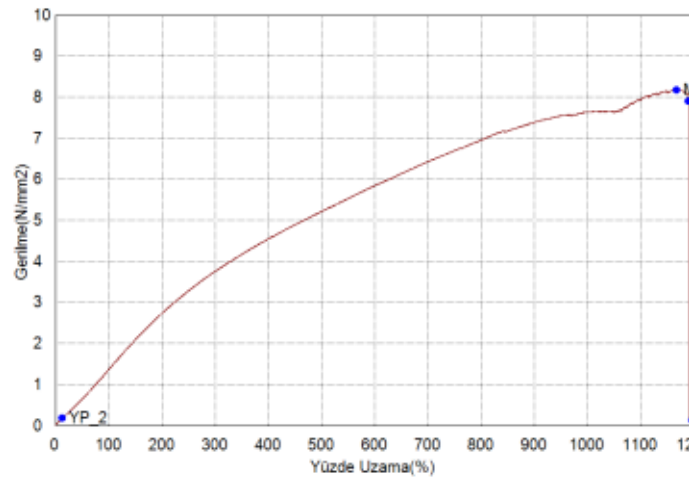
Şekil 4.4. AISI H11 sıcak iş takım çeliğine enjekte edilmiş PC çekme deneyi grafiği



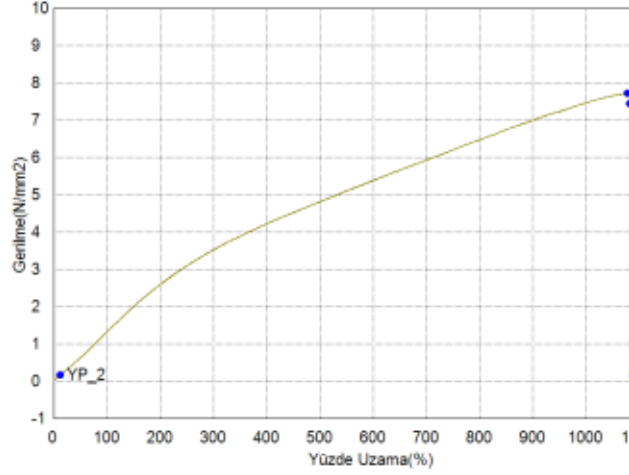
Şekil 4.5. AISI 1040 karbon çeliğine enjekte edilmiş PVC çekme deneyi grafiği



Şekil 4.6. AISI P20 plastik kalıp takım çeliğine enjekte edilmiş PVC çekme deneyi grafiği



Şekil 4.7. AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliğine enjekte edilmiş PVC çekme deneyi grafiği



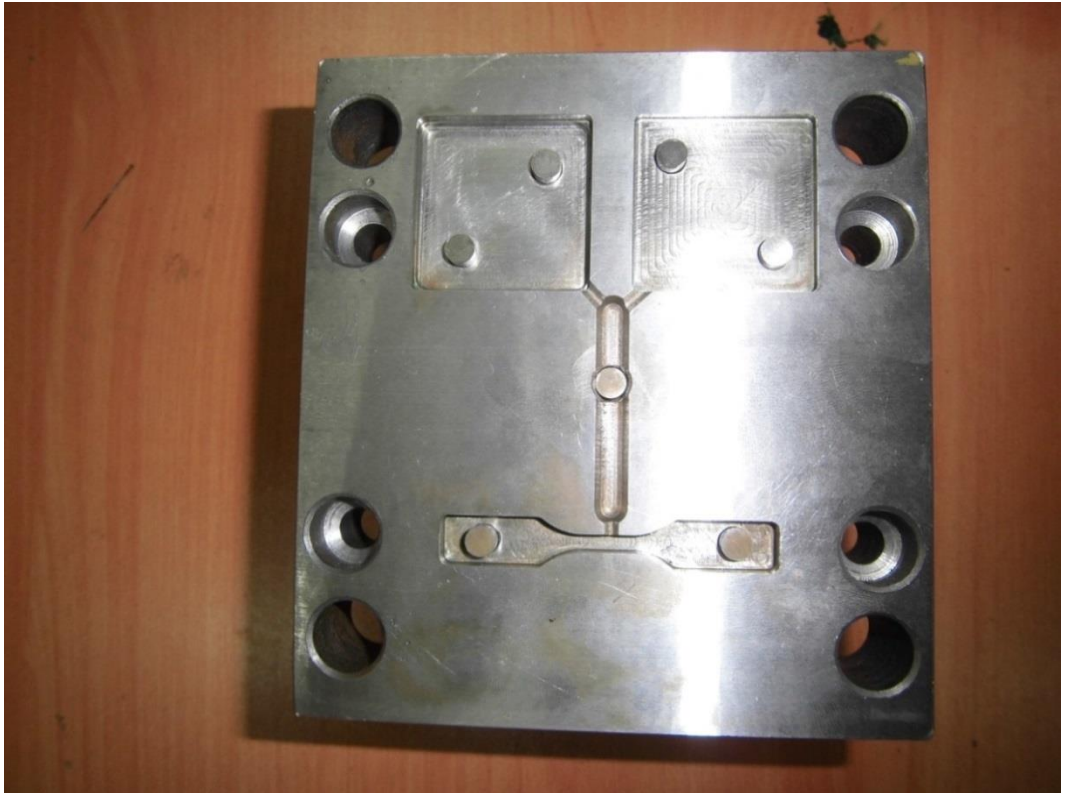
Şekil 4.8. AISI H11 sıcak iş takım çeliğine enjekte edilmiş PVC çekme deneyi grafiği

4.5. Enjeksiyon Sonrası Kalıp Çeliklerindeki Değişimler

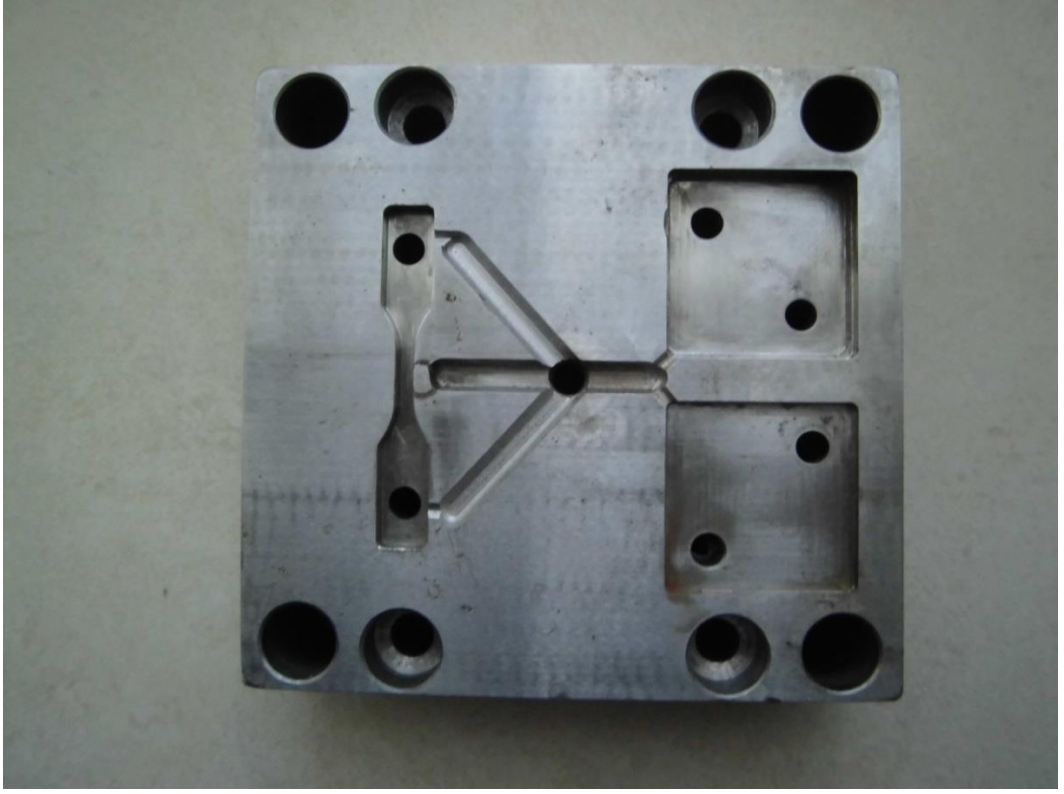
Üretilen plastik enjeksiyon kalıpları, plastik enjeksiyon makinesine bağlanıp PVC ve PC enjeksiyonu tamamlandıktan sonra kalıpların plastikle temas eden yüzeylerinde, kalıp çeliğine göre farklı miktarlarda korozyon oluşumu görülmüştür. Şekil 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15 ve 4.16'da bu oluşumu gösteren fotoğraflar görülmektedir.



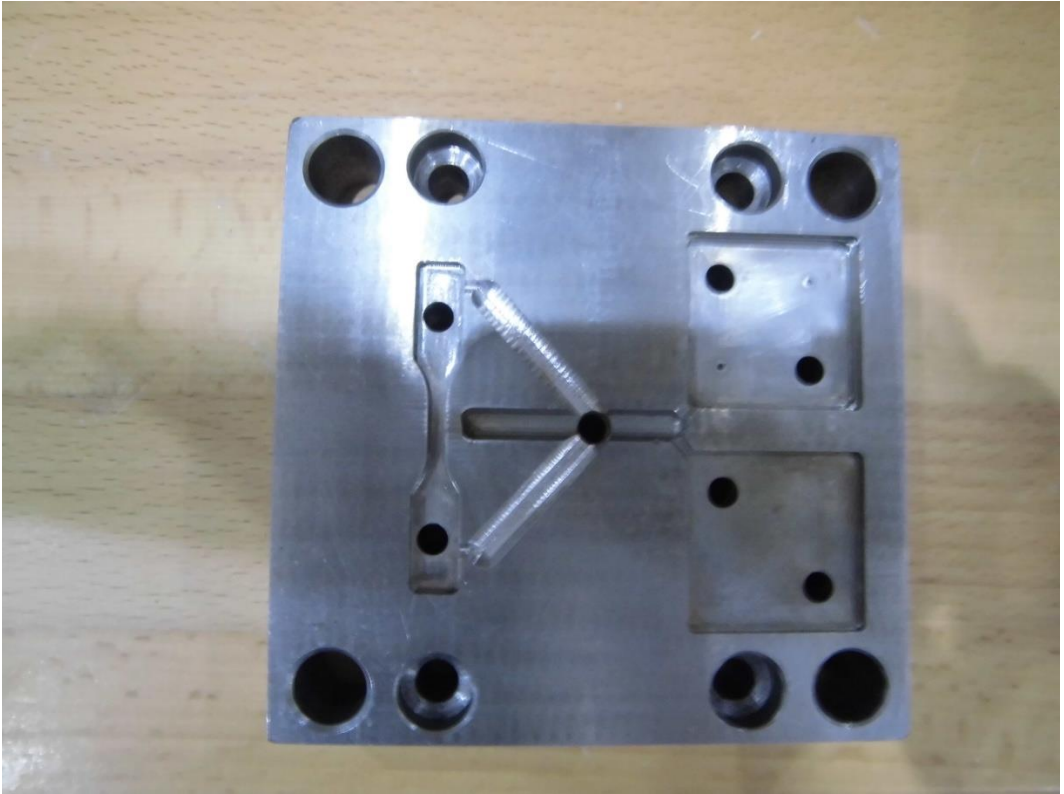
Şekil 4.9. PVC enjeksiyonu sonrasında AISI Ç1040 karbon çeliğinde oluşan korozyon



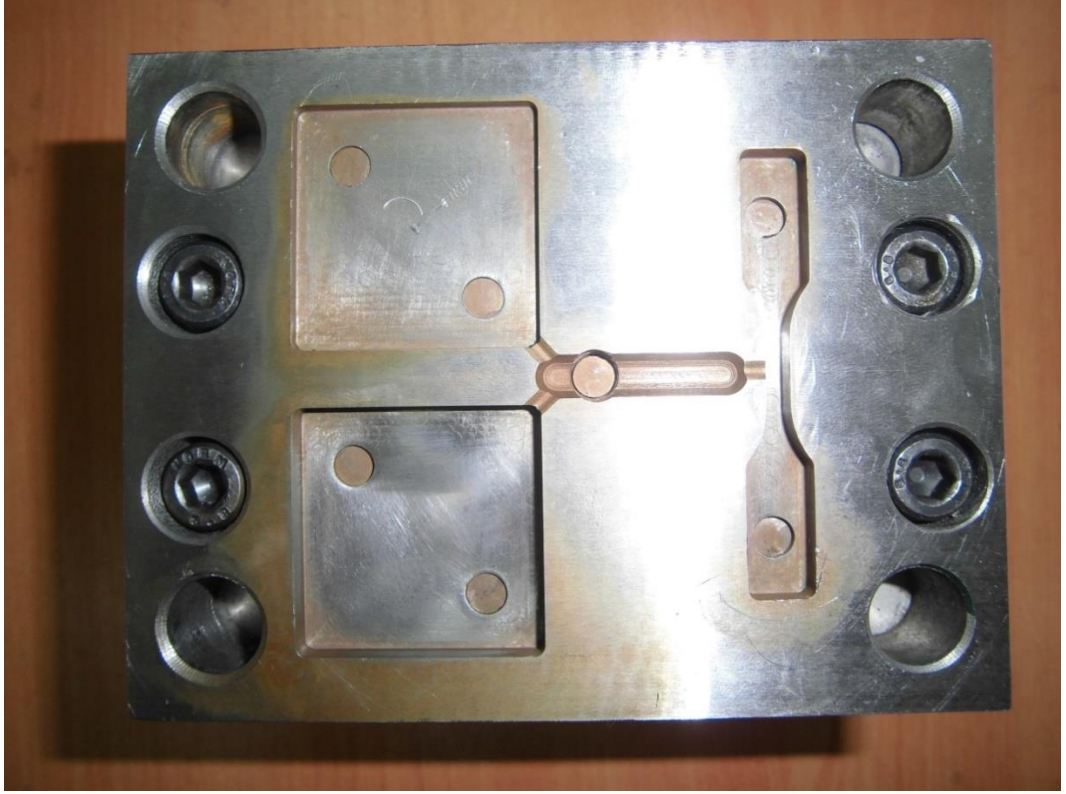
Şekil 4.10. PVC enjeksiyonu sonrasında AISI P20 plastik kalıp takım çeliğinde oluşan korozyon



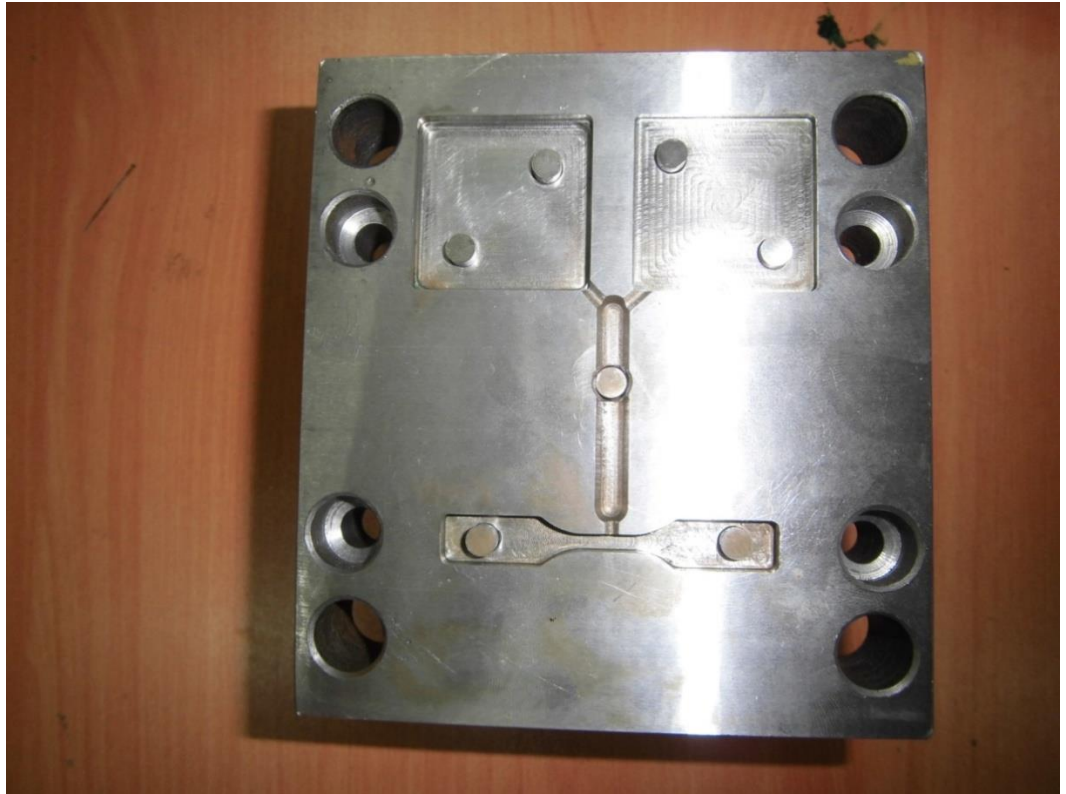
Şekil 4.11. PVC enjeksiyonu sonrasında AISI H11 sıcak iş takım çeliğinde oluşan korozyon



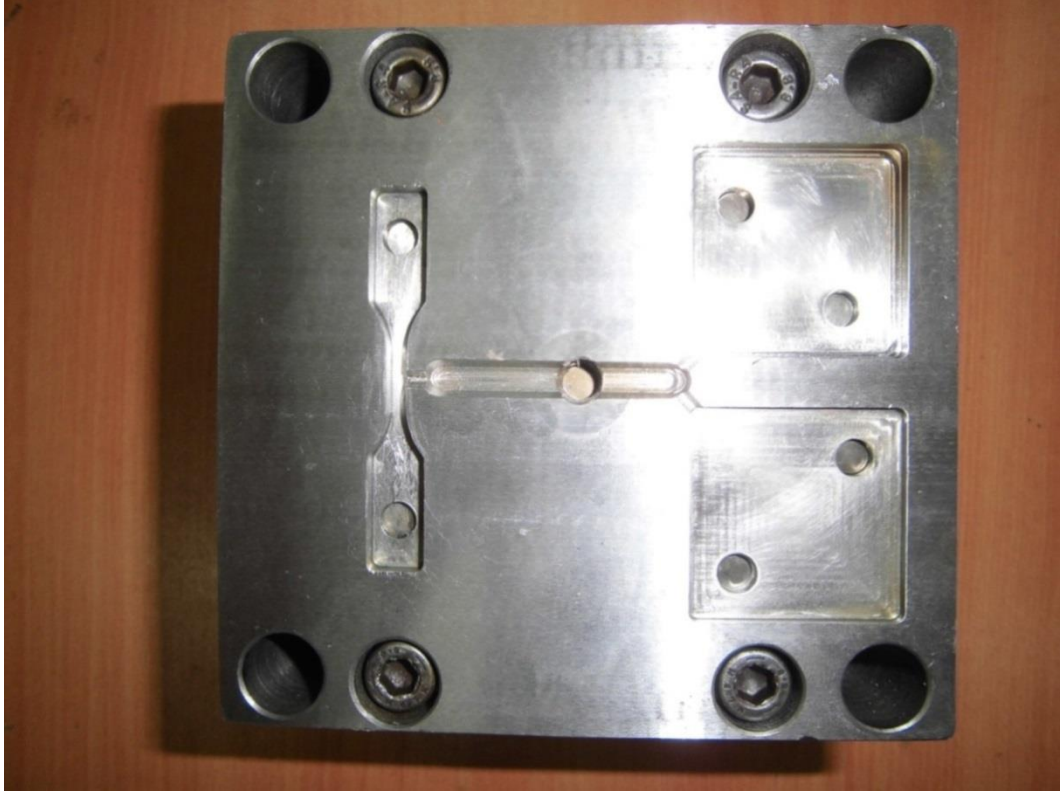
Şekil 4.12. PVC enjeksiyonu sonrasında AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliğinde oluşan korozyon



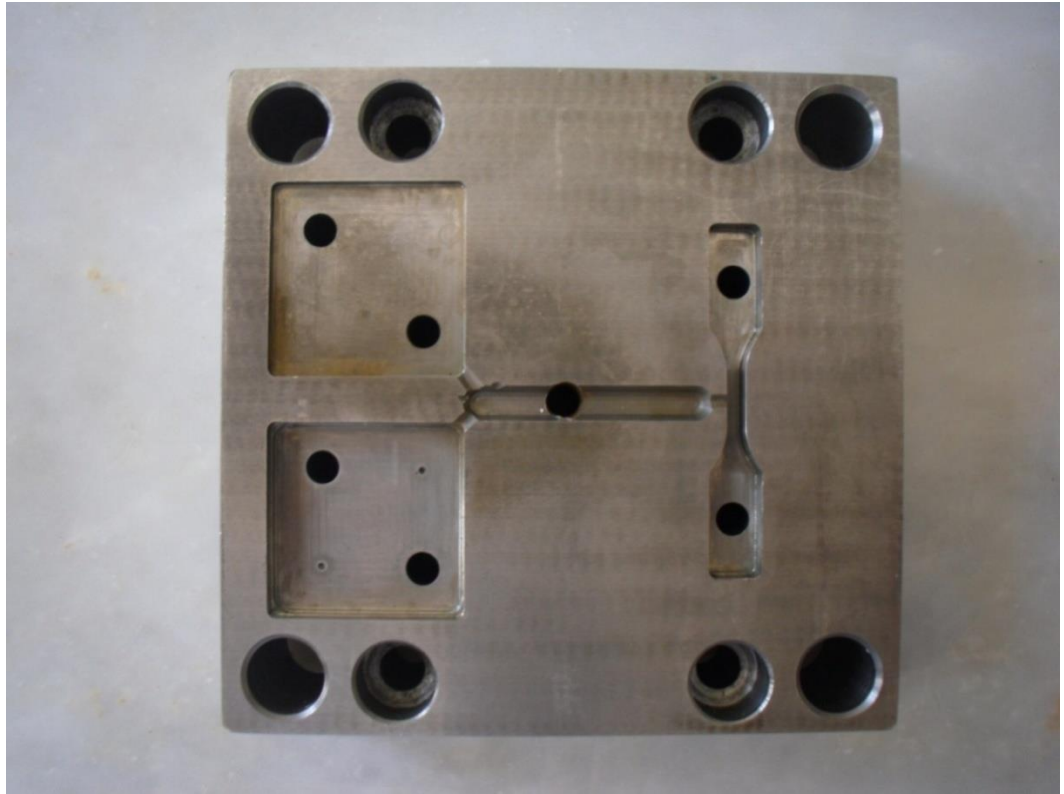
Şekil 4.13. PC enjeksiyonu sonrasında AISI Ç1040 karbon çeliğinde oluşan korozyon



Şekil 4.14. PC enjeksiyonu sonrasında AISI P20 plastik kalıp takım çeliğinde oluşan korozyon



Şekil 4.15. PC enjeksiyonu sonrasında AISI H11 sıcak iş takım çeliğinde oluşan korozyon



Şekil 4.16. PC enjeksiyonu sonrasında AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliğinde oluşan korozyon

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

PVC numunesine ait deney sonuçları Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. PVC deney sonuçları

	AISI Ç1040	AISI H11	AISI P20	AISI 420F
Shore A	69,5	68	68	68
Yoğunluk	1,183 gr/cm ³	1,183 gr/cm ³	1,183 gr/cm ³	1,183 gr/cm ³
Maksimumum çekme gerilmesi	7,87386 N/mm ²	7,70213 N/mm ²	7,61526 N/mm ²	8,16709 N/mm ²

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.

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 bakmamız gerekecektir.

PVC numunesi, AISI Ç1040 karbon çeliğinde enjekte edildiği zaman % 0 AISI P20 plastik kalıp takım çeliğinde % 0,04, AISI H11 sıcak iş takım çeliğinde % 0,05, AISI 420F paslanmaz plastik takım çeliğinde ise % 0,01 olarak ölçülmüştür.

Anorganik dolgu yüzdesinde virgülden sonraki değerler anlam ifade etmez ve sıfır kabul edilir. Zaten PVC ve PC takviyesiz kullanılmıştı. Bu da plastiklerde takviye olmadığını kanıtlıyor.

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

Çekme deneyi sonuçlarına baktığımızda esnek PVC, AISI Ç1040 karbon çeliğinde enjekte edildiği zaman, ise yüzde uzama % 1067,99, kopma gerilmesi 7,45852 N/mm², akma gerilmesi 0,17387 N/mm², maksimum çekme gerilmesi 7,87386 N/mm², AISI P20 plastik takım çeliğinde yüzde uzama % 1006,58, kopma gerilmesi 7,40747 N/mm², akma gerilmesi 0,16947 N/mm², maksimum çekme gerilmesi 7,61526 N/mm², AISI H11 sıcak iş takım çeliğinde yüzde uzama % 1081,79, kopma gerilmesi 7,44222 N/mm², akma gerilmesi 0,17006 N/mm², maksimum çekme gerilmesi 7,70213 N/mm², AISI 420F paslanmaz plastik takım çeliğinde ise yüzde uzama % 1189,54, kopma gerilmesi 7,90706 N/mm², akma gerilmesi 0,17423 N/mm², maksimum çekme gerilmesi 8,16709 N/mm² olarak gözlemlenmiştir.

Sonuçlara göre en düşük maksimum çekme gerilmesi değeri AISI P20 plastik kalıp takım çeliğinde görülmüştür. Çekme gerilmesindeki artışları AISI P20 plastik takım çeliğine göre kıyasladığımızda, 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 takım çeliği en ideal çeliktir.

PC numunesine ait deney sonuçları Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2. PC deney sonuçları

	AISI Ç1040	AISI H11	AISI P20	AISI 420F
Shore D	80	83,3	81,3	82,6
Yoğunluk	1,197 gr/cm ³	1,198 gr/cm ³	1,199 gr/cm ³	1,198 gr/cm ³
Maksimumum çekme gerilmesi	63,96226 N/mm ²	64,75472 N/mm ²	62,21763 N/mm ²	55,13208 N/mm ²

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.

Sonuçlara baktığımızda en düşük Shore D sertlik değeri AISI Ç1040 karbon çeliğinde görülmüştür. Sertlik değeri artışlarının kıyaslamasını, AISI Ç1040 karbon çeliğine göre yaptığımızda, 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 ise 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.

Anorganik dolgu yüzdesi değerleri PC numunesi, AISI Ç1040 karbon çeliğinde enjekte edilince % 0,01, AISI P20 plastik takım çeliğinde % 0,04, AISI H11 sıcak iş takım çeliğinde % 0,03, AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliğinde ise % 0,03 olarak ölçülmüştür.

PC, AISI Ç1040 karbon çeliğinde enjekte edildiği zaman, ise yüzde uzama % 64,5420, kopma gerilmesi 33,5992 N/mm², akma gerilmesi 38,3649 N/mm², maksimum çekme gerilmesi 63,96226 N/mm², AISI P20 plastik takım çeliğinde yüzde uzama % 110,277, kopma gerilmesi 37,0997 N/mm², akma gerilmesi 45,1079 N/mm² maksimum çekme gerilmesi 62,21763 N/mm², AISI H11 sıcak iş takım çeliğinde yüzde uzama % 109,719, kopma gerilmesi 35,9021 N/mm², akma gerilmesi 41,4061 N/mm², maksimum çekme gerilmesi 64,75472 N/mm² AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliğinde ise yüzde uzama % 99,0341, kopma gerilmesi 41,1697 N/mm², akma gerilmesi 44,8712 N/mm², maksimum çekme gerilmesi 55,13208 N/mm² olarak gözlemlenmiştir.

Sonuçlara bakıldığında en düşük maksimum çekme gerilmesi değeri 55,13208 N/mm² ile AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliğinde görülmüştür. Çekme gerilmesindeki artışları AISI 420F paslanmaz plastik kalıp takım çeliğine göre kıyasladığımızda, AISI P20 plastik kalıp 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 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 görülmüyor.

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

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. kaynaklanmaktadır. 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 kanıtlıyor.

KAYNAKLAR

- Akkurt, S., 1991. Plastik Malzeme Bilgisi. Birsen Yayınevi, 106, 119s, İstanbul.
- Akyüz, Ö.F., 2006. Plastikler ve Plastik Enjeksiyon Teknolojisine Giriş. Pagev Yayınları, 36s, 37s, 46s, İstanbul.
- AZO Metaterials, 2013. AISI 1040 Carbon Steel (UNS G10400). Erişim Tarihi: 20.12.2014. <http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6525>
- Balkır, C., Güran, N., Soyyörük, H.H., 1992, Karadeniz Ekonomik İşbirliği Bölgesi (KEİB) Projesi Çerçevesinde Petrokimya Sanayii. Petkim Yayınları, 22s, İzmir.
- Beşergil, B., 2003. Polimer Kimyası. Gazi Kitabevi, 66s, Manisa.
- Chanda, M., Roy, S.K., 2007. Industrial Polymers, Specialty Polymers, and Their Applications. CRC Press, 1-1p, United States of America.
- Erbay, T., Polivinil klorür. Bilgiç, T. (Ed.), 2006. Polimerler- I İçinde (77-134). Pagev Yayınları, 82s, 83s, İstanbul.
- Fried, J.R., 2003. Polymer Science and Technology. Prentice Hall, 394p, New Jersay.
- Hazer, B., 1993. Polimer Teknolojisi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, 82s, Trabzon.
- Hüner, Ü., 2008. Plastik Esaslı Kompozit Malzemelerin Sıcak Birleştirme İşlemlerinin İncelenmesi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 15s, Edirne.
- Kamber, Ö.Ş., 2008. Plastik Enjeksiyon Kalıplarında Basınç ve Sıcaklık Parametrelerinin Ürün Kalitesine Etkileri ve Taguchi Yöntemi İle Optimizasyonu. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 158s, İstanbul.
- Koçak, M., Abalı, B.E., 2008. Plastik Enjeksiyon Kalıbı Tasarımı. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitirme Tezi, 114s, İstanbul.
- Kurbanova, R., Mirzaoğlu, R., Karataş, İ., Uçan, H.İ., 1997. Polimer ve Plastikler Teknolojisi. Selçuk Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Yayınları, 139s, Konya.
- McGreavy, C. (Ed.), 1993. Polymer Reactor Engineering. Blackie Academic & Professional, 2p, New York.
- Merritt, F.S., Ricketts, J.T. (Ed.), 2000. Bulding Design and Construction Handbook. McGraw-Hill, 4.57p, New York.

- Özçelik, A., Özbay, A., 2011. Determination of Effect on the Mechanica Properties of Polypropylene Product of Molding Materials Using Taguchi Method. Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 29, 289-300.
- Palın, G.R., 1971. Teknolojide Plastikler. Çiğdemoğlu, M. Makine Mühendisleri Odası Yayınları, 58s, Ankara.
- Saçak, M., 1998. Polimer Kimyasına Giriş, Ankara Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Döner Sermaye İşletmesi Yayınları, 158s, Ankara.
- Savaşçı, Ö.T., Öztürk, H., Uygun, E., Başar, Y., 1991. Petrokimyasal Maddeler Üretim Zinciri, 187s, Petkim Araştırma Merkezi, Ankara.
- Savaşçı, Ö.T., Beşergil, B., 1989 Plastik İşleme Teknikleri ve Kalite Kontrol. Türkiye Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Kimya Mühendisleri Odası, 125s, Ankara.
- 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, 282s, Ankara.
- Topal, M.M., 2010. Plastik Enjeksiyon Kalıplarında Üründeki Kaynak Yeri Hatalarının Mukavemet Özelliklerine Etkisi. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 79s, Gebze.
- Turaçlı, H., 1999. Enjeksiyoncunun El Kitabı. Pagev Yayınları, 105s, İstanbul.
- Turaçlı, H., 1999. Enjeksiyon Hataları ve Çözümleri. Pagev Yayınları, 12s, İstanbul.
- Uddeholm, 2013. Erişim Tarihi: 19.04.2014.
http://www.uddeholm.com/files/PB_Uddeholm_vidar_superior_english.pdf
- Uddeholm, 2013. Erişim Tarihi: 19.04.2014.
http://www.uddeholm.com/files/PB_impax_supreme_english.pdf
- Uddeholm, 2013. Erişim Tarihi: 19.04.2014.
http://www.uddeholm.com/files/PB_Uddeholm_ramax_hh_english.pdf
- White, J.L., 1990. Principles of Polymer Engineering Rheology. John Wiley & Sons Limited, 53p, Canada.
- Yaşar, H., 2001. Plastikler Dünyası. TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yayınları, 43s, 71s, 132s, Ankara.

Yüksek, M., 2010. Plastik Enjeksiyon Kalıplarındaki Yolluk Çeşitlerinin Ürün Kalitesine Etkisi. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 79s, Hatay.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Süleyman Serhat KARACASULU

Doğum Yeri ve Yılı : Muğla, 1987

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : serhatkaracasu@hotmail.com



Eğitim Durumu

Lise : Anadolu Teknik Lisesi Bilgisayar Bölümü, 1999

Lisans : SDÜ, Teknik Eğitim Fakültesi, Tasarım ve Konstrüksiyon Öğretmenliği

Lisans Tamamlama: Selçuk Üniversitesi, Makine Mühendisliği

Mesleki Deneyim

Denizkent Yapı Denetim Şirketi Muğla 2011-2012

Konya Meram Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi 2013- halen