

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI ÜRETİM PARAMETRELERİ İÇİN PLASTİK
ENJEKSİYON PARÇASININ AKIŞ ANALİZİ VE DENEYSEL
KARŞILAŞTIRILMASI

CANSU CEMALOĞULLARINDAN

KOCAELİ 2020

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI ÜRETİM PARAMETRELERİ İÇİN PLASTİK
ENJEKSİYON PARÇASININ AKIŞ ANALİZİ VE DENEYSEL
KARŞILAŞTIRILMASI

CANSU CEMALOĞULLARINDAN

Doç.Dr. Tülin ŞAHİN

Danışman, Kocaeli Üniversitesi

.....

Prof.Dr. Erol FEYZULLAHOĞLU

Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi

.....

Prof.Dr. Fevzi BEDİR

Jüri Üyesi, Gebze Teknik Üniversitesi

.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 20.07.2020

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

“Farklı Üretim Parametreleri için Plastik Enjeksiyon Parçasının Akış Analizi ve Deneysel Karşılaştırılması” konulu tez çalışmamda plastik enjeksiyon kalıplama parametrelerinden enjeksiyon hızı ve ütüleme süresinin enjeksiyon noktasındaki basınç, akışkan cephe sıcaklığı, kayma oranı, kayma gerilmesi, ortalama hacimsel çekme, kapama kuvveti ve kaynak izlerine etkisi hem plastik akış analiz programı ile hem de deneysel yöntemle incelemiştir. Ayrıca cam elyaf takviyesinin akış analizi sonuçlarına etkisi gözlemlenmiştir.

Tez çalışmamda değerli yardım ve katkılarıyla çalışmalarına yön veren ve her konuda destek olan danışmanım Doç. Dr. Tülin ŞAHİN ve hayatım boyunca beni her konuda destekleyen ve yanımda olan annem Tülay Cemaloğullarından ve babam Cemal Cemaloğullarından’a teşekkürü borç bilirim.

Ağustos - 2020

Cansu CEMALOĞULLARINDAN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
ÖZET.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
GİRİŞ	1
1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	2
1.1. Plastikler	2
1.1.1. Termoplastikler	2
1.1.2. Termosetler.....	2
1.1.3. Elastomerler	2
1.2. Plastik Enjeksiyon Prosesi.....	2
1.2.1. Plastik enjeksiyon çevrimi	3
1.2.1.1. Plastikleştirme	3
1.2.1.2. Kalıbın kapatılması.....	3
1.2.1.3. Kalıbın doldurulması	3
1.2.1.4. Ütüleme	4
1.2.1.5. Tutma.....	4
1.2.1.6. Soğutma	4
1.2.1.7. Kalıptan çıkarma.....	4
1.2.2. Enjeksiyon parametreleri.....	4
1.2.2.1. Enjeksiyon malzemesinin sıcaklığı	4
1.2.2.2. Kalıp sıcaklığı.....	4
1.2.2.3. Enjeksiyon basıncı.....	5
1.2.2.4. Tutma basıncı	5
1.2.2.5. Geri basınç	6
1.2.2.6. Enjeksiyon zamanı.....	6
1.2.2.7. Ütüleme zamanı	6
1.2.2.8. Soğuma zamanı	6
1.2.2.9. Toplam çevrim zamanı	6
1.2.2.10. Enjeksiyon hızı	6
1.2.2.11. Vida dönme hızı	6
1.3. Plastik Enjeksiyon Kalıpçılığı	7
1.3.1. Kalıp tasarımı	7
1.3.2. Kalıp ayırım çizgisi	7
1.3.3. Kalıp göz adedi belirlenmesi.....	7
1.3.4. Yolluk sistemi	7
1.3.5. İtici sistemleri	8
1.3.6. Kalıpların ısıtılması ve soğutulması.....	8
1.4. Akış Analizi Programı Kullanılarak Yapılan Çalışmalar.....	8
2. TEORİK VE DENEYSEL ÇALIŞMA	13

2.1. Plastik Ürün.....	13
2.1.1. Kullanılan malzeme.....	13
2.1.2. Ürünün katı modeli.....	14
2.1.3. Çekme çubuğu kalıbı.....	15
2.2. Üretim ve Akış Analizi.....	15
2.2.1. Üretim ve akış analizi parametreleri	15
2.2.2. Enjeksiyon makinesi	16
2.3. Teorik Çalışma	16
2.3.1. Moldflow insight.....	16
2.3.2. Plastik akış analizi uygulaması	17
2.4. Deneysel Çalışma	18
2.4.1. Çekme deneyi	18
2.4.2. Metot	18
3. SONUÇLAR	19
3.1. Cam Elyaf Etkisinin Teorik Sonuçlar ile Tespit Edilmesi	19
3.1.1. Enjeksiyon noktasındaki basınç	19
3.1.2. Akışkan cephe sıcaklığı.....	26
3.1.3. Kayma oranı	33
3.1.4. Kayma gerilmesi	41
3.1.5. Ortalama hacimsel çekme	48
3.1.6. Kapama kuvveti.....	55
3.1.7. Kaynak izleri	62
3.2. PA66 için Deneysel Sonuçlar.....	69
3.3. PA66 için Teorik Sonuçlar ile Deneysel Sonuçların Karşılaştırılması	71
3.4. Cam Elyaf Takviyeli PA66 için Üretim Parametreleri ile Yapılan Teorik Sonuçlar	73
3.5. %30 Cam Elyaf Takviyeli PA66 için Deneysel Sonuçlar	77
3.6. %30 Cam Elyaf Takviyeli PA66 için Teorik Sonuçlar ile Deneysel Sonuçların Karşılaştırılması	80
4. TARTIŞMA VE ÖNERİLER	82
KAYNAKLAR	86
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	90
ÖZGEÇMİŞ	91

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Plastik Enjeksiyon Makinası	3
Şekil 2.1.	Çekme çubuğunun katı modeli.....	14
Şekil 2.2.	Çekme çubuğunun mesh görüntüsü	14
Şekil 2.3.	Çekme çubuğu kalıbı.....	15
Şekil 2.4.	Üretimde kullanılan enjeksiyon makinesi	16
Şekil 2.5.	Malzeme seçim menüsü	17
Şekil 2.6.	Proses ayarları menüsü.....	17
Şekil 3.1.	PA66 için enjeksiyon noktasındaki basınç	19
Şekil 3.2.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 için enjeksiyon noktasındaki basınç.....	20
Şekil 3.3.	PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s- ütüleme süresi 10s enjeksiyon noktasındaki basınç	20
Şekil 3.4.	PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 10s enjeksiyon noktasındaki basınç	20
Şekil 3.5.	PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 10s enjeksiyon noktasındaki basınç	21
Şekil 3.6.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 10s enjeksiyon noktasındaki basınç	21
Şekil 3.7.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 10s enjeksiyon noktasındaki basınç	21
Şekil 3.8.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s- ütüleme süresi 10s enjeksiyon noktasındaki basınç	22
Şekil 3.9.	PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 7s enjeksiyon noktasındaki basınç	22
Şekil 3.10.	PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 7s enjeksiyon noktasındaki basınç	22
Şekil 3.11.	PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 7s enjeksiyon noktasındaki basınç	23
Şekil 3.12.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 7s enjeksiyon noktasındaki basınç	23
Şekil 3.13.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 7s enjeksiyon noktasındaki basınç	23
Şekil 3.14.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s- ütüleme süresi 7s enjeksiyon noktasındaki basınç	24
Şekil 3.15.	PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s- ütüleme süresi 4s enjeksiyon noktasındaki basınç	24
Şekil 3.16.	PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s- ütüleme süresi 4s enjeksiyon noktasındaki basınç	24
Şekil 3.17.	PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s- ütüleme süresi 4s enjeksiyon noktasındaki basınç	25
Şekil 3.18.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 4s enjeksiyon noktasındaki basınç	25

Şekil 3.19.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 4s enjeksiyon noktasındaki basınç	25
Şekil 3.20.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 4s enjeksiyon noktasındaki basınç	26
Şekil 3.21.	PA66 için dolum sırasında görülen en düşük ve en yüksek sıcaklık farkı	27
Şekil 3.22.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 için dolum sırasında görülen en düşük ve en yüksek sıcaklık farkı	27
Şekil 3.23.	PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 10s akışkan cephe sıcaklığı	27
Şekil 3.24.	PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 10s akışkan cephe sıcaklığı	28
Şekil 3.25.	PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 10s akışkan cephe sıcaklığı	28
Şekil 3.26.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 10s akışkan cephe sıcaklığı	28
Şekil 3.27.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 10s akışkan cephe sıcaklığı	29
Şekil 3.28.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 10 akışkan cephe sıcaklığı	29
Şekil 3.29.	PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 7s akışkan cephe sıcaklığı	29
Şekil 3.30.	PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 7s akışkan cephe sıcaklığı	30
Şekil 3.31.	PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 7s akışkan cephe sıcaklığı	30
Şekil 3.32.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 7s akışkan cephe sıcaklığı	30
Şekil 3.33.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 7s akışkan cephe sıcaklığı	31
Şekil 3.34.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 7s akışkan cephe sıcaklığı	31
Şekil 3.35.	PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 4s akışkan cephe sıcaklığı	31
Şekil 3.36.	PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 4s akışkan cephe sıcaklığı	32
Şekil 3.37.	PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 4s akışkan cephe sıcaklığı	32
Şekil 3.38.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 4s akışkan cephe sıcaklığı	32
Şekil 3.39.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 4s akışkan cephe sıcaklığı	33
Şekil 3.40.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 4s akışkan cephe sıcaklığı	33
Şekil 3.41.	PA66 için maksimum kayma oranı	34
Şekil 3.42.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 için maksimum kayma oranı	34
Şekil 3.43.	PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 10s kayma oranı	35
Şekil 3.44.	PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 10s kayma oranı	35
Şekil 3.45.	PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 10s kayma oranı	35

Şekil 3.46.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 10s kayma oranı	36
Şekil 3.47.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 10s kayma oranı	36
Şekil 3.48.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 10s kayma oranı	36
Şekil 3.49.	PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 7s kayma oranı.....	37
Şekil 3.50.	PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 7s kayma oranı.....	37
Şekil 3.51.	PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 7s kayma oranı.....	37
Şekil 3.52.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 7s kayma oranı	38
Şekil 3.53.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 7s kayma oranı	38
Şekil 3.54.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 7s kayma oranı	38
Şekil 3.55.	PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 4s kayma oranı.....	39
Şekil 3.56.	PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 4s kayma oranı.....	39
Şekil 3.57.	PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 4s kayma oranı.....	39
Şekil 3.58.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 4s kayma oranı	40
Şekil 3.59.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 4s kayma oranı	40
Şekil 3.60.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 4s kayma oranı	40
Şekil 3.61.	PA66 için maksimum kayma gerilmesi	41
Şekil 3.62.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 için maksimum kayma gerilmesi.....	42
Şekil 3.63.	PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 10s kayma gerilmesi	42
Şekil 3.64.	PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 10s kayma gerilmesi	42
Şekil 3.65.	PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 10s kayma gerilmesi	43
Şekil 3.66.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 10s kayma gerilmesi	43
Şekil 3.67.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 10s kayma gerilmesi	43
Şekil 3.68.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 10s kayma gerilmesi.....	44
Şekil 3.69.	PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 7s kayma gerilmesi	44
Şekil 3.70.	PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 7s kayma gerilmesi	44
Şekil 3.71.	PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 7s kayma gerilmesi	45
Şekil 3.72.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 7s kayma gerilmesi	45
Şekil 3.73.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 7s kayma gerilmesi	45
Şekil 3.74.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 7s kayma gerilmesi.....	46
Şekil 3.75.	PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 4s kayma gerilmesi	46

Şekil 3.76.	PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 4s kayma gerilmesi.....	46
Şekil 3.77.	PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 4s kayma gerilmesi	47
Şekil 3.78.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 4s kayma gerilmesi	47
Şekil 3.79.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 4s kayma gerilmesi	47
Şekil 3.80.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 4s kayma gerilmesi.....	48
Şekil 3.81.	PA66 için maksimum ortalama hacimsel çekme	49
Şekil 3.82.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 için maksimum ortalama hacimsel çekme	49
Şekil 3.83.	PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 10s ortalama hacimsel çekme	49
Şekil 3.84.	PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 10s ortalama hacimsel çekme	50
Şekil 3.85.	PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 10s ortalama hacimsel çekme	50
Şekil 3.86.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 10s ortalama hacimsel çekme	50
Şekil 3.87.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 10s ortalama hacimsel çekme	51
Şekil 3.88.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 10s ortalama hacimsel çekme	51
Şekil 3.89.	PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 7s ortalama hacimsel çekme	51
Şekil 3.90.	PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 7s ortalama hacimsel çekme	52
Şekil 3.91.	PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 7s ortalama hacimsel çekme	52
Şekil 3.92.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 7s ortalama hacimsel çekme	52
Şekil 3.93.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 7s ortalama hacimsel çekme	53
Şekil 3.94.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 7s ortalama hacimsel çekme	53
Şekil 3.95.	PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 4s ortalama hacimsel çekme	53
Şekil 3.96.	PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 4s ortalama hacimsel çekme	54
Şekil 3.97.	PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 4s ortalama hacimsel çekme	54
Şekil 3.98.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 4s ortalama hacimsel çekme	54
Şekil 3.99.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 4s ortalama hacimsel çekme	55
Şekil 3.100.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 4s ortalama hacimsel çekme	55
Şekil 3.101.	PA66 için maksimum kapama kuvveti.....	56

Şekil 3.102.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 için maksimum kapama kuvveti.....	56
Şekil 3.103.	PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s- ütüleme süresi 10s kapama kuvveti	56
Şekil 3.104.	PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 10s kapama kuvveti	57
Şekil 3.105.	PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 10s kapama kuvveti	57
Şekil 3.106.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 Enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 10s kapama kuvveti.....	57
Şekil 3.107.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 Enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 10s kapama kuvveti.....	58
Şekil 3.108.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 Enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 10s kapama kuvveti.....	58
Şekil 3.109.	PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 7s kapama kuvveti.....	58
Şekil 3.110.	PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 7s kapama kuvveti	59
Şekil 3.111.	PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 7s kapama kuvveti	59
Şekil 3.112.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 Enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 7s kapama kuvveti.....	59
Şekil 3.113.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 Enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 7s kapama kuvveti.....	60
Şekil 3.114.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 Enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 7s kapama kuvveti.....	60
Şekil 3.115.	PA66 Enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 4s kapama kuvveti	60
Şekil 3.116.	PA66 Enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 4s kapama kuvveti	61
Şekil 3.117.	PA66 Enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 4s kapama kuvveti	61
Şekil 3.118.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 Enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 4s kapama kuvveti.....	61
Şekil 3.119.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 Enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 4s kapama kuvveti.....	62
Şekil 3.120.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 Enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 4s kapama kuvveti.....	62
Şekil 3.121.	PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 10s kaynak izleri.....	63
Şekil 3.122.	PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 10s kaynak izleri.....	63
Şekil 3.123.	PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 10s kaynak izleri.....	63
Şekil 3.124.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 Enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 10s kaynak izleri	64
Şekil 3.125.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 Enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 10s kaynak izleri	64
Şekil 3.126.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 Enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 10s kaynak izleri	64
Şekil 3.127.	PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 7s kaynak izleri.....	65
Şekil 3.128.	PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 7s kaynak izleri.....	65
Şekil 3.129.	PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 7s kaynak izleri.....	65
Şekil 3.130.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 Enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 7s kaynak izleri	66
Şekil 3.131.	%30 Cam elyaf takviyeli PA66 Enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 7s kaynak izleri	66

Şekil 3.132. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 Enjeksiyon hızı 8,44 mm/s- ütüleme süresi 7s kaynak izleri	66
Şekil 3.133. PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 4s kaynak izleri.....	67
Şekil 3.134. PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 4s kaynak izleri.....	67
Şekil 3.135. PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 4s kaynak izleri.....	67
Şekil 3.136. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 Enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 4s kaynak izleri	68
Şekil 3.137. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 Enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 4s kaynak izleri	68
Şekil 3.138. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 Enjeksiyon hızı 8,44 mm/s- ütüleme süresi 4s kaynak izleri	68
Şekil 3.139. PA66 84 mm/s enjeksiyon hızı çekme diyagramı	69
Şekil 3.140. PA66 17 mm/s enjeksiyon hızı çekme diyagramı	69
Şekil 3.141. PA66 elastisite modülü değerleri	70
Şekil 3.142. PA66 kopma gerilmesi değerleri.....	70
Şekil 3.143. PA66 % kopma uzaması değerleri	71
Şekil 3.144. PA66 akma gerilmesi değerleri	71
Şekil 3.145. PA66 yanık izleri.....	72
Şekil 3.146. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 84 mm/s enjeksiyon hızı çekme diyagramı.....	77
Şekil 3.147. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 17 mm/s enjeksiyon hızı çekme diyagramı.....	77
Şekil 3.148. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 8,44 mm/s enjeksiyon hızı çekme diyagramı.....	78
Şekil 3.149. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 elastisite modülü	78
Şekil 3.150. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 kopma gerilmesi	79
Şekil 3.151. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 akma gerilmesi	79
Şekil 3.152. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 % kopma uzaması.....	80
Şekil 3.153. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 yanık izleri.....	80

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 2.1.	Kullanılan malzeme bilgileri ve tavsiye edilen işleme şartları.....	13
Tablo 2.2.	İlk çalışma için üretim ve akış analizi parametreleri.....	15
Tablo 3.1.	Cam Elyaf Takviyeli PA66 için enjeksiyon noktasındaki basınç sonucu.....	73
Tablo 3.2.	Cam Elyaf Takviyeli PA66 için akışkan cephe sıcaklığı sonucu.....	73
Tablo 3.3.	Cam Elyaf Takviyeli PA66 için kayma oranı sonucu	74
Tablo 3.4.	Cam Elyaf Takviyeli PA66 için kayma gerilmesi sonucu	74
Tablo 3.5.	Cam Elyaf Takviyeli PA66 için ortalama hacimsel çekme sonucu	75
Tablo 3.6.	Cam Elyaf Takviyeli PA66 için kapama kuvveti sonucu	75
Tablo 3.7.	Cam Elyaf Takviyeli PA66 için kaynak izleri sonucu	76

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

E	: Elastisite Modülü
s	: Saniye
V	: Hız
σ_B	: Kopma Gerilmesi
ϵ_B	: Kopma Uzaması
σ_y	: Akma Gerilmesi

Kısaltmalar

Mpa	: Megapascal
PA66	: Polyamid 66
PP	: Polipropilen

FARKLI ÜRETİM PARAMETRELERİ İÇİN PLASTİK ENJEKSİYON PARÇASININ AKIŞ ANALİZİ VE DENEYSEL KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZET

Plastik enjeksiyon kalıplama teknolojisi endüstriyel alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Plastik enjeksiyon prosesinde ürün kalitesinin belirlenmesinde birçok faktör vardır. Akış analizi, bu faktörlerden birçoğunun kalıp tasarımı ve imalattan önce değerlendirilmesinde önem taşımaktadır. Bu çalışmada ilk olarak enjeksiyon hızı ve ütüleme süresindeki değişikliğin enjeksiyon noktasındaki basınç, akışkan cephe sıcaklığı, kayma oranı, kayma gerilmesi, ortalama hacimsel çekme, kapama kuvveti ve kaynak izlerine etkisini PA66 ve cam elyaf takviyeli PA66 malzemeleri kullanılarak akış analizi programı ile incelenmiştir. Aynı zamanda cam elyaf takviyesinin sonuçlara etkisi değerlendirilmiştir. İkinci olarak PA66 ve cam elyaf takviyeli PA66 malzemeleri kullanılarak imalat yapılmış, enjeksiyon hızı ve ütüleme süresindeki değişikliğin mekanik özelliklere etkisi çekme deneyi sonuçlarına göre incelenmiştir. Son olarak PA66 ve cam elyaf takviyeli PA66 için analiz sonuçları ile deneysel sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Akış Analizi, Cam Elyaf Takviyeli PA66, Enjeksiyon Hızı, PA66, Ütüleme Süresi.

FLOW ANALYSIS AND EXPERIMENTAL COMPARISON OF THE PLASTIC INJECTION PART FOR DIFFERENT PRODUCTION PARAMETERS

ABSTRACT

Plastic injection molding process is widely used in industrial fields. There are many factors to determine the quality of the product in the plastic injection process. Flow analysis is important for evaluating many of these factors before mold design and manufacturing. In this study, firstly, the effect of the change in the injection speed and packing time on the pressure at injection location, temperature at flow front, shear rate, shear stress, average volumetric shrinkage, clamp force and weld lines were examined with flow analysis program by using PA66 and glass fiber reinforced PA66 materials. At the same time the effect of glass fiber reinforced PA66 on the results was investigated. Secondly, manufacture was made by using PA66 and glass fiber reinforced materials and the effect of the change in injection speed and packing time on mechanical properties was examined according to the tensile test results. Finally, the results of the analysis were compared with the experimental results for PA66 and glass fiber reinforced materials.

Keywords: Flow Analysis, Glass Fiber Reinforced PA66, Injection Speed, PA66, Packing Time.

GİRİŞ

Plastik enjeksiyon kalıplama yöntemi malzemenin eritilmesi ve bir kalıbın içerisine enjekte edilerek istenilen şeklin oluşturulması prensibine dayanır. Plastik Enjeksiyon kalıplama yöntemiyle üretilen ürünün kalitesine birçok faktör etki etmektedir.

Akış analizi, enjeksiyon kalıplama yönteminde ürünün kalitesini arttırmak, çevrim süresini kısaltmak, kalıp tasarımını geliştirmek gibi birçok yönden büyük öneme sahiptir [1].

Bu tez çalışmasının amaçları;

- 1-Plastik validasyon yapılabilmesi için çok amaçlı standarda uygun deney numunesiyle ilgili akış analizi yaparak literatüre katkı sağlamak
- 2-Cam elyaf takviyesinin akış üzerindeki etkisini incelemek
- 3-Çok amaçlı deney numunesi üreterek enjeksiyon hızı ve ütüleme süresinin mekanik özellikler üzerindeki etkisini incelemek
- 4-Deney sonuçlarının akış analizi sonuçlarıyla doğrulanması

Bu doğrultuda ilk olarak enjeksiyon hızı ve ütüleme süresindeki değişikliğin enjeksiyon noktasındaki basınç, akışkan cephe sıcaklığı, kayma oranı, kayma gerilmesi, ortalama hacimsel çekme, kapama kuvveti ve kaynak izlerine etkisi PA66 ve %30 cam elyaf takviyeli PA66 malzemeleri kullanılarak akış analizi programı ile incelenmiş ve %30 cam elyaf takviyesinin sonuçlara etkisi araştırılmıştır.

İkinci olarak PA66 ve cam elyaf takviyeli PA66 malzemeleri kullanılarak ürünün imalatı gerçekleştirilmiş ve parçalar çekme deneyine tabi tutulmuştur.

Son aşamada analiz sonuçları ile deneysel sonuçlar karşılaştırılmıştır.

1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

1.1. Plastikler

Plastikler, atomlarının zincir halkalarına benzer şekilde birbirine bağlandığı yüksek molekül ağırlığına sahip sentetik malzemelerdir. Plastikler termoplastikler, termoset plastikler ve elastomerler olmak üzere 3 farklı gruba ayrılırlar [2].

1.1.1. Termoplastikler

Termoplastikler ısı ve basınç uygulandığında eriyip akan, soğutulduğu zaman sertleşerek şeklini koruyabilen malzemelerdir. Bu işlemler esnasında kimyasal yapılarında değişim göstermezler ve tekrar tekrar kullanılabilirler [3].

1.1.2. Termosetler

Termoset plastiklerde yumuşama sıcaklığının bozunma sıcaklığından yüksek olması bir defa şekillendirilmek için ısıtıldıklarında polimerleşmelerinin yükselmesine ve büyük oranda çapraz bağlar oluşturmasına sebep olur. Bu yüzden geri dönüşüm özelliği göstermezler [4,5].

1.1.3. Elastomerler

Elastomerler, çapraz bağlı bir yapıya sahip olup uzun zincirli yapıdadırlar. Elastomerlerin en önemli özelliği elastik davranışta bulunmasıdır [6].

1.2. Plastik Enjeksiyon Prosesi

Plastik enjeksiyon yöntemi plastik malzemenin eritilmesi ve bir kalıbın içine basılarak istenilen şekilde ve özellikte parça elde edilmesi prensibine dayanır. Plastik enjeksiyon makinesi enjeksiyon ünitesi, kalıplama ünitesi ve mengene ünitesi olmak üzere 3 ana bileşenden oluşmaktadır [7,8]. Enjeksiyon makinesinin resmi Şekil 1.1’de verilmiştir.



Şekil 1.1. Plastik Enjeksiyon Makinası [9]

Plastikleştirme ve enjeksiyon ünitesi mengene tarafından kapatılan kalıbın içine plastik malzemeyi ergiterek belli bir basınç ile basabilecek aksamı kapsayan ünedir. Kalıp ünitesi plastiğin şeklini aldığı ünedir. Mengene ünitesi kalıp yarımlarını birleştirir ve kalıp ayırım çizgisinden dışarı malzeme sızmasını engeller [3].

1.2.1. Plastik enjeksiyon çevrimi

Plastik enjeksiyon çevrimi 7 adımdan oluşmaktadır.

1.2.1.1. Plastikleştirme

Hammaddenin eritilmesi ve kalıba enjekte edilmek üzere hazır hale getirilmesidir. İlk adımda vida döner ve huniden ocağa granül hammadde alımı olur. İkinci adımda ısıtıcılar ve vida sürtünmesiyle hammadde eritilmesi gerçekleşir. Üçüncü adımda ise eriyen plastik vida boşluğuna ulaşır ve vida boşluğunda biriken hammadde kalıba gönderilmek üzere hazır hale gelir [10].

1.2.1.2. Kalıbın kapatılması

Mengene, kalıbın iki parçasını üst üste gelecek biçimde sıkıca kapatır [11].

1.2.1.3. Kalıbın doldurulması

Vida hidrolik piston tarafından ileriye doğru itilir. Eriyik plastik kalıp boşluğunu doldurur. Kalıp gözünün dolması için gereken basınç ve kalıp gözü iç basıncı yükselir. Plastiğin kalıp boşluğunu doldurması sırasında sıcaklık yükselirken vizkozite ve basınçta azalma görülür [10].

1.2.1.4. Ütöleme

Bu safhada kalıp içine enjekte edilen eriyik plastiğin kalıp boşluğunu tam olarak doldurması sağlanır.

1.2.1.5. Tutma

Çekmeyi azaltmak amacıyla parçanın kalıp içerisinde basınç altında bekletilmesi aşamasıdır.

1.2.1.6. Soğutma

Enjekte edilen eriyik malzemenin kalıp içerisinde katılaşma aşamasıdır.

1.2.1.7. Kalıptan çıkarma

Ürünün itici sistem yardımıyla kalıptan dışarı atılmasıdır.

1.2.2. Enjeksiyon parametreleri

1.2.2.1. Enjeksiyon malzemesinin sıcaklığı

Eriyik sıcaklığı, enjeksiyon işleminde plastiğin akış yolu boyunca kazandığı sıcaklık olarak tanımlanabilmektedir. Plastik malzemenin izleyeceği bu yol, besleme hunisiyle başlayıp malzemenin vida kovan sistemine girmesi ile devam eder. Sonrasında etrafında rezistanslar sarılı bulunan vida kovan sistemi boyunca hem ısınıp ergimeye başlar aynı zamanda harekete zorlanarak meme (nozül) olarak isimlendirilen malzemenin makinadan ayrılarak kalıba gireceği bölüme ulaşır. Sonraki aşamada yolluk sistemi ile kalıbı doldurmaya başlar. Bu yol akış yolu olarak isimlendirilir. Plastik malzeme türlerinin her biri kendine özđü işlenme şartlarına sahiptir ve bu doğrultuda her birinin karakteristik sıcaklık aralığı bulunmaktadır. Enjeksiyon makinesinde kullanılacak olan plastik malzemenin türüne göre sıcaklık ayarlarının yapılması gerekmektedir [12].

1.2.2.2. Kalıp sıcaklığı

Enjeksiyonda ana prensip, kalıp boşluğunu dolduran sıcak plastiğin şeklini alarak ve bu şeklini koruyarak soğuyup sertleşmesidir. Kalıp sıcaklığı önemli bir faktördür,

parça kalitesini ve baskı süresini etkilemektedir. Sıcak kalıpta, plastiğin akması çok kolay olmasına rağmen baskının soğuması ve kalıbı terk etme süresi uzayacaktır. Diğer yandan soğuk kalıpta ise erimiş plastiğin soğuma süresi hızlı olur fakat akışkanlığı azaldığından kalıbı tam doldurmadan soğuyup sertleşir. Bu durumlar arasında optimum koşulları sağlamak için; kullanılmak istenen plastiğin çeşidine, akma uzunluğuna, et kalınlığına, kullanılmak istenen yolluk çeşidine ve yolluk uzunluğuna dikkat edilmesi gerekmektedir.

Plastiğin kalıbı doldurması esnasında sıcaklık farkının optimum şartlarda tutulması gerekmektedir. Oluşabilecek yüksek sıcaklık farkı parçada istenmeyen gerilmelerin, malzeme birleşim izlerinin ve zayıf noktaların oluşumuna neden olur. Bu durumların önüne geçmek için baskıda sıcaklık dağılımının eşit olması sağlanmalıdır. Bu durum tasarlanacak uygun soğutma sistemleri ile sağlanabilir. Kalıp sıcaklığı da enjeksiyon malzeme sıcaklığında olduğu gibi ideal olarak plastik üreticileri tarafından verilmiş olan sıcaklık değeridir [13].

1.2.2.3. Enjeksiyon basıncı

Enjeksiyon basıncı, enjeksiyon ünitesi tarafından gerçekleştirilen önemli değerlerden biridir. Bu basınç vida hızını ve kalıbın doldurulması prosesini yakından etkilemektedir. Enjeksiyon basıncı ile kalıbın ergimiş malzeme ile en hızlı şekilde doldurulması hedeflenir. Bu sebeple enjeksiyon basıncı için uygulanabilecek en yüksek değer tercih edilmelidir. Basınç değerinin yüksek seçilmesi çalışılan sıcaklık değerlerinin düşük uygulanabilmesine olanak tanır. Bu önemli bir sonuçtur. Parçanın soğuma zamanında önemli ölçüde tasarruf yapılarak çevrim süresi kısaltılmış olacaktır. Bu noktada önemli olan enjeksiyon basıncının büyüklüğünün ve uygulanması gereken sürenin tespitinin uygun şekilde yapılmasıdır. Eğer basınç değeri olması gerekenden yüksek veya düşük kalırsa parça, makine ve kalıp üzerinde olumsuz etki gösterecektir [12,14].

1.2.2.4. Tutma basıncı

Tutma basıncı, malzemenin çekmesini telafi etmek ve kalıbın biçimini tam olarak alması için uygulanan basınçtır [15].

1.2.2.5. Geri basınç

Vida geri hareketine karşı direnç olarak açıklanmaktadır ve plastiğin sürtünme ile ısıtılmasına katkı sağlamaktadır [15].

1.2.2.6. Enjeksiyon zamanı

Ergimiş plastiğin kalıba dolmasıyla ütüleme aşamasının başlamasına kadar geçen süre enjeksiyon süresi olarak adlandırılır [16].

1.2.2.7. Ütüleme zamanı

Ütüleme basıncının uygulandığı zaman olarak ifade edilir.

1.2.2.8. Soğuma zamanı

Kalıp içerisinde şekillendirilmiş malzeme hemen kalıptan çıkartılmayarak ürünün özellikleri göz önünde bulundurularak bir süre daha kalıp içerisinde bekletilmelidir. Bu süre soğuma zamanı olarak adlandırılır.

1.2.2.9. Toplam çevrim zamanı

Enjeksiyon işlemini oluşturan bütün aşamaların toplam gerçekleşme süresi olarak ifade edilir. İşlem maliyeti yönünden büyük öneme sahiptir.

1.2.2.10. Enjeksiyon hızı

Vidanın ileriye doğru kalıbı doldurmak amacıyla gerçekleşen hareketinden doğan hız olarak adlandırılır. Hızlı dolum ile ideal bir parça elde edebilmek için bütün değişkenlerin dengeli olması gerekir [17,18].

1.2.2.11. Vida dönme hızı

Plastiğin ergimesinde gereken ısının bir bölümü vidanın dönüşüyle sağlanır ve hızı yükseldikçe sıcaklıkta yükselmektedir. Baskı süresinin uygunluğu göz önüne alınarak vida ayarlanmalı ve vidanın hızı düşük seviyede tutulmalıdır. Düşük hızda daha düzgün sıcaklık dağılımı olmakla birlikte ergimiş plastiğin ergime süresi ve makine yıpranması azalmaktadır [18].

1.3. Plastik Enjeksiyon Kalıpcılığı

1.3.1. Kalıp tasarımı

Kalıp tasarımı yapılırken üretilmek istenen ürünün yapısı, boyutu, hassasiyeti ve işleme parametreleri ele alınarak yapılmaktadır [19]. Bu bölümde kalıp tasarımı ile ilgili önemli kavramlar yer almaktadır.

1.3.2. Kalıp ayırım çizgisi

Kalıplanmış parçanın açılma düzleminin üzerinde oluşan çizgi kalıp açılma çizgisi olarak adlandırılmaktadır. Kalıp açılma çizgisi, kalıplanacak parça üretim adedine, toleranslara, parça şekline, ölçülerine, parça kalınlığı ve estetik görünüşü göz önünde bulundurularak alt plakada kalacak biçimde istenilen bölgeden alınabilir. Kalıplama derinliğinin az olduğu kalıplarda $1^{\circ}/4-1^{\circ}/2$ arasında, kalıplama boşluğundan kalıp açılma çizgisine doğru eğim verilebilir. Fazla derinliğe sahip kalıplarda ise bu miktar 1° ye kadar olabilir [20]. Kalıp ayrılma hattının yanlış seçimi, çapak oluşumuna, deformasyona ve itici izlerine sebep olabilir.

1.3.3. Kalıp göz adedi belirlenmesi

Kalıp göz adedi belirlenmesinde parça kullanım adedi, parçanın geometrisi, kalıp boyutu, kalıp maliyeti, makine tipi, kalıp çalışma biçimi ve yolluk dağılımı etki etmektedir. Kalıp göz sayısı belirlenirken bütün bu parametrelerin göz önünde bulundurulması ve değerlendirilmesi gerekmektedir [20].

1.3.4. Yolluk sistemi

Yolluk sisteminde amaç eriyik malzemeyi boşluk girişine en azami basınç ve sıcaklık kaybı ile iletmektir [21].

Yolluk sistemlerinin boyut, geometri ve hacmi parça kalitesini direkt etkiler. Eriyik malzemenin akış yolunun olabildiğince düzgün ve kısa olması beklenir. Kalıp yolluk sistemi temelde merkez yolluk, giriş yolluğu ve yan yolluklardan oluşmaktadır [22,23].

1.3.5. İtici sistemleri

Ürünün kalıp boşluğu içerisinde soğumasından ve kalıbın açılmasının ardından kalıptan çıkarılması gerekmektedir. Bunun için neredeyse tüm plastik enjeksiyon kalıplarında itici sistemi kullanılmaktadır. İtici mekanizması otomatik itme ve yan otomatik itme olarak iki çalışma sistemine sahiptir [24,25].

1.3.6. Kalıpların ısıtılması ve soğutulması

Enjeksiyon baskısındaki ana prensip, sıcak plastiğin kalıp içerisine iletilip kalıp boşluğundaki şekli alarak soğuması ve sertleşmesi olayıdır.

Kalıpların ısıtılması için günümüzde yaygın olarak kalıplarda elektrikli rezistans ısıtıcıları kullanılmaktadır.

Kalıp tasarımında soğutma sistemi ayrı bir öneme sahiptir. Soğutma işlemi genellikle kalıbın farklı bölümlerine açılan deliklerden sürekli olarak su akışının sağlanmasıyla yapılır. Sıcaklık değerleri, parçanın ölçüsü, biçimi ve kullanılan termoplastiğin türüyle bağlantılıdır. Su ile soğutma işleminin uygun olmadığı durumlarda, soğutma basınçlı hava ile yapılır. Basınçlı hava, kalıp içerisine açılan kanalları dolaşır ve kalıptan ayrılır. Su soğutmalı sisteme göre soğutma etkisi yavaştır [24,18].

1.4. Akış Analizi Programı Kullanılarak Yapılan Çalışmalar

Akış analizi programları ile bir parçanın üretimi sırasında harcanan zamanın ve malzeme israfının azaltılabildiği kullanım oranını arttırmış ve bu konuda daha fazla çalışma yapılması ihtiyacını doğurmuştur. Aşağıda Moldflow programı kullanılarak yapılan çalışmalar yer almaktadır.

Fahri İBİŞOĞLU ve diğerleri 2014 yılındaki çalışmalarında, ilk olarak enjeksiyon kalıbında bulunan klasik çelik ve soğutma kanallarıyla numuneler basmış ve basılan numuneleri inceleyerek proses ve parça dizaynı konusunda kusurları saptamışlardır. Sonraki adımda Moldflow programından yararlanarak soğutma kanalları, ürün tasarımı ve parçanın soğuma sorunu çıkaran bazı kısımlarında özel eklemeli malzemeler kullanarak revizyon çalışması yapmış ve yapılan çalışmalar doğrultusunda soğutma süresindeki değişim miktarını karşılaştırmışlardır. Çalışma sonunda, soğutma

kanallarında uygulanan küçük değişikliklerin çevrim süresini kısalttığını, çevrim süresindeki önemli düşüş farkını kalıp çeliklerindeki değişikliğin meydana getirdiği sonucuna ulaşılmış olup hedef çevrim süresinin aşığısına düşülmüştür [26].

Mehmet Samet KAFALI 2011 yılındaki çalışmasında, yangın dolabı açma dili parçasının Moldflow programında akış analizlerini yapmıştır ve karşılaşılabilecek problemleri tespit etmiştir. Bu tespitler doğrultusunda gereken önlemler alınarak tasarlanan kalıptan elde edilen sonuçlar incelenmiştir. Malzeme olarak UltramidA3EG7 kullanılarak elde edilen baskı sonunda dolum analizinde görülenen farklı bir akış olduğu tespit edilmiştir. Bunun sebebi analiz programlarında henüz yüzey pürüzlülüğü ve girifliliğinin hesaplamaya katılmıyor olması olarak belirtilmiştir [13].

Osman ERDEMİR 2007 yılındaki çalışmasında, ilk olarak fan havalandırma kapağına ait eriyik akış dağılımı ve ideal yolluk pozisyonlarını belirlemek amacıyla akış analizleri yapmıştır. Analizler için Moldflow programı kullanılmıştır. Aynı zamanda fan kapağı kalıbının imalatı yapılmış ve parçaların üretimi gerçekleştirilmiştir. Teorik sonuçlar ile üretim sonuçları kaynak çizgileri, çekme, çökme bölgeleri ve proses şartları bakımından karşılaştırılmıştır. İki sonuç arasında ki bazı uyumsuzluklar olmasına rağmen akış analizi programının eriyik akış ve parça kalitesi tahminini çok iyi yaptığı görülmüştür. İkinci olarak dizaynı hazır yapılmış olan sopa kulpunun eriyik akış analizleri gerçekleştirilmiş, en son olarak ise anahtar kutusu kalıp montajı yapılmıştır [27].

Tolga GÖNÜLLÜLEROğLU 2015 yılındaki çalışmasında, kapı profil parçası için üretim sonrasında görülen çarpılmaları ve farklı tasarımlar ile bu çarpılmadaki değişimi Moldflow programında yapılan analizlerin sonuçlarına göre incelemiştir. İnceleme sonunda en uygun olarak belirlenen parçanın kalıbında değişiklik yapılmış ve parçanın üretimi gerçekleştirilerek deneysel sonuçlar ile analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Çalışma sonunda, analiz programının imalatı gerçekleştirilen parçaların modifikasyonlarının saptanmasında etkin bir şekilde kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır [28].

Çiğdem KOYUN 2005 yılındaki çalışmasında, topraklı priz kapak modelinin kalıbını tasarlamıştır. Tasarımın ilk olarak akış analizlerini gerçekleştirmiş ve

karşılaşılabilecek problemleri tespit etmiştir. Bu problemlerle ilgili gerekli düzeltmelerin ardından kalıbın yapısal analizini incelemiş ve kalıbın maruz kalacağı yüklere karşı davranışının kontrolünü yapmıştır. Son aşamada bu tespitler ışığında gerekli tedbirler alınarak imalatı yapılan kalıptan çıkan sonuçlar incelenmiştir. Malzeme olarak PC Xantar-22R DSM kullanılmıştır. Çalışma sonunda, analiz programından gerçeğe yakın veriler elde edildiği gözlemlenmiştir. İlave olarak baskı sonunda dolum analizinde görülenden farklı bir akış olduğu tespit edilmiştir. Bunun sebebi analiz programlarında henüz yüzey pürüzlülüğü ve giriftliğinin hesaplamaya katılmıyor olması olarak saptanmıştır [24].

Ahmet DEMİRER ve Serkan DENİZ 2011 yılındaki çalışmalarında, katkılı ve katkısız PP malzemelerinin enjeksiyonda meydana gelen birleşme izlerinin mekanik davranışlara etkilerini araştırmışlardır. Bu doğrultuda üretilen parçalar için çekme ve eğme deneyleri yapılmış ve Moldflow programıyla akış analizleri gerçekleştirilmiştir. Malzeme olarak PP ve PP+%30 cam elyaf kullanılmıştır. Çalışma sonunda, birleşme izli numunelerde birleşme izsiz numunelere göre çekme mukavemeti, eğme mukavemeti ve eğme dayanımında azalma görülmüştür. Birleşme izinde proses sıcaklığının önemli bir parametre olduğu belirtilmiştir. Ayrıca katkılı %30 cam elyaf malzemelerin katkısızza göre birleşme izi mukavemetlerini önemli oranda yükselttiği tespit edilmiştir [29].

Ahmet DEMİRER ve diğerleri 2009 yılında yapmış oldukları çalışmalarında, klasik ve modifiye edilmiş iki sistem için iki farklı malzeme, iki farklı kalıp sıcaklığı ve üç farklı bekleme zamanı kullanarak parçaların üretimini yapmış ve karşılaştırmışlardır. Soğutma sistemi modifiyesinde soğutma kanallarının yerlerini belirlemede Moldflow programından yararlanmışlardır. Çalışma sonunda, çarpılma ve çekme değerleri incelenmiş, modifiye yapılan soğutma sisteminde ve uzun bekleme zamanında ürün kalitesindeki sonuçların daha iyi olduğu tespit edilmiştir [30].

Jie WANG 2015 yılındaki çalışmasında Moldflow yazılımını kullanarak bir parçanın analiz ve optimizasyonunu yapmıştır. Parçanın bükülme deformasyonunu etkileyen en iyi çözüm belirlenmiştir [31].

Rahul VASHISHT ve Arjun KAPILA 2014 yılında yapmış oldukları çalışmalarında farklı yolluk giriş tiplerinin parça ve kalıplama parametreleri üzerindeki etkisini

Moldflow Insight yazılımını kullanarak incelemişlerdir. Çalışma sonunda, yolluk giriş tipi değiştiğinde dolun süresi, hacimsel çekme ve kapama kuvveti değerlerinde de farklılık görülmüş ve bu doğrultuda giriş tipindeki değişikliğin proses parametreleri ve parça estetiği üzerinde etkisi olduğu söylenmiştir. Ayrıca analiz sonuçlarında hava kabarcığı ve birleşme izlerinin büyük oranda yolluk giriş tipi ve konumuna bağlı olduğu saptanmıştır [32].

Hu GUANG-HONG ve Cui ZHEN-SHAN 2010 yılındaki çalışmalarında, yolluk çapı, ütüleme basıncı ve ütüleme süresinin çekme üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Deneylerde paketlenme profilinin ve yolluk boyutunun öneminin açıkça görüldüğü belirtilmiştir [33].

Melih Ziya YAKUT 2014 yılındaki çalışmasında, Moldflow programı ile bir bardağın dolun analizini yapmıştır. Analiz sonucunda tam dolun olup olmadığı, sıcaklık, baskı süresi, yoğunluk ve basınç değerlerini yorumlamıştır. Polistiren malzeme ile yapılan çalışmada, enjeksiyon basıncının maksimum değere yakın olduğu ve ürünün çok kısa zamanda dolabildiği tespit edilmiştir. Sıcaklık, yoğunluk ve basınç yönünden incelendiğinde enjeksiyon noktasına en uzak bölgelerde düşük görüldüğü ve bu nedenle bu bölgelerde çarpılma ve deformasyon oluşumu olasılığının yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır [34].

Ingole Akshay RAMBHAU ve diğerleri 2016 yılında yapmış oldukları çalışmalarında, bisiklet gidonu üst kapağının tasarımını ve analizini yapmışlardır. Analizler Moldflow yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Çalışma sonunda, homojen bir kalıp dolun modeli için yolluk ve yolluk giriş yerinin çok önemli olduğu, çok gözlü kalıbın işçilik maliyetini düşürdüğü ve üretim verimliliğini arttırdığı, kapı kalınlığının veya alanının artırılmasıyla, doldurma süresi ve kapı hızının buna göre değiştiği belirtilmiştir [35].

Ümit HÜNER ve E. Selçuk ERDOĞAN 2010 yılında yapmış oldukları çalışmalarında Sürünme, çekme ve darbe numunelerinin Moldflow programıyla analizini yapmışlardır. Analiz sonuçlarından elyaf dağılımı, soğuma(katılaşma) zamanı, dolun süresi ve kapama kuvveti incelenmiştir. Sonrasında tüp basınçlı plastik enjeksiyon yöntemiyle üretim yapılmış ve analiz sonuçları ile gerçek baskı sonuçları karşılaştırılmıştır. Malzeme olarak %40 kısa cam elyaf takviyeli PP kullanılmıştır. Çalışma sonunda, analiz sonucunda 12,69s çıkan dolun süresi gerçek baskı

sonuçlarında 11.71s, 13.40s ve 12.40s çıkmıştır. Kapama kuvveti gerçek baskıda analiz sonucundan düşük grlmştr. Elyaf dağılımı sonucu incelendiğinde analiz sonucunda elyaf dağılımının eksiklik içerdiği, gerçek baskı sonuçlarında ise elyafların her noktaya ulaşmış olduğu gözlemlenmiştir. Soğuma (katılaşma) zamanı sonucunda gerçek baskı sonucunda çıkan değerin analiz sonucundan yüksek olduğu tespit edilmiştir [36].

Onuralp ULUER 2008 yılındaki çalışmasında, enjeksiyon hızı, ergiyik sıcaklığı ve kalıp sıcaklığı parametrelerinin katılaşan katman oluşumuna etkisini moldflow akış programı yardımıyla incelemiştir. Malzeme olarak alçak yoğunluklu Polietilen kullanılmıştır. Çalışma sonunda, enjeksiyon hızı, kalıp sıcaklığı ve ergiyik sıcaklığındaki yükselişin katılaşan katman oluşumunu azalttığı grlmştr [37].

Baofu SUN ve diğerleri 2017 yılında yapmış oldukları çalışmalarında, Moldflow yazılımını kullanarak hem enjeksiyon giriş yerini hem de kalıplama parametrelerini optimize etmişlerdir. Çalışma sonunda, deneysel doğrulamada tasarım aşamasında Moldflow yazılımının ileride karşılaşılabilecek ürün hatalarını bulabileceği tespit edilmiştir [38].

2. TEORİK VE DENEYSEL ÇALIŞMA

2.1. Plastik Ürün

2.1.1. Kullanılan malzeme

PA 66 yüksek molekül ağırlığı olan kristal yapılı polimerdir. Kalıplanabilen polyamidlerden en önemlisidir. Işığa, ısıya ve suya karşı dayanıklı ve kolay işlenebilen türlere sahiptir. Plastikler pratikte, saf organik olarak veya bazı özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla katkı maddeleri veya reçine ile karıştırılarak kullanılırlar [39].

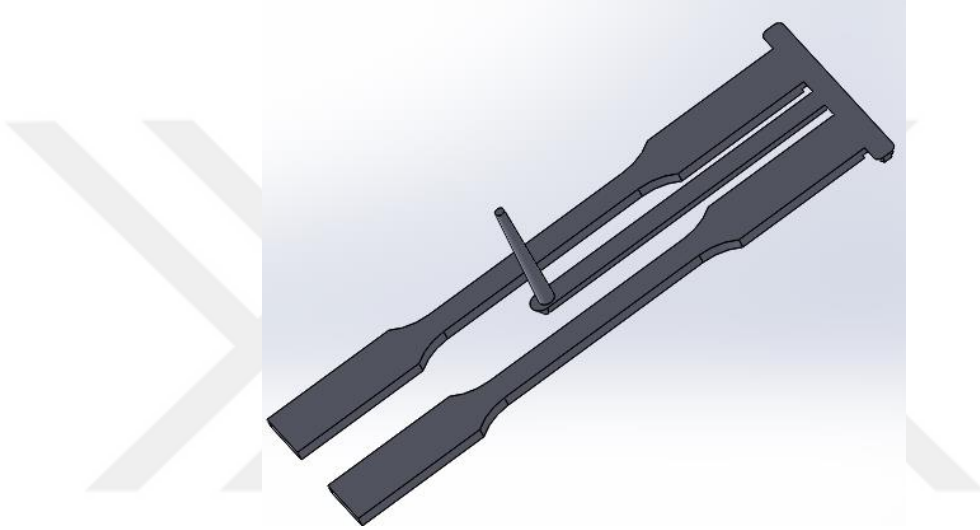
Bu çalışmada kullanılan PA 66 ve %30 cam elyaf takviyeli PA66'ya ait bilgiler ve işleme şartları Tablo 2.1' de verilmiştir.

Tablo 2.1. Kullanılan malzeme bilgileri ve tavsiye edilen işleme şartları

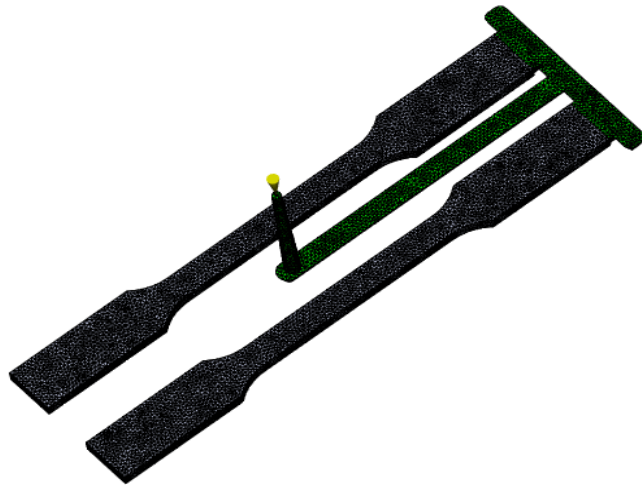
Malzeme Adı	PA 66	PA 66
Katkı Maddesi	-	Cam elyaf
Katkı Maddesi Oranı	-	%30
Malzeme Ticari Adı	Zytel 101F NC010	Zytel 70G30HSL
Malzeme Yapısı	Kristalli	Kristalli
İmalatçı Firma	Dupont	Dupont
Tavsiye edilen İşleme Şartları		
Önerilen Eriyik Sıcaklık Aralığı	280-305°C	285-305°C
Önerilen Kalıp Sıcaklık Aralığı	40-95°C	65-120°C
Enjeksiyon Sıcaklığı	190°C	220°C
Maksimum Kayma Gerilmesi	0,5 Mpa	0,5 Mpa
Maksimum Kayma Oranı	60000 1/s	60000 1/s

2.1.2. Ürünün katı modeli

Çalışmada parça olarak çekme çubuğu kullanılmıştır ve Solidworks 2015 programı kullanılarak çizilmiştir. Çok amaçlı deney numunesi ISO 527-2 standardına uygun çizilmiştir. Yolluk sistemi ISO 294-1 standardında bulunan 3 yolluk sistemi içinden seçilmiştir ve standarda uygun olarak çizilmiştir. Çekme çubuğunun 3D ürün modeli Şekil 2.1’ de verilmiştir. Mesh görüntüsü Moldflow Insight programından alınmıştır ve Şekil 2.2’ de verilmiştir.



Şekil 2.1. Çekme çubuğunun katı modeli



Şekil 2.2. Çekme çubuğunun mesh görüntüsü

2.1.3. Çekme çubuğu kalıbı

Üretimde kullanılan kalıbın resmi Şekil 2.3’ de verilmiştir.



Şekil 2.3. Çekme çubuğu kalıbı

2.2. Üretim ve Akış Analizi

2.2.1. Üretim ve akış analizi parametreleri

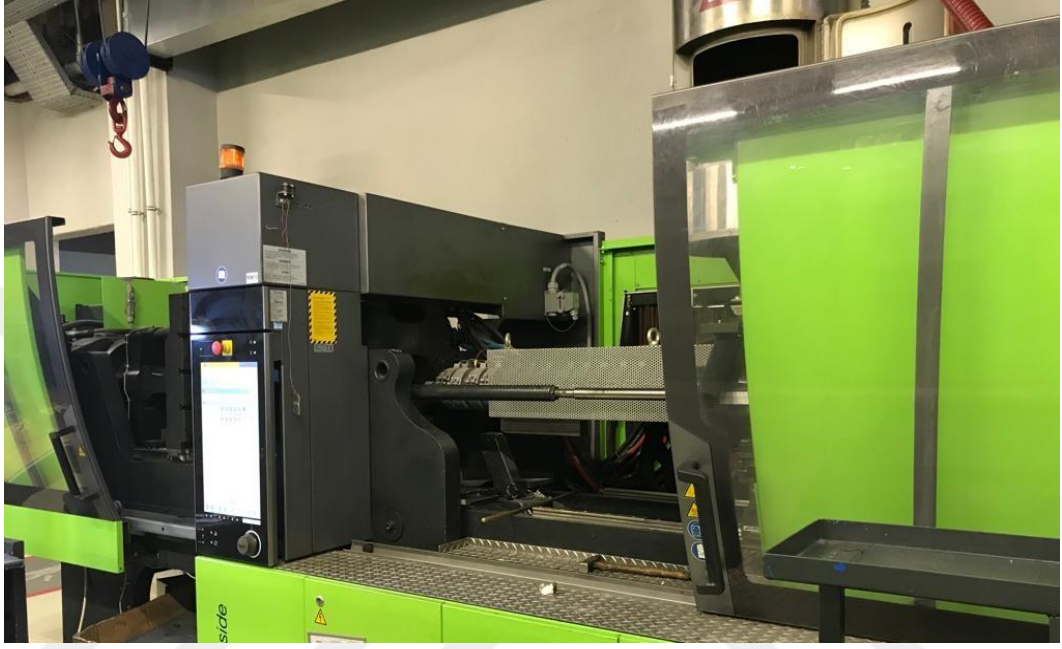
Çalışmada 3 farklı enjeksiyon hızı ve her bir enjeksiyon hızı için 3 farklı ütüleme süresi kullanılmıştır. Diğer parametre değerleri sabit tutulmuştur. İlk çalışmada kullanılan işleme parametreleri Tablo 2.2’ de gösterilmiştir. PA66 için üretim ve analizde kullanılan parametre değerleri aynıdır. %30 cam elyaf takviyeli PA66 ‘da ilk çalışmada kullanılan kalıp sıcaklığı 50°C’dir. Üretim, deneysel çalışma ve ikinci analiz uygulamalarında 70°C kalıp sıcaklığı kullanılmıştır. Parametre değerleri tezin amaçları temel alınarak belirlenmiştir. Enjeksiyon hızının ve ütüleme süresinin incelenen sonuçlar üzerindeki etkisinin belirgin olarak görülebilmesi için değer aralıkları geniş tutulmuştur.

Tablo 2.2. İlk çalışma için üretim ve akış analizi parametreleri

Enjeksiyon hızı	Ütüleme süresi	Ütüleme basıncı	Kalıp sıcaklığı	Eriyik sıcaklığı	Soğuma süresi
84 cm ³ /s	10s	22,6 bar	50°C	298°C	25s
17 cm ³ /s					
8,44 cm ³ /s					
84 cm ³ /s	7s				
17 cm ³ /s					
8,44 cm ³ /s					
84 cm ³ /s	4s				
17 cm ³ /s					
8,44 cm ³ /s					

2.2.2. Enjeksiyon makinesi

Üretim Şekil 2.4 'de verilen makine vida hızı 230 r/min, maksimum enjeksiyon hacmi 511 cm³, kapama gücü ise 1600 kN olan Engel Victory 1050/160 plastik enjeksiyon makinesinde yapılmıştır.



Şekil 2.4. Üretimde kullanılan enjeksiyon makinesi

2.3. Teorik Çalışma

2.3.1. Moldflow insight

Üretim sürecini optimize etmek amacıyla gerekli simülasyonların gerçekleştirilebileceği bir yazılımdır. Enjeksiyon noktası analizi, dolum analizi, tutma analizi, çarpılma analizi, soğuma analizi, yolluk tasarımı ve analizi, soğutma kanalı tasarımı ve analizi gibi birçok bölüm vardır [40,41]. Bu çalışmada dolum ve tutma analizinden yararlanılmıştır. Dolum ve tutma analizi eriyik malzemenin kalıp içindeki davranışı görme ve gereken işlem parametrelerini belirleme imkanı sağlar.

Dolum/tutma analizi sonucunda dolum zamanı, enjeksiyon basıncı, akışkan cephe sıcaklığı, dolum sonundaki donmuş katman oranı, hava kabarcıkları, kaynak izleri, çöküntü izleri, kayma oranı, kayma gerilmesi gibi birçok sonuca ulaşılmaktadır.

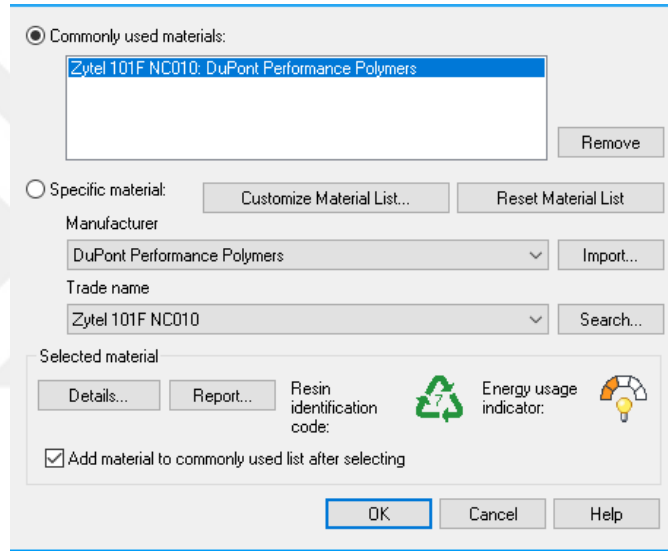
2.3.2. Plastik akış analizi uygulaması

Analiz öncesinde uygulanan işlemler sırasıyla;

1-Solidworks 2015 programında çizilen çekme çubuğunun Moldflow Insight programına aktarımı.

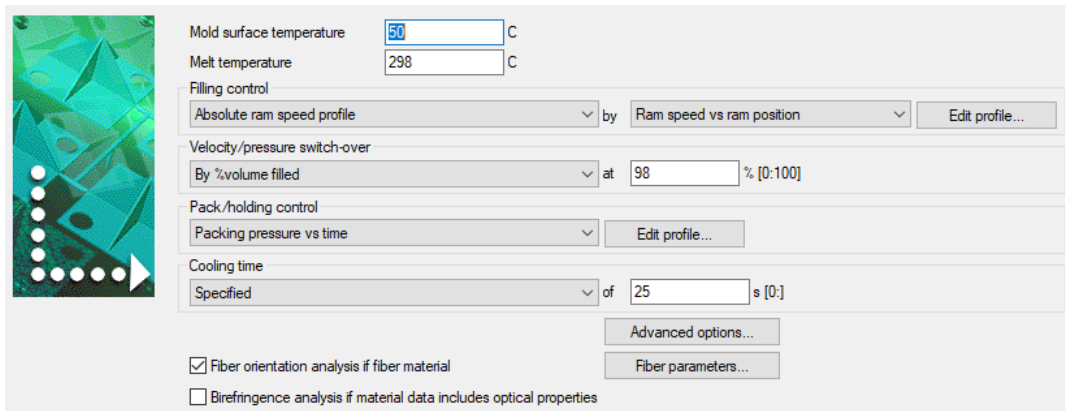
2-Modelin üç boyutlu olarak çözümlenebilmesi amacıyla örgü ağı oluşturma işlemi(mesh). Çalışma da 3D mesh kullanılmıştır. Şekil 2.2’ de mesh görüntüsü verilmiştir. Geometrisi 40266 düğüm noktasına ve 202107 tetral parçaya bölünmüştür. En boy oranı maksimum 23.32 ‘dir.

3-Malzeme seçimi. Malzeme seçimi menüsü Şekil 2.5’ de verilmiştir.



Şekil 2.5. Malzeme seçim menüsü

4- Proses ayarları. Proses ayarları menüsü Şekil 2.6 ‘de gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Proses ayarları menüsü

2.4. Deneysel Çalışma

2.4.1. Çekme deneyi

Çekme deneyi, tek eksenli ve sabit bir hızda numunenin kopuncaya kadar çekilerek gerilme-uzama davranışının incelenmesi için uygulanmaktadır. Deney sonunda Elastisite Modülü (E), kopma gerilmesi (σ_B), kopma uzaması (ϵ_B), akma gerilmesi (σ_y), akma anındaki uzama (ϵ_y) gibi malzemeye ait mekanik özellikler elde edilir [42,43].

2.4.2. Metot

Numuneler TS 1398-2 ISO 527-2 (1997) standardına uygun biçimde enjeksiyon kalıplama yöntemiyle basılmıştır.

Deney, numuneler çekme çenelerine enjeksiyon girişi sabit çene kısmında olacak biçimde yerleştirilerek tek eksenli $V=50$ mm\ dak hızında gerçekleştirilmiştir.

Deneylerde PA66 için kapasitesi 5 kN ve sistem kodu 4411 H 4240 Instron çekme makinesi, cam elyaf takviyeli PA66 için ise kapasitesi 10 kN Zwick marka Z250 model çekme makinesi kullanılmıştır.

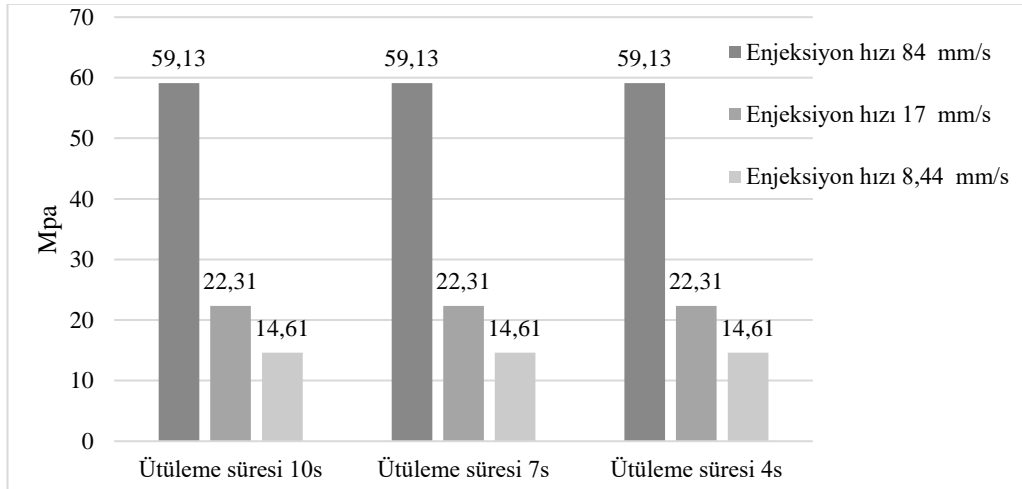
Çalışmada, enjeksiyon kalıplama yöntemi ile basılan PA66 malzemenin elastisite Modülü (E), akma gerilmesi (σ_y), kopma gerilmesi (σ_B), ve kopma uzaması (ϵ_B) incelenmiştir.

3. SONUÇLAR

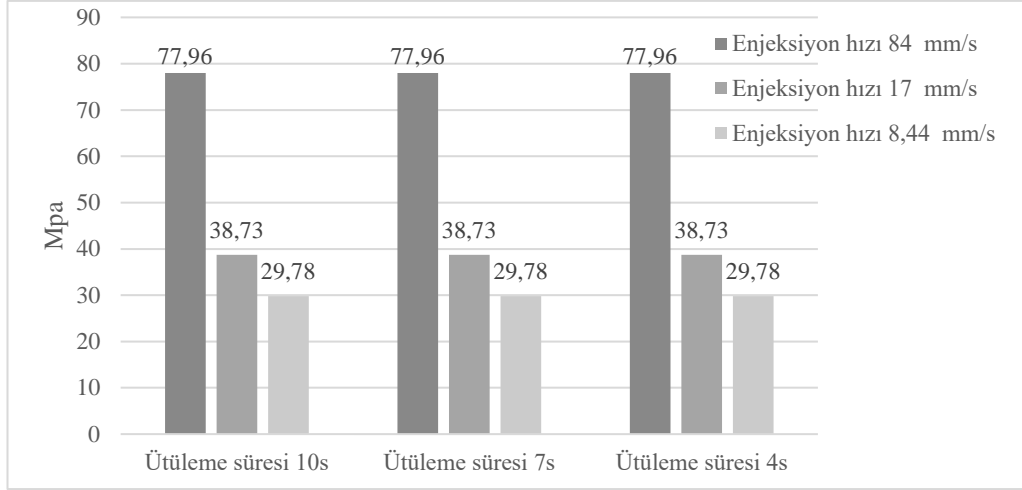
3.1. Cam Elyaf Etkisinin Teorik Sonuçlar ile Tespit Edilmesi

3.1.1. Enjeksiyon noktasındaki basınç

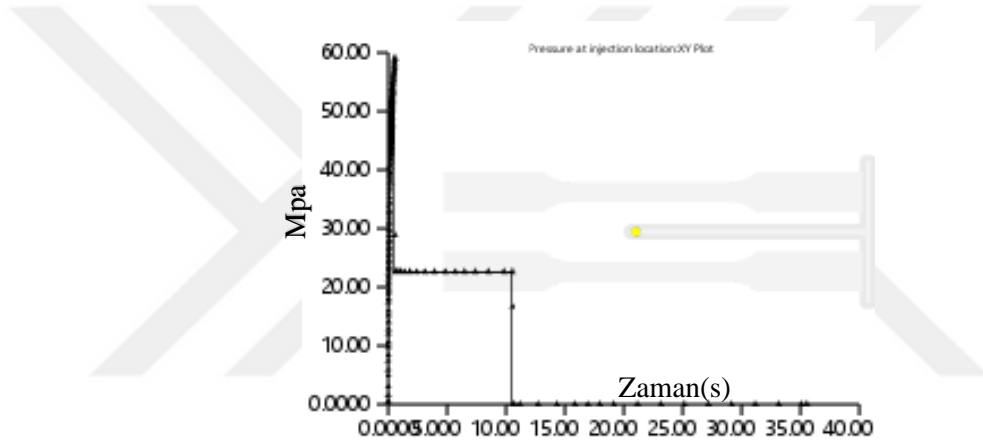
Bu çalışmada enjeksiyon noktasındaki basınç farkına enjeksiyon hızı etki etmiştir. Enjeksiyon hızı arttıkça enjeksiyon noktasındaki basınç değeri de artmıştır. %30 Cam elyaf takviyeli PA66'da PA66'ya göre enjeksiyon noktasındaki basınç değerleri yüksektir. Gerekli basınç değerinin yükselmesi makine gereksinimlerini yukarı taşımakta ve enerji sarfiyatını arttırmaktadır. Enjeksiyon hızının, ütleme süresinin ve cam elyaf takviyesinin sonuçlara etkisinin grafik ile gösterimi Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de verilmiştir. PA66'da 17 mm/s enjeksiyon hızında enjeksiyon noktasındaki basınç değeri 84 mm/s'ye göre %62 azalmış, 8,44 mm/s enjeksiyon hızında ise 17 mm/s enjeksiyon hızına göre %34 azalma göstermiştir. %30 cam elyaf takviyeli PA66'da 17 mm/s enjeksiyon hızında enjeksiyon noktasındaki basınç değeri 84 mm/s'ye göre %50 azalmış, 8,44 mm/s enjeksiyon hızında ise 17 mm/s enjeksiyon hızına göre %23 azalma göstermiştir. PA66 ve cam elyaf takviyeli PA66 malzemelerinin farklı enjeksiyon hızlarında ve farklı ütleme sürelerinde enjeksiyon noktasındaki basınç sonuçları Şekil 3.3-3.20 arasında verilmiştir.



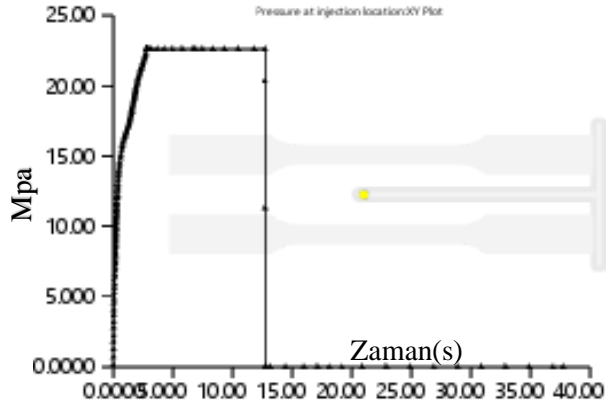
Şekil 3.1. PA66 için enjeksiyon noktasındaki basınç



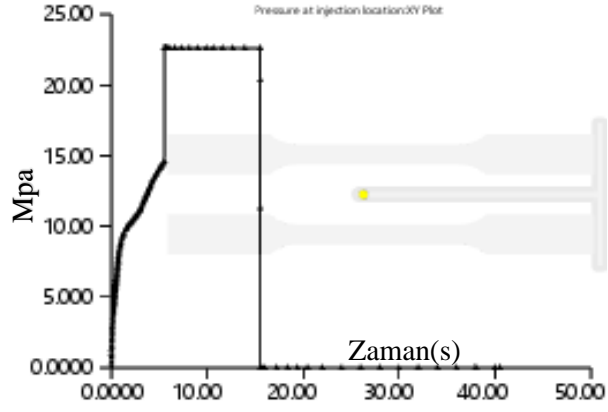
Şekil 3.2. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 için enjeksiyon noktasındaki basınç



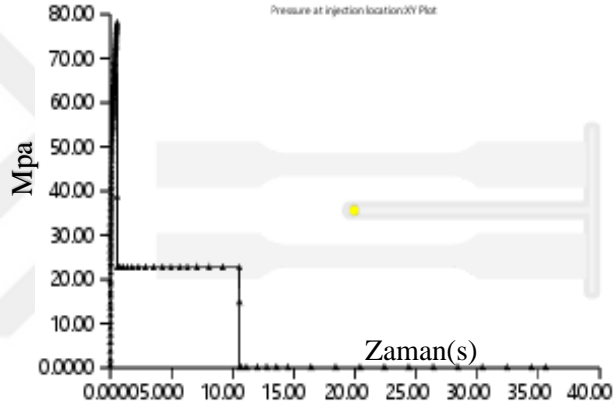
Şekil 3.3. PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 10s enjeksiyon noktasındaki basınç



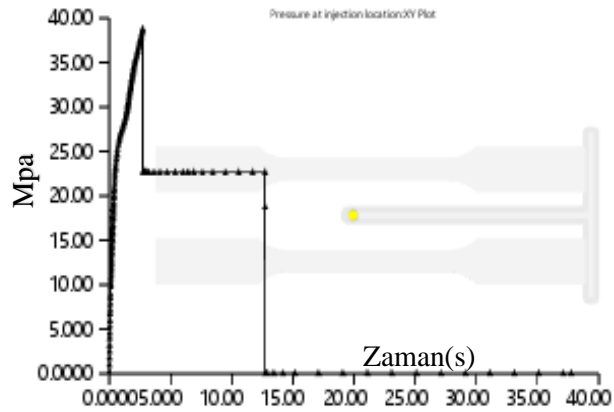
Şekil 3.4. PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 10s enjeksiyon noktasındaki basınç



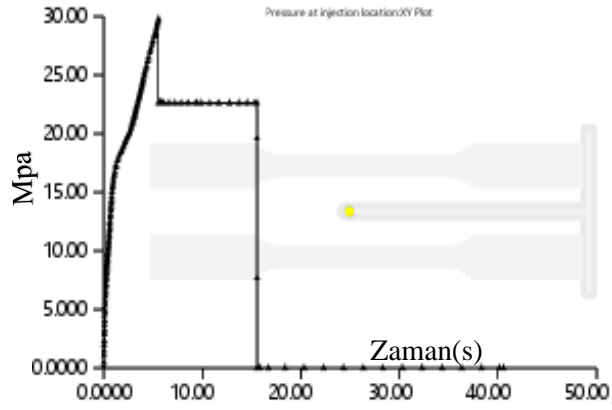
Şekil 3.5. PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 10s enjeksiyon noktasındaki basınç



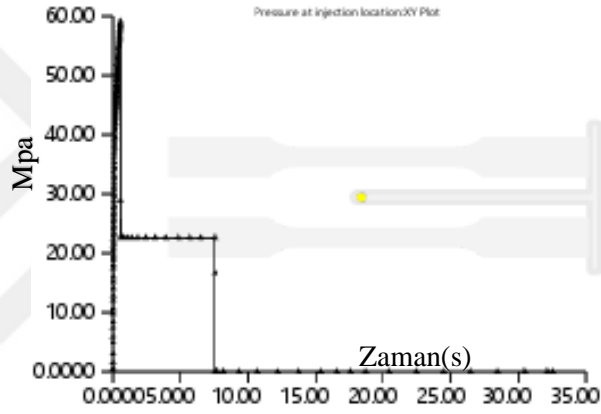
Şekil 3.6. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 10s enjeksiyon noktasındaki basınç



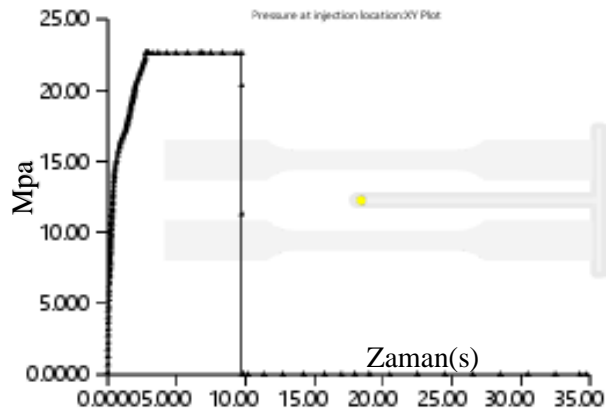
Şekil 3.7. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 10s enjeksiyon noktasındaki basınç



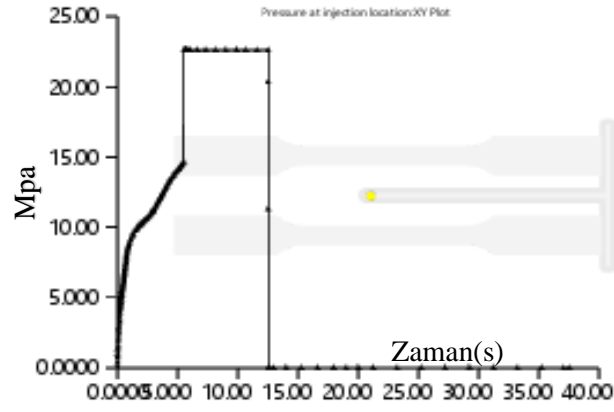
Şekil 3.8. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 10s enjeksiyon noktasındaki basınç



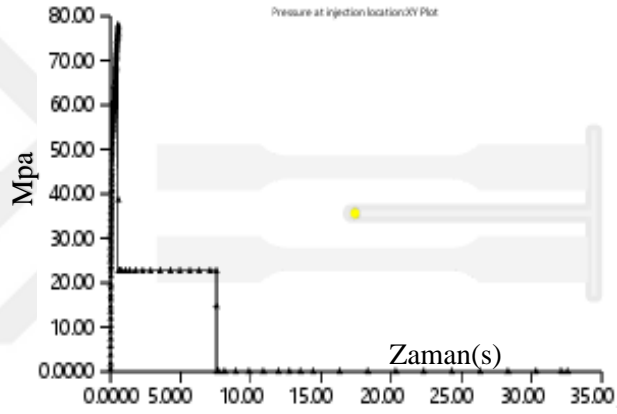
Şekil 3.9. PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 7s enjeksiyon noktasındaki basınç



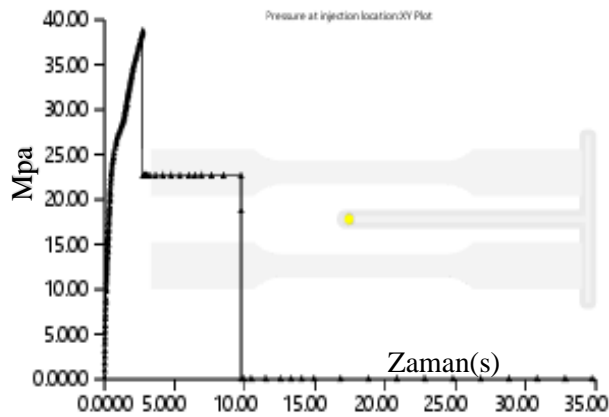
Şekil 3.10. PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 7s enjeksiyon noktasındaki basınç



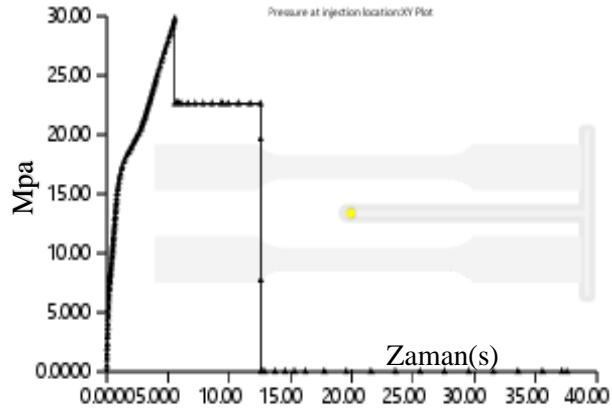
Şekil 3.11. PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 7s enjeksiyon noktasındaki basınç



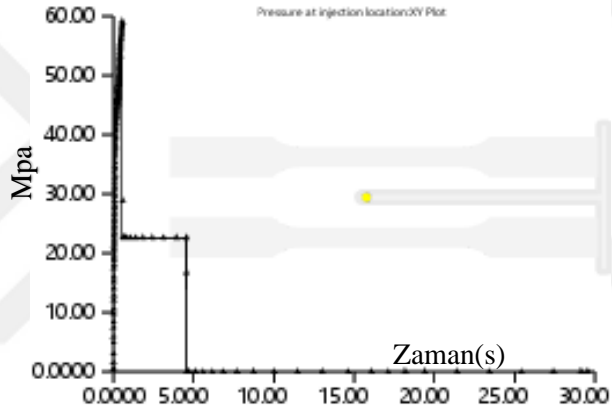
Şekil 3.12. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 7s enjeksiyon noktasındaki basınç



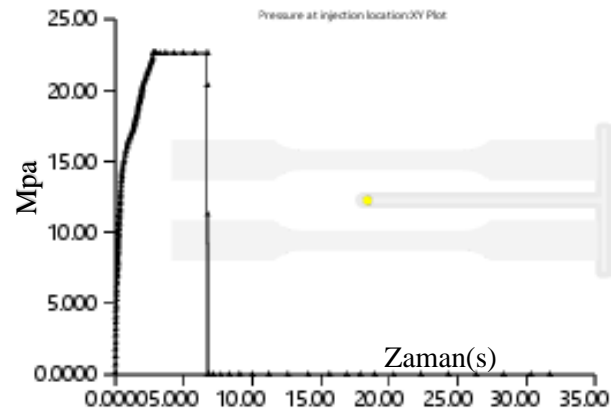
Şekil 3.13. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 7s enjeksiyon noktasındaki basınç



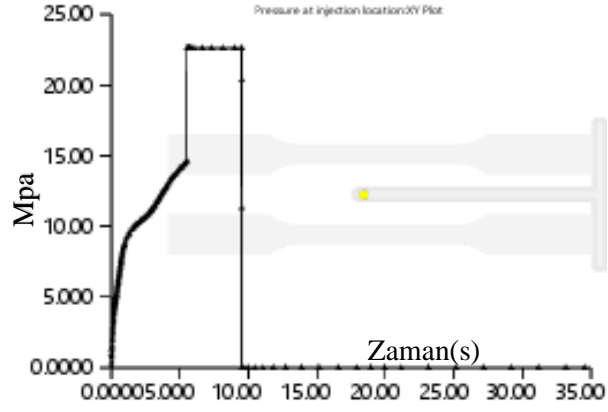
Şekil 3.14. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 7s enjeksiyon noktasındaki basınç



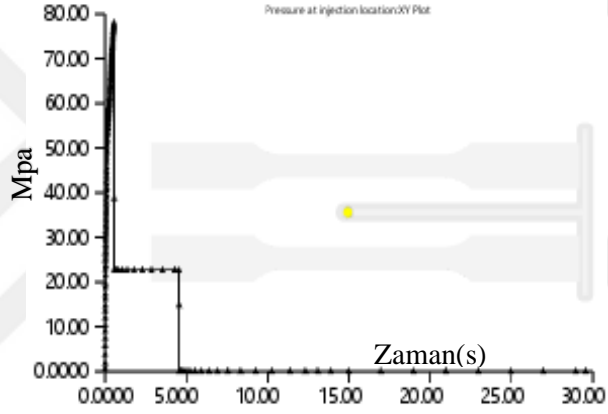
Şekil 3.15. PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 4s enjeksiyon noktasındaki basınç



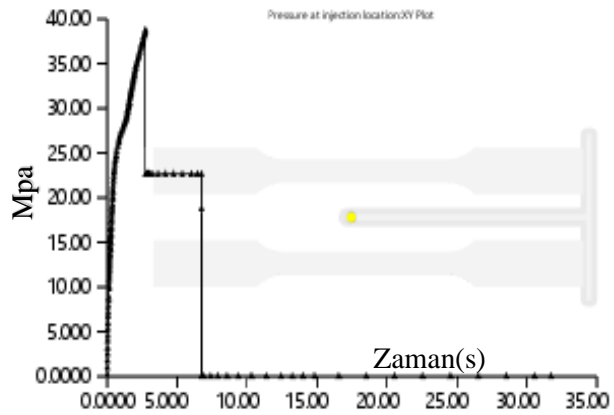
Şekil 3.16. PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 4s enjeksiyon noktasındaki basınç



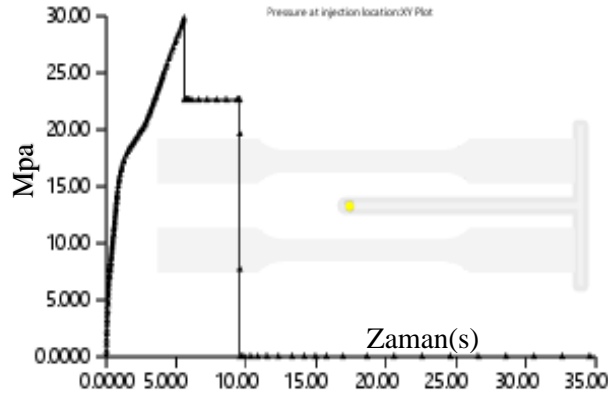
Şekil 3.17. PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 4s enjeksiyon noktasındaki basınç



Şekil 3.18. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 4s enjeksiyon noktasındaki basınç



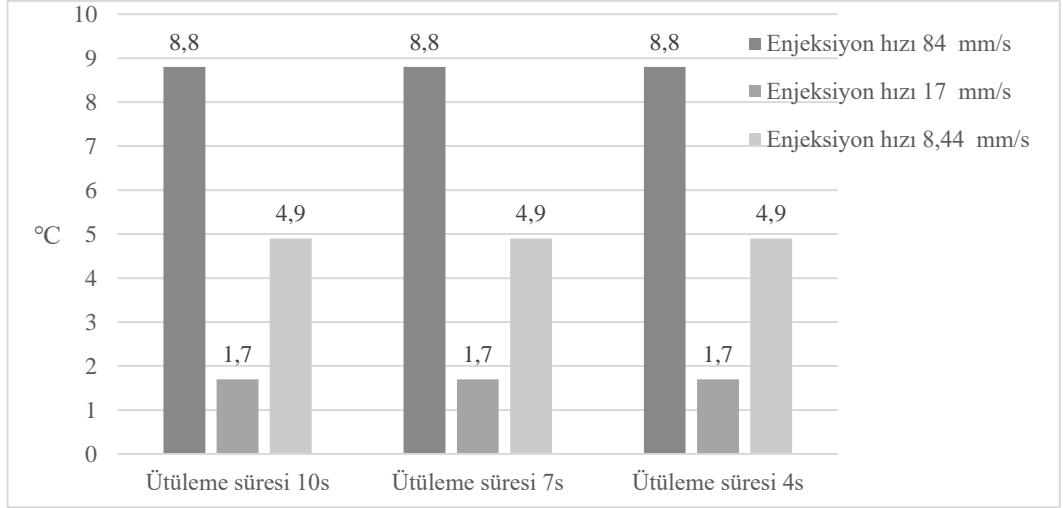
Şekil 3.19. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 4s enjeksiyon noktasındaki basınç



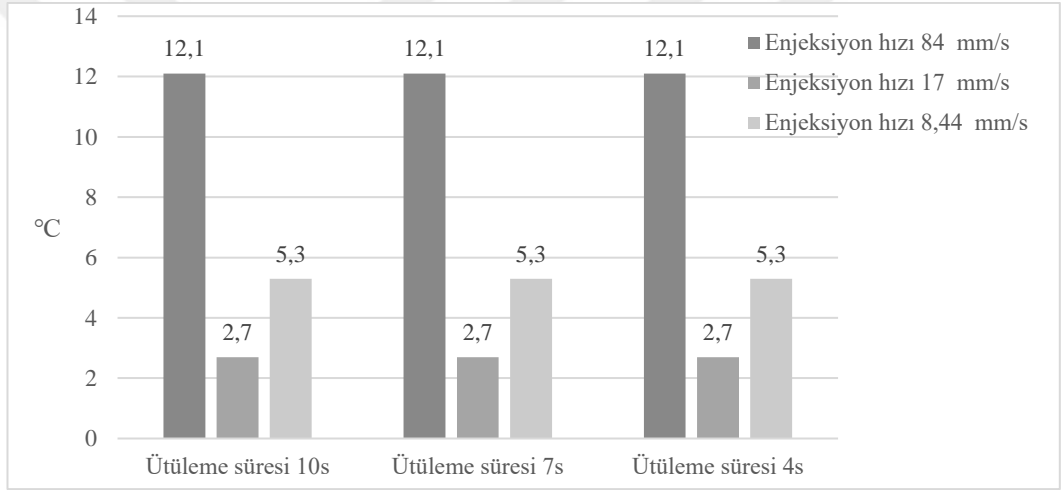
Şekil 3.20. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 4s enjeksiyon noktasındaki basınç

3.1.2. Akışkan cephe sıcaklığı

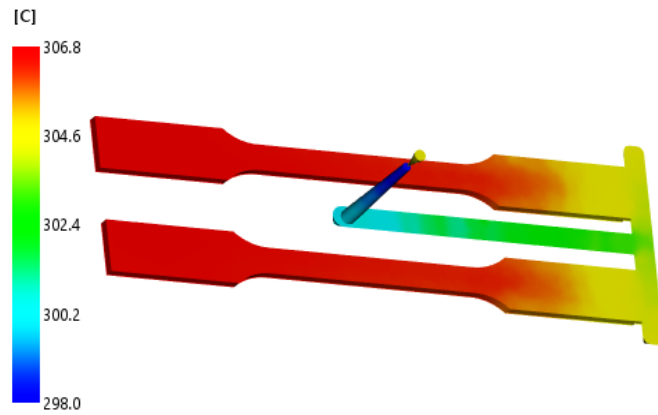
Çalışmada sıcaklık değişimine enjeksiyon hızı etki etmiştir. Moldflow kriterlerine göre dolun fazında akışkan cephe sıcaklığındaki değişim 2-5°C'nin altında olmalıdır. Çalışmada 3 enjeksiyon hızında da iki malzeme içinde sıcaklık farkının sınırlar içinde olduğunu gözlemlemekteyiz. Dolun aşamasında sıcaklık değerinin malzeme için verilmiş olan maksimum eriyik sıcaklık değerinin üstüne çıkmaması gerekir. Sonuçlara bakıldığında enjeksiyon hızı 84 mm/s'de iki malzeme içinde dolun aşamasında sıcaklık maksimum eriyik sıcaklığı değerinin üzerine çıkmıştır. Moldflow kriterlerine göre bu durum malzeme bozulmasına sebep olabilir. %30 cam elyaf takviyeli PA66'da akışkan cephe sıcaklığı artışı PA66'ya göre daha yüksektir. Sonuçların grafik ile gösterimi Şekil 3.21 ve Şekil 3.22'de verilmiştir. PA66'da 17mm/s enjeksiyon hızında dolun sırasında görülen en düşük ve en yüksek sıcaklık farkı 84 mm/s'ye göre %81 azalmıştır. Yine 17 mm/s enjeksiyon hızında 8,44 mm/s enjeksiyon hızına göre ise %65 azalma göstermiştir. En düşük fark 17 mm/s enjeksiyon hızında görülmüştür. %30 cam elyaf takviyeli PA66'da 17 mm/s enjeksiyon hızında dolun sırasında görülen en düşük ve en yüksek sıcaklık farkı 84mm/s'ye göre %78 azalmıştır. Yine 17 mm/s enjeksiyon hızında 8,44 mm/s enjeksiyon hızına göre ise %49 azalma göstermiştir. PA66 ve cam elyaf takviyeli PA66 malzemelerinin farklı enjeksiyon hızlarında ve farklı ütleme sürelerinde akışkan cephe sıcaklığı analiz sonuçları Şekil 3.23-3.40 arasında verilmiştir.



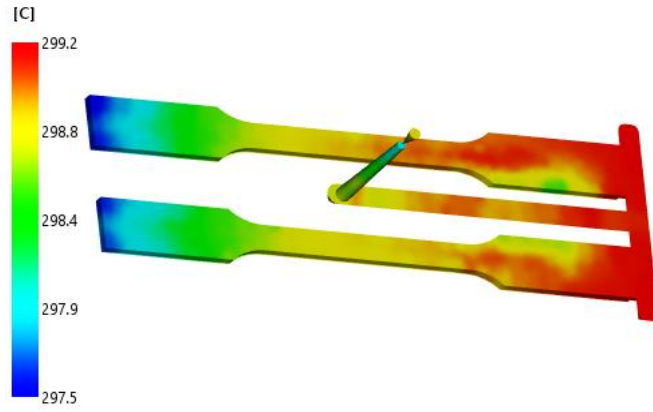
Şekil 3.21. PA66 için dolum sırasında görülen en düşük ve en yüksek sıcaklık farkı



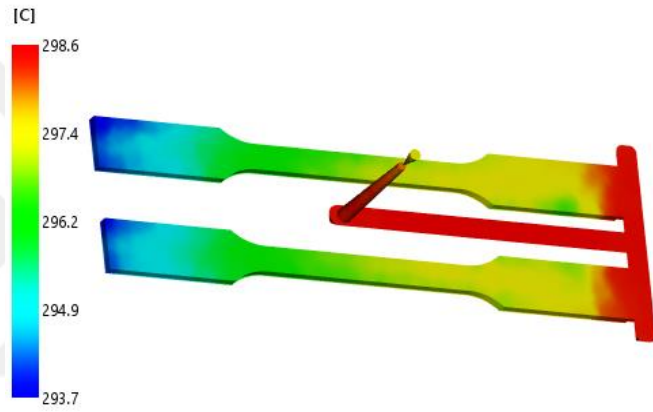
Şekil 3.22. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 için dolum sırasında görülen en düşük ve en yüksek sıcaklık farkı



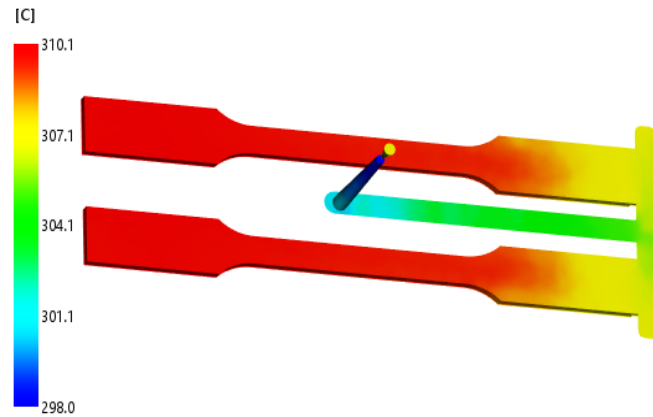
Şekil 3.23. PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütuleme süresi 10s akışkan cephe sıcaklığı



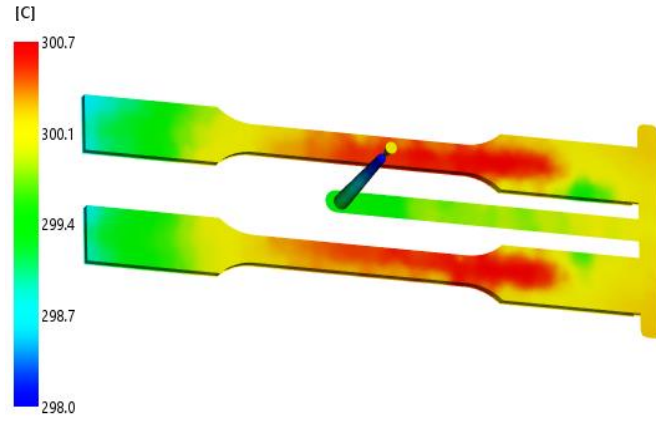
Şekil 3.24. PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 10s akışkan cephe sıcaklığı



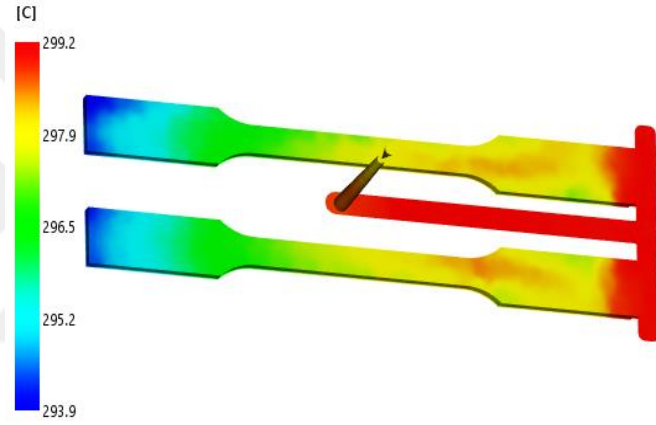
Şekil 3.25. PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 10s akışkan cephe sıcaklığı



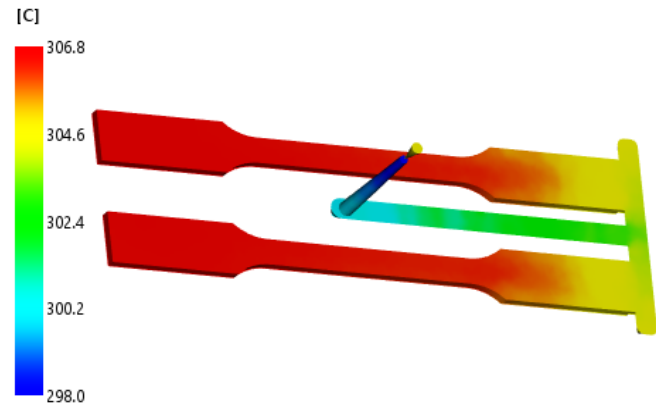
Şekil 3.26. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s- ütüleme süresi 10s akışkan cephe sıcaklığı



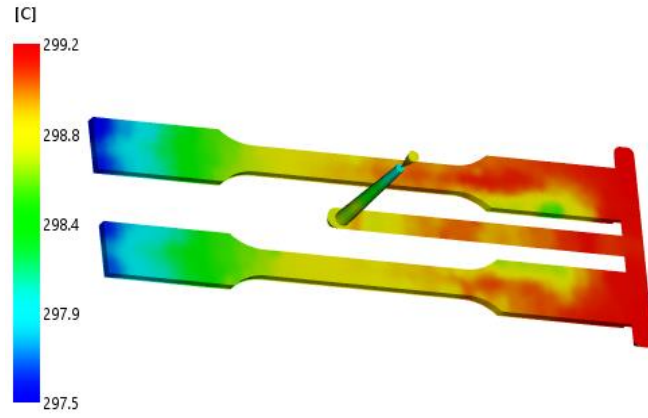
Şekil 3.27. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s- ütüleme süresi 10s akışkan cephe sıcaklığı



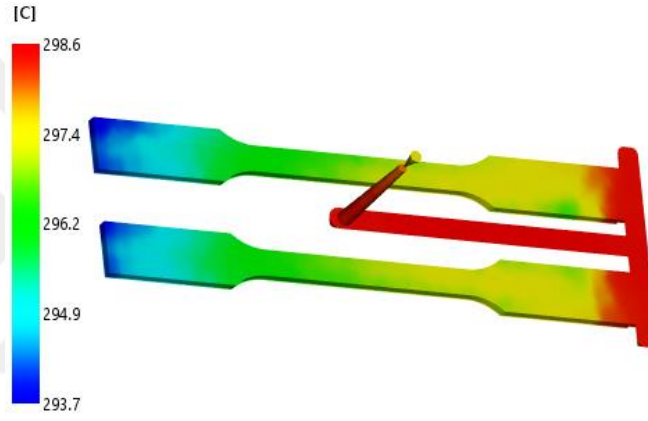
Şekil 3.28. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s- ütüleme süresi 10 akışkan cephe sıcaklığı



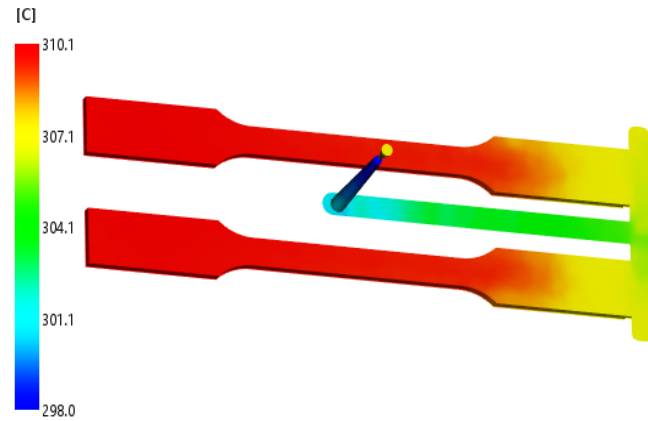
Şekil 3.29. PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 7s akışkan cephe sıcaklığı



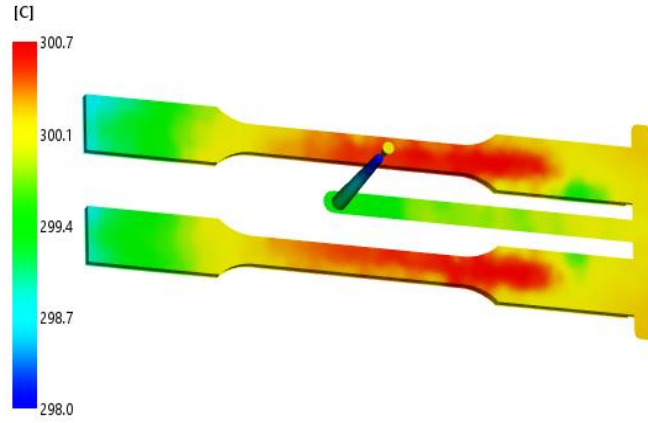
Şekil 3.30. PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 7s akışkan cephe sıcaklığı



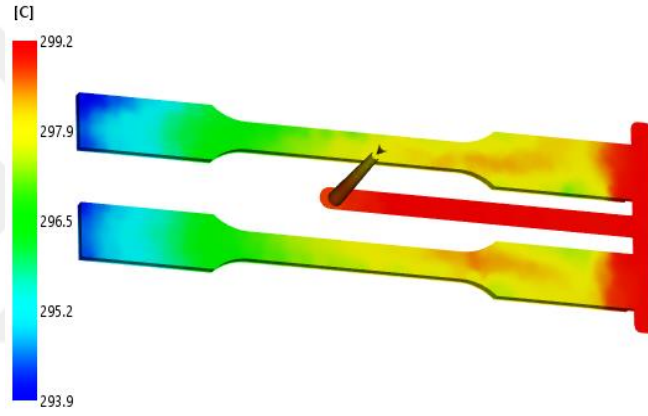
Şekil 3.31. PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 7s akışkan cephe sıcaklığı



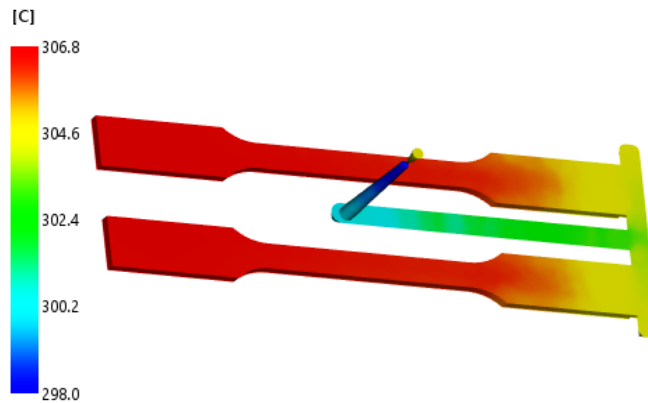
Şekil 3.32. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s- ütüleme süresi 7s akışkan cephe sıcaklığı



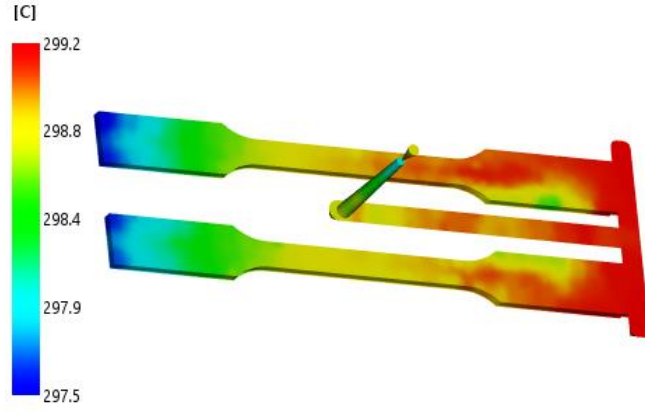
Şekil 3.33. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s- ütüleme süresi 7s akışkan cephe sıcaklığı



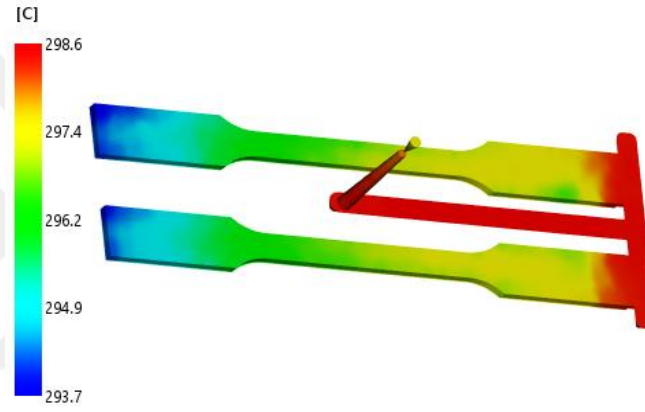
Şekil 3.34. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s- ütüleme süresi 7s akışkan cephe sıcaklığı



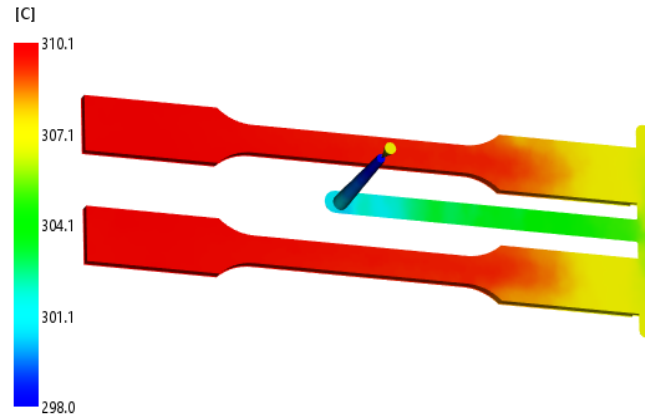
Şekil 3.35. PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 4s akışkan cephe sıcaklığı



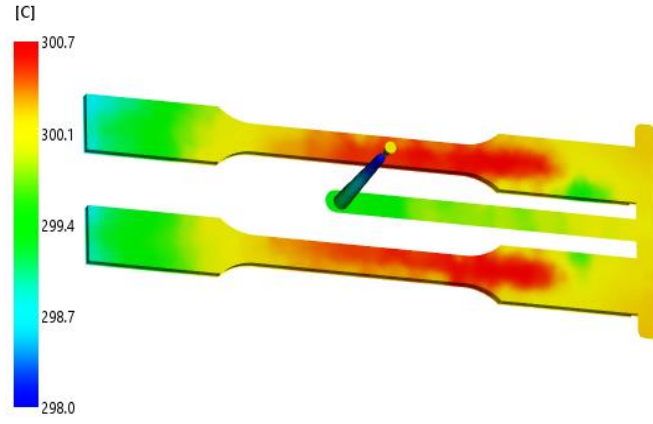
Şekil 3.36. PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 4s akışkan cephe sıcaklığı



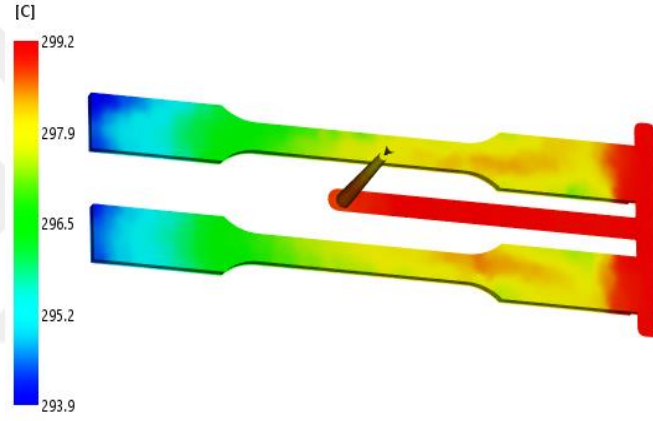
Şekil 3.37. PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 4s akışkan cephe sıcaklığı



Şekil 3.38. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s- ütüleme süresi 4s akışkan cephe sıcaklığı



Şekil 3.39. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s- ütüleme süresi 4s akışkan cephe sıcaklığı

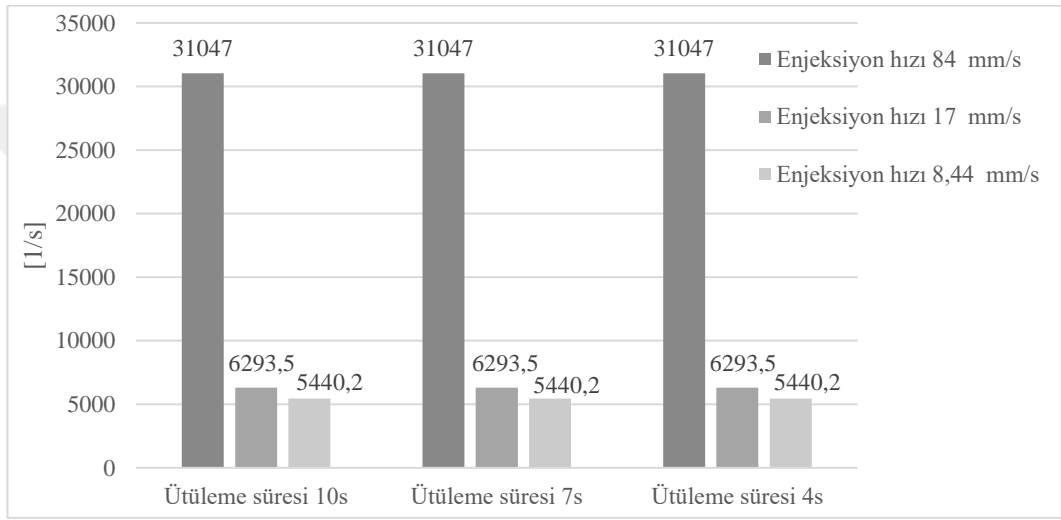


Şekil 3.40. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s- ütüleme süresi 4s akışkan cephe sıcaklığı

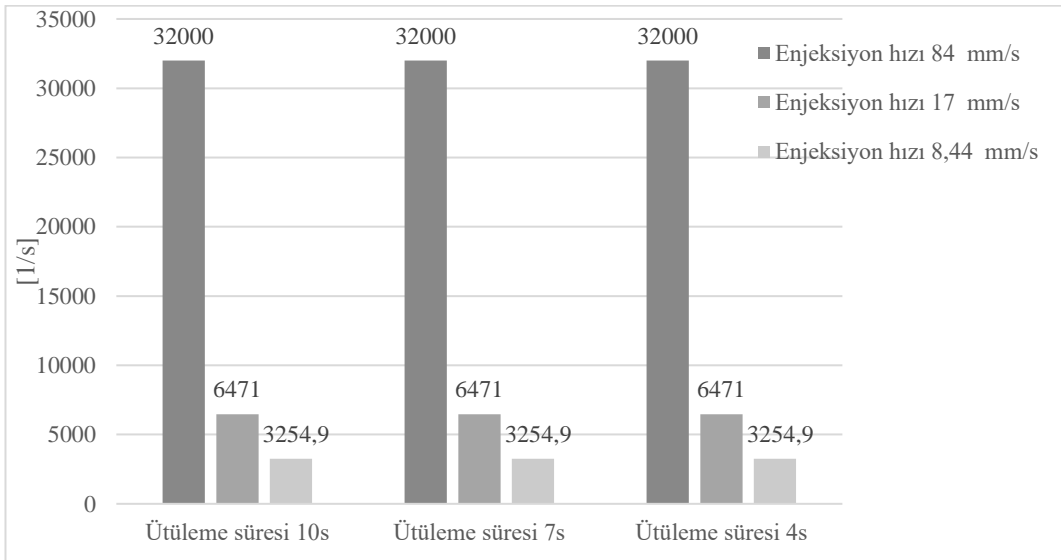
3.1.3. Kayma oranı

Analiz sonuçları incelendiğinde iki malzeme içinde kayma oranındaki değişikliğin enjeksiyon hızından kaynaklandığı görülmektedir. Ütüleme süresinin etkisi görülmemiştir. Enjeksiyon hızı azaldıkça kayma oranı değeri de azalmıştır. Moldflow kriterlerine göre kayma oranı sonucu malzeme limitini geçmemelidir. Malzeme limiti iki malzeme içinde 60000 1/s olarak belirtilmiştir. İki malzeme içinde 3 enjeksiyon hızında da kayma oranı değerleri malzeme limitini geçmemiştir. %30 cam elyaf takviyeli PA66'da PA66' ya göre 84 mm/s ve 17 mm/s enjeksiyon hızlarında kayma oranı daha yüksek değerdeyken 8,44 mm/s'de daha düşük olduğu görülmektedir. Bunun sebebi %30 Cam elyaf takviyeli PA66'nın kalıp yüzeyine daha fazla tutunmuş olması ve daha yüksek basınca ihtiyaç duyması olarak öngörülmüştür. Sonuçların

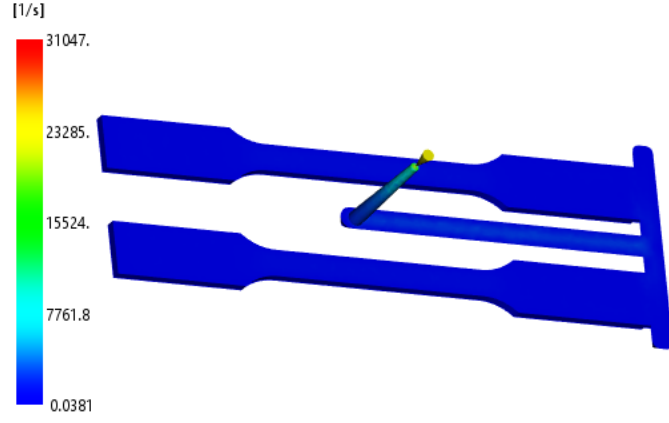
grafik ile gösterimi Şekil 3.41 ve Şekil 3.42’de verilmiştir. PA66’da 17 mm/s enjeksiyon hızında kayma oranı 84 mm/s’ye göre %80 azalmıştır. 8,44 mm/s enjeksiyon hızında ise 17 mm/s enjeksiyon hızına göre %14 azalma göstermiştir. %30 cam elyaf takviyeli PA66’da 17 mm/s enjeksiyon hızında kayma oranı 84 mm/s’ye göre %80 azalmıştır. 8,44 mm/s enjeksiyon hızında ise 17 mm/s enjeksiyon hızına göre %50 azalma göstermiştir. PA66 ve cam elyaf takviyeli PA66 malzemelerinin farklı enjeksiyon hızlarında ve farklı ütleme sürelerinde kayma oranı analiz sonuçları Şekil 3.43- 3.60 arasında verilmiştir.



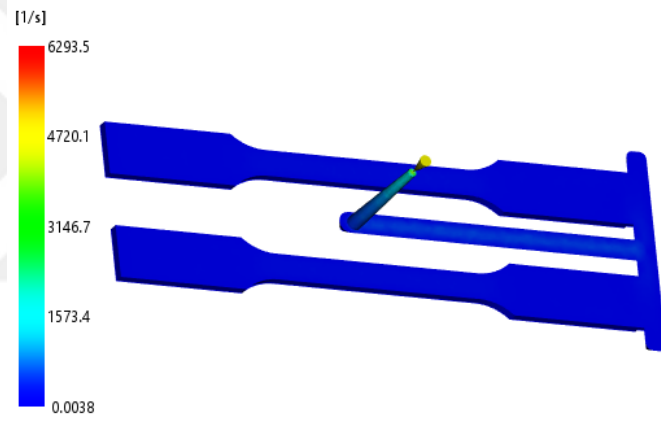
Şekil 3.41. PA66 için maksimum kayma oranı



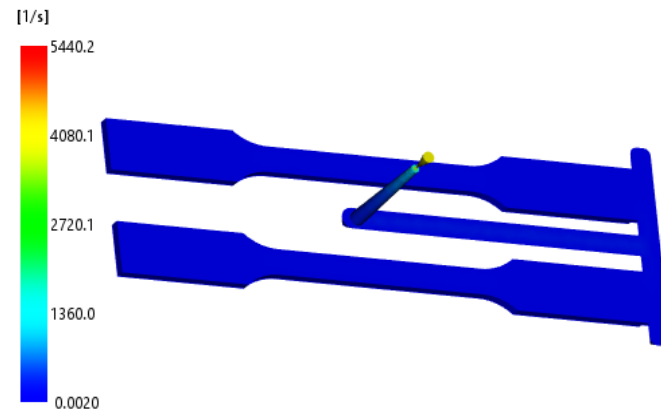
Şekil 3.42. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 için maksimum kayma oranı



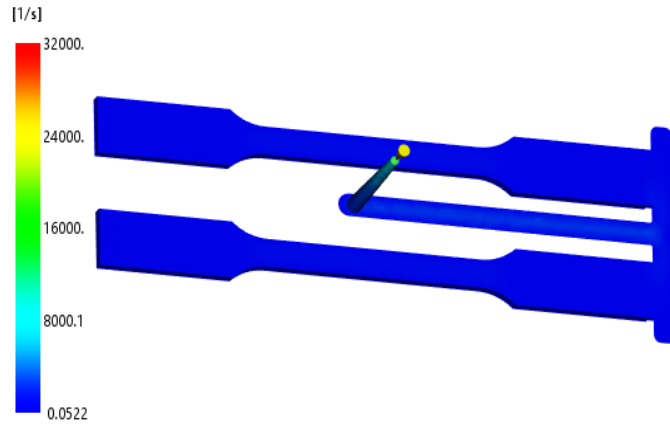
Şekil 3.43. PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 10s kayma oranı



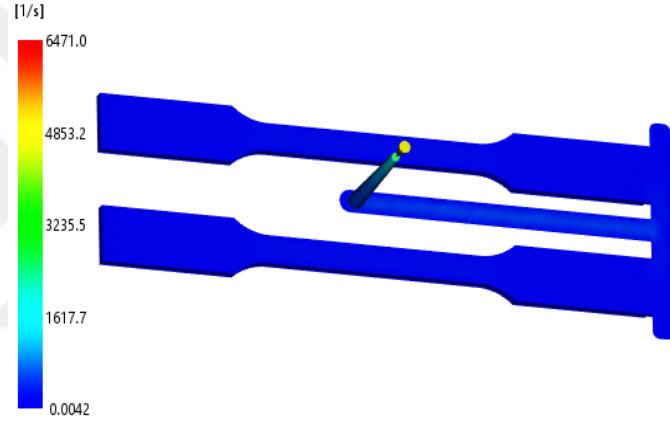
Şekil 3.44. PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 10s kayma oranı



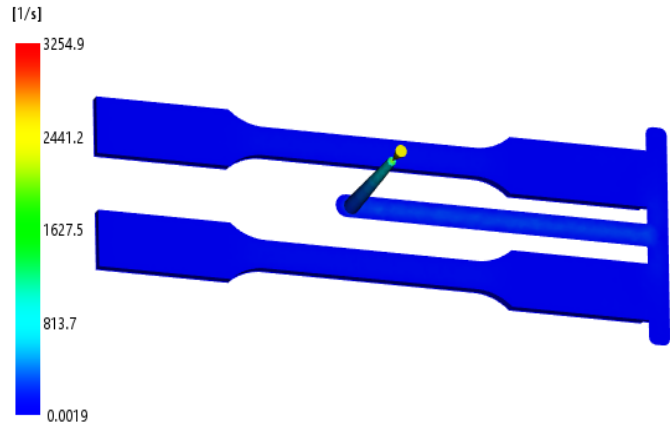
Şekil 3.45. PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 10s kayma oranı



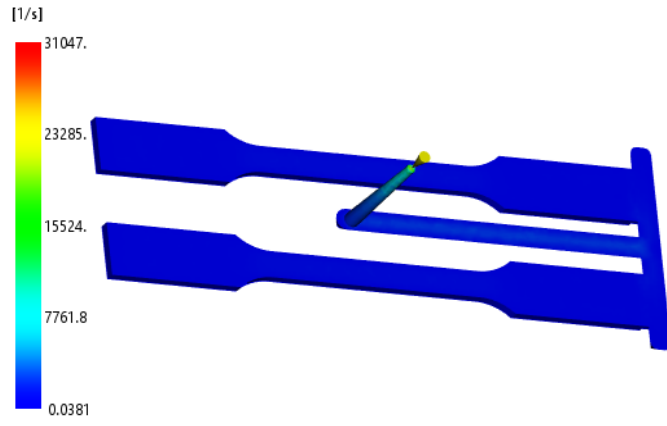
Şekil 3.46. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s- ütüleme süresi 10s kayma oranı



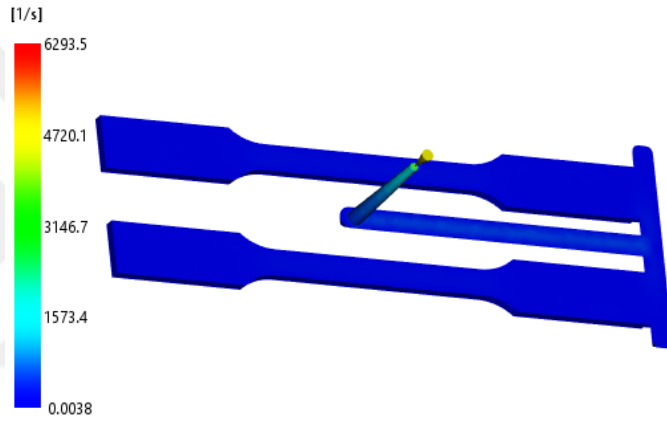
Şekil 3.47. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s- ütüleme süresi 10s kayma oranı



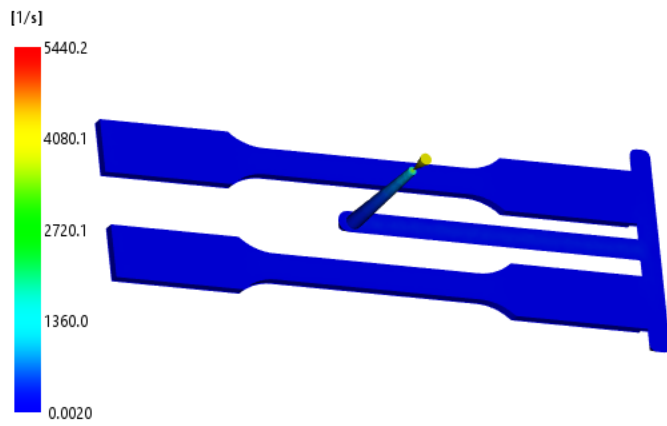
Şekil 3.48. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s- ütüleme süresi 10s kayma oranı



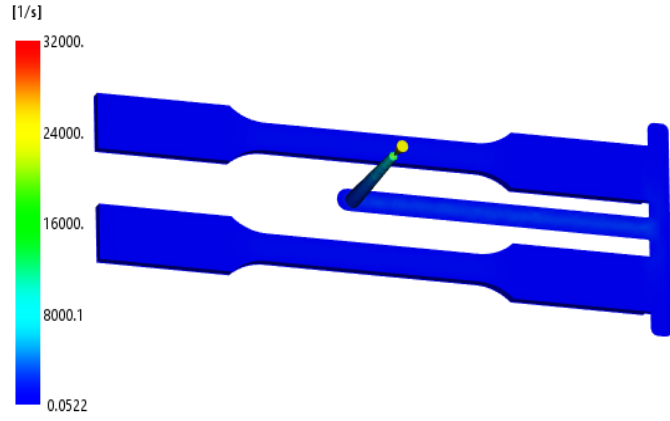
Şekil 3.49. PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 7s kayma oranı



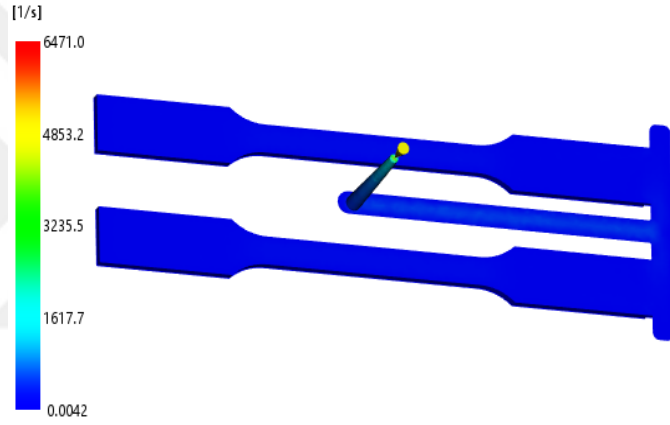
Şekil 3.50. PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 7s kayma oranı



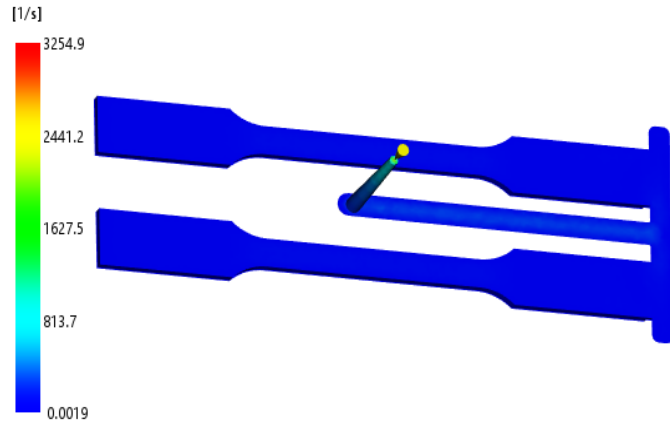
Şekil 3.51. PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 7s kayma oranı



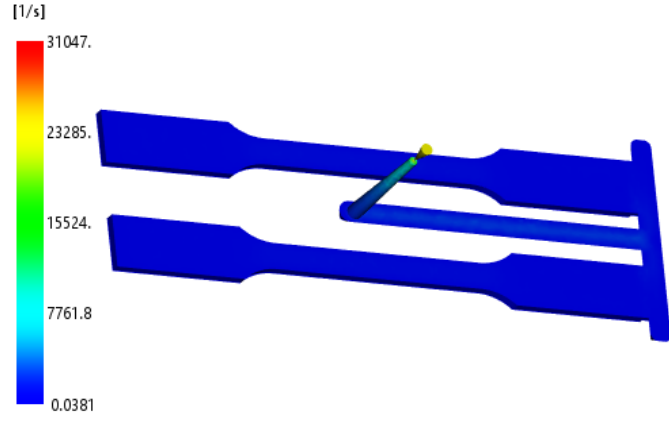
Şekil 3.52. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s- ütüleme süresi 7s kayma oranı



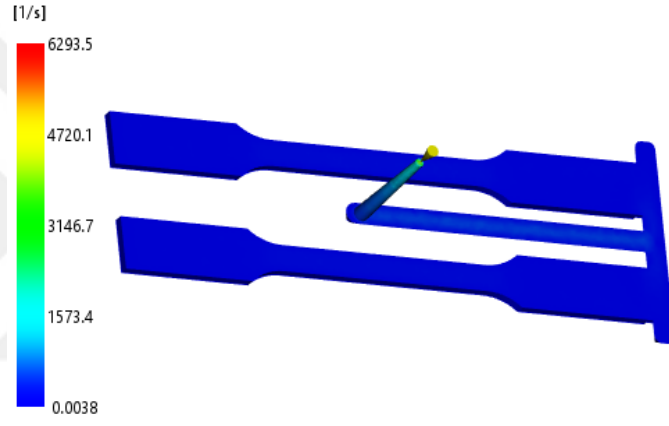
Şekil 3.53. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 7s kayma oranı



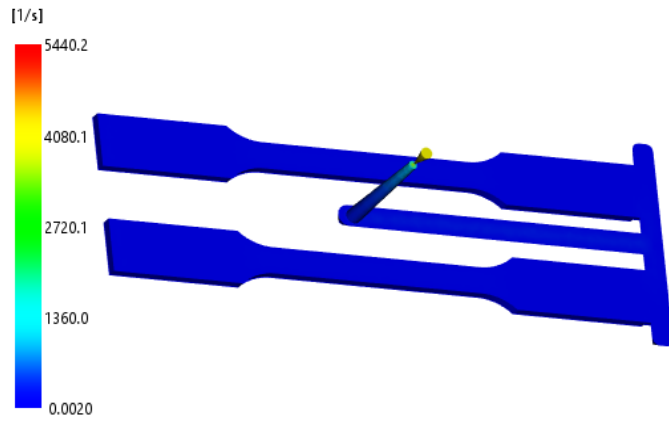
Şekil 3.54. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s- ütüleme süresi 7s kayma oranı



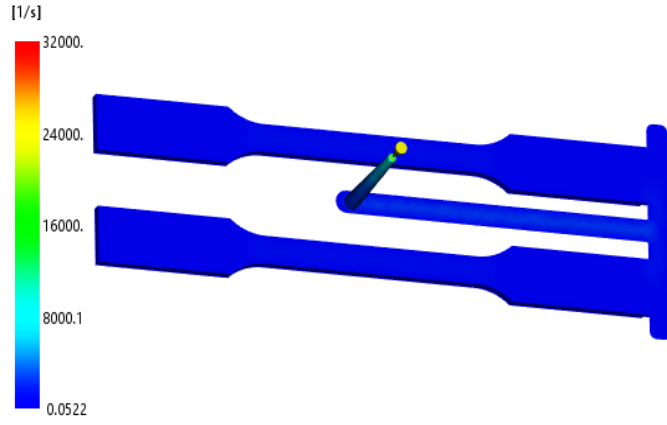
Şekil 3.55. PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 4s kayma oranı



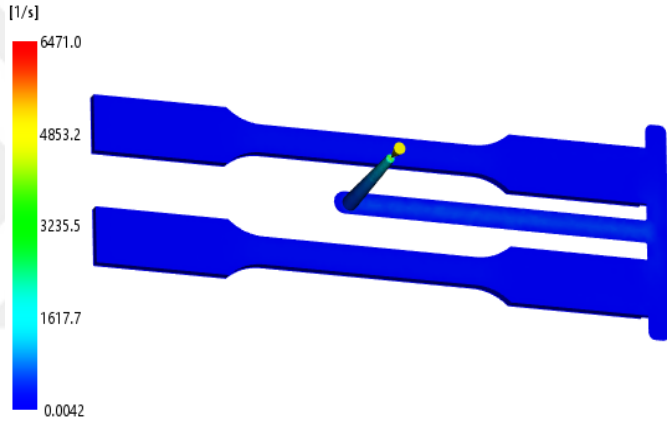
Şekil 3.56. PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 4s kayma oranı



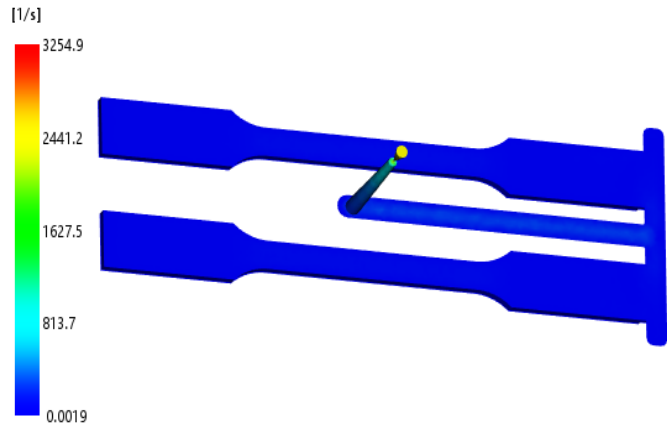
Şekil 3.57. PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 4s kayma oranı



Şekil 3.58. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 4s kayma oranı



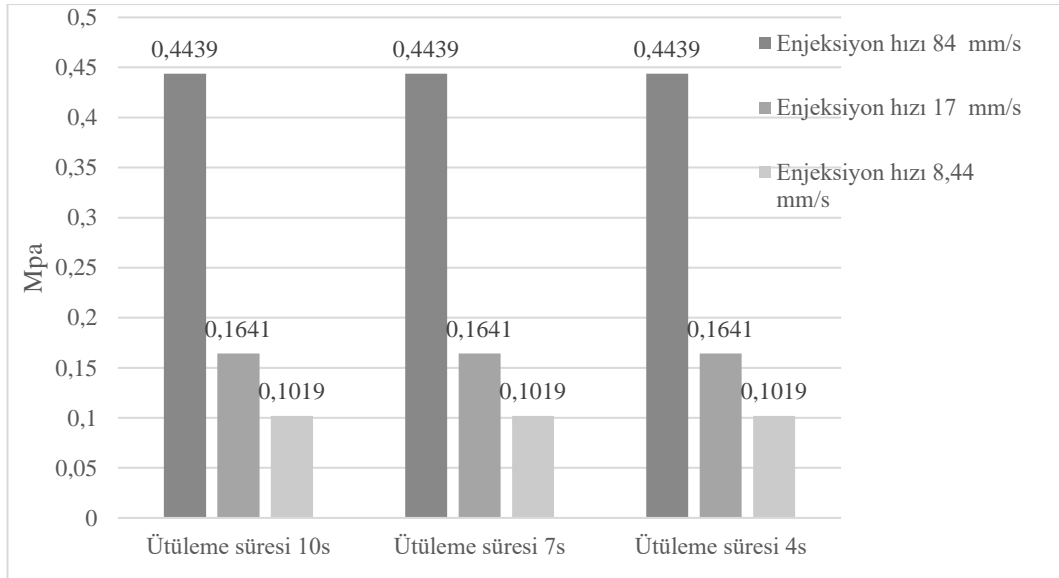
Şekil 3.59. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 4s kayma oranı



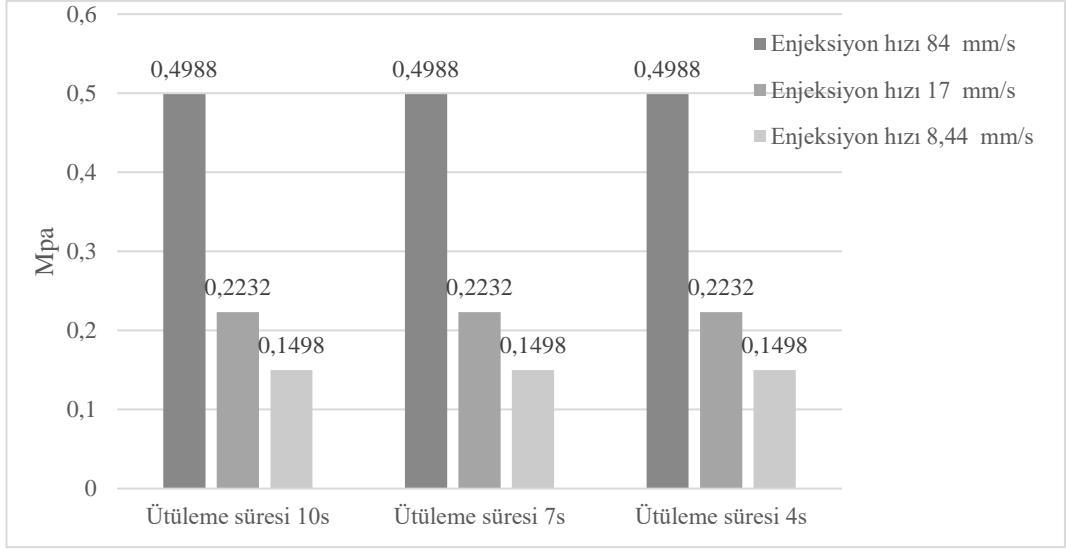
Şekil 3.60. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s- ütüleme süresi 4s kayma oranı

3.1.4. Kayma gerilmesi

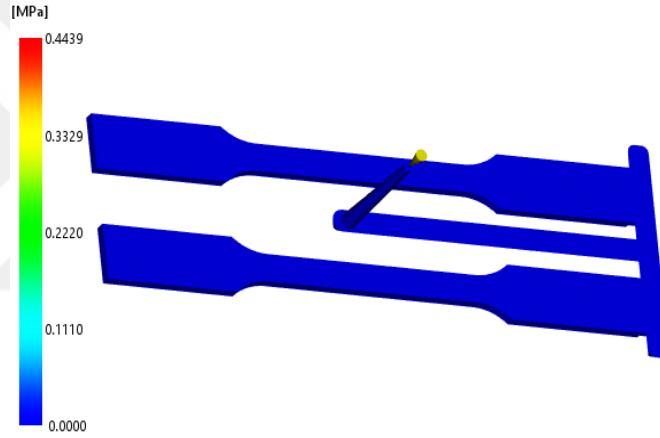
Analiz sonuçları incelendiğinde iki malzeme içinde kayma gerilmesindeki değişiklik enjeksiyon hızından kaynaklanmaktadır. Ütüleme süresinin etkisi görülmemiştir. Enjeksiyon hızı azaldıkça kayma gerilmesi değeri de azalmıştır. KOCABAŞ 2014'deki çalışmasında kayma gerilmesi sonuçlarının malzeme limitini geçmemesi gerektiğini ifade etmiştir. Bu çalışmada da bu ifadeye uygun olarak iki malzeme içinde 3 enjeksiyon hızında da malzeme limiti geçilmemiştir. Kayma gerilmesi emniyet sınırı çalışmada kullanılan iki malzeme içinde 0,5 Mpa olarak belirtilmiştir. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 'da kayma gerilmesi değerlerinin PA66 'ya göre yüksek olduğu görülmektedir. Sonuçların grafik ile gösterimi Şekil 3.61 ve Şekil 3.62'de verilmiştir. PA66'da 17 mm/s enjeksiyon hızında kayma gerilmesi 84 mm/s'ye göre %63 azalmıştır. 8,44 mm/s enjeksiyon hızında ise 17 mm/s enjeksiyon hızına göre %38 azalma göstermiştir. %30 cam elyaf takviyeli PA66'da 17 mm/s enjeksiyon hızında kayma gerilmesi 84 mm/s enjeksiyon hızına göre %55 azalmıştır. 8,44 mm/s enjeksiyon hızında ise 17 mm/s enjeksiyon hızına göre %33 azalma göstermiştir. PA66 ve cam elyaf PA66 malzemelerinin farklı enjeksiyon hızlarında ve farklı ütüleme sürelerinde kayma gerilmesi analiz sonuçları Şekil 3.63-3.80 arasında verilmiştir.



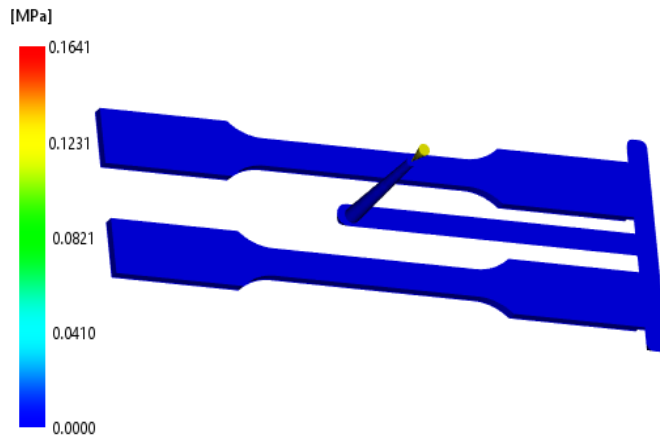
Şekil 3.61. PA66 için maksimum kayma gerilmesi



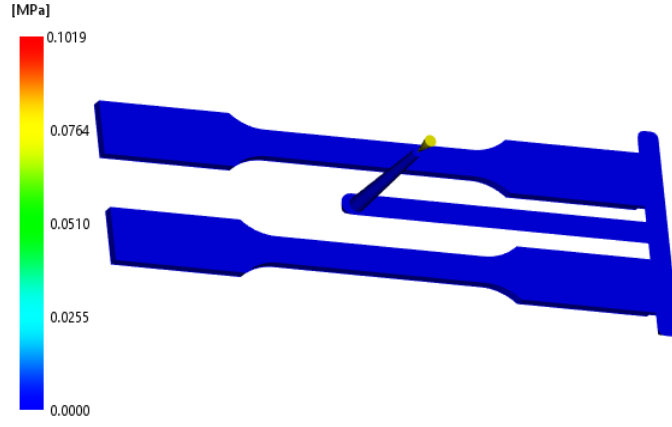
Şekil 3.62. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 için maksimum kayma gerilmesi



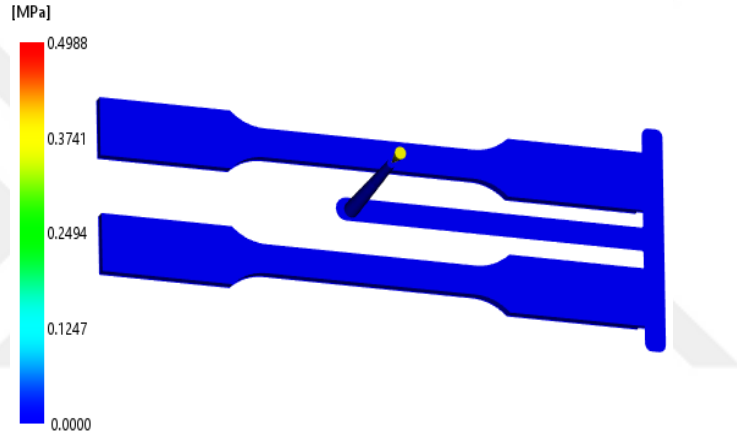
Şekil 3.63. PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütuleme süresi 10s kayma gerilmesi



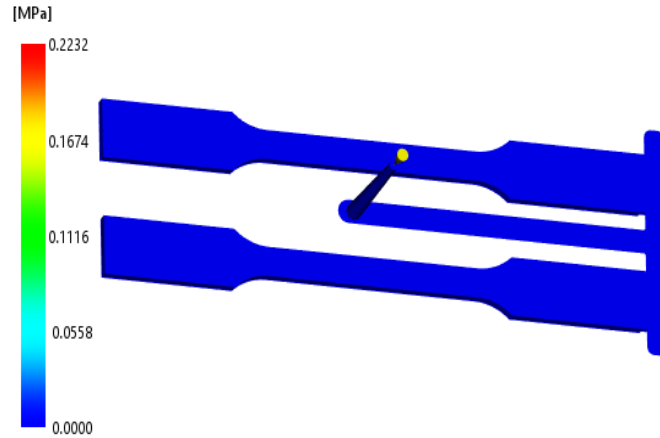
Şekil 3.64. PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütuleme süresi 10s kayma gerilmesi



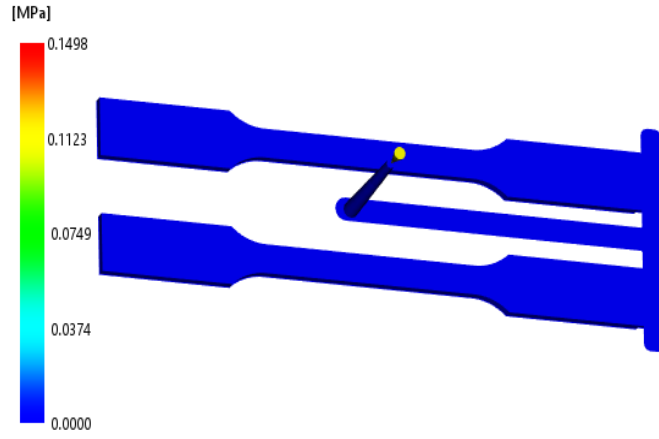
Şekil 3.65. PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-
ütüleme süresi 10s kayma gerilmesi



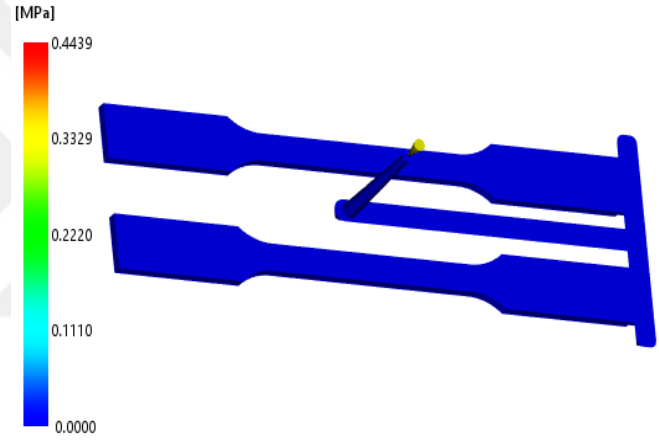
Şekil 3.66. %30 Cam elyaf takviyeli PA66
enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 10s kayma
gerilmesi



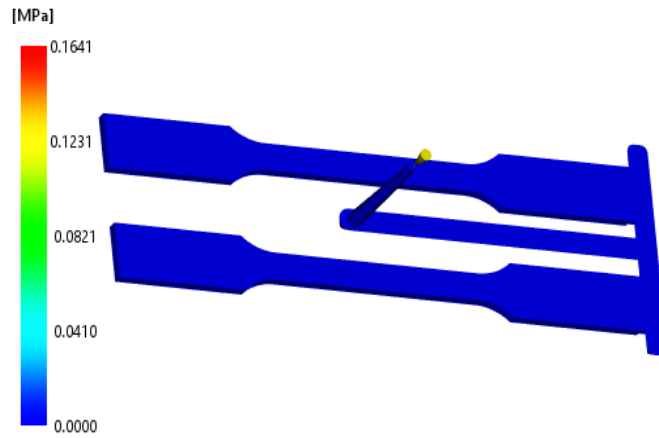
Şekil 3.67. %30 Cam elyaf takviyeli PA66
enjeksiyon hızı 17 mm/s- ütüleme süresi 10s
kayma gerilmesi



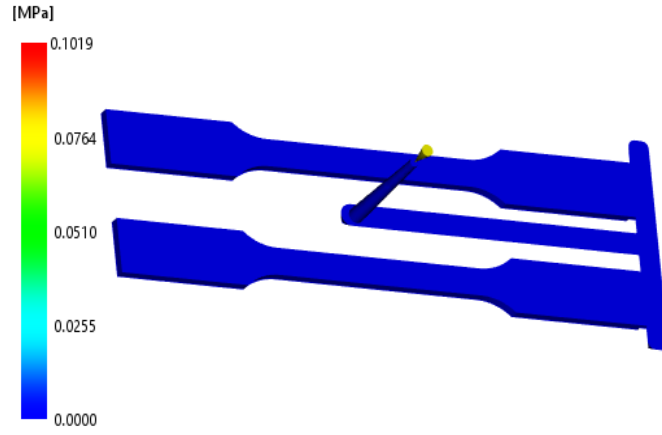
Şekil 3.68. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s- ütüleme süresi 10s kayma gerilmesi



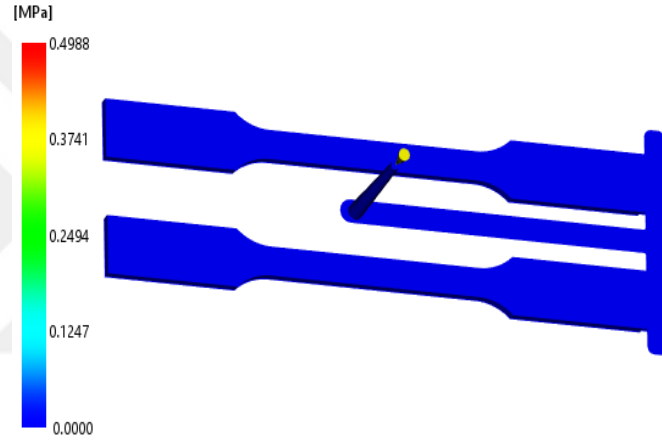
Şekil 3.69. PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s- ütüleme süresi 7s kayma gerilmesi



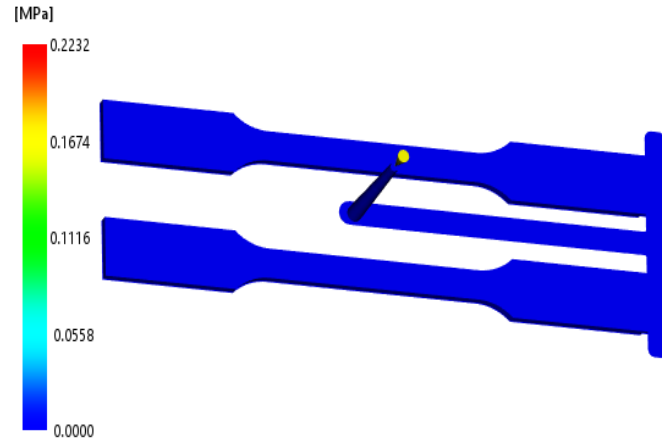
Şekil 3.70. PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s- ütüleme süresi 7s kayma gerilmesi



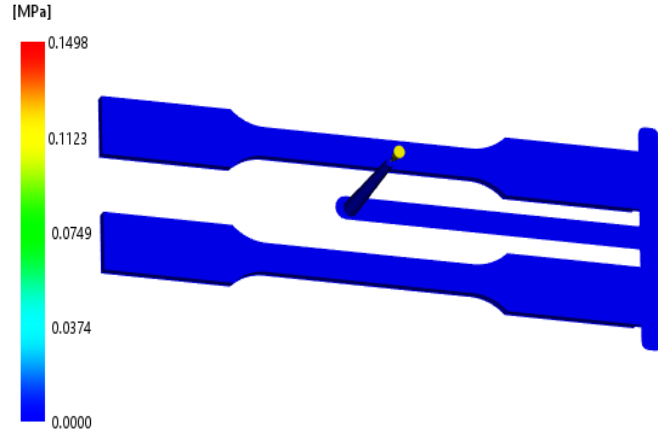
Şekil 3.71. PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-
ütüleme süresi 7s kayma gerilmesi



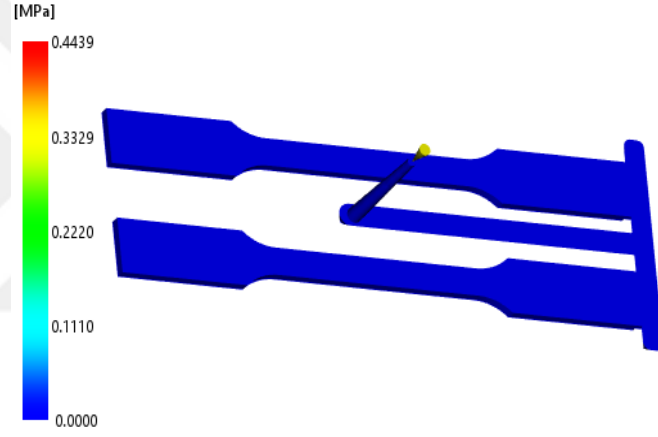
Şekil 3.72. %30 Cam elyaf takviyeli PA66
enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 7s
gerilmesi



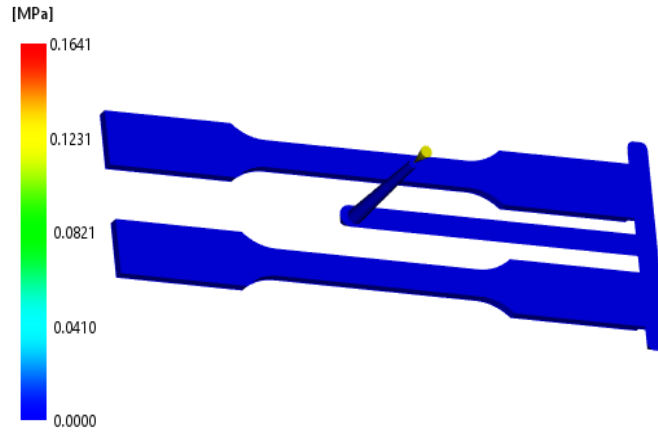
Şekil 3.73. %30 Cam elyaf takviyeli PA66
enjeksiyon hızı 17 mm/s- ütüleme süresi 7s
gerilmesi



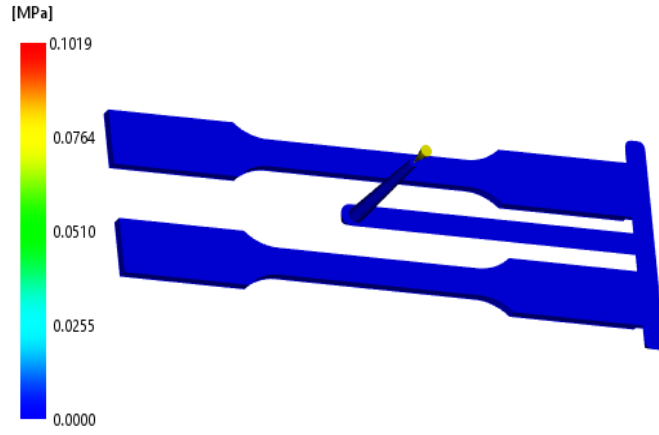
Şekil 3.74. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s- ütüleme süresi 7s kayma gerilmesi



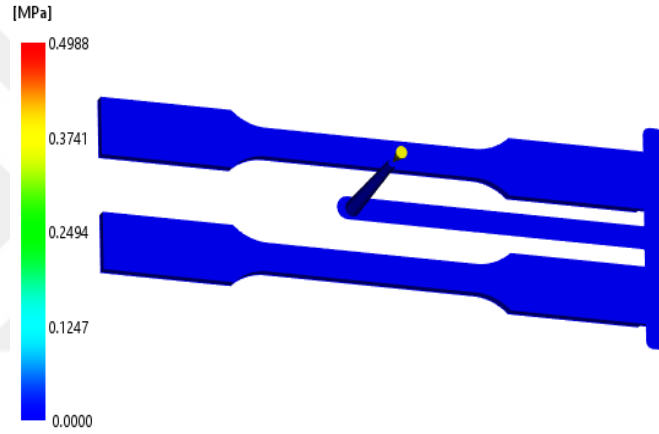
Şekil 3.75. PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 4s kayma gerilmesi



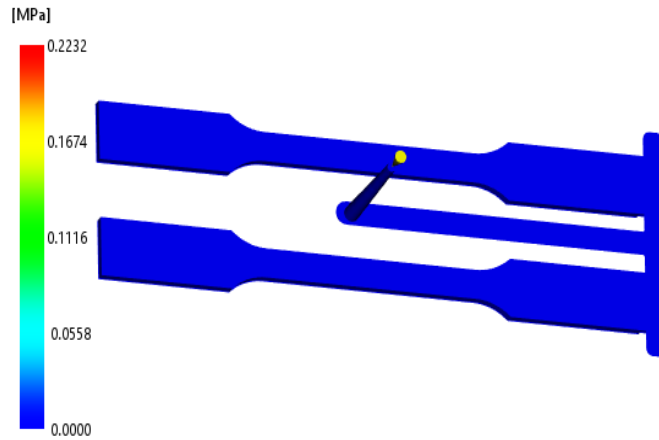
Şekil 3.76. PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 4s kayma gerilmesi



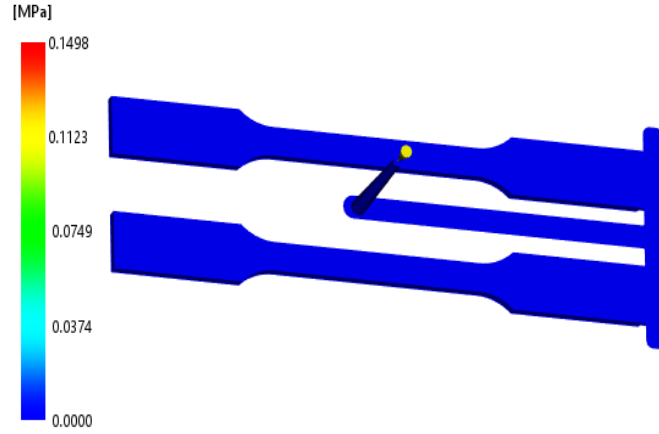
Şekil 3.77. PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 4s kayma gerilmesi



Şekil 3.78. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 4s kayma gerilmesi



Şekil 3.79. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 4s kayma gerilmesi

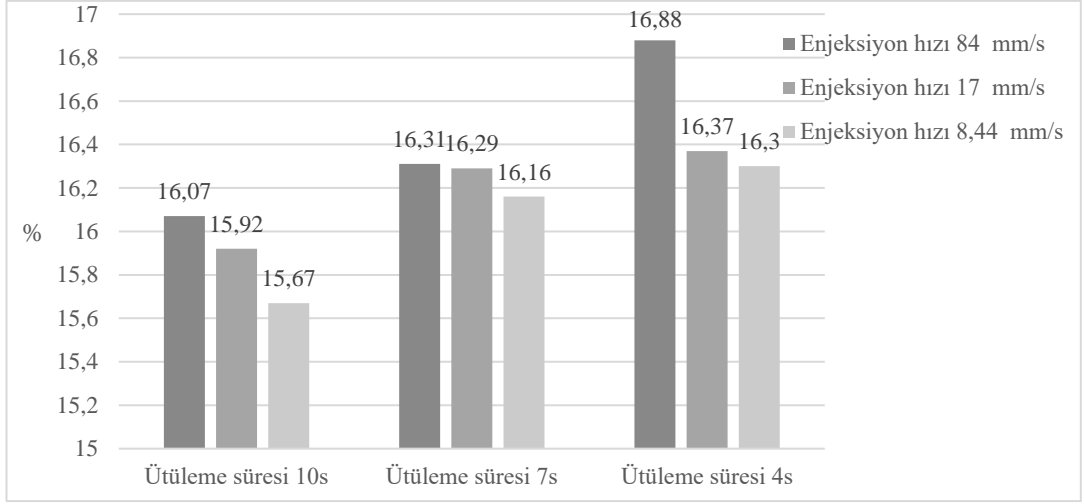


Şekil 3.80. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s- ütüleme süresi 4s kayma gerilmesi

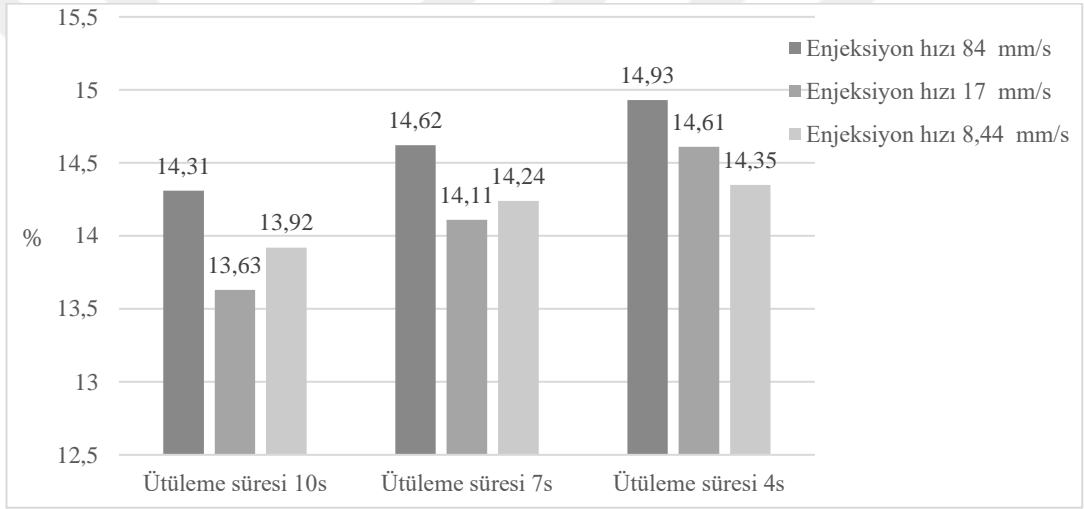
3.1.5. Ortalama hacimsel çekme

Ortalama hacimsel çekme değeri iki malzeme içinde bütün parametre değerlerinde yüksek çıkmıştır. Hacimsel çekmeyi etkileyen ütüleme basıncı, giriş pozisyonu, kalıplanan parçanın et kalınlığı gibi birçok önemli faktör vardır. Bu faktörlerin gözden geçirilmesi ve gerekli görülen değişimin uygulanması gerekir. Analiz sonuçları incelendiğinde iki malzeme içinde ortalama hacimsel çekmeyi hem enjeksiyon hızı hem de ütüleme süresinin etkilediği görülmektedir. PA66 'da ütüleme süresi azaldıkça ortalama hacimsel çekme artmıştır. Enjeksiyon hızı azaldıkça ortalama hacimsel çekme azalmıştır. %30 Cam elyaf takviyeli PA66'da ütüleme süresi azaldıkça ortalama hacimsel çekme artmıştır. Ütüleme süresi 10s ve 7s'de enjeksiyon hızı 84mm/s'den 17 mm/s'ye ye indiğinde hacimsel çekme azalmış, 8,44 mm/s enjeksiyon hızında 17 mm/s'nin üzerine çıkmıştır. 4s ütüleme süresinde ise enjeksiyon hızı azaldıkça ortalama hacimsel çekme azalmıştır. %30 Cam elyaf takviyeli PA66'da ortalama hacimsel çekme PA66' ya göre daha azdır. Sonuçların grafik ile gösterimi Şekil 3.81 ve Şekil 3.82'de verilmiştir. İki malzeme içinde enjeksiyon hızındaki ve ütüleme süresindeki değişimin sonuçlar üzerindeki etkisi %1,5 'i geçmemiştir.

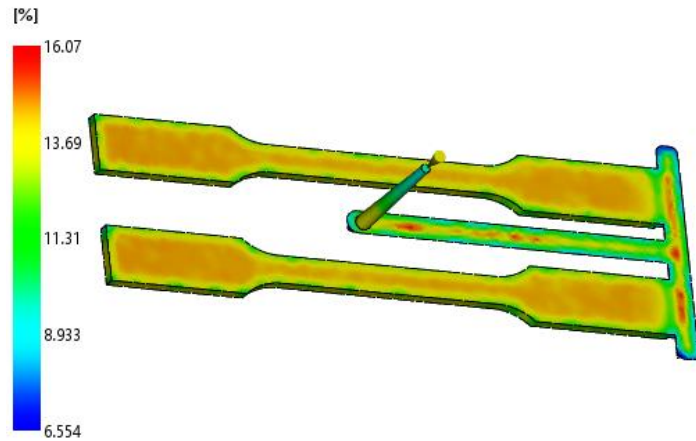
PA66 ve cam elyaf PA66 malzemelerinin farklı enjeksiyon hızlarında ve farklı ütüleme sürelerinde ortalama hacimsel çekme sonuçları Şekil 3.83-3.100 arasında verilmektedir.



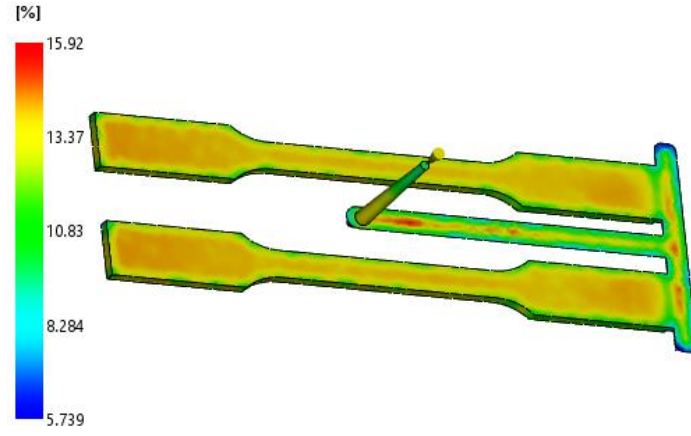
Şekil 3.81. PA66 için maksimum ortalama hacimsel çekme



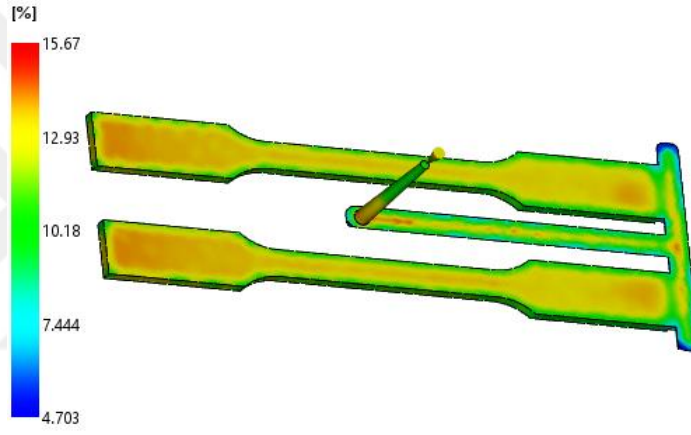
Şekil 3.82. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 için maksimum ortalama hacimsel çekme



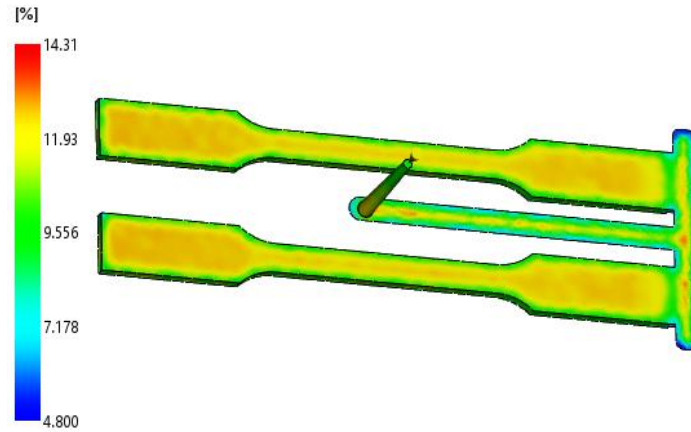
Şekil 3.83. PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 10s ortalama hacimsel çekme



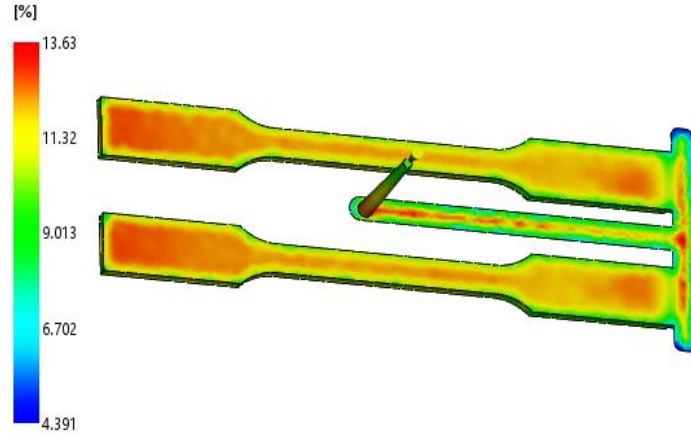
Şekil 3.84. PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 10s ortalama hacimsel çekme



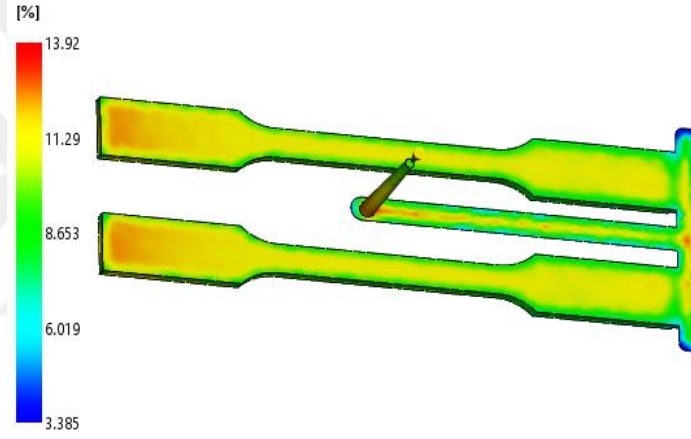
Şekil 3.85. PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 10s ortalama hacimsel çekme



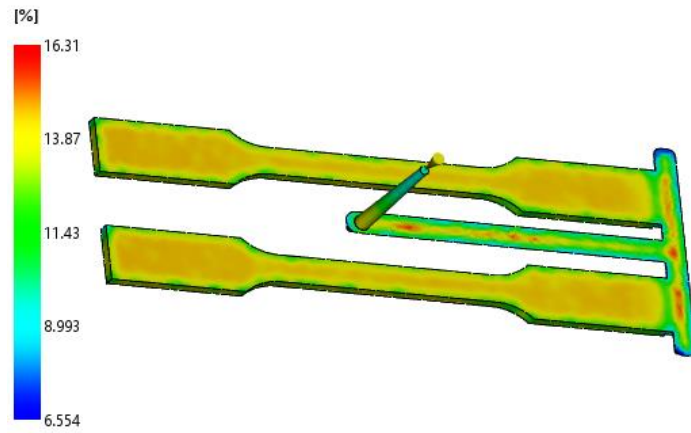
Şekil 3.86. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 10s ortalama hacimsel çekme



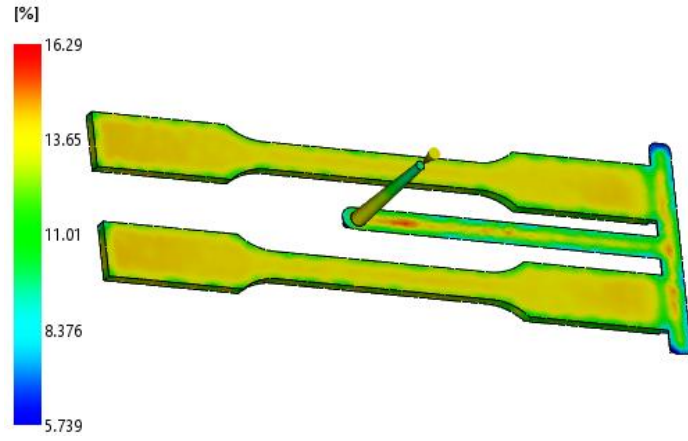
Şekil 3.87. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 10s ortalama hacimsel çekme



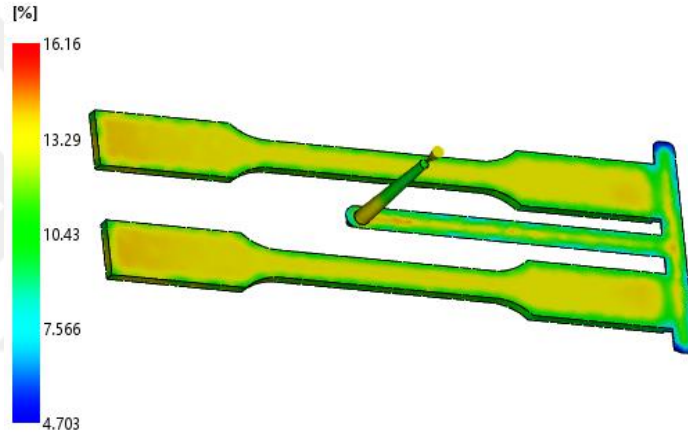
Şekil 3.88. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s- ütüleme süresi 10s ortalama hacimsel çekme



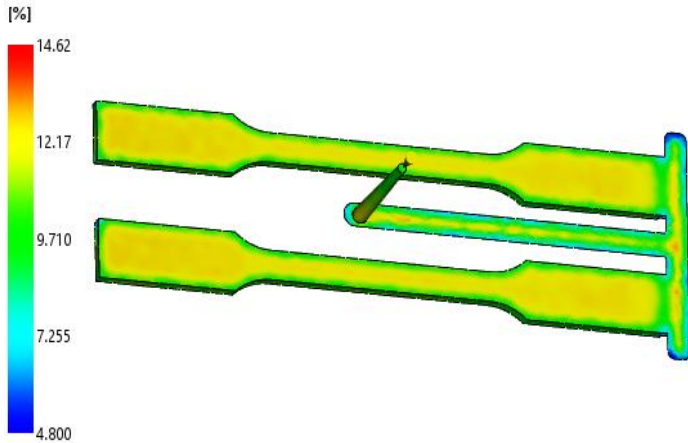
Şekil 3.89. PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 7s ortalama hacimsel çekme



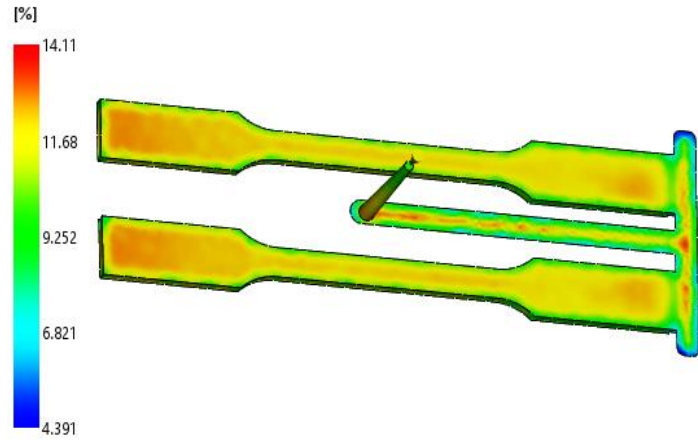
Şekil 3.90. PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 7s ortalama hacimsel çekme



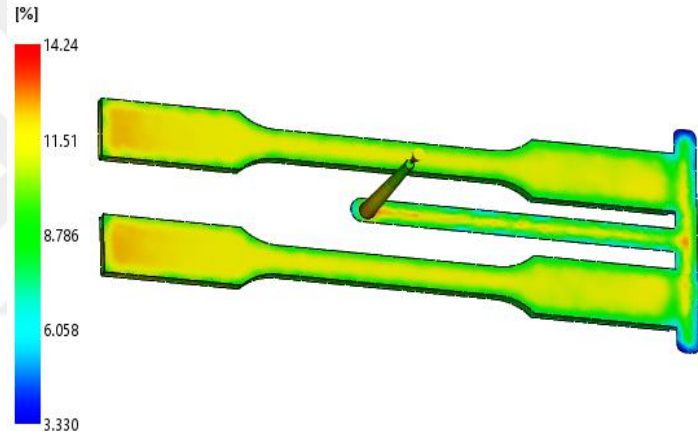
Şekil 3.91. PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 7s ortalama hacimsel çekme



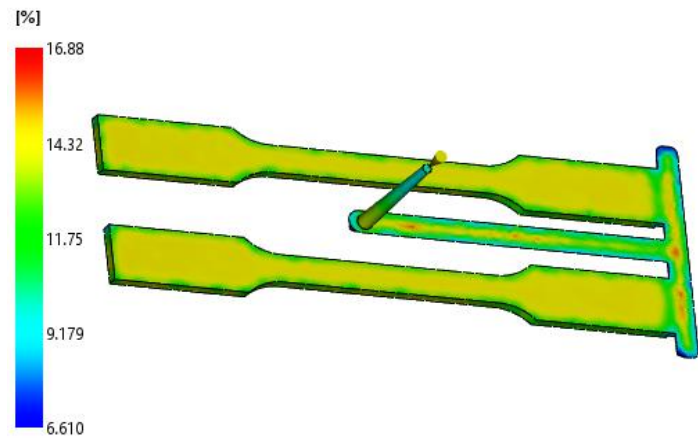
Şekil 3.92. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s- ütüleme süresi 7s ortalama hacimsel çekme



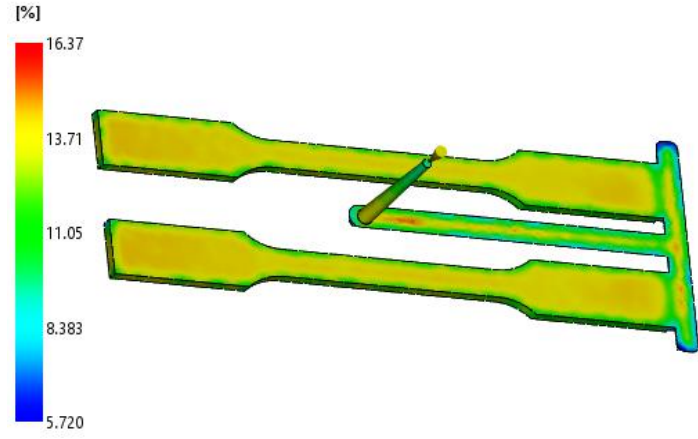
Şekil 3.93. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 7s ortalama hacimsel çekme



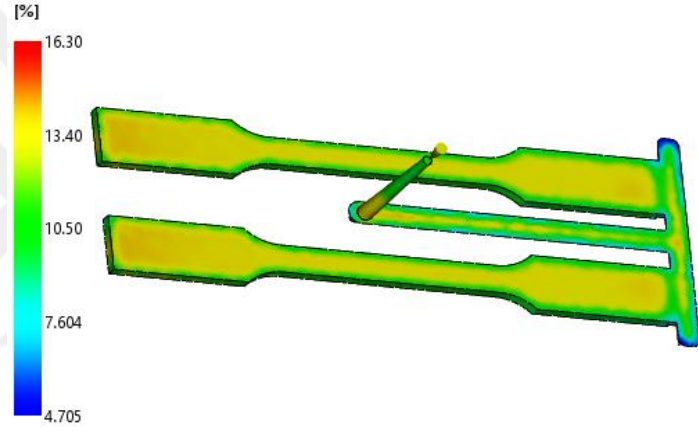
Şekil 3.94. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s- ütüleme süresi 7s ortalama hacimsel çekme



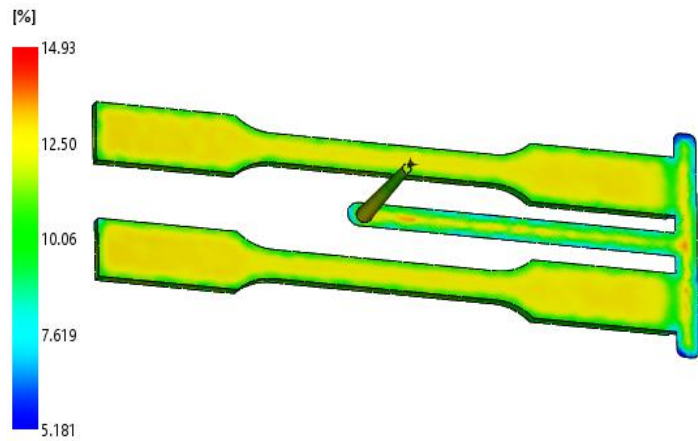
Şekil 3.95. PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 4s ortalama hacimsel çekme



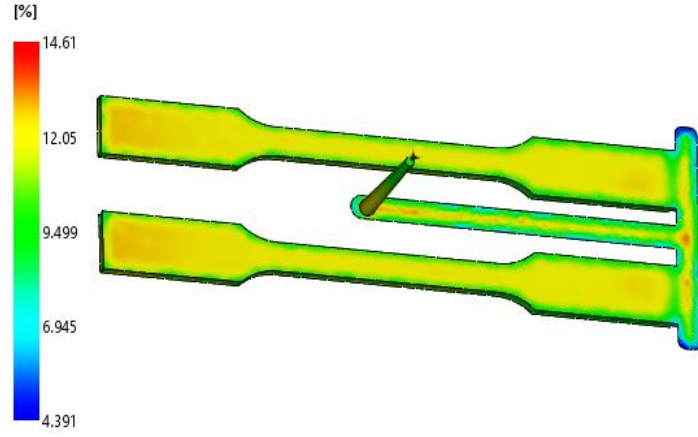
Şekil 3.96. PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 4s ortalama hacimsel çekme



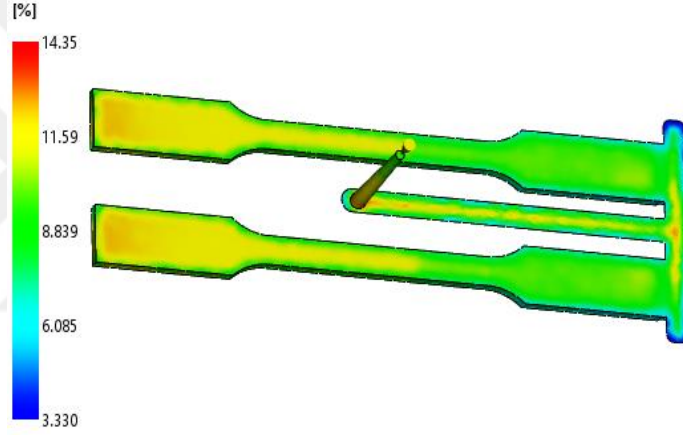
Şekil 3.97. PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 4s ortalama hacimsel çekme



Şekil 3.98. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 4s ortalama hacimsel çekme



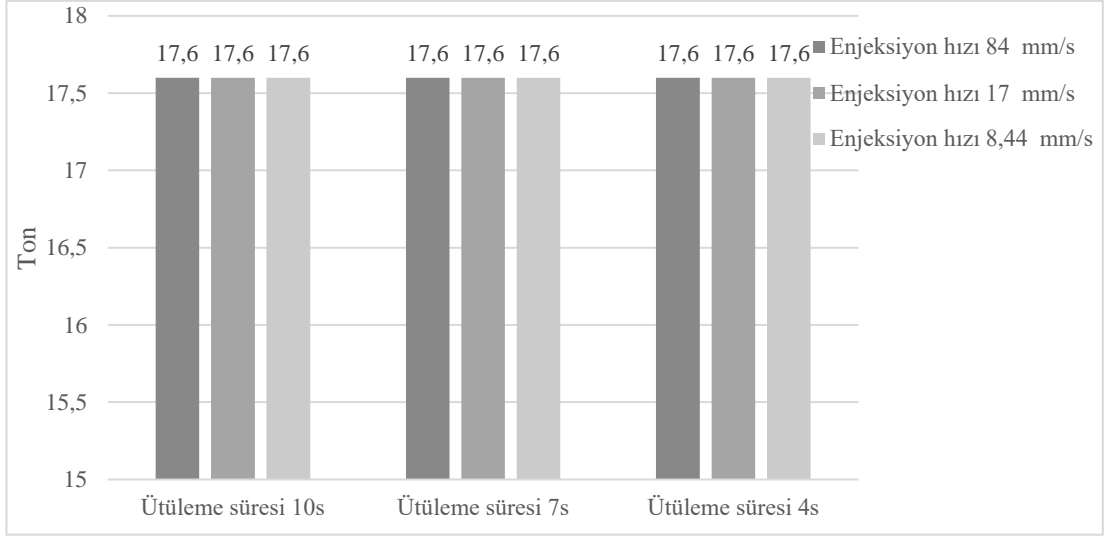
Şekil 3.99. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s- ütüleme süresi 4s ortalama hacimsel çekme



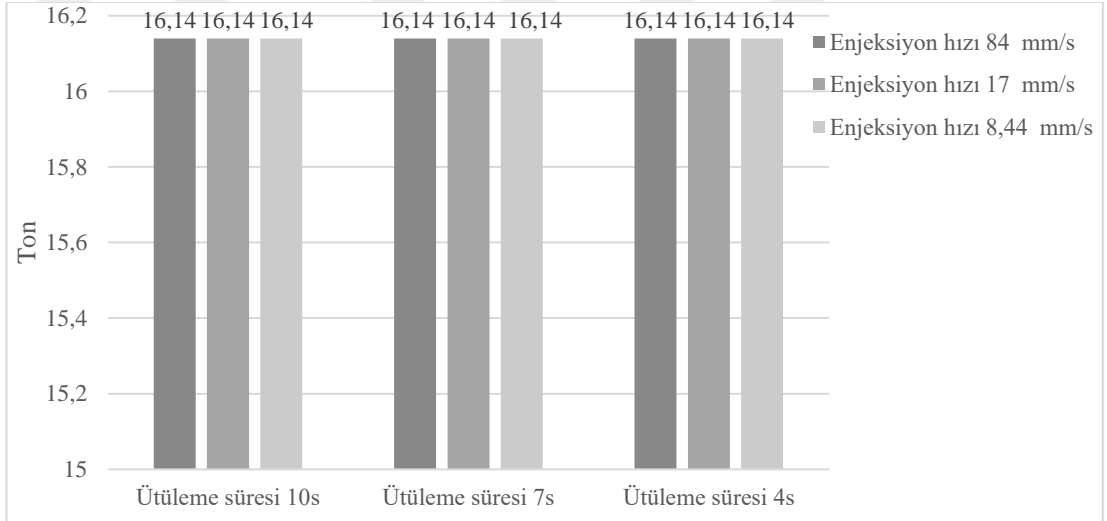
Şekil 3.100. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s- ütüleme süresi 4s ortalama hacimsel çekme

3.1.6. Kapama kuvveti

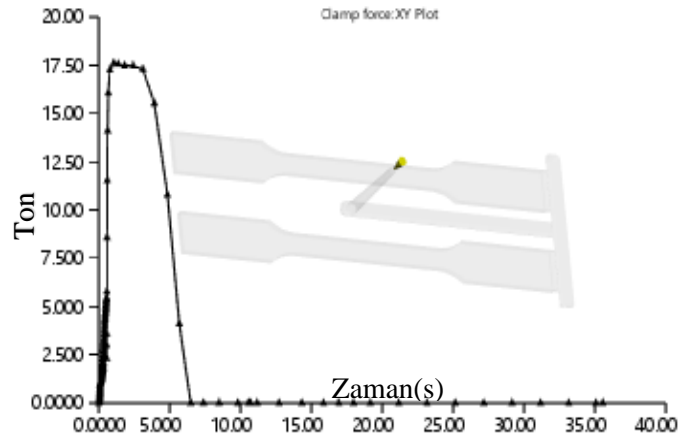
PA66 ve cam elyaf takviyeli PA66 malzemelerinin farklı enjeksiyon hızlarında ve farklı ütüleme sürelerinde kapama kuvveti analiz sonuçlarının grafik ile gösterimi Şekil 3.101 ve Şekil 3.102’de verilmiştir. Analiz sonuçları Şekil 103-120 arasında verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre enjeksiyon hızı enjeksiyon sırasında gerekli kapama kuvvetine etki etmiş fakat maksimum kapama kuvvetine etki etmemiştir. Maksimum kapama kuvvetindeki farkın görülmemesinin nedeni tutma basıncıdır. %30 Cam elyaf takviyeli PA66’da PA66 ‘ya göre maksimum kapama kuvveti daha düşüktür. Gerekli kapama kuvvetinin yükselmesi makine gereksinimlerini yukarı taşımakta ve enerji sarfiyatını arttırmaktadır.



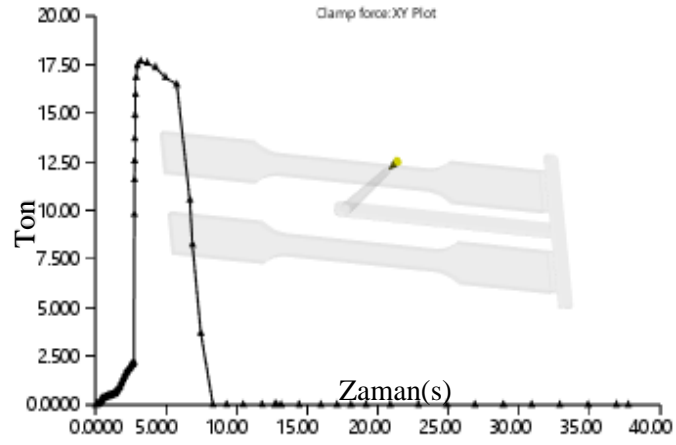
Şekil 3.101. PA66 için maksimum kapama kuvveti



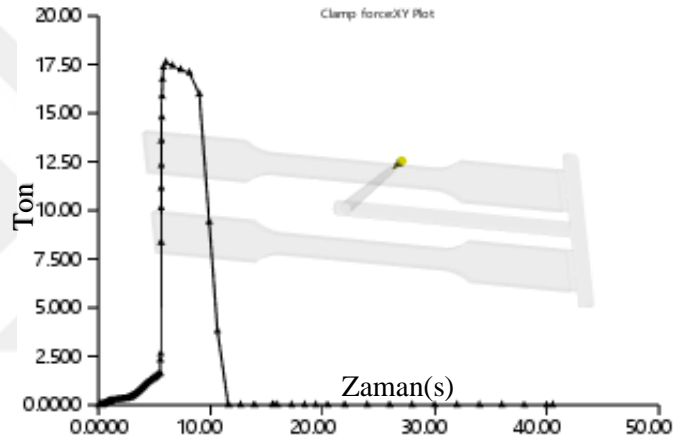
Şekil 3.102. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 için maksimum kapama kuvveti



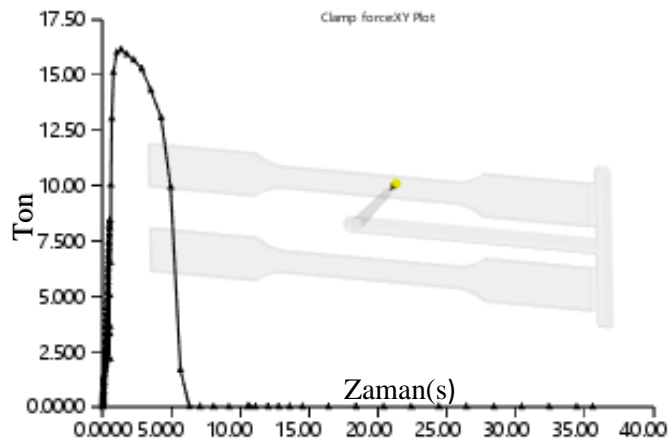
Şekil 3.103. PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütuleme süresi 10s kapama kuvveti



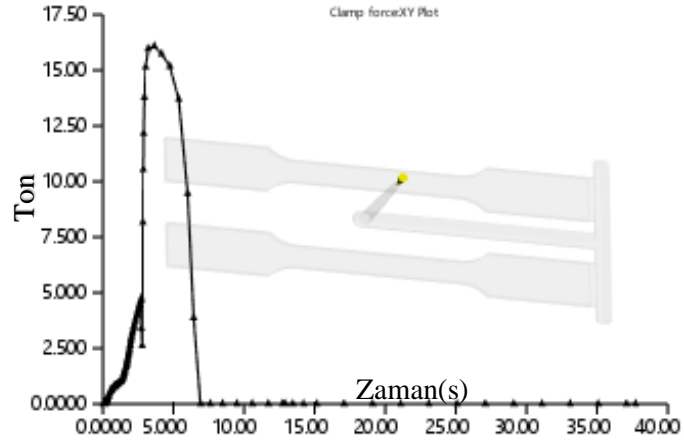
Şekil 3.104. PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-
ütüleme süresi 10s kapama kuvveti



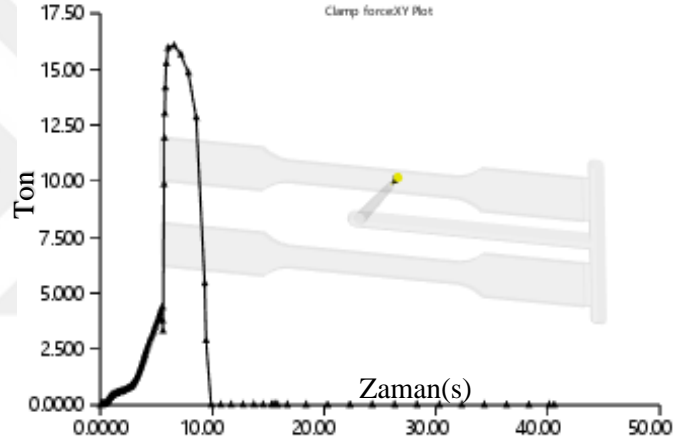
Şekil 3.105. PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-
ütüleme süresi 10s kapama kuvveti



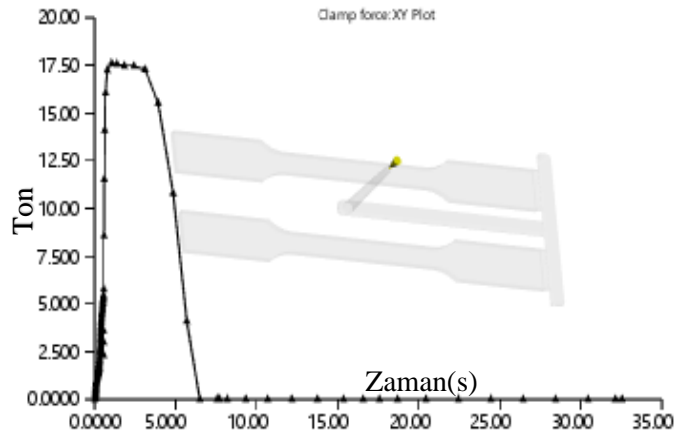
Şekil 3.106. %30 Cam elyaf takviyeli PA66
Enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 10s
kapama kuvveti



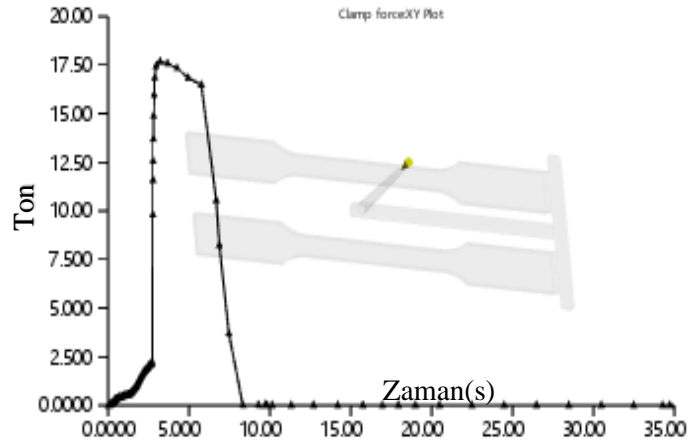
Şekil 3.107. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 Enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 10s kapama kuvveti



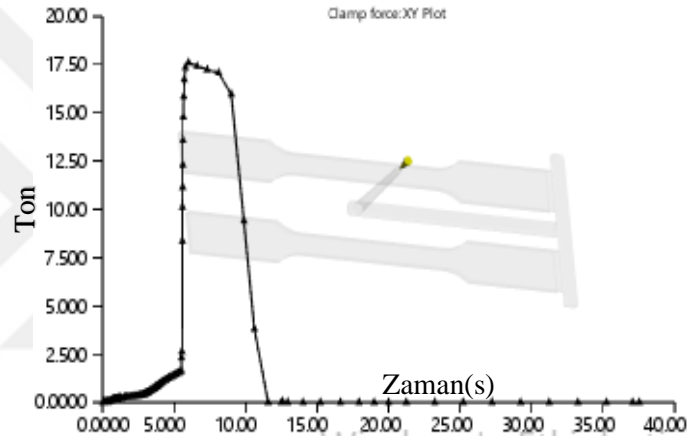
Şekil 3.108. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 Enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 10s kapama kuvveti



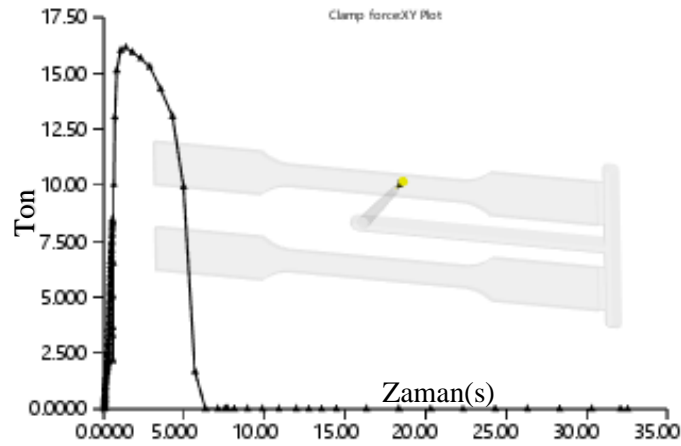
Şekil 3.109. PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 7s kapama kuvveti



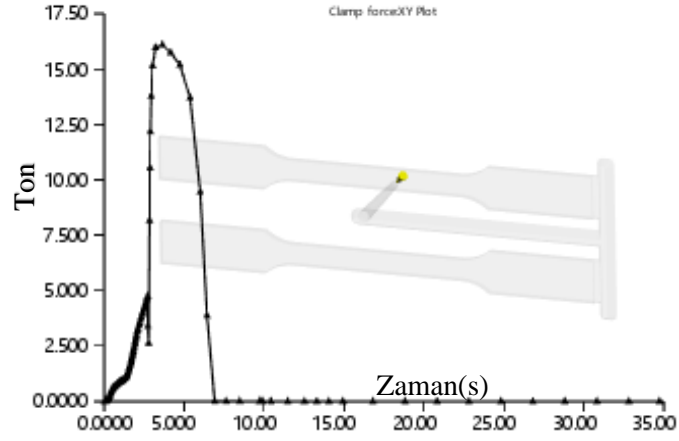
Şekil 3.110. PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-
ütüleme süresi 7s kapama kuvveti



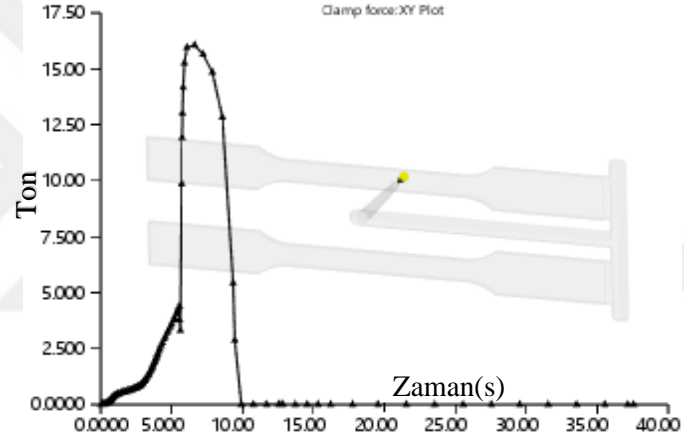
Şekil 3.111. PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-
ütüleme süresi 7s kapama kuvveti



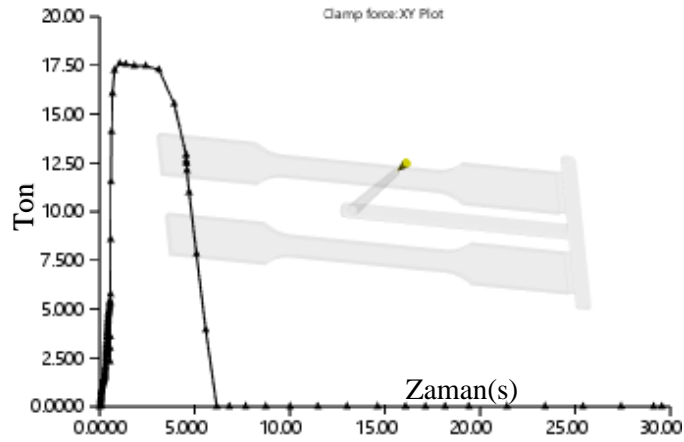
Şekil 3.112. %30 Cam elyaf takviyeli PA66
Enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 7s
kapama kuvveti



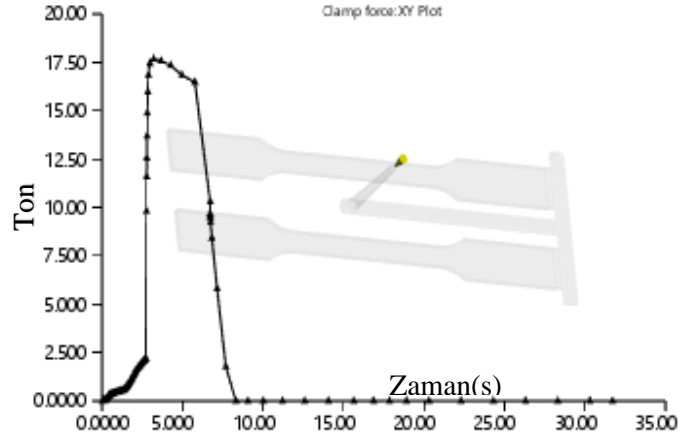
Şekil 3.113. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 Enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 7s kapama kuvveti



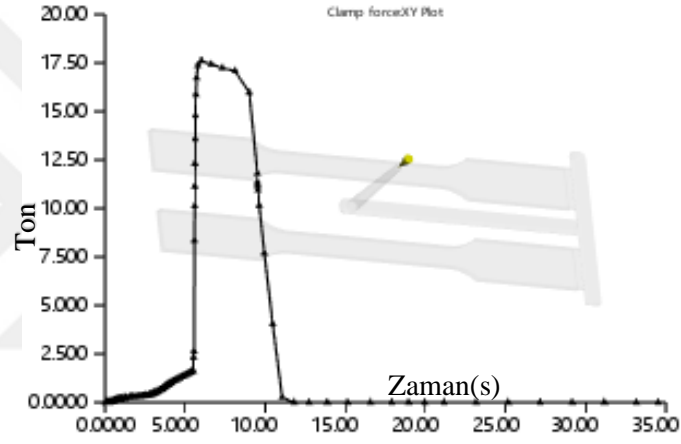
Şekil 3.114. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 Enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 7s kapama kuvveti



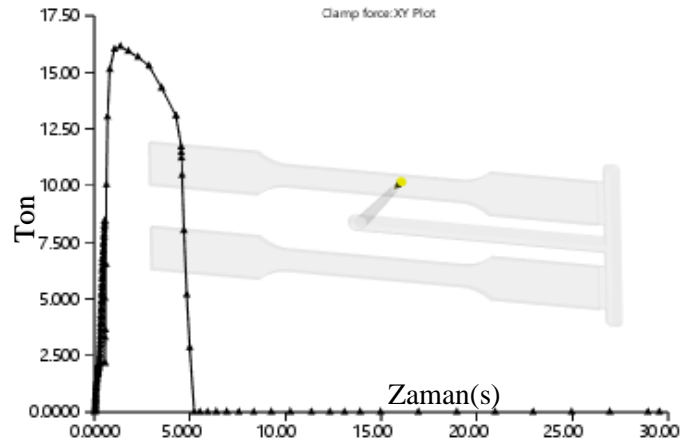
Şekil 3.115. PA66 Enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 4s kapama kuvveti



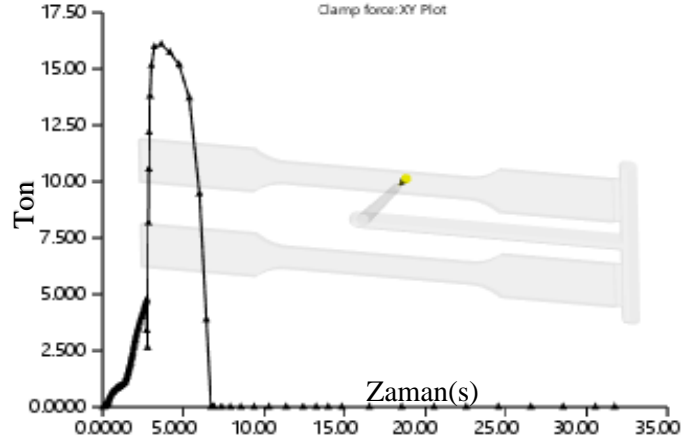
Şekil 3.116. PA66 Enjeksiyon hızı 17 mm/s-
ütüleme süresi 4s kapama kuvveti



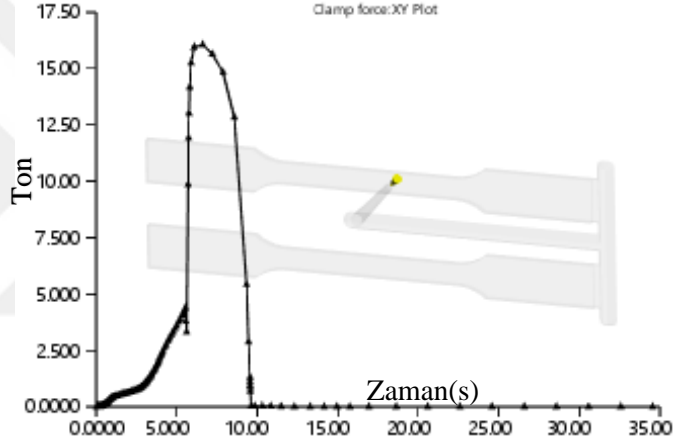
Şekil 3.117. PA66 Enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-
ütüleme süresi 4s kapama kuvveti



Şekil 3.118. %30 Cam elyaf takviyeli PA66
Enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 4s
kapama kuvveti



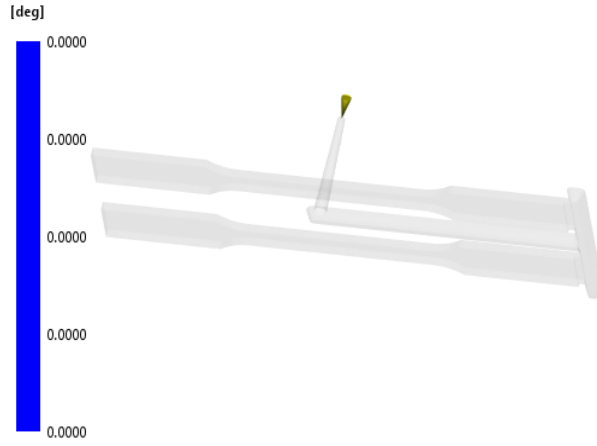
Şekil 3.119. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 Enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 4s kapama kuvveti



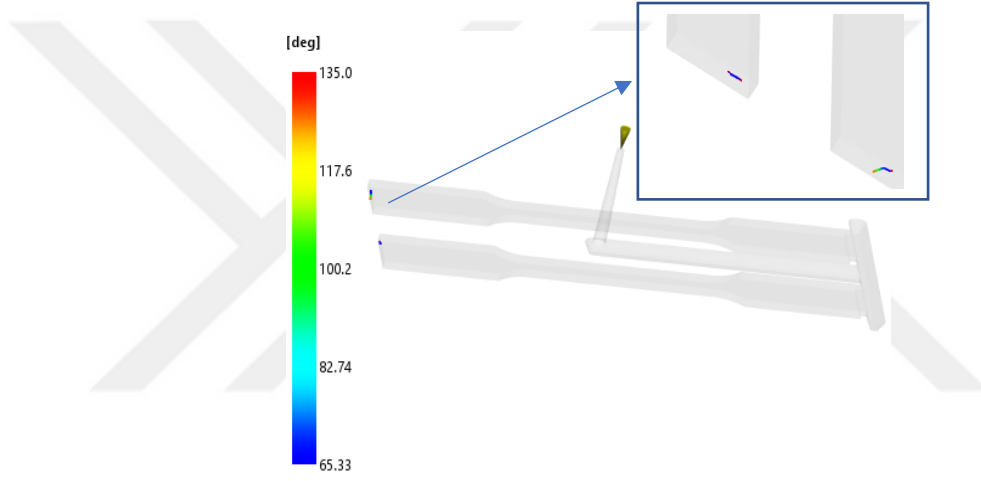
Şekil 3.120. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 Enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 4s kapama kuvveti

3.1.7. Kaynak izleri

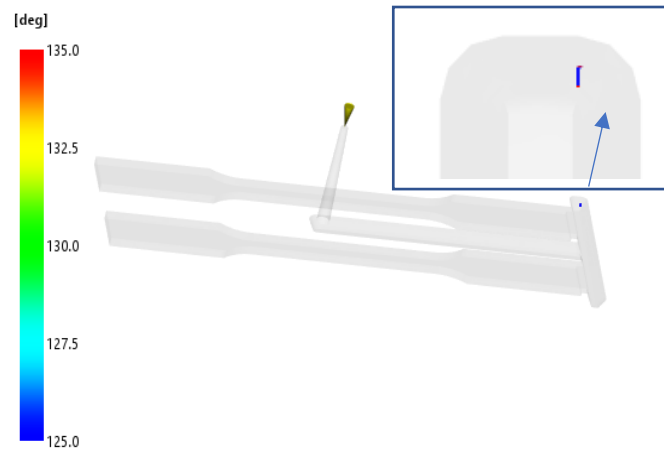
Kaynak izlerinde enjeksiyon hızının etkisi görülmüştür. PA66 'da 84 mm/s enjeksiyon hızında kaynak izi görülmezken 17 mm/s ve 8,44 mm/s enjeksiyon hızında kaynak izi görülmektedir. %30 cam elyaf takviyeli PA66'da ise 17 mm/s enjeksiyon hızında kaynak izi görülmezken 84 mm/s ve 8,44 mm/s enjeksiyon hızlarında kaynak izlerine rastlanılmıştır. Analiz sonuçlarında sıcaklık, basınç ve hız optimizasyonunun önemi ve bu optimizasyonun malzeme özellikleri dikkate alınarak yapılması gerektiği öngörülmüştür. PA66 ve cam elyaf PA66 malzemelerin farklı enjeksiyon hızlarında ve farklı ütüleme sürelerinde kaynak izleri sonuçları Şekil 3.121-3.138 arasında verilmektedir.



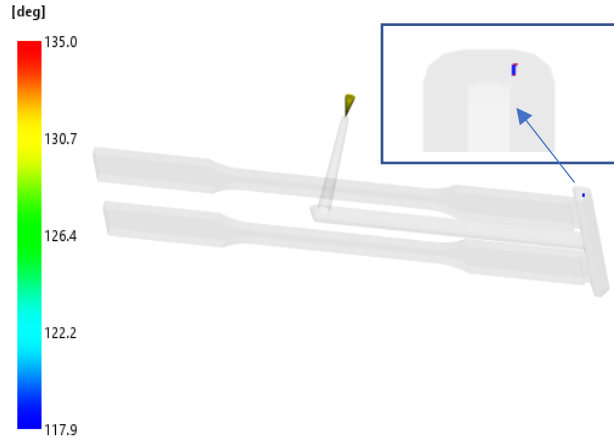
Şekil 3.121. PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-
ütüleme süresi 10s kaynak izleri



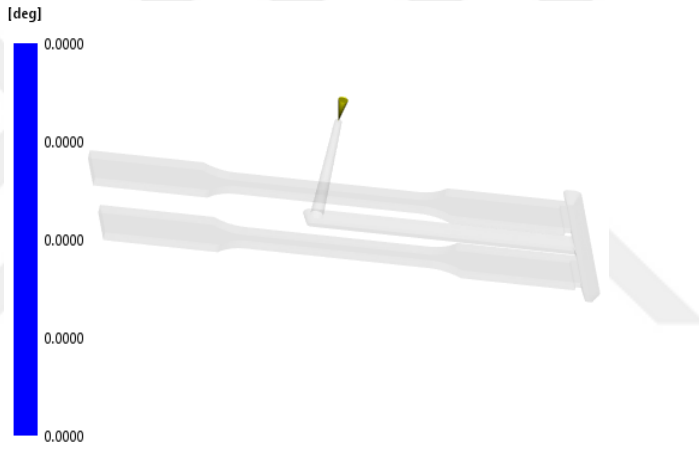
Şekil 3.122. PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-
ütüleme süresi 10s kaynak izleri



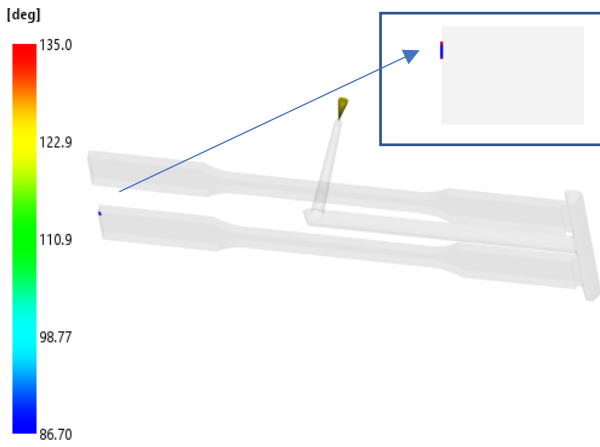
Şekil 3.123. PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-
ütüleme süresi 10s kaynak izleri



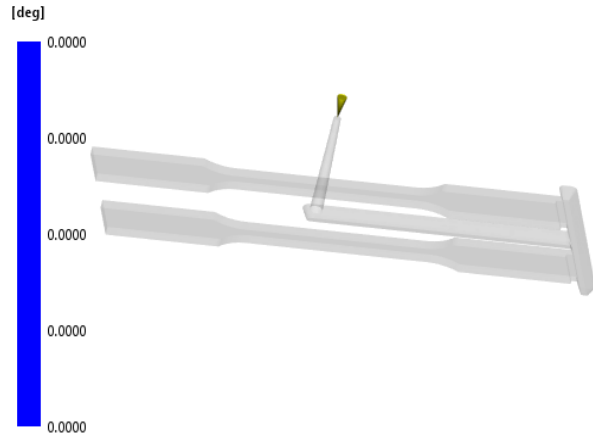
Şekil 3.124. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 Enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 10s kaynak izleri



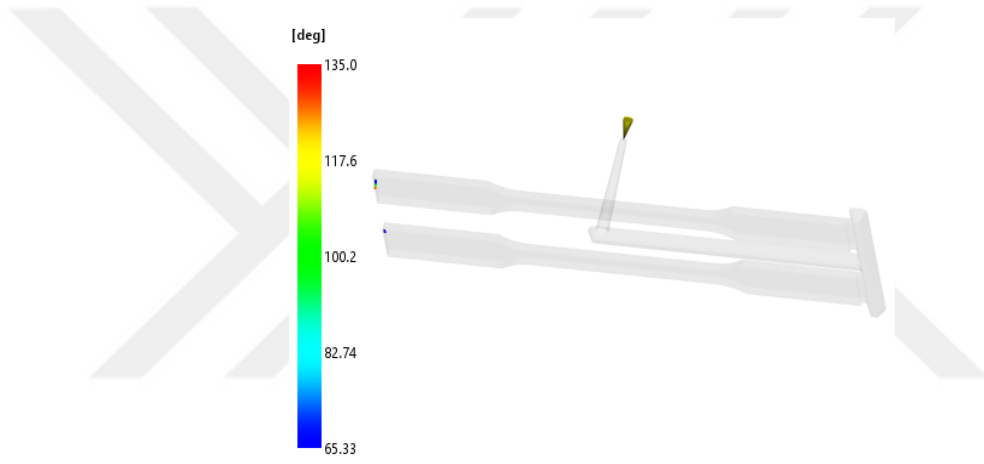
Şekil 3.125. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 Enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 10s kaynak izleri



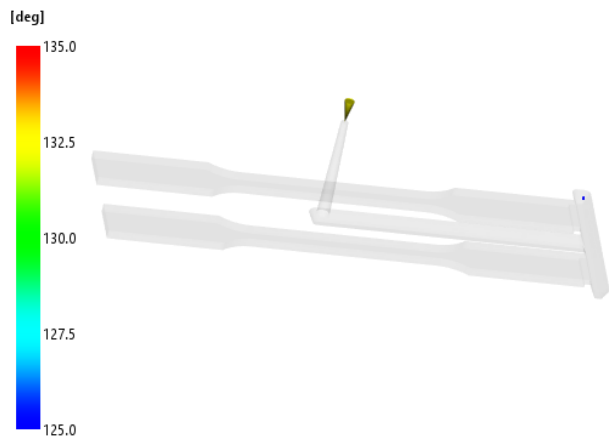
Şekil 3.126. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 Enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 10s kaynak izleri



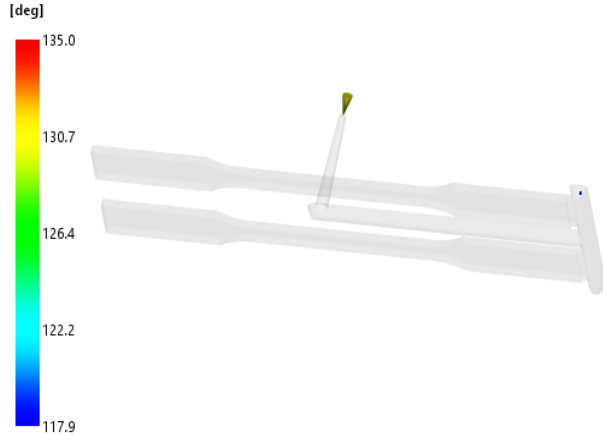
Şekil 3.127. PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-
ütüleme süresi 7s kaynak izleri



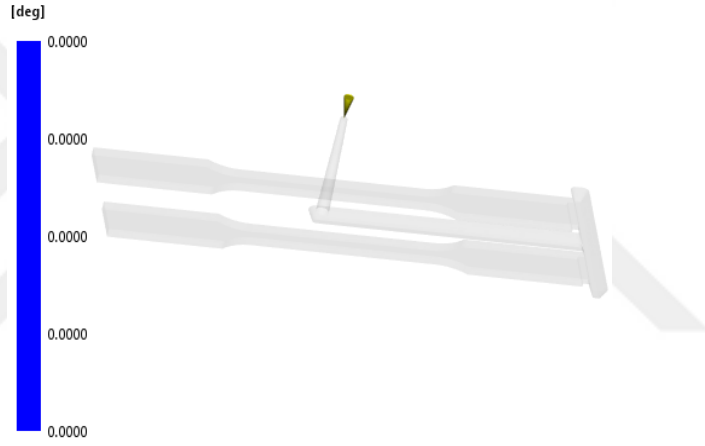
Şekil 3.128. PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-
ütüleme süresi 7s kaynak izleri



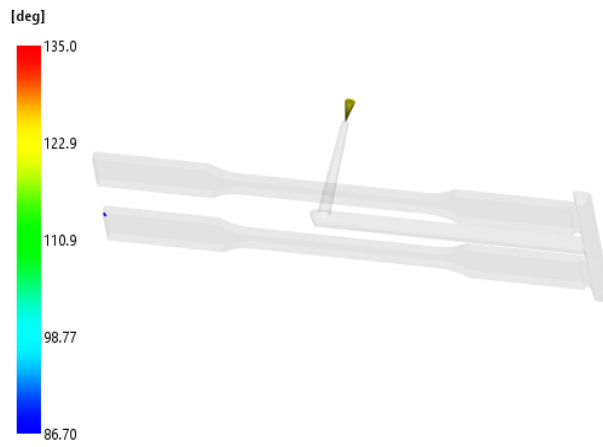
Şekil 3.129. PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-
ütüleme süresi 7s kaynak izleri



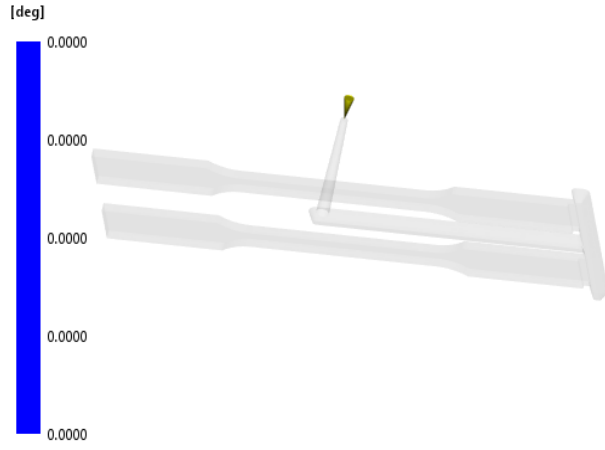
Şekil 3.130. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 Enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 7s kaynak izleri



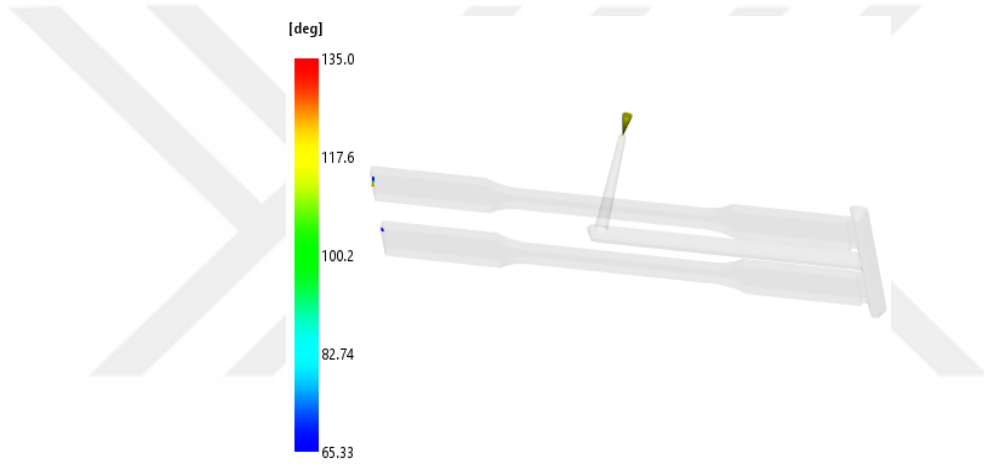
Şekil 3.131. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 Enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 7s kaynak izleri



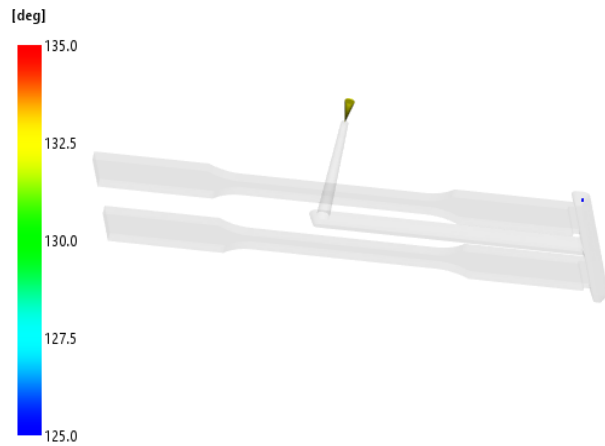
Şekil 3.132. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 Enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 7s kaynak izleri



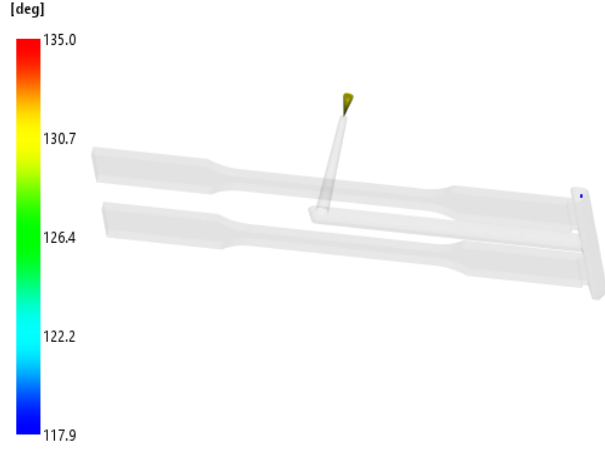
Şekil 3.133. PA66 enjeksiyon hızı 84 mm/s-
ütüleme süresi 4s kaynak izleri



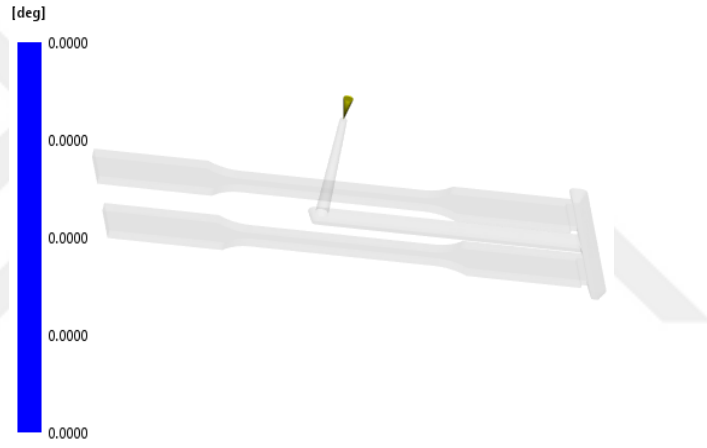
Şekil 3.134. PA66 enjeksiyon hızı 17 mm/s-
ütüleme süresi 4s kaynak izleri



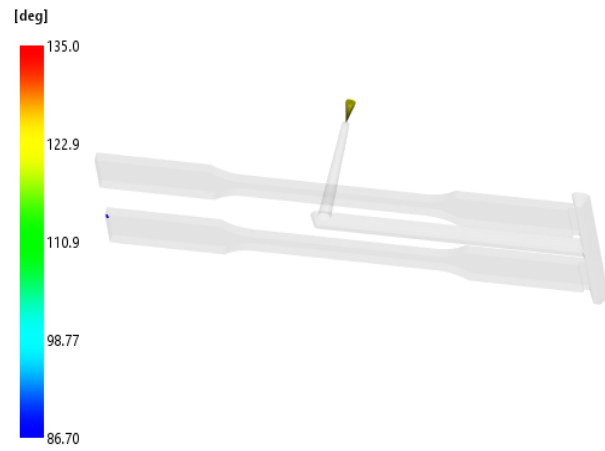
Şekil 3.135. PA66 enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-
ütüleme süresi 4s kaynak izleri



Şekil 3.136. %30 Cam elyaf takviyeli PA66
Enjeksiyon hızı 84 mm/s-ütüleme süresi 4s
kaynak izleri



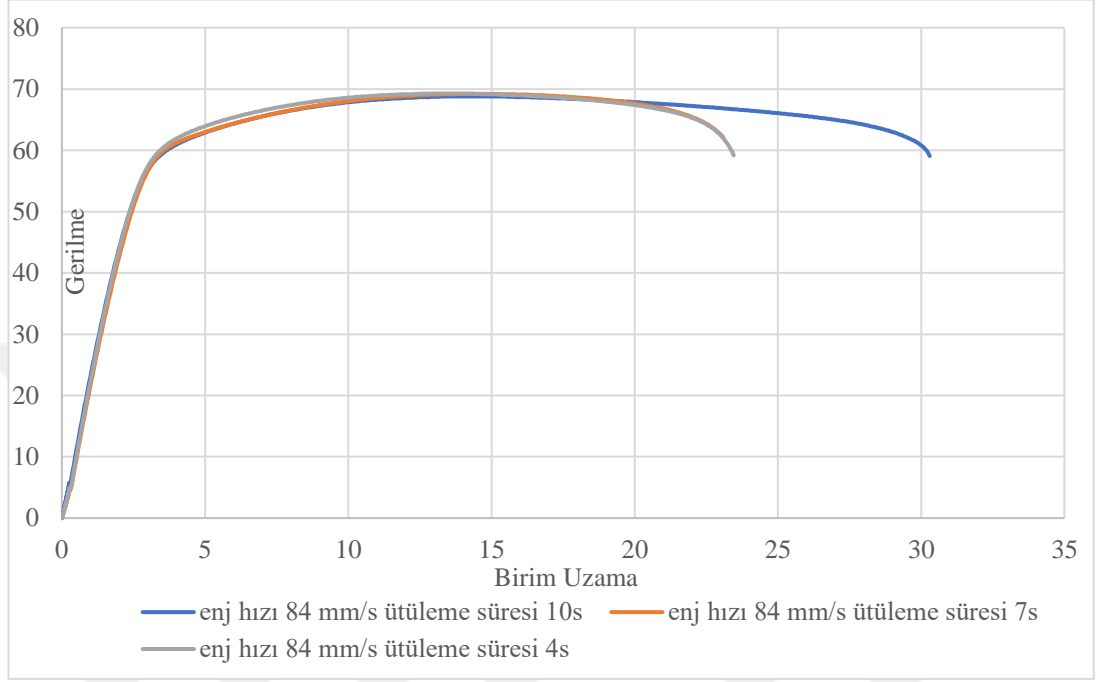
Şekil 3.137. %30 Cam elyaf takviyeli PA66
Enjeksiyon hızı 17 mm/s-ütüleme süresi 4s
kaynak izleri



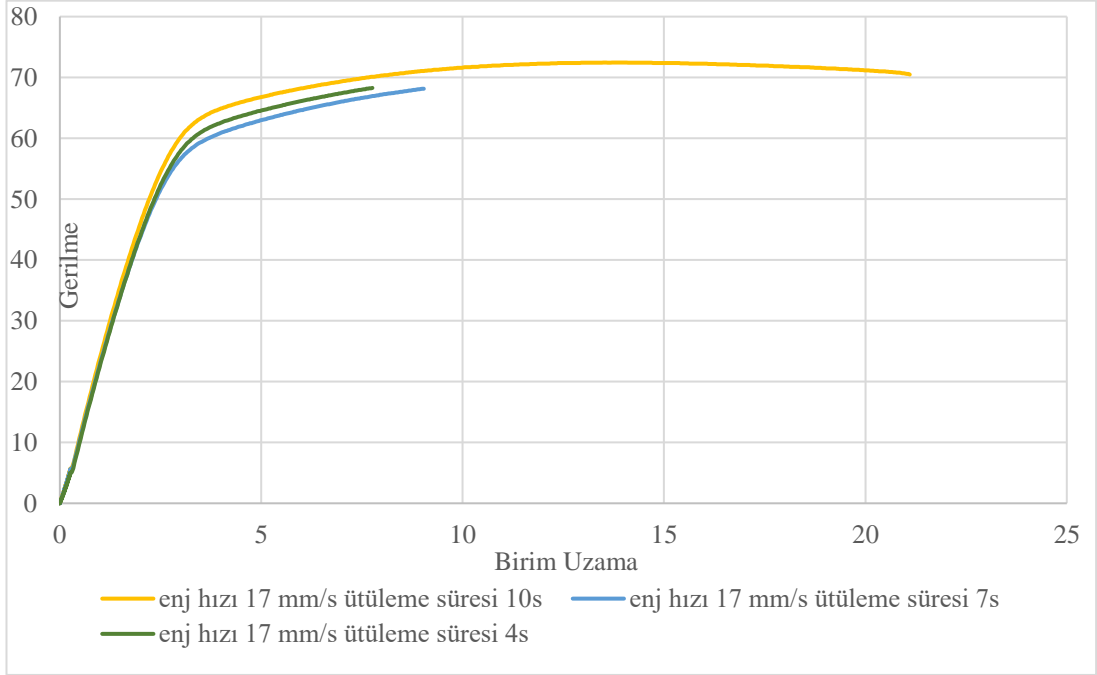
Şekil 3.138. %30 Cam elyaf takviyeli PA66
Enjeksiyon hızı 8,44 mm/s-ütüleme süresi 4s
kaynak izleri

3.2. PA66 için Deneysel Sonuçlar

PA66 için çekme diyagramı 84 mm/s enjeksiyon hızı için Şekil 139'da 17 mm/s için ise Şekil 140'da verilmiştir.

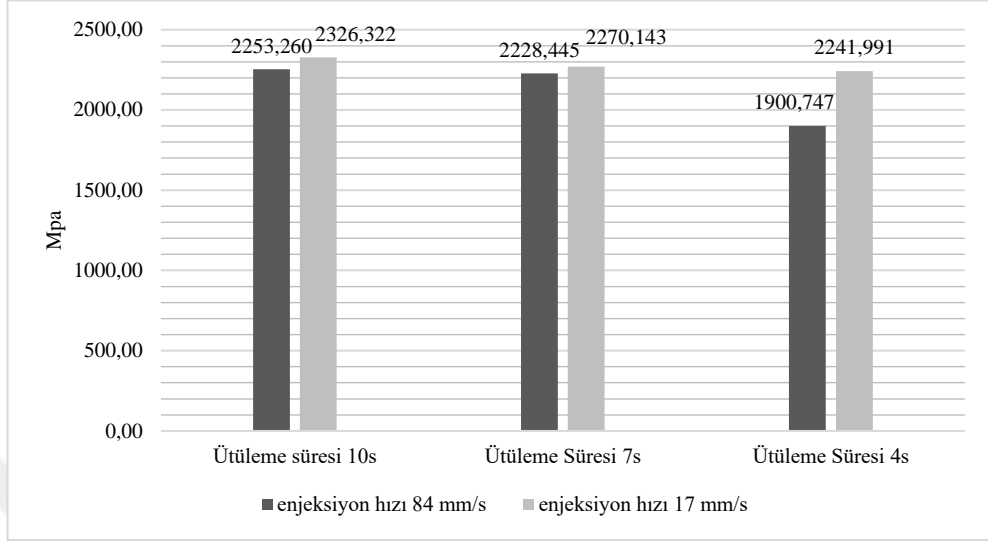


Şekil 3.139. PA66 84 mm/s enjeksiyon hızı çekme diyagramı



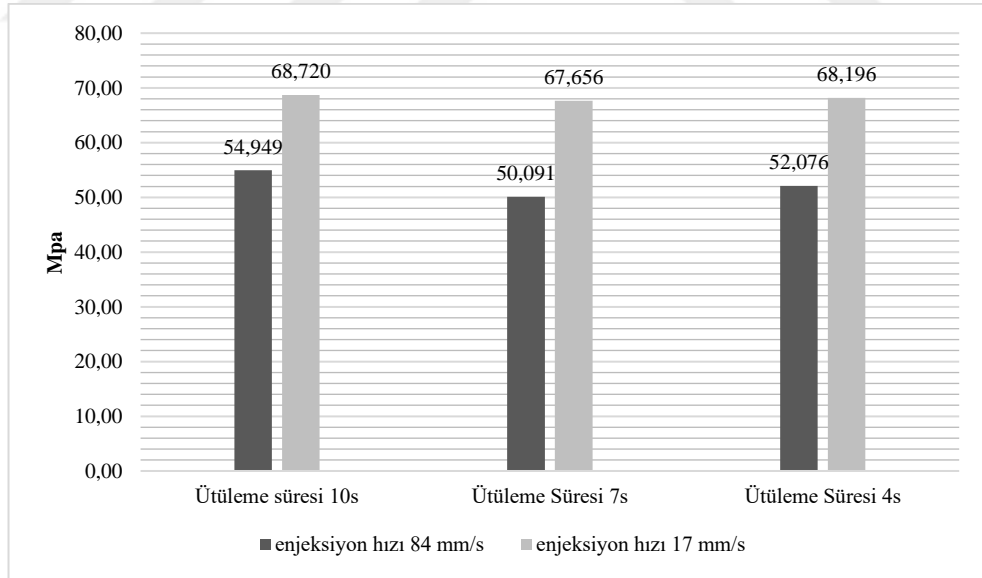
Şekil 3.140. PA66 17 mm/s enjeksiyon hızı çekme diyagramı

Elastisite modülü Şekil 3.141’de görüldüğü gibi 17 mm/s enjeksiyon hızında 84 mm/s enjeksiyon hızına göre yüksektir.



Şekil 3.141. PA66 elastisite modülü değerleri

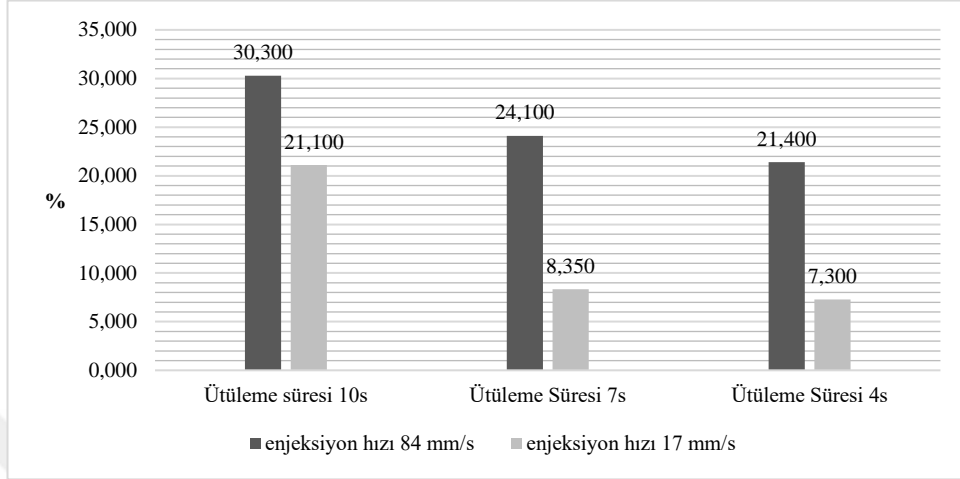
Kopma gerilmesi değerleri Şekil 3.142’de görüldüğü gibi 17 mm/s enjeksiyon hızında 84 mm/s enjeksiyon hızına göre yüksektir.



Şekil 3.142. PA66 kopma gerilmesi değerleri

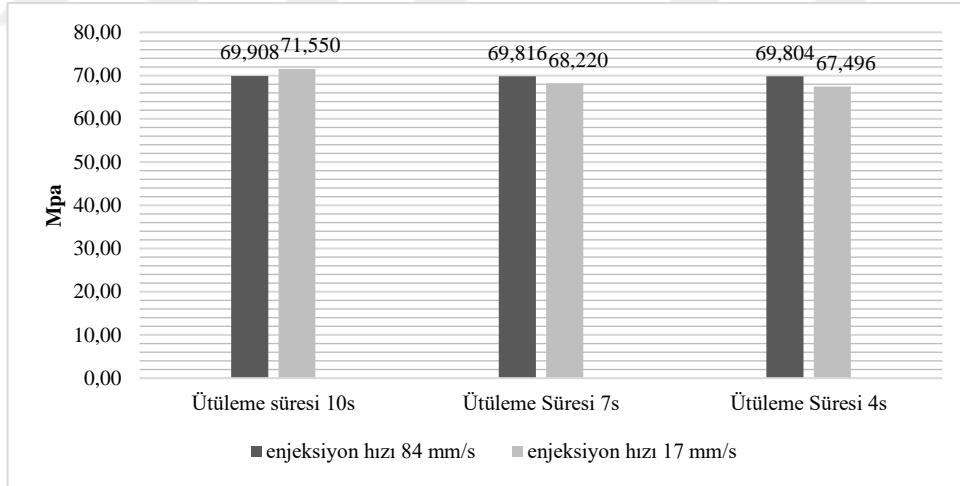
Kopma uzamalarına bakıldığında 84 mm/s enjeksiyon hızında 17 mm/s enjeksiyon hızına göre daha yüksek kopma uzaması değerleri görülmüştür. 84 mm/s enjeksiyon hızından 17 mm/s enjeksiyon hızına inildiğinde malzeme gevrekleşmiştir. Sonuçlar Şekil 3.143’de gösterilmiştir. Ütleme sürelerindeki değişikliğe göre inceleme

yapıldığında, belirgin fark kopma uzamasında görülmektedir. Ütuleme süreleri kısaldıkça kopma uzaması da azalmaktadır. 17 mm/s enjeksiyon hızında bu fark daha belirgin görülmektedir.



Şekil 3.143. PA66 % kopma uzaması değerleri

Akma gerilmesi değerleri Şekil 3.144’de görüldüğü gibi ütuleme süresine bağlı olarak değişiklik göstermiştir.



Şekil 3.144. PA66 akma gerilmesi değerleri

3.3. PA66 için Teorik Sonuçlar ile Deneysel Sonuçların Karşılaştırılması

Analiz sonuçlarında 84 mm/s enjeksiyon hızında dolun aşamasında sıcaklık maksimum eriyik sıcaklığı değerinin üstüne çıkmıştır. Baskı sonuçlarında 84 mm/s enjeksiyon hızıyla basılan parçalarda Şekil 3.145’de görüldüğü gibi uç bölgelerinde

yanık izleri mevcuttur. Dolum aşamasında sıcaklığın maksimum eriyik sıcaklığı değerini aşması malzemede yanmaya neden olmuştur.



Şekil 3.145. PA66 yanık izleri

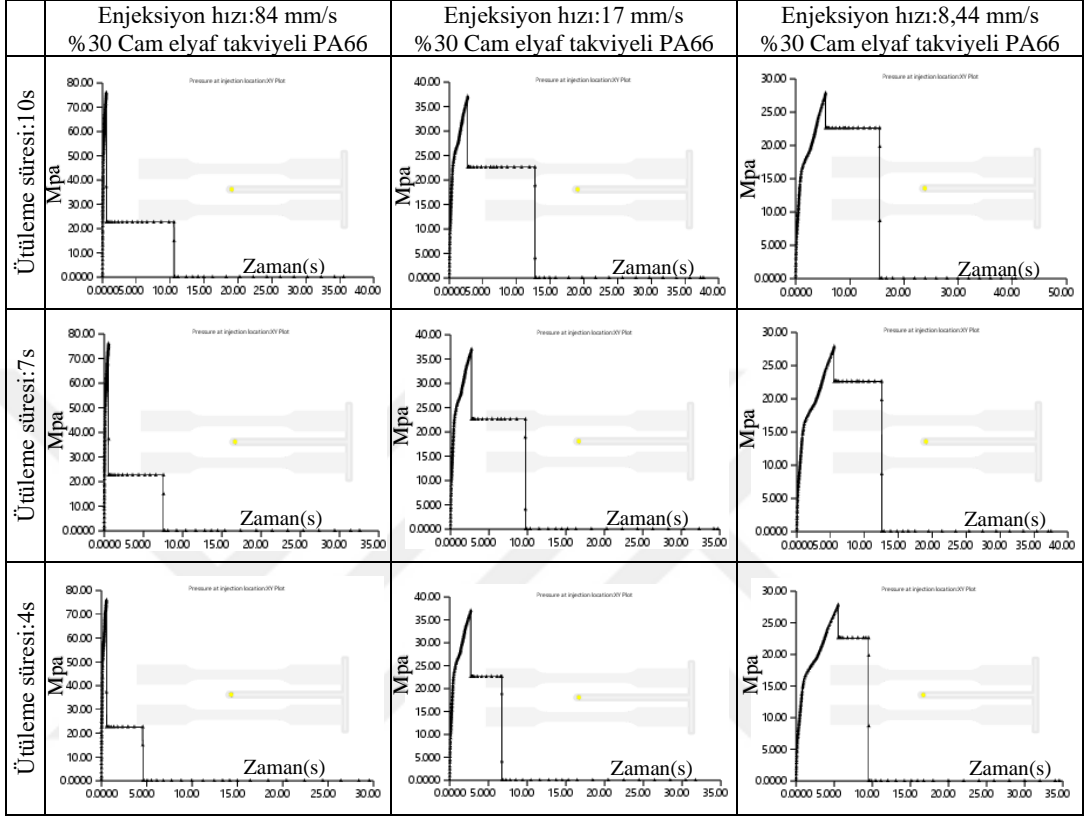
Çekme deneyi sonuçlarında PA66 için belirgin farkı kopma gerilmesi ve kopma uzamasında görmekteyiz. Kopma gerilmesinde belirgin etki enjeksiyon hızındaki değişiminde, kopma uzamasında ise hem enjeksiyon hızı hem de ütüleme süresindeki değişimde görülmüştür.

BOCIAGA 2001’de yapmış olduğu çalışmasında olduğu gibi bizim çalışmamızda da kopma gerilmesi değerleri enjeksiyon hızı azaldığında artmıştır. Kopma gerilmesinin 17 mm/s enjeksiyon hızında 84 mm/s enjeksiyon hızına göre yüksek çıkması enjeksiyon hızı azaldığında akışın daha doğrusal bir yol izlemesi ve malzeme akışının homojenleşmesi olarak öngörülmüştür. 84 mm/s enjeksiyon hızında parçanın uç bölgelerinde yanık izleri görülmüştür. Yanmanın mekanik özelliklere etkisinin ne oranda olduğu farklı parametre değerleri seçilerek tekrar yapılacak farklı bir çalışmayla araştırılabilir.

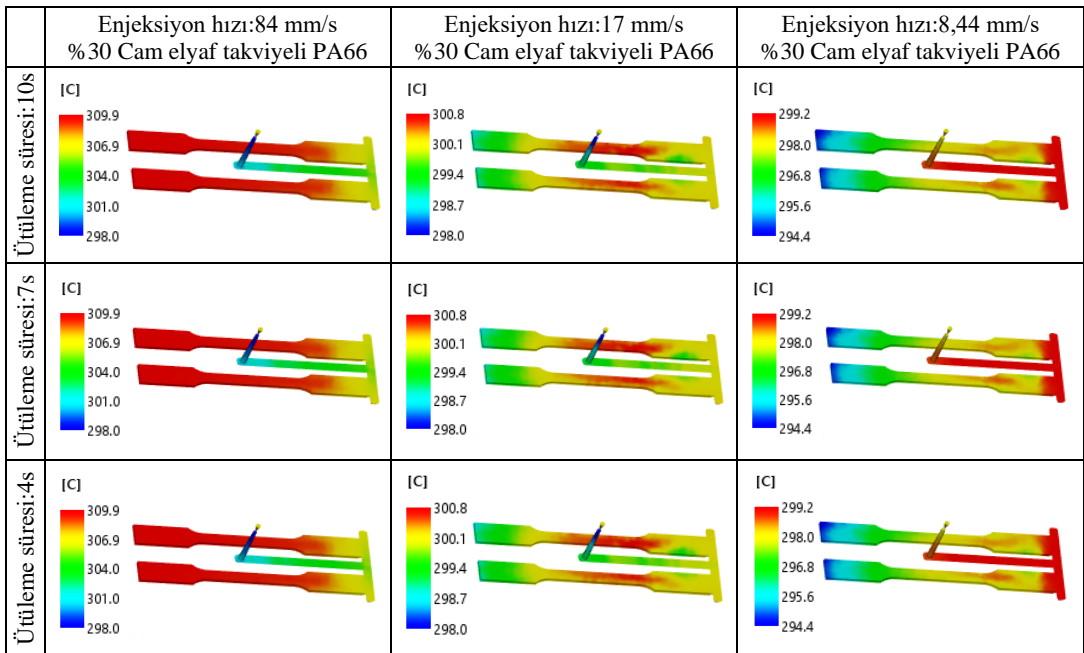
Ütüleme süresi uzadıkça sıkıştırmanın daha uzun süre gerçekleşmesi nedeniyle kopma uzamasının arttırdığı görülmüştür. 84 mm/s seçilen yüksek enjeksiyon hızında bu fark 17 mm/s enjeksiyon hızına göre daha az görülmektedir. 84 mm/s enjeksiyon hızında dolun aşamasında basınç ve sıcaklık 17 mm/s ‘ye göre daha yüksektir ve sıkıştırma dolun aşamasında daha fazla olmaktadır. Bundan dolayı ütüleme süresinin 84 mm/s enjeksiyon hızında kopma uzamasını 17 mm/s enjeksiyon hızı kadar etkilemediği öngörülmüştür. BOCIAGA 2001’de yapmış olduğu çalışmasına benzer olarak bizim çalışmamızda da kopma uzaması enjeksiyon hızı azaldığında azalma göstermiştir.

3.4. Cam Elyaf Takviyeli PA66 için Üretim Parametreleri ile Yapılan Teorik Sonuçlar

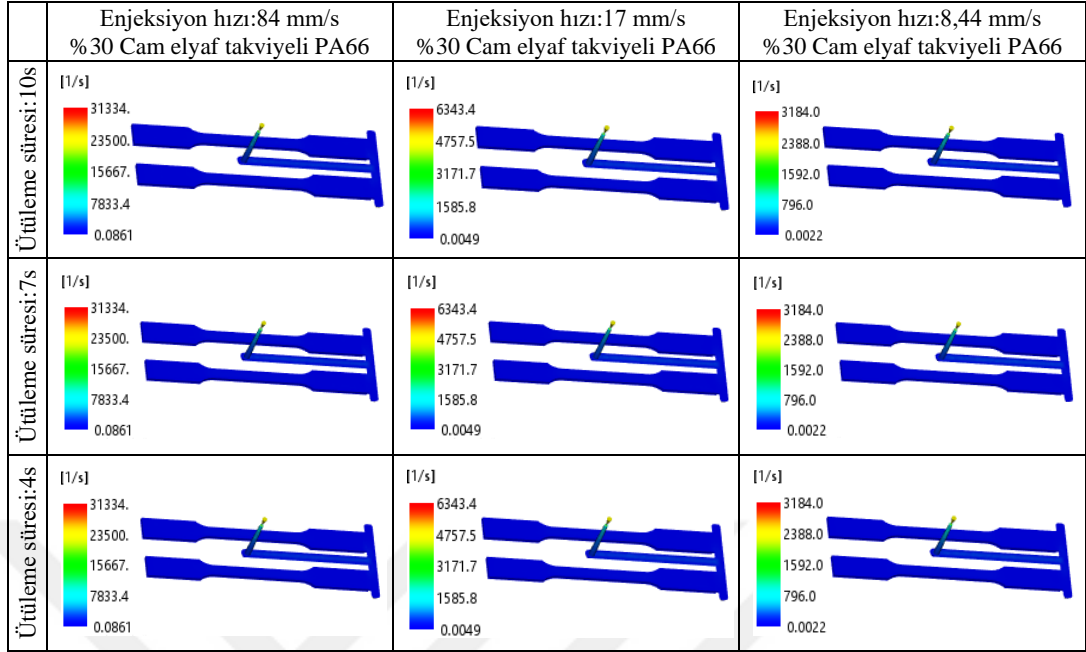
Tablo 3.1. Cam Elyaf Takviyeli PA66 için enjeksiyon noktasındaki basınç sonucu



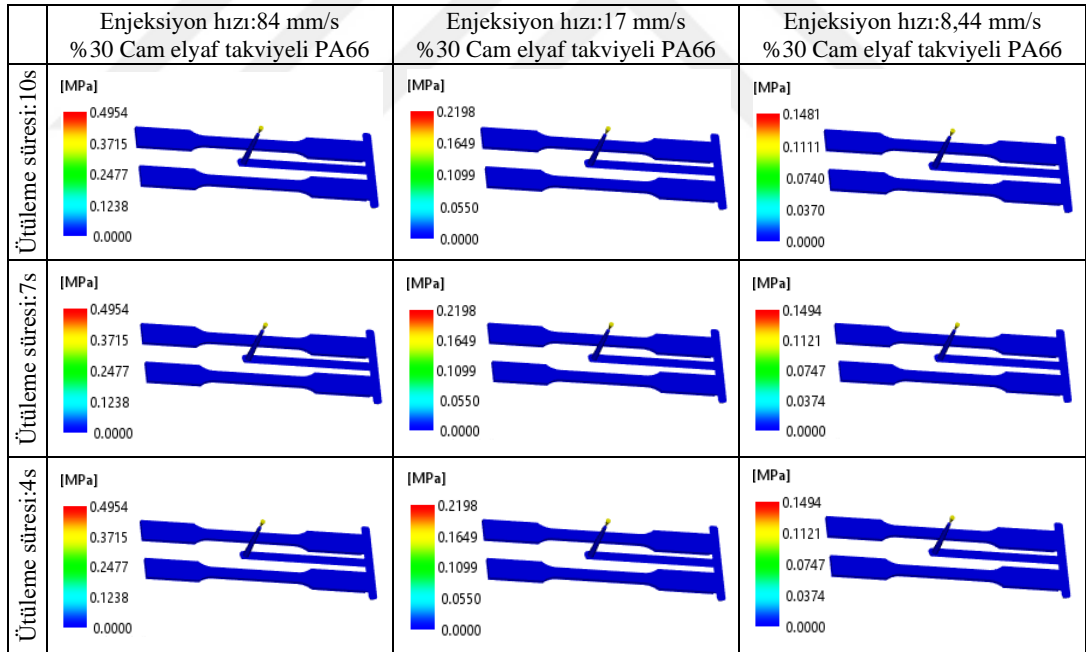
Tablo 3.2. Cam Elyaf Takviyeli PA66 için akışkan cephe sıcaklığı sonucu



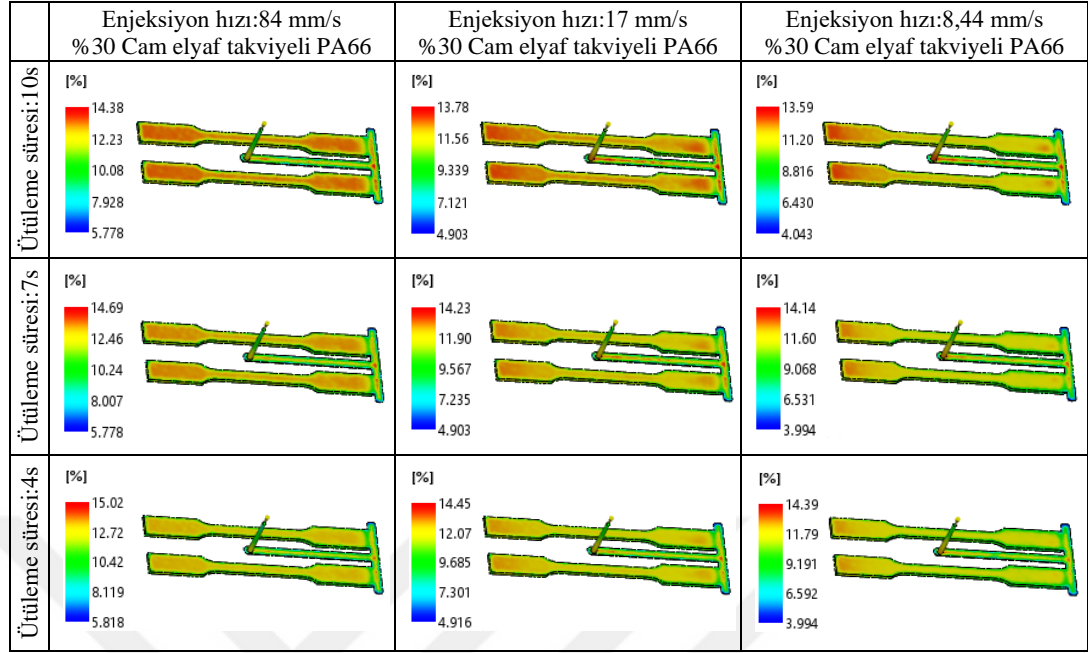
Tablo 3.3. Cam Elyaf Takviyeli PA66 için kayma oranı sonucu



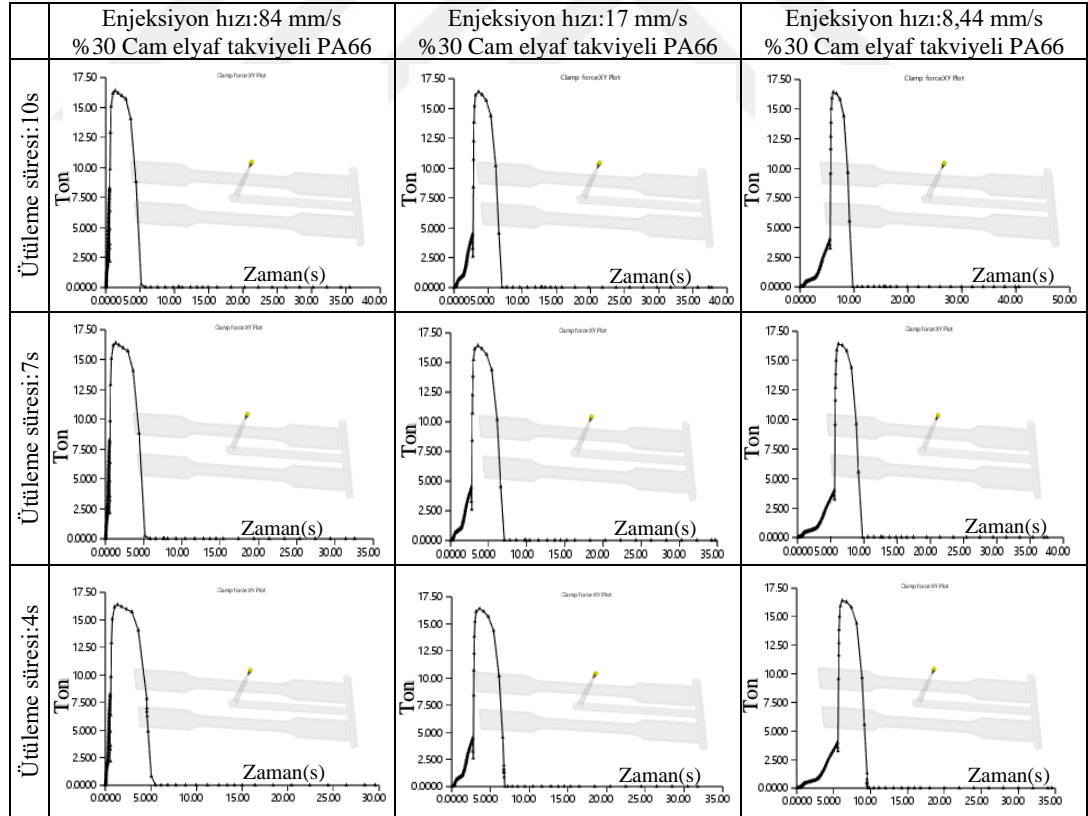
Tablo 3.4. Cam Elyaf Takviyeli PA66 için kayma gerilmesi sonucu



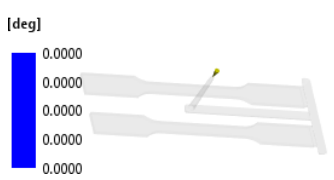
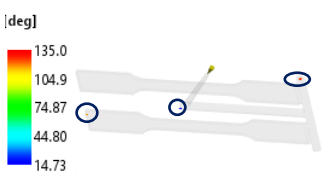
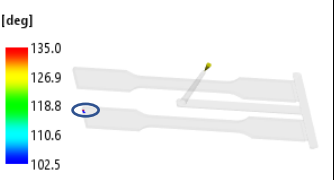
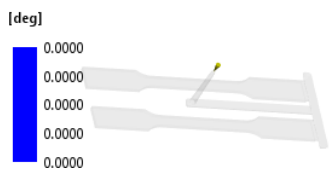
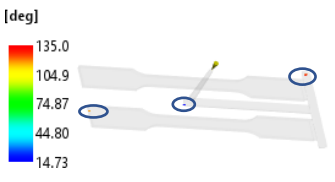
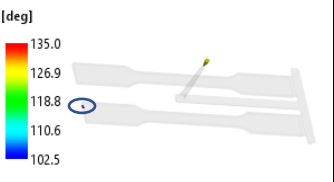

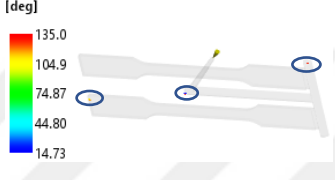
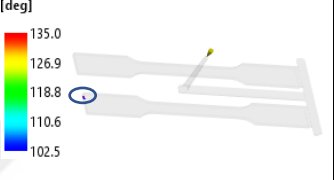
Tablo 3.5. Cam Elyaf Takviyeli PA66 için ortalama hacimsel çekme sonucu



Tablo 3.6. Cam Elyaf Takviyeli PA66 için kapama kuvveti sonucu



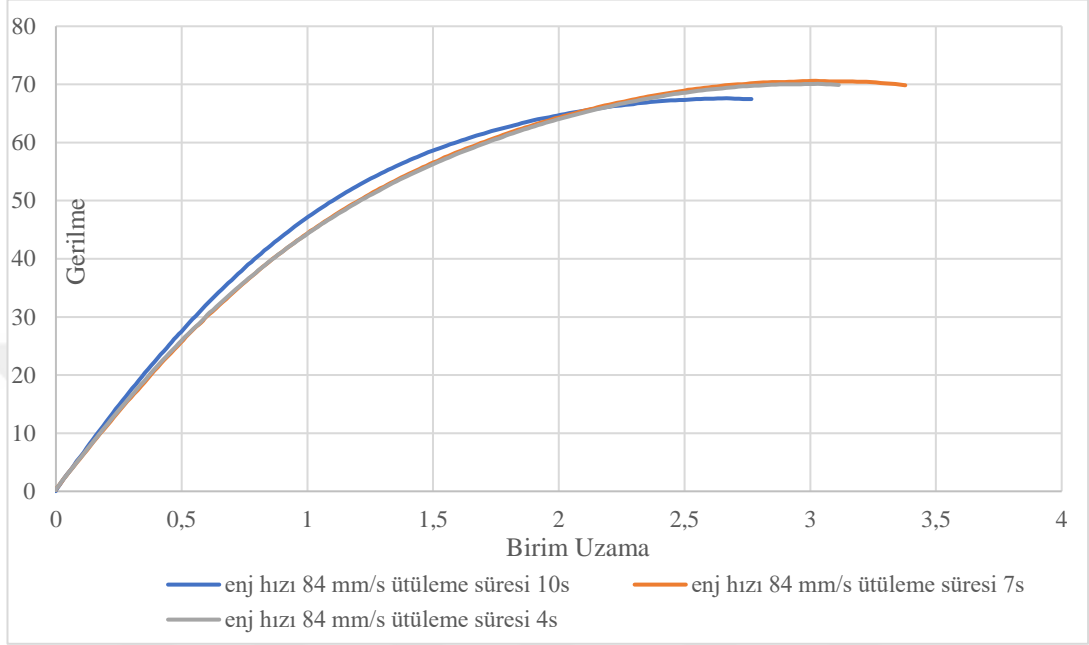
Tablo 3.7. Cam Elyaf Takviyeli PA66 için kaynak izleri sonucu

	Enjeksiyon hızı:84 mm/s %30 Cam elyaf takviyeli PA66	Enjeksiyon hızı:17 mm/s %30 Cam elyaf takviyeli PA66	Enjeksiyon hızı:8,44 mm/s %30 Cam elyaf takviyeli PA66
Ütülleme süresi:10s			
Ütülleme süresi:7s			
Ütülleme süresi:4s			

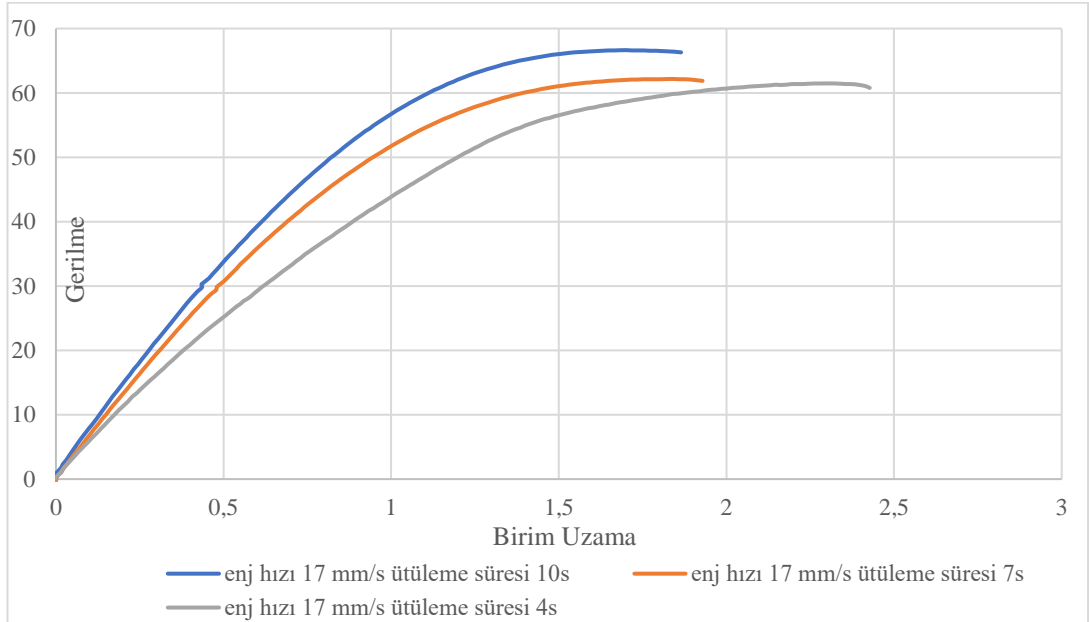
Enjeksiyon hızı ve ütülleme süresindeki değişikliğin enjeksiyon noktasındaki basınç, akışkan cephe sıcaklığı, kayma oranı, kayma gerilmesi ve kapama kuvveti sonuçları üzerindeki etkisi %30 cam elyaf takviyeli PA66 için kalıp sıcaklığının 50°C alınarak uygulandığı ilk çalışma ile benzerdir. Analiz sonuçları sırasıyla Tablo 3.1-3.6 arasında gösterilmiştir. Hacimsel çekme incelendiğinde, iki kalıp sıcaklığında da ütülleme süresi azaldıkça ortalama hacimsel çekmenin artması kalıp sıcaklığının 50°C alınarak uygulandığı ilk çalışma ile ortak sonuçlardır. Sonuçlarda görülen farklılık ise kalıp sıcaklığı 50°C’de ütülleme süresi 10s ve 7s’de enjeksiyon hızı 84 mm/s’den 17mm/s’ye ye indiğinde hacimsel çekme azalmış, 8,44 mm/s enjeksiyon hızında 17mm/s’nin üzerine çıkmıştır. 4s ütülleme süresinde ise enjeksiyon hızı azaldıkça ortalama hacimsel çekme azalmıştır. Kalıp sıcaklığı 70°C’de ise ortalama hacimsel çekme 3 ütülleme süresinde de enjeksiyon hızı azaldıkça azalmıştır. Ortalama hacimsel çekme analiz sonuçları Tablo 3.5’de verilmiştir. Diğer farklılık ise kaynak izlerinde görülmüştür. Kalıp sıcaklığı 50 °C iken 17 mm/s enjeksiyon hızında kaynak izi görülmezken 84 mm/s ve 8,44 mm/s enjeksiyon hızlarında kaynak izlerine rastlanılmıştır. Kalıp sıcaklığı 70°C olduğunda 84 mm/s enjeksiyon hızında kaynak izi görülmezken 17 mm/s ve 8,44 mm/s enjeksiyon hızlarında kaynak izleri görülmüştür. Bu sonuçta sıcaklık, basınç ve hız optimizasyonun önemini desteklemektedir. Kaynak izleri Tablo 3.7’de yuvarlak içine alınarak gösterilmiştir.

3.5. %30 Cam Elyaf Takviyeli PA66 için Deneysel Sonuçlar

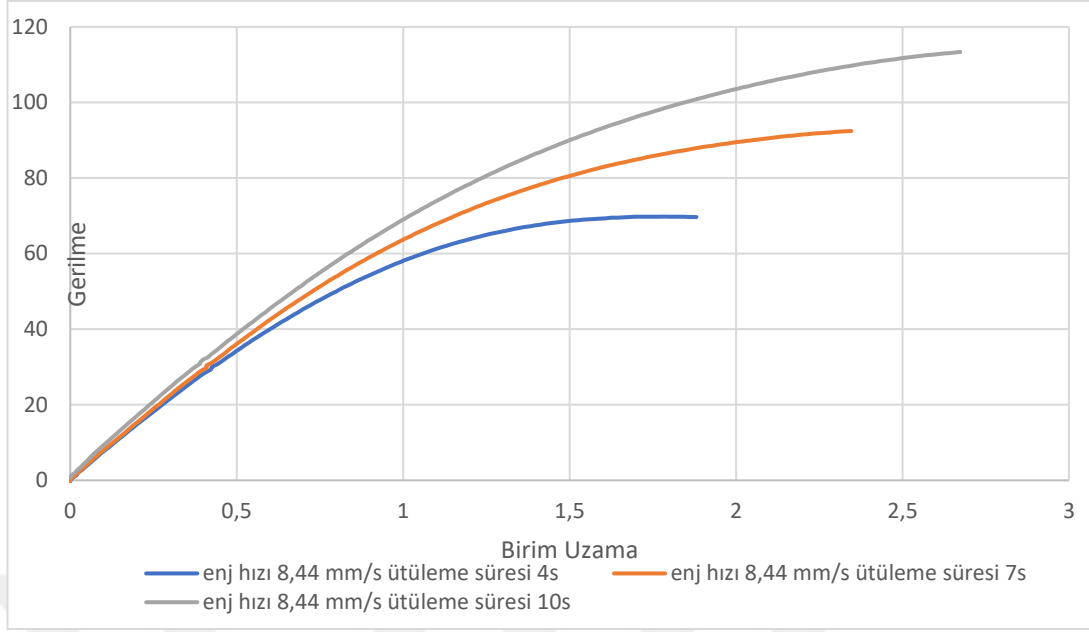
Cam elyaf takviyeli PA66 için çekme diyagramı 84 mm/s enjeksiyon hızı için Şekil 146'da 17 mm/s için Şekil 147'de 8,44 mm/s ise Şekil 148'de verilmiştir.



Şekil 3.146. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 84 mm/s enjeksiyon hızı çekme diyagramı

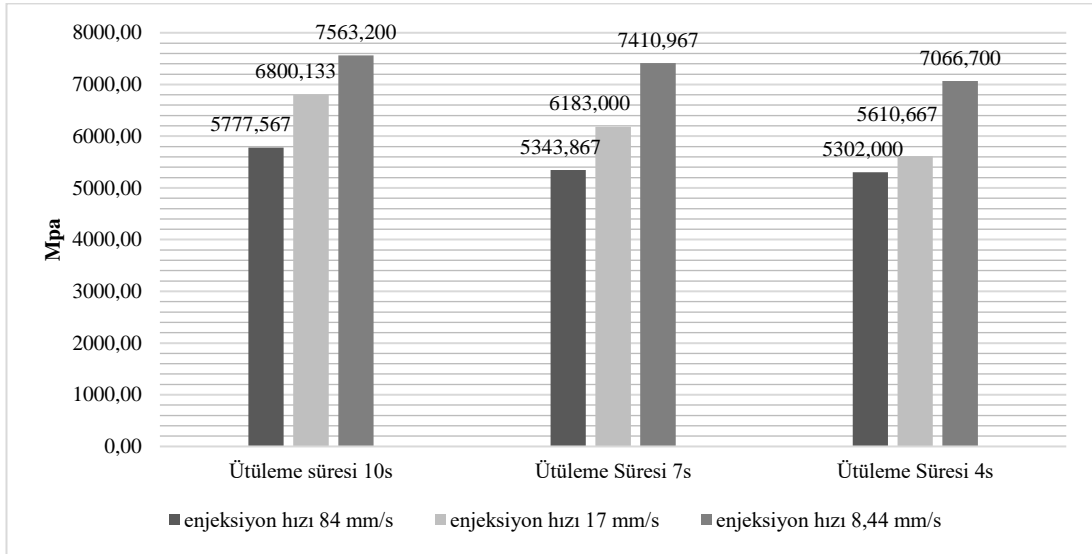


Şekil 3.147. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 17 mm/s enjeksiyon hızı çekme diyagramı



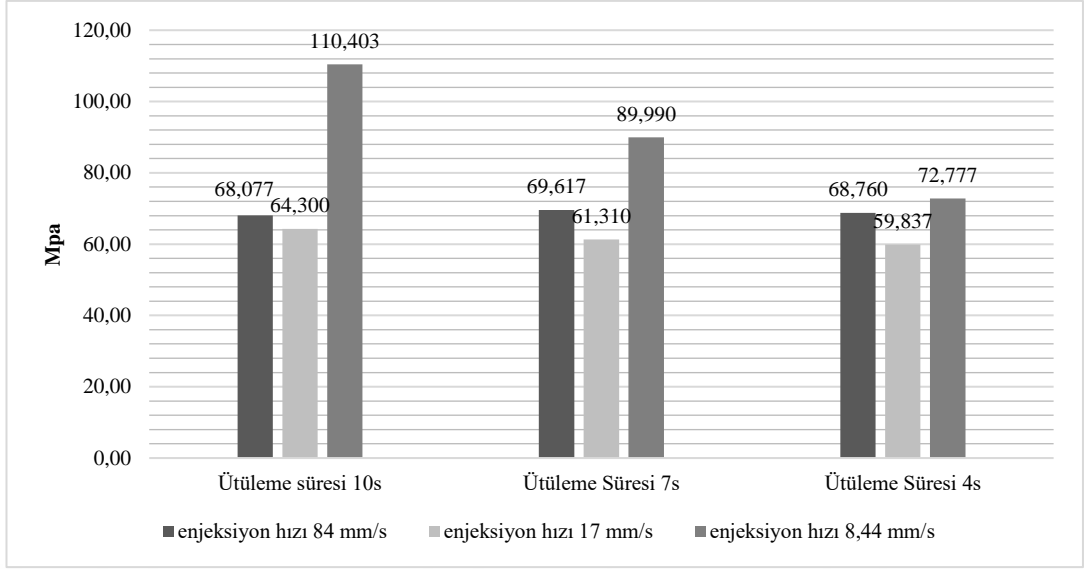
Şekil 3.148. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 8,44 mm/s enjeksiyon hızı çekme diyagramı

Şekil 3.149’da görüldüğü gibi elastisite modülü, enjeksiyon hızı azaldıkça yükselme göstermiştir. Ütüleme süresine bağlı incelendiğinde ütüleme süresi kısaldıkça azalmıştır.



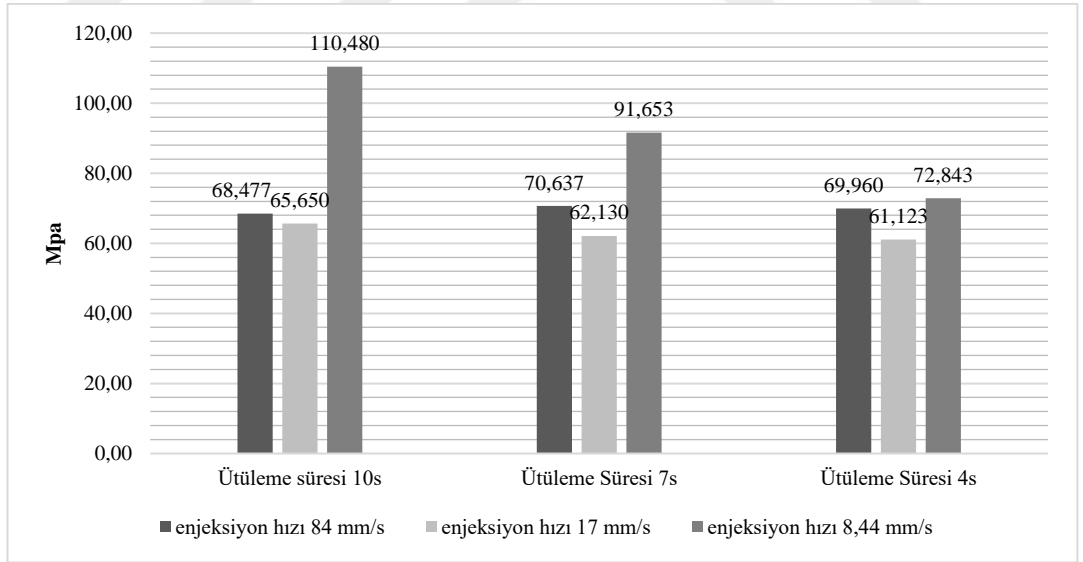
Şekil 3.149. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 elastisite modülü

Kopma gerilmesi Şekil 3.150 ‘de görüldüğü gibi en yüksek 8,44 mm/s enjeksiyon hızında, en düşük 17 mm/s enjeksiyon hızında görülmüştür. Ütüleme süresine göre incelendiğinde belirgin etki 8,44 mm/s enjeksiyon hızında görülmüştür. 8,44 mm/s enjeksiyon hızında ütüleme süresi azaldıkça kopma gerilmesi azalmıştır.



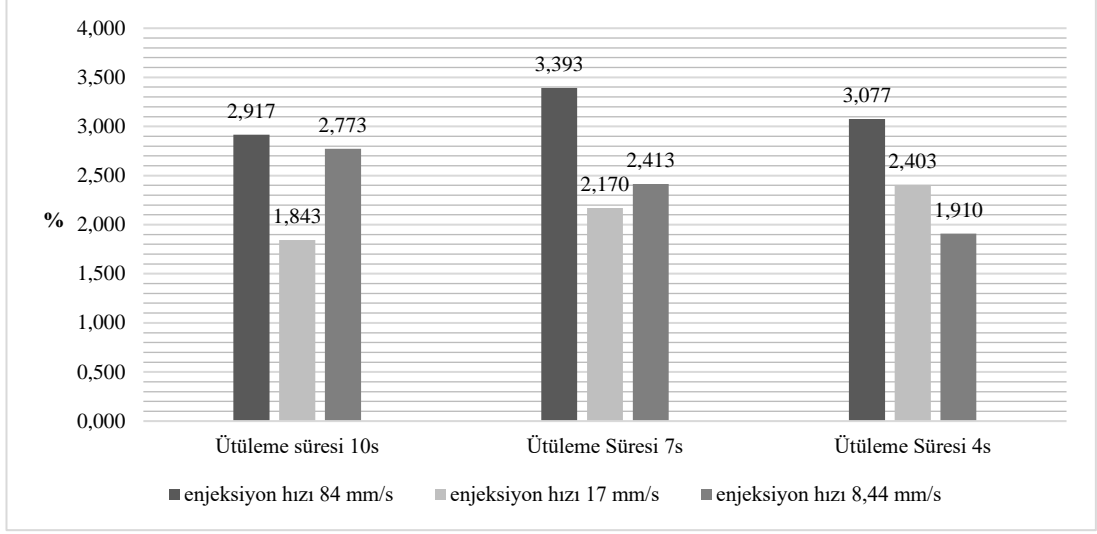
Şekil 3.150. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 kopma gerilmesi

Akma gerilmesi Şekil 3.151’de görüldüğü gibi en yüksek 8,44 mm/s enjeksiyon hızında, en düşük 17 mm/s enjeksiyon hızında görülmüştür. Ütuleme süresine göre incelendiğinde belirgin etki 8,44 mm/s enjeksiyon hızında görülmüştür. 8,44 mm/s enjeksiyon hızında ütuleme süresi azaldıkça kopma gerilmesi azalmıştır.



Şekil 3.151. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 akma gerilmesi

Kopma uzaması incelendiğinde yüksek enjeksiyon hızlarında enjeksiyon hızı ütuleme süresine göre daha etkin bir parametre olduğu için kopma uzamasında deneysel sonuçlarda düzensizlik görülmüştür. Sonuçlar Şekil 3.152’de verilmiştir.



Şekil 3.152. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 % kopma uzaması

3.6. %30 Cam Elyaf Takviyeli PA66 için Teorik Sonuçlar ile Deneysel Sonuçların Karşılaştırılması



Şekil 3.153. %30 Cam elyaf takviyeli PA66 yanık izleri

Analiz sonuçlarında, 84 mm/s enjeksiyon hızında dolun aşamasında sıcaklık maksimum eriyik sıcaklığı değerinin üstüne çıkmıştır. Baskı sonuçlarında Şekil 3.153'de görüldüğü gibi katkısız PA66 'da olduğu gibi %30 cam elyaf takviyeli PA66'da uç bölgelerinde yanık izleri görülmüştür.

%30 cam elyaf takviyeli PA66'da deneysel sonuçlarda belirgin fark akma gerilmesinde, kopma gerilmesinde ve kopma uzamasında görülmüştür.

17 mm/s enjeksiyon hızında test sonuçlarında akma gerilmesi ve kopma gerilmesi 84mm/s ve 8,44 mm/s enjeksiyon hızlarına göre düşük çıkmıştır. Kalıp sıcaklığının 70°C olduğu analiz sonuçlarında 84 mm/s enjeksiyon hızında kaynak izi görülmemiş, 8,44 mm/s ve 17 mm/s enjeksiyon hızlarında görülmüştür. 8,44 mm/s enjeksiyon

hızında kaynak izleri sadece bir noktada görülürken 17 mm/s enjeksiyon hızında 3 farklı noktada kaynak izlerine rastlanmıştır. Ayrıca kalıp sıcaklığının 50 °C olduğu analiz sonucunda ise 17 mm/s'de kaynak izleri görülmemiştir. Buna bağlı olarak 17 mm/s enjeksiyon hızında kalıp sıcaklığı 70°C 'de 8,44 mm/s ve 84 mm/s enjeksiyon hızlarına göre daha dengesiz bir akış olduğu ve bunun sıcaklık, basınç ve hız optimizasyonun 17 mm/s enjeksiyon hızı için sağlıklı olmamasından kaynaklandığı öngörülmüştür. Analiz sonucu ile test sonucu birbirini desteklemiştir. 8,44 mm/s enjeksiyon hızında akma ve kopma gerilmesinin 84 mm/s enjeksiyon hızının üstünde olması ise enjeksiyon hızı azaldığında akışın daha doğrusal bir yol izlemesi ve malzeme akışının homojenleşmesi olarak öngörülmüştür. 84 mm/s enjeksiyon hızında parçanın uç bölgelerinde yanık izleri görülmüştür. Yanmanın mekanik özelliklere etkisinin ne oranda olduğu farklı parametre değerleri seçilerek tekrar yapılacak farklı bir çalışmayla araştırılabilir.

Enjeksiyon hızı azaldıkça daha yüksek ütüleme süresine ihtiyaç duyulması 8,44 mm/s enjeksiyon hızında akma ve kopma gerilmesinde ütüleme süresinin etkisinin belirgin olarak görülmesine neden olmuştur.

Kopma uzaması incelendiğinde yüksek enjeksiyon hızlarında enjeksiyon hızı ütüleme süresine göre daha etkin bir parametre olduğu için kopma uzamasında deneysel sonuçlarda düzensizlik görülmüştür.

4. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Teorik sonuçlar;

Analiz sonuçlarına göre enjeksiyon noktasındaki basınç, akışkan cephe sıcaklığı, kayma oranı, kayma gerilmesi ve kaynak izleri enjeksiyon hızından etkilenmiştir.

Kapama kuvveti incelendiğinde enjeksiyon hızı enjeksiyon sırasında gerekli kapama kuvvetine etki etmiş ama maksimum kapama kuvvetine etki etmemiştir. Maksimum kapama kuvvetindeki farkın görülmemesinin nedeni tutma basıncıdır.

Enjeksiyon hızının artması enjeksiyon noktasındaki basınç, kayma oranı ve kayma gerilmesini arttırmıştır. Kayma oranı ve kayma gerilmesi 3 enjeksiyon hızında da 2 malzeme içinde sınırlar içinde kalmıştır. Enjeksiyon noktasındaki basıncın ve kapama kuvvetinin yüksek olması makine gereksinimlerini yukarı taşımakta ve enerji sarfiyatını arttırmaktadır.

Analiz sonuçlarında, 84 mm/s enjeksiyon hızında dolun aşamasında iki malzemede de sıcaklık maksimum eriyik sıcaklığı değerinin üstüne çıkmıştır. Baskı sonuçlarında iki parçanın da uç bölgelerinde yanık izleri görülmüştür. Dolun aşamasında iki malzemede de sıcaklığının maksimum eriyik sıcaklığı değerinin üstüne çıkması malzemenin yanmasına neden olmuştur.

Ortalama hacimsel çekme hem enjeksiyon hızından hem de ütüleme süresinden etkilenmiştir. İki malzeme içinde üç enjeksiyon hızında da ütüleme süresi azaldığında ortalama hacimsel çekme artmıştır. Guang-Hong ve Zhen-Shan 2010'da yapmış oldukları çalışmalarında da benzer sonucu elde etmişlerdir ve ütüleme süresi azaldığında çekmenin arttığını belirtmişlerdir.

Cam elyaf takviyesi test sonuçlarında görüldüğü gibi malzemenin rijitliğini arttırmıştır. Rijitliğin yükselmesi daha yüksek basınç gerektirmiştir. Buna bağlı olarak enjeksiyon noktasındaki basınç cam elyaf takviyeli PA66'da PA66'ya göre yüksek çıkmıştır.

Kayma oranı cam elyaf takviyeli PA66'da PA66'ya göre 84 mm/s ve 17 mm/s enjeksiyon hızlarında daha yüksekken 8,44 mm/s enjeksiyon hızında düşük kalmıştır. 8,44 mm/s hızında %30 cam elyaf takviyeli PA66'nın kalıp yüzeyine daha fazla tutunduğu ve daha yüksek basınca ihtiyaç duyduğu öngörülmüştür.

Kayma gerilmesi cam elyaf takviyeli PA66'da PA66'ya göre yüksektir. Cam elyaf takviyeli PA66'nın rijitliğinin yüksek olmasının eriyik hammaddenin ilerleyişi sırasında meydana getirdiği etki görülmüştür.

Cam elyaf takviyeli PA66'nın rijitliğinin PA66'ya göre yüksek olmasına bağlı olarak eriyik hammaddenin ilerleyişi sırasında meydana gelen iç sürtünmenin daha fazla olması akış boyunca %30 cam elyaf takviyeli PA66'da akışkan cephe sıcaklığı değerlerinin PA66'ya göre yüksek olmasına neden olmuştur.

%30 cam elyaf takviyeli PA66'da PA66'ya göre ortalama hacimsel çekme daha düşük çıkmıştır. Literatürde belirtildiği gibi kalıbın dolması sırasında serbest polimer molekül zincirleri akış yönünde uzar ve yönlendir. Elyaf katkılı malzemelerin çekmesi elyaf yönünde daha düşüktür. Analiz sonuçlarında da bunu görmekteyiz.

Analiz sonuçlarında kaynak izlerinin oluşumunda sıcaklık, basınç ve hız optimizasyonunun önemi ve bu optimizasyonun malzeme özellikleri dikkate alınarak yapılması gerektiği öngörülmüştür.

Deneysel sonuçlar;

Çekme deneyi sonuçlarında PA66 için belirgin farkı kopma gerilmesi ve kopma uzamasında görmekteyiz. Kopma gerilmesinde belirgin etki enjeksiyon hızındaki değişiminde, kopma uzamasında ise hem enjeksiyon hızı hem de ütüleme süresindeki değişimde görülmüştür.

BOCIAGA 2001'de yapmış olduğu çalışmasında olduğu gibi bizim çalışmamızda da kopma gerilmesi değerleri enjeksiyon hızı azaldığında artmıştır. Kopma gerilmesinin 17 mm/s enjeksiyon hızında 84 mm/s enjeksiyon hızına göre yüksek çıkması enjeksiyon hızı azaldığında akışın daha doğrusal bir yol izlemesi ve malzeme akışının homojenleşmesi olarak öngörülmüştür. 84 mm/s enjeksiyon hızında parçanın uç bölgelerinde yanık izleri görülmüştür. Yanmanın mekanik özelliklere etkisinin ne

oranda olduğu farklı parametre değerleri seçilerek tekrar yapılacak farklı bir çalışmayla araştırılabilir.

BOCIAGA 2001’de yapmış olduğu çalışmasına benzer olarak bizim çalışmamızda da kopma uzaması enjeksiyon hızı azaldığında azalma göstermiştir.

Ütüleme süresine göre incelediğimizde ütüleme süresi kısaldıķça kopma uzamasında azalma görölmüştür.

%30 cam elyaf takviyeli PA66’da deneysel sonuçlarda belirgin fark Akma gerilmesinde, kopma gerilmesinde ve kopma uzamasında görölmüştür.

17 mm/s enjeksiyon hızında test sonuçlarında akma gerilmesi ve kopma gerilmesi 84mm/s ve 8,44 mm/s enjeksiyon hızlarına göre düşük çıkmıştır. Analiz sonuçlarında iki farklı kalıp sıcaklığında kaynak izi oluşumu göz önüne alındığında 17 mm/s enjeksiyon hızında kalıp sıcaklığı 70°C ‘de 84 mm/s ve 8,44 mm/s enjeksiyon hızlarına göre daha dengesiz bir akış olduğu ve bunun sıcaklık, basınç ve hız optimizasyonunun 17 mm/s enjeksiyon hızı için sağlıklı olmamasından kaynaklandığı öngörölmüştür. Analiz sonucu ile test sonucu birbirini desteklemiştir.

8,44 mm/s enjeksiyon hızında akma ve kopma gerilmesinin 84 mm/s enjeksiyon hızının üstünde olması ise enjeksiyon hızı azaldığında akışın daha doğrusal bir yol izlemesi ve malzeme akışının homojenleşmesi olarak öngörölmüştür. 84 mm/s enjeksiyon hızında parçanın uç bölgelerinde yanık izleri görölmüştür. Yanmanın mekanik özelliklere etkisinin ne oranda olduğu farklı parametre değerleri seçilerek tekrar yapılacak farklı bir çalışmayla araştırılabilir.

Enjeksiyon hızı azaldıkça daha yüksek ütüleme süresine ihtiyaç duyulması 8,44 mm/s enjeksiyon hızında akma ve kopma gerilmesinde ütüleme süresinin etkisinin belirgin olarak görölmesine neden olmuştur.

Kopma uzaması incelendiğinde yüksek enjeksiyon hızlarında enjeksiyon hızı ütüleme süresine göre daha etkin bir parametre olduğu için kopma uzamasında deneysel sonuçlarda düzensizlik görölmüştür.

Bütün değerlendirmeleri göz önüne aldığımızda analiz sonuçlarıyla test sonuçları birbirini desteklemiştir. Akış analizi programları kalıp tasarımı ve parçanın üretimine

geçilmeden önce optimum çalışma şartlarının belirlenmesinde büyük öneme sahiptir. Böylece zamandan ve fazla malzeme israfından büyük oranda tasarruf edilebilmektedir. İleriki çalışmalarda farklı yolluk tiplerinin mekanik özelliklere etkisi ve katılma süresinin mekanik özelliklere etkisi konuları detaylı bir şekilde ele alınabilir.



KAYNAKLAR

- [1] Huo S.W., Xu G.C. ve Zhao F.Q., Design of Injection Mold for Support Bar Based on CAD/CAE, Editors: Pandey K.M., Mustapha F., *Mechanical, Control, Electric, Mechatronics, Information and Computer*, First Edition, Destech Publications, Pennsylvania, 109-114, 2016.
- [2] Yılmazçoban İ.K., Plastik Enjeksiyon Kalıplarında Bilgisayar Destekli Malzeme Akış Analizleri ve Kavite Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2003,136340.
- [3] Topçu E., Bilgisayar Destekli Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 2010.
- [4] Koçak M., Abalı B.E., Plastik Enjeksiyon Kalıbı Tasarımı, Bitirme Tasarım Projesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2005-2006.
- [5] Paksoy Ö., Plastik Enjeksiyon Prosesinde Elyaf Yönlenmesinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008,223984.
- [6] Doç. Dr. Evcin A., Polimer Malzemeler, <http://blog.aku.edu.tr/evcin/files/2017/05/10-polimer-uygulamaları-elastomerler.pdf>, (Ziyaret tarihi:25 Mayıs 2020).
- [7] Yaşar H., *Plastikler Dünyası*, 2.Baskı, Özkan Matbaacılık Ltd. Şti., Ankara, 2001.
- [8] Bilge K., Plastik Enjeksiyon Kalıplarının Tasarım Bakımından İncelenmesi ve Örnek Bir Kalıp Tasarımının Bilgisayar Destekli Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2005,166144.
- [9] <https://www.plastikciyiz.biz/profil-detay/5289>, (Ziyaret tarihi:6 Kasım 2019).
- [10] Köse E., Plastik Enjeksiyonda Proses ve Kalıp Kaynaklı Sorunların Giderilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006,221957.
- [11] Milli Eğitim Bakanlığı, Plastik Teknolojisi, <https://docplayer.biz.tr/23376073-T-c-milli-egitim-bakanligi-plastik-teknolojisi-enjeksiyon-makine-ayarlari.html>,(Ziyaret Tarihi: 22 Ocak 2020).

- [12] Kamber Ö.Ş., Plastik Enjeksiyon Kalıplarında Basınç ve Sıcaklık Parametrelerinden Ürün Kalitesine Etkileri ve Taguchi Yöntemi ile Optimizasyonu, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008,178882.
- [13] Kafalı M.S., Bilgisayar Destekli Plastik Enjeksiyon Kalıbı Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 2011,317997.
- [14] Kucur M.Z, Plastik Enjeksiyon Kalıbı Esasları Tasarım-İmalat ve Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2005,166556.
- [15] İçer E., Bilgisayar Destekli Plastik Enjeksiyon Kalıbı Tasarımı ve Tasarım Esaslarına Göre İmalatı, Yüksek Lisans Tezi, Yalova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yalova, 2014,374739.
- [16] Kağıtçı Y.Ç., Bilgisayar Destekli Tasarlanmış Cam Takviyeli Polimer Kompozit Bir Parçada Akışa Bağlı Kaynak Yeri Probleminin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2006,183176.
- [17] Ozansoy O., Buzdolaplarında Yeni Bir Uygulama “Kapı İçi Kapı” Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2005,166762.
- [18] Buldu L., Enjeksiyon Parametrelerinin Bazı Mühendislik Plastiklerinin Akış Uzunluğuna Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2007,212845.
- [19] Moayyedean M., Intelligent Optimization of Mold Design and Process Parameters in Injection Molding, Doctoral Thesis, University of South Australia, Australia,2017.
- [20] Ekici E., Pazarkaya İ., Nas E., *Plastik Enjeksiyon Kalıpcılığı*, 2.Baskı, Seçkin Yayıncılık, Ankara,2016.
- [21] Öztop Ü., Plastik Enjeksiyon Kalıp Parametrelerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2003,136159.
- [22] Pınar E., Plastik Enjeksiyon Yöntemiyle İmalatta Hataların Tespiti ve Proses Şartlarının Optimizasyon Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2010,292239.
- [23] Shoemaker J., *Moldflow Design Guide*, First Edition, Hanser Publications, Germany, 2006.
- [24] Koyun Ç., Bilgisayar Destekli Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarımı ve Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2005,198870.

- [25] Çelikkol E., Plastik Hata Analizi ve Çözümleri, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008,243629.
- [26] İbişoğlu F., Kamaş i., Karşlıoğlu T., Plastik Parça Üretimi Sonrasında Görülen Et Kalınlık Problemlerinin Soğutma Prosesine Etkisi, 7. *Otomotiv Teknolojileri Kongresi*, Bursa, Türkiye, 26-27 Mayıs 2014.
- [27] Erdemir O., Plastik Enjeksiyon Kalıplarının Bilgisayar Destekli Tasarlanması, Örnek Modeller Üzerinde Optimum Yolluk ve Soğutma Sistemlerinin Uygulama Esasları, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 2007,177681.
- [28] Gönüllüeroğlu T., Buzdolabı Kapı Profil Parçasının Plastik Enjeksiyon Prosesi Sonrası Çarpılma Analizi, Teorik ve Deneysel Sonuçların Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2015,422100.
- [29] Demirer A., Deniz S., Enjeksiyonda Kalıplanmış PP ve PP Kompozitin Birleşme İzi Özelliklerinin İncelenmesi, *e-Journal of New World Sciences Academy*, 2011, 6(4), 1556-1564.
- [30] Demirer A., Çakırgil E., Çoban A., Durat M., PP ve YYPE Malzemelerin Enjeksiyon Kalıplarında Üretilmesinde Soğutma Sisteminin Parça Kalitesine Etkisi, 5. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, Karabük, Türkiye, 13-15 Mayıs 2009.
- [31] Wang J., Structure Optimization of Plastic Part Based on Moldflow, *AASRI International Conference on Industrial Electronics and Applications*, Londra, İngiltere,27-28 Haziran 2015.
- [32] Vashisht R., Kapila A., Analyzing Effect of Different Gates on Component and Molding Parameters, *International Journal of Current Engineering and Technology*, 2014, 4(4), 2352-2359.
- [33] Guang-hong H., Zhen-shan C., Effect of Packing Parameters and Gate Size on Shrinkage of Aspheric Lens Parts, *J. Shanghai Jiaotong Univ. (Sci.)*, 2010,15(1),84-87.
- [34] Yakut M.Z., Plastik Enjeksiyon Kalıplama ile Bir Bardağın Dolu Analizi, *SDU International Journal of Technologic Sciences*, 2014, 6(1), 57-66.
- [35] Rambhau I.A., Ashwinkumar J.S., Rajendra J.P., Narayan K.N., Patil B.D., Design and Analysis of Cover Handle Bar Top (Injection moulding process), *International Journal of Current Engineering and Technology*, 2016,4(Özel Sayı), 291-295.
- [36] Hüner Ü., Erdoğan E.S., Cam Elyaf Takviyeli Polipropilen Kompozit Malzemelerin Üretim ve Bilgisayar Ortamında Kalıplama ve Takviye Malzemesine Bağlı Parametrelerinin Karşılaştırılması, *13th International Materials Symposium (IMSP'2010)*, Denizli, Türkiye, 13-15 Ekim 2010.

- [37] Uluer O., Enjeksiyonla Kalıplamada İşleme Parametrelerinin Katılmış Katman Oluşumuna Etkisi, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 2008, **23**(1), 249-255.
- [38] Sun B., Jiang C., Wang H., Optimization Design of Injection Mold for Rolling Comb Based on Mold Flow, *2017 2nd International Conference on Manufacturing Science and Information Engineering (ICMSIE 2017)*, Guangzhou, Çin, 2-3 Aralık 2017.
- [39] Kocabaş G.B., Cam Elyaf Takviyeli PA 6.6 nın Enjeksiyon Prosesinin Simülasyon Yoluyla Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Hitit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çorum, 2014,387599.
- [40] Erkan Ö., Kavak Y., *Autodek Moldflow Ultimate 2014 ile Plastik Analizleri*, Birinci Baskı, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2014.
- [41] <https://www.autodesk.com/products/moldflow/overview>, (Ziyaret tarihi:04 Kasım 2019).
- [42] Şahin T., Çevresel faktörler ve soğuk çekmenin polistiren malzemede mekanik ve ısıl özelliklere etkileri, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2004,155086.
- [43] Bociğa E., Effect of Mould Temperature and Injection Speed on Selected Properties of Polyethylene Mouldings, *International Polymer Science and Technology*, 2001, **28**(6), 96-102.

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

- [1] **Cemaloğullarından C.**, Şahin T., Farklı Üretim Parametreleri için Plastik Enjeksiyon Parçasında Kalıplanabilirlik Analizi, *International Conference on Material Science and Technology (IMSTEC 2019)*, Kızılcahamam/Ankara-Türkiye,18-19-20 Ekim 2019.



ÖZGEÇMİŞ

Cansu Cemaloğullarından, ilkokul ve ortaokulu Pendik Merkez İlköğretim okulunda, liseyi Pendik Fatih Anadolu lisesinde bitirdi. Lisans eğitimini Karabük Üniversitesinde tamamladı. 2016 yılında Kocaeli Üniversitesinde Makine Mühendisliği yüksek lisans eğitimine başladı. Bilsa Savunma Teknolojileri şirketinde üretim mühendisi olarak çalıştı.

