

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAPIŞTIRMALI VE KAYNAKLI
BAĞLANTILARIN DENEYSEL VE NÜMERİK
OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI

Mehmet UÇAR

Temmuz, 2013

İZMİR

**YAPIŞTIRMALI VE KAYNAKLI
BAĞLANTILARIN DENEYSEL VE NÜMERİK
OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Konstrüksiyon-İmalat
Programı**

Mehmet UÇAR

Temmuz, 2013

İZMİR

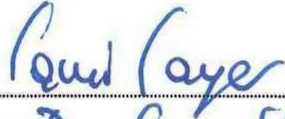
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

MEHMET UÇAR, tarafından DOÇ. DR. ÇİÇEK ÖZES yönetiminde hazırlanan “YAPIŞTIRMALI VE KAYNAKLI BAĞLANTILARIN DENEYSEL VE NÜMERİK OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



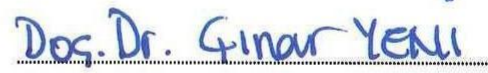
Doç. Dr. Çiçek ÖZES

Yönetici




Doç. Dr. Semra SAYER

Jüri Üyesi



Jüri Üyesi



Prof. Dr. Ayşe OKUR

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın tamamlanması sırasında benden yardımlarını esirgemeyen, bilgi ve deneyimleri ile bana yol gösteren danıőmanın Doç. Dr. iek Özes'e teőekkőrlerimi sunmayı borç bilirim.

Ayrıca deney numunelerinin üretilmesi ve kaynak işleminin uygulanması sırasında benden desteklerini esirgemeyen Ege Őniversitesi Meslek Yüksek Okulu Őğretim Gőrevlisi Doç. Dr. Sami Sayer'e teőekkőrlerimi sunarım.

Son olarak ise bu çalışma boyunca ve hayatımın her aşamasında bana destek olup, her koőulda arkamda durarak beni cesaretlendiren anneme, babama ve kardeőime ve sevgili arkadaőım Eda Kőven'e sonsuz teőekkőr ederim.

Mehmet UÇAR

YAPIŞTIRMALI VE KAYNAKLI BAĞLANTILARIN DENEYSSEL VE NÜMERİK OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZ

Bu çalışmada yapıŐtirmalı ve kaynaklı bağlantıların deneysel ve nümerik olarak karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu karşılaŐtırmayı yaparken iki polimer türü kullanılmış ve bu polimerlerin hem birbirleriyle hem de kendi aralarında yapmış oldukları yapıştırma ve kaynaklı bağlantılarının incelenmesi hedeflenmiŐtir.

İlk olarak projede kullanılmak üzere plastik enjeksiyon yöntemiyle polimer malzemeler üretilmiştir. Daha sonra bu malzemeler uygun ölçülere getirilmek üzere talaşlı işleme sokulmuŐtur. Uygun ölçülere getirilen malzemeler sıcak plaka kaynağı ve çözücüyle yapıştırma yöntemleri kullanılarak birleştirilmiştir. Birleştirilen malzemeler ise birleşme mukavemetleri ölçülmek üzere çekme testine tabi tutulmuştur.

Sıcak plaka kaynağı yönteminde yapılacak deney sayılarının çokluğundan dolayı Taguchi deneysel metodu kullanılmıştır. Taguchi metoduna göre yapılan deneylerin sonuçları Minitab 16 programı ile analiz edilmiş, optimum sonuçlar ve parametrelerin etki dereceleri ortaya çıkarılmıştır. ABS-ABS kaynaklı bağlantısı için en etkili parametre sıcaklık, SAN-SAN ve ABS-SAN kaynaklı bağlantısı için en etkili parametre kaynak mesafesidir.

Nümerik alıŐmalar kısmında ise sonlu elemanlar programı olan ANSYS yazılımı kullanılmış ve hem yapıŐtirmalı hem de kaynaklı bağlantı tipi için dayanım sonuçları bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Polimerler, sıcak plaka kaynağı, çözücüyle yapıştırma , Taguchi metodu, Ansys, Minitab.

EXPERIMENTAL AND NUMERICAL COMPARISONS OF BONDED AND WELDED JOINTS

ABSTRACT

In this study, we aimed to compare bonded and welded joints with experimental and numerical studies. We used two polymers during this study. It was aimed that to investigate bonded and welded joints of these polymers with each other and mutually.

Firstly, we produced polymer materials with plastic injection to use in this project. After that, materials was machined to get suitable dimensions. The materials which were machined, were joined by using heated tool welding and solvent bonding. The materials which were joined, were subjected to tension test for measuring of their strength.

Taguchi method was used for muchness of experiment numbers in heated tool welding. The experiment results which were making with Taguchi method, were analyzed with Minitab 16 software. After that, optimum welding parameters and impact ratios of parameters were revealed. The most effective parameter of ABS-ABS welded joints is temperature, the most effective parameter of SAN-SAN and ABS-SAN welded joint is welding distance.

In the numerical studies, we used finite element analysis program(ANSYS) to obtain strength results of both bonding and welded joints.

Keywords: Polymers, heated tool welding, solvent bonding, Taguchi method, Ansys, Minitab.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xii
BÖLÜM BİR-GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Çalışması	1
BÖLÜM İKİ-POLİMER MALZEMELER VE PLASTİK ENJEKSİYON YÖNTEMİ	4
2.1 Polimer Malzemeler	4
2.1.1 Elastomerler.....	5
2.1.2 Termoset Polimerler	5
2.1.3 Termoplastik Polimerler	5
2.1.3.1 Akrilonitril Bütadien Stiren (ABS).....	6
2.1.3.1.1 ABS Polimerin Özellikleri.	8
2.1.3.1.2 ABS Polimerin Kullanım Alanları.	9
2.1.3.1.3 ABS Polimerin Avantaj ve Dezavantajları.....	10
2.1.3.2 Stiren Akrilonitril (SAN)	10
2.1.3.2.1 SAN Polimerinin Avantaj ve Dezavantajları.	11
2.2 Plastik Enjeksiyon Yöntemi	12
2.3 Plastik Enjeksiyon Makinesi ve Parça İmalatı	12

2.3.1 Parça İmalat Süreci	13
2.3.2 Plastik Enjeksiyon Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları.....	15

BÖLÜM ÜÇ-POLİMERLERİN KAYNAKLI BAĞLANTILARI 16

3.1 Polimerlerin Kaynağı	16
3.2 Plastiklerin Kaynağının Tarihsel Gelişimi	17
3.3 Sıcak Plaka Kaynağı.....	17
3.3.1 Uygulanma Metodu	18
3.3.2 Avantajları ve Dezavantajları	21
3.3.3 Sıcak Plaka Kaynağı Uygulamaları	22
3.3.4 Sıcak Plaka Kaynağı ile Kaynatılabilen Malzemeler	23
3.3.5 Sıcak Plaka Kaynağı Makinesi	23
3.3.6 Sıcak Plaka Kaynak Parametreleri.....	25

BÖLÜM DÖRT-POLİMERLERİN YAPIŞTIRMALI BAĞLANTILARI..... 26

4.1 Polimerlerin Çözücü Yardımıyla Yapıştırılması	26
4.2 Çözücüyle Yapıştırma Tekniğinin Alt Yapısı	26
4.2.1 Çözünürlük Parametresi.....	27
4.3 Çözücüyle Yapıştırma İşlemini Etkileyen Faktörler	29
4.3.1 Çözünürlüğün Yapıştırma İşlemine Etkileri	29
4.3.2 Gerilim Çatlaması Olayı	30
4.4 Çözücüyle Yapıştırma İşleminin Kendine Özgü Durumları	30
4.5 Çözücüyle Yapıştırma İşleminin Uygulanma Yöntemleri	31
4.5.1 Kapiler yöntemi	32
4.5.2 Daldırma Yöntemi	32
4.6 Birleştirme Tipleri	32
4.7 Yapıştırma Parametreleri.....	33
4.8 Bazı Polimerler İçin Uygun Çözücüler	34
4.8.1 Akrilonitril Bütadien Stiren(ABS).....	34
4.8.2 Stiren Akrilonitril(SAN).....	34

BÖLÜM BEŞ-PARÇA ÜRETİMİ VE DENEY AŞAMALARI 35

5.1 Plastik Enjeksiyon Yöntemiyle Parça Üretimi.....	35
5.2 Kaynaklı Bağlantılar.....	37
5.2.1 Sıcak Plaka Kaynağı Uygulanarak Parçaların Kaynatılması.....	37
5.2.2 Taguchi Deney Metodu ile Deney Yönteminin Tasarlanması	40
5.2.2.1 Taguchi Deney Tasarımı Aşamaları	41
5.2.3 Çekme Testi	41
5.2.3.1 ABS-ABS Çekme Deneyi Sonuçları	43
5.2.3.2 SAN-SAN Çekme Deneyi Sonuçları	47
5.2.3.3 ABS-SAN Çekme Deneyi Sonuçları	51
5.2.3.4 ABS ve SAN Malzemelerin Çekme Numunelerine Ait Çekme Deneyi Sonuçları.....	55
5.2.4 Taguchi Metoduyla Optimum Kaynak Parametrelerinin Elde Edilişi.....	56
5.2.4.1 ABS-ABS Kaynaklı Malzemelerin Kaynak Parametrelerinin Optimizasyonu	56
5.2.4.2 SAN-SAN Kaynaklı Malzemelerin Kaynak Parametrelerinin Optimizasyonu	61
5.2.4.3 ABS-SAN Kaynaklı Malzemelerin Kaynak Parametrelerinin Optimizasyonu	65
5.3 Yapıştırılmalı Bağlantılar	70

BÖLÜM ALTI-NÜMERİK ANALİZ 74

6.1 Kaynaklı Bağlantıların Nümerik Analizi	74
6.2 Yapıştırma Bağlantıların Nümerik Analizi	75

BÖLÜM YEDİ-SONUÇ 77

KAYNAKLAR 81

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 ABS polimerini oluşturan monomerler.....	7
Şekil 2.2 ABS malzeme üretim prosesi.....	7
Şekil 2.3 ABS monomerleri ve fonksiyonları(Margolis, 2005).....	8
Şekil 2.4 ABS polimeri hammaddesi	9
Şekil 2.5 SAN polimeri hammaddesi.....	11
Şekil 2.6 Plastik enjeksiyon makinesi genel görünüşü	13
Şekil 2.7 Plastik enjeksiyon işlemi.....	14
Şekil 3.1 Polimer kaynak prosesi	17
Şekil 3.2 Sıcak plaka kaynağının 4 fazını gösteren basınç-zaman grafiği.....	19
Şekil 3.3 Sıcak plaka makinesi çalışma prensibi	21
Şekil 3.4 Sıcak plaka kaynak makinesi	24
Şekil 4.1 Birleştirme tipleri	33
Şekil 5.1 Parça üretimi yapılan plastik enjeksiyon makinesinin genel görünüşü	36
Şekil 5.2 Enjeksiyon işleminin başlangıcı(kalıp kapalı pozisyonda).....	36
Şekil 5.3 Parçanın soğuması sonrasında kalıbın ayrılması	37
Şekil 5.4 Sıcak plaka kaynağı basınç zaman grafiği	39
Şekil 5.5 Sıcak plaka kaynak makinesi çalışma prensibi.....	39
Şekil 5.6 Çekme cihazı.....	42
Şekil 5.7 ABS-ABS 1. deney seti gerilme-uzama grafiği.....	44
Şekil 5.8 ABS-ABS 2. deney seti gerilme-uzama grafiği.....	44
Şekil 5.9 ABS-ABS 3. deney seti gerilme-uzama grafiği.....	44
Şekil 5.10 ABS-ABS 4. deney seti gerilme-uzama grafiği.....	45
Şekil 5.11 ABS-ABS 5. deney seti gerilme-uzama grafiği.....	45
Şekil 5.12 ABS-ABS 6. deney seti gerilme-uzama grafiği.....	45
Şekil 5.13 ABS-ABS 7. deney seti gerilme-uzama grafiği.....	46
Şekil 5.14 ABS-ABS 8. deney seti gerilme-uzama grafiği.....	46

Şekil 5.15 ABS-ABS 9. deney seti gerilme-uzama grafiği	46
Şekil 5.16 SAN-SAN 1. deney seti gerilme-uzama grafiği	48
Şekil 5.17 SAN-SAN 2. deney seti gerilme-uzama grafiği	48
Şekil 5.18 SAN-SAN 3. deney seti gerilme-uzama grafiği	48
Şekil 5.19 SAN-SAN 4. deney seti gerilme-uzama grafiği	49
Şekil 5.20 SAN-SAN 5. deney seti gerilme-uzama grafiği	49
Şekil 5.21 SAN-SAN 6. deney seti gerilme-uzama grafiği	49
Şekil 5.22 SAN-SAN 7. deney seti gerilme-uzama grafiği	50
Şekil 5.23 SAN-SAN 8. deney seti gerilme-uzama grafiği	50
Şekil 5.24 SAN-SAN 9. deney seti gerilme-uzama grafiği	50
Şekil 5.25 ABS-SAN 1. deney seti gerilme-uzama grafiği.....	52
Şekil 5.26 ABS-SAN 2. deney seti gerilme-uzama grafiği.....	52
Şekil 5.27 ABS-SAN 3. deney seti gerilme-uzama grafiği.....	52
Şekil 5.28 ABS-SAN 4. deney seti gerilme-uzama grafiği.....	53
Şekil 5.29 ABS-SAN 5. deney seti gerilme-uzama grafiği.....	53
Şekil 5.30 ABS-SAN 6. deney seti gerilme-uzama grafiği.....	53
Şekil 5.31 ABS-SAN 7. deney seti gerilme-uzama grafiği.....	54
Şekil 5.32 ABS-SAN 8. deney seti gerilme-uzama grafiği.....	54
Şekil 5.33 ABS-SAN 9. deney seti gerilme-uzama grafiği.....	54
Şekil 5.34 ABS ve SAN çekme numunesi	55
Şekil 5.35 SAN çekme numunesi gerilme-uzama grafiği.....	55
Şekil 5.36 ABS çekme numunesi gerilme-uzama grafiği	56
Şekil 5.37 ABS-ABS deney sonuçlarının Minitab çıktıları	57
Şekil 5.38 Minitab Taguchi analiz dizayn opsiyonu(ABS-ABS)	57
Şekil 5.39 S/N oranı ve ortalama değerler için Taguchi analizi yanıt tablosu(ABS-ABS).....	58
Şekil 5.40 Deney çıktılarına göre oluşturulan değişken analizi sonuçları(ABS-ABS)	59
Şekil 5.41 Parametrelere ait ortalama değerler grafiği(ABS-ABS).....	59
Şekil 5.42 Parametrelere ait S/N oranı grafiği(ABS-ABS).....	60

Şekil 5.43 Optimum parametreler sonucu tahmini kaynak mukavemeti değerleri(ABS-ABS).....	60
Şekil 5.44 SAN-SAN deney sonuçlarının Minitab çıktıları.....	61
Şekil 5.45 Minitab Taguchi analiz dizayn opsiyonu(SAN-SAN).....	62
Şekil 5.46 S/N oranı ve ortalama değerler için Taguchi analizi yanıt tablosu(SAN-SAN)	62
Şekil 5.47 Deney çıktılarına göre oluşturulan değişken analizi sonuçları(SAN-SAN)	63
Şekil 5.48 Parametrelere ait ortalama değerler grafiği(SAN-SAN).....	64
Şekil 5.49 Parametrelere ait S/N oranı grafiği(SAN-SAN)	64
Şekil 5.50 Optimum parametreler sonucu tahmini kaynak mukavemeti değerleri(SAN-SAN).....	65
Şekil 5.51 ABS-SAN deney sonuçlarının Minitab çıktıları.....	66
Şekil 5.52 Minitab Taguchi analiz dizayn opsiyonu(ABS-SAN)	66
Şekil 5.53 S/N oranı ve ortalama değerler için Taguchi analizi yanıt tablosu(ABS-SAN)	67
Şekil 5.54 Deney çıktılarına göre oluşturulan değişken analizi sonuçları(ABS-SAN)	68
Şekil 5.55 Parametrelere ait ortalama değerler grafiği(ABS-SAN).....	68
Şekil 5.56 Parametrelere ait S/N oranı grafiği(ABS-SAN)	69
Şekil 5.57 Optimum parametreler sonucu tahmini kaynak mukavemeti değerleri(ABS-SAN).....	69
Şekil 5.58 ABS-ABS, SAN-SAN, ABS-SAN bindirme tipi yapıştırma numuneleri	70
Şekil 5.59 Yapıştırma numunesi ölçüleri.....	71
Şekil 5.60 ABS-SAN çekme testi sonuçları.....	71
Şekil 5.61 ABS-ABS çekme testi sonuçları.....	72
Şekil 5.62 SAN-SAN çekme testi sonuçları	72
Şekil 5.63 ABS-ABS, SAN-SAN, ABS-SAN bindirme tipi yapıştırma numunelerinin çekme testi sonrası görünüşleri.....	73
Şekil 6.1 Kaynaklı bağlantı sonlu elemanlar modeli ve sınır şartları	74
Şekil 6.2 Çekme doğrultusunda gerilme dağılımı.....	75

Şekil 6.3 Yapıştırılmalı bağlantı sonlu elemanlar modeli ve sınır şartları	75
Şekil 6.4 Yapıştırılmalı bağlantı sonlu elemanlar analizi sonuçları.....	76

TABLULAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4.1 Çözücüler için Hildebrand çözünürlük parametreleri (Ebnesajjad, 2008)	28
Tablo 4.2 Polimerler için Hildebrand çözünürlük parametreleri (Ebnesajjad, 2008)	29
Tablo 5.1 Sıcak plaka kaynak parametreleri	38
Tablo 5.2 Taguchi deneysel metodu L9 matrisi	41
Tablo 5.3 ABS-ABS polimeri için Taguchi deney tasarımı	43
Tablo 5.4 SAN-SAN polimeri için Taguchi deney tasarımı	47
Tablo 5.5 ABS-SAN polimeri için Taguchi deney tasarımı	51
Tablo 5.6 ABS-ABS proses parametreleri ve değerleri	56
Tablo 5.7 ABS-ABS proses parametreleri ve değerleri	61
Tablo 5.8 ABS-SAN proses parametreleri ve değerleri	65

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1.1 Literatür Çalışması

Sıcak plaka kaynağı uygulamalarında, Stokes ve Conway (2001) sıcak plaka kaynak makinesini kullanarak çeşitli ticari termoplastik malzeme karışımlarının kaynak edilebilme özelliklerini ve kaynak mukavemetlerini incelemiştir. Çalışmalarında polikarbonat ve akrilonitril bütadien stiren (PC/ABS), polikarbonat ve polibütilen tereftalat (PC/PBT), polifenilen oksit ve poliamit (PFO/PA) termoplastikleri kullanılmıştır. Deneysel çalışmalarında kaynak numunesi olarak kalınlığı 3,2 mm olan parçalar kullanılmıştır ve kaynak mukavemetleri bu kalınlık değerine göre raporlanmıştır. Bu deneysel çalışmalarda ergimiş malzeme film kalınlığı ısıtma süresiyle, erime fazındaki taşan malzeme miktarı sıcak eleman üzerindeki durdurucularla, son birleşme fazındaki taşan malzeme ise kaynak makinesi üzerindeki durdurucularla kontrol edilmiştir. Alın kaynağı dayanım değerleri ısıtma süresi, kaynak sıcaklığı ve kaynak mesafesi parametrelerinin farklı değerlerine göre bulunmuştur. Kaynak makinesinin basıncı ise sabit tutulmuştur.

Bir başka çalışmada ise Stokes (1998) çift plakalı ve plakaların sıcaklıklarının ayrı ayrı kontrol edilebildiği sıcak plaka kaynak makinesi kullanarak üç farklı polimerin birbirleriyle kaynak edilebilirliğini incelemiştir. Bu çalışmalarda termoplastik malzeme olarak polieterimid, polikarbonat ve polibütilen tereftalat kullanılmıştır. Bu deneysel çalışmalarda da ergimiş malzeme film kalınlığı ısıtma süresiyle, erime fazındaki taşan malzeme miktarı sıcak eleman üzerindeki durdurucularla, son birleşme fazındaki taşan malzeme ise kaynak makinesi üzerindeki durdurucularla kontrol edilmiştir. Alın tipi birleştirme ile kaynaklanan malzemelerin kaynak mukavemetleri, sıcak plakanın sıcaklık değeri, ısıtma süresi parametreleri değiştirilerek incelenmiştir. Ancak bu çalışmada kaynak mesafesi ve basınç sabit tutulmuştur. Bu çalışmada farklı termoplastiklerin birbirleriyle olan kaynaklarında yüksek dayanım değerlerine ulaşılacağı gösterilmek istenmiştir.

Bir başka çalışmada ise B.Lee, J.Kim, S.Lee ve K.Kim (2011) çift cidarlı polietilen boruları alın kaynağıyla birleştirmişler ve birleşimin mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Deney sonuçlarına dayanarak, güvenli bir birleşim elde etmek için proses sıcaklığı ve zamanı hesaplanmıştır. Sıcak plaka aparatı kullanılarak birleştirilen boruların kaliteleri farklı yöntemlerle test edilmiştir. Bu çalışma sıcak plaka kaynağı ile atık su borularının başarılı bir şekilde tamir edilebileceğini göstermiştir.

Stokes (1999) polikarbonat malzemenin sıcak plaka kaynağı ile kaynatılmasında polimerin kurutulup kurutulmamasının etkilerini araştırmıştır. Bu deneysel çalışmada ergimiş malzeme film kalınlığı ısıtma süresiyle, erime fazındaki taşan malzeme miktarı sıcak eleman üzerindeki durdurucularla, son birleşme fazındaki taşan malzeme ise kaynak makinesi üzerindeki durdurucularla kontrol edilmiştir. Çalışmada kaynak parametreleri olarak ise ısıtma süresi, kaynak mesafesi, sıcaklık belirlenmiştir ve 3 farklı kalınlık için dayanım sonuçları incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda kurutulmamış polimer malzemelerde yüksek dayanım değerlerine ulaşılabilceği görülmüştür.

Yue (1988) farklı polimerlerin çözücüyle yapıştırma yöntemiyle yapıştırılmasını incelemiştir. Araştırmasında polivinil klorit- polikarbonat ve polivinil klorit-polimetil metakrilat polimerlerini çözücüyle yapıştırma yöntemiyle birleştirmiştir. Bu çalışmada farklı polimerlerin her ikisinde ya da en az birinde taşınabilir polimer zincirleri oluşturabilmek için yapıştırıcı çözücüler kullanmıştır. Yapışma yüzeyinde belirli bölgeler meydana gelmiştir ve bu da birleşme yüzeyinde polimer zincirlerinin difüzyona uğradığını göstermiştir. Bu çalışma ile farklı amorf polimerler arasında yüksek dayanımlı birleştirmeler oluşabileceği ortaya konulmuştur.

Bir başka çalışmada ise Tjeung ve diğer. (2007) ısı vasıtasıyla aktifleşen çözücülerin polimerlerle etkileşimini incelemiştir. Bu teknik oda sıcaklığında çözücü olmayan bir sıvı içindeki polimerin sıcaklıktan bağımsız çözünürlüğüne dayanmaktadır. Isı verilmesi sonucunda sıvı, çözücüye dönüşmekte ve yüzeyler

arasında yapıştırıcı bir etki oluşturmaktadır. Yapıştırmanın kayma mukavemeti değeri 2,9 MPa'ya kadar ulaşmıştır.

BÖLÜM İKİ

POLİMER MALZEMELER VE PLASTİK ENJEKSİYON YÖNTEMİ

2.1 Polimer Malzemeler

Polimerler molekülleri yüksek molar kütlelere sahip ve çok sayıda birbirini tekrarlayan elemandan meydana gelen moleküllerdir. Bu malzemeler hem doğal oluşumlu hem de suni olabilmektedir. Doğal oluşumlu polimerlere proteinler, selülozlar, nişastalar ve kauçuklar örnek verilebilir. Sentetik polimerler ticari olarak yüksek üretim kapasiteleriyle üretilmektedirler ve yaşamımızda çok geniş kullanım alanına sahiptirler. Tüm sentetik polimerler çoğunlukla plastik olarak bilinmektedirler.

Polimerler, monomerler olarak adlandırılan çok sayıdaki molekülün sıralı olarak dizilmesiyle meydana gelmektedirler. Polimerlerin çoğu tek bir monomer çeşidinin dizilmesiyle oluşmaktadır. Bazıları ise iki veya üç monomer çeşidinin bir araya gelmesinden oluşabilmektedirler. Polimerlerin karakteristik özellikleri arasında düşük yoğunluklu, düşük dayanımlı ve yüksek mekanik sönümlenme özellikleri gösterilebilir. Polimerler genellikle düşük ve yüksek sıcaklıklara karşı direnç gösterememektedirler, oda sıcaklıklarında kullanılmaktadırlar.

Polimerler yapılarına, oluşumlarında meydana gelen reaksiyonların tipine, fiziksel özelliklerine ve teknolojik kullanım alanlarına göre sınıflandırılabilirler. Mühendislik polimerleri genel olarak termoplastikler, termosetler ve elastomerler olmak üzere üçe ayrılırlar.

Polimerlerin özelliklerini belirlemek adına çok önemli olan yapısal karakteristikleri şunlardır;

- a) Polimer moleküllerinin rijitlik derecesi,
- b) Polimer zincirleri arasındaki van der Waals ve elektrostatik bağlar,
- c) Kristalimsi bölgeler oluşturan zincirlerin dereceleri,
- d) Zincirler arasındaki çapraz bağlanma dereceleri (Roberts, 1977)

2.1.1 Elastomerler

Elastomerler birçok defa uzatılıp bırakıldığında orijinal ölçülerine geri dönebilen kauçuk türü malzemelerdir. Bu malzemeler düşük yoğunlukta çapraz bağlara sahiptirler. Bu malzeme cinsi genellikle düşük elastikiyet modülüne sahip ve yüksek akam mukavemetine sahip bir malzemedir. Elastomer malzemelerde polimer zincirleri belli seviyede hareket serbestliğine sahiptirler, ancak çapraz bağlar sonucu oluşabilecek daimi taşınmalara karşı da korumalıdırlar. Elastomer malzemeler hareketli zincir sayısını azaltmak adına camsı veya kristalimsi faza soğutulmalıdırlar. Başlıca elastomerlere polibütadien, stiren bütadien, nitril kauçuk örnek gösterilebilir.

2.1.2 Termoset Polimerler

Termoset polimerler ısı uygulamaları sonrasında verilen şekle göre sertleşen ve katılaştıran malzemelerdir. Bu sertleşme işlemi malzemenin molekül zincirleri arasında oluşan daimi bağlantılar sonucu geri dönüşü olmayan bir işlemdir. Molekül zincirleri arasında oluşan çapraz bağlar polimere yüksek rijitlikte bir iskelet oluşturmaktadır.

Termoset malzemeler tekrardan eritilememektedir ve geri dönüşümü olmayan malzemelerdir. Termoset polimerler, termoplastik polimerlere göre mekanik özellikler, kimyasal direnç ve ısı istikrarlılık bakımından daha üstün malzemelerdir. Ancak bu özelliklerinin yanında termoset polimerler kırılabilir malzemelerdir. Başlıca termoset polimerlere epoksi reçinesi, poliüretanlar, bakalit ve vulkanize kauçuk örnek verilebilir.

2.1.3 Termoplastik Polimerler

Termoplastik polimerler belirli bir sıcaklığın üstünde bükülebilen ya da kalıplanabilen, soğutulduklarında ise tekrar katı hale dönebilen malzemelerdir. Bu karakteristik özelliklerinden dolayı termoplastik polimerler geri dönüşümü olan malzemelerdir. Termoplastik polimerlerinin eriyik halden soğutulurken bozulan zincir yapısını tekrardan düzenli bir yapıya sokması için dış kaynaklı yüksek bir enerjiye ihtiyacı vardır.

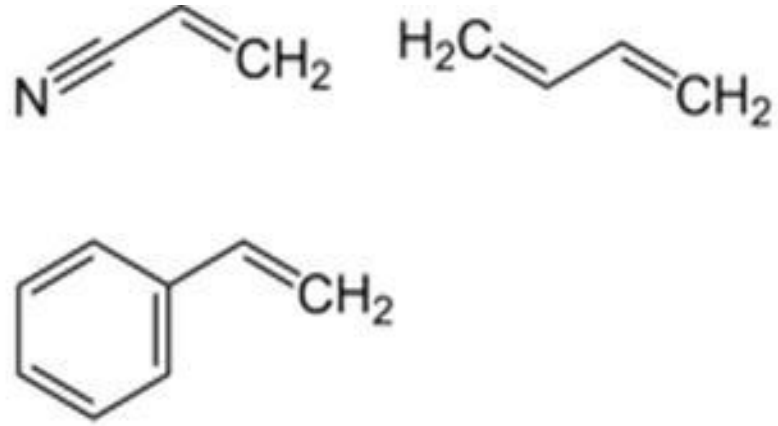
Termoplastik polimerler lineer moleküllere sahiptirler ve bu moleküllerde zinciri oluşturan birimlerin arasında kuvvetli kovalent bağlar bulunmaktadır. Moleküller arasında ise ısıya karşı duyarlı, moleküller arası zincirlerin birbirlerine göre hareketlerini sınırlayan bir kuvvettir. Bu sebepten ötürü bir termoplastik polimer ısıtıldığında moleküller arası bağlar zayıflar ve polimere kolayca şekil verilebilir. Malzeme soğuduğunda ise moleküller arası kuvvet büyür ve eski haline döner.

Termoplastikler malzemeler elastomerlerden farklı mekanik özelliklere sahiptirler. Bir elastomer malzeme iki yana çekilerek uzatıldığında ve tekrar bırakıldığında malzeme eski şekline döner. Ancak termoplastikleri çekme kuvvetine zorladığımızda ise termoplastik malzeme belli bir noktaya kadar uzar, daha sonra ise kalıcı olarak deformasyona uğrar ve kırılır. Termoplastik eriyiğine plastikleştirici katkısı yaparak bu polimerlerin daha sünek bir yapıya ulaşması sağlanabilmektedir. Termoplastik polimerler grubunda yer alan polimerlerden bazıları ise şunlardır;

- a) Polistiren
- b) Polipropilen
- c) Naylon
- d) Polivinilklorür ve vinil kopolimerleri
- e) Akrilonitril bütadien stiren
- f) Stiren akrilonitril
- g) Selülozikler

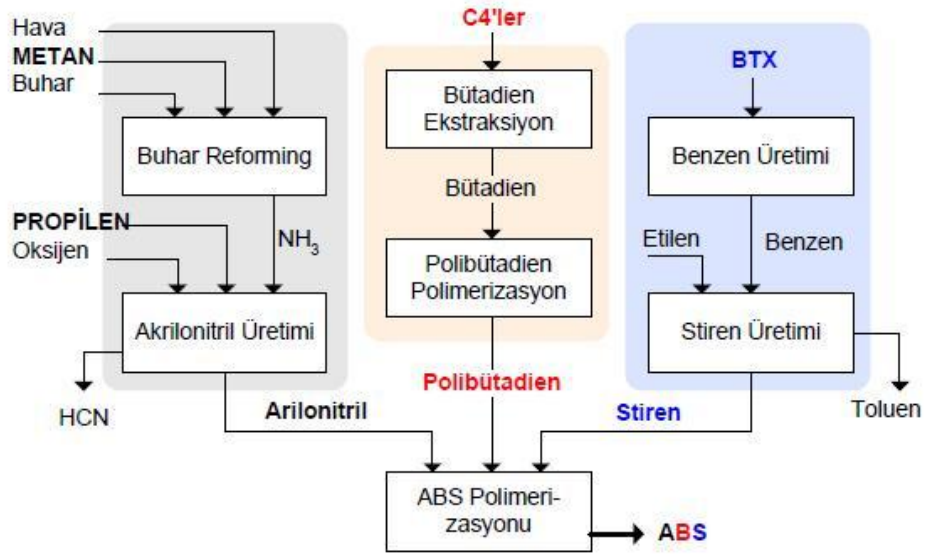
2.1.3.1 Akrilonitril Bütadien Stiren (ABS)

ABS plastikleri işlenmesi kolay, darbe dayanımı yüksek, metal ve ahşaba alternatif oluşturabilecek, çeşitli sektörlerde sıkça kullanılan bir plastik çeşididir. Termoplast sınıfının bir kopolimeridir ve bu kopolimeri oluşturan üç monomer akrilonitril, bütadien ve stirendir. İçerdiği monomerler olarak % 15–35 arası akrilonitril, %5–30 bütadien, %40–60 arası ise stiren gösterilebilir. Akrilonitril açık hava koşullarına karşı direnç kazandırır ve malzemenin ısı dayanımını artırır. Stiren sertlik, kolay işlenebilirlik ve rijitlik kazandırırken butadien ise düşük ortam sıcaklıklarında darbe dayanımını sağlar.

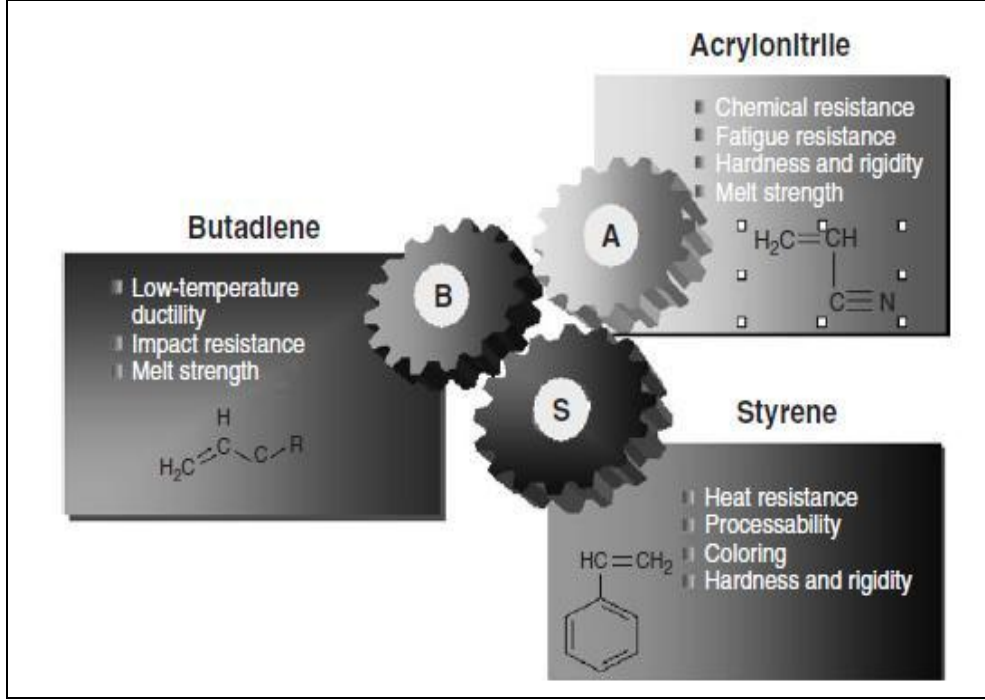


Şekil 2.1 ABS polimerini oluşturan monomerler

ABS polimeri ilk olarak 2. Dünya savaşı sırasında keşfedildi. Ticari olarak kullanılmaya başlanması ise 1950'li yılların başında gerçekleşti.



Şekil 2.2 ABS malzeme üretim prosesi



Şekil 2.3 ABS monomerleri ve fonksiyonları(Margolis, 2005)

2.1.3.1.1 ABS Polimerin Özellikleri. ABS polimerin açık havada uzun süre kalması sonucunda fiziksel özelliklerinde azalma gözlemlenir. Bunun önüne geçmek için malzeme özel bir koruyucu filmle kaplanarak çevre koşullarına karşı direnci arttırılabilmektedir. Asit ve bazlara karşı kimyasal direnci genellikle iyidir. Ancak ketonlar, esterler ve aseton polimeri genelde çözme yönünde etkiler.

Malzemenin yoğunluğu katkısız polimer için (1,02–1,07) g/cm³ arasındadır. ABS'nin elektriksel yalıtım özellikleri gayet iyidir ve bazı uygulamalarda yalıtım amaçlı da kullanılabilir. ABS malzemeler higroskopik(nem çekici) malzemeler olduğundan dolayı kullanımından önce yaklaşık 2 saat boyunca 70–80 °C'de kurutulmalıdır. Enjeksiyonla kalıplama, şişirerek kalıplama veya ekstrüzyon yöntemlerinden herhangi biriyle imal edilebilir. Talaşlı işlemeye uygundur, boyama ve elektrolitik kaplama işlemlerini de kabul eden bir polimerdir. (Yaşar, 2001)



Şekil 2.4 ABS polimeri hammaddesi

2.1.3.1.2 ABS Polimerin Kullanım Alanları. ABS polimerinin günlük yaşantımızda kullanım alanı oldukça geniştir ve gün geçtikçe de kullanım oranı artmaktadır. Kullanım alanları olarak, müzik enstrümanları (plastik klarnet, piyano tuşları), otomotiv döşeme malzemeleri, otomobil ayna ve farları, telefon gövdeleri, medikal aletler, legolar, çanta, bavul, depo ve soğutucu iç astarları, tüfek dipçikleri, hassas ölçülü askeri amaçlı (anti tank plastik mayın) ve beyaz eşya parçaları gösterilebilir. ABS aynı zamanda ekstrüzyona dayalı 3 boyutlu yazıcılarda da kullanılmaktadır.

2.1.3.1.3 ABS Polimerin Avantaj ve Dezavantajları. Avantajları;

- Tok ve rijit bir malzeme olmasının yanında yüksek darbe dayanımının olması,
- İyi elektriksel özelliklere sahip olması,
- Kimyasal direncinin iyi olması,
- Kolay işlenebilmesi,
- Üretiminin kolay olması ve boyanabilme özelliğinin olması,
- Hafif bir malzeme olmasıdır.

Dezavantajları;

- Düşük çözücü direncinin olması,
- Uzama katsayısının düşük olması,
- Sürekli servis sıcaklığının düşük olmasıdır.(Lokensgard, 2004)

2.1.3.2 Stiren Akrilonitril (SAN)

Akrilonitrilin stiren ile kopolimerize edilmesinden ortaya çıkan stiren akrilonitril çözücülere, yağlara ve diğer bileşiklere karşı polistirenden daha iyi bir direnç gösteren malzemedir. Stiren akrilonitril polimerinin bileşiminde yaklaşık olarak %20–30 oranında akrilonitril bulunmaktadır. Geniş aralıktaki özellikleri ve işlenebilirliği karışım oranlarının çeşitliliği ile farklılıklar gösterebilir. Bu polimerler genellikle darbe dayanımı ve kimyasal direnç istenen uygulamalarda kullanılmaktadır.

SAN polimerleri kolayca kalıplanabilmekte ve işlenebilmektedir. ABS polimeri gibi higroskopik bir yapısı vardır ve bu polimerler için de ön kurutma prosesi genellikle önerilmektedir. Bu polimer metil etil keton, metilen klorid gibi çözücülerle çözülebilmektedir.

Isı dayanımı yüksek ve tok bir malzeme olan SAN polimeri telefon parçalarında, kozmetik kaplarında, buzdolabı parçalarında, dekoratif panellerde ve mikser kâselerinin yapımında sıkça kullanılmaktadır.



Şekil 2.5 SAN polimeri hammaddesi

2.1.3.2.1 SAN Polimerinin Avantaj ve Dezavantajları. Avantajları;

- Termoplastik yöntemleri ile işlenebilme özelliğine sahip olması,
- Polistirenden daha iyi çözücü direncinin olması,
- Rijit olması ve şeffaf olması.

Dezavantajları;

- Nem çekici özelliğinin yüksek olması,

- Düşük darbe dayanımına sahip olması,
- Düşük termal kapasiteye sahip olmasıdır.(Lokensgard, 2004)

2.2 Plastik Enjeksiyon Yöntemi

Plastik enjeksiyon yöntemi geniş bir aralıktaki plastik tüketim malzemelerinin üretilmesindeki ekonomik ve popüler yöntemlerden birisidir. Bu yöntemle araç panelleri, bilgisayar parçaları, ev eşyaları gibi ürünler üretilebilmektedir. Bu ürünler plastik enjeksiyon yöntemi kullanılarak farklı ölçülerde ve çeşitli ihtiyaçları karşılamak için seri üretim yoluyla üretilebilmektedirler.

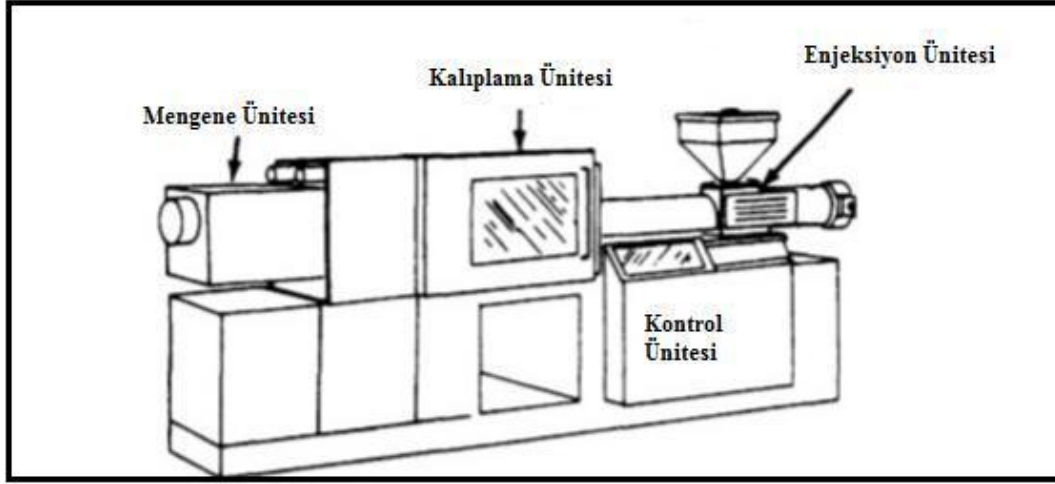
Bu yöntemle termoplastikler, termosetler ve bazı elastomerler kullanılarak imalat yapılabilmektedir. 1995 yılından beri plastik enjeksiyona uygun malzemelerin sayısı gün geçtikçe artmıştır ve günümüzde yaklaşık olarak 18,000 malzemenin bu yöntemle imal edilmesi mümkün olmuştur.

Yöntem plastik ham malzemenin sıcaklık yardımı ile eritilmesinin ardından bir kalıbın içine basılarak istenilen şekle getirilmesi prensibine dayanır. Ham malzeme istenilen şekle gelirken kalıp içerisinde soğur ve parça kalıptan çıkarılır. Teknolojik gelişmeler ile birlikte, bu yöntemle 15 gramdan yaklaşık 23 kilografa kadar parçalar imal edilebilmektedir. (Eker, 2004)

2.3 Plastik Enjeksiyon Makinesi ve Parça İmalatı

Plastik enjeksiyon makinesinin ana bileşenleri şunlardır;

- 1) Enjeksiyon ünitesi
- 2) Kalıplama ünitesi
- 3) Mengene ünitesi



Şekil 2.6 Plastik enjeksiyon makinesi genel görünüşü

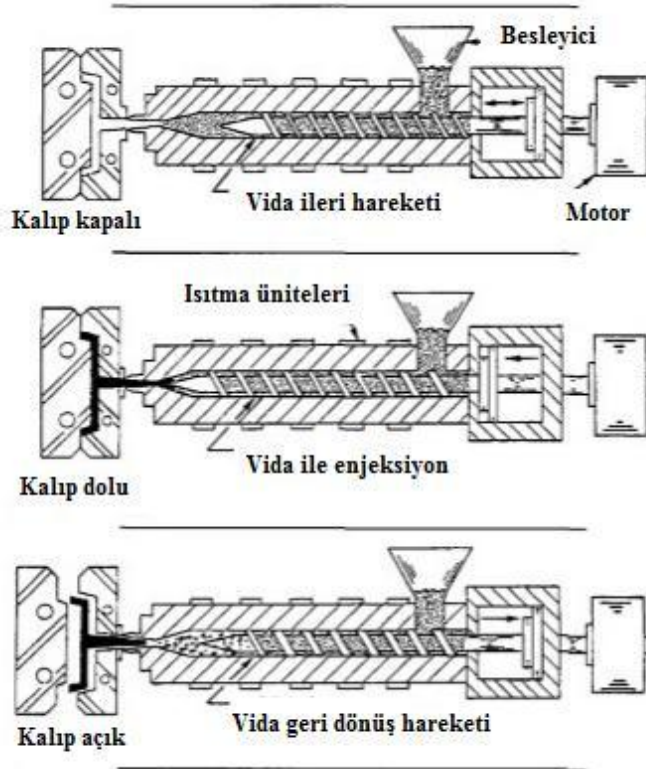
2.3.1 Parça İmalat Süreci

- Hammadde Kurutma Aşaması: Bu aşamada ham malzeme kurutma ünitesinde yaklaşık olarak 2–3 saat 80°C sıcaklıkta bekletilir.
- Plastikleştirme Aşaması: Bu aşamada kurutulmuş ham malzeme besleyicinin kapağı açılarak sonsuz vida yardımıyla ısıtıcı birimlere doğru itilir. Burada farklı sıcaklıklardaki ısıtıcılardan geçerek eriyen malzeme enjekte memesine doğru hareket eder. Isıtıcıların sıcaklıkları ABS malzeme için (220–225–230)°C olarak ayarlanmıştır. SAN malzeme içinse bu sıcaklıklar (230–235–240)°C olarak düzenlenmiştir.
- Plastikleştirme Aşamasının Bitmesi: Sonsuz vidanın hareketi sona erer ve enjekte memesinde yeterince malzeme vardır. Burada dikkat edilmesi gereken önemli şeylerden biri her seferinde aynı kalitede ve ağırlıkta malzeme almak için kalıba enjekte edilen malzeme miktarı her seferinde aynı olmalıdır.
- Kalıbın Kapanması: Enjeksiyon işlemine geçilmeden evvel, kalıbın iki yarısı mengene ünitesi tarafından güvenli bir şekilde kapatılır. Kalıbın her iki yarısı enjeksiyon ünitesiyle birleşir ve bu kalıplardan birisi aksenal yönde hareket edebilmektedir. Hidrolik ünite sayesinde mengene kalıpları bir araya getirir ve bu aşamadan sonra enjeksiyon işlemine başlanır.

- Enjeksiyon İşleminin Başlaması: Küçük tanecikler halindeki plastik ham malzemesi besleyiciden sonra sonsuz vida yardımıyla meme ucundan geçerek kalıplara ulaşır. Erimiş halde bulunan plastik malzemenin akış özelliklerinin değişimi ve karmaşıklığından dolayı enjeksiyon zamanının tam olarak belirlenmesi zor bir işlemdir. (Noordin, 2009)

- Soğuma Aşaması: Kalıp içerisine enjekte edilen plastik malzeme burada soğumaya başlar. Bu soğumanın sonucu olarak plastik malzeme enjekte edildiği kalıbın şeklini alarak katılaşmaya başlar. Gerekli soğuma süresince kalıp açılmaz. Bu süre çeşitli plastik malzemenin et kalınlığı, termodinamik ve mekanik özelliklerine göre hesaplanabilir.

- Ürünün Kalıptan Dışarı Atılması: Belirli bir süre geçtikten sonra kalıp içerisinde soğuyan ve katılaşan malzeme kalıptan itici vasıtasıyla dışarı atılır. İtici kalıbın bir yarısına yerleştirilir ve kalıp açıldığında itici mil ileri hareket ederek pimleri harekete geçirir. Parça kalıptan dışarı atıldıktan sonra kalıplar tekrar mengene ünitesi tarafından birleştirilir ve bir sonraki enjeksiyon işlemine hazırlanır.



Şekil 2.7 Plastik enjeksiyon işlemi

2.3.2 Plastik Enjeksiyon Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları

Plastik enjeksiyon kalıplamasının bazı avantaj ve dezavantajları şunlardır;

Avantajları

- 1) Bu yöntemle kompleks şekilli parçaların imalatını mümkün kılması,
- 2) Yüksek üretim hızlarına ulaşılabilmesi ve seri üretime uygunluğu,
- 3) Yöntemle üretilen parçaların işçilik maliyetlerinin düşüklüğü,
- 4) Parçaların kalıptan çıkarıldıktan sonra son işlem gereksiniminin olmaması ya da nadir olması,
- 5) Diğer üretim teknikleriyle üretilmesi güç küçük parçaların kolaylıkla üretilmesi,
- 6) Bazı durumlarda kalıp değiştirmeksizin aynı parçanın farklı malzemelerle kalıplanabilmesi,
- 7) Parçaların ölçüsel tutarlılığının iyi olması,
- 8) Hurda parçalarının geri dönüşüm olanağının olması,
- 9) Hassas toleransların elde edilebilmesidir.

Dezavantajları

- 1) Kalıp maliyetlerinin yüksek olması,
- 2) Makine maliyetinin karşılanabilmesi için çok sayıda parça üretiminin gereksinimi,
- 3) Endüstriyel rekabet sonucunda düşük karlılık oranlarının oluşabilmesi,
- 4) Proses takibinin parça kalitesini doğrudan etkileyebilmesidir.

BÖLÜM ÜÇ

POLİMERLERİN KAYNAKLI BAĞLANTILARI

3.1 Polimerlerin Kaynağı

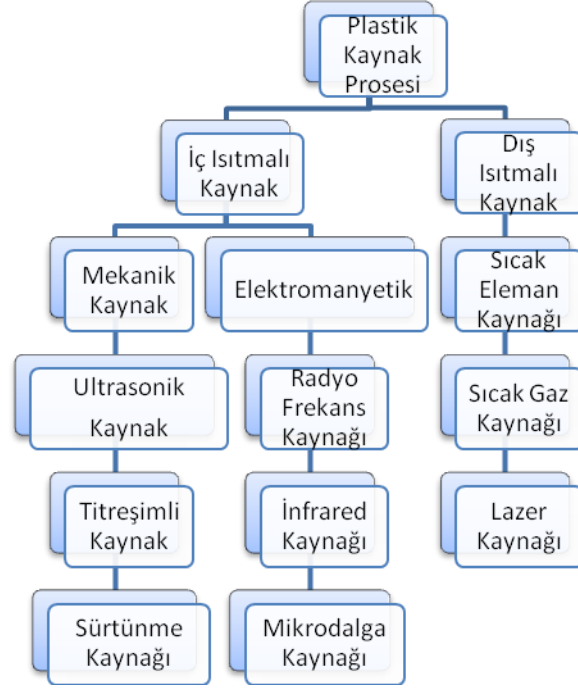
Polimer kaynağı ısıtılmış durumda ve basınç altındaki termoplastik malzemelerin moleküllerinin çapraz bağlanmasının sonucu olarak ortaya çıkan birleşme prosesidir. İş parçaları dolgu malzemesi olmaksızın ya da dolgu malzemesi ile ergitilip birleştirilir. Bağlantı amorf yapıdaki polimerler için camlaşma sıcaklığının altında kristalize polimerler içinse ergime sıcaklığının altında gerçekleştirilir.

Termoset malzemelerin kaynak edilmesi mümkün değildir. Çünkü termoset malzemelerde çapraz bağların deforme olabilmesine imkân verecek ısı artışı meydana gelirse bu malzemeler ergimez, direkt olarak yanarlar.

Polimer kaynağının çeşitleri şunlardır;

- Sıcak Gaz Kaynağı
- Sıcak Plaka Kaynağı
- Ultrasonik Kaynak
- Döndürmeli Kaynak
- İndüksiyon Kaynağı
- Titreşimli Kaynak
- Yüksek Frekans Kaynağı
- Lazer Kaynağı
- Mikrodalga Kaynağı

Şekil 3.1’de plastiklerin kaynak çeşidine ait şemada bir çok kaynak yöntemi yer almaktadır. Burada yer alan yöntemler malzemenin içeriden veya dışarıdan ısıtılması durumuna göre iki ana grup altında toplanmıştır.



Şekil 3.1 Polimer kaynak prosesi

3.2 Plastiklerin Kaynağının Tarihsel Gelişimi

Plastiklerin kaynağının tarihsel gelişimi 1935 yıllarında polivinil klorürün keşfedilmesiyle başlar. 180°C de PVC'nin termoplastik durumu ve basıncın kullanımıyla homojen bir bağlantı elde etmiştir. 1938 yılında sıcak gaz kaynağının patenti alınmıştır. 1955'li yılların ortasında otomatik polimer kaynağının yoğun bir şekilde gelişmesi ve icra edilmesi başlamıştır. Polimer kaynağının gelişimi son on yıllık dönemde oldukça yoğun bir şekilde gerçekleşmektedir. Bunun sebebi olarak ise polimer malzemelerin üretim sektörünün önemli bir kısmında kullanılması ve bununla birlikte yeni tür polimer malzemelerin gelişimi ile bunların kaynak teknolojilerinin gelişimi gösterilebilir. (Runcev, 2008)

3.3 Sıcak Plaka Kaynağı

Sıcak plaka kaynağı enjeksiyon veya ekstrüzyon yoluyla imal edilen parçaları birleştirmek için sıkça kullanılan ve geniş kullanım alanı olan bir yöntemdir. Bu

yöntem literatürde sıcak eleman, sıcak baskı levhası veya ergitme alın kaynağı olarak da adlandırılır.

3.3.1 Uygulanma Metodu

Bu yöntemde sıcak eleman, sıcak plaka ya da ısıtılmış baskı levhası olarak bilinen ısıtılmış bir metal plaka kullanılır. Bu plaka termoplastik parçaların ortak yüzeylerini ısıtmak ve ergitmek amacıyla kullanılmaktadır.

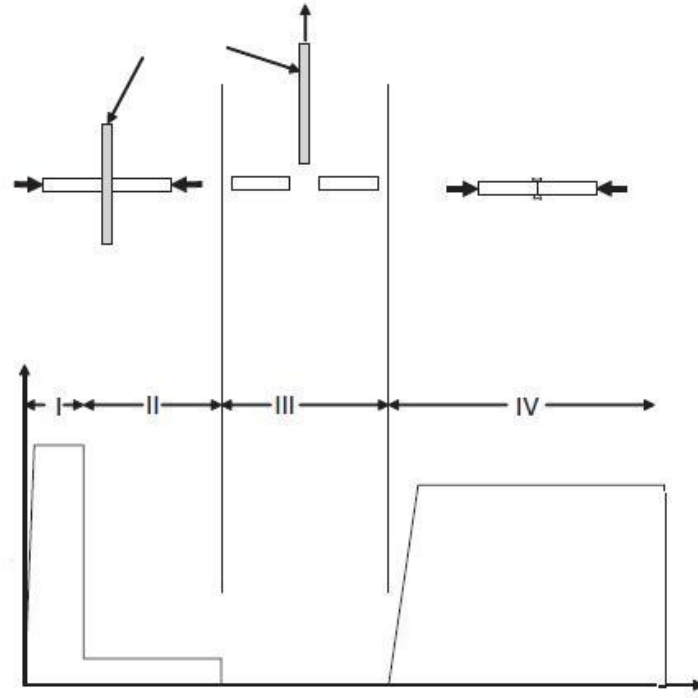
Kaynak yüzeyleri yeteri kadar ergitildiğinde ya da yumuşatıldığında, sıcak plaka kaldırılır ve parçalar kaynak formunu almak için basınç altında bir araya getirilirler. Parçalara kaynağın ısıtma ve birleştirme fazlarında aksenal bir yük uygulanmaktadır. Bu yöntemde genellikle sıcak eleman ile iş parçasının birbirine yapışmasını engellemek için PTFE malzeme kullanılır.

Kaynak elemanının şekli ve ölçülerine bağlı olarak, bu proses manüel, mekanik veya otomatik bir kaynak cihazı ile gerçekleştirilebilir.

Bu yöntemde kaynak iki şekilde gerçekleştirilebilir;

- 1) Basınç uygulanarak kaynak
- 2) Mesafe ayarlanarak kaynak

Her iki yöntemde Şekil 3.2' de gösterilen basınç-zaman diyagramındaki gibi 4 faz içerir.



Şekil 3.2 Sıcak plaka kaynağının 4 fazını gösteren basınç-zaman grafiği

Basınç uygulanarak kaynak yönteminde, parçalar sıcak eleman ile bir araya getirilirler(Faz1) ve parçalarla sıcak elemanın birleşmesini sağlamak için nispeten yüksek bir basınç uygulanır. Isı sıcak elemandan iş parçalarına iletim yoluyla transfer edilir ve bunun sonucunda iş parçalarında lokal sıcaklık artışı sağlanır. Plastiğin erime sıcaklığına ulaşıldığında, ergimiş malzeme akmaya başlar. Bu erime sonucunda parça yüzeyindeki çarpıklıklar, bozukluklar ve çukurluklar kaybolarak bağlantı ara yüzeyinde yumuşak bir geçiş oluştururlar.

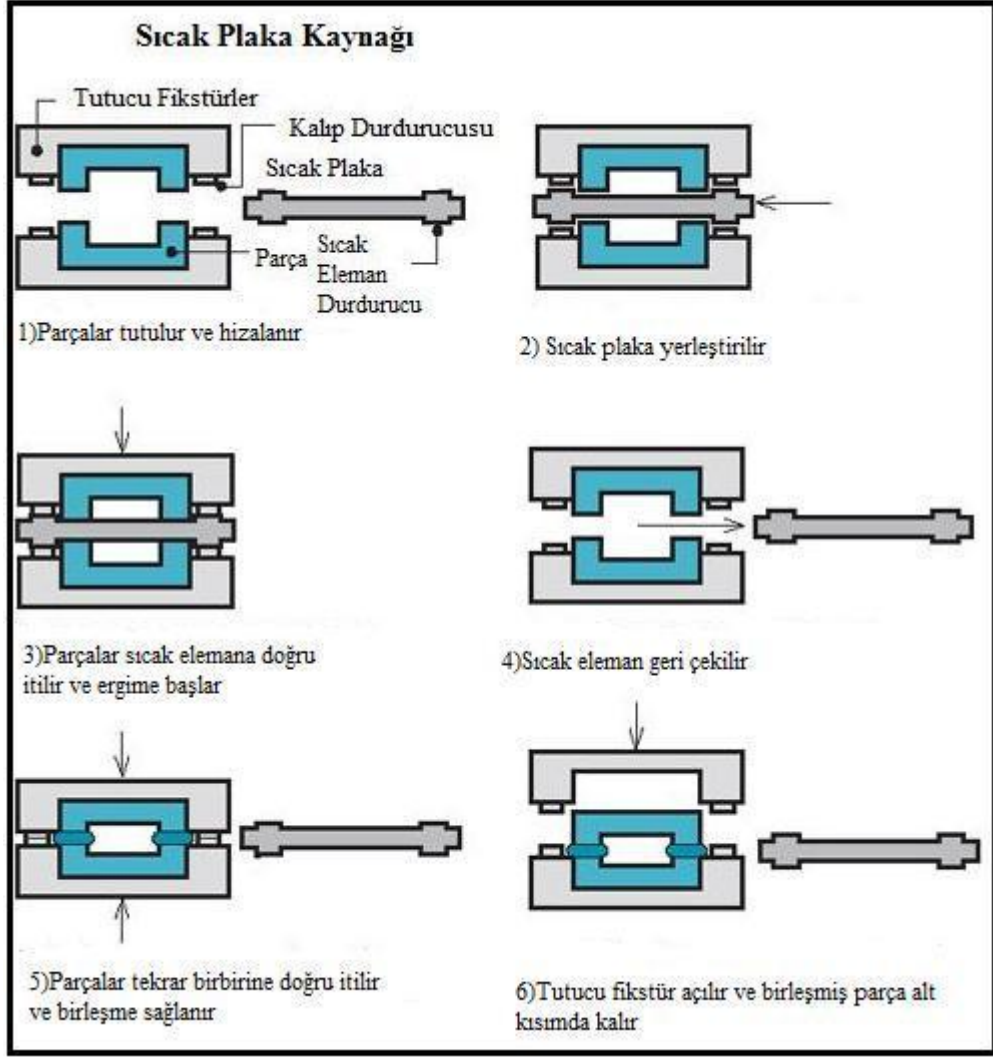
İkinci fazda ergitme basıncı azaltılarak, malzemenin ve ergimiş materyalin sıcaklığı emmesine izin verilmektedir. Ayrıca parçanın (ergimiş) kalınlığı, sıcak eleman ve parçanın temas etme süresi ile orantılı biçimde artış gösterir.

Sonuncu fazda, basıncın etkisiyle ergimiş malzeme soğuma ve katılaşma esnasında dış kısımlara doğru akar. Bu faz boyunca meydana gelen moleküller arası difüzyon polimer zincirinin oluşmasını sağlar ve bu da bağlantı dayanımını oluşturur.

Soğuma fazında, parçayı çarpılmalardan korumak için basıncın devamlılığı büyük önem arz etmektedir. Kimyasal direnç ve bağlantının mekanik özelliklerinden etkilenen bağlantı mikro yapısı bu faz boyunca gelişir.

Basınç yoluyla kaynak yöntemi basıncın tam olarak kontrol edilebildiği ekipmanlar gerektirmektedir. Bu yöntemin önemli dezavantajlarından biri ise parçanın son ölçülerinin direkt olarak kontrol edilemeyeşidir.

Mesafe ayarlı kaynak yönteminde, kaynak prosesi ve parça ölçüleri rijit, mekanik bir durdurucu ile sağlanır. Şekil 1.2 proses adımlarını göstermektedir. İlk adımda parçalar tutucu fikstürlerle hizalanır ve durdurucular belirlenmiş mesafelerde konumlandırılır. İkinci adımda ise kaynak parçalarının birleşme bölgelerini ısıtmak amacıyla sıcak eleman parçaların arasına yerleştirilir. Üçüncü adımda parçalar sıcak elemana bastırılarak birleşme yüzeylerinin ergimesi sağlanır. Eriyen malzeme bağlantı yüzeyinden dışa doğru akar ve parça uzunluğu sıcak eleman durdurucusu ve kalıp durdurucusu buluşuncaya kadar azalmaya devam eder. Dördüncü adımda birleşme yüzeyleri erime sıcaklığına ulaştıktan sonra tutucular açılır ve sıcak eleman kaynak parçalarının arasından çıkarılır. Bu adımdan sonra 5. adımda ise tutucular tekrar kapanarak kaynak parçalarını birbirlerine doğru bastırır. Plastik soğumasıyla birlikte kaynak formu elde edilmiş olur ve son adım olarak kaynaklanmış parça kalıptan çıkarılır. (Troughton, 2008)



Şekil 3.3 Sıcak plaka makinesi çalışma prensibi

3.3.2 Avantajları ve Dezavantajları

Sıcak plaka kaynağı yönteminin birçok avantajının yanında dezavantajları da mevcuttur. Bunlar ise şöyledir;

Avantajları

- Sıcak eleman kaynağı yöntemi basit ve ekonomik bir kaynak tekniğidir.
- Bağlantı tipi olarak düz, eğrisel veya karmaşık geometriler bu yöntemle kaynak edilebilmektedir ve birleşme yüzeyindeki düzensizlikler ısıtma fazı süresinde giderilebilmektedir.

- Aynı türden olmayan malzemelerde, erime sıcaklıkları farklı olmasına rağmen farklı sıcaklıktaki sıcak plakalar kullanılarak kaynak gerçekleştirilebilmektedir.
- Bu kaynak yöntemi termoplastik malzemelerin büyük bir çoğunluğu için geçerli bir kaynak yöntemidir.
- Kaynak prosesi tüm kaynak parametreleri görüntülenebilecek ve müdahale edilebilecek bir biçimde otomatikleştirilebilir.

Dezavantajları

- Bu yöntemin ana dezavantajlarından en önemlisi, diğer kaynak yöntemleri ile karşılaştırıldığında (vibrasyon, ultrasonik vb.) uzun döngü sürelerinin olmasıdır.
- Döngü süreleri küçük parçalar için 10–20 sn olabildiği gibi büyük parçalar için (geniş boru hatları) 30–40 dakikaya kadar çıkabilmektedir.
- Parçaların eritilmesi için yüksek sıcaklıklara ulaşmak gerekliliği vardır.
- Vibrasyon kaynağında olduğu gibi ısı lokalleştirilemez ve bazen plastik malzeme ya da sıcak plakaya yapışabilir.
- Erimiş film kalınlığının ve ergiyik viskozitesinin hassasiyetinden dolayı parça ölçüleri tam anlamıyla kontrol edilemez. (Troughton, 2008)

3.3.3 Sıcak Plaka Kaynağı Uygulamaları

Sıcak plaka kaynağı 20mm genişliğindeki parçalardan 1600mm çapındaki parçalara kadar geniş bir kullanım alanında uygulanabilmektedir. Sıcak plaka kaynak metodu otomotiv sektöründe geniş bir kullanım alanına sahiptir. Örneğin araçların park lambaları ve gösterge lambalarının kaynağında bu yöntem kullanılmaktadır. Genellikle ABS(akrilonitril bütadien stiren) malzemedен üretilen far camı yuvaları ve PC(polikarbonat) malzemedен üretilen renkli far lambaları sıcak plaka kaynak yöntemiyle kaynak edilebilmektedir. Buna benzer olarak akü muhafazaları, karbüratör şamandıraları, soğutma ve cam yıkama sıvısı hazneleri de bu yöntem kullanılarak kaynak edilmektedir.

Otomotiv sektörünün dışındaki uygulama alanları olarak yüksek yoğunluklu PE(polietilen) malzemeden üretilen medikal iğne kutuları, PP(polipropilen) malzemeden üretilen taşıma ve sevk paletleri, PVC(polivinil-klorür) malzemeden üretilen pencere çerçeveleri yine sıcak plaka kaynağı yöntemiyle kaynak edilebilen malzemelerdendir.

3.3.4 Sıcak Plaka Kaynağı ile Kaynatılabilen Malzemeler

Sıcak plaka kaynak yöntemi neredeyse tüm termoplastik malzemeler için uygun bir kaynak yöntemidir, fakat daha çok yumuşak ve şeffaf termoplastikler olan polipropilen ve polietilen için uygundur. Bu yöntem naylon ve yüksek molekül ağırlıklı malzemeler için çok uygun bir yöntem değildir.

Kaynak edilecek plastik parçanın ergiyik viskozitesi ve yoğunluğu kaynak dayanımını önemli ölçüde etkilemektedir. Yüksek viskoziteli polimerler daha yüksek ısıtma sıcaklıklarına, sıcak plakaya yapışmadan müsaade edebilmektedirler. Isıdan etkilenen bölgenin fazla olması bağlantı dayanımının daha yüksek olmasına neden olmaktadır. Polimer yoğunluğunun artmasıyla beraber ise kopma mukavemeti değerleri azalmaktadır.

Su tutan(nem çeken) bir malzeme olan naylon ve PC kaynağı sırasında su buharı ortaya çıkabilir ve bu da kaynak dayanımını önemli ölçüde azaltır. Yüksek dayanımlı kaynak bağlantıları elde edebilmek için ham malzemelere ön ısıtma uygulanabilir, ya da su tutan malzemeler için farklı kaynak parametreleri ayarlanabilir.

Hemcins olmayan termoplastik malzemelerin kaynağı da mümkündür. Bu malzemelerin kaynağında tek sıcak plaka yerine çift taraflı ve sıcaklıkları ayarlanabilen plakalar kullanılarak kaynak işlemi gerçekleştirilebilir.

3.3.5 Sıcak Plaka Kaynağı Makinesi

Sıcak kaynak makineleri standart modeller olabileceği gibi isteğe özel uyarlanmış, özelleştirilmiş de olabilmektedirler. Standart kaynak makineleri değişken sıcak plakalar ve kalıp sistemi sayesinde farklı türden parçaları kaynak edebilmektedirler.

Ancak bu makinelerde kaynatılacak parçaların makineye manüel olarak yerleştirilmesi ve aynı şekilde çıkarılması gerekmektedir. Özel makinelerde ise genellikle bir parça çeşidi üzerinde yoğunlaşmaktadır ve yüksek üretim hacimleri için seri üretim yöntemi bu makineler için daha uygundur. Özel kaynak makineleri yüksek derecede otomasyonla donatılmaktadırlar ve bu makinelerde konveyör besleme üniteleri, otomatik parça çıkarıcılar gibi cihazlar kullanılmaktadır.

Bu kaynak makinelerinde kullanılan sıcak plakalar genellikle, ısıl iletkenliği iyi ve korozyon dayanımı yüksek olan alüminyum alaşımlarından imal edilmektedir. Bu makinelerde kaynatılacak karmaşık yüzeyli parçaların kaynağını gerçekleştirebilmek için bu iş parçalarının formundaki sıcak plakalar kullanılmaktadır.

Doğru eşleştirme ve iyi bir hizalama elde edebilmek için tutucular birleştirilecek parçaları desteklemeli ve bu sayede kaynak basıncı sonucu oluşabilecek deformasyonlardan kaçınılmalıdır. Bu doğrusallığı sağlamak için genellikle pnömatik veya hidrolik üniteli tutucular tercih edilmektedir. (Troughton, 2008)



Şekil 3.4 Sıcak plaka kaynak makinesi

3.3.6 Sıcak Plaka Kaynak Parametreleri

Sıcak plaka kaynak yönteminde ana kaynak parametreleri olarak sıcak plakanın sıcaklığı, ısıtma süresi, kaynak basıncı ve kaynak süresi gösterilebilir. Kaynak parametrelerinin seçimi malzemedan malzemeye önemli ölçüde değişkenlik gösterebilir. Örneğin düşük yoğunluktaki polietilen malzemenin sıcak plaka kaynağı sonrasındaki kopma mukavemeti, sıcak plakanın sıcaklığından (190–290) °C bağımsızdır. Buna karşın polipropilen malzemenin sıcak plaka kaynağı sonucu kopma mukavemeti sıcak plakanın sıcaklığı 260°C’de iken 30 MPa, 290°C’de iken 10 MPa’dan daha az olarak tespit edilmiştir. (Wise, 1999)

Ergimiş katman kalınlığı da kaynak dayanımını önemli ölçüde etkileyen parametrelerden biridir. Eğer ergimiş katman kalınlığı durdurucu mesafesinden küçük olursa parça ölçüleri kontrol edilemez olur ve bağlantı kalitesi moleküller arası difüzyonun az olmasından dolayı zayıf olur. Ergiyik kalınlığı ısıtma süresi ile orantılı olarak artış gösterir. Eğer sıkıştırma basıncı yüksek olursa ergiyik kaynak bölgesinin dışına çok fazla taşar ve böylece iyi bir bağlantı oluşturulamaz. Bu durumda kaynak bölgesi kırılgan bir yapıya sahip olur ve bağlantının kaynak kalitesi azalır. (Troughton, 2008)

BÖLÜM DÖRT

POLİMERLERİN YAPIŞTIRMALI BAĞLANTILARI

4.1 Polimerlerin Çözücü Yardımıyla Yapıştırılması

Çözücüyle yapıştırma işlemi termoplastik malzemelerin uygun çözücü veya çözücü karışımları kullanılarak yumuşatılması ve birbirine preslenmesi sonucu yapışma etkisi gösteren bir prosestir. İki parça bu yöntemle birleştirildikten sonra birleşme yüzeylerindeki çözücü buharlaşır ve reçine bir yapıştırıcı gibi davranarak iki parçayı birbirine bağlar.

Çoğu termoplastik malzeme için çözücüyle yapıştırma tekniği uygulaması diğer geleneksel yapıştırma tekniklerine göre daha kolay ve etkili bir çözüm sunmaktadır. Bu proseste genellikle çözücü karışımları, tek başına çözücülerden daha iyi sonuçlar vermektedir.

Çözücüyle yapıştırma tekniğinde buharlaşma oranları yüksek çözücüler kullanıldığında plastik malzemelerde çatlama ya da kızarma benzeri fiziksel değişimler sıkça gözlemlenmektedir. Fakat bu durum gözenekli malzemeler için fazla problem oluşturmamaktadır. Çoğu zaman yapıştırılacak plastiklerin az bir kısmı çözücü içerisinde çözülür ve bu işlem sonucunda daha etkin bir yapışma olması sağlanmış olur.

4.2 Çözücüyle Yapıştırma Tekniğinin Alt Yapısı

Polimerlerin kaynağı bir parçanın yüzeyindeki bağlar diğer parçanın yüzeyindeki bağlarla karışmaya yetecek kadar hareketli olduğunda oluşmaktadır. Çoğunlukla polimer malzemelerin sıcaklıklarını camlaşma sıcaklığının üzerine (amorf termoplastikler için) ya da ergime sıcaklıklarının üzerine (yarı kristal polimerler için) çıkarmak için termal enerji kaynağı kullanılır. Bu geçiş sıcaklıklarının üzerinde bağlar oldukça hareketlidir. Eğer iki parça bu koşullar altında bir araya getirilip malzemeler arasında bağlantı oluşturulursa polimer bağı karışımı oluşur ve parçalar bu sayede birbirine kaynamış olurlar. (Ebnesajjad, 2008)

Çözücüyle yapıştırma metodunda ise yapıştırılacak parçanın yüzeylerine çözücü tatbik edilir. Çözücü bu yüzeylere nüfuz eder ve böylece yüzeydeki polimer bağlarının serbestlikleri artar. Bu yüzeylerin yumuşaması ve çözülmesine yol açar. Ardından parçalar basınç uygulanarak birleştirilir ve yumuşayan malzeme bir miktar kenarlara doğru akar. Polimer bağları birbirine karışır, her iki parçadan moleküller arasında Van Der Waals bağ kuvvetleri oluşur ve bu bağlar güçlü kohezif bir yapı oluşturur. Daha sonra parçalar ara yüzeydeki çözücü buharlaşana kadar bekletilir. (Anonim, 2004)

Yapıştırma işleminin sağlıklı olması bakımından bu işlem sıcak ve kuru bir ortamda uygulanmalıdır. Çözücüler yüzeye fırçayla ya da spreyle sıkılmak suretiyle uygulanabilmektedir. Ayrıca bir başka yöntem olan yapıştırılacak yüzeylerin çözücüye batırılması yöntemi de uygulanabilmektedir. Yapıştırılacak parçaların ısıtılması genellikle tavsiye edilmemektedir. Çünkü parçayı ısıtma işlemine tabi tutmak, çözücünün yapışma yüzeylerinden erken ayrılmasına, bu da parçada çatlamalara neden olabilmektedir.

Çözücüyle yapıştırma işlemi, termoplastiklerin birleştirilmesi için en ekonomik ve basit yöntemlerden birisidir. Çözücüyle yapıştırılmış bağlantı tipleri geleneksel yapıştırıcılarla oluşturulan bağlantılara göre, termal döngülere karşı daha az hassasiyet göstermektedir. İyi bir yapıştırma dayanımı esas malzemenin dayanımının %85'ine kadar ulaşabilmektedir. (Ebnesajjad, 2008)

4.2.1 Çözünürlük Parametresi

Çözücü kullanılarak yapıştırma işleminde, yapıştırılacak olan plastikte çözücünün, çözünürlük parametresinin yaklaşık olarak aynı olması gerekmektedir. Çözünürlük parametresi şu şekilde tanımlanabilir:

$$\Delta=(\Delta E/V)^{1/2} \text{ (Hildebrand'a göre)}$$

ΔE = Buharlaşma enerjisi

V = Molar hacim

$\Delta E/V =$ yapıştırma enerjisi yoğunluğu

Bir polimer için çözünürlük parametresi, polimerin bazı çözücüler içerisindeki davranışları incelenerek ve polimerin bu çözücülere verdiği tepki oranının en yüksek olduğu çözücünün çözünürlük parametresi alınarak ölçülebilmektedir.

Tablo 4.1 Çözücüler için Hildebrand çözünürlük parametreleri (Ebnesajjad, 2008)

Solvent	Standard (cal/cm ³) ^{1/2}	SI Unit (MPa) ^{1/2}
<i>n</i> -Pentane	(7.0)	14.4
<i>n</i> -Hexane	7.24	14.9
Freon® TF	7.25	
<i>n</i> -Heptane	(7.4)	15.3
Diethyl ether	7.62	15.4
1,1,1-Trichloroethane	8.57	15.8
<i>n</i> -Dodecane		16.0
White spirit		16.1
Turpentine		16.6
Cyclohexane	8.18	16.8
Amyl acetate	(8.5)	17.1
Carbon tetrachloride	8.65	18.0
Xylene	8.85	18.2
Ethyl acetate	9.10	18.2
Toluene	8.91	18.3
Tetrahydrofuran	9.52	18.5
Benzene	9.15	18.7
Chloroform	9.21	18.7
Trichloroethylene	9.28	18.7
Cellosolve® acetate	9.60	19.1
Methyl ethyl ketone	9.27	19.3
Acetone	9.77	19.7
Diacetone alcohol	10.18	20.0
Ethylene dichloride	9.76	20.2
Methylene chloride	9.93	20.2
Butyl Cellosolve®	10.24	20.2
Pyridine	10.61	21.7
Cellosolve®	11.88	21.9
Morpholine	10.52	22.1
Dimethylformamide	12.14	24.7
<i>n</i> -Propyl alcohol	11.97	24.9
Ethyl alcohol	12.92	26.2
Dimethyl sulfoxide	12.93	26.4
<i>n</i> -Butyl alcohol	11.30	28.7
Methyl alcohol	14.28	29.7
Propylene glycol	14.80	30.7
Ethylene glycol	16.30	34.9
Glycerol	21.10	36.2
Water	23.5	48.0

Tablo 4.2 Polimerler için Hildebrand çözünlük parametreleri (Ebnesajjad, 2008)

Polymer	Solubility Parameter (cal/cm ³) ^{1/2}
Polytetrafluoroethylene	6.2
Polydimethyl siloxane	7.3–7.6
Butyl rubber	7.7
Polyethylene	7.9–8.1
Polyurethane	10.0
Polystyrene	9.1
Neoprene	8.2–9.4
Polyvinyl acetate	9.4
Polymethyl methacrylate	9.3
Polyvinyl chloride	9.5–9.7
Epoxy	9.7–10.9
Polyethylene terephthalate	10.7
Phenolic resin	11.5
Polyvinylidene chloride	12.2
Nylon 6,6	13.6
Polybutadiene	8.4
Phenol-formaldehyde	11.5

4.3 Çözücüyle Yapıştırma İşlemini Etkileyen Faktörler

4.3.1 Çözünürlüğün Yapıştırma İşlemine Etkileri

Çözücüyle yapıştırma işlemi, moleküller arası kuvvetlerin düşük olduğu polimerlere karşı çok etkin bir yöntemdir. Düşük kristallik derecesine sahip ya da amorf polimerler çoğu çözücü içerisinde daha rahat çözünürler. Aynı zamanda düşük molekül ağırlıklı polimerler ve daha az çapraz bağlara sahip moleküller çözücüler içerisinde daha kolay çözünmektedirler. Polimerler aynı polarlık derecesindeki çözücüler içerisinde daha fazla çözünmektedirler, yani genellikle polar bir polimer ile polar bir çözücü, polar olmayan bir polimerle de polar olmayan bir çözücü daha etkin sonuçlar vermektedir. Polimerlerin çözünlükleri, polimerin çözünlük derecesi ile çözücünün çözünlük derecesi arasındaki fark 0,5'ten daha az olduğunda çok daha iyi sonuçlanmaktadır. Aynı türden olmayan polimerlerde, bu polimerlerin çözünlük dereceleri ile eşleşen bir çözücü ile bir araya getirilip yapıştırılabilirler.

4.3.2 Gerilim Çatlama Olayı

Çoğu plastik parçalar kısa vadede oluşan ve malzemenin mekanik dayanımından daha düşük gerilmeler sonucunda gerilim çatlama maruz kalabilmektedirler. Termosetler, polifenilen sülfid, polivinil klorür ve polietilen gibi plastikler gerilim çatlama karşı dirençli plastiklerdir. Akrilikler, polistiren, stiren akrilonitril, akrilonitril bütadien stiren gibi plastikler ise gerilim çatlama daha eğilimli plastiklerdir. Ketonlar, esterler ve aromatik hidrokarbon gibi çözücüler gerilim çatlama neden olan çözücülerdir. Gerilim çatlama olayı, kalıplama koşulları, işleme operasyonları ya da ısı ile şekillendirme sırasında meydana gelebilen bir olaydır.

Gerilim çatlama sebepleri olabilecek olaylardan biri de yapışma yüzeyinin dışında oluşan yüksek gerilimdir. Farklı ısı genleşme katsayısına sahip iki parçanın yapıştırılması, parça yüksek ve ya düşük sıcaklıklara maruz kaldığında gerilim çatlama sebebiyet verebilmektedir.

Çözücüyle yapıştırma olayında ise, esnek bir plastikten daha rijit bir plastiğe akışkanlaştırıcı geçişi sonucunda çözücü çeşidine de bağlı olarak parçalar üzerinde gerilme çatlakları oluşabilmektedir. Bu çatlama önlemek için aynı rijitlikteki ya da aynı esneklikteki plastiklerin birbirine yapıştırılmaları gerekmektedir. (Ebnesajjad, 2008)

4.4 Çözücüyle Yapıştırma İşleminin Kendine Özgü Durumları

Çözücüyle yapıştırma işlemi termoplastik malzemeler için en ekonomik ve basit birleştirme yöntemlerinden birisidir. Çözücüyle yapıştırma işleminde yüksek yapışma dayanım değerlerine ulaşılabilir. Bu dayanım değerini etkileyen unsurlar olarak çözücünün buharlaşma süresi, çözücünün uygulanma aşamaları, operatör hassasiyeti gösterilebilir. Bu proses diğer birleştirme yöntemlerine nispeten daha yavaş bir süreçtir.

Çözücüyle yapıştırma prosesinde çevresel faktörler ve güvenlik önlemleri göz önünde bulundurulmalıdır. Çünkü çoğu çözücü yanıcı özelliğe sahip veya zehirlidir. Bu da yapıştırma işlemi uygulanırken çözücülerin bu özelliklerinin göz önünde bulundurulması zorunluluğunu ortaya çıkarmaktadır. Geniş yüzeylerin yapıştırılması ya da yüksek hacimli üretim söz konusu olduğunda yapıştırma işleminin yapılacağı yerin havalandırmasının bu işlem için uygun olarak düşünülmesi gerekmektedir. Ancak çözücüyle yapıştırma işlemi genellikle küçük üretim hacimleri için ve elle yapılan bir işlemdir.

Aynı cins olmayan termoplastikler, eğer ortak bir çözücü kullanmak mümkün değilse farklı çözücüler kullanılarak veya çözücü karışımları kullanılarak yapıştırılabilmektedir. Ancak farklı cinsten plastiklerin birleştirilmesinde genellikle çözücü ile plastiğin uyum sorunundan dolayı yapışkanla yapıştırma tercih edilmektedir. İki farklı polimerin yapıştırılması işleminde çözücü yapışkanları iç gerilmeleri dengeleyecek yeterlilikte esnekliğe sahip değilken geleneksel yapıştırıcılarda aynı durum söz konusu değildir.

Çözücü ile yapıştırmanın en büyük dezavantajlarından olan gerilme çatlamasının önüne geçmek için parça ısı çarpılma sıcaklığının biraz altında bir sıcaklığa kadar tavlmalıdır. Böylece parçadaki iç gerilmeler azalacak ve gerilme çatlaması olayında da gözle görülür bir azalma fark edilecektir. Tavlama süresi tüm parça homojen bir şekilde tavlama sıcaklığına gelinceye kadar uzun tutulmalıdır. (Anonim, 2004)

4.5 Çözücüyle Yapıştırma İşleminin Uygulanma Yöntemleri

Çözücüleri veya çözücü karışımlarını uygulamak için birçok yöntem mevcuttur. Bu yöntemler arasında püskürtme, fırçalama, ovalama gibi yöntemler gösterilebilir. Ancak en çok kullanılan iki yöntem kapiler uygulaması ve daldırma yöntemidir.

4.5.1 Kapiler yöntemi

Bu yöntemde çözücü maddenin düşük viskozitesinden yararlanılarak kapiler hareket sayesinde yapışma bölgesine akışı mevcuttur. Yöntem genellikle küçük parçalar için ve oldukça kısa yapışma bölgeleri için kullanılmaktadır. Çözücü sondalı tüplerle ya da şırınga ile uygulanmaktadır. Bu yöntemde dikkat edilmesi gereken en önemli şey parçaların en ufak bir boşluk olmadan bir araya getirilmesidir.

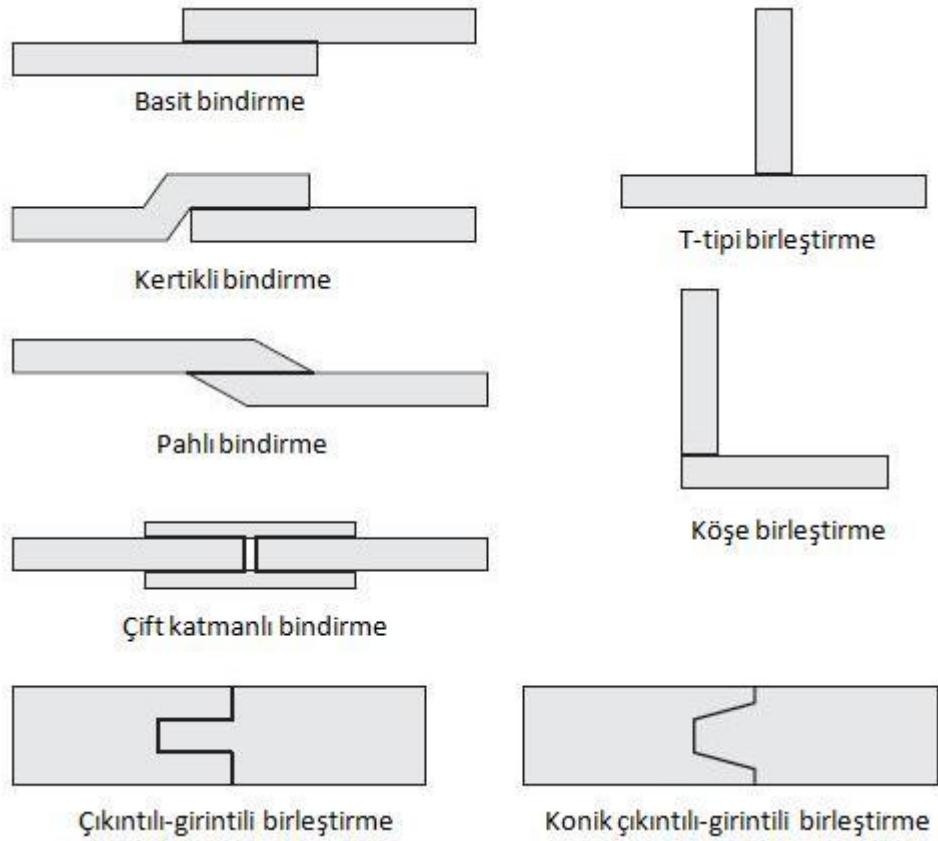
4.5.2 Daldırma Yöntemi

Bu yöntemde adından da anlaşılacağı gibi plastik malzemeler çözücünün bulunduğu bir kabın içerisine daldırılmaktadır. Daldırma yönteminde dikkat edilmesi gereken şey ise sadece yapışacak bölgelerin çözücüye daldırılmasıdır. Diğer kısımların çözücüyle teması zayıf ve yavaş oluşan bir birleşme oluşturacaktır. Bunun önüne geçmek için yapışma bölgesinin dışında kalan kısımlar maskelenerek çözücü ile teması engellenebilir.

Parçalar çözücü içerisinde genellikle 20–30 saniye arasında bekletilir, ancak bu bekletme süresi parçanın et kalınlığı arttıkça artmaktadır. Bu yöntemin ana dezavantajlarından biri çözücünün açık bir kaptaki bulunması ve etrafa keskin kokulu, zehirli gaz yayabilme ihtimalidir.

4.6 Birleştirme Tipleri

Çözücüyle yapıştırma prosesinde birçok birleştirme tipi mevcuttur. Aşağıda Şekil 4.1’de gösterilen birleşme tipleri bunlardan bazılarıdır. Birleşme yüzeylerinin alanları arttırılarak malzemelerin birleşme dayanımı arttırılabilmektedir. Bu birleşme türlerinden T tipi birleşme, köşe birleştirme ve alın birleştirme yöntemleri et kalınlığı ile sınırlı olduğundan dolayı çok tavsiye edilen birleşme tipleri değildir.



Şekil 4.1 Birleştirme tipleri

4.7 Yapıştırma Parametreleri

Çözücüyle yapıştırma prosesi termoplastikleri birleştirme bakımından en iyi yöntemlerden biridir. Fakat bu yöntemde birleşme yüzeylerine uygulanacak çözücü miktarının az olması ya da fazla olması durumunda birleşme dayanımı azalabilmektedir. Eğer aşırı miktarda çözücü uygulanırsa malzeme yüzeyindeki çözücü montajdan önce buharlaşabilir ve bu da birleşme mukavemetinin azalmasına neden olabilir. Çözücü uygulanması sırasında, çözücünün polimer yüzeyine yayılması ve fazlalık çözücünün buharlaşması için yeterli zamana ihtiyaç duyulmaktadır. Malzemelerin yüzeylerinin kuruluğundan emin olmak ve çözücünün yüzeye daha hızlı yayılmasını sağlamak adına parçalara ön ısıtma işlemi uygulanabilir. Ancak yüzey çok sıcak olursa malzemeye yüzeyine uygulanan çözücü parçalar birleştirilmeden önce kuruyabilir ve yapıştırma işlemi başarısız olabilir.

Birleştirme işleminden sonra ısı veya vakum uygulaması, ya da her ikisinin birlikte uygulanması çözücünün yüzeyi terk etmesini hızlandırabilir, artık çözücü miktarının azalmasını sağlayabilir ve yüzeydeki dayanım azalmasını minimize edebilir. Ancak bu işlemler parça üretim maliyetini arttıracığından genellikle uygulanmamaktadır, bunun yerine çevre koşullarında birleştirme işlemi tercih edilmektedir. (Troughton, 2008)

4.8 Bazı Polimerler İçin Uygun Çözücüler

4.8.1 *Akrilonitril Bütadien Stiren(ABS)*

Akrilonitril bütadien stiren polimeri için uygun olan bazı çözücüler; metil etil keton, metil izobütül keton, metilen klorit ve aseton'dur. Bu çözücüler tek başlarına kullanılabilceği gibi birbirleriyle uygun oranlarda karıştırılarak da kullanılabilirler. ABS polimerin hızlı yumuşayan bir polimer olmasından dolayı bu malzemelerin birleştirilmesi esnasında kullanılacak çözücü miktarı ve uygulanacak olan baskı kuvveti minimum olmalıdır. Çözücünün birleşme yüzeyinden tamamen kaybolması birkaç gün sürebilmektedir, buna rağmen tutunma dayanımı birkaç saat içinde oluşabilmektedir. Önerilen kürlenme süresi 12–24 saat arasında değişmektedir. ABS malzemedan üretilmiş boruların birleştirilmesinde sıkça çözücüyle yapıştırma yöntemine başvurulmaktadır. (Anonim, 2004)

4.8.2 *Stiren Akrilonitril(SAN)*

Stiren akrilonitril polimeri için uygun olan bazı çözücüler; metil etil keton, metilen klorit, etilen diklorit ve aseton'dur. ABS polimerinde olduğu gibi SAN polimeri de hızlı yumuşayan bir malzeme olduğundan dolayı yapıştırılacak yüzeylere aşırı miktarda çözücü uygulamak gerilim çatlakları oluşturabilmekte ve birleşme kalitesini azaltabilmektedir.

BÖLÜM BEŞ

PARÇA ÜRETİMİ VE DENEY AŞAMALARI

5.1 Plastik Enjeksiyon Yöntemiyle Parça Üretimi

Ham malzeme(granül) olarak tedarik edilen Akrilonitril bütadien stiren ve Stiren akrilonitril polimerleri plastik enjeksiyon yöntemi uygulanarak kaynak numuneleri ve çekme numuneleri üretilmiştir.

İlk olarak ham malzeme plastik enjeksiyon makinesinin besleyici kısmına aktarılmıştır. Besleyici kısmında aynı zamanda ABS ve SAN polimerlerinin kurutulma işlemi de gerçekleştirilmiştir. Bu kısımda kurutma işleminin yapılmasının nedeni ABS ve SAN polimerlerinin nem çekici özellikte olmasından kaynaklanmaktadır.

Kurutma işlemi yaklaşık olarak 2 saat boyunca 80°C' de uygulanmıştır. Kuruyan granüller besleyicinin kapağı açılarak sonsuz vida yardımıyla ısıtıcı birimlere doğru ilerlemiştir. Bu ısıtıcı birimler 3 bölgeden oluşmakta ve her bir bölgenin sıcaklığı ayarlanabilmektedir.

ABS polimeri için ilk bölgenin sıcaklığı 220°C, ikinci bölgenin sıcaklığı 225°C ve üçüncü bölgenin sıcaklığı 230°C, SAN polimeri içinse 225°C - 230°C - 235°C olmak üzere artan bir sıcaklık dağılımı uygulanmıştır. Bu bölgelerden geçerek eriyen granüller daha sonra enjeksiyon kısmının son bölgesi olan meme kısmına ulaşmaktadır.

Bu işlemlerin ardından ise meme kısmındaki erimiş ve plastikleşmiş malzeme şekillenmek üzere kalıplara basılmıştır. Burada mengene açma ve kapama ayarları ABS ve SAN polimerleri için uygun değerlere getirilmiştir. Enjeksiyon işleminden kalıplar bir araya gelmiştir, ardından erimiş malzeme kalıp içine basılmıştır.

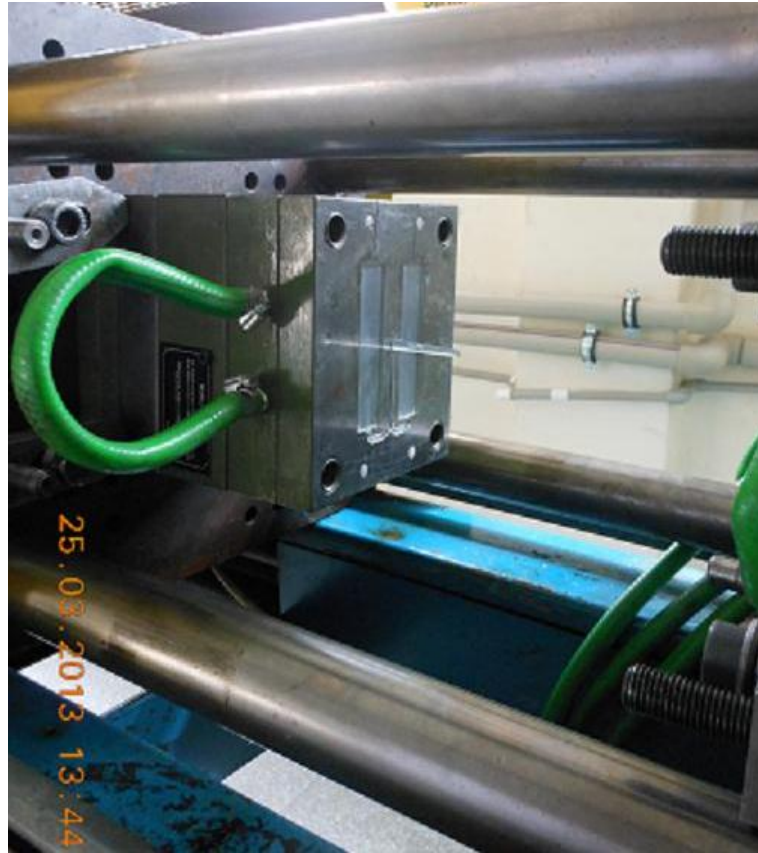


Şekil 5.1 Parça üretimi yapılan plastik enjeksiyon makinesinin genel görünüşü



Şekil 5.2 Enjeksiyon işleminin başlangıcı(kalıp kapalı pozisyonda)

Erimiş malzemenin kalıp içerisinde bekleme süresi ortalama 20 sn olarak belirlenmiştir. Soğuma işlemi süresince erimiş haldeki malzeme katılarak içine basıldığı kalıbın şeklini almıştır. Kaynak numunesi ve çekme numunesi için 2 ayrı kalıp kullanılmıştır. Malzeme kalıp içerisinde yeterli miktarda soğuduktan ve katılaştıktan sonra kalıp otomatik olarak açılmıştır. Kalıp yarılarının birbirinden ayrılmasının ardından itici pimler vasıtasıyla katılmış ABS ve SAN malzemeler kalıptan çıkarılmıştır.



Şekil 5.3 Parçanın soğuması sonrasında kalıbın ayrılması

5.2 Kaynaklı Bağlantılar

5.2.1 Sıcak Plaka Kaynağı Uygulanarak Parçaların Kaynatılması

Plastik enjeksiyon yöntemi kullanılarak üretilen parçalar sıcak plaka kaynağı yöntemiyle kaynaklanmıştır. Bu kaynaklı birleştirme yönteminde birçok parametre kullanılarak parçalar kaynatılmış ve ardından kaynak mukavemetini ölçmek için

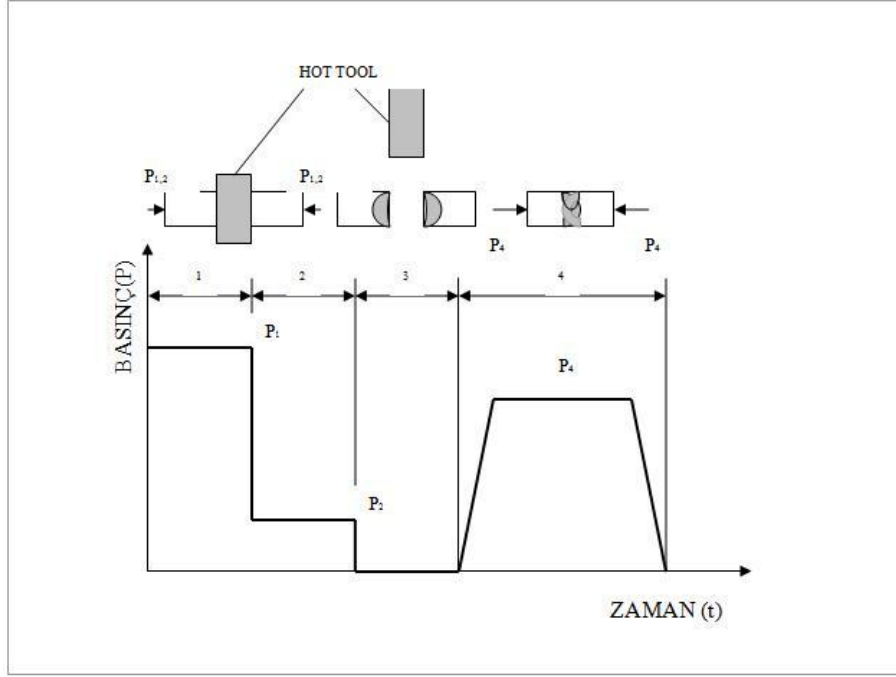
çekme testi uygulanmıştır. Parametreler fazla olduğundan dolayı, deney sayısını azaltmak ve optimum sonuçları elde etmek amacıyla Taguchi deney tasarımı kullanılmıştır.

Tablo 5.1 Sıcak plaka kaynak parametreleri

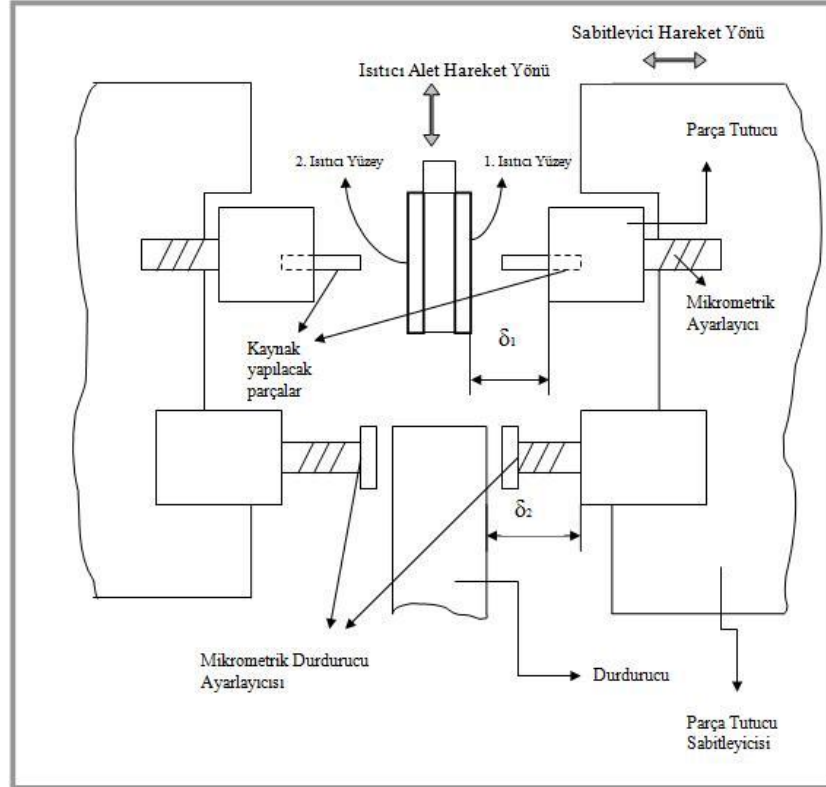
Seviyeler	Seviye 3	A3	B3	C3	D3							
	Seviye 2	A2	B2	C2	D2							
	Seviye 1	A1	B1	C1	D1							
Değişken Tanımları	Sıcaklıklar(°C)	Kaynak Mesafesi(mm)	Isıtma Süresi(sn)	Kaynak Süresi(sn)								
					Faktörler	A	B	C	D	Tekrarlar		
					Kolonlar				1	2	3	
Deney Numarası	1	1	1	1	1	N11	N12	N13				
	2	2	2	2	2	N21	N22	N23				
	3	3	3	3	3	N31	N32	N33				
	4	2	1	2	3	N41	N42	N43				
	5	2	2	3	1	N51	N52	N53				
	6	2	3	1	2	N61	N62	N63				
	7	3	1	3	2	N71	N72	N73				
	8	3	2	1	3	N81	N82	N83				
	9	3	3	2	1	N91	N92	N93				

Nij
N:Test Parçası
i:Deney Numarası
j:Tekrar Sayısı

Deneysel yöntemde parçaların kaynağı esnasında sıcak elemanın sıcaklığı, kaynak mesafesi, ısıtma süresi ve kaynak süresi parametreleri kullanılarak birçok deney numunesi elde edilmiştir. Sıcak plaka kaynağı uygulanacak parçalar kalıptan çıkarıldıklarında yaklaşık olarak 100mm boyundadırlar. Bu numunelerin boyu kaynak makinesine uygun olacak biçimde frezelenerek 96mm'ye düşürülmüştür. Daha sonra kaynak makinesi çalıştırılmış ve parametrelerin uygun değerleri sırasıyla makinenin nümerik kontrollü cihazına girilerek kaynak işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.4 Sıcak plaka kaynağı basınç zaman grafiği



Şekil 5.5 Sıcak plaka kaynak makinesi çalışma prensibi

5.2.2 Taguchi Deney Metodu ile Deney Yönteminin Tasarlanması

Alışlagelmiş deney tasarım metotları hem akademik çalışmalarda hem de endüstriyel uygulamalarda yeterince etkin olamamaktadır. Deney tasarımını etkileyen faktörlerin sayısı arttıkça sağlıklı sonuçlar elde edebilmek için yapılması gereken deney sayısı artmakta, deney süreleri uzamakta ve dolayısıyla maliyetler artmaktadır. Bu gibi durumlarda Taguchi metodu ile hazırlanan deney tasarımları daha etkin olmakta ve deney maliyetlerini düşürmektedir.

Taguchi deney yönteminde sonuçlar Sinyal/Gürültü(S/N) oranına çevrilerek değerlendirilmektedir. Bu oran değerlendirilirken deney sonucu elde edilmek istenen duruma göre en küçük S/N oranı, en büyük S/N oranı veya nominal S/N oranının en iyi olma durumları ortaya çıkmaktadır.

Taguchi deney metoduna göre hazırlanan deney setinde 3 seviyeli 4 farklı parametrelili L9 matrisi kullanılmıştır. Bu deneyler Taguchi deney tasarımı kullanılmadan yapılmak istenseydi 3 seviyeli 4 parametrenin etkilerini tam olarak belirleyebilmek için $3^4=81$ deney yapılmak zorundaydı. Bu deney adetlerini tekrar sayısı ile çarptığımızda da karşımıza hem zaman hem de maliyet açısından dezavantajlı bir durum çıkmış olacaktı. Ancak Taguchi deney metoduna göre tasarlanan deney setlerine göre L9 matrisi kullanılarak bir malzeme çeşidi için 9 adet deney tasarımı yeterli olmaktadır.

Deney tasarımındaki parametrelerden birisi olan sıcaklık parametresi, sıcak plakanın sıcaklığını belirtmektedir. Kaynak mesafesi parametresi ise sıcak plaka tarafından ertilecek malzemenin boyunu belirtmektedir. Yine parametrelerden biri olan ısıtma süresi plastik malzemelerin sıcak plaka ile temasta olacağı süreyi ifade etmektedir. En son parametre olan kaynak süresi ise iki plastik malzemenin alın altına geldikten sonra belli bir basınç altında sıkıştırıldıkları süreyi belirtmektedir.

5.2.2.1 Taguchi Deney Tasarımı Aşamaları

Taguchi deneysel tasarım aşamasında izlenen adımlar;

1. Değerlendirilecek faktörlerin belirlenmesi,
2. Faktör seviyelerinin belirlenmesi,
3. Uygun matris seçiminin belirlenmesi,
4. Faktörlerin deney düzenindeki kolonlara yerleştirilmesi,
5. Deneylerin daha önceki adımlarda belirlenen şekilde gerçekleştirilmesi,
6. Sonuçların analiz edilmesi,
7. Doğrulama testlerinin uygulanması.

Tablo 5.2 Taguchi deneysel metodu L9 matrisi

	A	B	C	D
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

Deneyler 3 seviyeli, 4 faktörlü L9 ortogonal matrisine uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Her bir deney setinde aynı parametrelerle 3 tekrarlı olarak deneyler gerçekleştirilmiş optimum parametrelerin elde edilmesi amaçlanmıştır.

5.2.3 Çekme Testi

Çekme deneyi malzemelerin mukavemet özelliklerini hesaplamak ve malzemeleri özelliklerine göre sınıflandırmak amacıyla statik olarak uygulanan bir mekanik test

çeşididir. Bu deneyde standartlara göre hazırlanmış çekme numunesi belirli bir hız ve sabit sıcaklıkta koparılmaya kadar çekilerek malzemenin mekanik özellikleri incelenmektedir.

Deneyler 100kN'luk Shimadzu çekme cihazında 5mm/dak çekme hızında gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışma sürecinde sıcak plaka kaynağı uygulanmış parçalara çekme testi uygulanmış ve numunelerin kaynak mukavemetleri incelenmiştir. Sıcak plaka kaynağı yöntemi ile birleştirilen ABS-ABS, SAN-SAN ve ABS-SAN kaynak numunelerine ait çekme dayanımı ve uzama grafikleri aşağıdaki şekillerde verilmiştir.



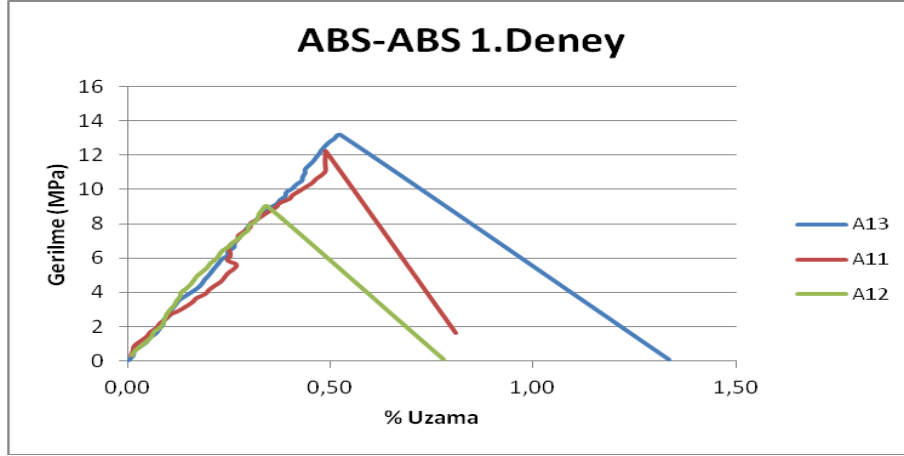
Şekil 5.6 Çekme cihazı

5.2.3.1 ABS-ABS Çekme Deneyi Sonuçları

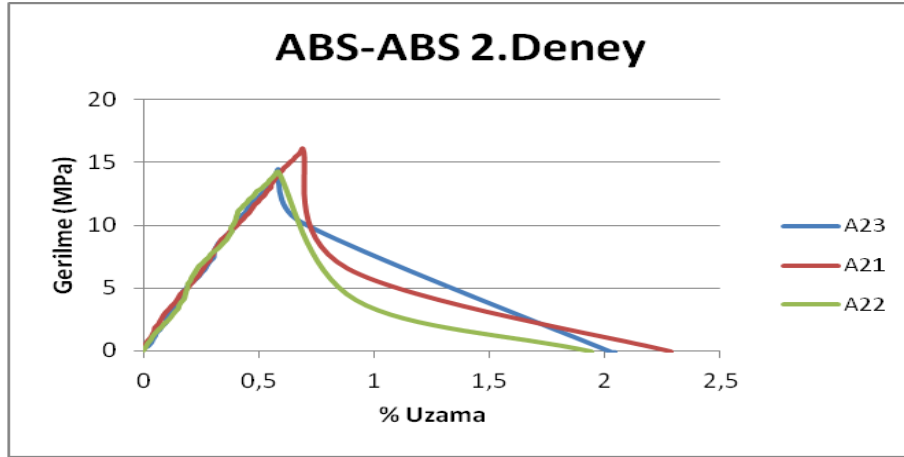
Taguchi deney metoduna göre hazırlanan ABS polimerlerinin birbirleriyle kaynaklanması sonucu elde edilen gerilme ve % uzama grafikleri aşağıdaki gibidir. Her bir deney seti için 3 adet numune kaynaklanmıştır ve bu kaynaklı parçaların gerilme - uzama eğrileri aynı grafik üzerinde üst üste bindirilerek gösterilmiştir. Örneğin grafikler üzerindeki eğrilerden A12 yazımında A harfi ABS-ABS kaynağını, 1 rakamı deneyin birinci deney seti olduğunu, 2 rakamı ise 4 adet numuneden ikinci sırada olan numuneyi ifade etmektedir.

Tablo 5.3 ABS-ABS polimeri için Taguchi deney tasarımı

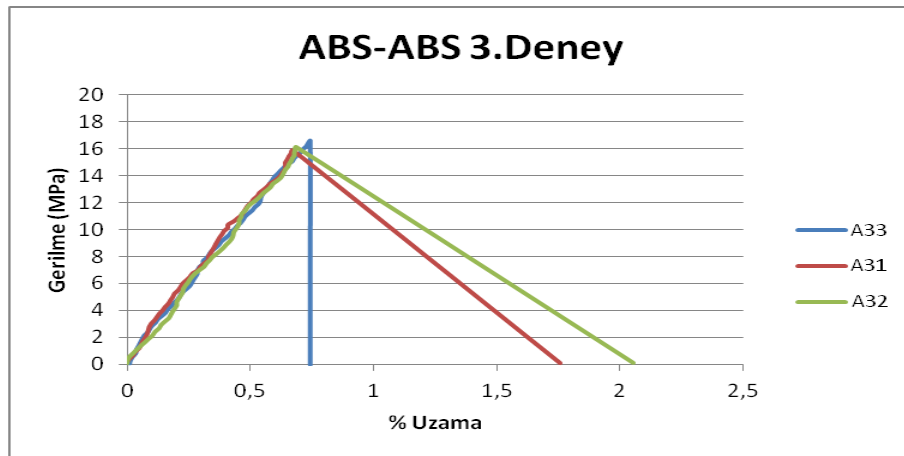
Seviyeler	Seviye 3	240°C	1,5	30	20	ABS-ABS Deney Tasarımı ve Sonuçları			
	Seviye 2	230°C	1	25	15				
	Seviye 1	220°C	0,5	20	10				
Değişken Tanımları	Sıcaklıklar	Kaynak Mesafesi(mm)	Isıtma Süresi(sn)	Kaynak Süresi(sn)	Tekrarlar				
					Faktörler	A	B	C	D
					Kolonlar				1
Deney Numarası	#1	1	1	1	1	A11	A12	A13	
	#2	1	2	2	2	A21	A22	A23	
	#3	1	3	3	3	A31	A32	A33	
	#4	2	1	2	3	A41	A42	A43	
	#5	2	2	3	1	A51	A52	A53	
	#6	2	3	1	2	A61	A62	A63	
	#7	3	1	3	2	A71	A72	A73	
	#8	3	2	1	3	A81	A82	A83	
	#9	3	3	2	1	A91	A92	A93	



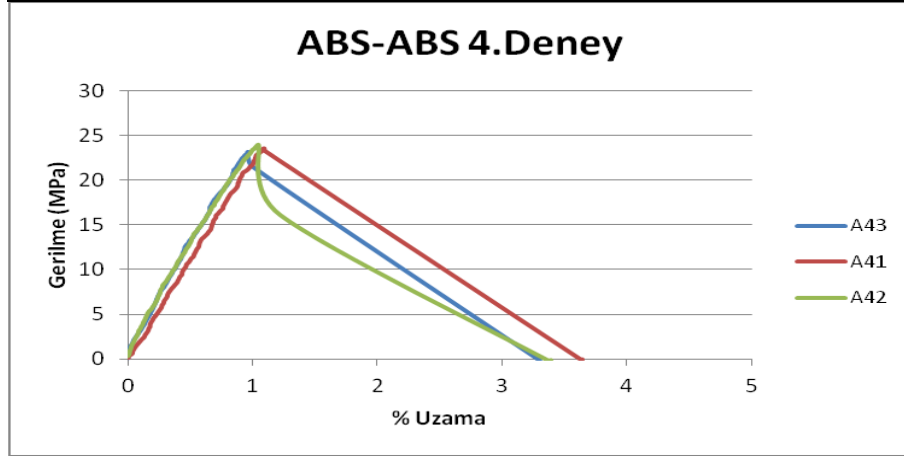
Şekil 5.7 ABS-ABS 1. deney seti gerilme-uzama grafiği



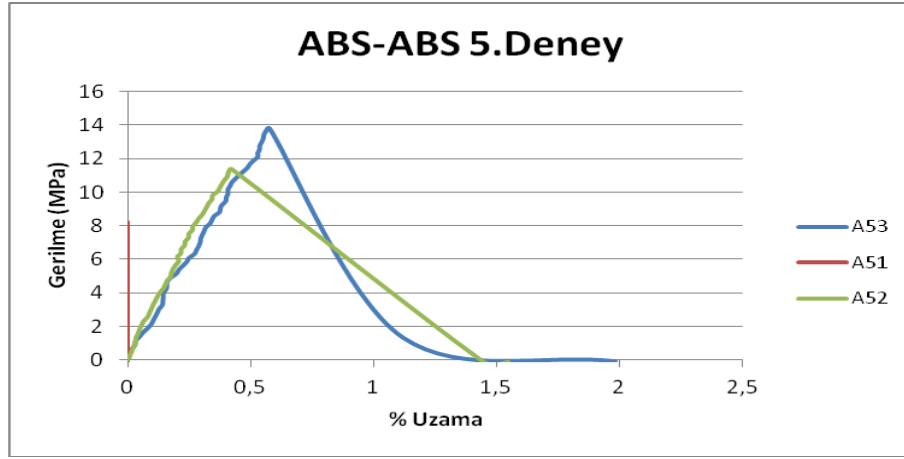
Şekil 5.8 ABS-ABS 2. deney seti gerilme-uzama grafiği



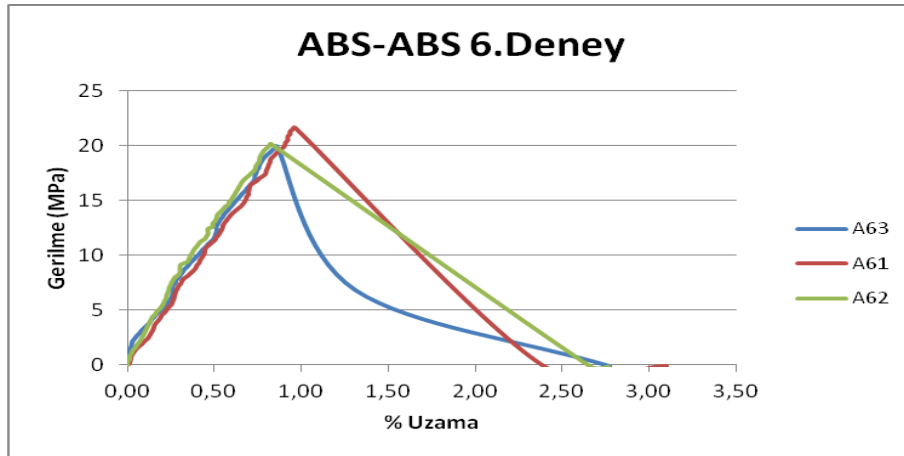
Şekil 5.9 ABS-ABS 3. deney seti gerilme-uzama grafiği



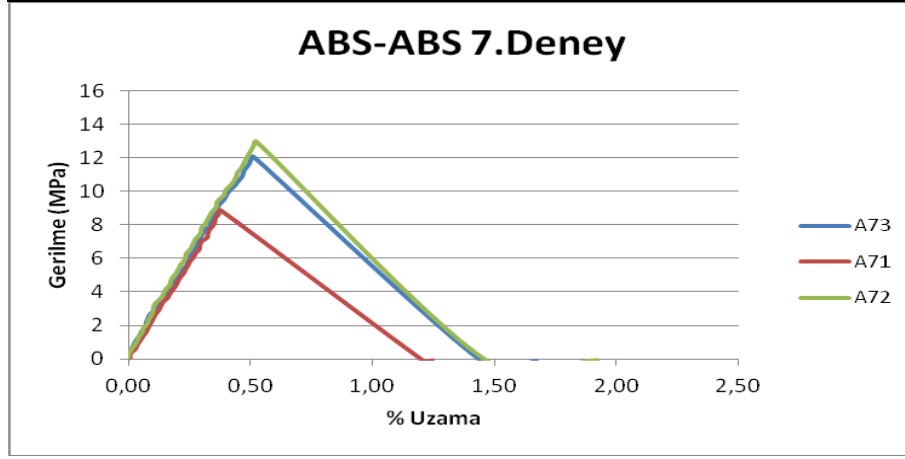
Şekil 5.10 ABS-ABS 4. deney seti gerilme-uzama grafiği



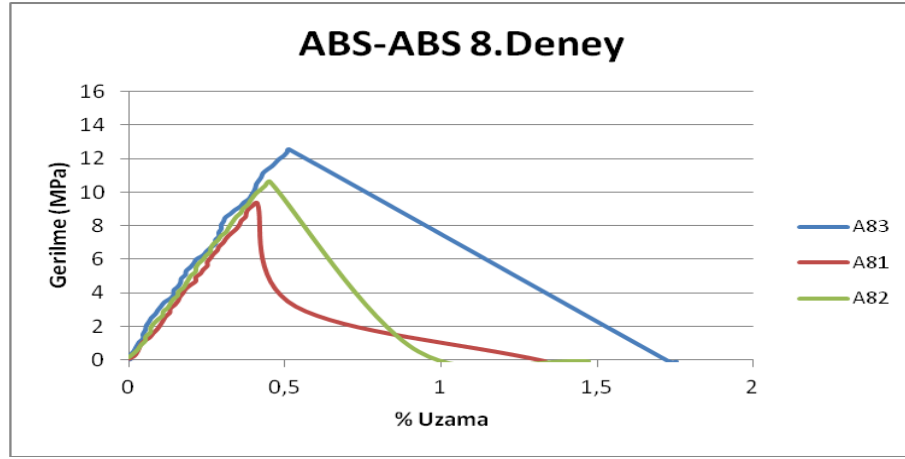
Şekil 5.11 ABS-ABS 5. deney seti gerilme-uzama grafiği



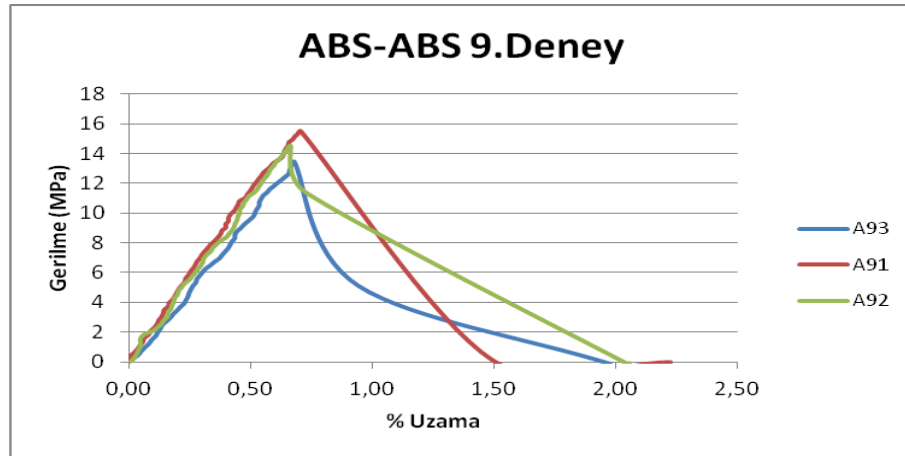
Şekil 5.12 ABS-ABS 6. deney seti gerilme-uzama grafiği



Şekil 5.13 ABS-ABS 7. deney seti gerilme-uzama grafiği



Şekil 5.14 ABS-ABS 8. deney seti gerilme-uzama grafiği



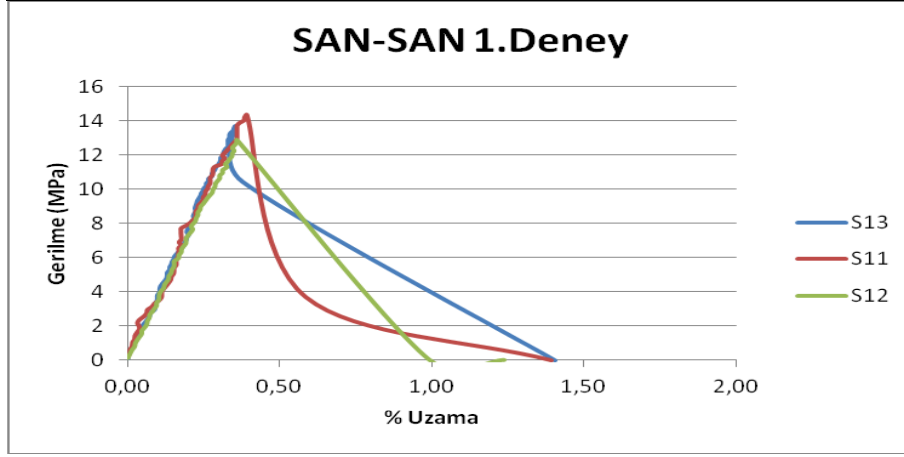
Şekil 5.15 ABS-ABS 9. deney seti gerilme-uzama grafiği

5.2.3.2 SAN-SAN Çekme Deneyi Sonuçları

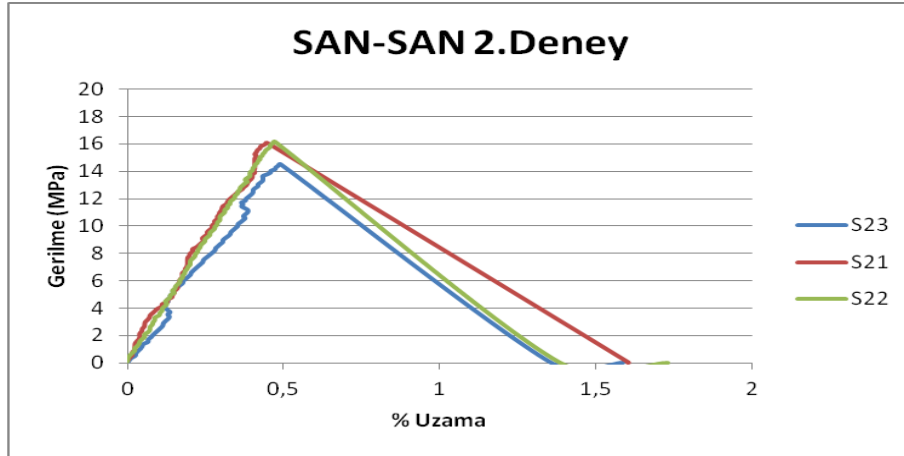
Taguchi deney metoduna göre hazırlanan SAN polimerlerinin birbirleriyle kaynaklanması sonucu elde edilen gerilme ve % uzama grafikleri aşağıdaki gibidir. Her bir deney seti için 3 adet numune kaynaklanmıştır ve bu kaynaklı parçaların gerilme - uzama eğrileri aynı grafik üzerinde üst üste bindirilerek gösterilmiştir. Bu malzeme türü içinde ABS malzemesi ile aynı kodlama sistemi kullanılmıştır. Buradaki tek fark ABS malzeme için A harfi kullanılırken SAN malzeme için S harfinin kullanılmasıdır.

Tablo 5.4 SAN-SAN polimeri için Taguchi deney tasarımı

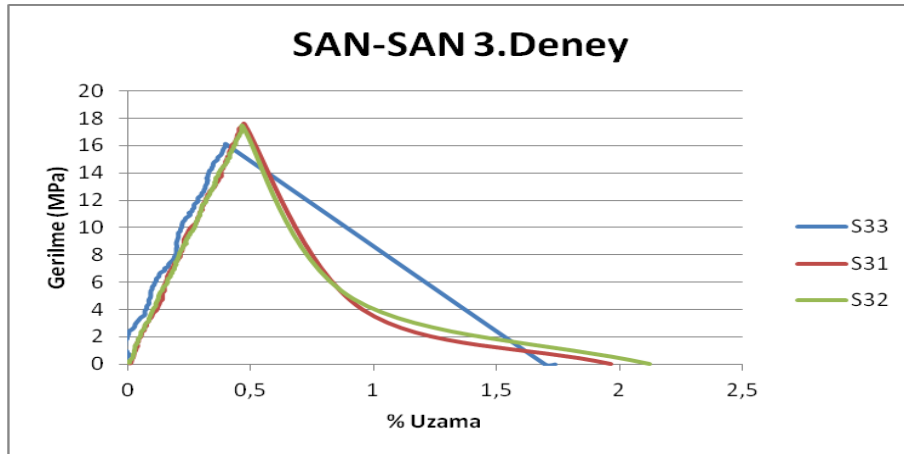
Seviyeler	Seviye 3	250°C	1,5	30	20	SAN-SAN Deney Tasarımı ve Sonuçları			
	Seviye 2	240°C	1	25	15				
	Seviye 1	230°C	0,5	20	10				
Değişken Tanımları	Sıcaklıklar	Kaynak Mesafesi(mm)	Isıtma Süresi(sn)	Kaynak Süresi(sn)	Tekrarlar				
					Faktörler	A	B	C	D
					Kolonlar				1
Deney Numarası	#1	1	1	1	1	S11	S12	S13	
	#2	1	2	2	2	S21	S22	S23	
	#3	1	3	3	3	S31	S32	S33	
	#4	2	1	2	3	S41	S42	S43	
	#5	2	2	3	1	S51	S52	S53	
	#6	2	3	1	2	S61	S62	S63	
	#7	3	1	3	2	S71	S72	S73	
	#8	3	2	1	3	S81	S82	S83	
	#9	3	3	2	1	S91	S92	S93	



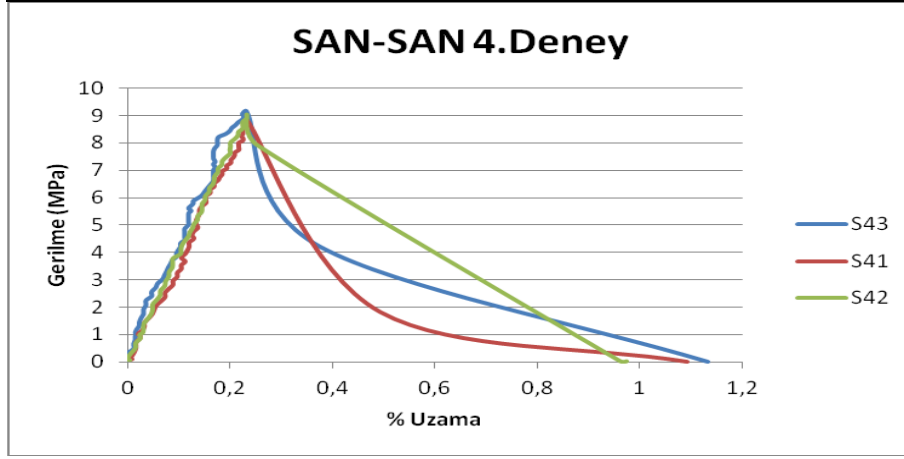
Şekil 5.16 SAN-SAN 1. deney seti gerilme-uzama grafiği



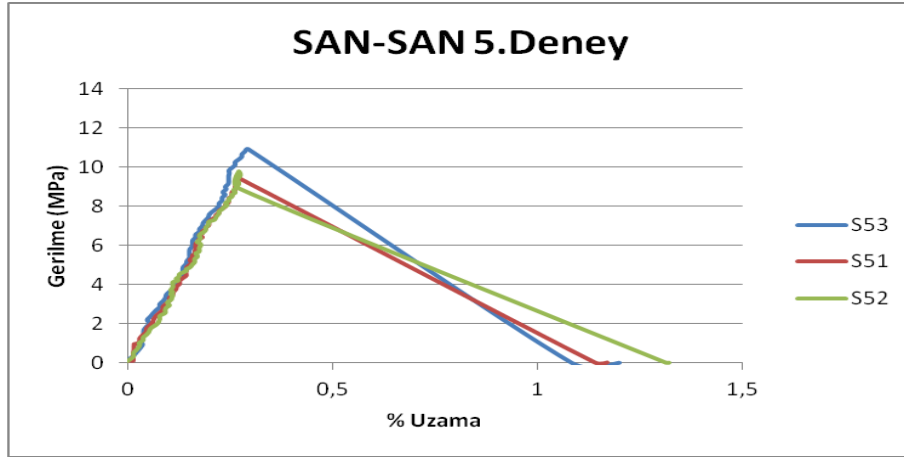
Şekil 5.17 SAN-SAN 2. deney seti gerilme-uzama grafiği



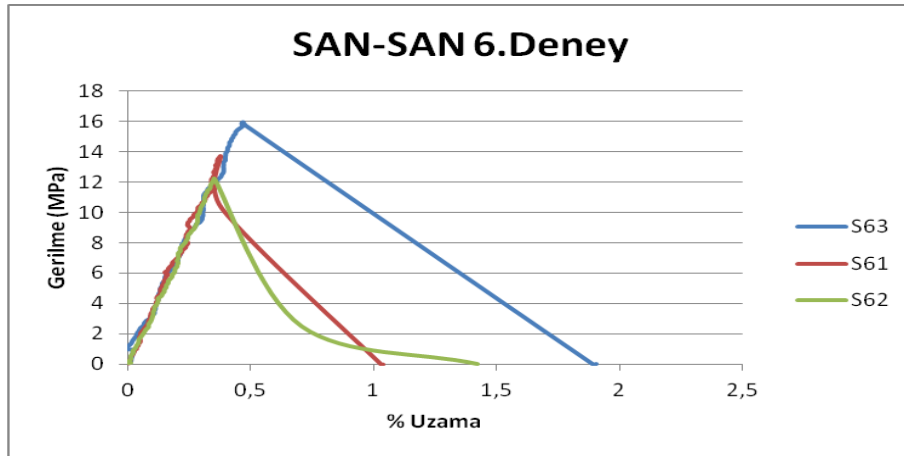
Şekil 5.18 SAN-SAN 3. deney seti gerilme-uzama grafiği



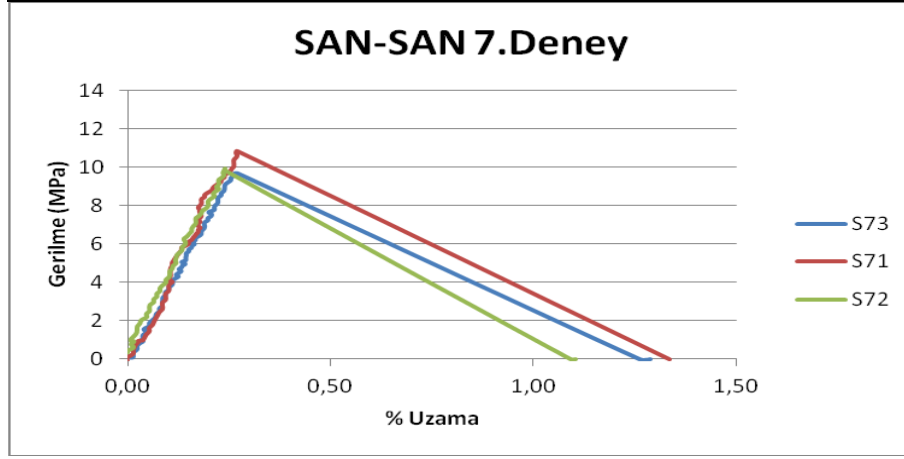
Şekil 5.19 SAN-SAN 4. deney seti gerilme-uzama grafiği



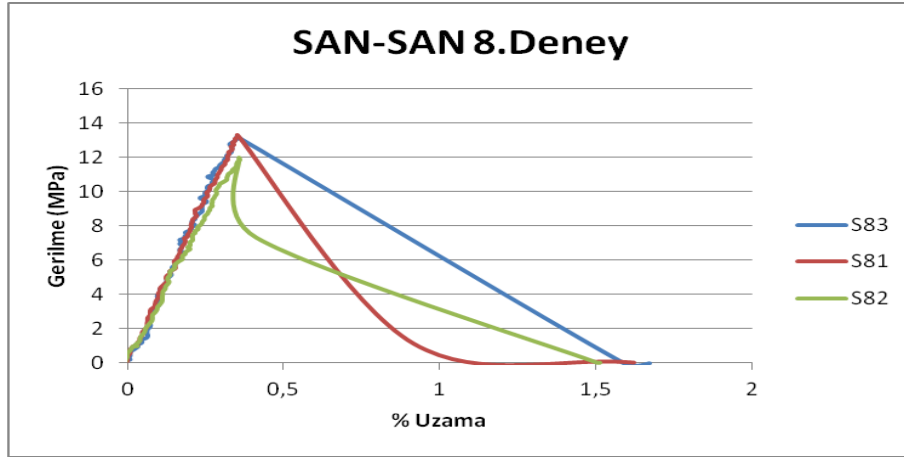
Şekil 5.20 SAN-SAN 5. deney seti gerilme-uzama grafiği



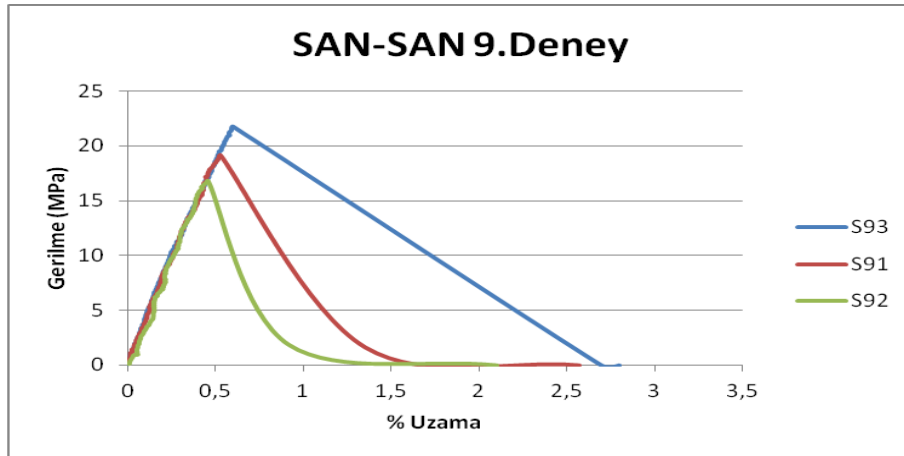
Şekil 5.21 SAN-SAN 6. deney seti gerilme-uzama grafiği



Şekil 5.22 SAN-SAN 7. deney seti gerilme-uzama grafiği



Şekil 5.23 SAN-SAN 8. deney seti gerilme-uzama grafiği



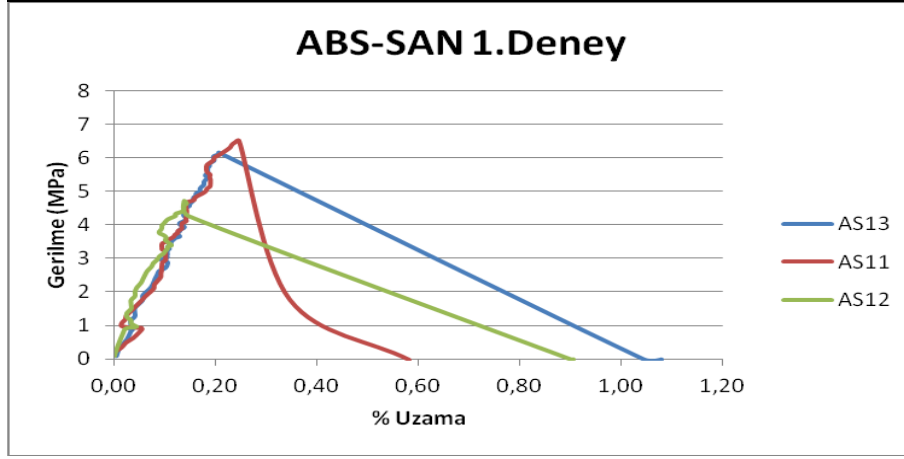
Şekil 5.24 SAN-SAN 9. deney seti gerilme-uzama grafiği

5.2.3.3 ABS-SAN Çekme Deneyi Sonuçları

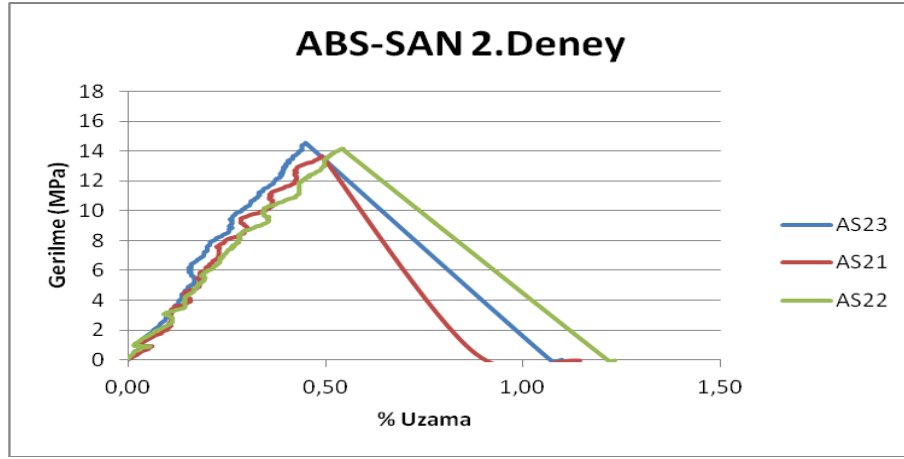
Taguchi deney metoduna göre hazırlanan ABS ve SAN polimerlerinin birbirleriyle kaynaklanması sonucu elde edilen gerilme ve % uzama grafikleri aşağıdaki gibidir. Her bir deney seti için 3 adet numune kaynaklanmıştır ve bu kaynaklı parçaların gerilme - uzama eğrileri aynı grafik üzerinde üst üste bindirilerek gösterilmiştir. Bu malzeme türü için ABS ve SAN malzemeleri ile aynı kodlama sistemi kullanılmıştır. Burada ABS ve SAN malzemelerinin kaynak kodu olarak AS harfleri kullanılmıştır.

Tablo 5.5 ABS-SAN polimeri için Taguchi deney tasarımı

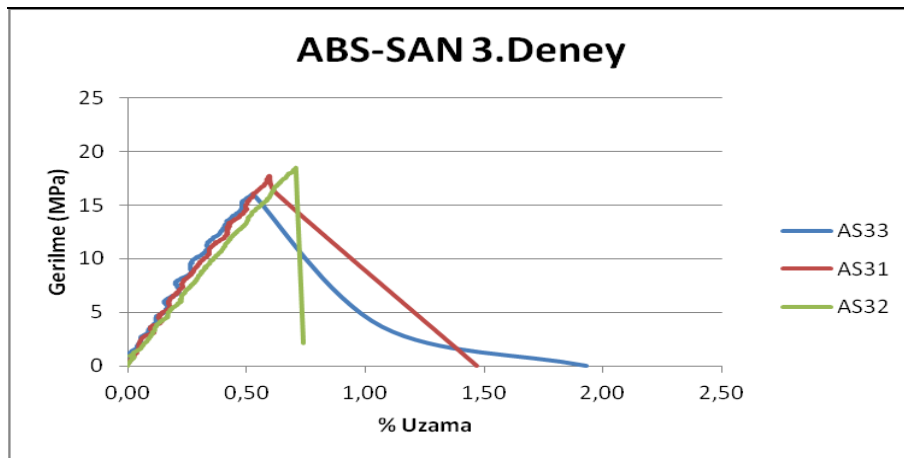
Seviyeler	Seviye 3	(240-250)°C	1,5	30	20	ABS-SAN Deney Tasarımı ve Sonuçları			
	Seviye 2	(230-240)°C	1	25	15				
	Seviye 1	(220-230)°C	0,5	20	10				
Değişken Tanımları	Sıcaklıklar	Kaynak Mesafesi(mm)	Isıtma Süresi(sn)	Kaynak Süresi(sn)	Tekrarlar				
					Faktörler	A	B	C	D
					Kolonlar				1
Deney Numarası	#1	1	1	1	1	AS11	AS12	AS13	
	#2	1	2	2	2	AS21	AS22	AS23	
	#3	1	3	3	3	AS31	AS32	AS33	
	#4	2	1	2	3	AS41	AS42	AS43	
	#5	2	2	3	1	AS51	AS52	AS53	
	#6	2	3	1	2	AS61	AS62	AS63	
	#7	3	1	3	2	AS71	AS72	AS73	
	#8	3	2	1	3	AS81	AS82	AS83	
	#9	3	3	2	1	AS91	AS92	AS93	



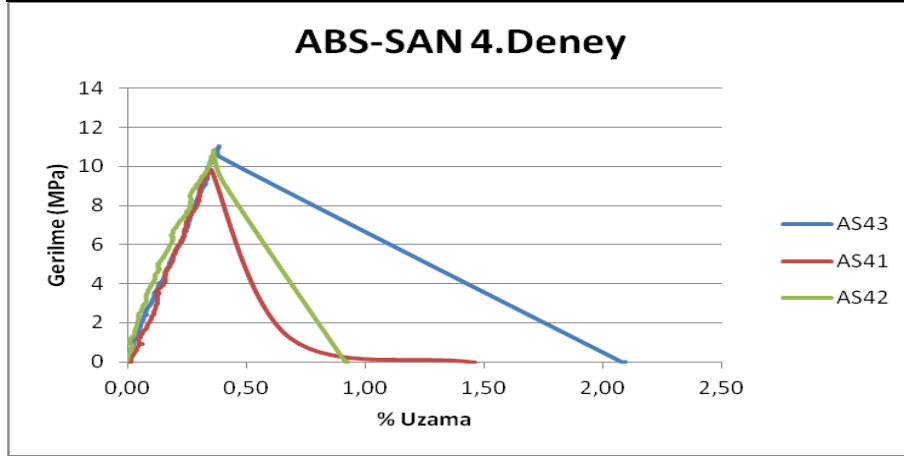
Şekil 5.25 ABS-SAN 1. deney seti gerilme-uzama grafiği



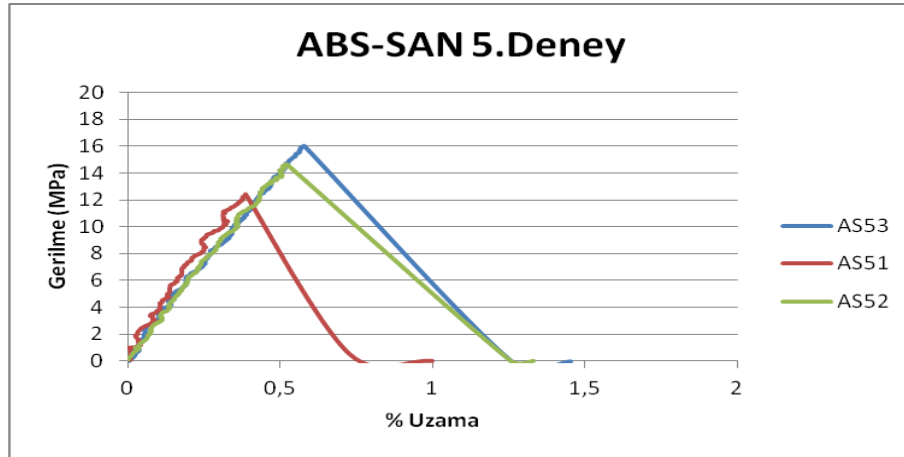
Şekil 5.26 ABS-SAN 2. deney seti gerilme-uzama grafiği



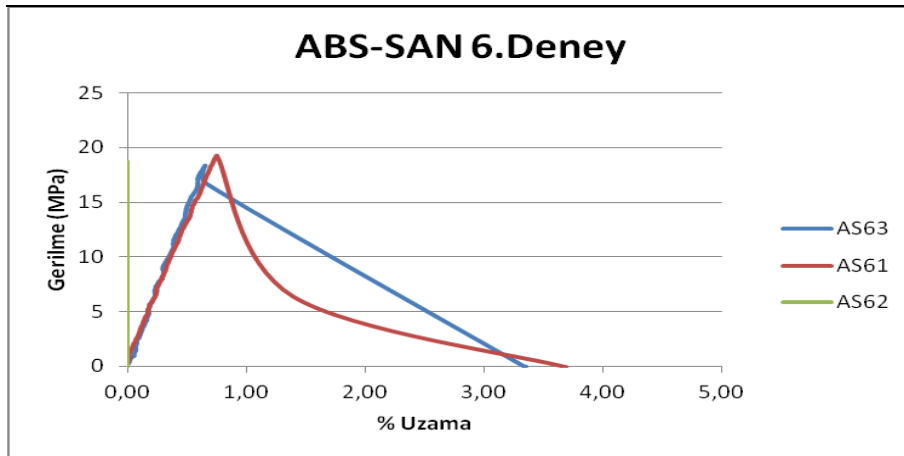
Şekil 5.27 ABS-SAN 3. deney seti gerilme-uzama grafiği



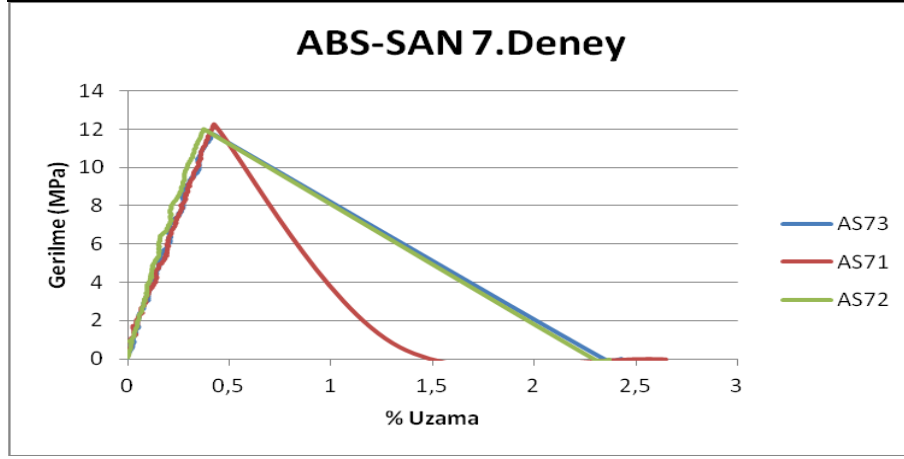
Şekil 5.28 ABS-SAN 4. deney seti gerilme-uzama grafiği



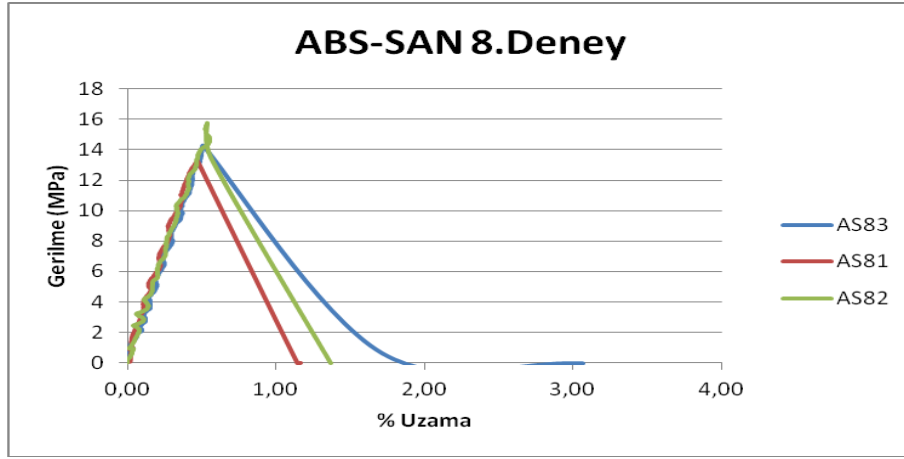
Şekil 5.29 ABS-SAN 5. deney seti gerilme-uzama grafiği



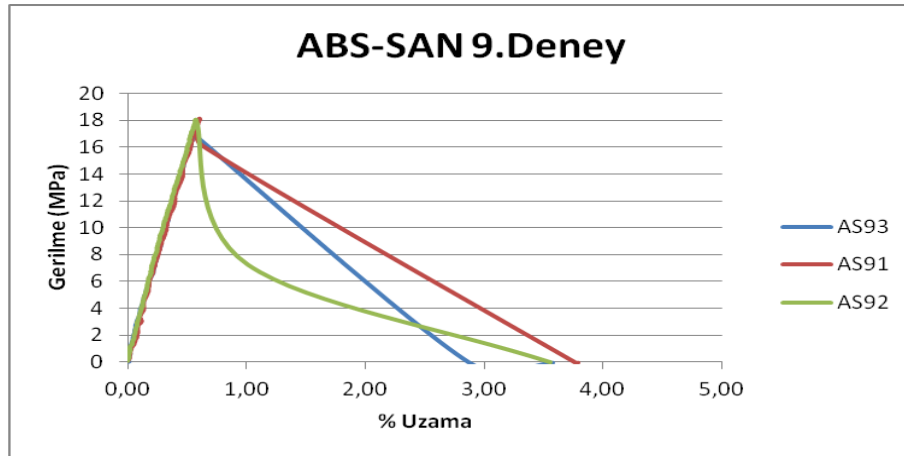
Şekil 5.30 ABS-SAN 6. deney seti gerilme-uzama grafiği



Şekil 5.31 ABS-SAN 7. deney seti gerilme-uzama grafiği



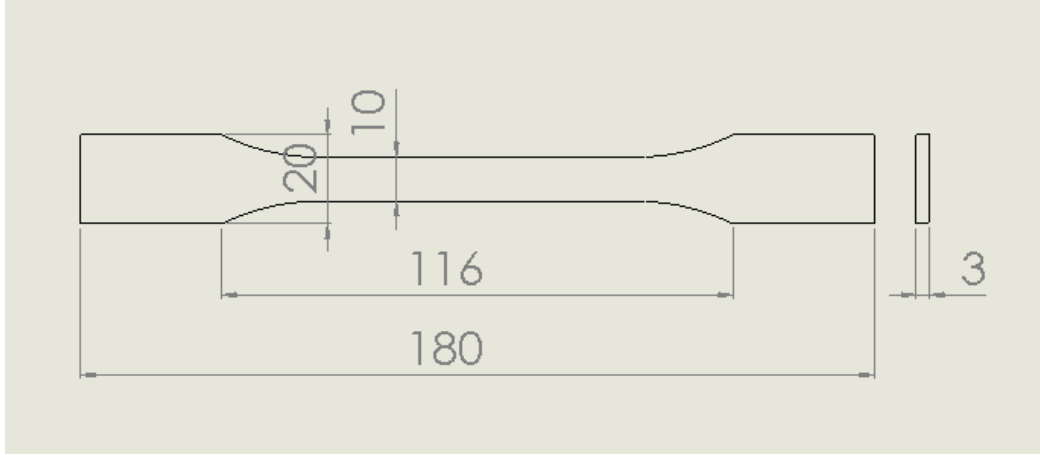
Şekil 5.32 ABS-SAN 8. deney seti gerilme-uzama grafiği



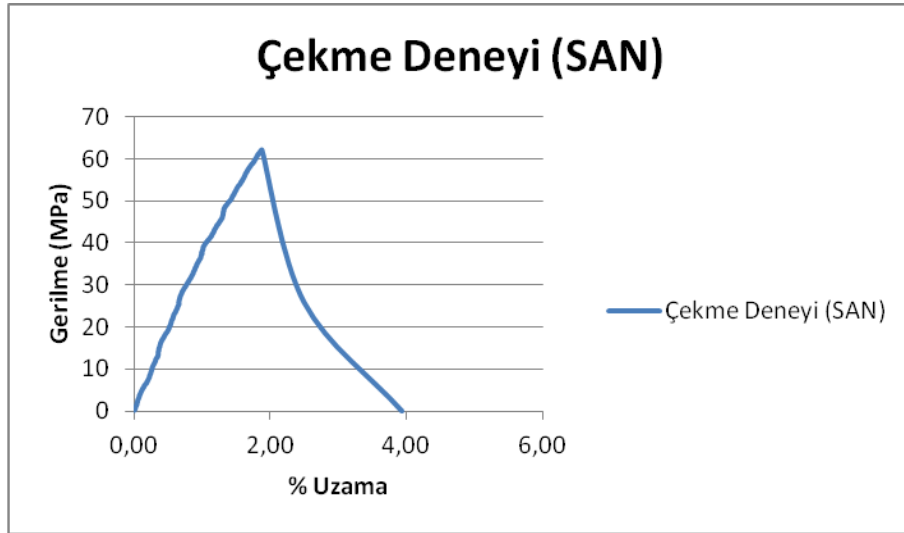
Şekil 5.33 ABS-SAN 9. deney seti gerilme-uzama grafiği

5.2.3.4 ABS ve SAN Malzemelerin Çekme Numunelerine Ait Çekme Deneyi Sonuçları

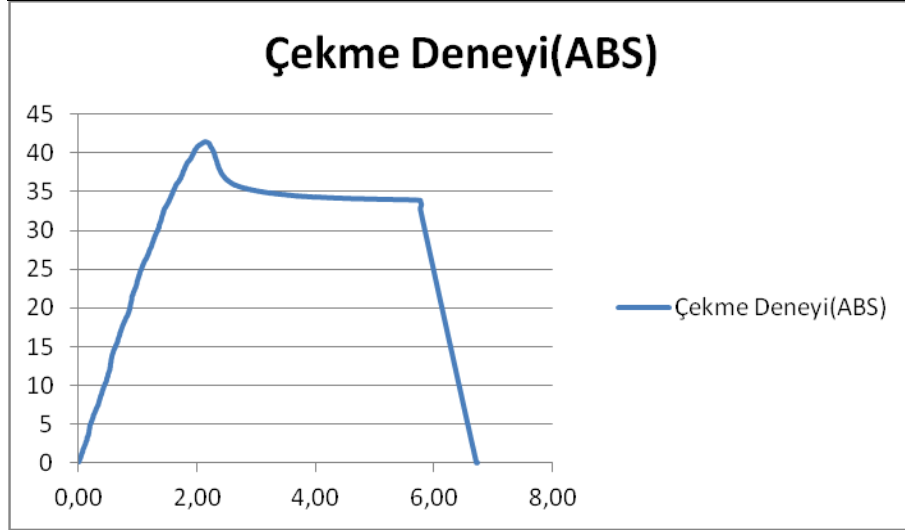
ABS ve SAN malzemelerinden üretilen standart ölçülerdeki çekme numunelerine kaynak numunelerinde olduğu gibi 5mm/dak hızla çekme testi uygulanmıştır ve bu deneye ait sonuçlar aşağıdaki gibidir.



Şekil 5.34 ABS ve SAN çekme numunesi



Şekil 5.35 SAN çekme numunesi gerilme-uzama grafiği



Şekil 5.36 ABS çekme numunesi gerilme-uzama grafiği

5.2.4 Taguchi Metoduyla Optimum Kaynak Parametrelerinin Elde Edilişi

5.2.4.1 ABS-ABS Kaynaklı Malzemelerin Kaynak Parametrelerinin Optimizasyonu

ABS polimerlerinin birbirleriyle kaynağında kullanılan proses parametreleri ve bu parametrelere ait değerler Tablo 5.6'da gösterilmiştir.

Tablo 5.6 ABS-ABS proses parametreleri ve değerleri

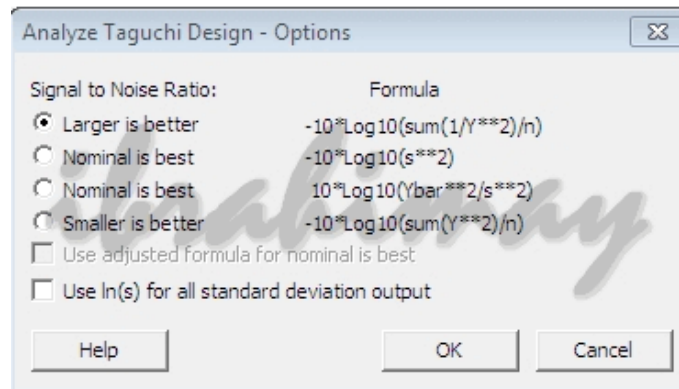
Seviyeler	A	B	C	D
	Sıcaklık(°C)	Kaynak Mesafesi(mm)	Isıtma Süresi(sn)	Kaynak Süresi(sn)
Seviye 1	220	0,5	20	10
Seviye 2	230	1,0	25	15
Seviye 3	240	1,5	30	20

Tablo 5.6'daki parametrelere göre gerçekleştirilen deneylerin sonuçları Minitab16 programının Taguchi analiz kısmına girilerek deney sonuçlarının ortalamaları ve Sinyal/Gürültü oranları bulunmuştur.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
	Sıcaklık	Kaynak Mesafesi	Isıtma Süresi	Kaynak Süresi	Deney-1(MPa)	Deney-2(Mpa)	Deney-3(MPa)	SNRA1	MEAN1
1	1	1	1	1	9,04	13,18	12,25	20,8518	11,4900
2	1	2	2	2	16,08	14,26	14,42	23,4376	14,9200
3	1	3	3	3	15,88	16,09	16,54	24,1705	16,1700
4	2	1	2	3	23,92	23,14	23,56	27,4337	23,5400
5	2	2	3	1	11,18	13,79	8,24	20,3016	11,0700
6	2	3	1	2	21,64	20,13	19,94	26,2474	20,5700
7	3	1	3	2	8,90	12,07	12,97	20,7172	11,3133
8	3	2	1	3	9,35	10,60	12,57	20,5114	10,8400
9	3	3	2	1	15,49	13,45	14,50	23,1720	14,4800
10									
11									
12									
13									

Şekil 5.37 ABS-ABS deney sonuçlarının Minitab çıktıları

Minitab 16 programının S/N oranına ve ortalama değerlere göre arka planda oluşturmuş olduğu yanıt tablosu Şekil 5.39'da gösterilmiştir. Deneysel çalışmamızda bizim için önemli olan şey kopma mukavemeti değerini arttıracak parametreleri belirlemek olduğundan dolayı program ayarlarından en büyük en iyi(Larger is better) seçeneği seçilmiştir.



Şekil 5.38 Minitab Taguchi analiz dizayn opsiyonu(ABS-ABS)

Taguchi Analysis: Deney-1(MPa); Deney-2(MPa); Deney-3(MPa) versus Sıcaklık; Kaynak Mesafesi; Isıtma Süresi; Kaynak Süresi

Response Table for Signal to Noise Ratios
Larger is better

Level	Sıcaklık	Kaynak Mesafesi	Isıtma Süresi	Kaynak Süresi
1	22,82	23,00	22,54	21,44
2	24,66	21,42	24,68	23,47
3	21,47	24,53	21,73	24,04
Delta	3,19	3,11	2,95	2,60
Rank	1	2	3	4

Response Table for Means

Level	Sıcaklık	Kaynak Mesafesi	Isıtma Süresi	Kaynak Süresi
1	14,19	15,45	14,30	12,35
2	18,39	12,28	17,65	15,60
3	12,21	17,07	12,85	16,85
Delta	6,18	4,80	4,80	4,50
Rank	1	2	3	4

Şekil 5.39 S/N oranı ve ortalama değerler için Taguchi analizi yanıt tablosu(ABS-ABS)

Deneysel çalışmamızda kaynak kalitesini belirleyen temel faktör kaynak mukavemetidir. Şekil 5.39'daki yanıt tablolarında seviyelerin karşısında yer alan S/N ve ortalama değerlerden en büyük olan seviye optimum kaynak parametresi seviyesini belirtmektedir. Optimum kaynak parametreleri S/N oranı ve ortalama değer en büyük en iyi seçimine göre sıcaklık için 2. seviye, kaynak mesafesi için 3.seviye, ısıtma süresi için 2.seviye ve kaynak süresi içinse 3.seviye olduğu görülmektedir.

Değişkenlerin analizi(ANOVA) testi proses parametrelerinin etkilerini belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Şekil 5.40'da 3 tekrarlı test sonucu ortaya çıkan değerler ile oluşturulan ANOVA tablosu yer almaktadır. Bu tablodaki F değeri parametrelerin etki dereceleri ile doğru orantılıdır. Yani F değerinin en büyük olduğu kaynak parametresi deney sonucunu en fazla etkileyen parametre olmaktadır.

General Linear Model: C5 versus Sıcaklık; Kaynak Mesafesi; Isıtma Süresi; Kaynak Süresi

Factor	Type	Levels	Values
Sıcaklık	fixed	3	1; 2; 3
Kaynak Mesafesi	fixed	3	1; 2; 3
Isıtma Süresi	fixed	3	1; 2; 3
Kaynak Süresi	fixed	3	1; 2; 3

Analysis of Variance for C5, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Sıcaklık	2	179,367	179,367	89,684	35,36	0,000
Kaynak Mesafesi	2	107,119	107,119	53,560	21,12	0,000
Isıtma Süresi	2	108,890	108,890	54,445	21,47	0,000
Kaynak Süresi	2	97,293	97,293	48,647	19,18	0,000
Error	18	45,648	45,648	2,536		
Total	26	538,318				

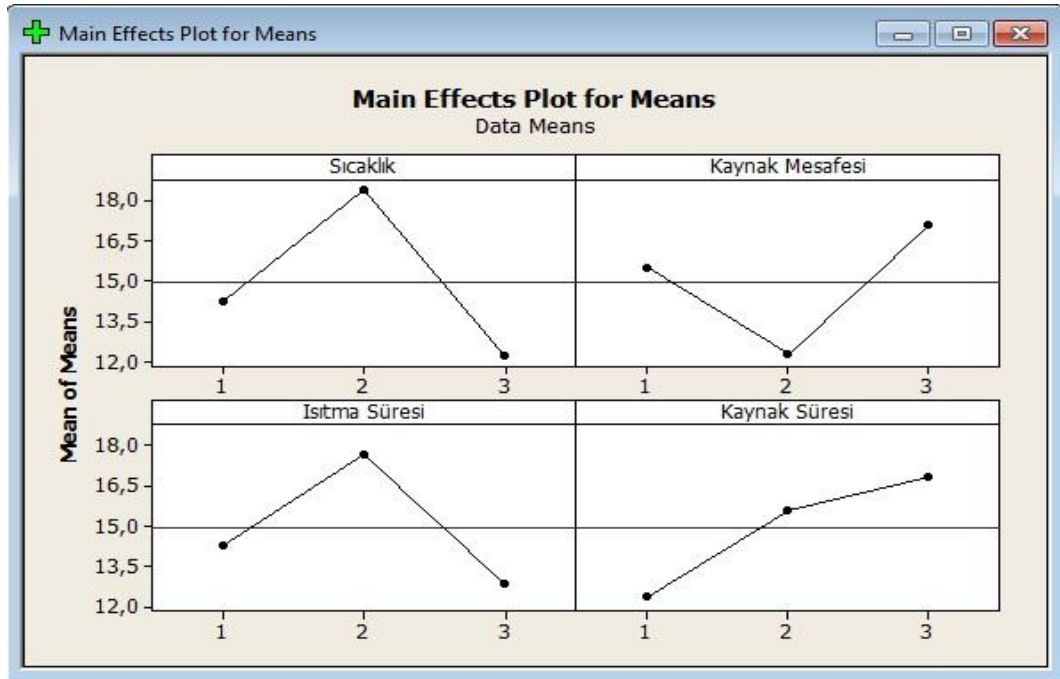
S = 1,59248 R-Sq = 91,52% R-Sq(adj) = 87,75%

Unusual Observations for C5

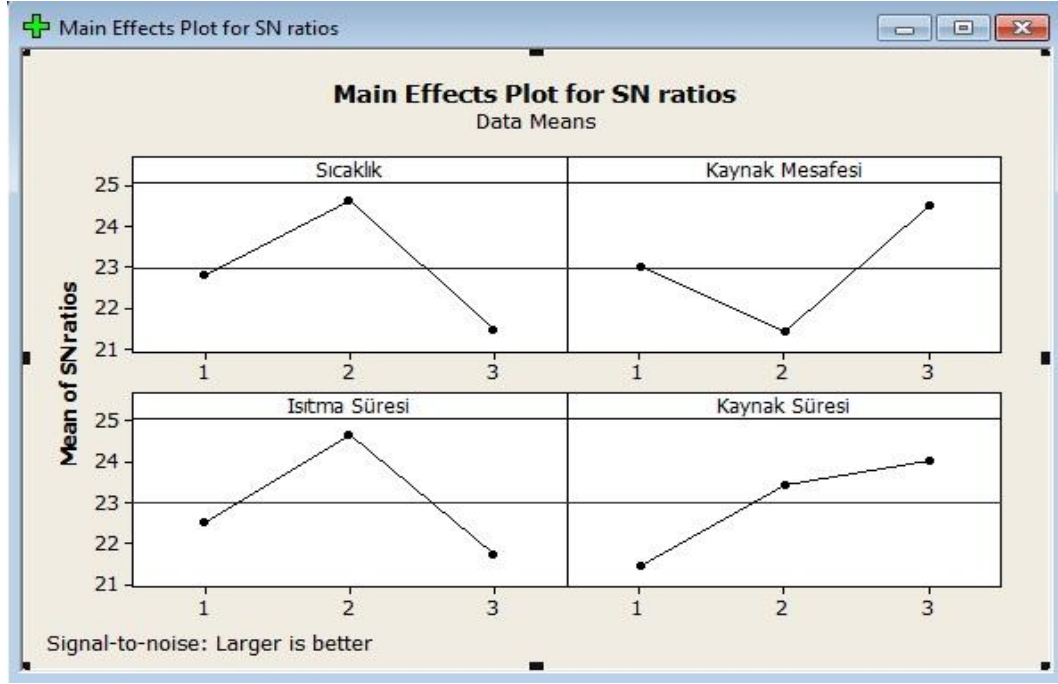
Obs	C5	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
14	13,7900	11,0700	0,9194	2,7200	2,09 R
15	8,2400	11,0700	0,9194	-2,8300	-2,18 R

Şekil 5.40 Deney çıktılarına göre oluşturulan değişken analizi sonuçları(ABS-ABS)

Değişken analizi ile bulunan F değerlerine göre etki dereceleri sıralaması sıcaklık > ısıtma süresi > kaynak mesafesi > kaynak süresi şeklinde sıralanmaktadır.



Şekil 5.41 Parametrelere ait ortalama değerler grafiği(ABS-ABS)



Şekil 5.42 Parametrelere ait S/N oranı grafiği(ABS-ABS)

Minitab 16 programı Taguchi analizi ile optimum parametreleri belirledikten sonra bulunan optimum parametreler ile yapılacak olan deneyin sonucunu tahmin edebilme yeteneğine sahiptir. Programa optimum kaynak parametrelerin seviyeleri girildikten sonra Şekil 5.43’de gösterilen sonuçlar alınmaktadır.

Predicted values				
S/N Ratio	Mean			
28,9628	25,1656			
Factor levels for predictions				
	Kaynak	Isıtma	Kaynak	
Sıcaklık	Mesafesi	Süresi	Süresi	
2	3	2	3	

Şekil 5.43 Optimum parametreler sonucu tahmini kaynak mukavemeti değerleri(ABS-ABS)

Bu sonuçlardan anlaşılacağı gibi sıcaklığın 230°C, kaynak mesafesinin 1,5mm, ısıtma süresinin 25 saniye ve kaynak süresinin 20 saniye olduğu bir kaynak

işleminde ortalama değerlere göre kaynak mukavemeti 25,1656 MPa, S/N oranına göre ise $K.M=10^{SN/20}$ formülünden 28,0633 MPa olarak tahmin edilmektedir.

5.2.4.2 SAN-SAN Kaynaklı Malzemelerin Kaynak Parametrelerinin Optimizasyonu

SAN polimerlerinin birbirleriyle kaynağında kullanılan proses parametreleri ve bu parametrelere ait değerler Tablo 5.7’de gösterilmiştir.

Tablo 5.7 SAN-SAN proses parametreleri ve değerleri

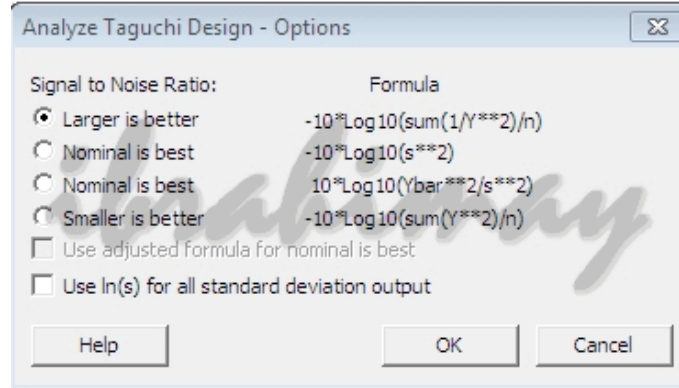
Seviyeler	A	B	C	D
	Sıcaklık(°C)	Kaynak Mesafesi(mm)	Isıtma Süresi(sn)	Kaynak Süresi(sn)
Seviye 1	230	0,5	20	10
Seviye 2	240	1,0	25	15
Seviye 3	250	1,5	30	20

Tablo 5.7’deki parametrelere göre gerçekleştirilen deneylerin sonuçları Minitab16 programının Taguchi analiz kısmına girilerek deney sonuçlarının ortalamaları ve Sinyal/Gürültü oranları bulunmuştur.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
	Sıcaklık	Kaynak Mesafesi	Isıtma Süresi	Kaynak Süresi	Deney-1(MPa)	Deney-2(Mpa)	Deney-3(MPa)	SNRA1	MEAN1
1	1	1	1	1	14,35	13,66	12,89	22,6670	13,6333
2	1	2	2	2	16,11	14,49	16,18	23,8245	15,5933
3	1	3	3	3	17,63	17,48	16,13	24,6287	17,0800
4	2	1	2	3	9,04	9,17	8,85	19,1014	9,0200
5	2	2	3	1	9,47	9,74	10,92	19,9888	10,0433
6	2	3	1	2	13,68	12,24	15,74	22,7152	13,8867
7	3	1	3	2	9,91	9,70	10,84	20,0995	10,1500
8	3	2	1	3	11,99	13,19	13,30	22,1332	12,8267
9	3	3	2	1	19,13	16,79	21,75	25,5317	19,2233
10									
11									
12									
13									

Şekil 5.44 SAN-SAN deney sonuçlarının Minitab çıktıları

Minitab 16 programının S/N oranına ve ortalama değerlere göre arka planda oluşturmuş olduğu yanıt tablosu Şekil 5.46’de gösterilmiştir. Deneysel çalışmamızda bizim için önemli olan şey kopma mukavemeti değerini arttıracak parametreleri belirlemek olduğundan dolayı program ayarlarından en büyük en iyi(Larger is better) seçeneği seçilmiştir.



Şekil 5.45 Minitab Taguchi analiz dizayn opsiyonu(SAN-SAN)

Taguchi Analysis: Deney-1(MPa); Deney-2(MPa); Deney-3(MPa) versus Sıcaklık; Kaynak Mesafesi; Isıtma Süresi; Kaynak Süresi

Response Table for Signal to Noise Ratios
Larger is better

Level	Sıcaklık	Kaynak Mesafesi	Isıtma Süresi	Kaynak Süresi
1	23,71	20,62	22,51	22,73
2	20,60	21,98	22,82	22,21
3	22,59	24,29	21,57	21,95
Delta	3,10	3,67	1,25	0,77
Rank	2	1	3	4

Response Table for Means

Level	Sıcaklık	Kaynak Mesafesi	Isıtma Süresi	Kaynak Süresi
1	15,44	10,93	13,45	14,30
2	10,98	12,82	14,61	13,21
3	14,07	16,73	12,42	12,98
Delta	4,45	5,80	2,19	1,32
Rank	2	1	3	4

Şekil 5.46 S/N oranı ve ortalama değerler için Taguchi analizi yanıt tablosu(SAN-SAN)

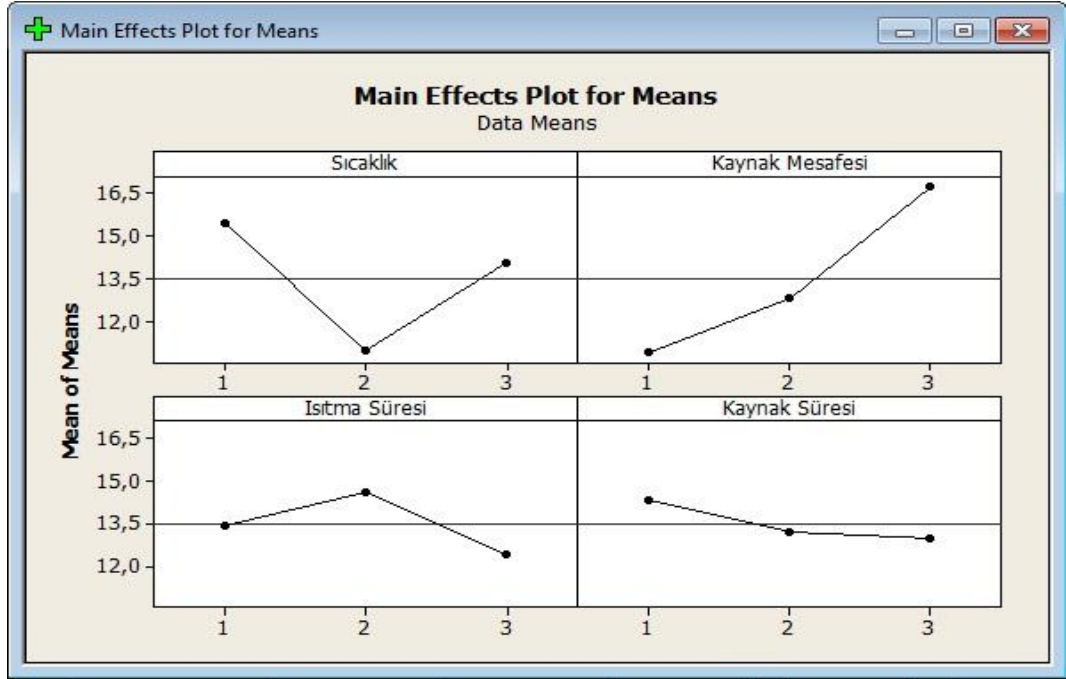
Şekil 5.46'daki yanıt tablolarındaki seviyelere karşılık gelen S/N oranı ve ortalama değerlere göre optimum kaynak parametreleri belirlenmektedir. Optimum kaynak parametreleri S/N oranı ve ortalama değer için en büyük en iyi seçimine göre sıcaklık için 1. seviye, kaynak mesafesi için 3.seviye, ısıtma süresi için 2.seviye ve kaynak süresi içinse 1.seviye olduğu görülmektedir.

Şekil 5.47'da 3 tekrarlı test sonucu ortaya çıkan değerler ile oluşturulan ANOVA tablosu yer almaktadır. Bu tablodaki F değeri parametrelerin etki dereceleri ile doğru orantılıdır. F değerinin en büyük olduğu parametrenin deney sonucuna etkisi en büyük, en küçük olduğu parametrenin etki derecesi ise en küçüktür.

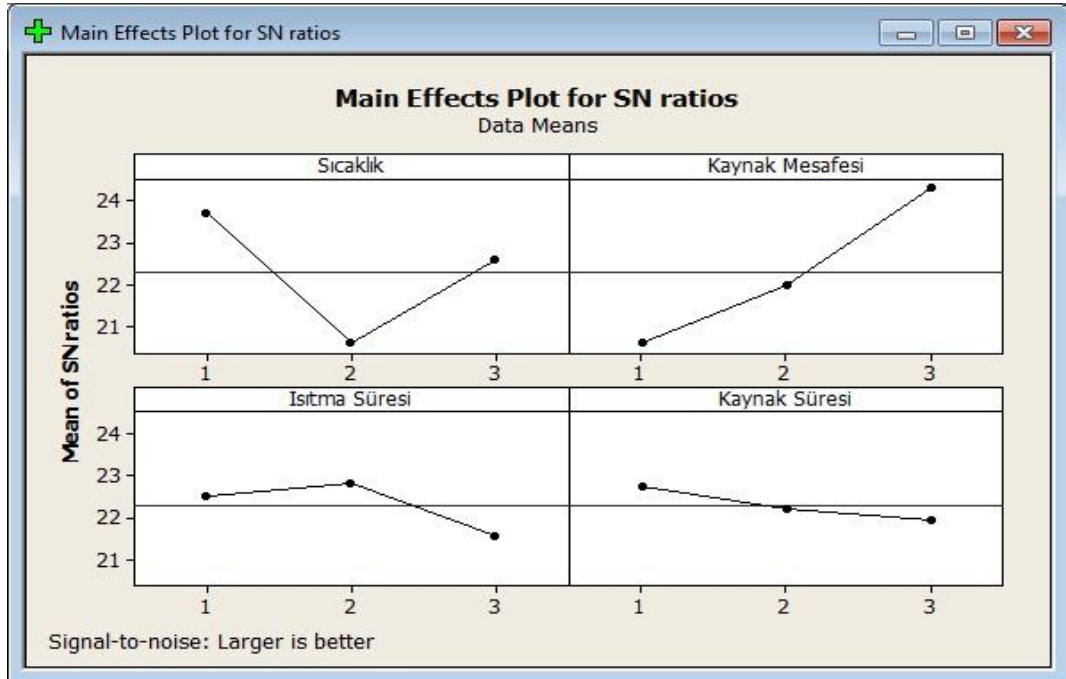
General Linear Model: C5 versus Sıcaklık; Kaynak Mesafesi; Isıtma Süresi; Kaynak Süresi						
Factor	Type	Levels	Values			
Sıcaklık	fixed	3	1; 2; 3			
Kaynak Mesafesi	fixed	3	1; 2; 3			
Isıtma Süresi	fixed	3	1; 2; 3			
Kaynak Süresi	fixed	3	1; 2; 3			
Analysis of Variance for C5, using Adjusted SS for Tests						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Sıcaklık	2	93,609	93,609	46,805	32,66	0,000
Kaynak Mesafesi	2	157,282	157,282	78,641	54,87	0,000
Isıtma Süresi	2	21,568	21,568	10,784	7,52	0,004
Kaynak Süresi	2	8,992	8,992	4,496	3,14	0,068
Error	18	25,797	25,797	1,433		
Total	26	307,247				
S = 1,19714 R-Sq = 91,60% R-Sq(adj) = 87,87%						
Unusual Observations for C5						
Obs	C5	Fit	SE Fit	Residual	St Resid	
26	16,7900	19,2233	0,6912	-2,4333	-2,49	R
27	21,7500	19,2233	0,6912	2,5267	2,58	R

Şekil 5.47 Deney çıktılarına göre oluşturulan değişken analizi sonuçları(SAN-SAN)

Değişken analizi ile bulunan F değerlerine göre etki dereceleri kaynak mesafesi>sıcaklık>ısıtma süresi>kaynak süresi şeklinde sıralanmaktadır.



Şekil 5.48 Parametrelere ait ortalama değerler grafiği(SAN-SAN)



Şekil 5.49 Parametrelere ait S/N oranı grafiği(SAN-SAN)

Minitab 16 programı Taguchi analizi ile optimum parametreleri belirledikten sonra bulunan optimum parametreler ile yapılacak olan deneyin sonucunu tahmin edebilme yeteneğine sahiptir. Programa optimum kaynak parametrelerin seviyeleri girildikten sonra Şekil 5.50’da gösterilen sonuçlar ortaya çıkmaktadır.

Predicted values				
S/N Ratio	Mean			
26,6503	20,5922			
Factor levels for predictions				
	Kaynak	Isıtma	Kaynak	
Sıcaklık	Mesafesi	Süresi	Süresi	
1	3	2	1	

Şekil 5.50 Optimum parametreler sonucu tahmini kaynak mukavemeti değerleri(SAN-SAN)

Bu sonuçlardan anlaşılacağı gibi sıcaklığın 230°C, kaynak mesafesinin 1,5mm, ısıtma süresinin 25 saniye ve kaynak süresinin 10 saniye olduğu bir kaynak işleminde ortalama değerlere göre kaynak mukavemeti 20,5922 MPa, S/N oranına göre ise $K.M=10^{SN/20}$ formülünden 21,5037 MPa olarak tahmin edilmektedir.

5.2.4.3 ABS-SAN Kaynaklı Malzemelerin Kaynak Parametrelerinin Optimizasyonu

ABS ve SAN polimerlerinin birbirleriyle kaynağında kullanılan proses parametreleri ve bu parametrelere ait değerler Tablo 5.8’da gösterilmiştir.

Tablo 5.8 ABS-SAN proses parametreleri ve değerleri

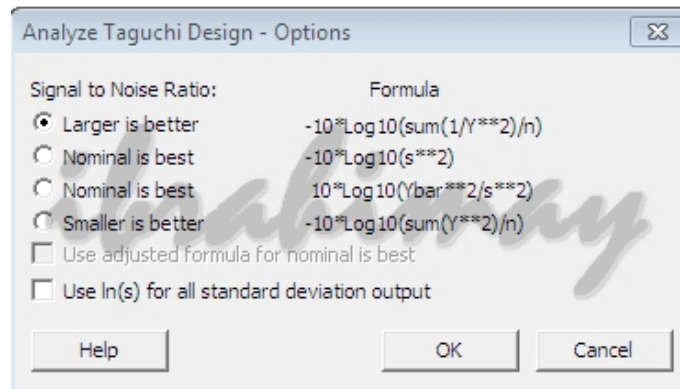
Seviyeler	A	B	C	D
	Sıcaklık(°C)	Kaynak Mesafesi(mm)	Isıtma Süresi(sn)	Kaynak Süresi(sn)
Seviye 1	220-230	0,5	20	10
Seviye 2	230-240	1,0	25	15
Seviye 3	240-250	1,5	30	20

Tablo 5.8'deki parametrelere göre gerçekleştirilen deneylerin sonuçları Minitab16 programının Taguchi analiz kısmına girilerek deney sonuçlarının ortalamaları ve Sinyal/Gürültü oranları bulunmuştur.

	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
	Kaynak Mesafesi	Isıtma Süresi	Kaynak Süresi	Deney-1(MPa)	Deney-2(Mpa)	Deney-3(MPa)	SNRA1	MEAN1
1	1	1	1	6,50	6,17	4,72	15,0021	5,7967
2	2	2	2	13,66	14,53	14,20	22,9944	14,1300
3	3	3	3	18,46	16,01	17,73	24,7638	17,4000
4	1	2	3	9,81	10,83	11,04	20,4380	10,5600
5	2	3	1	12,40	14,66	16,05	22,9991	14,3700
6	3	1	2	19,29	18,72	18,40	25,4797	18,8034
7	1	3	2	12,25	12,02	11,71	21,5743	11,9933
8	2	1	3	13,28	15,75	14,25	23,1199	14,4267
9	3	2	1	18,13	17,05	18,05	24,9702	17,7425
10								
11								
12								
13								

Şekil 5.51 ABS-SAN deney sonuçlarının Minitab çıktıları

Minitab 16 programının S/N oranına ve ortalama değerlere göre arka planda oluşturmuş olduğu yanıt tablosu Şekil 5.53'de gösterilmiştir. Bu malzeme çeşitleri için yapılan deneysel çalışmada da ulaşılmak istenen şey kopma mukavemeti değerini arttıracak parametreleri belirlemek olduğundan dolayı program ayarlarından en büyük en iyi(Larger is better) seçeneği seçilmiştir.



Şekil 5.52 Minitab Taguchi analiz dizayn opsiyonu(ABS-SAN)

Taguchi Analysis: Deney-1(MPa); Deney-2(MPa); Deney-3(MPa) versus Sıcaklık; Kaynak Mesafesi; Isıtma Süresi; Kaynak Süresi

Response Table for Signal to Noise Ratios
Larger is better

Level	Sıcaklık	Kaynak Mesafesi	Isıtma Süresi	Kaynak Süresi
1	20,92	19,00	21,20	20,99
2	22,97	23,04	22,80	23,35
3	23,22	25,07	23,11	22,77
Delta	2,30	6,07	1,91	2,36
Rank	3	1	4	2

Response Table for Means

Level	Sıcaklık	Kaynak Mesafesi	Isıtma Süresi	Kaynak Süresi
1	12,442	9,450	13,009	12,636
2	14,578	14,309	14,144	14,976
3	14,721	17,982	14,588	14,129
Delta	2,279	8,532	1,579	2,339
Rank	3	1	4	2

Şekil 5.53 S/N oranı ve ortalama değerler için Taguchi analizi yanıt tablosu(ABS-SAN)

Şekil 5.53'deki yanıt tablolarındaki seviyelere karşılık gelen S/N oranı ve ortalama değerlere göre optimum kaynak parametreleri belirlenmektedir. Optimum kaynak parametreleri S/N oranı ve ortalama değer için en büyük en iyi seçimine göre sıcaklık için 3. seviye, kaynak mesafesi için 3. seviye, ısıtma süresi için 3. seviye ve kaynak süresi içinse 2. seviye olduğu görülmektedir.

Şekil 5.53'da 3 tekrarlı test sonucu ortaya çıkan değerler ile oluşturulan ANOVA tablosu yer almaktadır. Bu tablodaki F değeri parametrelerin etki dereceleri ile doğru orantılıdır. F değerinin en büyük olduğu parametrenin deney sonucuna etkisi en büyük, en küçük olduğu parametrenin etki derecesi ise en küçüktür.

General Linear Model: C5 versus Sıcaklık; Kaynak Mesafesi; Isıtma Süresi; Kaynak Süresi

Factor	Type	Levels	Values
Sıcaklık	fixed	3	1; 2; 3
Kaynak Mesafesi	fixed	3	1; 2; 3
Isıtma Süresi	fixed	3	1; 2; 3
Kaynak Süresi	fixed	3	1; 2; 3

Analysis of Variance for C5, using Adjusted SS for Tests						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Sıcaklık	2	29,319	29,319	14,660	15,19	0,000
Kaynak Mesafesi	2	329,683	329,683	164,842	170,85	0,000
Isıtma Süresi	2	11,935	11,935	5,968	6,19	0,009
Kaynak Süresi	2	25,249	25,249	12,624	13,08	0,000
Error	18	17,367	17,367	0,965		
Total	26	413,554				

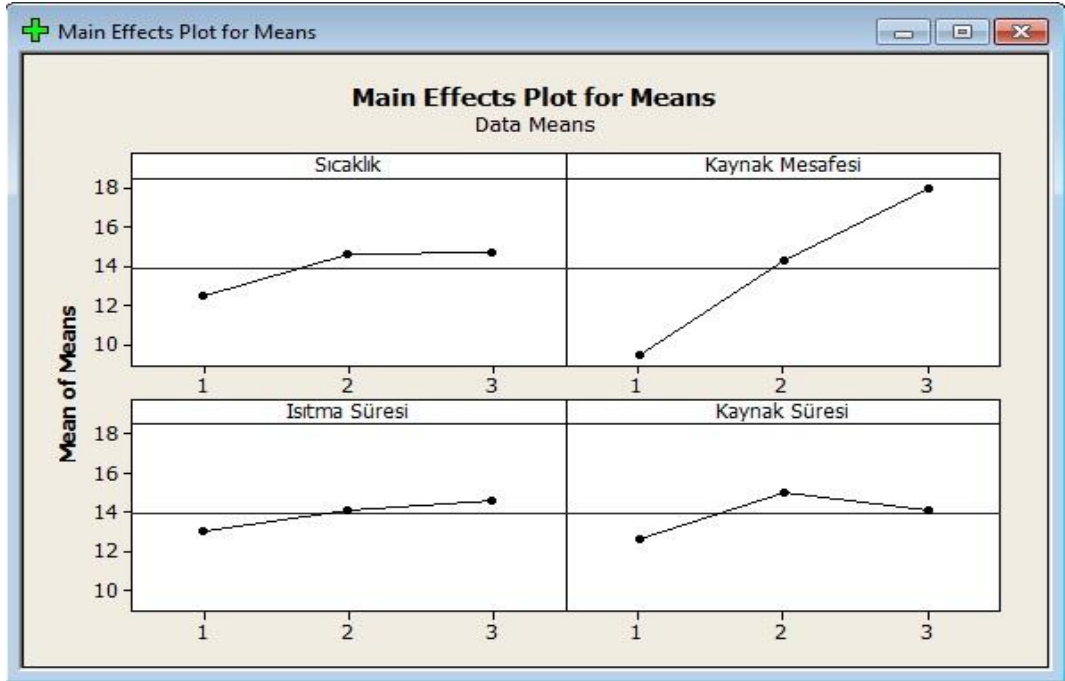
S = 0,982263 R-Sq = 95,80% R-Sq(adj) = 93,93%

Unusual Observations for C5

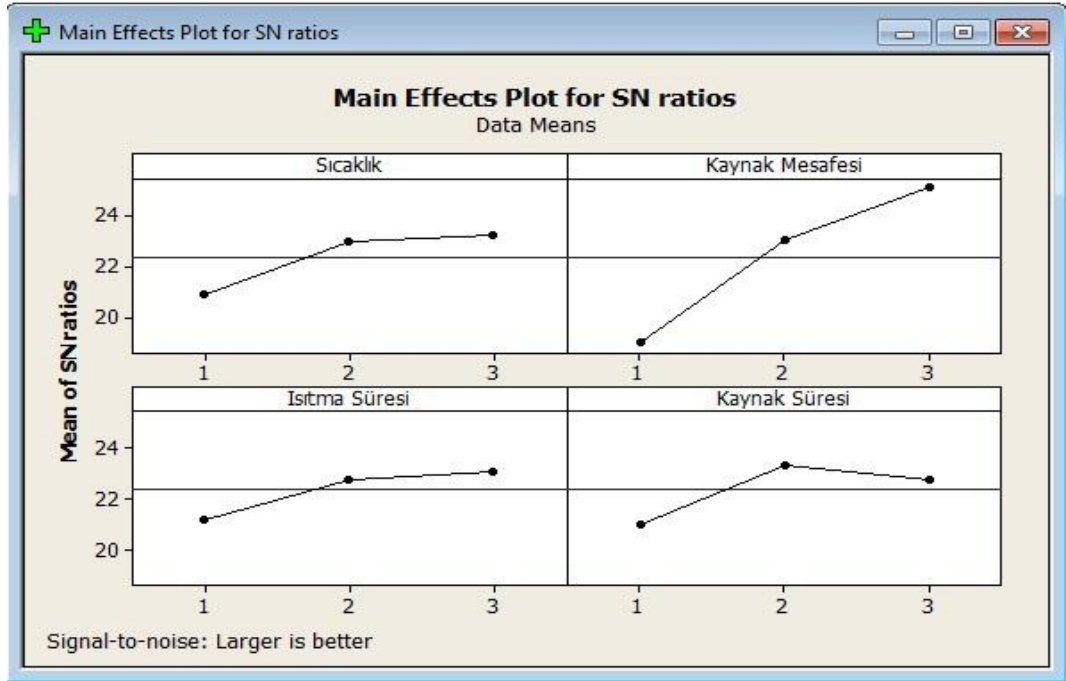
Obs	C5	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
13	12,4000	14,3700	0,5671	-1,9700	-2,46 R
15	16,0500	14,3700	0,5671	1,6800	2,09 R

Şekil 5.54 Deney çıktılarına göre oluşturulan değişken analizi sonuçları(ABS-SAN)

Değişken analizi ile bulunan F değerlerine göre etki dereceleri kaynak mesafesi>sıcaklık>kaynak süresi>ısıtma süresi şeklinde sıralanmaktadır.



Şekil 5.55 Parametrelere ait ortalama değerler grafiği(ABS-SAN)



Şekil 5.56 Parametrelere ait S/N oranı grafiği(ABS-SAN)

Minitab 16 programı Taguchi analizi ile optimum parametreleri belirledikten sonra bulunan optimum parametreler ile yapılacak olan deneyin sonucunu tahmin edebilme yeteneğine sahiptir. Programa optimum kaynak parametrelerin seviyeleri girildikten sonra Şekil 5.57’de gösterilen sonuçlar ortaya çıkmaktadır.

S/N Ratio		Mean
27,6408		20,5253

Factor levels for predictions				
Sıcaklık	Kaynak Mesafesi	Isıtma Süresi	Kaynak Süresi	
3	3	3	2	

Şekil 5.57 Optimum parametreler sonucu tahmini kaynak mukavemeti değerleri(ABS-SAN)

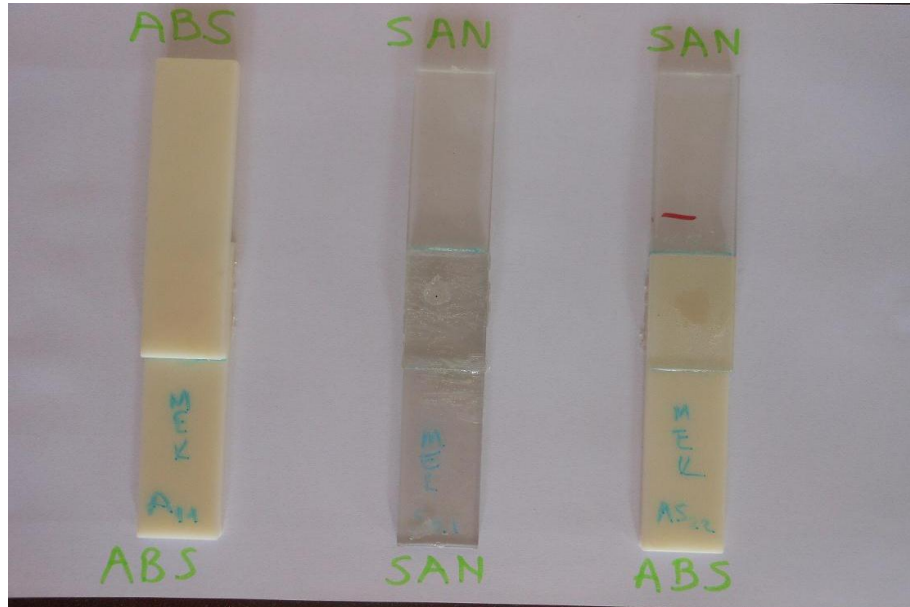
Bu sonuçlardan anlaşılacağı gibi sıcaklığın ABS için 240°C ve SAN için 250°C, kaynak mesafesinin 1,5mm, ısıtma süresinin 30 saniye ve kaynak süresinin 15 saniye

olduğu bir kaynak işleminde ortalama değerlere göre kaynak mukavemeti 20,5253 MPa, S/N oranına göre ise $K.M=10^{SN/20}$ formülünden 24,1012 MPa olarak tahmin edilmektedir.

5.3 Yapıştırırmalı Bağlantılar

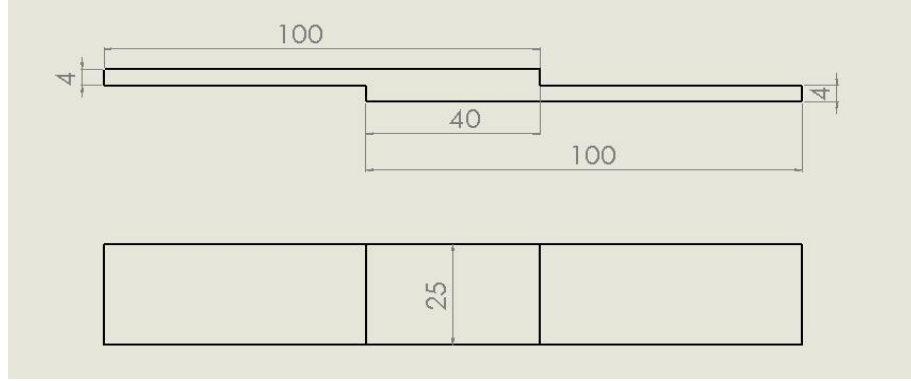
Yapıştırma bağlantılarının deneysel ve nümerik çalışmalarında çözücü ile yapıştırmanın uygulama zorluğundan dolayı sadece malzeme cinsi değişken olarak kullanılmıştır. Değişken sayısının az olması nedeni ile de Taguchi deney tasarımı metodu uygulanmamıştır. Deneysel çalışmalarda polimer olarak ABS-ABS, SAN-SAN, ABS-SAN ve çözücü olarak da Metil etil keton(MEK) kullanılmıştır.

İnce veya esnek polimerik malzemeler alın veya bindirme şeklinde birleştirilebilir. Kalın kesitlerde eğik kesimli alın birleştirme tavsiye edilir. Deneysel çalışmalarda çözücü uygulanan polimerlerin bölgesel erimesinden dolayı alın kaynak kalınlığı azaldığı için eğik alın birleştirme mümkün olmamıştır. Bu nedenle parçalar bindirme şeklinde birleştirilmiştir. Bindirme uzunluğu kalınlığın 10 katı olarak alınmıştır. Şekil 5.58 de bindirme yapıştırma bağlantısı görülmektedir.



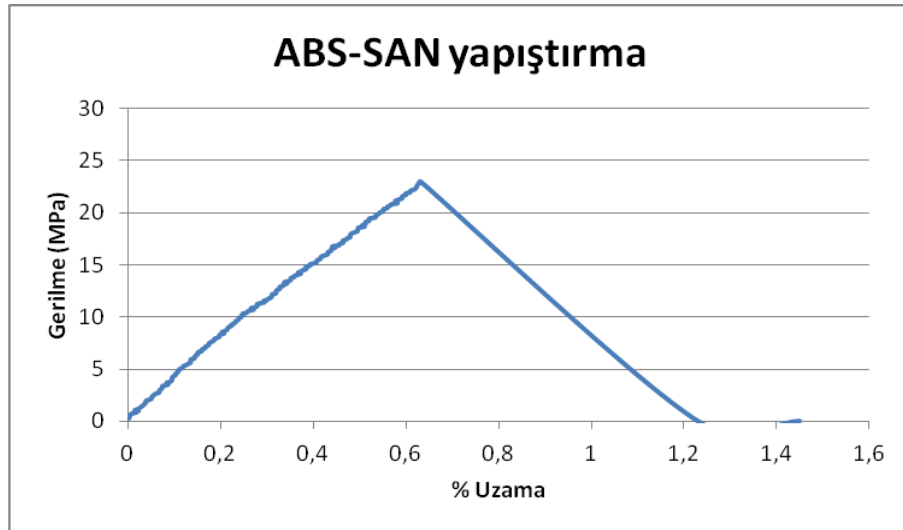
Şekil 5.58 ABS-ABS, SAN-SAN, ABS-SAN bindirme tipi yapıştırma numuneleri

Birleştirilecek parçalar üzerine çözücüler düz bir fırça yardımıyla uygulanmıştır. İki polimer üst üste bindirildikten sonra parçaların üzerine ilk 5 dakika boyunca yaklaşık 1kg'lık baskı kuvveti uygulanmıştır. Bu işlemlerin ardından parçalar oda koşullarında yaklaşık 1 hafta bekletildikten sonra çekme testine tabi tutulmuştur. Çekme testi 100kN'luk Shimadzu çekme cihazında 5mm/dak çekme hızında uygulanmıştır.

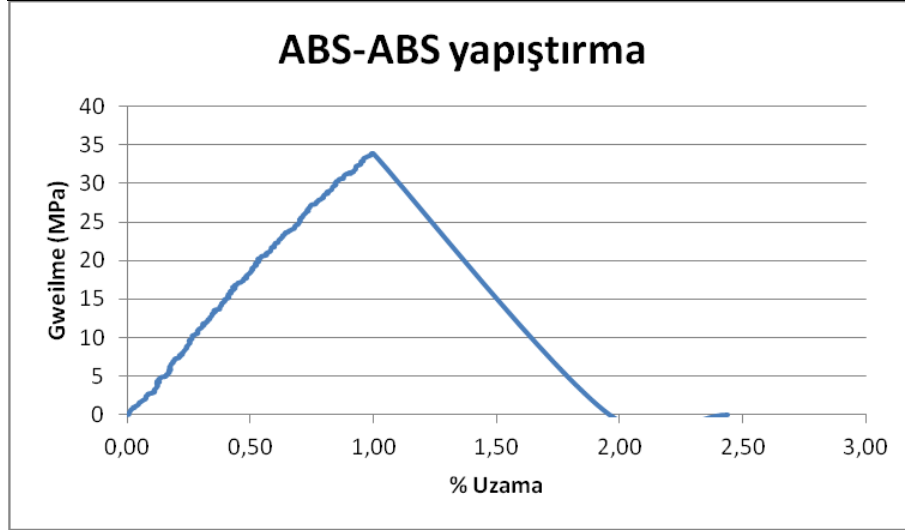


Şekil 5.59 Yapıştırma numunesi ölçüleri

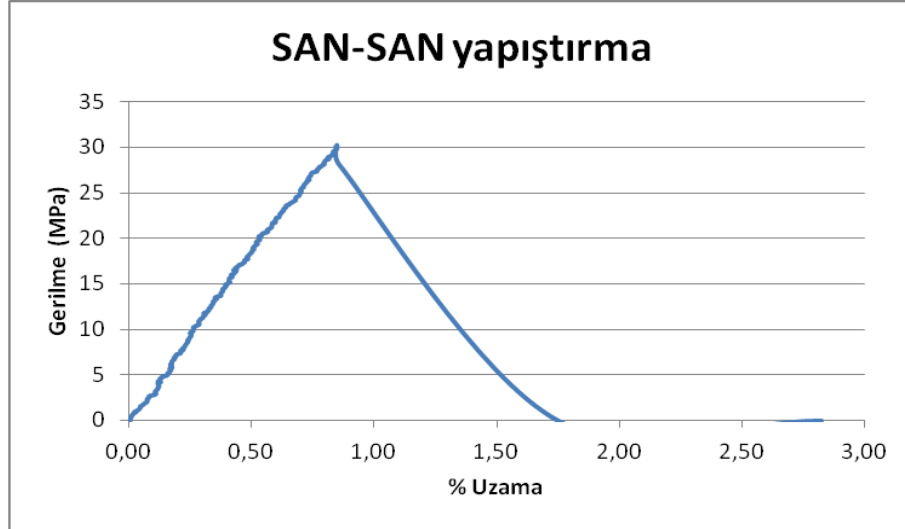
Şekil 5.60, ABS-SAN yapıştırması için x yönündeki normal gerilme dağılımını göstermektedir. Şekil 5.61, ABS-ABS yapıştırması için x yönündeki normal gerilme dağılımını göstermektedir. Şekil 5.62, SAN-SAN yapıştırması için x yönündeki normal gerilme dağılımını göstermektedir.



Şekil 5.60 ABS-SAN çekme testi sonuçları

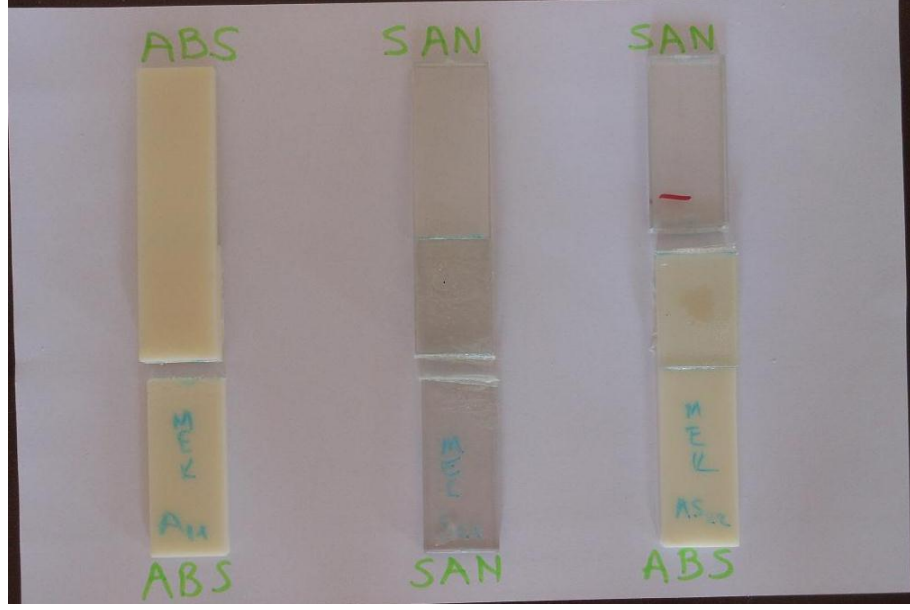


Şekil 5.61 ABS-ABS çekme testi sonuçları



Şekil 5.62 SAN-SAN çekme testi sonuçları

Deneysel çalışma sonucunda bağlantıların yaklaşık 25 -35 MPa gerilme altında koptuğu görülmüştür. Parçalarda kayma gerilmesinin etkisi altında ayrılarak kopma görülmemiştir. Kopma bindirmenin bittiği kısımda meydana gelmiştir. Bu durum kesit değişimi nedeni ile oluşan çentik etkisinin oluşturduğu gerilme yığılmasından kaynaklanmıştır.



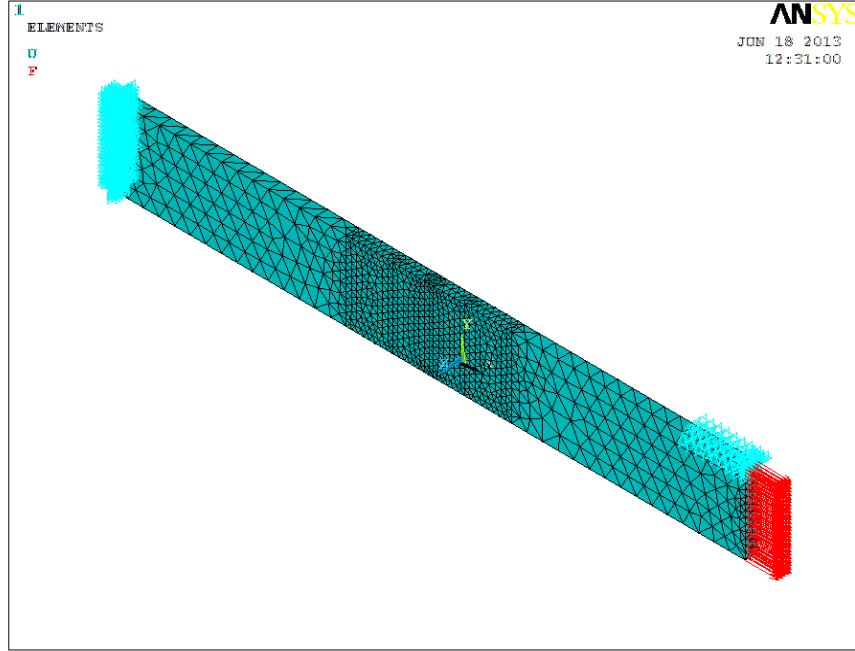
Şekil 5.63 ABS-ABS, SAN-SAN, ABS-SAN bindirme tipi yapıştırma numunelerinin çekme testi sonrası görünüşleri

Parça uçlarının eğik kesilmesi ile gerilme dağılımının daha düzgün olması sağlanabilir. Fakat malzeme yapısı nedeni ile uçların eğik kesilmesi zordur. Bu deneysel çalışmada uygulanan çözücüyle yapıştırma işleminde kaymaya zorlanan alanının büyük olmasına rağmen bindirme bağlantıların polimer malzemeler için uygun olmadığı sonucu ortaya çıkmaktadır.

BÖLÜM ALTI NÜMERİK ANALİZ

6.1 Kaynaklı Bağlantıların Nümerik Analizi

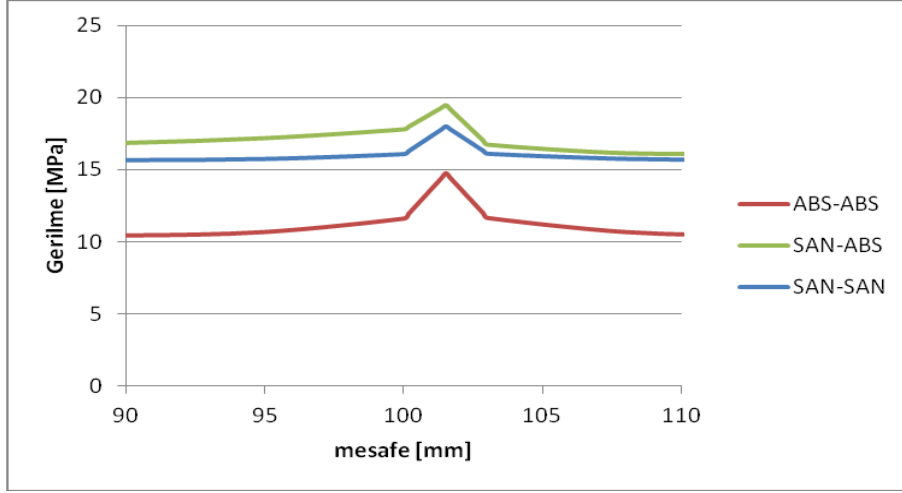
Nümerik çalışmada sadece malzeme değişken olarak göz önüne alınmıştır. Kaynaklı bağlantıların sonlu elemanlar analizi ANSYS sonlu elemanlar paket programı kullanılarak yapılmıştır. Sonlu elemanlar modeli ve sınır şartları Şekil 6.1’de gösterilmiştir.



Şekil 6.1 Kaynaklı bağlantı sonlu elemanlar modeli ve sınır şartları

Üç boyutlu modelde 20 düğümlü SOLID95 eleman kullanılmış ve doğrusal olmayan(nonlinear) gerilme analizi yapılmıştır.

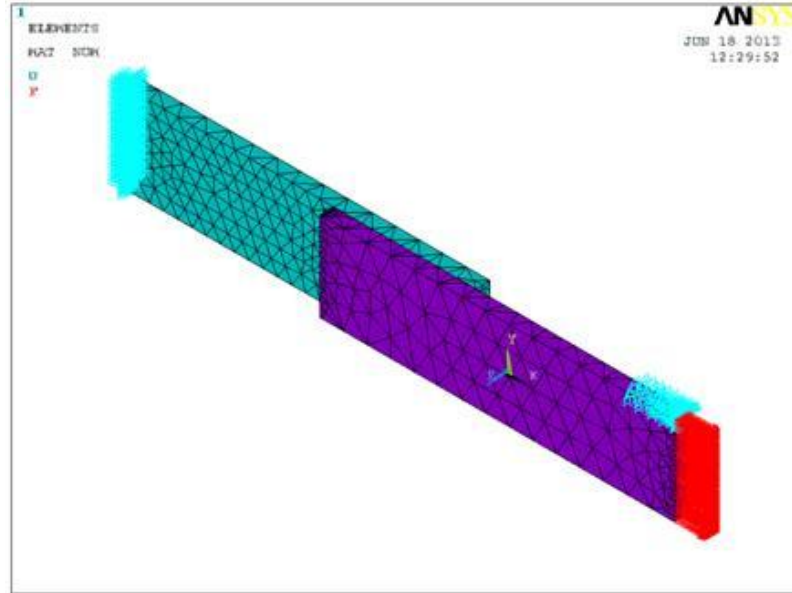
ABS-SAN ABS-ABS, SAN-SAN ve kaynaklı bağlantıları için çekme doğrultusunda parça boyunca elde edilen gerilme dağılımı aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 6.2 Çekme doğrultusunda gerilme dağılımı

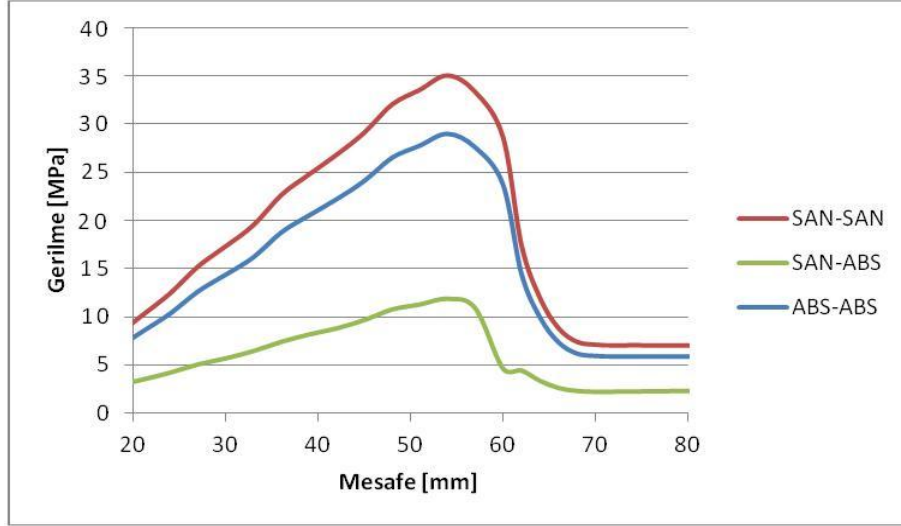
6.2 Yapıştırma Bağlantılarının Nümerik Analizi

ABS-ABS, SAN-SAN ve ABS-SAN yapıştırma bağlantılarının sonlu elemanlar analizi ANSYS paket programı kullanılarak yapılmıştır. Üç boyutlu modelde 20 düğümlü SOLID95 eleman kullanılmış ve doğrusal olmayan(nonlinear) gerilme analizi yapılmıştır. Sonlu elemanlar modeli ve sınır şartları Şekil 6.3’de gösterilmiştir.



Şekil 6.3 Yapıştırırmalı bağlantı sonlu elemanlar modeli ve sınır şartları

ABS-SAN, ABS-ABS ve SAN-SAN, yapıştırma bağlantılarında eşdeğer gerilme dağılımı Şekil 6.4’de gösterilmiştir. Her üç bağlantı içinde bindirmenin başladığı noktada çentik etkisi nedeni ile gerilmenin arttığı görülmektedir.



Şekil 6.4 Yapıştırırmalı bağlantı sonlu elemanlar analizi sonuçları

BÖLÜM YEDİ

SONUÇ

Bu çalışmada ABS ve SAN polimer malzemeleri kullanılarak sıcak plaka kaynağı ve çözücüyle yapıştırma işlemleri ile parçalar birleştirilmiştir. Birleştirilen bu parçalar prosese uygun bekleme sürelerinden sonra çekme testine tabi tutulmuştur.

Sıcak plaka kaynağı yönteminde parametrelerin ve parametrelere ait seviyelerin fazla olması nedeniyle klasik deneysel yöntemle yapılacak deney sayılarının çokluğundan dolayı Taguchi metodu uygulanmıştır. Taguchi deneysel metoduna göre uygulanan deneylerin sonucu Minitab 16 programı ile analiz edilmiştir.

Taguchi metodu ile analiz edilen numunelerden ABS'nin kendi arasında yapmış olduğu kaynakların mukavemetine etki eden en önemli parametrenin sıcaklık olduğu gözlemlenmiştir. SAN polimerinin kendi arasında yapmış olduğu kaynakların mukavemetine etki eden en önemli parametrenin kaynak mesafesi olduğu gözlemlenmiştir. ABS ve SAN polimerlerinin karşılıklı olarak yapmış oldukları kaynağın bağlantı mukavemetini etkileyen en önemli faktöründe yine kaynak mesafesi olduğu gözlemlenmiştir.

ABS polimerlerinin kendi aralarında yapmış olduğu kaynaklı birleştirmede optimum kaynak parametreleri sıcaklık için 230°C, kaynak mesafesi için 1,5mm, ısıtma süresi için 25 saniye, kaynak süresi içinse 20 saniye olarak bulunmuştur. Bu parametrelere göre programın yapmış olduğu tahmini deneyde kaynak mukavemeti yaklaşık 28 MPa bulunmuştur. Bu sonuç yapmış olduğumuz deneylerin kaynak mukavemetinden daha yüksektir.

SAN polimerlerinin kendi aralarında yapmış olduğu kaynaklı birleştirmede optimum kaynak parametreleri sıcaklık için 230°C, kaynak mesafesi için 1,5mm, ısıtma süresi için 25 saniye, kaynak süresi içinse 10 saniye olarak bulunmuştur. Bu parametrelere göre programın yapmış olduğu tahmini deneyde kaynak mukavemeti yaklaşık 21,5 MPa bulunmuştur. Bu sonuç yapmış olduğumuz deneylerdeki en yüksek kaynak mukavemeti değerine yakındır.

ABS ve SAN polimerlerinin birbirleriyle yapmış olduğu kaynaklı birleştirmede optimum kaynak parametreleri sıcaklık ABS için 240°C SAN için 250°C, kaynak mesafesi için 1,5mm, ısıtma süresi için 30 saniye, kaynak süresi içinse 15 saniye olarak bulunmuştur. Bu parametrelere göre programın yapmış olduğu tahmini deneyde kaynak mukavemeti yaklaşık 24 MPa bulunmuştur. Bu sonuç yapmış olduğumuz deneylerdeki kaynak mukavemetlerinden daha yüksektir.

Aynı polimerlerle yapılan çözücüyle yapıştırma işleminde ise birleştirme türü olarak sıcak plakada uygulanan alın tipi değil de bindirme tipi kullanılmıştır. Bindirme uzunluğu kalınlığın yaklaşık 10 katı seçilmiştir. Yapılan çekme testlerinde malzemenin bindirme bölgesinden kopmadığı, bindirmenin bittiği kısımdan koptuğu gözlemlenmiştir. Bu da o bölgede ani kalınlık değişiminden dolayı çentik etkisinin olduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Ebnesajjad, N. (Ed.) (2008). *Adhesives technology handbook*, (2nd ed.) . New York: William Andrew Inc.
- Eker, A. (2009). *Plastiklerin şekillendirilme yöntemleri*. 20 Nisan 2013, http://www.yildiz.edu.tr/~akdogan/lessons/plastikmalzeme/Plastiklerin_Sekillendirme_Yontemleri_Son.pdf
- Engineer's Edge: Solutions by Design. (b.t). *Injection molding applications*. 30 Ocak 2013. <http://www.engineersedge.com/manufacturing/injection-molding-applications.htm>
- Lee, B. Kim, J. Lee, S. ve Kim, Y. K. (2012). Butt-welding technology for double walled Polyethylene pipe. *Materials and Design*, 35, 626-632. Elsevier Ltd.
- Lokensgard, E. (2004). *Industrial plastics: Theory and application*, (4th ed.). New York: Delmar Learning
- Margolis, J. (2005). *Engineering plastics handbook*. New York: McGraw-Hill
- Noordin, M. (2009). *Sink marks defect on injection molding using different raw materials*. Yüksek lisans tezi, Universiti Malaysia Pahang, Malaysia.
- Roberts, J. ve Caserio, M. (1977). *Basic principles of organic chemistry*, (2nd ed.) . California: W. A. Benjamin, Inc.
- Runcev, D. ve Trpkovski, L. (b.t). *Heated tool butt welding of PE pipes*. Advanced manufacturing operations, <http://amo.dmt-product.com/amo-08/pdfamo08/03.pdf>
- Stokes, V. K. (1999). A phenomenological study of the hot-tool welding of thermoplastics *Polymer*, 40, 6235-6263.

Stokes, V. K. ve Conway, K. R. (2001). A phenomenological study of the hot-tool welding of thermoplastics 4. Weld strength data for several blends. *Test*, 42, 7477-7493.

Stokes, V. K. (1998). Experiments on the hot-tool welding of three dissimilar thermoplastics. *Polymer*, 39(12), 2469-2477.

Termoplastik polimerler(2009), 24 Mayıs 2013.
<http://www.polimernedir.com/kutuphane/termoplastik-polimerler/>.

Troughton, M. (2008). *Handbook of plastics joining*, (2nd ed.). New York: William Andrew Inc.

Wise, R.J. (1999). *Thermal welding of polymers*, Cambridge: Abington Publishing

Yaşar, H. (2001). *Plastikler dünyası*. Ankara: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği.