

**TERMOPLASTİK MALZEMELERİN BİRLEŞTİRME İŞLEMLERİNDE
KAYNAK PARAMETRELERİNİN ETKİSİ VE MEKANİK
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

İsmail AÇAR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
METAL EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**NİSAN 2013
ANKARA**

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağını eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

İsmail AÇAR

İsmail AÇAR tarafından hazırlanan “TERMOPLASTİK MALZEMELERİN BİRLEŞTİRME İŞLEMLERİNDE KAYNAK PARAMETRELERİNİN ETKİSİ VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Ahmet DURGUTLU
Tez Danışmanı, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
Anabilim Dalı, G.Ü.

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Metal Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Behçet Gülenç
Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Doç. Dr. Ahmet DURGUTLU
Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Yrd. Doç. Dr. Yakup TURGUT
İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Tez Savunma Tarihi: 05/04/2013

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

**TERMOPLASTİK MALZEMELERİN BİRLEŞTİRME İŞLEMLERİNDE
KAYNAK PARAMETRELERİNİN ETKİSİ VE MEKANİK
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

İsmail AÇAR

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Mart 2013**

ÖZET

Bu çalışmada, termoplastik özelliğe sahip olan polipropilen malzemelerden imal edilmiş olan ürünler sıcak eleman kaynağı (hot plate) yöntemi kullanılarak farklı parametreler (55 – 65 - 75 Bar) basınç dahilinde birleştirilmiş ve birleştirmelerin mekanik özellikleri test edilmiştir. Elde edilen numunelere sızdırmazlık, basınç ve çekme testleri uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar kullanılan parametreler dikkate alınarak irdelenmiş ve en ideal parametrelerin belirlenmesine çalışılmıştır. Birleştirme işlemi 65 bar basınç ile gerçekleştirilen numunelerin diğer basınçlara göre (55 – 75) daha iyi olduğu yapılan patlatma testlerinden anlaşılmıştır.

Bilim Kodu : 720.3.019
Anahtar Kelimeler : Plastik malzemelerin kaynağı, mekanik özellikleri, termoplastik malzemeler
Sayfa Adedi : 77
Tez Yöneticisi : Doç. Dr. Ahmet DURGUTLU

**EFFECT OF WELDING PARAMETRES ON JOONING PROCESS OF
THERMOPLASTIC MATERIALS AND DETERMINATION OF
MACHANICAL PROPERTIES**

(M. Sc. Thesis)

İsmail AÇAR

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

April 2013

ABSTRACT

In this study, the products made out of polipropilen material having thermoplastic properties, different parameters were combined within (55 -65-75 bar) pressure, by using hot plate method and the mechanical prpperties of these combinations were tested. The tests of imperviousness, pressure and pulling were conducted to the samples. The results were evaluated by taking the used parameters into account and the ideal parameters were tried to be found. The samples, the combination of which was made by using 65 bar pressure, turned out to be better than the other pressures (55 – 75), as a result of the blow up tests.

Science Code	: 720.3.019
Key Words	: Welding of plastic materials, mechanical properties, thermoplastic materials
Sayfa Adedi	: 77
Adviser	: Assoc. Prof. Ahmet DURGUTLU

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması yapılırken bana fabrikasında sunmuş olduğu tüm imkânlardan dolayı Serdar Plastik Fabrikası sahibi Sayın İlhami TÜTEK ve Teknik Müdürü Sayın Serdar TÜTEK'e, araştırmalarımı gerçekleştirdiğim süre boyunca her zaman yanımda olan, manevi destekleri ile beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan Ayça Sinem TÜRKMEN ve tez çalışmam süresince danışmanlığımı yaparak değerli yardım ve katkıları ile beni yönlendiren Tez Danışmanım Doç. Dr. Ahmet DURGUTLU`ya teşekkürlerimi bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. PLASTİKLER.....	2
2.1. Plastiğin Tarihçesi	2
2.1.1. Doğal plastikler	3
2.1.2. Yapay plastikler	3
3. PLASTİK MALZEMELER.....	4
3.1 Plastik Malzemelerin Özellikleri	4
3.2. Plastiklerin Moleküler Yapıları.....	6
3.3. Polimerlerin Kristalleşmesi	7
3.3.1. Lineer polimerler	8
3.4. Termoplastikler	11
3.4.1. Termoplastik çeşitleri	15
3.5. Termosetler	23

Sayfa

3.5.1. Termoset reçineler	24
3.5.2. Termosetlerin işlenmesi	28
4. PLASTİK MALZEMELERİN KAYNAĞI	35
4.1. Plastik Kaynağına Etki Eden Parametreler	35
4.1.1. Kaynak süresi	36
4.1.2. Baskı gücü	36
4.1.3. Malzemenin Kalınlığı	36
4.1.4. Kullanılan Amper	36
4.1.5. Kaynak Hataları	37
4.2. Termoplastiklerin Kaynak Kabiliyeti	39
4.3. Termoplastik Malzemelere Uygulanan Kaynak Yöntemleri	39
4.3.1. Sıcak eleman kaynağı	39
4.3.2. Sıcak gaz kaynağı	49
4.3.3. Sürtünme kaynağı	56
4.3.4. Işınla ekstrüzyon kaynağı	60
4.3.5. Ultrasonik kaynak	60
4.3.6. Direkt ultrasonik kaynak	60
4.3.7. Endirekt ultrasonik kaynak	60
4.3.8. Yüksek frekans kaynağı	61
4.4. Plastiklerin ve Plastik Esaslı Kompozitlerin Birleştirilmesi	61
5. DENEYSEL ÇALIŞMA	63
5.1. Deneylerde Kullanılan Malzemeler	63
5.1.1. Ana malzeme	63

Sayfa

5.1.2. Enjeksiyon makinesi	65
5.1.3. Sıcak eleman (hot plate) kaynak makinesi	65
5.1.4. Sızdırmazlık test aparatı	65
5.1.5. Basınç test aparatı	65
5.2. Deneyin Yapılışı	66
5.2.1. Numunelerin kaynatılması	66
5.2.2. Sızdırmazlık testi	68
5.2.3. Basınç testi (patlatma testi)	69
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	70
6.1. Birleştirme Sonrası Birleştirme Bölgesindeki Kaynak Kalınlığı	70
6.1.1. 55 Bar ile birleştirilen test numuneleri	70
6.1.2. 65 Bar ile birleştirilen test numuneleri	70
6.1.3. 75 Bar ile birleştirilen test numuneleri	71
6.2. Sızdırmazlık Test Sonuçları	71
6.3. Patlatma Test Sonuçları	71
6.3.1. 55 Bar ile birleştirilen test numuneleri	71
6.3.2. 65 Bar ile birleştirilen test numuneleri	72
6.3.3. 75 Bar ile birleştirilen test numuneleri	73
KAYNAKLAR	75
ÖZGEÇMİŞ	77

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Plastik malzemelerin özellikleri	5
Çizelge 3.2. Bazı termoplastiklerin bileşimi	10
Çizelge 3.3. Naylon özellikleri	19
Çizelge 3.4. Polikarbonat özellikleri	21
Çizelge 4.1. Termoplastik malzemelere uygulanan basınç kaynağı yöntemleri	38
Çizelge 4.2. Sıcak eleman kaynağında önerilen kaynak parametreleri	44
Çizelge 4.3. Sıcak eleman kaynağı problemleri ve muhtemel sebepleri	45
Çizelge 4.4. Sıcak plaka kaynağıyla birleştirilen plastik/plastik film ve plastik esaslı kompozitlere	48
Çizelge 4.5. Spin kaynağı için çalışma aralığında önerilen değişkenler	59
Çizelge 4.6. Termoplastikler için birleştirme yöntemleri	62
Çizelge 4.7. Termosetler için birleştirme yöntemleri	62
Çizelge 5.1. Polipropilen ham maddesinin kimyasal kompozisyonu	64
Çizelge 5.2. Birleştirme işleminde kullanılan parametreler	67
Çizelge 6.1. 55 Bar patlama değerleri ve bölgesi	72
Çizelge 6.2. 65 Bar patlama değerleri ve bölgesi	73
Çizelge 6.3. 75 Bar patlama değerleri ve bölgesi	74

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. a) Etilen monomeri b) İki reaksiyon bağlı etilen monomeri, c)Etilen monomeri	6
Şekil 3.2. (a) Polimerde m sayısı ile ergime sıcaklığının değişimi, (b) M sayısı ile mukavemetin değişimi	7
Şekil 3.3. Kristalli ve amorf PE`nin gerilme-şekil değiştirme eğrileri	8
Şekil 3.4. Metallerin polimerlerin gerilme şekil değiştirme eğrileri	8
Şekil 3.5. Termoplastiklerde zincir yapısı	11
Şekil 3.6. Polietilen Tereftalat Zincir Yapısı	17
Şekil 3.7. Polikarbonatın Sentezlenmesi	22
Şekil 3.8. Termosetlerde zincir yapısı	24
Şekil 4.1. Sıcak elaman kaynağı	40
Şekil 4.2. Birleştirilmiş ürün	41
Şekil 4.3. Sıcak elaman kaynağı işleminin işlem basamakları grafiksel gösterimi ..	41
Şekil 4.4. Birleştirme ve dudak oluşumu	45
Şekil 4.5. Oluşan dudak şekilleri	45
Şekil 4.6. Cidar kalınlığına göre sıcaklık değerleri	46

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1 Naylon Zincir Yapısı	20
Resim 3.2. Sıkıştırma kalıplama makinesi	30
Resim 3.3. Hareket iletme sistemi	31
Resim 4.1. Hot plate birleştirme şeması	42
Resim 4.2. Sıcak eleman alın kaynak makineleri	47
Resim 4.3. Plastik el kaynağı	56
Resim 5.1. Basınç test aparatı	66
Resim 5.2. Sıcak eleman kaynağı (hot plate) işlem sırası	67
Resim 5.3. Patlatma testi uygulama anı	69

1. GİRİŞ

Teknolojisindeki gelişmeler ile birlikte kolay şekillendirilebilen, hafif, hesaplı, çevresel çalışma şartlarına karşı en üst seviyede dayanabilen ve aşınma dirençleri yüksek olan malzemeler tercih edilmektedir. Bununla birlikte, plastik ve kompozit malzemelerin kullanımı her geçen gün yaygınlaşarak, ahşap, metal, seramik vb farklı özelliklerdeki malzemelerin yerini almaktadır. Endüstride kullanılmakta olan plastik malzemeler çok farklı yöntemlerle üretilmektedir. Fakat bazı parça formları mevcut yöntemlerle üretilmemekte yada zaman ve maliyet açısından tercih edilmemektedirler. Bu tür parçaların kaynaklı birleştirilerek oluşturulması çok daha verimli olabilmektedir.

Hazırlanan bu yüksek lisans tezinde, otomotiv sektöründe kullanılmak üzere üretilen fren yağ depolarının kaynak sırasındaki parametrelerden kaynaklanan problemlerin incelenmesi ve doğru parametrelerin belirlenmesi üzerine araştırmalar yapılmıştır. Bu suretle yapılan deneysel araştırmalar ayrıntılı bir biçimde çalışmanın içinde yer almaktadır. Deneysel çalışmalarda birbirinden farklı birleştirme basınçları kullanılarak yapılan birleştirmelerin sulu basınç uygulanarak birleştirme bölgesinin mukavemeti ölçülmüştür. Test numunelerinin üretimi, farklı parametrelerde birleştirilmesi ve yapılan birleştirmelerin testleri Serdar Plastik Fabrikası'nda bulunan makine ve teçhizat ile gerçekleştirilmiştir.

2. PLASTİKLER

Plastikler, kimyasal yönden polimerler grubuna dâhildirler. Küçük molekül bireylerinin (monomerler) birbirine eklenmesi sonucu elde edilir. Moleküler yapıdaki bireylerin (mer) sayısına bağlı olarak gaz, sıvı ve katı halde bulunurlar. Sıvı halde bulunan boyalar, vernikler, adezifler vb malzemeler de polimer sayılır[1].

Plastik kelimesi isim olarak bir malzeme türünü belirtir, aslında plastik kalıcı şekil değiştirebilen cisim anlamına gelir. Örneğin bakır bir plastik malzemedir, plastik şekil değiştirdikten sonra kırılır, fakat plastik değildir. Endüstri de plastik denmesinin nedeni üretimlerinin belirli bir aşamasında akıcı veya plastik kıvam almaları ve basınçla bir kalıba enjekte edilerek şekil verilebilmeleridir. Gerçekte plastikler hafif olup kolay şekillendirilir, az bir bilgi ile en karışık geometrik şekiller kolaylıkla verilebilir. Bu nedenle de çok geniş uygulama alanına sahiptirler.

2.1. Plastiğin Tarihçesi

Plastikli sanayinin nitroselüloz'un ticari üretimi ile (1868) başladığı kabul edilir. Nitroselülozu takiben, tarihi süreçte ikinci sentetik plastik olan fenol-formaldehit esaslı polimerler gelişmiştir. Bunların üretimleri ise bu tarihten yaklaşık 40 yıl sonra gerçekleştirilmiştir. Bu ve bunları izleyen diğer plastik malzemelerin temel yapı taşları ve hammaddeleri olan polimerler, 19. asrın ikinci yarısındaki bazı deneme çalışmalar sonunda ve birçoğu tesadüfen ortaya çıkmıştır. Plastiklerin zincir şeklinde makro moleküllerden oluştuğunu ve bu moleküllerin birbiriyle kovalent bağlanan küçük ünitelerden meydana geldiğini göstermiştir. En önemli özellikleri kolay şekil alabilmeleri olan plastikler hızla gelişmiş ve 1927'de selüloz asetat ve polivinil klorür, 1928'de polimetilmetakrilat, 1929'da üre-formaldehit reçineleri elde edilmiştir. Bunları daha sonra 1932'de polietilen, 1934'de naylon, poliakrilonitril, stiren-akrilonitril ve polivinil asetat, 1937'de poliüretan, 1939'da teflon ticareti adıyla tanınan poli(tetrafloroetilen) 1941'de polietilentereftalat ve orlon ticari adıyla tanınan poliakrilonitril fiber takip etmiştir. Plastiklerin gelişiminde önemli bir aşama, bu malzemelerin cam, grafit ve karbon elyafları ile karıştırılarak kuvvetlendirilmiş

plastiklerin elde edilmesidir. Bu malzemelerin mekanik özellikleri, metallerin seviyesine ulaşmakta ve birçok uygulama alanında plastikler metallere rakip olmaktadır. Günümüzde güçlendirilerek metale yakın seviyeye getirilen malzemeye örnek kompozit malzemeler verilebilir[1].

2.1.1. Doğal plastikler

İlk elde edilen plastikler doğal plastiklerdir. İlk plastikler selüloz nitrattan yapılan saf plastiklerdir. Bunlar bitkilerdeki selülozdan yararlanılarak yapılmıştır. Selüloz nitrat kâfur ve kunduz yağı gibi iki bitkisel madde ile birleştiğinde plastik elde edilir. 1868’de selüloz nitrat, kâfur ve alkol kullanılarak bunun genişlemiş bir şekli elde edilmiştir. Buna selüloid adı verildi ve genellikle fotoğraf ve sinema filmi gibi maddelerin yapımında kullanıldı. Fakat selüloid kolaylıkla tutuşabildiğinden yerini selüloz asetat ve etil selüloz gibi selüloz plastiklerine bırakmıştır[2].

2.1.2. Yapay plastikler

İlk olarak XV. yüzyılın başlarında yapay plastikler laboratuvarlarda tamamen kimyasal maddelerden elde edilmiştir. Başta termoplastikler, termosetler gelmektedir. Günümüz sanayi teknolojisinde de fazlası ile kullanılmaktadırlar.

3. PLASTİK MALZEMELER

3.1. Plastik Malzemelerin Özellikleri

Plastik malzeme özelliklerinin metal malzemelerle karşılaştırılması Plastik malzemelerin özelliklerini metallerinki ile karşılaştırsak, aşağıdaki büyük farklar görülür:

Metal atomları tamamlanmış bir elektron kabuğuna (dış kabuk) sahip olduklarından, kimyasal maddelere karşı dayanıksızdırlar. Plastik malzemeler ise kimyasal bileşikler olarak moleküler yapıdadır ve molekülleri doymuştur. Atomları ise kimyasal bağlar ile soy gaz karakterine sahip olmuşlardır. Bu nedenle birçok kimyasal maddelere karşı dayanıklıdırlar.

Plastik malzemelerin değişik olan bağ ve yapı türü, fiziksel davranışlarının metalik malzemelere göre tamamen farklı olması sonucunu doğurur. Çizelge 3.1'de plastik malzemelerin değişik özellikleri verilmiştir.

Plastik malzeme molekülleri karbonun az miktarda metal olmayan malzemelerle yaptığı bileşiklerdir. Bu maddeler genellikle oda sıcaklığında gaz halindedir.

Propan C_3H_8 gibi tanınmış hidrokarbon bileşikleri sabit büyüklükte olan moleküllere sahiptir. Bunların tersine plastik malzemeler büyük zincir veya ağ moleküllerinden meydana gelirler. Farklı genişleme şekillerine sahip olduklarından sadece ortalama bir molekül kütlesi (molekül ağırlığı) belirlenebilir. Şekil 2'de değişik molekül şekillerinin özellikleri verilmiştir.

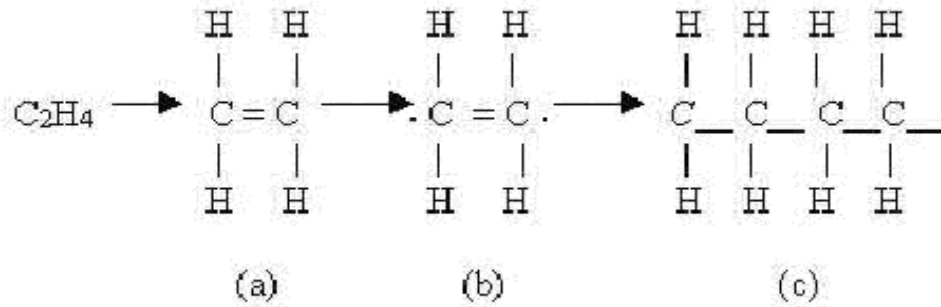
Birçok çeşitleri olan plastiğin hangi gruptan olduğunu anlamak çok kere zor bir iş olur. Aynı plastik çeşitli biçimlerde şekillendirilmiş olabilir. Bir çeşit plastik, farklı ticari adlar alabilir. Bununla beraber, çok çeşitli ad ve şekilleri bulunan plastik, termik özellikleri bakımında şu iki gruptan biri içine girer. Termoplastikler ve Termosetler.

Çizelge 3.1. Plastik malzemelerin özellikleri

Özellik	Plastik malzemelerin davranışı
Yoğunluk	Plastik malzemeler metallerden daha hafiftir. Kısmen su üzerinde yüzerler. Yoğunluk 0,9 ile 2,0/dm ³ arasındadır.
Katılık (E-Modül)	Plastiklerin eğilme yumuşaklığı metallerden fazladır. Yani E-modülü oldukça düşüktür ve sıcaklığa bağlıdır. Bu durum plastik borularda görebiliriz. Plastik borular ısınınca yumuşar, soğukta ise sertleşir.
Isıl genleşme	Plastik malzemeler ısıtılınca metallere göre oldukça daha fazla genişler (5-15 defa). Profillerin üzerindeki plastik kaplamalar ısınınca kalkarlar ve profil üzerinde kayabilirler.
Elektrik ve ısı iletkenliği	Plastik malzemeler kötü ısı ileticilerdir; elektrik iletkenlerinde ise iyi bir yalıtkan malzemesidir. Isı iletim kabiliyeti yaklaşık olarak çeliğin 1/300'ü dür.
Kimyasal dayanıklılık	Plastik malzemeler asitlere, bazlara ve tuz çözeltilerine karşı iyi ve kısmen çok iyi dayanıklılık gösterirler. Bazı çözümlendirici maddeler plastik malzemeleri çözümlendirirler veya eritirler.
Alev alma kabiliyeti	Plastik malzemenin kısmen yanıcı ve alev alıcı özellikleri vardır.
Boyanma kabiliyeti	Plastik malzemeler kolaylıkla renk verebilir ve bu renklerin dayanıklılığı selülozik boya tabakalarından daha iyidir.
Su alma kabiliyeti	Plastik malzemeler kısmen su alma özelliği gösterirler, böylelikle elektrik ve mekanik özellikleri değişime uğrar.
Sürekli yükleme altındaki davranışları	Plastik malzemeler devamlı olarak zorlanırlarsa, şekillerini muhafaza edemezler ve yük altında sürünürler
Isıl mukavemet	Plastik malzemeler yüksek sıcaklıkta ayrışır. Renk değişimleri ve gazların parçalanmasıyla kabarcıklar oluşur.

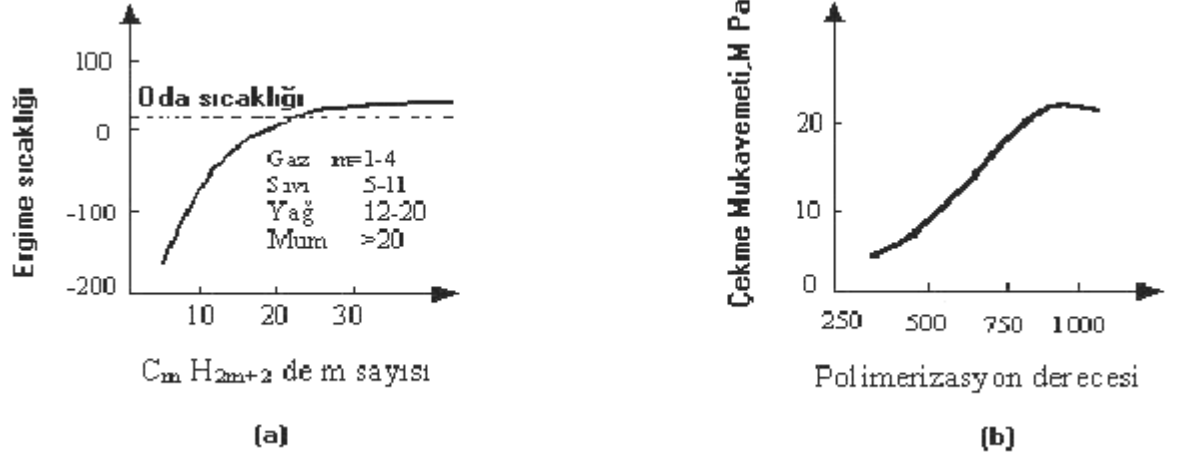
3.2. Plastiklerin Moleküler Yapıları

Plastiklerin ana ilkel maddeleri hidrokarbonlardır. Doymamış hidrokarbonlar da C atomları arasında iki veya daha fazla kovalan bağ vardır. C atomlarının yanında genellikle H, bazılarında Cl, F, O, N ve S atomları bulunur. C atomları arasındaki çift kovalan bağdan biri genellikle sıcaklık, basınç veya katalizör yardımı ile koparılır. Şekil 3.1.b` de görüldüğü gibi iki yan reaksiyon bağlarında birer elektron vardır ve dolayısıyla birer valanse enerji düzeyi boştur. Bu durumda olan iki komşu etilen monomeri birer elektronlarını paylaşarak aralarında kovalan bağ oluştururlar. Böylece çok sayıda etilen monomeri birbirine eklenerek birer polietilen polimer zinciri meydana getirir. Polimer zincirleri birbirleri ile ancak zayıf bağ kurabilirler.



Şekil 3.1. a) Etilen monomeri b) İki reaksiyon bağlı etilen monomeri, c)Etilen monomeri [3]

Hidrokarbon zincirlerinin genel formülü $\text{C}_m\text{H}_{2m+2}$ şeklindedir. Zincirdeki m sayısı arttıkça molekülün boyutu büyür, aralarındaki zayıf bağ sayısı artar, önce gaz halinde iken sonra sıvı daha sonra katı olur. Şekil 3.2 (a) da görüldüğü gibi m sayısı 1-4 arasında gaz halin de iken 5-11 arasında sıvı, 12-20 arasında yağ, 20-50 arasında mum, daha büyük ise katı hale dönüşür. Molekül zincirinin boyu arttıkça yan bağların sayısı artar, bunun sonucu mukavemet de doğal olarak yükselir. Bu durum Şekil 3.2 b`de görülmektedir.



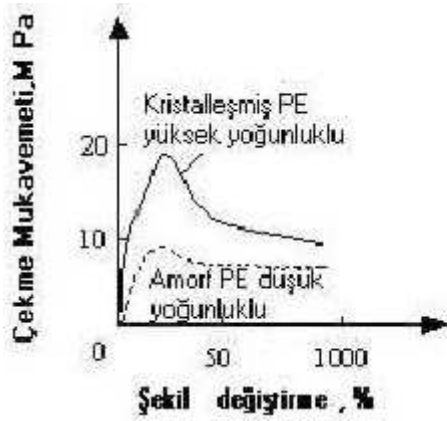
Şekil 3.2. (a) Polimerde m sayısı ile ergime sıcaklığının değişimi, (b) M sayısı ile mukavemetin değişimi [3]

3.3. Polimerlerin Kristalleşmesi

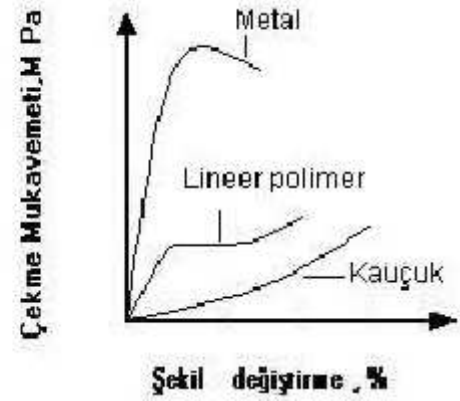
Polimerler genellikle amorf yapıya sahiptirler. Uzun ve karmaşık yapılı zincirlerin komşuları ile uyum sağlayıp düzenli yapı meydana getirmeleri çok zordur. Bir lineer polimerin genel görünüşü pişmiş makarnaya benzemektedir. Bir polimer malzeme kimyasal olarak birbirine bağlı birçok parça birimi içeren bir katı ya da birbirine bağlanarak bir katı oluşturan birimlerden oluşmaktadır.[5] Zincirler birbirleriyle dolaşmışmış halde bulunur. Ancak basit yapıli ve simetrik polimerlerde polietilen izotaktik propilen gibi bazı koşullarda yerel düzen oluşabilir.

Amorf ana yapı içinde oluşan küçük kristal yapıli bölgelere kristalitler denir. kristalitlerin yoğunluğu amorf yapıya göre % 5-10 kadar daha büyüktür. Örneğin endüstride kullanılan yüksek yoğunluklu polietilende % 90 oranında kristalleşme nedeni ile yoğunluk 0,96 gr/cm³ düşük yoğunluklu amorf polietilende ise 0,92 gr/cm³ dır.[3] Soğuma hızı yavaş olursa kristalleşme olanağı artar. Kristalleşme dış kuvvet etkisinde de oluşabilir. Gerilen molekül zincirleri paralel hale gelecek yer yer uyum sağlayabilirler. Bu şekilde doğan kristaller kuvvet doğrultusuna paralel olurlar. Kristallerin büyüklüğü 50-100 Å civarındadır.[3] Molekül zincirleri ise bu boyuta göre çok daha uzundur. Bazıları birkaç kristalit içinden geçerek uzanırlar kristallik derecesi arttıkça mekanik özellikleri ve yumuşama sıcaklığı yükselir. Kristalli ve

amorf yapılı polietilen mekanik özellikleri arasındaki şekil 3.3'de açıkça görülmektedir.



Şekil 3.3. Kristalli ve amorf PE'nin gerilme-şekil değiştirme eğrileri[3]



Şekil 3.4. Metallerin polimerlerin şekil değiştirme eğrileri[3]

Metallerde gerilme-şekil değiştirme eğrileri akma başladıktan sonra yatıklaşır. Bu durumu şekil 3.4'de görülmektedir. Diğer taraftan lineer polimerlerde ise eğri başlangıçta yatıktır. Sonra dikleşir. Molekül zincirleri gerilip doğrulunca komşuları ile uyum sağlarlar. Yer yer kristalleşme oluşur ve şekil değiştirme direnci artar. Özellikle bu davranış kauçukta çok belirgindir. Çekme etkisinde kristalleşme nedeniyle kauçuğun hacmi azalır, gerilme kalkınca tekrar ilk haleline döner. Diğer malzeme türlerinde ise çekme etkisinde daima hacim artar.

3.3.1. Lineer polimerler

Lineer polimerler “vinil” ve “bütadien” olmak üzere iki ana gruba ayrılırlar. Vinil türü mono-merde çift bağlı iki C atomu ile bunların ikişer yan atomu vardır. Bu yan atomlardan ilk üçü H, Diğer dördüncüsü H den başka türde olabilir. Bu dördüncü yan atom H etilen, Cl vinilklorür, CH₃ grubu ise propilendir. Benzer halkası ise stiren monomeri elde edilir. Eğer vinil tür monomerin ilk iki yan atomu H, diğer iki yan atomu değişik türde atom ise viniliden monomeri oluşur. Bu son iki yan atom Cl ise viniliden klorür oluşur. Bu grupta dört yan atomda F olursa tetrafloretillen polimeri

elde edilir. Reaksiyona giren ana monomerin başına “poli” kelimesi eklenerek polimerin adı elde edilir. Örneğin tetrafloretillen monomeri polimerize edilirse politetrafloretillene dönüşür, buna da endüstride “teflon” denir. Lineer polimerlerde molekül zinciri boyunca aynı tür mer varsa “homopolimer” veya kısaca polimer denir. Bunlarda zincir boyunca bağ boyları ve bağ açıları aynıdır ve atomlar simetrik dizilmiştir, dolayısıyla komşu zincirler arasında uyum sağlayarak kristalli yapı oluşturma eğilimi artar. Bazı polimerlerde ise birden fazla tür mer bulunur ve bunlara “kopolimer” denir. Kopolimerde değişik oranda ve değişik türde merler farklı biçimde dizilerek çok değişik özellikte yapı oluştururlar. Merler zincir boyunca ardaşık düzenli veya rasgele dizilebilir veya aynı tür mer içeren bir zincire başka tür zincir dal biçiminde eklenmiş olabilir. Kopolimerler düzensiz yapıdır, atomsal dolgu faktörü daha düşüktür, daha kolay şekil değiştirirler ve toklukları yüksektir.

Örneğin vinil klorürle viniliden klorür (PVC) kopolimerini oluştururlar. ABS kopolimeri akrilonitril-bütadien-stiren merlerini içerir, bu kopolimeri mukavemeti ve elastisite modülü yüksek olduğu gibi tokluğu da yüksektir, çarpmaya iyi dayanır.

Çizelge 3.2. Bazı termoplastiklerin bileşimi[3]

Malzeme	Malzeme Özgül Ağırlık gr/cm ³	Çekme Muk. Mpa	Elastisite Modülü MPa	Kullanma Sıcaklık Sınırı °C
Polietilen(alçak ö.a.)(PE)	0,92-0,93	7-17	105-280	80
Polietilen(yüksek ö.a.)(PE)	0,95-0,96	20-37	420-1260	100
Polivinilklorür(PVC)	1,50-1,58	40-60	2800-4200	110
Polipropilen (PP)	0,90-0,91	50-70	1120-1500	105
Polistiren (PS)	1,08-1,10	35-68	2660-3150	85
ABS(Akronitril-Bütadien-Stiren)	1,05-1,07	42-50	----	75
Polimetilmetakrilat (PMMA)	1,11-1,20	50-90	2450-3150	125
Politetrafloretillen(teflon)	2,1-2,3	17-28	420-560	120
Naylon 6,6	1,06-1,15	60-100	2000-3500	82
Sellülozikler	1,2-1,3	20-50	----	60

Uzay ağı polimerler

Uzay ağı polimerlerinde moleküller arasında üç boyutlu sürekli kovalent bağ vardır. Bu bağlar bazılarında yüksek basınç ve sıcaklık etkisinde, bazıları ise oda sıcaklığında kimyasal reaksiyon sonucu oluşur. Bunlar da genellikle sıvı halde bulunan monomer kütlesi veya reçine ile bir sertleştirici katkı ile karıştırıldıktan sonra polimerisasyon olayı süresince molekül bireyleri arasında çapraz bağlar meydana gelir. Polimerizasyon bittikten sonra amorf ve rijit bir kütleye dönüşür. Bundan sonra sıcaklık artsa dahi yumuşama oluşmaz. Aşırı sıcaklık kovalent bağların kopmasına, dolayısıyla malzemenin tahrip olmasına neden olur. Uzay ağı polimerleri olan termosetler tekrar kullanılamazlar.

Monomerler de ikiden fazla doymamış karbon-karbon bağı varsa üç veya dört adet komşu moleküler bağ kurularak sürekli bir kovalent bağ ağı oluştururlar. Bu türe örnek en sık rastlanan ve ilk defa sentetik yolla üretilen polimer fenol-formaldehittir. Gerçekte fenolün benzer halkasından üç adet reaksiyon bağı elde edilebilir. İki reaksiyon bağı formaldehit ile üç reaksiyon bağı fenol monomerleri üç boyutlu uzay ağı türü formaldehit polimeri meydana getirirler. Bu polimere endüstride bakalit denir. Bakalit sürekli kovalent bağa sahip bir termosettir. Bu nedenle sert ve gevrek bir cisimdir. Termoset plastikler termoplastiklere göre daha yüksek mukavemetli, daha “rijit” (elastisite modülü yüksek), boyutları daha kararlı sünmesi daha düşük ve kullanılma sıcaklıkları daha yüksektir. Bununla beraber daha pahalı ve uygulamaları daha güçtür. Dış Etkilere ve asitlere daha dayanıklı olduklarından koruyucu kaplama ve dekorasyon amacı için kullanılmaya elverişlidirler. Çizelge 3.2.`de bazı termoset plastiklerin özellikleri verilmiştir.

Gerçekte arı kütle halindeki termoset plastiklerin mukavemeti diğer malzemelere göre düşük olmakla beraber lifler vb.malzemelerle (cam, boron, karbon, mika, sellüloz lifleri gibi) pekiştirilerek kompozit malzemelere dönüştürülürler ve mukavemetleri birkaç kat artırılabilir. Örneğin poliyesterin mukavemeti 42-95 MPa arasında iken cam lifleri ile pekiştirilince 200-345 MPa kadar yükseltilebilir. Ayrıca hafif olduklarından özgül mukavemet (mukavemet/özgül ağırlık) yönünden

metallerden çok daha üstündürler. Bu nedenle uçak ve uzay endüstrisinde, oto, deniz tekneleri, spor malzemeleri ve yapı elemanları üretiminde çok yaygın olarak kullanılırlar.

3.4. Termoplastikler

Termoplastikler mühendislik plastikleri olarak da adlandırılırlar. En önemli özellikleri ise geri kazanılabilmeleridir. Kolay şekil alabilen ve hafif olmaları nedeni ile kolay şekillendirilebilirler. Sertlikleri orta derecededir ve amorf kristal ya da yarı kristal yapıda olabilirler. İşlem sıcaklıkları orta derecededir. Korozyona dayanıklı olmalarına karşılık rutubete karşı hassastırlar. Aşağıda gösterildiği gibi termoplastik zincirlerde bağ termosetlere göre daha uzundur[2]. Bu nedenle bağlar daha gevşek olduğundan sünekliğe sahiptirler ve birkaç defa ısıtılıp soğutulabilirler.(Şekil 3.5.)

●-----●-----●-----●----- }Gevşek bağ Isıt-Soğut-Isıt-Soğut...

Şekil 3.5. Termoplastiklerde zincir yapısı[2]

Zincir içinde kovalent, zincirler arası van der Waals bağlara sahiptir. Bütün polimerler düşük sıcaklıklarda yüksek bir katılık (elastik modülü ve kayma modülü yüksektir) gösterirler ve gevrektiler. Termoplastlar tekrar tekrar eritebilirler ve çözülebilirler. Bu da çevre koruma açısından özel bir anlam taşır. Münferit türleri birbirleri ile karıştırılmazlarsa, termoplastlar yeniden kazanım için mükemmel uygunluktadırlar. Yani teorik olarak birkaç bin yoğurt kasesinden, bir çamurluk imal edilebilir. Bir başka avantajları da çatlak ve kırıkların ısı ile kaynatılabilmeleridir.

Camlaşma sıcaklığı T_g (donma sıcaklığı) denilen belirli bir sıcaklık bölgesinin üzerinde zincir molekülleri belirli bir ısı hareketlilik kazanırlar. Böylece madde daha kolay bükülebilir hale gelir ve sünekleşir. Ancak sekonder bağlar ve hareket sonucu meydana gelen düğümlenmeler kaymayı engeller. Malzeme termo-elastik duruma geçer.

Termoplastlar sıcaklığa bağlı olan özelliklere sahiptir. Bu özellikler ise Elastik modülü, Mukavemet, Sünekliktir. Sıcaklık daha da yükselirse, primer bağlar teker teker çözülmeye başlar, molekül zincirleri parçalanır ve düşük moleküllü maddeler haline geçer. Malzeme hasara uğrar.

Termoplastik polimerlerinin çeşitlerinin çok fazla olmasına rağmen matris olarak kullanılan polimerler sınırlıdır. Termoplastikler düşük sıcaklıklarda sert halde bulunurlar ısıtıldıklarında yumuşarlar. Termosetlere göre matris olarak kullanımları daha az olmakla birlikte üstün kırılma tokluğu, hammaddenin raf ömrünün uzun olması, geri dönüşüm kapasitesi ve sertleşme prosesi için organik çözücülere ihtiyaç duyulmamasından dolayı güvenli çalışma ortamı sağlaması gibi avantajları bulunmaktadır. Bunun yanı sıra şekil verilen termoplastik parça işlem sonrası ısıtılarak yeniden şekillendirilebilir. Oda sıcaklığında katı halde bulunan termoplastik soğutucu içinde bekletilmeden depolanabilir. Termoplastikler yüksek sertlik ve çarpma dayanımı özelliğine de sahiptirler. Yeni gelişmelerle termoplastiğin sağladığı bu artı değerleri son dönem termoset matrislerinden 977-3 Epoksi ve 52450-4 BMI reçineleri de sağlamaktadırlar.

Termoplastiklerin kompozit malzemelerde matris olarak tercih edilmemelerinin başlıca nedeni üretimindeki zorlukların yanı sıra yüksek maliyetidir. Oda sıcaklığında düşük işleme kalitesi sağlarlar, bu onların üretimde zaman kaybına yol açmasına neden olur. Bazı termoplastikleri istenilen şekillere sokabilmek için çözücülere ihtiyaç duyulabilir. Termoplastiklerin termosetlere kıyasla hammaddesi daha pahalıdır. Devamlı kullanım sıcaklıkları 60 °C ile 245 °C arasında değişebilen termoplastik reçine çeşitleri bulunmaktadır.

Başlangıçta amorf yapılı reçinelerden polietersulfon (PES) ve polieterimid (PEI) matris olarak kullanılmaktaydı. Sonraki dönemde ise havacılık sektörü uygulamaları için çözücülere karşı dayanım önemli bir kriter olarak ortaya çıkmıştır. Bu ihtiyaç sonrasında polietereterketon (PEEK) ve polifenilen sulfid (PPS) gibi yarı-kristal yapılı plastik malzemeler geliştirilmiştir. Ayrıca sınırlı oranlarda poliamidimid (PAI) ve poliimid gibi plastiklerde kullanılmaktadır.

Bu polimerler diğer termoplastiklerden farklı olarak polimerizasyonlarını kür aşamasında tamamlarlar. En yoğun çalışmalar ise PA, PBT/PET ve PP gibi düşük sıcaklıklarda kullanılan polimerlerin üzerine yapılmıştır. Tüm bu polimerlerin haricinde ABS, SAN, SMA (StirenMaleikAnhidrit), PSU (polisülfon), PPE (polifenilen eter) matris olarak kullanılır. Termoplastik reçineler malzemenin çekme ve eğilme dayanımlarının artırılması için kullanılır. Otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılan termoplastikler uçak sanayisinde de yüksek performanslı malzeme çözümlerinde kullanılmaktadırlar. Çoğunlukla enjeksiyon ve ekstrüzyon kalıplama yöntemleri ile üretilen termoplastiklerin üretiminde GMT (Glass Mat Reinforced Thermoplastics / Preslenebilir Takviyeli Termoplastik) olarak ta üretilmektedir. Bu yöntemle hazırlanan takviyeli termoplastikler soğuk plakaların preslenebilmesi ve geri dönüşüm sürecine uygunluğundan dolayı özellikle otomotiv sektöründe tercih edilmektedir.

Termoplastikler termal enerji (ısı) ve basınç uygulandığında kolaylıkla yumuşayan, deforme olabilen, akan bu durumda herhangi bir şekil alabilen ve soğutulduğunda sertleşebilen malzemelerdir. Bu özelliklerinden dolayı geri dönüşüm yolu ile tekrar tekrar kullanılabilirler. Bu şekillendirme sırasında herhangi bir kimyasal değişikliğe uğramazlar. Bu özellikleri esasen termoplastiklerin molekül yapısından ileri gelmektedir.

Termoplastikler lineer moleküllere sahiptirler. Lineer moleküllerde zinciri oluşturan ünitelerin arasında çok kuvvetli kovalent bağlar bulunmaktadır. Moleküller arasında ise fiziksel bir bağ bulunmamaktadır. Sadece molekülleri bir arada tutan zayıf elektrostatik çekme kuvvetleri vardır. Bu moleküller arası kuvvet zincirlerinin birbirine göre hareketlerini engelleyen, ısıya karşı duyarlı bir kuvvettir. Dolayısıyla lineer molekül zincirlerinden oluşan bir termoplastik ısıtıldığında moleküller arasındaki kuvvet zayıflar, molekül zincirleri birbirlerine göre hareket bakımından sıvılara benzer şekilde serbest haline gelir ve malzemeye bir kalıpta kolayca şekil verilebilir. Malzeme soğutulduğunda, moleküller arası kuvvet büyür ve molekül zincirlerini verilen yeni şekilde dondurur. Ancak çok ısı verilirse molekül zincirleri kopar ve malzeme özelliklerinde bir yıpranma meydana gelir. Termoplastikler,

buharlařma ile bileřimlerinin deęiřmemeleri şartıyla ile tekrar tekrar řekillendirmek ve kaynak yapmak mümkündür.

Bugün dünyada en az üretilen ve az sayıda kullanım alanı bulunan termoplastiklerdir. Plastik zel İhtisas Komisyonu raporunda başlıca termoplastik eřitleri olarak aşağıda belirtilen plastikler verilmiştir.

- Alçak ve yüksek yoğunluklu polietilen
- Lineer alçak yoğunluklu polietilen
- Yüksek molekül ağırlıklı polietilen
- Polivinilklorür ve vinil kopolimerleri
- Polistiren
- Polipropilen
- Termoplastik poliamid
- Poliamid
- Sulfon polimerleri
- Polimetil penten
- Fenilen oksit kökenli reęine
- Asetal hopolimerleri
- Asetal kopolimerleri
- Polikarbonat
- Termoplastik polyester
- Polibütilen
- Poliüretan
- Sellozikler
- Stiren akrilonitril
- ABS
- Poliakrilat
- Naylon
- Nitril reęine
- Polifenilen sülfit
- Termoplastik elastomerler

3.4.1. Termoplastik çeşitleri

Isıtıldıkları zaman yumuşar ve akar, soğutulunca sertleşirler, katılaşır. Bu olay termoplastikler için tekrar edilebilir bir özelliktir. Bu şekillendirme esnasında hiçbir kimyasal değişime uğramazlar. Genel de polimerizasyon adı verilen kimyasal işlemle elde edilirler. Yüksek sıcaklıklarda zincirler arası bağlar zayıflar. Pek çok termoplastik yapıdaki polymer'ler lineer polymer şeklindedir. Ve bir miktar da dallı yapıdadırlar[1]. Termoplastik çeşitleri aşağıdaki gibidir

Sellüloz türevleri

Sellüloz birçok bitkilerde bulunan doğal bir polimerdir ve genellikle pamuk ya da ağaçtan elde edilir. Sellülozun yapısı belirlenebilir.

Ham sellüloz suda erir hale getirilerek; saflaştırılır. Bundan sonra uygun bir kimyasal reaksiyonla rejenere edilir. İşlem, plâstik bir fiber veya tabaka şeklinde çekilmek üzere düzenlenir. Hidrojen bağları dolayısıyla moleküller arası kuvvetler bir hayli yüksektir; plâstik suda erimez, çok kristalsidir ve ergimeden önce kömürleşir. Rejenere selülozdan yapılan fiberler büyük bir endüstrinin temelini meydana getirirler. Çeşitli fiberler yapılabilir ve bunlar reyon olarak sınıflandırılır. Fiberlerin dayanımı çekme ile artırılabilir.

Ham sellüloz tabakanın bükülebilirliği kullanılamayacak kadar az olduğundan plâstikleştirilmesi gerekir. En iyi plâstikleştirici sudur ve plâstik tabakanın gliserine daldırılması ile % 1 oranında bünyeye girer. Gliserinin plâstikleştirici bir etkisi vardır, fakat su da soğuyarak plastiğin bünyesinde tutar. Başka plâstikleştiriciler de kullanılabilir. Plâstikleştirilmemiş tabaka su buharına geçirgendir ve paketlemede geçirmez hale getirilmek üzere kaplanır. En çok kullanılan kaplama malzemesi süellüloz nitrat esaslı bir verniktir. Kaplama sonunda elde edilen ısı geçirmez film paketlemede kullanılır ve selofon adı ile bilinir. Başka bir kaplama metodu da sellülozun polietilen gibi iki film tabaka arasına konmasıyla elde edilen “sandviç” filmidir.

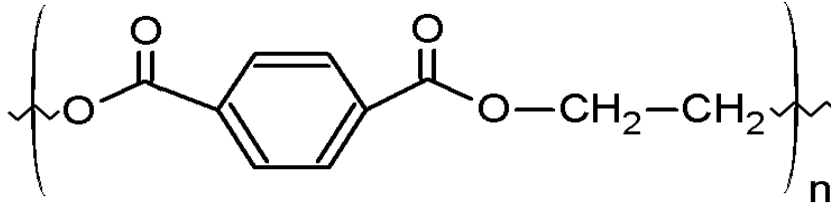
Sellüloz nitrat nitrik asidin sellülozla reaksiyonundan elde edilir. Bu reaksiyonda sellülozdaki hidroksil gruplarının bir kısmı ya da tamamı yer değiştirirler. Sellüloz nitrat yanıcılığı dolayısıyla enjeksiyon veya basınçlı kalıplamaya uygun olmamakla beraber özel üfleme metodları ile masa tenisi topları yapılır. Malzemenin bu şekline genellikle sellüloid adı verilir. Yanıcı olmayan ısıl plastiklerin geliştirilmeleri sellüoidin uygulama alanlarını oldukça sınırlamıştır. Sellüloz nitrat tabaka uzun süre açık havada kaldığı takdirde çatlama ve renk bozulması görülür. Bu plastik çeşitli çimentolarla birleştirilebilir. Bu amaçla en çok kullanılan eritkenler aseton, eter alkol karışımı ve amil asetatıdır.

Sellüloz asetatın nitrata üstünlüğü yanıcı olmayışıdır. Sellülozun asetilleştirilmesinin ilk ürünü tri asetatıdır ve hidroksil grupları tamamıyla yer değiştirmişlerdir. Bu malzeme eritkenlerin çoğunda erimez. Hidroliz işleminden sonra bileşimleri di asetatla tri asetat arasında değişen çeşitli ürünler haline gelir. Bu tip plastikler plastikleştirici ile kuru halde karıştırıldıktan sonra tabaka haline getirilirler ve kalıp pudrası elde etmek için öğütülürler veya standart profiller haline getirilirler.

Ayrıca kokusuz ve tatsız olup ses dalgalarını yutabilme özellikleri vardır. Kaynak edilebilir ve parlatılabilirler. Alet sapları, şarter kolları, möble, direksiyon kaplaması, oyuncak, gözlük çerçevesi, yazı cihazları vb. yerlerde kullanılabilir.

Polietilen tereftalat

Yoğunlaşma polimerleştirmesi ile yapılan doğrusal bir polyesterdir. Plastik kristalsidir ve normal sıcaklıklarda cam geçiş noktasının oldukça altındadır. Ergimiş halden cam geçiş noktasının altına hızla soğutulduğunda amorf bir plastik elde edilir. Bu amorf plastik cam geçiş noktasının üzerine ısıtıldığında tekrar kristalleşir. Şekil 3.6.`da Polietilen Tereftalat Zincir Yapısı görülmektedir[6]



Şekil 3.6. Polietilen Tereftalat Zincir Yapısı[6]

Polietilen tereftalat fiber halinde çok kullanılır. Fiber ergimiş plastiğin ekstrüzyonu ile elde edilir. Fiber malzeme halat ve filtre gibi özel uygulamalarla kumaş yapılmasında kullanılır. Polietilen tereftalat film halinde de bulunur. Film ergimiş plastikten ekstrüzyonlar elde edilerek amorf bir şekil elde etmek için hızla soğutulur ve sonra gerilerek cam geçiş noktasının hemen üzerine ısıtılır. Germe önce bir yönde ve sonra da buna dik yönde uygulanır. Bundan sonra film bir miktar daha ısıtılarak kristalitlerin film düzleminde yönleşmeleri sağlanır. Bu film yüksek dayanımlı, geçirgen ve ısı kararlıdır.

Dallanmış zincirli yapı, moleküller arası bağ kuvvetlerini düşürerek polietilenin dayanımını düşürür. Dallanma az ise, kristallenme ve dayanım artar[5]. Elektriksel özellikleri de oldukça yüksektir. Elektrik ve elektronik endüstrisinde pek çok uygulama alanları vardır. Conta ve konveyör bantı gibi mekanik uygulamalarda da kullanılır. Dekorasyon, ciltleme, daktilo şeridi, fotoğraf filmi diğer uygulama alanları arasında sayılabilir. Ayrıca kanalizasyon ve temiz su boruları (10 bar'a kadar olan basınçlarda kullanılır; sürünme eğilimi), paketlemede ve inşaat malzemesi üretiminde kullanılan folyeler, ev eşyası ve oyuncak yapımı için püskürtme dökme parçalar, kaplar, kablo ve boruların kılıflandırılması, saç parçaların kaplanmasında kullanılır.

Polietilen tereftalat, (PET, PETE, PETP) polyester ailesine ait poli kondenzasyon metoduyla üretilen termoplastik bir malzemedir. Meşrubat, yiyecek ve içecek kapları, sentetik fiber gibi kullanım alanları vardır. Isıl işlenmesine bağlı olarak, amorf (şeffaf) ve yarı-kristal (opak ve beyaz) malzeme olarak mevcuttur.

En önemli kullanım avantajı, tamamen geridönüşebilir olmasıdır. Diğer plastiklerden farklı olarak, polimer zincirleri, sonraki kullanımlar içinde eski halini almış durumdadır. PET hammadde tanımlama kodu olarak 1 ile ifade edilir.

PET kalınlığına bağlı olarak yarı-rijit (yarı-katı) ve rijit (katı) olabilir. Çok hafiftir. İyi bir gaz ve nem bariyeri olarak kullanılır. Serttir ve darbeye karşı dayanıklıdır. Doğal olarak renksiz ve şeffaftır. İnce film olarak üretildiğinde, PET sıklıkla alüminyum ile kaplanır, yansıtıcı ve opak bir hale gelir. PET şişeler, mükemmel bariyer malzemesi olup, özellikle meşrubatlar için çok yaygın kullanım alanı vardır. Fiber veya cam partikül dolgulu olduğunda, kayda değer bir şekilde sert ve daha uzun ömürlü bir hal alır.

Fiziksel özellikleri:

Polietilen tereftalat polardır. Polar olduğundan moleküller arası çekim kuvveti büyüktür. PET Molekülleri lineer ve ağ olmaksızın oluşmaktadır. Bu özelliklerin ikisi de yarım kristal olma hali ve faser hali için şarttır. PET moleküllerinin lineer olması ve ağ oluşturmaması, 80 °C bile formunu bozmamasını ve kırılmaya karşı dayanıklı olmasını sağlar.

Darbeye karşı dayanıklılığı azdır. Kayma ve kaynak olma özelliği iyidir. Yumuşamaya başladığı sıcaklık aşağı yukarı 70 ile 80 °C arasındadır. Kristal haldeyken 140 °C nin üzerine de çıkabilir. Erime noktası (Kristalizasyon derecesi ve polimerizasyon derecesine bağlı olarak 235 ve 260 °C arasındadır.

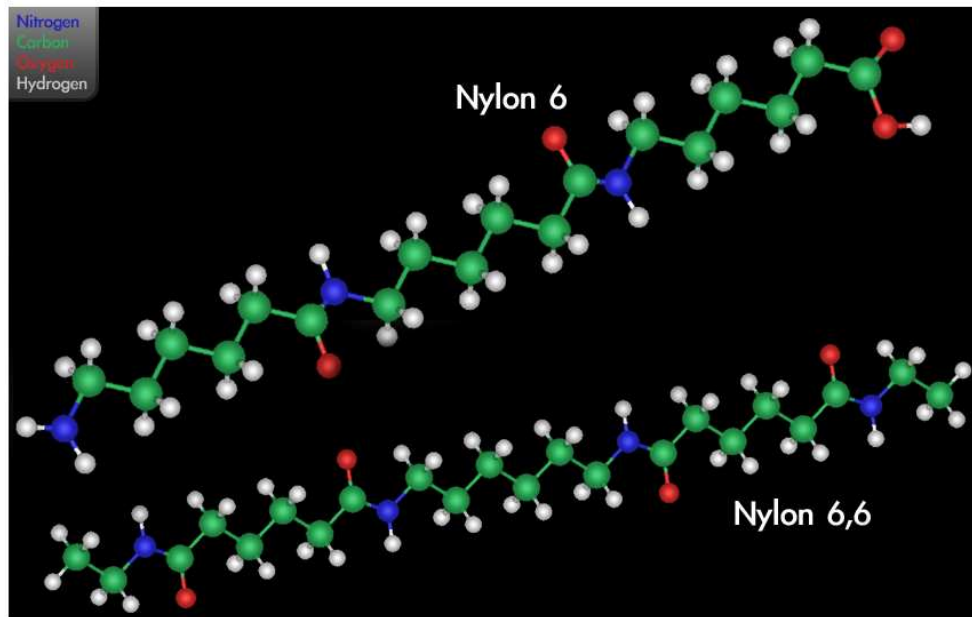
Naylon

Doğrusal poliamid tipi plastikler bu genel isimle bilinirler. Naylonlar bir dibazik asitle bir diaminin yoğunlaşma polimerleştirilmesiyle elde edilirler. Naylonlar amino asitlerin yoğunlaşma polimerleştirilmeleriyle de yapılırlar. Naylonlarda en güçlü molekül arası kuvvetler hidrojen bağlarıdır. Naylon ergiyikten sarma ile fiber haline

getirilebilir. Elde edilen fiber gerilerek çekme dayanımı yükseltilir. Tekstil endüstrisinde, halat, fırça kılı, tenis raket örgüsü gibi ürünlerde kullanılır.

Naylonların atmosferik rutubet, soğuruma özellikleri (Bir özdeğin başka bir özdek içinde tutulması) ve diğer ısıl plastiklerden daha yüksektir. Soğurum miktarı çeşitli naylonlar arasında değişir ve plastiğin özelliklerini etkiler. Bunların en sakıncalı plastiğin elektriksel uygulamalarını sınırlayan yalıtım direncidir.

Naylonlar imalattan önce iyice kurutulmalıdırlar; aksi halde imalat esnasında ortaya çıkan buhar naylonun yüzeyini bozabilir. Naylon parçalar normal kalıplama işlemleriyle imal edilebilirler. Naylonu kalıp içinde polimerleştirmekle de imalat mümkündür ve bir tona kadar büyük parçalar bu metodla yapılabilir.



Resim 3.1 Naylon Zincir Yapısı[7]

Çizelge 3.3. Naylon özellikleri[7]

Yoğunluk	1.15 g/cm ³
Elektriksel iletkenlik (σ)	10-12 S/m
Isıl iletkenlik	0.25 W/(m·K)
Erime noktası	(463 K-624 K) (190°C-350°C) (374°F-663°F)

Naylonların en önemli özellikleri yüksek mekanik dayanım, aşınma direnci, yüksek üst sıcaklık limiti ve düşük sürtünme katsayısıdır. Naylonlar pahalıdırlar ve daha çok özel karakteristikleri yönünden kullanılırlar. Yüksek basınçlı hortum, konveyör kayışları, yağda dirençli şişeler, aşınma dirençli kablo kılıfları naylondan ekstrüzyon metodu ile yapılabilir. Naylona cam fiber katmakla mekanik dayanımı ve ısı bozulma sıcaklığı yükseltilebilir.

Eriyik ya da çözeltisinden çekilerek, dökülerek ya da püskürtülerek lif, ince iplikçik, sert kıl ya da levha haline dönüştürülen naylon, ip halat ve dokuma üretiminde kullanılır veya doğrudan kalıplara dökülerek belirli bir biçimi olan ürünlere (mutfak gereçleri gibi) dönüştürülür.

Soğuk çekme yöntemiyle elde edilen tok, esnek ve dayanıklı ürün ise genellikle ince ya da kalın iplikçikler halinde çorap, paraşüt ve fırça yapımında kullanılır. Ayrıca püskürtmeli döküm yöntemiyle bazı malzemelerin kaplanması da yararlanılabilir. Sanayide, özellikle otomotiv ve tarımda (seracılıkta) yaygın olarak kullanılmaktadır.

Polikarbonatlar

Bir polikarbonat karbonik asidin bir polyesteri olduğuna göre bu plastikler sınıfı aslında polyester grubunun bir üyesidir. Bu polikarbonatın boyutsal kararlılığı ve darbe direnci çok yüksektir. Normal sıcaklıkların üzerinde ve altında çok geniş sıcaklık limitleri içinde mekanik dayanımını korur. Işığa geçirgendir ve pigment katılmadığı takdirde soluk sarı renklidir. Sürekli açık hava şartlarına dayanıklıdır. Başlıca sakıncaları bazı eritkenlerle etkilenmesi ve gerilme çatlakları yapmasıdır.

Plastik piyasada kalıp pudrası halinde bulunur ve normal tekniklerle imalata uygundur. Film halinde de bulunabilir. Bu plastiğin uygulamalarının çoğunda dielektrik özelliklerinden yararlanılır. Akım taşıyan iletken süpportları, şalter kutu kapakları ve kondansatör mahfazaları bunlar arasında sayılabilir. Polikarbonat film kondansatör yapımında kullanılır. Bebek biberonlarından madenci baretlerine kadar

çeşitli uygulamaları vardır ve geçirgenliği dolayısıyla lamba kapakları ve benzer eşya yapımında kullanılır.

Polikarbonatlar, termoplastiklerin özel bir grubudur. İşlenmesi, kalıplanması, ısı olarak şekillendirilmesi kolaydır, bu tip plastikler modern imalat sektöründe çok geniş kullanım alanı olan plastiklerdir. Polikarbonatlar olarak isimlendirilmişlerdir, çünkü uzun moleküler zincirleri içinde karbonat grupları (-O-CO-O-) tarafından bağlanmış fonksiyonel gruplara sahiptirler.

En yaygın polikarbonat plastik tipi, Bisphenol A grupları ile bağlanmış karbonat gruplarının oluşturduğu polimer zincirlere sahip olanıdır. Bu tip polikarbonat çok dayanıklı bir malzemedir, kurşungeçirmez cam yapımında kullanılır. Polikarbonatların karakteristikleri polimetil metakrilat'a (PMMA ;akrilik) oldukça benzer, fakat polikarbonat daha güçlü ve daha pahalıdır. Ayrıca bu polimer oldukça şeffaf ve ışığı geçiren bir yapıdadır. Birçok cam türünden daha iyi ışık geçirgenlik karakteristiğine sahiptir. CR-39 özel bir polikarbonat malzeme olup iyi optik ve mekanik özelliklere sahiptir ve sıklıkla gözlük camı yapımında kullanılır. Aşağıdaki Çizelge 3.5.'de Polikarbonatların özelliklerine ulaşabilirsiniz.

Çizelge 3.4. Polikarbonat özellikleri

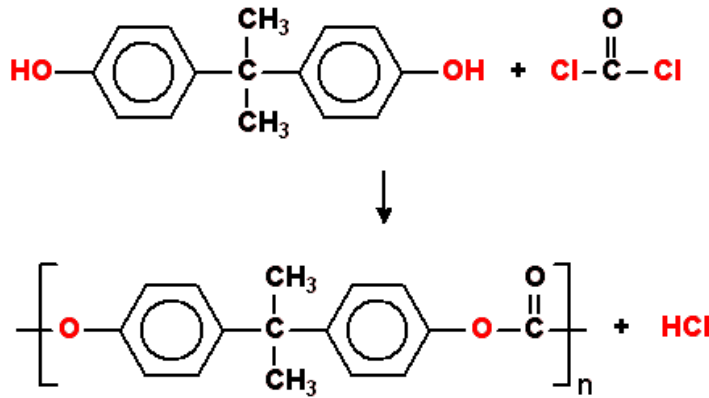
Yoğunluk	1.20 g/cm ³
Kullanım sıcaklık aralığı	-100 °C'den +135 °C'ye
Erime sıcaklığı	270/380 °C civarı
Kırılma indeksi	1.585 ± 0.001
Işık geçirgenlik indeksi	90% ± 1%
UV ışınlarına karşı dayanım	Zayıf
Abbe değeri	32

Kullanım alanları:

Polikarbonat, endüstri ve laboratuvarlarda olduğu kadar ev eşyalarında da yaygın kullanılır. Bankalar ve bazı binalarda kırılmayan veya ışığı yansıtan pencereler gibi yerlerde koruma amaçlı parçaların yapımında kullanılır. Polikarbonatdan yapılan

diğer ürünler arasında gözlük ve güneş gözlüğü camları, CD (kompakt disk), otomobil far camları sayılabilir.

Ayrıca tek veya çift yüzeyi UV koruyucu madde kaplı polikarbonat levhalar tek cidarlı (solid) ve iki veya daha fazla cidarlı (multiwall) gözenekli levhalar halinde muhtelif renk, kalınlık, özellik ve ebatlarda imal edilerek yapı sektöründe her türlü açıklıkların kapatılmasında kullanılabilen (ışıklık, tonoz, tüp geçit, kubbe vb.) esnek bir kaplama malzemesidir. İyi ısı izolasyonu ve mukavemeti nedeniyle seralarda cam ve naylona alternatif olarak kullanılmaktadır.



Şekil 3.7. Polikarbonatın Sentezlenmesi

Poliasetaller

Temel yönden poliformaldehid olan bu plastiklerin yapıları; $\text{O}-\text{CH}_2-\text{O}$ ile belirlenir. Doğrudan doğruya formaldehiden yapılmazlar; polimerin kararlı hale getirilebilmesi için zincirde bazı değişiklikler yapmak gerekir, aksi halde polimer bozulur. Molekül ağırlıkları değişik olan çeşitli kaliteleri vardır, fakat zincirde yapılan değişikliğin tipine göre de farklı kaliteler üretilebilir.

Poliasetaller pudra halinde bulunurlar ve ısıplastikler için geçerli metodlarla işlenebilirler. Plastiğin rijitlik ve dayanımı yüksektir. En göze çarpan üstünlüğü bu özelliklerinin geniş sıcaklık, çevresel şartlar ve zaman limitleri arasında değişmemeleridir. Yorulma direnci çok iyidir. Dielektrik özellikleri iyidir ve plastik

mükemmel bir yalıtıcıdır. Bu plastikten yapılan eşya atölye işlemleriyle bozulmaz ve sürtünme katsayısı çok düşüktür.

Poliasetal kalıp imalat ürünleri birçok alanlarda magnezyum, alüminyum, çinko ve pirinç alaşımlarının yerini almaktadır. Yataklar, dişliler, yaylar, zincir baklaları ve kapı tokmakları bunlar arasında sayılabilir.

3.5. Termosetler

Termosetlerin en önemli özelliği geri kazanılamaz olmalarıdır. Kolay şekil alabilen ve hafif olmaları nedeni ile kolay işlenebilirler. Serttirler ama amorf yapıdadırlar bu nedenle kırılganlığa sahiptirler. İşlem sıcaklıkları yüksektir. Korozyona dayanıklı olmalarına karşılık rutubete karşı daha az hassastırlar. Aşağıda şekil 3.8.`de gösterildiği gibi termoset zincirlerde bağ termoplastiklere göre daha kısadır. Bu nedenle bağlar daha sıkı olduğundan sünekliğe sahip değildirler. Bunun yanında sıkı düzeydeki yapıları nedeni ile yüksek dayanıma sahiptirler ve bir defa ısıtılıp soğutulabilirler. Termoseti katılaştırma işlemine ‘curing’ adı verilir.

●-●-●-●-●-●-●-●-●-●-} Sıkı bağ Isıt-Soğut-Isıt=Kömürleşme

Şekil 3.8. Termosetlerde zincir yapısı

3.5.1. Termoset reçineler

Termoset plastikler sıvı halde bulunurlar. Isıtılarak ve kimyasal tepkimelerle sertleşir ve sağlamlaşırlar. Termoset polimerlerin polimerizasyon süreci termoplastiklerden farklı olarak geri dönüşü olmayan bir süreçtir. Yüksek sıcaklıklarda dahi yumuşamazlar. Çoğu Termoset reçineler sertleşmemeleri için dondurulmuş olarak depolanmak zorundadır. Dondurucudan çıkarılıp oda sıcaklığında bir müddet (1–4 hafta arası) bekletildiğinde sertleşmeye başlar ve özelliklerini kaybederek biçim verilmesi zor bir hâl alır ve kullanılamaz duruma gelir. Dondurucu içinde olmak şartıyla raf ömürleri ise 6 ila 18 ay arasında değişmektedir. Termoset reçineler kimyasal etkiler altında çözülmez ve olağandışı hava şartlarında dahi uzun ömürlü

olmaktadırlar. Aşağıda en yoğun kullanılan reçineler ve genel özellikleri yer almaktadır

Doymamış poliestерler

Polimer zincirlerinde çift bağlar bulunan poliestер polimerler için kullanılır. Bu tür poliestерler, glikoller ve anhidritler (veya asitlerinden) arasındaki tepkime üzerine şekillenebilir.

Doymamış polyesterlerin kalitesi, çapraz bağ yakınlığına bağlıdır. Çapraz bağ yoğunluğu arttıkça polimerlerin modülü ve ısıl kararlılığında yükselme olur, buna karşın vurma dayanımı düşer. Doymamış poliestерlerin; kolay işlenme, uçucu yan ürün oluşturmama, hızlı çapraz bağlanma, açık renk, boyutsal kararlılık gibi avantajları vardır. Ayrıca fiziksel ve elektriksel özellikleri de iyidir. Kimyasal maddelerden fazla etkilenmezler. Reçine karışımının bileşimi ayarlanarak alevlenmeye, kimyasallara ve yaşlanmaya karşı dirençleri iletilebilir. Bu nedenle denizcilik ve inşaat alanında en çok kullanılan Termoset reçinedir.

Kompozit malzemelerde kullanılan 2 tür poliestер reçine vardır; daha ekonomik olan ortoftalik(genel amaçlı kimyasal dayanımlı) ve suya dayanım gibi daha iyi özelliklere sahip olan isoftalik(yüksek kimyasal dayanımlı) polyester. Poliestер reçinelerini polimerizasyon süreçlerinin tamamlaması için katalizör ve hızlandırıcı olarak adlandırılan ek maddelere ihtiyaç duyarlar. Türkiye’de Cam Elyaf A.Ş. nin yanı sıra Boytek Reçine, Boya ve Kimya Sanayi Ticaret A.Ş. gibi firmalar da genel amaçlı kullanımlar için polyester üretmektedir.

Epoksit (Epoksi) reçineleri

İyi elektriksel, ısıl ve kimyasal direncinin olması şekillenme sonrası sertleşme sırasındaki büzülmenin düşük olması ve çeşitli yüzeylere yapışabilme gibi iyi özelliklere sahip olması, epoksinin birçok alanda kullanılmasına imkân verir.

Kullanım alanları;

Epoksiler koruyucu ve dekoratif kaplama, elektrik ve elektronik parçalar, yapıştırıcılar, yapısal ve destekli parçalar, bina ve inşaat gibi çok değişik alanlarda kullanılmaktadır.

Kimyasal dirençleri, sertlikleri ve yapışma özelliklerinden dolayı epoksiler otomotiv sanayinde, cihaz imalinde, astar olarak teneke kutu kaplamalarında büyük ölçüde kullanılmaktadır. %100 katı uygulamalarında (tozlar), kalın film boru kaplaması en büyük kullanım sahasıdır.

Avantajları;

- İyi mekanik özellikler
- Suya dayanım
- Islakken 140°C, kuruyken 220°C 'ye kadar ısı dayanımı
- Sertleşme sırasında düşük oranda çekme

Dezavantajı;

- Yüksek maliyet, 5 – 25 \$/kg
- Cilde aşırı zararlı
- Doğru karışım son derece önemli (Hayati)

Fenolik reçineler

En önemli Fenolik reçine, fenol ve formaldehitten hazırlanandır. Bakalit (bakalite) olarak bilinen fenol ve formaldehit reçineleri, bazık ortamda ilk kez Baekeland tarafından 1872 oluşturulmuştur.

Fenolik reçineler çeşitli dolgu maddeleri ile birleştirilerek fenolik kalıplama bileşikleri meydana getirilir. Isı ve basınç altında kalıplandıklarında, iyi ısıl ve kimyasal direnç, iyi elektrik kuvveti, iyi boyutsal kararlılık ve düşük maliyette kalıplaşabilme özelliğine sahip olurlar.

Fenolik reçineler, formaldehit ve fenolün tepkime ürünleri olup, yumuşak yağ ve kauçuklarla rekabet edebilirler. Son ürün özellikleri, kullanılan formaldehit miktarına ve katalizörün cinsine bağlıdır. Asit katalizörlerle, kolaylıkla kırılabilen ve eritilebilen termoplastik reçineler olan çift safhalı reçineler (novalak) hazırlanmaktadır. Kolayca kırılmayı önlemek için etilen ilave etmek gerekir. Baz katalizörlü (kireç ya da amonyak gibi) reçineler tek safalı reçineler (resol) olarak adlandırılır. Bu işlemde yeterli miktarda formaldehit ilavesi ile bir termoset reçine elde edilir. Tepkimenin çok dikkatli kontrol edilmesi, tepkimenin zamanında durdurulması ve yeterli derecede düşük molekül ağırlığının elde edilip edilmediğinden emin olunması gerekmektedir.

Kullanım alanları;

Fenolik reçineler, toz ve sıvı halde piyasaya sunulurlar. Kontrol plakların laminesinde, izolasyonunda, tekerlerin aşınan yerlerinin onarımında, fren balatasında bağlayıcı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, elektrikli aletlerin tellenmesinde, telefon nakil sistemlerinde, bağlayıcı ve kapayıcılarda kullanım alanları bulmaktadır

Avantajları;

- Yüksek ateş dayanımı
- Düşük maliyet, 4 – 8 \$/kg

Dezavantajları;

- Yaş halde son derece zararlı
- Oldukça Kırılgan

- Düşük Yüzey Kalitesi

Melamin – Formaldehit reçineleri

Melamin–formaldehit reçinesi bir amino reçinesidir. Amino reçinesi kavramı, aminlerin aldehitlerle verdikleri tepkimelerden elde edilen polimerler için kullanılır. Yaygın kullanılan amin bileşikler üre ve melamin, aldehit ise formaldehittir. Bu neden amino reçineleri malamin – formaldehit ve üre-formaldehit reçineleri başlıkları altında iki gruba ayrılarak incelenir. Amino reçinesi senaaainde üre, melamin, etilenüre, tiyoüre, benzoguanamin vb amin bileşikler de kullanılmaktadır.

Formaldehit ve melamin arasındaki tepkimede formaldehit, melamindeki (2,4,6-triamino-1,3,5-triazin) amin grubuna katılarak değişik sayıda metilol grupları içeren türevler verir. Metilol grubunun sayısı altıya kadar çıkabilir.

Suda çözünabilir özellikteki metiloller yüksek sıcaklıklarda metilen veya eter köprüleri üzerinden çapraz bağlanarak melamin-formaldehit reçinesine dönüşürler.

Melamin-formaldehit reçinelerinin ısı ve neme karşı dirençleri fenolik reçinelerden ve üre-formaldehit reçinelerinden daha iyidir, ayrıca üre-formaldehit reçinelerinden daha serttirler.

Yapıştırıcı olarak, dekoratif amaçlı panellerin yapımında, koruyucu kaplama olarak ve kabin, masa üstü gibi değişik eşyaların yapımında kullanılırlar. Melamin-formaldehit reçinesi, istenilen rengin verilebildiği birkaç termoset polimerlerden birisidir.

Üre-Formaldehit reçineleri

Üre-formaldehit reçineleri, amino reçinelerinin melamin-formaldehit ile birlikte ikinci önemli grubudur. Üretilen toplam amino reçineleri içerisindeki payı %80 dolayındadır.

Bazık koşullarda üretilen üre ile formaldehit arasındaki tepkimede, melamin-formaldehit reçinesine benzer şekilde metilolüre türevleri oluşur.

Metilol türevleri daha sonra asidik ortamda ısıtılarak çapraz bağlanma gerçekleştirilir. Çapraz bağlanma, metilen köprüleri veya eter köprüleri üzerinden ilerler. Üre ile formaldehit arasındaki tepkime asidik ortamda yürütülürse doğrudan yüksek mol kütleli polimere geçilir.

Üre-formaldehit reçineleri, fenol-formaldehit reçinelerinden daha serttir. Renksiz olan bu reçineler kullanım yerine göre renklendirilirler ve dekoratif amaçlarda kullanılırlar. Beyaz renkli elektrik malzemeleri (fiş, düğme, priz vb) fenolikler yerine kullanılan ürünlerdir. Isı ve neme karşı fenol-formaldehit reçinelerinden daha dayanıklıdır ancak melamin-formaldehit reçinelerinin ısı ve neme karşı direnci daha iyidir.

Kullanım alanları;

Üre-formaldehit reçinesi su ve köpük yapıcı madde ile karıştırılarak içine hava verilir ve köpük yapıcı makinelerden geçirilerek köpük haline getirilir. Köpük, hidrofobik yapıda olup, nemlendirme veya su emdirme çok zordur. Yanma esnasında, yangın söndürücü rolü oynayan azot gazı çıkarır. Yeni köpürtüldüğünde bile iyi bir yalıtıcıdır. Köpüğün sesi emme özelliğı iyidir.

Üre tetra fonksiyonel melamin hekza fonksiyonel çıkış maddeleridir. Bu nedenle her iki maddeden yüksek oranda çapraz bağlı polimerler elde edilir.

3.5.2. Termosetlerin işlenmesi

Termoset polimerler düşük mol kütleli bir ön polimer içerisine gerekli olan çapraz bağlayıcılar, katkı ve dolgu maddeleri karıştırılarak kalıplamaya hazırlanırlar. Kalıplanmadan önce viskoz sıvı veya toz halindedirler. Bazı uygulamalarda toz reçineler yeniden granül, palet, tablet veya benzeri geometrilerde sıkıştırılarak

şekillendirilirler ve depolanırlar. İçerisine sertleştirici ve hızlandırıcı maddeler katılarak depolanan termosetler, depolama sırasında çapraz bağlanma tepkimeleri vermeye yatkındırlar. Bu nedenle uygun bir süre içerisinde şekillendirilmeleri gerekir. Depolanma süresi önleyici katılmamış alkit reçineleri ve doyamamış poliesterler için birkaç hafta, fenolik reçinelerde ise iki yıl kadardır.

Termosetlerin kalıplama yöntemleri

- Sıkıştırarak kalıplama
- Transfer kalıplama
- Enjeksiyon kalıplama
- Döküm

Sıkıştırarak kalıplama ve Çalışma prensibi

Sıkıştırma kalıplama, termoset plastiklerin kalıplanmasında kullanılan metotlardan biridir. Termoset plastik malzemeler sıkıştırma ile kalıplamada kimyasal bir değişime uğrarlar. Bu kimyasal değişim sıcaklık ve basınç uygulamak suretiyle meydana gelir.

Termoset malzemeler sertleştikten sonra erimezler ve şekil değiştiremezler. Hidrolik olarak çalışan bu presler, denemeler yapmak amacıyla da kullanılmaktadır. Denemeler için küçük tonajlıdan başlayıp, termoset plastiklerin kalıplanmasında kullanılan 4000 tonun üzerine çıkan büyük kapasiteli olmak üzere çeşitli tipleri vardır. En çok kullanılan sıkıştırma pres tipleri düşey çalışan hidrolik olanlarıdır. Presler çeşitli şekillerde yapılırlar: üst tabla aşağı hareketli, alt tabla yukarıya hareketli veya her iki tablanın da birbirine doğru hareket ettiği presler mevcuttur.



Resim 3.2. Sıkıştırma kalıplama makinesi

Termoset kalıplama preslerinde, silindire pompalanan hidrolik yağ, silindiri aşağıya doğru hareket ettirir. Silindirin uyguladığı baskı sonucu, üst tabla da aşağıya doğru hareket eder. Üst tabla sütunlar arasına kasıntı yapmayacak şekilde tespit edilmiştir. Kalıbın üst yarımı termoset kalıplama presinin üst tablasına, kalıbın alt yarımı termoset kalıplama presinin alt tablasına bağlanmıştır.

Çalışma prensibi;

Termoset sıkıştırma preslerinde, kalıbın alt yarımında bulunan dişi kalıba plastik hammadde doldurulur. Silindirin kuvvetiyle üst kalıp yarımı aşağıya doğru hareket ederek, alt kalıp yarımına baskı oluşturarak hammaddeyi sıkıştırır. Sıcaklık ve basınç sayesinde kalıplama işlemi yapılarak ürün şekillendirilir. Kalıplama işleminden sonra pres açıldığı zaman, parçayı kalıptan dışarı çıkaracak olan itici sistem pres tarafından harekete geçirilerek, ürünü kalıp boşluğundan çıkarır. Böylece bir termoset kalıplama çevrimi tamamlanmış olur.

Termoset işleme makinesi üniteleri

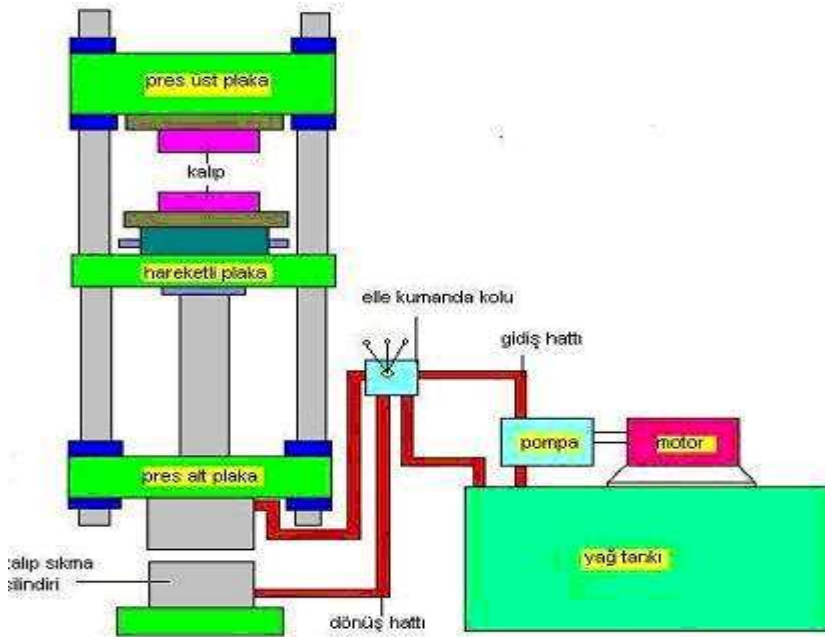
Sıkıştırma kalıplama presleri genellikle üç ana bölümden oluşur. Bunlar;

- Pres gövdesi
- Hareket iletme sistemi
- Kontrol ünitesidir

Pres gövdesi

Sıkıştırma kalıpları iki kalıp yarımından oluştuğu için her iki kalıp yarımı veya kalıp yarımlarından biri hareket etmek zorundadır. Bu nedenle, pres alt plakası ile pres üst plakası, iki veya dört kılavuz sütunu yardımıyla ayarlanabilir konumda tespit edilmiştir. Kalıpların bağlandığı ara plaka hareketlidir ve istenildiği zaman kalıbı açar veya kapatır.

Hareket iletme sistemi



Resim 3.3. Hareket iletme sistemi

Kalıplama işlemini gerçekleştiren hareket iletme sistemi genellikle mekanik, hidrolik veya pnömatik olarak yapılmıştır. Ancak, bunlar içersinde en çok uygulananı hareket sistemi, çift etkili (aşağıya ve yukarıya doğru hareket edebilen) hidrolik kumandalı olanlarıdır.

Hidrolik sistemle çalışan preslerde 1200 – 1800 dev / dak. dönüş yapan elektrik motoruyla 1,6 – 2,5 kg / mm² basınç yapan hidrolik pompalar bulunmaktadır. Hareket iletme sistemini yağ tankı, pompa, elektrik motoru, basınç iletme boruları, çok yönlü valfler, hidrolik silindir ve piston oluşturmaktadır. 100 ton kapasiteye kadar olan preslerde hareket iletme, kalıpları sıkma ve kalıplama işleminin bitirilmesi tamamen otomatik kumandalı hidrolik sistemle yapılmaktadır. Kapasitesi 25 tona kadar olan preslerde hareket iletimi, hidrolik yerine pnömatik sistemlidir. Bazı preslerde hidrolik ve pnömatik hareket iletme sistemi birlikte bulunur ve kalıplama işlemine göre ikisinden biri tercih edilir. Ayrıca, her iki hareket iletme sistemiyle birlikte mekanik kumandalı mafsal kollu kalıp sıkma ünitesi üzerinde bulunduran preslerde vardır.

Kontrol ünitesi

Kontrol ünitesi, kalıplama işlemini yapan hareket iletme sistemini kontrol eder. Bunlar sırasıyla elle kumandalı kontrol ünitesi, yarı otomatik kontrol ünitesi ve tam otomatik kontrol ünitesi olmak üzere üç ana guruba ayrılır.

Transfer kalıplama

Transfer kalıplama, sıkıştırarak kalıplamaya benzerdir. Her ki yöntemde de kapalı bir kalıp içerisinde bulunan polimer, ısı ve basınç etkisiyle sertleştirilir. Transfer kalıplamaya sıkıştırarak kalıplamadan ayıran tek fark, polimerin kalıp içerisine yerleştirilme biçimidir. Sıkıştırarak kalıplamada yeterli miktarda polimer doğrudan dışı kalıp içerisine konur, transfer kalıplamada ise basınç uygulanarak bir kanal yardımıyla kalıp boşluğuna gönderilir.

Bu küçük ayrıntı, transfer kalıplamada kalıpların yüksek basınç altında kalmasını engeller ve kalıplar daha az zarar görürler. Ayrıca, çok küçük ve karmaşık geometrili parçalar üretilebilir ve içerisine yerleştirilmiş ürünler kolay hazırlanır. Transfer kalıplamanın sıkıştırarak kalıplamaya göre, kalıp giriş kanalı ve yolluklar için fazla polimer kullanılması ve kalıpların pahalılığı gibi olumsuzlukları da vardır.

Enjeksiyon

Termosetlerin enjeksiyonla şekillendirilmesi, seri üretime uygun ve kullanımını gittikçe artan bir yöntemdir. Termoset polimer, termoplastiklerin enjeksiyonla şekillendirilmesine benzer şekilde vida yardımıyla enjeksiyon makinesi boyunca taşınarak (bu sırada ısıtılır) enjeksiyon makinesi çıkışındaki kalıba basılır. Enjeksiyonla termoplastik ve termoset kalıplama arasındaki temel farklılıklar aşağıda sıralanmıştır;

Termoset plastiklerde kovan sıcaklığı yükseltir, termosetlerde ise ön çapraz bağlanma tepkimelerini en aza indirmek amacıyla kovan sıcaklığı düşük düzeyde tutulur (fenoliklerde 70–80 °C gibi).

Termoplastik polimer kalıp soğutulurken kalıp içerisine basılır, termosetler ise ısıtılmış kalıp içerisinde tutulur. Fenolik reçinelerde kalıp sıcaklığı 165-185 °C arası, melamin reçinelerinde 150–180 °C doymamış poliestерlerde 140–180 °C arasında değişir.

Termoplastiklerde kullanılan sonsuz vidaların dış yüksekliği genellikle kalıba yaklaştıkça artar, termosetlerin kalıplanmasında her bölgede dış yüksekliği aynı olan vidalar kullanılır. Termosetlerde renklendiriciler sık kullanılmaz. Termoplastik parçalar, kalıp içindeki şekillerini kalıp dışına alındıklarında da korurlar ve nedenle termoplastiği en kısa sürede erime noktasının üzerine ısıtmak ve kalıplandıktan sonra yine hızla erime noktası altına indirmek temel yaklaşımdır. Termoset polimerler ise kür sıcaklıklarının üzerine ısıtıldığında sertleşerek kalıp şeklini alırlar. Bu özellikten dolayı, termosetler pişirme sıcaklığına yakın bir sıcaklıkta kalıba basılırlar ve kalıp

içindeki polimerin sıcaklığı hızla pişirme sıcaklığı üzerine çıkartılır. Üre-formaldehit, fenol-formaldehit ve doyamamış poliesterler enjeksiyonla şekillendirilen termosetlere örneklerdir. Yöntemle daha çok elektrik ve elektronik alanında kullanılan parçalar, mutfak eşyaları vb ürünler yapılır.

Döküm

Döküm, en basit ve ilk uygulanan polimer işleme tekniklerinden birisidir. Yöntemde, sıvı haldeki termoset (katkı maddeleriyle birlikte) veya başlatıcı karıştırılmış monomer (veya ön polimer) kalıp içerisine dökülür. Kalıp içerisinde ilerleyen çapraz bağlanma veya polimerizasyon tepkimeleri sonucunda kalıbın şekli almış ürünün elde edilmesi sağlanır[4].

4. PLASTİK MALZEMELERİN KAYNAĞI

Plastik malzemelerin kaynağında, malzeme özellikleri, çalışma koşulları, zamana bağlı özelliklerindeki değişimler, kaynak sonrası sertleşme eğilimi, malzemenin kimyasal ve ısı direncinin yanı sıra işlem güvenliği ve işlem sonrası güvenilirlik ve bütün bunların dışında ekonomiklik göz önünde tutulmalıdır[10]. Belirtilmiş olan bu özellikler termoplastik malzemelerde mevcuttur. Bunun dışında kalan plastik malzemelere kaynak işi uygulanamamakta yada birleştirilmiş olan parçalardan hedeflenen verim alınamamaktadır. Termoplastiklerin dışında kalan plastik malzemelerin birleştirilmesinde yapıştırma veya mekanik elamanlarla birleştirilme yöntemleri kullanılmaktadır [11].

Plastik malzemelerin kaynağında kaynak dikişinin çevresinde ısıdan etkilenmiş bölge oluşur. Kaynak sırasında kullanılan basınç ve polimerin akışı sonucunda normal olarak kaynak bölgesinde kristal mikroyapıların çeşitli türleri oluşur. Bu durum örneğin polipropilen gibi yarı kristalin plastiklerde sıkıştırılmış akış ve hızlı soğuma da belirli bir miktarda kristal yapıların oluşmasına yol açar. Metallerde olduğu gibi, ısıdan etkilenmiş bölge ana malzemeden daha zayıf olur. Isıdan etkilenmiş bölgedeki artık kaynak gerilmelerinden dolayı, agresif sıvılar ve çözücülerin etkisiyle korozyon oluşumu bu bölgede daha hızlı olacaktır. Ergitilmiş metaller kaynak banyosuna rahat akararak kaynak ağzını doldururken, viskoz akışkan olan plastiklerde malzeme kaynak yapılan yere bastırılarak ya da itilerek dolgu yapılır. Bu şekilde uygulanan basınçlarla akış yönündeki zincirlerin yer değiştirmesi ile karşılaşılır. Bu da birleşme hattı boyunca anizotropiye neden olur. Örneğin, bunun sonucunda birleşme hattı düzleminde enlemesine olan düzleme nazaran daha düşük çentik darbe veya çekme mukavemeti elde edilir [12].

4.1. Plastik Kaynağına Etki Eden Parametreler

Plastik kaynağına etki eden parametreleri incelediğimizde 5 ana başlıkta toplarız. Bunlar sırası ile kaynak süresi, baskı gücü, malzemenin kalınlığı, kullanılan sıcaklık ve kaynak hatalarıdır.

4.1.1. Kaynak süresi

Kaynak süresi plastik kaynağında çok önemli etkenlerden birisidir. Yapılan kaynağın bekleme süresinin uzunluğu ile kaynağın sağlamlığı arasında doğrusal bir ilişki vardır. Kaynak makinelerinde genellikle kaynak süresi değişkenleri 0'dan 6 saniyeye kadar değişik parametre değerleri içermektedir. Genellikle en iyi sonuçlar 4. saniye civarında elde edilmektedir. Kaynak süresinin uzun olması kaynağın daha çok nüfuz etmesine neden olur ve daya çok etkili olur.

4.1.2. Baskı gücü

Kaynağın baskı gücünün yüksek olması halinde malzemeye daha çok temas edeceği için daha iyi sonuçlar alınabilir. Baskı gücünün az olması durumunda ise kaynak istenilen derecede iyi olmaz. Kaynağın tutum yerleri zayıf olacağı için deformasyonlar hep kaynak bölgesinden olur. Baskı gücünün gereğinden fazla olması durumunda malzemeyi yakabiliriz. Kullanılan kaynak gücü 0 ile 13 kgF' lik basınç değerleri arasında değişmektedir. En iyi sonuçlar 1.5-2 mm kalınlıklarda 9 kgF' lik baskı en iyi sonucu verdiği gözlenmiştir.

4.1.3. Malzemenin kalınlığı

Malzemenin kalınlığının çok olması durumunda kaynak tam nüfuz etmeyebilir. Bu sebepten dolayı malzeme kalınlığına göre gücünün ve süresinin çok iyi ayarlanması gerekir. Yalnızca PVC malzemelerinin kaynak edilebilme özelliğinden dolayı her malzeme için ayrı özellikler belirleme durumunda değiliz. Makinemizde piston strokunun büyük olmasından dolayı kalın malzemelerde de kaynak yapılabilir.

4.1.4. Kullanılan amper

Makinede çalışılan amper değeri hiçbir zaman 1 amperi geçmemelidir. Aksi durumlarda makinenin elektrik tüpü yanar ve makinenin elektrik devresi sistem dışı

kalarak makineye zarar verebilir. Genellikle en iyi sonular için amper değeri 0.8 Amper olmalıdır.

4.1.5. Kaynak hataları

Kaynak sırasında hatalar sonucu oluşabilecek durumlar kısaca; kötü dış görünüm, gerilme çatlakları, kötü erimedir. Bu hatların oluşma sebebi ve düzeltme şekli aşağıdaki gibidir.

A) Kötü dış görünüm

Sebep:

- Düzensiz Basınç
- Aşırı uzama
- Düzensiz ısıtma

Düzeltilme:

- Kaynak çubuğunun başlama, bitme ve hareket uygulama
- Düzgün açıda kaynak çubuğunu tutma
- Düşük üniform hava verme hareketi, malzeme ve kaynak çubuğunu ısıtma

B) Gerilme çatlakları

Sebep:

- Uygun olamayan kaynak sıcaklığı
- Kaynak üzerinde aşırı gerilim
- Kimyasal sıçrama
- Temel malzeme ve kaynak çubuğunun bileşimi farklı ise
- Kaynağının oksidasyonu ve enerji kaybı

Düzeltilme:

- Tavsiye edilen kaynak sıcaklığı

4.2. Termoplastiklerin Kaynak Kabiliyeti

Isıl bağlama veya plastiklerin kaynağı, çoğu termoplastik malzemelerin birleştirilmesi için uygun bir yöntemdir. En kuvvetli birleştirmeler genellikle en yüksek dereceli polimerizasyonlu plastiklerden elde edilir. Kaynak esnasında plastiğin birleşmelerinin buharlaşması nedeniyle sağlam dikişler meydana gelemeyebilir. Boşluklar oluşma ihtimali olduğu için birleşmenin görünüşü ve mukavemeti azalabilir.

Nitro selüloz gibi kararsız olan plastikler kaynak edilemezler. Kaynak sıcaklığında ayrıca termal enerji kaybına neden olur.(renk bozulması, dağılma veya polimerleşmenin bozulması).

Ne yazık ki termoplastikler yumuşama ve erimelerinde geniş bir sıcaklık aralığı sergilerler. Hatta bu sıcaklıklarda yanabilir veya kömürleşebilirler. Bununla beraber zayıf bir ısı iletkenleri olduğu için, derin bir erime elde etmek zordur. İlave malzemenin özü tamamen yumuşatılmadan evvel yüzeyi kömürleşebilir veya yanabilir. Çubuğun şekli görünür bir şekilde değişmediği için, ağız kenarlarında erime akışıyla aşıkarak birleştirme içerisinde başarılı bir şekilde erimiş olmasına rağmen, nufüzyetsiz olarak görülebilir.

4.3. Termoplastik Malzemelere Uygulanan Kaynak Yöntemleri

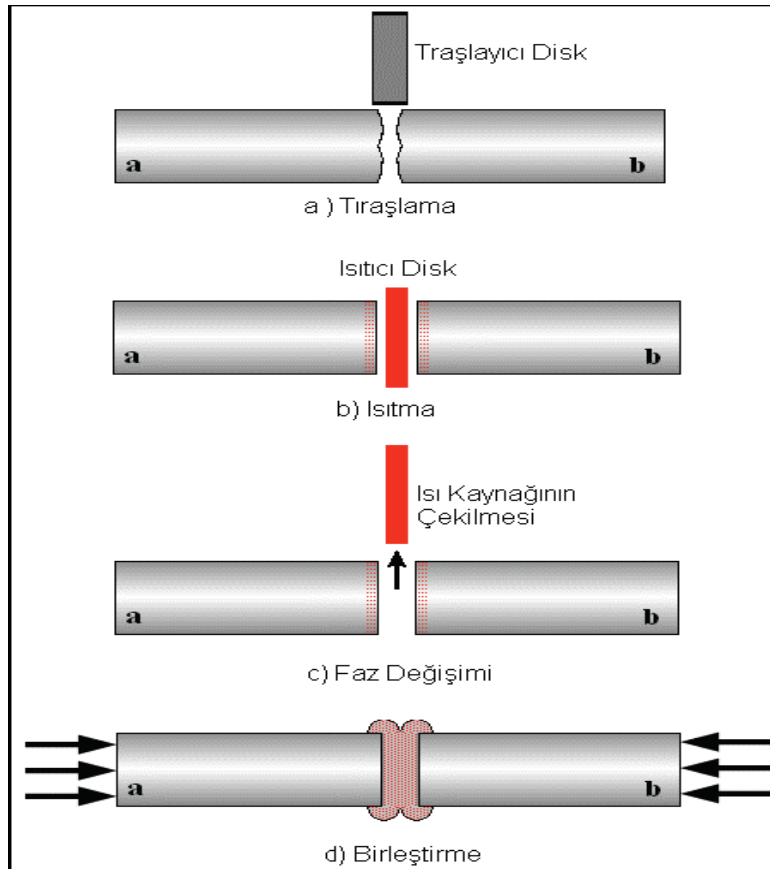
Termoplastik malzemelere uygulanan basınç kaynağı yöntemleri çizelge 4.1.`de toplu halde gösterilmiştir. Bu yöntemler daha sonra şekilleriyle birlikte daha detaylı olarak diğer tablolarda açıklanmıştır.

4.3.1. Sıcak eleman kaynağı

Sıcak eleman kaynağı yöntemi plastiklerin birleştirilmesinde kullanılan en basit, güvenilir, sağlam ve ekonomik bir yöntem oluşu, en çok tercih edilen yöntemlerden olmasının başlıca sebebidir. Bu yöntemde kaynak ile birleştirilecek yüzeyler sıcak

eleman ile temasla veya ışınlama ile ısıtılır, yeterince yumuşatıldıktan sonra basınç altında ek bir malzeme kullanmadan ya da kullanılarak birbirlerine basınç altında bastırılarak Şekil 4.2.'deki gibi birleştirilir. Isıtma şekline göre doğrudan (direkt) ya da dolaylı ısıtma (endirekt) sıcak eleman kaynağı olarak da adlandırılmaktadırlar. Sıcak eleman kaynağı ile birleştirilmiş numuneler Şekil 4.2.'de kaynak işlemi işlem basamaklarının grafiksel gösterimi Şekil 4.3.'de gösterilmiştir [13].

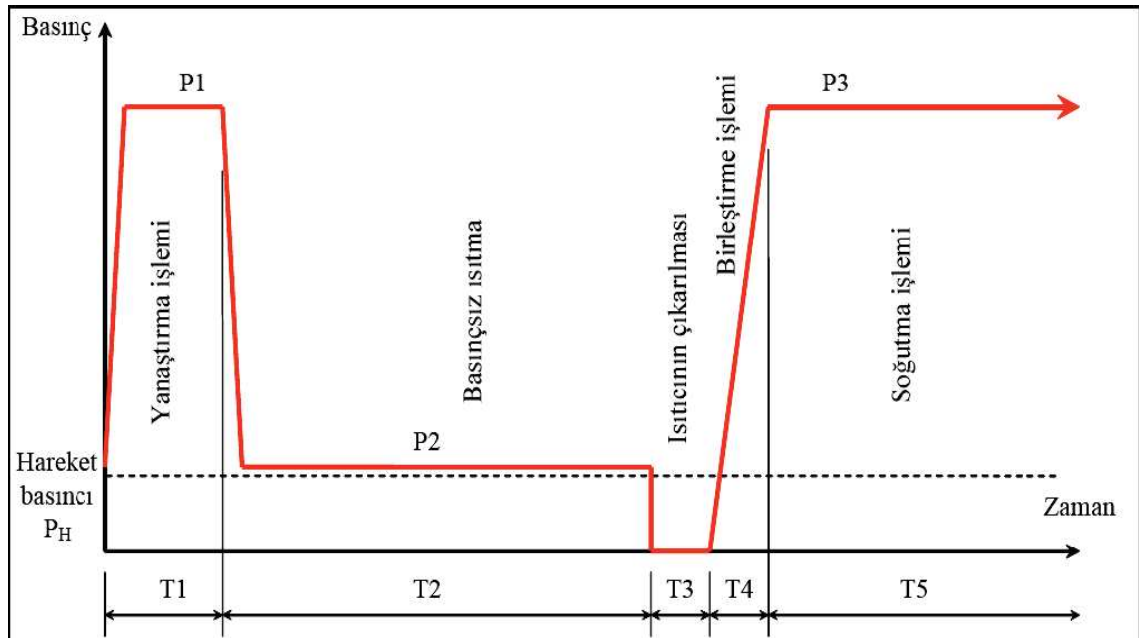
Küçük uygulamalarda kaynak süresi 3, 30 saniye sürerken büyük ebatlı borularda 30 dakika sürebilmektedir. Sıcak plaka geleneksel uygulamalarda (300 derece sıcaklığa kadar olan uygulamalarda) alüminyumdan yapılır. Yüksek sıcaklıklarda ki kaynakta sıcak plaka çoğunlukla alüminyum bakır alaşımından oluşmaktadır. Sıcak plaka sıcaklığı çalışma yüzeyine en yakın noktaya yerleştirilmiş termo-sensörlerin yardımıyla elektronik regülatörler ile kontrol edilir[17].



Şekil 4.1. Sıcak eleman kaynağı[13].



Şekil 4.2. Birleştirilmiş ürün[14].



Şekil 4.3. Sıcak eleman kaynağı işleminin işlem basamakları grafiksel gösterimi[14].

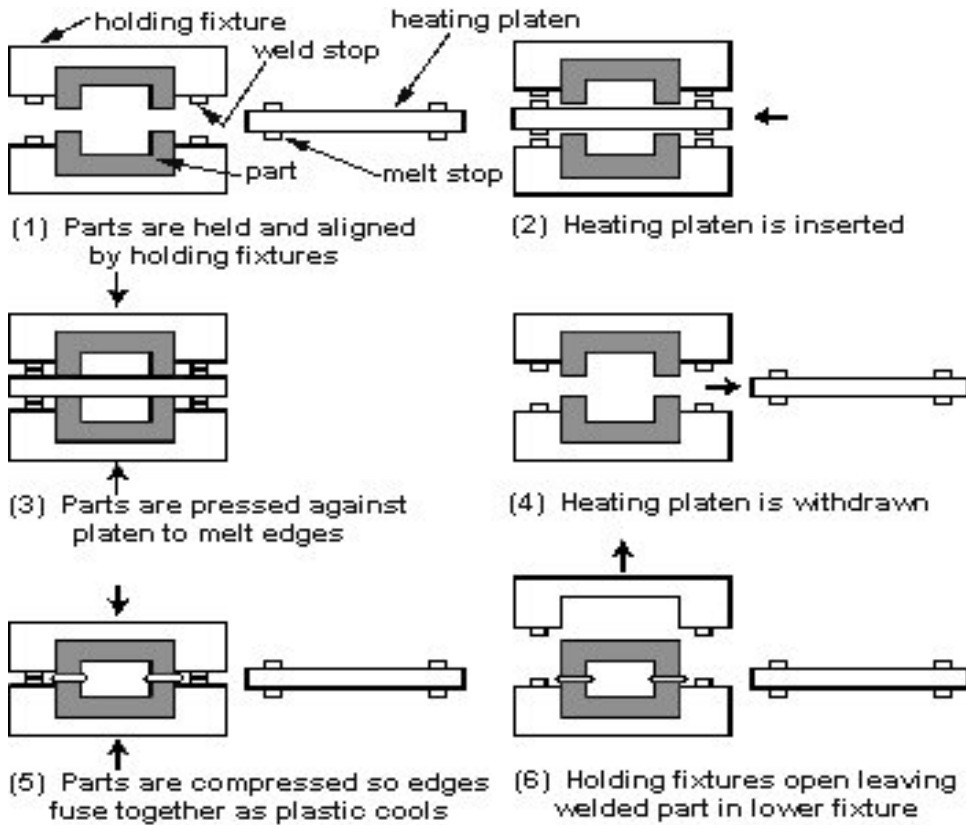
Şekil 4.3'deki grafik incelendiğinde beş zaman aralığında işlemin gerçekleştiği görülmektedir.

Sıcak eleman kaynağı yapılış biçimi

Sıcak eleman alın kaynağı yapılış biçimini, beş farklı aşamada değerlendiririz. Bunlar sırası ile yanaştırma, Basıncsız Isıtma, Isıtıcının Çıkarılması, Birleştirme, Soğutmadır.

Yanaştırma;

Kaynatılacak plastik parçalar birleşme yüzeyleri ısıtıcıya paralel olacak şekilde ısıtıcıya yanaştırılır. Paralelliğin tam olarak sağlanıp sağlanmadığı oluşan dudak yüksekliğinin tipine bağlı olarak belirlenebilir. Yanaştırma işlemi P1 basıncı altında T1 süresi boyunca yapılır. T1 (yanaştırma süresi) süresi oluşan dudak yüksekliğine göre belirlenir. Olması gereken minimum dudak yükseklikleri çizelge 3.6.'da gösterilmiştir.



The sequence of hot plate welding

Resim 4.1. Hot plate birleştirme şeması[14]

Basıncsız Isıtma;

Bu işlem için yanaştırma basıncından çok kısa bir süre içerisinde alın kaynak yüzeylerini ısıtıcıdan ayırmadan basınç düşürülür. Bu aşamada birleşme bölgeleri

ısıtıcı ile hemen hemen sıfır basınçta (ara yüzey basıncı) temastadır. Bu esnada ısı boru ekseni doğrultusunda ilerler. Basınçsız Isıtma süresi T2 çizelge 3.6.'da 3. kolonda verilmiştir. Bu sürenin gerekenden kısa tutulması halinde, erimiş plastik kısmın derinliği alın kaynak için gerekli olan derinlikten daha kısa olur. Isıtma süresinin gerekenden uzun tutulması halinde de alın kaynak bölgesi aşırı eriyecek veya bozulacaktır.

Isıtıcının Çıkartılması;

Basınçsız ısıtma işleminden sonra birleşme bölgeleri ısıtııcıdan ayrılır. Isıtıcı çıkarılırken birleşme bölgelerine zarar verilmemeli ve/veya pislik bulaştırılmamalıdır. Isıtıcı çıkarıldıktan sonra çok çabuk bir şekilde birleştirme işlemi gerçekleştirilmelidir. Eğer gecikilirse soğuma ve oksitlenme nedeniyle alın kaynak kalitesi bozulur. Bu aşama için maksimum süre T3 (ısıtıcının çıkarılma süresi) çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Birleştirme;

Isıtıcı çıkarıldıktan sonra plastik parçalar birbirine yanaştırılır. Yanaştırma kesinlikle ısıtılmış yüzeylerin birbirine çarpması şeklinde olmamalıdır. İstenilen P3 basınç değerine (ara yüzey basıncı) lineer bir şekilde çıkılmalıdır. Gerekli süre T4 (birleştirme süresi) çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Sıcak eleman kaynağında önerilen kaynak parametreleri[14].

Alın kaynak prosesinde önerilen alın kaynak parametreleri					
Cidar Kalınlığı	Yanaştırma Süresi	Basıncısız Isıtma Süresi	Isıtıcının Çıkarılma Süresi	Birleştirme	
	Isıtıcı Üzerinde Gözlenen Borunun Dudak Yüksekliği	Isıtma Süresi=10xCidar Kalınlığı		Birleştirme Süresi	Soğutma Süresi
mm	mm (min)	s	s (max)	s	s (min)
4,5	0,5	45	5	5	6
4,5...7	1,0	45...70	5...6	5...6	6...10
7...12	1,5	70...120	6...8	6...8	10...16
12...19	2,0	120...190	8...10	8...11	16...24
19...26	2,5	190...260	10...12	11...14	24...32
26...37	3,0	260...370	12...16	14...19	32...45
37...50	3,5	370...500	16...20	19...25	45...60
50...70	4,0	500...700	20...25	25...35	60...80

Soğutma;

Soğutma esnasında birleştirme basıncı P3 (ara yüzey basıncı) sabit tutulmalıdır. Birleştirme işleminden sonra düzgün ikili dudak oluşmalıdır (Şekil 4.4.) Dudak boyutları ve şekli kaynağın düzgünlüğünü gösterir. Birleştirilen plastik parçaların eriyik akışına bağlı olarak farklı dudak şekilleri oluşabilir.

Dudak yükseklik değeri her zaman sıfırdan büyük olmalıdır. Bu aşama için gerekli minimum süre T5 (soğutma süresi) çizelge 4.2.'de verilmiştir [14].

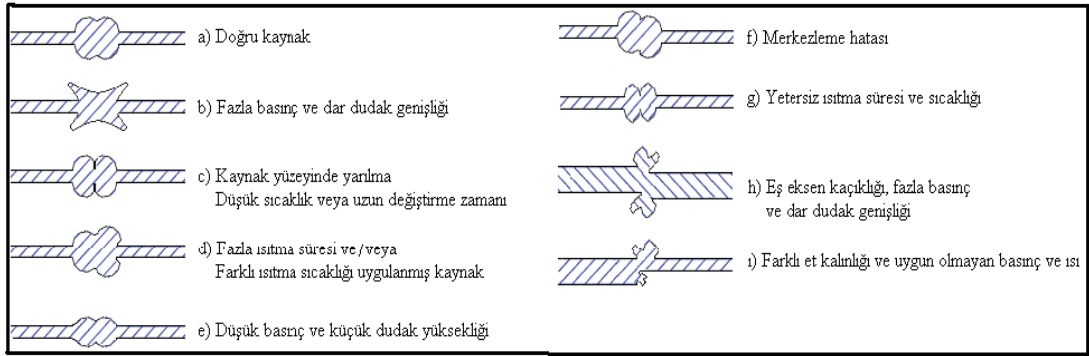
Polietilen plastik parçaların kaynaklı birleştirme işlemi sırasında doğru seçilmeyen parametre ve şartlarda birleşme bölgesinde dudak oluşumu şekil bozuklukları Şekil 4.4.'de sebepleri ise çizelge 4.3.'de ve bozuk birleştirme görüntüsü Şekil 4.5'de verilmiştir. Doğru seçilmiş ve doğru uygulama sonucu birleştirilmiş parça ve kesit görüntüsü Şekil 4.5. b ve 6c'de verilmiştir[15].

Sıcak eleman kaynağında sıcaklık, ısıtma süresi, soğutma süresi, ısı kaynağı uzaklaştırma süresi ve basınç etkin parametrelerdir. Ayrıca parça cidar kalınlıklarına göre sıcaklık değişimi Şekil 4.6.'daki grafikte verilmiştir. Grafik incelendiğinde ince

et kalınlıklarında yüksek sıcaklığa gereksinim duyulmakta iken büyük et kalınlıklarında ise düşük sıcaklık gerektirmektedir.



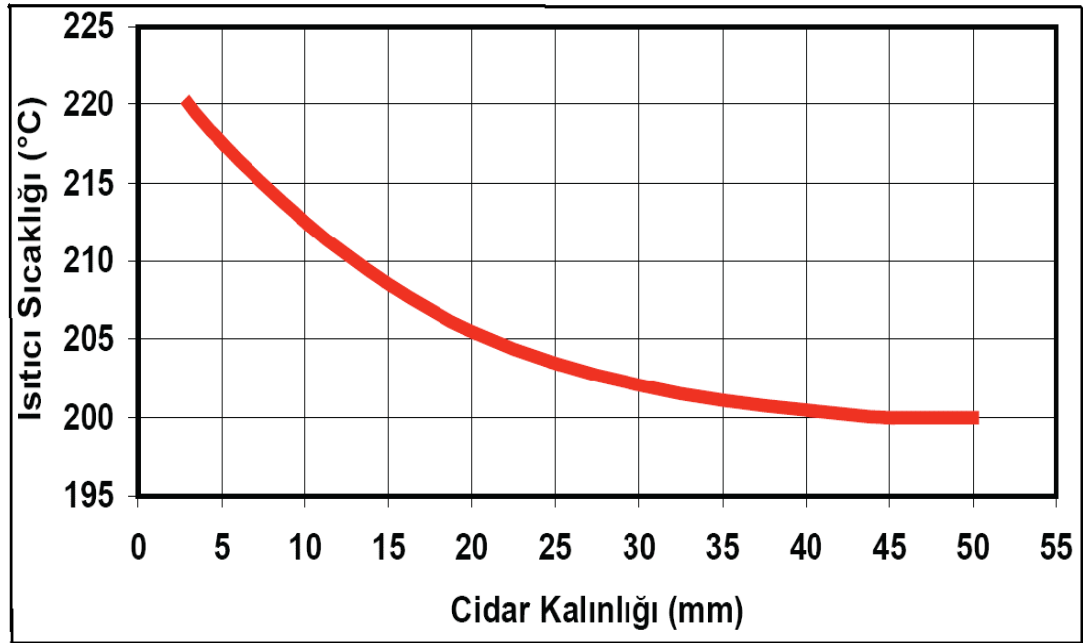
Şekil 4.4. Birleştirme ve dudak oluşumu [14].



Şekil 4.5. Oluşan dudak şekilleri [15].

Çizelge 4.3. Sıcak eleman kaynağı problemleri ve muhtemel sebepleri [15].

Fazla dudak genişliği	Aşırı ısıtma; fazla birleştirme kuvveti
Dudak orta kısmında oluşan boşluk yüksekliği çok fazla	Fazla birleştirme kuvveti; Yetersiz ısıtma; Isıtma esnasında basınç
Dudak üst kısmı düz	Fazla birleştirme kuvveti; Aşırı ısıtma
Boru etrafında üniform olmayan dudak	Hatalı yerleştirme (merkezleme); Arızalı ısıtma aparatı; Yanlış ekipman; Yetersiz tıraşlama
Dudaklar çok küçük	Yetersiz ısıtma; Yetersiz birleştirme kuvveti
Dudaklar boru dış yüzeyi üzerine dönmemiş	Dudak orta kısmında oluşan boşluk az: Yetersiz ısıtma ve yetersiz birleştirme basıncı Dudak orta kısmında oluşan boşluk çok: Yetersiz ısıtma ve fazla birleştirme kuvveti
Dudaklar çok büyük	Fazla ısıtma süresi
Dudak dış kenarı kare şeklinde	Isıtma esnasında basınç uygulanmış
Pürüzlü dudak yüzeyi	Alın kaynak bölgesine alın kaynak esnasında hidrokarbon bulaşmış



Şekil 4.6. Cidar kalınlığına göre sıcaklık değerleri [15].

Sıcak Elaman Kaynak Kalitesiyle İlgili Dikkat Edilecek Hususlar

Plastik parçaların kaynağı ile insan hayatı, endüstriyel uygulamalar ve çevre ile ilgili yaşanan olumsuz sonuçları düşünüldüğünde oldukça önemlidir. Uygulanan kaynak yöntemler arasında en ucuz ve en kolay uygulanan yöntem olmasından dolayı yoğun kullanımı söz konusudur. Başarılı bir alın kaynak elde edebilmek için;

- Kaynak yapılacak malzemelerin birbiriyle şeklen uyumlu olmasına dikkat edilmelidir. Nem, rüzgar veya düşük sıcaklıktaki ortamlarda, kaynak parametrelerinin etkilenmemesi için makine çalışma alanı bu etkilerden korunmalıdır.
- Kaynak yapılacak plastik parçaların alınlılarının ısıtma süresi sonunda aynı sıcaklıkta olmasını garanti edebilmek için kaynak bölgesi direkt gün ışığı vb. etkilerden korunmalıdır. Plastik parçaların alınlıları toz, çapak v.b. olmaması için temizlenmelidir.

- Plastik parçalar, kaynak işlemine başlanmadan önce kafalara sağlam olarak bağlanmalıdır. Bu hem parçaların tam olarak merkezlenip doğru bir kaynak elde edilebilmesi için gereklidir, hem de parçaların tıraşlama sırasında kafadan kurtulup, operatöre zarar vermesini önlemek açısından önemlidir.
- Isıtıcının teflon kaplamasında derin çizik, çentik v.b olmamalıdır. Bunun için belirli aralıklarla ısıtıcı yüzeyi kontrol edilmelidir [16].



Resim 4.2. Sıcak eleman alın kaynak makineleri

Çizelge 4.4. Sıcak plaka kaynağıyla birleştirilen plastik/plastik film ve plastik esaslı kompozitlere ait kaynak sıcaklıkları[16].

plastik	sıcaklık °F	Film	sıcaklık °F
ABS	450	Coated cellophane	200–350
Acetal	500	Cellulose acetate	400–500
Phenoxy	550	Coated polyester	490
PE			
LD	360	Poly(chlorotrifluoroethylene)	415–450
HD	390	Polyethylene	250–375
PC	650	Polystyrene (oriented)	220–300
PPO	650	Poly(vinyl alcohol)	300–400
Noryl*	525	Poly(vinyl chloride) and copolymers (nonrigid)	200–400
PP	400	Poly(vinyl chloride) and copolymers (rigid)	260–400
PS	420	Poly(vinyl chloride)—nitrile rubber blend	220–350
SAN	450	Poly(vinylidene chloride)	285
Nylon 6, 6	475	Rubber hydrochloride	225–350
PVC	450	Fluorinated ethylene-propylene copolymer	600–750

Sıcak eleman kaynağı çeşitleri

Sıcak eleman kaynağı çeşitleri aşağıdaki gibidir.

Sıcak eleman alın kaynağı;

Birleştirilecek yüzeyler karşı karşıya getirilir ve aralarına konulan sıcak eleman ile kaynak sıcaklığına kadar ısıtılır, yüzeyler birleşme sıcaklığına eriştikten sonra sıcak eleman çekilerek uygulanan basma kuvveti ile (el veya mekanik olarak) birleşme olur.

Sıcak eleman iç köşe kaynağı;

Kama şeklindeki sıcak eleman ile iç köşe kaynağı kama şeklindeki bir sıcak eleman kaynak edilecek yüzeylere gömülerek parçayı ısıtır ve daha sonra uygulanan bir basma ile iç köşe dikişi oluşturulur.

Sıcak eleman köşe kaynağı;

Parçanın birleştirilecek yüzeyleri sıcak elemanlarla ısıtılır ve daha sonra el veya mekanik olarak uygulanan basınç ile birleştirme sağlanır.

Sıcak eleman yardımıyla geçme kaynağı;

Borunun gireceği yüzey özel bir sıcak eleman ile kaynak sıcaklığına eristikten sonra sıcak eleman çıkartılır ve yerine boru geçirilerek özel suretle uygulanan basınç ile birleşme sağlanır.

Sıcak eleman-sıcak impuls kaynağı;

Sıcak elemanlar elektrikle ısıtılır ve sonra uygulanan basınç ile birleştirme sağlanır. Sıcak elemana verilen elektrik akımı kesildikten sonra basınç uygulanır.

Sıcak eleman-hareketli band kaynağı;

Parçalar hareketli bantlar (transport bantları) arasında sürekli olarak sıcak eleman tarafından ısıtılır ve daha sonra da basınç uygulanarak birleşme sağlanır.

4.3.2. Sıcak gaz kaynağı

Endüstride imal edilen plastik malzemelerin hızla gelişmesinde ilk faktör sıcak gaz kaynağının çok yönlülüğü olmuştur. Bu kaynak işlemi, aşınma dayanımı, hafif ağırlık, dielektrik özellikleri ve arzu edilen iyi darbe mukavemeti veren plastiklere ekonomik olarak uygulanmasına müsaittir.

Sıcak gaz kaynağı endüstrideki büyük miktarlardaki konstrüksiyon donanımlarının gerçekleştirilmesinde ve ufak parçaların imal edilmesinde kullanılır. Sıcak gaz kaynağının genel tekniği plastik türlerinin çoğu için benzerdir. Birleştirilecek termoplastik levhalar, uygun kaynak ağızlarına ve aralıklarına sahip değildir. Ana

malzemeye aynı bileşimde olan kaynak çubuğu kullanılmalıdır. Kaynak çubuğu ve kaynak ağzı kaynak tabancasına gelen sıcak gaz akışıyla birlikte homojen bağ oluşturmak üzere sıkıştırılırlar. Çoğunlukla plastiklerin sıcak gaz kaynağı metallerinin oksii-asetilen kaynağına bezerdir. Kaynak ısısını sağlayan gaz alevi yerine, sıcak gaz kaynağında ısıtılan gaz akışı geçer.

Kaynak tabancaları ya gaz ya da elektrik ile ısıtılabilir. Çeşitli uygulamalar için doğrusal veya eğrisel şekillerde sağlanılabilen, birbirinin yerini alabilecek tiplerde kaynak tabancaları vardır. Genel kullanımlar için elektrikli ısıtma tabancaları daha üstündür. Kullanılan kaynak tabancasının tipi ne olursa olsun, 200 ila 300° C`da değişen sıcaklık aralığını ve dakikada 15 ila 90 cm<sup>3</sup> gazı sağlamalıdır. Normal basınçlar 0,4 atü`den 1 atü`ye kadar değişir. Optimum akış hızı bir dereceye kadar 60 cm<sup>3</sup> tür. Tabancanın ucu ve kaynağın arasındaki uzaklık 3 mm`den 12 mm`ye kadar değişmeler göstermektedir.

Polietilen ve oksijene duyarlı diğer plastikler kaynak edilince, ısıtılmış gaz olarak ozat kullanılır. Bununla beraber polivinil klorür kaynak edilince sıkıştırılmış havanın daha tatminkar sonuçlar verdiği görülmüştür. PVC`nin kaynağında çeşitli gazların etkisi araştırılmıştır.

Kullanılan gazlar sıkıştırılmış hava, azot, hidrojen, karbondioksit ve oksijendir. Oksijen ile yapılan kaynakların en yüksek mukavemet değerlerini verdiği görülmüştür. Sıkıştırılmış hava ekonomik ve orta yerlerde bir değer verir.

Kaynağına hazırlık, kaynak tekniğı ve çeşitleri

Uygun yüzey hazırlığı ile beklenilmekte olan kaynak mukavemeti artırılır. Alın kaynağına birleştirilecek kenarlar 60°`lik açıyı kapsayan eğiklik verilmelidir. Kaynağın tam nufuziyetini sağlamak için birleştirilen iki kenar arasına bir aralık genişliği bırakılmalıdır. Çoğunlukla birleştirilecek yüzeylere mekanik pürüzlülük verilir. Çözücüler plastiğı kemiriyorsa veya çevresinde gerilme çatlakları oluşturuyorsa kullanılmamamsı gerekir. Ayrıca yağlayıcı maddelerin yada imalattaki

etkenlerden ileri gelen basit parçacıkların kaynağa başlamadan evvel yüzeylerden tamamen giderilmesi oldukça önemlidir.

Uygun eğim ve yüzeylerin hazırlığından sonra levha malzemesi tahta çubuklar ile uygun şekilde sıkıştırılmalı ve kaynak ağzı açılmış kenarlar arasında kaynak çubuğu ile dikiş yapılmalıdır. Metal çubuklar kaynak dikişinden ısıyı uzaklaştırırlar, bu nedenle kötü birleştirmeler verdiği için tavsiye edilmezler.

Kaynağa başlamadan önce kaynak tabancası birleştirilecek plastik malzeme için uygun bir sıcaklığa ayarlanır. Farklı plastikler için değişik sıcaklıklar gerekir. Isıtma bobininin ayarıyla veya gaz akış hızı ile çalışma aralığı dahilinde arzu edilen herhangi bir sıcaklığa ısıtılmış gaz sevk edilir.

Kaynak işlemi esnasında tabancaya, hem kaynak dikişine, hem de kaynak çubuğuna aynı oranda ısı vermek üzere düşey olarak salınım yaptırılır. Birinin veya diğerinin eksik ısıtılması kötü kaynaklara sebep olur. Çubuk veya levhanın yüzey yumuşatılırken kaynak çubuğu hafif basınç altında sürekli olarak kaynak dikişinin içine itilir. Metal kaynağından farklı olarak kaynak çubuğunun tamamen ergimesi meydana gelmez. Buna rağmen kaynak çubuğunun yumuşak olması tatmin edici eritme birleştirmesi için önemlidir. Diğer yandan basınç fazlalığı gerilmeli kaynak meydana getirir.

Polietilen ve diğer esnek(bükülebilen) plastiklerin kaynağında çubuk, ergiyen yüzeyler üzerindeki basınçla yeterli bağlanmayı sağlamak için bir geniş açıyla tutulur. PVC veya lineer polietilen gibi daha rijit malzemeler için çubuk takriben 90° de tutulur.

Kaynak çubuğunun açısına bakmaksızın kaynahta önemli olan nokta yumuşarken kaynak dikişi içersine kaynak çubuğunu sürmek için aşağı doğru bir basınç uygulamaktır. PVC veya saran kaynağında basınç fazlalığı kaynak çubuğuna bir kavis verilmesi ile giderilir.

Önceden ara verilen veya sınırlandırılmış bulunan bir kaynağa yeniden başlanınca, ısıtılmış olan kaynak çubuğunun ucuna önceden ısıtılan parça üzerine itme önemlidir. Büyük yapıların kaynak çubuklarının uzun olması nedeni ile kesikli kaynak yapmak çoğunlukla gereklidir.

Sıcak gaz bindirme kaynağı;

Sıcak gaz, birleştirilecek yüzeylerin arasına uygulanır. Daha sonra sağlanan basınç ile birleşme sağlanır. Burada bir ilave malzeme kullanılmamaktadır.

Sıcak gaz ekstrüzyon kaynağı;

İlave malzeme bir ekstrüder içinde sıcak gaz ile ısıtılarak birleştirme ağzına sevk edilir ve basınç bir kaynak baskısı veya diğer bir vasıta ile sağlanır. Direkt sıcak eleman kaynağı

Sıcak kama kaynağı;

Üst üste gelen parçalar arasında bulunan bir sıcak kama ile yüzeyler kaynak sıcaklığına eriştikten sonra uygulanan basınç ile birleşme sağlanır.

Sıcak eleman ile ayırarak kaynak;

Üst üste binmiş iki parça tel, band veya bıçak formundaki bir sıcak eleman ile hem kaynak edilmiş hem de birbirinden ayrılmış olur.

Çeşitli termoplastik malzemeler için sıcak gaz kaynak şartları

Fiziksel özelliklerdeki farklılıklar, oksidasyon direnci ve farklı plastiklerin erime viskozitesi kaynak tekniği bakımından uygun değişiklikleri gerektirir. Polietilen 110°C de erir ve takriben 400°C de tutuşur. Bu durum kaynak için bütün bu sıcaklık aralıklarının birinde kullanılabileceğini havayla temas eden yüzeyleri oldukça çabuk

okside olur. Bu yüzden daha yüksek sıcaklıklar tavsiye edilemez. Buna ilaveten havayla temas eden yüzeyleri oldukça çabuk okside olur. Bu yüzden daha yüksek bir sıcaklıkta polietilen çabuk sıvı olur ve kaynak dikişi üzerinde yeterli basınç uygulanmayabilir.

Polietilenin normal kaynağında basınçlar $0,4\text{kg/cm}^2$ den $0,7\text{kg/cm}^2$ ye değişir. Isıtılmış gazın optimum akış hızı takriben dakikada 60cm^3 tür. Tabancanın ucu ile kaynak arasında tavsiye edilen mesafe 3 ila 6 mm`dir. PVC kaynağı için kaynak gaz sıcaklığı  $0,4\text{kg/cm}^2$  lik hava basıncında takriben  $290\text{ }^\circ\text{C}$ `dir. Tabancanın ucu ile parça arasındaki mesafenin değişmesiyle ısı miktarı kontrol edilebilir.

Saran kaynağında 2 mm kaynak çubuğu tavsiye edilir. Saran için kullanılan sıcaklık kaynak dikişinde $200\text{ }^\circ\text{C}$ `dir. Tabanca sıcaklığı takriben  $300\text{ }^\circ\text{C}$ `dir.

Polipropilen takriben $200\text{ }^\circ\text{C}$ ile bir kaynak dikişi sıcaklığı kullanılarak kolayca kaynak edilebilir. Bu da 290 ile $315\text{ }^\circ\text{C}$ civarında bir tabanca sıcaklığına tekabül eder. Akrilik kaynağı PVC kaynağına çok benzerdir. Fakat akriliklerin yumuşama noktasının yüksek olması nedeniyle daha sıcak tabancalar gerektirir. %10`dan %12`ye fitilat içeren plastikleşmiş kaynak çubukların kullanılmaktadır. Isıtma için kullanılan gaz, sıkıştırılmış havadır. Bazen azotta kullanılır. İlkönce ikinci dünya savaşı yıllarında metil akrilit ve etil akrilite uygulandı.

Sıcak gaz kaynağını etkileyen parametreler

Kaynak hızı;

Plastik kaynağı, metal kaynağından daha yavaştır. El kaynağı için kaynağın hızı plastik malzemenin cinsine bağlı olarak 5cm/dak. `dan  $30\text{cm/dak.}$ `ya kadar değişmektedir[8].

A-Gözenekli kaynak

Sebep:

- Gözenekli kaynak çubuğu
- Kaynak çubuğundaki ısı dengesi
- Çok hızlı kaynak işlemi
- Uygun olmayan başlangıç ve bitiş
- Uygun olmayan tanelerin geçişi
- Kaynak çubuğunun uzaması

Düzeltilme:

- Kaynak çubuğu muayenesi
- Uygun hava verme hareketi
- Kaynak ısının kontrolü
- Uygun sırada tanelerin kaynağı
- Kaynak çubuğunu bırakmadan önce soğutma

B- Zayıf Nüfuziyet;

Sebep:

- Hatalı hazırlama
- Çok uzun kaynak çubuğu
- Çok hızlı kaynak yapımı
- Yetersiz paso(kök) aralığı

Düzeltilme:

- 60° açı kullanılmalı
- Küçük açı ve kaynak çubuğu
- Kaynak yapılırken hava akış kontrolü
- Ucu eğerek, kullanmalı veya parçalar sabitlenmeli

C- Yanma;

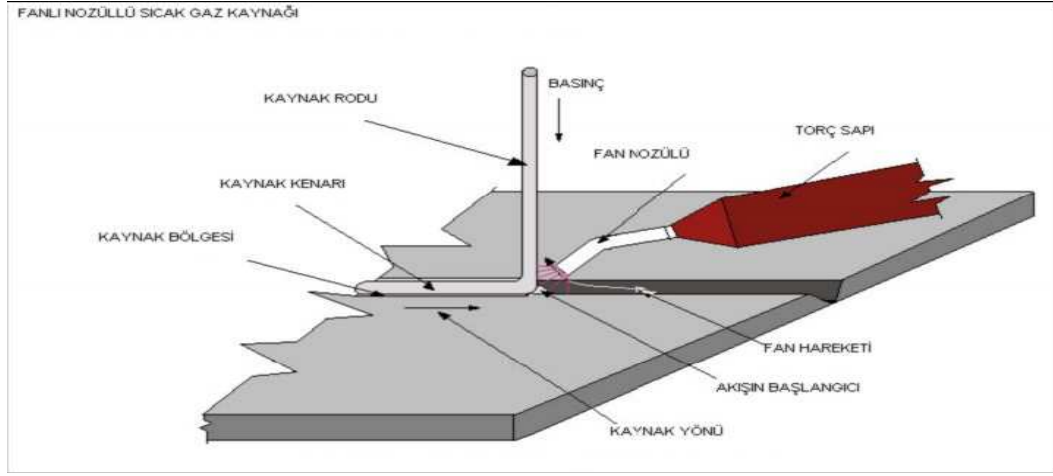
Sebep:

- Isı çok yüksek
- Kaynak çok yavaş
- Düzensiz ısıtma
- Uygun olmayan kaynak çubuğu hacmi seçimi

Düzeltilme:

- Kaynaktan önce malzemelerin temizlenmesi
- Basınç ve hava akış hareketlerini sabit tutma
- Daha düşük sıcaklıkta kaynak
- Kök pasoda küçük, üstte daha büyük kaynak çubuğu uygun sıra ile
- Zorunlu olduğundan malzemelerin ön ısıtmaları
- Parçaların emniyetli tutturulması

Üflece hareket verilerek yapılan sıcak gaz kaynağı Üfleç birleştirilecek parça yüzeyi ile kaynak ilave malzemesi arasında yelpazelendirme şeklinde bir hareketle kaynak ısını sağlar. Burada basınç kullanılan ilave malzeme ile sağlanır.



Resim 4.3. Plastik el kaynağı

4.3.3. Sürtünme kaynağı

İki yüzeyin birlikte ovulmasıyla üretilen sürtünme ısısının doğrudan bir sonucu oluşan bir birleşmeyi tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Böylece ısı, plastik malzemelerin her iki yüzeyini eritir ve basınca tabii tutulur ardından birleşmenin hareketi durdurulur. Soğumadan sonra birleşen plastik malzeme makineden alınır. Uygulanan hareket salınım yada dönme olabilir. Genelde dönme hareketi daha uygundur[8]. Plastik sürtünme kaynağında genelde spin kaynak yöntemidir. Bu teknik, birleşmenin dönen bir kesitine karşı düğünün sabit kalmasını kapsar. Hız ve basınç sürtünme ısısını üretir. Bu da komşu yüzeyleri eritir.

Spin kaynağının avantajları;

Çok hızlı bir işlemdir. Kaynak çevrimi 30 ila 45 saniye gibi çok kısa sürede tamamlanabilir. Bu süre elle değiştirilen parçaların bağlanması, döndürülmesi, durdurulması ve soğutulmasını kapsar. Gerekli takımlar çok basittir ve pahalı değildir. Matkap ve torna gibi çoğu atölyede bulunan standart makinelerle yapılabilirdiği için oldukça ekonomiktir. Yükselen sıcaklıklarda oksidasyona maruz kalan termoplastik malzemelerin kaynağı için kusursuz bir yöntemdir. Kaynaklanmış olan iki yüzey yöntem boyunca temas halinde kaldığı için merkezden kenara doğru sıkıştırılan gevşek bir malzeme vardır. Bu durum dikişin içinde çok az bir oksidasyon oluşturur. Bu yöntemde çözücüler, yapıştırıcılar, kaynak ilave malzemesi veya diğer yabancı elementler arzu edilmediği için birleştirme esas malzemeninki gibi aynı özelliklere sahiptir.

Spin kaynağının dezavantajları;

Birleştirme dairesel parçalar için sınırlıdır. Çoğu zaman bu problemler dairesel bir kesitin dairesel olmayan bir parçayla kaynaklı birleştirmenin tasarlanmasıyla aşılabılır.

Çoğu durumda küçük bir miktar gibi görünen çapak uygun bir dikişi garanti etmek için gereklidir. Bu eksiklik taşma yahut aralığın göze çarpmadığı önemsiz durumlarda çapağa müsaade etmek üzere birleştirme dizaynının değiştirilmesiyle üstesinden gelinebilir. Bu çapak pek çok parçanın iç tarafında olmak üzere oluşturulabilir.

Uygulamalar;

Şekil, rijit polietilenden mamul dağıtım borusuna hortum ağlantılarının sürtünme kaynağı ile kaynatılmasını ve sürtünme kaynağı ile kaynatılmış aerosol (püskürtme) şişesinin dizaynını gösterir.

Spin kaynağı, dairesel bir birleştirme sahip iki termoplastik kesitten oluşan çoğu konstrüksiyonlara uygulanabilir. Sürtünme ısısının temas halindeki yüzeyleri hemen eritmek için yeterlidir. Yüzeylerin hemen altındaki malzemenin sıcaklığı büyük ölçüde artmayacaktır. Şişerler, boru kesitleri, kovanlar, vb... gibi numuneler alttan yan cidar kesitine spin kaynağı ile birleştirilebilir. Bu yöntem ayrıca ince cidarlı dökülmüş kovanın devamını sağlamak için uzun tüp kesitlerini birleştirmek üzere kullanılmıştır. Levha parçalar arzu edilen herhangi bir kalınlığı elde etmek için spin kaynağı ile birbirlerine tabaka tabaka birleştirilebilirler.

Kaynak değişkenleri;

Spin kaynağında üretilen ısı, yüzey hızının, temas basıncının ve temas süresinin bir fonksiyonudur. Bir dairesel birleştirmenin yüzey hızı dakikada dönme olarak daire çapının bir fonksiyonudur. Dönen bir silindir için efektif yüzey hızı çevresel hızın 2/3`dür. İçi boş kesitin yüzeyi üzerindeki ortalama bir noktanın hızı aşağıdaki denklem ile verilir.

$$V: \frac{4w}{3} \times \frac{(r_0^3 - r_i^3)}{(r_0^2 - r_i^2)}$$

V: noktanın ortalama hızını (cm/dak)

w: açısal hızını(saniyedeki devir sayısını)

r₀: Dış yarı çapı(cm)

r_i: iç yarı çapı (cm) göstermektedir.

Temas basıncı ısıtılan iki yüzey arasındaki yeterli teması sağlayacak büyüklükte olmalı. Birleşmenin içersinde malzeme dağılmamalı veya herhangi bir pislik taşmamalı. Basınç, hidrolik, kam veya vida mekanizmasıyla kolayca kontrol edilebilir. Genellikle bı tip kaynak için 0,7 ila 14kg/cm²`lik basınç aralığı kullanılır.[8] Çizelge 4.5`de spin kaynağı için çalışma aralığında önerilen değişkenler verilmiştir.

Çizelge 4.5. Spin kaynağı için çalışma aralığında önerilen değişkenler

Malzeme	Ortalama Nokta Hızı(cm/sn)	Başlangıç Basıncı(kg/cm²)
Naylon	150 - 450	2 - 11
Asetal	150 - 1050	2 – 11
Akrilik Reçine	300 - 1050	1 – 9
Polietilen	150 - 1800	0,8 - 7

Temas süresi genellikle üretim anında otomatik donanım ile kontrol edilir. Pek çok uygulamalarda bir veya iki saniye tatminkar dikişler elde etmek için yeterlidir. Temas süresi sivri bir ergime-katılma ucuna sahip naylon gibi bazı plastik malzemelerde kritik olarak değişebilir. Böyle durumlarda spin hareketi kaynaklanmış olan yüzeylerden biri uygun bir kaynak sıcaklığına eriştiğinde çok çabuk durdurulabilmelidir.

Şayet dönme elemanının bir anlık durmasında kaymaya müsaade edilirse, ince dikişli hatalar bu yöntemde yırtılmış olacaktır.

Kaynak mukavemeti;

Dikiş mukavemetlerinin gösterilmediği ihmal edilebilir değerler %10 altındadır. Dikişin yüzey üzerindeki yüzey hızı değiştiği için, kaynak işlemi esnasında farklı sıcaklıklara neden olur. Bu yüzden biten birleştirme kalan gerilemeler mevcut olur. Bu gerilmeler kaynaklı bölgenin merkezinde maksimumda ve dış kenarlarda ise minimumdadırlar. Şayet bu merkez kısımlar maksimum gerilmelere maruz kalırlarsa, çevre şartlarına bağlı çiziklere veya gevreklemeye neden olur, fazla çatlama oluşabilir. Bu sebepten kaynaktan sonra bir tavlama tavsiye edilir.

Birleştirme dizaynı;

Sürtünme kaynağı için uygun bir şekilde dizayn edilen birleştirmelerin üstünlükleri sınırsızdır. Uygun dizayn edilen bir birleştirme maksimum bir dikiş bölgesi ve minimum farkta bir yüzey hızı sağlar. İyi bir tasarımla, kaynakta oluşan çapağı azaltan birleştirmeler yapılabilir. Spin kaynağı, farklı ergime noktalı plastikler gibi örneğin, termosetting malzemeleri termoplastik malzemelere birleştirmek için kullanılır. Tahta gibi pürüzlü malzemelere karşı döndürüldüğünde termoplastik erir ve tahtanın pürüzleri içerirse nüfuz eder. Şüphesiz böyle birleştirmeler mekaniktir fakat iyi nüfuziyet sağlayabilir.[8]

4.3.4. Işınla ekstrüzyon kaynağı

İlave kaynak malzemesi ısıtılan bir sıcak kamaradan plastik bir halde ışınla ısıtılmış bulunan kaynak ağzına sevk edilir. Basınç bir kaynak baskısı veya diğer bir tertibatla sağlanır.

4.3.5. Ultrasonik kaynak

Parçanın birleştirilecek yüzeyleri bir ilave malzeme kullanılmadan ultrason etkisi ile ısınır ve uygulanan basınçla da kaynak gerçekleştirilir.

4.3.6. Direkt ultrasonik kaynak

Bu yöntemde kaynak edilecek yüzey sonotrodun alın yüzeyine yaklaştırılır. Böylece sonotrod yüzeyi ile kaynak yeri ısınır.

4.3.7. Endirekt ultrasonik kaynak

Kaynak yeri sonotrodun alın yüzeyinden uzakta bulunur. Dalga enerjisi parça vasıtasıyla kaynak yerine iletilir. Burada sonotrod yüzeyi ile kaynak yeri arasındaki ana malzeme ısınmaz.

4.3.8. Yüksek frekans kaynağı

Yüksek frekans enerjisi uygulaması ile beraber malzemelerin eriyerek birleşme prosesidir. Sonuç kaynağı orijinal malzemeler kadar güçlü olabilir.

Yaygın alternatif elektrik alanında ısınmanın devamlılığını sağlamak için yüksek frekans kaynağı, kaynak yapılmış malzemenin özelliklerine dayalıdır. Bu da şu anlama gelir sadece bu duruma uygun malzemeler ancak kaynak yapılabilir, bu tekniği kullanarak iki metal kalıbın arasında uygulanan yüksek frekans elektromanyetik alanında parçaları birleştirmek için bu proses bunu içerir. Bu kalıplar aynı zamanda ısınma ve soğuma süresinde basınç uygulayıcı rolü görür.

PVC ve poliüretanlar RF prosesi ile kaynak yapılabilen en genel termoplastiklerdir. RF aynı zamanda naylon, PET, EVA, ABS ve bazı reçineler gibi diğer polimerlere uygulanabilir. Fakat bazı özel durumlar istenildiğinde, örneğin naylon ve PET'ler RF gücüne ek olarak kaynak kalıpların önceden hazırlanması şartıyla kaynak yapılabilir. RF kaynak genel olarak PTFE, polikarbonat, polyester, polietilen veya polipropilen için uygun değildir. Buna ek olarak, PVC kullanımı içinde sınırlama olması nedeniyle polyolefinin özel bir sınıfının RF kaynağı olabilirliği geliştirilmiştir.

4.4. Plastiklerin ve Plastik Esaslı Kompozitlerin Birleştirilmesi

Mühendislik plastiklerinin birleştirilmesinde mekanik bağlayıcılar, yapıştırıcılar ve kaynak prosesleri görev alabilir. Mekanik bağlayıcılar iki parçayı hızlı bir biçimde birleştirebilirler fakat sıkı ve sızdırmaz bağlantı sağlayamazlar ve bölgesel gerilmeler polimerik metarialde boşluk hareketine neden olurlar. Yapıştırıcılar tamamen kusursuz bağlantı ve iyi nitelikler sağlayabilirler. Fakat bağlantıyı kontrol altında tutmak ve yapışma süresinin yavaşlığı durumu kötüleştirir. Yapıştırarak birleştirme işleminde proses hazırlığı ve yüzey temizliğine önem verilmesi gerekmektedir.

Kaynakla ana parçaların özelliklerine yakın kaynak edilmiş (birleştirilmiş) parçalar elde edebiliriz. Plastik kaynağı termoplastiklerle sınırlandırılmıştır çünkü bu

malzemeler ısı etkisiyle yumuşarlar. Termoset polimerler ısı altında bir kez katılaşırlar ve tekrar yumuşamazlar. Termoplastik kaynağında gerekli olan ısı metallere gerekli olandan daha azdır.

Çizelge 4.6. Termoplastikler için birleştirme yöntemleri [9]

PLASTİKLER İÇİN BİRLEŞTİRME YÖNTEMLERİ								
PLASTİKLER	ORTAK BİRLEŞTİRME YÖNTEMLERİ							
	yapıştırıcılar	dielektrik kıym.	indüksiyon kıym.	mekanik bağl.	solvent kıym.	kütlüleme kıym.	ısı kıym.	ultra sesli kıym.
termoplastikler								
ABS	X	...	X	X	X	X	X	X
Acetals	X	...	X	X	X	X	X	X
Acrylics	X	...	X	X	X	X	...	X
Cellulosics	X	...	...	...	X	X	...	...
Chlorinated polyether	X	...	...	X	...	...	...	...
Ethylene copolymers	...	X	...	...	...	...	X	...
Fluoroplastics	X	...	...	...	...	...	...	...
Ionomer	...	X	...	...	...	...	X	...
Methylpentene	...	...	...	...	...	...	...	X
Nylons	X	...	X	X	X	...	...	X
Phenylene oxide-based materials	X	...	...	X	X	X	X	X
Polyesters	X	...	...	X	X	X	...	X
Polyamide-imide	X	...	...	X	...	...	...	...
Polyaryl ether	X	...	...	X	...	...	...	X
Polyaryl sulfone	X	...	...	X	...	...	...	X
Polybutylene	...	...	...	...	...	...	...	X
Polycarbonate	X	...	X	X	X	X	X	X
Polycarbonate/ABS	X	...	...	X	X	X	X	X
Polyethylenes	X	X	X	X	...	X	X	X
Polyimide	X	...	...	X	...	...	...	...
Polyphenylene sulfide	X	...	...	X	...	...	...	...
Polypropylenes	X	X	X	X	...	X	X	X
Polystyrenes	X	...	X	X	X	X	X	X
Polysulfone	X	...	...	X	X	...	...	X
Propylene copolymers	X	X	X	X	...	X	X	...
PVC/acrylic alloy	X	...	X	X	...	...	...	X
PVC/ABS alloys	X	X	...	...	...	...	X	...
Styrene acrylonitrile	X	...	X	X	X	X	X	X
Vinyls	X	X	X	X	X	...	X	...

Çizelge 4.7. Termosetler için birleştirme yöntemleri [9]

TERMOSETLER									
Alkyds	X	...	...	...	...	...	...	...	...
Allyl diglycol carbonate	X	...	...	...	...	...	...	...	...
Diallyl phthalate	X	...	...	...	X	...	...	...	...
Epoxies	X	...	...	...	X	...	...	...	...
Melamines	X	...	...	...	...	...	...	...	...
Phenolics	X	...	...	...	X	...	...	...	...
Polybutadienes	X	...	...	...	...	...	...	...	...
Polyesters	X	...	...	...	X	...	...	...	...
Silicones	X	...	...	...	X	...	...	...	...
Ureas	X	...	...	...	...	...	...	...	...
Urethanes	X	...	...	...	X	...	...	...	...

5. DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu çalışmada Çizelge 5.1`de kimyasal kompozisyonu verilen Polipropilen 83 MF 10 hammaddesi ile deney numuneleri üretilmiştir. Birleştirme bölgesinin düzgünlüğü kontrol edildikten sonra birleştirme için hazırlıklar yapılmıştır. Numuneler, aşağıda resim 5.2`de işlem sırası verilen sıcak eleman kaynağı (hot plate) yöntemi ile insan eli değmeden birleştirilmiştir. Birleştirme işlemleri yine aşağıda çizelge 5.1`de verilen parametrelere göre gerçekleştirilmiştir.

5.1. Deneylerde Kullanılan Malzemeler

5.1.1. Ana Malzeme

Deneylerde Çizelge 5.1.`de kimyasal kompozisyonu verilen Polipropilen 83 MF 10 hammaddesi kullanılarak ve kimyasal kompozisyon dikkat edilerek ana malzeme üretimi gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 5.1. Polipropilen 83 MF 10 malzemenin termal, fiziksel ve mekanik analiz sonuçları

ŞEKİL DEĞİŞTİRME ÖZELLİKLERİ		
AKIŞKANLIK	SI Metric	ASTM TEST
Özgül Ağırlık	1.00	D 792
Erime Akış Hızı (@ 230 °C, / 2.16 kg)	1.00 – 4.00 g/10 min	D 1238
Kalıp Daralması (1/8 in (3.2 mm) section)	1.20 – 1.70%	D 955
MEKANİKSEL	SI Metric	ASTM TEST
Darbe Dayanımı, Izod	481 J/m	D 256
Çekme Dayanımı	23 MPa	D 638
Çekme Uzama	> 10.0 %	D 638
Çekme Modülü	1724 MPa	D 638
Eğilme Dayanımı	34 MPa	D 790
Eğilme Modülü	1310 MPa	D 790
ELEKTRİKSEL	SI Metric	ASTM TEST
Hacim Direnci	< 1E3 ohm.cm	D 257
Yüzey Direnci	< 1E6 ohm/sq	D 257 ESD STM11.11
Yüzey Direnci	< 1E5 ohm	ESD STM11.11
MIL-PRF-81705D, 5kV to 50 V, 12% RH	< 2.00 s	FTMS101C 4046.1
ENJEKSİYON YÖNTEMİ İLE GENEL İŞLEMLER		SI Metric
Enjeksiyon Basıncı		69 - 103 MPa
Erime Sıcaklığı		191 - 232 °C
Kalıp Sıcaklığı		32 - 66 °C
Kurutma		2 hrs @ 79 °C

5.1.2. Enjeksiyon makinesi

Serdar Plastik firması bünyesinde bulunan enjeksiyon makinelerinde ve robotlar yardımı ile test numuneleri basımı gerçekleştirildi. Basım şekli şekil 5.1.`de belirtilen data sheet göz önünde tutularak ve aynı zamanda, firma içersinde hazırlanan kalite proses sistemi dikkate alınarak ana malzeme üretimi gerçekleştirildi.

5.1.3. Sıcak eleman (Hot plate) kaynak makinesi

Kaynak için hazırlanan test numuneleri firma tarafından oluşturulan ve sıcaklık, basınç ve zaman kontrolleri bulunan tam otomatik sıcak eleman (Hot plate) kaynak makinesi kullanıldı.

Birleştirme için kullanılan kaynak makinesinin, kaynak işlemi robotlar tarafından yapılması ile birlikte her test için oluşturulan kaynak parametreleri, ilgili personel tarafından ayarlar yapılarak yine robotlar tarafından el değmeden gerçekleştirildi.

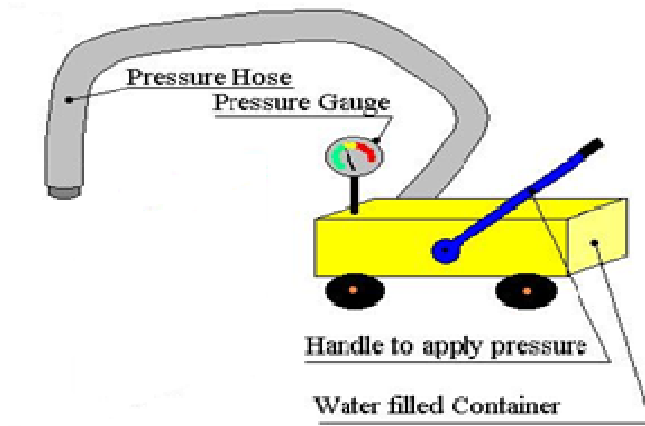
5.1.4. Sızdırmazlık test aparatı

Test numunelerinin sızdırmazlık testini gerçekleştirebilmek için özel olarak kapak tasarlandı. Bu tasarlanan kapak ortasında bir delik açılıp, bu delikten geçirilen bir hortum ile havanın numune içine ulaştırılması sağlandı. Tasarlanan kapağın hortumun geçtiği bölgenin kontrolleri yapıp hava sızdırmadığı denetlendi. Kapak bölgesinde kaçak olmadığı tespit edilen numunelere sızdırmazlık testi için bar basınç gönderildi.

5.1.5. Basınç test aparatı

Kaynak bölgesindeki mekanik dayanımını ölçmek amacıyla yapılan basınç test aparatının çalışma prensibi, resim 5.1.`de görülmektedir. Test numunelerin içine basınç test aparatı yardımı ile su doldurulup, test numuneleri patlayana kadar yavaş

ve kontrollü birşekilde basınçlı su verilmiştir. Basınç ölçme aparatı ile her numunenin patladığı değer ölçülmüştür.



Resim 5.1. Basınç test aparatı

5.2. Deneyin Yapılışı

Deney sırasında gerçekleştirilen bütün işlemler aşağıdaki işlem basamaklarıyla gerçekleştirilmiştir.

5.2.1. Numunelerin kaynatılması

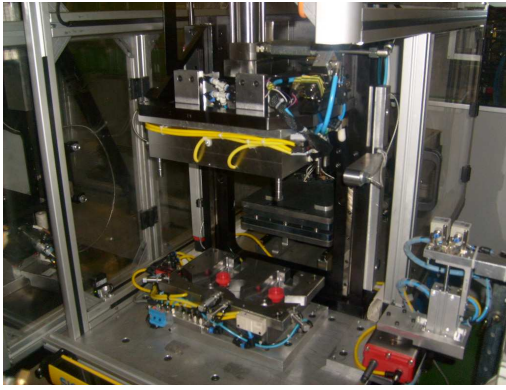
Testlerin gerçekleştirilmesi için basılan numuneler, çizelge 5.2.`deki parametreler dikkate alınarak (Hot plate) yöntemi ile birleştirmeler gerçekleştirildi. Üç ayrı kaynak basıncında ve bu basıncın numune üzerindeki etkisini görebilmek için diğer bütün kaynak parametreleri sabit tutuldu. Tüm numuneler de sabit tutulan kaynak parametreleri sırası ile hot plate sıcaklığı, kaynak bölgesini ısıtma süresi ve basınç altında birleştirme süresidir.

Sabit tutulan parametre değerleri Sıcaklık için 245°C, kaynak bölgesinin ısıtma süresi 4sn ve basınç altındaki birleştirme süresi 7.5sn olarak sabitlenmiştir. Sabit tutulan bu parametrelerin dışında ısıtma basıncı, kaynatma basıncındaki gibi değerlerle aynı tutulmuştur. Kaynatma basıncı 55 – 65 – 75 bar olarak sabitlenmiştir.

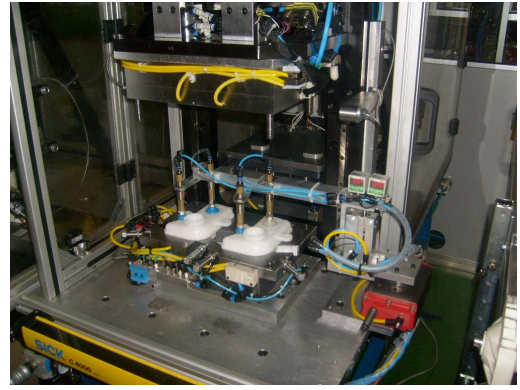
Bu sabitlenen değerlerle her kaynak basıncından 10 adet numune kaynatılarak toplamda testler için 30 adet numune kaynatılmıştır.

Çizelge 5.2. Birleştirme işleminde kullanılan parametreler

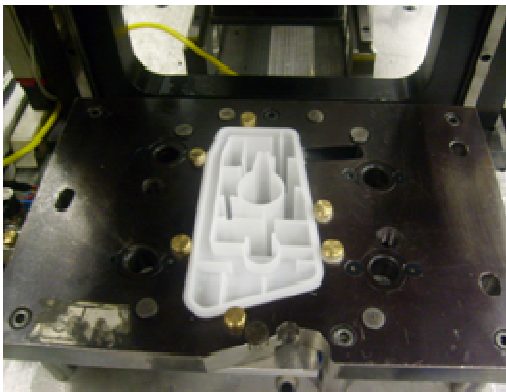
Sıcak eleman (hot plate) sıcaklığı	245°C
Isıtma süresi / ısıtma basıncı	4 sn / 65 Bar
Birleştirme basıncı	55-65-75 Bar
Basıncı altında birleştirme süresi	7,5sn



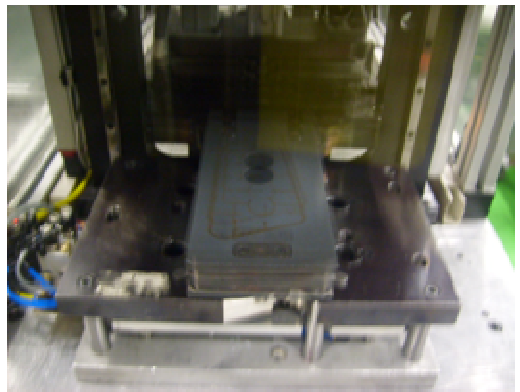
a



b



c

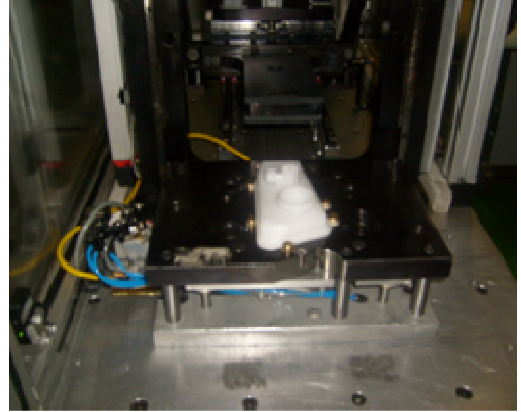


d

Resim 5.2. Sıcak eleman kaynağı (hot plate) işlem sırası



e



f

Resim 5.2. (Devamı)Sıcak eleman kaynağı (hot plate) işlem sırası

5.2.2. Sızdırmazlık testi

Test numunelerin kaynak bölgesinde boşluk, çapak, çatlak vb... gibi hataların oluşup oluşmadığının kontrolü için özel olarak tasarlanan sızdırmazlık test aparatında gerçekleştirildi. Sızdırmazlık testi için özel olarak tasarlanan kapak üstünden açılan delikten hortum yardımı ile numune içine kontrollü olarak 2 bar hava basıncı gönderildi.

Gönderilen hava ile birlikte numune, içi su ile dolu bidonun içine daldırıldı. Su altında bulunan numune 10dk boyunca bekletildi. Bekleme sırasında numuneler gözle takip edilerek numunede eğer varsa çatlak, çapak, boşluk gibi kusurların hataya zorlandığı içine sızdırmazlığın olup olmadığının kontrolü yapıldı.

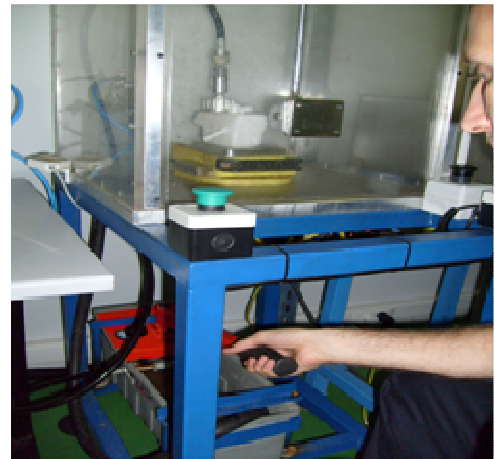
55 – 65 – 75 Bar basınç ile onar adet kaynatılan test numuneleri sızdırmazlık testi için sızdırmazlık test aparatına yerleştirilip tüm parçalar için testler gerçekleştirildi. Testler sırasında tüm test numunelerinde aynı çevresel ortam şartları, hava basıncı, aynı kova içersinde ve su derinliğinde yapıldı.

5.2.3. Basınç testi (Patlatma testi)

Test numunelerinin kaynak bölgesindeki kaynak hatalarından ya da uygun birleştirme parametreleri oluşturulmadığından oluşan kaynak bölgesi içinde boşluk, çapak, çatlak vb... gibi hataların kontrolü için basınç testi aparatında gerçekleştirildi.

Test numunelerinin test sırasında oluşabilecek hataları engellemek için kalıp yapıldı. Yapılan bu kalıp ile numunelerin test sırasında sabit durması sağlandı. Sabitlenen numunelere kapak ağzından içine tam dolu olacak şekilde su dolduruldu. Ağzına kadar su doldurulan test numunelerine, test için özel olarak yapılmış kapak numuneye takıldı. Yapılan bu kapağın özelliği kontrollü bir şekilde numunenin içine sulu basıncın ulaşmasını sağlamaktadır. Kontrollü bir şekilde numunelerin içine pompa yardımı ile numuneler patlayana kadar sulu basınç gönderildi. Patlama gerçekleştirildikten sonra numunelerin patlama basınç değerleri not alındı. Sabit durmasını sağlayan kalıptan numuneler alınarak patlamanın gerçekleştiği bölge incelendi.

55 – 65 – 75 Bar basınç ile onar adet kaynatılan test numuneleri sızdırmazlık testinden geçtikten sonra test aparatına yerleştirilip testler gerçekleştirildi. Testler sırasında tüm test numunelerinde aynı çevresel ortam şartları içersinde gerçekleştirildi.



Resim 5.3. Patlatma testi uygulama anı.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Farklı basınçlar ile üretilen numunelere (55, 65 ve 75 Bar) mekaniksel testler uygulanmış ve her bir basınç için farklı sonuç elde edilmiştir. Alınan sonuçların farklılıkları birleştirme ve patlatma bölgesindeki deformasyon değişimlerinde görülmüştür. Ayrıca uygulanan basınç ile kaynak kalınlıklarında da farklılıklar görülmüştür.

6.1. Birleştirme Sonrası Birleştirme Bölgesindeki Kaynak Kalınlığı

Birleştirme öncesi, numunelerde kaynak et kalınlığı 8 mm olarak üretilmiştir. Birleştirilecek numunelere çizelge 5.2.'de belirtilen parametreler uygulanarak kaynak işlemleri gerçekleştirilmiştir. 55, 65 ve 75 Bar ile yapılan basınçlar sonunda aşağıdaki sonuçlar alınmıştır.

6.1.1. 55 Bar ile birleştirilen test numuneleri

Kaynak et kalınlığı en yüksek oluşan numunedir. Bu durum, birleştirme sırasında kaynak bölgesi eritildikten sonra uygulanan basıncın en düşük olması sonucu meydana gelmiştir. Yapılan kontrollerde kaynak yüksekliği $5.3\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$ ölçülmüştür. Kaynak et kalınlığının fazla olması veya uygulanan basıncın düşük olması sonucunda oluşan bu durum, numunede sağlıklı bir birleşmenin oluşmamasına ve nüfuziyetin yeterli olmamasına neden olmaktadır. Nüfuziyetin yeteri kadar gerçekleşmemesi ise birleştirme bölgesinin mekaniksel olarak dayanımının düşük olabileceğini göstermektedir.

6.1.2. 65 Bar ile birleştirilen test numuneleri

Birleştirme bölgesindeki kaynak et kalınlığının yapılan testler sonucu en uygun olduğu fark edilmiştir. Ölçülen et kalınlığının ne aşırı fazla nede az olduğu görülmüştür. Bu durum ile birleştirme bölgesindeki oluşan nüfuziyetin iyi bir şekilde oluştuğu yapılan testlerde bir kez daha fark edilmiştir. 65 Bar ile birleştirildikten

sonra test numunelerinde kumpas yardımı ile yapılan ölçümlerde et kalınlığı olarak $5\text{mm} \pm 0,1\text{ mm}$ aralığında ölçülmüştür.

6.1.3. 75 Bar ile birleştirilen test numuneleri

Birleştirme bölgesinde yapılan ölçümler sonunda kaynak et kalınlığının en düşük olduğu görülmüştür. Kumpas yardımı ile ölçülen kaynak et kalınlığının $4,8\text{mm} \pm 0,1\text{mm}$ arasında olduğu görülmüştür. Oluşan bu durum mekaniksel ölçümler sonunda azda olsa bir farklılık görülmüştür. Azda olsa oluşan farklılık mekaniksel testler sonunda kaynak et kalınlığının aşırı azalması sonunda nüfuziyetin iyi olmasını sağlamak ile birlikte, et kalınlığının fazla azalması sonucu yapılan patlatma testlerinde iyi sonuçlar alınmamıştır.

6.2. Sızdırmazlık Test Sonuçları

Yapılan kontrollerde farklı basınçla birleştirilen tüm numunelerde sızdırmazlık testinden geçtiği, numune içerisine su almadığı görülmüştür. Tüm parametrelerde yapılan kaynaklarda boşluklar oluşmamıştır.

6.3. Patlatma Test Sonuçları

Yapılan patlatma testleri sonunda uygulanan basınca göre farklı sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ile ilgili değerlendirme aşağıdaki başlıklar altında açıklanmıştır.

6.3.1. 55 Bar ile birleştirilen test numuneleri

Sızdırmazlık testinden geçtikten sonra teste tabii tutulan 55 Bar basınç ile birleştirilen test numunelerinde basınç seviyesinin düşük olmasından dolayı birleştirme bölgelerinde (kaynatılan bölgede) patlama görülmüş ve bar cinsinden patlama seviyeleri düşük oluşmuştur. Patlatma testine giren numunelerde patlatma bar cinsinden seviyeleri ve bölgeleri aşağıdaki çizelge 5.3.`deki gibidir.

Çizelge 6.1. 55 Bar patlama değerleri ve bölgesi

Teste Giren Numune No	Patlama Basıncı	Patlama Bölgesi
1	11	Birleştirme Bölgesi
2	12	Birleştirme Bölgesi
3	10,5	Birleştirme Bölgesi
4	11	Birleştirme Bölgesi
5	11	Birleştirme Bölgesi
6	10,5	Birleştirme Bölgesi
7	10	Birleştirme Bölgesi
8	11,5	Birleştirme Bölgesi
9	10,5	Birleştirme Bölgesi
10	12	Birleştirme Bölgesi

Patlatma sonunda oluşan sonuca göre 55 Bar basınç ile birleştirilip birleştirme bölgesinden patlaması sonucu nüfuziyetin yeteri kadar oluşamayıp, birleştirme bölgesinden patladığı ve plastik şekil değişikliğinin normal şartlara göre daha az olduğu görülmüştür. Görülen bu durumda bize birleştirme bölgesinin mekaniksel olarak dayanımının yeterli olmadığını göstermektedir. Normal şartlarda 17 Bar üstünde ve numunenin yan tarafından ve ciddi bir plastik deformasyon sonunda patlaması gerekmektedir.

6.3.2. 65 Bar ile birleştirilen test numuneleri

Sızdırmazlık testinden geçtikten sonra testte tabii tutulan 65 bar basınç ile birleştirilen test numunelerinde patlatma bölgesi birleştirme bölgesi dışında gerçekleştirilmiştir. Patlatma seviyeleri en yüksek sonuçlar bu basınçta görülmüştür. Aşağıdaki patlama seviyelerini ve bölgelerini ile ilgili çizelge 5.4`de aşağıdaki gibidir.

Çizelge 6.2. 65 Bar patlama değerleri ve bölgesi

Teste Giren Numune No	Patlama Basıncı	Patlama Bölgesi
1	19	Birleştirme Dışı Bölgesi
2	18,5	Birleştirme Dışı Bölgesi
3	19,5	Birleştirme Dışı Bölgesi
4	19	Birleştirme Dışı Bölgesi
5	21	Birleştirme Dışı Bölgesi
6	20,5	Birleştirme Dışı Bölgesi
7	20,5	Birleştirme Dışı Bölgesi
8	19,5	Birleştirme Dışı Bölgesi
9	19	Birleştirme Dışı Bölgesi
10	19,5	Birleştirme Dışı Bölgesi

Patlama değerlerine ve patlama yerine bakıldığında birleştirme bölgesinde nüfuziyetin yeteri kadar iyi olduğu ve birleşme bölgesinin mekaniksel olarak dayanımının malzeme kadar olduğu görülmüştür.

6.3.3. 75 Bar ile birleştirilen test numuneleri

Sızdırmazlık testinden geçtikten sonra teste tabii tutulan 75 Bar basınç ile birleştirilen test numunelerinde basınç seviyesinin yüksek olmasından dolayı birleştirme bölgelerinde (kaynatılan bölgede) patlama görülmüş ve bar cinsinden patlama seviyeleri düşük oluşmuştur. Patlatma testine giren numunelerde patlatma bar cinsinden seviyeleri ve bölgeleri aşağıdaki çizelge 5.5. `deki gibidir.

Çizelge 6.3. 75 Bar patlama değerleri ve bölgesi

Teste Giren Numune No	Patlama Basıncı	Patlama Bölgesi
1	15	Birleştirme Bölgesi
2	17,5	Birleştirme Dışı Bölgesi
3	14,5	Birleştirme Bölgesi
4	16	Birleştirme Bölgesi
5	15,5	Birleştirme Bölgesi
6	16	Birleştirme Bölgesi
7	17,5	Birleştirme Dışı Bölgesi
8	16	Birleştirme Bölgesi
9	15	Birleştirme Bölgesi
10	15,5	Birleştirme Bölgesi

Yukarıdaki tablo incelendiğinde 2 adet test numunesinin birleştirme dışı bölgeden patladığı ve diğer numunelerin birleştirme bölgesinden patladığı ve patlama basıncı değerleri ortalaması düşük olduğu görülmüştür. 75 Bar basıncın 65 Bar basınca göre daha yüksek olmasına karşın 65 Bar basınç ile birleştirilen test numunelerinden daha iyi sonuç alınmıştır.

Bunun dışında ayrıca farklı basınç ile birleştirme işlemleri sonucunda kaynak et kalınlığının basınçlara göre farklı olduğu görülmüştür. Basınç arttıkça kaynak kalınlığının incelendiği görülmüştür. Bu farklı kalınlıklarının sebebi, birleştirme kısmındaki et kalınlığının düşük basınçta iyi birleşmemesinden ve yüksek basınçta da aşırı derece birleşmesinden dolayı görülmektedir. Yapılan patlatma testleri sonucunda da basınca göre uygun kaynak kalınlığı basınca göre 65 bar olduğu tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

1. Akkurt, S., "Plastik Malzeme Bilimi Teknolojisi ve Kalıp Tasarımı", **Birsan Yayınevi**, İstanbul (2007).
2. Marancı, Ş., "Metal Plastik Birleştirmelerde Ara Yüzey İncelemesi", (Yüksek Lisans), **Fen bilimleri**, Trakya Üniversitesi, Trakya (2009).
3. Onaran, K., "Malzeme bilimi", **Bilim Teknik Yayınevi**, 2058 / TA404 / O53 (1997).
4. Kaya, F., "Plastikler ve Katkı Maddeleri", 975-511-416-5, **Birsan yayınevi**, İstanbul, 86-95 (2005).
5. Hüner, M., "Plastik Esaslı Kompozit Malzemelerin Sıcak Birleştirme İşlemlerinin İncelenmesi", **Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi (2008).
6. Yıldız, F., "PET(Polietilen Tereftalat) Atıklarının Endüstride Değerlendirilmesi", (yüksek lisans), **Gazi Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü**, Yüksek Lisans Tezi, Ankara (2007).
7. Akkurt, S., "Plastik Malzeme Bilgisi", **Birsan Yayınevi**, İstanbul , s 55-61, (1991).
8. Erşen, N., "**Plastik kaynağı**", Hacettepe Üniversitesi Zonguldak Mühendislik Fakültesi (1986).
9. Hüner, Ü., "Plastik Esaslı Kompozit Malzemelerin Sıcak Birleştirme İşlemlerinin İncelenmesi", **Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi (2008).
10. Akkurt, A., Ertürk, İ., "Sıcak Elaman Alın Kaynak Yöntemi ile Birleştirilen PE Doğalgaz Borularının Güvenirliklerinin Araştırılması", **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 16 (2): 221-233.(2009).
11. Jun, H. Y., Grimm, R.A. 1998. "Infrared welding of thermoplastics: Practical characterization of transmission behavior of eleven thermoplastics", Proceedings of ANTEC 1998, Conference Proceedings, **Society of Plastics Engineers**, 1030, 1035 (1998).
12. Ziegler, D. "Welding of termoplastics", **Welding Journal**, 83 (10): 45-47 (2004).
13. ASTM D2657-97. "Standard Practice for Heat Fusion Joining of Polyolefin Pipeand Fittings", Volume 8.04., **American Society of Testing and Materials**, Baltimore (2002).

14. Starostin N. P., Ammosova, O. A., “Thermal Processes in Butt-Welding Polyethylene Pipe at Low Ambient Temperatures”, ***Russian Engineering Research***, 29(1): 12–16 (2009).
15. Crawford, S. L., Cumblidge, S. E., Hall, T. E., Anderso M. T., “Preliminary Assessment of NDE Methods on Inspection of HDPE Butt Fusion Piping Joints for Lack of Fusion”, ***U.S. Department of Energy*** (2008).
16. Messer, B., Yarmuch, M., Boer, P. “Novel High Resolution Defect Detection For Thermoplastic Butt-Welds”, ***Pipeline & Gas Journal, RTD Quality Services Inc.*** (230): 46 (2003).
17. Marshall, G.P. “***Advances in Joining Plastics and Composites***”, Bradford, Yorkshire, U.K (1991).
18. Joshi A. M., ”Welding Of Plastics”, ***B.E Mechanical***, www.metalwebnews.com.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : AÇAR İsmail
Uyruğu : TC
Doğum tarihi ve yeri : 10.05.1983
Medeni hali : Bekar
Telefon : 05363657202
e-mail : ismailacar@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi/Metal Eğitimi Bölümü	2013
Lisans	Gazi Üniversitesi/Metal Eğitimi Bölümü	2007
Lise	Atatürk teknik lisesi/Metal İşleri Bölümü	2000

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2010-2012	Sincan OSB. Serdar Plastik	Laboratuvar Mühendisi
2008-2010	Sincan OSB. ELDAŞ LAB.	Laboratuvar Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Halk Oyunları, futbol, yüzme