

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

106198


PLASTİKLERİN ULTRASONİK KAYNAĞI

Mak. Müh. Murat ERKUL

106198

F.B.E Makine Mühendisliği Anabilim Dalında İmal Usulleri Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

prof. Dr. Ahmet TOPUZ 

Tez Danışmanı

: Yrd. Doç. Dr. Can KARAHASANOĞLU (Y.T.Ü)



Prof. Dr. M. Emin YURCI

İSTANBUL, 2001



TE. YÜKSEK ÖĞRETİM MERKEZİ
DOKÜMANLAMA MERKEZİ

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER LİSTESİ	iv
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ	1
1.1 Plastik Malzemeler ve Genel Tanımları	1
1.2 Termoplastiklerin Genel Özellikleri	3
1.3 Termoset Plastiklerin (Duroplastlar) Genel Özellikleri.....	3
1.4 Elastomerlerin Genel Özellikleri	4
2. PLASTİKLERİN BİRLEŞTİRİLMESİ.....	6
3. PLASTİKLERİN ULTRASONİK KAYNAĞINA GİRİŞ	9
4. ULTRASONİK KAYNAK MAKİNASI EKİPMANLARI.....	12
4.1 Güç Kaynağı (Jeneratör).....	12
4.2 Transduser (Transformatör,Konvertör)	13
4.3 Sonotrod.....	17
4.4 Altılık	20
5. ULTRASONİK KAYNAK MAKİNALARI GENEL KONSTRÜKSİYONU.....	22
5.1 C-Gövde Yapılı Aşağı Yönlü Lineer Hareketli Presler	24
5.2 Yüksek Kapasiteli ve Hareketli Tablalı Presler	25
5.3 İki Sütunlu Köprü Gövde Yapılı Presler.....	28
5.4 Sonotrod ve Transduser için Yatay Pozisyonlamaya Sahip Özel Kaynak Üniteleri	30
6. ULTRASONİK KAYNAK PROSESİ.....	32
7. SONOTLARIN FONKSİYON VE AYARLANMASI.....	34
7.1 Vibrasyon Mekanizması	34
7.2 Genlik Dönüşümü	35
7.3 Ultrasonik Sistem.....	36
7.4 Hesaplamanın Temelleri	37
7.5 Frekans Sınırları.....	37
8. ULTRASONİK KAYNAK UYGULAMALARINDA KAYNAK PARÇALARININ HAZIRLANMASI VE KAYNAKLI BİRLEŞTİRME ŞEKİLLERİ.....	39
8.1 Kaynak Parçalarının Hazırlanmasında Genel Hususlar	39
8.2 Kaynak Tasarımı.....	45
8.2.1 Kesme Kaynağı Tasarımı.....	46
8.2.2 Alın Kaynağı Tasarımı.....	51
8.3 Genel Kaynak Tasarımı	56

8.3.1	Direkt (Yakın Alan) Ultrasonik Kaynak Tasarımı	57
8.3.2	Endirekt (Uzak Alan) Ultrasonik Kaynak Tasarımı	57
9.	ULTRASONİK KAYNAK PARAMETRELERİ.....	59
9.1	Ultrasonik Kaynak Parametreleri ve Kaynak Üzerine Etkileri.....	59
9.1.1	Kaynak Süresi	59
9.1.2	Titreşim Genliği.....	59
9.1.3	Kaynak Basıncı.....	60
9.1.4	Basınç Süresi.....	61
9.2	Optimum Kaynak Değişkenlerini Belirleme	61
9.2.1	Basınç Ve Genlik Belirleme	62
10.	KAYNAK PERFORMANSI.....	63
10.1	Termoplastiklerin Kaynak Karakteristikleri	65
10.2	Aynı ve Farklı Cins Termoplastiklerin Kaynaklanabilirlik Derecesi	65
10.3	Termoplastiklerin Ultrasonik Kaynağında Malzeme ve Yöntem İtibari ile Karşılaşılabilecek Problemler ve Sebepleri.....	68
11.	PLASTİKLERDE BİRLEŞTİRME ŞEKİLLERİNDE DİĞER ULTRASONİK UYGULAMALAR.....	70
11.1	Ultrasonik Puntalama.....	70
11.2	Ultrasonik Saplama Kaynağı	73
11.3	Ultrasonik Uygulama ile Metal Saplama.....	75
11.3.1	Metal Yerleştirme Formları	76
11.3.2	Dizayn Şartları	77
11.4	Ultrasonik Şekil V erme ile Birleştirme	77
11.5	Ultrasonik Nokta Kaynağı	78
12.	DENEYSEL ÇALIŞMA.....	80
12.1	Deneysel Çalışma Amacı.....	80
12.2	Deneysel Çalışma Yöntemi	80
12.3	Deneyin Yapılışı ve Elde Edilen Değerler.....	82
12.4	Deneysel Çalışma Sonuçları	86
13.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	87
	KAYNAKLAR	89
	EKLER	91
Ek 1	ABS Test Numuneleri Çekme Test Grafikleri	92
Ek 2	Polikarbonat Test Numuneleri Çekme Test Grafikleri	94
Ek 3	ABS Hamaddeli Numuneler için Çekme Testi Sonucunda Elde Edilen Kırılma Fotoğrafları.....	97
Ek 4	Polikarbonat Hamaddeli Numuneler için Çekme Testi Sonucunda Elde Edilen Kırılma Fotoğrafları.....	100
Ek 5	Yapılan Deneysel Çalışma ile İlgili Diğer Fotoğraflar.....	103
	ÖZGEÇMİŞ	104

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1	Plastiklerin genel gruplandırılması	2
Şekil 2.1	Mekanik bağlantı örneği.....	6
Şekil 2.2	Plastiklerin şekil bağlantı örnekleri.....	7
Şekil 3.1	Otomotiv ve diğer sektörlerden bazı uygulama örnekleri.....	11
Şekil 4.1	Ultrasonik kaynak makinası ekipmanlarının genel görünüşü	12
Şekil 4.2	Jeneratörler ve iç yapısı ile ilgili genel görünüşler	13
Şekil 4.3	Piezoelektrik çevirici	14
Şekil 4.4	Piezoelektrik çevirici çalıştırma prensibi	15
Şekil 4.5	Hareket üretici sistem ve mekanik elemanları ile ilgili genel görünüşler...15	
Şekil 4.6	Magnoelektrikli transduserin genel yapısı	17
Şekil 4.7	Çeşitli uygulamalar için sonotrod tipleri	18
Şekil 4.8	Çeşitli sonotrod tipleri için elde edilen titreşim-gerinim değerleri	19
Şekil 4.9	Altık genel sistematiği	20
Şekil 4.10	Altık uygulama örnekleri	21
Şekil 5.1	C- Gövdeli bir ultrasonik kaynak presinin genel yapısı	24
Şekil 5.2	Yüksek kapasiteli ve hareketli tablalı preslerin genel yapısı	27
Şekil 5.3	İki sütunlu köprü gövde yapıları	29
Şekil 5.4	Sonotrod ve transduser için yatay pozisyonlamaya sahip gövde yapıları preslerin parçaları	30
Şekil 6.1	Ultrasonik kaynak oluşum kademeleri	33
Şekil 7.1	Sonotrodların titreşim mekanizması	34
Şekil 7.2	Sonotrod aracılığıyla genlik değiştirilmesi	35
Şekil 7.3	Ultrasonik sistemin titreşim mekanizması	36
Şekil 7.4	Sonotrod hesapları	36
Şekil 7.5	Sonotrodlarda frekans ayarlamaları	38
Şekil 7.6	Booster sonotrod ve sonotrodun gerilme ve genlik ilişkisi.....	38
Şekil 8.1	Keskin köşe ve kenarların yuvarlatılması	41
Şekil 8.2	X tanımlı bölgede kaynak oluşumu zayıf veya hiç oluşmama derecesindedir	41
Şekil 8.3	Paralel yüzeyli parçalarda kaynak uygulaması	42
Şekil 8.4	Enerji direktörü kullanımı ile yapılan kaynak uygulaması	42
Şekil 8.5	Karşılıklı olarak kaynak için dizayn edilmiş kaynak parçaları için uygulama örneği	43

Şekil 8.6	Girintili ve çıkıntılı parçalarda gerilme yoğunlaşmasının olduğu bölgeler	44
Şekil 8.7	Farklı L1 ve L2 uzunluklarında “a” yüzeyinin sonotrod yüzeyine dik olmadığı durumun gösterimi	44
Şekil 8.8	Parçaların birbirleri ile eşleşme toleransları	45
Şekil 8.9	Sonotrod temas yüzey alanı “a” parça yüzey alanı “s” den büyüktür	45
Şekil 8.10	Kaynak temas yüzeylerinde erime	46
Şekil 8.11	Kesme kaynağında boyutlar	47
Şekil 8.12	Kesme kaynağında kaynak düzeni	48
Şekil 8.13	Çeşitli kesme kaynak tasarım şekilleri	49
Şekil 8.14	Büyük parçaların kesme kaynağı tasarımı	50
Şekil 8.15	Kesme kaynağında nufuziyet – kopma mukavemeti ilişkisi	50
Şekil 8.16	Çeşitli enerji direktörü tasarımı	52
Şekil 8.17	Enerji direktörlü alın kaynağı	54
Şekil 8.18	Kök kaynağı tasarımı	54
Şekil 8.19	Basamaklı Alın kaynağı tasarımı	55
Şekil 8.20	Çapraz alın kaynağı tasarımı	55
Şekil 8.21	Kesikli alın kaynağı tasarımı	56
Şekil 8.22	Özel alın kaynağı tasarımı	56
Şekil 8.23	Direkt ultrasonik kaynak tasarımı	58
Şekil 8.24	Endirekt ultrasonik kaynak tasarımı	58
Şekil 9.1	Titreşim genliği ve kaynak basıncına bağlı kaynak etkinliği	61
Şekil 11.1	Ultrasonik başlık kaynağı	70
Şekil 11.2	Yivli başlık tasarımı	71
Şekil 11.3	Kubbe başlık tasarımı	72
Şekil 11.4	Oyuk başlık ile puntalama	72
Şekil 11.5	Düz başlık ile puntalama	72
Şekil 11.6	Ultrasonik saplama kaynağı	74
Şekil 11.7	Saplama kaynağı türleri	74
Şekil 11.8	Saplama kaynağı (Hava çıkış delikli)	75
Şekil 11.9	Çift basamaklı saplama kaynağı	75
Şekil 11.10	Ultrasonik metal saplama uygulaması	76
Şekil 11.11	Ultrasonik şekil verme ile birleştirme	78
Şekil 11.12	Ultrasonik nokta kaynağı	78

Şekil 12.1	Deney parçası için bir tarafın genel boyutları	80
Şekil 12.2	Parçaların kaynak sırasında birbirlerine göre pozisyonu	81
Şekil 12.3	ABS Numuneler için Kaynak Zamanı – Dayanım ilişkisinin grafiksel Gösterimi	84
Şekil12.4	Polikarbonat Numuneler için Kaynak Zamanı – Dayanım ilişkisinin grafiksel gösterimi.....	84



ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 1.1	Plastiklerin genel özellikleri.....	5
Çizelge 2.1	Çeşitli plastik malzemeler için bağlantı yöntemlerinin yapılabirlik durumları	8
Çizelge 4.1	Bazı plastik hammaddeler için kaynak için gerekli genlik değerleri.....	16
Çizelge 10.1	Termoplastikler için çeşitli ultrasonik kaynak yöntemlerine göre kaynak edilebilirlikleri	66
Çizelge 10.2	Aynı ve farklı tür termoplastikler için kaynak edilebilirlik durumları ...	67
Çizelge 11.1	Punta standart profil dizayn ölçüleri	71
Çizelge 12.1	ABS numune numara – kaynak zamanı ilişkisi	82
Çizelge 12.2	Polikarbonat numune numara- kaynak zamanı ilişkisi	82



ÖNSÖZ

Bu çalışma ülkemiz imalat teknolojisi içerisinde üretim potansiyeli ve çeşitliliğinin artması ile birlikte değer kazanan kullanım sahası otomotivden tekstile kadar uzanmakta olan ultrasonik kaynak uygulamalarının incelenmesi ve bu konuda çok az sayıda ve dağınık bulunan referans kaynaklar oluşturmak ayrıca sistemin en önemli parametresi olan kaynak zamanının kaynak kalitesinin ilişkisini ortaya koymak amacı ile hazırlanmıştır.

Bu tez çalışması boyunca bilgi desteği ve beni yönlendirerek koordinasyonu sağlayan Sayın Danışman Hocam Yrd. Doç. Dr. Can KARAHASANOĞLU'na, Yüksek Lisans ve lisans seviyesinde derslerini alarak bu günlere gelmemde desteği olan tüm Hocalarıma, deneysel çalışma bölümüne katkıları nedeniyle Sn. Mak. Müh. Mehmet SANDAL (ELOPAR LTD. ŞTİ.), Sn. Mak. Müh İsmail ESKİCİOĞLU (ESTİM MAKİNE / BRANSON Türkiye Temsilcisi), Sn. Mak Müh. Cemil Günhan ERHUY (Y.T.Ü. Ar. Gör.) ve öğrenim hayatım boyunca bana destek olarak hiçbir fedakarlığı esirgemeyen aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Mak. Müh. Murat ERKUL



ÖZET

Plastik malzemelerin karakteristik özellikleri ve imalat mantıklarındaki avantajlar dolayısıyla insan hayatında ihtiyaçlarının karşılanmasında her geçen gün daha çok noktada kullanılmaya başlanması ile birlikte plastik hammaddelerin mamül ve yarı mamüle çevrilmesine yönelik faaliyetler içinde farklı ve aynı cinsteki plastiklerin birleştirilmesi de önem kazanmakta ve ilgili teknolojiler her geçen gün artan hızla çeşit ve özellikleri bakımından gelişmektedir.

Bu birleştirme yöntemlerinden biri olan ultrasonik kaynak uygulaması kendine has özellikleri ve dizayn konusunda kullanıcılara sağladıkları avantajlar ve seri imalatın yanı sıra özel uygulamalara da imkan tanınması ile birleştirme yöntemleri içerisinde önemli bir değere sahiptir.

Bu çalışmanın birinci bölümünde plastik malzemeler genel özellikleri itibari ile anlatılmış ve çeşitli özelliklerine değinilmiştir. İkinci bölümünde plastiklerin birleştirilmesine yönelik çeşitli uygulamalar için genel bilgiler verilmiş olup üçüncü bölümde esas çalışmanın konusu olan ultrasonik kaynak uygulaması için genel bilgiler, 4. ve 5. Bölümlerde ultrasonik kaynak makinasının esas ekipmanları ve konstrüksiyonu incelenmiş bölüm 6 ve 7'de ise ultrasonik kaynak prosesi ile bu prosesin en önemli parçası olan sonotrodların konstrüksiyonu üzerine bilgiler derlenmiştir. Bölüm 8, 9, 10 ve 11'de ultrasonik kaynak prosesinin parametreleri, kaynak performansı ile ultrasonik kaynakla birleştirme uygulamalarında dizayn esas olarak ele alınmıştır. Bölüm 12'de deneysel çalışma başlığı altında kaynak zamanının ultrasonik kaynak kalitesi üzerine yapılmış olan deneysel çalışmalar yer almaktadır. Sonuçlar bölümünde ultrasonik kaynak metodunda kaynak kalitesi ile kaynak zamanı arasındaki ilişki değerlendirilmiş ve genel olarak metod üzerine değerlendirmeler yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ultrasonik kaynak, plastiklerin birleştirilmesi, sonotrod

ABSTRACT

Plastics are preferred by designer and manufacturer for special characteristic properties of usage on human life. Day by day, a lot of different product designed made by plastic materials. Which manufacturing systems are developing depend to these requests from designers. Joining is an manufacturing process and developing like other manufacturing process for plastics.

Ultrasonic welding of plastics is an joining method for product by made plastic materials and that is most important method for joining of plastics by method's characteristics properties and availability for design on a lot of different shapes. This process also use on different special application for plastic materials.

In the first part of this work, plastic materials are considered as a whole and their properties and how they are used are explained, Chapter 2 deals with plastic joining technologies general information. Chapter 4, 5 with ultrasonic welding equipment and constructions, Chapter6, 7 ultrasonic welding process and construction of sonotrodes, Chapter 8, 9, 10 and 11 ultrasonic welding process parameters, welding performance and design of plastic for joining by ultrasonic welding. In chapter 12 with experimental work for research for relation between welding time and welding quality.

Keywords: Ultrasonic welding, joining of plastics, sonotrode

1. GİRİŞ

Bu çalışma ülkemiz imalat teknolojisi içerisinde üretim potansiyeli ve çeşitliliğinin artması ile birlikte değer kazanan kullanım sahası otomotivden tekstile kadar uzanmakta olan ultrasonik kaynak uygulamalarının incelenmesi ve bu konuda çok az sayıda ve dağınık bulunan referans kaynaklar oluşturmak ayrıca sistemin en önemli parametresi olan kaynak zamanının kaynak kalitesinin ilişkisini ortaya koymak amacı ile hazırlanmıştır.

Çalışma esas itibari ile teorik ve deneysel uygulama olarak iki bölümden oluşmakta olup teorik bölüm plastiklerin genel özelliklerinden, ultrasonik kaynak makinalarına ve kaynak için gerekli dizayn kriterlerine kadar geniş bir bölümü kapsamaktadır. Deneysel bölüm ise özgün olarak geliştirilmiş numune yapısı ile kaynak zamanı ve kaynak kalitesi arasındaki ilişkiyi oluşturmak amacı ile kurgulanmıştır. Deneysel alanda yapılan literatür incelemelerinde kaynak zamanı ve kaynak kalitesi ilişkisini irdeleyen çalışma tespit edilememiştir.

1.1 Plastik Malzemeler ve Genel Tanımları

Günümüzde endüstriyel alanda kullanmakta olduğumuz malzemeler esas olarak dört ana grupta toplanmaktadır.

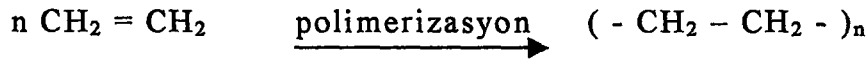
- Metalik Esaslı Malzemeler
- Organik Esaslı Malzemeler
- Kompozit Malzemeler
- Seramik Malzemeler

Organik malzemeler ise kendi içerisinde doğal ve yapay olarak iki gruba ayrılmaktadır. Yapay organik malzemeler olarak tanımlanan grup içerisine polimerler olarak bildiğimiz plastikler, elastomerler ve fiberler dahil olmaktadır. Bu malzemelerin bir kısmı doğal organik maddelerin bir takım işlemler ile değişikliğe uğratılması bir diğer kısmı da tamamen elementlerden yola çıkılarak elde edilmiş yapay malzemelerdir.

Metal esaslı malzemeler genel itibari ile kristal yapılı olmalarına rağmen plastikler elyaf biçiminde uzun veya ağ biçiminde düğümlenmiş makro moleküler yapıdadırlar. Bu makro moleküllerin karbon atomunun dört doğrultuda ve gerektiğinde dört ayrı atom bağı ile bağ oluşturması özelliğinden ileri gelmektedir. Karbonun dışında oksijen atomları da makro moleküller oluşturmaktadır. Sonuç itibari ile plastik malzemeler moleküler yapıda ve

molekülleri oluşturan atomlar birbirlerine kimyasal bağlarla bağlandıklarından dış kabuklarında serbest elektron bulunmamakta bu nedenle de bir asal gaz karakteristiğine sahip olmaktadır. Bu bakımdan plastik malzemeler bir çok kimyasal maddelerin etkilerine karşı dayanım sahibidirler.

Plastikler büyük moleküllerden, kimyasal deyim ile makro moleküllerden oluşmaktadır. Bunlar doğal ve yapay olarak iki gruba ayrılabilirler. Yapay polimerler genellikle çok sayıda tekrarlanan “Monomer” veya kısaca “mer” denilen basit ünitelerden oluşur. Bunların adlandırılmasında çok sayıda anlamına gelen “poli” sözcüğü ile “mer” sözcüğü birleştirilir. Bunun açıklaması en basit polimerlerden Polietilen üzerinde yaparsak;



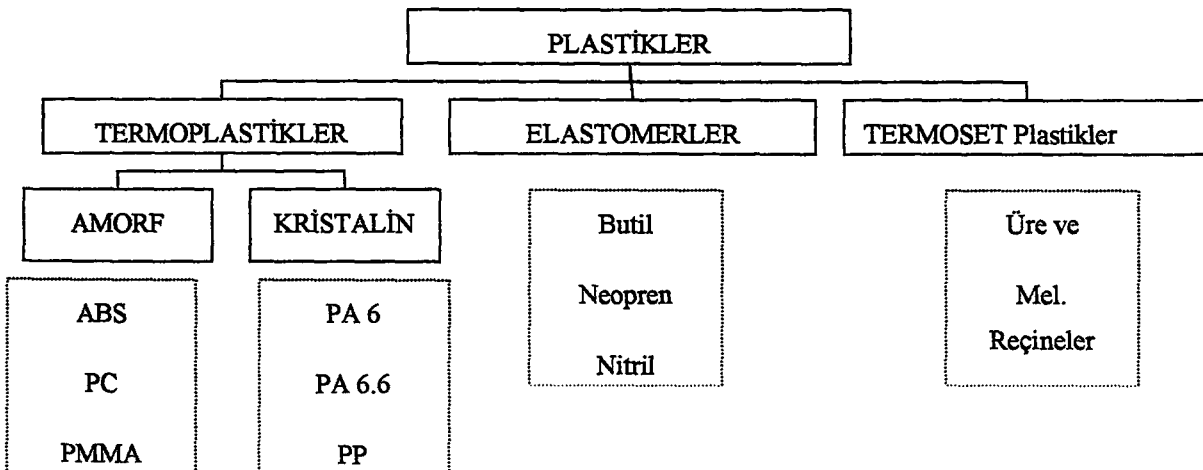
bağıntısını yazabiliriz.

Bu arada monomerlerin polimerizasyonu ile “n” monomer içeren polietilen elde edilmektedir. “n” polimer zincirinde ki monomer sayısını ifade eden polimerizasyon derecesidir.

İkel yapı taşlarından veya monomerlerden hareket edilerek yeni makro moleküller elde edilmesinden günümüzde üç ana yöntem uygulanmaktadır.

- Polimerizasyon
- Polikondenzasyon
- Poliadiyon

Plastikler yapısal özellikleri bakımından üç ana grupta incelenirler, bu gruplar ve detayları Şekil 1.1 de gösterilmiştir.



Şekil 1.1 : Plastiklerin Genel Gruplandırması

Yaklaşık olarak 130 yıllık geçmişi bulunan plastik malzemelerin özellikleri incelendiğinde hali hazırda kullanılmakta olan pek çok ticari mühendislik malzemesine göre önemli üstün özelliklere sahip olduğu görülmektedir. Düşük işlem maliyetleri ve düşük yoğunlukları temel üstünlükleri olarak sıralanabilir. Plastik malzemelerin yoğunlukları 900 kg/m³ ile 1400 kg/m³ arasında değişir ki, Alüminyum (Al) 2700 kg/m³ ve çelik 7800 kg/m³ olduğu düşünülürse üstünlükleri daha kolay anlaşılmaktadır. Bunun yanında, ilave malzemeler ile kuvvetlendirilmiş bazı plastik malzemelerin yoğunluğu, ilave malzemeye ve katkı oranlarına bağlı olarak 3500 kg/m³ 'e kadar ulaşabilmektedir.

Plastiklerin eğilme yumuşaklığı metallere göre daha fazladır, yani E-modülleri oldukça düşüktür ve sıcaklığa bağlı olarak değişkendir.

1.2 Termoplastiklerin Genel Özellikleri

Termoplastikler ısı ile şekillendirilebilen yapay bir malzemedir ve lineer zincir biçimindeki makro moleküllerden oluşmaktadır. Bunlar kuvvetli atom bağları ile birbirlerine bağlıdır, fakat moleküllerin birbirleri ile olan bağlar oldukça zayıftır. Artan sıcaklık ile, moleküller arası bağlar zayıflayarak zincir moleküllerin birbirleri boyunca kayabilmesini sağlamaktadır. Bu nedenle termoplastiklerin artan sıcaklık ile elastik durumdan, plastik hamur haline hatta sıvı hale geçerler ve soğutulduktan sonra yeniden katılaşırlar. Buharlaşıma ile bileşim değişmedikçe, bu çevrim istenildiği kadar tekrarlanabilir. Termoplastiklerin hamur halde bulunma sıcaklıklarının alt sınırında ekstrüzyon, haddeleme, basma vb. gibi işlemler, üst sınırında kaynak, sıvılaştırma sıcaklığının üzerinde ise püskürtme (enjeksiyon) ile üretimler gerçekleştirilmektedir.

1.3 Termoset Plastiklerin (Duroplastlar) Genel Özellikleri

Duroplastların makro molekülleri hacimsel kafes sistemindedir. Makro moleküller arasında kuvvetli bağlar oluşmuş üç boyutlu ağ yapısına sahiptirler. Yoğunlukla polikondenzasyon ürünleridirler. Reaksiyon sonucunda ağ yapısının tamamlanması ile sertleşirler ve tekrar ısıtılarak yumuşatılmazlar. Sıcaklık çok arttırılırsa özelliklerini kaybederler ve giderek kömürleşirler. Şekillendirmeleri talaş kaldırılarak gerçekleştirilebilir.

Termoset malzemelerin özelliklerini arttırmak amacı ile bu malzemelere genellikle % 40-60 arasında dolgu maddesi eklenir. Bu şekilde hazırlanan ve henüz sertleşmemiş olan kütle yaklaşık olarak 140°C (Üre ve Melamin Reçineler için) yada 160°C (Fenol Reçineler) preslenir. Toz ve lif biçimindeki dolgu maddeleri için 250-400daN/cm², içerisinde kırpıntılı

dolgu maddeleri içeren malzemelerde ise 600 daN/cm² 'lik basınçlar uygulanarak şekillendirme gerçekleşir. Plastik malzeme ısının tesiri ile başlangıçta biçimini değiştirerek kalıbın şeklini alır yani kalıbı doldurur ve diğer taraftan ilerleyen reaksiyon sonucunda sertleşir.

Doymamış polyester reçineler ise, kıvamlı bir sıvı halinde olup sertleştirici maddelerin ve katalizörlerin eklenmesi ile yan ürün vermeden ve bir basınca gerek olmadan oda sıcaklığında da setleşme (Döküm Reçineleri) sağlanır. Cam ve elyaflar ile kuvvetlendirilmiş polyesterler özellikle karoseri, tekne yapımı vb. alanlarda kullanılmaktadır.

Doymuş polyesterler, termoplastik malzeme özellikleri gösteren polikondenzasyon ürünleridir. (Trevira, Terilen, Hostapan)

Poliaddisyon ürünleri olan epoksi reçineleri de doymamış polyesterlere benzemekle beraber sıcakta daha iyi sertleşirler. Çok kuvvetli yapıştırıcı madde olarak ve elektromekanikte yalıtkan malzeme olarak kullanılırlar.

1.4 Elastomerlerin Genel Özellikleri

Bir kısım tabii ve sentetik çizgisel polimerler elastomerler olarak tanımlanırlar, bu malzemeler bir kuvvet uygulandığında büyük miktarda bir elastik deformasyon sergilerler. Deformasyon, gerilim kaldırıldığında tamamen geri dönebilir.

Elastomerlerde uzun polimer zincirleri, bandların dizilimlerinden dolayı kangallaşır. İdeal olarak bir kuvvet uygulandığında doğrusal zincirlerin kangallarının açılması ile polimerler gerdirilir. Gerilim kaldırıldığında zincirler yeniden kangallaşır ve polimer orijinal boyut ve şekline döner.

Lastik elastikliği veya katılığı çapraz bağlantı sayılarıyla veya kükürt miktarı ile belirlenir. Düşük kükürt miktarları lastiği yumuşak ve bükülebilir bırakır. Kükürt içeriğinin artması zincirlerin kangallaşmasını sınırlar ve lastiği sert, daha rijit ve gevrek yapar. Elastomerlere çapraz bağlantıları sağlamak amacı ile % 30-40'a kadar kükürt ilave edilir. [Brick,1977; Akkurt,1991; Yaşar, 1992; Kaluç, 1998, Erdoğan 2000]

Plastikler fiziksel ve kimyasal özelliklerinin getirdiği avantajlarından dolayı, seramik, tahta ve metalin yerini almaya başlamıştır. Dünyadaki nüfus artışı ve buna paralel olarak çağdaş insanın gereksinimlerinin sürekli artmasıyla üretim malzemelerine de o oranda ihtiyaç duyulmaktadır. Dolayısıyla plastiklerin yeni kullanım alanlarının ortaya çıkması, üretim

yöntemlerinde yeni tekniklerin gelişmesini zorunlu hale getirmektedir. Plastik malzemelerin bağ ve yapısı diğer malzeme türlerinden (metal, seramik ve tahta) farklılık gösterir. Dolayısıyla fiziksel ve kimyasal özellikleri de bu malzeme türlerinden farklıdır. Plastiklerin bu farklı özellikleri plastiklerin kullanım alanı genişletmektedir.

Çizelge 1.1 Plastiklerin Genel Özellikleri

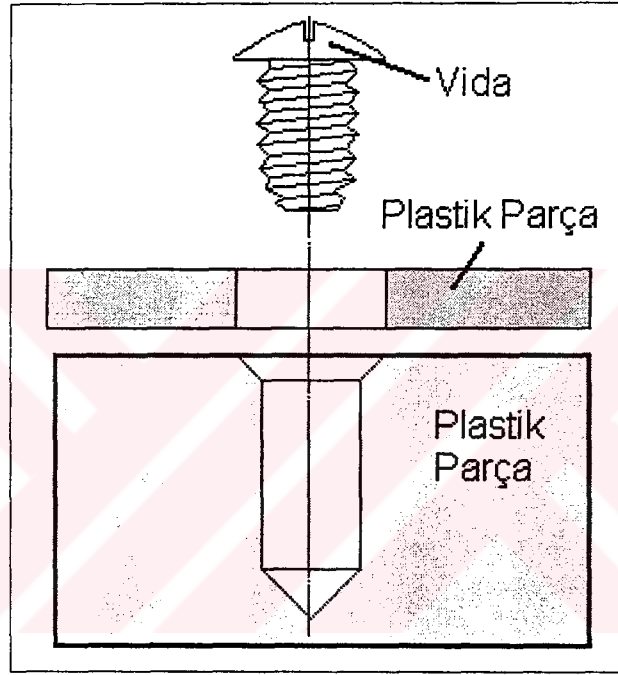
Plastikler ve Genel Özellikleri	
Özellik	Plastik Malzeme Davranışı
Yoğunluk	Plastik malzemeler yapısal özellikleri itibari ile metallerden daha hafiftirler. Yoğunlukları $0.9 - 2.0 \text{ Kg/dm}^3$ arasındadır.
Katılık E-Modülü	Plastiklerin eğilme yumuşaklığı metallerden daha fazladır, yani E-Modülleri oldukça düşüktür ve sıcaklığa bağlıdır.
Isıl Genleşme	Plastik malzemeler ısı karşısında metallere göre daha fazla genişirler (5-15 Defa).
Elektrik ve Isı İletkenliği	Plastik malzemeler kötü ısı ileticilerdir. Elektrik iletkenliklerinde ise oldukça iyi izolasyon malzemesidirler, Isıl iletkenlikleri çeliğin $1/300$ 'ü kadardır.
Kimyasal Dayanıklılık	Asitlere, bazlara ve tuz çözeltilerine iyi ve kısmen de çok iyi dayanım gösterirler.
Alev Alma Kabiliyeti	Kısmen yanıcı ve Alev alıcı özellikleri vardır.
Boyanma Kabiliyeti	Renklendirilebilirler ve renklerin dayanımı selulozik boya tabakalarından daha iyidir.
Su Alma Kabiliyeti	Bazı plastikler su alam eğilimi gösterirler, bu olay karşısında malzemenin elektriksel ve mekanik özellikleri değişir.
Sürekli Yüklenme Altında Davranışları	Sürekli yüklenme halinde şekillerini muhafaza edemez ve yük altında sürünürler.
Isıl Mukavemet	Plastik malzemeler yüksek sıcaklıklarda ayrışırlar, renk değişimleri ve gazların parçalanması ile kabarcıklar oluşur.

2. PLASTİKLERİN BİRLEŞTİRİLMESİ

Plastik malzemeler kendi arasında veya metallerle yapılan birleştirme işlemleri dört temel teknikte gerçekleştirilmektedir.

1- Mekanik bağlantılar:

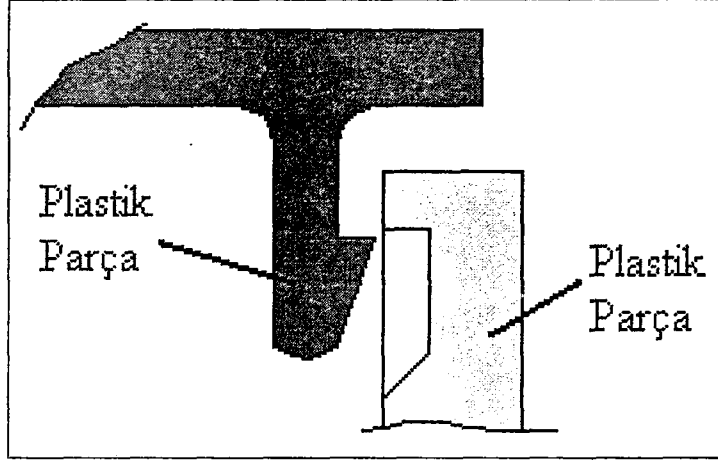
Bu bağlantılar mekanik bağlantı elemanları olan cıvata, vida, somun, perçin ve çelik geçme elemanları ile yapılan bağlantılardır.



Şekil 2.1 : Mekanik bağlantı örneği

2- Şekil Bağlantıları:

Plastiklerin esneklik özelliğinden faydalanarak gerçekleştirilen birleştirme uygulamalarıdır. Esnek tırnak bağlantıları, sıkı geçmeler ve dizayn esasları ile sağlanabilecek birleştirme şekilleridir.



Şekil 2.2 Plastiklerin Şekil Bağlantıları örnekleri

3- Adhezif Yapıştırma:

Termoset ve Termoplastik malzemeler için uygun olup daha çok termoplastik malzemeler için uygulanmaktadır.

4- Kaynak uygulaması:

Yalnızca uygulanabilirliği termoplastik malzemelerde söz konusu olup, birleştirilecek malzeme veya parçaların yüzeyleri erime sıcaklığı altında ısıtılarak bu yüzeylerin birbirlerine bastırılması ve son olarak soğutulması ile kaynak gerçekleştirilmektedir.

Plastiklerin kaynak işlemleri ısı kaynağına göre üç ana grup altında toplanır;

- Direkt ısı temasıyla eritme yapılan kaynaklar: Sıcak Eleman Kaynağı, Dikiş Kaynağı ve Sıcak Gaz Kaynağıdır.
- Mekaniksel hareketin sağladığı ısıyla yapılan kaynaklar: Sürtünme Kaynağı, Titreşim Kaynağı ve Ultrasonik Kaynak.
- Yüksek Frekans Kaynağıdır.

Bu maddelerin altında bulunan bir çok değişik uygulama teknolojinin gelişmesi ile birlikte yeni aşamalar kazanmakta ve yeni uygulama alanları bulmaktadır.

Çeşitli plastik malzemeleri için yukarıda anlatılan bağlantı şekilleri için yapılabirlik durumları Tablo 2.1 'de gösterilmiştir. [Du Bois, 1960; Beck, 1970; Kaluç, 1998]

Çizelge 2.1 Çeşitli Plastik Malzemeler için Bağlantı Yöntemlerinin Yapılabilirlik Durumları

	Birleştirme Teknolojisi						
	Mekanik Bağla.	Ultrasonik Kaynak	Termal Kaynak	Döndürme Kaynağı	Solvent ile Birleştirme	Adhezifler	Açıklama
Malzeme Adı	Termoplastikler						
ABS	İ	M-İ	İ	İ	İ	İ	
Naylon	İ	İ	İ	İ	X	İ	
Polikarbonat	İ	M	İ	İ	İ	İ	
Polietilen	Z	İ-Z	İ	İ	X	O-Z	Yüzey Temizliği Gerekir
Polipropilen	O-Z	İ-Z	İ	M	X	O-Z	Yüzey Temizliği Gerekir
Poliüretan	X	X	X	X	İ	İ	
Termoset Malzemeler							
Epoksiler	İ	X	X	X	X	M	
Melaminler	O	X	X	X	X	X	
Fenolikler	İ	X	X	X	X	M	
Polyesterler	İ	X	X	X	X	M	
Silikonlar	O-Z	X	X	X	X	İ	
Üreler	İ	X	X	X	X	İ	

İşaretlerin Anlamları:

- X : Uygulamada Olumsuz
İ : Uygulamada İyi
Z : Uygulamada Zayıf
O : Orta
M : Mükemmel

3. PLASTİKLERİN ULTRASONİK KAYNAĞINA GİRİŞ

İnsan kulağının duyabildiği mekanik titreşimlerin dağılımı 16 Hz ile 16000 Hz frekansları arasındadır. 15000 Hz ve 10^{10} Hz arasında titreşimlere ultrasonik titreşim denilmektedir. Ultrasonik titreşimler metallerin kaynağı, şekillendirilmesi, tahribatsız muayenelerde ve sağlık, tedavi uygulamalarında kullanılmaktadır.

Ultrasonik kaynak yönteminde, düşük frekans elektrik enerjisi yüksek frekanslı mekanik enerjiye (mekanik titreşimlere) dönüştürülmektedir. Titreşim oluşumu ses dalgalarından sağlanmaktadır. Mekanik titreşimler birleştirilecek plastik parçaların üzerine uygulanır. Uygulanan bu mekanik titreşimler birleştirilecek parçaların kaynak bölgesinde kuvvetli bir iç sürtünmeye ve dolayısıyla ani bir ısı artışına sebep olur. Plastik içinde oluşan ısı birbiriyle temas halindeki plastik parçalarda erimeye neden olur. Kısa sürede oluşan erimeyi takiben plastik parçalara basınç uygulanır ve kaynak tamamlanır. Ultrasonik kaynak yöntemi 1970 yılların başından beri kullanılmaktadır. Bu yöntem amorf, yarı-kristalin ve kristalin plastiklere uygulanabilmesi, kaynak süresinin kısa ve düşük maliyet ile temiz kaynak yapılabilmesi nedeniyle geniş uygulama alanına sahiptir. Ultrasonik kaynak termoplastik malzemelerin birleştirilmesi için endüstrilerde tercih edilen bir metot haline gelmiştir. Plastiklerin ultrasonik kaynağının genel olarak kullanıldığı uygulama örnekleri aşağıdaki gibidir.

Elektrik endüstrisinde bobin şekillendiriciler, yuvalar, mutfak makineleri, vakum temizleyiciler, ütü, fiş ve konnektörler, televizyon ve radyo kabinleri, teyp kasetleri vb. mamullerin üretilmesinde kullanılmaktadır.

Otomotiv endüstrisinde buz önleyici nozullar, ısıtma ve havalandırma tesisat parçaları, yuvalar ve kumanda panelleri ve uyarı işaretleri, emniyet kemeri kilitleme sistemleri, reflektörler ve geri lambaları, filtreler vb.. parçaların birleştirilmesinde kullanılmaktadır.

Fotoğraf endüstrisinde fotoğraf makinalarının gövdeleri ve film yuvarları, flaş ve film kartuşlarının imalatında kullanılmaktadır.

Paketleme endüstrisinde ise plastik tüplerin kapatılması, yiyecek ve içecek malzemelerinin ambalajlanmasında kullanılmaktadır.

Bu sınıflandırmaların dışında plastiklerin ultrasonik kaynağı işlemi oyuncak üretiminden ofis malzemelerinin üretimine hatta giyim eşyası üretimine kadar geniş ve değişik alanlarda kullanılmaktadır.

Ultrasonik kaynak makinaları ile aynı veya farklı cins hammaddelere sahip plastik parçaların

birleştirilmesi m¼mk¼n olduğu gibi metallerin ve somunların plastiklerin içine g¼m¼lmesi, metallerin plastiğe perçinlenmesi imkanı da vardır.

Sistemin temel avantajları şunlardır.

1. Enerji tasarrufu sağlar, sistem sadece kaynak esnasında y¼klendięi kadar enerji eker.
2. Operasyon sırasında duman ve ısı oluşturmadığı için havalandırma sistemi gerektirmez.
3. Diğer birleştirme tekniklerine g¼re, d¼ř¼k fiyat ve y¼ksek verimli olduğu g¼r¼l¼r.
4. Otomasyona kolaylıkla adapte edilebilir.

Plastikler için ultrasonik metodu kullanılarak gerçekleştirilen ¼retim ve uygulama esasları şunlardır.

1. Plastik malzemelerin birbirine kaynağı
2. Farklı plastik malzemelerin birleştirilmesi (Perçin başı ezme)
3. Plastik malzemelerin içerisine metal yerleştirilmesi
4. Nokta Kaynağı (Ultrasonik puntalama),
5. Sıvama
6. Tekstil kesme ve dikiş.

[Mengason ve Williams, 1972; ABEL, 1981;Erins, 1985; Riche, 1986; S.S. Kenneth 1998, Branson, 2000.a]

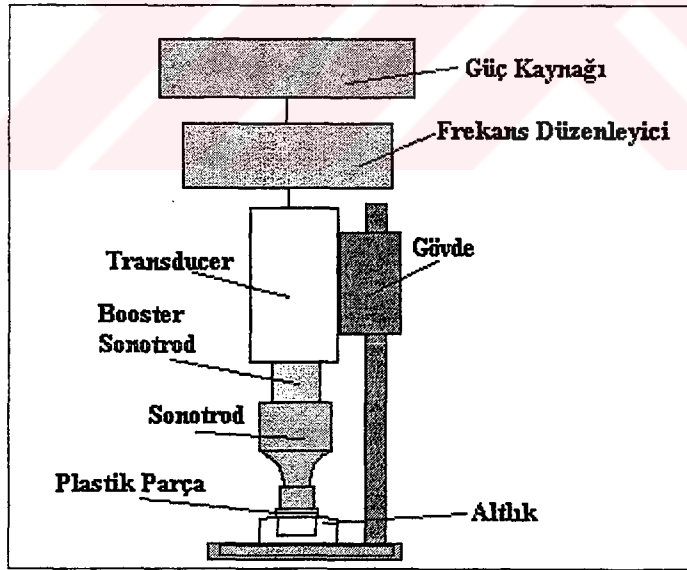


Şekil 3.1:Otomotiv ve diğer sektörlerden bazı uygulama örnekleri

4. ULTRASONİK KAYNAK MAKİNASI EKİPMANLARI

Ultrasonik kaynak makinelerinin temel ekipmanları Güç Kaynağı, Transduser, Booster ve Sonotrod'tur. Esas itibari ile Güç kaynağı 220 V ile çalışır. Güç kaynağına 50 – 60 Hz arasında giriş verilir ve buradan yaklaşık 20000 Hz veya 40000 Hz çıkış alınır. Transduser de bu enerji mekanik titreşimlere dönüştürülür. Booster sayesinde mekanik titreşimin genliği artırılır ve bu titreşim sonotrod (sonotrod) ile parçaya iletilir. Sonotrod kaynak edilecek parçaya göre dizayn edilir ve kaynak kalıbı olarak da tanımlanır. Ayarlanabilir basınç altında kaynak edilecek iki termoplastik parçaya uygulanan mekanik titreşim enerjisi, parçaların birbirine temas eden yüzeylerinde oluşan sürtünme enerjisi nedeni ile ısı enerjisine dönüşür ve temas eden yüzeylerde sıcaklık malzemenin ergime noktasına ulaştığında mekanik titreşim durdurulur ve basınç altında bir süre parçaların soğuması beklenerek işlem tamamlanır. Uygulamada kaynak süreleri 0,1-1,5 saniye arasında değişmektedir.

Yüksek frekanstaki elektrik enerjisi, transduser aracılığıyla, aynı frekansta titreşime çevrilir. Bu işlem için iki çeşit enerji çevirici kullanılmaktadır bunlar piezoelektrik yada magnetoelektrik sistemlerdir.



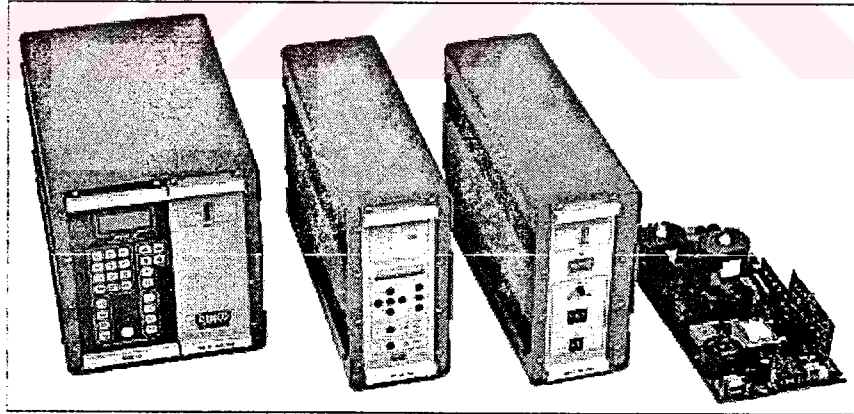
Şekil 4.1 Ultrasonik kaynak makinası ekipmanları genel görünümü

4.1 Güç Kaynağı (Jeneratör)

Güç Kaynağı (Jeneratör) enerji iletim hattından gelen düşük frekanslı elektriksel enerjiyi (50-60 Hz) yüksek frekanslı mekanik titreşim sağlayan transduser (konvertör) uygun şekildeki bir frekansa çevirir. Jeneratörün oluşturduğu elektriksel titreşimler eşit frekansta mekanik titreşimlere dönüştürülür ve sonotrod ve transformer yardımı ile iş parçalarına iletilir. Tercih

edilen frekans 20 kHz olmakla birlikte, şartlara göre 50 kHz'e kadar değişmektedir. Jeneratör çıkışı yapılan işe bağlı olarak değişir. Her kaynak makinasında genellikle 100-4000 watt arasındaki çıkış gücüyle çalışılmaktadır. Kaynak makinalarında mümkün olduğunca elektriksel ve mekanik titreşimlerden ileri gelen çeşitli kayıplardan sakınılmalı ve minimum seviyede tutulmalıdır.

15 kHz gibi düşük frekanslarda büyük boyutlu sonotrod'lar kullanılabilir ve dolayısıyla büyük parçalar kaynak edilebilir. 15 kHz kullanmanın en büyük avantajı mekanik titreşim kayıplarının daha az olmasıyla birçok termoplastik malzemenin kaynağının ve sonotrod ile kaynak ara yüzey mesafesinin artması hallerinde kaynak prosesinin kolayca gerçekleştirilmesidir. Ultrasonik kaynakta plastikleri kolayca eritmek için gerekli güç ve titreşim genliği bakımından 20 kHz frekans kullanmak gerekir. Bu yüzden kaynak yüzey alanı büyük parçalarda daha çok tercih edilmektedir. Yüksek frekans (40 kHz) ise daha az titreşim sağlar ve 20 kHz frekans ile kaynak yapmaya uygun olmayan plastiklerin kaynağı da kullanılır. Örneğin, kaynak büyüklüğünü kontrol etmek daha kolay olduğundan cam dolgululu plastikleri yüksek frekansta kaynak etmek daha kolaydır. [Mengason ve Williams, 1972; Schops 1981; Rinco, 2000]



Şekil 4.2 Jeneratörler ve iç yapısı ile ilgili genel görünüşler

4.2 Transduser (Transformatör, Konvertör)

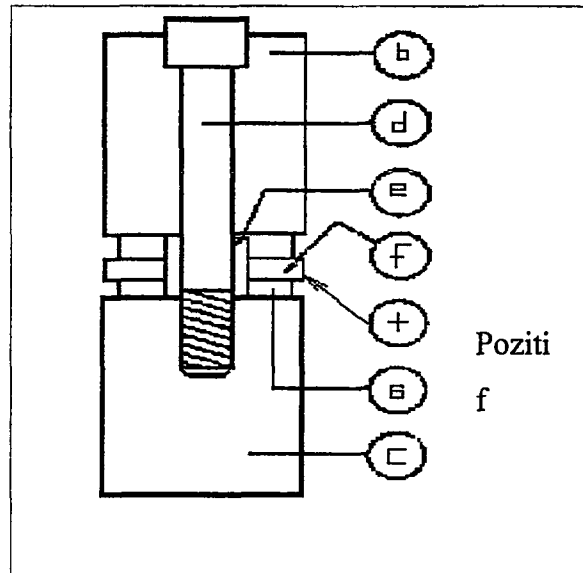
Ultrasonik kaynak makinasında kullanılan transduserler yüksek frekanslı elektriksel titreşimleri ya piezoelektrik yada magnetoelektrik etkisiyle yüksek frekanslı mekanik titreşimlere dönüştürmek için kullanılan devrelerdir.

Piezoelektrikli transduserlerde, baryum titanat, kurşun zirkonat veya kuartz gibi sürekli

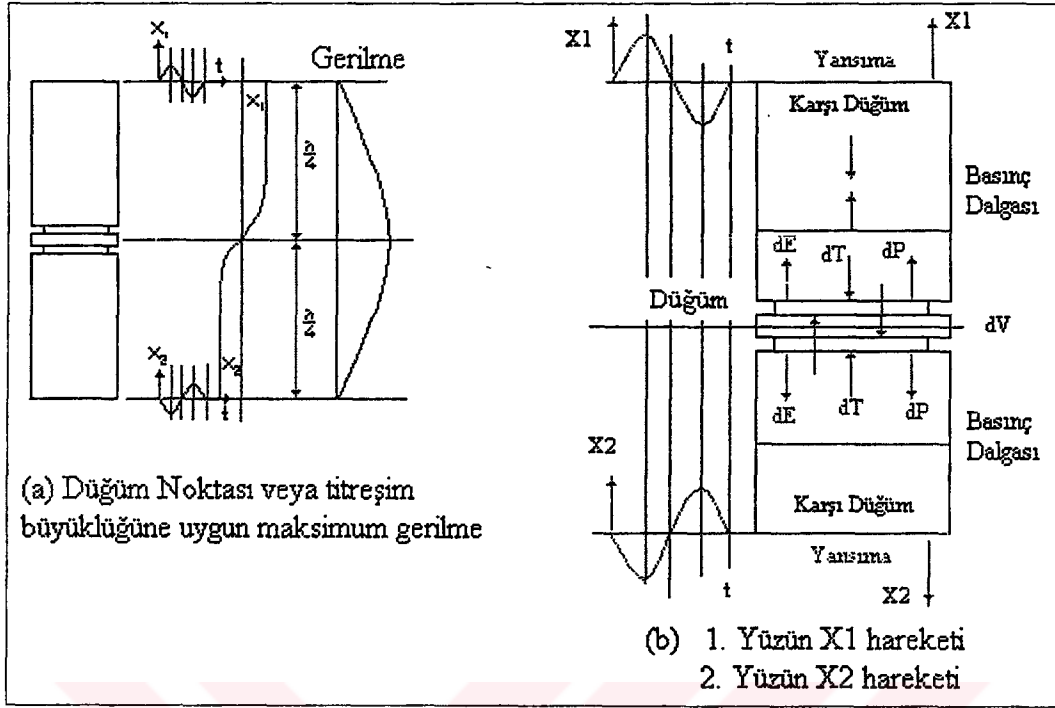
kutuplaşmaya sahip asimetrik iyon sal kristalin iki ucuna bir gerilim uygulanırsa eksi yükler artı elektroda, artı yükler de eksi elektroda doğru çekilir, eksi ve artı yük merkezleri arasında uzaklık artar ve bunun sonucu kristalin boyu büyür. Alanın yönü değişirse aynı işaretli yükler birbirini iter ve kristalin boyu kısalır. Böylece elektriksel etki mekanik büyüklüğe dönüşür. Günümüz Piezoelektrik çeviriciler de iki metal blok arasına yukarıda belirtildiği gibi polikristalin seramik parçalardan ve bu parçaları ayıran ince bir bakır plakadan oluşur. Bu düzenek de çok yüksek basınç altında sıkıştırılmış durumda tutulur, sonra da istenilen frekansta rezonansa geçmek üzere ayarlanır.

Çevirici şu parçalardan oluşur;

- İki polarize seramik disk. (Örnek 50 mm yarıçapında ve 6 mm kalınlığında)
- Arka uçta bir metal kütle,
- Ön uçta metal bir kütle,
- Sistemin ön yüklemesi için vida veya cıvata,
- Pozitif bağlantı ile çevirici arasında yüksek voltaj uygulamaya imkan sağlayan yalıtım fırçası,
- Pozitif voltaj kaynağı için metal bir bağlantı.

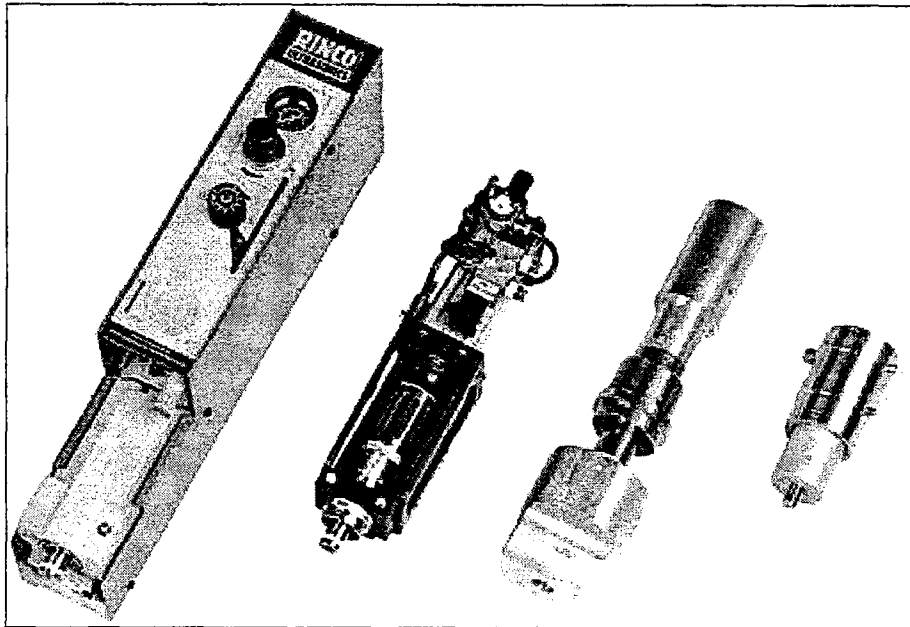


Şekil 4.3 Piezoelektrik çevirici



Şekil 4.4 Piezoelektrik çevirici çalışma prensibi

Piezoelektrik esaslı sistemin çalışması şekilde gösterildiği gibi dV kadar bir alternatif akım uygulandığında, bununla orantılı bir dE elektrik alanıyla orantılı olarak da seramik katmanın kalınlığında dT kadar bir değişme olur. Kalınlıktaki her dT değişimi de basınçta dP kadar bir değişmeye sebep olur. Buradan anlaşılacağı gibi, çevirece uygulanacak bir alternatif akım, seramik parçalardan başlayıp yayılan dalgaların elde edilmesini sağlar.



Şekil 4.5 Hareket üretici sistem ve bileşenleri ile ilgili görünüşler

Çevireci oluşturan plakaların uzunluğu doğru şekilde ayarlandığı takdirde, plakanın boylamasına titreşim frekansı uygulanan alternatif akımın frekansı ile aynı olacak ve plaka rezonansa geçerek sabit dalga durumu elde edilecektir. Örneğin, 20 kHz'lik bir çevireç uçtan uca 10-20 μm genliğinde dalgalar üretebilir. Fakat bu dalga genliği termoplastiklerin ultrasonik kaynağı için yeterli olmamaktadır ve yükseltilmesi gereklidir. Yapılmak istenen işleme göre (kaynak, yerleştirme, yapıştırma) gereken genlik 20-100 μm arasında değişir. Çizelge 4.1'de farklı termoplastik malzemeler için gerekli olan genlik değerleri verilmiştir.

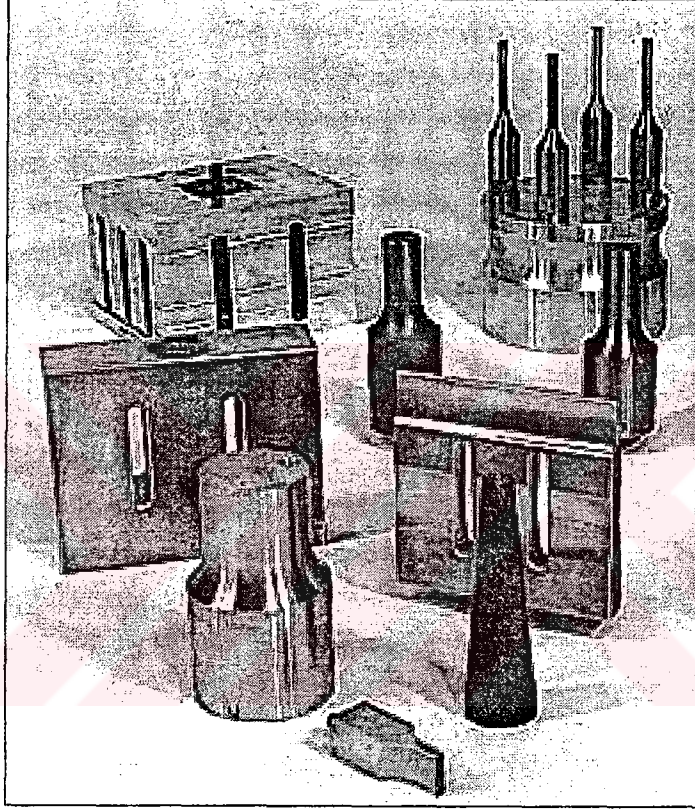
Çizelge 4.1: Bazı Plastik hammaddeler için kaynak için gerekli genlik değerleri

Termoplastik Malzeme Adı	Genlik (μm)
Polistren	15 – 30
Yüksek Darbe Dayanımlı Polistren (SB)	20 – 35
Akrlonitril-butandistren (ABS)	20 – 30
Stren-akrlonitril (SAN)	15 – 30
Polimetil metalakrelat (PMMA)	20 – 35
Poli karbonat (PC)	25 – 40
Poliamid (PA)	35 – 55
Polietilen tereftalate (PETB)	45 – 55
Polibutilen tereftalate (PBTB)	40 – 50
Sert PVC	20 – 40
Yumuşak PVC	25 – 40
Polietilen (PE)	25 – 60
Polipropilen (PP)	30 – 60

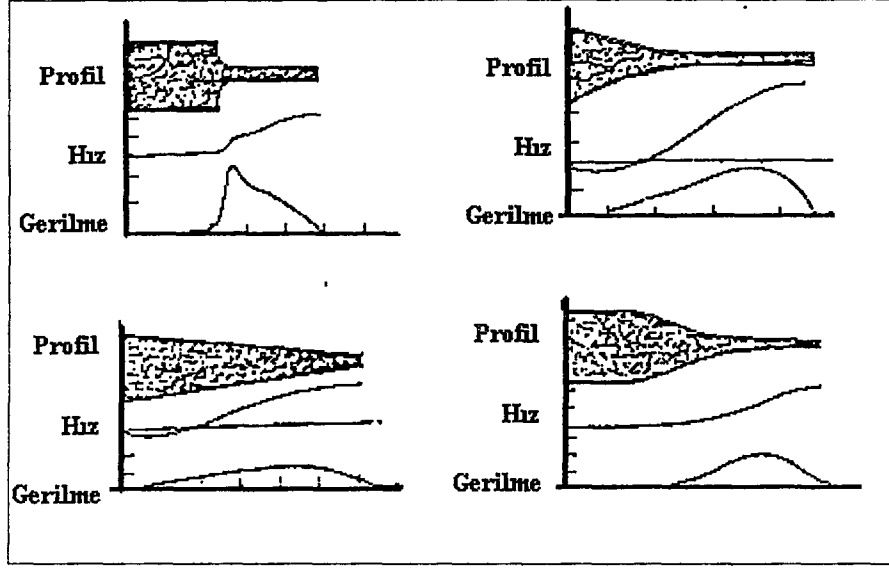
Magnetoelektrikli transduserlerde ise manyetik özellikte bir çekirdek bulunur. Bu çekirdek genellikle histerisiz kayıplarını düşük tutmak amacıyla ince tabakalardan oluşan bir nikel çubuktan yapılır. Tel bobin çekirdeğin etrafına sarılır. Manyetik malzeme manyetik alanın yönünden bağımsız olarak genişir veya büzülür ve bunun sonucunda mekanik titreşimler meydana gelir. Magnetoelektrikli transduserler, bobindeki direnç kayıpları, girdap akımlar, mekanik ve magnetik histerisler nedeniyle %50'den daha az verimle çalışırlar. Kaynak süresince transduserdeki elektrik şarjı sabit olmadığından ,kaynak makinası elektrik şarjı değişikliklerinden zarar görmemesi için uyumlu hale getirilmelidir. Bu kaynak makinasında

tasarımı yaparken düşünülmesi gereken önemli bir faktördür. Ayrıca sonotrod ucu kaynak montajına uygun olmalıdır.

Basamaklı konik, üstel (exponential), eğrisel ve fourier gibi çeşitli tiplerde sonotrod şekilleri Şekil 4.7 de görülmektedir. Sonotrod uzunluğu boyunca sonotrod tipine bağlı olarak sonotrod ucundaki gerilme ve titreşim hızının değişimi şematik olarak Şekil 4.8'da görülmektedir.



Şekil 4.7. Çeşitli uygulamalar için dizayn edilmiş sonotrod tipleri



Şekil 4.8 Çeşitli sonotrod tipleri için elde edilen titreşim-gerinim değerleri

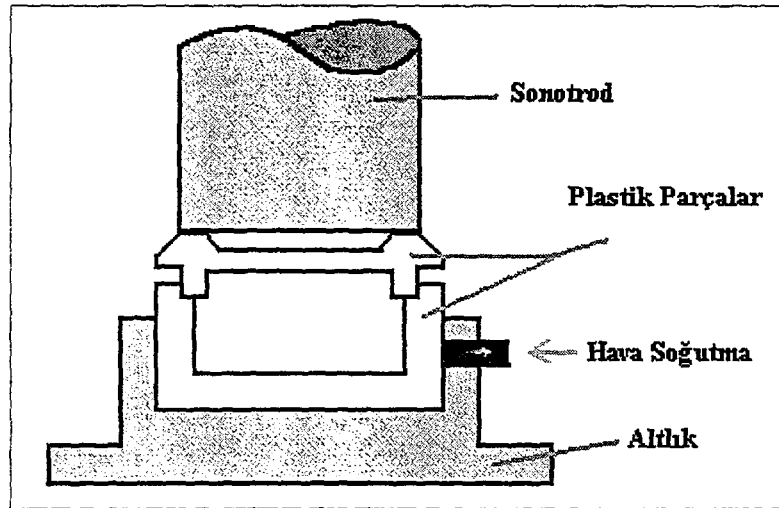
Kaynak sonotrodu ile transduser arasındaki iç bağlantıyı sağlayan sonotroda transformer (booster sonotrod) denmektedir. Hatasız kaynak yapabilmeyen şartlarından bir tanesi, sonotrod yüzeyinde uygun titreşim genliğinin oluşturulmasına bağlıdır. Her zaman sonotrod'a uygun genlik ayar yapmak pratik olarak imkansız olduğundan, kaynak bölgesindeki mekanik titreşimlerin oluşturduğu ısıyı istenilen oranda arttırmak için genliği arttırmak veya azaltmak amacıyla transformer kullanmak gerekir. Transformerin görevi titreşim genliğini arttırarak veya azaltarak istenilen seviyeye getirmektedir. Titreşim genliği ise ultrasonik kaynağının önemli bir değişken faktörüdür.

Transformerin kullanılmasıyla kaynak sırasında kaynak sonotrodunun yorulma çatlamasına sebep olan aşırı gerilmeler kaynak sonotrodunu etkilemezler. Sonotrod'lar ağırlıklarına oranla mukavemetli malzemelerden yapılırlar ve ultrasonik frekansta mekanik titreşim kayıpları düşüktür. Titanyum en iyi mekanik titreşimi iletme özelliğine sahip yüksek mukavemetli sonotrod malzemesi iken alüminyum en iyi mekanik titreşimleri iletebilen düşük mukavemetli sonotrod malzemesidir. Sürtünmeye dayanıklı yüzeylerin olması gerektiğinde, ısıl işlem görmüş çelik sonotrod'lar kullanılır. Fakat bunların ultrasonik enerji kayıpları daha yüksektir. Paslanmaz çelikler sonotrod yapımı için uygun malzemelerdir. Kaliteli kaynak yapmak için sonotrod kaynak makinasının çalışma frekansına yakın bir frekansta titreşim yapmalıdır. Alüminyum ve titanyum sonotrodlar iyi akustik özellikler taşımalarına rağmen aşınmaya karşı dayanımları zayıftır, bu zaafın karşılanması amacı ile çalışan yüzeylere özel kaplamalar uygulanmaktadır. Sert krom kaplama aşınım dayanım performansı artırıcı yönde uygulanmaktadır.

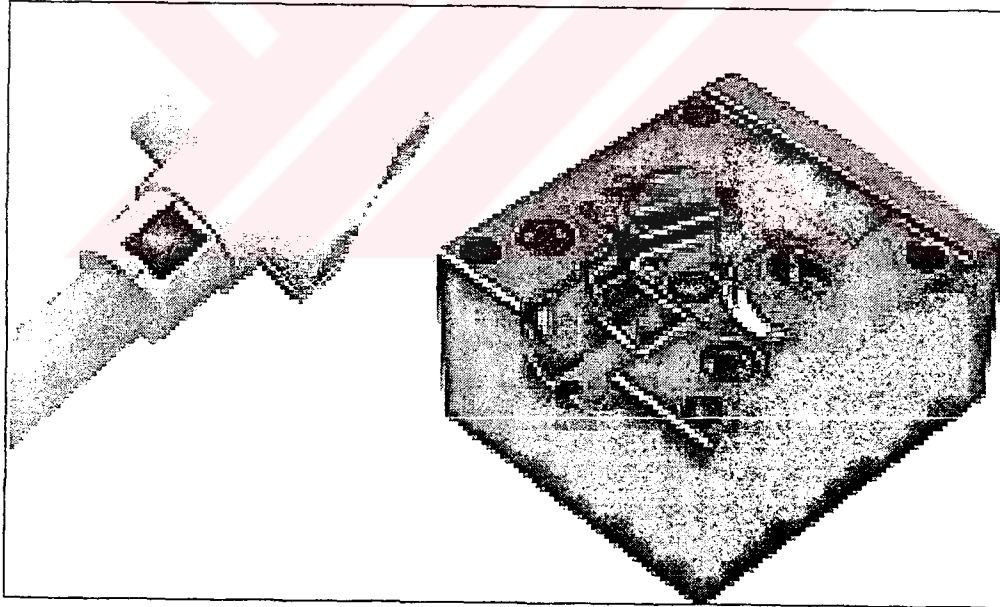
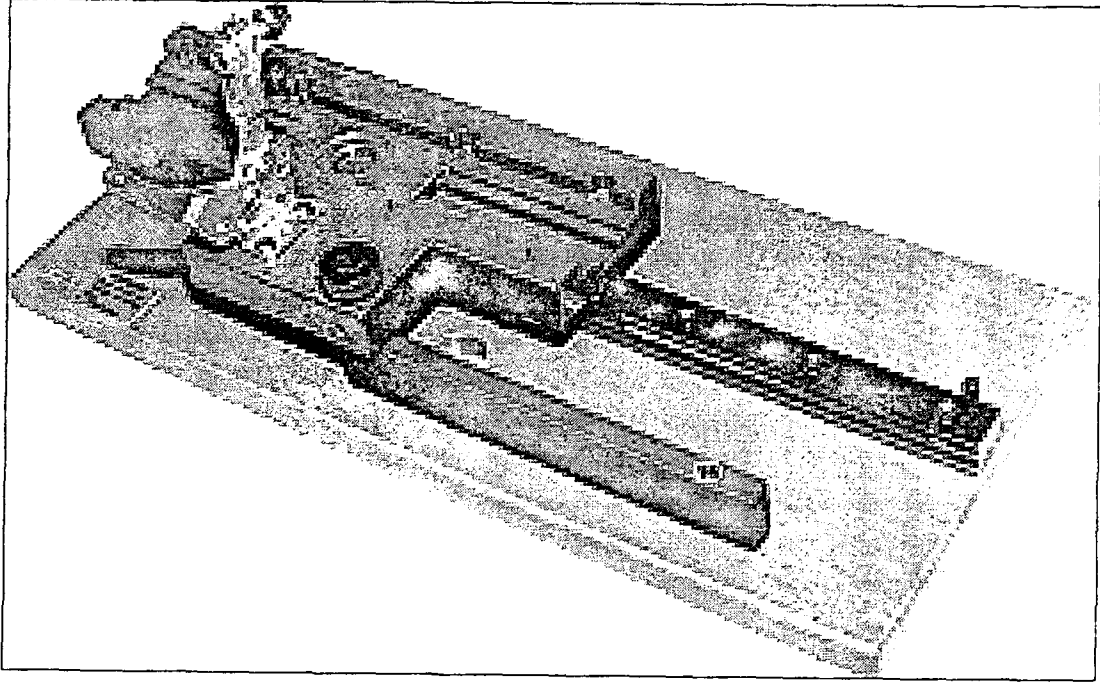
Booster ve sonotrod kullanır iken bazı durumlar karşısında değişiklikler yapmak gerekir, bu durumlardan birincisi yükseltme oranlarının düşürülmesidir. Büyük boyutlarda sonotrod (Çapı 120 mm'nin üzerinde olabilir) kullanımı sırasında sonotrodun yükseltme oranı yüksek olduğunda (4:1 gibi) sonotrod yük altında kilitleniyor ise veya çalışmaya başlamıyorsa yukarıda bahsedildiği gibi yükseltme oranında azaltma yapılmalıdır. İkinci bir durumda ise, sonotrod yeteri kadar titreşmiyor ve aynı zamanda yükseltme oranları düşük ise (2:1 gibi) sonotrodun yükseltme oranı artırılmalıdır. [Mengason ve Williams, 1972; Schöps, 1981.a; Mark, 1985; Mason ve Lorimer, 1989]

4.4 Altlık

Altık kaynak süresince kaynak parçalarını bir düzen içinde tutmakta ve hareket etmelerini önlemektedir. Kaynak parçaları altık yardımıyla birbiri üzerine bindirilir, merkezlenir ve kaynak tamamlanıncaya kadar hareketsiz bir şekilde tutulur. Altığa yerleştirilen parça ne çok sıkı ne de gevşek olmamak şartıyla tertibata yakın olmalıdır. Gereğinden fazla sıkılık olursa ultrasonik enerjinin bir kısmı altığa geçer ve kaynak yapmak zorlaşır. Altığa yerleştirilen parçalar sonotrod ucuna göre bir düzen içinde tutulmalıdır. Böylece parçalar arasında üniform basınç kaynak tamamlanıncaya kadar sağlanabilir. Çok sık kullanılan altıklar makinayla veya döküm ile yapılmaktadır. Altık alt kaynak parçasına geçmekte ve parçaya istenilen vaziyette güvenli bir şekilde tutmaktadır. Hatasız bir kaynak parçaların sıkı bir şekilde kenetlenerek tutulduklarında gerçekleşir. Bir kaynak makinasında kaynak ekipmanı, altık ve kaynak parçaları arasındaki düzen şekil 4.9'da görülmektedir. [Mengason ve Williams, 1972; Schöps, 1981.a; Sonitek, 2000]



Şekil 4.9: Altık genel sistematiği



Şekil 4.10: Altlık Uygulaması örnekleri

5. ULTRASONİK KAYNAK MAKİNALARI GENEL KONSTRÜKSİYONU

Bilindiği üzere Ultrasonik kaynak uygulamalarında kaynak için preslerin uyguladığı basınç ile plastik malzemelerin kaynak edilmesine de etken olan karakteristikler, birleşim yüzeyinin geometrisi ve Ultrasonik güç çıkışı arasında karmaşık bağıntılar bulunmaktadır. Bu karmaşık durumlar karşısında parametreler arasında düzgün bağıntılar kurmak çok zor hatta imkansız olmaktadır. Bu konudaki kanaatler, pratikte uygulanmış ve genel durumlar karşısında deneysel olarak elde edilmektedir.

Kaynak prosesinde hal bu durumda iken, malzemelerin birleştirilmesinde ki sonotrodun ilerlemesi ve nüfuziyetin artırılması gerekmektedir. Eğer presler yeterli boyutsal kabiliyete sahip değil ise pres eğilme zorlanmasına ve deformasyonuna karşı yetersizlik göstermektedir, hatta presin merkez eksenine simetrik olarak da olsa basınç uygulandığında bile sonotrod ve Transduser sistemi üzerinde açısız eğilme zorlanmaları oluşumu gözlenmektedir. Çeşitli uygulamalarda Transduser ve sonotrodun pres eksenine eksantrik olarak yerleştirilmesi durumlarında pres gövdesi üzerinde eğilme zorlanmalarının yanı sıra burulma zorlanmaları da oluşmaktadır.

Ultrasonik kaynak makinalarının preslerinin dizaynında dikkat edilmesi gereken en önemli dizayn unsuru çalışma esnasında oluşabilecek mekanik gerilmeleri karşılayacak boyutsal yeterlilik ve operatörün kullanımından kaynaklanabilecek zayıf ve hatalı kaynak sonuçlarının oluşmasına neden olacak faktörlerin ve parametrelerin kontrol altına alınmasıdır. Kaynak makinalarının yapımında uygun dizayn ile birlikte imalatta kalitede önemli etkindir, preslerin referanslarının doğru ve tam olarak ayarlanması ve transduserin gövde üzerine montajındaki tamlik ve rijitlik de makine çalışma kalitesini önemli derecede etkilemektedir. Yüksek kapasiteli presler yüksek hacimli parçalardan imal edilmektedir, ayrıca sistem gerekleri uyarınca senkronizasyon (eşgüdüm) mekanizmaları da kullanılmaktadır. Bütün bu dikkat edilesi gereken unsurların yanında pratik uygulamaların gerçekleri ve ihtiyaçların sonucunda dizayn kriterleri tekrar tekrar gözden geçirilmelidir. Bu ihtiyaçlar doğrultusunda pek çok değişik şekilde ultrasonik kaynak makinası üretilmektedir.

Karakteristik gövde yapılarına göre ultrasonik kaynak makinaları presleri için gruplar aşağıdaki gibidir;

- C Gövde yapılı veya iki sütunlu ve sonotroda aşağı yönlü lineer hareket sağlayan presler,
- Yukarı hareketli tablası ile dört sütunlu köprü yapılı presler,

- Ve yatay çalışma sistemli pres ekipmanları ve özel yapıllılar.

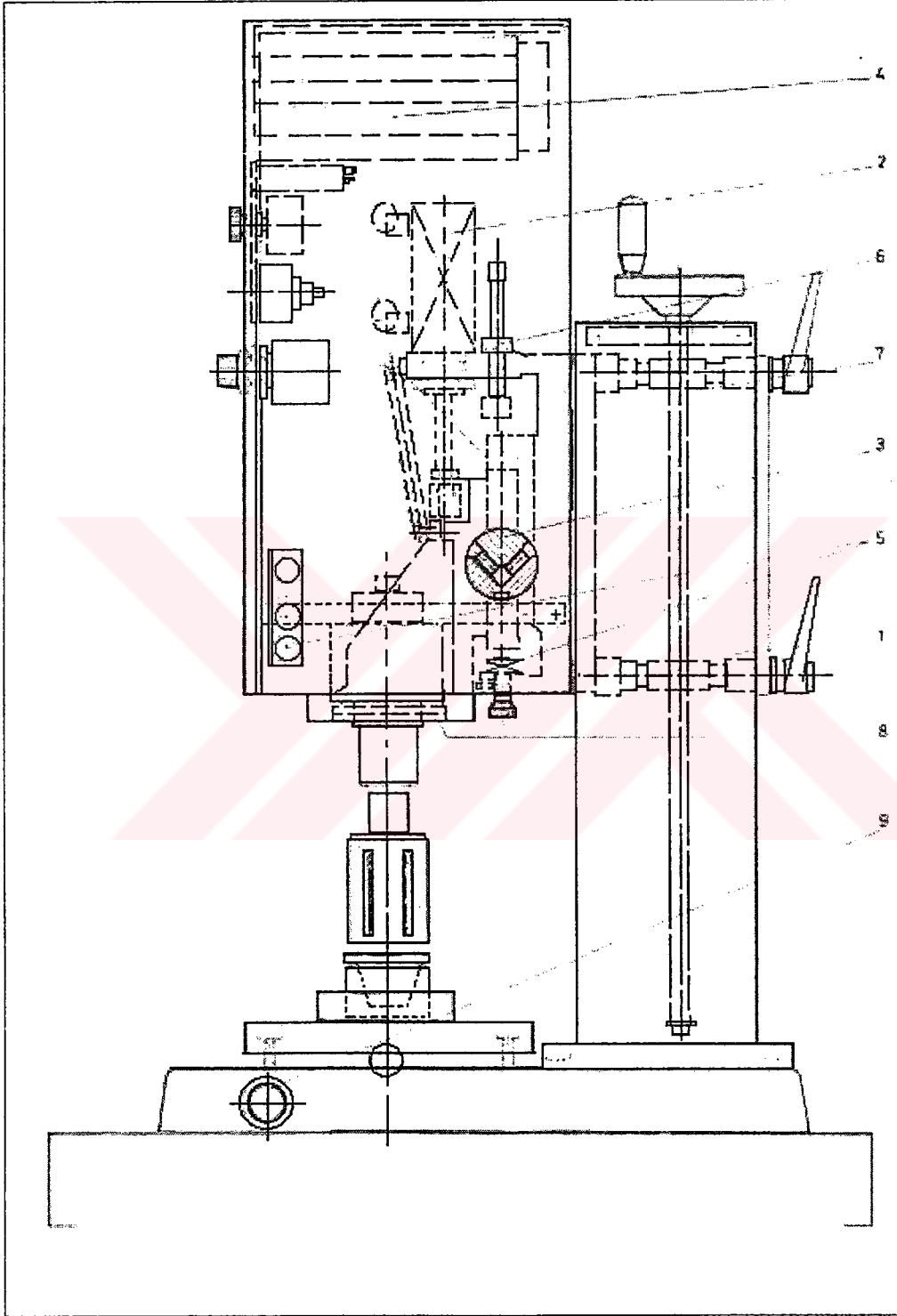
Ultrasonik kaynak makinalarında C Gövde yapılı ve Köprü Gövde yapılı preslerin dizaynında aşağıdaki yapısal özellikler göz önüne alınmalıdır.

- Transducer'in sabitlenmesinde kullanılan tutucuların ayarlanabilmesi ve bu ayarlama sınırlarının geniş olması,
- Çalışma esnasında iki ayrı basınç seviyesinin sağlanabilmesi, (Kaynak basıncı ve daimi sistem basıncı)
- Kolay çalıştırılması, sağlamlık, referansların tam olması, doğruluğu ve ayarlanabilir olması,
- Eğilme ve burulmaya karşı dayanım sağlanmalı (rijit sistem),
- Sistem basıncı ve uygulama basıncı ultrasonik gücün devreye alınmasına bağımlı olmamalıdır,
- Sistem hareketleri ultrasonik gücün devreye alınmasına bağımlı olmamalıdır, (Sonotrod birleştirilecek parçalara temastan önce titreşim oluşumunu sağlar.)
- Ultrasonik güç aşağıdaki durumlarda otomatik olarak devreden çıkmalıdır;
 - a) Kaynak süresi sonunda,
 - b) Sonotrod stroğunu tamamladığında.

Esas itibari ile ultrasonik kaynak makinalarının hareket mekanizmaları pnomatik sistemlere dayanmaktadır, ancak özel kaynak ünitelerinde hidrolik devrelerde kullanılmaktadır.

Sağlamlık, kolay ayarlanabilir ve kullanılabilir referanslar, üstün boyutsal tamlık ve bu tamlığın değişmezliği, kaynak sırasında oluşan artık kuvvetlerin absorpsiyonu ultrasonik kaynak makinası için aranan özelliklerdir.

5.1 C-Gövde Yapılı Aşağı Yönlü Lineer Hareketli Presler



Şekil 5.1: C-Gövdeli bir Ultrasonik Kaynak presinin genel yapısı

Genel yapısı itibari ile C Gövdeli aşağı yönlü lineer hareketli preslerin parçaları aşağıdaki gibidir.

1. Eğilme ve burulmaya karşı dayanıklı rijit olarak dizayn edilmiş çelik konstrüksiyon gövde,
2. Pnömatik piston
3. Sertleştirilmiş yataklar üzerinde ayarlanabilir iğne rulmanlı yataklar
4. Dahili pnömatik ve elektriksel sistemlerin kontrol üniteleri
5. Maksimum strok koruyucu sistemler
6. Strok ayarlama ve sınırlandırma
7. Ayarlanabilir yükseklik
8. Çeşitli transduserler için tutucu plaka
9. İş güvenliği ekipmanları

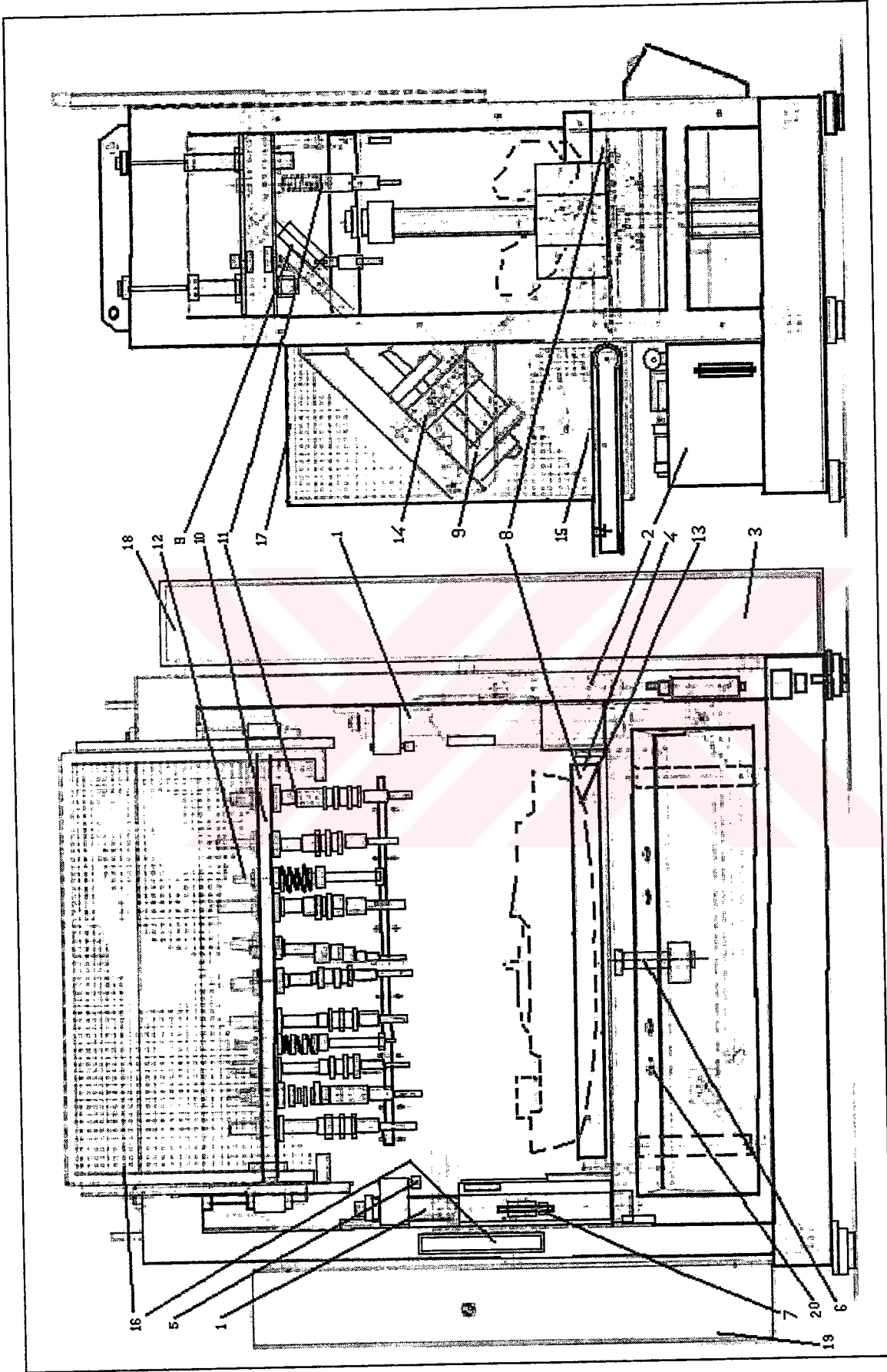
C- Gövde yapılı presler özellikler eğilme ve burkulmaya karşı zayıfken, iki sütunlu köprü gövde yapılı preslerde ise sistem çalışma sırasında oluşan yük altında ise mekanik deformasyon söz konusu olmaktadır.

5.2 Yüksek Kapasiteli ve Hareketli Tablalı Presler

Genel yapısı itibari ile Yüksek kapasiteli ve hareketli tablalı Preslerin parçaları aşağıdaki gibidir.

1. Bakım gerektirmeyen sütun kayıtlar,
2. Hidrolik hareket elemanları,
3. Paralel hareket sağlayan kademeli sistem,
4. Maksimum strok derinliği (800mm civarındadır)
5. Maksimum strok koruyucu sistemler
6. Hareketli tabla aşağı yönlü ayarlanabilir sınırlandırıcılar,
7. Hareket sınırlandırıcı ve sistem koruyucu limit sensörleri,
8. İki ayrı kaynak pozisyonu için hidrolik olarak desteklenen takım tutucular,
9. Kaynak kafaları için ek destek yatakları,

10. Transduser tutucular,
11. Sistem içerisinde basınç ayarlamaları için kullanılan ön yüklemeli yaylar,
12. Yay tutucu plakalar,
13. İş parçası üzerine doğru yüklemelerin yapılması için referans bağlantı noktaları,
14. Otomatik kaldırma/değiştirme sistemleri,
15. Kaynak edilmiş parçaları taşıyıcı konveyör,
16. Yükleme bölümündeki güvenlik kapakları,
17. Ses izolasyon ve iş güvenliği için bölme levhaları,
18. Jeneratör kabini,
19. Kontrol sistemleri,
20. İki elle operasyon anahtarları.



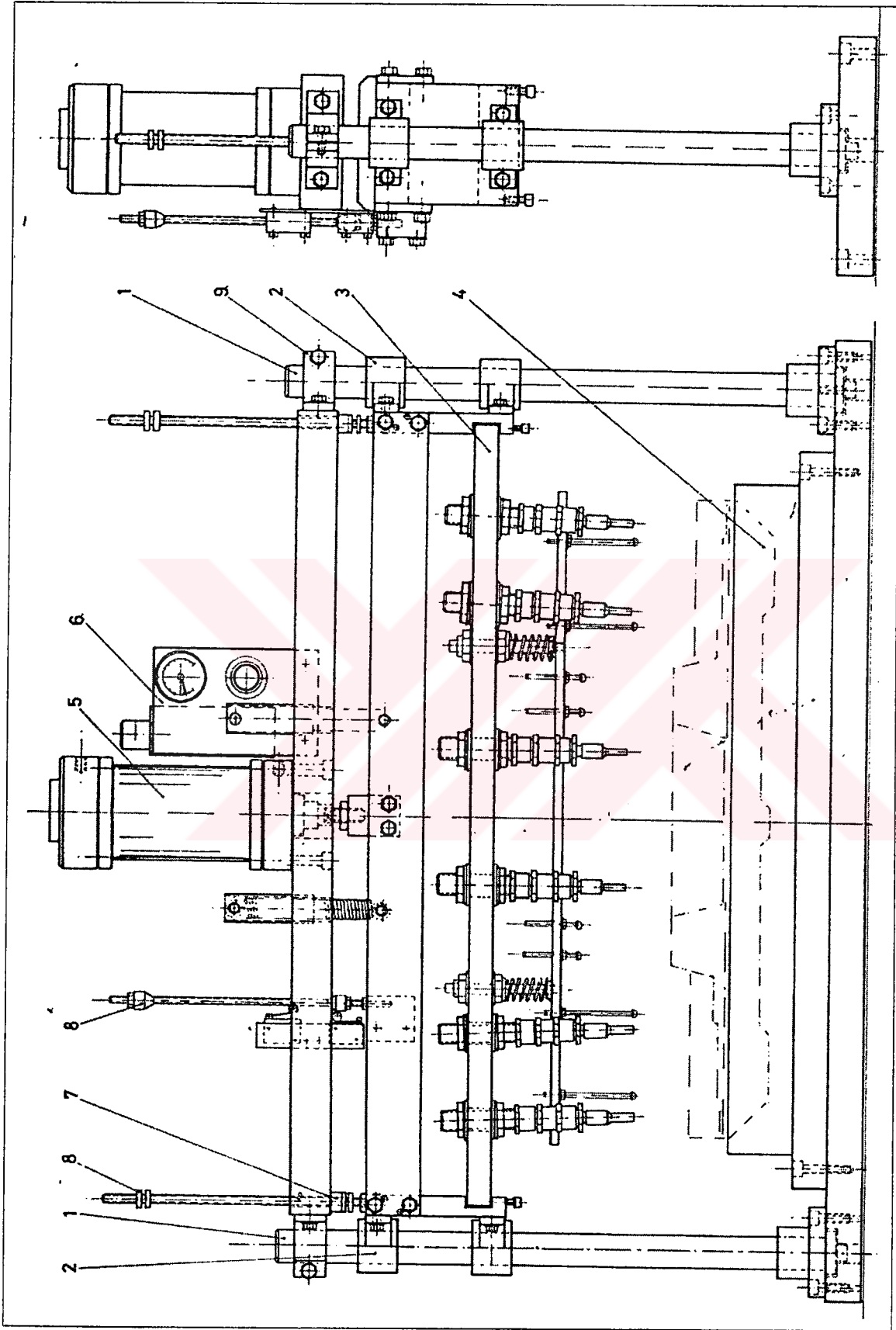
Şekil 5.2: Yüksek kapasiteli ve hareketli tablalı Preslerin genel yapısı

5.3 İki Sütunlu Köprü Gövde Yapılı Presler

Genel yapısı itibari ile İki sütunlu Köprü gövde yapılı preslerin parçaları aşağıdaki gibidir.

1. Aşağı yönlü lineer hareket sahibi iki sütunlu köprü gövde yapılı pres için çelik konstrüksiyon gövde,
2. Plakalar için sütunlar üzerinde hareket sağlayan yataklar,
3. İşe bağımlı olarak bir çok transduserin üzerine monte edildiği plaka,
4. Pnomatik hareket üniteleri,
5. Sistem dahilindeki pnomatik devrelerin kontrol sistemi,
6. Strok limit sensörleri,
7. Maksimum strok sınırlandırıcı,
8. Pres yükseklik ayarlaması için çeşitli seviye koruyucu tespit elemanları,

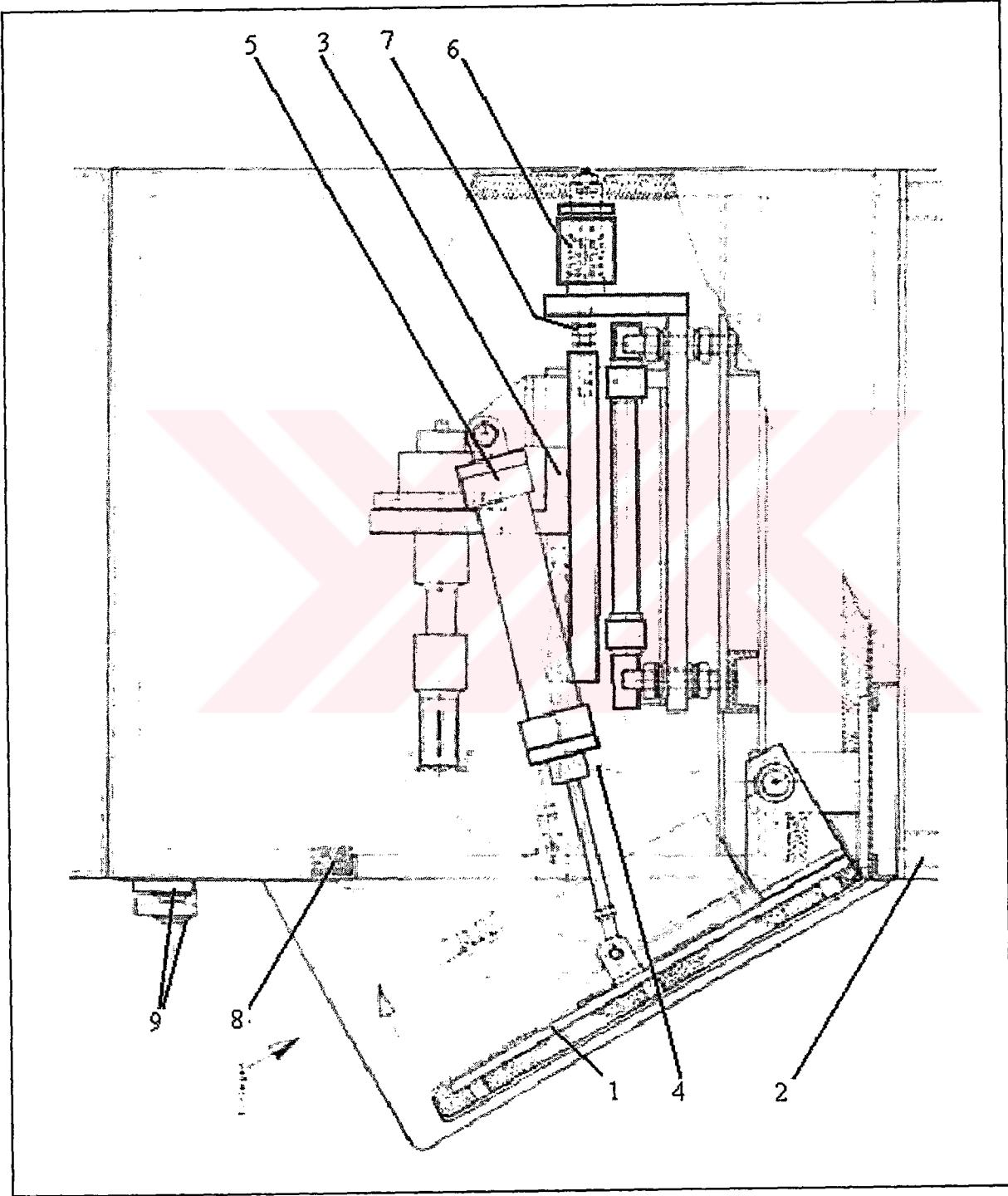
Sistem dahilinde yukarıdaki maddeler ek olarak ses izolasyon sistemleri, iş kazalarını önlemek amacıyla kontrol ve kumanda sistemleri bulunmaktadır.



Şekil 5.3: İki Sütunlu Köprü Gövde yapılı pres

5.4 Sonotrod ve Transduser için Yatay Pozisyonlamaya Sahip Özel Kaynak Üniteleri

Genel yapısı itibari ile sonotrod ve transduser için yatay pozisyonlamaya sahip gövde yapılı preslerin parçaları aşağıdaki gibidir.




Şekil 5.4: Sonotrod ve transduser için yatay pozisyonlamaya sahip gövde yapılı preslerin parçaları

1. Açılıp kapanabilir menteşeli sisteme sahip kaynak edilecek malzemelerin yüklenip alınmasını sağlayacak kapak sistemi,

2. Ergonomik kriterler uyarınca presin yükselip alçalmasını sağlayan otomatize edilmiş sistem,
3. Rulmanlar ile kayıtlar üzerine monte edilmiş yay tutuculu transduser montaj plakaları,
4. Yay tutucu alt plaka,
5. Mentşeli kapak için iki pnomatik silindir ile hazırlanmış hareket mekanizması,
6. Maksimum strok sınırlandırıcı,
7. Strok sınırlandırıcı sensörler,
8. Çalışma ortamında ses izolasyonu sağlayan kabin,
9. İki el ile çalışmayı sağlayan anahtar sistemi.

[Beek, 1981]



6. ULTRASONİK KAYNAK PROSESİ

Ultrasonik kaynak uygulamalarında çok çeşitli şekillerde ve pozisyonlarda kaynak uygulamaları görmek mümkündür. Alın altına yapılan kaynaklar, direkt ve endirekt kaynak uygulamaları v.b.. Ancak genel itibari ile kaynak uygulamaları enerji direktörü adı verilen dizayn uygulaması ile yapılmaktadır. Kaynak yapılacak parçaların Yüzeyleri arasındaki temas alanı, erimeyi başlatmak ve tamamlamak için gerekli süreyi ve enerjiyi azaltmak ve konsantrasyonu artırmak amacıyla küçük olmalıdır. Bu amacı sağlayan kaynak parçası tasarımına "enerji direktörü" denir. Bu kaynak uygulama metodları ile ilgili olarak dizayn ve uygulama detayları ileri bölümlerde açıklanacaktır.

Proses uygulaması sırasındaki gerçekleşen aşamalar bir enerji direktörlü parça için kaynak uygulamasında aşağıdaki gibidir.

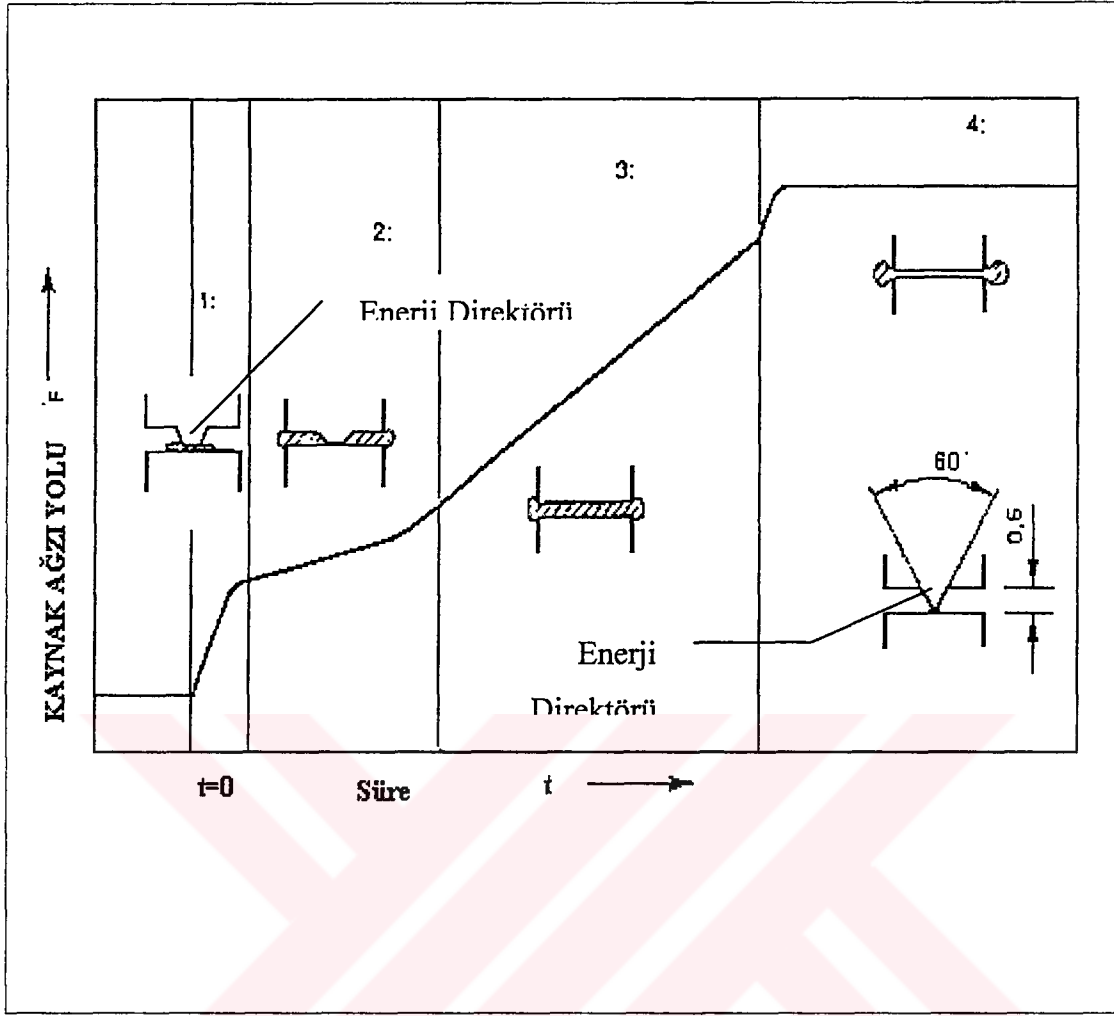
Enerji direktörlü bir plastik parçanın kaynağı dört kademede oluşur. Kaynak oluşum kademeleri Şekil 6.1'de görülmektedir. Mekanik titreşimlerin etkisiyle iç sürtünme önce enerji direktörünün erimesini sağlar.

İkinci kademede alt ve üst plastik parçaların birbiriyle olan teması artar. Erime oranı kısa bir süre için sabittir. Enerji direktörünün etrafındaki soğuk yüzeylere temas etmesiyle, ilk soğuyan plastik malzeme yeniden erimekte. Bunun sonucu olarak da erime oranında tekrar artış olur.

Üçüncü kademede kararlı bir erime davranışı gözlenir. Kaynak bölgesinde sabit kalınlıkta bir eriyik tabakası meydana gelir. Bu durum kaynak düzlemindeki geçici sabit sıcaklık dağılımı ile ilgilidir.

Dördüncü kademede sonotrod titreşim ile birlikte aşağı doğru inerken daha fazla eriyik sıkıştırılmaktadır. Basınç etkisiyle oluşan deformasyonlar ve proses sıcaklığı aynı zamanda soğuyup katılaştan eriyiğin kaynak yapısının ve morfolojisinin esasını belirler.

Belirli mukavemet değerlerine ulaşıldığında çeşitli kaynak kademeleri arasında bağlantıların olduğu saptanmaktadır. Üçüncü kademeye gelindiğinde yüksek mukavemet değerlerine ulaşabilmektedir. Bazı malzemelerde ikinci kademenin sonunda yüksek mukavemet değerleri elde edilmektedir.



Şekil 6.1 Ultrasonik kaynak oluşum kademeleri

Kaynak morfolojisi ve yapısı kaynak bölgesindeki özel akış şartlarını etkileyen kaynak basıncına çok bağlıdır. Yapılan analitik araştırmalar prosesin sonuna doğru kaynak basıncının azalması ile yapılan kaynakların daha mukavemetli olduğunu göstermiştir. Kaynak basıncının düşük olması nedeniyle akışın azalması kaynakta daha az yönlenmeye ve daha kalın eriyik tabakasının oluşmasına sebep olur. Kaynak basıncının düşük olması kaynağın tamamlanma hızını azaltır. Bu yüzden yüksek mukavemetli bağlantılar elde etmek için kaynak parametrelerinin kapsamı genişletilmelidir.

Kaliteli kaynak yapmak için kaynak makinasını doğru seçmek, plastik hammaddelerin özelliklerini iyi tanımak, kaynak parçalarının konstrüksiyonunu ve birleştirme yüzeyinin tasarımını doğru yapmak, optimum kaynak parametrelerini ve çalışma şartlarını en uygun şekilde seçmek gerekir.

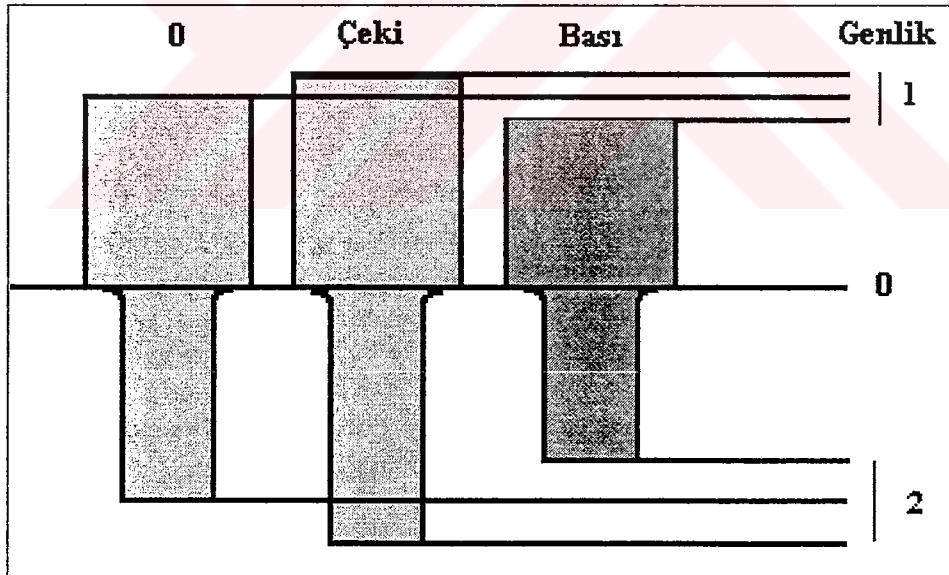
[Mengason ve Williams, 1972; Mark, 1985; Wade, 1991; Schwartz, 1992; Burkhardt, Wolters ve Glenz, 1993]

genişliği bu yüzden 0-ile en alt en üst değerler arasındadır. şekilde bu durum bir çok kez büyütölmüş olarak görölmektedir. Plastiklerin kaynağı için yaklaşık olarak 20 μm genişliğe ihtiyaç vardır.

7.2 Genlik Dönüşümü

Ses iletişimiyle çubuk titreşimi için matematiksel bağıntılar bu ürünün kütleli ve çubuk üst yarısı ve aynı ürün için alt yarıya eşit olduğu genliktir. şekil 7.1'de gösterilen sonotrod boyu boyunca aynı kesittedir. Bunun akabinde titreşim genişliği en üst yüz gibi en alt yüz içinde aynıdır. Ama kaynak işlemi için genlik resonator tarafından çok düşük verilmelidir.

Sonotrodu fonksiyonu olarak genlik sonotrod tarafından artırılmaktadır. Bu da sonotrodun yarısında gerçekte anı kesit değişimi ile olmaktadır. Bu da kütleli olarak sonotrodun üst kısmının alt kısmına büyük olmasına neden olur. Ama kaide olarak kütle ile titreşim genişliği arasında ters ilişki vardır. Bunu tabiken genlik alt yüzeyde artar. Bu durum şekil 7.2'de gösterilmiştir.



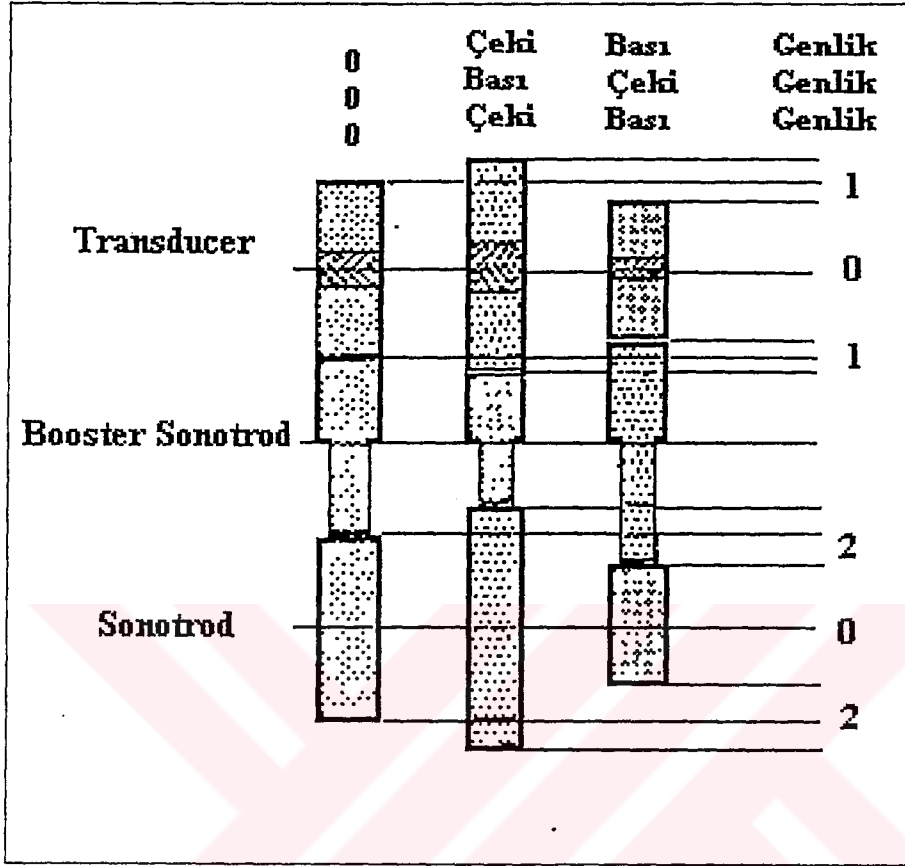
şekil 7.2: Sonotrod aracılığıyla genlik değiştirilmesi

7.3 Ultrasonik Sistem

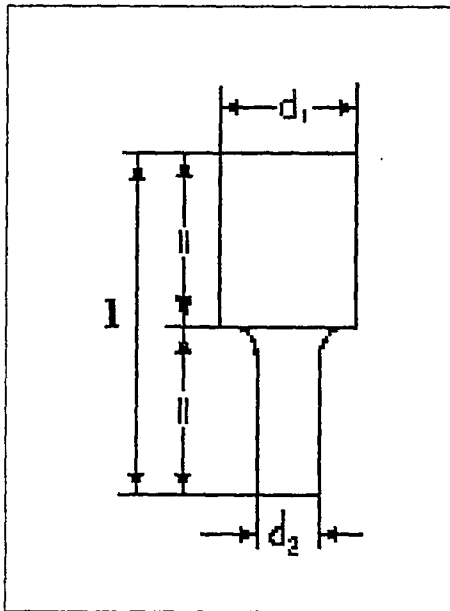
Pratikte sonotrod dizaynı her zaman genişliğin doğru derecede aktarılmasını sağlamaz. Bu özel dönüşüm parçasının resonator ile sonotrod arasına yerleştirilmesi ile çözülebilir.

Transduser, dönüşüm parçası ve sonotrod kombinasyonu kısaca aşağıdaki gibi ultrasonik sistem göstermektedir. şekil 7.3'de sisteminin vibrasyon mekanizmasını göstermektedir.

Solda sistem tekrar boş pozisyonda gösterilmektedir. Diyagramın ortasında Transduserin çekme safhasında görülmektedir.



Şekil 7.3 Ultrasonik sistemin titreşim mekanizması



- λ : Dalga Genişliği
 c : Ses Hızı
 f : Titreşim Frekansı
 A_1 : 1. Yüzün Alanı
 A_2 : 2. Yüzün Alanı
 Titreşim Uzunluğu:
 $l = \lambda/2 = c/2f$
 Genlik Dönüşümü: $\beta = (d_1/d_2)^2 = A_1/A_2$

Şekil 7.4 Sonotrod hesapları

Dönüşüm parçası bu anda bazı safhasındadır ve temas edilen sonotrod ise tekrar çekme halindedir. Şekil 7.3'ün sağ tarafında ters dağıtım meydana gelişi gösterilmektedir, bası / çeki / bası olarak dikkat edileceği gibi, titreşimsiz bölgede titreşimsiz olarak çağrılır ve sonotrodun ortasındadır. Bu Transduser dönüşüm parçası ve sonotrod ultrasonik sistemde bir araya geldiğinde bu sürekli olarak devam eder. Buda kuvvetlerin çekme / basma/ çekme olarak hal değişimleridir. Pratikte Transduser titreşimsiz bölgede ve/veya dönüşüm parçası ultrasonik sistem montajında kullanılır.

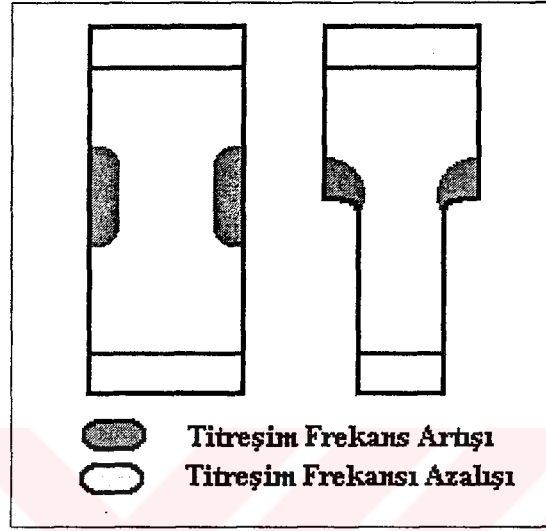
7.4 Hesaplamanın Temelleri

Sesin iletimini sağlayan titreşim şartları yukarıda anlatıldığı gibi sonotrod uzunluğu, dalga uzunluğunun yarısına eşittir. Dalga uzunluğu ses hızının ve frekansının katı olana kadar titreşim uzunluğu Şekil 7.4 'deki şekilde tanımlanmaktadır. İstenen titreşim frekansı ve malzeme katsayısına bağlı olarak değişmektedir, ses hızının ilerlemesi sonotrodun yapıldığı madde ile birlikte malzemenin fonksiyonudur. Dönüşüm değişim uzunluğunun hesaplamasında kullanılan bu eşitlik Şekil 7.4'e uygun olarak hesaplamalar yapılır. Şekilden de görüleceği gibi hesaplamalar standart sonotrod tipine göre yapılabilmektedir. Bu basit bağıntı şekilden de görüleceği gibi ani kesit değişiminin sonotrodun tam orta noktasında olduğu durumda kullanılabilir. Diğer sonotrod tipleri de kullanılabilir olmasına rağmen kullanılacağı durumlarda hesaplamaların zorluğu göz önüne alınmalıdır. Ayrıca pratikte kesit değişimi hesaplama kolaylığı ve üretim kolaylığı nedeniyle sonotrodun orta noktasında oluşturulmaktadır.

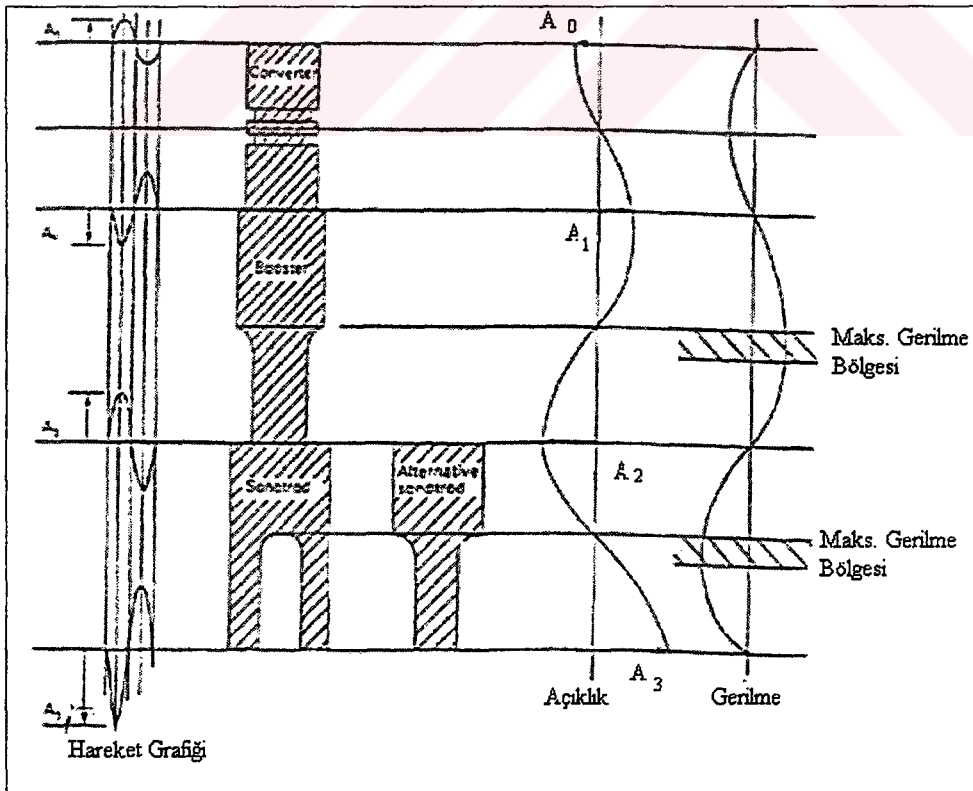
7.5 Frekans Sınırları

Sonotrod üretiminin en son safhası frekansın ayarlanmasıdır. İstenen titreşim frekansının sağlanması için gerekli sonotrod uzunluğu matematiksel olarak hesaplanabilmektedir, ancak buda tamamen kesin bir sonuç vermemekte olup, hesaplamaları etkileyen değişken sayısının çok fazla olması nedeniyle tamamen yaklaşık sonuçlar elde edilmektedir. Bu nedenle genellikle sonotrodlar matematiksel hesaplamalarda elde edilen değerlerden daha uzun olarak imal edilmektedir. İmalat sonrası titreşim frekansı ölçülür ve gittikçe sonotrod boyu çok az miktarlarda kısaltılarak istenen titreşim frekansına kademe kademe yaklaşılır. Eğer bu yaklaşımlar sonucunda titreşim frekansı hala yüksekse bunun anlamı sonotrodun olması gereken ölçüden daha kısa olduğu şeklindedir. Bu durumda ayarlama yapmanın imkanı kesit geometrisi değişiminin ile yapılmasıyla olabilmektedir. Şekil 7.5'te gösterildiği gibi titreşim

frekansının değiştirilebilmesi sonotrodun uzunluğunun değiştirilmesi ve ek olarak kesit değişiminde sağlanan ters etkinin kullanımı veya başka bir yolla sonotrodun aşağı çevrilmiş tarafındaki bel formu yada kesit değişiminin redüksiyon başlangıcı yukarıdan yüksektir. Bu en son durumda dönüşüm seyrindeki değişimler kabul edilmelidir. [Schöps, 1981.b; Profit, 1988]



Şekil 7.5 Sonotrodlarda frekans ayarlamaları



Şekil 7-6: Booster sonotrod ve sonotrodun gerilmeye ve genliğe ilişkisi

8. ULTRASONİK KAYNAK UYGULAMALARINDA KAYNAK PARÇALARININ HAZIRLANMASI VE KAYNAKLI BİRLEŞTİRME ŞEKİLLERİ

8.1 Kaynak Parçalarının Hazırlanmasında Genel Hususlar

Kaliteli kaynak yapabilmenin ön şartlarından birisi doğru kaynak parçası tasarımı yapmaktır. Kaynak parçası tasarımı türlerini ve bunları etkileyen faktörleri bilmek tasarımcıya daha nitelikli ürünlerin tiplerini geliştirmeye yardımcı olmaktadır. Ultrasonik kaynak yönteminden gereği gibi faydalanabilmek için en uygun plastik malzemesi seçilmeli ve parçaların kaynak tasarımı özellikle bağlantı kısmının tasarımı dikkatli yapılmalıdır .

Kaynaktan önce parçaların konstrüksiyonu ve mamul parçanın fonksiyonu ile ilgili olarak kaynak parçalarının tasarımını yaparken aşağıdaki faktörlerin göz önünde bulundurulması tavsiye edilmektedir .

- 1 -Kaynak parçalarının bağlantılı yüzeylerinin tasarımı.
- 2- Enerji direktörünün tasarımı.
- 3- Plastik malzemelerin cinsi ve yapısı (amorfs, yarı-kristalin, kristalin).
- 4- Kaynak edilecek parçaların boyutları ve profili.
- 5- Birleştirme yüzeylerinin çalışma şartlarına uygunluğu ve temizliği (boya, kaplama, fırında yanma ve kavrulma, kir)
- 6- Kaynak parçalarının birleştirme yüzeyinden sonotrod'a olan mesafe.
- 7 -Kaynak parçası, sonotrod ve altlığın doğru düzenlenmesi
- 8- Farklı plastik malzemelerin kaynak kabiliyeti.
- 9- Ultrasonik kaynak özelliğinin azaltan etkenler (Kauçuk gibi yumuşak malzemeler, altlığın kaynağı olumsuz etkilemesi vb..).
- 10- Sonotrod tasarımı.
- 11- Altlık tasarımı.
- 12- İletilebilen enerji miktarı.
- 13- Parçanın yapısal bağ durumu ve hangi yükleri karşılayabileceği.

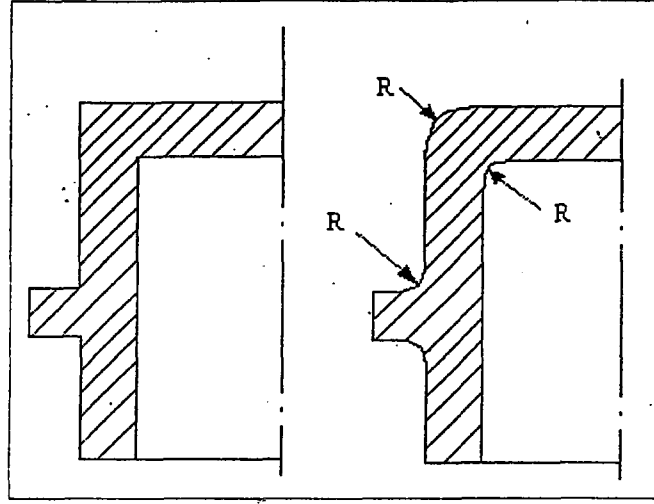
14- Sızdırmazlık özelliği.

15- Kaynak çapağı ve estetik açıdan fiziki görünümü.

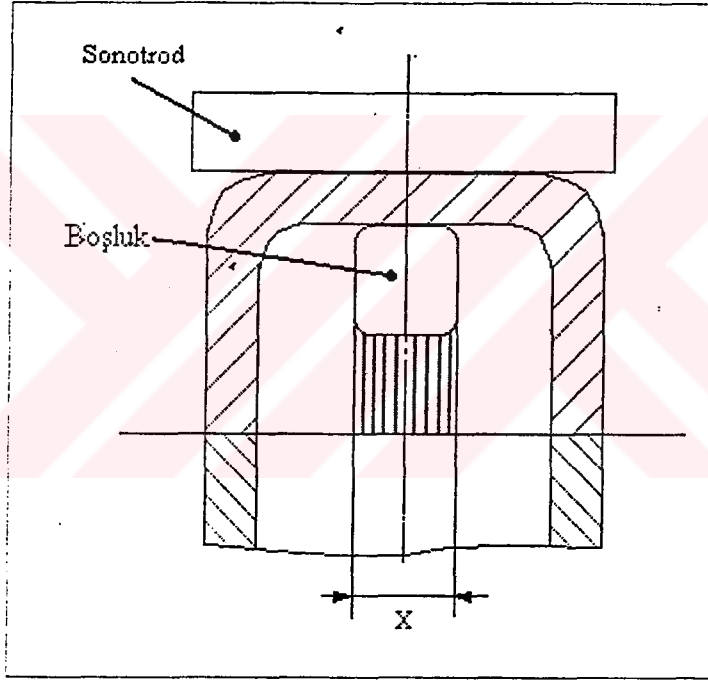
Termoplastik seçimi yaparken amorf ve yarı kristalin termoplastiklerin farklı kaynak özelliğine sahip oldukları unutulmamalıdır. Termoplastiklerin seçimi ve kaynak parçalarının tasarımı güvenilir kaynak yapmak için kritik faktörlerdir. Ayrıca termoplastik parçalarda kabarcık, iç gerilme ve enjeksiyonla üretim yöntemlerinden ileri gelen- çökme ve izler olmamalıdır.

Kaynak yapılacak parçaların Yüzeyleri arasındaki temas alanı, erimeyi başlatmak ve tamamlamak için gerekli süreyi ve enerjiyi azaltmak ve konsantrasyonu artırmak amacıyla küçük olmalıdır. Bu amacı sağlayan kaynak parçası tasarımına enerji direktörü kullanılır. Kaynak süresinin kısaltılmaya daha az malzeme kaynağa dahil olduğundan gerekli kaynak enerjisi ve çapak miktarı azalır . Kaynak enerjisinin kaynak bölgesine iletilmesindeki mesafe artarsa kaynak parçaları rijit (sert) olmalıdır. Yumuşak plastikler kaynak enerjisini iyi iletmezler. Kaynak parçalarının ince et kalınlıkları kaynak süresince ultrasonik enerji ve mekanik kuvvetleri etkisiyle kırılmaya yatkın olduklarından kaynak bölgesinin deformasyonunu önlemek için et kalınlığı büyük tutulmalıdır. Ultrasonik enerji keskin iç köşelerde malzemenin erimesine veya gerilme çatlamasına neden olan gerilme yığılmasına sebep olmaktadır. Bunları önlemek için mümkünse bütün köşe ve kenarlar Şekil 8.1'de görüldüğü gibi yuvarlatılmalıdır. Parça tasarımı kaynak bölgesine üniform enerji dağılımını etkileyebilir. Örneğin, Enerji geçiş güzergahındaki kıvrımlar, eğilimli yüzeyler ve açıklıklar mekanik titreşimlerin kaynak bölgesine iletimini azaltırlar veya tamamen önlerler. Şekil 8.2 'dekine benzer hallerde açıklığın boyutuna ve plastik malzemenin cinsine bağlı olarak açıklığın altında geçişi zor olan yarı kristalin plastik malzemelerde daha önemlidir. Kaynak ara yüzeyinde birleşecek yüzeyler üniform ve birbiri ile yakın temasta olmalıdırlar. Böyle bir tasarım üniform enerji transferini kolaylaştırır.

Şekil 8.3'de gösterilmekte olan kaynak uygulamasında paralel yüzeylerin birleştirilmesi uygulaması görülmektedir. Bu kaynak uygulamasında, paralel yüzeyler arasında titreşim ile oluşturulan sürtünme ısı ve malzemenin plastitesi kullanılarak kaynak gerçekleştirilmektedir, sonuç itibari ile kaynak gerçekleştirilmekte ancak kaynak bölgesinde uygulanan basınç sonucunda büyük ölçüde deformasyon oluşmaktadır. Bu tip birleştirme işlemi genel olarak ve sıkça tatmin edici değildir.

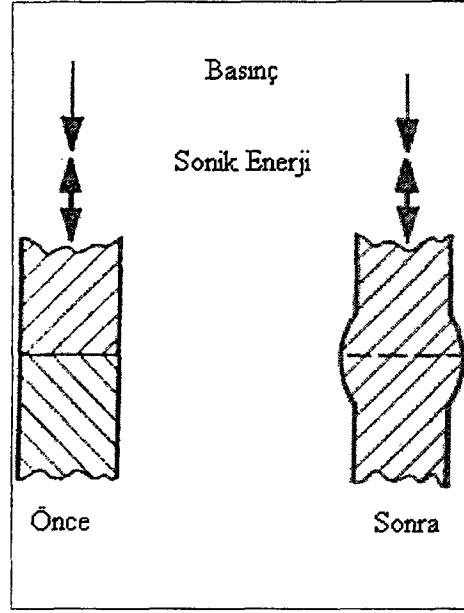


Şekil 8.1: Keskin köşe ve kenarların yuvarlatılması

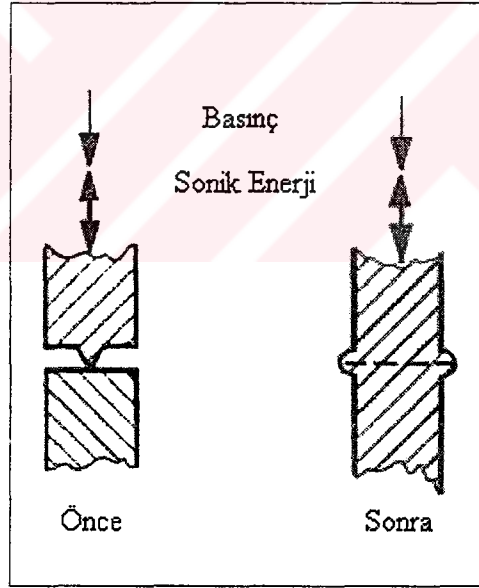


Şekil 8.2: X tanımlı bölgede kaynak oluşumu zayıf veya hiç oluşmama derecesindedir

Şekil 8.4'de görüleceği gibi enerji direktörü kullanılarak yapılan kaynaklarda Şekil 8.3'de kaynak sonrası oluşmuş olan üç yönlü deformasyon riski ortadan kaldırılmış olmaktadır, bu tip uygulamalarda görsel hata oluşumu sadece kaynak bölgesinde malzeme taşması olarak gerçekleşmektedir. Kaynak bölgesinde kaynak kalitesi oluşumu tatmin edici ancak görsel kabul edilebilirlik yeterli değildir.

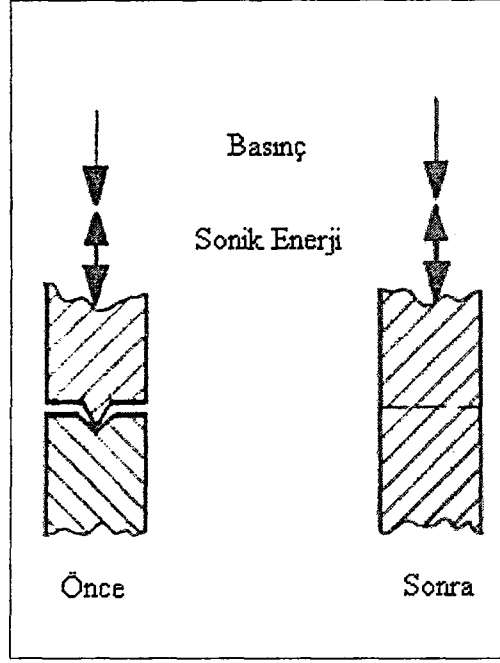


Şekil 8.3: Paralel yüzeyli parçalarda kaynak uygulaması



Şekil 8.4: Enerji direktörü kullanımı ile yapılan kaynak uygulaması

İdeal olarak kaynak kalitesi ve görsel kabul edilebilirlik için kaynak uygulaması şekil 8.5’de görülmektedir. Bu uygulamada bir parça üzerinde bulunan enerji direktörü ve karşılığında oyuk ile kaynak sırasında oluşan fazla plastik maddenin görsel bozukluğa neden olması önlenmektedir. Bu başarı kaynak edilecek parçaların dizayn başarısından kaynaklanmakta olup bu tip uygulamalar ile tatmin edici kaynak uygulamaları ve kaynak sürelerinin dolayısıyla enerji harcaması kısıtlanarak ekonomiklik sağlanmaktadır.

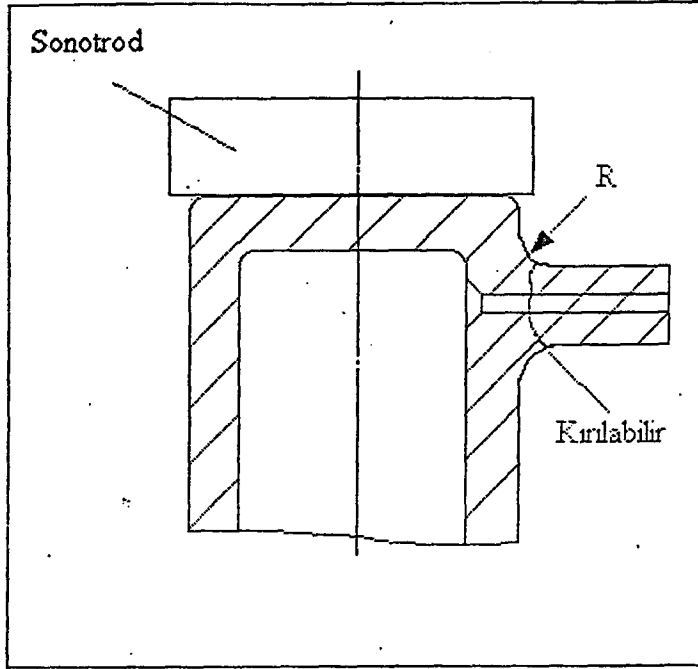


Şekil 8.5: Karşılıklı olarak kaynak için dizayn edilmiş kaynak parçaları için uygulama örneği

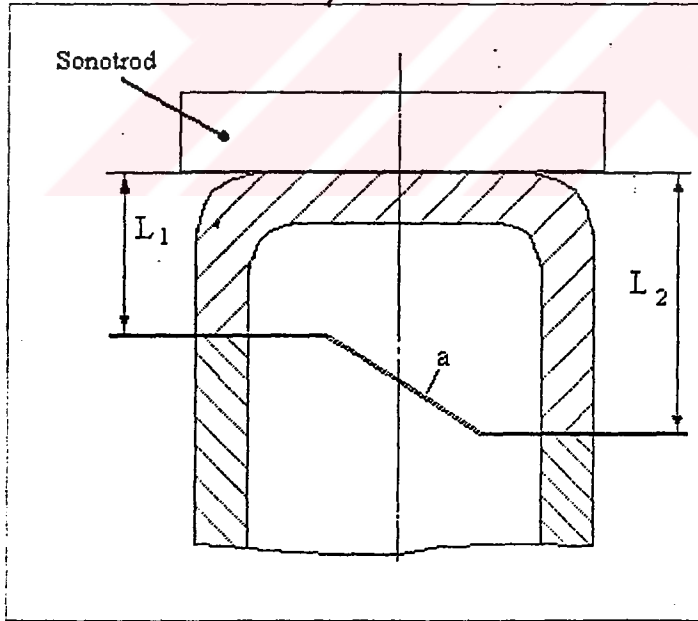
Parça tasarımındaki muhtemel hatalardan dirsek, payanda veya çivi şeklindeki çıkıntılı bölgeler kaynak süresince mekanik titreşim ve aşırı ısıtmanın etkisiyle Şekil 8.6' da görüldüğü gibi kırılabilmektedir. Fakat parça tasarımındaki oyuk, basamak, yiv veya dirsek gibi çıkıntılar parçaların bir düzen içinde tutulabilmelerine yardımcı olmaktadır.

Plastik elektrik parçalarına yerleştirilen tel ve yaylar risk oluşturmaktadır. Düşük genlik ve düşük kaynak süreleri ile çalışırken köşe ve kenarları yuvarlatılmış parça tasarımı yapılması gerekir. Kaynak yüzeyleri aynı düzlemde olmalıdır. Kaynak yüzeyleri de sonotrod yüzeyine paralel ise kaliteli kaynak yapılabilir. Eğer kaynak yüzeyi aynı düzlemde değil de basamaklı ise kaynak yüzeyinden sonotroda olan mesafe Şekil 8.7' deki gibi farklılaştıkça kaynak kalitesi düşer.

Bir kaynak parçası diğeri ile tam olarak eşleşmeli ve kaynak prosesi tamamlanıncaya kadar birbirine göre hareket etmeksizin durmalıdır. Plastik parçaların büyüklüğüne bağlı olarak, parçaları arasındaki mesafe 0,05-0,1 mm arasında olmalıdır. Parçaların eşleşme toleransları Şekil 8.8'de görülmektedir. Sonotrod ve altlık yardımıyla parçaları bir düzen içinde tutmak mümkündür.



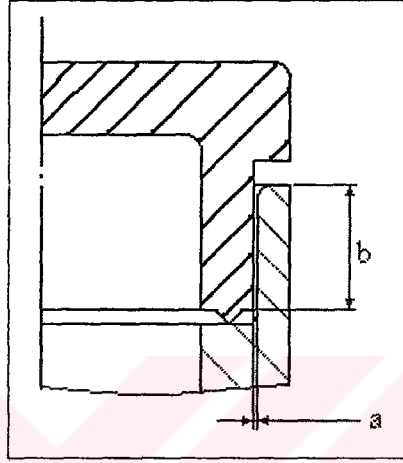
Şekil 8.6 Girintili ve Çıkıntılı parçalarda gerilme yoğunlaşmasının olduğu bölgeler



Şekil 8.7 Farklı L1 ve L2 uzunluklarında "a" yüzeyinin sonotrod yüzeyine dik olmadığı durumun gösterimi

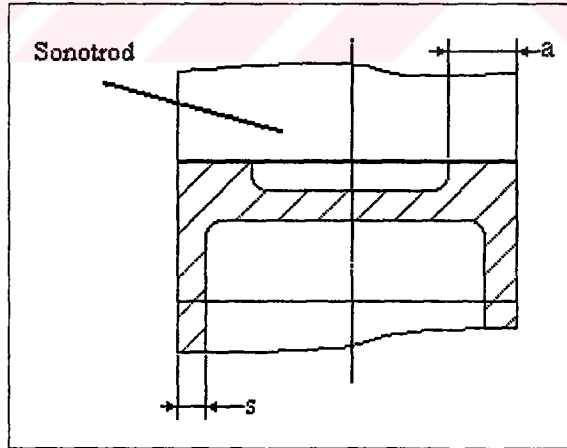
Plastik parça ve sonotrod arasındaki temas yüzeyi parçaların çevresini kaplayacak kadar geniş ve düz olmalıdır. Böylece mekanik enerjiyi yönlendirmek ve parça temas yüzey alanının çizilmesini önlemek kolaylaşır. Sonotrodun parçaya temas ettiği yüzey alanı toplam kaynak yüzey alanından daha büyük olmalıdır (Şekil 8.9). Eğer sonotrod yüzey alanı kaynak

yapılacak parçaların yüzey alanından küçük olursa, kaynak bölgesine gerekli ultrasonik enerji iletimi gerçekleşemediğinden kaynak kalitesi bozulur. Bu durumda daha yüksek kaynak basıncı gerekir. Fakat yüksek kaynak basıncı sonotrod altındaki parça yüzeyinin bozulmasına sebep olur. Parça yüzeyinin bozulmasını azaltmak veya önlemek amacıyla Polietilen gibi koruyucu ince membran kullanılabilir.



Şekil 8.8. Parçaların birbirleri ile eşleşme toleransları

$$a = 0,025-0,05 \text{ mm ve } b = 1,0 \text{ mm}$$



Şekil 8.9 Sonotrod temas yüzey alanı "a" parça yüzey alanı "s" 'den büyüktür.

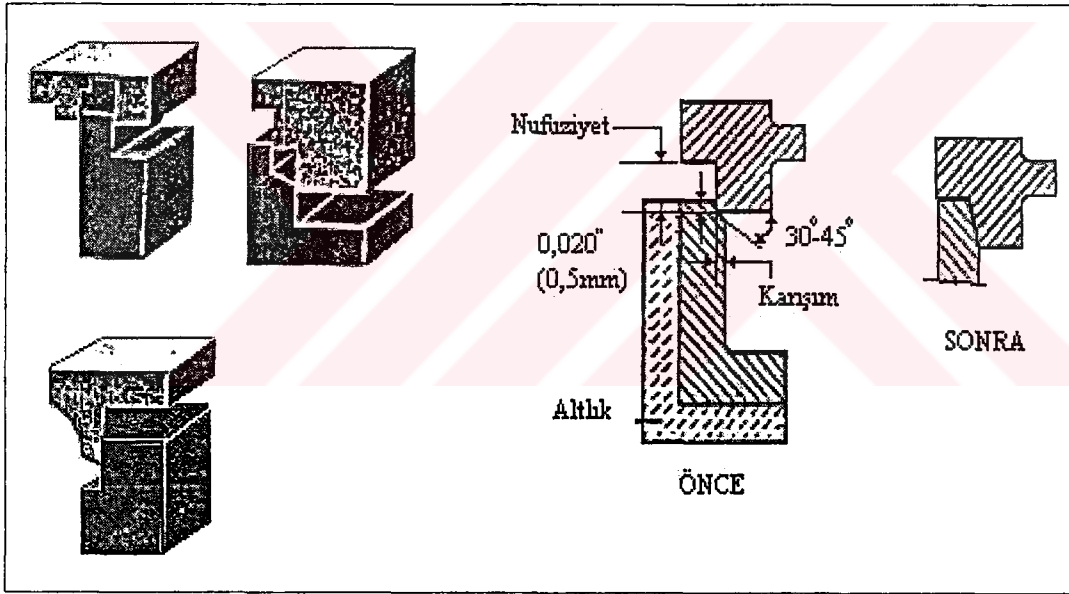
8.2 Kaynak Tasarımı

Ultrasonik kaynak parça tasarımının en kritik yönü kaynak tasarımı yani kaynak yapılacak parçaların karşılaşılan yüzeylerinin şeklidir ,özellikle yüksek erime noktalı ve kristalin plastik malzemelerde daha büyük önem taşır .Kaynak yapılacak parçalar tasarım aşamasında iken kaynak tasarımı iyi düşünülmelidir. Her biri kendine özgü avantajları olan çeşitli kaynak

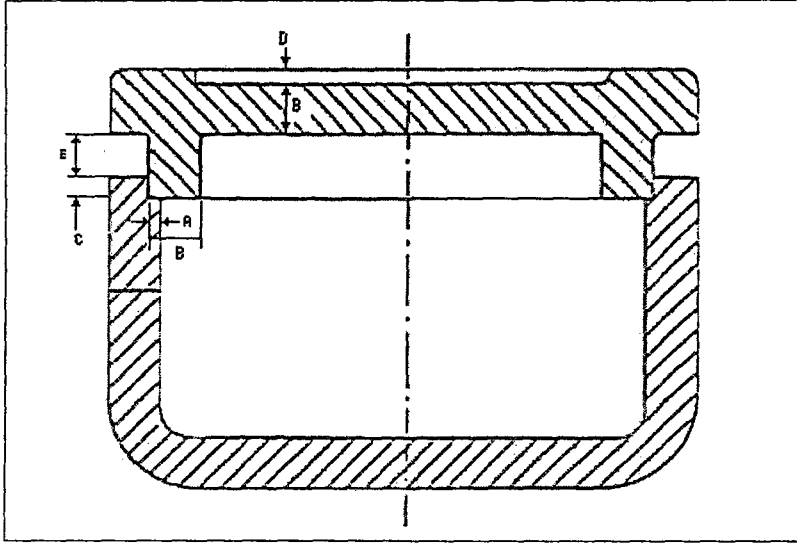
tasarımları vardır. Kaynak tasarımı plastik cinsi, parça geometrisi, makina ile işleme ve kalıplanma kabiliyetleri ve estetiki görünümü dikkate alınarak belirlenmektedir. Amorf plastiklerin kaynak tasarımı, yarı-kristalin veya kristalin termoplastiklerinki kadar kritik bir unsur değildir.

8.2.1 Kesme Kaynağı Tasarımı

Kesme kaynağı genellikle dar bir sıcaklık aralığında katılaştan yarı-kristalin plastikler ve sızdırmazlık elemanı gerektiren kaynaklarda kullanılır. Kesme kaynağı bir basamak veya çıkıntının dik yüzeyler boyunca kontrollü erimesini ve karışımını gerektirir. Kesme kaynağında büyük miktarda parça eritildiği için diğer kaynak tavsiye edilen boyutlar Şekil 8.10 ve Şekil 8.11'de görülmektedir.



Şekil 8.10 Kaynak temas yüzeylerinde erime



Şekil 8.11 : Kesme Kaynağında boyutlar

Şekil 8.11 ile ilgili açıklamalar;

A: Her zaman sabit olarak alınır. (0,4 mm)

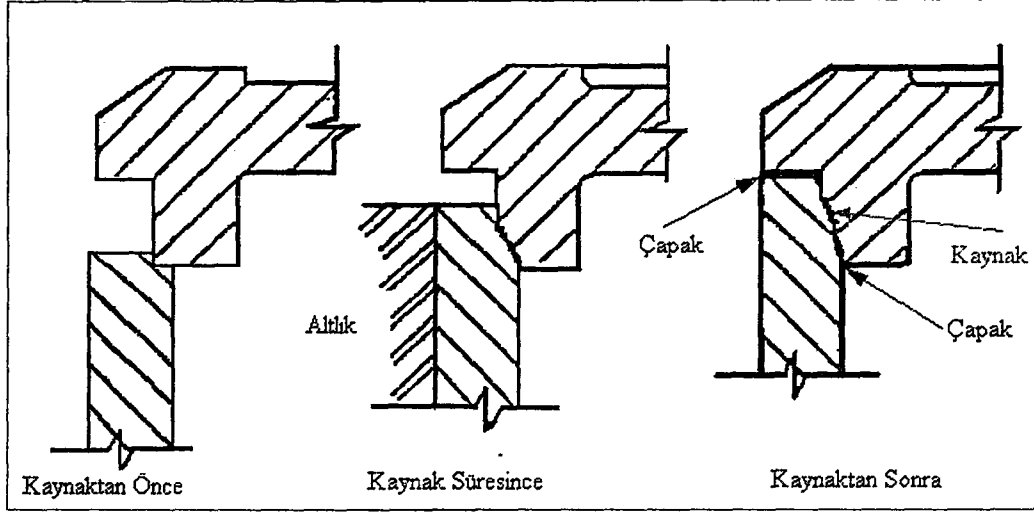
B: Genel parça et kalınlığı

C: Bu çıkıntı kapağın tam olarak oturmasını sağlamak amacı ile yapılmıştır.

D: Bu oyuk kaynak sonotrodu ile tam temas sağlamak içindir. (İsteğe bağlıdır)

E: Nüfuziyet (1,25 – 1,5 B)

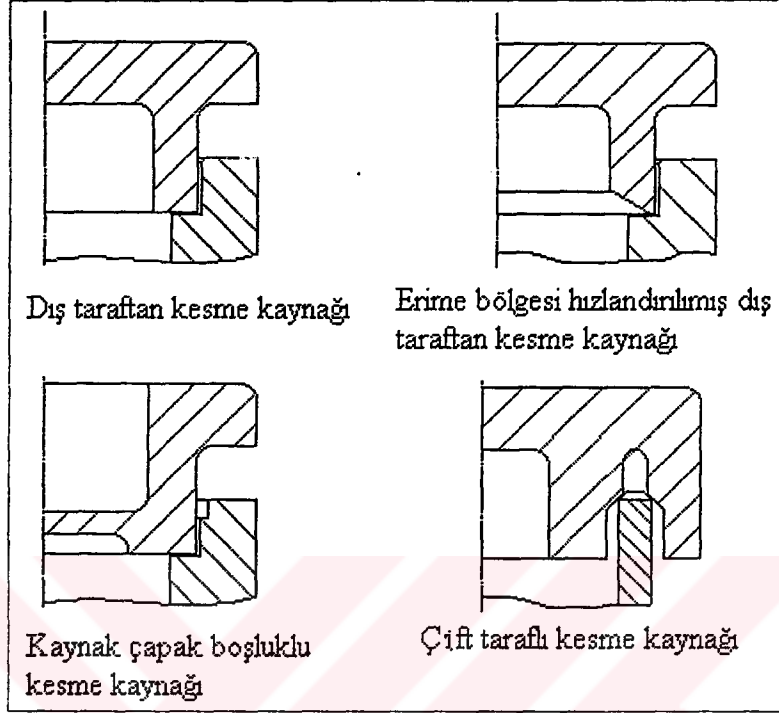
Küçük temas yüzeyi ve hızlı enerji akışı erimeyi hızlandırır. Hazırlanan dikey kaynak yüzeyleri ile kaynak parçaları birbiri içine geçmektedir. Üst parça yan kenara doğru kayarsa veya alt parça ile teması kesilirse kaynak kesintili veya kalitesiz olur. Bu yüzden iki parça arasındaki mesafe ne çok yakın ne de çok uzak olmalıdır. Plastik parçaların kesme kaynak düzeni Şekil 8.12'de görülmektedir.



Şekil 8.12 Kesme Kaynağında kaynak düzeni

Kesme kaynağında eriyen iki yüzeyin bağlantı kısmındaki boşluklara doğru akması kabarcıkları önler ve hava ile teması sınırlandırır. Kaynak eriyiğinin dikey yüzeylerdeki boşlukları ve aralıkları doldurmasıyla sızdırmaz özellikte ve yüksek mukavemette bağlantılar elde edilir. Kesme kaynak uygulamasında hava ile temas çok az olduğundan soğuma yavaştır. Dolayısıyla kristalizasyon olması ve kaynağın kolayca yapılması imkansızdır. Kristalin termoplastikleri kesme kaynağı ile kare veya dikdörtgen biçiminde tasarlanmış parçalarda mukavemetli ve sızdırmaz nitelikte kaynak yapmak mümkündür.

Plastik parçaların et kalınlıkları ince ise kaynak süresince iç ve dış kuvvetler sebebiyle parçalarda oluşan deformasyonu önlemek amacıyla bir takım tedbirler alınmalıdır. Üst parça dış kuvvetleri dengeleyebilecek yapısal bütünlüğe ve rijitliğe sahip olmalıdır. Alt parça kaynak bölgesindeki kaynak basıncına dayanacak nitelikte olmalıdır. Bunun için alt parçanın dış geometrisine uygun altık kullanılmalıdır. Kesme kaynağı tasarımı 3,5 inçten (10 cm) küçük boyutlu veya düzgün şekilli parçaların kaynağında kullanılmaktadır. Şekil 8.13'de çeşitli kesme kaynağı tasarım şekilleri görülmektedir .

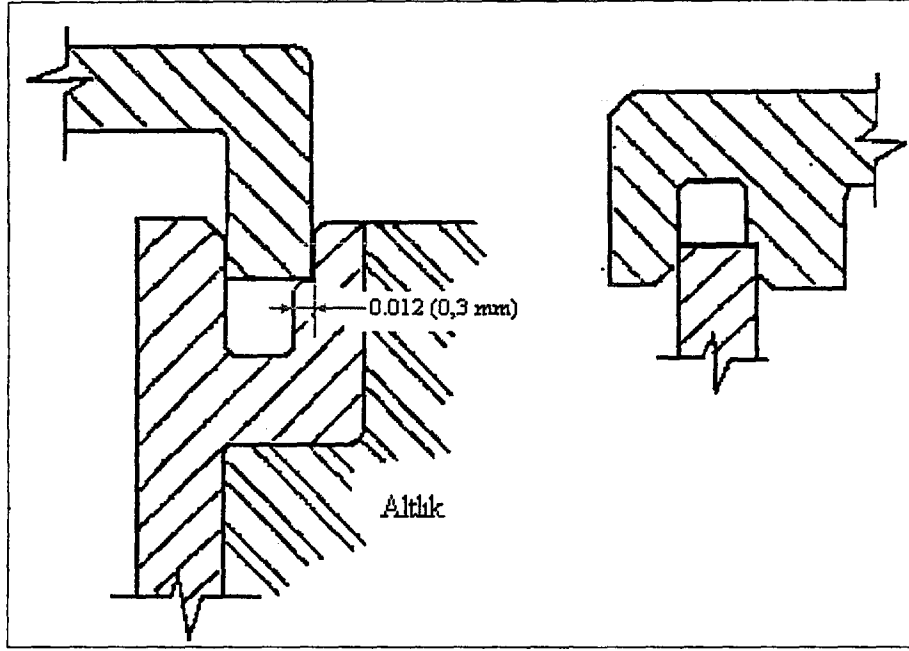


Şekil 8.13. Çeşitli kesme kaynak tasarım şekilleri

Boyutları büyük üst parça veya derin ve bir kalıp boşluğunu dolduran nitelikteki parçalar için kesme kaynağı tasarımı Şekil 8.14'de görüldüğü gibi hazırlanır.

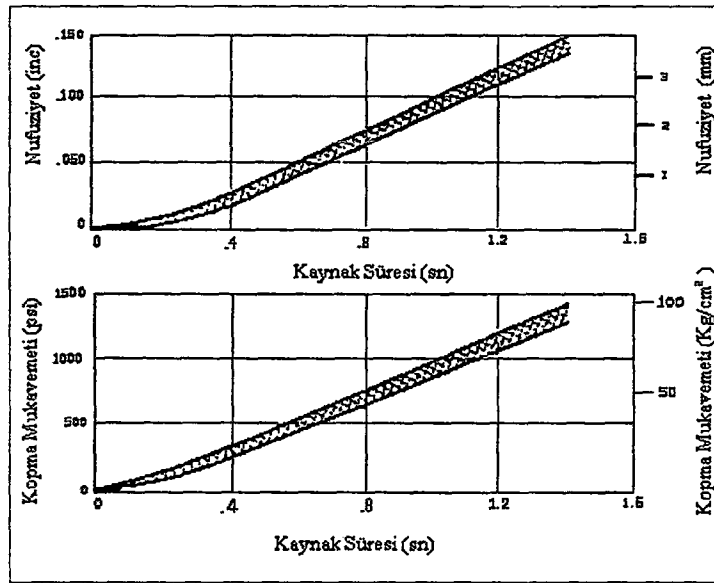
Kesme kaynağı başlangıç temas yüzeyinin küçük ve kaynağın düzenli (üniform) ilerlemesi nedeniyle diğer kaynak türlerine göre en kısa sürede ve en az enerjiyle gerçekleşir. Kaynak bölgesinde oluşturulan ısı, erimiş plastiğin havayla teması olmadığından mekanik titreşimler durana kadar muhafaza edilmektedir.

Kaynak süresince harcanılan ultrasonik enerji plastik malzemelerin kalınlığına ve yüzey şartlarına bağlıdır. Uygulanan ultrasonik enerjinin miktarı belirli bir süreye kadar kaynak mukavemeti ile paralellik arz eder.



Şekil 8.14 Büyük parçaların kesme kaynağı tasarımı

Kaynak derinliği (nüfuziyet) ve kopma mukavemetinin kaynak süresine bağlı olarak değişimi Şekil 8.15'de görülmektedir. Kopma mukavemeti ve nüfuziyet birbiriyle doğru orantılıdır. Nüfuziyet, kaynak süresi ve parça tasarımının bir fonksiyonudur. Sonuç olarak kopma mukavemeti kaynak süresi ve parça tasarımı ile yakından ilgilidir.



Şekil 8.15 Kesme kaynağında nüfuziyet-kopma mukavemeti ilişkisi

8.2.2 Alın Kaynağı Tasarımı

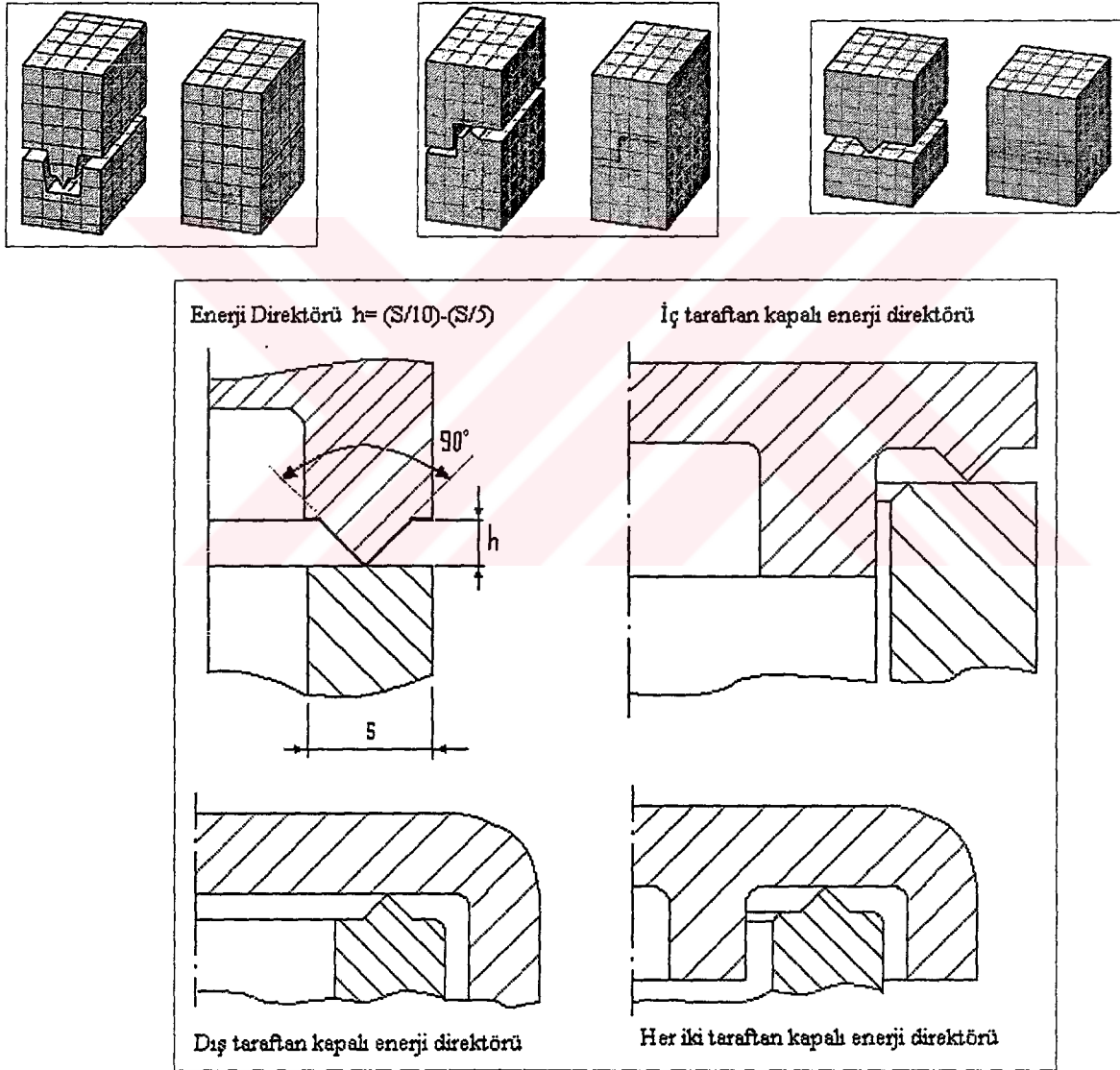
Alın kaynağı tasarımı kaynak tasarımının ikinci basit türüdür. Alın kaynağı tasarımının en önemli özelliği "V" şekilli enerji direktörüdür ve kaynak yapılacak parçaların yüzeylerinden birinin üzerinde bulunur. Enerji direktörü, hızlı ısınma ve erimeyi sağlamak amacıyla temasta olduğu küçük bir alana ultrasonik enerjiyi yoğunlaştırır.

Enerji direktörünün küçük bir bölgesi ilk önce yumuşayıp erimeye başladığında direnç düşer ve bundan sonraki erime daha hızlı devam eder. Erime devam ettikçe eriyik malzeme parçalar arasındaki boşluğu doldurur. Sonotrod'un aşağı doğru basıncı ile eriyik malzeme ilk temas yüzeyine yayılır. Bu sırada ultrasonik enerji kesilir ve basınç altındaki kaynak bölgesi kısa sürede soğuyarak kaynak tamamlanır. Bütün kaynak hattı boyunca veya büyük parçalarda ultrasonik enerjiyi yoğunlaştırmak kolay değildir. Kaynak hattı uzun bağlantılarda birkaç kaynak sonotrodu kullanılarak kaynak yapılabilir fakat böyle bir durumda sızdırmaz nitelikte bağlantılar yapmak çok zor ve pahalıdır.

ABS,SAN, Akrilik ve Polistren gibi amorf termoplastikleri kolay kaynak etmek amacıyla kullanılan enerji direktörünün büyüklüğü kaynak edilecek yüzeye bağlıdır. Pratik uygulamalarda 0.2-0.6 mm arasında minimum yükseklik önerilmektedir. Polifenilen sülfid, Polyesterler, Asetal, Polietilen, Polipropilen, ve Naylon gibi kristalin termoplastikler ile Polikarbonat ve Polisülfon gibi erime sıcaklığı yüksek amorf termoplastikleri kaynak etmek zordur. Bu tür termoplastikler için minimum yükseklikte (0.4-0.5 mm) ve 60 açılı enerji direktörünün kullanılması tavsiye edilir. 90° açılı enerji direktörünün yüksekliği kaynak genişliğinin en az %10'u ve enerji direktörünün genişliği kaynak genişliğinin en az %20 'si olmalıdır. Et kalınlığı fazla olan bağlantılarda iki veya daha fazla enerji direktörü kullanılmalıdır ve bunların yüksekliklerinin toplamı kaynak genişliğinin toplamına eşit olmalıdır.

Sızdırmaz nitelikte polikarbonat parçaları kaynak ederken parçaya 60° açılı enerji direktörü tasarımının yapılması tavsiye edilmektedir. Enerji direktörünün genişliği et kalınlığının %25-30 arasında olmalıdır. Aynı cins termoplastiklerden yapılan kaynaklarda enerji direktörü kaynak parçalarının bir tanesi üzerinde yapılabilir. Bununla birlikte ABS gibi kopolimer olan kaynak parçaları ile maksimum mukavemet sağlamak için Akrilik gibi homopolimer kaynak parçalarının üzerinde yapılmalıdır. Enerji direktörlü basamak kaynağında enerji direktörünün açısı 90° yerine 60° olmalıdır.

Enerji direktörü genellikle kaynağı kolay, düşük sıcaklıkta eriyen, yüksek elastite modüllü (çok rijit) amorf plastikler ile bazı yarı-kristalin plastiklerin tasarımında kullanılır. Ölçüleri tam ve pürüzsüz enerji direktörü yapmak için parçaların üretiminde enjeksiyon yöntemi kullanılmalıdır. Kaynak ara yüzeyindeki enerji direktörünün yeri ve büyüklüğü, kullanılan plastik cinsine, kalıp konstrüksiyonuna ve uygulama şartlarına bağlı olarak değişir. Çeşitli enerji direktörü tasarımları Şekil 8.16'da görülmektedir. Farklı cins plastiklerin kaynağında enerji direktörünü yumuşama ve erime sıcaklığı daha yüksek parça üzerine yerleştirmek daha doğrudur.



Şekil 8.16 Çeşitli enerji direktörü tasarımları

Alın kaynağı tasarımı çok basit olmasına karşılık, kristalin plastiklerle sızdırmazlık özellikle veya mukavemetli bağlantılar yapmak çok zordur. Kristalin plastikler erimeden önce yumuşama göstermezler ve sabit bir erime noktaları vardır. Kaynak açısından kristalin

plastikler amorf plastiklerden farklı davranış gösterirler. Enerji direktörü eriyip birleşme yüzeyleri üzerine akmaya başladığında kaynak bölgesinde kaynak yapmak için gerekli ısı oluşturulamadan hava ile temasta olan eriyik kristalleşebilir. Bu yüzden bütün kaynak yüzeylerini eritmek zorunlu hale gelir.

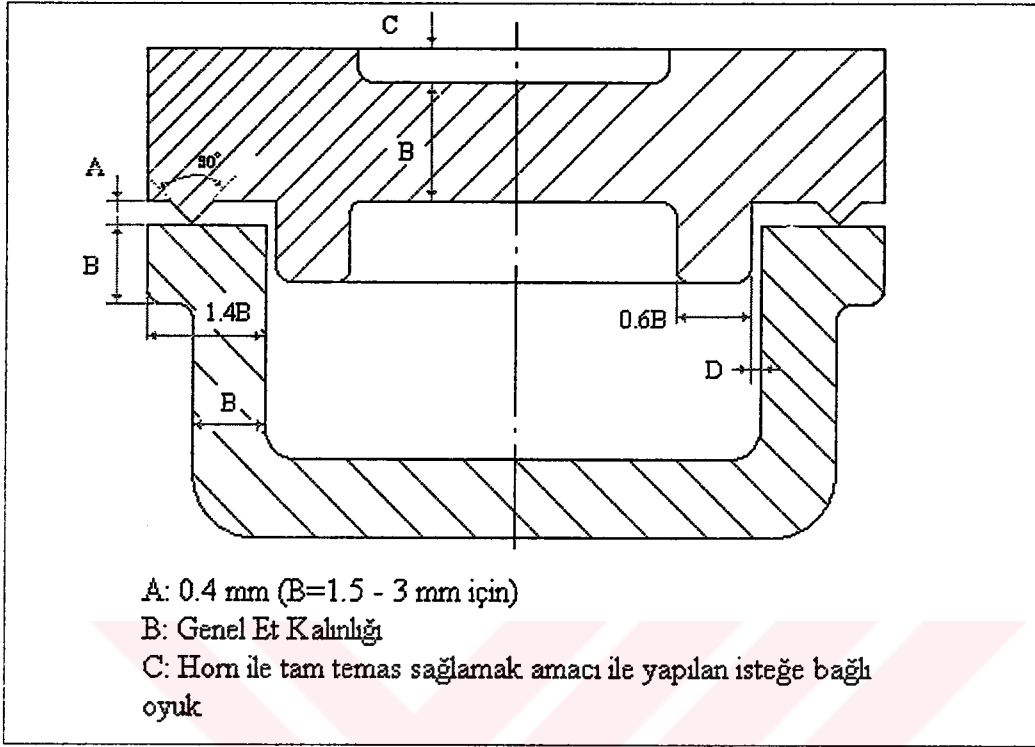
Diğer taraftan yan-kristalin plastiklerin kesin bir erime noktası yoktur. Yarı-kristalin plastiklerin çoğunda erime noktalarının üzerindeki sıcaklıklarda ısıya karşı çok duyarlıdırlar. Hatta kısa süreli yüksek sıcaklıklar termal bozunmalarına sebep olabilir. Enerji direktörü eriyip kenarlara yayıldığında eriyik plastik hava ile temas halindedir. Bu sebeple bütün kaynak yüzeyini kaynak etmek için yeteri kadar ısı oluşturamadan plastik malzeme kristalleşebilir. Kristalleşmiş bölgeler kaynak yerinden çatlayarak kırılırlar. Hava teması plastik malzemenin oksidasyonuna sebep olur. Bu gibi nedenlerden dolayı enerji direktörü yarı-kristalin plastiklerin tasarımında tavsiye edilmezler.

Amorf plastikler kesin bir erime sıcaklığına sahip olmayıp geniş bir yumuşama aralığına sahiptirler. Bu yüzden kaliteli kaynak yapmak için kaynak değişkenleri kritik bir önem taşımaz ve gereğinden fazla ultrasonik enerji kullanılsa bile termal bozulma ihtimali azdır.

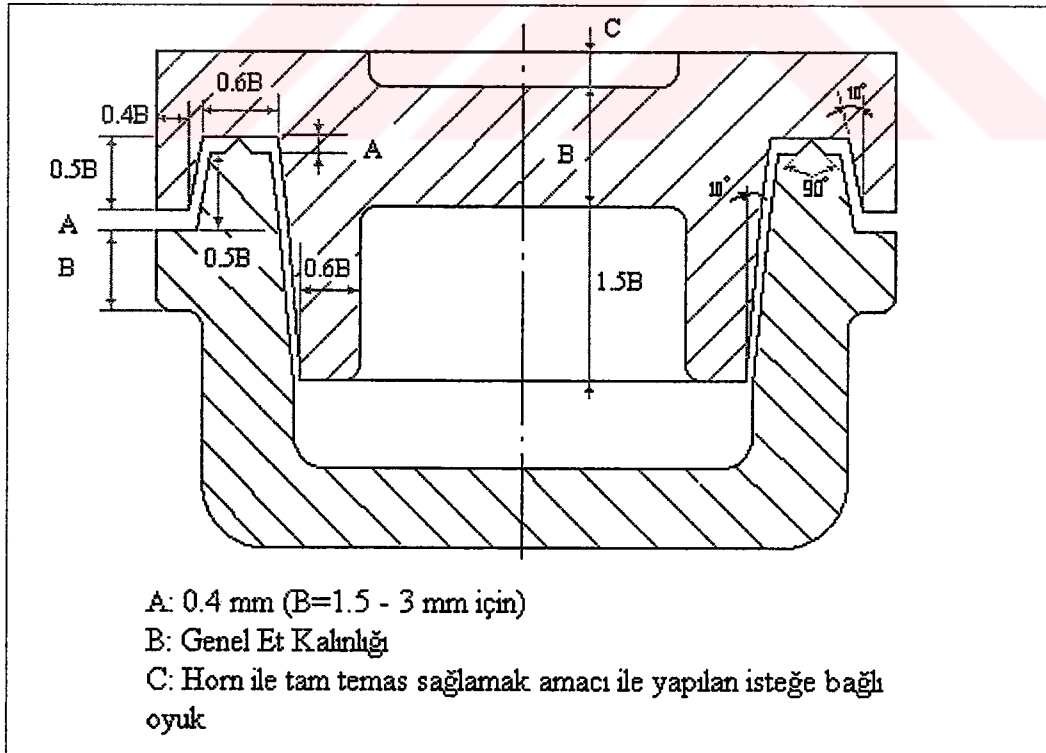
Alın kaynağı tasarımında enerji direktörü çok sık kullanılmaktadır. Çeşitli alın kaynağı tasarımları ve her bir tasarımın kendine özgü avantajları vardır Şekil 8.17'de enerji direktörlü alın kaynağının oransal boyutları görülmektedir.

Enerji direktörlü alın kaynağı türlerinden kök kaynağı ile en yüksek kaynak mukavemeti elde edilmektedir. Kök kaynağı tasarımı iç ve dış kenarlarda kaynak çapağı oluşmasını önlemeye yardımcı olur. Kaynak parçalarını bir düzen içinde kaynak yapma imkanı verir. Kaynak kökünün her iki tarafındaki açıklıkların doldurulması gereklidir. Kök kaynağının tasarım oranları Şekil 8.18'de görülmektedir.

Basamaklı (kademeli) alın kaynak tasarımı kaynak parçaları üzerindeki aşırı gerilmenin veya kaynak çapağının istenmediği durumlarda uygulanır. Ayrıca parçalarının kaynaktan sonra aynı hizada olması isteniyorsa basamaklı kaynak tercih edilir Şekil 8.19'da basamaklı kaynak tasarımı görülmektedir.

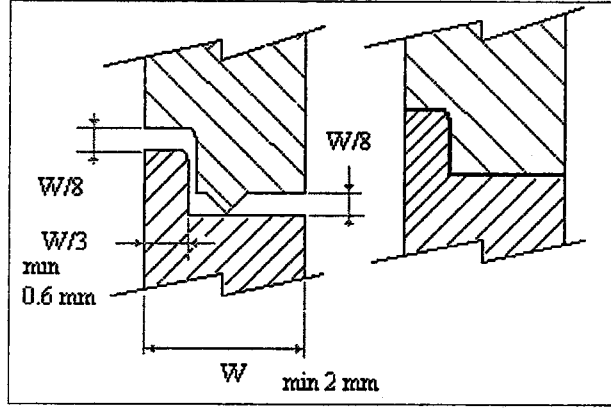


Şekil 8.17 Enerji direktörlü alın kaynağı

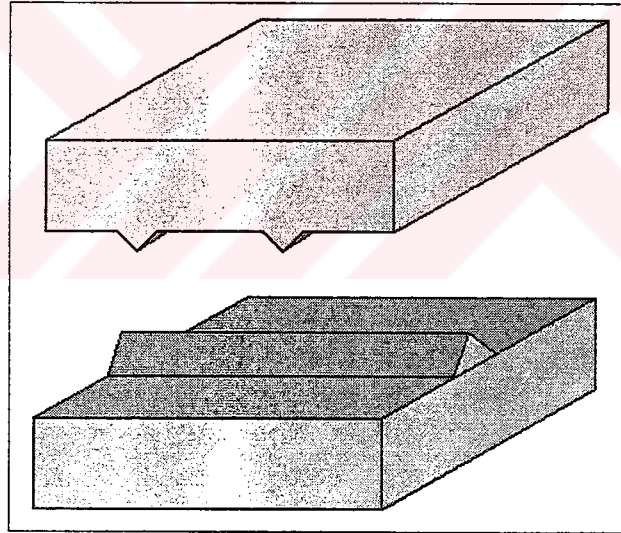


Şekil 8.18. Kök kaynağı tasarımı

Çapraz alın kaynak tasarımında her iki birleşme yüzeyinde kullanılan enerji direktörü ara yüzeyde Şekil 8.20'deki gibi minimum temas sağlar. Tek enerji direktörlü tasarımlarda enerji direktörü parça büyüklüğünün %60'ı olmalıdır. Çapraz kaynaklı birleştirmelerde mukavemet artar.



Şekil 8.19: Basamaklı Alın kaynağı tasarımı



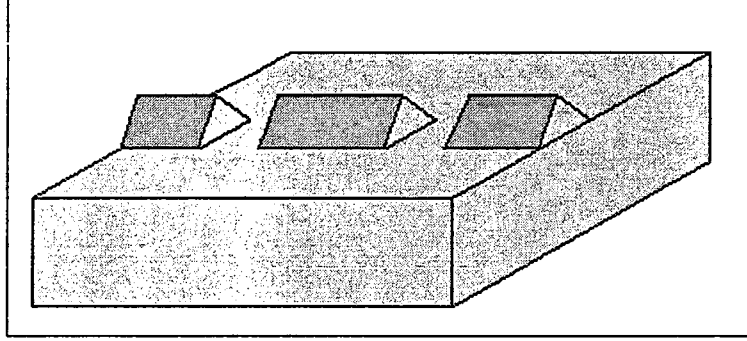
Şekil 8.20 Çapraz alın kaynağı tasarımı

Kesikli alın kaynak tasarımında Şekil 8.21'de görüldüğü gibi kaynak bölgesi yüzey alanı küçüktür. Dolayısıyla kaynak için gerekli ultrasonik enerji azalır. Bu kaynak tasarımı sadece yapısal bağlantıların gerekli olduğu hallerde uygulanır.

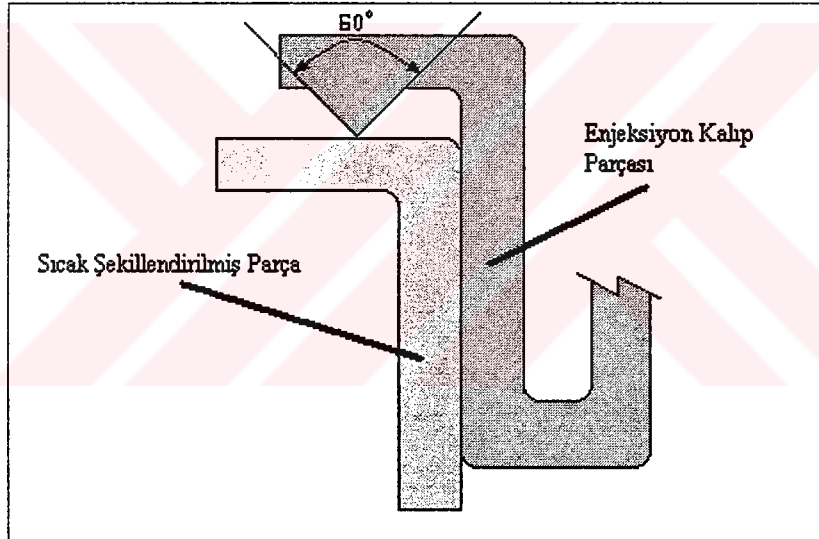
Özel alın kaynak tasarımları da vardır. Bu tür kaynak tasarımların da plastik parçaya sızdırmazlık elemanı yerleştirileceğinden kaynak kabiliyeti iyi olan plastikler tercih edilir. Şekil 8.22'de sızdırmaz bağlantıların yapıldığı kaynak tasarımlarını göstermektedir.

8.3 Genel Kaynak Tasarımı

Plastikler (polimerler) genellikle amorf yapıya sahiptirler. Uzun ve karışık yapılı zincirlerin komşuları ile uyum sağlayıp düzenli yapı meydana



Şekil 8.21 Kesikli alın kaynağı tasarımı



Şekil 8.22 Özel alın kaynağı tasarımları

getirmeleri çok zordur. Bir lineer termoplastiğin genel görünüşü pişmiş makarnayı andırır. Ancak basit yapılı termoplastiklerde, polietilen gibi, bazı koşullarda yerel düzen oluşabilir. Çoğu termoplastiğin mikroskobik kristalin bölgeleri vardır. Muntazam kafes düzeninde paketlenen bir plastik kristalin yapıda olacaktır. Amorf ana yapı içinde oluşan küçük kristal yapıları bölgelere kristalitler denir. Kristalitlerin yoğunluğu amorf yapıya göre %5-10 daha büyüktür. Soğuma hızı yavaş olursa kristalleşme olasılığı artar ve oluşan kristaller rasgele yönlenirler. Kristalleşme dış kuvvet etkisiyle de oluşabilir. Kristallik derecesi arttıkça mekanik özellikleri ve yumuşama sıcaklığı yükselir. Kristalin özelliği düşük benzer bir plastiğe göre daha yoğun, mukavemetli ve sert olmaktadır.

Kaynak sonotrodu ile kaynak sonotrodunun parçaya temas ettiği bölge arasındaki mesafeyi belirlemek kaynak tasarımının en önemli bölümünü oluşturmaktadır. Genel kaynak tasarımları sonotrod ile kaynak bölgesi arasındaki mesafeye bağlı olarak iki yöntemde incelenir. Bunlardan birisi direkt ultrasonik kaynak, diğeri endirekt ultrasonik kaynaktır.

Plastikler kesme dalgalarını daha az iletirler. Bu durum üst parçanın geometrisinin kompleks olması halinde kaynağı zorlaştırır. Kaynak bölgesi ve sonotrod arasında kalan alandaki kesiklikler, açılı yüzeyler, kıvrımlar ve delikler mekanik titreşimleri kısmen zayıflatırlar veya dağıtırlar .Parça tasarım aşamasında bu hatalardan mümkün olduğunca sakınılmalıdır. Mekanik titreşimlerin iletimini artırmak için sonotroda temas etmekte olan kaynak parçası düz ve kaynak bölgesinde sürekli olmalıdır. Sonotrod ve parça arasındaki temas kopukluğu kaynakta süresizliğe sebep olur. Ultrasonik kaynakta sonotrod ile kaynak ara yüzeyi arasındaki mesafe 1 mm'den küçük olabileceği gibi birkaç santimetreye kadar değişebilir. Bu mesafe arttıkça plastik malzemenin cinsi, şekli ve büyüklüğü önem kazanmaktadır. Plastikler elastisite modülü çok düşük veya çok yumuşak olmamak şartı ile ultrasonik titreşimleri etkin olarak iletirler. ABS ve sert polistiren en kolay kaynak yapılabilen plastiklerdir. Kesin bir kural olmamakla beraber amorf plastikleri kaynak etmek yarı kristalin termoplastikleri kaynak etmekten daha kolaydır.

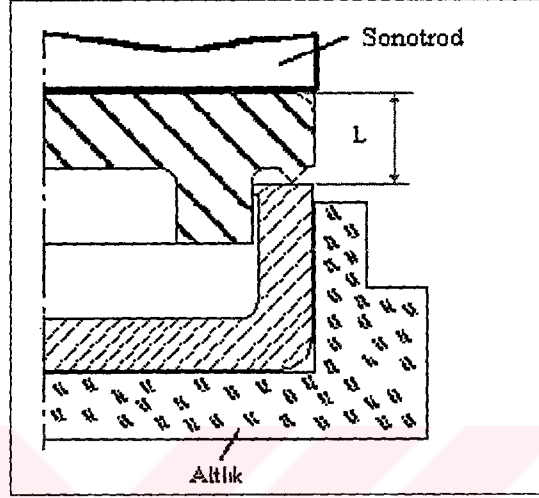
8.3.1 Direkt (Yakın Alan) Ultrasonik Kaynak Tasarımı

İdeal parça konstrüksiyon ve tasarımında sonotrod temas yüzeyi kaynak bölgesine mümkün olduğunca yakındır. Direkt ultrasonik kaynak tasarımında sonotrod'dan kaynak yüzeyine olan mesafe 6 mm veya daha azdır. Sonotrod temas yüzeyi ile kaynak bölgesi arasındaki mesafe arttıkça titreşimlerin plastik malzeme içerisinden geçişi daha da zorlaşacak ve dolayısıyla. Kaynağın gerçekleşmesi daha güç olacaktır. Bu yöntemde kaynak problemleriyle pek karşılaşılmaz. Bütün termoplastiklerin kaynağından en iyi sonuçlar elde edilir. Parçalar sonotrod'a direkt temas edecek şekilde tasarlanmalıdır. Şekil 8.23'de direkt ultrasonik kaynak tasarımı görülmektedir.

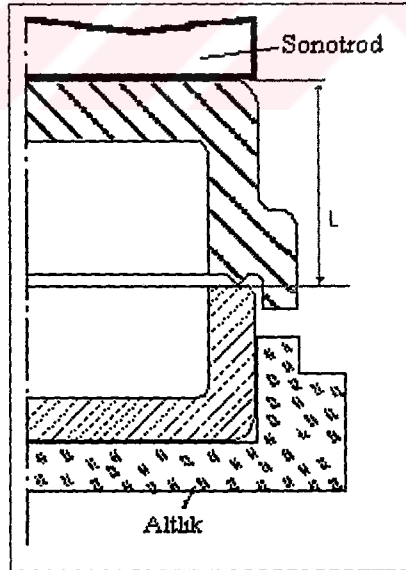
8.3.2 Endirekt (Uzak Alan) Ultrasonik Kaynak Tasarımı

Sonotrod temas yüzeyi ile kaynak bölgesi arasındaki mesafe 6 mm'den fazladır. Üst kaynak parçası ultrasonik titreşimleri kaynak bölgesine bir enerji hattı gibi iletir. Amorf plastikler ultrasonik enerjiyi en iyi ilettilerinden endirekt ultrasonik kaynaklarından çok iyi sonuçlar alını. Kristalin plastikler ultrasonik titreşimleri iletmelerinden ziyade absorbe ederler. Bu

yüzden indirekt ultrasonik kaynak yöntemiyle kaynak edilmeleri daha zordur. Endirekt ultrasonik kaynak tasarımı Şekil 8.24'de görülmektedir. [Mengason ve Williams, 1972; Fu, 1982; Mark, 1985; Land, 1981; Branson 2000.b]



Şekil 8.23 Direkt ultrasonik kaynak tasarımı



Şekil 8.24 Endirekt ultrasonik kaynak tasarımı

9. ULTRASONİK KAYNAK PARAMETRELERİ

9.1 Ultrasonik Kaynak Parametreleri Ve Kaynak Üzerine Etkileri

Plastiklerin Ultrasonik kaynak uygulamalarında kullanılan parametreler çeşitli ve her biri kaynak kalitesi ile direkt ilgili konulardır.

9.1.1 Kaynak Süresi

Kaynak süresi plastik parçalara sadece mekanik titreşimlerin uygulandığı süreçtir. Uygulamada kaynak süreleri 0,1-1,5 saniye arasında değişmektedir. Deneme yanılma sonucu bulunan kaynak süresini aşmamak çok önemlidir. Kaliteli kaynak yapılması isteniyorsa kaynak süresi 1,5 saniyeden az olmalıdır. Aşırı kaynak süresi iç ve dış kenarlarda kaynak çapağının oluşmasına, kaynak kalitesinin bozulmasına ve sızdırmazlık gerektiren parçalarda çatlaklara sebep olmaktadır. Ayrıca kaynak süresinin uzun tutulması enjeksiyonla üretilen plastik parçalarda özellikle kaynak bölgesinden uzak kısımlardaki boşluklarda, kaynak bölgesinde ve köşelerde erime ve çatlama neden olabilir.

Zaman ayarlayıcılar (mikroproses kontrol düğmesi) jeneratöre veya kaynak makinasının üzerine yerleştirilir. Zaman ayarlayıcılar kaynak süresi ve basınç süresini kontrol eder. Zaman ayarlayıcılara alternatif olarak kaynak süresince çeşitli fonksiyonları daha etkin kontrol etmek amacıyla küçük bilgisayarlar veya mikroişlemciler kullanılmaktadır. Mikroişlemcilerin avantajı belirli kaynak süresinden ziyade belirli enerji seviyesine ayarlanarak kaynak yapma imkanı verirler. Çoğu mikroişlemci kaynak kumanda elemanlarının otomatik olarak çalıştırır, durdurur veya çalışmalarını sınırlandırır. Ayrıca mikroişlemciler yapılan işin hafızaya kaydedilmesi, kaynak basıncının ayarlanması, iç kalibrasyon, parça sayımı ve yazıcı gibi birçok özelliğe sahiptir.

9.1.2 Titreşim Genliği

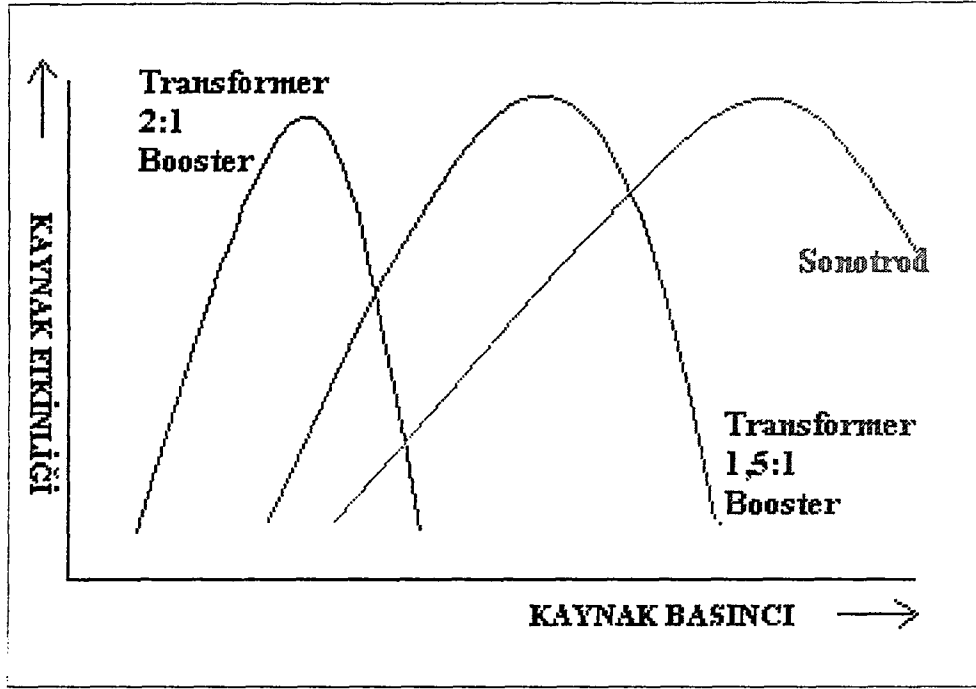
Kaynak yapılacak plastik parçalara uygulanan mekanik titreşim genliği kaynak prosesinin en önemli değişken faktörüdür. Erime noktası yüksek kristalin yapıları plastik parçaları hızlı ve etkili kaynak yapmak için yüksek titreşim genliğine (0,10-0,15 mm) ihtiyaç vardır. Normalde bir transduser enerjisini yüksek güç ve düşük titreşim genliğinde ilettiğinden, titreşim genliği kaynak edilecek parçalara ulaşmadan önce artırılmalıdır. Sonotrod tasarımı titreşim genliği dönüşümünü küçük bir çapa göre arttırmaya veya azaltmaya da kapsamaktadır. Parça

geometrisinin büyük veya kompleks olması halinde kaynak sonotrodu bu değişikliği (titreşim genliği artışı veya azalmasını) sağlayamaz. Transformer (booster sonotrod) kullanımı ile bu değişiklik ve uyum kolayca sağlanabilir. Transformer 2,5:1'e kadar büyütme (pozitif) 0,4:1'e kadar küçültme (negatif) yapabilmektedir. Kesme kaynağı ile birleştirilecek parçalarda titreşim genliğinin artırılması ile kaynak kalitesi artar. Alın kaynağında ise kaynak süresinin azaltılması ve titreşim genliğinin artırılması kaynak kalitesini arttırır.

9.1.3 Kaynak Basıncı

Kaynak basıncı, sonotrodun plastik parçalara temasını ve kaynak bölgesinde erimiş plastiğin katılaşıırken kaynağın basınç süresince parçaları birlikte tutmak için gerekli statik kuvveti sağlar. Kaynak sonotrodunun plastik parçalara teması ile mekanik titreşimler parçalara iletilir. İyi bir kaynak yapmak için optimum basınç belirlemek gerekir. Basıncın düşük olması halinde mekanik titreşimler plastik parçalara yeteri kadar iletilemez ve gereksiz yere kaynak süresi uzar. Kaynak basıncı sonotrod titreşim genliğine göre çok yüksek olursa, sonotrod aşırı yüklenir ve mekanik titreşimleri tam olarak iletmez. Dolayısıyla iletilen mekanik titreşimlerde büyük azalma olur. Bu yüzden uygulamalarda düşük basınç ile yüksek titreşim genliği veya düşük titreşim genliği ile yüksek basınç kullanılır.

Ultrasonik kaynak makinasında transformer (booster sonotrod) kullanılmasıyla kaynak etkinliğinin kaynak basıncı ile değişimi Şekil 9.1'de görülmektedir. Kaynak oluşum kademeleri ve kaynak mukavemeti arasında Sekil 9.1'de görüldüğü gibi yakın bir ilişki bulunmaktadır ve en yüksek mukavemet değerine 3. kademede ulaşılmaktadır. Kaynak yapısı ve morfolojisi kaynak bölgesinde akış şartlarını belirleyen kaynak basıncına bağlıdır. Yapılan araştırmalardan bulunan sonuca göre, prosesin sonuna doğru basıncın azaltılması ile yüksek mukavemetli kaynaklar elde edilmektedir. Kaynak basıncının düşük olması kaynak süresinin uzamasına da sebep olur.



Şekil 9.1 Titreşim genliği ve Kaynak basıncına bağlı kaynak etkinliği

9.1.4 Basınç Süresi

Basınç süresi parçalar kaynak edildikten sonra basınç altında parçaların katılaşması için birlikte tutuldukları süredir. Basınç süresi çoğu uygulamalarda kritik bir değişken değildir. Parçaların iç gerilme veya başka bir nedenle yeniden ayrılmaları söz konusu değilse 0,3-0,5 saniye basınç süresi yeterlidir. Basınç süresi genellikle kaynak süresinden daha kısadır.

9.2 Optimum Kaynak Değişkenlerini Belirleme

Her kaynak uygulaması için titreşim genliği kaynak basıncı ve kaynak süresi en uygun şekilde seçilmelidir. Her bir değişkeni tespit ederken diğer değişkenler sabit tutularak farklı sayıdaki kaynak parçalarıyla birbirinden ayrı olarak çalışılmalıdır. Her bir kaynağın sonucu ölçülüp kaydedilmeli ve optimum değer bulunmalıdır. Kaynak şartlarını en iyi şekilde belirlemek amacıyla kullanılan çeşitli kaynak etkinliği veya kaynak kalitesi ölçümleri vardır. Seçilen ölçüm yöntemi kaynaklı mamulün kullanım sahasına bağlı olarak, kaynak nüfuziyeti, kopma mukavemeti veya sızdırmazlık testi olabilir.

En güvenilir ölçüm yöntemi fiziksel testlerdir. Aerosol tankları veya gaz taşıyıcı tanklar gibi basınçlı kaplarda fiziksel test yöntemi olarak kopma basınç testleri tercih edilir. Fakat bu testler zaman alıcı ve zahmetli olduğundan sadece gerektiğinde kullanılmaktadır. Kesme

kaynağı için kaynak nüfuziyeti ölçülebilir. Bu yöntem en uygun kaynak şartlarını bulmak açısından hem ucuz hem de kısa süreli doğru bir yöntemdir.

9.2.1 Basınç Ve Genlik Belirleme

En uygun kaynak şartlarını bulmak için ilk adım olarak 0, 10-0,15 mm titreşim genliği veren kaynak sonotrodu ve transformer seçilmelidir. Çapı 1 inç (2,54 cm) veya daha büyük olan parçalar için başlangıçta 2:1 transformer gibi yüksek genlikli transformer, küçük parçalar için kaynak sonotrodu denenmelidir. Optimum basınç ve genlik şartlarını belirlemek için kaynak süresi sabit tutulmalıdır. Kesme kaynağı için daha uzun kaynak süresi (1-1,5 sn) tercih edilmelidir. Tespit edilen kaynak süresi daha sonra üretimde kullanılabilir. Kaynak basıncını belirlemek için seçilen bir titreşim genlik değerinde 20, 30, 40,50, 60 psi ($42 \cdot 10^{-3}$ kg/mm²) gibi çeşitli kaynak basınçlarında çok sayıda parça kaynak edilir. Nüfuziyeti veya fiziksel testlerle kaynak etkinliği (kaynak mukavemeti) değerleri bulunur.

Optimum genlik değeri de yukarıda bahsedilen yöntemle, başlangıç genlik değerinden daha küçük ve daha büyük genlik değerlerini denemek suretiyle belirlenir. Bunun için transformeri değiştirmek gerekir. Nüfuziyeti ölçüldüğünde genlik değerleri arasındaki fark az veya yok ise en büyük genlik değeri alınır.[Mengason ve Williams, 1972; Fu, 1982;Mark, 1985, Profit, 1988]

10. KAYNAK PERFORMANSI

Termoplastiklerin ultrasonik kaynağının kalitesi birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Bunları ana hatlarıyla;

- Plastik malzeme seçimi,
- Kaynaktan önce parçaların doğru kaynak tasarımının yapılması,
- Plastik malzeme cinsine göre doğru kaynak yönteminin belirlenmesi ve kaynak esnasında kaynağı etkileyen parametrelerin optimum değerlerinin uygulanması,

olarak sıralayabiliriz.

Bir takım faktörler plastiklerin kaynak kabiliyeti değişmektedir.

- Plastik hammadde içerisindeki nem

Plastik parçanın yüzeyindeki nem her zaman kaynak açısından problem yaratır. Kaynak sırasında nem buharlaşıp uzaklaşırken kaynak bölgesinde yüzey çatlakları veya hava kabarcıkları oluşturur. Bu da kaynak kalitesini düşürür. Özellikle naylon ve polikarbonat gibi plastik malzemelerin kalıpla üretiminden hemen sonra kaynak yapılmaları imkansızdır. Bu yüzden plastik malzemeler kalıpla üretimlerinden sonra kurutulmalı ve uygun plastik torbaların içinde saklanmalıdır.

- Plastik hammaddeye ilave edilen takviye amaçlı ve diğer malzemeler

Plastiklerin üretimleri sırasında katılan kalıptan sıyırıcı, yağlayıcı, plastikleştirici, renklendirici ve tutuşma sıcaklığını yükseltici maddeler plastiklerin kaynak kabiliyetini etkilemektedir. İnorganik bileşikler olan renklendirici maddeler % 1-2 oranında katılmaktadır. Çoğu renklendiriciler ultrasonik kaynak için problem yaratmaz iken bazı yağ esaslı renklendiriciler plastiklerin kaynak kabiliyetini olumsuz yönde etkileyebilirler. Yağ esaslı olmayan renklendiriciler kullanılabilir. Bazen renklendiriciler kaynak mukavemetini düşürür, kırılabilirliği artırır. Renklendirici katılan plastikler daha uzun sürede kaynak edilebilmektedir. Kaynak süresinin uzaması da kaynak çapağı oluşumuna ve kaynak sonotrodu altındaki bozulmalara sebep olmaktadır. Yağlayıcı ve kalıptan sıyırıcı maddelerin küçük miktarları bile kaynak süresinin artışına neden olur. Kaynak süresinin artması da yukarıda bahsedilen problemleri oluşturur. Bu yüzden plastik parça üzerinde kalan kalıptan sıyırıcı maddeler kaynaktan önce tamamen temizlenmelidir. Cam ve talk gibi dolgu ve kuvvetlendirici (fiber) malzemeler termoplastik malzemelerin kaynak kabiliyetini nispeten

artırılmasına rağmen yine de ölçülü olarak kullanılmalıdır. İlave malzeme miktarı %10'u aşarsa özel olarak yapılmış sonotrodlara ihtiyaç duyulabilir. İlave malzeme miktarı %35'i geçerse sızdırmaz özellikte kaynak yapmak için yüzeyde yeterli miktarda plastik malzeme olmayabilir. İlave malzeme miktarı %50'yi geçtiğinde, kaynak ara yüzeyinde kaynak yapmak için yeterli plastik malzeme yoktur. Uzun cam fiberlerden oluşan kuvvetlendiriciler kısa cam fiberlerden daha çok problem oluşturmaktadır.

– Plastik hammaddenin moleküler yapısı

Plastik malzemeler amorf, yarı-kristalin ve kristalin plastikler olmak üzere üç gruba ayrılabilirler. Amorf termoplastikler düzensiz moleküler yapıları ve geniş ergime aralıkları ile karakterize edilirler. Isıtıldıklarında yavaş bir şekilde yumuşayarak viskoelastik deformasyon gösterirler ve soğuma sırasında yavaş bir şekilde katılaşırlar. Ultrasonik enerji amorf termoplastiklerin içerisinden kolayca ilerleyebilir. Kristalin yapıları termoplastikler ise düzenli bir moleküler yapıya sahip olup dar bir sıcaklık aralığında ergirler. Bu tür plastik malzemeler ultrasonik enerjiyi absorbe ettiklerinden yapılarından ultrasonik enerjinin iletilebilmesi için yüksek genlikli ultrasonik enerjilere ihtiyaç duyulur ve bu nedenle kaynak özellikleri amorf plastiklere göre daha düşüktür. Elastik modülü düşük yumuşak termoplastikler ultrasonik titreşimleri azaltırlar ve dolayısıyla kaynak yapılmaları zorlaşır. Ultrasonik şekil verme veya nokta kaynağında bunun tersi doğrudur. Genellikle plastik malzeme yumuşadıkça ultrasonik şekil verme veya nokta kaynakları kolaylaşır.

– Plastik hammaddenin enerji iletim özelliği

Plastiğin enerji iletim özelliği direkt veya endirekt ultrasonik kaynak yönteminden hangisini seçileceğini belirler. Sonotrod temas yüzeyi ile kaynak bölgesi arasındaki mesafe arttıkça plastiğin ultrasonik enerji iletilme özelliği önem kazanmaktadır. Termoplastik türleri kaynak kabiliyeti üzerinde önemli etkileri vardır. Örneğin, dökümle üretilen termoplastik yüksek molekül ağırlıklarına ve yüksek erime sıcaklıklarına sahiptirler. Dolayısıyla kır ve sert yüzey tabakaları vardır. Bu yüzden dökümle üretilen termoplastikleri kaynak , enjeksiyon/ekstrüzyonla üretilen plastikleri kaynak etmekten daha zordur. Sonuç enjeksiyon/ekstrüzyon ile üretilen termoplastikler sadece enjeksiyon/ekstrüzyonla termoplastiklerle , dökümle üretilen termoplastikler de sadece dökümle termoplastikler ile kaynak edilmelidir.

10.1 Termoplastiklerin Kaynak Karakteristikleri

Çok yaygın olarak enjeksiyonla üretilen plastiklerin ultrasonik kaynağı yapılmaktadır. Bu plastiklerin ultrasonik kaynak kabiliyeti erime sıcaklıklarına, elastisite modüllerine, sürtünme katsayısına ve ısı iletkenliğine bağlı olarak değişmektedir. Genellikle plastiklerin rijitlikleri arttıkça kaynak kabiliyeti artar. Polietilen ve polipropilen gibi düşük elastisite modüllü plastiklerin kaynağında sonotrod kaynak yüzeyine daha yakın tutulur. Ultrasonik Başlık (Heading) ve Ultrasonik Şekil Verme (Swaging) kaynağında bunun tersi doğrudur. Bununla birlikte kaynak basıncının ve genliğinin doğru seçilmesiyle çoğu plastiğin kaynağından iyi sonuçlar alınabilir. Tablo 10.1 yaygın olarak kullanılan plastiklerin kaynak kabiliyetini göstermektedir.

10.2 Aynı ve Farklı Cins Termoplastiklerin Kaynaklanabilirlik Derecesi

Aynı cins plastik malzemelerin birbirine kaynağı kaynaklanabilme açısından herhangi bir problem oluşturmaz. Bununla birlikte plastiklerin ergime sıcaklıkları, rijitlikleri, sürtünme katsayıları, elastisite modülleri ve ısı iletkenliklerinin farklı olması nedeni ile farklı cins plastik malzemelerin kaynağından istenilen sonuç alınmaz. Kaynak yapılacak parçaların erime sıcaklıkları arasındaki farklılık yaklaşık olarak 300 geçmemeli ve plastik malzemelerin moleküler yapıları birbirine uygun olmalıdır. Tablo 10.2’de aynı ve farklı cins plastiklerin birbirleri ile kaynaklarının uygunluk derecesi gösterilmektedir.

Çizelge 10.1 Termoplastikler için çeşitli ultrasonik kaynak yöntemlerine göre kaynak edilebilirlikleri

Malzeme	Nokta Kaynağı	Saplama - Şekil Verme Kaynağı	Metal Saplama Kaynağı	Direkt Kaynak	Endirek Kaynak
Amorf					
ABS - PoliKarbonat	M	M	M	M	İ
ABS - PVC	İ	İ	İ	İ	O
Akrilik	İ	İ	O	İ	O
Akrilik-Polimer-Xtpolimer	İ	O	İ	İ	O
Akrilik - PVC	İ	İ	İ	İ	O
Akrilik (Darbe Dayanımlı)	İ	İ	O	İ	O
BDS	İ	İ	İ	İ	O
Selülozikler-CA. CAB. CAP	Z	İ	M	Z	-
Değiştirilmiş Fenilen Oksit	M	M	M	M	İ
Poliakrilat	O	O	İ	İ	O
Polikarbonat	İ	O	İ	İ	O
Politermit	İ	İ	M	M	İ
Polistren (Genel Amaçlı)	O	O	İ	M	M
Polistren (Darbe Dayanımlı)	O	O	İ	İ	Z
PVC-Sert	O	İ	M	Z	Z
PVC-Yumuşak	Z	-	-	Z	-
SAN-NAS-SAN	O	O	İ	M	M
Stren Maleik Anhidrit	M	M	M	M	İ
Sülfon Polimerleri	O	O	İ	İ	O
Kristalin					
Asetal Kopolimer	O	O	İ	İ	O
Asetal Homopolimer	O	O	İ	İ	O
Floro Polimerleri	-	-	-	Z	-
Naylon	O	O	İ	İ	O
PC-PET	İ	İ	M	M	İ
Poliester-PBT	O	O	İ	İ	O
Poliester-PET	O	O	İ	İ	O
Polietereterketone	İ	İ	M	M	İ
Poliyeten (LDPE. HDPE)	İ	O	İ	Z	Z
Poliyeten (UHMW)	-	-	-	-	-
Polimetilenpenten	İ	O	M	O	Z
Polifenilensülfid	O	Z	İ	İ	O
Polipropilen	M	M	İ	O	Z

M: Mükemmel İ: İyi O: Orta Z: Zayıf

Çizelge 10.2 Aynı ve Farklı tür termoplastikler için kaynak edilebilirlik durumları

	ABS	Akrilik Polimer	Asetal	Akrilikler	Selülozikler	ABS / Polikarbonat	ABS-PVC	BDS	MPPO	Naylon	PC / PET	Poliakrilat	Polikarbonat	Poliester-PBT	Poliester-PET	Polietereterketone	Politermit	Poliäten	Polipropilen	Polistren	PVC	SAN	Siren-Maleik-Anhidrit	Sülfonlar
ABS	X	O		X		O	O	O														O	X	
Akrilik Polimer	O	X		O		O	O															O		
Asetal			X																					
Akrilikler	X	O		X		O	O															O	X	
Selülozikler					X																			
ABS-Polikarbonat	O	O		O		X	O						O										O	
ABS - PVC	O	O		O		O	X														O		O	
BDS	O							X												O			O	
MPPO									X											O				
Naylon										X														
PC - PET											X		O		O									
Poliakrilat												X												
Polikarbonat						O					O		X										O	
Poliester - PBT														X										
Poliester - PET										O					X									
Polietereterketone																X								
Politermit																	X							
Poliäten																		X						
Polipropilen																			X					
Polistren								O	O											X		O	O	
PVC							O														X			
SAN	O	O		O																O		X	O	
Siren-Maleik-Anhidrit	X			X		O	O	O					O							O		O	X	
Sülfonlar																								X

X: Tam olarak kaynak edilebilir

O: Kısmen Kaynak edilebilir

10.3 Termoplastiklerin Ultrasonik Kaynağında Malzeme ve Yöntem İtibari ile Karşılaşılabilecek Problemler ve Sebepleri

1.Kalıp ayırıcı:

Bu tip maddeler özellikle aerosol halinde silikon içerenler enjekte edilen parçaları ince kaygan bir tabakayla kaplar bu tabaka ise parçaların birbirlerine sürtünerek kaynamalarına engel olur.

2.Butadien:

Yüksek darbe dayanımlı maddeler (yani butadienle doldurulmuş olanlar), yüksek darbe dayanımlı polyesterin, yüksek darbe dayanımlı ABS, yüksek darbe dayanımlı akrilik gibi (butadien dolgudan dolayı) ultrasonik kaynak yapılabilirliklerinden çok kaybederler. Butadien, maddelerin rijitliğini azaltır, böylece titreşimleri emici hale gelirler. Bu sebeple sonotrod parçalar üzerinde önemli derecede iz bırakır, kaynak homojen değildir ve güvenilirliği düşüktür kritik uzaklık da sıfıra iner.

3. Titanyum Oksit:

Fazla miktarda titanyum oksit (özellikle beyaz, yüksek darbe dayanımlı malzemeler için) butadiende olduğu gibi ters etki gösterir. Mesela, beyaz ABS bir maddenin kaynağı, kırmızı ABS bir maddenin iki katı zaman alır.

4.Kötü yerleştirilmiş enerji yönlendiricileri:

Zor kaynak olan maddelerde yönlendirici, parçanın üzerinde ve sonotrodla temas halinde olmalıdır.

5. Yanlış parçanın titreşen parça olarak seçilmesi:

Hacimleri farklı iki parça kaynak yapılırken sonotrod daima hafif olan parçaya dayanmalıdır.

6. Malzemelerin farklı olması:

İki farklı malzeme kaynak yapılabilirse, enerji yönlendiricinin daha sert olan tarafta olması ve sonotrodun da daha sert olan tarafa dayanması şarttır. Mesela; Akrilik üzerine ABS: Enerji yönlendirici akrilik parça üzerine yerleştirilmeli, sonotrod da akrilik üzerine dayanmalıdır. Akrilik üzerine- polikarbonat: Enerji yönlendirici polikarbonat üzerinde olmalı sonotrod da polikarbonat parça üzerine dayanmalıdır.

7. Fazla metalik yerleştirilmesi:

Titreşen tarafta bulunacak büyük bir metal parça titreşim enerjisinin tamamını emer ve kaynak yapılmasını imkansız hale getirir. Bu olay, içine diyaframı sabitleştirecek bir metal parça konmuş olan ABS'den bir klaksonun kaynağı sırasında gözlenmiştir.

8. Naylonlardaki nem:

Enjeksiyon kalıplama ile yapılan naylonların 24 saat içerisinde nemlerini geri kazanmaları, kaynak yapılabilirliklerini büyük ölçüde azaltır. Naylonun kaynak olmasına yardımcı olmak için, ya hemen enjeksiyondan sonra birleştirme (kaynak) yapılmalı, ya da dört saat boyunca 80°C'de tutularak malzemenin nemi tamamen alınmalıdır.

9. Yüzey ve oksitlenme etkisi:

Naylonlarda görülen yüzey etkisi (eriyen ve iki tarafa da kaynaşmayan malzeme tabakası) “V” şekilli enerji yönlendiricinin uç noktalarında kaynağa engel olur. Oksitlenme de, naylon malzeme döküm yapıldıktan birkaç gün gibi uzun bir süre sonra nem giderme işlemine tabi tutulursa ortaya çıkar.

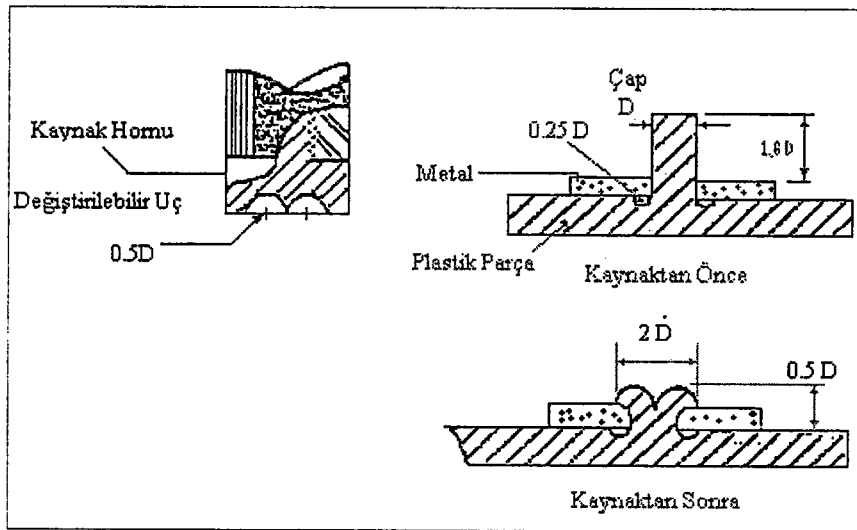
[Land, 1981; Mark, 1985; Riley, 1985; Rouse, 1985; Profit, 1988; Schwartz, 1992]

11. PLASTİKLERDE BİRLEŞTİRME ŞEKİLLERİNDE DİĞER ULTRASONİK UYGULAMALAR

11.1 Ultrasonik Puntalama

Ultrasonik başlık yöntemi ayrı veya farklı iki parçayı birbirine tutturmak amacıyla bir plastik başlığın kontrollü eritilmesi ve yeniden şekillendirilmesi esasına dayanır. Plastik parçadaki başlık ikinci parçadaki boşluğa doğru çıkıntı yapar. Özel olarak şekillendirilmiş sonotrod başlığı eritir ve perçin gibi şekillendirir. Eriyen plastik sonotrod boşluğunun şeklini alır.

Başlık yaparken başlık düzgün olarak yerleştirilmeli ve sonotrod boşluğu ile aynı doğrultuda olmasını sağlamak amacıyla başlık aşağıdan desteklenmelidir. Böylece ultrasonik enerji sonotrod ile başlık arasındaki ara yüzeyde dağılacaktır. Sonotrod basıncının etkisiyle başlığın soğuk deformasyonunu önlemek amacıyla sonotrod başlığa temas etmeden önce ultrasonik titreşim verilir ve sonra sonotrod yavaşça başlığın üzerine iner. Ultrasonik titreşimler başlığın üst ucuna uygulanır. Başlık erir ve eriyik sonotrod boşluğunu doldurur. Plastik hafif basınç altında ve sürekli erimesiyle başlık oluşur. Ultrasonik puntalama sağlamlığı sonotrod ve başlık arasındaki geometrik ilişkiye ve başlığı şekillendirirken uygulanan ultrasonik kaynak değişkenlerine bağlıdır. Ultrasonik puntalama yapmak için genellikle yüksek genlik ve düşük basınç kullanılır. Küçük başlık ve uygun başlık tasarımı kullanarak optimum mukavemet elde edilebilir. Şekil 11.1'de ultrasonik puntalama görülmektedir .



Şekil 11.1 Ultrasonik başlık kaynağı

Çeşitli başlık tasarımları mevcuttur .Başlığın büyüklüğü ve uygulama şartları kullanılacak tasarımı belirler. Başlık yapma prensibi bütün başlık türleri için aynıdır. Buna göre ultrasonik

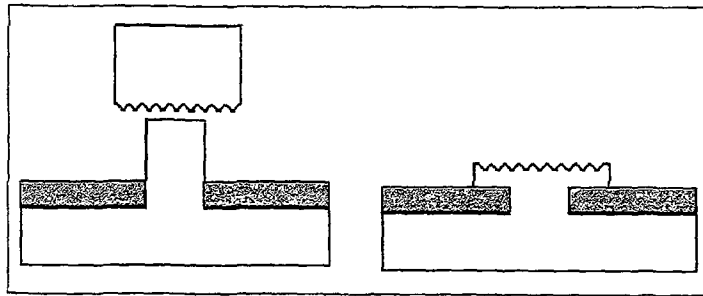
enerjiyi yoğunlaştırarak hızlı erimeyi sağlamak amacıyla sonotrod ve başlık arasındaki temas yüzeyi minimum seviyede tutulur.

Genel itibari ile puntalama için uygulanan dizayn esasları şu şekildedir, birinci uygulama standart profil olarak tanımlanmakta ve erkek çıkıntınının 2 katı bir yarıçap ve yarısı kadar bir yükseklik elde edilir. İkinci olarak düşük profil olarak tanımlanan uygulamada ise erkek çıkıntı yarı çapınının 1.5 katı bir yarıçap ve 0.25 katı bir yükseklik elde edilmektedir. Puntalama için kullanılan standart profiller için dizayn değerleri tablosu aşağıdaki gibidir.

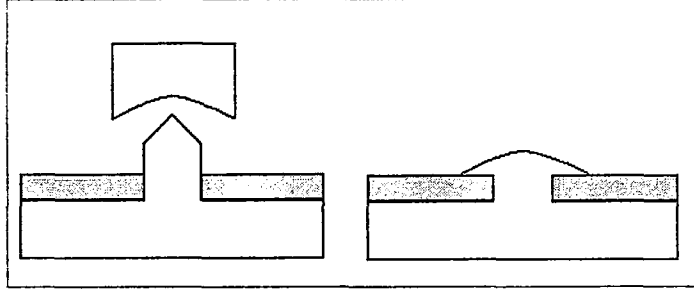
Çizelge 11.1 Punta standart profil dizayn ölçüleri

Kafa Formu	Topuz Çapı	Kafa Çapı	Kafa Yüksekliği	Merkez-Merkez Çapı	Parça-Kafa Yüksekliği
Standart	d	2d	0.5d	d	1.6d
Düşük profil	d	1.5d	0.25d	0.75d	0.6d

Çoğu uygulamalarda Şekil 11.1'de gösterilen standart profil başlık kullanılmalıdır. Profil başlık tasarımı 1.6 mm. veya daha büyük çaplı başlıklar gerektiğinde ve içerisine dolgu malzemesi katılmamış plastiklerin kaynağında kullanılır. 1.6 mm veya daha küçük çaplı başlıkların kullanılması gerekiyorsa Şekil 11.3'de görülen kubbe başlık tasarımı seçilmelidir. Sonotrod ve başlık arasındaki düzenleme profil başlık kadar kritik durum arz etmez. Sonotrod ve başlık arasında minimum temas sağlamak amacıyla başlığın ucu sivriltilir. Görünüm ve mukavemetin önemli olmadığı uygulamalarda Şekil 11.2'de görüldüğü gibi yivli (tırırlı) başlıklar kullanılabilir. Yivli başlık tasarımı bütün plastıklere uygulanabilir .



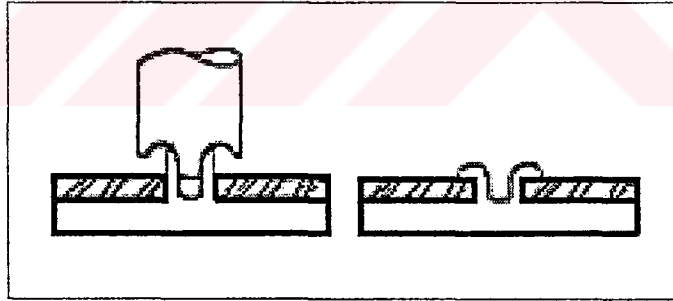
Şekil 11.2. Yivli başlık tasarımı



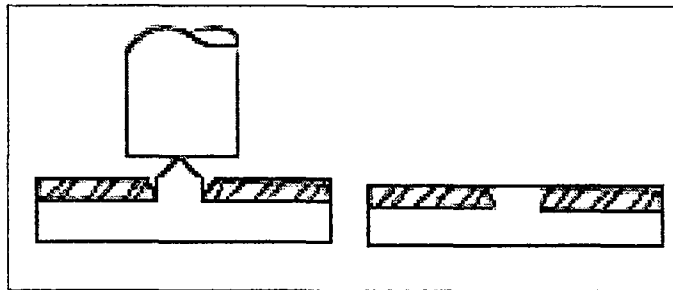
Şekil 11.3: Kubbe başlık tasarımı

Başlık çapının 4 mm veya daha büyük olması halinde oyuklu başlıklar daha uygundur. Plastik malzemenin tümünü eritmeksizin mukavemetli başlıklar kısa sürede yapılabilir. Bu tasarımda iç boşluklar ve yüzey çukurlaşmaları olmadığından daha avantajlıdır. Parçaların tamir edilmesi için sökülmeleri gerektiğinde şekillendirilmiş başlıkların kırılmasıyla parçalar kolayca ayrılabilir. Oyuklu puntalama tasarımı Şekil 11.4'te görülmektedir.

Bazı uygulamalarda kaynaktan sonra yüzeyin düz olması gerekir .Alt parça pah açma veya havşalama için yeterli kalınlıkta ise düz başlık kaynak tasarımı idealdir. Başlığın ucu sivriltilir ve düz sonotrod ile temas ettirilir. Düz puntalama bütün plastiklere uygulanabilir. Düz puntalama tasarımı Şekil 11.5'da görülmektedir.



Şekil 11.4: Oyuk başlık ile puntalama



Şekil 11.5: Düz başlık ile puntalama

Ultrasonik puntalamanın, ısı yoluyla puntalamaya göre aşağıda belirtilen şekillerde çeşitli avantajları vardır. Öncelikle plastik malzeme uygulama sağlayan alete yapışmaz. plastik

malzemenin molekül yapısının daha az bozulması, işlemin daha kısa olması, çabuk soğumayla bozulma ve oksitlenmenin önlenmesi gibi sebeplerle daha kuvvetli bir montaj elde edilir.

Bu uygulama ile iyi sonuçlar elde etmek için şu noktalara dikkat edilmelidir;

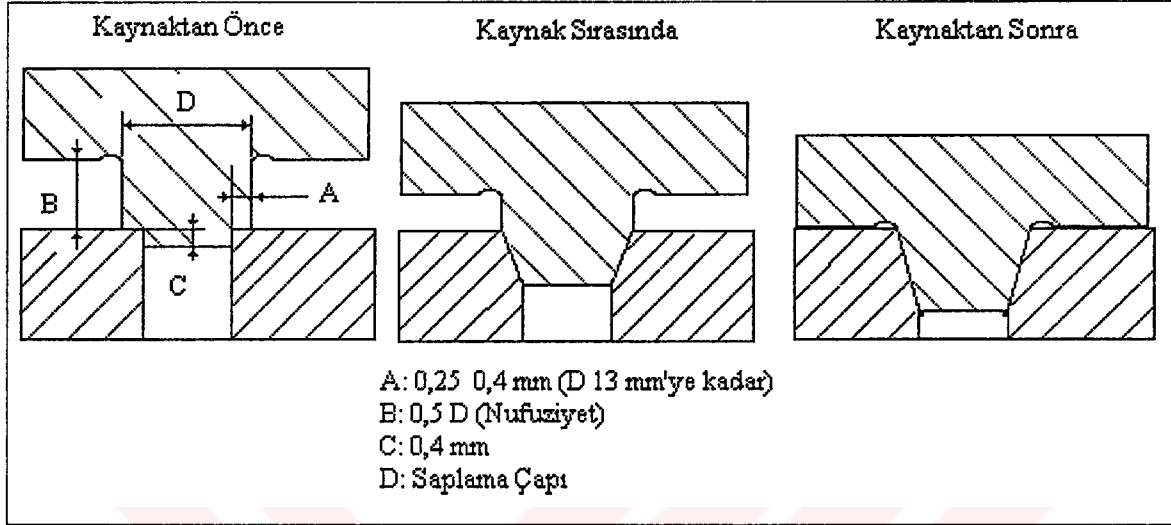
1. Fizyon ile yer değiştiren madde miktarı, sonotrodun ucundaki baş şeklini belirleyen boşluğun hacmine eşit olmalıdır. Fakat bu şart çok sınırlayıcı değildir, gerekirse sonotrodun ucundaki kesici bir ağızla puntalama sonrasındaki artık madde alınabilir.
2. Erkek çıkıntı dizaynında, erkek çıkıntının ezilmesi ihtimaline karşı, başlık üzerinde dip bölümlerde radüs ve uç bölümüne doğru 4^0 açı verilir.
3. $\varnothing 2$ mm'den küçük erkek çıkıntılar için 30-40 kHz civarında yüksek frekanslar ve hidrolik hız kontrolü tavsiye edilmektedir.

11.2 Ultrasonik Saplama Kaynağı

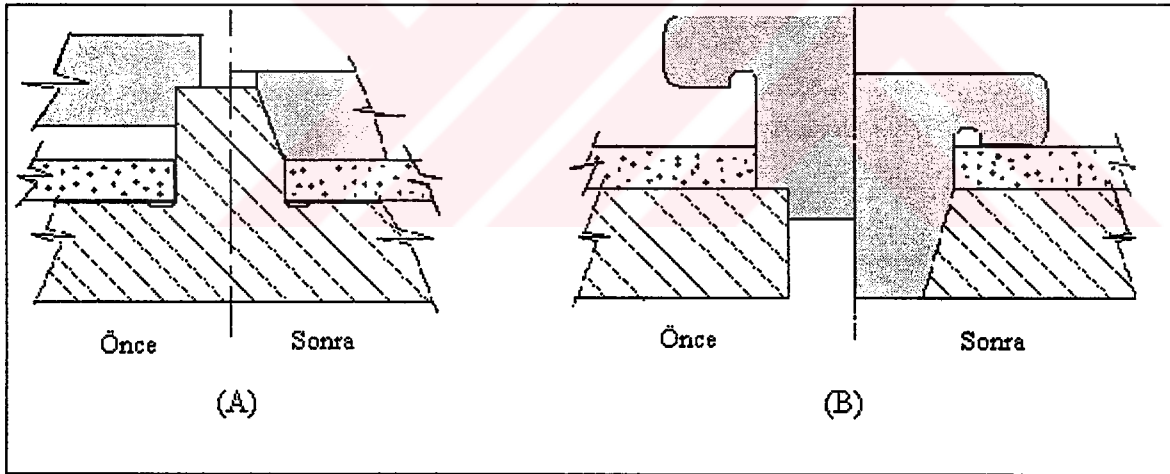
Kesme kaynağının diğer bir türü olan ultrasonik saplama kaynağı plastik parçaları bir veya birkaç bölgede birleştirmek amacıyla kullanılır. Parçaların büyüklüğü veya karmaşıklığı bağlantı noktası veya kaynak bölgesini büyük ölçüde sınırlandırır. Ultrasonik saplama kaynağı ile ultrasonik başlık perçin veya vida gibi kullanılarak farklı cins malzemeler birleştirilebilir. Farklı cins malzemelerin birleştirilmesinde ultrasonik saplama kaynağı kolay ve ekonomik yöntemdir. Kaynak bölgesinin küçük ve kaynak süresinin 0,5 sn'den az olması nedeniyle ultrasonik enerji gereksinimi de azdır.

Basit bir ultrasonik saplama kaynağı Şekil 11.6'de görülmektedir. Kaynak saplamanın yüzey alanı boyunca gerçekleşir. Kaynak mukavemeti saplama çapının ve nüfuziyetin kaynak parçalarını hazırlarken Şekil 11.6'da belirtilen oranlara uyulmalıdır. Kaynak süresince ve kullanım esnasında parçaların gerilme konsantrasyonunu azaltmak için saplamanın kök çapı daha geniş olmalıdır.

Diğer saplama kaynağı yöntemleri Şekil 11.7'de görülmektedir. Şekil 11.7 A' da farklı türdeki üçüncü parçanın kaynak edildiği görülmektedir. Şekil 11.7 B'de tıkaç veya perçin şeklindeki parçaların kaynağı yapılmaktadır. Bu tip kaynaklarda gerilme yığılması metal tıkaçlara göre daha azdır .

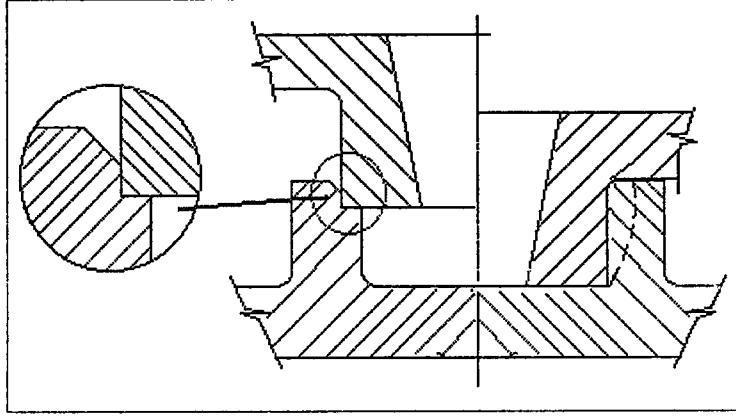


Şekil 11.6. Ultrasonik saplama kaynağı

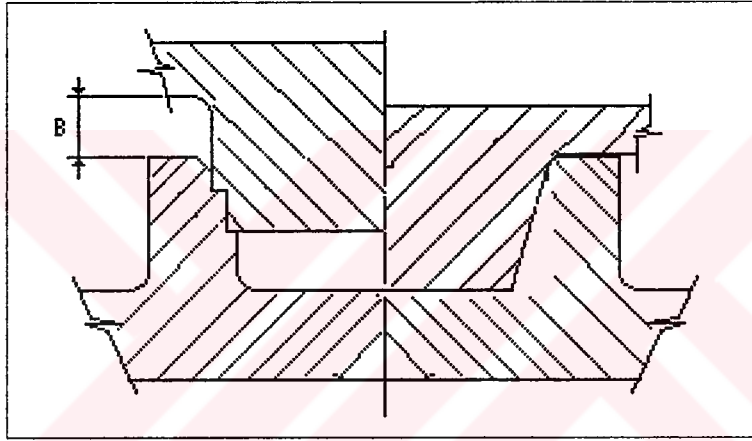


Şekil 11.7 Saplama kaynağı türleri

Dış görünümün önemli olduğu veya kesiksiz yüzeylerin gerekli olduğu yerlerde Şekil 11.8'de gösterilen bağlantı tipi seçilir. Kaynak ağzının çapı saplama çapının iki katından fazla olmalıdır. Havanın dışarı çıkması için küçük ve dar çıkış yolu bırakılmalıdır. Kaynak sırasında iki parçanın hareket etmeksizin kaynak edilmeleri zorunlu ise çift basamaklı birleştirme tasarımı Şekil 11.9'da görüldüğü gibi uygulanır. Parçaların birbirine doğru hareketi azalırken kaynak alanı ve mukavemeti aynıdır.



Şekil 11.8: Saplama kaynağı (Hava çıkış delikli)

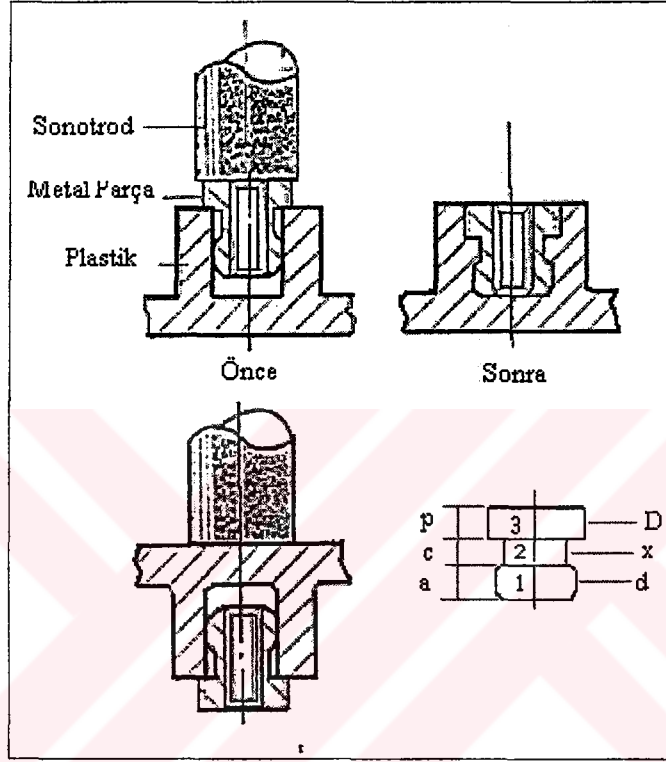


Şekil 11.9: Çift basamaklı saplama kaynağı

11.3 Ultrasonik Uygulama ile Metal Saplama

Ultrasonik uygulama ile metal saplama bir metal parçasını plastik parça arasına sokma prosesidir. Plastik parçaya metal parçanın boyutundan küçük boyutlarda boşluk açılır. Metal parçalar maruz kaldıkları yüklere dirençli olması için yivli, dişli veya tırtırlı türlerde olabilir. Ultrasonik titreşimler metal parçanın yardımıyla plastik ve metal parçanın ara yüzeyine kadar ilerler. Plastiğe karşı metal parçanın titreşimiyle oluşturulan ısı plastiğin erimesini sağlar ve sonotrod basıncının etkisiyle metal parça plastiğe yerleşir. Eriyen plastik metal parçanın dişleri arasını doldurur. Plastik katılaştığında metal parça plastiğe bağlanmış olur. Bu yöntemle birden çok metal parça aynı anda plastiğe saplanabilir. Metal parçanın altında bir altlık olmalıdır. Bu uygulamanın tersi de mümkündür. Sonotrod plastik parçaya temas eder ve plastiğe saplanması için metal parçanın üzerine basınç uygulanır. Şekil 11.10'de ultrasonik metal saplama kaynağı görülmektedir. Sonotrodlar metal-metal temasından dolayı aşınmaya

maruz kaldıklarından sertleştirilmiş çeliklerden veya sement çeliklerinden yapılmış sonotrodlar kullanılmalıdır. Düşük miktarlardaki üretimler için uçları değiştirilebilir sonotrodlardan faydalanılabilir. İdeal sonotrod çapı metal parça çapının iki katı olmalıdır. Metal parçanın saplanma derinliğini sabit tutmak için sonotrod hareketi elektriksel veya mekanik olarak kontrol edilmelidir.



Şekil 11.10: Ultrasonik metal saplama uygulaması

Ultrasonik saplama kaynağı mikroskop oküleri, menteşe, makina vidaları, elektrik kontağı, vidalı mil ve ekleme halkası gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır .

11.3.1 Metal Yerleştirme Formları

Yerleştirme şekli, kuvvetli bir yerleştirme elde edilmesinde etkili olur. En temel şekliyle bir yerleştirmede aşağıdaki özelliklerin bulunması gerekir. Şekil 11.10 da belirtilen boyutsal değerler itibari ile;

1. Giriş ucu; Başarılı bir yerleştirme için bu giriş kısmının çapı (d), plastik malzemeye giriş için hazırlanan ön deliğin çapıyla aynı olmalıdır.
2. Alttan Kesim; Soğumadan sonra yerleştirilen metalin tutturulmasını sağlamak üzere, eriyen plastik malzeme akması için bir açıklık/ aralıktır. Aralığın çapı (x), girişin çapından

küçük olmalıdır. Bu çap, sıkıştırılan madde hacminden büyük veya ona eşit olacak şekilde hesaplanmalıdır.

3. Yerleştirilen metalin temas kısmı, eriyen maddeyi alt kesime iten kısımdır. Kontakın (temas kısmı) çapı (D), giriş kısmı çapı d'den büyük olmalıdır, yoksa herhangi bir plastik akması olmaz. Yiv veya benzeri bir profil ile burkulma engellenmelidir.

11.3.2 Dizayn Şartları

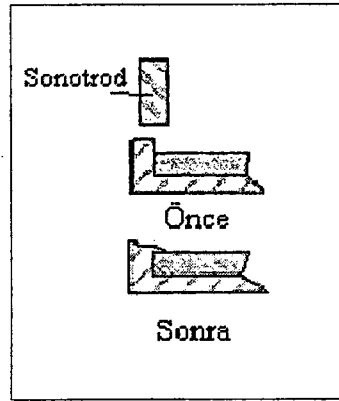
Şekil 11.10'da belirtilmiş olan boyutsal indisler uyarınca;

D	Giriş çapı	a	Giriş uzunluğu
X	Alt kesim çapı	c	Alt kesim uzunluğu
D	Temas çapı	p	Temas uzunluğu

Giriş uzunluğu (a), işlemin başarısını belirlemez, fakat yerleştirmenin sağlan olmasına ve çıkmaya karşı dirençli olmasına katkısı olur. p ve c uzunlukları daima 2 mm civarındadır. Çıkmaya karşı dirençlilikte problem olursa, bu uzunluğun 3 mm'ye çıkarılması gerekebilir. Kontak kısmının uzunluğu her zaman için alt kesim uzunluğundan (c) biraz daha fazladır. Böylece alt kesime akacak madde hacmi sağlanmış olur. Çoğu zaman $p=c+0.2$ mm civarındadır.

11.4 Ultrasonik Şekil Verme ile Birleştirme

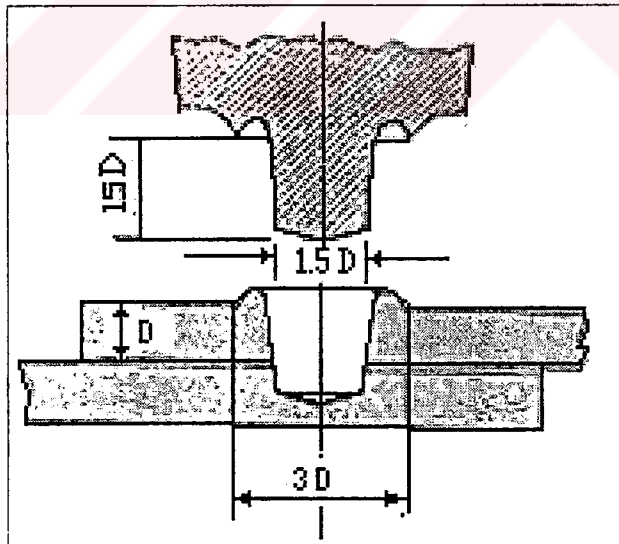
Plastik bir parçayı diğer bir plastik veya metal parçaya mekanik olarak tutturmak amacıyla ultrasonik enerji kullanarak plastik parçanın bir kısmının eritilerek yeniden şekil verilmesi Plastik parçaya şekil vermek için özel sonotrod tipleri kullanılır. Sonotrod basıncının etki plastik parça önce soğuk olarak şekillenir. Ultrasonik enerji uygulandığında plastik haline geçer ve bu eriyik sonotrod boşluğunu doldurur. Eriyik katılaştığında parça is şekli almış olur. Ultrasonik şekil verme kaynağı Şekil 11.11'de görülmektedir. Ge elastiste modülü düşük plastikler elastiste modülü yüksek plastiklerden daha kolay alırlar. Rijit plastiklere kolayca şekil verilemez.



Şekil 11.11. Ultrasonik şekil verme ile birleştirme

11.5 Ultrasonik Nokta Kaynağı

Ultrasonik nokta kaynağı düz parçalara ağız hazırlanmadan uygulanan bir prosestir. Sonotrod temas ettiği üst plastik parçaya basınç uygular ve etkisi altındaki iki plastik parçayı eritir. Sıvılaştıran plastik malzemelerin katılaşması ile kaynak tamamlanır. Ultrasonik nokta kaynağı Şekil 11.12'de görülmektedir.



Şekil 11.12 Ultrasonik nokta kaynağı

Ultrasonik nokta kaynağı, genelde büyük düz dökümlerin, (vakum şekillendirme) vakum ile oluşturulan malzemelerin, levhaların, plakaların, dışa çıkıntılı profillerin ve enerji yönlendirilmesi olmayan dökümlerin birleştirmesinde kullanılır. Nokta kaynağı özellikle kötü enerji iletimi olan maddelerin PE (Polietilen) ve PP (Polipropilen) gibi malzemelerin kaynağı için uygundur.

Nokta kaynağı sonotroda, üst dökümden (parçadan) geçip alttaki döküme girecek fakat onu geçmeyecek bir şekilde profil verilir. Üst dökümle sonotrod arasında, ve iki döküm arasında ısı oluşur. Yer değiştiren madde, sonotroddaki boşluğa akarak yüzük şeklinde bir çıkıntı oluşturur.

Ultrasonik nokta kaynağında en fazla 6-8 mm kalınlığındaki malzemeler için uygulanabilir ve farklı kalınlık için belli sonotrod ucu detayları gereklidir, Böylece her kaynak birimi için gerekli olan kaynak parametrelerinin tam olarak ayarlanması mümkün olur.

[Land, 1981; Mark, 1985; Riley, 1985; Rouse, 1985; Profit, 1988; Schwartz, 1992; Branson, 2000.b, 2000.c, 2000.d]



12. DENEYSSEL ÇALIŞMA

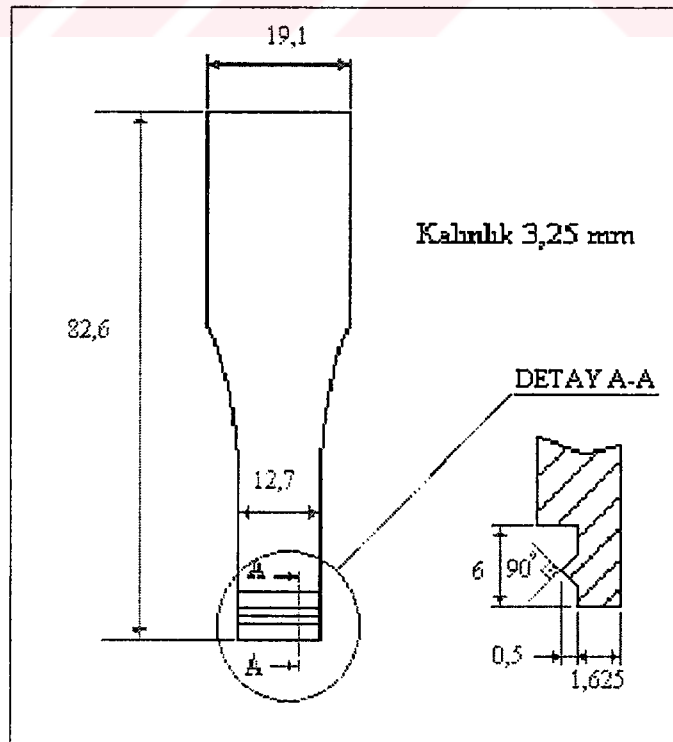
12.1 Deneysel Çalışma Amacı

Yapılmış olan deneysel çalışma ile ultrasonik kaynak uygulamalarında kaynak parametrelerinin kaynak kalitesi üzerine etkisi kaynak zamanına bağlı olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

12.2 Deneysel Çalışma Yöntemi

Gerçekleştirilmiş olan deneysel çalışmada ASTM D 638, ISO 527-1E'de belirtilmiş olan deney parçası boyutları esas alınarak bu çekme test parçasının ultrasonik kaynak yöntemi ile birleştirme sonucunda oluşturulabileceği Şekil 12.1'de gösterilen formda iki parça hazırlanmıştır. Bu parçalar ultrasonik kaynak parametreleri üzerinde en önemlilerinden biri olan kaynak zamanı parametresi değişken olacak şekilde diğer parametreler sabit tutularak ultrasonik kaynak makinalarında birleştirilerek standart çekme test numunesi haline getirilmişlerdir.[Shah, 1998]

Yapılan literatür çalışmaları sonucunda aşağıdaki koşulları sağlayan herhangi bir deneysel çalışma tespit edilememiştir.



Şekil 12.1 · Deney parçası için bir tarafın genel boyutları

Kaynak uygulaması yapılan kaynak makinası 20.000 Hz frekans sağlayabilen BRANSON marka ultrasonik kaynak makinasıdır. Üzerinde 1:2,5 genlik artırımı sağlayan booster ve sonotrod bulunmaktadır.

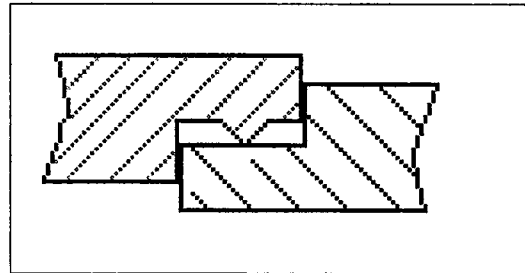
Makinanın kaynak zamanını denetleyen ayar mekanizması dışında basınç ve bekleme süresini belirleyen ayarlar sabitleştirilmiş ve kaynak işlemleri boyunca da değişiklik yapılmamıştır. Kaynak uygulaması sırasında uygulanan basınç 40 Bar ve bekleme zamanı da 1 sn olarak belirlenerek uygulanmıştır.

Birleştirilecek olan parçalardan bir tanesi üzerine 90^0 açılı ve 0.5 mm yüksekliğinde bir enerji direktörü yerleştirilmiştir. Diğer tarafta ise enerji direktörü bulunmamaktadır.

Parçaların birleştirilmesin de ultrasonik kaynak makinası tarafından uygulanan titreşim ve basıncın tam ve etkin olarak iletimini sağlamak amacı ile çelik gövdeli ve üzerinde numune parçaların hareketini engelleyecek şekilde hazırlanmış fikstürler bulunan bir altlık kullanılmıştır. Bu altlık pres gövdesine pres alt tablasında bulunan bağlama aparatları ile sabitlenmiştir.

Birleştirilecek numune parçalar enjeksiyon baskı ile üretilmiş olup yukarıda belirtilmiş olan boyutları sağlayacak şekilde bir plastik enjeksiyon kalıbı hazırlanmış ve parçalar standart olarak bu kalıp üzerindeki gözden alınmıştır. Kalıp için işçilik ve diğer uygulamalar tarafımdan gerçekleştirilmiştir. Hazırlanmış olan numune gruplarından birinde ABS naturel hammadde diğer numune grubunda ise Polikarbonat hammadde kullanılmıştır. Numuneler enjeksiyon baskı sonrasında kontrol edilerek enerji direktörlerinin eşit büyüklüklerde olması sağlanmıştır.

Numunelerin birleştirilmesinde etkisi incelenecek olan kaynak süresi için çeşitli zaman değerlerinde kaynaklar gerçekleştirilmiştir. Elde edilen kaynak edilmiş numuneler çekme test cihazında çekme deneyine tabi tutulmuşlardır.



Şekil 12.2 Parçaların kaynak sırasında birbirlerine göre pozisyonu

12.3 Deneyin Yapılışı ve Elde Edilen Değerler

Hazırlanmış olan numuneler için kaynak makinasında yukarıda belirtilen parametre değerlerinin ayarlanması ve sabitlenmesi ile makine kaynak işlemi için hazırlanmıştır.

Makine üzerinde manuel olarak ayarlanabilen kaynak zamanı parametresini kontrol altında tutan sistem ile çeşitli zaman değerlerinde kaynak yapılabilmesi sağlanmıştır.

Kaynak uygulaması için ABS hammadde ile hazırlanan numune grubunda 7 değişik kaynak zamanı ve Polikarbonat hammadde ile hazırlanmış olan numune grubunda 7 değişik kaynak zamanı değerinde kaynak numuneleri hazırlanmış ve numaralandırılarak tasnif edilmişlerdir.

Çizelge 12.1 ABS Numune Numara– Kaynak Zamanı İlişkisi

Numune No	Kaynak Zamanı (sn)
1	0,05
2	0,1
3	0,15
4	0,175
5	0,2
6	0,28
7	0,4

Çizelge 12.2 Polikarbonat Numune Numara– Kaynak Zamanı İlişkisi

Numune No	Kaynak Zamanı (sn)
1	0,1
2	0,2
3	0,3
4	0,4
5	0,5
6	0,6
7	0,7

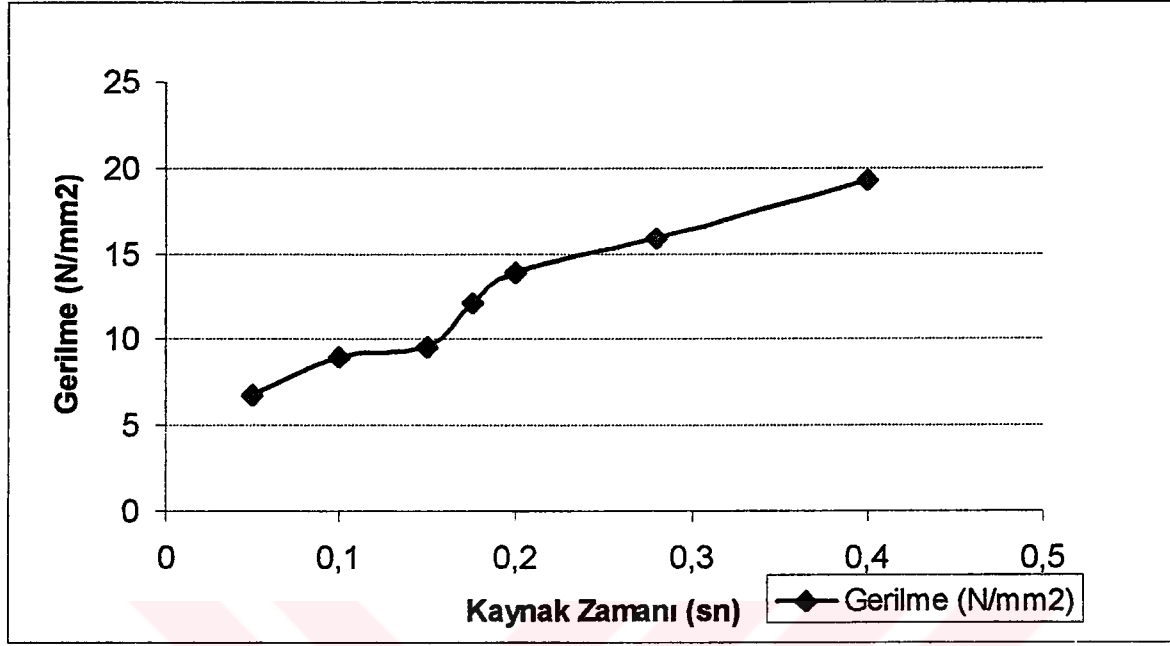
Yapılan kaynak uygulamaları çekme hızı 0,2 mm/sn olarak ayarlanmış olan bir çekme test cihazında çekme testine tabi tutularak kopma değerleri ve kopma karakteristikleri gözlenmiştir. Çekme testi sonucunda elde edilen değerler aşağıdaki gibidir. (Testler KOSGEB / İmes Sanayii Sitesindeki Laboratuvarlarda gerçekleştirilmiştir.)

Çizelge 12.3 ABS Numuneler için Çekme Deneyi sonucu elde edilen sayısal veriler

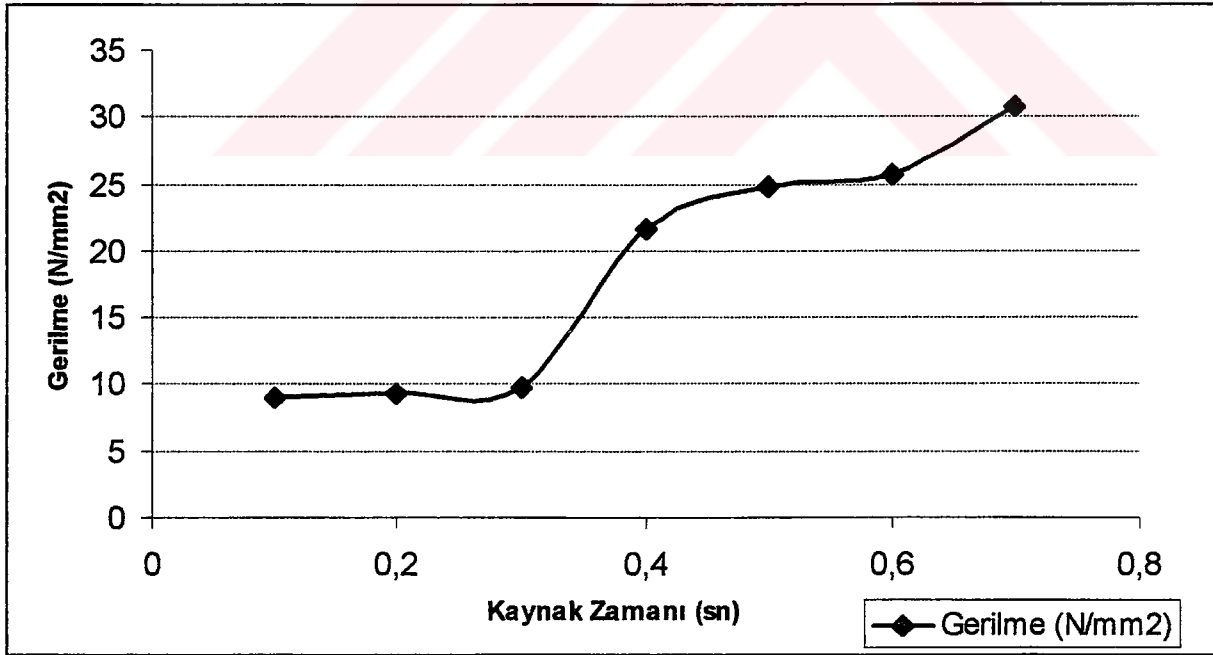
Numune No	Maksimum Yük (kN)	Maksimum Gerilme (N/mm ²)
1	0,2792	6,7643
2	0,3716	9,0030
3	0,3965	9,6062
4	0,5019	12,1599
5	0,5759	13,9527
6	0,6547	15,8619
7	0,7941	19,2392

Çizelge 12.4 Polikarbonat Numuneler için Çekme Deneyi sonucu elde edilen sayısal veriler

Numune No	Maksimum Yük (kN)	Maksimum Gerilme (N/mm ²)
1	0,373	9,037
2	0,383	9,279
3	0,404	9,788
4	1,006	21,587
5	1,022	24,712
6	1,061	25,681
7	1,27	30,769



Şekil 12.3 ABS Numuneler için Kaynak Zamanı – Dayanım ilişkisinin grafiksel gösterimi



Şekil 12.4 Polikarbonat Numuneler için Kaynak Zamanı – Dayanım ilişkisinin grafiksel gösterimi

ABS numunelerde kaynak kalitesi üzerine yapılan incelemede bir, iki ve üç numaralı kaynak numunelerinin kaynak bölgesinde estetik ve yapısal olarak kaynak yeterliliği sağlanamamıştır. Bunun belirtileri olarak enerji direktörü tam olarak erimemiş ve eriyen bölüm kadar parçalar

noktasında gerçekleşmiş olması kaynağın zaman yetersizliği ile enerji direktörü çizgisi üzerinde noktasal olduğunu göstermektedir. Elde edilmiş olan çekme test değerleri de kaynak bölgelerinin tam olarak birleşme olmadığını diğer deney sonuçları ile karşılaştırıldığında düşük değerler elde edilmesi ile görülmektedir.

Dört ve beş numaralı numunelerde yapılan incelemede dört ve beş numaralı numunelerin kaynak bölgelerinde birleşme daha önce bahsi geçen numunelere göre daha iyidir. Bu numunelerin birleştirilmesi ve çekme deneyleri sonucunda numunelerde elde edilen estetik kalite ve kuvvet değerlerinde görülen yükseklik bu kaynak zamanı değerlerinin numune parçalar için en uygun değerler olduğunu göstermektedir.

Altı ve Yedi numaralı numunelerde kaynak bölgelerinde tam erime gerçekleştiği ve hatta dizayn gereği kaynak yapılması istenen bölümler dışında ısı ve basınç etkisi ile diğer bölgelerde de kaynak gerçekleştiği görülmüştür (Numune parçalar üzerinde dizaynda kademe verilmiş olan bölgedeki alın yüzeyleri), aynı şekilde bu numunelerde enerji direktörü birleşme sırasında erime ve basınç etkisi ile çapak olarak kısmen dışarı atılmaktadır. Ayrıca Altı ve Yedi numaralı numunelerde zaman artışından kaynaklanan enerji girdisi fazlalığı ile plastik parçaların temas noktalarında özellikle köşelerde deformasyona sebep olmaktadır, özellikle yedi numaralı numunede sonotrod ile plastik parçaların temas noktasında parça yüzeyinde deformasyon oluşmuştur.

Polikarbonat numuneler için yapılan gözlemlerde 0.1, 0.2 ve 0.3 sn kaynak zamanı uygulamalarında kaynak oluşumu enerji direktörünün tepe noktasında ve zamana bağlı olarak artan nufuziyeti ile çizgisel olarak gerçekleşmiştir. Çekme testleri sonucunda elde edilmiş olan çekme gerilmelerinin değerleri de kaynağın çizgisel ve yetersiz oluştuğunu desteklemektedir.

Kaynak zamanı 0.4 sn olarak gerçekleştirilmiş olan kaynak uygulamasında kaynak bölgesinde 7enerji direktörü tamamen erimiş ve eriyen hammadde kaynak bölgesine yayılmıştır. Aynı şekilde 0.5 sn'lik kaynak uygulamalarında da eriyen hammaddenin tam olarak yayıldığı görülmüştür. Ancak 0.5 sn'lik uygulamalarda kısmi çapak oluşumları gözlenmiştir, bu durum 0.4 sn için geçerli değildir. Yapılan çekme testleri sonucunda maksimum Gerilme değerleri oldukça yüksek çıkmış ve tatmin edici olmuştur.

Polikarbonat numunelerde 0.6 ve 0.7 sn kaynak zamanı ile yapılmış olan kaynak uygulamalarında kaynak bölgelerinde eriyen hammaddenin büyük bir kısmı iki parça arasından basınç etkisi ile dışarı çıkmış böylelikle yüksek miktarda ve istenilmeyen şekilde

apak oluşumuna neden olmuştur. Aynı zamanda kaynak süresinin artması ile birlikte sonotrodun temas ettiği noktalarda izler oluşarak deformasyona sebep olmuştur. Çekme testleri sonucunda elde edilmiş olan maksimum Gerilme değerleri oldukça tatmin edici olup kaynak bölgesinde görsel başarımın yetersizliği nedeni ile bu açıdan tatmin edici değildir.

12.4 Deneysel alışma Sonuçları

Elde edilen ölçümsel değerler ve görsel değerlendirmeler sonucunda kaynak zamanının kaynak kalitesi üzerine etkisinin hem görsel hem de sayısal bazda kaynak mukavemeti üzerine çeşitli etkileri söz konusudur.

Kaynak zamanının gerekli değerden az olması kaynak bölgesinde enerji girişinin az olmasına dolayısıyla erimenin az olarak gerçekleşmesine ve yeterli birleşmenin oluşumuna engel olmaktadır.

Kaynak zamanının gerekli değerden fazla olması halinde fazla bir mukavemet düşümü tespit edilmezken fazla enerji girişi nedeni ile parça üzerinde apak oluşumu ve parça köşelerinde, altlık ve sonotrod ile temas eden bölgelerde çeşitli görsel deformasyonlara yol açmaktadır. Ayrıca zamanın arttırılması zaman kaybına ve fazla enerji harcanmasına neden olacağı için uygulama yapanlar için mali kayıplara neden olacaktır.

Bu yukarıda belirtilen neden sonuç ilişkileri sonucunda kaynak zamanının kaynak kalitesine etkileyen en önemli parametre olduğu görülmektedir, bu ancak kaynak parametresi için kaynak edilecek parçalar için yapılacak bazı deneme yanılma uygulamaları ile doğru değer elde edilmesi mümkün olmaktadır. Bu süre parça dizaynına ve hammaddesine göre değişmektedir. Özellikle Polikarbonat benzeri kristalin yapılı hammaddelerin ultrasonik kaynağında kaynak süresinin etkisi çok dar aralık içerisinde kaynak kalitesine etkisi görülmektedir, polikarbonat ile gerçekleştirilen numunelerse 0.3 ile 0.4 sn aralığında çekme gerilmesi değerleri yaklaşık olarak 3 () kat artmaktadır, bu durumda bu aralıkta sağlanan ısı girdisinin çokluğu ile yeterli ergime ve hammadde yayılması sağlanmıştır. Ancak sabit tutulmuş olan diğer parametrelerin değiştirilmesi ile daha değişik kaynak sonuçlarına varmak mümkündür.

13. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ultrasonik kaynak metodu günlük hayatımızda ve özellikle mühendislik alanında termoplastiklerin çok ve genel anlamı ile bir çok metal esaslı malzemenin yerine kullanılması ve tercih edilir olmasıyla birlikte mühendisler ve endüstriyel alanda bu tip malzemelerin birleştirilmesinde proses ile dizaynda çalışan teknik kişiler için vazgeçilmez ve her noktada gün geçtikçe ilerleyen teknolojisi ve metodolojisi ile günümüzün ve geleceğin en plastikler için en önemli birleştirme yöntemi olmaktadır.

Ultrasonik kaynak metodu üzerine yapmış olduğum literatür çalışmaları sonucunda elde ettiğim sonuçlar genel itibari ile aşağıdaki gibidir.

1. Ultrasonik kaynak yöntemi hali hazırda plastiklerin kullanıldığı hemen hemen tüm alanlarda kullanılabilir. Daha önceki bölümlerde anlatıldığı gibi genel itibari ile önemli kullanım alanı otomotiv olmakla beraber, tıp, elektrikli ve elektronik eşya imalatları, beyaz eşya sektörü ve tekstil gibi endüstrinin temel direklerini oluşturan alanlarda kullanılmaktadır.
2. Ultrasonik kaynak yönteminin bir çok termoplastikte aynı ve farklı plastik malzemelerle kaynakta kullanılabilir olması özellikle bu yonteme ve kullanıcılara büyük kazançlar sağlamaktadır. Ayrıca metallerin termoplastikler içerisine bu yöntem ile gömülebilir olması bu kaynak yönteminin artlarından biridir.
3. Bu kaynak yönteminde kaynak süresinin kısalığı, prosesin sadeliği ve çoğu parametrenin operatörün elinden alınarak otomasyona bağlanmış olması bu yöntemi kullanan imalatçılar için proses denetimini kolaylaştırmaktadır. Kaynak süresinin kısa olması ve kaynak enerjisinin sadece kaynak işlemi sırasında oluşturulması sayesinde gereksiz enerji kayıplarına engel olunmaktadır. Kaynak proseslerinde başlıca maliyet unsuru olan enerji harcanışının kontrol altına alınması ve azlığı maliyetleri olumlu yönde etkilemektedir.
4. Yöntem esas itibari ile standart kaynak makinaları üzerine ihtiyaca binayen oluşturulmuş olan sonotrod ve altlık ile bir bütün oluşturmaktadır. Yurdumuzda kaynak makinaları ve diğer malzemelerinin ithalatı ile uğraşan birçok firma bulunmaktadır, ancak yurdumuz için gerekli olan bu makine ve malzemelerin yurtiçinde üretilmesidir. Makine konusunda bulunmasa bile sonotrod ve altlıkların imalatı konusunda yurdumuzda olumlu gelişmeler ve bilgi birikimi hızla oluşmaktadır.

5. Yapmış olduğum literatür araştırması sonucunda bu yöntem ile ilgili olarak kapsamlı bilimsel çalışmaların olmaması dikkat çekicidir, genel itibari ile kaynaklar firmaların oluşturmuş oldukları kataloglar ve bilgi föyleri genel kaynakçayı oluşturmaktadır. Bu konuda yapılmış olan bilimsel araştırmalar genel olarak Avrupa ve Amerika kaynaklı olup yöntemin metodolojisi konusunda eserler bulunmaktadır, Japonya kaynaklı araştırmalarda esas konuları Piezoelektrik sistemler ve titreşim-genlik ilişkileri üzerine oluşturulmuştur.
6. Ultrasonik kaynak uygulamaları için esas itibari ile kalite kontrol kriteri estetik kaygısıdır, bu nedenle kaynak kalitesinin test sonuçları ve bunların sayısal değerlendirmeleri genel olarak kullanılmamaktadır. Genel olarak bu kaynak yöntemi üretim avantajlarının yanında dizayn çalışması yapan kişiler tarafından farklı hammadde, renk ve şekillerdeki parçaların kaynağında sağlamış oldukları görsel başarı dolayısıyla da seçmektedirler. Bu nedenle bu yöntem için belirlenmiş kaynak kontrol standartları ve kriterler bulunmamaktadır.

Yukarıda belirtilmiş olan sonuçlar dışında yapmış olduğum deneysel çalışma sonucunda, kaynak zamanı parametresinin kaynak bağlantısı üzerindeki görsel ve dayanıma bağlı değişiminde yapmış olduğum gözlemler ile kaynak zamanının gereğinden az veya fazla olması kaynak kalitesini direkt olarak etkilediğini sayısal ve görsel verilerle belirledim. Kaynak zamanının az olması nedeni ile yeterli kaynak alanının oluşmadığı ve kaynak zamanını fazla olması sonucunda kaynak basıncının etkisi ile kaynağı sağlayacak erimiş olan plastiğin kaynak bölgesinden dışarı atılması ile yine aynı şekilde yeterli kaynak bağlantısının oluşmadığını gözlemledim.

Tüm bu çalışma boyunca yaptığım literatür çalışması, ultrasonik kaynak makinası ithalatçıları, ultrasonik kaynak yöntemi kullanıcıları ve bu yöntemin kullanıldığı alanlardaki uygulamalar ışığında yöntemin çok büyük bir hızla gelişmesi bu kaynak makinalarının ve ekipmanlarının üretiminin ve dolayısıyla bilgi birikiminin çok kısa zamanda ülkemizde de gerçekleşeceğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Abel, F., (1981), The Application of Ultrasonics in Plastic Joining Welding, Herfurth GM Hamburg, Almanya
- Acusonics Inc. (2000), www.accusonics.com
- Akkurt, S. (1991), "Plastik Malzeme Bilgisi", Birsen Yayınevi, İstanbul
- Algor Inc. (2000), www.algor.com
- Beek, H.J., Ultrasonic Welding Presses, Herfurth GMBH, Hamburg, Almanya
- Branson Ultrasonics Inc.(2000a), Branson Ultrasonics Technical Notes 1, USA
- Branson Ultrasonics Inc.(2000b), Branson Ultrasonics Technical Notes 2, USA
- Branson Ultrasonics Inc.(2000c), Branson Ultrasonics Technical Notes 3, USA
- Branson Ultrasonics Inc.(2000d), Branson Ultrasonics Technical Notes 4, USA
- Branson Plastics Joining Tecnology Inc. (2000), www.branson-plasticsjoin.com
- Brick, R.M. (1977), "Structure and Properties of Engineering Materials", Mc Graw Hill, ABD.
- Burkhardt, D. Wolters, J. Glenz, W., (1993), Better Weld Quality in Ultrasonic Welding, Kuntstoffe (German Plastics), Almanya, Vol. 83, pp 667-670
- Consonic Inc., www.consonic.com
- D.S., CHO.,(1991), Daeyoung Ultrasonic Welder, Kyungi-Do, Kore
- Erins, M., (1985), Plastics Engineering Hand Book of Society of the Plastics, Plastic Industry., Newyork, A.B.D.
- Fu, K., (1982), King Ultrasonic C.O. Ltd. Taipei, Taiwan
- Kaluç, E. (1998), "Plastik Malzemeler Ders Notları", Kocaeli Üniversitesi Yayınları, Kocaeli
- Land, W., Ultrasonic Joining of Thermoplastics, Herfurth GMBH, Hamburg, Almanya
- Mark, H., (1985), Encylopedia of Polymer Science and Engineering.,New york, A.B.D.
- Mason, T., Lorimer., J., (1989), Theory, Application and Uses of Ultrasound in Chemistry, New york, A.B.D.
- Mengason, J., Williams, K. (1972), Ultrasonik Welding Technical Report E.I Du Pont De Ne Memours & Company Plastic Department Wilmington, Delaware
- Potente, H., (1988). Ultrasonic Welding – Principles and Theory. The Welding Instutide, Cambridge
- Profit, A., (1988), The Application fo Ultrasonic Welding, The Welding Institute, Cambridge
- Riley, W.M., (1985), The Magazine of Plastics Manufacturing Productivity, Plastics Technology, New York, A.B.D.
- Rouse, N.E., (1985), Improved Methods fot Termoplastic Bonding, Machine Desing, Ohio,

Vol 57, pp 73-76

Riche, W. (1986), High Frequency Welding in Plastic Joining Technology, UWE, USA

Rinco Company., www.rincoultrasonics.com

Schöps, G., (1981)a, Functional Description of an Ultrasonic Welding Unit, Herfurth GMBH, Hamburg, Almanya

Schöps, G., (1981)b, Function and Tuning of Sonotrodes, Herfurth GMBH, Hamburg, Almanya

Schwartz, MELM., (1992), Cutting, Machining and Joining Composites. Composite Material Handbook, A.B.D

Shah, V., (1998), Handbook of Plastics Testing Technology. John Wiley and Sons Inc., A.B.D.

S.S. Kenneth.(1998), Ultrasonid, Its Chemical, Physical and Biological Effects, Newyork, ABD

Sonitek Inc. (2000), <http://www.sonitek.com>

Sonitron Company. (2000), www.sonitron.com

Stampla Ultrasonics Inc. (2000), <http://www.staplalultrasonics.com>

Wade., L.G., (1991)Organic Chemisrty Second Edition., A.B.D

Weber. J., (1991 May), Selecting the best joining desing for Ultrasonic Welding of Thermoplastics., Welding Journal. A.B.D.. Vol 70,pp 67-69

Wiley, J., (1983), Rinco Ultrasonic A.G Industriestrasse 4 Romanshorn, Switzerland

Yaşar, H. (1992), "Plastikler Dünyası", MMO Yayını, No 142, Ankara.

EKLER

Ek 1: ABS Hammaddeli Test Numuneleri Çekme Test Grafikleri

Ek 2: Polikarbonat Hammaddeli Test Numuneleri Çekme Test Grafikleri

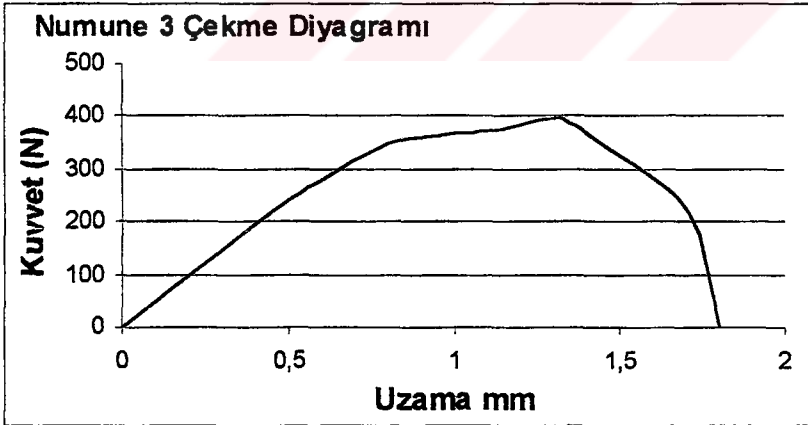
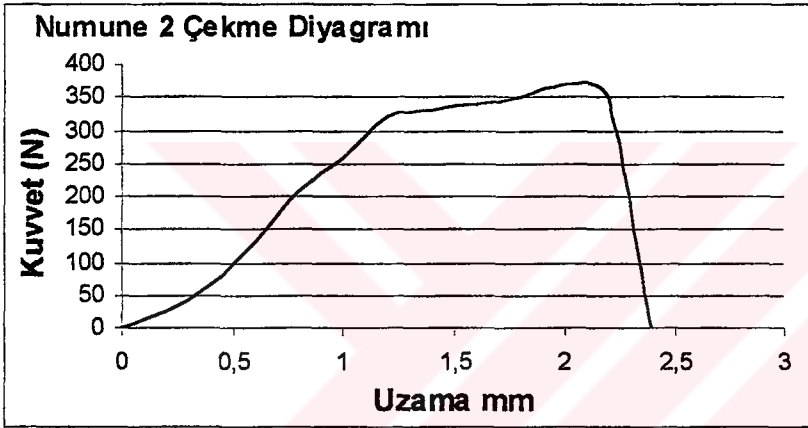
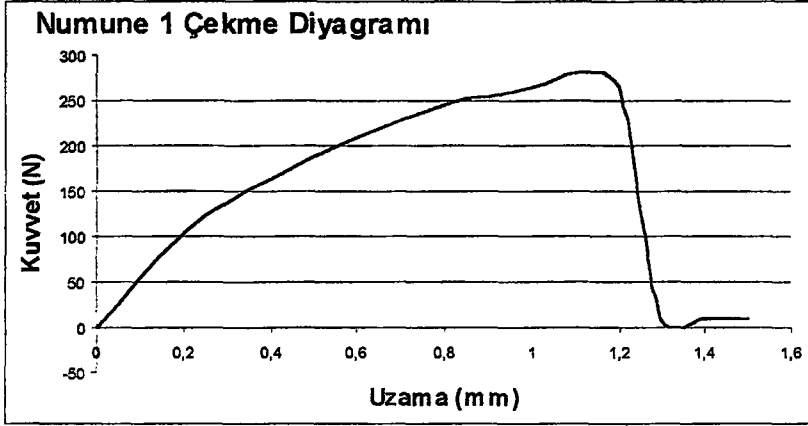
Ek 3: ABS Hammaddeli Numuneler için Çekme Testi Sonucunda Elde Edilen Kırılma Fotoğrafları

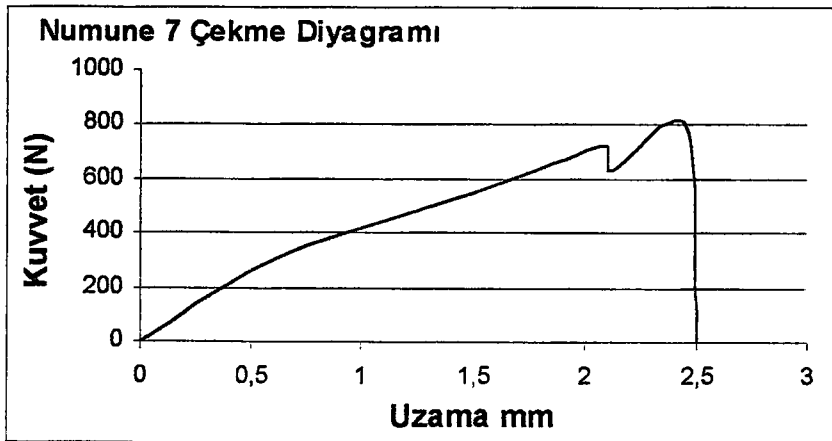
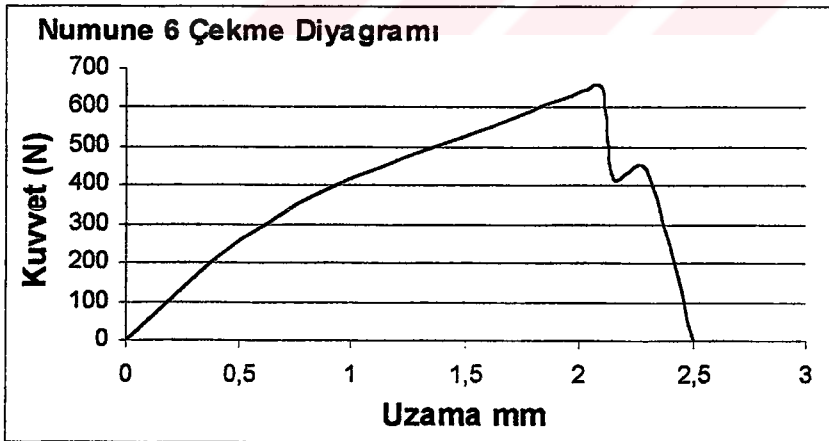
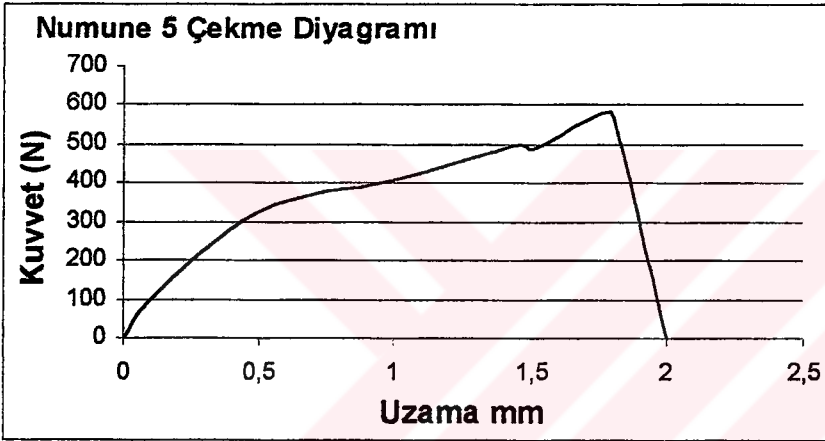
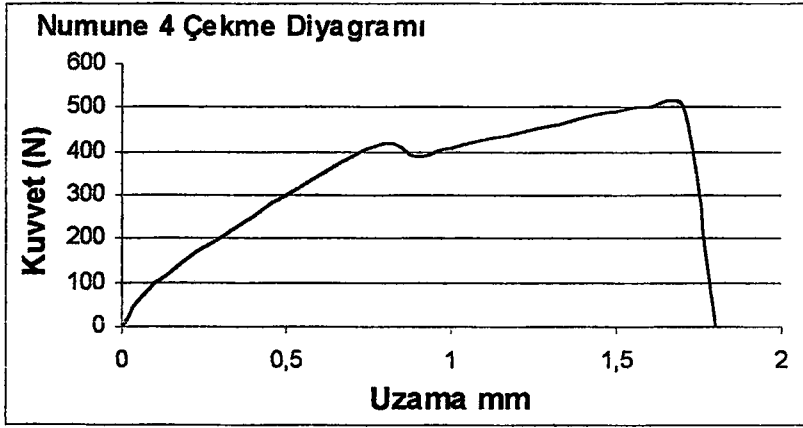
Ek 4: Polikarbonat Hammaddeli Numuneler için Çekme Testi Sonucunda Elde Edilen Kırılma Fotoğrafları

Ek 5: Yapılan Deneysel Çalışma ile İlgili Diğer Fotoğraflar

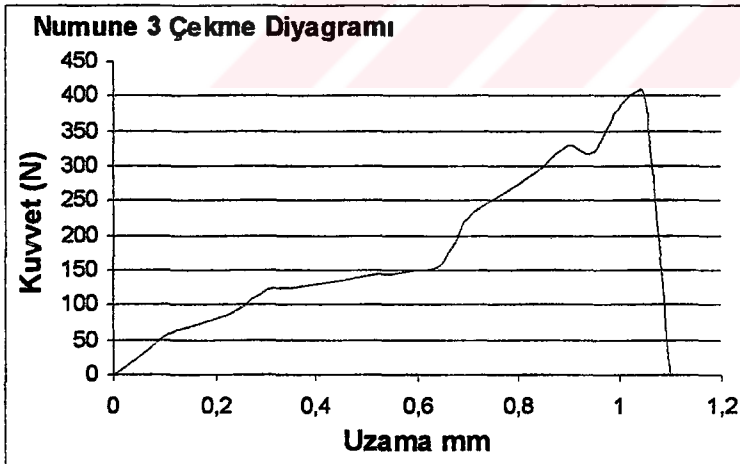
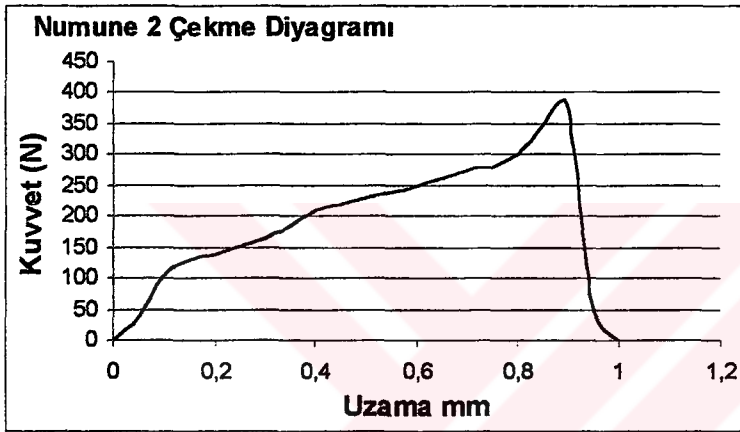
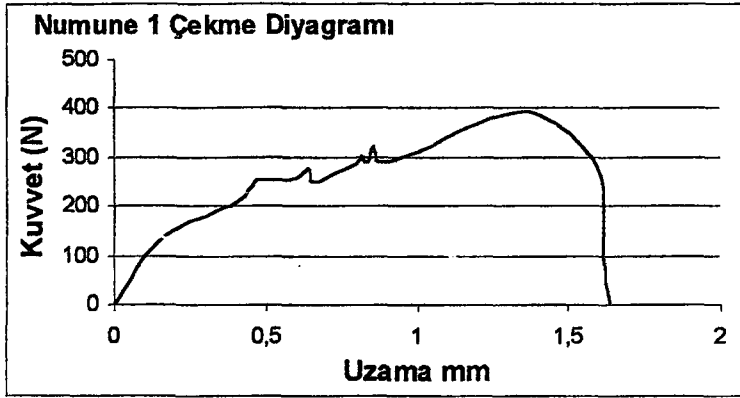


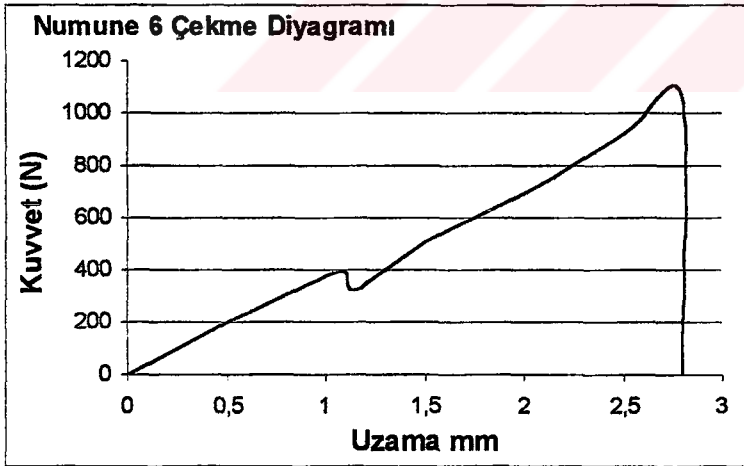
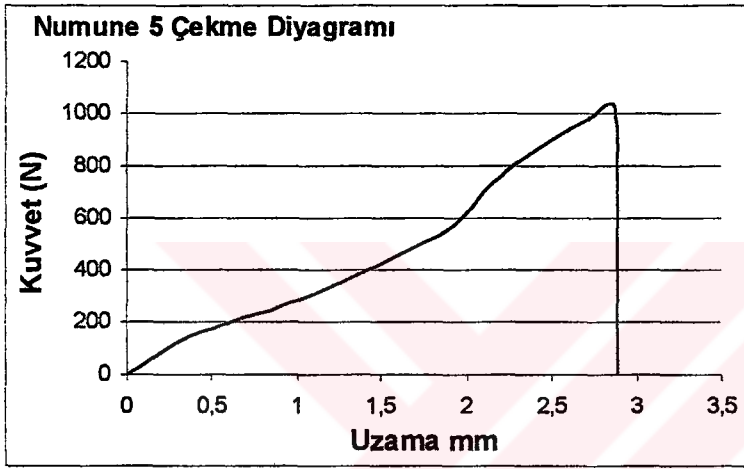
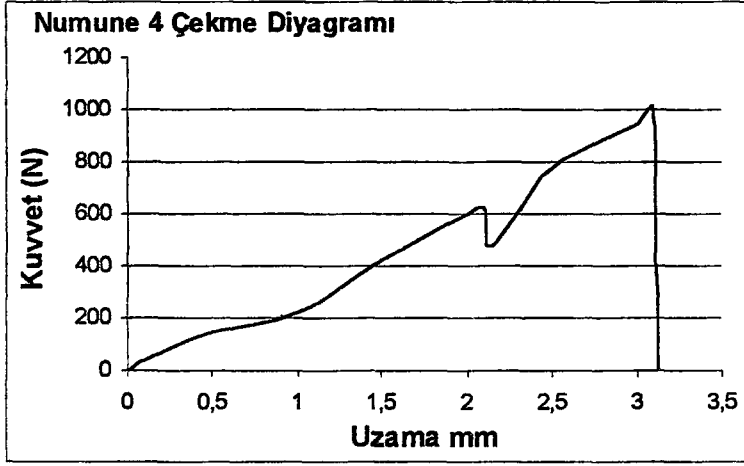
Ek 1: ABS Hammaddeli Test Numuneleri Çekme Test Grafikleri

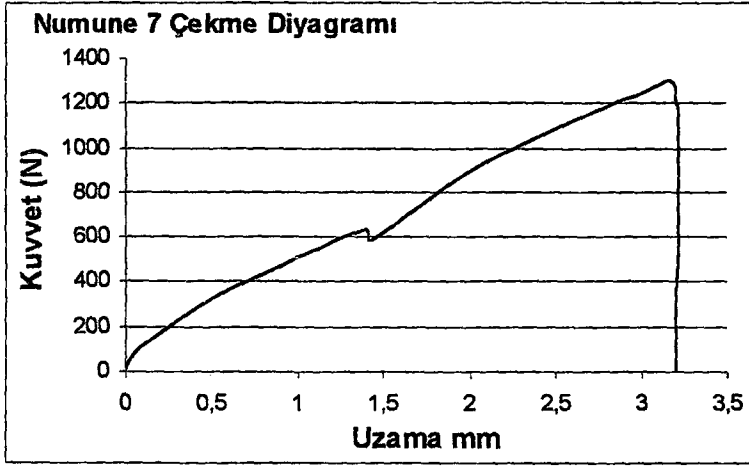




Ek 2: Polikarbonat Hammaddeli Test Numuneleri Çekme Test Grafikleri

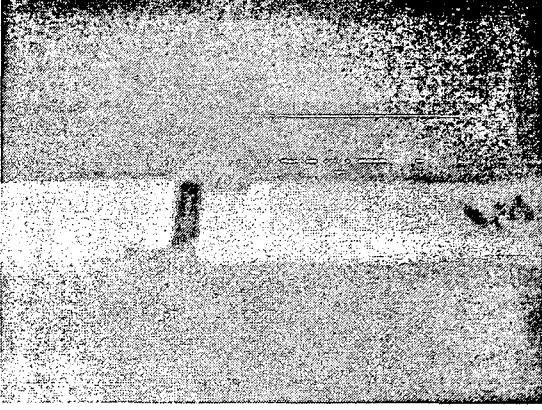




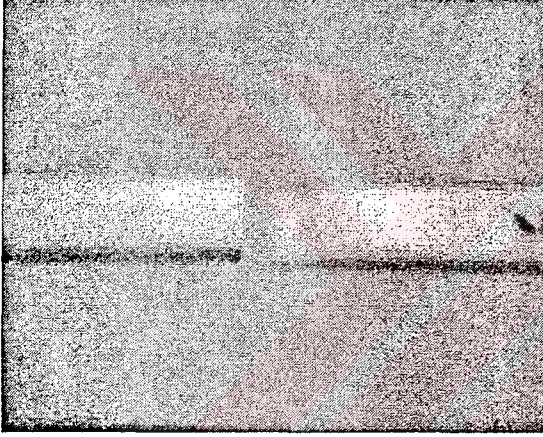


Ek 3: ABS Hammaddeli Numuneler için Çekme Testi Sonucunda Elde Edilen Kırılma Fotoğrafları

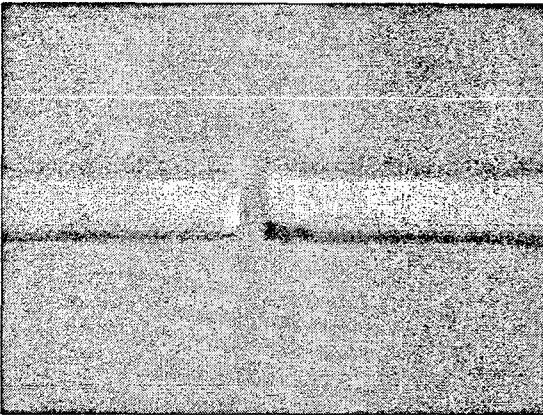
Numune 1:



Numune 2:

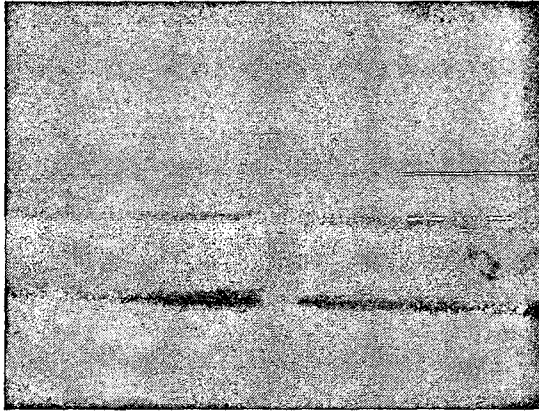


Numune 3:

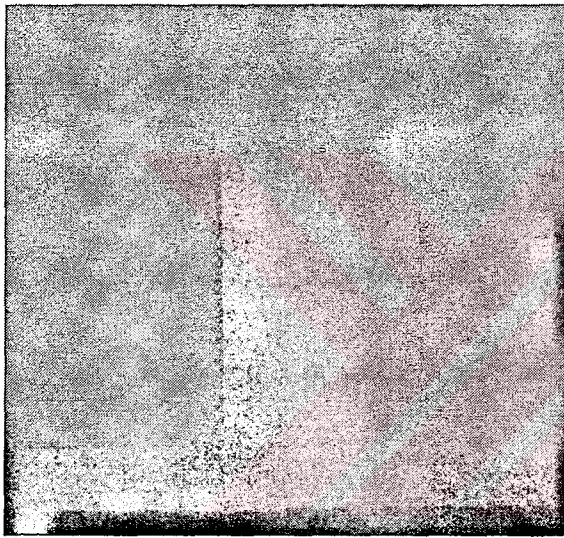


TC YÜKSEK İHTİŞAR BAKANLIĞI
DOKÜMANİ

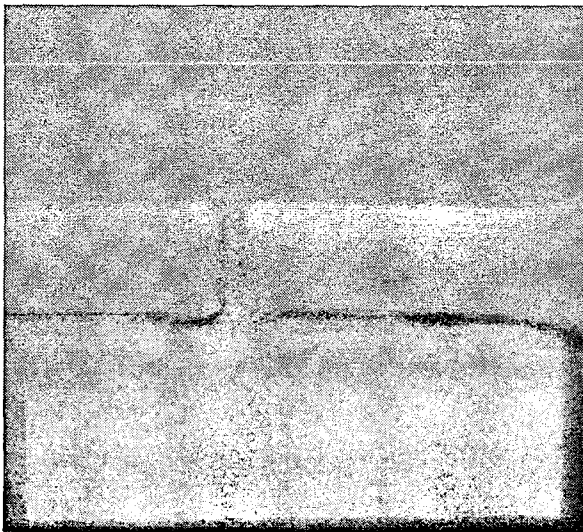
Numune 4:



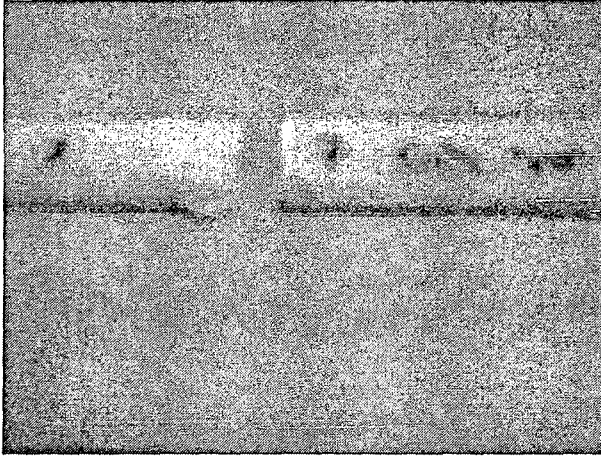
Numune 5:



Numune 6:

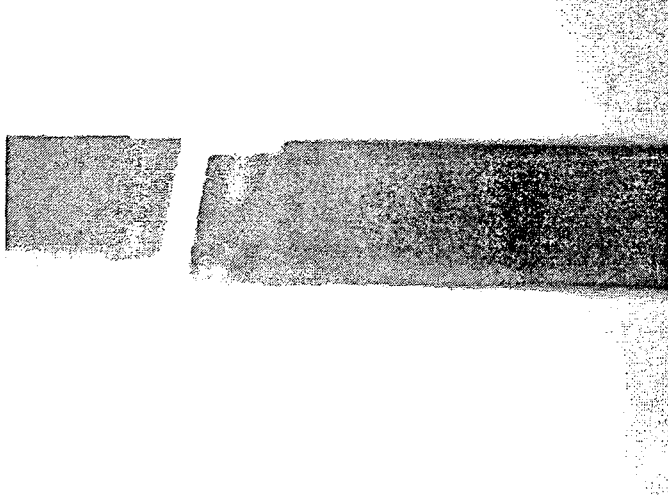


Numune 7:



Ek 4: Polikarbonat Hammaddeli Numuneler için Çekme Testi Sonucunda Elde Edilen Kırılma Fotoğrafları

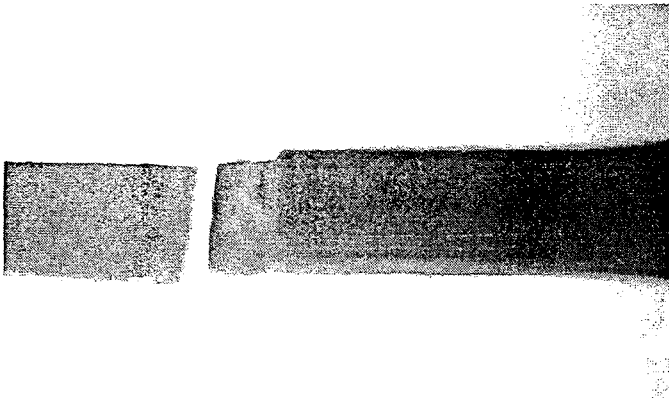
Numune 1:



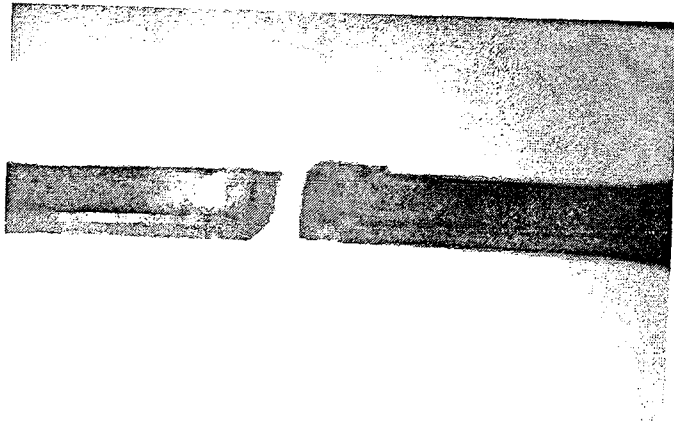
Numune 2:



Numune 3:



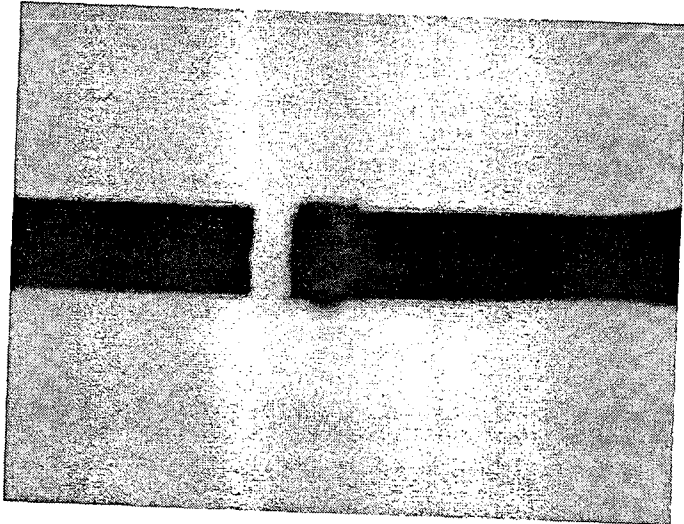
Numune 4:



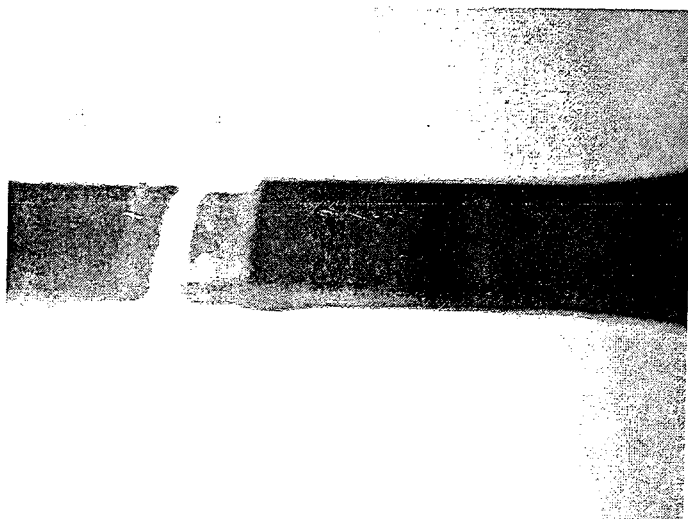
Numune 5:



Numune 6:



Numune 7:

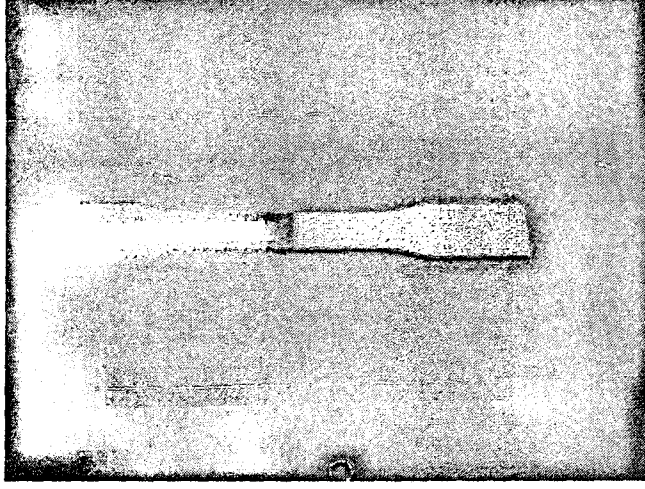
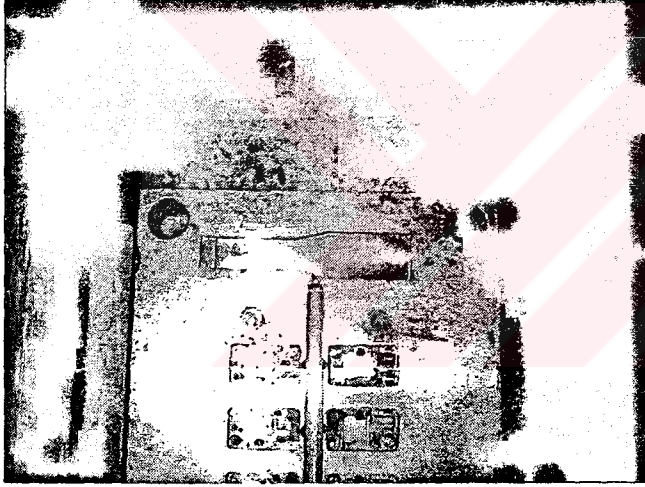


ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	15.02.1978	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1991-1994	Kocasinan Lisesi
Lisans	1994-1998	Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fak. Makine Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	1998-2001	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Müh. Anabilim Dalı, İmal Usulleri Programı

Çalıştığı kurum(lar)

1998-Devam ediyor ELOPAR Elektrik ve Otomotiv Ltd Şti.
2000-Devam ediyor FCI Framatomme Group Türkiye Saha
Mühendisi

Ek 5: Yapılan Deneysel Çalışma ile İlgili Diğer Fotoğraflar**Resim 1: Polikarbonat ve ABS Deney Numuneleri ile yapılmış bir ultrasonik kaynak uygulaması****Resim 2: Deney Numunelerinin Hazırlandığı Enjeksiyon kalıbı****Resim 3: Deney Numunelerinin Hazırlandığı Enjeksiyon Makinası (ELOPAR LTD. ŞTİ.)**