

**TERMOPLASTİKLERİN BİRLEŞTİRİLMESİNDE
KULLANILAN, ULTRASONİK KAYNAK
YÖNTEMİNDE KAYNAK KALİTESİNİ ETKİLEYEN
PARAMETRELERİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Yiğit Taş
Makina Mühendisi
503021307**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 24 Aralık 2007
Tezin Savunulduğu Tarih : 21 Ocak 2008**

**Tez Danışmanı :
Diğer Jüri Üyeleri**

**Prof. Dr. Adnan DİKİCİOĞLU
Prof. Dr. Nurullah GÜLTEKİN (Y.T.Ü.)
Prof. Dr. Turgut ÖZAKTAŞ (İ.T.Ü.)**

OCAK 2008

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, termoplastiklerin birleştirilmesinde kullanılan, ultrasonik kaynak tekniği ile yapılan birleştirmelerin kaynak kalitesini etkileyen parametreler üzerinde durulmuş ve bu parametrelerin kaynak kalitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Çalışmalarında bana yol gösteren, yardımlarını esirgemeyen, katkı ve desteklerinden dolayı sayın hocam Prof. Dr. Adnan Dikicioğlu'na, ve bilgilerinden ve tecrübesinden sürekli faydalandığım değerli meslektaşlarım Dursun Yiğit, Burkan Büyüktombak ve Zekeriya Kömürcü'ye teşekkürlerimi sunarım.

OCAK 2008

Yiğit TAŞ

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii-ix
SEMBOL LİSTESİ	x
ÖZET	xi
SUMMARY	xii
1. GİRİŞ	1
1.1 Giriş ve Çalışmanın Amacı	1
2. ULTRASON NEDİR?	1
3. ULTRASONİK KAYNAĞIN TARİHÇESİ VE GELİŞİMİ	3
4. PLASTİKLER VE PLASTİKLERİN YAPISI	4
4.1 Plastiklerin yapısı	4
4.2 Plastiklerin Sınıflandırılması	5
4.2.1 Termoplastikler	5
4.2.2 Termoset Plastikler	7
4.3 Plastiklerin Seçiminde Kullanılan Temel Kriterler	7
4.4 Plastik Malzemelerin Kaynak Kabiliyeti	8
4.4.1 Kaynak Kabiliyetini Etkileyen Faktörler	8
4.5 Farklı İki Malzemenin Birbirine Kaynağı Durumundaki Gereklikler	9
5. ULTRASONİK KAYNAK MAKİNASININ ÇALIŞMA PRENSİBİ VE TEMEL PARÇALARI	14
5.1 Ultrasonik Kaynak Makinesinin Çalışma Prensibi	14
5.2 Frekans Dönüştürücüleri / Güç Kaynağı /Jeneratör	15
5.3 Transdüser	16
5.4 Güç Dönüştürücüsü (Converter)	17
5.5 Genlik Ayarlayıcılar/Mekanik Amplifikatörler (Booster)	18
5.6 Kaynak Kalıpları/Boynuz(Horn)	19
5.6.1 Frekans Seçimi	21
5.6.2 Uygun Malzeme Seçimi	21

5.6.3	Dalgaboyu Hesabı	21
5.6.4	Teorik Boyutların Hesaplanması	21
5.6.5	İstenmeyen Vibrasyon Modlarının Değerlendirilmesi	22
5.6.6	Prototip yapma,akort etme ve test etme aşaması	22
5.7	Bağlantı (Kuplaj) Sistemi ve Basınç Üretici	22
6.	ULTRASONİK KAYNAK YÖNTEMİNİN AVANTAJLARI VE ÖZELLİKLERİ	23
6.1	Kalite	23
6.2	Proses Kontrol	23
6.3	Maliyet	23
7.	ULTRASONİK KAYNAK YÖNTEMİNDE KAYNAK BÖLGESİ VE PARÇA TASARIMI	24
7.1	Enerji Yönlendiricili Birleşme Tasarımı	24
7.1.1	Adım Formunda (Kademeli) Birleşme Tasarımı	26
7.1.2	Girintili-Çıkıntılı Birleşme Tasarımı	26
7.1.3	Pürüzlü Yüzeyli Birleşme Tasarımı	27
7.1.4	Çapraz Enerji Yönlendiricili Birleşme Tasarımı	27
7.1.5	Keski Formundaki Enerji Yönlendiricili Birleşme Tasarımı	28
7.2	Kayma Eğilimli Formda Birleşme Tasarımı	28
7.3	Kaynak Bölgesi Tasarımında Dikkat Edilmesi Gereken Diğer Hususlar	30
7.3.1	Keskin Köşeler	30
7.3.2	Delikler Ve Boşluklar	30
7.3.3	Yakın-Alan Ve Uzak-Alan	31
7.3.4	Kaynak Parçalarının İç Veya Dış Yüzeyine Kalıpta Eklenmiş Parçalar	32
7.3.5	Boynuz Teması Ve Yerleşimi	33
8.	DİĞER ULTRASONİK KAYNAK YÖNTEMLERİ	34
8.1	Ultrasonik Noktasal Kaynak	34
8.2	Ultrasonik Perçinleme Metodu İle Kaynak Yöntemi	34
8.3	İlave İç Malzeme İle Ultrasonik Kaynak Yöntemi	37
9.	PROSES DEĞİŞKENLERİ	38
10.	TERMOPLASTİKLERİN BİRLEŞTİRİLMESİNDE KULLANILAN ULTRASONİK KAYNAK YÖNTEMİNDE KAYNAK KALİTESİNE ETKİYEN PARAMETRELERİN TANIMLANMASI	39
10.1	Malzeme Seçimi	39
10.2	Parça Tasarımı ve Kaynak Bölgesi Tasarımı	39

10.3	Malzeme Yapısına ve Kaynak Bölgesi Tasarımına Göre Gerekli Genliğe Bağlı Olarak Boynuz (Horn) ve Genlik Ayarlayıcı (Booster) Seçimi (Doğru Genlik Seçimi)	40
10.4	Kaynak Basıncı *	41
10.5	Kaynak Süresi *	41
10.6	Baskı Süresi *	42
11.	ULTRASONİK KAYNAK YÖNTEMİNİ DİĞER BİRLEŞTİRME YÖNTEMLERİ İLE KIYASLAMA	42
12.	ÖRNEK BİR KAYNAK UYGULAMASI VE PARAMETRELERİN DEĞİŞTİRİLEREK KAYNAK KALİTESİNİN YORUMLANMASI	44
12.1	Araç İçi Aydınlatma Lambası Kaynağı	44
12.1.1	Kaynak Öncesi Hazırlıklar	45
12.1.2	Kullanılacak Kaynak Makinasının Teknik Özellikleri	45
12.1.3	Araç İçi Aydınlatma Lambasında Kullanılması Gereken İdeal Parametre Değerleri	46
12.1.4	Baskı Süresi Sabit, Kaynak Süresi Sabit, Basınç Değişken iken parça kaynağı ve kaynak kalitesinin gözlenmesi	48
12.1.5	Baskı Süresi Sabit, Basınç Sabit, Kaynak Süresi Değişken iken parça kaynağı ve kaynak kalitesinin gözlenmesi	50
12.1.6	Basınç Sabit, Kaynak Süresi Sabit, Baskı Süresi Değişken, iken parça kaynağı ve kaynak kalitesinin gözlenmesi	52
12.1.7	Kaynak Prosesinden Sonra Uygulanan Sızdırmazlık Test Düzeneği	54
13.	TÜRKİYEDE ULTRASONİK KAYNAK YÖNTEMİNİ UYGULAYAN BAŞLICA FİRMALAR VE BULUNDUKLARI İŞ ALANLARI	57
13.1	Sa-Ba A.Ş.	57
13.2	Trexta	58
	SONUÇLAR	60
	ÖZGEÇMİŞ	61

KISALTMALAR

ABS	: Akrinitril-Butadien-Stiren
PPO	: Polifenilen Oksit
PP	: Polipropilen
PC	: Poli-Karbonat
PE	: Poli-Etilen
PS	: Poli Stiren
PVC	: Polivinil Klorid
UV	: Ultraviole
PBT	: Polibutilen teraftalat
PET	: Polietilen teraftalat
PEEK	: Polietereterketon

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 4.1 Termoplastik Malzemelerin Ultrasonik Kaynak Yöntemlerine Uygunluğu.....	11
Tablo 4.2 Termoplastik Malzemelerin Kaynak Uyumluluk Tablosu.....	13
Tablo 5.1 Genlik Ayarlayıcılarının Sınıflandırılması	18
Tablo 11.1 Ultrasonik Kaynak Metodunun Diğer Birleştirme Yöntemleri İle Kıyaslanması.....	43

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Ses Dalgasının Genliği, Dalga Boyu, Periyot.....	2
Şekil 3.1 : Plastiklerin Moleküler Yapısı.....	6
Şekil 3.2 : Özgül Isı ve Sıcaklık Tablosu	7
Şekil 5.1 : Ultrasonik Kaynak Makinasının Şeması.....	15
Şekil 5.2 : Ultrasonik Frekans Dönüştürücünün yapısı.....	16
Şekil 5.3 : Transduser Sistemi.....	17
Şekil 5.4 : Çeşitli Genlik Ayarlayıcıları.....	19
Şekil 5.5 : Basit Bir Boynuz Tipi.....	20
Şekil 5.6 : Farklı Amaçlar için Hazırlanmış Boynuz Uçlar.....	20
Şekil 7.1 : Düz ve Enerji Yönlendiricili Tasarımların Zaman-Sıcaklık Eğrileri	25
Şekil 7.2 : Kaynak Öncesi ve Kaynak Sonrası Durumuyla Enerji Yönlendiricili Tasarım.....	25
Şekil 7.3 :Adım Formunda Kaynak Bölgesi Tasarımı.....	26
Şekil 7.4 :Girintili-Çıkıntılı Kaynak Bölgesi Tasarımı.....	27
Şekil 7.5 :Çapraz Enerji Yönlendiricili Birleşme Tasarımı.....	28
Şekil 7.6 :Keski Formundaki Enerjili Birleşme Yeri Tasarımı, Kaynak Öncesi ve Sonrası.....	28
Şekil 7.7 :Kayma Eğilimli Formda Birleşme Yeri Tasarımı.....	29
Şekil 7.8 :Keskin ve Yuvarlatılmış Köşeler.....	30
Şekil 7.9 :Kabarcık, Kıvrım ve Kabarcık Kusurları.....	31
Şekil 7.10 :Uzak Alan Kaynağı.....	31
Şekil 7.11 :Yakın Alan Kaynağı.....	32
Şekil 7.12 :Ek Parça da Potansiyel Kırılma Noktasını Gösteriyor.....	33
Şekil 7.13 :Boynuz Teması ve Kaynak Bölgesindeki Yerleşimi.....	33
Şekil 8.1 :Ultrasonik Noktasal Kaynak Yöntemi.....	34
Şekil 8.2 :Standart Uçlu Perçinleme Metodu.....	35
Şekil 8.3 :Kubbe Uçlu Perçinleme Metodu.....	36
Şekil 8.4 :Çentik Uçlu Perçinleme Metodu.....	36
Şekil 8.5 :Düz Uçlu Perçinleme Metodu.....	36
Şekil 8.6 :Girintili ve Çıkıntılı Uçlu Perçinleme Metodu.....	36
Şekil 8.7 :İlave İç Malzeme ile Ultrasonik Kaynak Yöntemi.....	37
Şekil 9.1 :Güç-Zaman İlişkisi.....	33
Şekil 10.1 :Tamamlanmış bir kaynak işleminden alınmış bir kesit görüntüsü....	42

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 12.1 : Araç İçi Aydınlatma Lambası.....	45
Şekil 12.2 : Branson/920 IW.....	46
Şekil 12.3 : Araç İçi Aydınlatma Lambasının Kaynağı Sırasında Çekilmiş Fotoğraf.....	47
Şekil 12.4 : Araç İçi Aydınlatma Lambasının İdeal Parametrelerle Kaynak Edilmiş Hali.....	47
Şekil 12.5 : P=40 PSI (2.812 kg/cm ²) iken 1.Numune.....	48
Şekil 12.6 : P=50 PSI (3.515 kg/cm ²) iken 2.Numune.....	48
Şekil 12.7 : P=60 PSI (4.218 kg/cm ²) iken 3.Numune.....	48
Şekil 12.8 : P=70 PSI (4.921 kg/cm ²) iken 4.Numune.....	49
Şekil 12.9 : P=80 PSI (5.624 kg/cm ²) iken 5.Numune.....	49
Şekil 12.10: Tk=0.245sn iken 1.Numune.....	50
Şekil 12.11: Tk=0.350sn iken 2.Numune.....	50
Şekil 12.12: Tk=0.750sn iken 3.Numune.....	51
Şekil 12.13: Tk=0.900sn iken 4.Numune.....	51
Şekil 12.14: Tk=1.200sn iken 5.Numune.....	52
Şekil 12.15: Tb=0.200sn iken 1.Numune.....	52
Şekil 12.16: Tb=0.300sn iken 2.Numune.....	53
Şekil 12.17: Tb=0.500sn iken 3.Numune.....	53
Şekil 12.18: Tb=2.000sn iken 4.Numune.....	53
Şekil 12.19: Tb=8.000sn iken 5.Numune.....	54
Şekil 12.20: Dairesel Montaj ve Kontrol Düzeneği.....	55
Şekil 12.21: Hava Sızdırmazlık Test Düzeneği/1.....	56
Şekil 12.22: Hava Sızdırmazlık Test Düzeneği/2.....	56
Şekil 12.23: Sa-Ba Endüstriyel Ürünler A.Ş. Ürünlerinin Montajında Ultrasonik Kaynak Metodunu Kullanıyor.....	58

SEMBOL LİSTESİ

t	: Kalınlık
D	: Perçin Çapı
W	: Genişlik
T_g	: Camsı Duruma Geçiş Sıcaklığı
T_m	: Erime Sıcaklığı
kHz	: Kiloherertz
MHz	: Megahertz
Hz	: Hertz
f	: frekans
λ	: Dalgaboyu
v	: Hız
T	: Periyod
dB	: Desibel
m	: Metre
m/s	: Metre/Saniye

ÖZET

TERMOPLASTİKLERİN BİRLEŞTİRİLMESİNDE KULLANILAN, ULTRASONİK KAYNAK YÖNTEMİNDE KAYNAK KALİTESİNİ ETKİLEYEN PARAMETRELERİN İNCELENMESİ

Bu çalışmada, plastiklerde birleştirme yöntemlerinden ultrasonik kaynak metodunun üretim kolaylığı, çevrim süresi, maliyet, dayanım, ve kalite açısından diğer birleştirme yöntemleri ile kıyaslanması gerçekleştirilmiştir. Ayrıca günümüzde yeni yeni gelişmekte olan Ultrasonik Kaynak Metodu'nun avantajları irdelenmiş, ve çeşitli örneklerle kullanım alanlarına temas edilmiştir. Ultrasonik Kaynak yöntemindeki önemli parametreler ele alınmış ve ayrıntıları ile teoride kalınmayıp gerçek uygulamaları ile değerlendirilmiştir.

Ayrıca tezin hazırlanışı esnasında farklı tasarım örnekleri ve çeşitli kaynak ağız tasarımları üzerinde de çalışma fırsatı bulunuldu. Deneyler sırasında çıkan yorumların ve gözlemlerin karşılığı olarak, Ultrasonik Kaynak Metodunun verimliliğini etkileyen en temel parametreler belirlenmiştir. Termoplastik malzemelerde istenilen kaynamanın sağlanması, malzemeye aktarılan Enerji Miktarı ile orantılıdır bununla birlikte aktarılan Enerji Miktarını da belirleyen üç ana bileşen Basınç, Genlik ve Kaynak Süresi olarak belirlenir ve birbirleri ile ters orantıda Enerji Miktarını etkilerler. İşte bu parametrelerin deneysel olarak değiştirilerek uygulamalarını bu çalışmada görebilirsiniz.

Son olarak, değinmek istediğim konu ise metodun sınırlamaları ve başka yöntemlerle kıyaslanması ; çalışma boyunca sürekli olarak Ultrasonik Kaynak Metodunda kullanılan yöntemlerde bazı boyutsal sınırlandırmalar dan bahsedilmiştir ki bu da Ultrasonik Kaynak Metodunun bu boyutsal sınırlardan ne kadar etkilendiğinin en temel kanıtıdır, işte bu yüzden bu bilgiler ışığında tasarımlar daha üretime yakın bir şekilde boyutlandırılacaktır, ve lakin eğer bu boyutların aşılması gerekliliği zorunlu ise işte o zaman karşılaştırma tablolarından faydalanarak yeni birleştirme yöntemlerine geçilecektir.

Sonuç olarak da kaynak bölgesi tasarımının ve kaynak esnasında geçerli olan parametrelerin parça beklentilerini karşılamak açısından ne kadar önemli olduğu ortaya çıkmıştır. Çalışmaların sonunda karşılaştığımız gerçek; bir ürünün daha konsept tasarım aşamasında üretim yönteminin belirlenmesi gerekliliği, ve bununla beraber Ultrasonik Kaynak Metodunun,kaynak sırasında kaynak kalitesine etkileyen parametrelerinin doğru seçilmesi durumunda ne kadar hızlı,amaca uygun ve kaliteli bir üretim metodu olduğu ortaya çıkmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: ULTRASONİK KAYNAK YÖNTEMİ, KAYNAK BÖLGESİ TASARIMI, KAYNAK KALİTESİNİ VE VERİMLİLİĞİNİ ETKİLEYEN PARAMETRELER

SUMMARY

IN PLASTIC JOINING, ANALYSING THE FUNDAMENTAL PARAMETERS WHICH IS OPERATING THE WELDING QUALITY IN ULTRASONIC WELDING TECHNIQUE

In this study, Ultrasonic Welding Technique is being compared with other bonding mechanisms by evaluating them in ease of produce, cycle time, cost, strength, and quality. Besides, the advantages of Ultrasonic Welding Technique which has a close exploration, are being considered, and dealt with the use of technique by looking over some examples. The fundamental parameters of Ultrasonic Welding Technique are being discussed by not standing in the theory, also handling with remarkable practices. Nevertheless, it is realized how important determining the joint design and the correct parameters in order to go to meet the requirements that we expect from the part.

Moreover, while studying on the thesis subjects, it had been worked on different types of designs and welding joint designs. In the meantime fundamental parameter which really affects the efficiency of the Ultrasonic Welding Method had been specified. For instance in order to get a well-oriented welding section, it is needed to be transferred the necessary Energy over the welding area for this reason it is to be used three other parameters, which are in inverse proportion with Energy. This three important parameters are listed like, Pressure, Amplitude and Welding Period.

Lastly, I would like to touch the limitations and comparisons of Ultrasonic Welding Method. As you can easily realize that during the whole study the dimensional limitations are mentioned critically, that will help to the designers and engineers in order to design their joints due to taking care of these limitations. When if as an obligatory movement it is needed to change the dimensions, then the only thing should have been done is to check the comparison tables and sentences of Ultrasonic Welding Method and the other Assembling Techniques in the study.

Consequently the reality what is faced is; it is necessary to determine the production method during the concept design and as in case of determining the correct parameters which are affecting directly the welding quality, you can consider the beneficial abilities of Ultrasonic Welding Technique such as suitable for clean, low cost, high quality and high volumed productions.

KEYWORDS: ULTRASONIC WELDING TECHNIQUE, JOINT DESIGN, THE PARAMETERS OPERATING THE WELDING QUALITY

1. 1. GİRİŞ

1.1 Giriş ve Çalışmanın Amacı

Globalleşen dünya da rekabet hat safhada artmaktadır. Bir çok malzeme her yeni malzemeye göre artık eskisinden çabuk eskimektedir. Dolayısı ile çok hızlı yenilenen bir dünya onun kadar hızlanılmadıkça nasıl yakalanabilir. İşte bu dünya artık metallere çok plastiklerin dünyası olmaya başlamıştır, plastik malzeme kullanımı dünyamızda gün geçtikçe aşırı miktarda artmaktadır. Artık metallere, plastikler'e karşı bir üstünlüğü kalmamıştır, hatta ve hatta en güçlü olduğu kanadı olan "dayanım" da bile plastikler hızla metallere yetişmeye başlamışlardır. İşte bu kadar hızlı gelişen bir sektörde elbette teknoloji de takiben gelişmektedir, artık üretimlerde ilkel işlemlerden uzaklaşmakta ve otomasyona geçilmekte, kar elde edilmektedir.

Üç parçadan oluşan, hammaddesi plastik olan, hergün cebinizde taşıdığınız basit bir aksesuar ürününü düşünün, nasıl üretilmiştir diye. İşte bu çalışma, bu tarz parçaların en verimli nasıl üretilbildiğini anlatmaktadır, üretimde hangi birleştirme tekniğinin daha fazla getirisi olduğunu araştırmaktadır. Verim tarifi içinde, maliyet, hızlı üretim, az işçi, az kontrol, temiz yüzey gibi bir ürünün tasarımında dikkat edilmesi gereken bir çok detay bulunmaktadır.

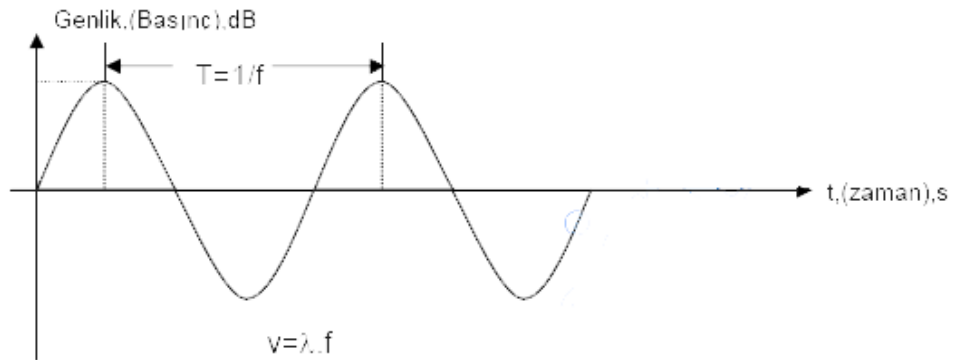
2. ULTRASON NEDİR?

İnsan kulağı 20 Hz ile 20 kHz arasındaki sesleri duyabilir. İnsan kulağının işitebileceği ses frekansının üzerindeki akustik dalgalara ultrasonik dalgalar denir. Bir çok kaynakta ultrasonik dalgalar, 20 kHz – 100 kHz arasında sınırlanmış

olmasına rağmen, tıp elektronikinde üst sınır 30 MHz'e kadar uzanır. Ancak teşhis amacıyla kullanılan ultrason dalgaları 2 ile 10 MHz arasındadır

Megahertz mertebesindeki sinyaller radyo frekans dalgaları olarak adlandırılmasına rağmen, radyo frekans dalgaları ile ultrason dalgaları arasında (aynı frekans bandında olmalarına rağmen) yapı itibariyle bazı temel farklar vardır. Bunlardan en önemlisi, radyo frekans dalgalarının elektromanyetik dalgalar olması, ultrason dalgalarının ise akustik yapıda olmasıdır. Örneğin 2.5 MHz'lik bir sinyal uygun bir antene bağlanırsa elektromanyetik bir ışıınım meydana gelirken aynı sinyal bir ultrason transduserine uygulanırsa ultrason dalgaları oluşur. Ultrasonun temelini darbe-yansıma (pulse-echo) prensibi oluşturur. Yani bir ultrason darbesi gönderilir ve hedeften yansiyarak gelen eko geri alınır. Geri alınan ekodan, gözle görülmeyen hedefle ilgili istenen bilgiler çıkarılır. Örnek olarak vücudun iç organlarını görmek için bu yöntem (darbe-yansıma) kullanılmaktadır; insan kulağının algılayamayacağı, yüksek frekanslı ses dalgaları iç organlara transduser adı verilen, el ile çalışan inceleme aygıtının, tarayıcı (skenör) içindeki küçük, titreşim yapan bir kristalden vücudun iç organlarına yönlendirilir. Tarayıcı, bir görüntü oluşturmak için sesi yansıtır veya 'yansıma yapar'. İşte bu yansıma'nun ölçülüp kaydedilmesi ile görüntü elde edilir.

Şekil 2.1 de görüldüğü gibi bir ses dalgasının genliği, periyodu ve dalga boyu gösterilmiştir.



Şekil 2. 1 Ses Dalgasının Genliği, Dalga Boyu, Periyot

Ses dalgalarının tekrarlanan seri basınç dalgalarından meydana geldiği ve yayıldığı ortamlardaki molekülleri titreştirerek ilerlediği bilinmektedir. Ses dalgalarını frekanslarına göre alçakses, işitilebilir ses ve ultrases (Ultrason) olmak üzere üç gruba ayırmak mümkündür;

- Alçakses: 20 Hz'den düşük sesler
- İşitilebilir ses: 20 Hz ile 20 kHz arasındaki sesler
- Ultrason: 20 kHz ile 30 MHz arasındaki sesler

3. ULTRASONİK KAYNAĞIN TARİHÇESİ VE GELİŞİMİ

Dünyadaki nüfusun 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. Anlaşılacağı üzere plastiklerin kaynaklı üretim tekniklerinden biri olan termoplastiklerin ultrasonik kaynağı dünyada gelişmekte olan çok yeni bir konudur.

Hayatımızda kullandığımız plastik tipleri termoplastikler, termosetler ve elastomerler olarak üçe ayrılmaktadır. Ancak plastiklerin kaynağı denildiğinde sadece termoplastik malzemelerin yapılabilmektedir. Plastiklerde Ultrasonik Kaynak Yöntemi 1972 yılından beri kullanılmaktadır. Bu yöntem amorf, yarı-kristal yapıdaki plastikler, kristal yapıdaki plastiklere uygulanabilmesi, kaynak süresinin kısa ve düşük maliyet ile temiz kaynak yapılabilmesi nedeniyle geniş uygulama alanına sahiptir.

Metaller için ilk ultrasonik kaynak makinesi 1960 yılında üretilmiş ve patentlenmiştir. İlginç bir noktadır ki daha 1952 yılında ilk başvuru yapılmış olmasına rağmen bu konu ile ilgili patent verecek kurum temsilcisi ısı kullanılmadan o dönem ancak super yapıştırıcılara benzeyen bu yöntemi kabul etmemiştir. O dönem ultrasonik kaynak için üretilmesi gereken güç seviyesini sağlamakta yetersiz ve masraflıydı. Zamanla ultrasonik enerji yüzey temizleme, plastik parçaların imalatı,

hasarsız malzeme testleri ve endüstriyel metal kaynağı gibi alanlarda yaygınlaştı. Bu gelişmenin temel nedeni ise kullanıcılarına sunduğu hız, verim, mükemmel denilecek kaynak kalitesi, uzun bakım ömrü olarak sayılabilir.

4. PLASTİKLER VE PLASTİKLERİN YAPISI

4.1 Plastiklerin yapısı

Atomlarının zincir gibi birbirine bağlandığı büyük moleküllü sentetik polimer maddelerdir. Uygun sıcaklıkta kolayca şekillendirilebilen ve soğutulduğunda da katılaştıran bir yapıya sahiptirler.

Plastikler çok çeşitli kimyasal ve fiziksel yapılardadır. Cam gibi saydam olan, asitlere ve diğer kimyasal etkilere dayanıklı olan, yalıtkan olan çeşitli plastikler vardır.

Atomik yapı açısından iki farklı tür yapıdan bahsedebiliriz(Şekil 4.1). Bunlardan birincisi atomların yan yana düzgün olarak dizildikleri yapılar ki biz bu yapıya kristal diyoruz. Çevremizde gördüğümüz neredeyse tüm katılar kristal yapıdadır. Kristal yapının bir katının girebileceği en düşük enerjili yapı olduğunu da söyleyebiliriz. Bunun dışında, atomların düzensiz olarak yerleştirildiği katı yapılara da amorf diyoruz. Camlar amorf yapıdadır. Gerçi amorf yapılarda kısa erimli bir düzen vardır ama bunlar kristaller kadar düzenli değildir. Örneğin düzensiz yapılaşmış bir kent düşünün. Daha önce yapılan evlerin yakınlarına yeni yapılan binalar bunlara uygun yapılmıştır ve dolayısıyla bir takım sokaklar oluşmuştur, ama tüm kent düşünüldüğünde sokaklar rasgele yönlerdedir. Tamamen düzenli bir kentteys, kentteki bütün sokaklar ya doğu-batı veya kuzey-güney doğrultusundadır. Neyse, enerji açısından düşünüldüğünde amorf bir yapı, atomlarının yerini değiştirerek kristal bir yapıya girme eğilimindedir. Camda da bu kuşkusuz doğru. Fakat, bir kaç atomun yerlerinden ayrılarak başka yerlere gitmelerinin önünde enerji

açısından yüksek engeller var. Eğer bu engeller aşılsa, kristal yapının büyümesi söz konusu.

Aşırı donmuş bir sıvı, hala katı çekirdeklerin (kristal) büyümesi devam ediyor ama bu süreç çok yavaş işliyor. Önemli bir nokta, bu sürecin kristalleşmeyle (gerçek anlamıyla donma)bitmesi. Fakat, bu süreç devam ederken makro ölçekte şekil değişikliği olması da mümkün(akma). Demek istediğim Cam bir sıvı olsa bile, bal veya su gibi akıp giden bir sıvı değildir. Hareketin sonu her zaman donmadır.

4.2 Plastiklerin Sınıflandırılması

Şu anda kullanılmakta olan 400.000'e yakın plastik türü vardır ve bunları birbirinden ayırt etmek bazen imkansızdır. Ancak termik özellikleri yönünden plastikleri iki ana grupta toplamak mümkündür.

4.2.1 Termoplastikler

Isıtıldığında yumuşayan ve soğutulduğunda katılaşabilen, ısıtma ve soğutma işlemlerinde kimyasal değişikliğe uğramadan sadece fiziksel değişikliğe uğrayan plastiklerdir.

Termoplastikler, birden fazla ısıtma ve soğutma işlemine tabi tutularak kalıplanabilir. Bunun için termoplastiği oluşturan moleküllere ait atomlar birbiriyle bağlanarak zincirler meydana getirirler. Isıtıldığında, bu maddenin akıcılığını sağlar. Soğutulduğunda katılaştıran atom zincirleri yeniden ısıtıldığında birbiri üzerinden kayan zincir şeritleri meydana getirirler.

Termoplastik grubunu oluşturan ve en çok kullanılan plastikler şunlardır:

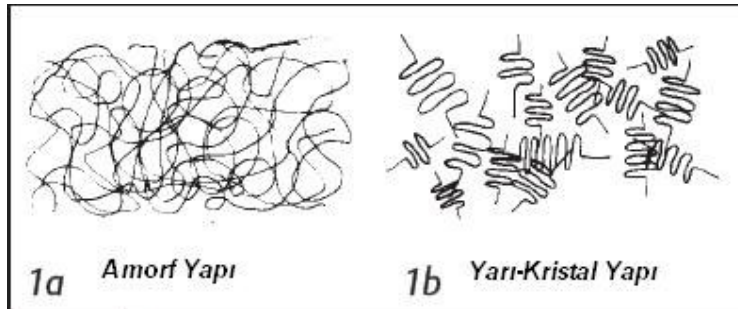
Akrilikler, Akrinitril-Butadien-Stiren(ABS), Selüloz, Naylon, Polifenilen Oksit (PPO), Poli-Karbonat (PC), Poli-Etilen (PE), Polipropilen (PP), Poli Stiren (PS), Polivinil Klorid(PVC)...

Termoplastikler, kendi içinde de üçe ayrılır ;

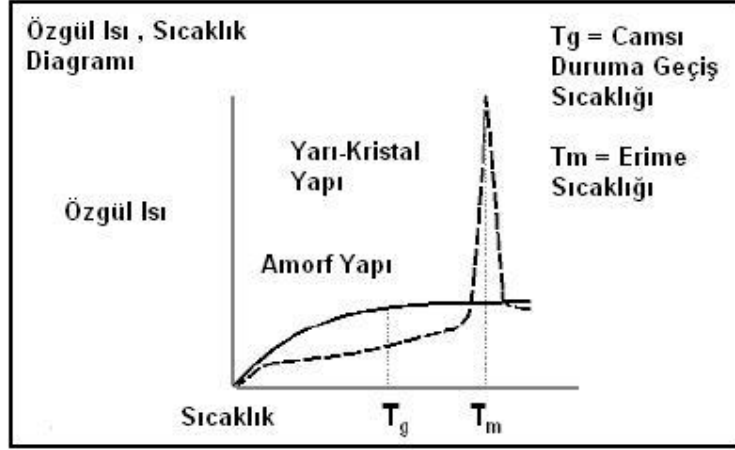
- 1- Amorf yapıdaki plastikler (ABS, PS, PC, SAN, PMMA, PVC, PPO...)
- 2- Yarı kristal yapıdaki plastikler (PP, POM, PA, PE...)

3- Sıvı Kristalik plastikler.

Termoplastiklerin kaynak edilebilirliği açısından incelediğimizde amorf malzemelerin, malzemeyi kademeli bir şekilde yumuşatmaya, zamansız katılaşma olmaksızın erimeye ve akmaya izin veren çok geniş camlaşma sıcaklık aralığı vardır. Bu polimerler genellikle ultrasonik titreşimleri iletme açısından çok verimlidirler, ve geniş bir kuvvet/genlik aralığında ki birleşmelerde de çok verimlidirler. Yarı kristal yapıdaki termoplastiklerin çok keskin erime sıcaklıkları ve katılaşma sıcaklıkları vardır (Şekil 3.2). Katı halde bulundukları zaman bu yapıdaki polimerlerin molekülleri tıpkı bir yay gibi yüksek frekanstaki mekanik titreşimlerin bir kısmını emmektedirler, ve bu özellikleri de ultrasonik enerjiyi birleşme yüzeyine iletme durumunu güçleştirmektedir. Bu sebeple kaynak esnasında yarı kristal yapıdaki malzemelerin kaynağı için genellikle yüksek genlik gerekmektedir. Keskin erime noktası, malzeme akışına izin vermek için için gerekli olan yüksek enerji gerekliliğinden kaynaklanmaktadır. Erimiş malzeme ısıtılmış bölgeyi bir defa terkettiği anda sıcaklık değişimi çokda fazla olmadan, çok hızlı katılaşmaktadır. İşte bu tarz özellikler, yarı kristal yapıdaki çoğu malzemenin ultrasonik kaynak aşamasında başarılı bir sonuca ulaşmak için diğer malzemelere göre farklı parametrelerde (yüksek genlik, dikkatli birleşim yeri dizaynı, boynuz teması, kaynak bölgesine uzaklık, ve bağlama düzeni) çalışılması gerektiğini açıkça göstermektedirler.



Şekil 3.1 Plastiklerin Moleküler Yapısı
1a-Amorf Yapıdaki Plastikler, 1b-Yarı Kristal yapıdaki plastikler



Şekil 3. 2 Özgül Isı ve Sıcaklık Tablosu

4.2.2 Termoset Plastikler

Bir defaya mahsus olmak üzere ısıtıldığında istenilen biçimlendirilmeyi elde ettikten sonra eski biçimine dönüştürülemeyen plastik grubudur. Bunun nedeni bu gruptaki plastiklerin yapısını oluşturan atom zincirlerinin birbirine bağlarla bağlanmış olmasıdır. Yan yana bağlı atomlar zincirleri, termoset plastik tekrar ısıtıldığında birbirleri üzerinde kaymaz, yani atomlar birbirini bırakmaz. Bu nedenle sadece bir defa biçimlendirilebilir.

Termoset plastik grubunu oluşturan ve en çok kullanılan bazı plastikler şunlardır:

Amin plastikler-Urea ve Melaminler, Epoksiler, Fenilikler(Bakalitler), Polyester, Silikatlar, Uretanlar.

4.3 Plastiklerin Seçiminde Kullanılan Temel Kriterler

Plastik üreticilerinin, beklentilerini karşılayabilecek özellikteki plastik malzemeler, ürün'ün tasarımında ön plana çıkmaktadır. Bu seçim genellikle ürün'ün fonksiyonunu ve satışını etkileyeceğinden en uygunu olmalıdır. Ürün'ün kullanılacağı alan, ürün'ün kullanıcı sınıfı, ürünün fonksiyonu da tasarımda malzeme seçiminde çok etken bir rol oynamaktadır. Aşağıda, plastiklerin seçiminde kullanılan temel kriterler sıralanmıştır;

- Mekanik Özellikler
- Darbe Mukavemeti
- Boyutların Kararlılığı
- Sıcaklık Mukavemeti
- Kimyasal Mukavemet
- Alev Geciktiricilik
- Elektriksel Özellikler
- Sürtünme ve Aşınma
- İşleme Özellikleri
- UV Mukavemeti
- Yüzey Sertliği
- Yüzey Görünümü
- Maliyet

Mühendislik uygulamalarında plastiklerin sağladığı başlıca avantajlar ise parça konsolidasyonu, montaj kolaylıkları, boyama ve yüzey işlemlerinin ortadan kalkması, yüksek ‘‘Mukavemet/Ağırlık’’ oranıdır.

4.4 Plastik Malzemelerin Kaynak Kabiliyeti

4.4.1 Kaynak Kabiliyetini Etkileyen Faktörler

Termoplastikleri kaynak kabiliyetini etkileyen majör faktörler şöyle sıralanabilir; polimerlerin yapısı, erime sıcaklığı, akma, elastisite modülü (katılık), ve kimyasal donanımı.

4.4.1.1 Polimer Yapısı

Termoplastiklerde amorf yapının ultrasonik titreşimleri ne kadar iyi iletebildiğini ve yarı-kristal yapının da ultrasonik titreşimler iletmeye de biraz zorlandığını, önceden sebepleriyle birlikte belirtmiştik

4.4.1.2 Erime Sıcaklığı

Polimerlerde ne kadar yüksek erime sıcaklığı, plastiklerin kaynağında da bir o kadar yüksek ultrasonik enerji gerektirir.

4.4.1.3 Elastisite Modülü (Katılık)

Genellikle bir malzemenin katılığı malzemenin daha iyi ultrasonik enerji iletim kabiliyeti var demektir.

4.4.1.4 Nem

Bazı malzemeler higroskopiktir ; atmosferdeki nemi emerler ve bu da ciddi şekilde kaynak kabiliyetini ciddi şekilde kötü yönde etkilemektedirler. Bu karakteristiğe sahip en önemli malzeme naylondur. Bunun sebebi porozite sorunudur, yüksek sıcaklıkta emdiği su buharlaşacak ve içeride kısıtlanmış gazın o bölgeden ayrılması o bölgede gözenek oluşturacaktır. Bu durum, kaynağın sızdırmazlık özelliğini, kozmetik görünüşünü ve kaynak dayanımına ciddi şekilde olumsuz yönden etkileyecektir. İşte bu özelliğinden dolayı naylon malzemeler kalıptan çıktığı gibi, yani hava ile mümkün olduğu sürece temas etmeden kaynak edilmesi önerilir, yada hava ile temas etmesi polietilen çantalarda saklandıktan sonra kaynak zamanı gelince çıkarılıp kaynak edilmesi önerilir. Bir diğer yöntem ise kurutmadır, kurutmanın yapılacağı fırınlar malzemenin bozulmasını engelleyecek nitelikte olmalıdır, çünkü %100 kuru naylon da kırılabilir. Bazen nem, bazı malzemelerde ise kaynak kabiliyeti açısından faydalı da olabilir; mesela çatlaklar yaratabilecek aşırı gerilme birikimi barındıran malzemelerde bu gerilimin giderilmesi yönünden de faydalıdır.

4.5 Farklı İki Malzemenin Birbirine Kaynağı Durumundaki Gereklilikler

Kaynak edilecek iki malzemenin, benzer erime sıcaklığına sahip olmaları ultrasonik kaynak yönteminde en temel gereksinimdir. Sıcaklıkların uyumlu olmaması durumunda aynı zamanlarda erime ve akma gerçekleşmeyeceği için kaynamanın başarısından söz edilemez. Örneğin yüksek erime sıcaklığına sahip akrilik parçadaki enerji yönlendirici, temas halinde bulunduğu daha düşük erime

sıcaklığı olan diğer akrilik parçaya göre kaynama esnasında daha geç yumuşamaya başlayacağı için kaynak başarılı olmayacaktır.

Ek olarak, farklı iki malzemenin kaynağı durumunda bir diğer önemli nokta ise, bu iki parçanın benzer molekül yapısına(benzer kimyasal uygunluk) sahip olmaları gerekliliğidir, bazı termoplastik malzemeler için uyumluluk tablosu aşağıda verilmiştir(Tablo 4.2). Benzer kimyasal uygunluk taşıyan plastikler benzer kimyasal radikaller taşırlar, benzer kimyasal radikaller içerme yüzdesi molekül yapılarının da benzerliğini belirler.

Bu uyumluluk sadece amorf ve harmanlanmış malzemelerde geçerlidir. Yarı-kristaller ise sadece kendileri ile kaynak edilebilirler.

Aşağıdaki tablodaki kodlama, göreceli olarak en temel termoplastik malzemelerin kaynak edilebilme kolaylık derecesini belirlemektedir. Kaynak kolaylığı, parça boyutu ve geometrisi, birleşme yeri tasarımı, enerji gereksinimleri, genlik, ve bağlama donanımının bir fonksiyonudur.

Tablo 4.1 Termoplastik Malzemelerin Ultrasonik Kaynak Yöntemlerine Uygunluğu

Tablo 4.1 de ki derecelendirmede, Kod 1 en kolayı, Kod 5 en zoru ifade etmektedir

Yakın Alan Kaynağı*: Parçanın, kaynak boynuzu ile temas yüzeyi ve birleşme çizgisi arasındaki mesafenin 6,35 mm'den küçük olması durumu

Uzak Alan Kaynağı*: Parçanın, kaynak boynuzu ile temas yüzeyi ve birleşme çizgisi arasındaki mesafenin 6,35 mm'den büyük olması durumu

a- Nem problemi olan malzemeler

b- Yarı kristal yapıdaki malzemeler

c- Yakın kaynak metodunda 40 kHz kullanır.

Malzemeler	Kaynak Yöntemi		Çıkıntı Eritme yöntemi, Perçinleme Yöntemi	Gömme Yöntemi	Noktasal Kaynak
	Yakın Alan Kaynağı*	Uzak Alan Kaynağı*			
Amorf Polimerler					
ABS	1	2	1	1	1
ABS/Polikarbonat Katkılı	2	2	2	1	1
Akrilik	2	3	3	1	1
Bütadien-stiren	2	3	2	2	2
Fenilen-oksit Tabanlı Reçineler	2	2	2	1	1
Polikarbonat (a)	2	2	3	2	2
Polieterimit	2	4	4	3	3
Polietersülfon (a)	2	4	4	4	4
Polistiren(Genel Kullanım Amaçlı)	1	1	4	2	3
Polistiren(Kauçuk Eklenmiş)	2	2	1	1	1
Polisülfon (a)	2	3	3	2	3
PVC(Katı)	3	4	2	1	3
SAN-NAS-ASA	1	1	3	2	3

PBT/Polikarbonat Katkılı	2	4	3	2	2
Yarı-Kristal Yapıdaki Polimerler					
Asetal	2	3	3	2	2
Selüloz	3	5	2	1	3
Floropolimers	5	5	5	5	5
Sıvı Kristal Polimerler (c)	3	4	4	4	3
Naylon (a)	2	4	3	2	2
Poliester, Termoplastik					
Polietilen Tereftalat/PET	3	4	4	3	3
Polibutilen Tereftalat/PBT	3	4	4	3	3
Polietereterketon-PEEK (c)	3	4	4	3	3
Polietilen	4	5	2	1	2
Polimetilpenten	4	5	2	1	2
Polifenilen Sülfür	3	4	4	2	3
Polipropilen	3	4	2	1	2

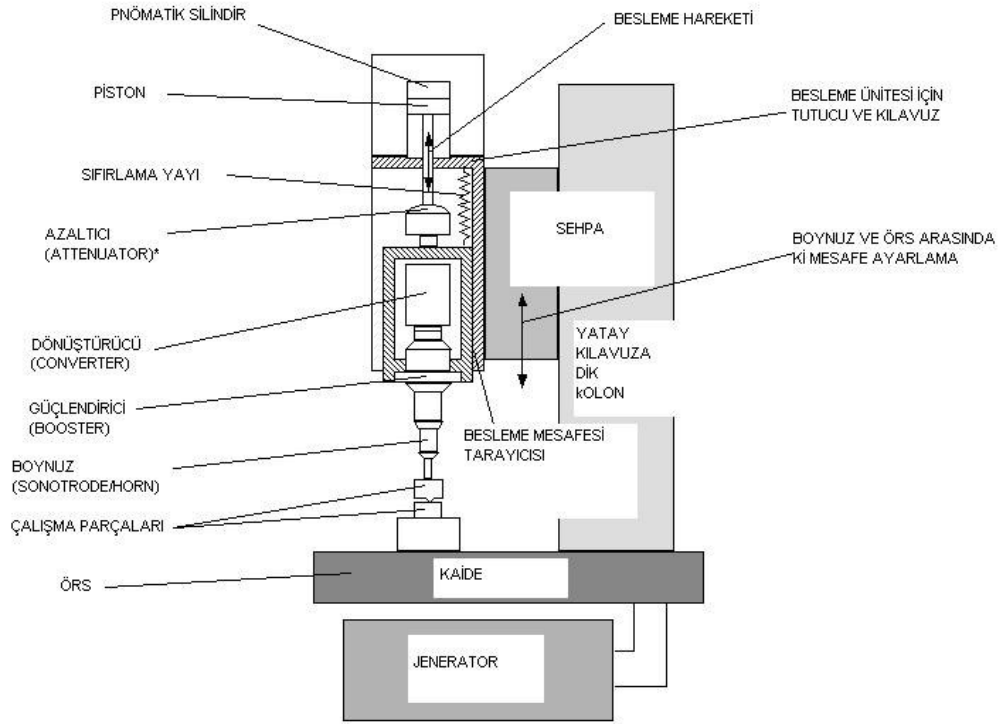
Tablo 4.2 Termoplastik Malzemelerin Kaynak Uyumluluk Tablosu

Uyumluluğu ifade etmektedir 0 Bazı durumlarda uyumluluk (genellikle harmanlamada) Birbirine kaynak edilemeyen malzemeler	Amorf Polimerler		ABS	ABS/Polikarbonat Katkılı	Akrilik	Bütadien-stiren	Fenilen-oksid Tabanlı Reçineler	Polikarbonat	Polieterimit	Polietersülfon	Polistiren(Genel Kullanım Amaçlı)	Polistiren(Kauçuk Eklenmiş)	Polisülfon	PVC(Katı)	SAN-NAS-ASA	PBT/Polikarbonat Katkılı	Polimerler	Asetal	Selüloz	Floropolimerler	Sıvı Kristal Polimerler	Naylon	Poli(etilen Tereftalat/PET	Polibutilen Tereftalat/PBT	Poli(etereterketon-PEEK	Poli(etilen	Polimetilpenten	Polifenilen Sülfür	Polipropilen
	Amorf Polimerler																												
	ABS							0						0	0														
	ABS/Polikarbonat Katkılı																												
	Akrilik		0												0														
	Bütadien-stiren																												
	Fenilen-oksid Tabanlı Reçineler				0										0														
	Polikarbonat		0	0	0	0																							
	Polieterimit						0																						
	Polietersülfon																												
	Polistiren(Genel Kullanım Amaçlı)				0										0														
	Polistiren(Kauçuk Eklenmiş)																												
	Polisülfon						0																						
	PVC(Katı)		0																										
	SAN-NAS-ASA		0	0	0	0				0																			
	PBT/Polikarbonat Katkılı																							0					
	Yarı-Kristal Yapıdaki Polimerler																												
	Asetal																												
	Selüloz																												
	Floropolimerler																												
	Sıvı Kristal Polimerler																												
	Naylon																												
	Poli(etilen Tereftalat/PET																												
	Polibutilen Tereftalat/PBT														0														
	Poli(etereterketon-PEEK																												
	Poli(etilen																												
	Polimetilpenten																												
	Polifenilen Sülfür																												
	Polipropilen																												

5. ULTRASONİK KAYNAK MAKINASININ ÇALIŞMA PRENSİBİ VE TEMEL PARÇALARI

5.1 Ultrasonik Kaynak Makinesinin Çalışma Prensibi

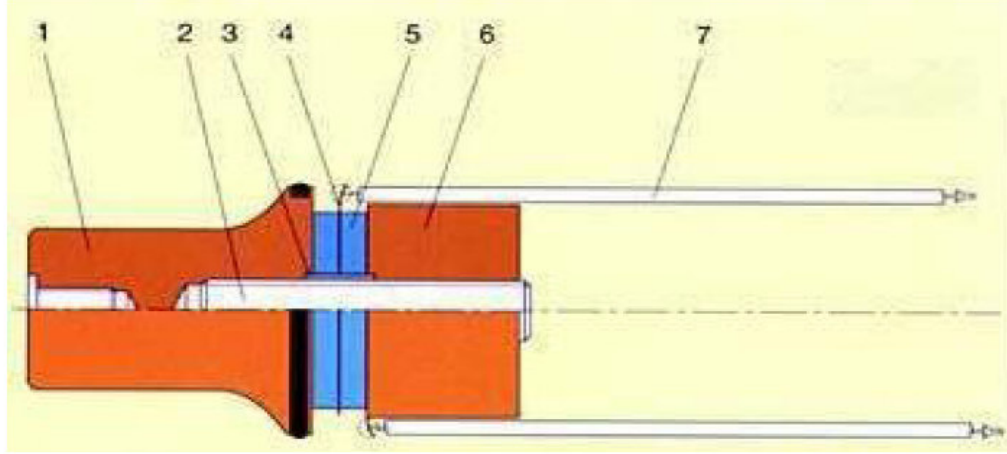
Ultrasonik kaynak yönteminde termoplastik parçalar, Ultrasonik alandaki mekanik titreşimler ve hafif bir basınç yardımı ile birleştirilir. Kaynak makinası adım adım şöyle çalışmaktadır ; Şebeke cereyanından alınan 50 Hz. Elektrik enerjisinin frekansı, Güç Jeneratöründe 20.000 Hz.'e yükseltilir. Güç Dönüştürücü (Converterde), elektrik enerjisi piezoelektrik kristalleri sayesinde mekanik titreşimlere dönüştürülür. Titreşim frekansı hala 20.000 Hz. dir. Genlik Ayarlayıcı (Booster) diye isimlendirdiğimiz parçaların sayesinde titreşimin genliği, yapılacak ultrasonik uygulamasına göre artırılır veya azaltılır. Ultrasonik kaynak işleminde en önemli parametrelerden biri titreşim genliğidir, çünkü her termoplastik malzemenin ergime sıcaklığı ve bünye yapısı farklıdır. Yapılacak olan işleme uygun bir genlik kullanmak, yapılacak işin neticesine tesir eder. Akıldan hiç çıkarılmaması gereken, Ultrasonik Kaynak bir katı hal prosesidir. Birleştirme, yüksek frekanslı titreşim enerjisinin bölgesel olarak bir arada tutulan yüzeylere uygulanması ile sağlanır. Temas yüzeylerinde bir miktar sıcaklık artışı olmasına rağmen, hiçbir zaman ergimeye sebebiyet verecek kadar yüksek bir değere ulaşılmaz. İstenilen genliğe ulaştırılan titreşim, Kaynak Kalıbı,Boynuz (Horn) sayesinde, kaynak edilecek plastik parçalar üzerine aktarılır. Basınç altında birbirine saniyede 20.000 kere sürtünen parçaların sürtünen yüzeyleri ergime sıcaklığına ulaştığında, titreşim kesilir. Basınç altında bir süre daha beklenerek parçaların soğuması sağlanır. Bu toplam süre çoğu uygulamalarda 1 sn. den daha azdır. Şekil 5.1 de Ultrasonik Kaynak Makinasının basit bir şemasını bulabilirsiniz.



Şekil 5.1 Ultrasonik Kaynak Makinasının Şeması

5.2 Frekans Dönüştürücüleri / Güç Kaynağı /Jeneratör

Frekans Dönüştürücüleri yada güç kaynağı/jeneratör kaynak kafasından ayrıdır genellikle ve eş eksenli bir kablo ile birleştirilir. Dönüştürücünün ayarı, operasyon frekansına ve de güç çıkışına bağlıdır. Pratik ve etken kaynak frekansları genellikle 15 ile 60 kHz arasında değişmektedir. Güç çıkışı ise 16 kW civarındadır. Genellikle frekans dönüştürücülerinde normal frekansı %1 ile 2 otomatik frekans kontrolü standarttır. Kaynak işlemi esnasında işlemci kafadan gelen değerlerin geri beslemesi ile frekans ayarlanmaktadır. İş parçası ve çalışma ortamından kaynaklanan değişiklikler bu geribeslemeyi sağlamaktadır. Çoğu kaynak frekansı dönüştürücüler silikon kontrollü redüser dizaynlıdır. Bu cihazlar küçük yapılı, hafif ve kompaktlardır. Minimum Maliyet ve yük ile maksimum verimi sağlamaktadır. Şekil 5.2 de frekans dönüştürücülerinin iç yapısını görebilirsiniz.

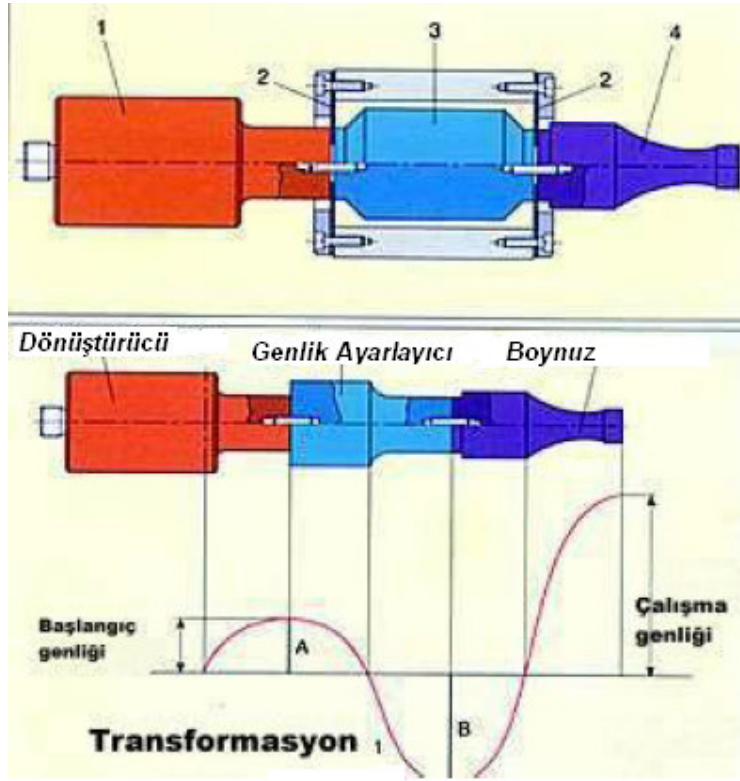


Şekil 5.2 Ultrasonik Frekans Dönüştürücünün Yapısı

1. Dönüştürücü Pivotu
2. Sıkıştırma Mekanizması
3. İzolasyon Çerçevesi
4. Kontak Levhası
5. Titreşim Cihazı
6. Baypas kablosu

5.3 Transdüser

Transdüserler, temel olarak frekans dönüştürücüden çıkan yüksek frekanslı elektrik gücünü mekanik titreşimlere çevirirler. Bu transdüserler magnetostriktif yada piezoelektrik varyasyonlar ile seçilir. Magnetostriktif tip transdüserler nikel ve nikel alaşımlı yapraklı yapıda olup, magnetik akının yoğunluğuna bağlı olarak boyut değiştirmektedirler. Bu tip transdüserlerin elektromekanik dönüşüm verimlilikleri genellikle %25 ile 35 arasındadır. Bu sebeptendir ki, bu transdüserler özellikle düşük güç donanımlı kaynak sistemlerinde kullanılırlar. Transdüser sistemleri dönüştürücü (converter), genlik ayarlayıcı (booster) ve de kaynak kalıbı/boynuz (horn) olarak üç ana kısımdan oluşmaktadır. Zirkonat titranat gibi piezoelektrik seramik malzemeler bir elektriksel alan akısına bağlı olarak ölçülerinde değişikliği uğrarlar. Piezoelektrik transdüserlerin dönüştürme verimi magnetostriktiflerin iki katına sahiptir. Çünkü bu tür seramik malzemeler düşük bir gerilme mukavemetine sahiptirler. Şekil 5.3 de bir transdüser sistemi açıkça gösterilmektedir.



Şekil 5.3 Transduser Sistemi

Küçük ebatlı transdüser sitemleri yüksek frekans çalışma şartları için, büyük ebatlı olanlar ise düşük frekanslı çalışma şartları için gereklidir. Vibrasyonun genliği, frekans ile ters orantılıdır. Dolayısı ile yüksek güç gerektiğinde 15-20 kHz gibi düşük frekanslar daha etkilidir. Aynı şekilde 40-60 kHz yüksek frekanslarda düşük güç gerektiren aletlerde gereklidir. Hem magnetostriktif, hem de piezoelektrik transdüserler güvenlik amacı ile hava soğutma sistemi ile donatılmıştır.

5.4 Güç Dönüştürücüsü (Converter)

Güç Dönüştürücü Jeneratör'den gelen elektrik enerjisini, kaynak prosesinde kullanılacak olan mekanik titreşimlere dönüştürür. İçinde, iki metal blok (genellikle titanyum) arasına sıkıştırılmış piezoelektrik seramik diskler barındırmaktadır. Her disk arasında elektrot görevi yapan ince metal plakalar bulunmaktadır. Sinusoidal Elektrik sinyaller, bu elektrotlar sayesinde Güç Dönüştürücü'den elde edildiği gibi, seramik diskler genişleyip, temas ederek bir eksenel ve 15-20 mikron genlikte bir hareket oluşturacaklardır.

5.5 Genlik Ayarlayıcılar/Mekanik Amplifikatörler (Booster)

Genlik ayarlayıcılar temelde Ultrasonik Kaynak Makinalarında iki görevi vardır; ilki, güç dönüştürücülerinden gelen mekanik titreşimleri, kaynak kalıbına,boynuza aktarma ve diğeri ise Güç dönüştürücüsünden gelen 20 Mikronluk mekanik titreşim genliğini seçilen malzemenin ergime noktasına göre kaynaktaki ihtiyaç duyulan mekanik titreşim genliğini ayarlama, bir diğeri yardımcı görevi ise aynı zamanda Güç Dönüştürücüsü(Converter), Genlik Ayarlayıcısı(Booster) ve Boynuz(Horn) üçlü sisteminin serbest halde yataklanmasıdır.

Farklı türdeki Termoplastik malzemelerin değişik değerlerdeki ergime sıcaklıkları nedeniyle, aynı genlik değerleri ile her çeşit termoplastik malzemenin kaliteli bir şekilde kaynak edilmesi mümkün değildir. Ergime sıcaklığı yüksek olan termoplastik malzemelere yüksek genlikte titreşim, aynı şekilde ergime sıcaklığı düşük olan termoplastik malzemelere düşük genlikte titreşim tatbik etmek kısa zamanda en sağlam kaynağı yapabilmek için şarttır. Termoplastik malzemelerin bünyesel yapılarının amorf veya yarı kristal yapıda olması Ultrasonik kaynak işleminde farklı neticeler verir. Bu sebeple farklı genlik değerleri ile kaynak yapabilmek için genlik ayarlayıcılarına ihtiyaç vardır. Genlik ayarlayıcıları genellikle renk kodları ile adlandırılmaktadır. Genlik ayarlayıcıları genellikle parça boyutlarına ve malzemenin türüne göre seçilirler. Branson Ultrasonik/ A:B.D. tarafından üretilen başlıca Genlik Ayarlayıcıları aşağıda verilen tablodaki(Tablo 5.1) gibi sınıflandırılmaktadır.

Tablo 5.1 Genlik Ayarlayıcılarının sınıflandırılması

Kod Rengi:	Dış Görünümü:	Genlik Oranı:	Genlik:
Mavi	Mavi renkte	1/0.5	10 Mikron
Mor	Mor renkte	1/0.6	12 Mikron
Yeşil	Yeşil renkte	1/1	20 Mikron
Altın	Sarı renkte	1/1.5	30 Mikron
Gümüş	Metal renkte	1/2	40 Mikron
Siyah	Siyah renkte	1/2.5	50 Mikron

Şekil 5.4 de piyasadaki bazı genlik ayarlayıcılarını görebilirsiniz.



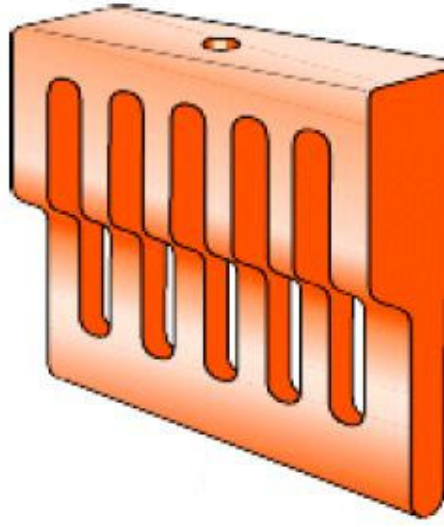
Şekil 5.4 Çeşitli Genlik Ayarlayıcıları

5.6 Kaynak Kalıpları/Boynuz(Horn)

Boynuzlar dizayn şekillerine bağlı olarak bir nevi genlik ayarlayıcı gibi çalışırlar. Bazı boynuzlar titreşimin genliğini arttırırken, bazıları da düşürür veya değiştirmezler. Uygulamalarda genlik ayarlayıcıları ile elde edilemeyen yüksek genliklere özel olarak dizayn edilen boynuzlar vasıtasıyla ulaşılabılır.

Boynuzların temel görevi ise ultrasonik titreşimleri çalışma parçasına veren yarı dalga rezonans devresidir. Boynuz genellikle titanyum ve alüminyum veya çelik alaşımlar kullanılarak imal edilir, malzeme seçimi çok fazla titreşime maruz kalan boynuz parçasında aşınma durumuna göre yapılmaktadır, Titanyum ve alüminyum, istenilen akustik özelliklere sahipken, karpit yüzeyli titanyum boynuz, iyileştirilmiş boynuz mukavemeti sunar.

Kaynak boynuzu genlik ayarlayıcının çıkış ucuna bağlanır ve kaynak yapılacak plastik parçalar ultrasonik titreşimleri sağlamanın dışında bir görevi daha vardır; bağlantı yüzeyleri eritildiğinde kaynak oluşturmak için kaynak bölgesine gerekli basıncı uygulamaktır. Ayrıca plastik parçalar ve genlik ayarlayıcı arasındaki iç direnci uyumlu hale getirir. Çeşitli boynuz uçları, Şekil 5.5 ve Şekil 5.6 da gösterilmiştir.



Şekil 5. 5 Basit Bir Boynuz Tipi



Şekil 5.6 Farklı Amaçlar için Hazırlanmış Boynuz Uçlar

Boynuz üretimi oldukça basit görünmesine rağmen ultrasonik kaynak prosesinde tasarımı ve üretimi en zahmetli kısım olarak değerlendirilir. Büyük boynuz tasarımları ve kompleks şekillerde aşağıdaki sıra dışında bir uzmana ihtiyaç kesinlikle vardır. Aşağıda alt başlıklarda bir boynuz'un tasarlanması ve üretimi esnasında nelerin yapıldığı ve nelere dikkat edildiğini bulacaksınız;

5.6.1 Frekans Seçimi

Eğer varolan bir Ultrasonik Sistem için değerlendiriyorsanız,sistemdeki frekansı karşılaştırmanız ve eşleştirmeniz yeterlidir.

5.6.2 Uygun Malzeme Seçimi

Eğer prosesiniz size zorunlu olarak bazı özellikler dikte ediyorsa, aşınmaya dayanım gibi, bu ihtiyacı yüksek yorulma dayanımı, düşük ses kaybı (titreşimlerden fazla enerji sönmülememesi) gibi standart özelliklerin yanına eklemeniz gerekecektir ve boynuz da kullanacağınız malzemeyi bu ihtiyaçlara göre seçmeniz gerekecektir. Eğer durum tarif ettiğimiz gibi ise yüksek dayanımlı alüminyum alaşımları ve titanyum ideal malzemelerdir. Yüksek güç kaybı riskine rağmen başka türlü malzemelerin de kullanılabilir.

5.6.3 Dalgaboyu Hesabı

İlk olarak seçilen malzemede sesin hızı hesaplanmalıdır.Daha sonra ilk adımda seçilen frekans kullanılarak aşağıdaki formülasyon ile dalgaboyu hesaplanır.

$$Dalga\ Hızı(m/s) = Frekans\ (Hz) \times Dalgaboyu\ (m)$$

5.6.4 Teorik Boyutların Hesaplanması

Eksenel tip boynuzlarda boynuzun uzunluğu bir dalgaboyu uzunluğunun yarısı olmalıdır.Bu durum düz çubuk ve kademeli şeklindeki boynuz tiplerinde genellikle doğrudur. Kademelilerde,kademe uzunluğun yarısında olmalıdır.Fakat diğer farklı şekillerde standart formülasyonların da çalışmaması durumunda sonlu elemanlar analiz yöntemi kesinlikle kullanılmalıdır.

5.6.5 İstenmeyen Vibrasyon Modlarının Değerlendirilmesi

Biz yukarıdaki tasarım şeklini basit parçalar için belirlediğimizden vibrasyonun istenmeyen özelliklerini, rezonans gibi dikkate almadık. Bu durum tabii ki belirttiğimiz gibi düşük yarıçaplı ve kompleks olmayan malzemelerde önemli değildir,ama diğer daha karmaşık şekillerde ve daha yüksek yarıçapa sahip boynuzlarda işletim frekansına yakın bir rezonans frekansı oluşabilir. Boynuz'un tepe noktasındaki genlik düzgün bir şekilde ve yönde dağılmaz ise bu durum kaynak işlemi için tam bir felaket olabilir. İşte bu durumun önüne geçebilmek için gene sonlu elemanlar analizine ihtiyaç duymaktayız.

5.6.6 Prototip yapma,akort etme ve test etme aşaması

Daha önceden her ne kadar analiz yapmış olsanızda, son test aşamasında ölçüm için özel bir test ekipmanına ihtiyacınız vardır.Bu özel test cihazının üretilen boynuzu belli frekanlarda gezdirebilmesi ve bu frekanslara cevabını ölçebilmesi gerekmektedir.

Akorlama işlemi ise dereceli olarak,boynuzun rezonans frekansının toleranslar dahilinde hedef frekansa ulaşınca kadar boynuzdan malzeme eksiltme işlemidir. Bu tolerans aralığı %1 olarak kabul edilebilir. İşte bu durumda istenmeyen rezonans frekansıda ölçülebilir. Test sonucunda operasyon frekansına yakın bir frekans değeri bulunduğunda boynuzun yeniden tasarımı gerekmektedir.

5.7 Bağlantı (Kuplaj) Sistemi ve Basınç Üretici

Bağlantı sistemi, kaynak sistemini ayakta tutmak için ve ayrıca gerekli olan baskı kuvvetinin düzgün aktarılması tasarlanmıştır. Temelde iki parçadan oluşmaktadır; takımları tutmak için taban plakası, ve baskı kuvvetini uygulayabilmek için pinomatik silindir. Ayrıca makinanın içinde basınç master'ı kaynak kuvvetini ayarlayabilmek için regülatör, ve kaynak kafasının parçaya yaklaşım hızını ayarlayabilmek için bir akış kontrol vanası bulunmaktadır. Bazı üreticiler ise geleneksel pinomatik silindir yerine elektromanyetik kuvvet uygulamasını kullanmaktadırlar. Bu yöntem küçük ve hassas parçaların kaynağında parçaya yaklaşım hızının daha iyi kontrol edilmesini sağlar.

6. ULTRASONİK KAYNAK YÖNTEMİNİN AVANTAJLARI VE ÖZELLİKLERİ

Ultrasonik Kaynak Yöntemi dünyada başta, otomotiv, aksesuar, elektronik, oyuncak, paketlenme, tekstil, ve tıp olmak üzere bir çok büyük endüstride oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca Ultrasonik Kaynak Yöntemi, temiz dış görünüm, az iş gücü, kuruma için hiç bekleme süresinin olmaması, boyutsal olarak daha doğru birleşmeler, hızlı, ekonomik ve verimli üretim kolaylıkları sağlamakla beraber, zor kalıplanabilen ve kalıplanması pahalı olan bir parça da birleştirme yöntemlerinden akla gelen ilk birleştirme metodudur.

6.1 Kalite

- Doğru yapısal birleştirme
- Az kirlilik (yapıştırma metodundaki yapıştırıcının yarattığı taşmaların, kaynak yönteminde bu sorunun olmaması)
- Termal sebepler ile yapıda sünme gibi zararlı etkilerin oluşmaması
- Yüzeysel ve boyutsal düzgünlük

6.2 Proses Kontrol

- - Tüm Proses değişkenleri dinamik olarak kontrol edilir.
- - Kısa kaynak süresi, (Yapıştırma metodunda birleşme(kürleşme) süresi oldukça uzundur, oysa ultrasonik kaynak metodunda seri üretim aşamasında çok hızlı birleştirme sağlamak mümkündür. Bu iki yöntem arasındaki fark seçilen malzemelere ve yöntemlere göre, çok fazla artabilir)

6.3 Maliyet

Yapıştırma yöntemi ile Ultrasonik Kaynak yöntemi arasındaki maliyet farkı temel olarak ; ek malzeme miktarı maliyetinden, kalite kontrolün azlığından, yüzey temizliğinden ve kısa kaynak süresinden kaynaklanmaktadır.

7. ULTRASONİK KAYNAK YÖNTEMİNDE KAYNAK BÖLGESİ VE PARÇA TASARIMI

Başarılı bir ultrasonik kaynağın gerçekleşmesi temelde iyi uzuv ve birleşim yeri tasarımına dayanmaktadır.

Tasarımı etkileyen faktörler;

- Termoplastik Malzeme'nin tipi
- Parça Geometrisi
- Estetik
- Parça'dan Beklentiler (dayanım, sızdırmazlık)

Birleştirme yeri tasarımında dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta ise birleştirme noktasının yeterince ufak olması ve düzenli bir ilk temas noktasına sahip olmasıdır.

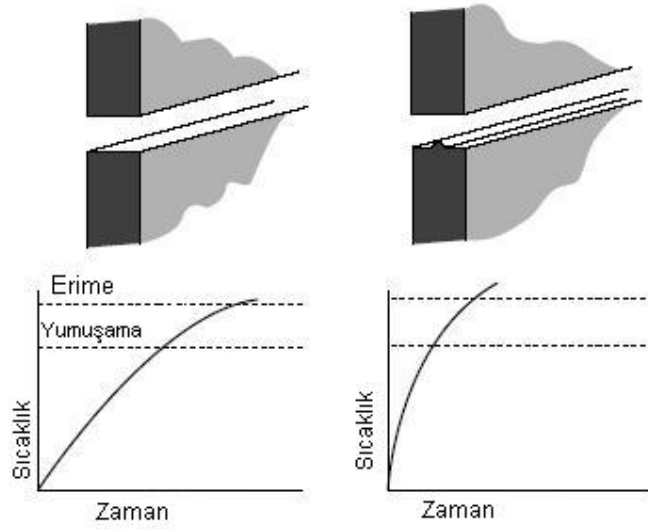
Birleştirme yerine dikkat edilmesi gereken diğer önemli unsurlarda aşağıdaki gibi sıralanmıştır;

- Kaynak edilecek parçaların ilk temas noktasının küçük olması, erimenin başlaması ve bitmesi için gereken bütün enerjinin azalması ve daha verimli bir şekilde bölgeye aktarılmasını sağlamaktadır.
- İyi bir tasarım kaynak edilecek parçaların boyutsal düzgünlüğünü ve hizasını da sağlayacaktır. Farklı kaynak yeri tasarım teknikleri (yuva açma, kademe koyma, parçalara gerekli çıkıntılar verme gibi) kullanarak,birleştirme için gerekli markalama işinden de kurtulunabilir.
- Boynuz teması ve yerleşimi doğru seçilmesi durumunda mekanikal titreşimler birleştirme yerine verimli iletilir.

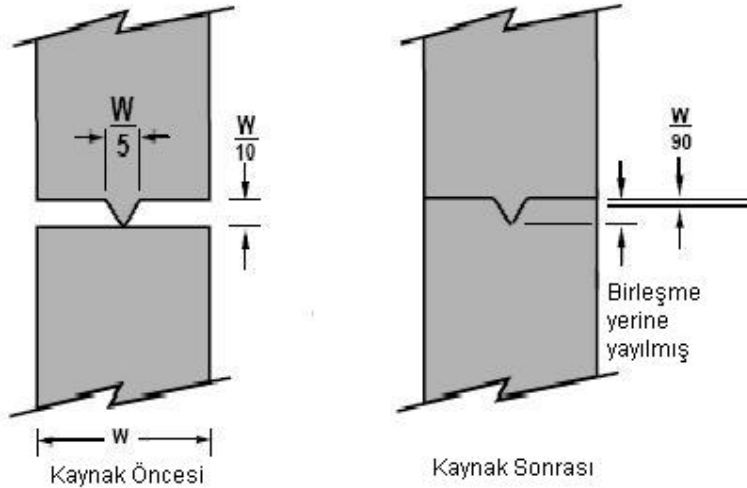
7.1 Enerji Yönlendiricili Birleşme Tasarımı

Parça üzerindeki enerji yönlendirici formu genellikle üçgen şeklindedir ve kalıpta elde edilir. Enerji Yönlendirici'nin öncelikli görevi enerji'yi kaynak bölgesine, birleşim yüzeyinin hızlı yumuşamasını ve erimesini sağlayacak şekilde iletmek.

Şekil 7.1 de ki diagramda enerji yönlendiricili tasarım ile enerji yönlendirici kullanılmamış tasarım arasındaki fark zaman-sıcaklık eğrileriyle açıkça ortaya konmaktadır. Enerji Yönlendiricili tasarım, diğer düz tasarıma göre daha hızlı şekilde yumuşama ve erime için istenen sıcaklığa ulaşmaktadır.



Şekil 7.1 Düz ve Enerji Yönlendiricili Tasarımların Zaman-Sıcaklık Eğrileri



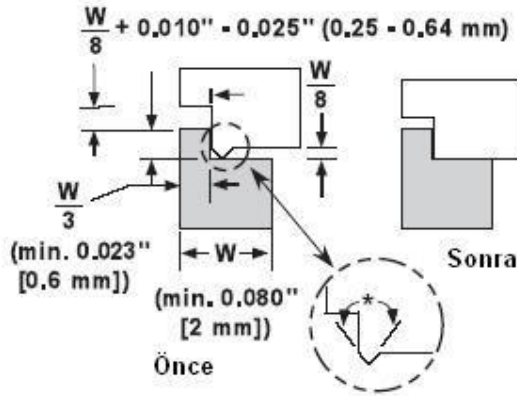
Şekil 7.2 Kaynak Öncesi ve Kaynak Sonrası durumuyla Enerji Yönlendiricili Tasarım

*Tasarımda dikkat edilmesi gereken boyutsal sınırlar

Kaynak için seçilen termoplastik malzeme, enerji yönlendiricinin tepe açısının boyutlarını belirleyecektir. Enerji Yönlendiricili tasarımda dikkat edilmesi gereken boyutlar Şekil 7.2 de gösterilmiştir. Amorf yapıdaki malzemelerde üçgen formundaki enerji yönlendiricinin tepe açısı 90 derece olmalıdır. Yarı-kristal yapıdaki malzemelerde ise bu açı 60 derece olmalıdır. Enerji Yönlendiricili tasarımlarda genellikle yükseklik malzemeye bağlı olarak 0,2 ile 1.0 arasında seçilmesi önerilir. Bu tasarım şeklinde sızdırmazlık o kadar da önemli değildir.

7.1.1 Adım Formunda (Kademeli) Birleşme Tasarımı

Adım formundaki tasarım, parçaların birleşmesinde tam bir boyutsal düzgünlüğün sağlanması ve istenmeyen eriyiklerin dış yüzeylere yansımaması istenen durumlarda kullanılır. Şekil 7.3 de Adım Formunda ki Birleşme Tasarımını boyutsal sınırları ile beraber görebilirsiniz.



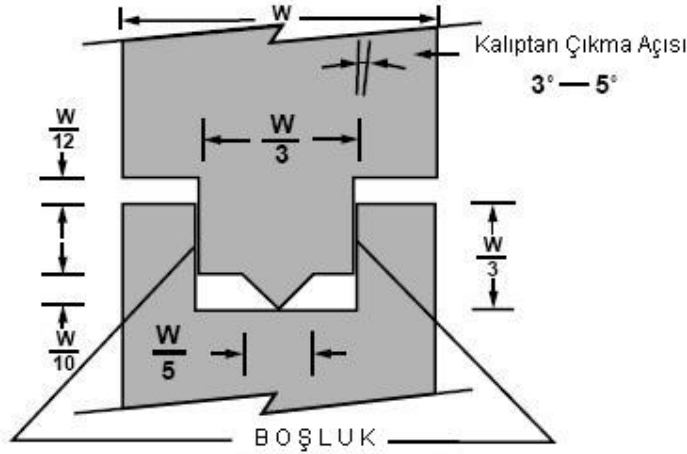
Şekil 7.3 Adım Formunda Kaynak Bölgesi Tasarımı

*Kullanılan Malzemeye göre 60 veya 90 derece olmalıdır.

7.1.2 Girintili-Çıkıntılı Birleşme Tasarımı

Şekil 7.4 de , sızdırmazlık özelliğinin ön plana çıktığı tasarımlara uygun girintili-çıkıntılı kaynak bölgesi tasarımı gösterilmiştir. Enerji yönlendirici burada da yine enerji'nin kaynak bölgesine verimli bir şekilde aktarılmasını sağlamaktadır. Bu yöntemin faydalı yönleri ise kesinlikle çapak oluşumunu engeller, ayrıca parçaların

birbirlerine hizalı kaynamasını da sağlamaktadır. Bu şekildeki tasarımın en büyük zorluğu ise parçanın kalıptan çıkma zorluğudur. Aynı zamanda, kaynama yüzeyinin azalmasından dolayı adım formundaki tasarıma göre dayanım azalmaktadır.



Şekil 7.4 Girintili-Çıkıntılı Kaynak Bölgesi Tasarımı

*Kullanılan Malzemeye göre 60 veya 90 derece olmalıdır.

7.1.3 Pürüzlü Yüzeyli Birleşme Tasarımı

Bu şekildeki tasarım genellikle direkt enerji yönlendiricili yüzeyin karşısındaki yüzeyde kullanılır ve böylelikle kaynak kalitesi, sürtünme açısından geliştirilmiş olmasından dolayı, kaynak dayanımı ve erimenin kolayca kontrol edilmesi, kaynak süresinin azalması, ve düşük genlik gereksinimi açısından da bir verim artışı gözlenmektedir.

7.1.4 Çapraz Enerji Yönlendiricili Birleşme Tasarımı

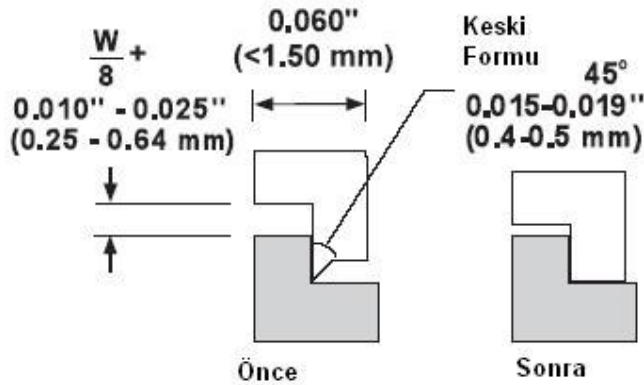
Bu tarz tasarımda, birleşme iç yüzeyinde temas noktasının azlmasıyla ve iç yüzeydeki malzeme hacminin de artmasıyla daha yüksek kaynak dayanımı elde edilecektir. Şekil 7.5 de ise Hava veya Sıvı sızdırmazlığı için gerekli, testere ağzılı çapraz birleşim yeri tasarımı gösterilmektedir.



Şekil 7.5 Çapraz Enerji Yönlendiricili Birleşme Tasarımı

7.1.5 Keski Formundaki Enerji Yönlendiricili Birleşme Tasarımı

Genellikle duvar kalınlığı 1.524 mm 'den az ise bu form kullanılmaktadır. Bu durumda standart boyutlardaki enerji yönlendirici kullanılması durumunda standart enerji yönlendirici ufak kalacak ve kaynak dayanımı azalacaktır. Kullanılan keski boyutu 0.381 ile 0.508 arasında olmalı ve 45 derece açıda olmalıdır. Bu yöntemde kaynak genişliğinin az olmasından dolayı kaynak dayanımı her halükarda azalacaktır, dayanımı ancak karşı yüzeyi pürüzlendirerek arttırabiliriz. Keski Formundaki tasarımlarda ki boyut sınırlamaları Şekil 7.6 da gösterilmiştir.



Şekil 7.6 Keski Formundaki Enerjili Birleşme Yeri Tasarımı Kaynak Öncesi Ve Sonrası

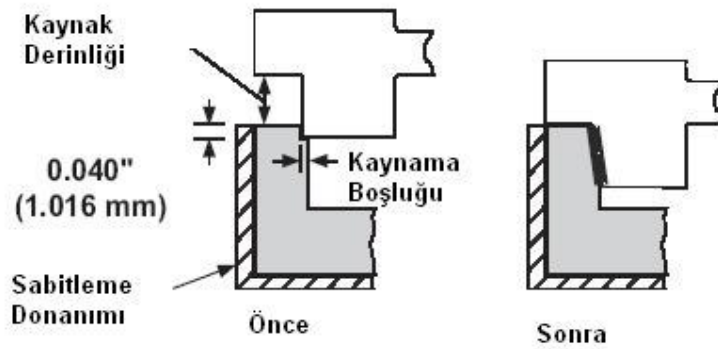
7.2 Kayma Eğilimli Formda Birleşme Tasarımı

Bazı uygulamalarda enerji yönlendiricili tasarım ile yeteri kadar dayanım elde edemezsiniz ve böyle durumlarda temas noktasında birleşme esnasında kayma

eğilimli bir form tasarımı kullanılır. Bu yöntemde uzuvlar birbiri için belli bir aralık boyunca kayarak uygun bir birleşme belli sürede elde edilir. Tıpkı Enerji Yönlendiricili tasarımda olduğu gibi ilk temas noktası ufak ve sivridir. Bu yöntemde, iyi bir sızdırmazlık özelliği elde edilir. İçine hava almaz ve erken soğumayı engeller. Bazı durumlarda Enerji Yönlendiricili birleşme yeri tasarımı, özellikle de yarı-kristal yapıdaki malzemelerde, istenen sonuçları vermez. Bunun nedeni ise yarı-kristal yapıdaki malzemelerin kısa sürede akma eğilimi göstermesi ve aynı şekilde geri gelmesi olarak görülmektedir. Yarı-kristal yapıdaki termoplastik malzemelerde kaynak dayanımı, enerji yönlendiricinin tabanının genişliğine bağlı olarak az olur. İşte bu nedenlerden dolayı parça geometrisinin izin verdiği takdirde bu tarz malzemelerde parçalar arasında kayma eğilimli bir birleşme yeri tasarımı önerilir.

Parçalar arası kayma eğiliminde tasarlanmış birleşme yeri tasarımında ilk erime temas noktasında başlayacaktır ve dikey temasta bulunan duvarlar boyunca devam edecektir. (Şekil 7.7).

Şekil 7.7 de ki gibi, kayma eğilimli birleşme yeri tasarımında kaynakta herhangi bir sapma olmaması yan duvarların çok iyi şekilde sabitlenmiş olmasına bağlıdır. Kaynatılmış birleşme yerinin dayanımı, kaynak derinliğinin bir fonksiyonudur.

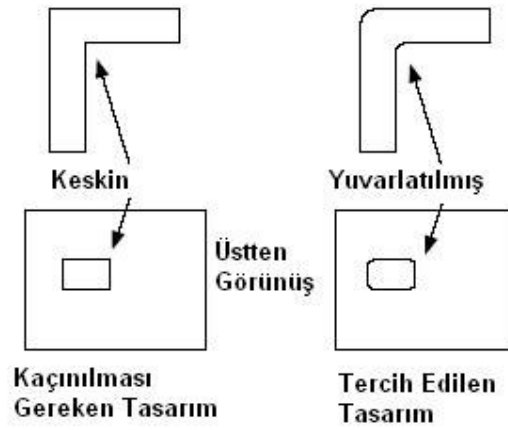


Şekil 7.7 Kayma Eğilimli Formda Birleşme Yeri Tasarımı

7.3 Kaynak Bölgesi Tasarımında Dikkat Edilmesi Gereken Diğer Hususlar

7.3.1 Keskin Köşeler

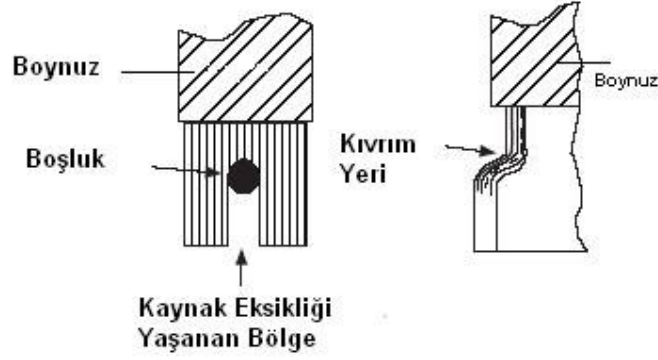
Keskin köşeler gerilmeleri toplar. Eğer gerilim konsantrasyonu yüksek kalıplanmış parçalar ultrasonik mekanik titreşimlerle zorlanırsa gerilim bölgelerinde çeşitli hasarlar (çatlak gibi) oluşur. Bu gerilim konsantrasyonu bu köşelerin yuvarlatılmasıyla azaltılır. (Şekil 7.8)



Şekil 7.8 Keskin ve Yuvarlatılmış Köşeler

7.3.2 Delikler Ve Boşluklar

Boynuz'un temas ettiği parçada bulunan herhangi bir boşluk veya delik ultrasonik enerji'nin iletimini olumsuz yönden etkileyeceğinden önerilmemektedir (Şekil 7.9). Malzeme'ye ve deliğin büyüklüğüne bağlı olarak deliğin arkasında kalan kısma hiçbir şekilde kaynak etki etmeyecektir. Bu boşlukların parçada bulunmamasına dikkat edilmelidir. Genellikle plastiklerde kalıptaki uygunsuz havalandırmadan kaynaklanan hava kabarcıkları bu tarz aksaklıkları doğurur. Kaynak esnasında parçalarda bulunan kabarcık ve kıvrımların geri kısmında oluşan kaynak zayıflığı Şekil 7.9 da gösterilmiştir.

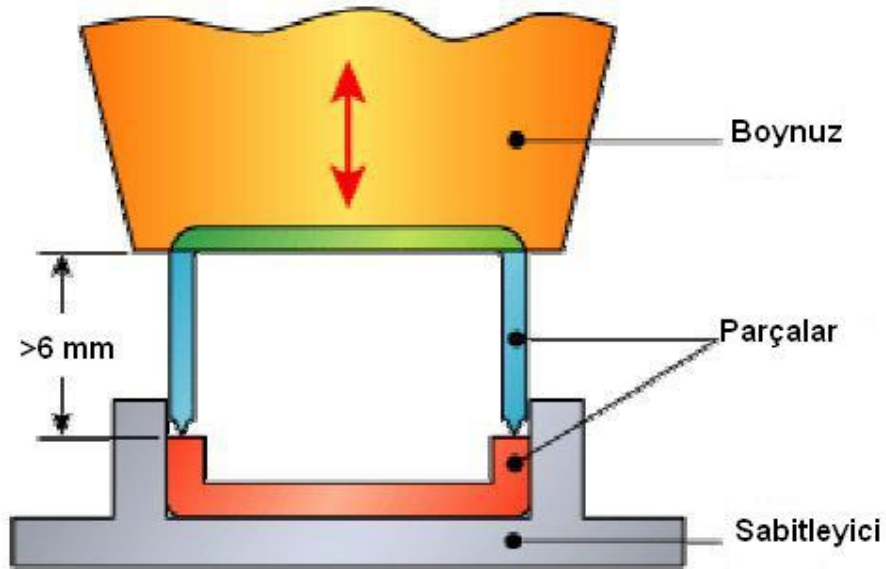


Şekil 7.9 Kabarcık, Kıvrım ve Kabarcık Kusurları

7.3.3 Yakın-Alan Ve Uzak-Alan

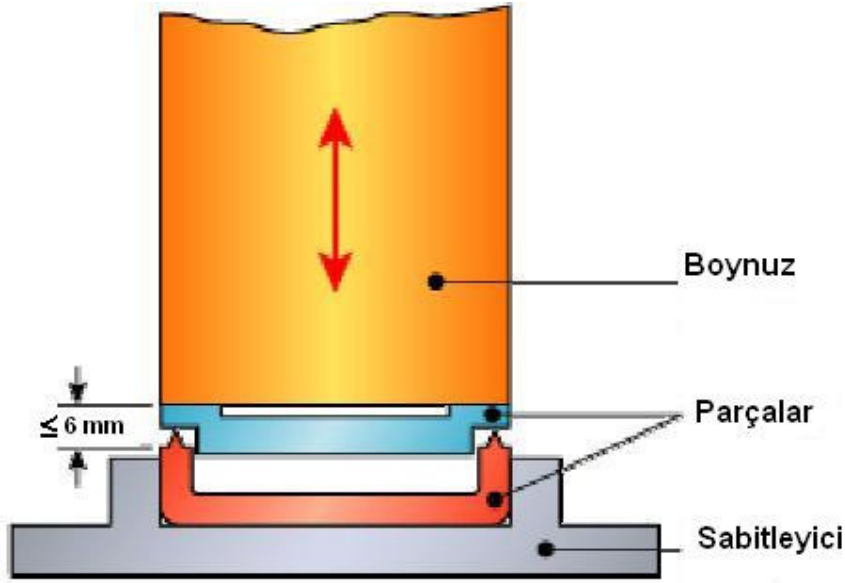
Uzak Bölge Kaynağında birleşme çizgisi ile temas yüzeyi arasındaki mesafe çok kritiktir. Bu yöntemde mesafe 6 mm'den büyüktür. Bu yöntem en çok ultrason iletimi iyi olan amorf malzemelerde (PS, ABS vs.) kullanılmaktadır. (Şekil 7.10)

Birleşme çizgisi ile temas yüzeyi arasındaki mesafe azaldıkça bölgedeki tüm yüzeylerin birleşmesi söz konusu olabilir bu da istenmeyen bir durumdur.



Şekil 7.10 Uzak Alan Kaynağı

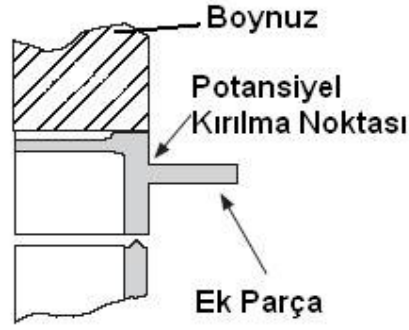
Ultrasonik iletimi zayıf olan yarı-kristal plastik parçalarda daha yakın temas bölgesi gerekmektedir. Mümkün olduğunca bu tasarım yöntemine uygun bütün malzemelerde bu yöntemin kullanılması önerilir, böylelikle kısa sürede ve daha az basınç altında kaynak gerçekleşir. (Şekil 7.11)



Şekil 7.11 Yakın Alan Kaynağı

7.3.4 Kaynak Parçalarının İç Veya Dış Yüzeyine Kalıpta Eklenmiş Parçalar

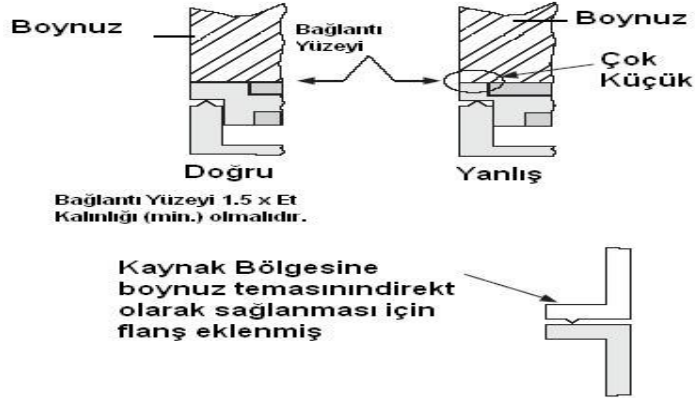
Kaynak edilecek parçaların iç yüzeylerinde ve dış yüzeylerinde kalıpta elde edilmiş diğer uzuvlar, kaynak esnasında mekanik titreşimlerden kötü şekilde etkilenip istenmeyen kırılmalar gerçekleşebilir. Bu parçalardaki olumsuzlukları minimize etmek için parçanın keskin köşeleri yuvarlatılabilir, malzeme kalınlığı arttırılabilir. Ek parça da zayıflık doğabilecek bölge Şekil 7.12 de gösterilmiştir.



Şekil 7.12 Ek Parça da Potansiyel Kırılma Noktasını Gösteriyor

7.3.5 Boynuz Teması Ve Yerleşimi

Boynuz teması ve yerleşimi başarılı bir kaynakta en büyük rolü üstlenmektedir. Genellikle, boynuz kaynak parçalarının etrafını çevreleyebilecek kadar büyüktür. Boynuz yüzeyi ve parça yüzeyi de daha iyi bir temas için önemlidir, iyi bir temas enerji iletimini ve dolayısıyla kaynak kalitesini de arttıracaktır. (Şekil 7.13)

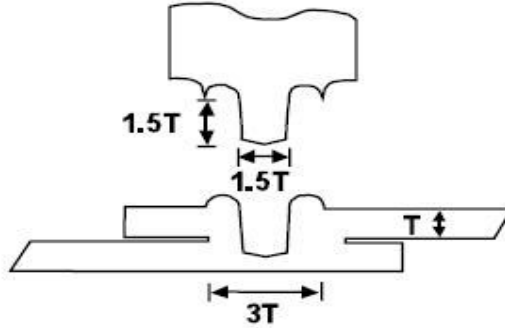


Şekil 7.13 Boynuz Teması ve Kaynak Bölgesindeki Yerleşimi

8. DİĞER ULTRASONİK KAYNAK YÖNTEMLERİ

8.1 Ultrasonik Noktasal Kaynak

Ultrasonik Noktasal Kaynak iki benzer termoplastik parçanın birleştirilmesinde, hiç enerji yönlendirici kullanılmayan kaynak yöntemidir. Noktasal kaynak yöntemi, büyük parçalarda, çekilmiş veya dökülmüş plastik levhalarda, oluklu termoplastik levhalarda, karışık geometriye sahip parçalarda, ve kaynak yüzeyine ulaşılması güç parçalarda oldukça dayanıklı kaynama sağlamaktadır. Ultrasonik noktasal kaynak yönteminde değişik uçlar kullanılmaktadır. Standart Ultrasonik Noktasal Kaynak yöntemi Şekil 8.1 de gösterilmiştir.



Şekil 8.1 Ultrasonik Noktasal Kaynak Yöntemi

Ultrasonik noktasal kaynak yönteminin başlıca avantajları şöyle sıralanabilir;

- Hızlı çevrim süresi, 1 sn'den az
- Kalıpta birleşim yeri tasarımı gerekmemektedir.
- Vida, yapıştırıcı gibi bağlantı elemanlarının eliminasyonu
- Özel bir sabitleyici donanımın gerekmemesi
- Mükemmel dayanım
- Bir tarafı estetik açıdan mükemmel yüzey
- El aparatı ile kullanılabilmesi

8.2 Ultrasonik Perçinleme Metodu İle Kaynak Yöntemi

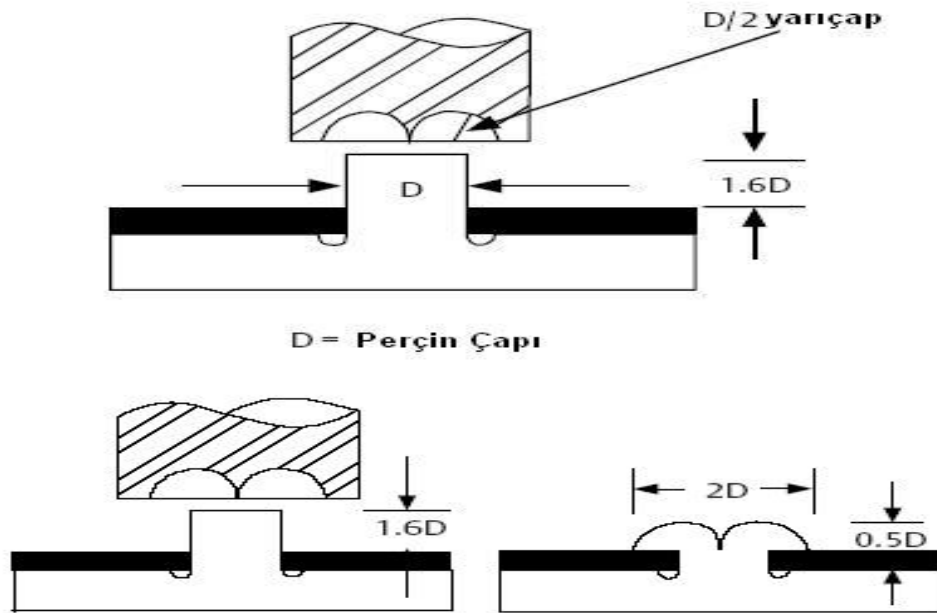
Farklı iki malzemenin kaynağında bu yöntem kullanılmaktadır, özellikle de metal, plastik birleşimlerinde. Bu yöntem sayesinde, özel uç tasarımlarıyla iki farklı

malzeme bu kaynak yöntemi ile plastikten perçin elde edilerek kaynak edilebilmektedir. Plastik perçin, diğer kaynak edilecek malzemenin üzerindeki uygun boşluktan geçirilir ve özel formda üretilen boynuz ile ultrasonik enerji plastik perçine aktarılır ve plastik perçin şekillenerek diğer malzemeyi hapseder.

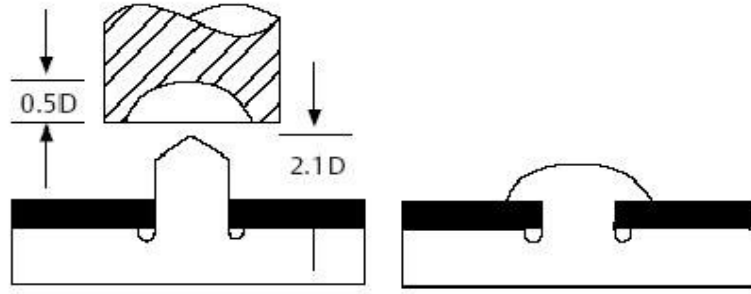
Ultrasonik Perçinleme Metodu İle Kaynak Yönteminin avantajları şöyle sıralanabilir;

- Hızlı çevrim süresi, 1 sn'den az
- Sıkı kaynak birleşimi
- Şekillenmiş plastikte gerilim birikimini azaltır
- Vida, yapıştırıcı gibi bağlantı elemanlarının eliminasyonu
- Özel bir sabitleyici donanımın gerekmemesi
- Basit tasarım yöntemi

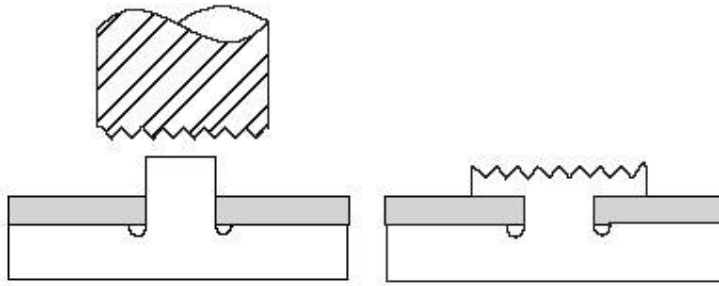
Çeşitli boynuz uçlarıyla, Ultrasonik Kaynak ile perçinleme metodlarının başlıcaları aşağıdaki şekillerde (şekil 8.2 – 8.6) gösterilmiştir.



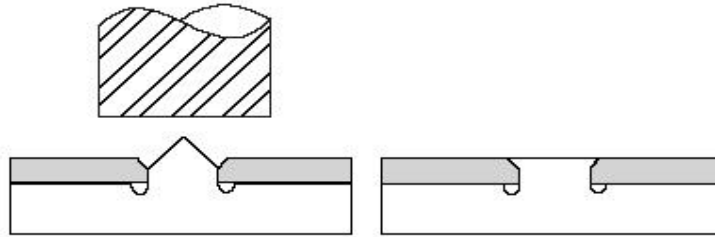
Şekil 8.2 Standart Uçlu Perçinleme Metodu



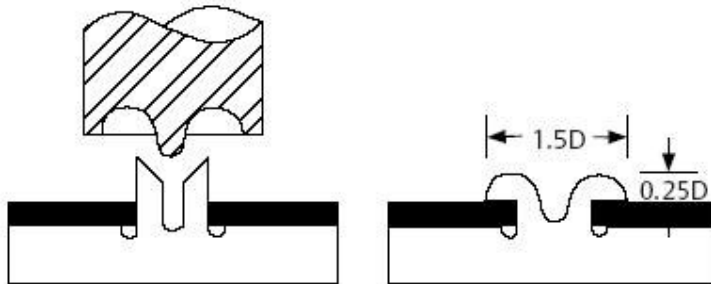
Şekil 8.3 Kubbe Uçlu Perçinleme Metodu



Şekil 8.4 Çentik Uçlu Perçinleme Metodu



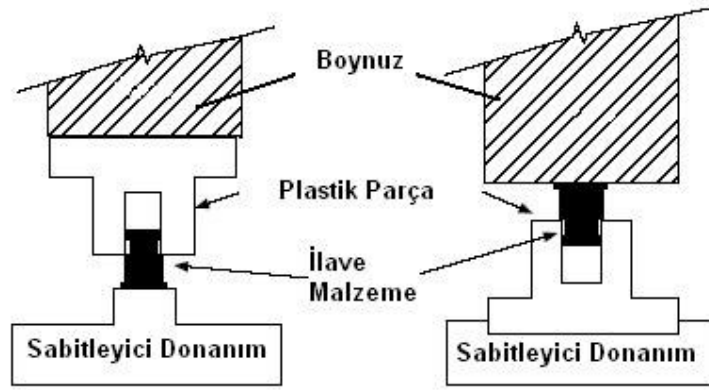
Şekil 8.5 Düz Uçlu Perçinleme Metodu



Şekil 8.6 Girintili ve Çıkıntılı Uçlu Perçinleme Metodu

8.3 İlave İç Malzeme İle Ultrasonik Kaynak Yöntemi

Bu yöntem, Şekil 8.7 de de gösterildiği gibi bir metal parçanın, termoplastik diğer parçanın içine yerleştirme durumlarında kullanılmaktadır. Bu yöntem, pahalı, uzun çevrim süreli geleneksel plastik enjeksiyon metodunda metal etrafına plastik kalıplama yöntemine göre çok daha hızlı ve ekonomiktir. Bu yöntem, plastik içine yerleştirilecek parçanın ve plastik yuvanın özel tasarımını gerektirmektedir. Plastikteki boşluk metal ilave malzemenin çapından biraz daha küçük olacaktır



Şekil 8.7 İlave İç Malzeme ile Ultrasonik Kaynak Yöntemi

İlave Malzemeli Ultrasonik Kaynak Yönteminin başlıca avantajları şöyle sıralanmıştır;

- Kısa çevrim süresi (1 sn.'den az)
- Metal ilave parçanın etrafında düşük gerilim
- Enjeksiyon metoduna kıyasla kalıp yok, muhtemel kalıp hasarları yok, kalıp içinde ek malzemenin kalıp içine düşmesi yok
- Birden fazla ilave parça kullanım kolaylığı
- Otomasyon için uygun
- Termosetlerle çalışabilme özelliği

9. PROSES DEĞİŞKENLERİ

Ultrasonik kaynak işleminde üç temel proses değişkeni mevcuttur; vibrasyonun genliği, güç ve zaman (Güç ile zaman arasındaki ilişki Şekil 9.1 de gösterilmiştir). Bu değişkenler birleşerek enerjiyi oluştururlar. Güç, vibrasyonun genliğinin bir fonksiyonudur. Enerji ve gücün formüle edilmesi şöyledir;

$$G = K.A \quad \text{ve} \quad E = G.Z$$

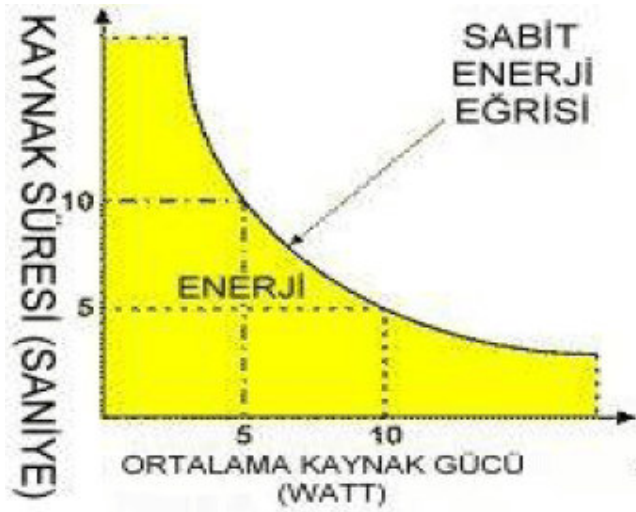
$$G = \text{Güç} \quad (\text{Watt})$$

$$K = \text{Kuvvet} \quad (\text{Bir İnç Kare Ölçü Birimine Düşen Libre})$$

$$A = \text{Genlik} \quad (\text{Mikron})$$

$$Z = \text{Zaman} \quad (\text{Saniye})$$

$$E = \text{Enerji} \quad (\text{Watt/Saniye})$$



Şekil 9.1 Güç-Zaman İlişkisi

Üretim ve İmalatta bu hesaplamalar ile gerçeğe yakın sonuçlar elde edilmektedir. Genlik Ayarlayıcı ve de işlem ucu seçiminde etken unsurdur. Genlik otomatik olarak etkili bir biçimde güç kaynağı ile kontrol edilebilmektedir.

Ultrasonik kaynak yönteminde yukarıdaki parametrelere dolaylı yoldan etken başka değişkenler de vardır, bunlardan bazıları yer yer incelediğimiz parça tasarımı, boynuz tasarımı, kaynak ağzı tasarımı, boyut seçimi, malzeme seçimi ve genlik ayarlayıcı seçimidir. En temel şekilde ultrasonik kaynak metodunda enerjiyi değişken parametrelerle formülize edersek denklem aşağıdaki gibi oluşur ;

$$\text{Enerji} = \text{Basınç} \times \text{Genlik} \times \text{Kaynak Süresi}$$

10. TERMOPLASTİKLERİN BİRLEŞTİRİLMESİNDE KULLANILAN ULTRASONİK KAYNAK YÖNTEMİNDE KAYNAK KALİTESİNE ETKİYEN PARAMETRELERİN TANIMLANMASI

10.1 Malzeme Seçimi

Termoplastiklerde, ultrasonik kaynak ile birleştirme yapılabilmesi için ön şart; kaynak edilecek malzemelerin uygun kaynak yöntemine ve birbirine uygun olarak seçilmesidir. İstenen kalitede birleşim elde edilebilmesi için malzeme seçiminin, Tablo 4.1 'de ve Tablo 4.2 'de belirtildiği şekilde yapılması, veya kaynak makinası üreticisinin verdiği bilgiler ışığında yapılması gereklidir. Birbirleriyle uyumsuz iki malzemenin neden başarısız olabileceğini 4. Bölümde anlatmıştık. İki uyumsuz malzemenin kaynak edilmesi durumunda birleştirmeden beklenen yüksek kaynak kalitesinin elde edilmesi en baştan imkansız hale geliyor. İşte bu yüzden Ultrasonik Kaynak ile birleştirmelerde Kaynak Kalitesini etkileyen parametreler prosesin en başında belirlemeye başlıyor. Tabii ki doğru malzeme seçimi başta yapıldıktan sonra bu parametre proses esnasında değişken parametre olarak karşımıza çıkmıyor.

10.2 Parça Tasarımı ve Kaynak Bölgesi Tasarımı

Parça tasarımı başta uygulanacak kaynak metodu göze alınarak tamamlandığı takdirde, üretim esnasında üretimden kaynaklanabilecek kısıtlamalar aşılmış oluyor ve üretim sırasında diğer parametreler olumsuz şekilde devreye girmediği takdirde

hiçbir sorun yaşanmıyor. Ultrasonik kaynak metodunun efektif olmadığı veya tercih edilmediği tasarımlardan kaçınmak ki, bunlar örneğin uzun kaynak hattına sahip veya iri parçalar olmak üzere, tasarım aşamasında dikkate alınması gereken en temel nokta olarak beliriyor. Bu noktalar göze alınmadığı takdirde daha sonradan parça tasarımında yapılacak değişiklikler ;bir çok ekstra kalıp maliyeti, malzeme gideri, ve zaman kaybı olarak bir şirkete verilebilecek en büyük hataları doğuruyor. Üretimi etkileyen bu parametrede tıpkı malzeme seçimi gibi en baştan doğru yapılması takdirde proses sırasında değişken bir parametre olarak ortaya çıkmıyor.

Parça tasarımı sırasında parçadan beklenen nitelikler kapsamında, yüksek sızdırmazlık özelliği gibi, Kaynak Bölgesi Tasarımı ve Hesaplamaları da ciddi önem kazanıyor. Kaynak Bölgesi Tasarımı, bir kaynak metodunun en önemli aşamasını oluşturmaktadır. Bir kaynak bölgesi tasarımında, hesaplamaların tamamen doğru yapılması, istenen kaliteye ve özelliğe göre bölge şeklinin doğru tasarlanması, temas noktasının etkinliği ve boynuz ile olan mesafesinin doğru konumlandırılması, kaynak kalitesini etkileyecek başlıca parametreler olarak ortaya çıkıyor.

10.3 Malzeme Yapısına ve Kaynak Bölgesi Tasarımına Göre Gerekli Genliğe Bağlı Olarak Boynuz (Horn) ve Genlik Ayarlayıcı (Booster) Seçimi (Doğru Genlik Seçimi)

Genlik, ultrasonik kaynak metodunda kaynak kalitesini etkileyen parametrelerin en başında geliyor. Çünkü genlik seçimi direkt olarak kaynamanın gerçekleşmesi, ve gerekli olan enerjinin sağlanması ile doğru orantılı olarak çalışıyor . Gerekli genliğin tespit edilmesi aşamasında dikkate alınacak en önemli noktayı seçilen malzemelerin ergime noktaları ve yapısı olarak görebiliriz. Bu seçim şöyle gerçekleşiyor ;yüksek ergime sıcaklığına sahip malzemelerde yüksek genlikler, ergime sıcaklığı düşük olan malzemelerde düşük genlikler tercih ediliyor. İstenen genlik değeri genellikle parça boyutuna ve malzeme türüne göre yapılıyor eğer istenen genlik değeri sadece standart tip genlik ayarlayıcılar ile elde edilemiyorsa işte o anda devreye boynuz (horn) giriyor.

Genlik ayarlayıcı (booster) ile boynuz (horn) arasında birleşik genlik hesabı şöyle yapılıyor ; 3:1 oranında genlik ihtiyacınız var ise 1.5:1 genlik oranına sahip bir genlik ayarlayıcının yanında 2:1 genlik oranına sahip bir boynuz kullanmak gerekmektedir.

FORMULASYON : *Genlik Ayarlayıcı (Booster) Genlik Oranı x Boynuz (Horn) Genlik Oranı = Kaynağın Gerçekleşmesi için Gerekli Genlik Oranı*

Tabii ki istediğin kadar yüksek genliklerde çalışmanın da, fazla enerji oluşumundan dolayı jeneratörün kapasitesinin aşılması ve boynuz da yüksek titreşimden kaynaklanan gerilme çatlaklarının oluşması gibi sakıncaları da vardır.

10.4 Kaynak Basıncı *

Ultrasonik Kaynak yönteminde değişken parametrelerden biri de kaynak basıncıdır. Kaynak basıncının artması fazla enerji uygulanması anlamına gelecektir. Dolayısı ile gene seçilen malzeme karakteristiği, ve yapısı bu kaynak kalitesini etkileyecek yönde bir özellik halini alacaktır. Dolayısı ile kaynak basıncı ayarlanarak, veya uygulanan kuvvet ayarı yapılarak ultrasonik kaynak ile istenen netice alınmaya çalışılır. Kaynak basıncının yüksek olması kaynak bölgesine enerjinin ne kadar nüfuz etmesiyle orantılı bir durumdur.

10.5 Kaynak Süresi *

Bir diğer değişken parametre ise kaynak süresidir. Kaynak süresi gene malzemenin yapısına, kaynak basıncına, ve genlik değerine göre değişkenlik gösterebilir. Kaynak süresinin az veya çok olması bölgede, boynuzun ne kadar kalması gerektiğini ifade eder. Malzeme yapısına göre eğer bu süre uzun tutulursa belki de malzemelerde tam olarak ergime gerçekleşir ve kaynak bölgesinin deformasyona uğramasına sebep olunur. Eğer kaynak süresinin olması gereken den daha az tutulması durumunda ise istenen kaynak nitelikleri sağlanamadan kaynak tamamlanmış olabilir.

9.Bölüm de de belirttiğimiz üzere Kaynak enerjisi ile, kuvvet, genlik ve kaynak süresi arasında bir denklem vardır, hepsi birbirine bağlı olarak optimum enerji seviyesi elde edilerek kaynak işlemi gerçekleştirilir. Şekil 10.1 de tamamlanmış bir kaynak resmi görebilirsiniz.



Şekil 10.1 Tamamlanmış Bir Kaynak İşleminde Alınmış Bir Kesit Görüntüsü

10.6 Baskı Süresi *

Diğer değişkenler gibi çok etkin olmasa da, kaynak arkasından kaynak bölgesine uygulanan basınç da kaynak işleminin kalitesini etkileyen parametreler arasında yer alabilir. Bu parametrenin kaynak yapılan parçalarda etkisi ise ; iki kaynak parçasının belirli bir basınç altında belli bir süre bekletilerek, kaynak edilen parçaların tam olarak birbirine yaklaşması ve iki parça arasında ki boşlukların giderilmesi olarak gözlenir, aynı zamanda kaynak hattının düzgünlüğünü sağlar.

11. ULTRASONİK KAYNAK YÖNTEMİNİ DİĞER BİRLEŞTİRME YÖNTEMLERİ İLE KİYASLAMA

Ultrasonik kaynak metodu, diğer bazı birleştirme yöntemlerine göre daha temiz, daha hızlı ve daha sağlam sonuçlar vermektedir. Fakat bazı durumlarda, yani ultrasonik kaynak yönteminin uygun olmadığı birleşmelerde diğer birleştirme metodları uygulanır. Bu bölümde, diğer birleştirme yöntemlerinin avantajlarını ve dezavantajlarını ultrasonik kaynak yöntemine göre kıyaslayacağız.

Tablo 11.1 Ultrasonik Kaynak Metodunun Diğer Birleştirme Yöntemleri ile Kıyaslanması

Metod	Avantajlar	Dezavantajlar
Mekanik bağlantılar	• Uygulama alanı geniş, malzeme yelpazesi geniş • Düşük sermaye maliyeti – prototip ve düşük adetli üretimlerde ideal	• Birleştirme için çok fazla malzeme sarfıyatı – ekstra maliyet, fazla iş gücü • Göze hoş görünmeyen bir dış görünüş • Sıkı olmayan birleştirme • Müşteri için kolay açılabilir olması da bir dezavantaj
Yapıştırıcı ile birleştirme	• Kaynak için uygun olmayan malzemelerde kullanılır • Düşük Sermaye Maliyeti – prototip ve düşük adetli üretimlerde ideal	• Uzun birleşme süresi – parçalar yapışma sağlanana kadar sıkıştırılmalı ve çeşitli sıkıştırma kalıpları kullanılmalıdır. • Kullanımı esnasında muhtemel sağlık ve güvenlik problemleri • Karışmış malzemelerde geri dönüşüm problemi • Fazla iş gücü kullanımı • Kozmetik, dış görünüşte kirlilik ve bunu temizleme problemi • Yüksek Kalite Kontrol maliyeti
Döndürme Kaynağı	• Daha büyük ve daha kompleks parçaları kaynak edebilme kapasitesi	• Göreceli olarak daha kompleks ekipman gereksinimi • Sadece eksen etrafındaki simetrik kaynaklarda kullanılır

		Kimyasal olarak aynı yapıda olan iki malzemenin kaynak edilebilmesi şartı ile sınırlıdır
Titreşim Kaynağı (düşük frekans)	Ultrasonik Kaynak Yöntemine göre daha büyük boyutlu malzemelerde kullanılır	- Göreceli olarak daha kompleks ekipman gereksinimi - Kimyasal olarak aynı yapıda olan iki malzemenin kaynak edilebilmesi şartı ile sınırlıdır
Sıcak Levha Kaynağı	- Ultrasonik Kaynak Yöntemine göre daha büyük boyutlu malzemelerde kullanılır - İnce ve daha iletken malzemeler için uygun örn. Lamine edilmiş metal-plastik folyosu	- En azından bir malzeme ısı geçişinin sağlanmasına izin verebilecek şekilde ince olmalıdır - Kimyasal olarak aynı yapıda olan iki malzemenin kaynak edilebilmesi şartı ile sınırlıdır

12. ÖRNEK BİR KAYNAK UYGULAMASI VE PARAMETRELERİN DEĞİŞTİRİLEREK KAYNAK KALİTESİNİN YORUMLANMASI

12.1 Araç İçi Aydınlatma Lambası Kaynağı

Aşağıda, tarif edilen ve uygulama olarak ele alınan bir araç içi aydınlatma lambası için kaynak kalitesini etkileyen parametreler değiştirilerek elde edilen ürünlerde aynak kalitesi gözlemlenecektir ;



Şekil 12.1 Araç İçi Aydınlatma Lambası

12.1.1 Kaynak Öncesi Hazırlıklar

Endüstriyel parça tasarımı tamamlandıktan sonra üretime geçiş aşamasında kullanılacak birleştirme yöntemi belirlenir, birleştirme yöntemi Ultrasonik Kaynak olarak belirlenmiş ise sıradaki aşama enerji yönlendirici tasarımı ve malzeme seçimidir. Enerji yönlendirici boyutları ve şekli seçilirken 7. Bölüm’de de önceden bahsettiğimiz parça boyutlarına bağlı olarak bir dizi hesap yapılır.

Gerekli boynuz ve fikstür tasarımı, parça tasarımına göre ve kullanılacak makine tipine göre tamamlandıktan sonra önceki bölümlerde de ifade ettiğimiz ideal kaynak parametreleri tespit edilir. Kullanılacak boynuz malzemesi bu üründe Alüminyum ve ayrıca fikstür malzemesi de Kestamit olarak belirlendi.

12.1.2 Kullanılacak Kaynak Makinasının Teknik Özellikleri

Araç içi aydınlatma lambası kaynağında kullanılacak makine, Branson’un 920 IW modelidir. Bu makine’nin çıkış gücü 2000 Watt, kullandığı frekans 20 kHz iken üzerindeki genlik ayarlayıcının aktarma oranı 1:1.5 dir. Fabrika da ayarlanması gereken maksimum hava basıncı 690 kPa (6.118 kg/cm²) olmalı iken uygulanacak yöntemle bağlı olarak da kullanılması gereken basınç değeri 35 psi (2.460 kg/cm²) ila 100 psi (7.030 kg/cm²) arasında olmalıdır.



Şekil 12.2 Branson / 920 IW

12.1.3 Araç İçi Aydınlatma Lambasında Kullanılması Gereken İdeal Parametre Değerleri

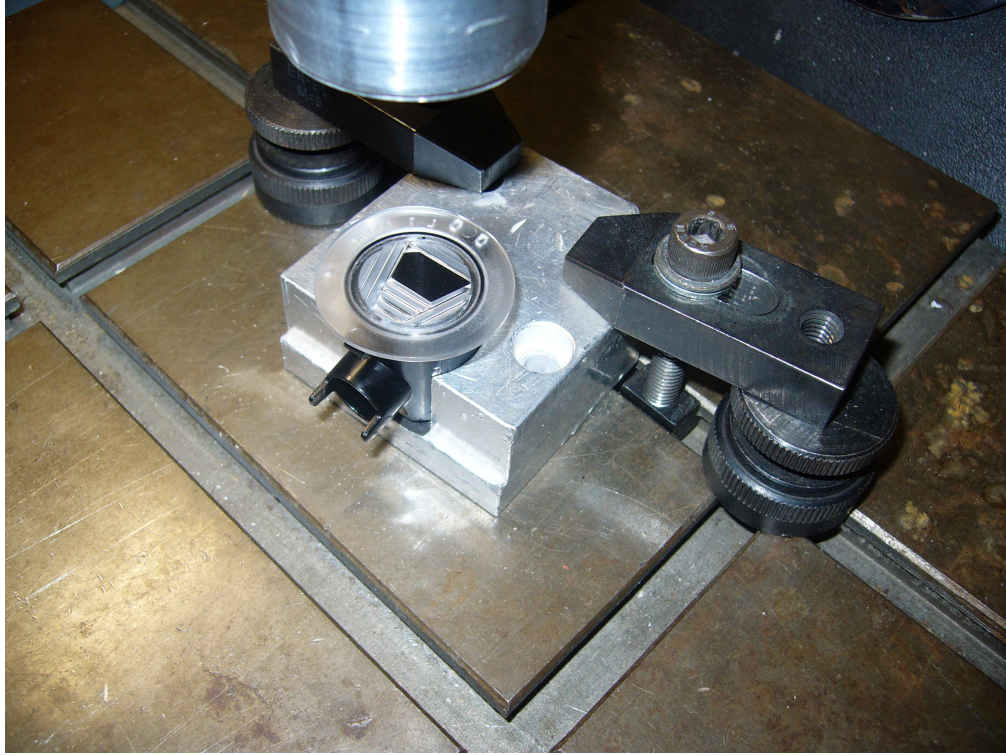
Yapılan denemeler sonucunda en sağlıklı sonucu veren parametre değerleri belirlendi;

$$P \text{ (Basınç) } = 30 \text{ PSI (} 2.109 \text{ kg/cm}^2 \text{)}$$

$$T_k \text{ (Kaynak Süresi) } = 0.215 \text{ sn}$$

$$T_b \text{ (Baskı Süresi) } = 0.150 \text{ sn}$$

Proses Değişkenleri bölümünde de belirttiğimiz gibi Enerji'nin formülü, doğruluğunu belirli limitler dahilinde korumaktadır. Mesela basıncı belli oranda arttırdığımız zaman kaynak süresini de aynı oranda azaltarak ve genlik de makina üzerindeki genlik değiştiricisinin sabit kalması durumunda değişmeyeceğine göre kaynak için gerek duyulan asıl enerji aynı derece de belli sınırlar dahilinde elde edilecektir. Bu sınırlar kullandığınız boynuz tasarımına ve malzemesine göre değişmektedir, boynuz'un çatlamaması için makina, değişkenlerle daha fazla oynanmaması gerekliliğini sinyal vererek uyarmaktadır. Bu limitler iyi bilinmelidir ki maliyeti oldukça yüksek olan boynuz kısmına zarar verilmesin.

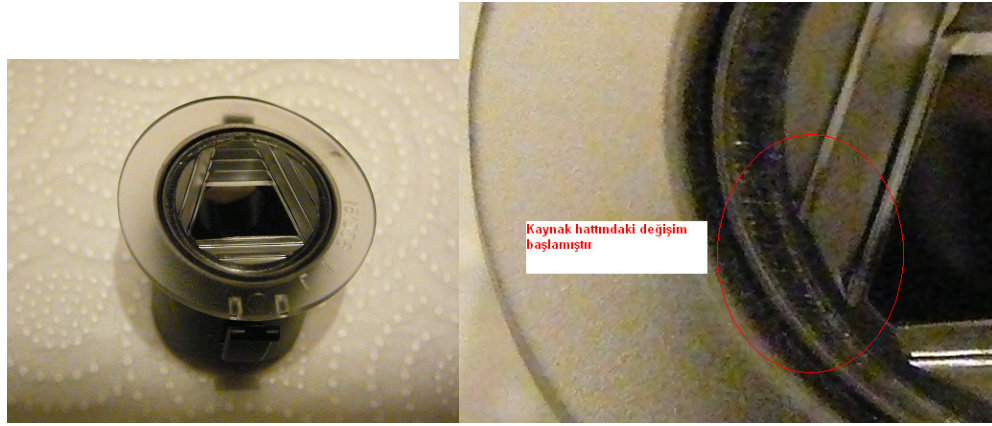


Şekil 12.3 Araç İçi Aydınlatma Lambasının Kaynağı Sırasında Çekilmiş Fotoğraf



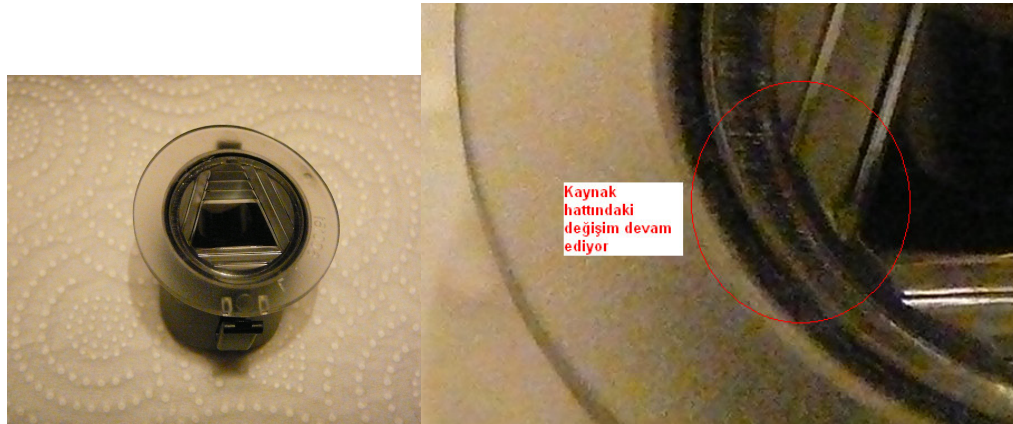
Şekil 12.4 Araç İçi Aydınlatma Lambasının İdeal Parametrelerle Kaynak Edilmiş Hali

12.1.4 Baskı Süresi Sabit, Kaynak Süresi Sabit, Basınç Değişken iken parça kaynağı ve kaynak kalitesinin gözlenmesi



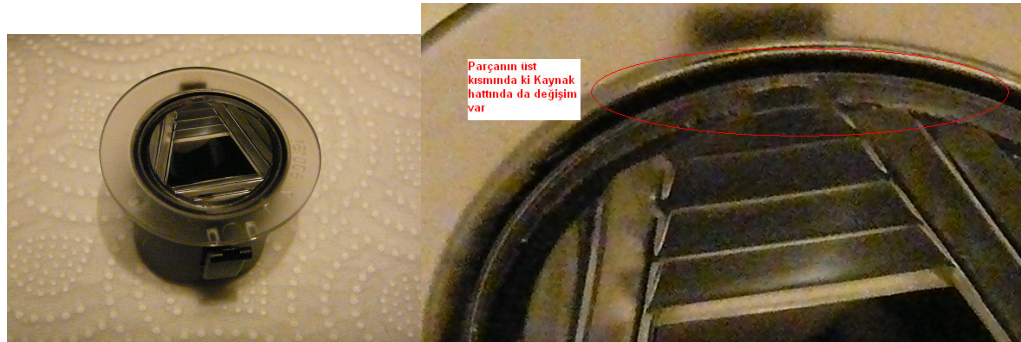
Şekil 12.5 P=40 PSI (2.812 kg/cm²) iken 1.Numune

1.Numune: P = 40 PSI (2.812 kg/cm²) Tk = 0.215 sn. Tb = 0.150 sn.



Şekil 12.6 P=50 PSI (3.515 kg/cm²) iken 2.Numune

2.Numune: P = 50 PSI (3.515 kg/cm²) Tk = 0.215 sn. Tb = 0.150 sn.



Şekil 12.7 P=60 PSI (4.218 kg/cm²) iken 3.Numune

3.Numune: P = 60 PSI (4.218 kg/cm²) Tk = 0.215 sn. Tb = 0.150 sn



Şekil 12.8 $P=70\text{PSI}$ (4.921 kg/cm^2) iken 4.Numune

4.Numune: $P = 70 \text{ PSI}$ (4.921 kg/cm^2) $T_k = 0.215 \text{ sn.}$ $T_b = 0.150 \text{ sn}$

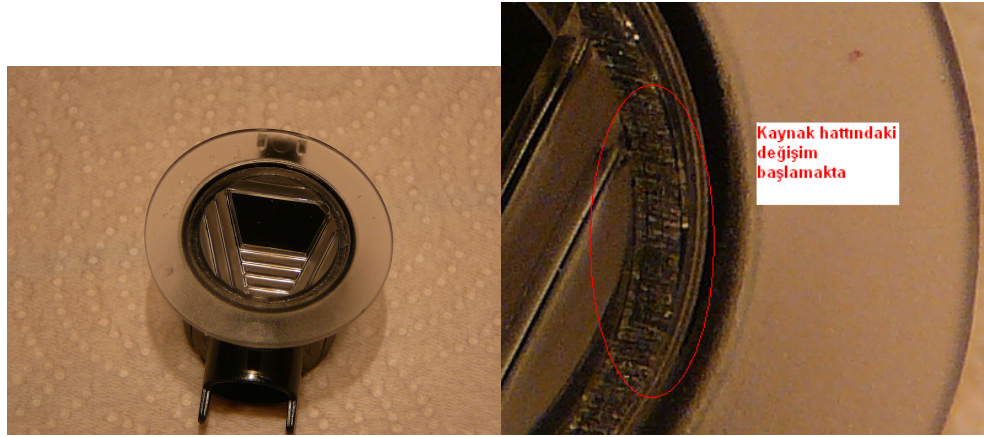


Şekil 12.9 $P=80\text{PSI}$ (5.624 kg/cm^2) iken 5.Numune

5.Numune: $P = 80 \text{ PSI}$ (5.624 kg/cm^2) $T_k = 0.215 \text{ sn.}$ $T_b = 0.150 \text{ sn}$

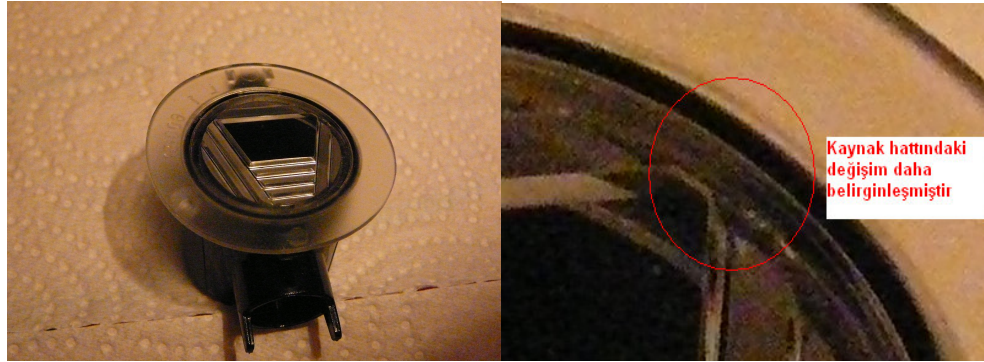
1.,2. ve 3. parçalarda kaynak hatlarında ancak çok dikkatli bakıldığında farkedilebilen değişiklikler kademeli olarak oluşmaktadır (Şekil12.5, Şekil 12.6 ve Şekil12.7 de bu değişimler fotoğraflar yardımı ile az da olsa görülebilmektedir) . Yalnız basınç 70 PSI (4.921 kg/cm²) ın üstüne çıktığında yalnızca kaynak hattında değişim gözlemlenmemekte aynı zamanda üst parçada kırılma ile hasar oluşmaktadır (Şekil 12.8 ve Şekil 12.9 u inceleyiniz). 70 PSI (4.921 kg/cm²) üzeri basınçta oluşan hasar tamamen parçaya fazla enerji yüklenmesi ile ilgilidir.

12.1.5 Baskı Süresi Sabit, Basınç Sabit, Kaynak Süresi Değişken iken parça kaynağı ve kaynak kalitesinin gözlenmesi



Şekil 12.10 Tk=0.245sn iken 1.Numune

1.Numune: P = 30 PSI (2.109 kg/cm²) Tk = 0.245 sn. Tb = 0.150 sn

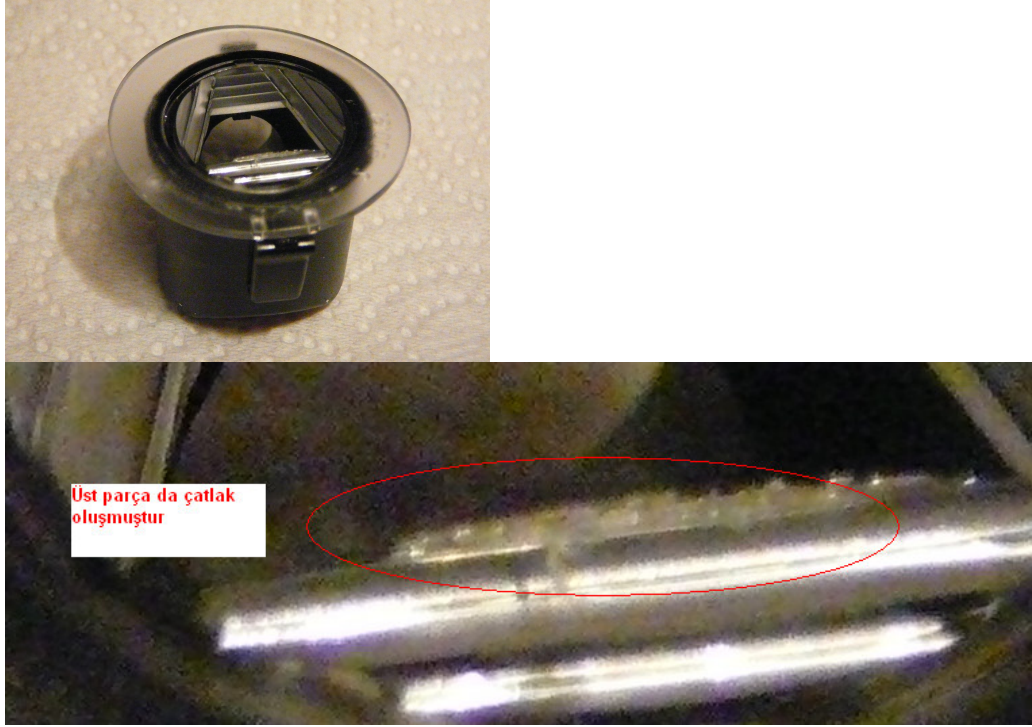


Şekil 12.11 Tk=0.350sn iken 2.Numune

2.Numune: P = 30 PSI (2.109 kg/cm²) Tk = 0.350 sn. Tb = 0.150 sn

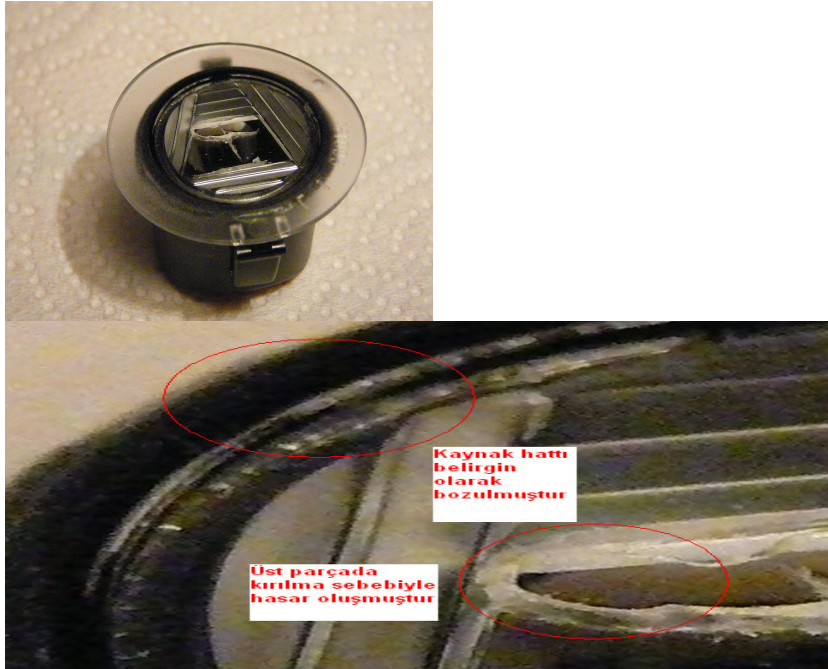
2.Numune'nin kaynak süresi bizim için sınır değerlerden biridir çünkü Tk,0.350 sn den sonra uyguladığımız kaynak süreleri bizim her an boynuz'un(horn) her an hasar görmesi anlamına gelmektedir. Bu değer arkasından uyguladığımız değerlerde makina hata sinyali vermektedir. Bilindiği üzere maliyet açısından boynuz

malzemesi Alüminyum olarak seçilmiştir, eğer bu sınır değerin arttırılması istenirse boynuz malzemesinin Titanyum olarak değiştirilmesi gerekir.



Şekil 12.12 $T_k=0.750$ sn iken 3.Numune

3.Numune: $P = 30 \text{ PSI (} 2.109 \text{ kg/cm}^2 \text{)}$ $T_k = 0.750 \text{ sn.}$ $T_b = 0.150 \text{ sn}$



Şekil 12.13 $T_k=0.900$ sn iken 4.Numune

4.Numune: $P = 30 \text{ PSI (} 2.109 \text{ kg/cm}^2 \text{)}$ $T_k = 0.900 \text{ sn.}$ $T_b = 0.150 \text{ sn}$



Şekil 12.14 Tk=1.200sn iken 5.Numune

5.Numune: $P = 30 \text{ PSI} (2.109 \text{ kg/cm}^2)$ $T_k = 1.200 \text{ sn.}$ $T_b = 0.150 \text{ sn}$

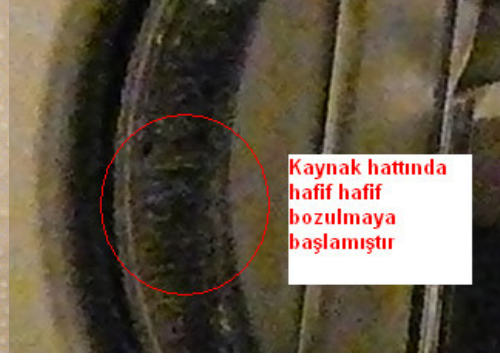
Ultrasonik kaynak metodundaki en dikkat edilmesi gereken parametredir. Doğru seçilmediği takdirde makine de ve parçalarında çok ciddi hasarlar oluşabilir. Boynuz (Horn) malzemesinin seçimi de bu parametre de büyük etkindir. Alüminyum gibi Titanyuma oranla daha az titreşim dayanımı olan malzemelerden imal edilen boynuzlar her an ciddi bir hasar oluşmasına neden olabilir ve büyük mali kayıplar söz konusudur.

12.1.6 Basınç Sabit, Kaynak Süresi Sabit, Baskı Süresi Değişken, iken parça kaynağı ve kaynak kalitesinin gözlenmesi



Şekil 12.15 Tb=0.200sn iken 1.Numune

1.Parça: $P = 30 \text{ PSI} (2.109 \text{ kg/cm}^2)$ $T_k = 0.215 \text{ sn.}$ $T_b = 0.200 \text{ sn}$



Kaynak hattında
hafif hafif
bozulmaya
başlamıştır

Şekil 12.16 $T_b=0.300$ sn iken 2.Numune

2.Parça: $P = 30 \text{ PSI}$ (2.109 kg/cm^2)

$T_k = 0.215 \text{ sn.}$

$T_b = 0.300 \text{ sn}$



Kaynak hattında
atlamalar
belirginleşmeye
başlamıştır

Şekil 12.17 $T_b=0.500$ sn iken 3.Numune

3.Parça: $P = 30 \text{ PSI}$ (2.109 kg/cm^2)

$T_k = 0.215 \text{ sn.}$

$T_b = 0.500 \text{ sn}$



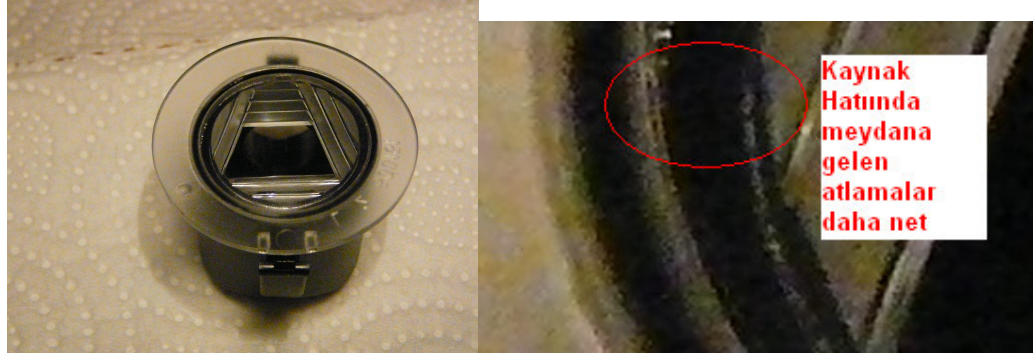
Kaynak
hattındaki
atlama
daha
belirgin

Şekil 12.18 $T_b=2.000$ sn iken 4.Numune

4.Parça: $P = 30 \text{ PSI}$ (2.109 kg/cm^2)

$T_k = 0.215 \text{ sn.}$

$T_b = 2.000 \text{ sn}$



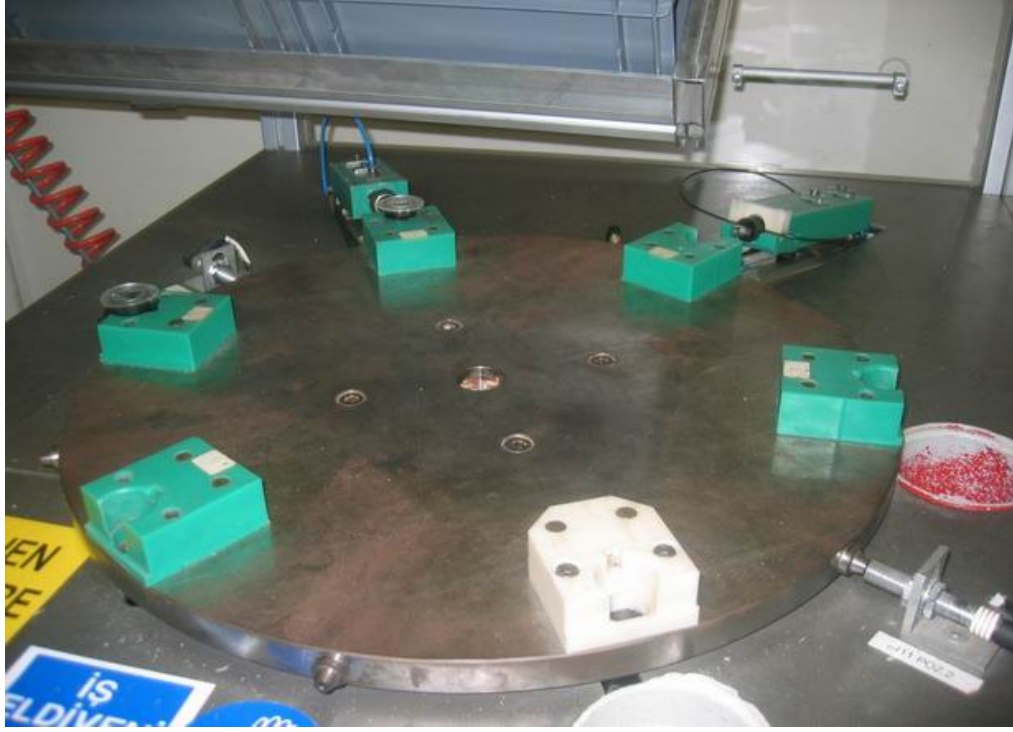
Şekil 12.19 $T_b=8.000$ sn iken 5.Numune

5.Parça: $P = 30 \text{ PSI}$ (2.109 kg/cm^2) $T_k = 0.215 \text{ sn.}$ $T_b = 8.000 \text{ sn}$

Ultrasonik kaynak yönteminde bu parametre tamamen çevrim süresini etkilemektedir. Baskı süresinin 8 saniyeye çıkartılmasında bile hiç bir hasar gözlenmemiştir. Bu parametre sadece çıkan ürün adedini etkileyecektir. Çok belirgin olmasa da kaynak hattında atlamalar oluşmuştur. Baskı süresinin bir diğer etkisi de kaynak dayanımını arttırmasıdır. Baskı kaynak tamamlandıktan sonra kaynağın dayanımını arttırmak için devreye girer.

12.1.7 Kaynak Prosesinden Sonra Uygulanan Sızdırmazlık Test Düzeneği

Yukarıda örnek olarak incelemeye başladığımız araç içi aydınlatma cihazının, plastik enjeksiyon ve ultrasonik kaynak prosesini tamamladıktan sonra diğer montaj ve kontrol aşamalarından sonra seri üretimi tamamlanır. Ultrasonik Kaynak aşaması tamamlandıktan sonra içerisinde sızdırmazlık kontrolünde yer aldığı dairesel bir düzenek ile diğer montaj ve kontrol aşamaları tamamlanır. Bu montaj ve Kontrol düzeneğinde ultrasonik kaynak metodunu ilgilendiren kısmı hava sızdırmazlık kontrolünün yapıldığı aşamadır.



Şekil 12.20 Dairesel Montaj ve Kontrol Düzeneği.

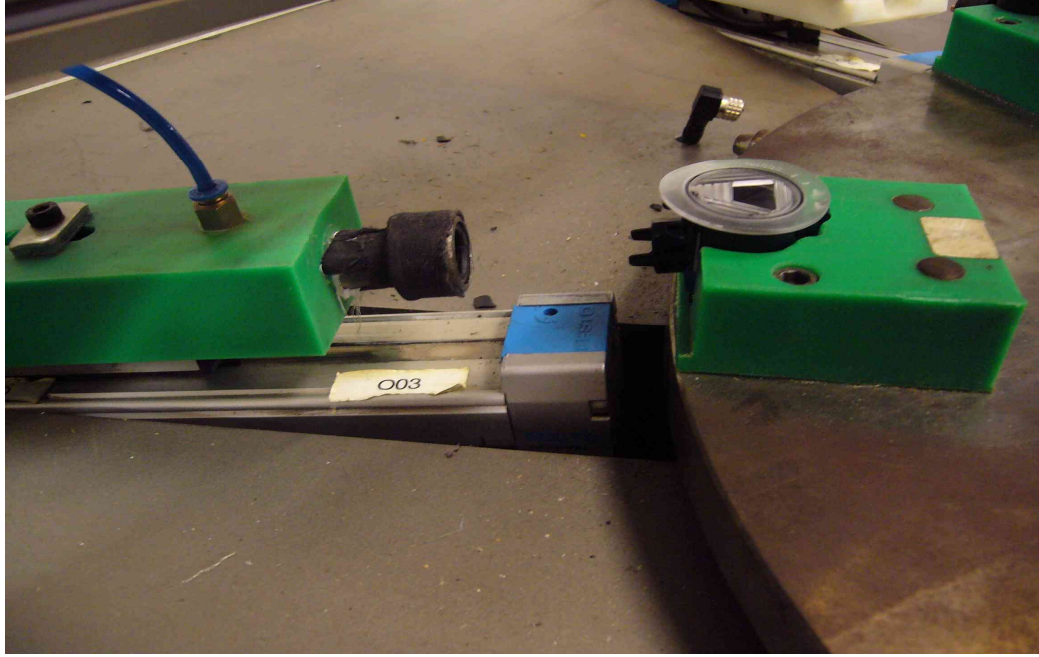
* Beyaz fikstürün karşısındaki düzenek sızdırmazlık kontrol ünitesidir.

Bilindiği üzere Ultrasonik Kaynak Metodu sanayii de daha çok yeni uygulama alanları bulduğundan test yöntemleri tam olarak belirlenebilmiş değildir, uygulamayı yapan firmalar, bu sebepten dolayı kendilerince veya müşterilerin isteklerine bağlı olarak çeşitli sınır şartlar, spesifikasyonlar oluşturmuş ve test aşamalarında da bu değerleri test etmektedirler.

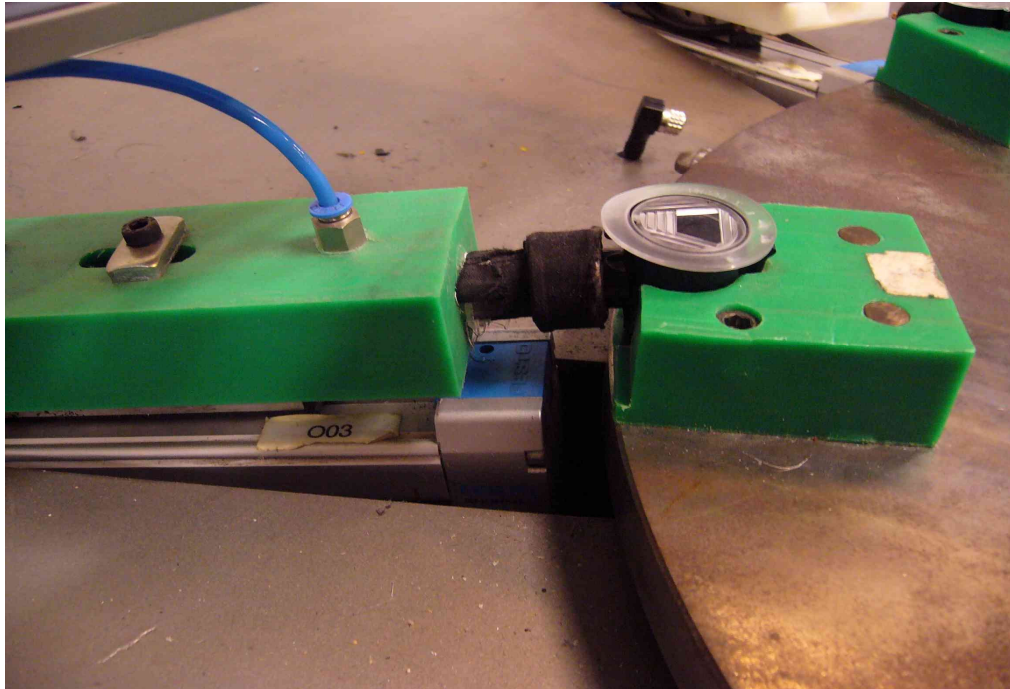
Sa-Ba Endüstriyel Ürünler A.Ş. 'de hava sızdırmazlık testini kendilerinin belirlediği bir test metodu ile kontrol etmektedir, bunun için çalıştıkları büyük firmaların da bu konuda herhangi bir spekti bulunmamaktadır. Sa-Ba Endüstriyel Ürünler A.Ş. 'nin uyguladığı hava sızdırmazlık testinin açıklamalı uygulaması aşağıdaki gibi şekillenmiştir;

Deneyin temel amacı, kaynak tamamlandıktan sonra parça içerisinde ölçülebilecek ve parçaya hasar vermeyecek değerde bir basınçlı hava hapsedilir ve bilindiği üzere eğer parçada herhangi bir açıklık veya kaçak varsa parça içinde hapsolan basınç değeri değişim gösterecektir. Parça içerisindeki basınç değeri ölçülerek kaçak olup olmadığı veya parçanın sızdırmazlık testinden geçip geçmediği tespit edilir. Hava Sızdırmazlık Testi, Parçaya 0.300 bar basınç uygulanarak yapılır ve hava parça içerisine hapsedilir. 7 saniye beklenilerek basıncın düşmesi takip edilir. Basınç 0.250

bar'ın altına düşmemelidir. Eğer uygulanan basınç bu değerin altına düşerse dairesel montaj ve kontrol düzeneği hata sinyali verecek ve parça bir sonraki istasyonda işlem göremeyecektir. Bu sızdırmazlık test düzeneği şekil 12.5 ve şekil 12.6 da gösterilmiştir.



Şekil 12.21 Hava Sızdırmazlık Test Düzeneği / 1



Şekil 12.22 Hava Sızdırmazlık Test Düzeneği / 2

Bu sızdırmazlık testi her parça için uygulanmamaktadır, uygulama için müşteri beklentileri, ve parça kaynağının zorluk boyutu önemlidir. Eğer aynı düzenekteki basınç değeri yüksek değerlere çıkarılır ve test bu değerlerde de test edilirse de kullanılan standart kaynak parametrelerinde sonuçlanan kaynağın dayanımı ölçülecektir.

13. TÜRKİYEDE ULTRASONİK KAYNAK YÖNTEMİNİ UYGULAYAN BAŞLICA FİRMALAR VE BULUNDUKLARI İŞ ALANLARI

13.1 Sa-Ba A.Ş.

1976 yılında Sa-ba, Ünal ÖZLÜ tarafından kuruldu. 1980 yılında kauçuk esaslı otomotiv paspas ve aksesuar üretimi yaparken plastik esaslı üretime yöneldi. 1984 yılında bünyesinde plastik enjeksiyon bölümü oluşturdu. Zamak enjeksiyon, metal pres ve elektrostatik toz boyama üniteleri kurdu. 1999 yılında ise BVQI firmasından ISO-9002 Toplam Kalite Sistem Standardı Belgesi aldı. 2000 yılında Sa-Ba bünyesinde CAD-CAM destekli tasarım ve CNC Kalıp Yapım - Bakım Ünitesi ve Ürün Geliştirme Departmanı kurdu. Tasarım, modelleme, kalıp yapım işlemlerini bünyesinde geliştirdi ve yeni projelerde beklenen işlevleri eksiksiz yerine getiren tasarım yoğunluklu modeller üretmeye başladı. 2001 yılında ise Uluslararası firmalarla ilişki kurarak benzer ürünler üreten İspanyol RINDER, Fin NORDIC, İtalyan SIRENA firmalarının ürünlerini pazarlayarak üretim miktarını artırdı. 2002 yılında 50 tondan 250 tona kadar CNC kumandalı, tam otomatik enjeksiyon makineleri, 200 metreye ulaşan montaj hatları, ultrasonik kaynak ve Hot Plate yapıştırma makineleriyle nihai mamul üretim kapasitesini yılda 500 tona çıkardı. 2004 yılında planlandığı üzere ISO/TS 16949 Kalite Belgesi BVQI firmasından alındı. Trailight markasının lansmanı yapıldı. 2005 yılının ilk yarısında ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi ve Ford Q1 Kalite Ödülünü aldı. 2006 ve 2007 yıllarında yaptıkları yeni üretim ve kalite ekipmanları yatırımları ile müşterilerine en iyi hizmet yollunda sağlam adımlarla yoluna devam etmektedir.



Şekil 12.23 Sa-Ba Endüstriyel Ürünler A.Ş. Ürünlerinin Montajında Ultrasonik Kaynak Metodunu Kullanıyor

13.2 Trexta

TREXTA, dünyanın en önemli elektronik aygıt üreticilerine aksesuar tasarımı ve üretimi yapan, ve bu firmaların ürün tasarımı ve geliştirme adımlarında ürünlerine görsel anlamda değer katan bir ürün geliştirme ortağı olarak sektöründe lider bir kuruluştur. Ürünlerinde kullanılmak üzere seçtikleri malzemeler başlıca deri, plastik, metal, tekstil, ve ahşap olarak sıralanmaktadır. Firma bünyesinde Ultrasonik Kaynak Makinası, Serigraf Baskı Ünitesi, Enjeksiyon ve Kaplama Tesisi,Hızlı Prototip Makinası bulunan firma kendi ihtiyaçlarını kendi bünyesinde gidermektedir.

TREXTA'nın termoplastiklerde birleştirme metodu olarak ultrasonik kaynak yöntemine geçişi; yüksek adetli ve uzun ömürlü bir projede oldukça yavaş ve yüksek maliyetli yapıştırma metodunda iyileştirme çalışmaları aşamasında yapılması gereken tüm fizibilite çalışmaları tamamlandıktan sonra yaşandı. Oldukça kısa bir süre geçmesine rağmen deneme çalışmalarında,üretim miktarlarında ve kalite raporlarında tüm gelişmeler somut olarak gözlenmeye başlanması ile çoğu ürünlerinde bu birleştirme yöntemini kullanarak daha az iş gücü ile görsel açıdan mükemmel, daha hızlı, daha ucuz ve daha kaliteli ürün üretmeye başladı.

TREXTA şimdi bu yöntemi sektöründe en etkili ve en verimli şekilde kullanan firmaların başında geliyor.

KAYNAKLAR

- [1] **Branson Ultrasonic Corporation**, 2002. Actuator Instruction Manual
- [2] **R.B.Bicknall**, 1965, ‘Ultrasonics-a-new twchnique for welding thermoplastics’
- [3] **Mak.Müh.Burkan Büyüktombak**, 2007. Kişisel görüşme.
- [4] **Uçak Müh.Zekeriya Kömürcü**, 2007 Kişisel Görüşme.Deney Aşaması Bilgileri
- [5] **Stokes V. K.**, 1989, “Joining Methods for Plastics and Plastics Composites”
- [6] **M.N.Dawson.P.R., Wang K.K.**,1983, “Heating and bounding mechanisms in Ultrasonic Welding of Thermoplastics”.
- [7] **Yew Khoy Chuah, Liang-Han Chien, B.C. Chang, and Shih-Jung Liu**, 2000, “ Effects Of The Shape Of The Energy Director On Far-Field Ultrasonic Welding Of Thermoplastics “
- [8] **K.S.Suresh, M. Roopa Rani, K.Prakasan, R.Rudramoorthy** , 2007, “Modeling Of Temperature Distribution In Ultrasonic Welding Of Thermoplastics For Varios Joint Designs”
- [9] **R.L.O’Brien**, 1991,. Welding Handbook
- [10] **Welding Technology Institute Of Australia**, 2006, Ultrasonic Welding Of Plastics Used İn Medical Devices
- [11] **Kuttruff,H.**, 1991, “Ultrasonics Fundamentals And Applications ” Elsevier Science, Amsterdam
- [12] **Mak.Müh.Dursun Yiğit**, 2007. Kişisel görüşme.

SONUÇLAR

Ultrasonik Kaynak Yöntemi ile termoplastiklerin birleştirilmesinde, dikkat edilmesi gereken hususlar ve bu yöntemin avantajları ile birlikte limitleri de tezimizde detaylı olarak açıklanmıştır. Tez sırasında Ultrasonik Kaynak Metoduna geçiş aşamasında diğer birleştirme metodlarından birkaçını inceleme fırsatı buldum. Ufak parçaların yüksek adetli seri üretim şartlarında en etkili sonuçların Ultrasonik Kaynak Metodu ile alındığının, üretim maliyet açısından da en karlı ve uygun birleştirme yönteminin parça hassasiyeti de gözönüne alındığında Ultrasonik Kaynak ile sağlandığının tanığı oldum. Ultrasonik kaynak yönteminde doğru parametrelerin bulunması durumunda en komplike parçalar bile birleştirilirken, kaliteli ve düşük birim maliyetli ürünler ortaya çıkmaktadır. Kaynak Kalitesini etkileyen parametreler üzerinde çalışırken, dikkat edilmesi gereken en önemli parametrelerin kaynak süresi, ve basınç olduğunun farkına vardım. Her iki parametrenin ideal değerlerden aşırı sapması sonucunda ya kaynak gerçekleşmiyor ya da kaynak makinesinin hayati değer taşıyan boynuz gibi parçaları hasar görüyor,ve bu sebepten dolayı kaynak doğru gerçekleştirilemiyor.

Sonuç olarak termoplastiklerde ultrasonik kaynak metodu ; daha ucuz, az iş gücü, temiz, az hurda maliyeti ve yüksek kalite ile üretim sağlamakta, bütün bunların yanında malzeme sınırlamaları, parça boyutlarının ufak olması, ve ilk maliyet açısından diğer yöntemlere oranla daha sıkıntılı gözükürken herşekilde kaynak sırasında ideal parametreler doğru seçilmelidir.

ÖZGEÇMİŞ

Yiğit TAŞ,02.01.1980 tarihinde İstanbul'da doğdu. İlkokul eğitimini 1990 yılında Çapa İlköğretim İlkokulunda, Ortaokul ve Lise öğrenimini ise 1997 yılında Özel Ayazağa Işık Lisesi'nde tamamladıktan sonra aynı yıl İ.T.Ü. Uzay Mühendisliğini kazandı ve bir yıl sonra İ.T.Ü. Makine Mühendisliği Bölümü'ne yatay geçiş yaptı ve 2001 yılında mezun oldu. 2002 yılında İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Malzeme ve İmalat Yüksek Lisans Programına girdi. 2003 yılında Yüksek Lisans eğitimine ara verip Hogeschool Van Utrecht Üniversitesinde Tasarım Mühendisliği okumak için Hollanda'ya gitti. Hollanda'da Tasarım Mühendisliğini eğitimini tamamladıktan sonra İ.T.Ü. deki Yüksek Lisans eğitimine geri dönüp eğitimini tamamladı. Sırasıyla Erhas Dış Ticaret firmasında Satış Mühendisliği, TREXTA TR firmasında Ürün Mühendisi ve halen SARILAR GÜRBÜZ İŞ MAKİNALARI firmasında Proje Mühendisi olarak çalışmaktadır. İngilizce ve İspanyolca bilmektedir.

Hobileri ; futbol, seyahat etmek, fotoğraf çekmek, kitap okumak, karting ve resim çizmek.