

- Doç. Dr. İrfan AY, Balıkesir Üniversitesi
- Öğr. Gör. Dr. Raif SAKİN, Balıkesir Üniversitesi

Ultrasonik Yöntemle Plastiklerin Kaynağı

Termoplastik malzemelerin kaynakla birleştirme yöntemlerinden birisi de ultrasonik yöntemdir. Bu yöntemde elektrik enerjisi, titreşim enerjisine dönüştürülür. Her termoplastiğin ultrasonik yöntem ile kaynak edilebileceği düşünülmemelidir. Çünkü termoplastiklerin bu yöntem ile kaynak edilebilmesinin temel esaslarından biri "kimyasal uygunluk" şartıdır.

Plastik malzemeler yüksek moleküllü bileşiklerdir. Polimer olarak adlandırılırlar. Zincir veya ağ şeklindeki moleküllerine makromoleküller denir. Makromoleküller, monomer adı verilen tek molekülden oluşur. Makromoleküller kimyasal reaksiyon sonucunda meydana gelirler. Çok çeşitli ad ve şekilleri bulunan plastik, termik özellikleri bakımından termoplastikler ve duroplastikler (termosetler) olarak iki gruba ayrılabilir. Termoplastikler ısıtılınca yumuşar, soğutulunca ise sertleşirler. Isıtma ve soğutma işlemi birkaç kez tekrarlanarak yeniden şekil verilebilir. Termoplastik, bu açıdan balmumuna benzer. Bu gruba giren önemli plastikler, akrilikler, selülozikler, naylon, polistiren, poliestilen, karbon florür ve vinillerdir. Duroplastikler veya diğer adı ile termosetler ise, ısıtılarak bir kez istenilen şekle sokulur. Bu aşamadan sonra ikinci kez tekrar ısıtılıp, eritilerek şekle sokmak mümkün değildir. Yani sertleşme olduktan sonra, tekrar ısıtma ile yu-

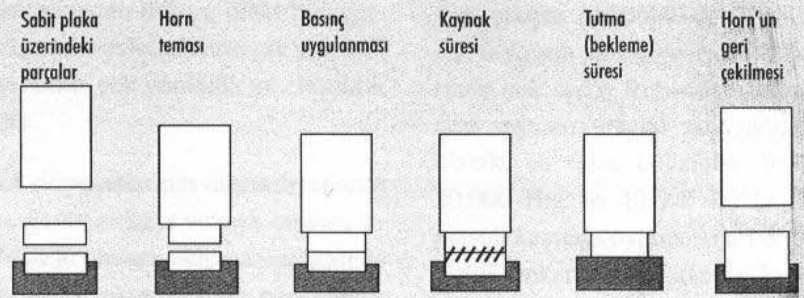
muşama olmaz. Örneğin, yumurtanın piştikten sonra ilk haline dönememesi gibi düşünülebilir. Duroplastiklerin şekillendirilebilmesi için sıcaklığın çok fazla olması gerekmez. Şekillendirme sıcaklığı olarak 176°C veya az üzeri yeterlidir. Bu gruba giren önemli plastikler, fenolikler, amenerler, polyesterler, epoksiler ve alkalidlerdir.

Duroplastiklerin birleştirilmesinde, genellikle geçme ve yapıştırma işlemi uygulanırken, termoplastiklerin birleştiril-

mesinde ise kaynakla birleştirme daha uygundur. Genel olarak termoplastiklere uygulanan yöntem ise basınç kaynağıdır.

Ultrasonik yöntem ile termoplastiklerin kaynağı ve bu yöntemin gelişmeleri 1963'lü yıllarda başlamıştır. Geçtiğimiz 10-15 yıl içinde ise yöntem geliştirilmiş ve hızlı bir şekilde endüstrideki yerini almıştır. Bu makalede, termoplastiklere uygulanan ultrasonik kaynak yönteminin tanımı, kaynak sisteminin eleman-

Şekil 1: Ultrasonik yöntemle kaynak yapma aşamaları



- (1) Sabit altlık üzerine, kaynak yapılacak iki termoplastik parçadan biri alta, diğeri üstte duracak şekilde yerleştirilir. Horn (titreşen akustik takım-boynuz) ise üstte durmaktadır.
- (2) Üzeri titanyum veya alüminyum ile kaplı olan horn, hareket ettirilerek üstteki plastik parça ile temas ettirilir.
- (3) İki plastik parça birleşinceye kadar, horn'a kontrollü bir basınç uygulanır.
- (4) Horn, mikron mertebesindeki aralıklarda olmak üzere, saniyede 20.000 veya 40.000 defa titreştirilir. Önceden belirlenen ve kaynak süresi denilen bir süre boyunca bu işlem devam eder. Doğru bir parça tasarımı ile titreşme sonucundaki mekanik enerji, iki plastik parça arasındaki belirlenen değme noktalarına yöneltilir. Bu zaman içerisinde, mekanik titreşimler, plastik parçaların içinden geçerek moleküller arası sürtünme sonucu kaynak ara yüzeyinde ısı oluşur. Bu sıcaklık plastiği eritme noktasına ulaştığında, malzeme erir ve akar. Daha sonra titreşim durur. Bu durma eriyen plastiğin soğumaya başlamasına yardımcı eder.
- (5) Basma kuvvetli, birbirine kaynayan parçaların soğuması ve katılaşmasını sağlamak için önceden belirlenmiş bir süre kadar daha uygulanır. Bu süreye tutma süresi denir. İyi bir birleşme mukavemeti, tutma süresi boyunca çift taraftan uygulanan yüksek değerde basma kuvveti ile sağlanabilir.
- (6) Kaynağın tamamlanmış olduğunu simgelemektedir. Eriyen plastik katılaştıktan sonra basma kuvveti bırakılır ve horn geri çekilir. İki plastik parça sanki her biri içerisinde erimiş gibi birleşmiştir. Sabit altlıktan kaynaklı parça çıkartılarak işlem tamamlanmış olur.

ları, çalışma sistemi ve ultrasonik kaynağın avantajları anlatılacaktır.

Ultrasonik Kaynak Yöntemi

Ultrasonik yöntemle iki plastiğin kaynak edilmesi, yüksek frekanslı mekanik hareket (titreşim) enerjisi sonucu doğan ısının kullanılması ile birleşmenin yapılması anlamına gelir. Elektrik enerjisi, titreşim enerjisine dönüştürülür, titreşim sonucu sürtünme ısısı doğar, bu ısı plastikleri eritir ve basınç etkisi ile plastik parçalar arasında moleküler bir bağlanma gerçekleştirilir. Bu olay şu şekilde daha iyi anlaşılabilir. Bir metale, hızlı bir şekilde çekiç vurulursa, metal ısınmaya başlar. Bu ısınma, çekiç darbe sayısının artmasıyla hızlanır.

Burada meydana gelen olay, metal moleküllerinin hareket etmesi veya titreşmesidir. Bir maddedeki moleküllerin titreşim miktarı, o maddenin sıcaklığını belirtir.

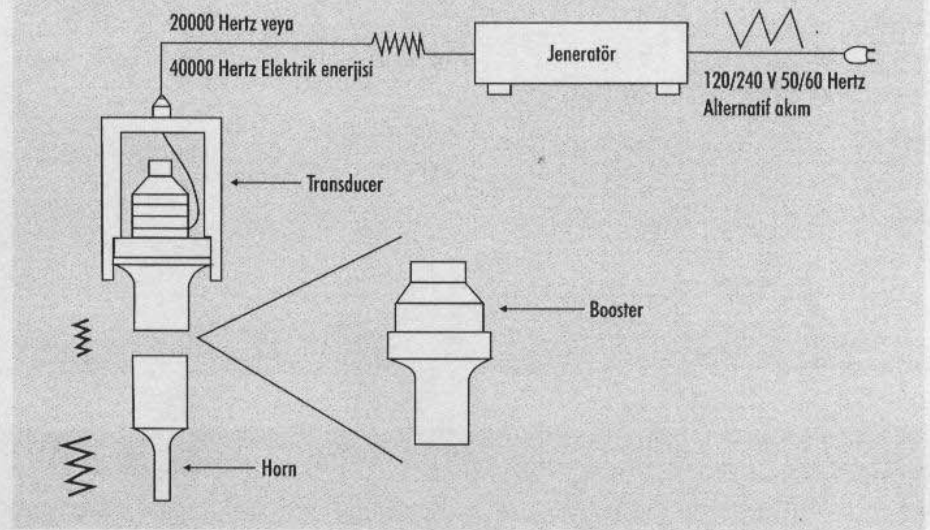
Fiziğin temel kanununa göre, ısı "enerjinin, rastgele hareketler veya molekül titreşimleriyle bir araya gelip birleşmesi" şeklinde tanımlanır. Teorik olarak yalnızca 273°C'deki mutlak sıfırda, molekül hareketleri durmaktadır. Pratikte, varolan maddenin molekülleri sürekli olarak titreşmektedir.

İşte bu yöntemde de, yüksek frekanslı ses titreşimlerini plastiğin özel bir bölgesine odaklamakla, malzemenin molekülleri sarsılır ve bu aşamada sıcaklık plastik eriyinceye kadar artar.

Sonuçta plastik malzemelere basınç uygulayarak kaynak gerçekleştirilir. Ultrasonik yöntemle kaynak, ısı ile ilgili bir proses olduğundan, eritme kaynağı ile ilgili bir proses olduğundan, eritme kaynağı ile ilgili prensiplerin bazıları aynıdır.

Başlıca fark, istenen yerde ısının nasıl ortaya çıkartılacağıdır. Bu kaynak yönteminde, ultrasonik titreşimler malzemelerin arasından geçerek istenen erime yerine odaklanır ve malzemede ısı doğar.

Şekil 2: Ultrasonik kaynak cihazının temel elemanları



Ultrasonik Kaynak Yapma

İki plastik parçanın ultrasonik yöntemle kaynak yapılma aşamaları Şekil 1'de görülmektedir. Ultrasonik kaynak yöntemi kullanmanın birçok avantajı vardır. Temiz, hızlı, etkili ve tekrarlanabilir bir işlemdir. Olabildiğince güçlüdür. Çok az enerji tüketir. Buna karşılık, sağlam ve tam bir bağlama yapar. Çözücü, yapıştırıcı, mekanik bağlayıcılara ve dışarıdan ısıya ihtiyaç göstermez. Kaynağı zor yapılan malzemeler bu yöntemle birleştirilebilirler. Hızlı titreşme ile çok çabuk ısı oluşur ve derhal birleşme bölgesinde toplanır. Isının hızlı bir şekilde kaybolmasından dolayı, öteki birleştirme yöntemlerinde bulunmayan çabucak değişebilme, çok yönlülük ve elastiklik sergiler.

Ayrıca ekipmanlarının düşük fiyatlarda oluşu, güvenilirliğin yüksek olması, uzun ömürlü olması, ekipmanlar arası uyumluluk ve tekrarlanabilir performans göstermesi, bu kaynak yöntemini diğerlerine göre tercihli duruma sokar.

Ultrasonik kaynak yöntemi ile plastik parçaların birleştirilmesi, otomotiv, elektrik-elektronik, tıp, haberleşme, takım-alet sanayi, tüketim, oyuncak, tekstil ve paketleme endüstrisi gibi geniş bir alanda kullanılmaktadır. Ekonomik bir yöntem olan bu proses, önemli ölçüde üretimi arttırabilir ve daha düşük maliyette birleştirmeler yapabilir.

Ultrasonik Kaynak Cihazının Elemanları ve Fonksiyonları

Ultrasonik kaynak sistemi esas olarak 4 temel elemanı bünyesinde barındırır.

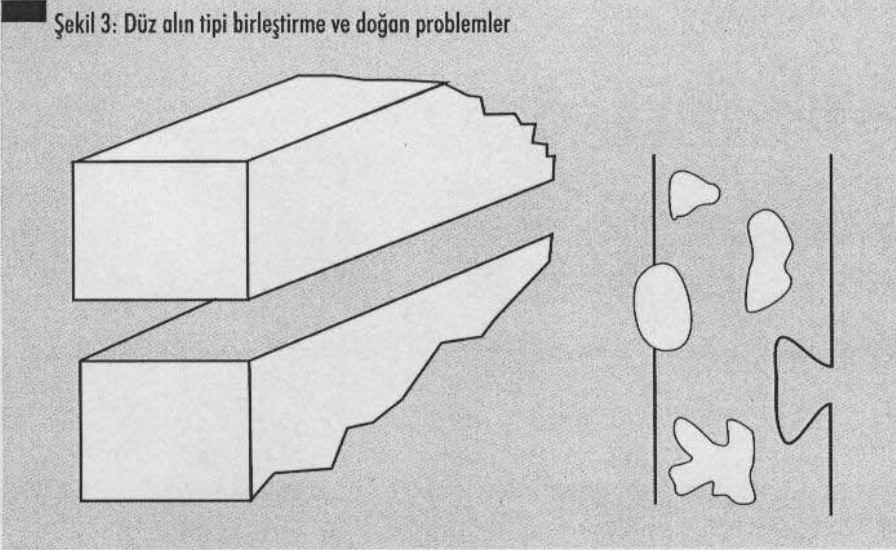
- Güç kaynağı (jeneratör)
- Algılayıcı ve dönüştürücü (transducer),
- Yardımcı eleman (booster)
- Horn (boynuz, titreşen akustik takım)

Güç kaynağı (jeneratör): Standart olan şehir şebeke elektriği 120-240 Volt ve 50-60 Hz'dir. Güç kaynağı, bu elektriği çıkışta 20.000-40.000 Hz'lik yüksek frekanslı akıma çevirir. Dünya üzerinde çok farklı frekanslar kullanılmasına rağmen, imalat sanayiinde ortak olarak, en fazla kullanılan frekanslar 20.000 Hz. ve 40.000 Hz'dir. Birçok plastik kaynağı uygulamaları da 20.000 Hz'lik frekans aralığında yapılmaktadır. Bu makalede, verilecek olan bilgilerin çoğu aksi söylenmedikçe 20.000 Hz'lik frekansla ilgili olacaktır.

Algılayıcı ve dönüştürücü (transducer): Güç kaynağında üretilen yüksek frekanslı elektrik enerjisi transducer tarafından alınarak, genliği (amplitüd'ü) düşük titreşim hareketine dönüştürülür.

Yardımcı eleman (booster): Dönüştürücüden alınan titreşimler yardımcı eleman olan booster'e taşınır. Booster, bu

Şekil 3: Düz alın tipi birleştirme ve doğan problemler



titreşimlerin şiddetini (genliğini) azaltmak veya çoğaltmak amacıyla kullanılır. Genlik'deki artma veya azaltma miktarı kazanç olarak bilinen bir oran ile açıklanır. Kazanç=Giriş genliği/Çıkış genliği olarak hesaplanır. Kazanç oranı $\frac{1}{2}$ ise, booster çıkışta titreşimlerin şiddetini 2 katına çıkartacaktır.

Horn (boynuz, akustik takım): Bu titreşimler daha sonra özel boyut ve şekildeki horn'a taşınır. Horn, titreşimleri iş parçasına en iyi şekilde dağıtımını yapar. Titreşim genliklerinin artması horn'un şekline bağlıdır. Horn, ayrıca parça için gerekli basıncı uygular. Horn, malzemelerin yorulma mukavemetleri, akustik özellikleri ve yüzey sertliklerinin yüksek oluşu sebebiyle titanyum, alüminyum ve çelikten yapılabilir. Horn'un şekli her uygulama için farklı olabilir. Özetle; jeneratör, yüksek frekanslı elektrik enerjisini temin eder. Bu

enerji transducer tarafından algılanır ve dönüştürücü ile ultrasonik titreşim enerjisine çevrilir. Booster; dönüştürücü ile horn arasında titreşim enerjisinin genliğini değiştirir. Böylece çok değişik uygulamalar için bile, uygun genlikler sağlanılır.

Horn, kaynak yapılacak parçaya titreşim enerjisi uygular ve basınç yapar. Şekil 2, ultrasonik kaynak cihazının elemanlarını ve titreşim enerjisinin nasıl oluştuğunu ve nasıl arttırıldığını göstermektedir.

Temel Birleştirme Tasarımları

Birbiri ile birleştirilecek parçalar bir araya geldiğinde "kaynaklı birleştirme tasarımı" doğar. Ultrasonik kaynak sonrası en iyi bağlantının elde edilmesinde, bağlantı parçalarının birleştirme tasarımı çok önemlidir. Bir parçanın ultraso-

nik kaynak ile birleştirme tasarımı, plastik tipi, parça geometrisi ve kaynak şartları gibi faktörlere bağlıdır. Her birinin kendine ait avantajlarının olduğu gibi birçok birleştirme tasarımı vardır.

Bunlar;

- Düz alın tipi birleştirmeler
- Enerji yolluk tipi birleştirmeler
- Basamak tipi birleştirmeler
- Dilli ve oluk tipi birleştirmeler
- Makaslama tipi birleştirmeler

Genel olarak ise, birleştirme tasarımı için üç temel şart aranır;

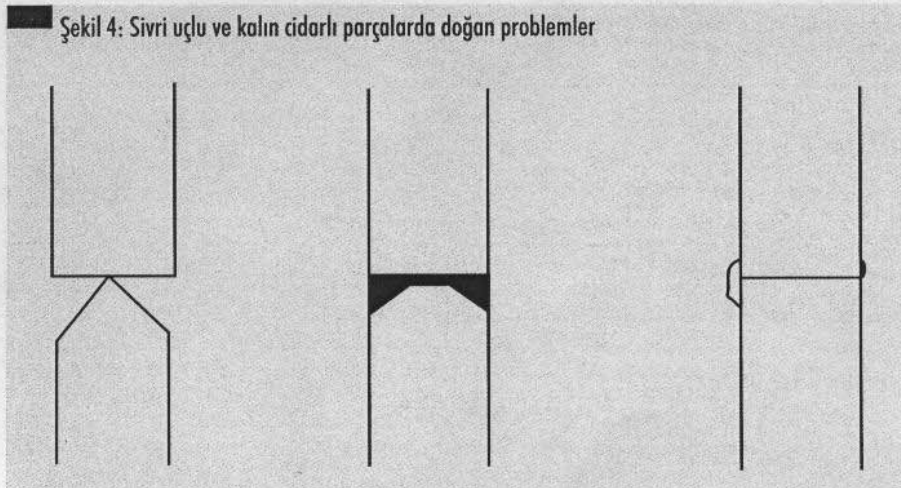
- Düzgün bir temas alanı,
- Küçük bir ilk temas alanı,
- Birleştirilecek parçalar aynı eksende olmalıdır.

Düzgün bir temas alanı; birleşecek yüzeyler, tüm birleşme bölgesi içinde tam temasta olmalı. Hatta, eğer mümkünse bir düzlemde olmaları gerekir. Küçük bir ilk temas alanı; birleştirilecek iki parça arasında oluşturulmalıdır. Böylece, birleşecek parçalar arasında erimeyi başlatmak ve bitirmek için daha az enerji, dolayısıyla daha az zaman gerekir.

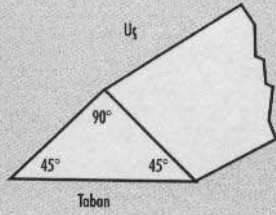
Parçaların aynı eksende olmaları; kaynak operasyonu süresince parçaların yanlış hizaya (eksen kaçıklığı) gelmesi için tavsiye edilir. Hizalamayı sağlamak için, hizalama pimleri, soketler, kanallar ve diller kullanılır. Kaynaklı birleştirme tasarımları şu şekilde sıralanabilir;

Düz alın tipli birleştirmeler: Her kaynak için gerekli olan temel şartlar, düz alın tipli birleştirme kullanılarak sağlanabilir. Şekil 3'de görülen düz alın tipli birleştirme tasarımı, temel şartlardan birincisini sağlar. Düzgün bir temas alanı mevcuttur. Bu tip bir birleştirmede; eğer alın yüzeyler düzgün olmazsa, yalnızca yüksek tepe noktaları iyi kaynak olur. Sonuçta, düzensiz ve kararsız bir kaynak meydana gelir. Kaynağın tam olarak

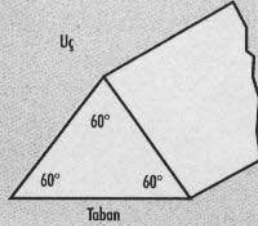
Şekil 4: Sivri uçlu ve kalın cidarlı parçalarda doğan problemler



Şekil 5: (a) Amorf reçine için enerji yolluğu



(b) Yarı kristalin reçine için enerji yolluğu

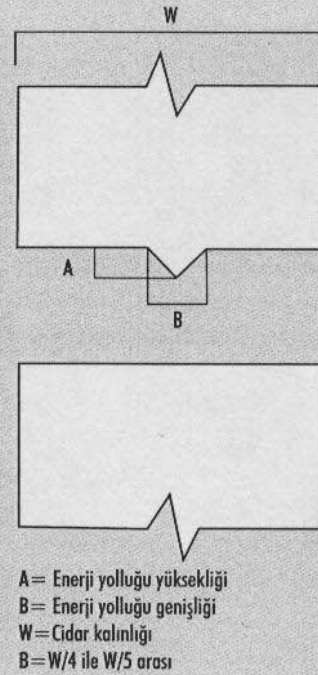


gerçekleşmesi için eritmenin artırılması gerekir. Erimenin artması için uzun bir kaynak süresi ve aşırı ısınma gerekir. Aşırı ısınma ise tepe noktalarını eriterek, Şekil 3'de görüldüğü gibi dış taraflara taşan çapaklı bölgeler oluşturur.

Şekil 4'de görüldüğü gibi, yüzeylerden biri üzerine diğer yüzeyin noktasal kısmı getirilerek iyi görüntüye sahip bir kaynak yapılabilir. Fakat kaynak mukavemeti düşük olur. İyi kaynak mukavemeti için dışa taşan bir kaynak gerekir. Bu durumda ise kaynak görüntüsü bozular. Şekil 4'de bu tip kaynaklarda ortaya çıkan problemler görülmektedir.

Enerji yolluk tipi birleştirmeler: Enerji yolluğu, iki parça ara yüzeyinde oluşturularak, eriyen ve yüzeylere temas eden küçük üçgen kesitli bir parçadır (Şekil 5: a-b). Enerji yolluğu, birleşme sonrası aşırı taşmaya (çapağa) izin ver-

Şekil 6: Düz alın tipi birleştirme için enerji yolluğu

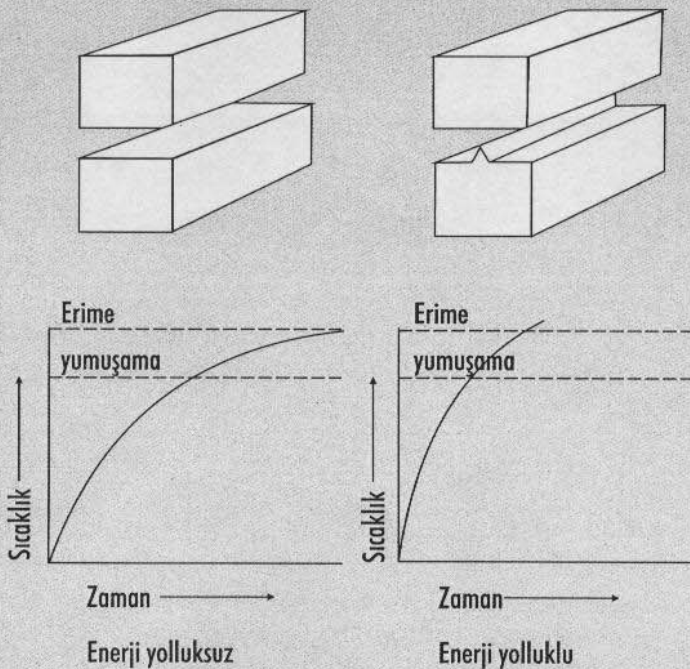


A = Enerji yolluğu yüksekliği
B = Enerji yolluğu genişliği
W = Cıdar kalınlığı
B = W/4 ile W/5 arası

meksizin eriyen malzemeden spesifik bir hacim oluşturarak iyi bir kaynak mukavemeti elde etmek için geliştirilmiştir. Bu kaynak tasarımı genellikle amorf yapıdaki polimerler için tavsiye edilir.

Bu tip bir tasarım, temel şartlardan ikisini; yani "düzgün ve küçük bir ilk temas alanı" şartlarını sağlar. Ancak, enerji yolluğu kendiliğinden parçaların aynı ekseninde olmasını ve malzemenin dışa taşmasını engelleyemez. Bu şartlar, ancak farklı bir parça tasarımı ile oluşturulabilir. Ultrasonik enerji, basınç altında ve uzun bir süre parça içinden geçirildiğinde; enerji, yolluğunun ucunda yoğunlaşır ve ısının hızlı bir şekilde oluşmasıyla erime gerçekleşir. Eriyen plastik, karşılıklı temas eden ara yüzeyler boyunca akar ve moleküler bir bağ teşkil eder. Amorf bir reçine için enerji yolluğu kesiti, uçta 90 kenarlarda 45 açı bulunan bir dik üçgen şeklindedir (Bkz. Şekil 5a). Bu üçgende yükseklik, tabanın yarısıdır. Yükseklik, 0.127-0.762 mm arası ve taban 0.254 - 1.53 mm arasında değişir. Yarı kristalin reçineler için enerji yolluğu kesiti, uç açısı 60 olan bir eşkenar üçgendir (Bkz. Şekil 5b). Bu üçgende yükseklik, tabanın 0.866 ile çarpımıdır. Taban 0.254-1.27 mm arasında değişir.

Şekil 7: Enerji yolluğunun sıcaklık ve kaynak süresine etkisi



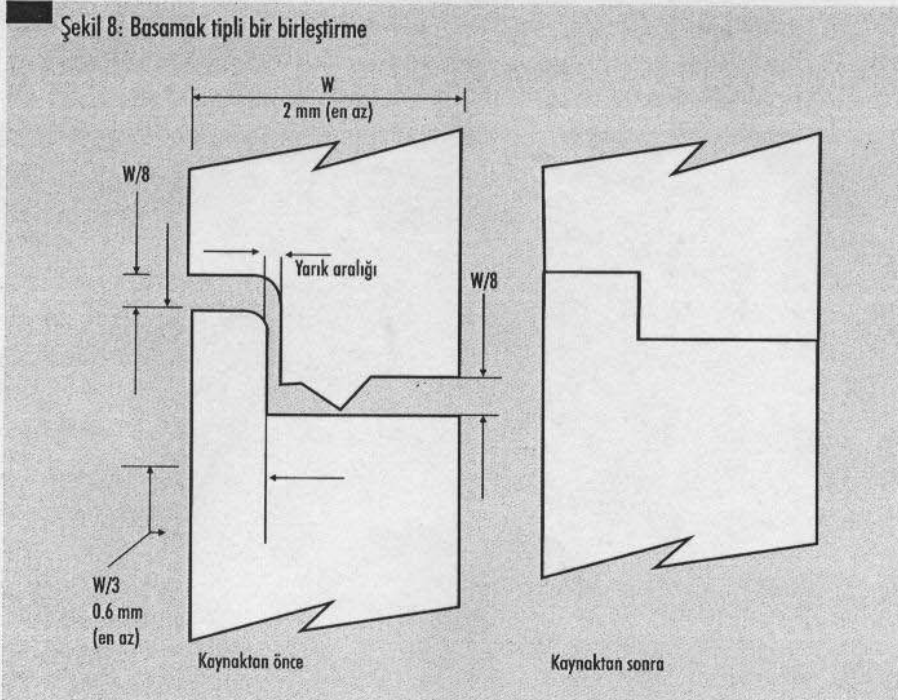
Enerji yolluklu en genel kaynak tasarımı, Şekil 6'da gösterilen alın tipi birleştirmelerdir. Bu tip birleştirmelerde cıdar kalınlığı W fazla ise, birbirine paralel iki enerji yolluğu kullanılır. Böyle bir tasarım, arakesitin tümünde kaynaklanma sağlar. Bu tip tasarımlarda "aynı ekseninde olma" şartı aranmalıdır. Bu mümkün olmuyorsa, farklı tasarım ile sabitleme yapılmalıdır. Kaynak sonrası sızdırmazlık sağlamak, amorf yapıli plastik malzemelerde, yarı kristalin malzemelere göre daha kolaydır.

Eğer sızdırmazlık kesin olarak gerekli ise, eriyen yüzeylerin mümkün olduğu kadar düz ve birbirine paralel olması çok önemlidir. Enerji yolluklu alın kaynağı, amorf reçineler için çok uygundur. Çünkü amorf reçineler, eridikten sonra iyi bir akış kabiliyetine ve yavaş yavaş

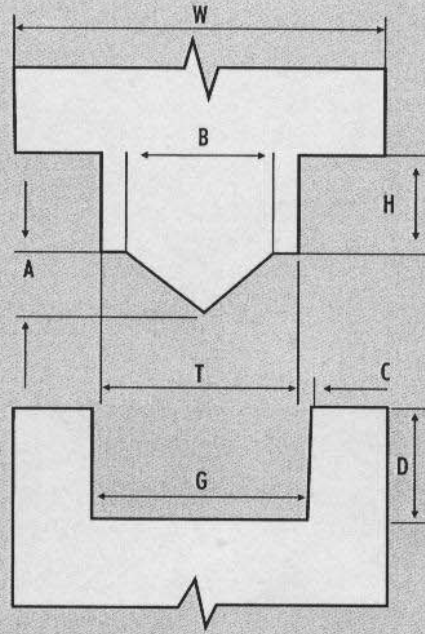
katılma özelliğine sahiptir. Ancak, yarı kristalin reçineler için bu tip bir tasarım uygun değildir. Çünkü, enerji yolluğundan çıkan malzeme hemen katılır. Bu durum, bağlantı mukavemetinde aşırı bir azalmaya ve sıkı bir bağlantı yapmanın zorlaşmasına neden olur. Daha büyük ve daha keskin tasarımlar, birleşme mukavemetini artırır ve sızdırmaz bir bağlantı elde etme şansını artırır. Polikarbonat ve akrilikler amorf malzemeler olarak sınıflandırılmasına rağmen; tecrübeler, büyük ve keskin tarzda yapılan yolluğu tasarımları ile birlikte, her iki malzeme ile de çalışıldığı zaman mükemmel birleşmelerin yapıldığını göstermiştir. Şekil 7'de enerji yolluklu alın birleştirme tasarımları görülmektedir. Birincisinde erime sıcaklığına ulaşmak için uzun bir süre geçmesi gerekirken, diğerinde çok daha kısa sürede erime olmaktadır. İkincisinde daha güçlü bir kaynak mukavemeti sağlanır.

Basamak tipli birleşmeler: Bu tip bir tasarım, Şekil 8'de görülmektedir. Tasarımın temel şartlarının üçünü de içermektedir. Bu tip birleşmeler, kozmetik görünüşün önemli olduğu hallerde kullanılırlar. Basamak tipli birleşmelerin kaynak mukavemeti, enerji yolluklu alın kaynağının mukavemetinden daha azdır. Çünkü tek yüzeyleri kaynak olmaktadır. Minimum cidar kalınlığı W'nin 2.03 mm ile 2.29 mm arasında olması tavsiye edilir. Erimiş malzeme, dil ve basamak arasındaki boşluğa akar. Böylece, basamak tipli birleşirmenin kullanımı çapak oluşumunu bertaraf edebilir. Ayrıca, dil ile basamak arasındaki boşluğa enerji yolluğunun akması sebebiyle güçlü bir bağlantı oluşabilir. Kozmetik sanayinde, eğer yüzeyler tam düz ve paralel değilse, bu çarpıklığı kapatmak için bu yöntem kullanılır. Parça kalınlığına göre olması gereken boyutlar Şekil 8'de verilmiştir.

Şekil 8: Basamak tipli bir birleştirme



Şekil 9: Dilli ve oluk tipli birleşirmede tavsiye edilen boyutlar



- W = Cidar kalınlığı
- A = Enerji yolluğu yüksekliği
- B = Enerji yolluğu taban genişliği
- H = Dil yüksekliği
- T = Dil genişliği
- C = Aralık
- G = Oluk genişliği
- D = Oluk derinliği
- B = W/4 ile W/5 arası
- A = B x 0.5 (Amorf malzeme)
- A = B x 0.866 (Yarı kristalin malzeme)
- H = W/3
- T = W/3
- C = 0.05 mm ile 0.10 mm arası
- G = T + 0.10 mm ile T + 0.20 mm arası
- D = H - 0.13 mm ile H - 0.25 mm arası

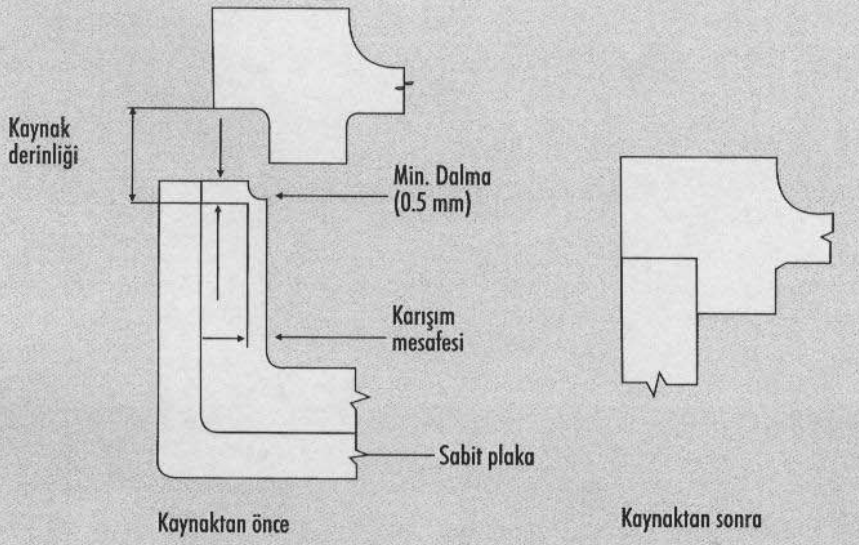
İnınlığı W'nin 2.03 mm ile 2.29 mm arasında olması tavsiye edilir. Erimiş malzeme, dil ve basamak arasındaki boşluğa akar. Böylece, basamak tipli birleşirmenin kullanımı çapak oluşumunu bertaraf edebilir. Ayrıca, dil ile basamak arasındaki boşluğa enerji yolluğunun akması sebebiyle güçlü bir bağlantı oluşabilir. Kozmetik sanayinde, eğer yüzeyler tam düz ve paralel değilse, bu çarpıklığı kapatmak için bu yöntem kullanılır. Parça kalınlığına göre olması gereken boyutlar Şekil 8'de verilmiştir.

Dilli ve oluk tipli birleşmeler: Bu tip birleşmeler tasarımı, enerji yolluklu tipin değişik bir halidir.

Temel tasarım şartlarının üçünü de bünyesinde barındırmaktadır. Bu tip bir tasarım eriyen malzemenin iç ve dış çapak oluşumunu önler. Çünkü ara yüzeyin her iki tarafında karşılıklı çeneler mevcuttur. Dil ve oluk tasarımı, konum belirleme ve çapak istenmeyen yerlerde çok sık kullanılır. Düşük basınç altında çalışan ve sızdırmazlık istenen uygulamalar için mükemmel bir tasarımdır. Dezavantajı ise, kaynak mukavemetinin az olma ihtimalidir. Çünkü eriyen malzeme daha az bir alanı kaynak etmektedir. Dil ve oluk tipli birleşirmede tavsiye edilen minimum parça genişliği (W) 3.05 mm ile 3.12 mm arasındadır. Şekil 9'da bu tip bir birleştirme için tavsiye edilen diğer boyutlar görülmektedir.

Makaslama tipli birleşmeler: Bu tip birleştirme tasarımının üç temel şartını da sağlar. Daha çok, yarı kristalin reçinelerle uygulanır. Makaslama tipi birleştirme, özellikle yarı kristalin reçineler ile güçlü bir sızdırmazlığa ihtiyaç duyulduğu zaman kullanılır. Makaslama tipi birleştirme, özellikle yarı kristalin reçinelerle uygulanır. Makaslama tipi

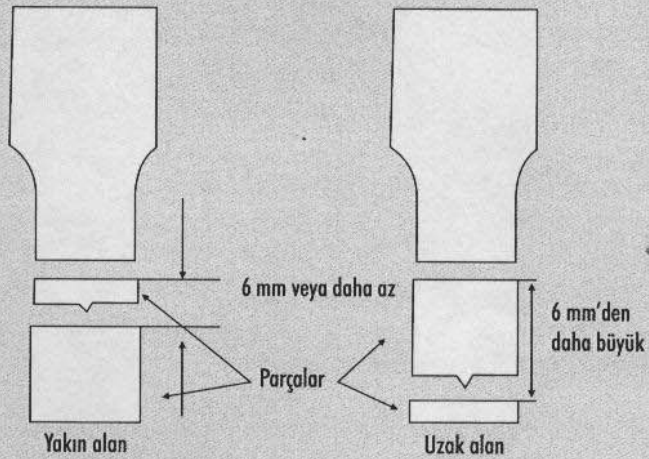
Şekil 10: Makaslama tipi birleştirme



birleştirme, özellikle yarı kristalin reçineler ile güçlü bir sızdırmazlığa ihtiyaç duyulduğu zaman kullanılır. Makaslama tipi birleştirme için, parçada oluşturulan belirli bir karışım mesafesi gerekir. Yan cidarlardan birisi diğerini hem eritir, hem de düşey cidarlar boyunca makaslayarak kontrollü bir karışma meydana getirir. Kaynak ara yüzeyinde, iki yüzeyin birbirine sıvanması çatlak ve boşlukları kapatırken, aynı zamanda hava temasını ve erken katılaşmayı engelleyerek oksitlenme ihtimalini azaltır.

Yüzeylerin sıvanması, güçlü bir kaynak meydana getirir. Şekil 10'a bakılırsa,

Şekil 11: Yakın alan ve uzak alan kaynağı



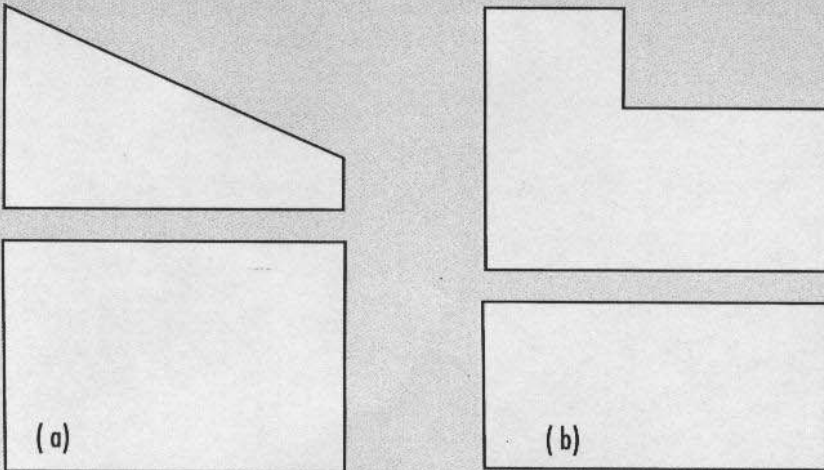
kaynak esnasında parça esnemesini önlemek için, rijit bir yan cidar dayatması konulmuştur. Bu dayatmanın kalınlığı kaynak edilecek parçalarla uyumlu olmalıdır.

Parça Tasarımları

Temel birleştirme tasarımlarının yanında, parçaların kendi aralarındaki tasarımları da göz önüne alınmalıdır.

Yakın alan ve uzak alan kaynağı: Yakın alan ve uzak alan kaynağı; ultrasonik enerjinin, horn'un parçaya temas noktasından, birleşme ara yüzeyine kadar iletilmesi sırasındaki kat ettiği mesafeyi belirlemektedir. Horn ile birleşme

Şekil 12: (a) Horn, temas yüzeyine paralel değil, fakat birleşme tek bir düzlemde. (b) Birleşme yüzeyi, horn temas yüzeyine paralel, fakat tek bir düzlem üzerinde değil



ara yüzeyi arasındaki mesafe 6 mm'den az ise yakın alan, 6 mm'den fazla ise uzak alan kaynağı denir (Bkz. Şekil 11). Eğer mümkünse, yakın olan kaynağı yapmak her zaman iyidir. Uzak alan kaynağı, yakın alan kaynağı ile mukayese edilirse; uzak alan kaynağı için normal genlikten daha yüksek genlikler, daha uzun kaynak zamanı ve daha fazla basınç gerekir. Genelde uzak alan kaynağı, yalnızca amorf reçineler için tavsiye edilir. Çünkü enerji iletimi, amorf reçineler de yarı kristalin reçinelere göre daha iyidir.

Paralel temas: Optimum bir kaynak gerçekleştirmek için, birleşme ara yüzeyinin, tek bir düzlem olması ve horn temas yüzeyine paralel olması çok önem-

Tablo 1: Termoplastiklerin ultrasonik kaynak için uygunluk şeması

	ABS (Cycloc)	ABS/Polycarbonate (Cycloy)	Acetal (Delrin, Celton)	Acrylic (Plexiglass, Perspex)	Acrylic Multipolymer (XT)	Liquid Crystal Polymers (Xydar)	Nylon (Zytel)	Phenylene Oxide (Noryl)	Polycarbonate (Lexan)	Polycarbonate/Polyester (Xenoy)	Polyester PBT (Celanex, Valox)	Polyester PET (Rynite)	Polyetherether Ketone (PEEK)	Polyetherimide (Ultem)	Polyethylene P/E	Polyphenylene Ether/Oxide (Prevex)	Polyphenylene Sulfide PPS (Ryton)	Polypropylene P/P	Polystyrene	Polysulfone (Udel)	Polyvinylchloride (Rigid PVC)	SAN/NAS	Styrene Block Copolymers (K-resin)	
ABS (Cycloc)	■	■		■																				▲
ABS/Polycarbonate (Cycloy)	■	■		▲						▲			■											▲
Acetal (Delrin, Celton)			■																					
Acrylic (Plexiglass, Perspex)	■	▲		■	▲				■	▲													▲	▲
Acrylic Multipolymer (XT)	■	▲		▲	■																		▲	▲
Liquid Crystal Polymers (Xydar)						■																		
Nylon (Zytel)							■																	
Phenylene Oxide (Noryl)								■		▲										■				▲
Polycarbonate (Lexan)		■	■						■	▲														
Polycarbonate/Polyester (Xenoy)		▲	▲						▲	■	▲													
Polyester PBT (Celanex, Valox)										▲	■													
Polyester PET (Rynite)												■												
Polyetherether Ketone (PEEK)													■											
Polyetherimide (Ultem)														■										
Polyethylene P/E															■									
Polyphenylene Ether/Oxide (Prevex)																■								
Polyphenylene Sulfide PPS (Ryton)																	■							
Polypropylene P/P																		■						
Polystyrene	▲							■											■				▲	▲
Polysulfone (Udel)																				■				
Polyvinylchloride (Rigid PVC)																					■			
SAN/NAS	▲			▲	▲			▲														■		
Styrene Block Copolymers (K-resin)	▲			▲																		■		

■ : İyi uyumlu ▲ : Uyumluluk malzeme kompozisyonuna bağlı

lidir. Böylece, ultrasonik enerji, birleştirilecek plastik parça içinden geçerken aynı mesafeyi kat eder (Bkz. Şekil 11). Şekil 12a'da birleşme ara yüzeyi tek bir düzlem, fakat horn'un temasta olduğu yüzeye paralel değildir. Enerji, sol taraftaki malzemeye göre, sağ taraftaki malzeme içerisinden daha uzak mesafelere gitmek zorunda kalacaktır. Dolayısıyla düzensiz ısıtma ve eritme olacaktır. Kaynaklı birleştirmelerin bir tarafında zayıf yapısal bağlar oluşarak, çok değişken (kararsız) bir kaynaklı yapı meydana gelecektir. Şekil 12b'de ise parça ara yüzeyleri, horn temas yüzeyine paraleldir. Fakat, uzaklıkları farklı iki ayrı düzlem vardır. Şekil 13 a'da horn temas yüzeyi tek bir düzlem üzerinde, fakat birleşme ara yüzeyine paralel değildir. Şekil 13b'de ise horn temas yüzeyi, birleşme ara yüzeyine paralel olmasına rağmen, iki ayrı düzlemde farklı uzaklıkları vardır.

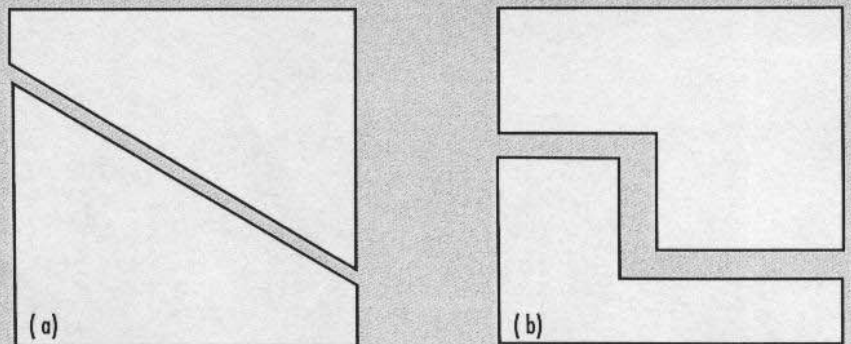
Keskin köşeler: Keskin köşeler her zaman gerilmeyi arttırmalar. Plastik parça, ultrasonik titreşim enerjisine maruz kaldığında, yüksek gerilmelerin biriktiği bölgelerden kırılabilir veya eriyebilir. Gerilme kırılmalarını azaltmak için, bütün köşelere ve kenarlara büyük radyusların konulması tavsiye edilir.

Delikler ve boşluklar: Enerji, deliklerin, boşlukların, açılardan ve kıvrımların

etrafından iyi geçemez. Plastik malzemenin çeşidine, delik boyutuna ve açığına bağlı olarak, bahsedilen alanların yakınında direkt olarak hemen hemen hiç kaynak olmayacaktır. Eğer mümkünse, tüm keskin açılar, kıvrımlar ve delikler azaltılmalıdır.

İlaveler (ekler): Plastik malzeme üzerindeki ilaveler, uçlar ve küçük çıkıntılar, titreşim enerjisinin uygulandığı an-

Şekil 13: (a) Horn temas yüzeyi tek bir düzlemde, fakat birleşme ara yüzeyi, paralel değil. (b) Horn temas yüzeyi birleşme ara yüzeyine paralel, fakat birleşme tek bir düzlem üzerinde değil.



da gerilmenin yoğunlaştığı yerdir. Dolayısıyla, ilaveler parçayı zayıflatmaya meyillidirler.

Bu durumu minimuma indirmek için, ana parçalara ilavelerin eklendiği yerlere büyük radyuslar eklemek, ilavelere veya çıkıntılara hafif kuvvet uygulayıp bükme, daha küçük ekler yapmak veya eğer mümkünse 40 kHz'lik ekipman kullanmak gerekir.

İnce ara parçalar: İnce kesitli, düz veya dairesel parçalar ultrasonik enerjiye maruz kaldıklarında eğilebilir veya eriyerek delinebilirler.

Horn, böyle bir parçaya temas ettiği zaman, malzemenin şiddetli esnemesinden doğan ısı, onun erimesine veya bir delik açacak şekilde yanmasına sebep olabilir.

Kesiti daha kalın yaparak bu şekildeki etki önlenir.

Ultrasonik Kaynak Yapılabilen Termoplastikler

İki termoplastik parçayı birbirini ultrasonik kaynak ile bağlamak için, malzeme-lerin kimyasal olarak uygun olmaları gerekir. Bir başka ifade ile, iki plastik malzeme birlikte erise bile, moleküler bir bağ oluşmayabilir. Buna en iyi örnek, polietilen ile polipropilen'dir.

Her ikisi de yarı kristalin malzemedir. Görünüşleri birbirine benzerdir ve pek çok fiziksel özelliği aynıdır. Fakat kimyasal yapıları ultrasonik kaynak için uygun değildir. Bu yüzden birbirleriyle kaynaklanamazlar. Dolayısıyla, ancak aynı kimyasal özelliğe sahip termoplastikler birbirleri ile kaynaklanabilir. Örneğin ABS parçası, başka bir ABS parçası ile kaynaklanır. Birbirine benzemeyen termoplastiklerin kaynak olabilmesi için, ergime dereceleri arasında en fazla 6°C'lik fark ve moleküler yapıla-

rının da benzer olması gerekir. Örneğin ABS parçası, akrilik bir parça ile kimyasal özellikleri uygun olmak kaydıyla kaynaklanabilir. Genel bir ifade ile, yalnızca benzer amorf yapılı polimerler birbirleri ile mükemmel kaynaklanırlar. Her yarı kristalin bir polimerin kimyasal özellikleri dolayısıyla, yalnızca kendisi ile uyumlu bir ikili yapabilir. Termoplastiklerde ultrasonik kaynak için uygunluk şeması Tablo 1'de gösterilmektedir. Ultrasonik kaynağa yapılmaya uygun olan malzemeler için, diğer bazı faktörler, parçaların kaynaklanma kabiliyetlerini etkileyebilir. Malzemelerin nem absorbe etme kabiliyeti (hygroscopicity), kalıp ayırıcı maddeler, yağlar, plastikleştiriciler, dolgu maddeleri, yanmayı geciktirici maddeler, tekrar öğütme, boya maddeleri ve reçine cinsleri gibi parametrelerin her biri kaynak kabiliyeti için önemlidir.

Sonuç

Otomobil, elektrik ve elektronik, tıp, haberleşme, takım-alet, oyuncak, tekstil ve paketleme endüstrilerinde, termoplastiklerin ultrasonik yöntemle kaynağı ve ultrasonik yöntem kullanılarak yapılan diğer birleştirme teknikleri çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yöntem temiz, hızlı ve çok az enerji tüketen bir yöntemdir. Ekipmanların düşük fiyatlarda oluşu, güvenilir ve uzun ömürlü olması, ekipmanlar arası uyumluluk ve tekrarlanabilir performans göstermesi bu yöntemi diğer kaynak yöntemlerine göre tercihli duruma sokmaktadır. ■

Kaynaklar / References / Resource

AY., 1., "Plastik Malzemeler Ders Notları". Balıkesir Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Böl., 1997

A guide to Ultrasonic Plastics Assembly. Branson Instruments. Inc., U.S.A. 1973

Guide to Ultrasonic Plastics Assembly. Dukane Corporation-Ultrasonic Division, U.S.A., 1995

PAGEV Plastik Araştırma, Geliştirme ve İnceleme Dergisi, Sayı 40, Eylül-Ekim, 1998

PAGEV Plastik Araştırma, Geliştirme ve İnceleme Dergisi, Sayı 36, Ocak-Şubat, 1998

YÜKLER, A.İ., SÖZÖZ, H., G 1-RİT, O., "Ultrasonik Yöntem ile Plastiklerin Kaynağı", Makine Market Dergisi, Sayı 25, Ekim-Kasım, 1998

Tablo 2: Termoplastiklerin ultrasonik kaynak ve diğer teknikler ile birleşme kabiliyeti

Nem alması	Birleştirme Tekniği						
	Reçine tipi	Kaynak	İçer gömerek ekleme	Destekleme	Baskılama	Dekorasyon	Nokta kaynağı
ABS (Cyclac)	A	G	G	G	G	G	G
ABS/Polycarbonate (Cyclacoy)	H	A	G	G	G	G	G
Acetal (Delrin, Celcon)	C	F	G	F	P	G	F
Acrylic (Plexiglass, Perspex)	H	A	G	G	G	G	G
Acrylic Multipolymer (XT)	A	G	G	G	G	G	G
Liquid Crystal Polymers (Kydar)	C	F	G	F	F	G	G
Nylon (Znyel)	H	C	G	G	F	F	G
Phenylene Oxide (Noryl)	A	G	G	G	G	G	G
Polycarbonate (Lexan)	H	A	G	G	G	G	G
Polycarbonate/Polyester (Xenoy)	H	A/C	G	G	G	G	G
Polyester PBT (Celanex, Valox)	C	G	G	F	F	G	G
Polyester PET (Rynite)	C	G	G	F	F	F	G
Polyetherether Ketone (PEEK)	C	F	G	F	F	G	F
Polyetherimide (Ultem)	C	G	G	F	F	G	G
Polyethylene P/E	C	G	F	G	G	P	G
Polyphenylene Ether/Oxide (Prevex)	C	G	G	G	G	G	G
Polyphenylene Sulfide PPS (Ryton)	C	G	G	F	F	G	F
Polypropylene P/P	C	G	G	G	G	F	G
Polystyrene	A	G	G	G	G	G	G
Polyulfone (Udel)	H	A	G	G	G	G	G
Polyvinylchloride (Rigid PVC)	A	G	G	G	G	G	G
SAN/NAS	A	G	G	G	G	G	G
Styrene Block Copolymers (K-resin)	A	G	G	G	G	G	G

H = Nem alır - Malzeme birleşme öncesi kuru olmalıdır

REÇİNE TİPİ

A = Amorf C = Yarı kristalin

BİRLEŞTİRME MUKAVEMETİ

G = İyi F = Orta P = Kötü

Bu tablo, yalnızca rehberlik etmek amacıyla kullanılır. Parça görünüşü, birleştirme dizaynı, genlik miktarı, reçine tipi ve malzeme kompozisyonu sonuçları etkileyebilir.