

SÜRTÜNME KARIŞTIRMA KAYNAĞI İLE BİRLEŞTİRİLEN POLİETİLEN LEVHALARDA KAYNAK BÖLGESİ ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

A. Armağan ARICI ve Alpay Tamer ERTÜRK

Kocaeli Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 41040, İzmit/Türkiye

ÖZET

Plastiklere uygulanan kaynak yöntemlerinden olan Sürtünme Karıştırma Kaynağı, ilk olarak 1970’li yıllarda denenmeye başlanıp 1991 yılında İngiltere, Cambridge’de, The Welding Institute (TWI) tarafından, W. Thomas’ın çalışmalarıyla patenti alınan ve geliştirilmeye devam edilen klasik sürtünme kaynağının bir türevidir. Diğer kaynak yöntemlerinde, birleşme yüzeylerinde erime sağlanıncaya kadar ısıtma, basınç uygulayarak bağ oluşturma ve basınç altında malzemede katılaşma sağlanıncaya kadar tutma olarak üç ayrı basamakta gerçekleşen kaynak basamakları bu yöntemde tek bir basamakta gerçekleşmektedir. Bu yöntem, plastik malzemelerin kaynaklı birleştirmeleri için de tercih edilen alternatif bir yöntemdir.

Söz konusu çalışma ile, sabit bir kaynak takımı devir hızı için kaynak takımına eğim verilerek ve farklı kaynak takımı ilerleme hızları uygulayarak kaynaklanan polietilen levhalarda çekme deneyleri gerçekleştirilerek kaynak bağlantı dayanımları tespit edilmiştir. Kaynaklı parçaların çekme deneyleri sonrası ortaya çıkan kopma davranışı bağlantının en zayıf bölgesini göstermektedir. Yapılan TMA çalışmaları ile kaynak bölgesinde farklı mikro yapıların oluştuğu ve sonuçların bu bölge özelliklerinin kopma davranışını belirlediği ortaya konulmuştur.

Anahtar kelimeler: FSW, PE, Kaynak, TMA

DETERMINATION OF WELDED ZONE PROPERTIES ON FRICTION STIRS WELDED POLYETHYLENE SHEETS

ABSTRACT

Friction stirs welding (FSW) was tested for the first time in 1970’s then it was patented depending on investigation of W. Thomas in 1991 at Cambridge in England by The Welding Institute (TWI). Scientifically researching of this method has being continuing with various combination of processing methods applied to polymeric materials and still it has been kept on hand as a sort of friction welding method in improvement of the joining of polymeric materials.

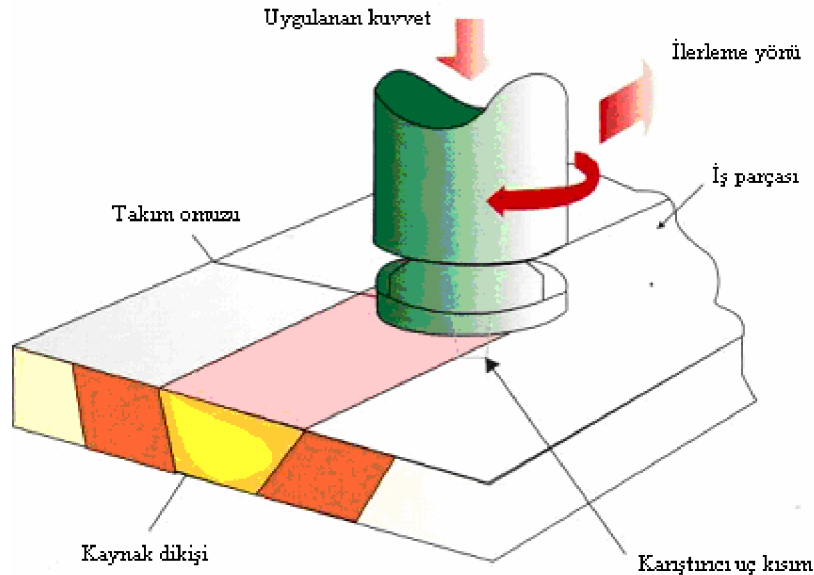
FSW process includes one stage of joining with application of whole combination of parameters. However, in joining with other welding methods, welding parameters are applied in three stages, which are melting on connected surfaces with heating, pressure application to be joined surfaces and keeping as rigidly welding zone in solidification. So, it is preferred as an alternative method in usage of joining on polymeric materials in applications of industrial and scientific researches.

In this study, joining of two polymeric plates have been performed by keeping on as a constant of the rotation of stir-tool and changing the angle between stir-tool and polymeric plates and changing feed rate of the path to be welded. After having completed the joining with FSW, the samples were tested in tensile test machines to detect joining strength versus to the welding parameters by constructing of graphics. Moreover, using TMA equipment, micro structure analysis of the joining zone has been executed and results have been appreciated by considering influences on strength of joining.

Keywords: FSW, PE, Welding, TMA

1. GİRİŞ

Sürtünme karıştırma kaynağı, TWI firması tarafından geliştirilerek 1991 yılında patenti alınan ve gelişimi halen devam eden yeni bir katı hal kaynak yöntemidir [1,2]. Diğer kaynak yöntemlerinde, birleşme yüzeylerinde erime sağlanıncaya kadar ısıtma, basınç uygulayarak bağ oluşturma ve basınç altında malzemede katılaşma sağlanıncaya kadar tutma olarak üç ayrı basamakta gerçekleşen kaynak basamakları bu yöntemde tek bir basamakta gerçekleşmektedir [3]. Şematik gösterilişi Şekil 1’de verilen yöntemde öncelikle, dönen silindirik omuzlu bir kaynak takımı alın altına getirilmiş levhalar arasına ilerletilmektedir. Kaynak takımı (omuz kısmı ve kaynak ucu) ile malzeme arasındaki sürtünme nedeniyle ortaya çıkan ısı, kaynaklanan malzemenin erime sıcaklığından daha düşük bir sıcaklıkta yumuşamasına neden olur. Kaynak takımının ilerletilmesi ile de kaynak takımının arka tarafında bir nevi ekstrüzyona maruz kalan malzeme kaynak çizgisi boyunca bağ oluşturur [4].



Şekil 1. Sürtünme karıştırma kaynağının şematik gösterimi [4]

Tek taraflı kaynaklanmış levhalar üzerinde yapılan çalışmada, esas malzeme yapısı dışında kaynak bölgesinde dört farklı mikroyapı ile karşılaşmıştır [5]. Bu mikroyapılar merkez bölge, yeniden işlenmiş arayüz, gelişen arayüz ve altta karışmış bölge olarak adlandırılmıştır. İşlem sırasında gerek sürtünme sonucu ortaya çıkan ısı gerekse malzeme transferi sonucu

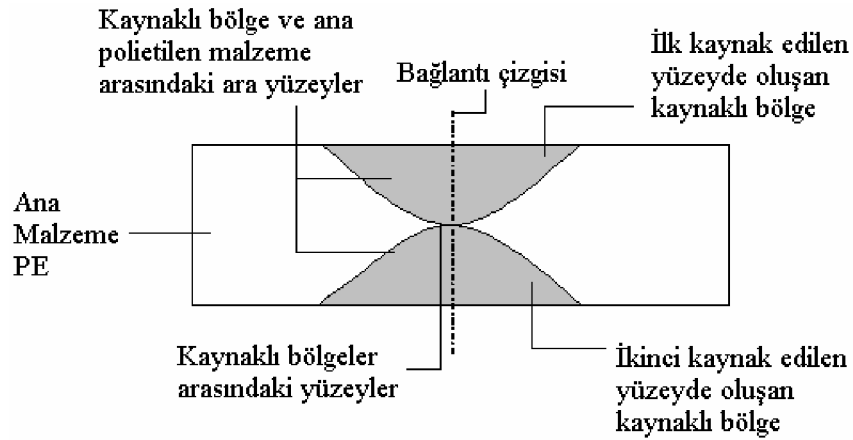
ortaya çıkan ısı nedeniyle bahsi geçen her bölgede ortaya çıkan mikroyapı farklılık göstermektedir. Dolayısıyla bu mikroyapısal farklılık kaynak bağlantısının dayanımına da etki etmektedir.

Doğal ve sentetik malzemelerin viskoelastik davranışları ısıyla yaşlandırma esnasında değişir. TMA malzemelerin mekanik özelliklerini zaman ve sıcaklığın fonksiyonuna bağlı olarak belirleyen bir metottur. Seçilen ölçme modlarına göre malzemelerin termal genleşme, viskoz akış ve elastik davranışları bu yöntemle araştırılabilir. Termomekanik analiz metoduyla sıcaklık yükselmesi, üzerinde çalışılan maddenin kütlesinde değişiklik meydana getirir. Termomekanik analizin en iyi yanı polimerlere uygulanabilmesidir. Bunların termogramları polimerlerin bozunma mekanizmaları hakkında çok iyi ip uçları verir. Ayrıca her polimerin kendine has bir de bozunma karakteristiği vardır. Polimerlerin bozunma karakteristikleri sayesinde TMA analizleri numunelerinin tanımlanmalarında da kullanılabilirler [6].

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

2.1. Kullanılan malzeme ve kaynak işlemi

Giyotin makas ile 80x200 mm boyutlarında kesilen 5 mm kalınlığa sahip polietilen levhalar, üniversal freze tezgahında alın alına gelecek şekilde bağlanarak, çift taraflı olarak sürtünme karıştırma kaynağı ile birleştirilmişlerdir. Kaynakta kullanılan takımın pim çapı, pim boyu ve omuz çapı sırasıyla 5, 2.8 ve 16 mm boyutlarındadır. Kaynak takımı 1000 dev/dk ile döndürülmekle birlikte ilerleme hızı olarak üç farklı ilerleme (12.5, 25 ve 40 mm/dk) değeri seçilmiştir. Ayrıca takımın dik konumda kaynak yapması dışında ayrıca 1° eğim verilmesi ile de kaynak yapılmıştır.



Şekil 2. Kaynak bölgesinin şematik gösterimi

2.2. Termomekanik Analiz (TMA)

TMA analizleri için kaynak bölgesinden numuneler çıkarılmıştır. Kaynak bölgesinin şematik gösterimi Şekil 2’de verilmiştir [7]. Numuneler kaynak takımının ilk geçişi sırasında oluşan bölgeden, kaynak takımının ikinci geçişi ile oluşan bölgeden, bu iki bölgenin hemen dışındaki bölgeden ve esas malzeme bölgesinden alınmıştır. Analizde kullanılan deney ayarları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 1. TMA deney ayarları

Sıcaklık aralığı	Oda sıcaklığından 135°C kadar
Ölçme aralığı	Probu hareket miktarı: 2500µm;Yük: 0.5g
Numune yükü	50g
Deney süresi	0 ÷ 99 dakika
Sıcaklık programı	99 adım (maksimum)
Ölçme modu	Genleşme (expansion)
Soğutma sistemi	Hava

3. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

3.1. TMA Deneyleri Camsı Geçiş Sıcaklığı Bulguları

Çizelge 2’de yapılan TMA analizleri sonrasında ilgili bölgelerde elde edilen camsı geçiş sıcaklık değerleri verilmiştir. Esas kaynak bölgesinin camsı geçiş sıcaklığı ise 129,16°C’dir.

Çizelge 2. Camsı geçiş sıcaklık değerleri

İlerleme hızı	12,5		25		40	
	0°	1°	0°	1°	0°	1°
Takım açısı						
İlk kaynak geçişi	128,7	129,1	130,3	130,7	128	129,5
İkinci kaynak geçişi	129,1	128,8	127,8	131,1	126	131
Isıdan etkilenen bölge	129,2	129,8	129,7	131,8	129,4	131,1

Tüm bölgeler için camsı geçiş sıcaklığının takım açısı yönünden karşılaştırması yapılırsa 1° eğim verilerek kaynaklanan levhalarda daha yüksek değerlerin elde edildiği görülmektedir. Takıma eğim verilmesi ile takımın arka tarafında malzeme üzerine daha yüksek baskı uygulanarak daha iyi bir ısı girdisinin ortaya çıkması söz konusudur.

1° eğim verilmiş herhangi bir kaynaklı parçanın ilgili bölgelerindeki camsı geçiş sıcaklıkları incelendiğinde, bu bölgeler arasında en yüksek camsı geçiş sıcaklığına ısıdan etkilenen bölgede ulaşılmıştır. 0° için de aynı durum söylenebilir. Kaynak işlemi göz önüne alındığında ısıdan etkilenen bölgenin her iki kaynak takımını geçişinde de ortaya çıkan ısı etkisinde kaldığı görülmektedir. Ayrıca daha geç soğumaya da uğradığı yani ısının bölge üzerinde daha fazla süre ile etkili olduğu bu bölgede ortaya çıkan yapı diğer bölgelere göre farklılık göstermiştir.

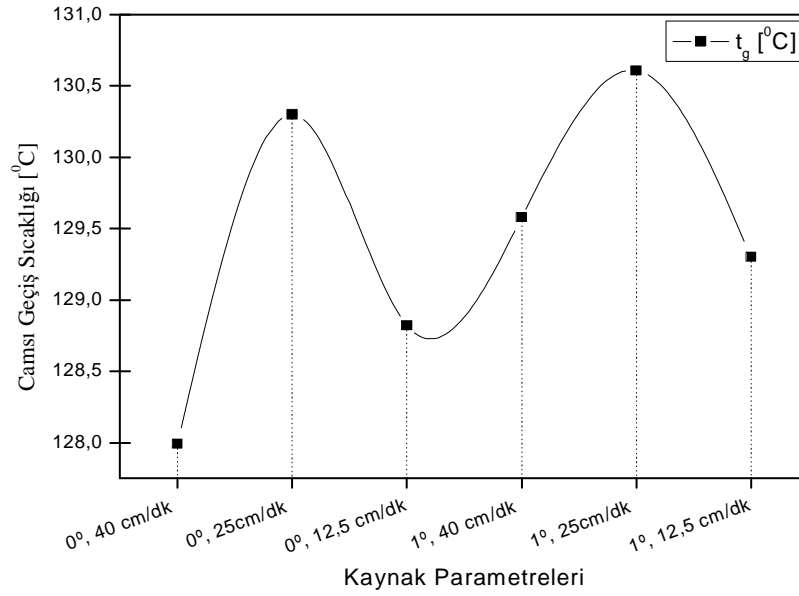
Camsı geçiş sıcaklığında ortaya çıkan artışların kristal yapıda ortaya çıkan değişimlerle ilgisi vardır. Moleküler zincirin hareketini sınırlayan her faktör camsı geçiş sıcaklığını yükseltmektedir. Kaynak sırasında ulaşılan sıcaklıklar erime sıcaklığının altında gerçekleşse bile camsı geçiş sıcaklığının üstünde olmaktadır. Erime ve camsı geçiş sıcaklıkları arasındaki bir sıcaklıkta işlem gören malzemenin kristal mikroyapısı tekrar organize olmakta ve kristal bölge oranı artış göstermektedir. Kristal bölgelerin artışı moleküler hareketi kısıtladığı için malzemenin camsı geçiş sıcaklığı da artış göstermektedir.

Takım ilerleme hızı açısından değerler incelendiğinde, 25 mm/dk’lık ilerleme hızında en yüksek camsı geçiş sıcaklık değerlerine ulaşıldığı görülmektedir. Özellikle daha yüksek ilerleme hızlarında kaynak takımının önündeki malzeme, sıcaklığın yeterli olmaması nedeniyle yumuşama sağlayamadan takımın arka tarafına gönderildiğinden ısı etkisi etkin sağlanamamaktadır.

Sürtünme karıştırma kaynağı uygulanan polietilen malzemelerin kaynak takımının ilk geçişi sonucu oluşan bölgelerinde Şekil 3.1’de görüldüğü üzere takım açısına uygulanan 1° eğim sonucu camsı geçiş sıcaklıklarında 0° takım açısında elde edilen değerlere göre artış tespit edilmiştir. Bu artış ilerleme hızlarına göre 0,5-1,5 °C aralığında bulunmaktadır. Şekil 3.1’de 0° takım açısı ile gerçekleştirilen kaynak işlemleri ilerleme hızlarının değişimi bakımından ele

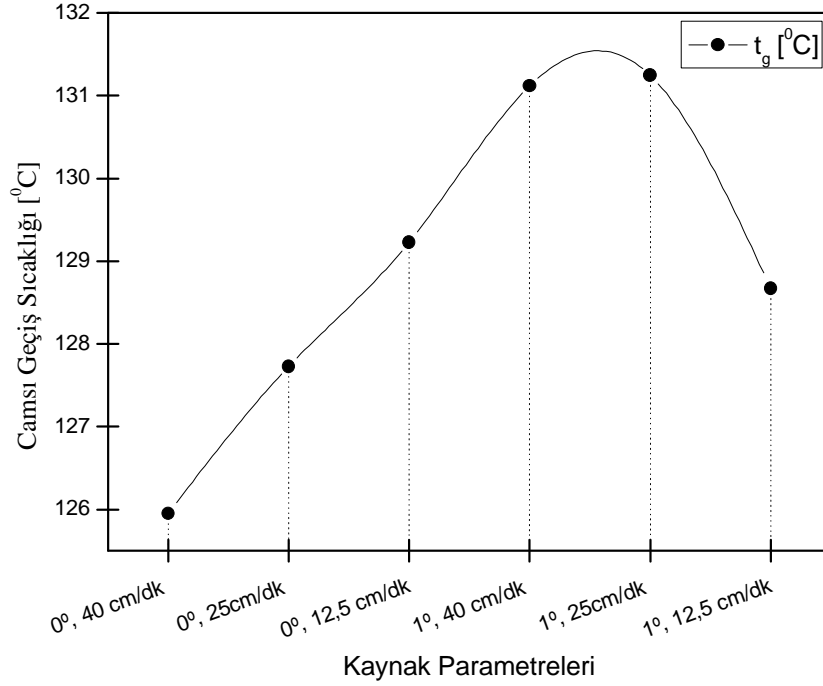
alındığında camsı geçiş sıcaklığının en yüksek değerinin 25 cm/dk ilerleme hızında olduğu ilerleme hızının 40 cm/dk çıkarılması veya 12,5 cm/dk ya indirilmesi ile bu değerlerin düştüğü tespit edilmiştir. Aynı durum 1° takım açısında da söz konusudur.

Sürtünme karıştırma kaynağı uygulanan polietilen malzemelerin kaynak takımının ikinci geçişi sonucu oluşan bölgelere ait değerlerde Şekil 3.2’de görüldüğü üzere takım açısına uygulanan 1° eğim sonucu camsı geçiş sıcaklıklarında 0° takım açısında elde edilen değerlere göre artış göstermiştir. Şekil 3.2’de takım açıları değiştirilip 40 cm/dk ilerleme hızlarında gerçekleştirilen kaynak işlemi sonucu camsı geçiş sıcaklıklarında 5 °C ve 25 cm/dk ilerleme hızlarında gerçekleştirilen kaynak işlemi sonucu camsı geçiş sıcaklıklarında 4 °C artış tespit edilirken, 12,5 cm/dk ilerleme hızlarında gerçekleştirilen kaynak işlemi sonucu camsı geçiş sıcaklıklarında 0,5 °C mertebesinde azalma tespit edilmiştir.



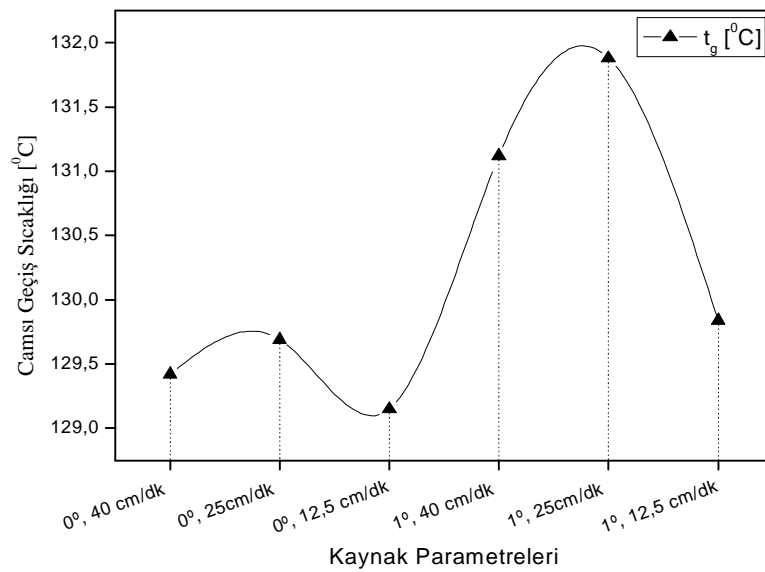
Şekil 3.1. Sürtünme karıştırma kaynağı uygulanan polietilen malzemelerin kaynak takımının ilk geçişi sonucu oluşan bölgelerine ait TMA deney grafikleri

Şekil 3.2’de 0° takım açısı ile gerçekleştirilen kaynak işlemleri ilerleme hızlarının değişimi bakımından ele alındığında camsı geçiş sıcaklığının en yüksek değerinin 12,5 cm/dk ilerleme hızında olduğu ilerleme hızının 25 ve 40 cm/dk ya artırılması sonucu camsı geçiş sıcaklıkları kademeli olarak 1,5 ar santigrat derece düştüğü tespit edilmiştir. 1° takım açısı ile gerçekleştirilen kaynak işlemleri ilerleme hızlarının değişimi bakımından ele alındığında camsı geçiş sıcaklığının kaynak takımının ilk geçiş bölgesinde tespit edilen ve Şekil 3.1’de sunulan eğriye uymakta olduğu görülmektedir.



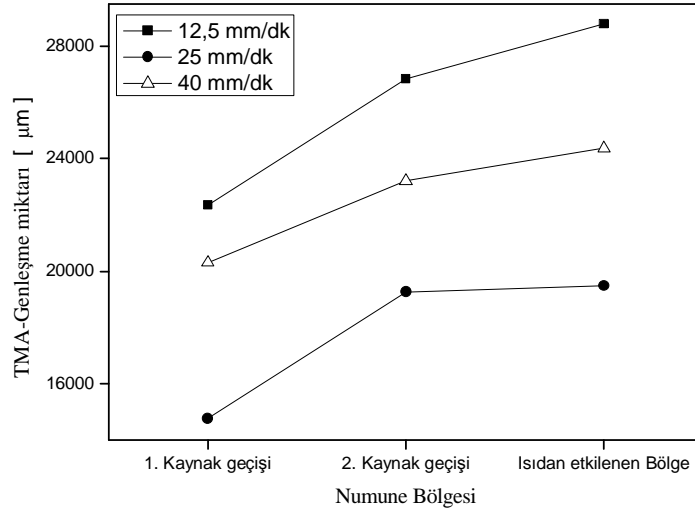
Şekil 3.2. Sürtünme karıştırma kaynağı uygulanan polietilen malzemelerin kaynak takımının ikinci geçişi sonucu oluşan bölgelere ait TMA deney grafikleri

Sürtünme karıştırma kaynağı uygulanan polietilen malzemelerin kaynak işlemlerinden etkilenen bölgeleri Şekil 3.3’de görüldüğü üzere takım açısına uygulanan 1° eğim sonucu camısı geçiş sıcaklıklarında 0° takım açısında elde edilen değerlere göre artış göstermiştir. Bu artış ilerleme hızlarına göre 1,5-2,5 °C aralığında bulunmaktadır. Şekil 3.3’de 0° takım açısı ile gerçekleştirilen kaynak işlemleri ilerleme hızlarının değişimi bakımından ele alındığında camısı geçiş sıcaklığının en yüksek değerinin 25 cm/dk ilerleme hızında olduğu ilerleme hızının 40 cm/dk çıkarılması veya 12,5 cm/dk ya indirilmesi ile bu değerlerin düştüğü tespit edilmiştir. Aynı durum 1° takım açısında da söz konusudur. Bu sonucun kaynak takımının ilk geçiş bölgesinde elde edilen değerlere uymakta olduğu Şekil 3.1’de görülmektedir.



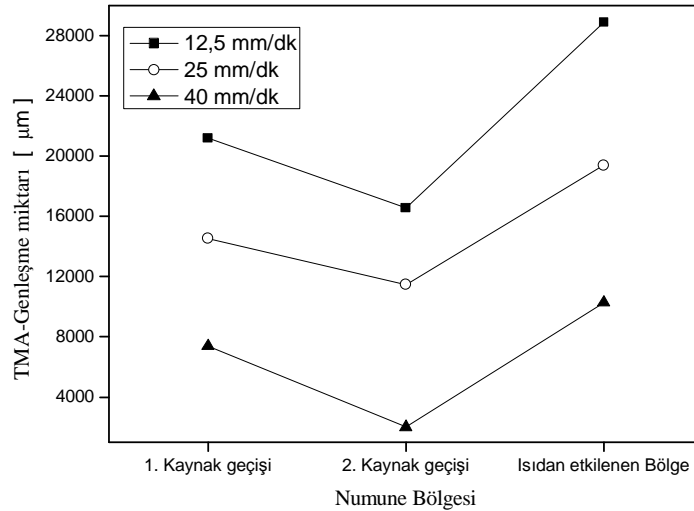
Şekil 3.3. Sürtünme karıştırma kaynağı uygulanan polietilen malzemelerin kaynak işleminden etkilenen bölgelerinin TMA deney grafikleri

3.2. TMA Deneyleri Genleşme Bulguları



Şekil 3.4. 1° takım açısı ile kaynak edilen numunelere ait genleşme grafikleri

Şekil 3.4'te sunulan 1° takım açısı ile kaynak edilen numunelere ait genleşme grafiklerinden en yüksek genleşme değerinin ısıdan etkilenen bölgede olduğu, ardından sırasıyla kaynak takımının ikinci geçişi ve ilk geçişinde oluşan bölgelerin geldiği görülmektedir. Şekil 3.5'de sunulan 0° takım açısı ile kaynak edilen numunelere ait genleşme grafiklerinden genleşme değerlerinin en yüksekten en aza doğru ısıdan etkilenen bölge, kaynak takımının ilk geçişi ve ikinci geçişinde oluşan bölgede olduğu anlaşılmaktadır. Kaynak işlemi sonrası esas malzemenin genleşme değerleri her numune bölgesi için artış göstermiştir.



Şekil 3.5. 0° takım açısı ile kaynak edilen numunelere ait genleşme grafikleri

4. SONUÇLAR

Sürtünme karıştırma kaynağı sırasında ortaya çıkan sürtünme ısısının kaynak bölgesi mikroyapısını etkilediği TMA deneyleri sonrasında elde edilen camsı geçiş sıcaklıklarından anlaşılmıştır. Özellikle kaynak takımına eğim verilerek yapılan kaynaklarda eğim verilmeden yapılan kaynaklara göre daha yüksek camsı geçiş sıcaklık değerleri belirlenmiştir. Ayrıca takım ilerleme hızının da camsı geçiş sıcaklığına etkiyen bir parametre olduğu görülmüştür.

Kaynak işlemi sonrası esas malzemenin genleşme değerleri her numune bölgesi için artış göstermiştir.

KAYNAKLAR

1. W.M. Thomes, E.D. Nicholals, J.C. Needham, M.G. Murch, P. Templesmith ve C.J. Dawes. Friction Stir Butt Welding, International Patent Application No.PCT/GB92/02203 ve GB Patent Application No. 9125978.8 (6 December 1991)
2. M. Boz ve A. Kurt, Material Design, 25, 343-347, 2004.
3. R.W. Messler Jr., Joining of Advanced Materials, Butterworth-Heinemann, USA, 1993.
4. T. Sınmazçelik ve A. Arıcı, Plastik, 77, 142-148, 2004.
5. S.R. Strand, Effects of Stir Welding on Polymer Microstructure, MSc Thesis, Department of Mechanical Engineering, Brigham Young University, Nisan 2004.
6. Gündüz, T., “İnstrümental Analiz”, Gazi Kitapevi, 6. baskı, 775-785, (2002)
7. S. Şelale, Polietilen malzemenin sürtünme karıştırma kaynağı ile birleştirilmesi, Y.Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, 2006.