

KAYNAKLI KONTRÜKSİYONLARDA TASARIM

İlyas UYGUR*, Faruk MENDİ**, M. Kemal KÜLEKÇİ*,

*Abant İzzet Baysal Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi - 81100 DÜZCE

**Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Tasarım ve Konstrüksiyon Eğt. ABD - ANKARA

ÖZET

Bu çalışmada kaynaklı yapıların tasarımında göz önünde bulundurulması gereken sınırlılıklar üzerinde durulmuştur. Farklı kesit kalınlığına sahip parçaların kaynağı ve optimum ısı girişinin sağlanması ile dairesel kesitli boruların kaynağında, distorsiyonları en aza indirgeyen yöntem ve teknikler irdelenmiştir. Tüm kaynak yöntemlerinde karşılaşılan ortak sorunlardan birisi, tasarıma ait muhtemel çözümler arasından uygun olanının seçilmesidir. Bu bağlamda endüstriyel uygulamalarda sıklıkla kullanılan üst üste bindirme ve \perp formundaki kaynaklı birleştirmelerde, meydana gelebilecek distorsiyonları belirlemede kullanılan belli başlı formüller ile deneysel çalışma sonuçları karşılaştırılmıştır.

ABSTRACT

In this article the limits of welded structures which must be considered during their design stage has been given. One of the major problem that can be seen at all of the welded structures is the selection of the best choice among possible solutions. Prevention of distortion by optimum heating entrance during pipe lines welding and suitable methods that can be used for construction members which have different thickness had been considered. Theoretical and experimental results of butt jointed with external patch and in the form of \perp welding samples have been discussed.

1. GİRİŞ

Endüstride birleştirme tekniği olarak geniş bir uygulama alanı olan kaynaklı konstrüksiyonlarda karşılaşılan en büyük problemlerden birisi, boyutsal ölçülerde kararlılığın sağlanamamasıdır. Kaynaklı birleştirme elemanlarında, ısı tesiri altında kalan bölgelerde (ITAB) üniform olmayan ısınma ve

soğumanın neden olduğu distorsiyonlar kaynaklı yapıların kalitesine etki etmektedir.

Konstrüksiyonların hafif, ancak istenilen derecede rijit olması gereksinimi kaynak işleminde oluşan artık gerilmeler (residual stress) hakkında daha detaylı bilgiler gerektirmektedir. Özellikle, bu kalıntı stresleri malzeme yorulmasında önemli bir faktör olarak göze çarpmakta ve yorulma direncini azaltmaktadır [1]. Kaynak bölgesine yakın kısımlarda yüksek sıcaklık, uzak kısımlarda ise daha düşük sıcaklığın söz konusu olması, farklı büzülme ve genişmeye neden olmaktadır. Bu boyutsal değişim malzemelerin ısı iletkenlik özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Artık gerilmeler kendisi ile aynı yöndeki yüklemelerde bozulma veya kırılmalara neden olabilirken ters yönlü yüklemelerde dayanımı artırıcı özellik gösterir. Dayanım yönünde oldukça önemli olan artık gerilmelerin kaba yaklaşımla faktör katsayılar kullanarak hesaba katmak ya da bu gerilme değerlerinin yön ve büyüklüklerinin bulunmadan gerilim giderme tavlamasına tabi tutarak gidermek gerçekçi olmayabilir. Ekonomi ve güvenilirlik için gerilmelerin gerçek değerlerini ölçerek parça ve konstrüksiyonlara uygulaması gerekmektedir.

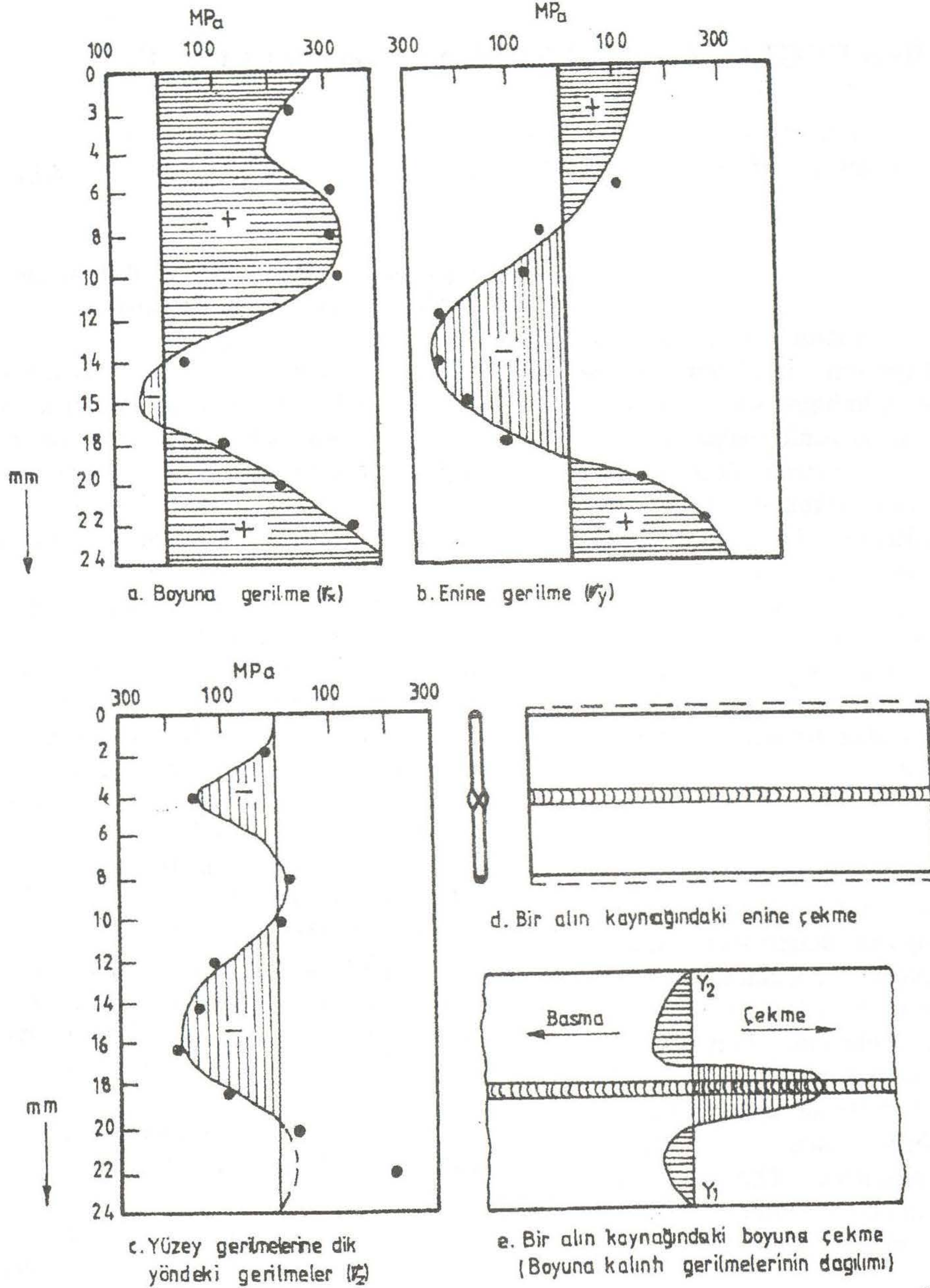
2.KAYNAKLI KONSTRÜKSİYONLARDA ARTIK ISIL GERİLMELER:

Kaynak yapılırken ısı tesiri altındaki bölgenin yumuşayınca kadar tavllanması soğumayı izleyen gerilmelerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. (şekil 1). Bu gerilmelerin başlıcaları;

- Kaynak Gerilmeleri: Kaynak işleminin yapılışı sırasında oluşan gerilmeler.
- Kalan Kaynak Gerilmeleri: Kaynaklı yapının soğumasından sonra, kaynak işlemi nedeniyle parçada oluşan ve parçada kalan artık gerilmelerdir.

- Boyuna Gerilmeler: Dikiş düzlemine ve parça yüzeyine paralel düzlemdeki gerilmelerdir.
- Enine Gerilmeler: Dikiş düzlemine dikey düzlemdeki gerilmelerdir.
- Kalınlık Gerilmeleri: Kaynak yüzeyinde dikey düzlemdeki gerilmelerdir.

Şekil 1'de kaynaklı yapılarda ortaya çıkan gerilmeler verilmiştir.



Şekil 1. Alın kaynağıyla birleştirilen yapı elemanlarındaki kalıntı gerilmeleri [2]

3. DİSTORSİYONLARI ÖNLEMENE YÖNELİK UYGULAMALAR

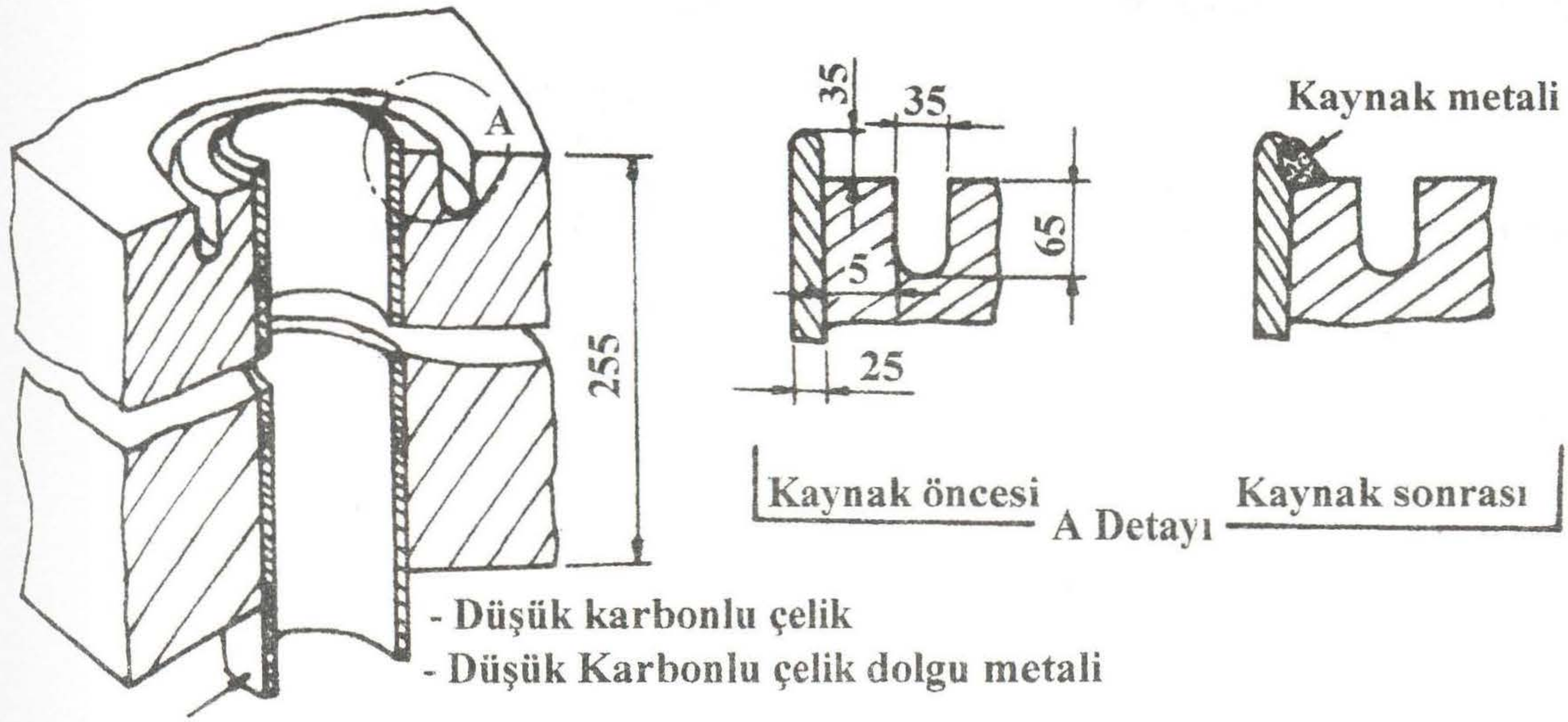
3.1. Kesit kalınlığı eşit olmayan parçaların kaynağı:

Et kalınlığı eşit olmayan parçaların kaynağı farklı kalınlıklara sahip numunelerin kaynağında özel tekniklere gereksinim vardır. Çünkü parçalar arasında ısı alma (ısı yayılma kapasitesi) farkı vardır. Değişik kesitli elemanların birleştirilmesinde, kalın kesitte yeterli penetrasyon (penetration) için gerekli kaynak

akımı, ince kesite kıyasla fazladır, bu durum ince elemanda kaynak altı kesilmesi ve büyük çarpımlara neden olmaktadır. Eğer kaynak akımı ince kesitli elemana göre ayarlanırsa, bu kez de kalın kesitli elemanda yeterli penetrasyon oluşmaz ve kaynak zayıf olur. Şekil 2'de Nükleer reaktörlerde kullanılan 2,5 mm. et kalınlığına sahip boru, 254 mm kalınlığındaki blok gövdeye kaynatılma tekniği gösterilmektedir [3]. Kullanılan metod'da, plakanın üst yüzeyinde boru çevresinde 6,5mm derinliğinde dairesel kanal açılmıştır. Bu kanal iki farklı kesit'deki elemanlar arasındaki ısı dağılım farkını minimize eder. Dolayısıyla, iki farklı et kalınlığına sahip elemanların kaynağında distorsiyon ve iç gerilme en aza indirgenmiştir.

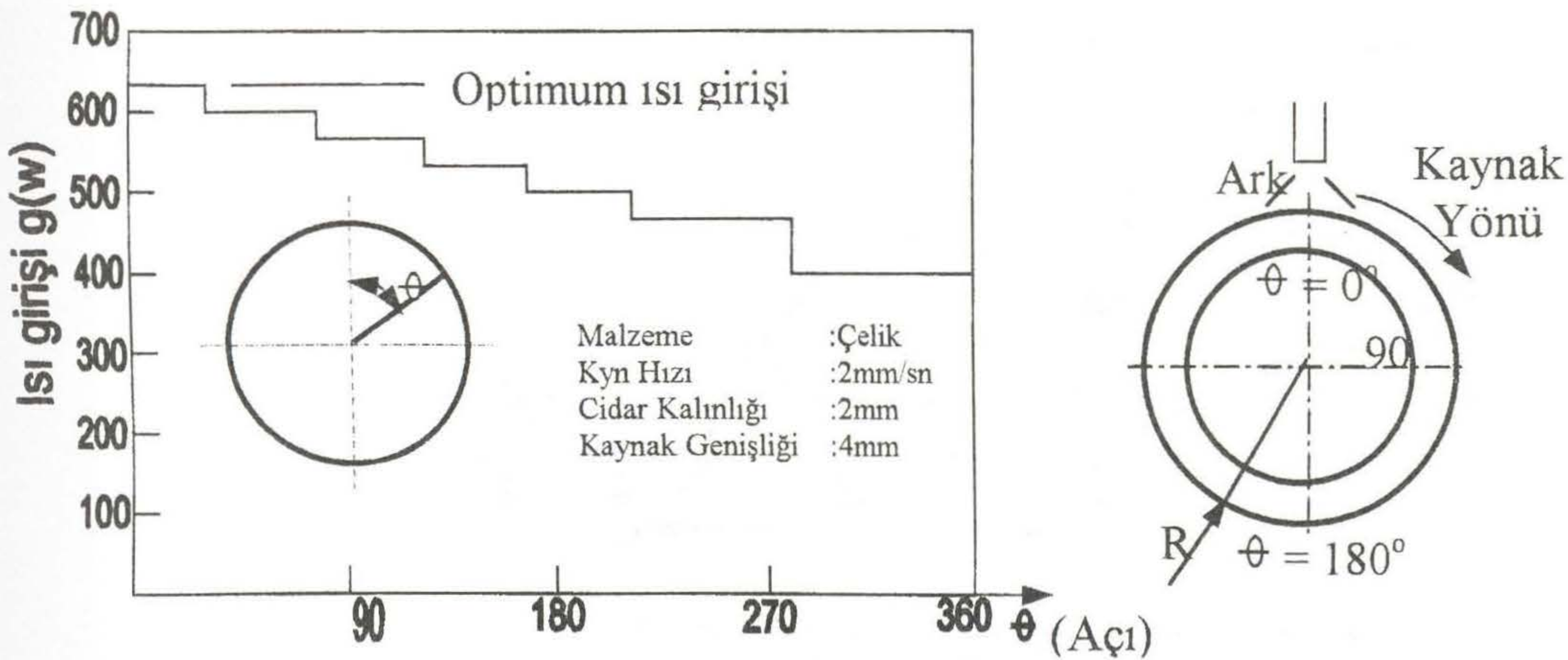
3.2.Dairesel Kesitli Boruların Kaynağı:

Isı kaynak teorisi ve ark nedeniyle temel metaldeki füzyon olayı teorik olarak hesaplanabilir. Bu teorik hesaplamalar yardımı ile kaynak koşulları önceden belirlenerek kontrol altına alınabilmektedir. Şekil 3'de gösterilen boruların çevresel kaynağında (gaz tungsten ark) optimum ısı girişimi açılara bağlı olarak verilmiştir. Deneysel olarak elde edilen diyagram, kararlı bir füzyon genişliği için gerekli ısı giriş değerini belirler. Yapılan işlemde koruların çevre kaynağı esnasında boruların malzemesi, cidar kalınlığı ve boru çaplarına bağlı olarak uygun ısı giriş kontrolü gerekmektedir [4].



Isı değiştirme borusu

Şekil 2. Nükleer reaktörlerde kullanılan farklı et kalınlığına sahip iki malzemenin kaynatılması



Şekil 3. İnce cidarlı borunun çevre kaynağı esnasındaki, optimum ısı girişi

4.1.BİNDİRME KAYNAĞI VE KÖŞE KANAĞINDA (⊥) SEHİM VE ÇEKME HESABLARI:

4.1a) Bindirme Kaynağı Boyuna Çekme:

$\Delta L = \frac{F.A}{E.A}$Formul 1 [5,6]
 burada, ΔL = Boyuna kısalma (çekme) miktarı
 L= Parça (kaynak) uzunluğu
 E= Elastik Modül (Young modulus)
 A= Kaynak dikişinin toplam kesit alanı
 F= Çekme kuvveti

4.1.b) Bindirme Kaynağı Enine Çekme

$Q = \frac{0,24.600.n.a.u.I.\alpha}{S.V.\lambda}$Formul 2 [7]
 burada, adi karbonlu çelik için
 Q = Enine Çekme
 α = Boyutsal uzama değeri 6,5 $\mu\text{mm} / ^\circ\text{C}$
 a = Sıcaklık iletim katsayısı 0.58
 V= Kaynak Hızı
 I= Kaynak Akımı , Akım
 U= Voltaj
 λ = Isı iletim katsayısı (58 Kcal / mm.sn. $^\circ\text{C}$)

4.1c). Bindirme Kaynağında Sehım

$\delta = \frac{F.b.L^2}{8.A.E.J}$ Formul 3 [5,6]
 burada,
 δ = Sehım
 F = Çekme kuvveti
 b = Levha Kalınlığı
 L = Parça (kaynak) uzunluğu

E = Elastik modül
 J = Kaynak kesiti atalet momenti
 A = Kaynak kesit alanı

4.2.a. Köşe Kaynağı (⊥) Boyuna ve Enine Çekme

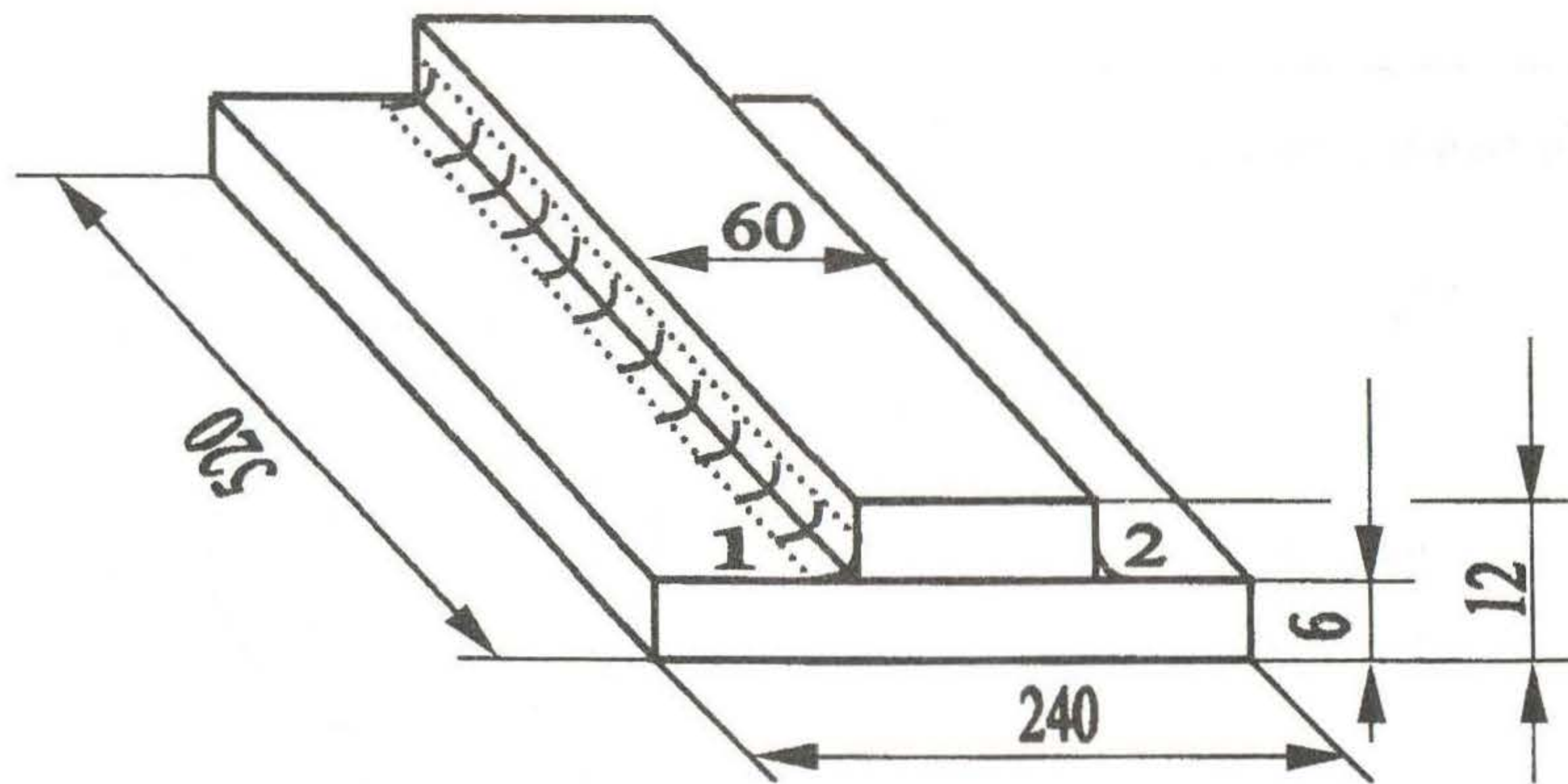
$R_1 = \frac{42.Re.So.L}{E(S-So)}$ Formul 4 [8]
 burada,
 Re= Akma dayanımı
 So= Kaynak kesiti (tek taraf)
 L =Parça uzunluğu
 S= Toplam malzeme kesiti

4.2.b.Köşe kaynağı sehım hesabı

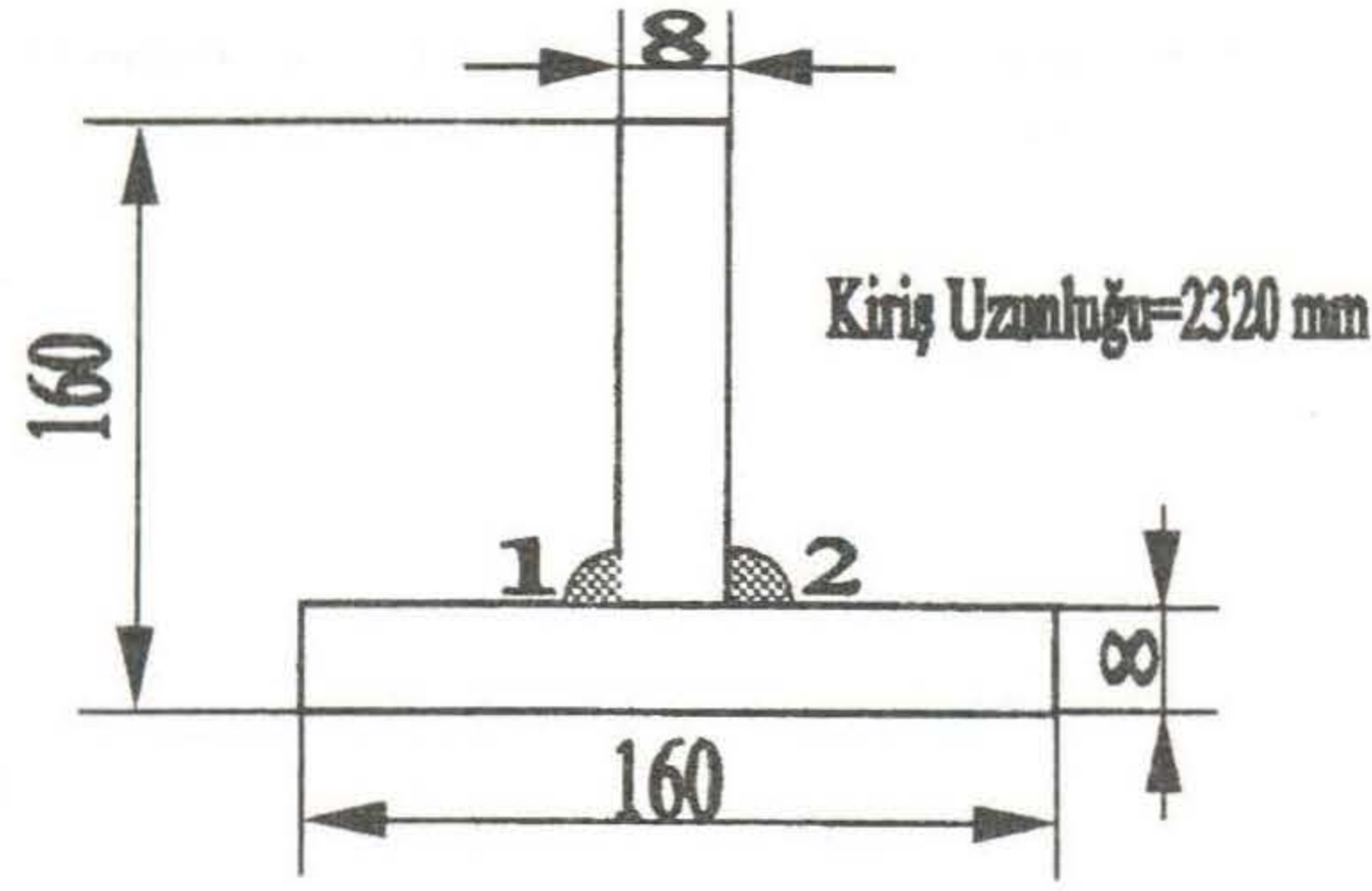
$\delta = \frac{42.Re.So.k.L^2}{8.E.J_{xx}}$ Formul 5 [8]
 burada ağırlık merkezi,
 k = Koordinat değeri farkı (Y-X)
 J_{xx} = Atalet momenti

5. MATERYAL VE YÖNTEM

Kaynaklı birleştirmelerde meydana gelecek çekme ve çarpılmaların tespiti maksadıyla üst üste bindirme ve köşe ⊥ kaynak türleri seçilmiştir. Şekil 4 ve 5’de deney numune boyutları ve paso sıraları verilmiştir. Yapıda meydana gelecek çekme ve çarpılmayı azaltıcı her hangi bir tedbir alınmamıştır. Aynı kaynak parametreleriyle her tür için 4 deney numunesi kullanılarak çekme ve çarpılmalar ölçülmüş ve teorik değerler karşılaştırılmıştır. Deneysel çalışmalarda kullanılan kaynak parametreleri Tablo.1’de verilmiştir.



Şekil 4. Üst üste bindirme kaynak numunesi ve boyutları



Şekil 5. L Formundaki kaynak numunesi ve boyutları

Tablo1. Deneysel çalışmalarda kullanılan kaynak parametreleri

KAYNAK PARAMETRELERİ	
Elektrod Çapı	4mm örtülü bazik elektrot.
Kaynak sırası	Önce 1.paso sonra 2. Paso (Şekil 4-5)
Kaynak akımı	$I = 165A$
Ark Gerilimi	$U = 23,5V$
Malzeme	St 37 adi karbonlu çelik
Kaynak hızı	$V = 0,33 \text{ cm/sn}$
Kaynak kalınlığı	$Q = 4,5 \text{ mm}$
Elastik Modül	$E = 210 \text{ GPa}$

6. SONUÇ VE TARTIŞMA

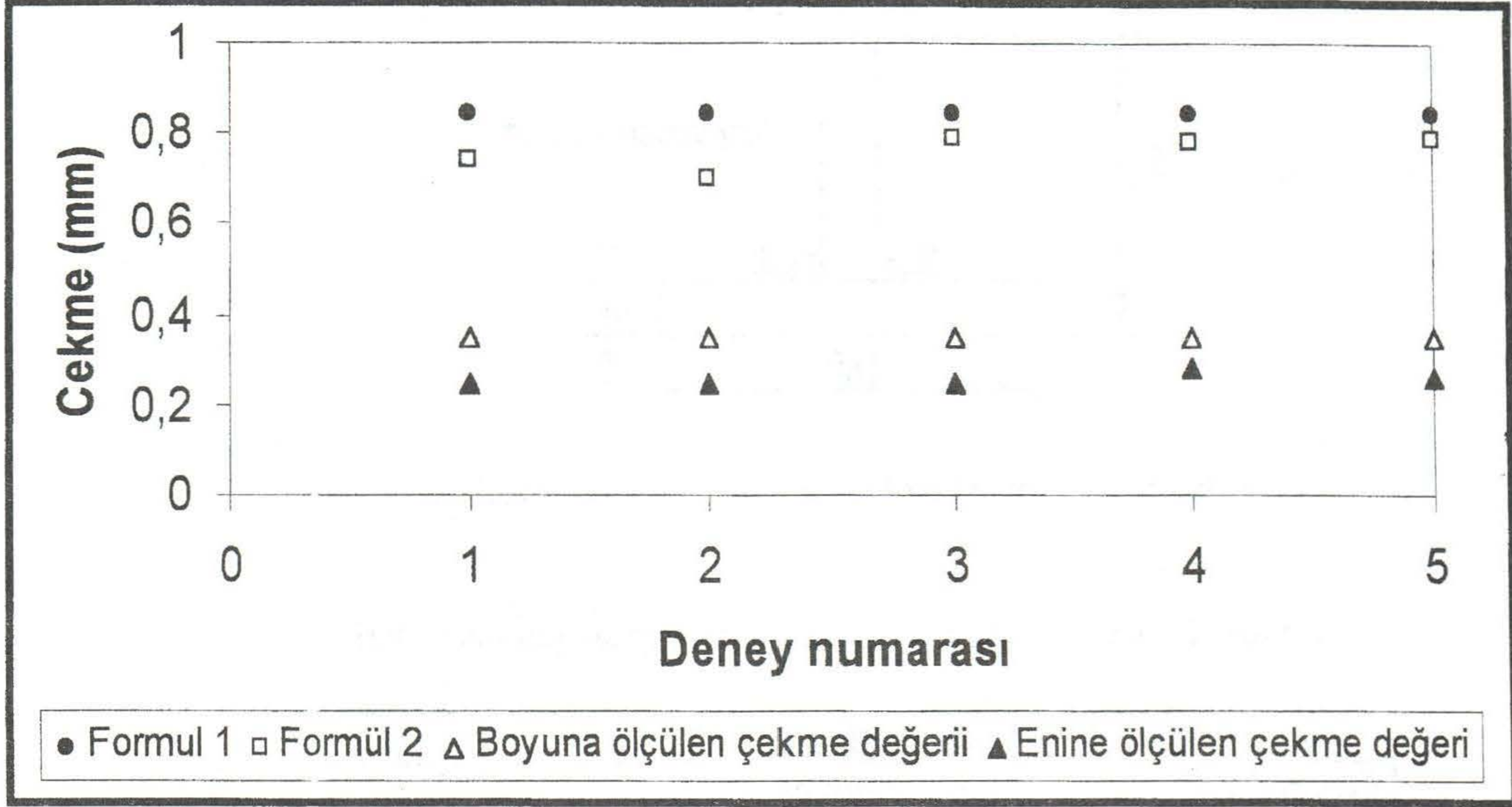
Yukarıda bahsedilen kaynak parametreleri kullanılarak, yapılan üst üste bindirme kaynaklı birleştirmede enine ve boyuna çekme değerleri formül 1 ve 2'de kullanılan teorik hesaplamalarla karşılaştırılması şekil 6'da verilmiştir. Benzer şekil de L formunda konumlandırılan plakaların, köşe kaynağı ile birleştirilmesinde boyuna çekmelerin formül 3 ile karşılaştırılması şekil 7'de verilmiştir. Şekillerden de anlaşılacağı gibi deneysel değerler ile, formüllerden elde edilen değerler arasında az bir fark göze çarpmaktadır.

Raymond [9], Kaynak işlemi esnasında aşağıda verilen malzeme özelliklerinin değiştiğini bunun da çekme, çarpılma ve metal bünyesindeki gerilmeleri önemli ölçüde etkilediğini tespit etmiştir.

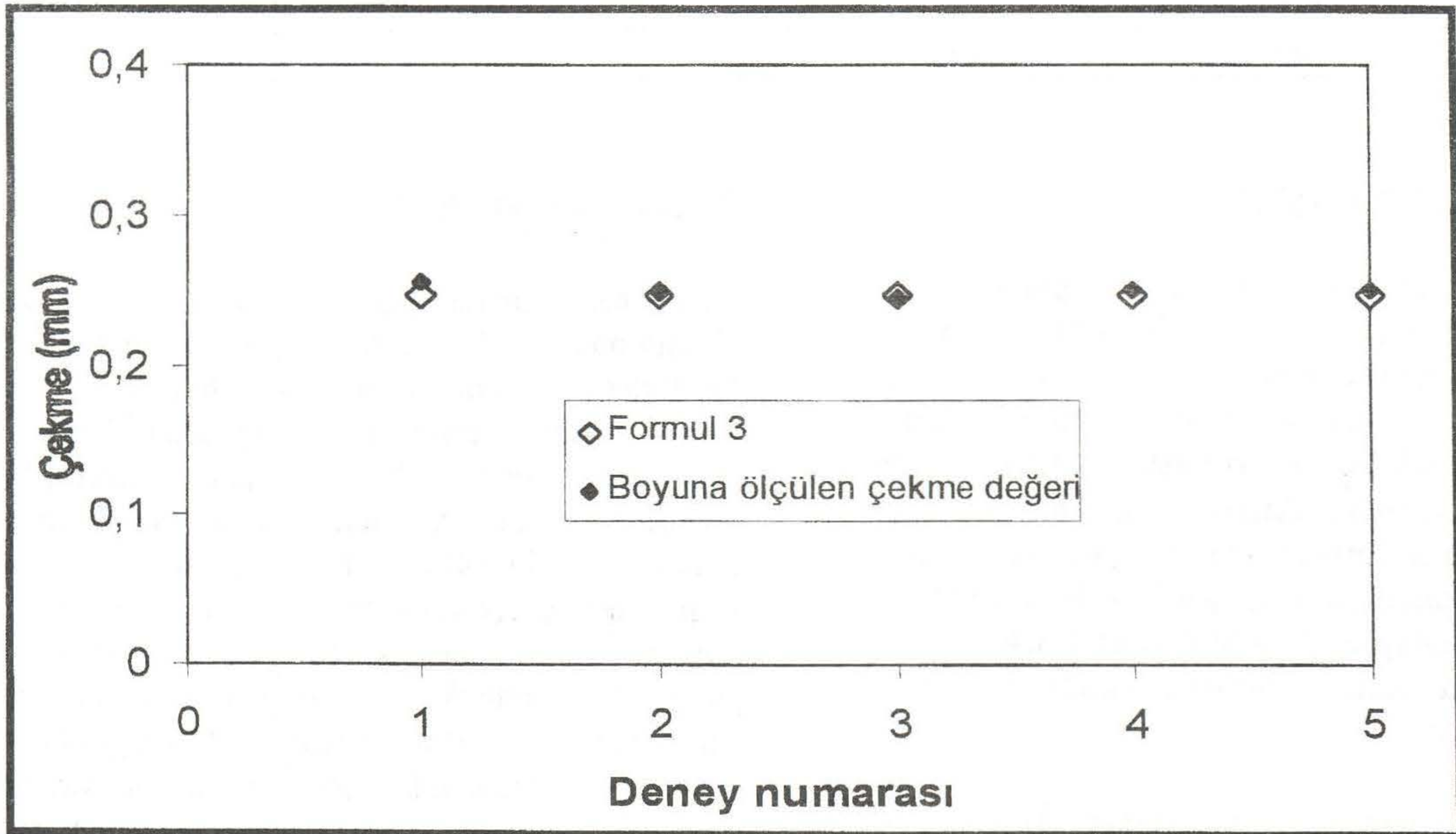
- Kopma noktasındaki düşme
- Elastiklik modülündeki düşme
- Isı kayıl katsayısındaki düşme

■ Özgül ısıdaki yükselme

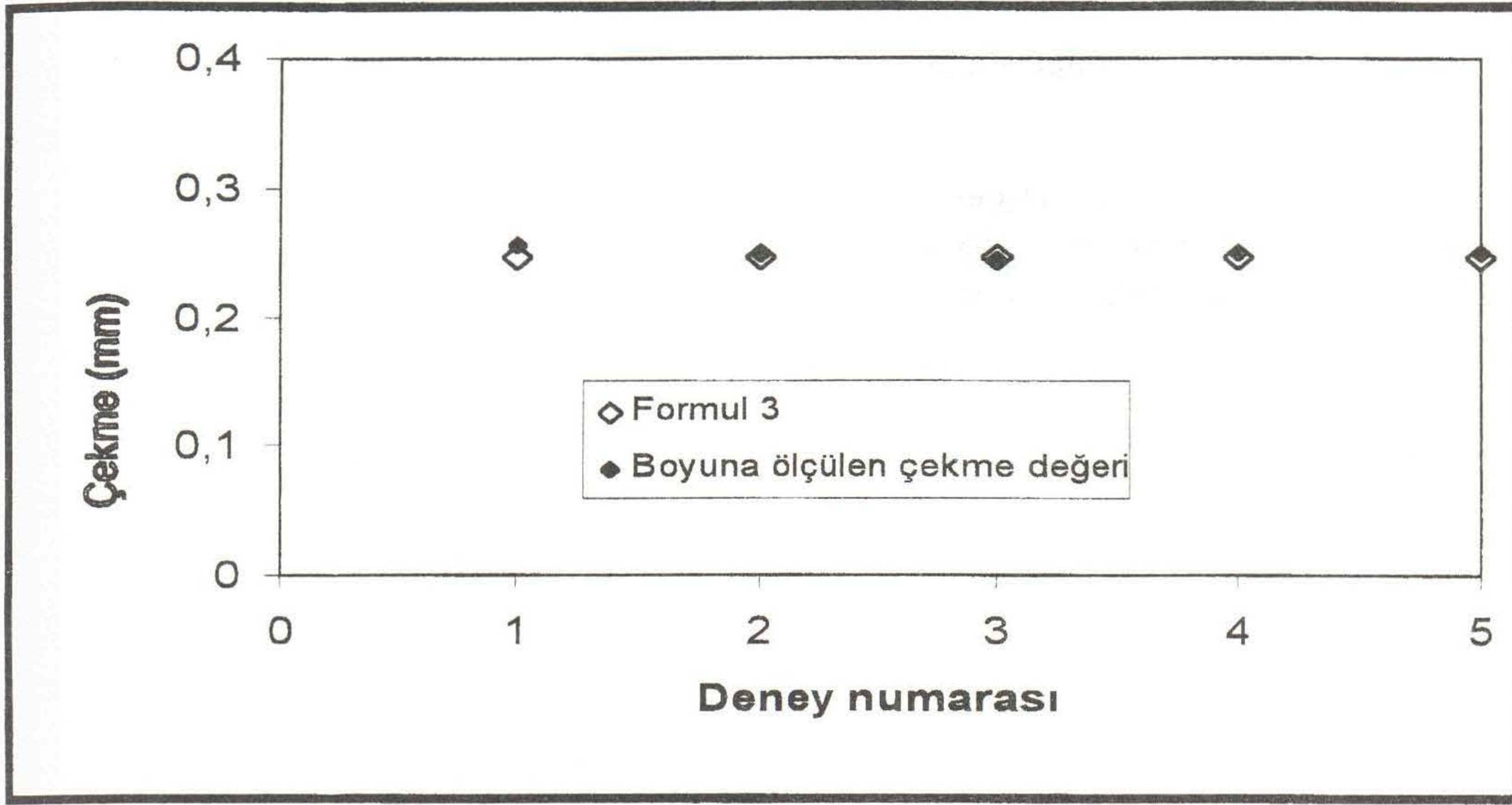
Teorik hesaplamalarda kullanılan formüller gözönüne alındığında, malzemelerin ağırlıklı olarak elastik özelliklerinin kullanıldığı görülmektedir. Ancak kaynak işlemi esnasında parçalarda kalıcı şekil değişikliğine neden olan elastoplastik özellikler söz konusudur. Bu yüzden teorik hesaplamalarda kullanılan formüller Raymond'ın ifade ettiği değişimleri de içerecek şekilde yeniden modellenmesi durumunda, daha kesin teorik hesaplamalar yapılabilmesi mümkün olacaktır. Gerçektende yapılan çalışmadaki üst üste bindirme kaynağında teorik sehim hesaplamasında yalnızca Elastik Modül göz önüne alınmış ve deneysel bulgularla karşılaştırıldığında farklılar gözlenmiştir. Fakat L kaynaklı birleştirmesinde sehim hesabında kullanılan formül 5 akma dayanımı ile birlikte elastik modülü de göz önüne alındığından daha kesin netice verdiği şekil 8'de gözlenmektedir



Şekil 6. Üst üste bindirme formunda kaynatılmış St 37 adi karbonlu çeliklerinde meydana gelen boyuna ve enine çekme değerlerinin teorik hesaplamalarla karşılaştırılması.



Şekil 7. ⊥ formunda kaynatılmış St 37 adi karbonlu çeliklerinde meydana gelen boyuna çekme değerlerinin teorik hesaplamalarla karşılaştırılması.



Şekil 8. Üst üste bindirme ve \perp formunda kaynatılmış St 37 adi karbonlu çeliklerinde meydana gelen sehîm değerlerinin teorik hesaplamalarla karşılaştırılması.

Yukarıdaki verilerden de anlaşılacağı üzere kaynaklı birleştirmelerde önemli ölçüde çekme ve çarpılmalar göze çarpmaktadır. Bu yüzden kaynaklı konstrüksiyonlarda kullanılan kaynak yöntemi, kaynak ağız formu, yapının risitlik derecesi, özgül ısı girdisi, ısı genleşme katsayısı, ısı iletim katsayısı ve erime sıcaklığının distorsiyonlar üzerinde önemli etkisi vardır. Distorsiyonları azaltmada [10]:

- Gaz kaynağı yerine ark kaynağının kullanılması,
- El ile yapılan kaynak yerine, yarı veya tam otomatik kaynak yönteminin kullanılması,
- Çok pasolu kaynak yerine, daha fazla kaynak metali sağlayan (yüksek verimli), derin nüfuziyetli, az pasolu kaynak işleminin tercih edilmesi,
- Kaynak işlemi esnasında yapıda meydana gelebilecek kalıntı gerilmelerin aksi yöndeki bir ön gerilme ile dengelenmesi,
- Çarpılmaları kontrol altına almada işkencelerin, bağlama donanımlarının ve puntalamaların kullanılması,
- Kaynak en çok sınırlandırılmış, elemandan en az sınırlandırılmış elemana doğru yapılması,
- Aşırı kaynak pasosu sayısından kaçınılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Uygur İ., "Environmentally Assisted Fatigue Response of Al – Cu – Mg – Mn with SiC Particulate MMCs", Ph.D Thesis., University of Wales, SWANSEA., 1999., U.K.
- [2] American Welding Society., "Welding Handbook" Vol 1 7th edition, 1981., USA.
- [3] Anderson, J.C., Leaver, K.D., Rowlings, R.D., Alexander, J.M., "Material Science", 4th edition, 1990.
- [4] American Society for Metal , "Metals Handbook", 1990, USA.
- [5] Anık, S., "Kaynaklı Parçalarda oluşan Çekme ve Çarpılmalar", Mühendis ve Makine, Cilt 24, Sayı 284, 1983, ANKARA.
- [6] Anık, S., "Kaynaklı Parçalarda oluşan Çekme ve Çarpılmalar", Mühendis ve Makine, Cilt 24, Sayı 285, 1983, ANKARA.
- [7] Anık, S., "Kaynak Tekniği El Kitabı Yöntemler ve Donanımlar", 1991, İSTANBUL
- [8] Macun, A., "Kaynaklı Çelik Proses Teçhizatı ve Boru Donanımlarında Şantiyede Gerilim Giderme İşlemleri", Mühendis ve Makine, Cilt 24, Sayı 284, 1983, ANKARA.

[9] Raymond, J.S., Anık,S., “Welding Prenciples and Practices”, Revised, 1990.

[10] Külekci, M. K., “Kaynaklı Yapılarda Çekme, Çarpılma ve Bunları Azaltma önlemleri”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 1996, ANKARA.