

OTOMOBİL SACLARININ MIG/MAG KAYNAĞINDA GAZ KARIŞIMLARININ ÇEKME DAYANIMI ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Aydın ŞIK, Erdiñ KALUÇ

Özet-Otomotiv endüstrisinde karoseri üretiminde özellikle son yıllarda MIG/MAG kaynak yöntemi kullanımı artan bir öneme sahiptir. Otomobil karoserisini meydana getiren çelik sacların çeşitli koruyucu gaz karışımları ile oluşturulan MAG kaynaklı bağlantıları taşıt hareket halinde iken çeşitli mekanik zorlanmalara maruz kalmaktadırlar. Bu amaçla, bu çalışmada otomobil üretiminde kullanılan FePO₄ (St 14) çelik sacından oluşturulan çeşitli tür birleştirmeler farklı koruyucu gazlar kullanılarak MAG kaynağı yapılmış ve bu bağlantıların çekme dayanımları incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler- Otomobil karoserisi, MIG/MAG kaynağı, koruyucu gazlar, çekme dayanımı

Abstract - MIG/MAG welding processes have recently become more significant in automotive body production. MAG welded automobile body manufactured using different shielding gas combinations come across the mechanical stresses especially dynamic stresses when running road. In this study, FePO₄ (St 14) type automobile body sheet has been MAG welded with different shielding gas combinations and then mechanical properties of joints have been investigated. Visual inspection has been applied to welded sheets and then tensile test has been carried out specimens respectively. As a result, effect of gas combinations can affect the mechanical properties of joints has been examined and also some suggestions have been given to automobile body manufactures.

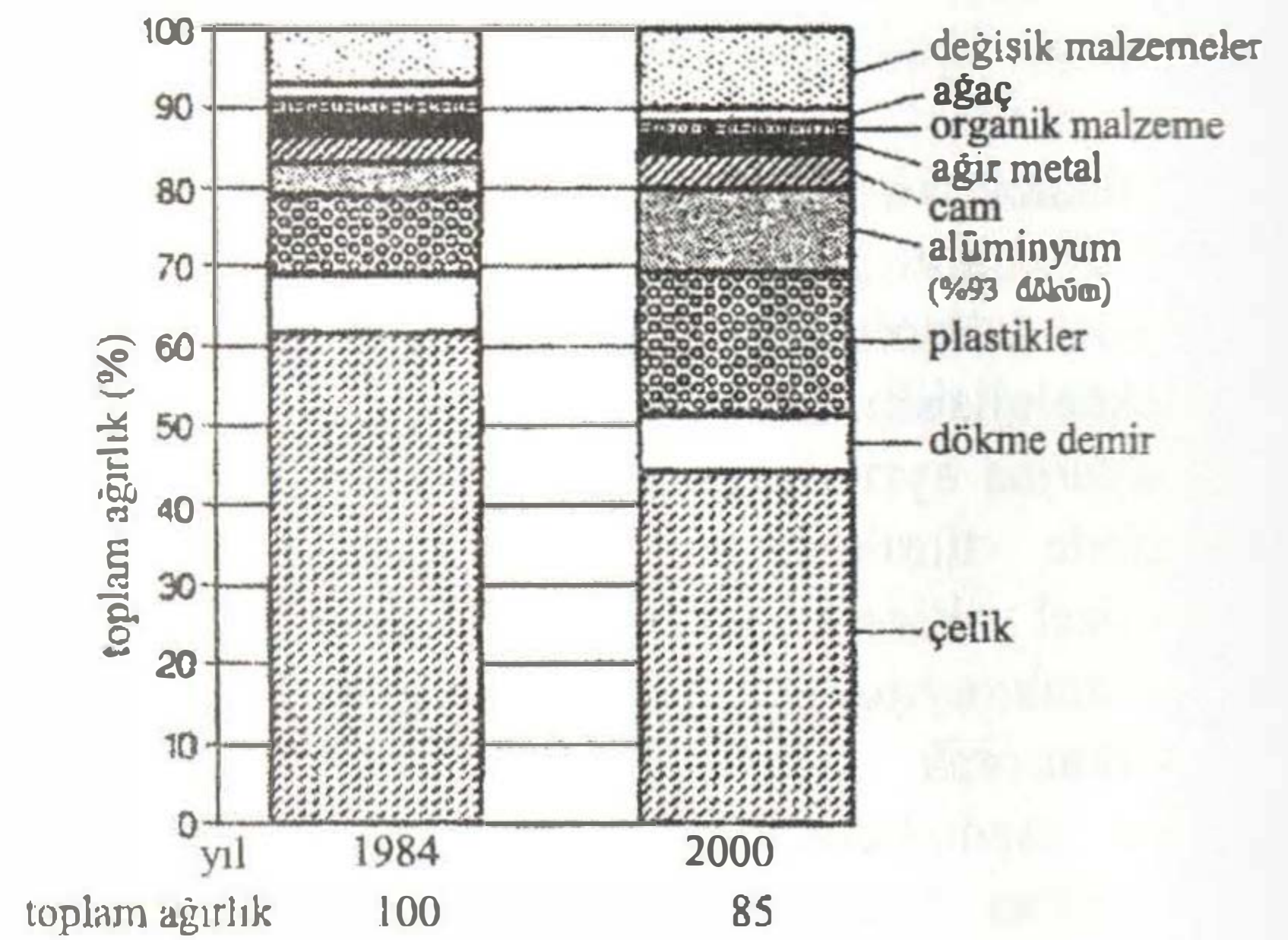
Key Words - Automobile body, MIG/MAG welding, shielding gases, tensile test

I.GİRİŞ

2000'li yıllara doğru dünya ekonomisi yeni bir yapılanma süreci içine girmiştir. Bu süreç içinde dünya otomotiv endüstrisi eskisinden daha hızlı bir şekilde uluslararası rekabeti zorlamakta, ölçekler büyümekte, yeni ve ileri teknoloji uygulamaları ile sektörde ürün performansı süratle gelişmektedir [1].

Dünya çapında doğal enerjinin azalması ve özellikle petrol krizleri motorlu taşıtların tasarımları ve yakıt

ekonomisinde daha duyarlı işlemleri yapmak için güç kazanmıştır. Bu yüzden üretilen araçların ağırlığı daha az yakıt tüketimi için önemli bir faktördür [2].



Şekil 1. Otomobil endüstrisinde kullanılan malzemelerin % miktarları [3]

Bir otomobilin 1984 yılı üretiminde, taşıt ağırlığını azaltmak için kullanılan malzemelerin yüzde oranları ile 2000 yılında bu oranların nasıl değiştiği Şekil 1'de gösterilmiştir [3,4]. Görüleceği üzere, çelik kullanım oranı oldukça yüksek olup, özellikle aracın karoserisi tamamen çelik saclarından oluşturulur. Son yıllarda, yakıt tasarrufu açısından taşıt ağırlığını azaltmak amacı ile yüksek mukavemetli ince taneli çelik sacların ve hafif metallerin kullanımına eğilim artmışsa da; bir çok parçanın üretim ekonomisi ve servis güvencesi açısından, yumuşak çelik saclardan üretilmesinde vazgeçilmesi mümkün olmamıştır [5].

Otomobil üretiminde yaklaşık 700 adet preslenmiş ve kesilmiş parça ile 400 adet talaş kaldırılarak işlenmiş parça; cıvata, perçin, kıvrırma, lehimleme, yapıştırma ve en yaygın olarak ta kaynak yardımıyla birbirlerine birleştirilmektedir. Toplam kaynaklar; yaklaşık olarak 5000 elektrik direnç nokta kaynağından, 30 metre kadar ark kaynağından, 1 metre elektron ışın kaynağından ve 15 adet de sürtünme kaynağından oluşmaktadır. Dolayısı ile, karoseri üretiminde kullanılan çelik sacların birleştirilmesinde, otomasyona uyumlu olmaları nedeniyle en çok elektrik direnç nokta ve gazaltı (MIG/MAG) kaynak yöntemleri tercih edilir ve kullanılır [6,7].

Taşıt yapımı endüstrisinde kullanılan alaşımsız çelik sacların birleştirilmesinde oldukça yaygın olarak kullanılan kaynak yöntemleri elektrik direnç kaynak yöntemleri olan nokta ve dikiş kaynak yöntemleri olmuştur. Bu açıdan, bu tür bağlantıların oluşturulmaları ve performansları üzerine çok sayıda çalışma yapıldığı görülmektedir. Buna karşın, ilerleyen kaynak teknolojisine bağlı olarak taşıt üretiminde MIG/MAG kaynağının kullanımının artması ile bu yöntemlerde kullanılan koruyucu gazların geliştirilmesi, çeşitli gaz karışımları ile yapılan kaynak bağlantılarında dikiş özelliklerinin incelenmesi yolunda araştırmalar ortaya çıkmıştır ancak bunlar da çok fazla sayıda değildir. Özellikle, gaz karışımlarının dikiş özelliklerinin iyileştirilmesi ve daha hızlı ve daha

ekonomik bağlantılar oluşturulması açısından önemi de oldukça büyüktür.

II. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

II.1 Deneylerde Kullanılan Malzemeler

II.1.1 Esas malzeme

Bu çalışmada, deney malzemesi olarak Tablo 1'de kimyasal bileşimi ile Tablo 2'de fiziksel özellikleri verilen ekstra derin çekme işlemine uygun karbonlu ve soğuk haddelenmiş 1,2 mm kalınlığında FePO₄ (DIN EN 10130-91) çeliği kullanılmıştır [ERDEMİR Kalite No:7114 (IF çeliği:Arayer atomsuz çelik)].

Tablo 1. Kullanılan malzemenin kimyasal özellikleri [8]

Erdemir Kalite No	Yeni □standard karşılığı DIN EN 10130-91	Önceki □standard karşılığı DIN 1623 P1-83	Kimya. Bileşim	Kimyasal bileşim (%)					Kullanım için garanti süresi
				C	P	S	Mn	Ti	
				Max	Max	Max	Max	Max	
7114 (1)	Fe PO4	St 14	Standard Erdemir	0,08 0,006	0,030 0,015	0,030 0,010	0,40 0,25	- 0,10	6 ay

(1) Kaynar ve durgun çelik olarak üretilmiştir

Tablo 2. FePO₄ (St14) çeliğinin fiziksel özellikleri [8]

Fiziksel özellikler		
Akma mukav. (1) N/mm ² (kg/mm ²)	Çekme mukav N/mm ² (kg/mm ²)	Uzama % (2) L ₀ =80mm
Max		Min
210 (21.4)	270-350 (27.5-35.7)	38

(1) Akma mukavemeti değerleri, 0,5mm<t=<0,7 mm ise 20 N/mm²(2,0 kg/mm²), t=<0,5 mm ise 40 N/mm²(4,1 kg/mm²) yükseltir.
(2) Uzama değerleri, 0,5 mm<t=0,7 mm ise 2 puan, t=<0,5 mm ise 4 puan düşürülür

II.1.2 İlave metal (tel elektrod)

Deneylerde Tablo 3'te kimyasal bileşimi ile Tablo 4'te mekanik özellikleri verilen 0,8 mm çaplı G3Si1 (SG2) teli kullanılmıştır.

Tablo 3. Deneylerde kullanılan EN 440'a (DIN 8559) [9] göre imal edilmiş tel elektrodların kimyasal bileşimi

Simge	Kimyasal Bileşim (%)										
	C	Mn	P	S	Si	Al	N ₂	Ni	Cr	Cu	Mo
G3Si1(SG2)	0,068	1,410	0,020	0,014	0,763	0,002	0,003	0,041	0,031	0,026	0,002

Tablo 4. Deneylerde kullanılan EN 440'a (DIN 8559) [9] göre imal edilmiş tel elektrodların mekanik özellikleri

Akma mukavemeti (N/mm ²)	Çekme mukavemeti (N/mm ²)	Darbe enerjisi (J) ISO-V	Uzama (%) (L ₀ =5d ₀)
450	550	80(-20°C)	28

II.1.3 Kullanılan koruyucu gazlar

Bu çalışmada, karbonlu ve az alaşımlı çeliklerin kaynağına uygun olabileceği saptanan ve daha önce yapılmış olan araştırmaların sonuçları ve literatüre göre Ar, CO₂ ve O₂ karışımı gazlar kullanılmıştır, EN 439 [10].

Tablo 5. Deneylede kullanılan karışım gazların (%) oranları

Karışımın adı	Karışım oranı (%)		
	Ar	CO ₂	O ₂
1.Grup	86	12	2
2.Grup	93	5	2
3.Grup	98	-	2

II.1.4 Kullanılan kaynak makinası*

Deneylede 400 amperlik yatay karakteristikli, su soğutmalı 5 kaba 6 ince ayar kademeli 30 gerilim basamaklı doğru akım (DA) kaynak makinası kullanılmıştır ve transistorlu akım basamağı ayarlayıcısı ile kısa devre akımı en aza indirilmeye çalışılmıştır. Makinanın teknik özellikleri Tablo 6'da gösterilmektedir.

Tablo 6. Deneylede kullanılan kaynak makinasının teknik özellikleri

Devreler	Veriler
Şebeke gerilimi (3 faz, 50 Hz)	380 V
Akım ayar aralığı	40-400A
Gerilim ayar aralığı	16-43V
Nominal kaynak akımı (%60D.K.O.)	400 A
Sürekli kaynak akımı (%100 D.K.O.)	350 A
Nominal akımı (%60 D.K.O.)	26 A
Nominal gücü (%60 D.K.O.)	17.1 kvA
Kaynak kablo kesiti	50 mm ²

II.1.5 Kaynaklı bağlantı ve uygulamaları

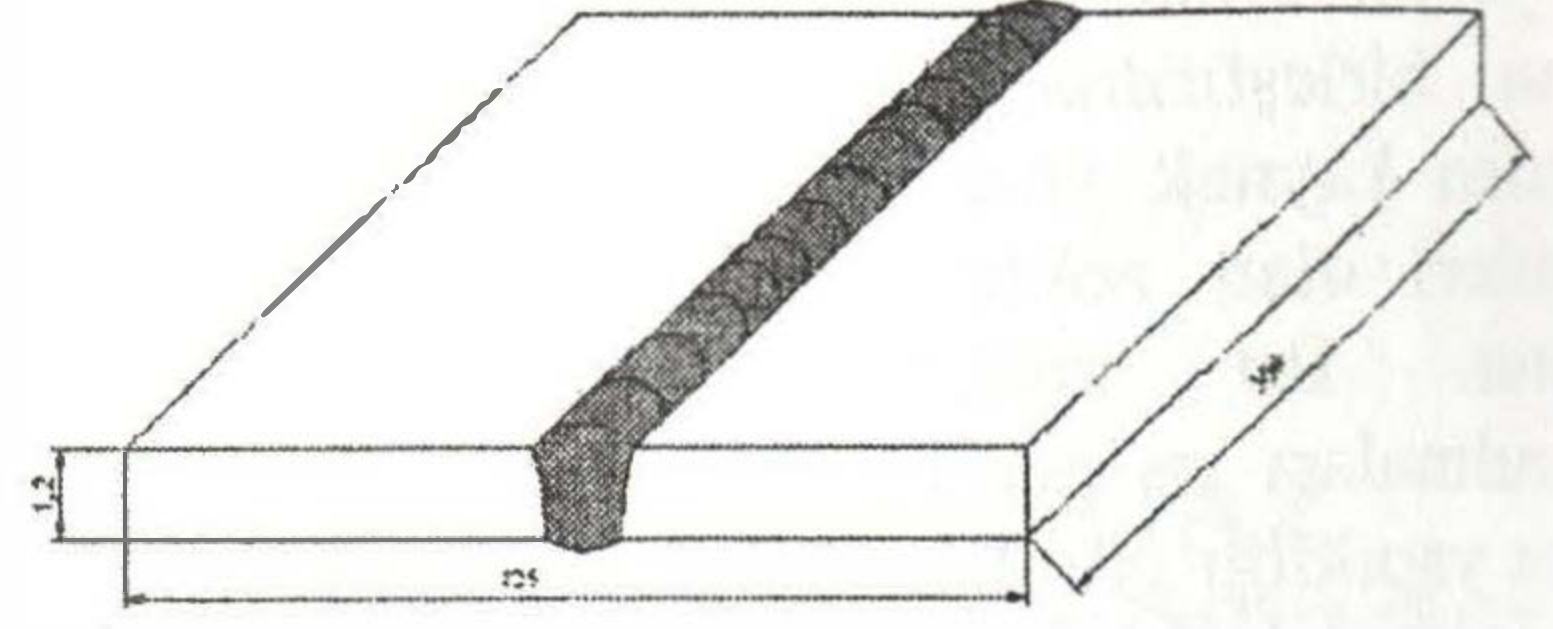
Haddeleme yönü dikkate alınarak kesilen saclar otomatik MAG kaynak yöntemi ile belirlenen üç farklı gaz karışımında, çeşitli birleştirme türlerinde kaynak edilmişlerdir. Kaynak dikişleri tüm bağlantılarda yatay oluk (PA) pozisyonundadır. Deneylede 1,2 mm'lik ince sac kullanıldığından kaynak ağzı hazırlanmadan aynen uygulamada olduğu gibi iki çeşit birleştirme yöntemi esas alınmıştır. Bunlar;

- Alın,
- Bindirme,

Şekil 2 ve Şekil 3,'te alın ve bindirme birleştirme yapılmış parçalar şematik olarak gösterilmiştir. Tablo 7, Tablo 8,'de de bu tür birleştirmelerin oluşturulmasında kullanılan kaynak koşulları özetlenmiştir.

Tablo 7. Alın birleştirmelerde uygulanan MAG kaynak parametreleri

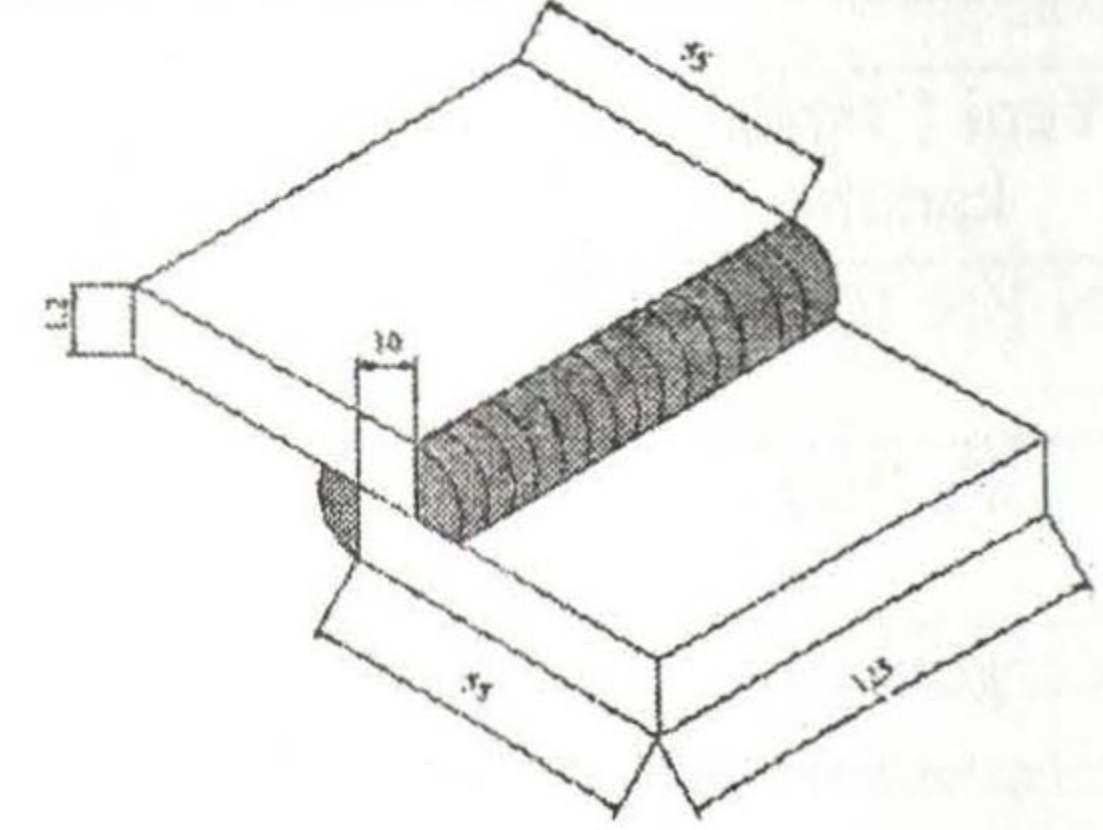
Koruyucu gazın bileşimi	1. 86Ar+12CO ₂ +2O ₂ 2. 93Ar+5CO ₂ +2O ₂ 3. 98Ar+2O ₂
Akım şiddeti (Amper)	85
Gerilim (Volt)	15
Tel çapı (Ø)	0,8
Telin simgesi	G3Si1
Tel ilerleme hızı (m/dak)	2,7
Kaynak hızı (cm/dak)	60



Şekil 2. Alın kaynak pozisyonu ile kaynak edilmiş saclar

Tablo 8. Bindirme birleştirmelerde uygulanan MAG kaynak parametreleri

Koruyucu gazın bileşimi	1. 86Ar+12CO ₂ +2O ₂ 2. 93Ar+5CO ₂ +2O ₂ 3. 98Ar+2O ₂
Akım şiddeti (Amper)	100-110
Gerilim (Volt)	18
Tel çapı (Ø)	0,8
Telin simgesi	G3Si1
Tel ilerleme hızı (m/dak)	2,7
Kaynak hızı (cm/dak)	40



Şekil 3. Bindirme kaynak pozisyonu ile kaynak edilmiş saclar

II.1.6 Kaynaklı levhaların (sacların) görsel incelenmesi

Deney numunelerinin hazırlanacağı alın ve bindirme türü birleştirme bağlantılarında uygulanan kaynak işlemi sonrası görülebilecek yüzeysel hataları saptamak amacı ile görsel muayene yapılmıştır. Bu muayenede "ANSI/AWS D9.1-90 Sheet Metal Welding Code" esas alınmıştır [11].

Kaynak sonrası oluşan dikiş yüksekliği, dikişlerin üzerinde oluşan tırtıllarda, yanma olukları, sıçramalar ve dikiş kök sarkmasının yanı sıra dikiş genişliği, kökte oluşabilen yetersiz ergime bölgeleri görsel olarak detaylı incelenmiş olup, sıçrantıların ve diğer hususların kabul sınırları içinde olduğu görülmüştür. Ancak, hataların kriterleri aştığı kısımlar var ise buralar ıskartaya ayrılacak biçimde deney numunesi, plana göre çıkarılmıştır.

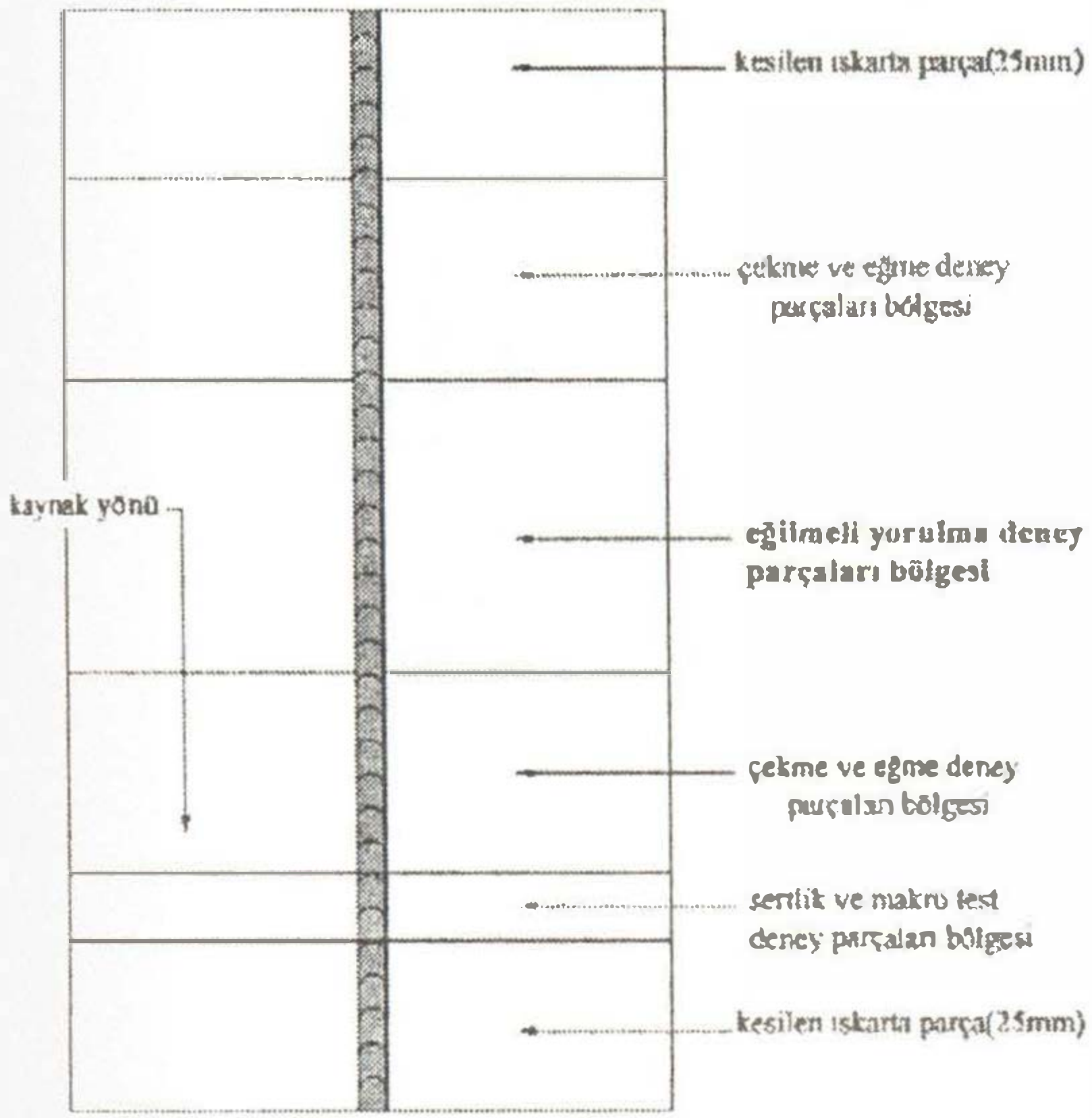
II.1.7 Deney numunesi çıkartma esasları

Kaynak işlemlerinden sonra numunelerin ilgili standartlarda olduğu gibi normal soğuma koşullarında soğumaya bırakılmıştır. Görsel muayeneden geçen levhalardan yapılacak deney planına göre EN-288-3 [12] uygun deney numuneleri hazırlanmıştır. Kaynaklı levhaların başlangıç ve bitiminden 25 mm'lik kısımlar

* ODTÜ Kaynak Teknolojisi Araştırma Uygulama Merkezi

kesilerek atılmıştır. Zira kaynağın başlangıç ve bitiminde oluşabilecek hataların önüne bu şekilde geçilmiş olmaktadır. Parça boylarının kısa tutulmasındaki amaç kaynak ısı girdisi nedeni ile parçalarda oluşabilecek çekme çarpılmalarını azaltmaktır.

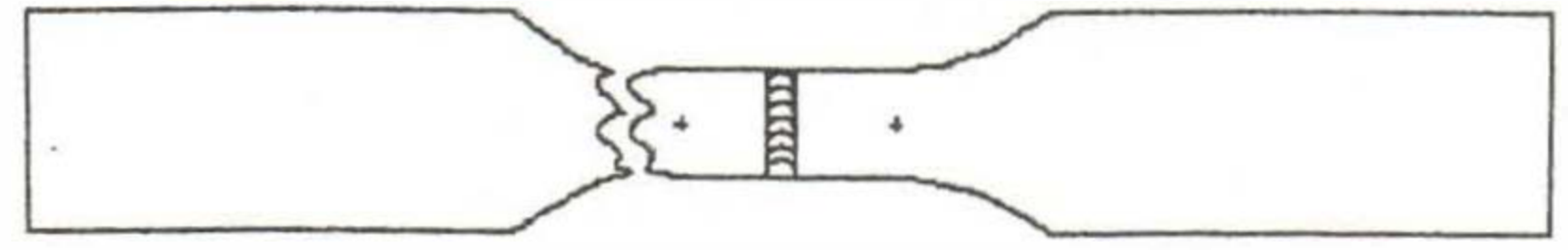
Bu çalışmada uygulanacak deney planına göre alın ve bindirme birleştirmelere çekme deneyi yapılmıştır.



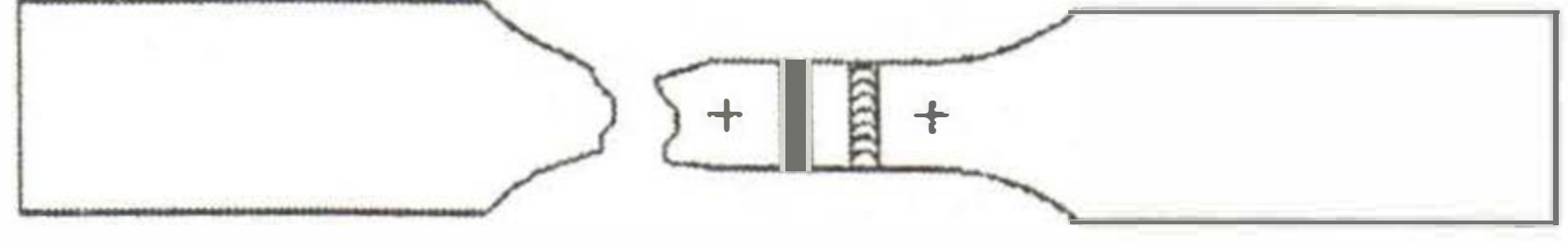
Şekil 4. EN 288-3'e göre numunelerin levhadaki dağılım planı

III. ÇEKME DENEYLERİ

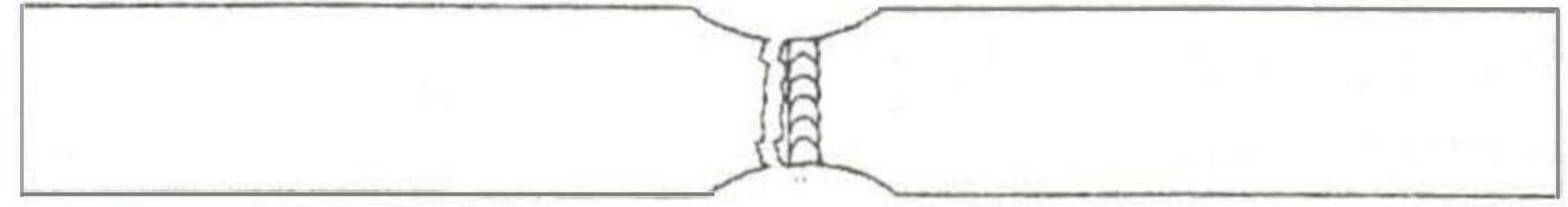
Üç değişik gaz karışımı kullanılarak oluşturulan alın kaynaklı saclardan çıkartılan çekme numunelerinin çekme deneyi sonrası oluşan kopma biçimi Şekil 5'te verilmiştir. Bu çekme numunelerinin tümünde kopmalar esas metalden olmuştur. Şekil 6'da da bindirme kaynaklı saclardan çıkartılan numunelerinin deney sonrası kopma biçimi şematik olarak görülmektedir. Burada da kopma esas metalden olmuştur. Buna kaynak sırasındaki ısının malzeme özeliği üzerindeki etkisi neden olmaktadır. Sonuçlar gayet normal olup kaynak ilave metalinin akma ve çekme dayanımı değerleri esas metalden (St14) daha yüksek olduğu için çekme deney sonuçları TS 287'ye [13] uygun olarak koptuğu görülmüştür. Kaynaklı bağlantılarda kaynak dikişi tarafı her zaman esas metale nazaran daha sağlam olması istenir. Aksi takdirde kaynak metalinden kopma oluşması halinde bunun anlamı kaynak metalinde büyük hata olduğu yada telin uygun seçilmediğidir. Tel seçiminde üretici firma ve teli seçen mühendisler kaynak metali mukavemetinin her zaman esas metalden daha yüksek olması gerektiğini bilerek üretimi ve seçimi yapar.



Şekil 5. Alın kaynaklı saclardan çıkartılan numunelerin kaynak sağlamlığının deneyi yapıldıktan sonra kopma şekli



Şekil 6. Bindirme kaynaklı saclardan çıkartılan numunelerin kaynak sağlamlığının deneyi yapıldıktan sonra kopma şekli

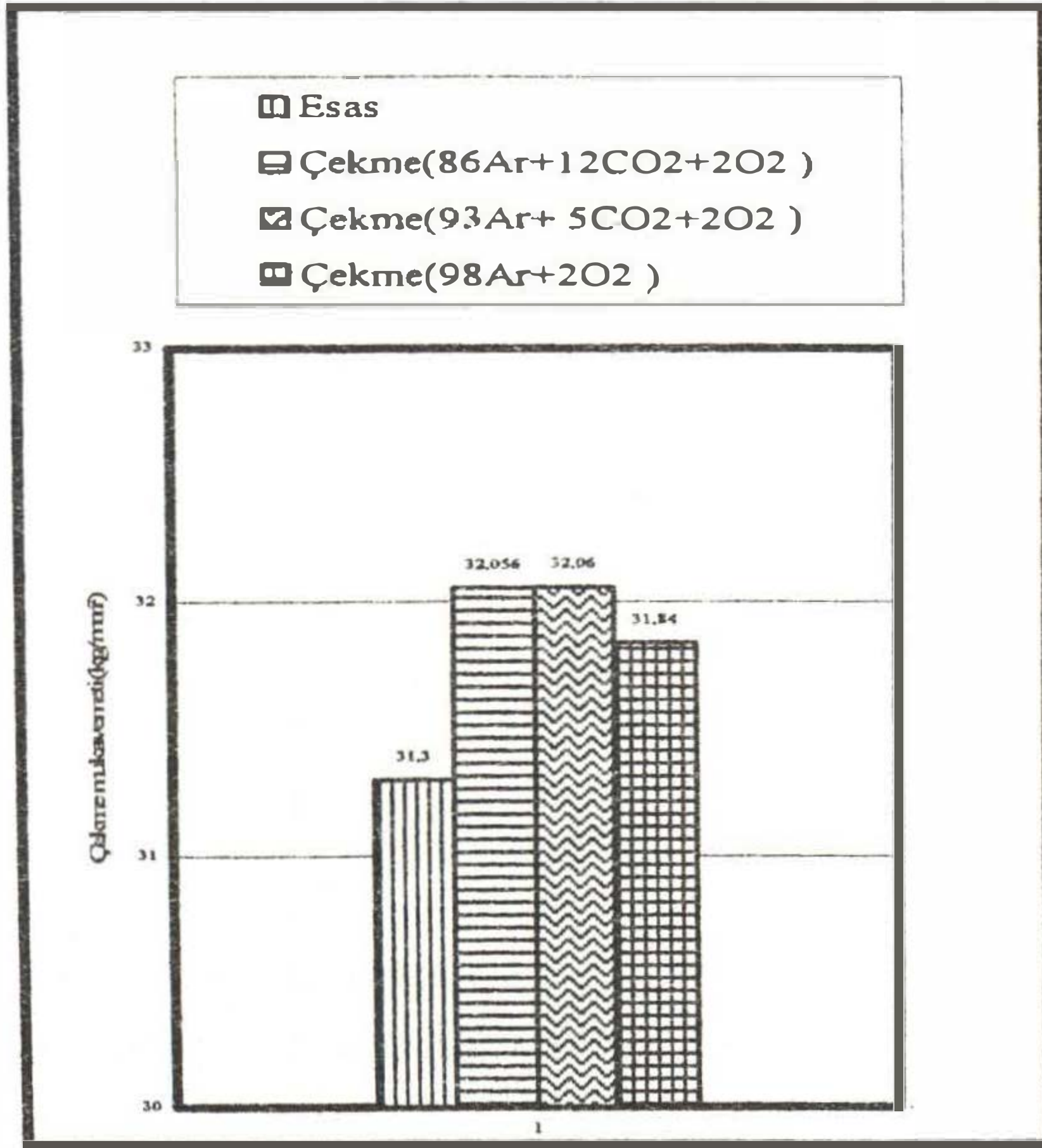


Şekil 7. Alın kaynaklı saclardan çıkartılan numunelerin kaynak dikişine ait kaynak sonrası kopma şekli

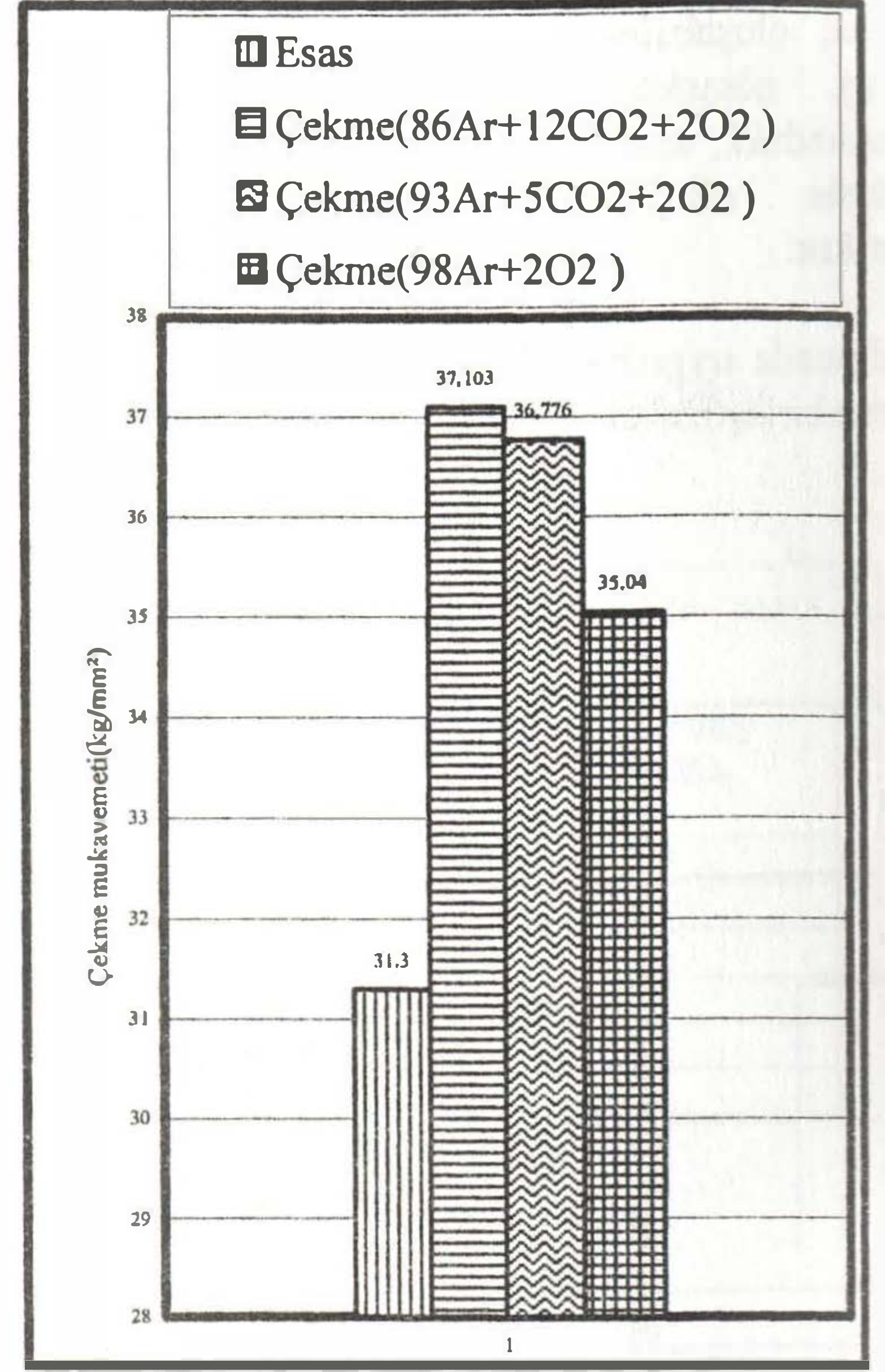
Şekil 7'de alın birleştirme halinde kaynak dikişine ait kaynak sonrası kopma durumu şematik olarak verilmiş olup burada bağlantının ısıdan etkilenmiş bölgede kopma olduğu görülmektedir. Gerçekte bu deney ile ilgili Türk Standardında olmasına karşın araştırmalarda kaynak bağlantısının çekme dayanımının saptanması açısından çok fazla kullanılmamaktadır ki buradaki sonuç normaldir. Zira daraltılmış kesit çok küçük olup bağlantı esas metalden kopacağı yerden en zayıf bulunduğu yerde kopacaktır. Yine de buradan kaynak metalinin esas metale nazaran daha dayanıklı olduğu görülmektedir.

Üç değişik gaz kullanılmış ve alın kaynaklı saclardan çıkarılmış çekme numunelerinin kaynak sağlamlığının çekme deney sonuçlarının mukayesesi Şekil 8'de bir arada görülmektedir. Burada en iyi çekme mukavemeti değerleri görüleceği üzere 93Ar+5CO₂+2O₂ gaz karışımı ile elde edilmiştir. En düşük çekme mukavemeti ise 98Ar+2O₂ gaz karışımı ile elde edilmiştir. Gerçekte 86Ar+12CO₂+2O₂ gaz karışımı ile 93Ar+5CO₂+O₂ gaz karışımının verdiği sonuçlar birbirine çok yakındır. Aynı numuneleri kaynak dikişlerine ait çekme deney sonuçlarının mukayesesi de Şekil 9'da verilmiştir. Burada bağlantıların çekme mukavemeti değerlerinin bir önceki deney sonuçlarına göre %10 daha fazla olduğu görülmektedir. Buna karşın en iyi çekme mukavemeti 86Ar+12CO₂+2O₂ karışım gazında en düşüğü ise 98Ar+2O₂ karışım gazı ile yapılan birleştirmelerde olmuştur. Burada da esas metalden daha yüksek mukavemet oluşmaktadır. Aslında, burada da 86Ar+12CO₂+2O₂ ve 98Ar+2O₂ gaz karışımlarının oluşturulan çekme mukavemetleri arasında çok büyük fark yoktur. Buradan anlaşılmaktadır ki Argona CO₂ eklenmesi ark sıcaklığını artırıcı etki yapmakta O₂ kaynak banyosu yüzey gerilimine etki ederek daha üniform olmasını sağlamakta ve bu durumlar daha önce yapılan araştırmaların ışığında bağlantının mukavemetini artırıcı etkiler ortaya koymaktadır [2,14,15,16].

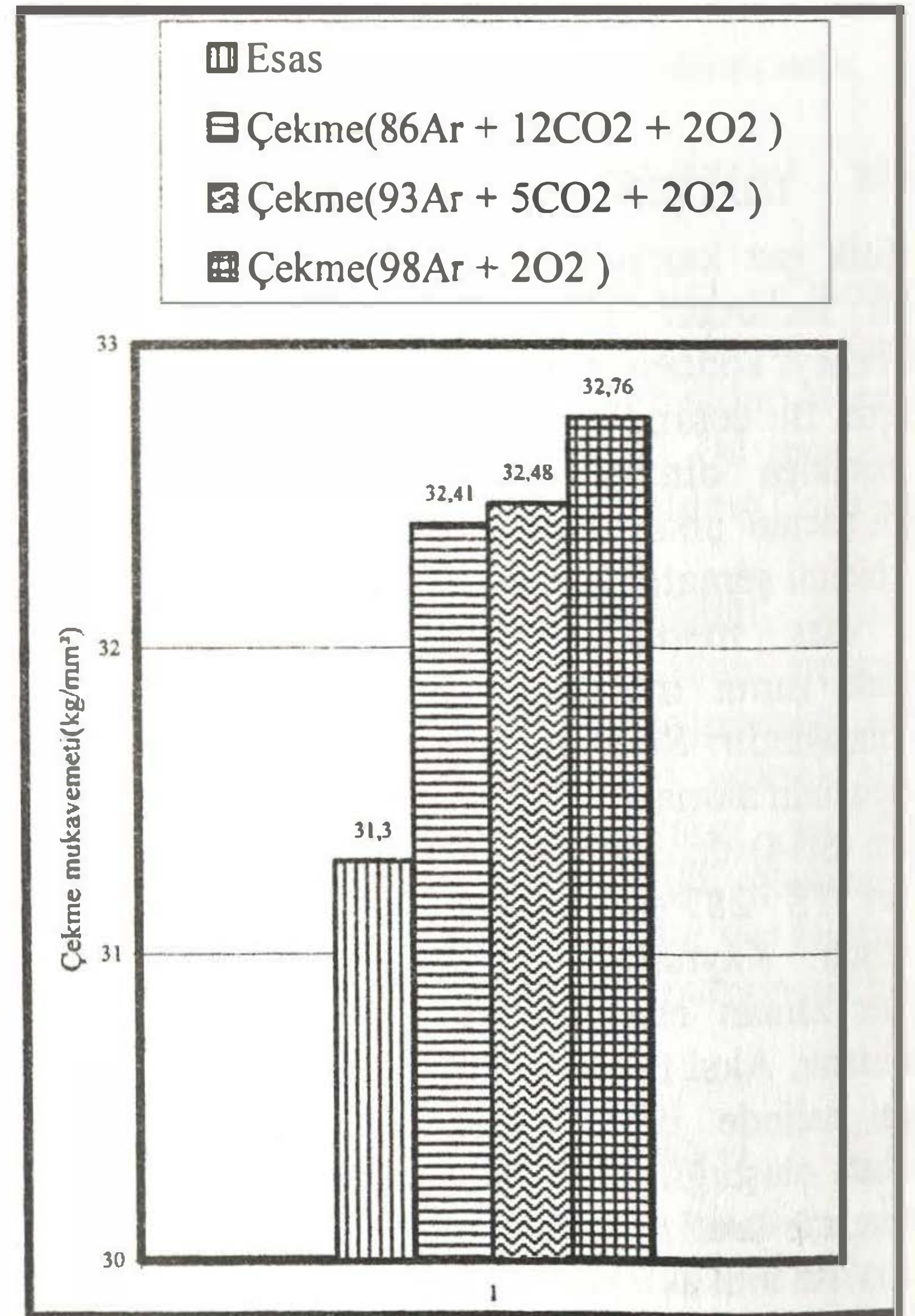
Şekil 10'da üç farklı gaz karışımı ile kaynak edilmiş bindirme kaynaklı bağlantılardan çıkan numunelerin kaynak sağlamlığının çekme deney sonuçları çubuk diyagramlar şeklinde verilmiştir. Yine kaynaklı bağlantılarının tümünün esas metale göre daha yüksek mukavemette olduğu görülmektedir. Özellikle, burada daha önceki bulguların aksine en iyi çekme mukavemet değerleri 98Ar+2O₂ karışım gazında elde edilmiştir. Bunu sırası ile 93Ar+5CO₂+2O₂ ve 86Ar+12CO₂+2O₂ karışım gazları mukavemet değerleri izlemektedir. Bu değerler alın kaynaklı bağlantılar ile karşılaştırıldığında kaynak sağlamlığının çekme deneyi sonuçlarının birbirlerine yakın olduğu ama burada bindirme bağlantılarda biraz daha yukarda çıktığı görülmektedir. Bunun bindirme bağlantılarda çift taraflı kaynağın dayanımı arttırdığı biçiminde açıklanması olanağı vardır. Ancak ilginç olan sadece bindirme kaynaklı bağlantılarda daha önce düşük mukavemet değerleri verilen bir gaz karışımının diğerlerine nazaran biraz daha iyi sonuç vermesi gözlenmesidir.



Şekil 8. Kaynak edilmemiş ve alın kaynaklı sactan çıkartılan numunelerin kaynak sağlamlığının çekme deneyi sonuçlarının mukayesesi



Şekil 9. Kaynak edilmemiş ve alın kaynaklı sactan çıkartılan numunelerin kaynak dikişine ait çekme deneyi sonuçlarının mukayesesi



Şekil 10. Kaynak edilmemiş ve bindirme kaynaklı sactan çıkartılan numunelerin kaynak sağlamlığının çekme diyagramları

IV. SONUÇ

Alın kaynaklı bağlantıların kaynak sağlamlığı çekme deney sonuçlarına göre en iyi çekme dayanımı $93\text{Ar}+5\text{CO}_2+2\text{O}_2$ gaz karışımı ile elde edilmiştir. Alın kaynaklı bağlantılarının kaynak dikişi sağlamlığı çekme deney sonuçlarında ise $86\text{Ar}+12\text{CO}_2+2\text{O}_2$ karışım gazında en iyi dayanım değerleri elde edilmiştir. Durum iyi incelendiğinde en iyi sonuçları veren iki gazın kullanılması halinde çok büyük farklar olmadığı ancak gazların CO_2 içeriklerini artırılması dolayısı ile arkın daha sıcak oluşması otomatik kaynak uygulamalarında hızın arttırılabileceğini göstermektedir. Dolayısı ile uygulamacı bu iki gaz arasında kendi üretim kriterlerine göre seçim yapabilir. Bindirme kaynaklı bağlantılarda ise çekme mukavemetleri diğerlerinin aksine $98\text{Ar}+2\text{O}_2$ karışım gazının kullanılması sonucunda en iyi sonuçları verdiği görülmektedir. Bu gazın kullanıldığı bindirme bağlantıların metalografik incelenmesinde de kaynak dikiş boyutlarının daha büyük olduğu gözlenmiştir. Bu tür bağlantılar üzerine yoğunlaşan ileri çalışmanın yapılması daha iyi olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1]. TMMOB, Otomotiv ve yan sanayi sektör raporu, sanayi kongresi, Makina Mühendisleri Odası Bursa Şubesi, MMO Yayın No: 149-1 (1991).
- [2]. NIL, R., Materialien voor dunwandige constructies/vvoorlichtingsblad, dunne plaat booglassen, Nederland Instuut Voor Lastechniek. Nederland (1987)
- [3]. KRÜGER, L., Naundorf, H., Development in fatigue design in automotive industry using new materials, BMW Munich, Germany (2001)
- [4]. Onur, E., 1.Otomotiv ve yan sanayi sempozyumu, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Cilt II, Bursa. (1985)
- [5]. Johnson, P.G.; Murphy, A.B. and Szekely, J., The influence of oxgen additions on argon-shielded gas metal arc welding processes, Welding Journal, USA (1995)
- [6]. Anık, S., Kaynak sempozyumu, İstanbul Tek. Üniv., İstanbul (1997)
- [7]. Tülbentçi, K., Eriyen elektrod ile gazaltı kaynağında (MIG/MAG) kaynak parametrelerinin seçimi, Kaynak Dünyası Gedik Holding A.Ş., İstanbul (1988)
- [8]. Erdemir Ürün Kataloğu, Ereğli Demir ve Çelik Fab., T.A.Ş., İstanbul (2000)
- [9]. EN 440, Kaynak sarf malzemeleri- alaşımsız ve ince taneli çeliklerin koruyucu gaz metal ark kaynağı için tel elektrotlar ve yığılmış kaynaklar-sınıflandırma, Ankara (2002)
- [10]. EN 439, Kaynak sarf malzemeleri- ark kaynağı ve kesme için koruyucu gazlar, Ankara (1995)

- [11]. AWS, Sheet metal welding code, American Welding Society, American National Standart, ANSI/AWS, Miami (1990)
- [12]. EN 288-3, , Specification and approval of welding procedures for metallic materials, European Standard (1997)
- [13]. TS 287, Çeliklerde eritme kaynak metodu ile yapılan alın birleştirme kaynaklarının çekme numunesi, TSE Standardı, Ankara (1965)
- [14]. Ertürk, İ., MIG/MAG kaynak yönteminde kaynak parametrelerinin sıçrama kayıplarına etkilerinin incelenmesi, Gazi. Üni. Fen Bil. Enst., Dok. Tezi, Ankara (1994)
- [15]. Gülenç, B., MIG/MAG kaynağında koruyucu gaz karışımının kaynak metalinin mekanik özelliklerine etkisi, Gazi Üniv. Fen Bil. Enst., Dok. Tezi, Ankara (1995)
- [16]. Hilton, D., Shielding gases for metal arc welding, Welding&Metal Fabrication, USA (1990)