

Isının Tesiri Altında Kalan Bölgenin Maksimum Sertliğine Kenar Mesafesinin Etkisi

Selâhaddin ANIK*
Mübeccel CİN**

1.0.0. — Giriş

Isının tesiri altında kalan bölge (HAZ), kaynak metalinin esas metal ile birleştiği kısımdan itibaren 1400 ilâ 700°C arasındaki bir sıcaklığın etkisi altında bulunan bölgesidir. Kalın parçaların kaynağında soğuma daha da çabuk olacağından, bilhassa 900°C nin üzerinde tavlanan bölge, bir nevi su verme işlemine tabi tutulmuş sayılabilir. Neticede, kaynak yapılan çeliğin bileşimine göre, bu kısımda çok yüksek bir sertlik elde edilir ve gevrek bir bölge meydana gelir (1, 2, 3).

Bileşimindeki karbon miktarı takriben 0,25% 'in üzerinde bulunan normal karbonlu yapı çelikleri ile hafif alaşımli yüksek mukavemetli yapı çeliklerinin sertleşme kabiliyetleri, düşük karbonlu ve alaşımsız yumuşak çeliklere nazaran daha fazla olduğundan, ısının tesiri altında kalan bölge sertleşerek gevrekleşir ve soğuk çatlama hassasiyeti de artar. Kaynak bağlantısındaki sertleşme (kaynak sertleşmesi) genellikle ısının tesiri altında kalan bölgedeki maksimum sertlikle belirlenmektedir (4, 5).

Milletlerarası Kaynak Enstitüsünün (IIW—IIS), IX numaralı Kaynak Kabiliyeti Komisyonunun Raporuna göre (6), ısının tesiri altında kalan bölgenin maksimum sertliği için 350 Vickers değeri bir kriter olarak teklif edilmektedir. Teklifte, sertliğin daha fazla olması halinde, özel tedbirlerin alınmasının gerektiğine de ayrıca temas edilmiştir. Isının tesiri altında kalan bölgedeki sertleşme, bir kaynak bağlantısı için çatlama tehlikesi yarattığından, kaynak kabiliyeti bakımından daima araştırılmıştır (7, 4)

*) I.T.Ü. Makina Fakültesi (Prof.)

***) I.T.Ü. Mühendislik - Mimarlık Fakültesi (Dr.)

Diğer taraftan yine Milletlerarası Kaynak Enstitüsü (IX numaralı Kaynak Kabiliyeti Komisyonu), ısının tesiri altında kalan bölgenin özellikleri üzerinde yapılacak çalışmaları IX — 910 — 74 ve IX — 914 — 74 sayılı dökümanları ile tekrar önermiştir (8, 9).

Bir kaynak bağlantısında soğuk çatlamayı teşvik eden faktörlerin başında ısının tesiri altında kalan bölgenin sertleşmesi gelir. Yapılan bu çalışmada, birçok değişkenler sabit tutularak, ısının tesiri altında kalan bölgedeki sertleşme meylini etkileyen faktör olarak, kenar tesiri alınmış ve sertliklerin değişimi etüd edilmiştir.

2.0.0. — Konunun tanıtılması ve literatür taraması

Kaynak ısı çevrimi nedeniyle ısınma esnasında, ısının tesiri altında kalan bölge ostenit haline geçer ve soğuma esnasında da bir takım dönüşmelere maruz kalır. Kaynak dikişinin kenarında, soğuma hızı öyle bir değerdedir ki, ostenit, ferrit ve perlite dönüşecek vakit bulamaz, bunun yerine çok daha sert ve sünekliği çok daha az olan martenzit veya temperlenmiş martenzit meydana gelir. Böyle sert bir bölgenin meydana gelmesi, sertleşme kabiliyetini arttıran karbon ve alaşım elemanlarının miktarına bağlıdır. Karbon ve alaşım elemanları arttıkça martenzitin teşekkül meyli de artar. Bilhassa karbon ve manganez, alaşımsız çeliğin kaynak kabiliyetine tesir eden başlıca iki elemandır. Genel olarak karbon arttıkça manganez, manganez arttıkça karbon azalır ve $C_{es} = C\% + \frac{Mn}{6}\%$ formülüne göre hesaplanan karbon eşdeğeri nazarı itibara alınır.

Hafif alaşımlı ve yüksek mukavemetli çeliklerde, karbon ve manganezden başka diğer elemanların da, sertleşme ve çatlak teşekkülü üzerine tesirleri vardır. Bu takdirde de daha geniş bir karbon eşdeğeri bahis konusudur (10, 11, 12).

$$C_{es} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{5} \quad (10)$$

$$C_{es} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2} \quad (11)$$

$$C_{es} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} \quad (IIV)$$

Karbon eşdeğerine bağlı olarak ısının tesiri altında kalan bölgedeki maksimum sertlik için aşağıdaki deneysel formül geliştirilmiştir (13).

$$S_{v_{\max}} (10 \text{ kp}) = (666. C_{e_s} \% + 40) \pm 40 \text{ [kp/mm}^2\text{]}$$

Yukarıda verilen ısının tesiri altında kalan bölgedeki sertlik, soğuk çatlama ile ilgili olduğundan, karbon eşdeğeri de çatlama hassasiyeti ile ilgilidir. Sims ve Banta (4, 14) tarafından yapılan araştırmalara göre, dikişaltı çatlakları için çatlama yüzdesi, genellikle alaşım elemanı miktarı arttıkça lineer olarak artmaktadır.

Ito ve Bessyo (1, 15) da, karbon eşdeğerine benzer olarak bir çatlama parametresi tarif etmiştir. Edson'da (16) ısının tesiri altında kalan bölgenin sertliğini bileşimin fonksiyonu olarak logaritmik bir şekilde vermektedir.

Kihara, Suzuki ve Kanatani (17), çeşitli kaynak dikişlerindeki ısıl çevrimlerin tayini konusunda yaptıkları çalışmalarda; deney parçası boyutları, kalınlığı, kaynak ısısı, öntavlama, elektrot örtüsünün cinsi, paso uzunluğu, arkın tutuşturulması, bağlama (puntalama) kaynağı, iç köşe kaynağı, ağız şekli gibi faktörlerin ısının tesiri altında kalan bölgedeki soğuma hızına etkilerini araştırmışlardır. Bu araştırmaların gayesi, kaynak geometresi ve kimyasal bileşime göre, ısının tesiri altında kalan bölgenin maksimum sertliği için gerekli bilgileri elde etmektir.

Hess, Merrill, Nippes ve Bunk (18), kaynak akım şiddeti, ark gerilimi ve kaynak hızının soğuma hızına tesirini (EI/v) parametresiyle ifade etmiştir. (Kaynak dikişinin birim uzunluğuna düşen ısı). Bazı araştırmacılar ise (EI/v) parametresi yerine $(I/v^{1/2})$ parametresini ileri sürmüşlerdir. Suzuki ve Kobayashi (19) ile Kihara, Suzuki ve Kanatani (17), ısının tesiri altında kalan bölgedeki soğuma hızlarının (EI/v) ve (I/v) parametreleriyle bağıntılarını araştırmışlar ve (I/v) nın, (EI/v) den daha uygun olduğunu görmüşlerdir.

Kısa bir kaynak dikişinde, ısı miktarının düşümü daha fazla olacağından, soğuma hızı da daha düşüktür. Dikişin başlangıç veya kraterindeki soğuma, ortasına nazaran daha fazladır (20). Soğuma hızı ve dikiş uzunluğu arasındaki bağıntı da, kraterdeki soğuma hızının, dikişin merkezindeki hemen hemen iki katıdır. Bu sonuç hem tek pasolu düz hem de tek pasolu içköşe dikişleri için geçerlidir. Kihara ve Masubuchi (21) uzun dikişteki sıcaklık dağılımının matematiksel analizinden, soğuma hızının başlangıçta ve kraterde, yaklaşık olarak ortadakinin iki misli olduğunu göstermiştir. Deneysel neticelerde Kihara ve Masubuchi'nin matematiksel verilerine uymaktır. Dikiş uzunluğu 35 mm nin altına inince, soğuma hızında büyük ölçüde artma olmaktadır (4).

Suzuki, Tamura, Kawana ve Hashiguchi (22), 20 mm kalınlığındaki Mn — V — Ti hafif alaşımlı ve yüksek mukavemetli yapı çelikleri üzerinde 4 mm çapındaki bazik bir elektrodla 170 Amper akım şiddetinde ve 150 mm/dak. lık bir kaynak hızı ile düz bir paso çekerek yaptığı araştırmalarda maksimum sertliğin, kaynak pasosunun hemen yanındaki iri taneli martenzitik bölgede olduğunu tespit etmiştir. Madea ve Yamazaki (23). suverilmiş ve temperlenmiş yüksek mukavemetli yapı çeliklerinde benzer araştırmalar yapmışlardır. Fakat bu iki araştırmacının kullandığı çelik, suverilmiş ve temperlenmiş cinsten olduğu için, ısının tesiri altında kalan bölgenin (A_1) çizgisine yakın kısımda küçük bir yumuşama görülmüştür.

Isının tesiri altında kalan bölgedeki soğuma hızı ile meydana gelen maksimum sertlik arasındaki bağıntı, çeliklerin kaynak kabiliyetleri için önemli bir indistir. Soğuk çatlamadaki kritik maksimum sertlik konusu, Otani (24) tarafından yapılan çalışmalarla araştırılmıştır. Otani, bu bölgedeki kritik maksimum sertliği, Tekken (25) çatlama deneyi ile incelemiştir. Yüksek mukavemetli çeliklerin Tekken deney parçasında maksimum sertlik, 350 kp/mm² Vickers'i aşınca, hemen çatlama hassasiyeti de büyük miktarda artmaktadır. Mn — Si tipi daha düşük mukavemetli çelikler için, 350 kp/mm² Vickers sertliğinde bu hassasiyet fazla değildir; fakat 350 kp/mm² nin üzerinde hemen artma meyli başlamaktadır.

Evans, Simonsen ve Augland (26) ile Granjon (27), ısının tesiri altında kalan bölgedeki soğuk çatlama meylini tespit etmek için, yüksek mukavemetli hafif alaşımlı yapı çeliklerine, kaynak esnasında dikişe dik yönde bir çekme gerilmesi tatbik edilerek yapılan «Implant Tests» i uygulamışlardır. Bu çalışmada, çatlama ile ilgili üç faktör belirlenmiştir. Bunlar da dönüşmeler, gerilmeler ve hidrojen miktarıdır. Bu faktörlerin birbirinden bağımsız olmadığı ve çatlama deneyinin, her faktörün birbirinden bağımsız olarak değiştirilmesinin gerçekleştirileceği şekilde dizayn edilmesi teklif edilmektedir (28).

3.0.0. — Deneysel Çalışmalar

3.1.0. — Malzeme

Çalışmalarda kullanılan esas malzeme %0,40 ilâ 0,50 C ihtiva eden alaşımsız karbonlu çelik levhalardır. Isının tesiri altında kalan bölgenin sertliğine, kalınlığına göre kenar etkisini saptayabilmek için çeşitli kalınlıkta ($a = 8, 16, 24$ mm) ve özellikle kaynak kabiliyeti bakımından

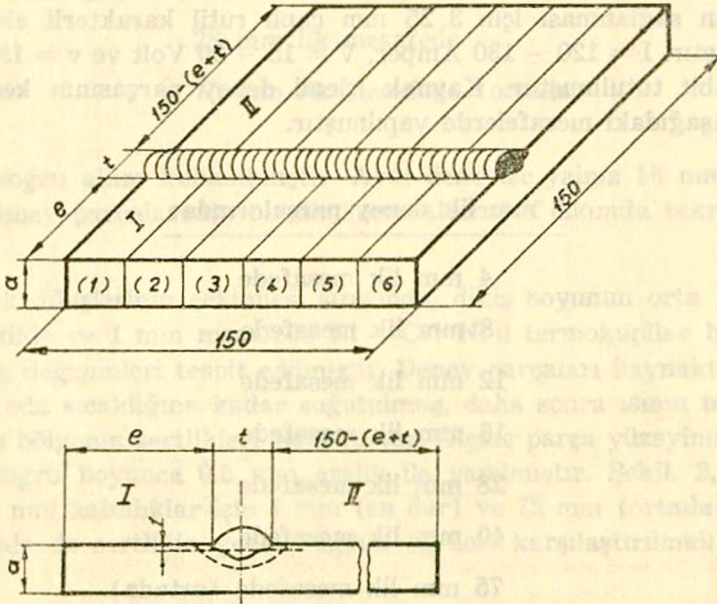
karbonu yüksek deney parçaları seçilmiş ve Tablo. 1 de karbon analizleri verilmiştir.

Tablo 1. — Deneysel parçaların karbon analizleri.

Deneysel parçaların karbon miktarı (%)		
8 (mm)	16 (mm)	21 (mm)
0,43	0,50	0,45
0,40	0,45	0,41
0,44	0,43	0,40

3.1.1. — Deneysel parçaların hazırlanması

E. A. Graville (29), ısının tesiri altında kalan bölgenin ve kaynak metalinin sertliği ile soğuma hızları arasında bir bağıntı olduğunu kabul ederek, bazı deneysel sonuçlar çıkarmış ve soğuma hızının hangi sıcaklıkta ölçülmesi lâzım geldiğini etüd etmiştir. Bu gayeyle deneylerde en az 12 inç (300 mm) genişliğinde levhalar kullanılmış ve 100°C nin altındaki sıcaklıklarda kenar etkisi olmaksızın ölçme yapmıştır. Bu esas gözönünde tutularak, araştırmada kullanılan deneysel parçasının boyutları 150x150xa olarak alınmıştır. (Şekil. 1).



Şekil 1. — Deneysel parça, boyutu ve deneysel parçasından çıkartılan kesitlerin yerleri.

Tatbikatta normal elektrik ark kaynağı ile yapılan konstrüksiyonlarda kullanılan saç kalınlıkları genellikle 8 — 10 mm nin üzerinde bulunduğundan, deneylerde en ince saç kalınlığı olarak 8 mm seçilmiştir. 24 mm lik maksimum saç kalınlığı da, seçilen minimum kalınlık 8 mm nin 3 katı ve aynı zamanda da pratikte özellikle basınçlı kapların kaynağında kullanılan 1 inç'lik kalınlığa yakın olduğundan tercih edilmiştir. Ayrıca bir de ara değer olarak minimum ve maksimum değerlerin ortası olan 16 mm alınmıştır (ki, bu kalınlık aynı zamanda minimum kalınlığın da 2 mislidir). Böylece deneyler:

$$a = 8 \times 1 = 8 \text{ mm}$$

$$a = 8 \times 2 = 16 \text{ mm}$$

$$a = 8 \times 3 = 24 \text{ mm}$$

kalınlığındaki saçlar üzerinde doğru akım kullanılarak yapılmıştır.

3.2.0. — Kaynak işlemi

Kaynak makinası olarak doğru akım generatöründen faydalanmış ve kaynak normal kutuplama ile yapılmıştır. Deneylerde geniş bir sertlik dağılımının sağlanması için 3.25 mm çaplı rutil karakterli elektrodlar kullanılmıştır. $I = 120 - 130$ Amper, $V = 15 - 20$ Volt ve $v = 18$ cm/dak olarak sabit tutulmuştur. Kaynak işlemi deney parçasının kenarından itibaren aşağıdaki mesafelerde yapılmıştır.

8 mm lik deney parçalarında:

4 mm lik mesafede

8 mm lik mesafede

12 mm lik mesafede

16 mm lik mesafede

28 mm lik mesafede

40 mm lik mesafede

75 mm lik mesafede (ortada)

16 mm lik deney parçalarında:

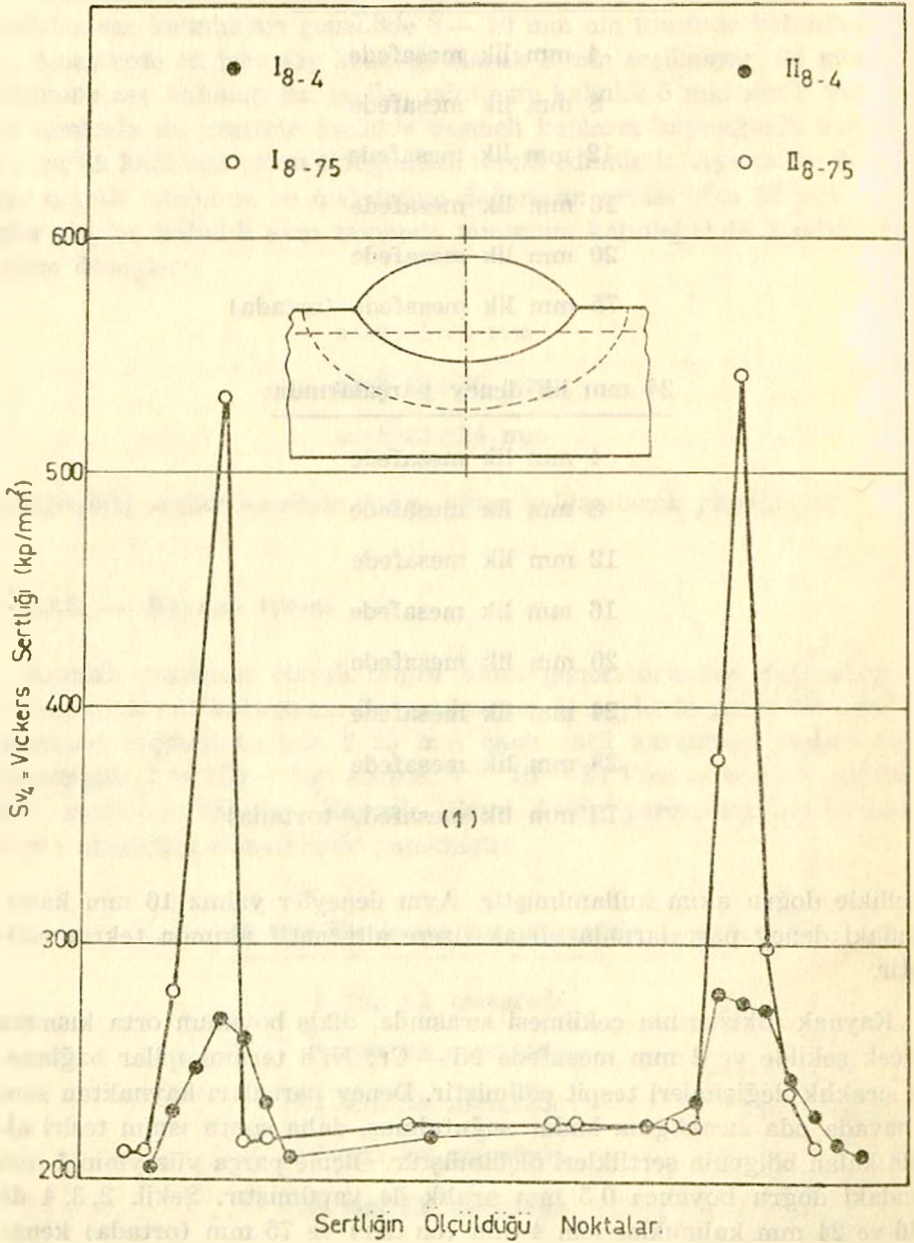
- 4 mm lik mesafede
- 8 mm lik mesafede
- 12 mm lik mesafede
- 16 mm lik mesafede
- 20 mm lik mesafede
- 75 mm lik mesafede (ortada)

24 mm lik deney parçalarında:

- 4 mm lik mesafede
- 8 mm lik mesafede
- 12 mm lik mesafede
- 16 mm lik mesafede
- 20 mm lik mesafede
- 24 mm lik mesafede
- 28 mm lik mesafede
- 75 mm lik mesafede (ortada)

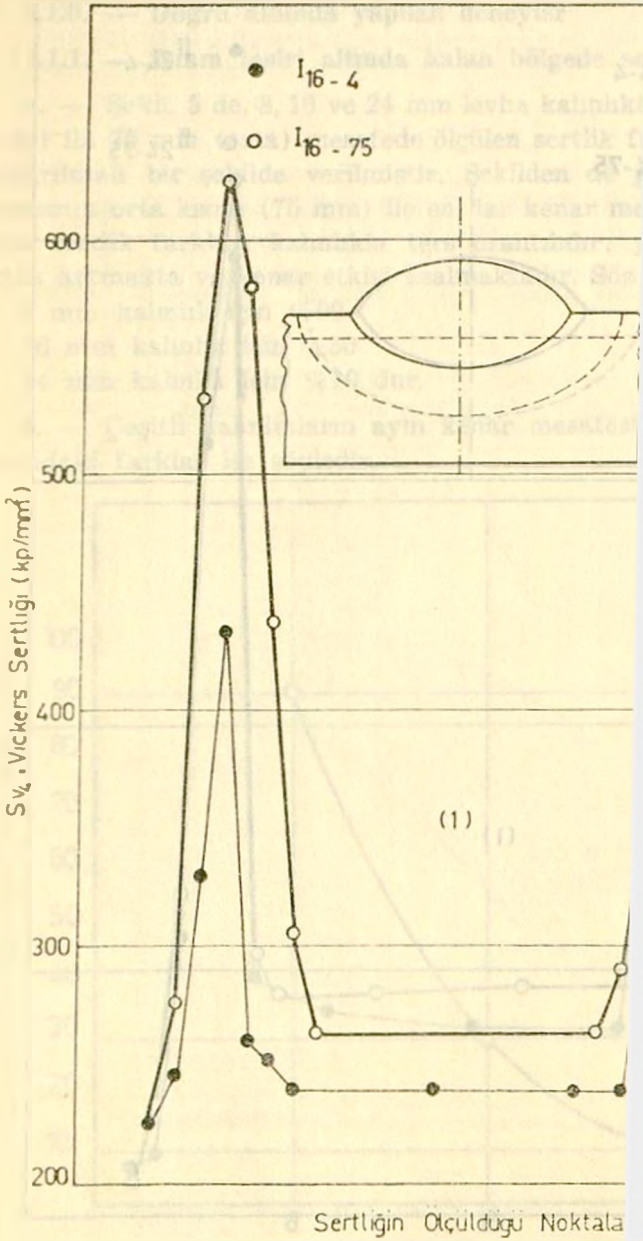
genellikle doğru akım kullanılmıştır. Aynı deneyler yalnız 16 mm kalınlığındaki deney parçalarında olmak üzere alternatif akımda tekrar edilmiştir.

Kaynak dikişlerinin çekilmesi sırasında, dikiş boyunun orta kısmına gelecek şekilde ve 1 mm mesafede Ni — Cr; Ni'li termokupllar bağlanarak sıcaklık değişimleri tespit edilmiştir. Deney parçaları kaynaktan sonra havada oda sıcaklığına kadar soğutulmuş, daha sonra ısının tesiri altında kalan bölgenin sertlikleri ölçülmüştür. Ölçme parça yüzeyinin 1 mm altındaki doğru boyunca 0,5 mm aralık ile yapılmıştır. Şekil. 2, 3, 4 de 8, 16 ve 24 mm kalınlıklar için 4 mm (en dar) ve 75 mm (ortada) kenar mesafelerinde de sertliğin genel dağılım eğrileri karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

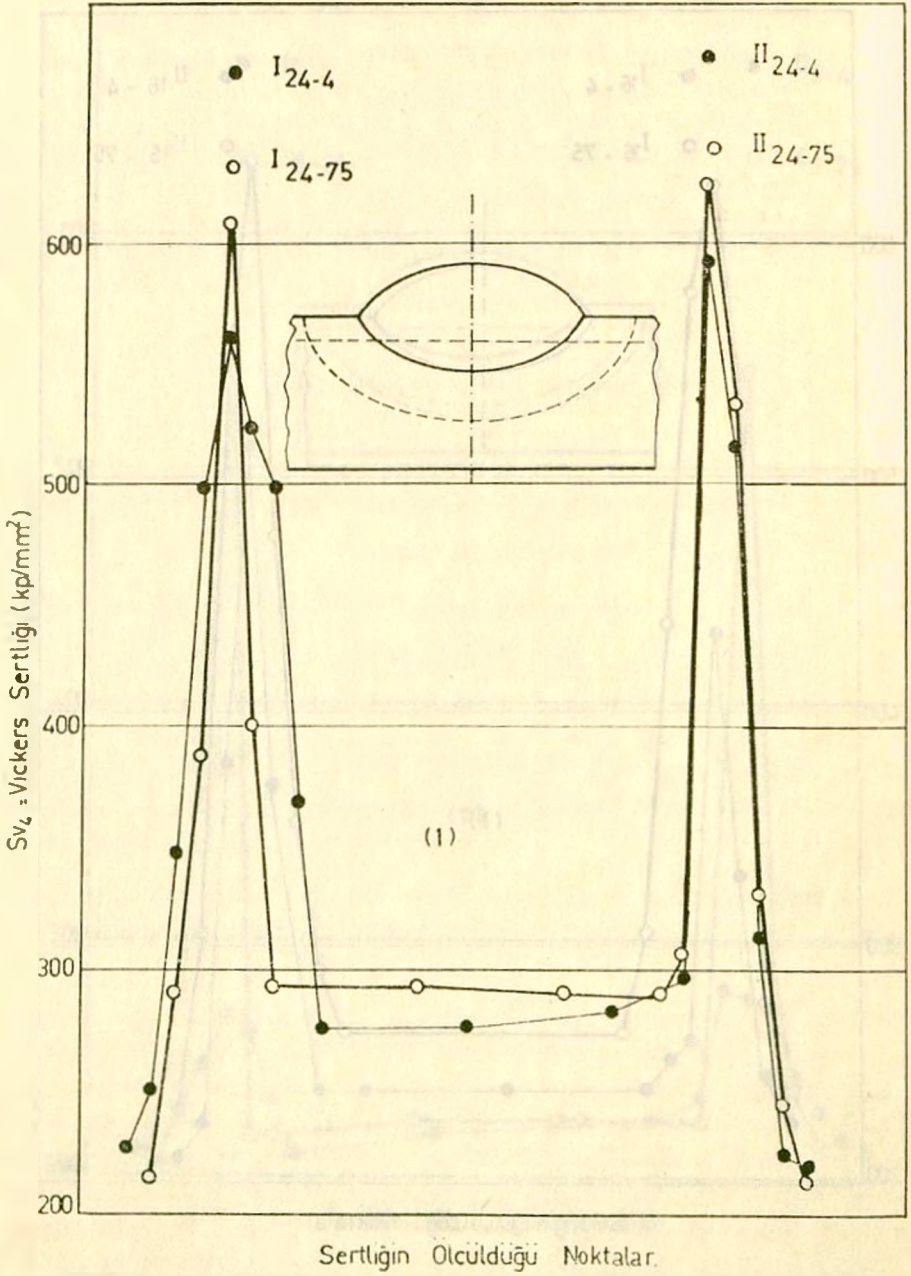


Şekil 2. — 8 mm levha kalınlığı için 4 mm (en dar) ve 75 mm (ortada) kenar mesafelerinde sertliğin genel dağılım eğrileri.

Isının Tesiri Altında Kalan Bölgenin Maksimum Sertliğine K



Şekil 3. — 16 mm levha kalınlığı için 4 mm (en da sertliğin genel dağılım eğrileri.



Şekil 4. — 24 mm levha kalınlığı için 4 mm (en dar) ve 75 mm (ortada) kenar mesafelerinde sertliğin genel dağılım eğrileri.

4.0.0. — Deney sonuçlarının irdelenmesi

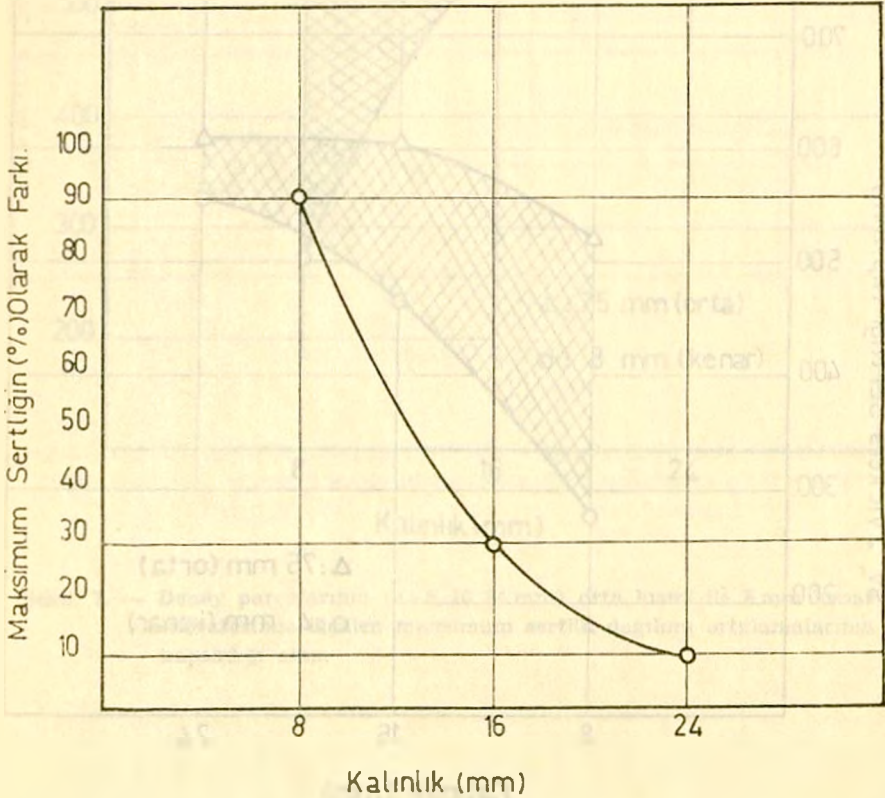
4.1.0. — Doğru akımda yapılan deneyler

4.1.1. — Isının tesiri altında kalan bölgede sertliğin genel dağılımı

a. — Şekil. 5 de, 8, 16 ve 24 mm levha kalınlıkları için 4 mm (en dar kenar) ilâ 75 mm (orta) mesafede ölçülen sertlik farkları % olarak karşılaştırılmalı bir şekilde verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi deney parçasının orta kısmı (75 mm) ile en dar kenar mesafesinde (4 mm) ölçülen sertlik farkları kalınlıkla ters orantılıdır; yani kalınlık arttıkça sertlik artmakta ve kenar etkisi azalmaktadır. Söz konusu farklar:

- 8 mm kalınlık için %90
- 16 mm kalınlık için %30
- 24 mm kalınlık için %10 dur.

b. — Çeşitli kalınlıkların aynı kenar mesafesi için sertlik değerleri arasındaki farklar ise şöyledir.



Şekil 3. — 8, 16, 24 mm levha kalınlıklarında en dar (4 mm) kenarı ile ortada (75 mm) ölçülen maksimum sertlik farklarının yüzde olarak karşılaştırılması.

4 mm kenar mesafesi için:

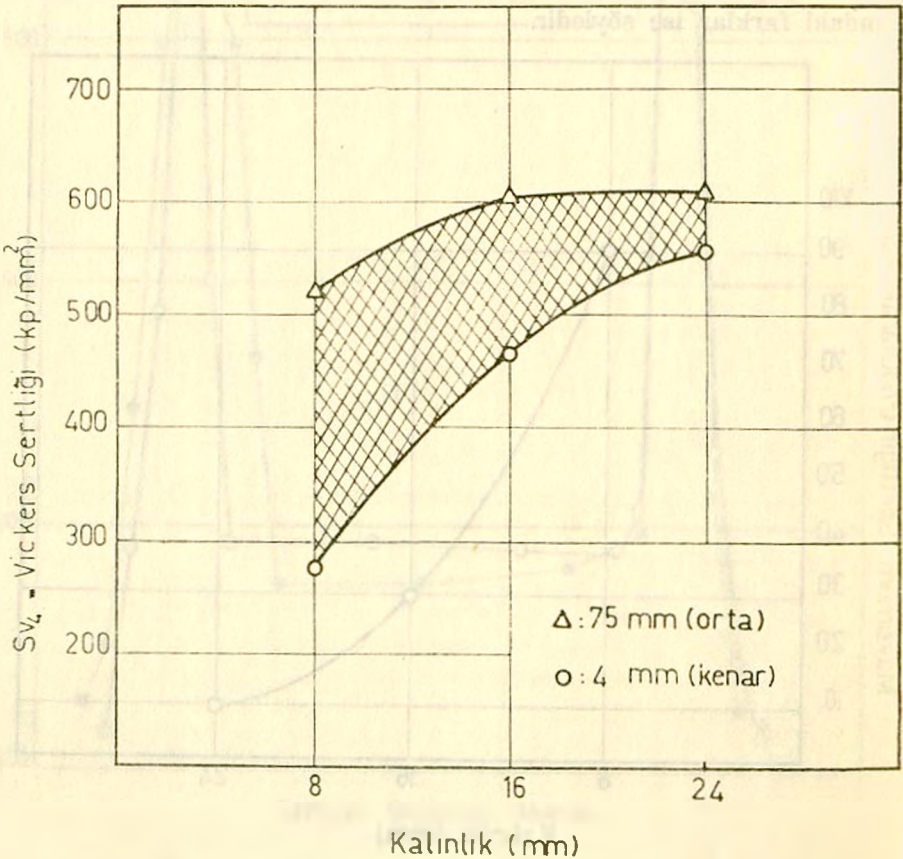
8 ve 16 mm kalınlıklar arasındaki maksimum sertlik değerlerinin artışı %70, 8 ve 24 mm kalınlıklar arasındaki maksimum sertlik değerlerinin artışı %20 olmuştur.

75 mm mesafede (orta) ise:

8 ve 16 ile 8 ve 24 mm kalınlıklar arasındaki maksimum sertlik değerlerinin artışı %20, yani 16 mm ilâ 24 mm arasındaki maksimum sertlik değerlerinin artışı bakımından herhangi bir fark yoktur.

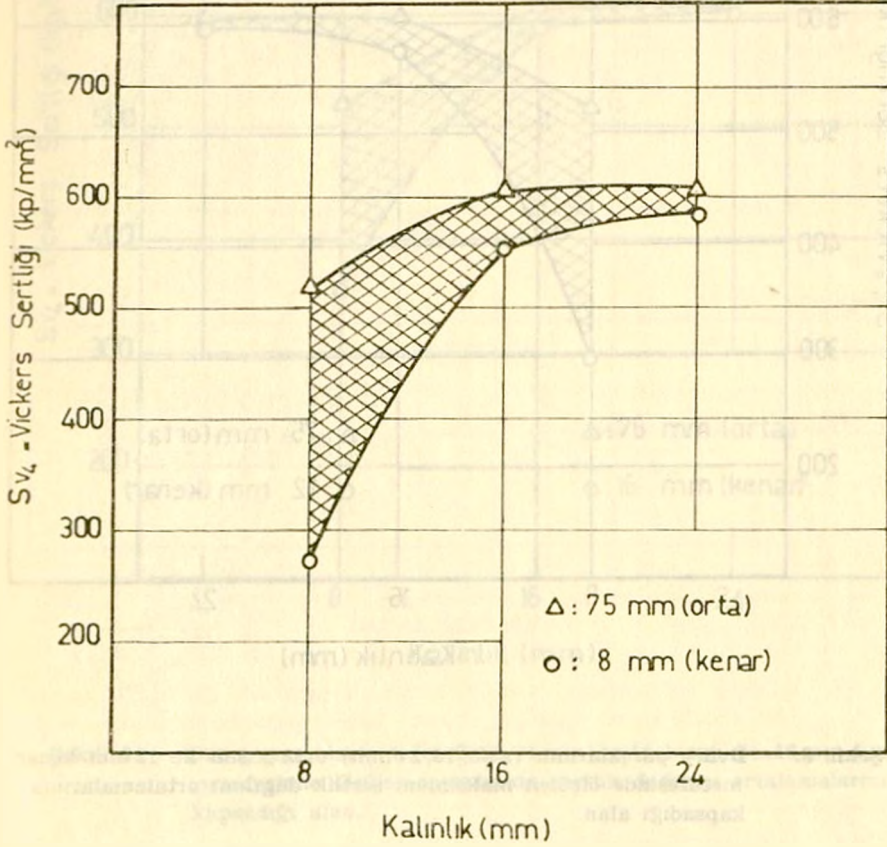
4.1.2. — Isının tesiri altında kalan bölgede maksimum sertlik dağılımları

Şekil. 6, 7, 8, 9, 10 da deney parçalarının ($a = 8, 16, 24$ mm) orta (75 mm) kısmı ile ortak ölçümünün yapıldığı çeşitli kenar mesafelerinde

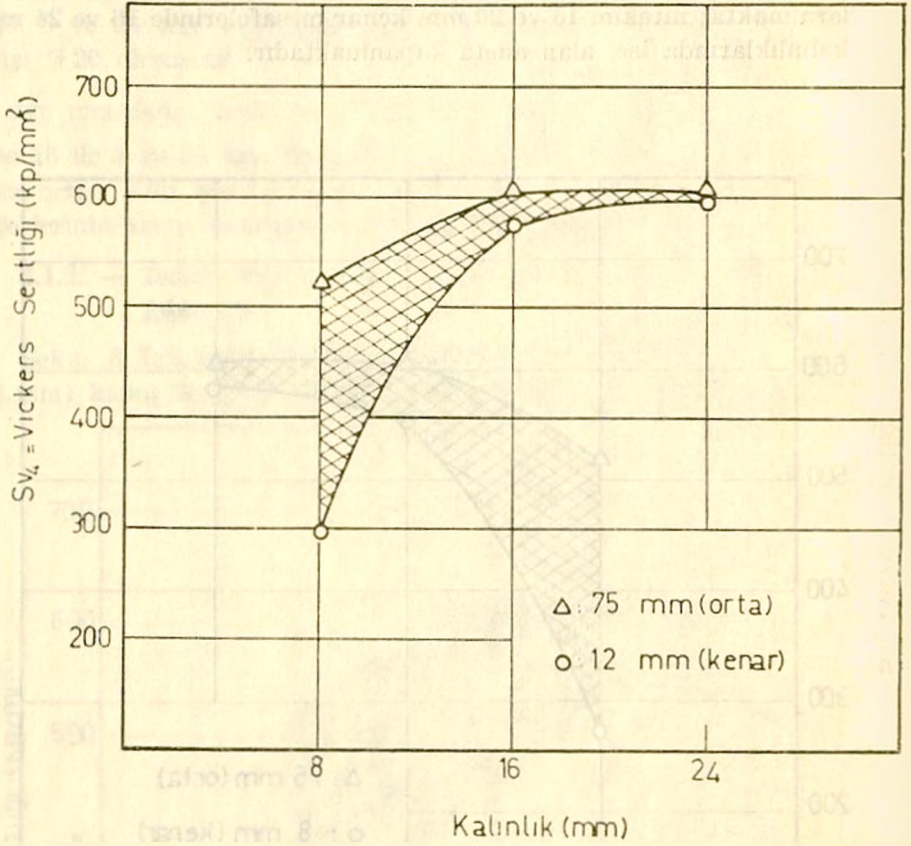


Şekil. 6. — Deney parçalarının ($a=8, 16, 24$ mm) orta kısmı ile 4 mm kenar mesafesinde ölçülen maksimum sertlik dağılımı ortalamalarının kapsadığı alan.

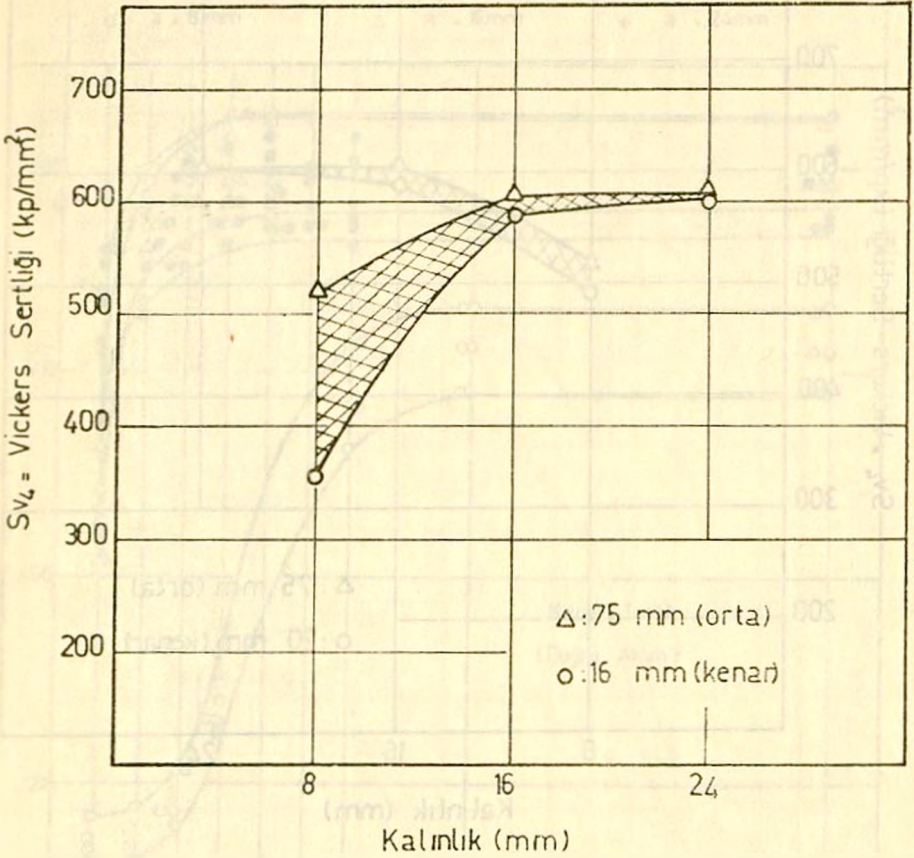
($e = 4, 8, 12, 16, 20$) ölçülen maksimum sertlik dağılımı ortalamalarının kapsadığı alanlar verilmiştir. Bu alanlar kenar mesafesi ve kalınlık arttıkça daralmakta; nitekim 16 ve 20 mm kenar mesafelerinde 16 ve 24 mm levha kalınlıklarında ise, alan adetâ kapanmaktadır.



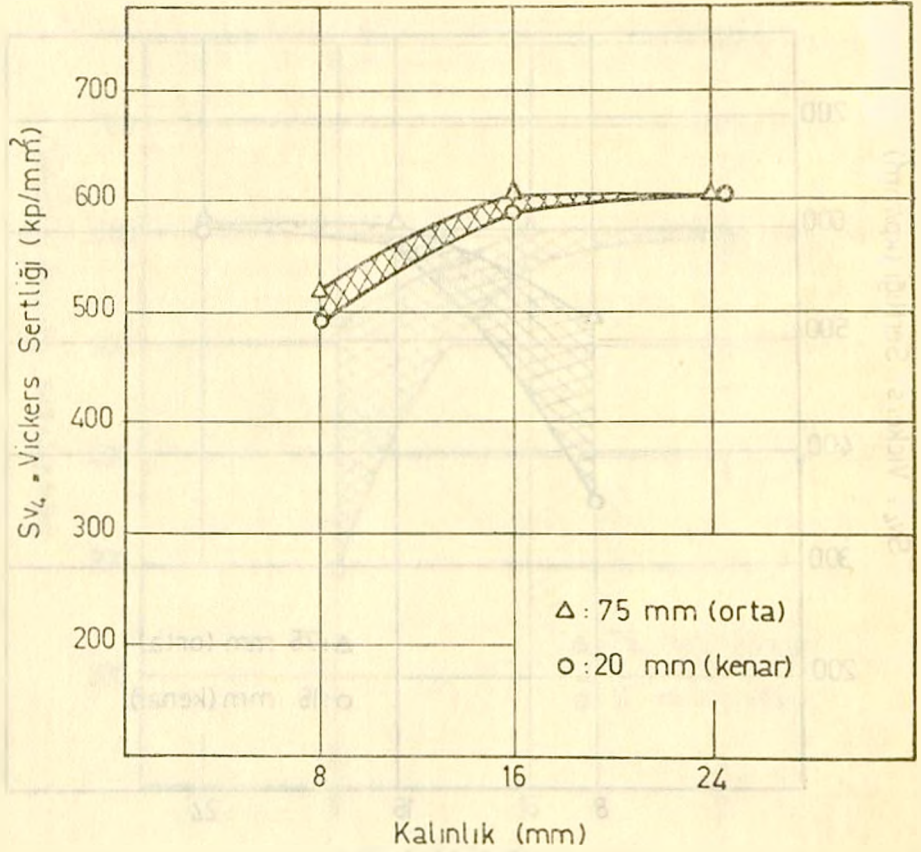
Şekil. 7. — Deney parçalarının ($a=8, 16, 24$ mm) orta kısmı ile 8 mm kenar mesafesinde ölçülen maksimum sertlik dağılımı ortalamalarının kapsadığı alan.



Şekil. 8. — Dency parçalarının ($a=8, 16, 24$ mm) orta kısmı ile 12 mm kenar mesafesinde ölçülen maksimum sertlik dağılımı ortalamalarının kapsadığı alan.



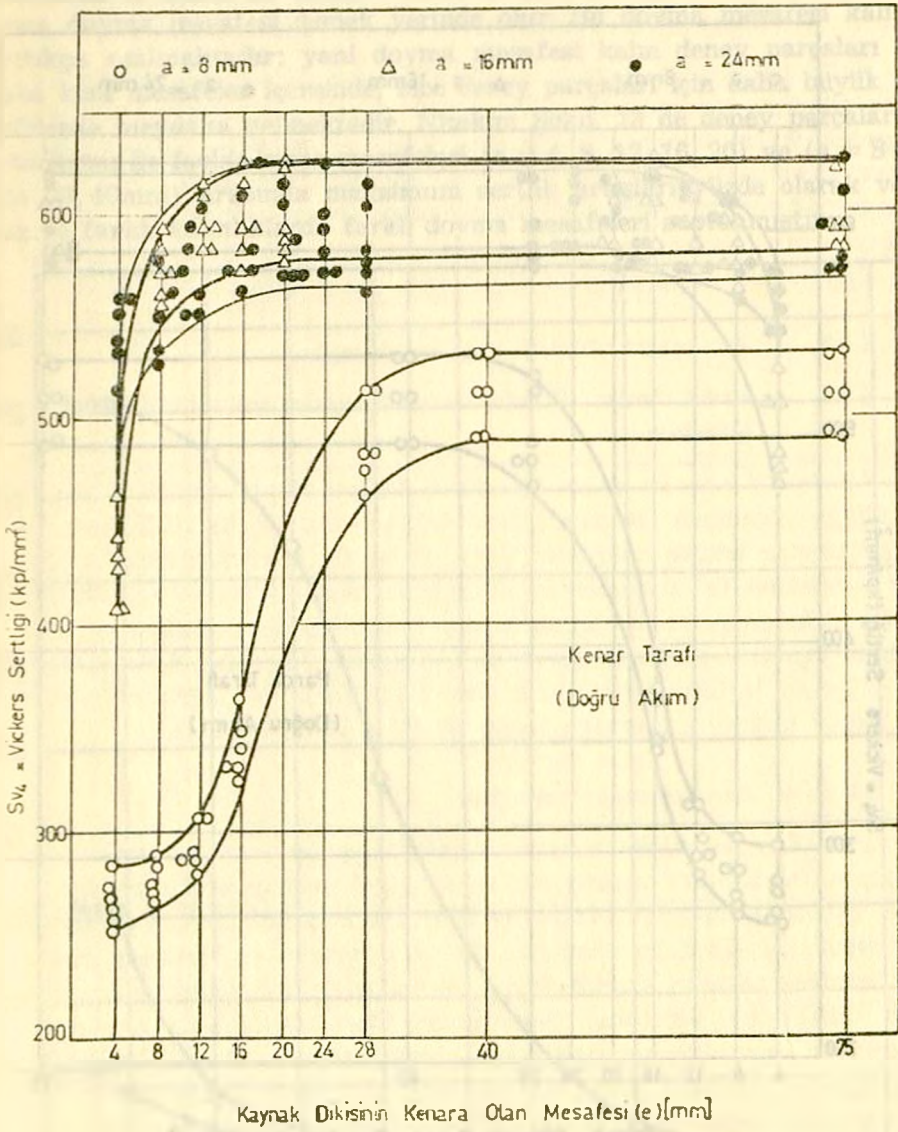
Şekil. 9. — Deney parçalarının ($a=8, 16, 24$ mm) orta kısmı ile 16 mm kenar mesafesinde ölçülen maksimum sertlik dağılımı ortalamalarının kapsadığı alan.



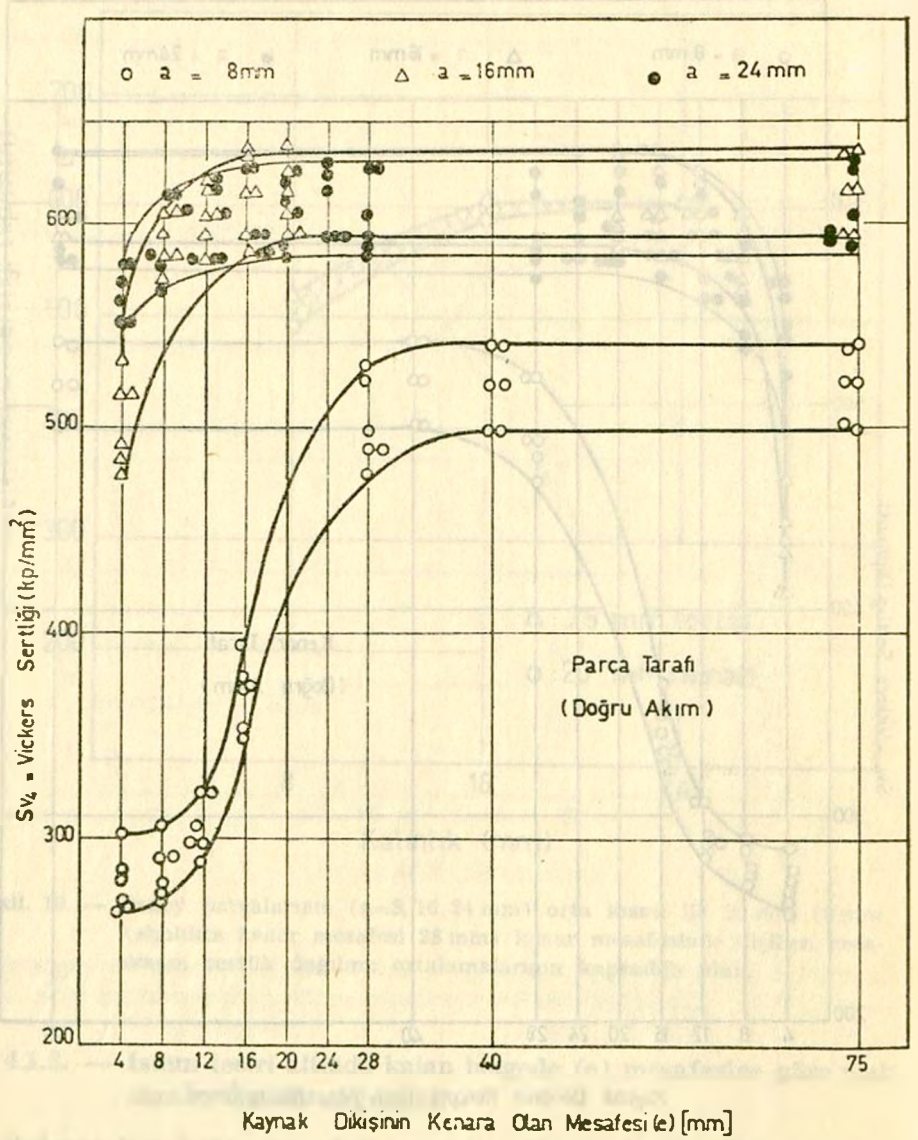
Şekil. 10. — Deney parçalarının ($a=8, 16, 24$ mm) orta kısmı ile 20 mm (8 mm kalınlıkta kenar mesafesi 28 mm) kenar mesafesinde ölçülen maksimum sertlik dağılımı ortalamalarının kapsadığı alan.

4.1.3. — Isının tesiri altında kalan bölgede (e) mesafesine göre maksimum sertlik dağılımları

Soğuma hızı kenar mesafesi arttıkça yükselmektedir. Belirli bir kenar mesafesinden sonra soğuma hızı artık kenar mesafesine bağlı kalmamaktadır. Şekil. 11 ve 12 de 8, 16, 24 mm kalınlıklardaki deney parçalarının (e) mesafesinin fonksiyonu olarak (kenar ve parça tarafının) maksimum sertlik dağılımlarının kapsadığı alanlar verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere maksimum sertlik değerleri kenar mesafesine bağlı olarak

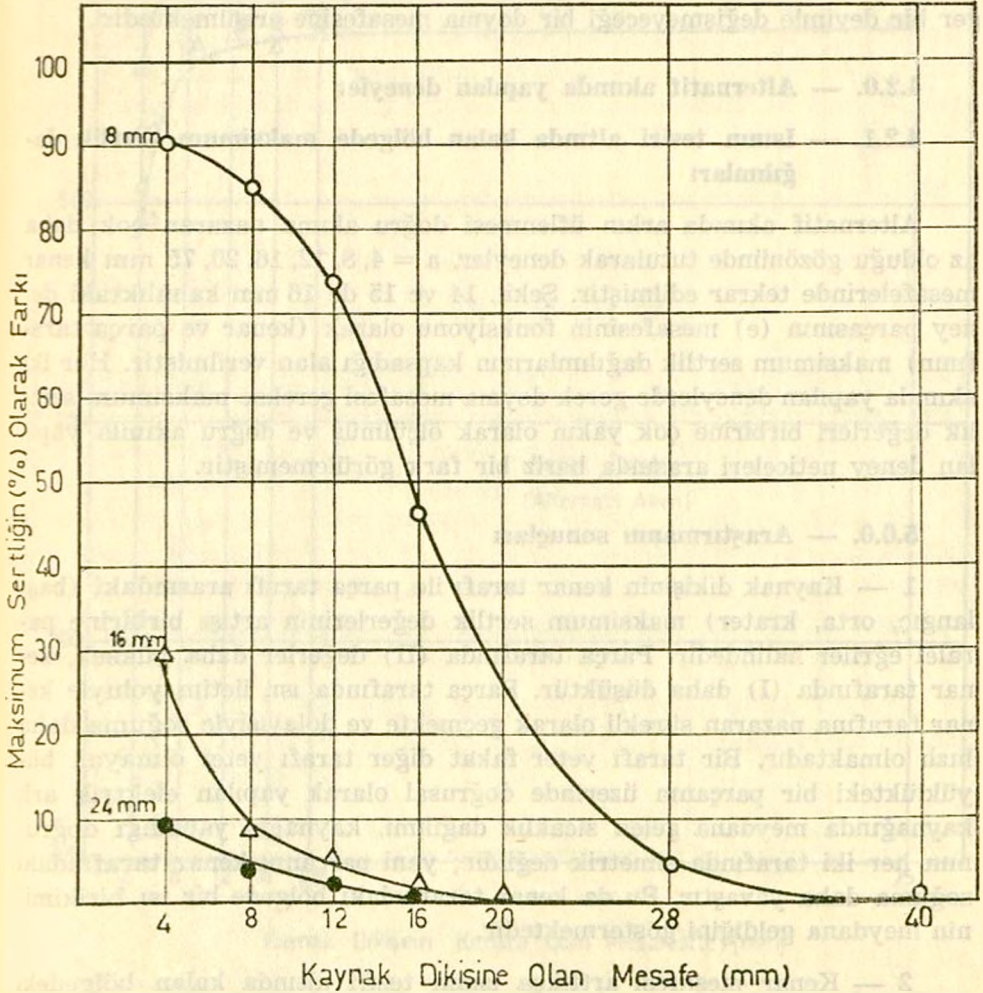


Şekil. 11. — 8, 16, ve 24 mm kalınlıklardaki deney parçalarında (e) mesafesinin fonksiyonu olarak (kenar tarafının) maksimum sertlik dağılımlarının kapsadığı alanlar.



Şekil. 12. — 8, 16 ve 24 mm kalınlıklarındaki deney parçalarında (e) mesafesinin fonksiyonu olarak (parça tarafının) maksimum sertlik dağılımlarının kapsadığı alanlar.

artmakta ve belirli bir kenar mesafesinden sonra artık değişmemektedir. Buna doyma mesafesi demek yerinde olur. Bu doyma mesafesi kalınlık arttıkça azalmaktadır; yani doyma mesafesi kalın deney parçaları için daha kısa mesafeler içersinde, ince deney parçaları için daha büyük mesafelerde meydana gelmektedir. Nitekim Şekil. 13 de deney parçalarının orta kısmı ile farklı kenar mesafeleri ($e = 4, 8, 12, 16, 20$) ve ($a = 8 \text{ mm}$ için $28, 40 \text{ mm}$) arasında maksimum sertlik artışları yüzde olarak verilmiş ve farklı kalınlıklarda farklı doyma mesafeleri saptanmıştır.



Şekil. 13. — Deney parçalarının orta kısmı ile çeşitli kenar mesafeleri arasındaki maksimum sertlik artışları (%) (parametre: kalınlık)

4.1.4. — Isının tesiri altında kalan bölgede kalınlığa göre maksimum sertlik dağılımları

Kalın parçalarda doyma mesafesine daha çabuk erişilmektedir. Kalınlık arttıkça, soğuma hızı ve buna bağlı olarak ısının tesiri altında kalan bölgedeki maksimum sertlik değerleri de artmaktadır. 8 mm kalınlığındaki deney parçalarında 40 mm; 16 mm kalınlığındaki deney parçalarında 20 mm; 24 mm kalınlığındaki deney parçalarında ise 16 mm kenar mesafesinde maksimum sertlik değerlerinin artık yükselmeyeceği veya diğer bir deyimle değişmeyeceği bir doyma mesafesine erişilmektedir.

4.2.0. — Alternatif akımda yapılan deneyler

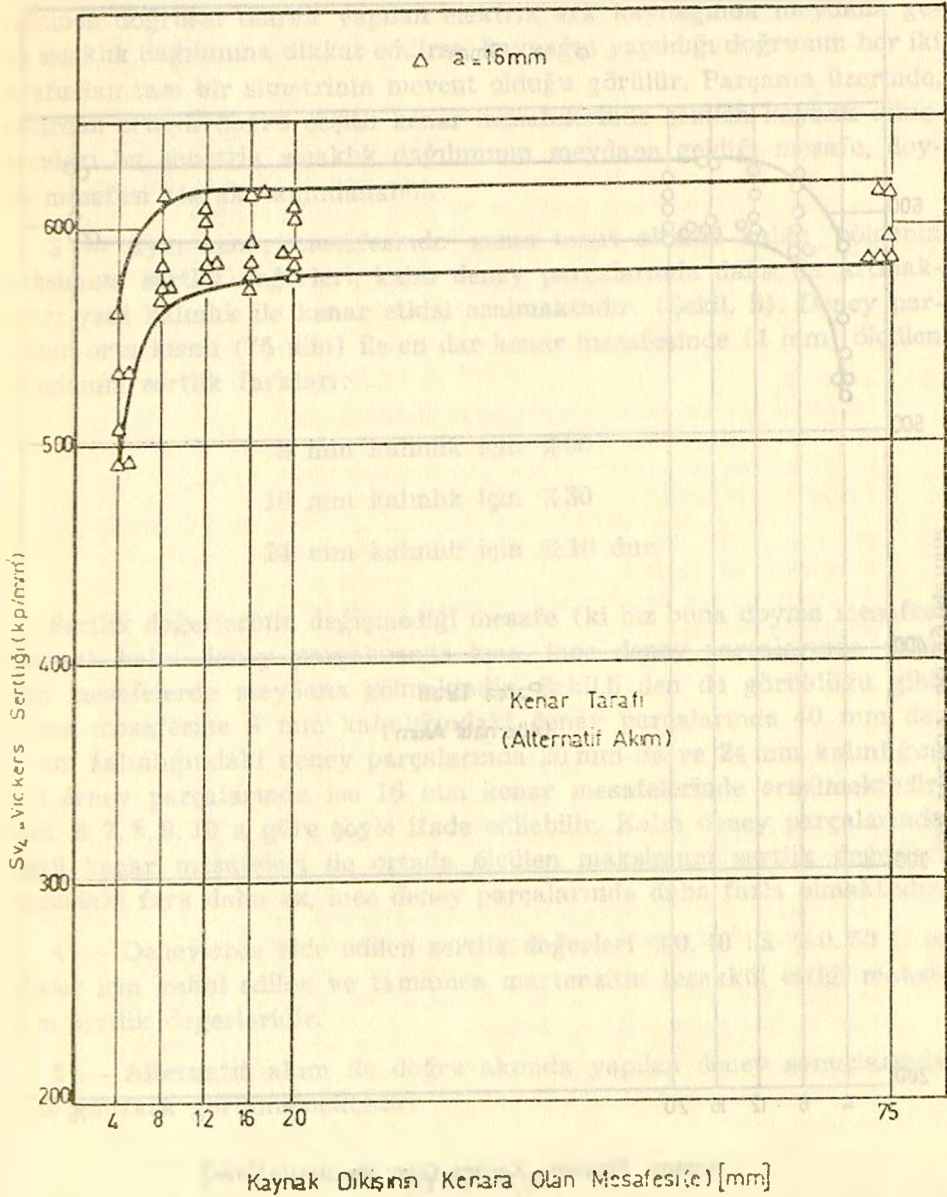
4.2.1. — Isının tesiri altında kalan bölgede maksimum sertlik dağılımları

Alternatif akımda arkın üflenmesi doğru akıma nazaran çok daha az olduğu gözönünde tutularak deneyler, $a = 4, 8, 12, 16, 20, 75$ mm kenar mesafelerinde tekrar edilmiştir. Şekil. 14 ve 15 de 16 mm kalınlıktaki deney parçasının (e) mesafesinin fonksiyonu olarak (kenar ve parça tarafının) maksimum sertlik dağılımlarının kapsadığı alan verilmiştir. Her iki akımda yapılan deneylerde gerek doyma mesafesi gerekse maksimum sertlik değerleri birbirine çok yakın olarak ölçülmüş ve doğru akımla yapılan deney neticeleri arasında bariz bir fark görülememiştir.

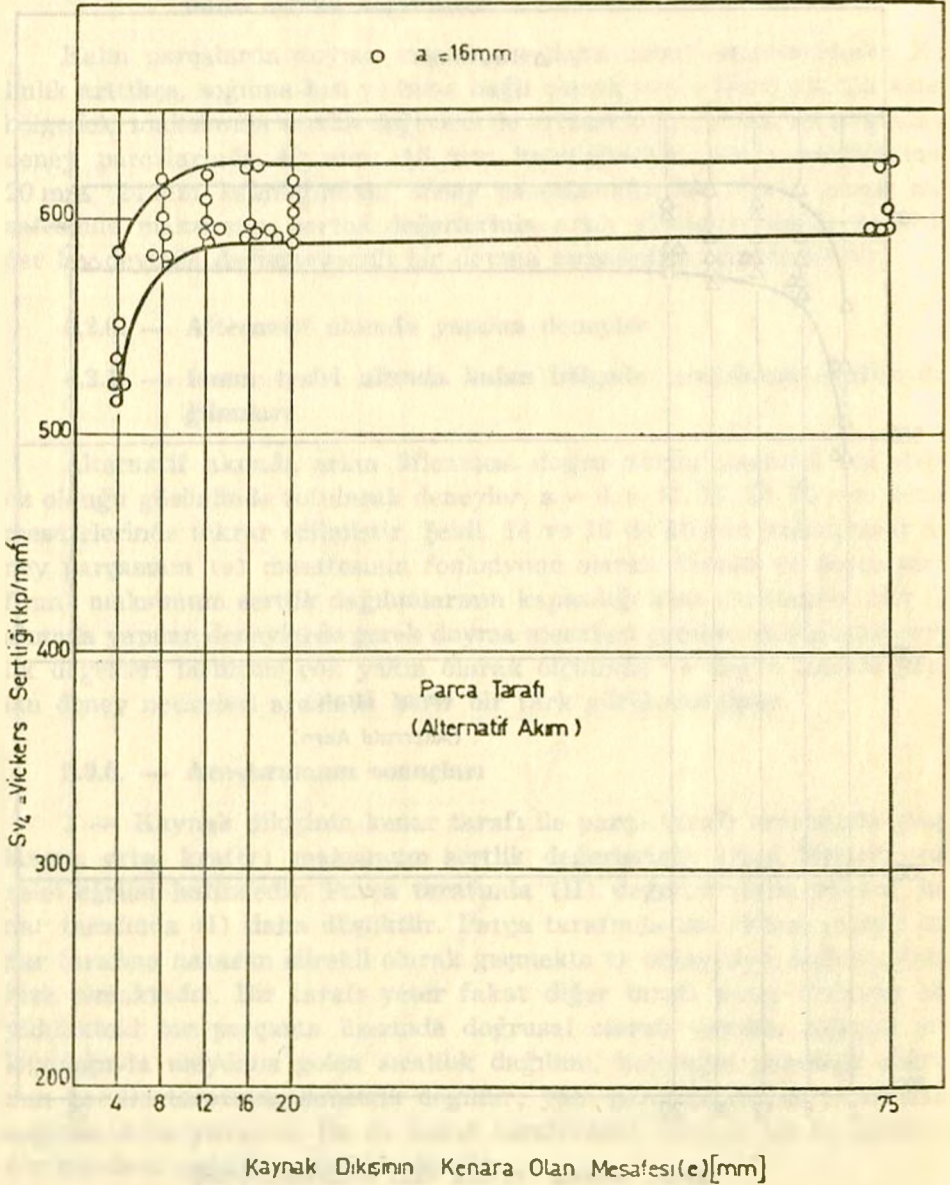
5.0.0. — Araştırmanın sonuçları

1 — Kaynak dikişinin kenar tarafı ile parça tarafı arasındaki (başlangıç, orta, krater) maksimum sertlik değerlerinin artışı birbirine paralel eğriler halindedir. Parça tarafında (II) değerler daha yüksek, kenar tarafında (I) daha düşüktür. Parça tarafında ısı, iletim yoluyla kenar tarafına nazaran sürekli olarak geçmekte ve dolayısıyla soğuma daha hızlı olmaktadır. Bir tarafı yeter fakat diğer tarafı yeter olmayan büyüklükteki bir parçanın üzerinde doğrusal olarak yapılan elektrik ark kaynağında meydana gelen sıcaklık dağılımı, kaynağın yapıldığı doğruyunun her iki tarafında simetrik değildir; yani parçanın kenar tarafındaki soğuma daha yavaştır. Bu da kenar tarafındaki bölgede bir ısı birikiminin meydana geldiğini göstermektedir.

2 — Kenar mesafesi arttıkça ısının tesiri altında kalan bölgedeki maksimum sertlik değerleri de artmaktadır. Belirli bir kenar mesafesinden sonra sertlik değerleri artık kenar mesafesine bağlı kalmamaktadır.



Şekil. 14. — 16 mm kalınlığındaki deney parçasında (c) mesafesinin fonksiyonu olarak (kenar tarafının) maksimum sertlik dağılımlarının kapsadığı alan.



Şekil. 15. — 16 mm kalınlığındaki deney parçasında (e) mesafesinin fonksiyonu olarak (parça tarafının) maksimum sertlik dağılımlarının kapsadığı alan.

(Doyma mesafesi). Her iki tarafı yeter büyüklükteki bir parçanın orta kısmında doğrusal olarak yapılan elektrik ark kaynağında meydana gelen sıcaklık dağılımına dikkat edilirse, kaynağın yapıldığı doğrunun her iki tarafından tam bir simetrisinin mevcut olduğu görülür. Parçanın üzerinde, kenardan ortaya doğru çeşitli kenar mesafelerinde çekilen kaynak dikişlerindeki bu simetrik sıcaklık dağılımının meydana geldiği mesafe, doyma mesafesi olarak tanımlanabilir.

3 — Aynı kenar mesafesinde ısının tesiri altında kalan bölgenin maksimum sertlik değerleri, kalın deney parçalarında daha da artmaktadır; yani kalınlık ile kenar etkisi azalmaktadır. (Şekil. 5). Deney parçasının orta kısmı (75 mm) ile en dar kenar mesafesinde (4 mm) ölçülen maksimum sertlik farkları:

8 mm kalınlık için %90

16 mm kalınlık için %30

24 mm kalınlık için %10 dur.

Sertlik değerlerinin değişmediği mesafe (ki biz buna doyma mesafesi diyoruz) kalın deney parçalarında kısa, ince deney parçalarında daha uzun mesafelerde meydana gelmektedir. Şekil.5 den de görüldüğü gibi, doyma mesafesine 8 mm kalınlığındaki deney parçalarında 40 mm de; 16 mm kalınlığındaki deney parçalarında 20 mm de ve 24 mm kalınlığındaki deney parçalarında ise 16 mm kenar mesafelerinde erişilmektedir. Şekil. 6, 7, 8, 9, 10 a göre şöyle ifade edilebilir. Kalın deney parçalarında çeşitli kenar mesafeleri ile ortada ölçülen maksimum sertlik değerleri arasındaki fark daha az, ince deney parçalarında daha fazla olmaktadır.

4 — Deneylerde elde edilen sertlik değerleri %0. 40 ilâ %0. 50 C lu çelikler için kabul edilen ve tamamen martenzitin teşekkül ettiği maksimum sertlik değerleridir.

5 — Alternatif akım ile doğru akımda yapılan deney sonuçlarında bariz bir fark görülmemektedir.

LİTERATÜR

- (1) ANIK, S.
«Kaynak Tekniği (Cilt III)»
İ.T.Ü. Kütüphanesi. Sayı 1030, 1975.

- (2) ANIK, S.
«Haerte verlauf in der Waermebeeinflussten Zone
bei der Lichtbogenschweissung von Baustaehlen»
Technische Rundschau (Bern), 7 Januar, 1966. Nr. 1.
- (3) ANIK, S.
«Hardness distribution in the Weld the heat affect-
ed zone of heat treated high strength steels»
Doc. No. IX - 512 - 66; Doc. No. II - 402 - 66; Doc. No. II - A - 188 - 66
Meeting of International Institute of Welding in Delft at 1966.
- (4) KĪHARA, H. - SUZUKĪ, H. - TAMURA, H.
«Researches on weldable high strength steels»
The Society of Naval Architects of Japan, Tokyo,
1957.
- (5) ANIK, S.
«Elektrik ark kaynağında ısının tesiri altında kalan
bölge üzerinde yapılan bir etüd».
İ.T.Ü. Makina Malzemesi ve İmal Usulleri Enstitüsü
Yayını No. 36, 1973
- (6) The Report (IX - 25 - 53) of the Commission IX on
Weldability of the IIW.
«Ordinary Carbon or Low Alloy Carbon - Manganese
Structural Steels»
Trans. of the Institute of Welding, Vol. 16, No. 3.,
June, 1953.
- (7) RUGE, J.
«Handbuch der Schweisstechnik»
Springer - Verlag, 1974
- (8) Rapport Annuel de la Commission IX (Doc. IX - 914 - 74).
Institut International de la Soudure.
- (9) «L'influence des differents procedes de soudage
sur les caracteristiques de la zone thermiquement
affectee»
Doc. IX - 910 - 74.
Institut International de la Soudure
- (10) DEARDAN, J. - O'NEILL, H.
«Guide to the selection of Low - Alloy Structural
Steels»
Trans. Institute of Weld, Oct. 1940.
- (11) KĪHARA, H - SUZUKĪ, H - OTANĪ, M - TAMURA, H.
«Research and Application of Welding in Japan»
The Japan Welding Society, Tokyo, 1969.
p. 121 - 156.
- (12) ANIK, S.
«Karbon eşdeğeri ne demektir?»
O. Kaynak Tekniği, K. T., 1966.

- (13) KIHARA, H - SUZUKI, H - KANATANI, F.
 «Weld Hardning of High Strength Steels and
 Predition of optimum Welding Conditions»
 Trans. of Nat. Res. Ins for Met. 1 (1959) No. 1
- (14) SIMS, C. E. - BANTA, H. M.
 «Development of Weldable High Strength Steels»
 The Welding Journal, 28 (4), 1949.
- (15) ITO, Y. - BESSYO, K.
 IIW. Doc. IX - 576 - 68.
 International Institute of Welding.
- (16) EDSON, A.
 «Schwelssnahthaertung und Stahlzusammensetzung»
 Metal and Alloys, 15 (1942). s. 966.
- (17) KIHARA, H. - SUZUKI, H. - KANATANI, H.
 «Studies on Weld Hardning of Steel»
 The Journal of JWS, Vol. 26, No. 2, 1957.
- (18) HESS, W.F. - MERRILL, L.L. - NIPPES - BUNK, A.P.
 «The Measurement of cooling Rates Associated
 with Arc Welding and Their Application to the
 Selection of Optimum Conditions»
 The Weld. Journal, 22 (9), 1943.
- (19) SUZUKI, O. - KOBAYASHI, T.
 «Studies on Weldability of Low Manganese High
 Tensile - Strength Steels»
 The Journal of JWS, Vol. 24. No. 12, 1955.
- (20) «Study on Weldable Higher Strength Steels
 for shipbullding»
 The 33 rd. Research Commitee of the SRA of Japan 1956.
- (21) KIHARA, H. - MASUBUCH, K.
 «Effect of Welding Conditions on Weld Hardness
 of Heat Affected Zone in Steels»
 The Journal of JWS, Vol 25, No. 25, 1956.
- (22) SUZUKI, H. - TAMURA, H. - KAWANA, Y. - HASHIGUCHI
 «A Metallurgical Study on the Weld Heat Affected
 Zone in Steel with a Reproducing Apparatus for
 Weld Thermal Cycles»
 The Journal of JWS, Vol. 26, No. 2. and 5, 1957.
- (23) MADEA, T. - YAMAZAKI, V.
 «Weldability Test of T - 1 Steel»
 The Welding Review, Vol. 4, No. 10, 1956.
- (24) OTANI, M.
 «Crack Test Structural High Tensile Mn—Si
 Steels by Slot Type Specimen»
 The Journal of JWS. Vol. 25, No. 5, 1956.

- (25) ANIK, S.
«Çatlama meyllini tespit etme usullerine genel bir bakış»
O. Kaynak Tekniği, K.T.4, 1967.
- (26) EVANS, G.M. - SIMONSEN, T. - AUGLAND, B.
«Implant Weldability Testing of Carbon manganese Steels»
IIW - Doc. IX - 698 - 70
International Institute of Welding
- (27) GRANJON, H.
«The Implant Method for Studying the Weldability of High Strength Steels»
Metal Construction and British Welding Journal 1 (1969)
- (28) EVANS, G.M.
«Implant Weldability Testing of Carbon - Manganese Steels»
Metal Construction and British Welding Journal,
March 1970.
- (29) GRAVILLE, B.A.
«Weld Cooling Rates and Heat - Affected Zone Hardness in a Carbon Steel»
Supplement to the Welding Journal, September 1973.