

## V — KAYNAKLARIN GAZ ABSORPSİYONU

Bu bölümde kaynağın en önemli sorunlarından biri olan erimiş metal tarafından gazların, ezcümle havanın oksijen ve azotunun ve örtü malzemesinin hidrojeninin absorpsiyonu konusunu özetleyeceğiz.

### A) OKSİJEN ABSORPSİYONU

Oksijen ya erimiş halde, veya tek veya başka oksitlerle bileşik halde demir oksidi şeklinde bulunur. Erimiş halde, bazı mekanik karakteristikleri etkiler; oksit şeklinde, metalin bünyesine dahil olup «tok»luğuna ve birleşmenin şekil değiştirme kabiliyetine (kırılganlık, büzülme) tesir eder.

Demir-oksijen sistemi etüd edilecek olursa üç çeşit demir oksitinin varlığı görülür:

- Ferrö oksit, % 22,2 oksijenli FeO
- Ferrik oksit, % 30,0 oksijenli Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (hematit de denir)
- magnetik oksit, % 27,6 oksijenli Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>

FeO, 579°C'in altında stabildir. Buna karşılık Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ferrik oksit 1000°C'm üstünde hızla ayrışır. Keza 1000°C civarında Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> magnetik oksit de ayrışıp hematit hasil eder.

a) oksi-asetilen kaynağında:

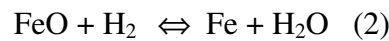
Bir «normal alev» (= 1,1 ilâ 1,3) ile yapılan oksi-asetilen kaynaklarındaki oksijen oranları % 0,03 ilâ 0,05, yani ortalama % 0,20 FeO olup bu miktar 900°C'ta oksijenin saf demir içindeki doymuşluğuna tekabül eder. Sıvı halde ise absorbe edilen (massedilen) oksijen miktarının çok daha fazla olacağı muhakkaktır

«Normal» alevin yanma ürünleri redükleme bölgesinde 3100°C sıcaklıkla aşağı yukarı şöyledir:

$$CO = \%60, \quad H_2 = \% 20, \quad H = \%20$$

Oksi-asetilen alevinin etkisi iki türlüdür:

— redükleyici bir atmosferle katılaşmakta olan metalin korunması;



reaksiyonlarıyla oksitlerin redüklenmesi.

(1) reaksiyonuna göre alevin redükleyici bölgesinde eser miktarda CO<sub>2</sub> bulunur; bu itibarla C, % 0,80'den açık şekilde fazladır.

$$C = \frac{CO}{CO + CO_2} \geq 0,80$$

(2) reaksiyonuna gelince, sıcaklık artınca hidrojenle redükleme çok daha etkilidir. Atomik hidrojenin varlığı (% 20) oksi-asetilen alevinin redükleme kabiliyetini daha da artırır.

Bilindiği gibi oksi-asetilen alevinin  $a = \frac{CO_2}{C_2H_2}$  Oksijen-asetilen oranının 1,1 ile 1,3

arasında olması halinde redükleyici alev elde edilir;  $a > 1,5$  olursa alev oksitleyici olur;  $a < 1$  ise alev karbürleyicidir.

a oranının artmasıyla oksijen, azot gibi mekanik özellikleri azaltan zararlı elementlerin tespiti ile kalınmayıp ergimiş metalin dokusu da değişir.

a, 1'den 0,80'e düştüğünde ergimiş metal iyice karbürlenir, sertlikle kırılabilirlik önemli şekilde değişir. Örneğin % 0,155 karbonlu bir çeliğin «nötr» ( $a = 1$ ) bir alevle karbür kaybı ihmal edilebilir ( $C = \% 0,15$ ), oksijen oranının % 14 artması ( $a = 1,14$ ) karbonu % 0,55'e düşürür. Buna karşılık karbürleyici bir alev ( $a = 0,82$ ) alevin serbest karbonunu çeliğe % 1,56'lık bir yoğunluğa kadar tespit eder.

b — Ark kaynağında :

Ark kaynağında oksijen oranlarına aşağıdaki faktörler etki yapar:

- örtünün cins ve kalınlığı,
- uygulanan akım şiddeti,
- arkın uzunluğu.

Çıplak elektrodla ergitme % 0,30'a kadar oksijen tespit eder ki 1620°C'ta demir içinde eriyebilmenin sınırını temsil eden yaklaşık % 1,4 FeO demektir.

Oksitleyici örtülerle ince örtüler için kaynağın oksijen oranı yine çok yüksek, % 0,20 mertebesinde kalır. Redükleyici elementli asit örtüler ( $SiO_2$  — FeO — MnO sistemi) ve aynı şekilde titan oksit (rutil) esaslı örtüler oksijen yoğunluğunu açık şekilde düşürürler; bu yoğunluk, örtünün cinsine göre, % 0,05 ilâ 0,10 arasında değişebilir.

Bazık örtülerle oksijen oranı daha da azalır, % 0,05'in altına düşer. En çok oksijen içeren kaynaklar manganez yoğunluğu en az olanlarıdır.

## OKSİJENİN MEKANİK ÖZELLİKLER ÜZERİNE ETKİSİ

Mekanik karakteristikler üzerine oksijen, erimiş halde veya girmeler şeklinde bulunduğu göre farklı etki yapar. Erimiş halde oksijen mekanik karakteristikleri doğrudan etkiler. Mukavemet ve sertlik hissedilir derecede azalır; uzamalar az farkedirse de kırılabilirlik çok artar.

Girmeler halinde FeO oksidi metalin tokluğuna tesir edip dolayısıyla bütün mekanik karakteristikleri düşürür.

Bu itibarla, alev fena ayarlanmadığı surece oksit-asetilen kaynağının mekanik karakteristikleri oksijen absorpsiyonundan az etkilenmiş olur. Buna karşılık ark kaynaklarında, özellikle az desoksidan element içeren oksit ( $O_2 = \% 0,15$ ) veya asit ( $O_2 = \% 0,10$ ) örtülü elektrodlarla oksijenin mekanik özellikler üzerine etkisi daha açıktır.

## B — AZOT ABSORPSİYONU

Demir ve alaşımlarının kaynağını izleyen en önemli kimyasal olaylardan biri ergimiş metalin,  $Fe_4N$  demir nitridi hasıl etmek üzere, azotu tespit etmesidir.

Bu absorpsiyon hem mekanik özellikler (kırılabilirlik artışı), hem çeliğin su alma kabiliyetine, hem de doku sertleşmesine (yaşlanma) tesir eder.

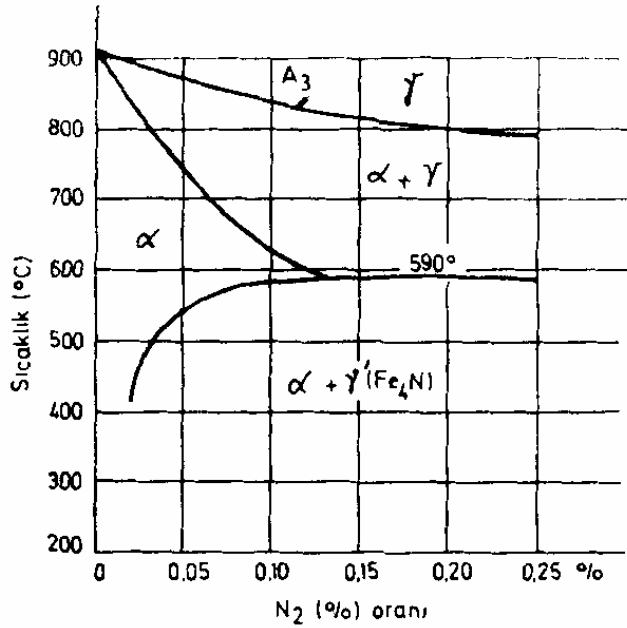
Bu itibarla absorpsiyonun mekanizması ile faktörlerinin ve bunun birleşmelerin özelliklerine yansıma şeklinin bilinmesi önemlidir.

Azot, nitrürler hasil ederek demire etki yapar. Bu olay ya alçak sıcaklıkta ve uzun (70 ilâ 100 saat) işlemlerle amonyağın dolaylı etkisiyle veya azotun çok yüksek sıcaklıkta doğrudan metala etkisiyle vaki olur.

Böylece, çeliklerin nitrürlenme işleminde ( $N_2 > \% 3$ ) hasil olan nitrürler ( $Fe_2N$ ) çok yüksek sertlikte yüzeyler verirler; bu takdirde azot faydalı bir element olmaktadır.

Buna karşılık, çeliğin elde edilmesinde veya, kaynakta olduğu gaibi, ergime sırasında vaki değişmelerde meydana gelen çok düşük azot oranları çeliğin şekil değiştirme kabiliyetini, uzamasını, kırılmaya mukavemetini, büzülmesini azalttığından azot bu durumda arzu edilmeyen bir element olarak görünür.

Adi sıcaklıkta azot demir içinde çok az erir ( $N_2 < \% 0,001$ ). Erime sonra hızla artar ve  $590^\circ C$ 'ta  $\% 0,13$  olur.  $A_3$  çizgisinin üstünde (şek. 27), azotun  $\gamma$  demiri içinde eriyik hale girmesinden hasil olan bir austenitik hal (nitraustenit) görülür; bu çizginin altında  $\alpha + \gamma$  alanı bulunur;  $590^\circ C$  çizgisinin altında  $\alpha + \gamma'$  fazları vardır.  $\gamma'$ ,  $Fe_4N$  bileşiğidir.



Şek. 27 — Demir - azot denge diyagramı

$590^\circ C$ 'ta,  $\%2,25$  azot yoğunluğu için braunit adı verilen  $\alpha$  demiri -  $Fe_4N$  ötektoidi oluşur. Bu braunit, perlit gibi lamelli bir dokuyu haiz olup lameller normal perlitinkilerden daha incedir.

Demir  $\gamma$  haline intikal ettiğinde azotun erime kabiliyeti anî olarak artar, fakat bu alanda, sıcaklık  $900^\circ C$ 'tan  $1400^\circ C$ 'a çıktığında bu erime kabiliyeti azalır.  $1600^\circ C$ 'ta sıvı demir  $\% 0,04$ 'e kadar azot imassedebilir.

Azot, ister demirle birleşerek nitridler oluştursun, ister katılaşmadan sonra «araya sıkışarak» erimiş halde kalsın, ciddi gevrekleşme meydana getirerek çeliği soğuk derin çekme' işlerine elverişsiz hale getirir.

İmal yöntemi itibariyle Thomas çeliği özellikle kuşkuolu olup % 0,02'ye kadar azot içerebilmektedir; böylece de doku içinde gevrek  $Fe_4N$  bulunur. Bu derin çekme işlemlerine uygun açık ocak çeliğinin azot içeriğinin dört katından fazladır. Yeni «oksijen» yöntemleriyle (LD., Kaldo vs.) çok düşük azotlu (% 0,002 nin altında) çelik elde edilmektedir.

a — Oksi-asetilen kaynağında:

Deney sonuçları yumuşak çeliklerin oksi-asetilen kaynağında çok az azot ( $N_2 = \% 0,20$ ) massettiğini göstermiştir. Bu itibarla bu yöntemle yapılan kaynaklarda bu gazın etkisi ihmal edilebilir. Mamafih bu oranın doku sertleşmesini etkilemesi mümkündür.

b — Ark kaynağında :

Ark kaynağında azot absorpsiyonu üzerine şu faktörler etkili olmaktadır :

- 1) akımın cins ve karakteristikleri;
- 2) örtünün kalınlığı;
- 3) çıplak elektrodlar için dış çevrenin tabiatı;
- 4) elektrod çekirdeğinin cinsi;
- 5) örtünün cinsi.

1) Akımın cins ve karakteristikleri. — Alternatif akım azot absorpsiyonunu teşvik eder gibi görünmektedir. Akım şiddetinin etkisi çok az olmakla birlikte geriliminki açıktır: ark gerilimi yükselince azot absorpsiyonu artar. Gerilim yükselmesi ark boyunun büyümesi sonucu olabilir.

2) Örtü kalınlığının etkisi. — Öbür faktörler sabit kalarak arka ergimiş demirin azot absorpsiyonu örtü kalınlığının artmasıyla azalır.

3) Çıplak elektrodlar için dış çevrenin tabiatı. — Çeşitli ortamlarda 4 mm. çapında çıplak Armco çeliği elektrodlarla yapılmış deneylerin sonuçları aşağıdadır:

Çeşitli gaz ortamlarında ark ergitmesi	$N_2$ ( % )	Metallografik muayene
Havada, kısa ark ( 2 mm. )	0,15-0,16	$Fe_4N$ + braunit
Havada, orta boyda ark ( 4-5 mm. )	0,17-0,18	$Fe_4N$ + braunit
Havada, uzun ark ( 6-8 mm. )	0,19-0,20	$Fe_4N$ + braunit
Saf azot, kısa ark	0,16-0,17	$Fe_4N$ + braunit
Amonyak, kısa ark	0,12-0,13	$Fe_4N$ + $\alpha$ eriyiki
Saf hidrojen	0,010-0,015	Ferrit

4) Elektrod çekirdek cinsinin etkisi. — Bildiğimiz gibi örtünün birçok metalürjik görevi vardır. Özellikle ergimiş metalin desoksidasyon ve denitrürasyonunu sağlamalıdır.

Denitrürasyon şöyle elde edilir :

—Elektrod telinde bulunan ilâve elementlerle;

— ya bir gaz atmosferi neşretmek suretiyle veya bir metalürjik cüruf hasal ederek örtü, ergimiş metali korur;

—örtünün kalınlığı ile.

Mo, Zr, Cr, Al, V oranları arttıkça azot absorpsiyonu da artar (bu artış sırasıyla azalarak gider). Si, Mn, Ti, C oranları arttıkça azot absorpsiyonu azalır (bu azalma sırasıyla artarak gider).

5) Örtü cinsinin etkisi. — Örtüde denitrüran elementlerin varlığı ergimiş metalin azot oranını düşürür, metalik nitrür büyük ölçüde cürufa geçer. FeO-SiO<sub>2</sub> tipinde oksit örtüler ergimiş metali kimyasal reaksiyon olmadan korurlar, denitrürasyon bu takdirde sadece koruyucu cürufun kalınlığına, yani örtü kalınlığına bağlı kalır.

### ÇELİĞİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDE AZOTUN ETKİSİ

Azot oranı arttıkça kopma mukavemeti ile elastikiyet modülü artar, kopma uzaması, kopma büzülmesi ve kırılmaya mukavemet azalır.

Azot içeren demir 900°C'tan itibaren su verme ile nitraustenit hasıl eder. Bu itibarla demir ve çeliklerin su alma kabiliyeti azotla birlikte artar. % 0,14'ten az azot içeren çeliklere 500 ile 750 —800°C arasındaki sıcaklıklarda (azot yoğunluğuna göre) su verildiğinde azot alfa demiri içinde tamamen erir. Böylece bir alfa katı eriyiki (nitroferit) elde edilir. A<sub>3</sub> den itibaren ve 900°'in üstünde su vermelerde yine nitraustenit elde edilir.

Demir nitrürü sementitinkine yakın sertliktedir (700 ilâ 800 HB); bu itibarla bir a demiri - Fe<sub>4</sub>N ötektoidi olan braunit'in sertliği de adı karbonlu çeliklerin perlitininkinin mertebesindedir. Tavlanmış halde nitrülenmiş çeliklerin sertliği azot oranına bağlı olup bu oranla birlikte artar.

### C — HİDROJEN ABSORPSİYONU

Oksijen ve azot gibi hidrojen de, kaynak esnasında massedilir. Oksi-asetilen kaynağı pratik olarak çok az hidrojen içerir (100 gr. metalde 2 ilâ 3 cm<sup>3</sup>), buna karşılık ark kaynağında hidrojen yoğunluğu çok daha önemli olup örtünün cinsine göre bu gazın sıvı halde eriyebilme sınırına (100 gr. metalde 28 cm<sup>3</sup>) varılabilir.

Hidrojen, alt tabakalarda kıl çatlakları gibi kaynağın reddini mucib olabilecek kusurlara götüren birçok olayın kökenini teşkil eder. Aynı zamanda ergimiş metalde gaz gözenekleri ve balık gözü (fish-eyes) denilen kusurları da meydana getirir. Döneceğiz bunlara.

Demir veya çelik içinde hidrojenin üç şekilde bulunduğu kabul edilir:

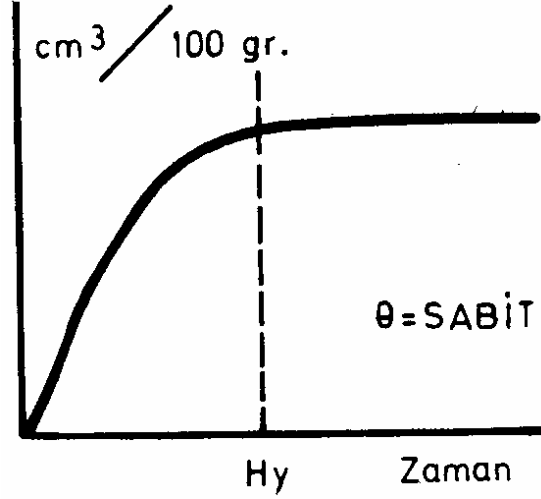
— Taneler arasında, H<sub>2</sub> moleküler gaz girişleri halinde; muhtemelen de gaz boşlukları içinde CH<sub>4</sub> ve H<sub>2</sub>O bileşiği halinde;

— Mozaik dokunun şebeke düzlemleri içine girmiş H<sub>2</sub> moleküler veya H atomik halde;

— Demirin şebekesi arasına girmiş H<sup>+</sup> hidrojen iyonu veya proton halinde.

Hidrojenin ilk görüntüsü, adı sıcaklıkta dahi demirin şebekesi arasında kolay difüze olması

(yayılması) dır. «Yayılabilen» hidrojen, şek. 28'de görülen, sabit sıcaklıkta zamanın fonksiyonu olarak çelik içinde erimiş hidrojenin yayılmasını veren eğrinin  $H_y$  ile sınırlanmış kısmına tekabül eder.



Şek. 28

Hidrojenin demirin şebekesi içinde sadece H atomik veya  $H^+$  proton halinde yürüyebileceği açıktır zira ancak bu halde ölçüleri, demirin atomik şebekesinininkilerden küçük olur.

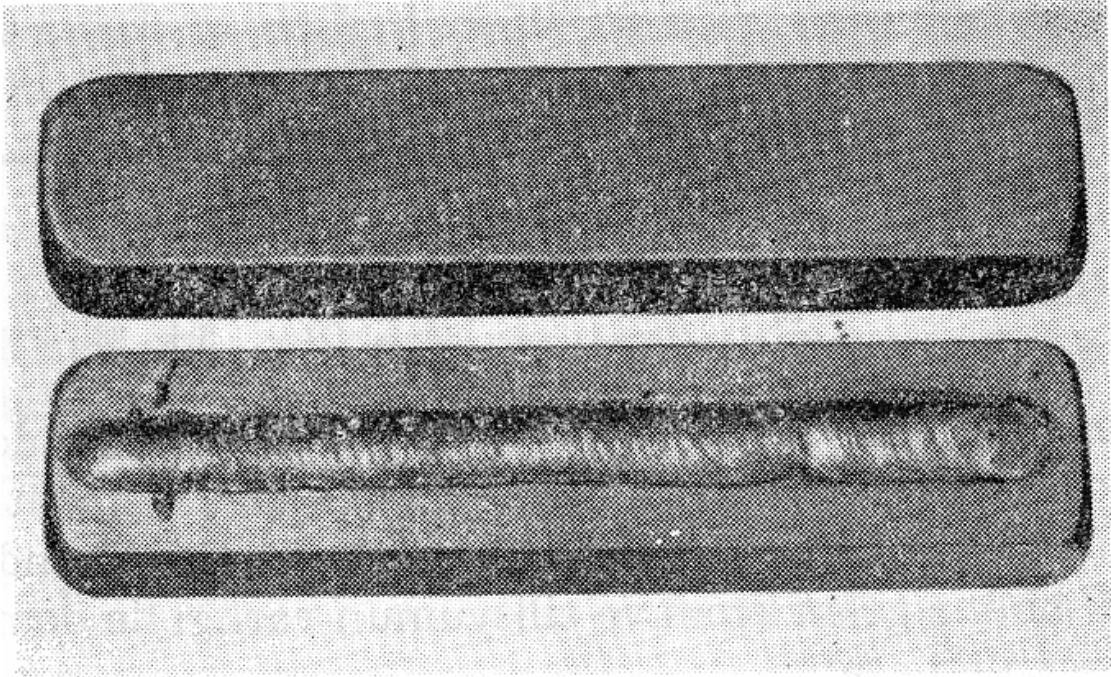
Martensitik dokuda hidrojenin yayılması perlitik doku içindekinden daha yavaş olur. Saf demir içinde ilâve elementlerin bulunması hidrojenin havaya çıkmasını geciktirir, ferrit içinde kolaylıkla eriyik haline gelen krom ve silisyumun varlığı ile demirin hidrojeni geçirgenliği azalır.

Gamma demiri alfa veya delta demirlerinden açık şekilde fazla hidrojen eritir.  $1530^\circ\text{C}$ 'ta katı halde hidrojenin eriyebilme sınırı 100 gr demirde  $8 \text{ cm}^3$ , yani % 0,0007 olarak bulunmuştur. Katı halden sıvı hale geçişte bu oran birden artıp  $28 \text{ cm}^3$ 'ü, yani % 0,0025'i buluyor.

Ark kaynaklarında hidrojen yoğunluğu zamanın fonksiyonu olarak değiştiğinden bu gazın dozajı güçleşir. Gerçekten hidrojen bütün katılaşma süresi zarfında ve aynı zamanda adî sıcaklıkta açığa çıkar ve ancak uzun bir zaman sonra denge halini alır. Sıcaklık ne kadar düşükse hidrojenin yayılması da o kadar yavaş olur.  $20^\circ\text{C}$ 'ta bakiye hidrojenin % 20'sinin açığa çıkması için 4000 saat beklemek gerektir. Buna karşılık  $620^\circ\text{C}$ 'ta bu açığa çıkma bir kaç saatte vaki olur.

Kaynakta, adî sıcaklıkta açığa çıkan hidrojenin bilinmesi ilginçtir. Bu sebepten 20 veya  $45^\circ\text{C}$  sıcaklığında hidrojenin dozajına geçilir sonra toplam hidrojen  $600^\circ\text{C}$ 'ta vakum altında ekstraksiyonla ölçülür. Bu yolda A.S.T.M., ISO ve JIS (Japanese Industrial Standards) (Z3113), Standard metodlar geliştirmişlerdir. Bunların dışında DIN 8572-1968 normu ile IIS-IWI (Uluslararası Kaynak Enstitüsü) nün Document IWI 315-68 ile belirlenmiş yöntemler de vardır ki bunları özetlemekle yetineceğiz.

a) DIN 8572-1968 : Bu norm, bir kaynak dikişinin, bir kapalı kap içinde ölçülebilir şekilde, içerdeki gazı (hidrojen) dışa çıkarmasını öngörmektedir. Şek. 29, 20 × 25 × 125 mm boyutunda, dikiş çekilmeden ve çekildikten sonra, böyle bir deney parçasını gösterir. Kaynakta, IIS yönteminde de aynı olan bakırdan bir tespit aparatı kullanılır. Kaynaktan sonra deney parçası buzlu suya daldırılır ve içinde gaz çıkışını önleyici sıvı olarak parafinin bulunduğu bir cam kaba konur. Sadece kaynak dikişinden dışarı çıkabilen hidrojen kabın üst bölümünde toplanır. Bu kab, bir termostat yardımıyla sürekli olarak 45°C'ta tutulan bir su banyosuna daldırılmıştır. 48 saat sonra ölçü borusunda belli bir hidrojen hacmi okunur.

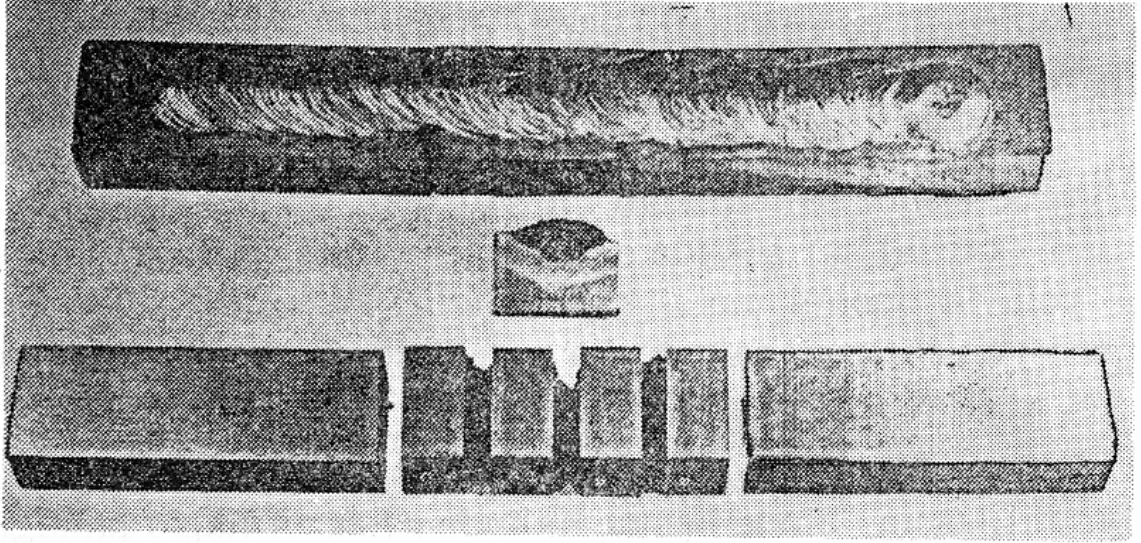


Şek. 29 — DIN 8572'ye göre dikişsiz ve dikişi çekilmiş deney parçası

Sadece iki elektrod tipini kıyaslamak için çekilmiş 100 gr kaynak malzemesinin hidrojen içeriği hesaplanır. Pratikte bu, deney parçasının kaynaktan önce ve gazı alındıktan sonra tartılması suretiyle yapılır.

Özetle anlattığımız DIN 8572 de tarif edilen apareyaj, düşük hidrojen içeriğinin ölçülmesine uygun değildir. Alçak ve yüksek hidrojenli kaynak malzemelerinin ayırımı için 10 cm<sup>3</sup> Hidrojen/100 gr. kaynak malzemesi sınırı konmuştur. Böylece bu sınırın altında hidrojen içeren malzemeler LH «Low Hydrogen» olarak tanımlanır. 5 cm<sup>3</sup>/100 gr. dan az hidrojen içeren kaynak malzemeleri ise «Extra Low Hydrogen» olarak tanımlanır.

b) Daha hassas bir hidrojen saptanması, IIS yöntemiyle mümkündür. Bunun DIN 8572 den temel farkı deney parçasının şekli (Şek. 30) ve gaz çıkışını önleyici sıvı olarak cıva kullanılmasındadır. Deney parçasının boyutları 10 × 15 × 125 mmdir.



Şek. 30 — IIS deney parçası

Dikişin çekilmesi bitip ark söndürülür söndürülmez parça buzlu suya daldırılır ve temizlenir. Elektrodun yukarı çekilmesiyle parçanın gaz ölçme aleyine yerleştirilmesi arasında geçecek süre 60 san. den fazla olmayacaktır. Kaynak atelyesi ile aleyin bulunduğu yer arasındaki yol uzun olup da bu 60 san. geçilecekse parça  $-30^{\circ}\text{C}$  civarında methanole daldırılır. Bu sıcaklıkta hiçbir difüzyon vaki olamaz. Sonunda deney parçası kırılarak parçalara ayrılır, filtre kâğıdı ile kurutulur ve hemen bir gaz büretine konur. Soğutucu 'banyodan çıkarılma ile ölçünün başlaması arasında geçen süre 60 san. den fazla olmayacaktır.

Deneylerden aşağıdaki genel mülâhazalar çıkar :

1) Hidrojenin azamisini tespit eden Selülozik elektrodalarda, sıvı halde hidrojen doymuşluğuna, yani 100 gr metalde  $27\text{ cm}^3$ 'e varılır.

Oksit ve rutil örtülerde, toplam hidrojenin oranı doymuşluk oranının yansı mertebesinde, yani 100 gr'da 12 ilâ  $15\text{ cm}^3$  dür.

Bazik örtülerde toplam hidrojen 100 gr'da  $8\text{ cm}^3$  ü geçmez, Özlü elektrodalarda ise bunun yarısı kadardır.

2) «Yayılabilen» hidrojenin toplam hidrojene göre yüzdesi selülozik ve rutil elektrodalarda yaklaşık % 50, oksitlerde % 10, baziklerde % 20-25 mertebesindedir.

### HİDROJENİN KAYNAĞIN ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Kaynağın içinde hidrojen bulunmasının kusurlara neden olacağını ifade etmiştik. Bu kez ergimiş metal içinde hidrojen varlığının sonuçlarını ve ana metal içinde difüzyonunun (yayılmamasının) etkisini tetkik edeceğiz.

1 — Sıvı metalle katılmış metal arasında hidrojeni massetme (absorbe etme) bakımından mevcut fark, bu gazın sıvı metalde efervesan (kaynamış) şekilde açığa çıkmasında ve dolayısıyla püskürme yoluyla önemli metal kaybındadır. Fakat bu kayıp sadece hidrojene yüklenemez, sair gazlar, özellikle oksijen de aynı sakıncaya yol açarlar.



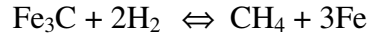
2 — Sıvı metal içinde gazların fazla doymuşluğu veya çok hızlı bir katılma, içinde basınç halinde gazların hapis kaldığı irili ufaklı boşlukların meydana gelmesi sonucuna götürür. Bu gazlargaenellikle karbonun oksijenli bileşikleri, hidrojen bileşikleri H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub> ve azottan ibarettir.

CO'nun varlığı demir oksidinin karbon tarafından FeO + C ⇌ Fe + CO denge reaksiyonu gereğince redüklenmesiyle izah edilir. Bu itibarla karbonlu bir çelik yumuşak çeliğe nazaran daha çok boşluk arzetmeğe meyillidir.

Diğer taraftan, nemli bir elektrodun kolaylıkla boşluklar hasil ettiği bilinir; bu eğilim, az hidrojen içeren bazik elektrodalarda daha belirgindir; gerçekten kaynakta boşlukların meydana çıkması için bazik örtü ağırlığının % 0,35'i mertebesinde rutubet yeterlidir.

Demir oksidinin hidrojen tarafından redüklenmesi de boşlukların bir nedeni olarak görülür; FeO + 2H ⇌ H<sub>2</sub>O + Fe. Keza hidrojenin kükürt üzerine etkisi de aynı yöndedir: H<sub>2</sub> + S ⇌ H<sub>2</sub>S. Rutubet karşısında krom şiddetli reaksiyon hasil edip kromlu çeliklerin nemli örtülerle boşluk hasil etmeğe eğilimli olmaları bu sebeptendir.

Boşluklarda metanın bulunması hidrojenin karbürler, ve özellikle demir veya manganez ve krom karbürleri ile reaksiyonuna bağlanır:



Örtülere ilâve edilen karbürli ferro-krom, ferro-manganezler, böylece boşlukların dolaylı nedeni olmaktadır.

Keza kaynaklarda uzun, parlak cidarlı tırtıl şeklinde boşluklar da görülür. Bu kusur çok hızlı katılma esnasında gazların yürümesinden hasil olur.

Boşluk oluşmasında hidrojenin etkisi özellikle Selülozik veya nemli örtüler gibi yüksek «potansiyel hidrojen» li örtülerde meydana çıkar («potansiyel hidrojen», örtü malzemesinde rutubet veya kristalleşme suyu şeklinde bulunan hidrojenidir). Keza rutubetli dış atmosfer de ergimiş metal içinde boşluk oluşmasının bir nedenidir.

3 — Aynı sebebe, hidrojen massedilmesine, bağlı olmakla birlikte birbirinden çok farklı iki kusur da flokon ile fish-eyes (balık gözleri) dir.

Flokonlara daha çok ingotlarda, döğülmüş ve haddelenmiş parçalarda rastlanır ve metalin sürekliliğine zarar verir. Kırılma kesitlerinde, metalin ince dokusunun mat tabanı üzerinde kabaca dairesel ve parlak mikro alanlar halinde belirirler. Bu itibarla bunlar mevziî ayrılma alanları olup yüzeye çıkmadıkları zaman magnetik kontrolla tespit edilebilirler. Bu kusur çeliğin imâl hastalıklarından olup hammaddelerdeki (hurda, ferro-alaşım, kireç v.s.) rutubet ile birlikte ingot ve döğme parçalar içinde gelişen iç gerilmeler bunun başlıca nedenlerini teşkil ederler.

Balık gözleri genellikle kaynak kırılma kesitlerinde, 1 mm'den 10 mm'ye kadar değişen çapta dairesel beyaz lekeler halinde belirirler; bunlar bir cüruf ve sair girmelerin etrafında oluşmaya meyilli olup çoğu zaman da üzerlerinde bir kıl çatlağı bulunur. Ark kaynağında bunların ana nedeninin elektrodun örtüsü olduğu kesindir. Gerçekten, çıplak telle yapılan kaynaklarda bu kusura hiç rastlanmaz.

Flokonların ingot veya haddelenmiş veya döğme parçalarda peşinen bulunmasına mukabil balık gözleri ancak kırılmalar esnasında meydana çıkar. Kırılma vaki olmadan önce bunlar hiç bir zaman tespit edilmemişlerdir. Başlıca sebep yine hidrojen olup çıplak, yayılabilen hidrojeni az tespit eden oksit ve asit elektrodlarla pratikte hiç balık gözü hasıl olmaz. Bu kusur daha çok Selülozik, rutil ve rutubetli bazik örtülerde görülür. Örtünün rutubeti büyük miktarda hidrojen ithal eder. Nikel, krom, molibden gibi özel elementlerin ilâvesi balık gözü teşekkülüne meyli artırır. Ferritik, nikel-kromlu austenitik ve manganezli austenitik çeliklerde bu kusur görülmez. Keza, kırılmaya kadar yavaş bir şekil değiştirme hasıl eden önemli gerilmeler balık gözünün oluşmasına ayrıca neden olur.

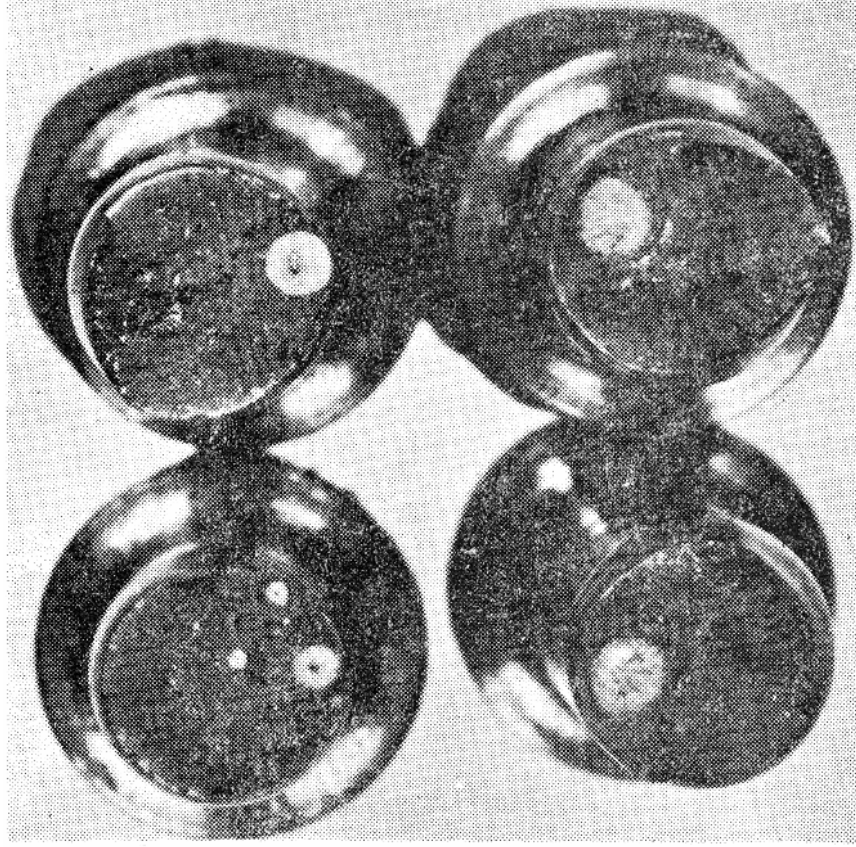
Rutil tipi bir elektrodla teşkil edilmiş iki kaynak malzemesi çekme deney çubuğundan biri, kaynaktan itibaren 24 saat içinde, öbürü de 15 saat 250°C'ta bir hidrojen atma ısıl işlemine tabi tutulduktan sonra çekilip koparılmış. Elde edilen değerler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Isıl İşlem	yok	15 sa. 250° C
Kopma mukavemeti (N/mm <sup>2</sup> )	518	520
Akma sınırı (N/mm <sup>2</sup> )	485	490
Kopma uzaması (L <sub>0</sub> = 5 d <sub>0</sub> ) (%)	19,2	28,2
Kopma büzülmesi (%)	37,0	69,3

Buradan hidrojenin malzemelerin (burada kaynak malzemesi) plastik şekil değiştirme kabiliyetini büyük ölçüde azalttığı görülür. Yine bu değerler bu gazın kopma mukavemeti ile akma sınırı üzerinde etkisi olmadığını gösteriyor.

Çekme deneyinde, yani yavaş plastik şekillendirmede, hidrojenin varlığının balık gözleri meydana getirdiğini yukarda görmüştük. Çok hızlı şekillendirmede, örneğin çentik darbe mukavemetinde, bunlara rastlanmamaktadır zira şekillenme hızı hidrojenin difüzyon hızının üstündedir.

Şek. 31'de, iki çekme deney çubuğunun kopma yüzeyleri görülmektedir. Bunlarda, gümüş parlaklığında ve çoğunlukla yarım küre şeklinde balık gözleri mevziî gevrek kırılma görünümü arzetedirler. Bu noktalarda bir miktar, kısmen moleküler hidrojen toplanmış olup malzemenin plastik şekil değiştirme kabiliyetini azaltmıştır.



Şek. 31 — Kopma yüzeylerinde balık gözleri çok belirgindir

Kaynak malzemesinde hidrojenin varlığından ileri gelen sakıncalar geçici ya da kalıcı olurlar. Azalan kopma uzaması ve yavaş plastik şekil değiştirme ürünü balık gözleri oluşması gibi sakıncalar, hidrojenin büyük bölümünün dışarı gitmesiyle ortadan kalkarlar. Kalıcı sakıncalara gelince bunlar, aşağıda ayrıntılarıyla irdeleyeceğimiz gibi, çeşitli yerlerdeki çatlaklar, mikroporozite (gözenekler) ... dir.

Kaynak sıcaklığından itibaren soğuma sırasında ana malzemenin ısıdan etkilenmiş bölgesinde (IEB) çeşitli içyapı türleri hasil olup bunlar arasında, ana malzemenin türüne göre, az ya da çok martensit bulunur. Bu nedenle bu bölge, mevzîi olarak büyük sertlik arzeder. Çeliğin karbon oranı % 0,2'yi aştığında artan bir gevrekleşme hasil olacaktır.

IEB'de bu martensit dönüşmesinde bunun dışında yine hidrojen mevcut olursa, bu kez iyi kaynak edilebilen imalât çeliklerinde olduğu gibi alçak karbonlu çeliklerde de gevrekleşme hasil olur. Soğuma sırasındaki büzülme ve dönüşüm gerilmeleri işbu gevrekleşmiş bölgelerde mikro dağılımlara ve kritik durumda da çatlaklara götürür.

Bir çeliğin mukavemeti ne denli yüksek olursa bu gevrekleşme o kadar kolaylıkla oluşur. Yüksek mukavemetli çelik bahis konusu olduğunda, ıslah edilmiş, ince taneli, akma sınırı yaklaşık  $1000 \text{ N/mm}^2$  olan imalât çelikleri anlaşılır. Bunun anlamı, bu tür çeliklerin, ezcümle akma sınırı  $360 \text{ N/mm}^2$ 'den büyük çeliklerin kaynağında, kaynak malzemesinde hiç ya da çok az hidrojen bulunacaktır.

4 — Hidrojen, yukarda söylediğimiz gibi, Hard cracks tâbir edilen ve ana metalin en sert değişme bölgesinde başlayan çatlaklara neden olur. Bu çatlaklar genellikle birleşme bölgesine paralel bir hat takibederler. Hidrojenin doğurduğu çatlama, atomik hidrojenin moleküler hidrojene dönüşmesi sırasında gelişen çok büyük gerilemelere bağlanıyor. Daha önce sıvı demirin sadece atomik hidrojeni massedebildiğim görmüştük; katı metal içinde yayılma, hidrojen atomik veya proton şeklinde kaldığı sürece izah edilebilir.

Bu varsayımlar austenitik elektrodun çatlama olmaması hususundaki rolünü izah eder: Austenitik çelik hidrojeni beş altı kat daha çok eritebildiğinden yayılır hidrojen oranı iyice azalır.

Keza çıplak veya oksit elektrodlarla yapılan kaynaklarda ana metalde çatlak, hiç değilse Hard craks tipinde çatlak görülmez. Zira bu elektrodlar çok boşluk hasil ettiklerinden hidrojen bu hücrelerde moleküler halde dengede bulunup artık ana metal içine yayılmayabilir.

Hidrojenin yok edilmesine elverişli faktörler şunlardır:

a) Rutubetsiz oksit veya bazik elektrodlar gibi «potansiyel hidrojen»i düşük bir elektrodla kaynak etmek. Fakat bir çok hallerde, fazla miktarda elektrod gerekeceğinden depolama müddetinde önemli miktarda azot tespit eden oksit elektrodlardan kaçınılır;

b) Ara soğutması olmadan devamlı kaynak;

c) Büyük akım şiddetleriyle kalın çaplı elektrodlarla kaynak;

d) Parçaların ön ısıtması;

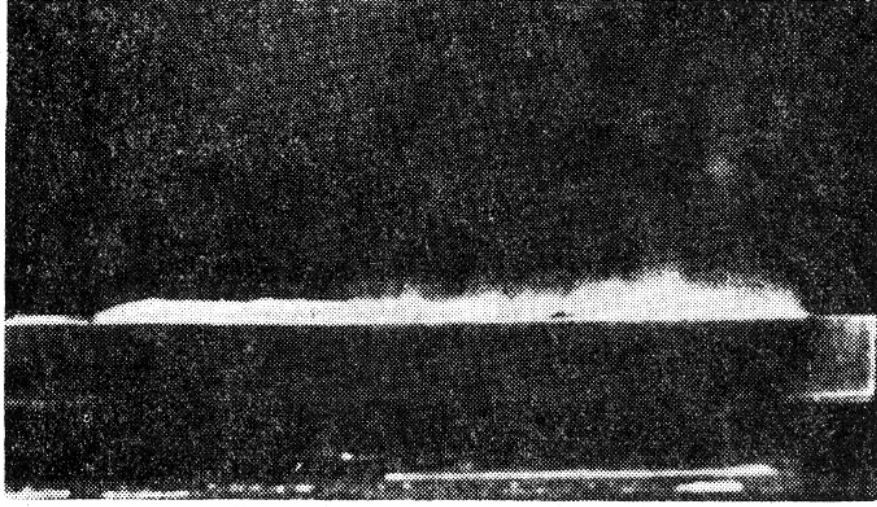
e) Kaynaktan sonra gamma bölgesi dışında ısıl işlem, hidrojeni yok etmek imkânını verir. Parçaların boyutlarına bağlı bu işlem, küçük parçalarda 600 ilâ 650°C'ta basit bir gerilim giderme işleminden ibaret olabilir.

Toplam hidrojen içeriği, hızla suya daldırılmış yumuşak çelik kaynaklarında, dikiş boyunca farklı olmakta olup keskin bir yoğunluk artışı, nihaî kratere yakın bölgede vaki olur.

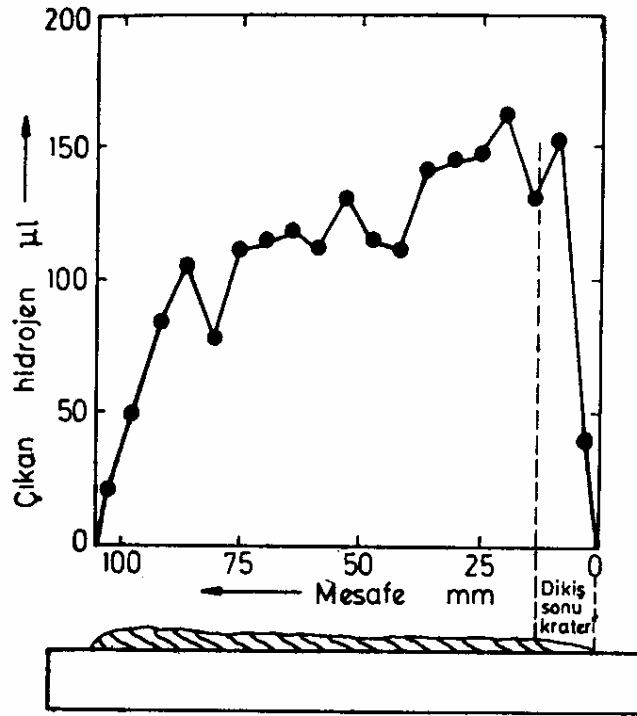
Oda sıcaklığında hidrojenin yayılması ve dışarı çıkması olayının gözlenebilmesi için deney parçaları, yukarda gördüğümüz gibi bir parafin banyosuna tamamen batırılır. Şek. 32'de bir kaynak dikişinin yüzeyinden az çok ani hidrojen çıkışı görülür; karakteristik kabarcık bulutu sağda, nihai kratere doğru daha yoğundur. Bir ilâ iki gün sonra dikişin üst yüzeyinden hidrojen çıkışı, krater bölgesinde bazı noktalardan tek tek çıkan küçük kabarcıklar dışında fiilen bitmiş olur. Bu 12,7 mm. kalınlığında deney parçası içinde hidrojenin tamamen difüze olabilme ( yayılabilme )kabiliyeti, parçanın alt düzeyinde sıkışıp kalan bir sıra kabarcıktan anlaşılmaktadır. Plexiagas'tan bölmeli bir montaj sayesinde dikiş boyunca hidrojen miktarları saptanabilmektedir ki şek. 33, difüze olabilen hidrojenin dikiş uzunluğunda dağılımını vermektedir.

Ana metal içinde hidrojenin oda sıcaklığında yayılması, şek. 34'de görülen bir deney parçasıyla saptanmaktadır ( Granjon deneyi ). Şekilde görülen  $\phi$  2mm lik delikler önce 3 mm. derinlikte delinir. Parça bakır soğutucu baralar arasına tespit edilip dikiş çekilir. Bunun için de yine öncekiler tipinde rutil elektrod kullanılır. Parça, suya daldırılmasından sonra derin soğutmaya tabi tutulur ve delikler 20'şer mm derinleştirilir. Nihayet deney parçası bir sıvı parafin banyosuna batırılıp deliklere cam büretler sokulur. Belli bir süre sonra tüplerin içinde kabarcık akımları yükselmeye başlar ve ölçülebilen bir gaz sütunu oluşturur. Bu süre, deliklerin

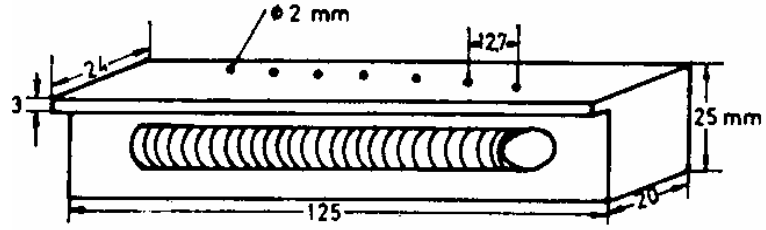
ergime sınırına mesafesine göre değişir. Sonuçlar şek. 35’de görülür.



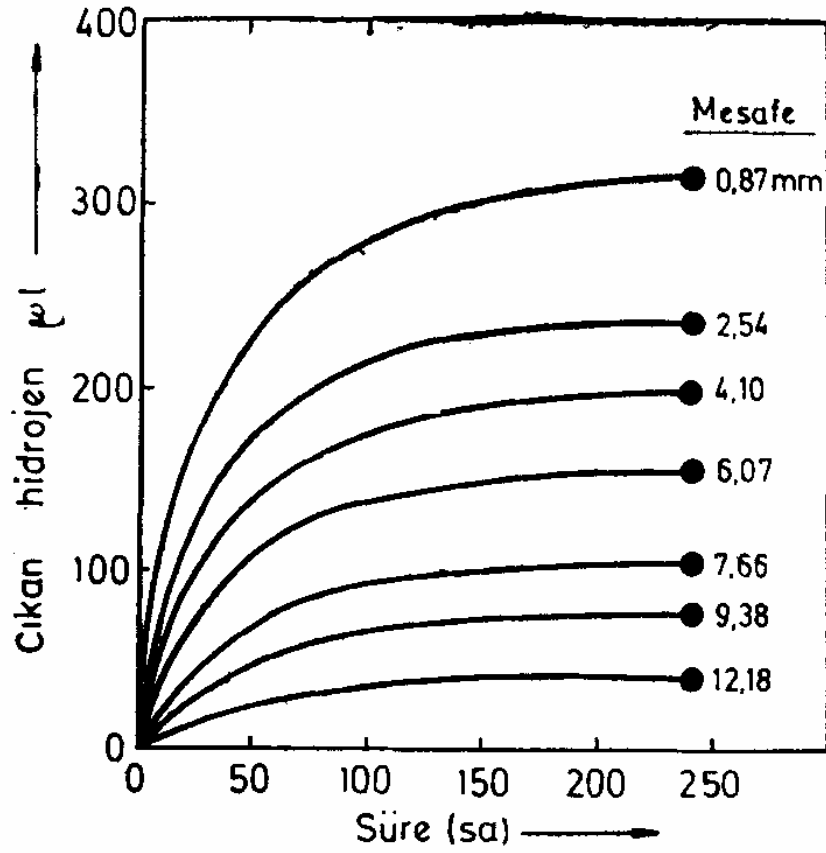
şek. 32 — Anı hidrojen çıkışı



şek. 33 — Yayılanbilen hidrojenin dikiş uzunluğunca dağılımı



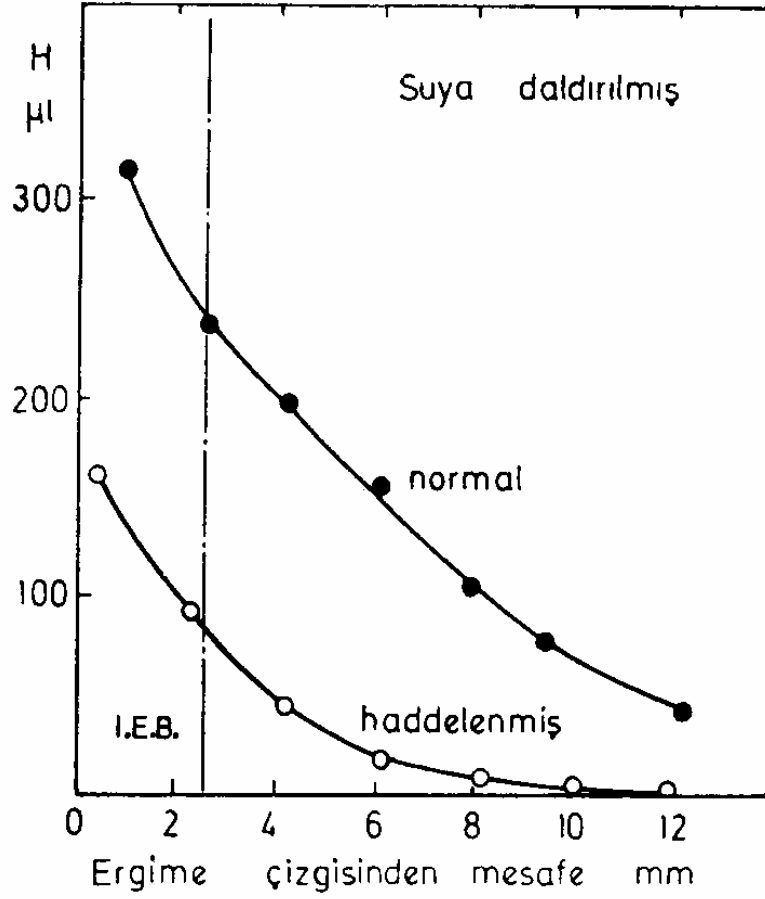
Şek. 34 — Ana metalde hidrojen dağılımının saptanması için deney



Şek. 35

Şek. 35 — Ergime çizgisinden değişik mesafelerde delinmiş deliklerden çıkan hidrojen miktarları

Çelik kalitesinin, ana metal içinde yayılan hidrojen miktarı üzerindeki etkisi de şek. 36'da görülür. Haddelenmiş lamelli mikro iç yapı ile birlikte uzunlamasına yabancı madde girmelerinin özellikle manganez sülfürünün belirgin etkisi vardır. Bu itibarla, mutad yöntemlerle hidrojen saptanmasında malzeme seçimine dikkat edilecektir.



Şek. 36. — Ana metalin iç yapı düzenine (normal ya da haddelenmiş — lameller) göre hidrojen dağılımının kıyaslanması. Kaynaktan sonra suya daldırılmış.