

# KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİRİN (KG DÖKÜMÜN) KAYNAĞI

## A - KAYNAKLI BİRLEŞMELERİN DENEY SONUÇLARI

(KG Dökümü - KG Dökümü, KG Dökümü - Çelik)

- Kaynakta hasıl olan kusurlar. Dokuların değişmesi:

I - Elektrik arkı ve oksit - asetilen kaynağı:

- Çeşitli elektrod tiplerinin terkihi;

- Birleşmelerin mekanik karakteristikleri, tavlamanın etkisi.

II - Direnç kaynağı:

- Isıl işlemde evvel ve sonra birleşmelerin mekanik karakteristikleri.

- Ek:

KG dökümün ferritleştirme tavlaması ve perlitleştirme işlemi.

## B - KG DÖKÜMÜN KAYNAĞI, UYGULAMA ŞEKLİ

- Arkla : %55 Ni'li Fe - Ni elektrodu

- Üfleçle : % 5 Ni'li dökme demir çubuk.

## A - KAYNAKLI BİRLEŞMELERİN DENEY SONUÇLARI (\*)

Küresel grafitli dökme demirin çok sayıda tatbikatı arasında, dökme demirden veya çelikten başka konstrüksiyon elemanlarına kaynağı gün geçtikçe daha önemli yer tutmaktadır. Bununla beraber kaynaklı birleşmelerde ana metalin karakteristiklerine muadil karakteristiklerin devam ettirilmesi kaynak uygulama şeklinin, kaynak teli seçiminin ve ısıl işlemin kesin şartlarını gerektirir.

Bir taraftan doğrudan doğruya veya iletkenlikle yakından yakına ısınma ve diğer taraftan da ana dökme demir ve çelik ve kaynak dikişi içine, ulaşılan sıcaklıklarda bazı elementlerin difüzyonu sebebi ile dokuların değişmesi çok muğlak olur. Bu itibarla çeşitli araştırmaların neticeleri bazen eksik ve çelişkili gibi görünmüştür.

Bu bahsin verileri, KG dökümün ya kendisi ile ya da %0,23 karbonlu çelikle kaynağını nazarı itibariyle almış olan R. MÜLLER'in sistematik deney neticelerinden alınmıştır;

- Elektrik arkı, oksit-asetilen ve direnç kaynağı olmak üzere üç kaynak şekli;

---

(\*) R. MÜLLER. - «Das Schweißen und Glühen von Kugelgraphitguss». Giesserei Technisch-Wissenschaftliche Beihefte, n° 20, avril 1958, p.1049-1065.

- Saf nikel, monel, %50 ile 60 nikelli demir-nikel alaşımları ve %24 Cr, %18 Ni'li çelik olmak üzere dört tip elektrod;

- İki kaynak çubuğu, gri döküm ve KG döküm teli.

Sertlik, bükme açısı, kırılgenlik, iki yönde eğme bakımlarından kaynaklı birleşme deney sonuçlarının mukayesesi her bir özel uygulamaya en elverişli şartları ortaya çıkarma imkânını verir.

Ve nihayet bu etütten evvel KG dökümün ferritleştirme ve perlitleştirme ısıl işlemleri ekte çok açık olarak özetlenmiştir.

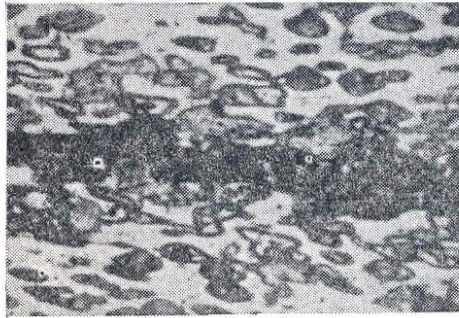
### **KAYNAKTA HASIL OLAN KUSURLAR**

Ark kaynağında kaynak dikişinin çabuk soğuması sebebi ile, hamurlaşmış metalden kurtulamayan gazlar daima gözenek hasıl etme tehlikesini arz eder. Diğer taraftan çok hızlı ısıtma, ergime sıcaklıklarında belirli bir farkı olan iki alaşımı homojen şekilde ergitmeyebilir. Bu durum C 22 çeliği (%0,23 C'lu) ile KG dökümün nikel çekirdekli bir elektrodla kaynağında görülür. Soğuk damlalar önceden ısıtılmadığından ve yapışma olmadığından bu durum hasıl olur.

Bu kusur, üfleç ile kaynak edilmiş gri döküm veya KG döküm çubukları ile meydana gelmez. Bazı deney çubuğu gözenek veya çok küçük çekme süngerleşmesi arz eder. Buna karşılık magnetik kontrol ne elektrik ark, ne de oksî-asetilen kaynağında çatlak göstermiştir.

**Uçtan direnç kaynağı** üç çeşit kusur hasıl edebilir:

1°) Çok düşük bir şişirme basıncı altında, tam olmayan temas metali çok yüksek sıcaklığa çıkarır, ergime noktası geçilir ve kaynama derecesine varılabilir. Dökme demirin karbonu yanar ve karbon oksidi oksitlenmeden korur. Şişirme basıncı bütün sıvı dökme demiri def edecek miktarda olacaktır. Yapışmayı tehlikeye düşürebilecek soğuk damlalar meydana gelirse basıncı arttırıp amperajı azaltmak uygun olur. Ön ısıtma tertibatı yoksa başlangıçta amperaj azaltılır ve memnuniyet verici bir kaynak elde edilene kadar daha uzun bir strok ve tedricen artan bir basınç kullanılır.



**Şek. 10 - Ledeburit adacıkları ile kaynak dikişi (x50)**

2°) Isıtma ile küreciklerin grafitinin karbonu hemen geçiş bölgesinde dökme demir içinde erir, dökme demir de karbondan yana zenginleşip ledeburit teşkil ederek katılaştır, kaynak dikişi de kırılgen olur. Bu kusur (Şek.10) kafi olmayan bir şişirme basıncında, sıvı dökme demirin tam olarak def edilmemiş veya kesitin çok büyük olması halinde görülmüştür.

Kaynak edilecek geniş bir kesit yüksek şişirme basıncını gerektirir; bu basınç ise, şişirme yönüne 45° meyilli çatlakların teşekkülünden kaçınmak için sınırlandırılacaktır.

3°) Ve nihayet birleşecek parçalar arasında yetersiz temas halinde bakır çenelerle parça arasında, parçayı mevzii olarak ergime haline getirebilecek bir ark tutuşabilir.

## I - ARK VE ÜFLEÇ İLE KAYNAK

### Elektrod ve kaynak çubuklarının kimyasal terkibi

Tablo VI ve VII deneylerde kullanılan elektrod ve çubukların terkibi ile örtülerin grafit nispetlerini verir.

**TABLO VI**  
Kullanılan elektrod ve kaynak çubuklarının kimyasal terkibi

	Kimyasal terkip %								Örtü
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	
<b>Elektrodlar</b>									
- Saf Ni.....	0,03	0,21	0,03	-	-	-	99,4	-	Kb
- Monel.....	0,06	0,89	0,02	-	-	-	68,4	29,2	Es
- 40 % Fe, 60 % Ni	0,03	0,51	0,04	-	-	-	60,2	0,75	Kb
- 50 % Fe, 50 % Ni	0,01	0,58	0,14	-	-	-	52,7	-	Kb
- 24 % Cr, 18 % Ni	0,08	2,06	1,12	-	-	25	19,1	-	Kb
<b>Kaynak çubukları</b>									
- Dökme demir....	3,55	0,59	2,82	0,55	0,08	-	0,12	-	
- KG döküm teli...	3,34	0,29	1,96	0,02	0,01	-	0,95	-	0,086 % Mg

**TABLO VII**  
Elektrodların örtüsü

Saf Nikel	% 8,6 grafit
Monel	% 20,7 »
40 Fe — 60 Ni	% 9,0 »
50 Fe — 50 Ni	% 9,3 »
24 Cr — 18 Ni	— —

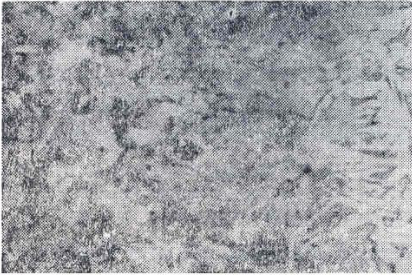
## KAYNAKTA DOKULARIN DEĞİŞMESİ

Her kaynakta iki etki sahası bulunur:

- 1°) Dokunun sadece ısıdan etkilendiği bir saha ve
- 2°) Dokunun hem ısı hem de alaşım elementlerinin yürümesi ile değişikliği bir saha.

1°) Ana dökme demir içinde, kaynak esnasında  $A_1$  transformasyon noktası ile ötektik arasında kalan sıcaklıklara çıkarılmış bölgede, grafitin karbonu, soğumada perlit veya troostit hasil eden katı eriyik içinde yayılır. Ötektik sıcaklığına varan dökme demir içinde, kürecikleri çevreleyen bölge ergir ve kâfi bir ısıtma müddetinden sonra kürecikleri tamamen eritir, nispeten yüksek bir soğuma hızında bu bölge ledeburit şeklinde katılaştır. Bu da bakiye ferrit, grafit ve bakiye sementit halinde ayrışabilir. Grafit, çubuk şeklinde değil, daima kürecikler şeklinde çöker.

2°) İkinci saha, yani sıvı dökme demir sahası, bazı elementlerden yana fakirleşme veya bunların yürütmesine sahne olur. Oksi-asetilen kaynağında çubuğun ana dökme demire çok yakın terkibi az değişir. Buna karşılık ark kaynağında silisyum yanması hasil olur, bu da, ilk dökme demire nispete, ledeburit ayrışmasını yavaşlatır. Örtüsüz Ni-Cr elektrodları bir tarafa bırakılırsa, örtünün yüksek grafit nispeti dolayısıyla karbon nispeti sabit kalır. Nikel, ledeburit'in ayrışmasını kolaylaştırır, krom ise karbürleri stabilize eder. Monel ile kaynakta karbüre rastlanmaz. Saf nikelle kaynak dikişlerinde grafit yayılıp çok ince kürecikler teşkil eder ve bunun bir kısmı da ark kaynağı atmosferini redükleyici kılmaya yardım etmiştir.



**Şek. 16 - KG dökme demirin yardımı ile deney çubuğuna kaynak edilmiş C 22 çeliğinde geçiş bölgesi.**

Ark veya oksi-asetilen kaynağı ile ergime esnasında grafit çelik içinde yayılır, dane birleşmelerinde perlit ve bir perlitik dizi hasil eder, bu da oksi - asetilen kaynağında daha geniş olur. Çelikte silisyum nispeti düşük olduğundan soğumada meydana gelen karbürler ayrışmaz (şek. 16). Sıcaklığın fazla artması neticesinde çeliğin geçiş bölgesi Widmanstatten dokusunu da haiz olabilir.

## **DOKU ÖRNEKLERİ**

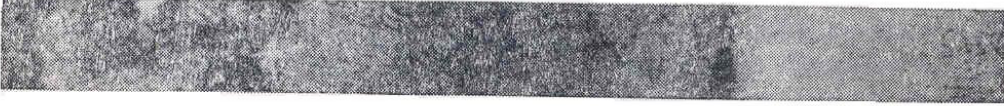
### **a) Saf nikelli ark kaynağı**

Şek.11a, saf nikel elektrodu ile çeliğe (sağda) kaynak edilmiş KG dökümden (saolda) bir çentik darbe deney çubuğunun mikrografisini gösterir. Böylece varılan azami sıcaklığa göre soldan sağa doğru şunlar tefrik edilir: ferrit ve perlitte çevrelenmiş kürecikler, üzerinde açık renkli ferritin çevrelediği küreciklerin belirlediği daha koyu bir bölge, sonra kaynak dikişi civarında ledeburit. Grafit noktaları ihtiva eden beyaz nikel kaynak dikişi. Nihayet çeliğin içinde, tedricen azalan perlitik bölge.





Şekil. 11 a (x 30)



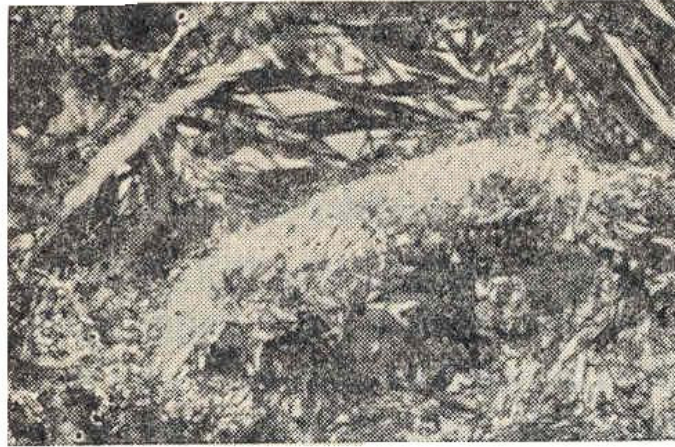
Şekil. 11 b (x 50)



Şekil. 11 c (x 50)

### b) KG döküm ile çeliğin, gri döküm ve KG döküm çubukları ile oksii asetilen kaynağı

Oksii-asetilen kaynağı ile ilgili grafitin eriyik haline girdiği geçiş bölgesi, bilhassa ön ısıtmanın olduğu Şek.11b'de, ısı ithali daha önemli olduğundan, evvelki ark kaynağına nazaran daha yaygındır. Gri dökme demir kaynak dikişleri (Şek.11b) veya KG döküm dikişleri (Şek.11c) üzerinde beyaz lekelerle gri renktedir. Sonucunda, ilk çubuk dökme demirin sadece bir kısmı olan kürecikler tefrik edilir. Her iki halde de biraz ledeburit teşekkül etmiştir.



Şek. 13 - Kaba martensit yanında troosit (x 500)

Ana dökme demir içinde küreciklerin yanında troostiti sıkıştırılan iri martensit iğneleri bulunur (Şek.13).

Çeliğin geçiş sahası (Şek.16) üç bölgeyi haizdir: danelerin ek yerlerinde sementitle birlikte iri perlit daneleri ve Widmanstatten dokusu. Bu üç doku tipine bütün oksii-asetilen kaynaklarında rastlanır.

## BİRLEŞMENİN MEKANİK KARAKTERİSTİKLERİ

### Mekanik deney çubukları

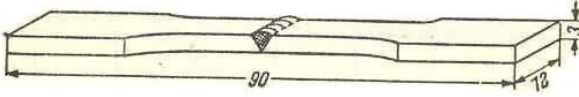
Şek.1, KG döküm-KG döküm ve KG döküm-çelik kaynaklı birleştirmelerin mekanik deneylerinde kullanılan deney çubuklarını gösterir.

- Kırılmalık çubuğu 12 x 5 x 55 mm;
- İki yönde eğme çubuğu;
- İlk çatlağın belirlediği anda eğme açısını ölçme çubuğu. Kaynak dikişinin kökü doğruca eğme kuvvetine maruzdur.

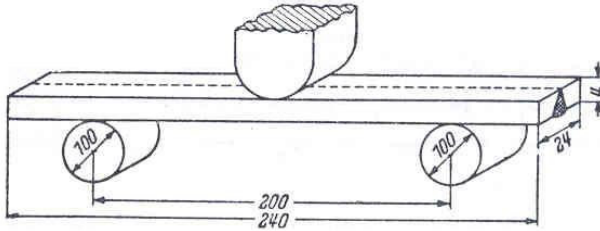
KG döküm



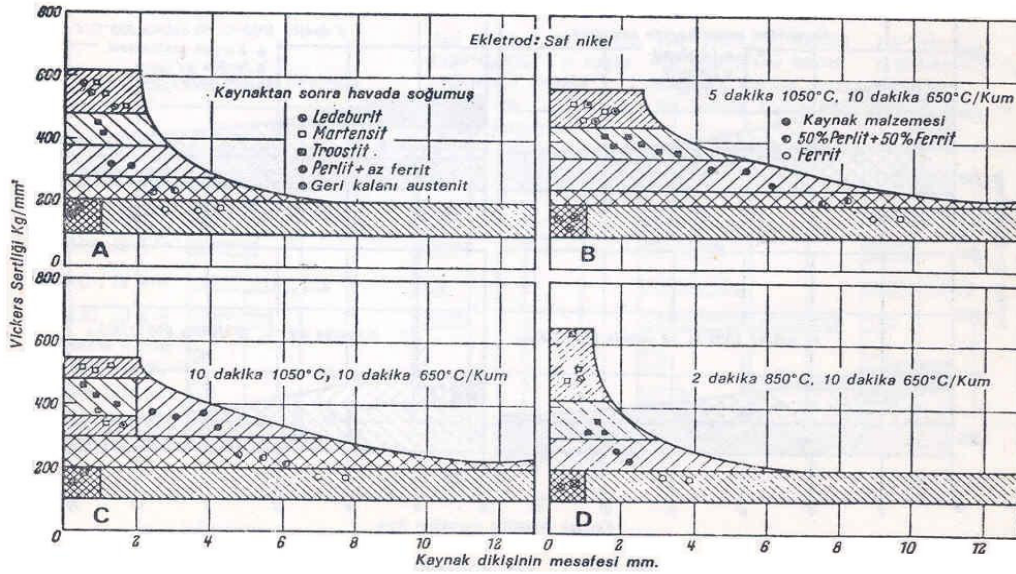
a) vurup bükme deney çubuğu 12 x 5 x 55



b) alterne (iki yönde eğme) eğilme mukavemeti deney çubuğu



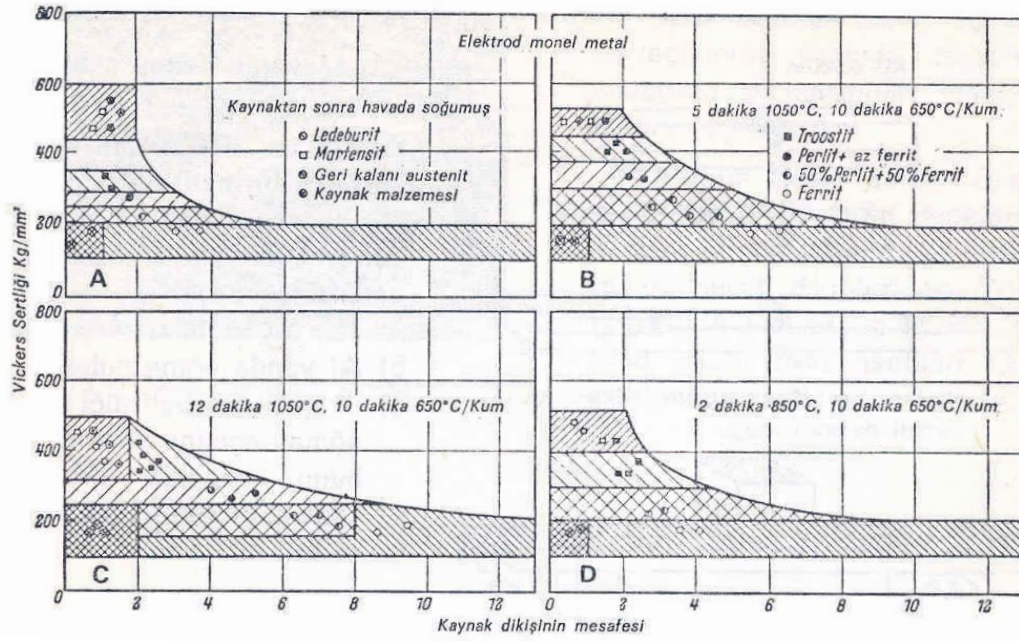
c) Eğilme açısının tayini için deney çubuğu. Kaynak kökü basınç tarafında.



Havada (A) veya kum içinde (B,C,D) soğumadan sonra elde edilen dokular

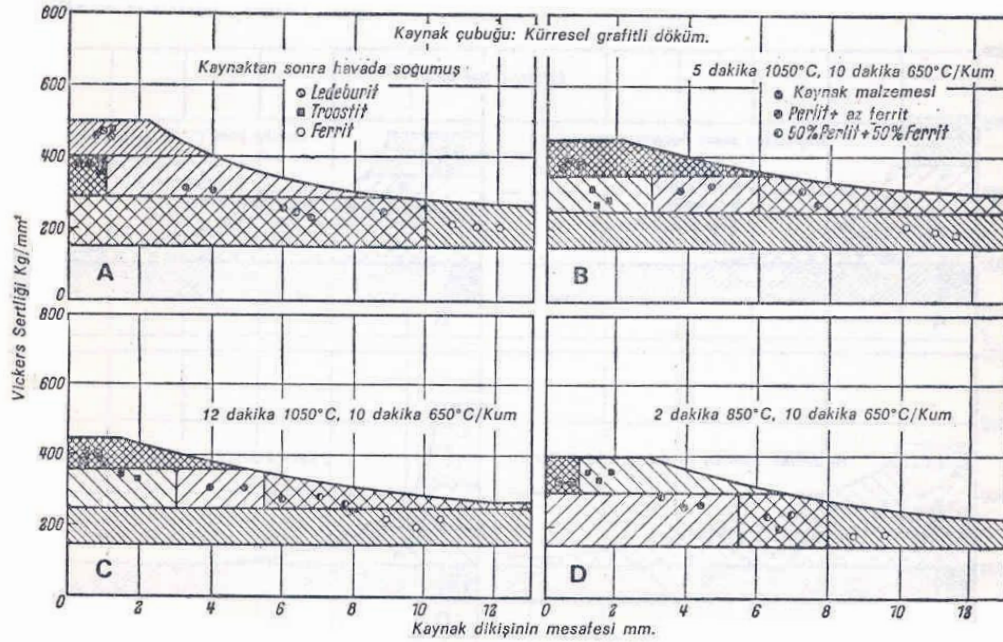
Şek. 17 - Kaynak ve havada soğutmadan sonra veya kaynak birleşmesinden muhtelif mesafelerde işlemden sonra sertlik ve dokuların dağılışı. Saf nikel elektrodu.





Havada (A) veya kum içinde (B,C,D) soğumadan sonra elde edilen dokular

Şek. 18 - Kaynak ve havada soğumadan ve kaynak birleşmesinden çeşitli mesafelerde işlemten sonra dokuların sertlik ve dağılışı. Monel elektrodu.



Havada (A) veya kum içinde (B,C,D) soğumadan sonra elde edilen dokular

Şek. 19 - KG döküm kaynak çubuğu

## Sertlik

Dökme demirin bütün mümkün doku şekilleri sadece kaynak dikişinin üstünde değil; fakat hemen civarında da küçük bir saha üstünde karışmış halde bulunur. Şek.17'den 19'a kadarki şemalar nikel, monel ve KG döküm ile kaynaklar için bu durumu belirtir.

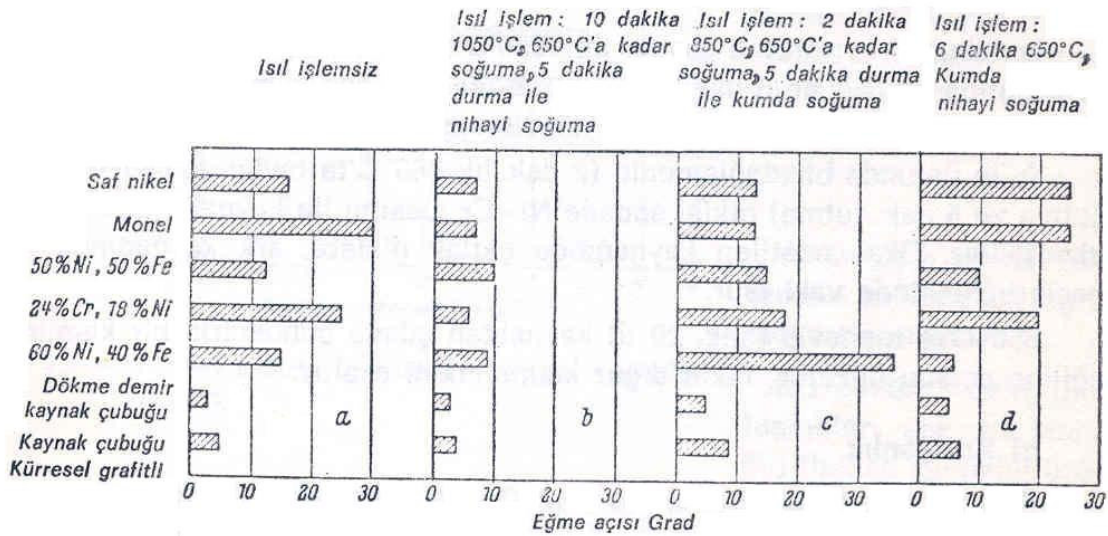
Sertlik deneyleri elektrik arkıyla kaynaklı çubuklarda etkilenmiş bölge genişliğinin 7 mm, üfleç ile kaynaklılarda da 10 mm olduğunu gösterir.

Monelle kaynaklı olanların dışında bütün çubuklarda ledeburit görülür. Saf nikel ve %60 nikelli kaynaklarda dahi çok martensit ve bakiye austenit vardır. Ni - Cr ve %50 Ni ile kaynaklı çubuklarda az miktarda martensit görülür.

### Eğilme açısı

Uzunlamasına kaynak edilmiş iki çubukta (Şek.1c, sahife 59) eğile açısı ilk çatlağın meydana çıkması ile tayin edilmiştir. Karakteristik olarak sadece bu açının değeri ile çatlağın pozisyonu kaydedilmiştir. Buna karşılık birleşmenin homojen olmayışından [KG döküm, çelik, kaynak dikişi] dolayı, eğme yükü önemli görülmemiştir.

Isıl işlemsiz, monelle kaynaklı çubuklar 30°lik (Şek.20a), Ni-Cr ile kaynaklı olanlar da 24° lik bir eğme açısını kaldırır; saf ve %60 Ni'li kaynaklar arkadan gelir. Gri döküm ve KG döküme oksit - asetilen kaynakları çok kırılmalıdır.



a) işlemsiz

b), c), d) işlemliler

Şek. 20 - Çeşitli elektodlarla kaynak edilmiş çubukların eğme açısı.

### KAYNAK DİKİŞİNİN TAVLANMASINDAN SONRA MEKANİK KARAKTERİSTİKLER

Karakteristikleri ana metalinkilerine yaklaşan bir birleşme istenmesi bahis konusu olduğunda ledeburit'le martensit'in ayrışma şartlarının araştırılması ve soğumada martensit teşekkülünün önlenmesi uygun olur. 1050°C'da 5 dak.'lık bir tavlama ledeburit'i, 650°C'da tutulan meneviş ve onu takip eden kumda soğuma martensiti tahrip eder. A<sub>1</sub>'den yüksek bir sıcaklıktan itibaren soğuma esnasında 650°C'da tutma martensit teşekkülünü engeller.



### a) Sertlik

Ledeburit 1050°C'da 5 dakikada ayrışır (Şek.17 ile 19, sah. 61-62); fakat birkaç leke kalır. Cr-Ni ile kaynağın sementit'i 12 dakika sonra kaybolmaz. Bilhassa saf nikel ve monel'le kaynakta, soğumada kaçınılmaz şekilde martensit teşekkül eder; nikel tipik martensit'le bakiye austenit bulunur. 1050°C'ta tavlama troostit ve perlit bölgeleri genişler.

850°C'da 2 dakika tutmada, KG döküm kaynakları dışında, daima ledeburit bulunur. Soğumada martensit teşekkülünden kaçınılmaz, sadece oranı ve büyüklüğü azaltılabilir. Monel'le bakiye austenit kalmaz. Az bir tavlama süresi ile perlit bölgesi yayılmaz.

### b) Eğilme açısı

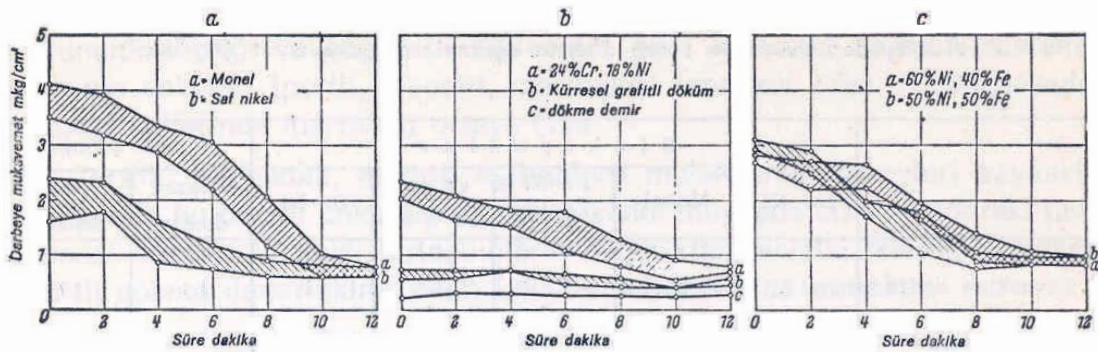
Ledeburit'i ayrıştırma gayesi ile 1050°C 'ta 10 dakika tavlama, daha sonra soğutma ve 650° de 5 dakika tutma ve 60 dakikada kumda nihai soğutma hiç bir surette eğilme sınır açısını düzeltmez (şek. 20 b).

A<sub>1</sub>'in üstünde bir değişmenin (2 dak'lık 850°C'ta tavlama, 650°C'ta soğutma ve 5 dak. tutma) etkisi sadece Ni-Cr alaşımı ile kaynakta (Şek.20c) elverişlidir. Oksi-asetilen kaynağında çatlak dikişte, ark kaynağında ise geçiş bölgesinde vaki olur.

650°C'ta meneviş (Şek.20d) kaynaktan çıkma çubukların bir kısmının eğilme açısını düzeltir, fakat diğer kısmınıninkini azaltır.

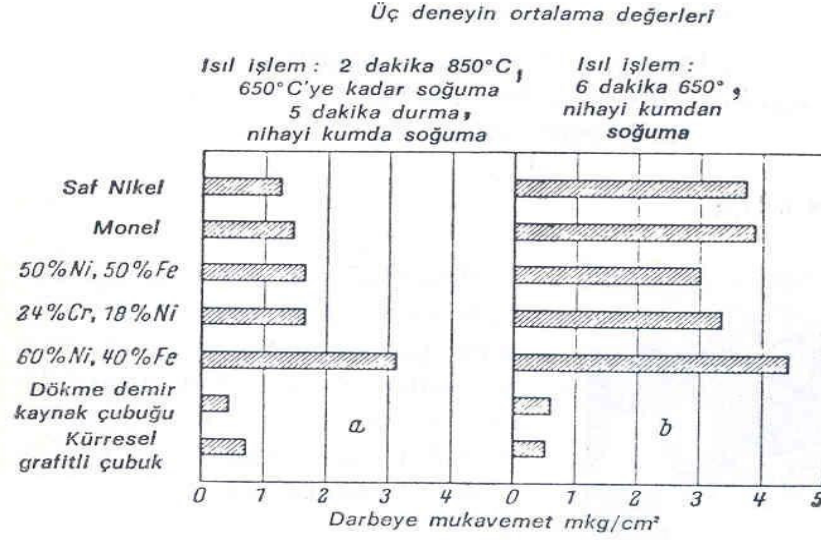
### c) Kırılgnlık

Şek.21, çeşitli birleşmelerin darbe deney neticeleri ile 1050°C'ta tavlama süresinin kırılgnlık üzerine tesirini gösterir. Bu düşük kırılgnlık monel'le birleştirmede, en yükseği de gri dökme demir veya KG döküm ile olanındadır. 12 dak.'lık tavlama sonra ana font %75 ile 80 perlit ihtiva eder. Sonradan tavsız kaynakta kırılma %70 geçiş bölgesinde ve %30 da kaynak dikişinde vaki olur.



Şek. 21 - Kırılgnlık üzerinde 1050°C'ta tavlama süresinin etkisi

20 No.'lu grafik 850°C'ta 2 dakikalık bir tavlamanın ve 650°C'da 6 dakikalık bir menevişin etkisini gösterir. Meneviş, kırılmaya mukavemete bariz şekilde elverişlidir. Kırılmaya mukavemet gri dökme demir ve KG döküm ile oksî-asetilen kaynağında çok zayıf kalır.



Şek. 22 - 3 deney çubuğu üzerinden alınmış ortalama kırılma mukavemeti

#### d) Değişik yönde (alterne - mütenevip) eğilmeye mukavemet

KG döküm - çelik birleşmeleri Şek.1b (sah.59) tipinde çubuklar üzerinde denenmiştir. Isıl işlem 850°C'ta 2 dakika tavlama, 650°C'ta soğutma ve bu sıcaklıkta 5 dakika tutma ve kumda soğutmadan ibaret olmuştur.

Ark kaynaklarının alterne (bir yukarı bir aşağı) yüklere mukavemeti bu işlemten sonra artar, bu mukavemet gri dökme demir ve KG dökümle oksî-asetilen kaynağında azalır (Tablo VIII).

TABLO VIII

Isıl işlemden evvel ve sonra alterne eğilmelere mukavemet (kg/mm<sup>2</sup>)

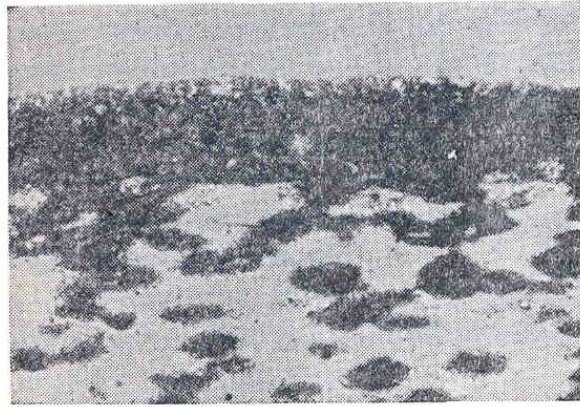
	E l e k t r o d l a r					Kaynak çubuğu	
	Saf Ni	Monel	Fe-Ni 60 % Ni	Fe-Ni 50 % Ni	Cr-Ni	Dökme demir	KG döküm
Kaynaktan sonra	12	15,5	13,5	12	11	14	17
Isıl işlemden sonra.....	16	18	16	15	12,5	10	11
Düzelme, %	+ 33,3	+ 16,1	+ 18,5	+ 25	+ 13,6	- 28,5	- 35,3

Parçalar kaynaktan sonra ısıl işleme tabi tutulmadıklarında kırılma kaynak dikişinin yanında, tutulduklarında da dikişin içinde vaki olur.

KG dökümden kaynak edilmiş birleşmelerin alterne eğilmelere mukavemeti ısıtıl işleminden evvel  $17 \text{ kg/mm}^2$  olup tavlanmış ferritik KG döküm kaynağı ile birleşmenininkinden ( $11 \text{ kg/mm}^2$ ) yüksektir.

### **KG DÖKÜMÜN DİRENÇ KAYNAĞI**

Projeksiyon esnasında bütün sıvı metal basınç tarafından def edildiğinden direnç kaynağında ısıtmayı ilgilendiren bölge en dar olanıdır. Bu itibarla soğumada çok az ledeburit soğumada çok az ledeburit teşekkül eder. Şek.23'deki mikrografi, kaynak dikişinin gri perlitik dokusunu gösterir. Bu doku çelik tarafında belirli şekilde sınırlanmıştır. Fakat KG döküm tarafında troostitle çevrili ledeburit lekeleri mevcuttur.



**Şek. 23 - KG döküm - çelik direnç kaynağı. Perlitik kaynak dikişi (x50)**

Keza KG döküm-çelik birleşmesinde, KG döküm-KG döküm birleşmesine nazaran daha az ledeburit adacıkları görülür. Bu husus KG döküm-çeliğin dirençle kaynağına özel bir önlem atfeder.

Kaynak birleşmesinin yakınında, soğuma hızına (ve bilhassa deney çubuğunun kalınlığı ve soğutucu kütleline) göre karbonla doymuş austenit değişme dokuları (perlit, troostit, martensit) teşekkül eder. Bütün havada soğuma hallerinde martensit ortaya çıkar.

Sertlik, kırılmalık, alterne eğilmelere mukavemet deneyleri kaynaklı çubuklarda bu çeşitli doku oranlarının etkisini meydana çıkarır. Sonraki tav-lamanın gayesi, kaynaklı birleşmelerde kaynaktan evvelki ferritik küresel grafitli dökme demirinkine yakın karakteristikleri elde etmektir.

En iyi neticeler direnç ve şişirme kaynağı ve uygun elektrodla ark kaynağı ile elde edilir.

### **Deneylerin şartları**

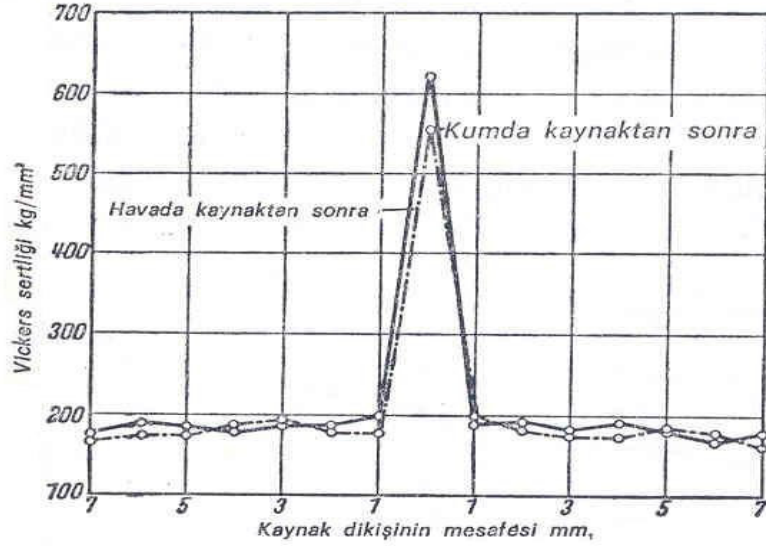
Deneyler aşağıdaki terkipte, %0,22C'lu çeliğe uçtan kaynak edilmiş nikelli ve nikelsiz KG döküm ve üç tip deney çubuğu üzerinde yürütülmüştür:



Ni - Mg alaşımı ithalile terkip  
Fe - Si - Mg alaşımı ithalile terkip

C	Si	Mn	P	S	Ni	Mg
3,39	2,76	0,20	0,05	0,004	0,80	0,126
3,38	2,10	0,30	0,06	0,002	0,04	0,105

n° 1 24 × 10 × 240 mm  
n° 2 15 × 15 × 100  
n° 3 15 × 8 × 100



Şek. 26 - Havada ve kumda soğumadan sonra birleşmenin her iki tarafında sertlik.

### Isıl işlem

Kaynaktan sonra kaynak birleşmesine dikey bir hat üzerinde ölçülmüş sertlikler Şek.26'daki grafikte kaydedilmiş değerler arz etmiş olup bunlar birleşme üzerinde takr. 600 HV 'ye kadar varmıştır. Bu deney çubuklarının kırılmaya mukavemeti 1 kgm/cm<sup>2</sup>'yi aşmamıştır.

KG döküm - çelik kaynaklarında en müsait sertlik-kırılmaya mukavemet uyuşmasını veren çabuk ısıl işlem şekli aranmıştır. Şu iki imkan bulunmuştur:

1°) A<sub>1</sub> sıcaklığının altında bir tavlama,

2°) A<sub>1</sub>'in üstünde bir sıcaklıkta ısıtma, bunu takiben austenit içinde erimiş karbonu perlit halinde elde edecek şekilde A<sub>1</sub> 'in altında bir sıcaklıkta tutma.

Sertlik ve kırılmalık ölçüleri bu değişme işlemi için aşağıdaki sonuçları göstermiştir:

1°) Kaynaklı birleşmenin martensitini ayrıştırmak için en müsait meneviş sıcaklığı 700 - 650° C 'tır;

2°) 850° C 'ta, tavlama süresi 2 dakikadır. 850°C'tan 650°C'ta, sonra 650°C'tan 15°C'ta soğuma, havada olabilir.

## KAYNAKLI BİRLEŞMELERİN 650°C'TA MENEVİŞTEN SONRA MEKANİK KARAKTERİSTİKLERİ

Nikelli dökme demirler üzerindeki kaynaklar, nikelsiz dökme demirler üzerindeki kaynaklara nazaran daha yüksek bir sertlik ve daha düşük bir kırılmaya mukavemeti haizdirler. Uzun deney çubukları (240 mm), kısa deney çubuklarından (100 mm), kaynaktan sonra daha sert ve daha kırılığandır. Uzunlarda kaynak yeri daha çabuk soğur, zira ısı daha büyük bir kütle içine dağılmaktadır.

650°C'lık meneviştten sonra (dökme demir-çelik deney çubukları için 2 dak.) 3 No.'lu (15x8x100) ve 1 No.'lu (24x10x240) çubukların kırılmaya mukavemetleri 1 kgm/cm<sup>2</sup>'den 4 ve daha fazla kgm/cm<sup>2</sup> çıkmak sureti ile çok düzelmiştir. Buna karşılık 2 No.'lu (15x15x100) çubuğunki az farketmiştir. Belki çubukların daha büyük kalınlığı, karbürlerin teşekkülüne yol açan soğuk damlaların kaldığı uçtan kaynağa daha az uygundur.

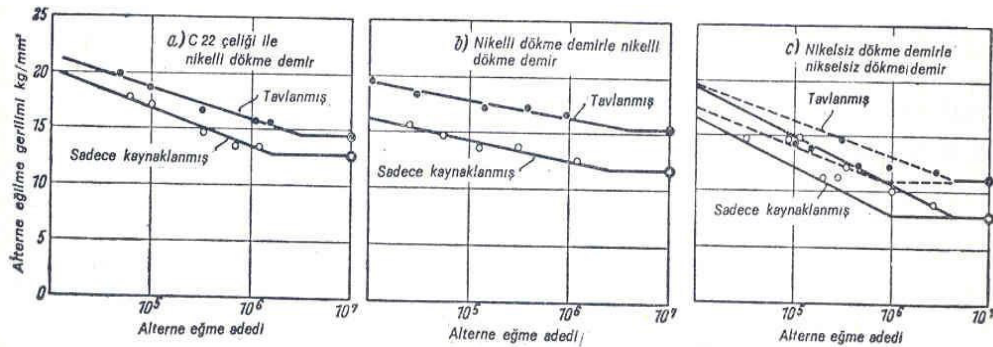
650°C'da tavlama da sertlik asgariye iner. Tavlama müddetleri:

- 24 x 10 x 240 mm çubuk için 8 dak. tutulmuş;
- 15 x 15 x 100 mm “ “ 4 “ “ ;
- 15 x 8 x 100 mm “ “ 6 “ “ ;

### Kaynaklı birleşmenin 850-650°C'ta tavlanasından sonra alterne eğilmeye mukavemeti

Nikelli dökme demir-C22 çeliği, nikelli dökme demir-nikelli dökme demir, nikelsiz dökme demir-nikelsiz dökme demir olarak kaynaklanıp hazırlanmış deney çubuklarına aşağıdaki İşlem uygulanmıştır: 850°C'ta 2 dakika tutma, 650°C'ta soğutma, 650°C'ta 10 dakika tutma, kumda soğutma.

Bütün hallerde işlem görmüş kaynakların mukavemeti işlem görmemiş olanlara nazaran üstün olmuştur (Şek.27). İlk iki kategori 15-16 kg/mm<sup>2</sup> mertebesinde bir mukavemete erişmiş olup ferritik KG dökümün alterne eğilmelere muakvemeti 16,5 kg/mm<sup>2</sup> mertebesinde dir. Nikelsiz dökme demir işlem görmüş çubuklar 16 kg/mm<sup>2</sup>lik mukavemete erişmiştir.



Şek. 27 - Alterne eğmelere tavlı ve tavsız mukavemet

### Kaynaklı birleşmelerin çekmeye mukavemeti

Prencip olarak, direnç kaynağı doğru yapıldı ise çekmeden dolayı kopma, birleşme yeri daha yüksek karbonlu ve daha mukavemetli olduğundan, birleşme yerinin yanında, ferritik bölgede olmalıdır. Bu itibarla çekme deneyi birleşme yeri kalitesinin etkili bir kontrolü olmaktadır. Aşağıdaki tablo, nikelli dökme demirlerin kendi aralarında, havada soğumuş direnç kaynağı mukavemetlerini verir.

Birleşme yerinin azami sertliği	Çekme mukavemeti	Kopma mahalli
700 HV	41,7 kg/mm <sup>2</sup>	)
712	41,2	)
698	42,5	) Kaynak yerinin yanı
722	40,8	)

### KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKÜMÜN FERRİTLEŞTİRME TAVLAMASI VE PERLİTLEŞTİRME İŞLEMİ

A<sub>1</sub> değişme noktasından geçişte yavaş soğuma ile y katı eriyiğı ferrit ve grafitte ayrışır. Grafit küreciklerin içine girer ve burada yoğunlaşır. Aksine olarak, y austenit'i sahasına ısıtma ile grafit erir ve kâfi bir müddetten sonra, katı eriyik karbona doyar.

Sementit'i ekonomik bakımdan kabul edilebilir bir müddette yok etmek için, mümkün olursa, 850° C üstünde tavlama lâzımdır.

#### Denemelerin şartları

Nikelli ve nikelsiz küresel grafitli dökme çubuklar 15x15x100 mm'lik deney çubukları halinde işlenmiştir.

Saatte 75°C hesabı ile 930°C'ta ısıtıp, burada 4 saat tutup ve saatte 15°C hızla soğutma sureti ile dokuları saf perlitte dönüştürülmüştür. Isıl işlemden sonra çubuklar, dekarbüre yüzeyi yok etmek üzere bütün yüzlerinden işlenmiştir.

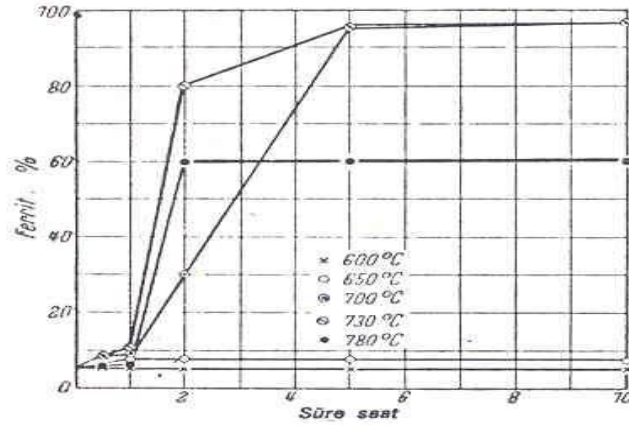
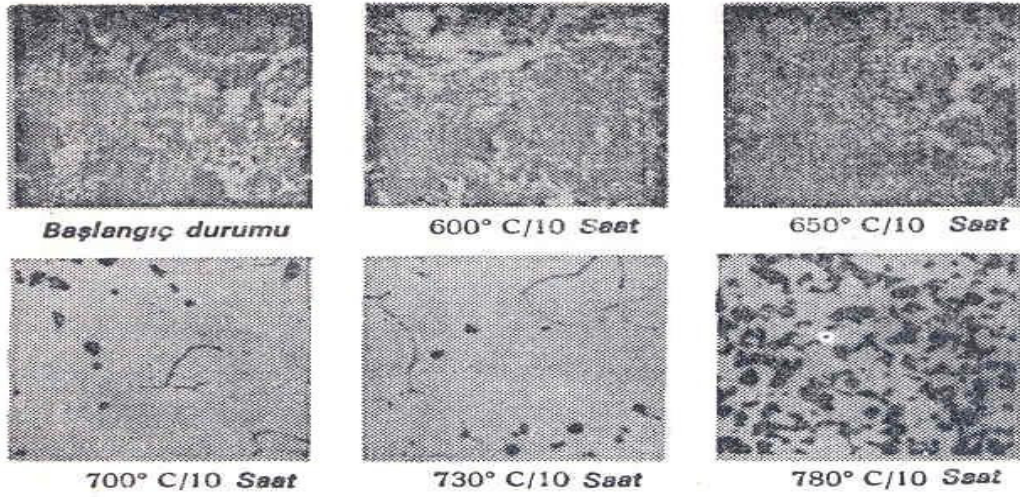
Ferritik deney çubuklarının bir kısmı, sıcaklık saatte 75°C yükseltılarak 870°C'ta tavlama, 20 sa. burada tutma ve 30 dak.da soğutma sureti ile saf perlitte dönüştürülmüştür.

#### Ferritleştirme tavlama

Saf perlit deney çubukları sırası ile 30 dak, 1, 2, 4, 7 ve 10 saat müddetle 600, 650, 700, 730 ve 780°C'a çıkarılmış, sonra havada soğutulmuştur.

Şek. 2 - Tavlama süre ve sıcaklığının ferrit oranı üzerine etkisi.



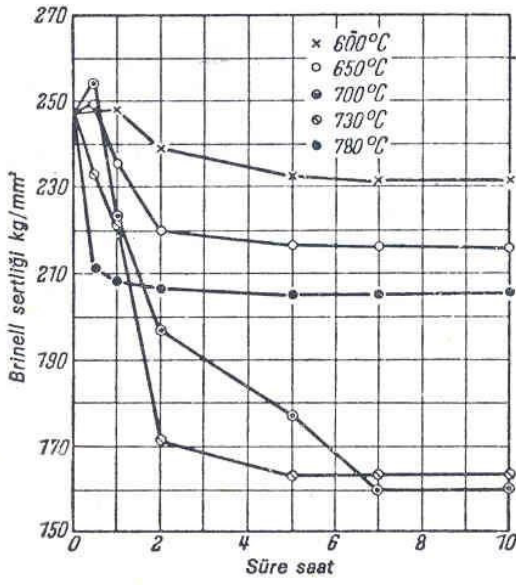


Şekil 2, başlangıçtaki ve bu değişik sıcaklıklardaki 10 sa. tutulduktan sonraki dokuları, grafik de, işlemin süresi ve sıcaklığı ile ferrit oranının artışı gösterir.

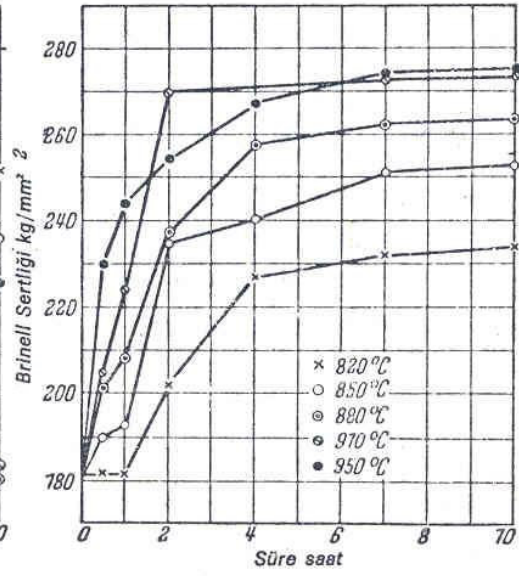
- 600°C'ta perlitte bir şey olmamıştır;
- 650°C'ta biraz ferritle semantit ortaya çıkar;
- 700 ve 730° C'ta, 4 saati geçmeyen bir süreden sonra %96 sementit teşekkül eder;
- 780°C'ta sadece %60 ferrit teşekkül eder, bu da sertlik ve kırılabilirliği etkiler.

### Sertlik (Şek. 3a)

600, 650 ve 780°C'ta tavlama müddeti ne olursa olsun sertlik 230, 215, 205 HB'in altına inmez. Bunun altına ancak 700 ve 730°C'ta tavlama ile iner.

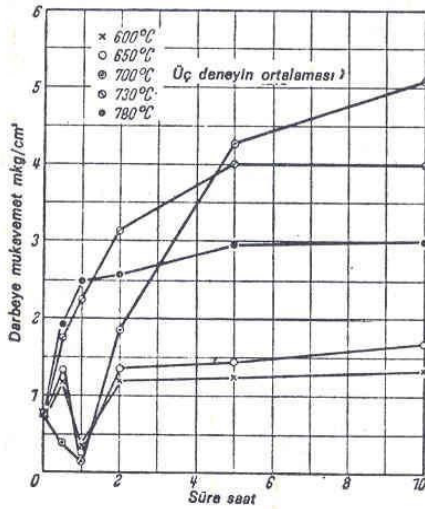
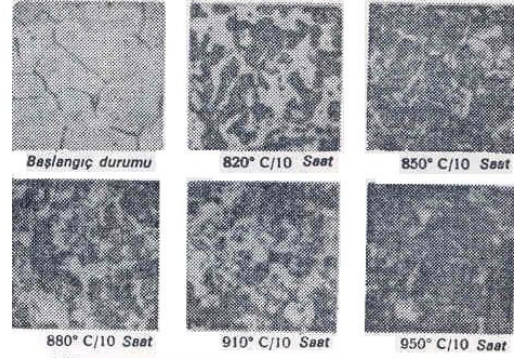
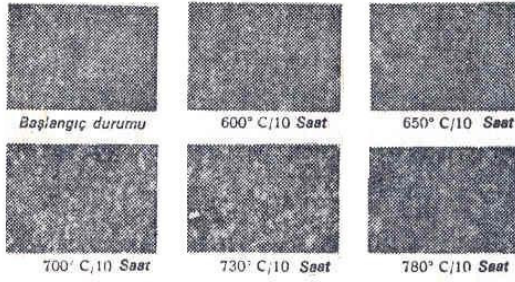


a) Ferritleştirme

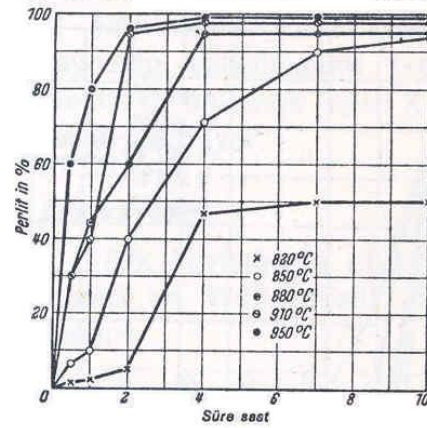


b) Perlitleştirme

Şek. 3 - Tavlama süre ve sıcaklığının Brinell sertliği üzerine etkisi.



Şek. 4 - Tavlama süre ve sıcaklığının kırılmaya mukavemeti üzerine etkisi.



Şek. 5 - Tavlama süre ve sıcaklığının perlit oranı üzerindeki etkisi.



### Kırılmaya mukavemet

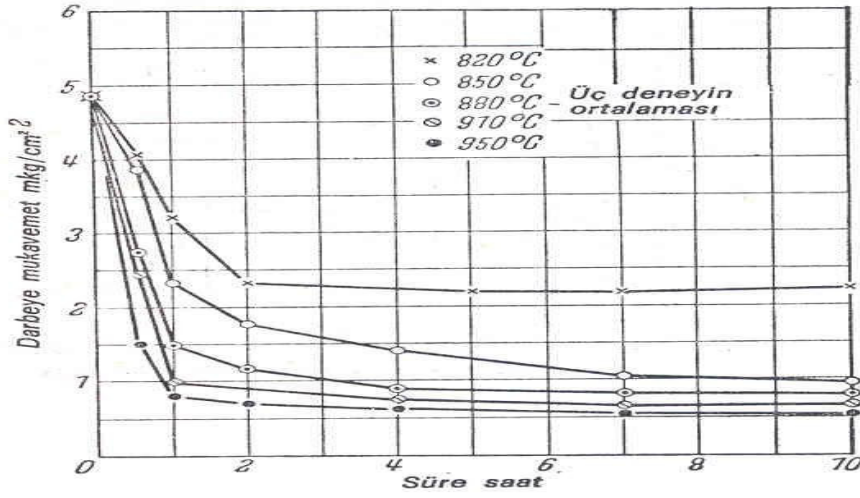
Şekil 4, dökme demirlerin 600, 650 ve 700°C'ta tavlama ile kırılmaya mukavemetin artmasını, 700°C'ta maksimum ile gösterir.

### Perlitleştirme işlemi

Başlangıçta tamamen ferritik bir doku 10 sa. müddetle çeşitli 820, 850, 880 ve 950° C sıcaklıklarında tavllanmış ve havada soğutulmuştur. Perlit oranını, tavlamanın süre ve sıcaklığı ile grafik 5 'teki gibi yükselir.

Sertlik (Şek. 3b) perlit oranı ile artar ve 4 veya 6 sa. sonra sabit kalır.

Kırılmaya mukavemet, 2 sa.'lik bir işlemde sonra az çok sabit kalır (Şek. 6).



Şek. 6 - Kırılmaya mukavemet üzerine daha yüksek perlitleştirme sıcaklıkları (825 ile 950° C) ile bunun süresinin etkisi.

### Alterne eğilmelere mukavemet

Aşağıdaki tablodan görüleceği üzere nikel ihtiva eden (%0,80) ve yüksek perlit oranlı küresel grafitli dökme demirlerin alterne eğilmelere mukavemeti daha yüksektir.



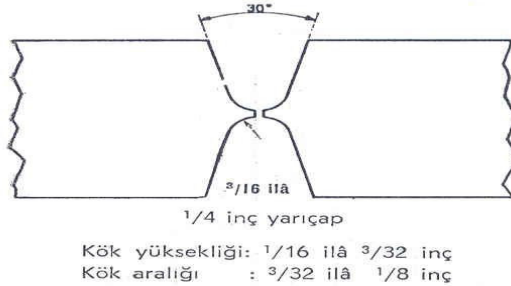
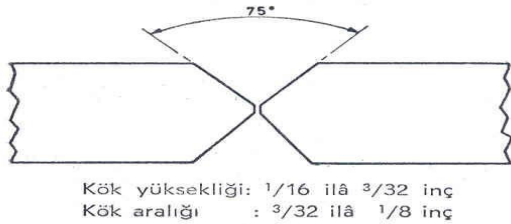
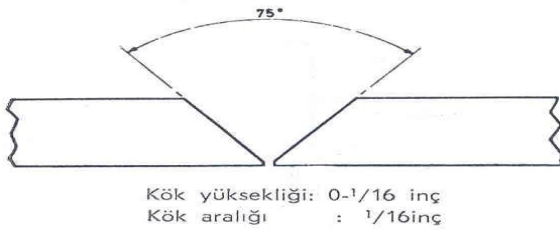
kg/mm<sup>2</sup> olarak alterne eğilmelere mukavemet

o/o Ferrit	o/o 0,80 Ni'li KG döküm	Nikelsiz KG döküm
5	22,5	15
60	20	—
95	16,5	8

Bu deneylerde nikelsiz KG döküm deneylere devam etme imkanını vermeyen çok miktarda küçük çekme delikleri ihtiva ediyordu.

## B - UYGULAMA ŞEKLİ (\*)

Tebliğ, KG dökümün kendisi ile veya çelikle, %55 Ni'li bir Fe-Ni alaşımı elektrod ark kaynağı veya oksii-asetilen üfleci ve %5 Ni'li bir dökme demir kaynak çubuğu ile kaynağını nazarı itibare alıyor.



Şek. 2 - Kaynak edilecek fontların hazırlanması.

Kaynak edilecek kenarların taşlama ile iyi hazırlanmasını ve kaynak ağzının kafi bir açıklığı ile dibe ulaşma imkanlarını (Şek.2) hatırlatıyor. Kalın kesitlerin kaynakla çarpılmasını (peşlemesini) önlemek için X ağzı tavsiye ediliyor.

### Ark kaynağı

C	Si	Mn	Mg	Ti	S	Fe	Ni
o/o 1,3	0,3	0,32	0,01	0,22	0,006	43,8	54

Arka kaynağında elektrodlar monel ve %55 nikelli alaşımdandır:

Elektrod, önceden bir saat 260°C'a ısıtılıp kullanma anına kadar 120°C'ta tutulmak suretiyle kurutulacaktır.

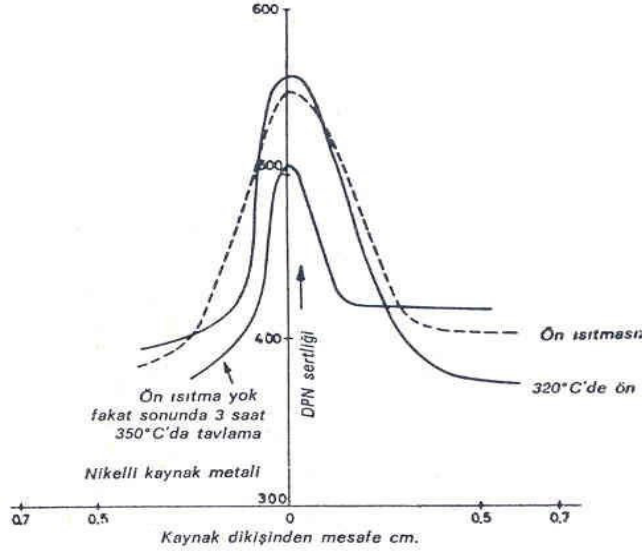
Isının iyi dağılımını elde etmek üzere kaynak boncuk noktaları halinde gerçekleştirilir. Her yeni pasodan evvel cüruf itinalı keski temizlemesi veya fırçalanmaya tabi tutulacaktır.

D. R. THORNEYCROFT. - Soudage de la fonte a graphite spheroidal. Congres de l'Association technique de Fonderie de Belgique, 19 novembre 1962. Fonderie belge, janvier 1963, p. 19a 28.

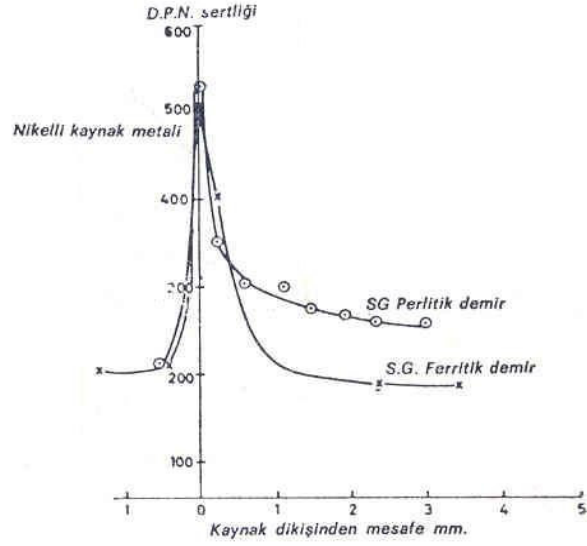
Perlitik KG döküm, parçanın 200-250°C'a ön ısıtmasını ve kaynaktan sonra, anyant veya kum koruması altında yavaş soğumasını elzem kılar.

Çevre sıcaklığı 20°C'ın altında olmadığı müddetçe ferritik dökme demirler, çaresiz kaldığında ön ısıtmasız da kaynak edilebilirler. Ön ısıtma, ayrıca, rutubet yoğunlaşmasını ve gözenekleşmeyi önler.

Bununla beraber ön ısıtma ferritik olduğu kadar perlitik dökme demirlerde de sert dokuların teşekkülüne (ötektik karbürler ve martensit) (Şek. 3 ve 4) mani olmaz.



Şek. 3 - Kaynak dikişinin aksına mesafenin fonksiyonu olarak sertlik. Nikelli dökme kaynak çubuğu



Şek. 4 - Kaynak dikişinin aksına mesafenin fonksiyonu olarak sertlik. Ni-Fe alaşımında kaynak çubuğu.

#### % 55 Ni 'li elektrodlar ve ark kaynağı ile meydana getirilmiş birleşmelerin denemesi

İlk durum		E kg/mm <sup>2</sup>	R kg/mm <sup>2</sup>	A %	Σ %	ρ	Kırılma yeri
Perlitik	ana d. demir	62	70	3	-	1, 5	birleşme
	kaynaktan sonra	50	58	1-2	3-4	2	
	kaynaktan sonra 3 s. 900°C'ta 16 s. 700°C'ta	34	40-45	6-12	7-15	5	birleşmeye yakın
Ferritik	ana d. demir	32	49	18	23	14	birleşmeye yakın
	kaynaktan sonra	38	45-48	4-7	11-16	2, 5	
	kaynaktan sonra 2 s. 850°C'ta 16 s. 700°C'ta	28-35	46-48	6-7	5	5	birleşme ve birleşmeye yakın
ρ - Charpy kırılmaya mukavemeti, kgm							

### Oksi - asetilen kaynağı

Bu usul bilhassa dökümcülükte, bozuk parçaların tamirinde kullanılmıştır. Normal bir KG döküm çubuğu ile ince cidarlarda kaynak kırılğan olmaya, kalınca cidarlarda da gözenekli olmaya meyyaldır. Bu güçlüklerden kaçınan, tel halinde takdim edilen bir dökme demir, aşağıdaki terkibi haizdir:

	<u>C</u>	<u>Si</u>	<u>Al</u>	<u>Mg</u>	<u>Ni</u>
%	3,8	2,5	0,06	0,06	5

Perlitik dökme demirde, ısıt işlemsiz, sıhhatli ve mukavemetli kaynak verir. Özellikleri ana metalinkilerle mukayese edilebilir.

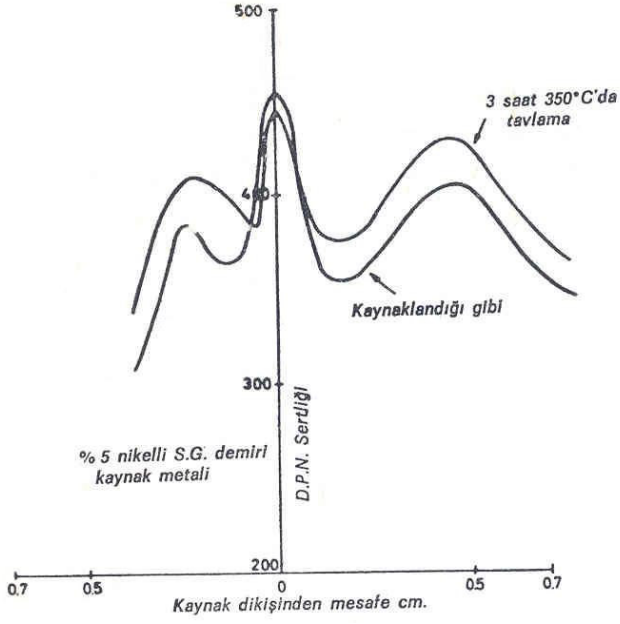
### % 5 Ni 'li bir dökme demir kaynak çubuğu ile KG dökümün oksii-asetilen kaynağı

Parça kalınlığı	Kaynak Tipi	Deneme Çubuğu, mm	E kg/mm <sup>2</sup>	R kg/mm <sup>2</sup>	A %	Kırılma Yeri
12 mm	V 90°	25 x 11	52 60	74 67	2,5 2	Dikiş merkezi ile birleşme arası
25 mm	X 90°	25 x 22	49 - 56	58 - 60	2 - 2,5	Birleşme yeri
52 mm	X 90°	25 x 29 dikiş aksı birleşme yüzünün den 13 mm de	57	60 65	3 1,5	Dikiş merkezi " "

Bu kaynak çubuğu 3 sa. 900°C'ta, 16 sa. 700°C'ta tavlansadan sonra, aşağıdaki mekanik karakteristikleri arz eder:

<u>E</u> kg/mm <sup>2</sup>	<u>R</u> kg/mm <sup>2</sup>	<u>A</u> %	<u>HB</u>
56	64	8,5 - 12	230

Paslı teller gözenekli kaynaklar hasıl edebilirler. Bu itibarla bunları kullanmadan evvel hafifçe taşlamak tavsiye edilir.



**Şek. 7 - Kaynak dikişinin aksına mesafenin fonksiyonu olarak sertlik. Çubuk: % 5 Ni 'li GS dökümü; hem kaynaktan sonra, hem de 350° C 'ta 3 saat tavlamadan sonra sertlik.**

Tatlı ve nötr bir alev, az miktarda depekan kullanılacak.

Kaynak çubuğu alevle doğruca temasla değil, tercihen daldırma ile ergitilmelidir.

Türbülans yaratan çok fazla miktarda sıvı metalden kaçınılacak.

Grafik 7, %5 Ni'li bir KG döküm yardımı ile kaynakta, birleşme kenarlarında varılan sertlikleri gösterir. Isıl işlem, birleşmede mevcut olan karbür şeridini ayrıştırmaz.