

Marmara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi

Lamellar Yırtılma İçin
Eğme Deney Aracı Dizaynı

Muşa Şimşek
Tez. Yön. A.İrfan Yükler
Haziran 1986

Marmara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi

Lamellar Yırtılma İçin
Eğme Deney Aracı Dizaynı

Musa Şimşek
Tez. Yön. A.İrfan Yüklcr
Haziran 1986

ÖNSÖZ

Bilim ve teknikteki gelişmeler ile malzemelerin özelliklerini tanıma çalışmaları karşılıklı etkileşim içerisinde süregelmektedir. Malzemelerin özelliklerini araştırmak amacıyla birçok deneyler geliştirilmiştir.

Kullanma alanının genişlemesi ile kaynaklı birleştirmeler gittikçe önem kazanmaktadır. Bu nedenle metallerin kaynak kabiliyetleri bu denemeler içerisinde önemli bir yer almıştır. Metalberin kaynakla birleştirilmesinde görülen çatlama ile ilgili birçok deney yapılmıştır. Ancak tahribatsız testler gittikçe güvenilirliğini yitirmiş ve şu anda tahribatlı testler dahada önem kazanmıştır. Kıvrık Dilim Testi; metallerin lamellar yırtılmaya karşı hassasiyetini araştırmak amacıyla yapılan, tahribatlı bir testtir. Bu test ile ileride kaynaklı birleştirmede kullanılması düşünülen metalin, lamellar yırtılmaya karşı hassasiyetinin hangi kalitede olduğunu anlamak mümkündür.

Kıvrık dilim testi için yaptığım deney aracının eğitim amacıyla kullanılacak olması beni mutlu kılmaktadır.

Beni, her aşamada kendime güvenimi arttırarak yönlendiren Sayın Hocam A.İrfan YÜKLER'e, deney aracının yapımında atelye imkanlarından faydalanmamı sağlayan Sayın Lütüf KENEŞ'e ve hazırladığım notlarda yardımcı olanlara şükranlarımı sunarım.

İstanbul, Mayıs 1986

Musa ŞİMŞEK

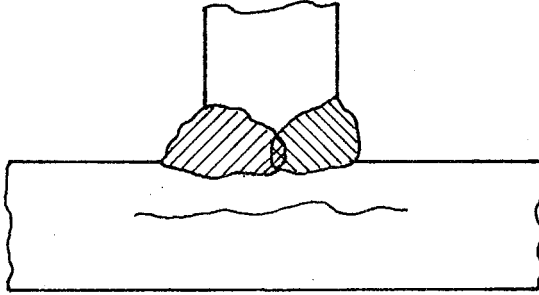
İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
1. Lamellar Yırtılma	1
2. Lamellar Yırtılmaya Yol Açan Faktörler	2
3. Lamellar Yırtılmaya Karşı Alınabilecek Önlemler	4
4. Lamellar Yırtılmaya Karşı Hassasiyet Testleri .	9
4.1. Çekme Testi	9
4.2. Eğme Deneyi	13
4.3. Darbe Deneyi	15
4.3.a. Charpy Darbe Deneyi	16
4.3.b. İzod Darbe Deneyi	17
4.4. Cranfield Deneyi	20
4.5. Pencere Deneyi	27
4.6. Lehigh Lamellar Yırtılma Testi	27
5. Lamellar Yırtılma ve Kıvrık Dilim Testi	30
6. Kıvrık Dilim Numunesi	31
7. Deney Aracı	33
8. Deney Safhaları	35
9. İki Tonluk Vidalı Pres Hesapları	36
9.1. Çevirme Kolu Boyu Hesabı	36
9.2. Çevredeki Dört Sütunun Emniyetli Boyut Hesabı	39
9.3. Hareketli Tabla Emniyetli Kesit Hesabı	40
9.4. Vidalı Burcun Yüzey Basıncına Göre	41
Yükseklik Hesabı	41
9.5. Statik Yük Altında Çalışacak Rulman Seçimi.	41
10. Vidalı Prese Ait Yapım Resimleri	43
10.1. Alt Tabla Yapım Resmi	43
10.2. Sütun Yapım Resmi	44
10.3. Hareketli Tabla Yapım Resmi	45
10.4. Rulman Kapağı Yapım Resmi	46
10.5. Vidalı Mil Yapım Resmi	47
10.6. Kademeli Burç Yapım Resmi	48

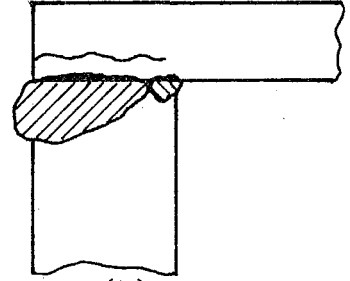
10.7. Üst Tabla Yapım Resmi	49
10.8. Vidalı Burç Yapım Resmi	50
10.9. Çevirme Kolu Topuzu Yapım Resmi	51
10.10.Çevirme Kolu Yapım Resmi	52
10.11.Zimba Yapım Resmi	53
10.12.Dişi Kalıp Resmi	54
Sütunlu Pres Komple Resmi	55
Kaynakça	56

1- LAMELLAR YIRTILMA

Çelik levhaların köşe kaynağı, kenar kaynağı ve iztavrız kaynağında görülen bir çatlama türüdür. (Şekil 1 a-b)



(a)



(b)

Şekil-1 (a-b) Tipik Lamellar Yırtılmalar.

2- LAMELLAR YIRILMAYA YOL AÇAN FAKTÖRLER

A) Zayıf Uzama

1-İnklüzyonlar

- Şekil
- Ebatı
- Tip
- Mesafe

2-Matriks Özellikler

- Bant
- Doku
- Partikül büyüklüğü
- Yapı

3-Gevrekleşme

- Yaşlanma
- Erimiş oksijen
- Hidrojen

B) Yüksek Gerilim

1-Dış Gerilimler

- Yapısal zorlama
- Kaynak büzülmesi

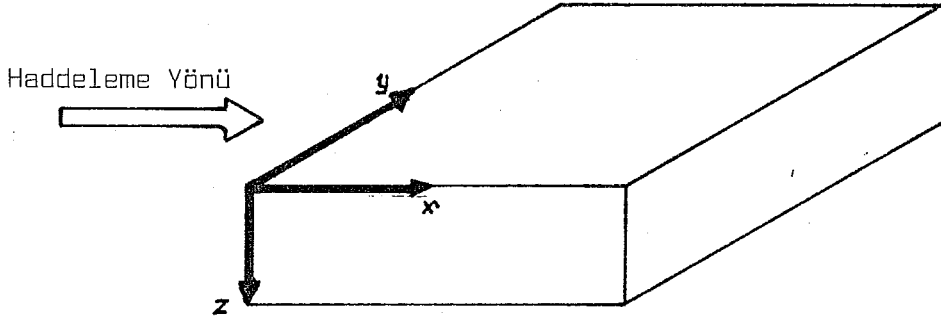
2-Isıl Gerilimler

- Isı farklılığı
- İç zorlama

3-Dönüşüm Gerilimleri

- Kompozisyon
- Soğuma hızı

Kaynaklı birleştirmelerde görülen lamellar yırtılma yu-
karıda gruplar halinde sıralandığı gibi birçok değişik fak-
törlerden ileri gelebilmektedir. Konu daha detaylı bir şe-
kilde incelendiğinde bu faktörlerin sonuç üzerindeki etki-
lerinin farklı olduğu görülmektedir. Bu bakımdan, bu de-
ğişkenlerin önem sırası üzerinde durmak gerekir.



Şekil-2 Koordinat Sistemine Göre Haddeme Yönü.

Şekil-2 de X doğrultusu haddeme yönü olmak üzere malzemenin X, Y, Z eksenlerine göre uzama kabiliyetleri in-
celendiğinde $U_x = \%20$, $U_y = \%25$, $U_z = \%7$ bağıntısı olduğu gö-
rülmüştür. Bu durumdan da anlaşılacağı üzere kalınlık doğ-
rultusu (%) uzama kabiliyeti bakımından kritik doğrultuyu
ifade etmektedir. Kaynaklı birleştirmede kalınlık doğrul-
tusundaki zorlama eğer süneklik sınırını geçerse lamellar
yırtılma başlar. Çatlamanın meydana gelişi ve özellikle
kalınlıklık doğrultusunda etkili oluşu da değişik faktör-
lere bağlıdır. Ancak bu faktörleri iki grup altında top-
lamak mümkündür. Bunlardan ilki, çatlama bölgesinde bi-
rim yüzeye gelen dış zorlama kuvvetidir. Bu kuvvet kay-
nak gerilimi ve konstrüksiyondan kaynaklanan dış kuvvete
bağlıdır. İkincisi ise çatlama bölgesindeki zayıf uzama-
kabiliyetidir. Uzama kabiliyeti inklüzyonların tip, ebat,
şekil ve mesafe, meteryal özelliklerindeki farklılıklardan,

haddelenmesine bağlı matriks özelliklerinden, kristal yapısından, örme bantlaşmasından ve zorlama gerilimlerinden etkilenir. İşte bu nedenlerle malzemenin uzama kabiliyeti, kaynak sırasında veya kaynak işleminden daha sonra azalabilir. Malzemenin uzama kabiliyeti; deoksitlenme ve haddeleme pratiği, meteryalin kompozisyonu, ısıl işlemler, hidrojen ve erimiş oksijenin varlığı, yaşlanma, yapısal zorlama, kaynak şartları vs. gibi birçok değişik faktörlerden de etkilenebilirler. Bu faktörler arasında haddelenmiş inklüzyonlar zayıf uzamaya neden olan en önemli etkendir. Çelik plaka yapısında bulunan alüminyum, manganez silikat ve manganez sülfid ile haddeleme sırasında, haddeleme doğrultusuna paralel ikinci faz partikülleri oluştururlar. Bu yassı cisimcikler tıpkı bir kertik tesirinde olduğu gibi az bir zorlama ile kolaylıkla birbirleri ile birleşerek basamak biçiminde çatlamalara neden olurlar.

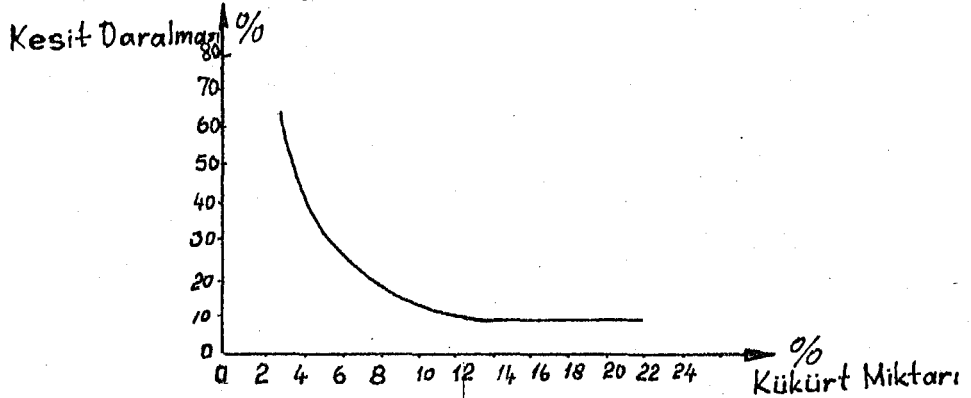
3- LAMELLAR YIRTILMAYA KARŞI ALINABİLECEK ÖNLEMLER

Çatlamaya genellikle kaynak metalinde, esas metalde, ısı -
nın tesiri altındaki kalan bölgede ve birleşme yerinde rastla-
nır.

Bileşim içeriği ile lamellar yırtılma arasında direkt ba-
ğıntı hassasiyetinin eksikliği, çeliğin temizliğinin sağlan-
ması için sarfedilen çabaların lamellar yırtılma direncini
arttırmada en ekonomik ve geçerli yol olmadığı düşüncesini
ortaya çıkarmıştır. Çeliğin fiyat ve temizliği yapımı sıra-
sında izlenen yola bağlıdır ve en iyi yolda şeklini, ebatı
nı, tipini ve dağılımını gözönüne alarak en dirençli bile-
şimi elde etmektir. Ancak bu yapılırken kullanılacağı yere
göre ekonomik olması da gözönünde bulundurulmalıdır. İnsan
hayatını direkt ilgilendiren konularda örneğin; nükleer san-
trallerde, barajlarda tabii ki ekonomik olması yanında mal-
zemenin her ne pahasına olursa olsun en ideal özelliklere sa-
hip olması zorunludur. Aynı zamanda malzeme bileşimi tes-
pit edilirken yalnız kaynak şartları açısından düşünmekte
doğru değildir. Şekillendirilebilme özelliğide düşünülmeden
yapılamaz. Çoğu zaman bu özelliklerin tamamına uygun malzeme
elde etmek çeşitli nedenlerden dolayı mümkün değildir. Bile-
şimlerin şekil ve ebatları onların şekillendirilebilme özel-
liklerine bağlıdır. Bileşimlerin deformasyonu kendi kompo-
zisyon özelliklerine ve dış şartlara bağlı olarak değişik-
lik gösterir. Alümina ve kalsiyum alüminatlar çeliğin hadde-
lenmesi için kullanılan sıcaklıklarda deforme olmazlar ve
küre şekillerini muhafaza ederler. Tekfazlı tip mangan
sülfür ise çok deforme olur ve kirişler oluşturarak genle-
şirler.

Yumuşak çeliklerin kükürt içeriği genellikle malzemenin
kaynak kabiliyetine etkir. Esas metalde veya ilave metalde
fazla miktarda kükürt bulunması kaynak bölgesinde çatlama-

lara neden olur. Böyle bir olasılık ortaya çıktığında, basit bir kükürt analizinin yapılması gerekir. Çelik içerisindeki kükürt miktarı ile kalınlık doğrultusundaki lamellar yırtılma direnci arasındaki bağıntı şekil(3)de grafik halinde verilmiştir. Kükürt miktarının düşürülmesi ile bazı ilerlemeler meydana gelmişse de kükürt miktarının % 0,01 in altına düşürülmesi karşısında bile lamellar yırtılma direncinin ölçüsü olan yüzde kesit daralma oranı ancak %20 ile %60 arasında sınırlı kalmıştır. Bu sonuçta gösteriyor ki lamellar yırtılma açısından kükürt miktarı en azından %0,01 in altına düşürülmelidir.



Şekil-3) Kükürt Miktarı İle Kesit Daralması Arasındaki Bağıntı.

Lamellar yırtılmaya neden olan faktörlerden biride malzemelerin kesitinde müsaade edilebilen büzülme oranıdır. İşte bu nedenle kesitlerindeki daralabilme oranlarına göre çeliklerin derecelendirilmesi yapılmıştır. Tablo-1 de bu derecelendirme gösterilmiştir.

Lamellar yırtılmayı minimize edebilmek için kaynak esnasında birçok ölçümler yapılabilir. Bununla beraber lamellar yırtılmanın temel mekanizması çeliğin kendi metallurjik özelliklerine bağlıdır. Bu yüzden bu ölçümlerin lamellar yırtılma oluşumunun tamamen yok edilmesi veya meteryalin yırtılmaya karşı doğal hassasiyetini ideal hale getirmek değil, sadece lamellar yırtılma oluşumunun minimuma indirilmesi düşünülmelidir.

Kalite Derecesi	Stahl-Eisen-Lieferbedingung 096	
	Ortalama Değer	Kabul Edilebilir Min. Tek Değer
1	15	10
2	25	15
3	35	25
	Yazarın Önerileri	
1	10	8
2	15	10
3	25	15

Tablo-1 SEL 096 ya göre kesit daralma oranları ve yazarın önerileri.

Malzemenin bileşimindeki farklılıklar onların sertleşme eğilimlerini de belirler. Yüksek karbonlu ve yüksek mukavemetli çeliklerdeki çatlama ihtimali alaşımsız çeliklere göre daha fazladır. Bu duruma kaynak anında, ısının tesiri altında kalan bölgenin sertleşmesi neden olur. Bu nedenle soğuma hızı kontrol altına alınmalıdır. Bazı durumlarda kaynaktan sonra soğumadan dolayı meydana gelebilecek gerilimi azaltmak için tavlama da önerilmiştir. Tavlama etkisinin yine de plaka ebatına ve yapı tipine bağlı olduğu unutulmamalıdır. Geçiş bölgesinde, sert bir yapının oluşmasını önlemek için soğuma hızının olabildiğince azaltılması gerekir. Soğuma hızının azaltılması

labilmesi için aşağıdaki kurallara uymak gerekir.

a-Kaynak edilecek parçalara kaynaktan önce ve sonra tavlama uygulanmalıdır.

b-Parçaya verilen ısı miktarı arttırılmalıdır.Örneğin; kalın çaplı bir elektrodla geniş pasolar çekilmeli ve uygun bir kaynak yöntemi seçilmelidir.

c-Çok pasolu kaynaklarda parçaya verilen ısının çabuk dağılması önlenmelidir. Yani sıcaklık mümkün olduğunca sabit tutulmalıdır.Bu da pasoların birbiri arkasından, soğumaya meydan vermeden çekilmesiyle sağlanır.

d-Sertleşme meyli fazla çeliklerin,kaynağından önce tavlama işlemi uygulanmadığı durumlarda, puntalamadan ve arkı, kaynak ağzının dışında oluşturmaktan kaçınılmalıdır. Zira böyle bir işlem sert bölgelerin ve dolayısıyla yüzeysel çatlamların oluşmalarına neden olur.

e-Hava sıcaklığının sıfır ve sıfırın altında bulunduğu zamanlarda,yapı çeliklerinin kaynağında dahi hafif bir ön tavlamaya gerek vardır. Bazı durumlarda da bazik elektrodların kullanılması yarar sağlamaktadır.

Kaynak noktasının çevresinde lokalleşmiş gerilimler lamellar yırtılma ile ilgili olduğundan dolayı toplam gerilimleri azaltmaya yönelik metodların lamellar yırtılmayı da azaltacağı denenmiştir. Bununla ilgili birçok metod vardır. Bunların en etkilisi kritik bağlantı geometrilerinin yeniden dizayn edilmesidir ki bu, plakanın üzerinde normal gerilim oluşturacak yönden başka bir yöndeki gerilimlerin maksimum değerinde olduğu bağlantı yerlerinin dizaynıdır.

Gerilimi azaltmanın bir diğer yolu da taban metalden uzama kabiliyeti daha yüksek, mukavemeti daha az olan bir kaynak metali kullanmaktır. Böylelikle kaynak operasyonundan dolayı oluşan herhangi bir gerilme, başka bir yerdeki gerilimi azaltarak, kaynak metalinin deformasyonu şeklinde ortaya çıkacaktır.

Kaynak yapılan malzemenin boyut ve biçimine bağlı olarak özellikle kırılgarlıkta olduğu gibi eğer önemli oranda eğilme gerilimi meydana geliyorsa bu taktirde yayık yöntemine başvurulması gerekir. Bu düşük mukavemet, yüksek uzama kabiliyetli kaynak metalinin bir tabakasının başlangıç geçişleri için uygulanmasını içerir. Gene kaynak geçişlerinden dolayı olan gerilmeler, bu yayıklaşmış geçişlerle azaltılmış olur. Kaynak geçiş sırasının iyi seçilmiş olması lokalleşmiş olması alanlardaki gerilimlerin etkisini azaltır. Bu şekilde, kaynak yerdeğiştirmesi kontrol edilir öyle ki birinci kaynak geçişi tarafından meydana getirilmiş gerilimler alt geçişlerle parçada karşılanmış olur. Bu, kaynak kökünde eğilme momentlerinden dolayı olan yüksek gerilmeleri azaltmaya yardım eder. Böyle bir işlem denge kaynağı olarak isimlendirilir.

4- LAMELLAR YIRTILMAYA KARŞI HASSASİYET TESTLERİ

Lamellar yırtılmaya karşı malzemenin hassasiyetinin tespitinde faydalanılan testleri iki gurup altında toplamak mümkündür. Bunlar, kaynak prosesinin kullanıldığı testler ve kaynak prosesinin kullanılmadığı testlerdir.

Kaynak prosesinin kullanılmadığı testler.

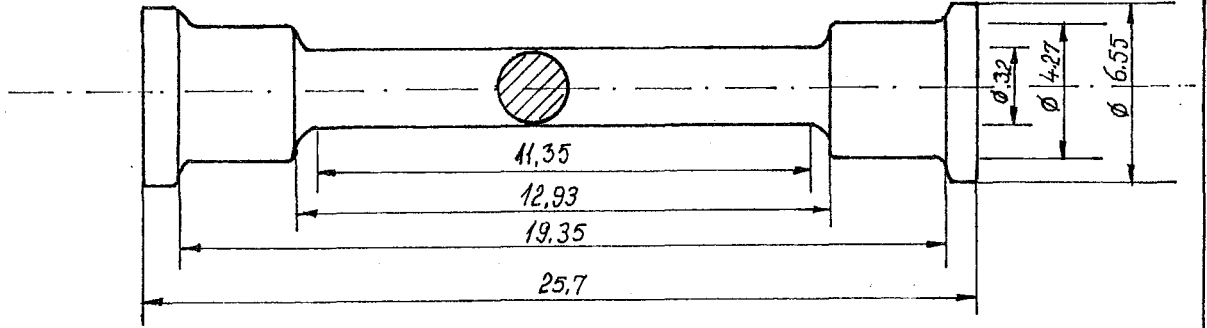
4-1-Çekme Testi: Çekme deneyi malzemelerin mukavemeti hakkında esas dizayn bilgilerinin tespiti ve malzemelerin özelliklerine göre sınıflandırılması amacı ile geniş çapta kullanılır. Çekme deneyi, standartlara göre hazırlanmış deney numunesinin tek ekseninde, belirli bir hızla ve sabit sıcaklıkta koparılmaya kadar çekilmesidir. Deney sırasında numuneye bir çekme kuvveti uygulanarak, aynı esnada numunenin uzaması kaydedilir.

Çekme deneyi sonucunda numunenin temsil ettiği malzemeye ait şu özellikler bulunabilir. Elastisite modülü, elastik sınırı, rezilyans, akma gerilmesi, çekme dayanımı, tokluk, % uzama, % kesit daralması.

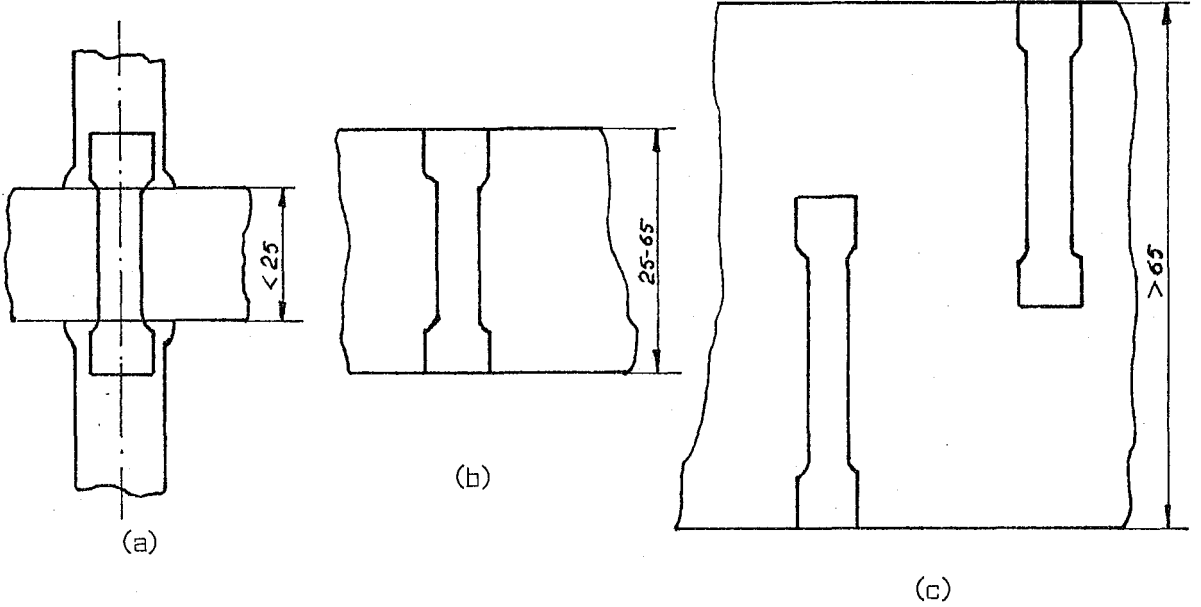
Yukarıdaki açıklamalardan da anlaşıldığı gibi çekme deneyi de malzemelerin birçok özelliği araştırılabilir. Ancak burada yalnızca malzemelerdeki lamellar yırtılmaya karşı hassasiyet açısından çekme deneyi üzerinde durulacaktır.

Çekme deneyinde numunenin boyutunun değişmesi halinde elde edilecek sonuçlarda değişeceğinden bu konuda standarta gidilmiştir. Lamellar yırtılma açısından malzemenin özelliklerini incelemek amacıyla kullanılan numuneye ait standart boyutlar Şekil-4 de verilmiştir.

Daha öncede belirtildiği gibi lamellar yırtılma açısından malzemelerin en zayıf olan kesitleri kalınlık doğrultusunda olan kesitleridir. Bu nedenle numunelerin ana malzemeden çıkarılması sırasında bazı prensiplere uymak gerekir. Değişik özellikteki plakalardan numune çıkarma pozisyonları Şekil-5 a,b,c de gösterilmiştir.



Şekil-4) Standart Çekme Numunesi Boyutları.



Şekil-5) a-İnce Plakalardan Numune Parça Çıkarılması.

b-Tüm Plaka Kalınlığından Numune Çıkarılması.

c-Kalın Plaka İçerisinden Numune Çıkarılması.

Çekme deneyinde belirli bir gerilim başına malzemede meydana gelen deformasyon araştırılır. Bu deformasyonda boyda uzama, kesitte daralma ve nihayet malzemenin kopması şeklinde ortaya çıkar. Boydaki uzama miktarı şu şekilde ifade edilebilir.

$$\epsilon = \frac{L_k - L_0}{L_0} \times 100 = \frac{\Delta L}{L_0}$$

ϵ = Yüzde uzama miktarı.

L_k = Kopmadan sonraki ölçü uzunluğu.

L_0 = Başlangıçtaki ölçü uzunluğu.

Malzemenin uzamasına karşılık kesitinde daralma olur.

Bu nedenle uygulanan kuvvetin değişmemesine karşılık kesitteki daralma nedeniyle çekme sırasında meydana gelen gerilim orantılıdır. Kesitteki yüzde daralma şu şekilde ifade edilir.

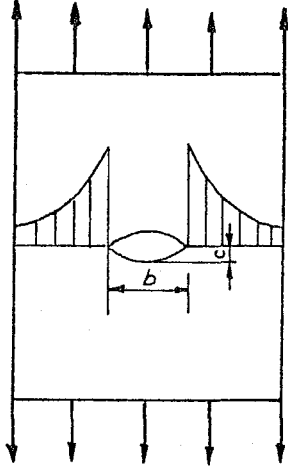
$$\epsilon_d = \frac{A_0 - A_k}{A_0} \times 100 = \frac{\Delta A}{A_0}$$

ϵ_d = Yüzde daralma (büzülme) oranı.

A_k = Numunenin kopma bölgesindeki alanı.

A_0 = Numunenin başlangıçtaki kesit alanı.

Malzemenin kopmasında kerrtik tesirinin önemli bir rolü vardır. Malzemenin içinde bulunan manganez, sülfürü kendine bağlayarak MnS oluşturur. Bu sülfür haddeleme sırasında iplik biçiminde uzar ve çeliğe lifli bir yapı kazandırır. Bu yapı sonucunda malzeme içerisinde maksimum gerilime neden olan bölgeler meydana gelir ve çekme geriliminden dolayı bu kerrtikler uç taraflarından kolaylıkla birleşebilirler. Şekil-6 da kerrtikten dolayı meydana gelen maksimum gerilim gösterilmiştir.



$$\sigma_{\max} = \sigma_0 \left(1 + 2 \frac{b}{c}\right)$$

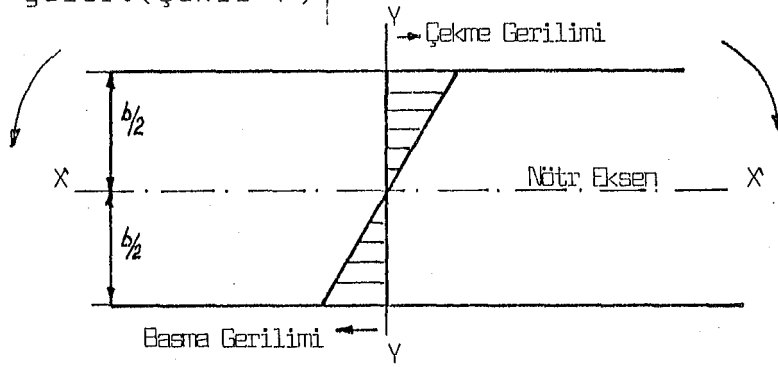
Şekil-6) Kertikli Malzemede Çekme Gerilimi Dağılımı.

Yukarıdaki formül-ile kertik uçlarında meydana gelen maksimum gerilim hesaplanabilir. Bu formüldende anlaşıldığı gibi σ_{\max} , $\frac{b}{c}$ oranına bağlıdır. Kertik ince ve uzun olması halinde σ_{\max} değerinin büyümesine yol açar. Dolayısıyla çatlağın ilerlemesi aynı şekilde kolaylaşmış olur.

Kertik tesiri hakkında tüm söylenenler σ_{\max} elastiklik sınırının altında kaldığı müddetce doğrudur. σ_{\max} , bu sınırın aştıktan sonra gerilme dağılımı malzemenin sünek veya gevrek olmasına göre değişiklik gösterir. Sünek malzemelerde elastiklik sınırının yukarısında plastik deformasyonlar büyük miktarda uzamalar halinde görülür. Bu deformasyonlar ile hem kertüğün şekli değişir hem de yükün önemli bir kısmı çentik kenarlarından komşu life geçer. Bu nedenle sünek malzemeler ile yapılan çekme deneyinde kırılma sınırının tayininde çentik tesirin hemen hemen hiç rol oynamaz. Gevrek malzemelerde ise çentik tesiri önemli rol oynar. Bu malzemelerde çentikli çubuk, çentiksiz olanına göre çok daha küçük gerilimlerle kırılır.

4-2- Eğme Deneyi: İki desteğe serbest olarak oturtulan, genellikle daire veya dikdörtgen kesitli düz bir deney parçasının, yön değiştirmeksizin ortasına bir eğme kuvveti uygulandığında oluşan biçim değişikliğinin incelenmesi için yapılan deneydir.

Eğme deneyi sonucunda malzemenin hem yapısal özellikleri hem de eğme momenti, eğilme dayanımı, esneklik modülü ve eğilme miktarı gibi özellikleri de incelenebilir. Eğme deneyinde kuvvetin etkisiyle malzemede hem basma hem de çekme gerilimi meydana gelir.(Şekil-7)



Şekil-7) Eğme Kuvveti İle Malzemede Oluşan Gerilimler.

Eğme deneyinde birçok yöntem kullanılır. Bunların hepsinde ortak amaç malzemede çatlama meydana gelinceye kadar tek yönde eğmektir. Eğme deneylerinde genellikle kriter olarak eğilme açısı (α) kullanılmaktadır. Eğilme açısı, eğme işlemi tamamlandıktan sonra numunenin iki kolu arasındaki dış açıdır. Bazen malzemenin eğme sonunda bükülmüş kısmının eğrilik yarıçapı (r) da kriter olarak kullanılır.

Eğme deneyinde gerekli hesaplamaların yapılabilmesi için deney sırasında uygulanan (P) yükü ile (Y) eğilme miktarının gereken hassasiyette ölçülebilmesi ve mesnetler arası uzaklığın bilinmesi gerekir.

M_e = Eğilme momenti

P = Uygulanan kuvvet

L = Mesnetler arası uzaklık

Kuvvetin mesnetlerin tam ortasına etkimesi haline göre

$$M_e = \frac{P \cdot L}{4}$$

ζ_e = Eğilme gerilmesi

M = Eğme momenti

I = Çubuğun nötr eksene göre eylemsizlik momenti

C = Eğilme gerilmesini öğrenmek istediğimiz lifin nötr eksene olan uzaklığı.

$$\zeta_e = \frac{M_e \cdot c}{I} = \frac{M_e}{Z}$$

Eylemsizlik momenti çubuğun geometrik şekline bağlıdır.

$\left(\frac{I}{C}\right)$ değeri kesit modülü olarak bilinir ve Z ile ifade edilir.

ξ = Elastik deformasyon oranı

Y = Eğilme miktarı

D = Numune kesiti

H = Numune kalınlığı

$$\xi = \frac{6Y \cdot H}{L^2} \quad (\text{Dikdörtgen kesitli numunelerde})$$

$$\xi = \frac{6Y \cdot D}{L^2} \quad (\text{Dairesel kesitli numunelerde})$$

E_e = Elastiklik modülü

$$E_e = \frac{\zeta_e}{\xi}$$

$$E_e = \frac{P \cdot L^3}{48I \cdot Y}$$

R= Numunenin eğilme esnasında eğrilik yarıçapı.

$$\frac{M}{I} = \frac{E}{R}$$

4-3- Darbe Deneyi: Darbe deneyinde numunenin dinamik bir zorlama altında kırılması için gereken enerji miktarı tayin edilir. Bulunan değer malzemenin darbe mukavemeti olarak tanımlanır.

Bu deneylerde Şekil-8 de şematik olarak gösterilen sarkaç tipi araçlardan faydalanılır. Ağırlığı(G) olan sarkaç(h)yüksekliğine çıkarıldığında potansiyel enerjisi (Gxh) olur. Sarkaç bu yükseklikten serbest bırakıldığında, düşey bir düzlem içinde hareket ederek numuneyi kırar ve ters yönde h₁ yüksekliğine çıkar. Böylece, numunenin kırılmasından sonra sarkaçta kalan potansiyel enerji (Gxh₁) değerinde demektir.

Sarkacın, numune ile temas haline geldiği andaki potansiyel enerji ile numune kırıldıktan sonra sarkaçta kalan potansiyel enerji farkı, o numunenin kırılması için gereken enerjiyi başka bir deyimle, darbe direncini verir.

$$\text{Kırılma Direnci} = G(h - h_1) = G \cdot L \cdot (\cos\beta - \cos\alpha)$$

G= Sarkacın ağırlığı

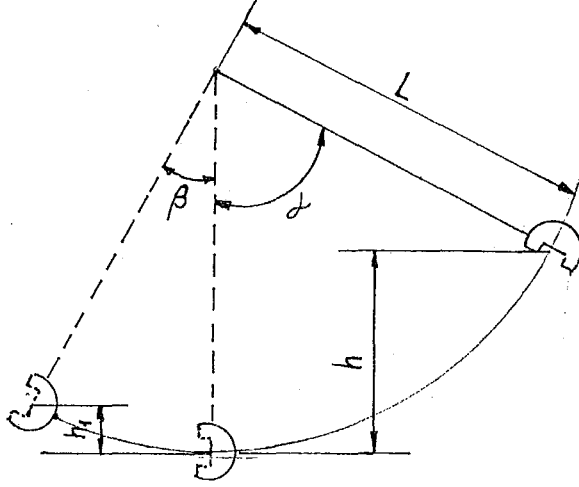
L= Sarkacın ağırlık merkezinin, sarkacın salınım merkezine uzaklığı.

h= Sarkacın ağırlık merkezinin düşme yüksekliği.

h_1 =Sarkacın ağırlık merkezinin düşme yüksekliği.

α =Düşme açısı.

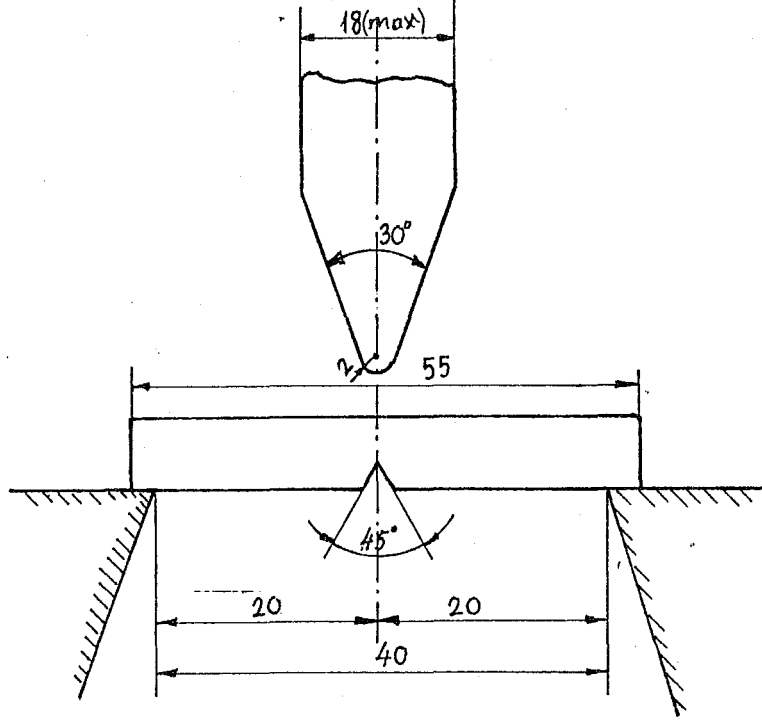
β =Yükselme açısı.



Şekil-8) Darbe Deneyi Aracının Çalışma Prensipleri.

Çentikli darbe deneyi genellikle iki türden meydana gelmektedir.

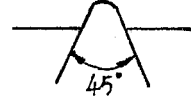
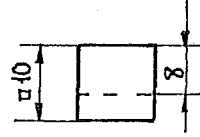
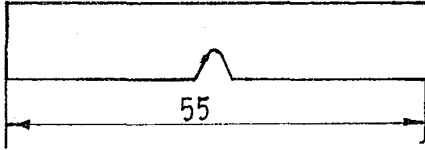
4-3a) Charpy Darbe Deneyi: Yatay ve basit kiriş halinde iki mesnede yaslanan numunenin çentik tabanına, bir sarkacın ucundaki çekiçle darbe yapılması ve çentik tabanında meydana gelen çok eksenli gerilimler etkisi ile numunenin kırılması için harcanan enerjiyi tayin işlemidir.



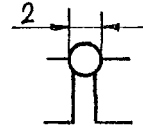
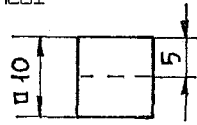
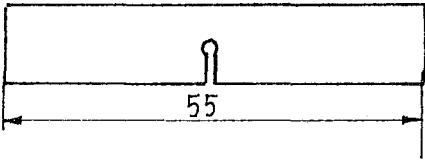
Şekil-9) Charpy Darbe Deneyinde Numunenin Cihaza Yerleştirilme Şeması.

4-3-b) İzod Darbe Deneyi: Dikey ve konsol kiriş halinde bir kavrama çenesine tespit edilen numunenin yüzeyine, kavrama çenesinden belirli yükseklikte, bir sarkacın ucundaki çekişle darbe yapılması ve çentik tabanında meydana gelen çok eksenli gerilimler etkisi ile numunenin kırılması için gereken enerjiyi tayin işlemidir.

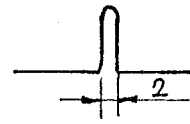
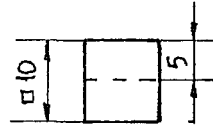
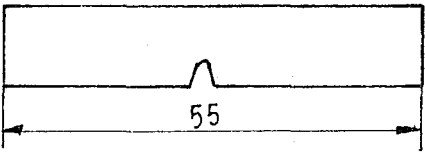
V Çentikli Charpy Darbe Numunesi



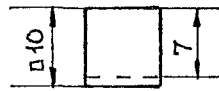
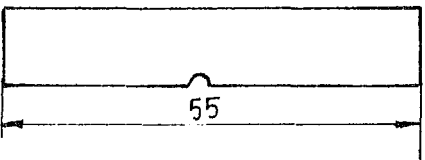
Anahtar Deliği Çentikli Charpy Darbe Numunesi



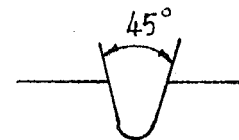
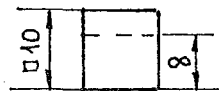
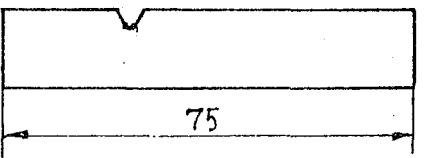
U Çentikli Charpy Darbe Numunesi



U Çentikli Charpy Darbe Numunesi

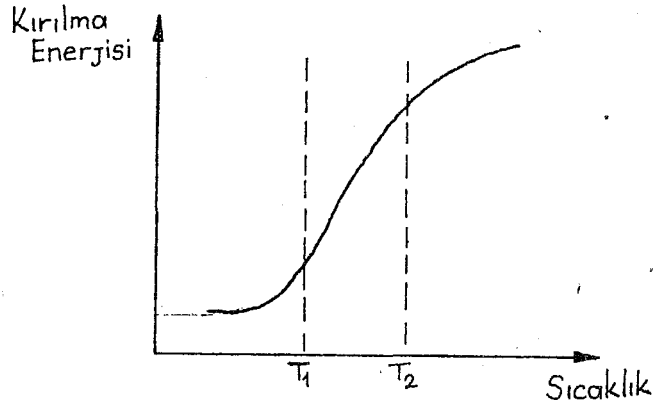


V Çentikli İzod Darbe Numunesi



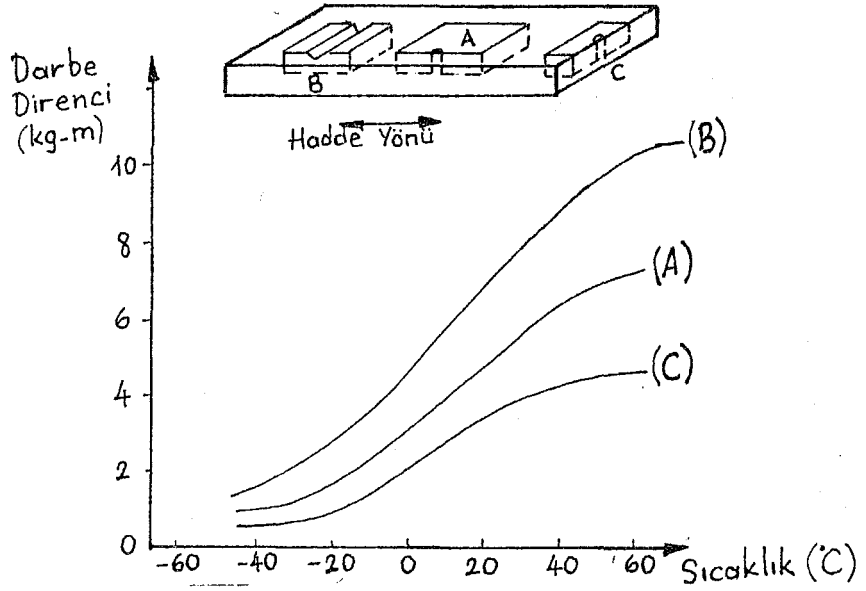
Şekil-10) Çeşitli Standartlara Göre Değişik Darbe Deneyi Numuneleri.

Malzemelerin darbe direnci sıcaklığa bağlıdır. Bu nedenle deney sırasında bu konunun göz önünde bulundurulması gerekir. Darbe direncinin sıcaklıkla değişimi Şekil-11 de verilmiştir. Bu dıyağramdan da anlaşılacağı gibi sıcaklık düştükçe darbe direnci de düşmektedir. Darbe direncinde düşme ani olabileceği gibi belirli bir sıcaklık aralığında da olabilir.



Şekil-11 Darbe direncinin sıcaklık ile değişim eğrisi.

Bu deneyin amacı, malzemenin bünyesinde muhtemelen bulunacak bir gerilim birikiminin darbe sırasında çentik tabanında suni olarak oluşturulup, malzemenin bu durumda dinamik zorlamalara karşı göstereceği direnci tespit etmektir. Ancak değişik malzemeler üzerinde yapılan denemeler gösteriyor ki haddelenmiş ve dövülmüş malzemelerde çentikli darbe direnci levhanın değişik yönlerinde farklı değerlerde olur. Şekil-12 de haddelenmiş blok üzerinden haddelene yönüne göre farklı numuneler üzerinde yapılan deneme sonuçları grafik halinde verilmiştir. Bu grafikten de anlaşılacağı gibi haddelene yönüne dik kalınlık doğrultusunda alınan numunenin darbe direnci diğer numunelere göre daha düşüktür.



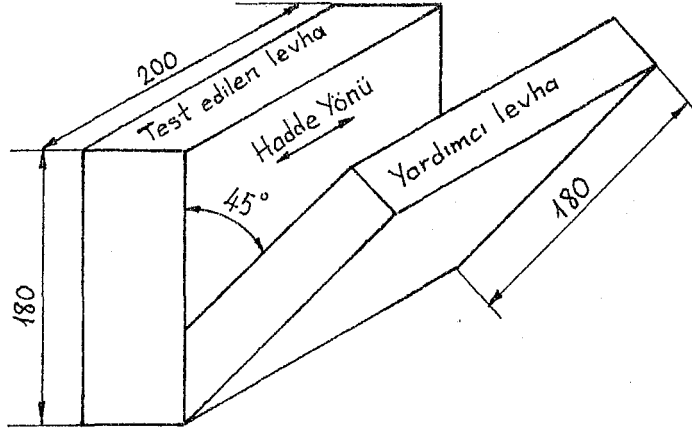
Şekil-12) Haddelenmiş bir levhada, değişik yönlerde alınmış numunelerin Darbe Direnci- Sıcaklık eğrileri.

Kaynak prosesinin uygulandığı testler.

4-4- Cranfield Deneyi: Kaynak şartlarının lamellar yırtılma üzerindeki etkilerini anlamak için Cranfield çatlama deneyinden faydalanılmıştır. Bu deneyde kullanılan levhaların boyutları ve birleştirme şekilleri şekil-13 de gösterilmiştir. Deneyde tablo-1 de kimyasal bileşimi verilen malzeme kullanılmıştır.

Kurutma (C) Sıcaklığı	430	200	100	23
Elektrod Bağıl Nem Oranı%	0	0,9	2,1	4,7

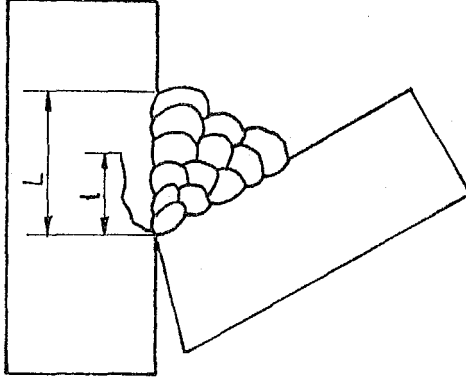
Tablo-2) Cranfield deney levhasının kimyasal bileşimi.



Şekil-13) Cranfield çatlara deney numunesinin boyutları.

Şekil-13 de görülen deney numunesi kaynak sırasında aralarında 45° lik açı yapacak şekilde boşluksuz birleştirilebilmesi için yardımcı levha uç kısmından istenilen eğimde vargellenmiştir. Kaynak sırasında birleşme konumunun bozulmaması için parçalar alın kısımlarından punta ile birbirine tutturulmuştur. Kaynak işleminde 4mm çaplı bazik elektrotlar kullanılmış ve doğruakım ile kaynak yapılmıştır. Kaynak akımı 170 Amper, gerilim 23 volt olarak sabit tutulmuştur.

Birinci paso çekildikten sonra kaynak işleminden doğan gerilimlerin etkisi ile alındaki puntalar kendiliğinden kırılmıştır. Daha sonraki pasolarda açısal distorsiyon etkisi ile levhalar birbirlerinden şekil-14 de gösterildiği gibi ayrılmıştır. Dolgu için toplam olarak 13 paso kaynak çekilmiştir.



Şekil-14) Cranfield deney numunelerinde kaynak doldurma yüksekliği ve çatlak boyu.

Kaynak işlemleri bittikten bir hafta sonra numuneler, kaynak yönüne dik doğrultuda, 3 eşit parça halinde kesilerek ara yüzeyler taşlanmış ve asitle dağlanmış. Ara yüzeylerdeki kaynak doldurma yüksekliği ve çatlama uzunluğu şekil-14 de belirtildiği gibi ölçülmüştür. Her kesitte kaynak doldurma yüksekliği ile çatlak uzunluğu arasındaki oran ayrı ayrı hesaplanmıştır. Kesilen iki yüzey üzerindeki çatlama oranlarının aritmetik ortalaması, deney çatlama oranı hesaplanmıştır.

Her kaynak şartı için 3 numune hazırlanmıştır. Bu numunelerin incelenmesi ile kaynak şartlarının lamellar yırtılma veya çatlama oranı üzerindeki etkisi bulunmuştur.

Elektrod Neminin Lamellar Yırtılma Üzerindeki Etkisi

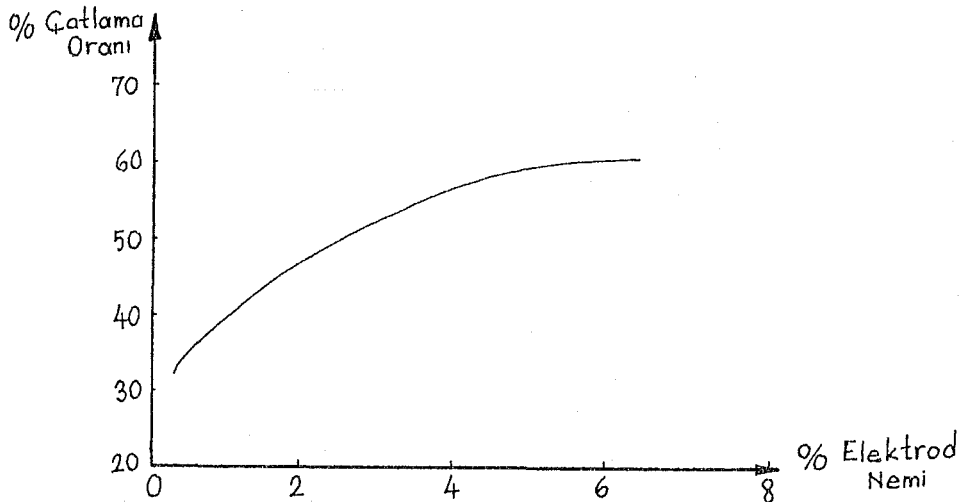
İlk olarak elektrod neminin çatlama oranı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bazı örtülü 80 adet E 7018 elektrodu iki ay süre ile açık havada tutularak nemlendirilmiştir. Elektrodlar 20 adetlik dört gruba ayrılmıştır. Üç grup farklı sıcaklıklarda 90 dk. süre ile kurutulduktan sonra herbiri hemen tartılmıştır. İki tartı arasındaki fark bulunarak buharlaşan nem miktarı tespit edilmiştir. Elektrod telinin iç

çapından hareket edilerek metal, örtü ve nem ağırlığı bulunarak, kurutma sıcaklığına bağlı olarak, örtüde mevcut olan nem oranı tespit edilmiştir. 430 C'de kurutulan elektrodalarda hiç nem kalmadığı kabul edilerek diğer elektrod gruplarının bağıl nem oranlarının kurutma sıcaklığı ile değişimi bulunmuştur. Tablo-3 de kurutma sıcaklıkları ve bu sıcaklıklarda kurutulan elektrodların örtüsündeki bağıl nem oranları gösterilmiştir.

Kurutma sıcaklığı (C)	430	200	100	23
Elektrod bağıl nem oranı (%)	0	0,9	2,1	4,7

Tablo-3) Kurutma sıcaklığına göre elektrod bağıl nem oranı.

Farklı miktarda nem içeren elektrodlarla ön ısıtma yapmaksızın Cranfield çatlama deney numuneleri hazırlanmıştır. Elektrod nem oranına göre çatlama oranının değişimi şekil-15 de gösterilmiştir.



Şekil-15) Çatlama oranının elektrod bağıl nem oranı ile değişimi.

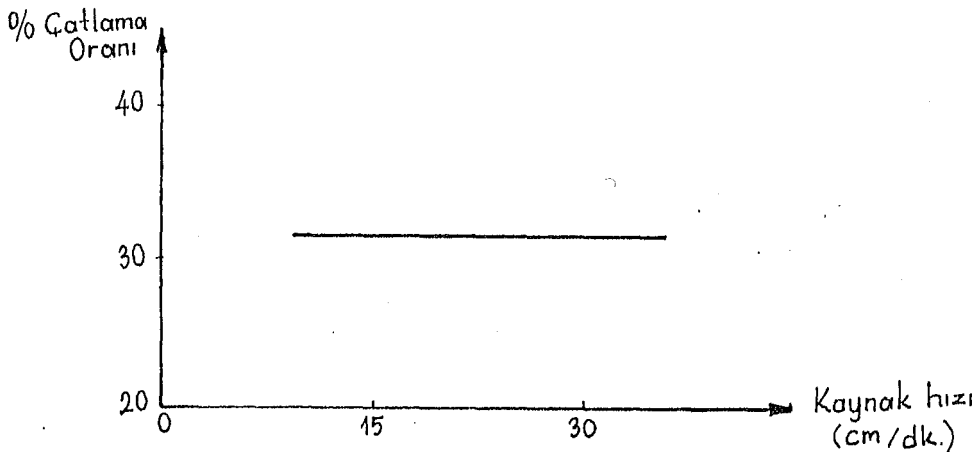
Şekilden görüleceği gibi elektrod nem oranı arttıkça çatlama oranı yükselmektedir. Örtü nem oranının artması metale geçen hidrojen miktarını yükseltmektedir. Hidrojen atomları kaynak metali ve ısının tesiri altında kalan bölgeye ya-

yındığından bölgelerde gevreklik artmakta ve çatlama oranı artmaktadır. Ayrıca hidrojen atomları soğuk çatlama sebepleri olduklarından çatlama oranının artmasına sebep olmaktadır.

Bazı elektrotlar ortamdan çabuk nem kaptıkları için kurutulmuş elektrotlar fırından çıkarıldıktan sonra maksimum 30 dk. içerisinde kullanılmışlardır. Diğer bütün deneylerde hidrojen faktörünü ortadan kaldırmak için 430 °C'de 90 dk. kurutulmuş elektrotlarla kaynak yapılmıştır.

Kaynak Hızının Lamellar Yırtılma Üzerindeki Tesiri

Kuru E 7018 bazı elektrotları ile 10, 15, 25 ve 35 cm/dk. kaynak hızlarında, ön tavlama yapılmadan elektrik ark kaynağı yapılarak Cranfield çatlama deney numuneleri hazırlanmıştır. Deney numunelerinde kaynak doldurma yüksekliğinin aynı olmasına dikkat edilmiştir. Bunu sağlamak için kaynak paso sayısı, kaynak hızına bağlı olarak tespit edilmiştir. Kaynak hızına bağlı olarak çatlama oranının değişimi Şekil-16'da gösterilmiştir. Çatlama oranı kaynak hızından etkilenmemiştir. Bütün numunelerde kaynak akımı ve gerilimi sabit tutulurken hızın değiştirilmesi kaynak bölgesine giren ısı miktarını etkilememiştir. Kaynak hızıyla ısı girişi ters olarak etkilenmektedir. Bu deney grubundan ısı girişinin, lamellar yırtılma üzerinde herhangi bir tesirinin olmadığı tespit edilmiştir.

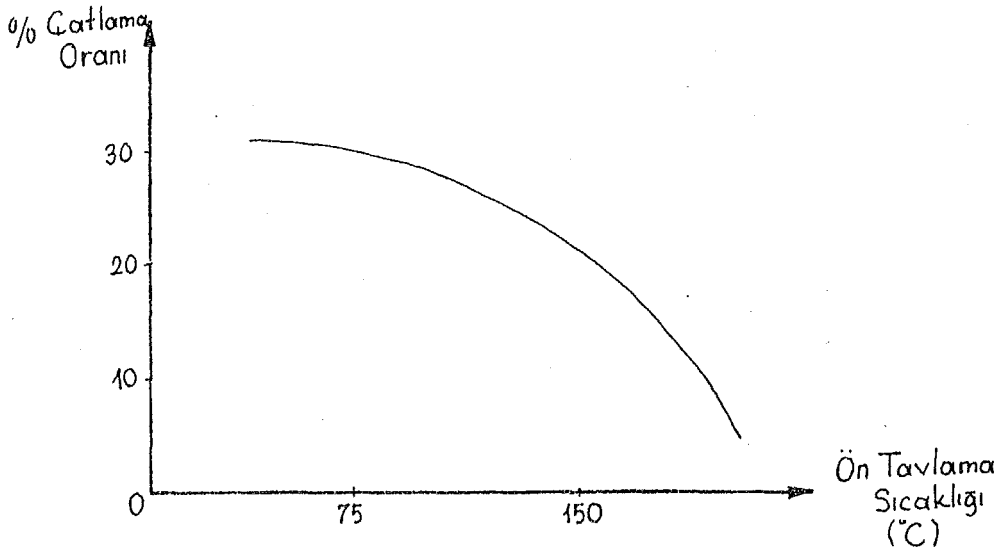


Şekil-16) Çatlama oranının kaynak hızı ile değişimi.

Ön Tavlamanın Lamellar Yırtılma Üzerindeki Etkisi

Kaynaklı birleştirmelerde çatlak oluşumunu önlemek için ön tavlamanın yapılması alışıl gelmiş önlemlerdendir. 75-200°C ön taslama ile kaynak edilen Cranfield numunelerinde çatlama oranı tespit edilerek ön tavlamanın lamellar yırtılma üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ön tavlama sıcaklığındaki bir etüvde 30 dk. ısıtılan Cranfield deney numunesi fırından çıkarıldıktan sonra vakit kaybetmeden ilk kaynak pasosu çelilmiştir. Cüruf temizlendikten sonra numune ön tavlama sıcaklığındaki etüve tekrar sokulup 20 dk. beklenmiştir. Bu süre sonunda etüvden çıkarılan numuneye zamankaybetmeden ikinci paso çekimiştir. En son 13.üncü pasoya kadar her pasodan önce 20dk lık ön tavlama işlemi uygulanmıştır. Ön tavlmalı numunelerin kaynak işleminde de kuru E7018 bazik elektrodları kullanılmıştır.

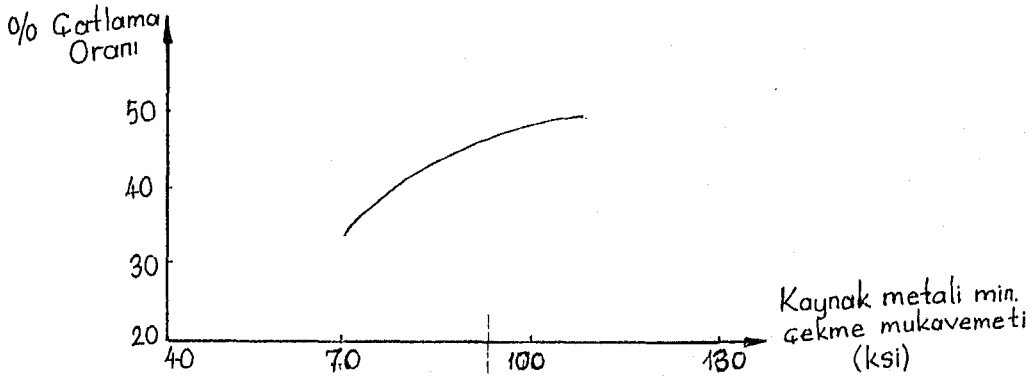
Ön tavlama sıcaklığına bağlı olarak çatlama oranının değişimi Şekil-17 de gösterilmiştir. Ön tavlama sıcaklığı arttıkça çatlama oranı azalmaktadır. Ön tavlama ile kaynak bölgesinde termal gradyen azaldığı için plastik şekil değiştirmeler azalmakta ve çatlama oranının düşmesine neden olmaktadır.



Şekil-17) Çatlama oranının ön tavlama sıcaklığı ile değişimi.

Elektrod Mukavemetinin Lamellar Yırtılma Üzerindeki
Etkisi

Mukavemetleri farklı kuru bazik elektrodlarla Cranfield deney numuneleri hazırlanarak elektrod mukavemetinin lamellar yırtılma üzerindeki etkisi araştırılmıştır. E 7018 ve E11018 bazik elektrodlar 430°C de 90 dk. süre ile kurutulduktan sonra kaynak işleminde kullanılmışlardır. Kaynak metali mukavemetine bağlı olarak çatlama oranının değişimi Şekil-18 de gösterilmiştir. Kaynak metalinin mukavemeti arttıkça ana metaldeki gerilmeler yükselmekte ve dolayısıyla plastik şekil değiştirme miktarı arttığı için Cranfield deney numunelerinde çatlama oranı yükselmektedir.



Şekil-18) Çatlama oranının kaynak metali mukavemeti ile değişimi.

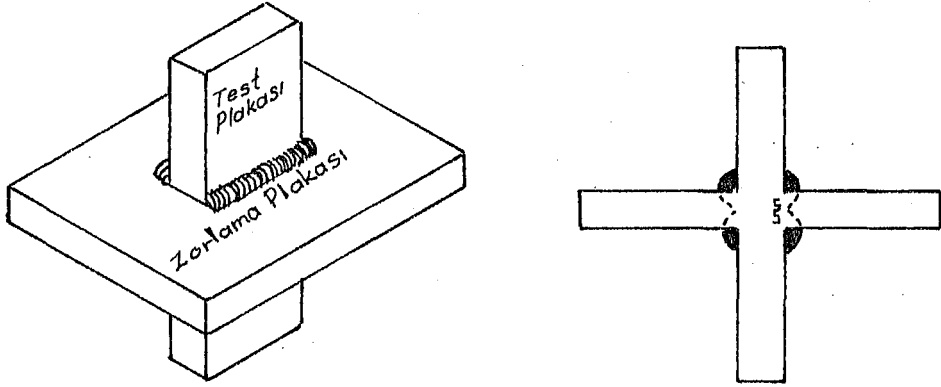
Cranfield Deneyinin Sonuçları

Bazik elektrodlarla yapılan elektrik ark kaynak işlemlerinde, kaynak şartlarının çelik levhalardaki lamellar yırtılmalar üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla yapılan Cranfield çatlama deneylerinden aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- 1-Kaynak elektrodlarının nemi ve mukavemeti arttıkça lamellar yırtılma oranı artmaktadır.
- 2-Kaynak hızının lamellar yırtılma üzerinde bir etkisi yoktur.
- 3-Levhaların ön tavlama sıcaklığı arttıkça lamellar yırtılma oranı azalmaktadır.

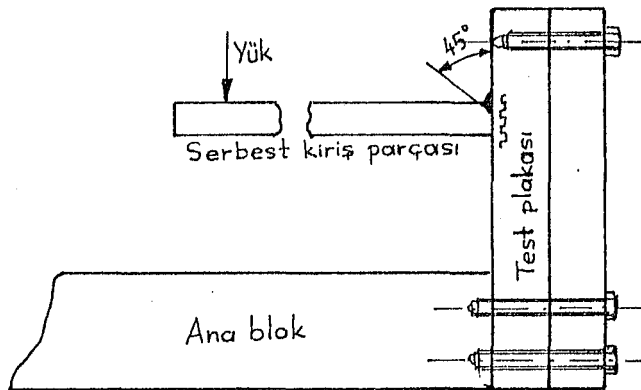
4-5-Pencere Deneyi: Şekil-19 da görülen pencere deneyinde bir test plakası rijit bir bloktaki dikdörtgen delik içerisine yerleştirilir. Araya geçirilen test plakası ana blok ile sınırlanan kenarlardan kaynakla ana parçaya birleştirilir. Bu kaynakların neden olduğu zorlama test plakasındaki lamellar yırtılmayı ilerletir. Yırtılmanın oluşumu ve şiddeti otest numunesi için lamellar yırtılmaya karşı hassasiyeti olarak değerlendirilir.

Bu testte, numune malzemesine uygulanan zorlama ve gerilimlerin belirsizliği sonucun güvenilirliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu testten elde edilen sonuç yarı kantitatifdir.



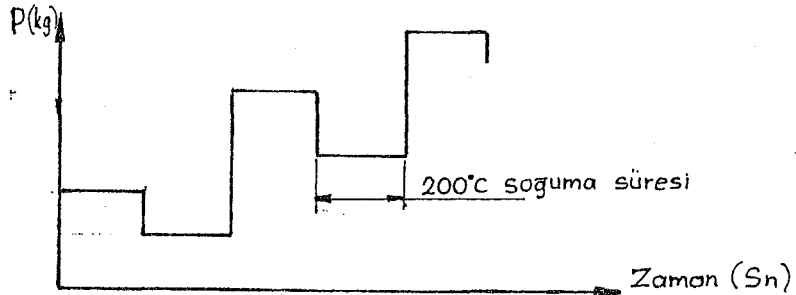
Şekil-19) Pencere deneyinde kaynak ve çatlama durumu.

4-5-Lehigh Lamellar Yırtılma Testi: Bu test, bir dirsekli kirişin üzerine civata ile sağlam bir şekilde tespit edilmiş test plakası üzerine ayrı bir uzantı parçasının kaynak edilmesinden oluşur, (Şekil-20)



Şekil-20) Lehigh lamellar yırtılma testi detayı.

Amaç kaynaktan dolayı test plakasında meydana gelecek olan lamellar yırtılma seviyesinin tespit edilmesidir. Bu nedenle kaynak yapılan bölgedeki dış zorlamaların her kaynak geçişi için eşit tutulması zorunludur. Bu zorlamaların eşit miktarda olması için bazı tedbirler düşünülmüştür. Deneye başlamadan önce uzantı parçası üzerindeki yükten dolayı kaynak bölgesinde moment oluşacağı dikkate alınarak, istenen bir moment değeri tespit edilmiştir. Bu değere ulaşmak için kaynak geçişlerinde uzantı parçası üzerine uygulanan kuvvetin değeri her aşamada artan kaynak kesitine göre tespit edilmiştir. Ve gerektiği kadar yükleme yapılmıştır. Daha sonra uzantı parçası üzerine açılan 45° lik kaynak ağzı üst üste çekilen kaynak pasoları ile doldurulmuştur. Her pasodan sonra deney numunesi üzerindeki lamellar yırtılma incelenerek bu numunenin lamellar yırtılmaya karşı hassasiyeti hakkında karar verilmiştir. Böylece değişik materyallerin lamellar yırtılmaya karşı hassasiyeti, kritik kaynak baskı seviyesi hakkında karar vermek mümkün olmaktadır. Leigh lamellar yırtılma testinde kaynak sırasında meydana gelen ısıl gerilmelerin sonuç üzerindeki etkilerini önlemek için Şekil-21 de şematik olarak ifade edildiği gibi tedbir alınmıştır.



Şekil-21) Leigh lamellar yırtılma testinde yüklemeye ile sıcaklık arasındaki bağlantı.

Leigh lamellar yırtılma testinde Şekil-21 de anlaşılacağı gibi sonucun ısıl gerilmelerden etkilenmesini önlemek için uzantı parçası üzerindeki yük her kaynak pasosundan sonra kaldırılmıştır. Kaynak bölgesindeki sıcaklık 200°C ye kadar düşmesi beklendikten sonra gerekli yük tekrar uygulanmıştır.

Leigh lamellar yırtılma testinin diğer testlere göre ba-

zı avantajları vardır. Bu avantajlar, Kaynak üzerindeki baskı istenildiği şekilde ayarlanabilir. Isının kaynak bölgesindeki etkisi kontrol altına alınabilir. Sonuçun elde edilmesi için gerekli hesaplar basittir. Meteryalin test edilen bölgesi yüze yakın bölgedir. Bu da sonucun güvenilirliğini arttırır. Bu testin en önemli dezavantajı ise büyük boyutlu test parçası ve test yapabilmek için gereken çabanın fazla olmasıdır.

5-LAMELLAR YIRTIILMA VE KIVRIK DİLİM TESTİ

Kaynaklı birleştirmelerde meydana gelen lamellar yırtılmanın nedenlerini araştırmak amacıyla birçok deney yapılmıştır. Bu deneyleride hem lamellar yırtılmanın nedenleri hem de hangi malzemede, hangi şartlarda yırtılmanın ne boyutta olduğunu anlamaya yönelik çalışmalar yapılmıştır. Lamellar yırtılmanın araştırılması için tahribatlı ve tahribatsız birçok test gerçekleştirilmiştir. Ancak bu testler arasında tahribatsız olarak yapılan testler başarısızlıkla sonuçlandığından şu anda tahribatlı testlere güvenilmek zorundadır. Tahribatlı testlerde kendi aralarında gruplara ayrılırlar. Bu testlerin bir kısmında kaynak prosesine yer verilirken diğer kısımda testler kaynak proseni kullanılmadan yapılır. Kıvrık dilim testi kaynak işlemi kullanılmadan yapılan tahribatlı bir testtir.

Bu testin yapılış amacı ileride kaynaklı birleştirmede kullanılması düşünülen malzemenin lamellar yırtılmaya karşı hassasiyet derecesinin araştırılmasıdır. Deneyin prensibi numune üzerine etki ettirilen kuvvetten dolayı meydana gelen deformasyon ile bu deformasyonun malzemede meydana getirdiği çatlama uzunluğunun irdelenmesidir. Genellikle belirli bir boydaki çatlamanın meydana gelebilmesi için gerekli olan deformasyon miktarı belirlenmeye çalışılır.

Bu test genellikle çeliklerin aşağıda sayılan özelliklerinin mukayesesi için yapılır.

- 1- Yuvarlanma doğrultusundaki uzama yüzdesi.
- 2- Kalınlık doğrultusundaki uzama yüzdesi
- 3- Yuvarlanma doğrultusundaki büzülme yüzdesi
- 4- Kalınlık doğrultusundaki büzülme yüzdesi

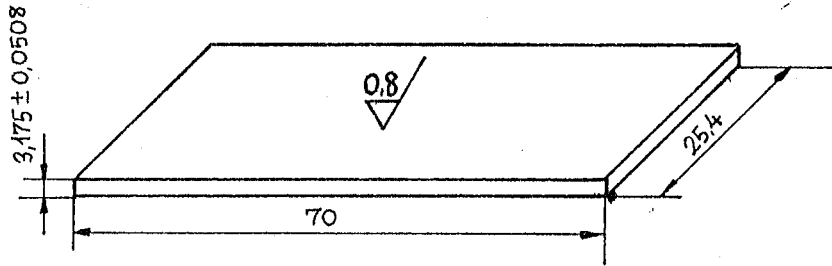
6- KIVRIK DİLİM NUMUNESİ

Deneyin başarılı olması numunenin taşıması gereken özellikleri ne ölçüde taşıdığıyla direkt olarak ilişkilidir. Bu nedenle kıvrık dilim numunesinin de bazı özellikleri üzerinde bulundurması gerekir.

Numunenin kalınlığı öyle bir değerde olmalıdır ki hem temsil ettiği malzemenin özelliklerini taşıyın, hem de az bir kuvvetle rahatlıkla eği bilşin. İşte bu nedenlerden dolayı numunenin kalınlığı 3,175 mm. olarak tespit edilmiştir.

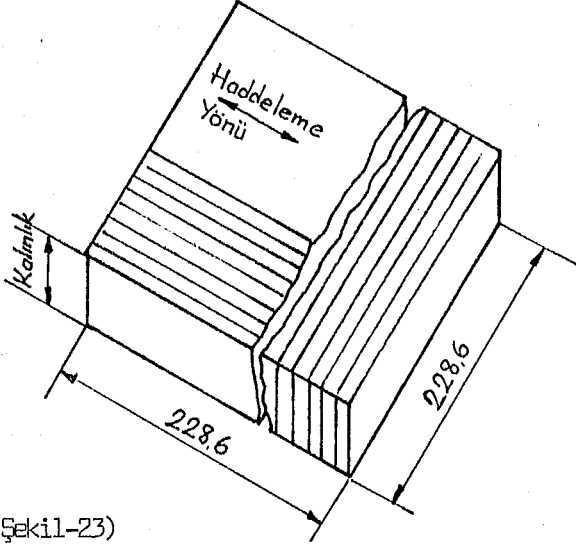
Malzemenin genişliği ve uzunluğu tespit edilirken ilmi tecrübeler ve numunenin ekonomik olması göz önünde bulundurulmuştur. Numunenin genişliği 25,4mm. uzunluğu da 70mm olması uygun görülmüştür.

Numunenin boyutlandırılması yapılırken, özellikle kalınlık boyutu tespit edilirken belirli sınırlar arasında olması zorunlu kılınmıştır. Şekil-22 de numunenin boyutları görülmektedir.



Şekil-22) Kıvrık dilim testi numune boyutları.

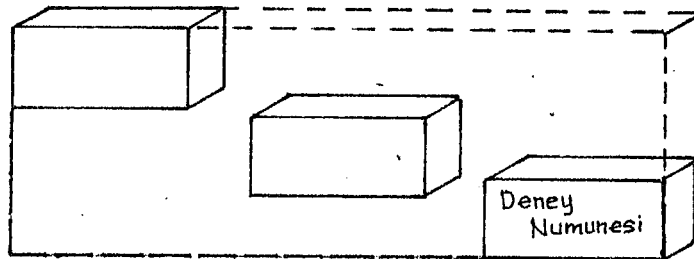
Numune parçanın ana bloktan çıkarılması sırasında aşağıdaki kurallara uyulması deneyin kapsamını genişletmek açısından gereklidir. Deney sırasında ana malzemenin haddeleme doğrultusunda çibire farklı özellikleri hakkında bilgi edinmemizi sağlar. Aynı zamanda belirli bir yüzey içerisinde, yüzeye yakınlık, yüzeyin orta kısmından ya da derinlik bakımından farklı bölgelerden numune çıkarılması deney sonuçlarının güvenilirliğini arttıracak ve dolayısıyla test edilen malzeme hakkında daha gerçekçi bilgi edinmemizi sağlayacaktır. Şekil-23- (a-b)



Şekil-23)

Şekil-23(a) Deney numunesinin haddelermiş bloktan çıkarılması.

Daha önce de belirtildiği gibi numunenin özellikle kalınlık boyutu ölçü tamlığı bakımından belirtilen toleranslar içerisinde olması gerekir. Aynı zamanda numunenin geniş yüzeyleri deney sırasında ek bir sürtünme direnci ve ısı meydana getirmeyecek nitelikte olması gerekir. Yüzeydeki bu özellikleri sağlamak açısından yüzey pürüzlülük değeri 0,8 mikrometrekron olarak tespit edilmiştir. Numunenin kalınlık boyutu ve yüzey pürüzlülük değerini elde etmek için taşlama işlemine tabi tutmak en uygun yoldur. Tezgahın kapasitesi de göz önünde bulundurmak şartıyla belirli bir boyda kesilmiş birçok numune parçasının birlikte işlenmesinde ekonomik bakımdan fayda vardır.



Şekil-23 (b) Haddelermiş bloktan çıkarılan numunenin kalınlık yüzeyine göre durumu.

7- DENEY ARACI

Kıvrık dilim deneyinin yapılması için gerekli aracın düşünülmesinde, dizaynında, hesaplanmasında, malzememe seçiminde ve imalatında aşağıdaki hususlar göz önünde bulundurulmuştur.

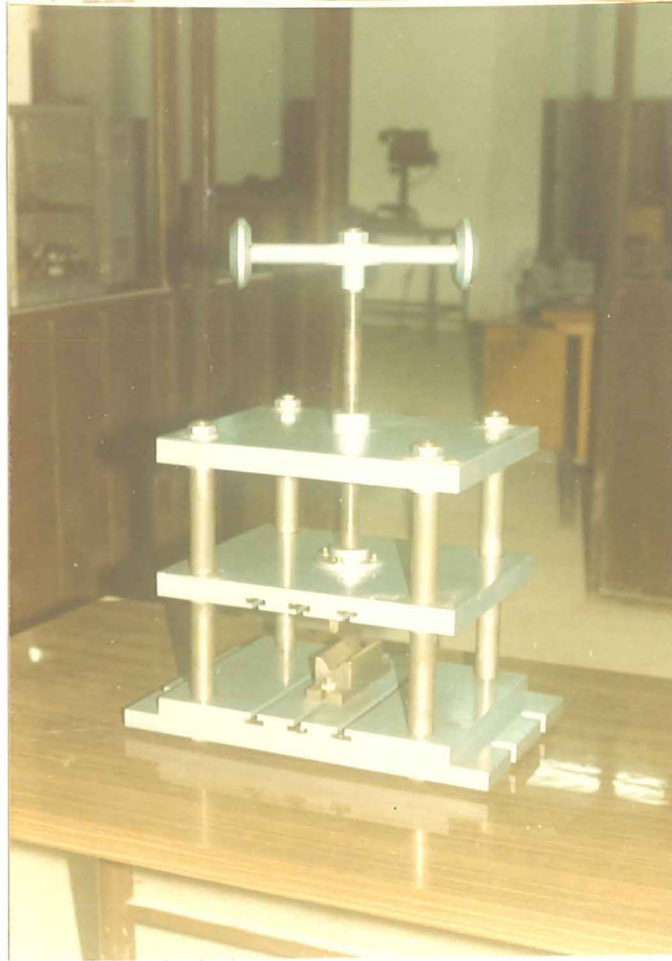
Aracın basit ve ekonomik olması için kol kuvveti ile çalışabilen vidalı pres düşünölmüştür. Vidalı presin hareketi için döndürme kolunun çevrilmesi yeterlidir. Normal bir insanın uygulayabileceği kuvvetle kolun çevrilmesi mümkündür. Çalışan kişinin vasıflı olmasına gerek yoktur.

Boş kurslarda enerji kaybını önlemek için kol uçlarına kütle teşkil edecek şekilde parçalar konulmuş ve verilen ilk hareketten sonra belli bir süne kendiliğinden dönmesi imkanı sağlanmıştır. Çalışan kişi ve yapılacak iş bakımından, hareket ve zaman etüdü yapılarak gerekli tedbirler alınmıştır. İş emniyeti açısından keskin küşe ve kenarlar yuvarlatılmıştır. Kuvvet uygulamak için elle irtibat halinde olacak olan topuzlar avuç içerisinde tahribata yol açmayacak şekilde düzenlenmiştir. Deney sırasında kalıp parçalarının deformasyonunu önlemek için bu parçalar sertleştirme işlemine tabi tutulmuştur. Sütun ve bilezikler taşlanarak sürtünme kaybı minimuma indirilmiştir. Aynı amaca yönelik olarak vidalı mil ucunda rulman kullanılmış, temiz olarak işlenmiştir. Korozyondan korumak için hareketli kısımlar yağlamaya müsaittir. Diğer kısımlar aynı nedenle boyanmıştır.

Vidalı presin ileride başka amaçlar için de kullanılabileceği düşünülerek tablalı tipte yapılmıştır. Sabit ve hareketli tablalar üzerinde üçer adet boydan boya "T" kanal açılmıştır. Böylelikle bu tablalar üzerine civata ile değişik parçaların bağlanması imkanı sağlanmıştır. Tablanın sütun üzerindeki hareket kapasitesi 220 mm. dir. (Bu test için gerekli hareket 38 mm. dir.).

Deneyde elde edilen sonuçların güvenilirliğini arttırmak için vidalı presin hassasiyetine dikkat edilmiştir. Tablanın hareketinin yeterince hassas olabilmesi için vidalı mil üzerine açılan vida, ince diş olarak seçilmiştir. Vidanın adımı 1,5 mm. dir. Dolayısıyla çevirme kolunun her turunda tabla 1,5 mm. aşağı inmektedir. Böylelikle bu hareket

rahatlıkla kontrol altına alınabilmektedir. Tabla hassas işlenmiş sütunlar üzerinde hareket ettiği için yatay doğrultuda bir sapma söz konusu değildir. Alt tablada bulunan çıkıntı kısmı üzerindeki kanallardan faydalanarak vidalı presi bir tezgah üzerine tespit etmek mümkündür. Dolayısıyla rijit bir yerleştirmeye uygundur ve sallantı da söz konusu değildir. Tablaların yüzeyleri taşlandığınan üzerine bağlanacak olan parçalar yüzeye tam olarak oturmaktadır. Tablanın aşağı iniş miktarını ölçmek için vidalı prese komparatör ilave etmek mümkündür.



8- DENEY SAFHALARI

1-Vidalı presin tablası üzerine erkek ve dişi kalıp parçaları monte edilir. Çevirme kolu yardımı ile kalıplar arasındaki aralık deney numunesinin sığabileceği açıklığa göre ayarlanır. Deney de kullanılacak olan numune parçaları hazırlanır.

2-Numune parçası dişi kalıp üzerine kenarlardan taşınması yapmayacak şekilde merkezlenerek yerleştirilir.

3-Çevirme kolu döndürülerek erkek kalıp numune parçası üzerine değinceye kadar hareketli tabla aşağı indirilir.

4-Hareketli tabla üzerine monte edilmiş olan komparatör ayarlanarak sıfırını gösterecek konuma getirilir. Sıfırlama işleminde müsaade edilen tolerans $\pm 0,0127$ mm. dir.

5-Çevirme kolu döndürülerek erkek kalıp vasıtasıyla numune parça üzerine baskı yapılır. Her kuvvet uygulamasında numune üzerindeki değişiklik gözlenir.

6-Kuvvet uygulanma komparatörde 3,175 mm. değeri okununcaya kadar sürdürülür. Bu noktada son gözetleme yapılır.

7-Çevirme kolu ters yönde döndürülerek erkek kalıp yukarı kaldırılır ve numune parçası alınır.

8-Gerekli tespitler yapılarak deney sonuçlandırılır.

3,175 mm. değeri numune parçada meydana gelecek olan lamellar yırtılmanın açıklaması için veri verisi olarak kullanılır. Numune parçası üzerinde bulunması muhtemel fabrikasyon hataları ile deney sırasında meydana gelen lamellar yırtılmanın birbirinden ayırt edilebilmesi için en uygun değer 3,175 mm. olarak tespit edilmiştir.

9- İKİ TONLUK VİDALI PRES HESAPLARI

9-1- ÇEVİRME KOLU BOYU HESABI

İstenilen basma yükü---- $Q_0=2000\text{kp}$.

- Kayıplar-----
- ①-Çevredeki 4 adet sütun ile çalışan bronz burçlardan ileri gelen sürtünme kaybı.
 - ②-Rulmanlı yataklardan ileri gelen sürtünme kaybı.
 - ③-Vida burcundan meydana gelen sürtünme kaybı. (Şekil-24).

1 ve 2 numaralı kayıplardan sonra vidalı milin ucunda olması gereken kuvvetin hesabı.

$$Q_F = \frac{Q_0}{\eta_1 \eta_2}$$

$$\eta_1 = \eta^n = 0,94^4 = 0,78$$

$$Q_F = \frac{2000}{0,78 \cdot 0,96} = 2670,94 \text{ kp.}$$

Q = İstenen basma kuvveti

$\eta_1 = \eta^n$ = 4Sütunun verimi

n = Sütun sayısı (4 Adet)

η_2 =Rulmanlı yatak verimi *

η =Çelik-Bronz arasındaki sürtünme kaybı=0,06

Tek sütundaki verim=0,94 **

* SKF Umumi Rulman Kataloğu

** AKKURT, Mustafa ,KENT, Malik "Makina Elamanları Cilt I",5-667.

Vida sürtünmesinden dolayı vidayı çevirmek için gerekli çevirme kuvveti hesabı

K =Çevirme kuvveti

Q =Yük

μ =Çelik-Çelik sürtünme katsayısı *

μ' =Üçgen vidadaki sürtünme katsayısı

α =Helis açısı

P =Vida adımı **

d_2 =Böğür çapı

$$K=Q \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho')$$

$$\operatorname{tg} \rho' = \mu' = \frac{\mu}{\cos \frac{\gamma}{2}}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{P}{\pi d_2}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1,5}{\pi \cdot 23,03} = 0,02$$

$$\arctg 0,02 \Rightarrow \alpha = 1^\circ 11' 15,7''$$

$$\operatorname{tg} \rho' = \mu' = \frac{\mu}{\cos \frac{\gamma}{2}} = \frac{0,02}{\cos \frac{60}{2}} = 0,023$$

$$\arctg 0,023 \Rightarrow \rho' = 1^\circ 19' 22,64''$$

$$\alpha + \rho' = 1^\circ 11' 15,7'' + 1^\circ 19' 22,64''$$

$$\alpha + \rho' = 2^\circ 30' 38,34''$$

$$K = 2670,94 \cdot \operatorname{tg}(2^\circ 30' 38,34'')$$

$$K = 117,07 \text{ kp. (vidalı mil böğür çapı üzerine gelen kuvvet)}$$

Hareket iletilmesinde kullanılan vida M24x1,5 tur. Bu vida konstrüksiyon açısından seçildi. Deneyin hassaslığında göz önünde bulundurularak, ilerlemenin denetimli olmasını sağlamak için özellikle ince diş vida tercih edildi.

$$d_2 = d - 0,6495.P$$

$$d_2 = 24 - 0,64,95.1,5$$

$$d_2 = 23,03 \text{ mm.}$$

Böğür çapı üzerinde bu kuvveti uygulayacak kol boyu hesabı

$$K \cdot d_2 = l \cdot F_k$$

$$l = \frac{K \cdot d_2}{F}$$

$$l = \frac{117,07 \cdot 23,03}{20}$$

$$l = 134,8 \text{ mm.}$$

l = Çevirme kolunun kuvvet uygulanan noktasının vida eksenine olan uzaklığı. (Şekil-24)

F_k = İnsanın uygulayabileceği kol kuvveti.

-
- * AKKURT, Mustafa, KENT, Malik, "Makina Elamanları Cilt I", S- 652.
** BAĞCI, Mustafa, BAĞCI, Cemil, "Teknik Resim Cilt II", S- 57.

9-2- ÇEVREDEKİ 4 SÜTUNUN EMNİYETLİ BOYUT HESABI

$$F_s = \frac{Q_0}{4}$$

$$F_s = \frac{2000}{4}$$

$$F_s = 500 \text{kp.}$$

F_s = Tek sütuna gelen çekme kuvveti.

Çekme gerilmesine göre emniyetli boyut hesabı

$$\sigma_c = \frac{F}{A} \ll \sigma_{cem} = \frac{\sigma_{AK}}{S}$$

Sütun malzemesi Ç1040 ——— $\sigma_k = 60 \text{kp/mm}^2$ *
 $\sigma_{AK} = 35 \text{kp/mm}^2$

S = Emniyet katsayısı (S = 2,5 alındı)

$$\sigma_{cem} = \frac{35}{2.5} = 14 \text{kp/mm}^2$$

Konstrüyon açısından sütun çapı $d = 32 \text{mm}$ alındı.

$$\sigma_c = \frac{F}{\frac{d^2}{4}} = \frac{500}{\frac{32^2}{4}}$$

$$\sigma_c = 1,59 \text{kp/mm}^2 \quad 1,59 < 14$$

Sütun çekme gerilmesine karşı emniyetlidir.

* AKKURT, Mustafa, KENT, Malik, "Makina Elamanları Cilt I", S- 604.

9-3-HAREKETLİ TABLA EMNİYETLİ KESİT HESABI

$$Q_0 = 2000 \text{kp}$$

$$A = B = 1000 \text{kp}$$

Baskı kuvveti tablanın eksenine uygulanacağından A ve B tepki kuvvetleri birbirine eşittir. (Şekil-25)

$$M_{\text{max}} = A \cdot L = 1000 \cdot 160$$

$$M_{\text{max}} = 162 \cdot 10^3 \text{kpmm}$$

$$\sigma_{e\check{g}} = \frac{M_{\text{max}}}{W_e} \quad \sigma_{eem} = \frac{\sigma_{ak}^*}{S}$$

$$W_e = \frac{I}{e}$$

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

$$e = \frac{h}{2}$$

$$W_e = \frac{bh^2}{6} = \frac{324 \cdot 15^2}{6}$$

$$W_e = 12150 \text{mm}^3$$

$$\sigma_{e\check{g}} = \frac{162 \cdot 10^3}{12150} = 13,33 \text{kp/mm}^2$$

$$\sigma_{eem} = \frac{21}{1,5} = 14 \text{kp/mm}^2$$

$$\sigma_{eem} > \sigma_{e\check{g}}$$

Hareketli tabla üzerine uygulanan yüke karşı emniyetlidir. Hesaplarda tabla kalınlığı ve bağlamada kullanılacak T civalara ait kanallar dikkate alınmıştır. (Şekil-25)

* AKKURT, Mustafa, KENT, Malik, "Makina Elamanları Cilt I", S- 604.

9-4-VİDALI BURCUN YÜZEY BASINCINA GÖRE YÜKSEKLİK
HESABI

$$Z = \frac{Q_0}{\frac{\pi}{4} (D^2 - D_1^2) P_{em}}$$

$$Z = \frac{2670,94}{\frac{\pi}{4} (24^2 - 22^2) 1,5} = 25 \text{ diş.}$$

$$H = Z \cdot p$$

$$H = 25 \cdot 1,5 = 37,5 \text{ mm}$$

Vidalı burcun yüksekliği iki kat emniyetli alınarak yükseklik 80mm. olarak tespit edilmiştir.

Z=Vidalı burcun diş sayısı

Pem=Çelik civata- çelik somun için emniyetli yüzey basıncı. (Pem=1,5kp/mm²) *

H=Vidalı burcun yüksekliği.

9-5-STATİK YÜK ALTINDA ÇALIŞACAK RULMAN SEÇİMİ

$$F_r = Q_0 \cdot S$$

$$F_r = 2000 \cdot 2,5 = 5000 \text{ kp.}$$

Rulman statik yük altında çalışacak.

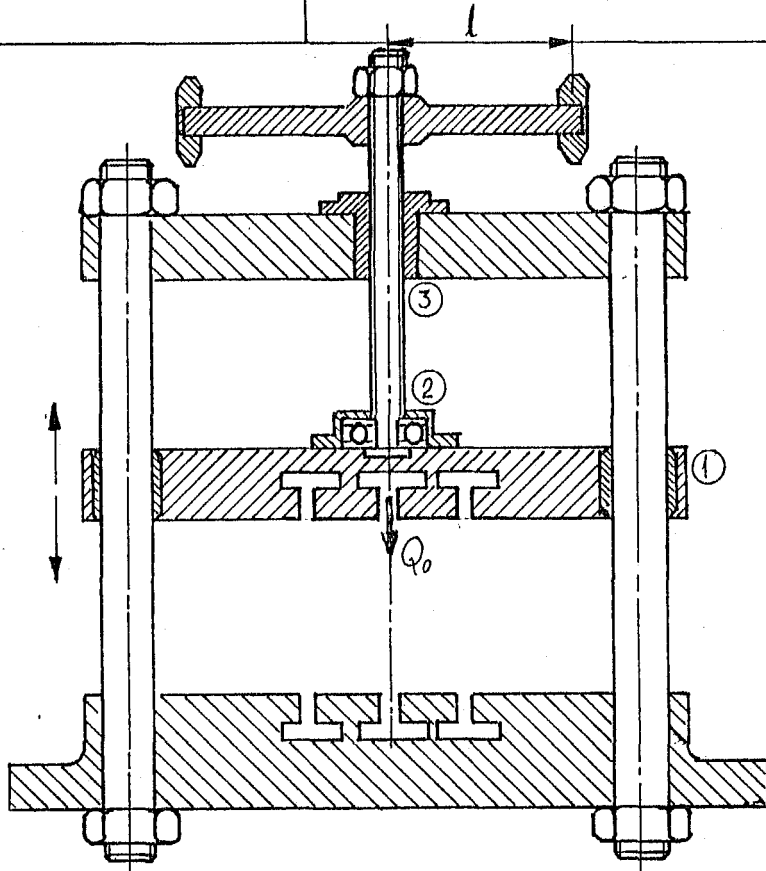
Tek taraflı aksenal yük taşıyacak.

Tespit edilen 2,5 kat emniyetle çalışacak.

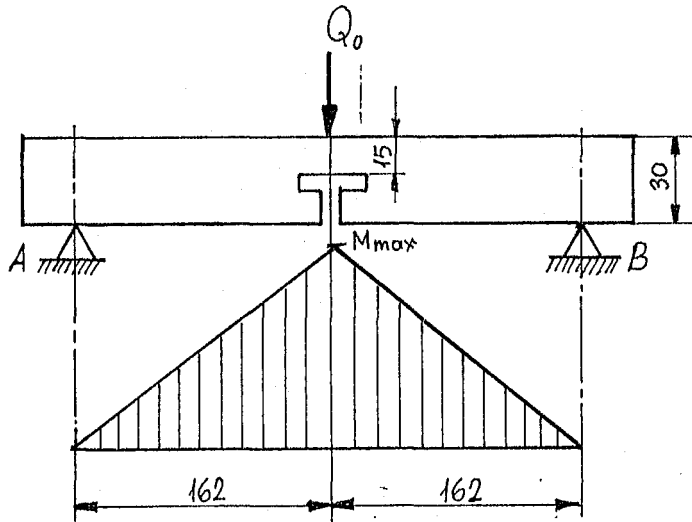
Takılacağı milin çapı 20 mm.

Yukarıda sayılan şartlar göz önüne alınarak SKF Umumi Rulman Kataloğundan 52204 numaralı rulman seçilmiştir.

* AKKURT, Mustafa, KENT, Malik, "Makina Elamanları Cilt I", S- 653.

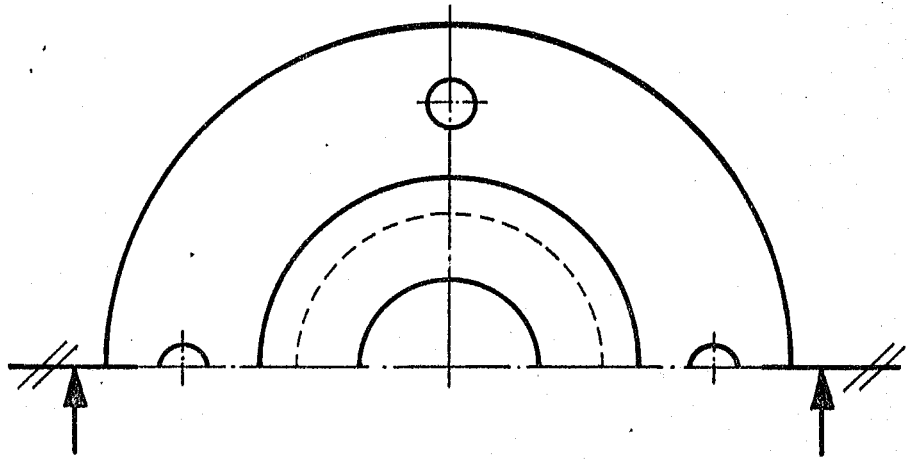
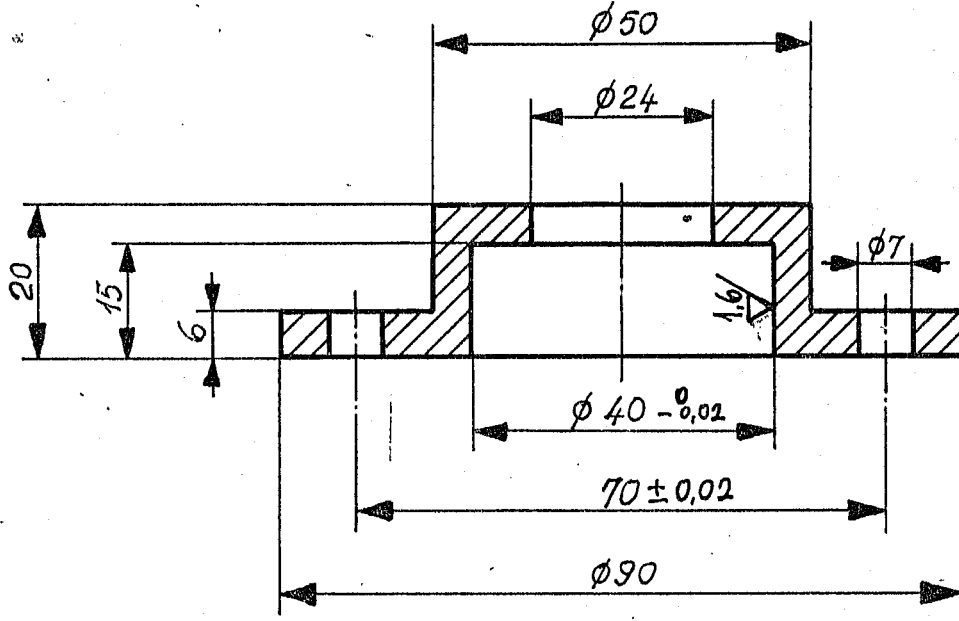


Şekil-24) Deney aracı üzerinde meydana gelen kayıplar ve gevirme kolu yarıçapı.

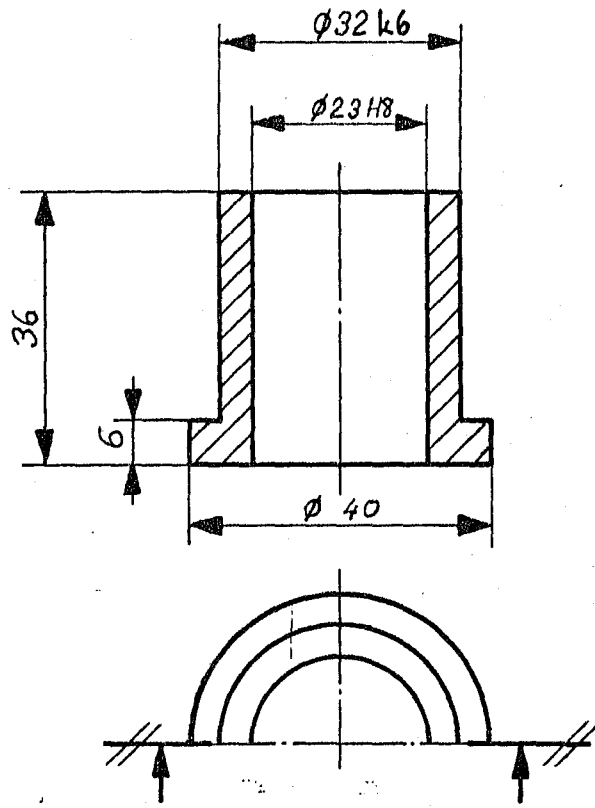


Şekil-25) Hareketli plaka üzerindeki eğilme momenti diyagramı.

3.2 / (1.6 /)

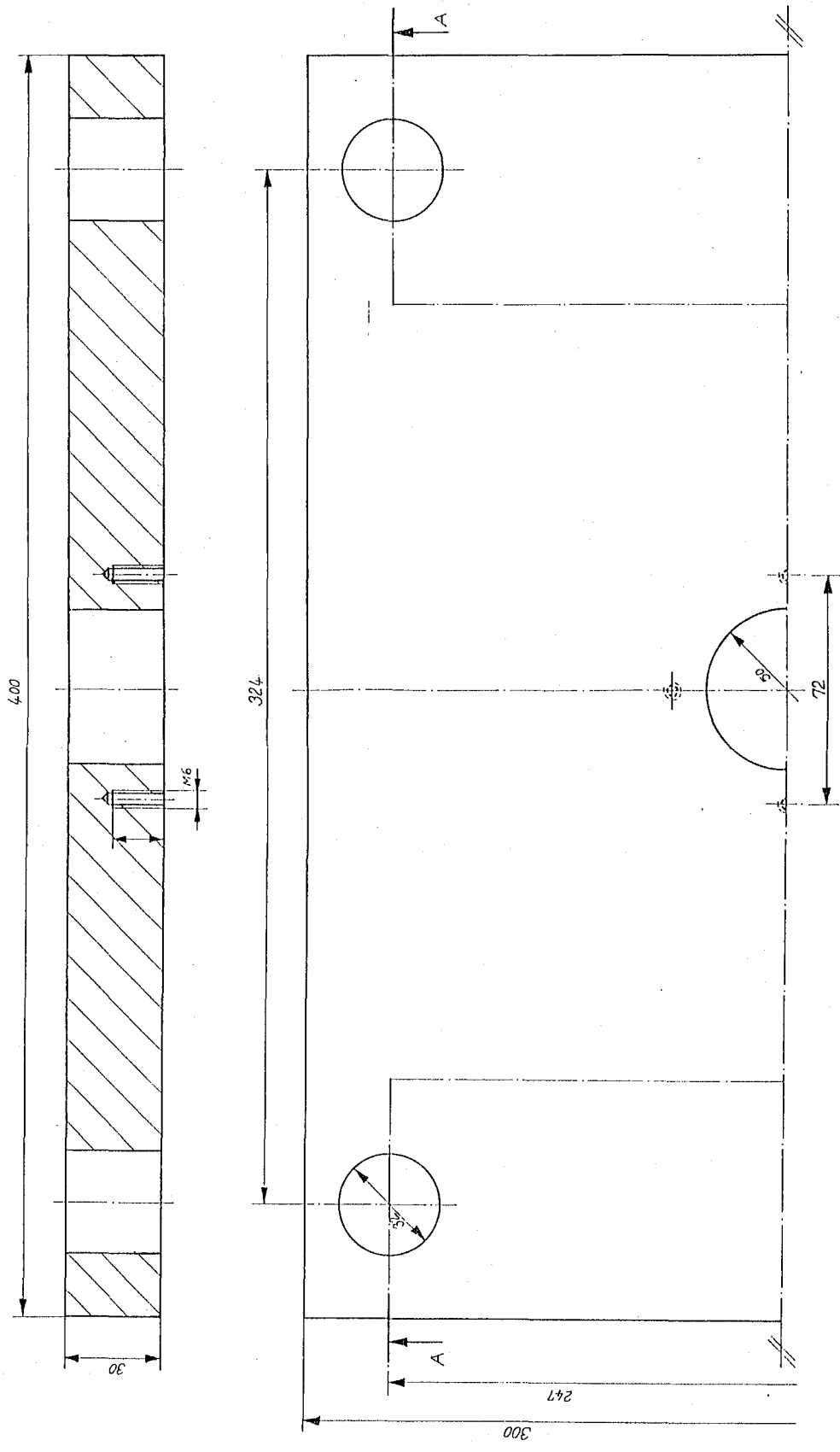


Gereç	Ç-1050	Sayı	1	Kaba Boyutlar	Genel Tolerans 0,1
Çizen	Musa Simsek	Ölçek			Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarih	11.01.1986	1:1		Rulman Kapağı	Resim Nr: 01.07
Kontrol	A.İrfan Yüklü				



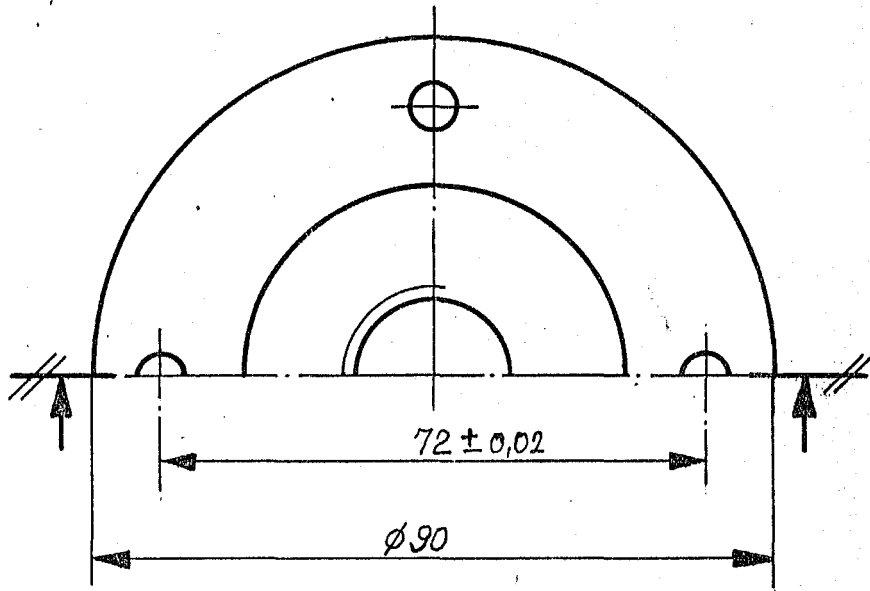
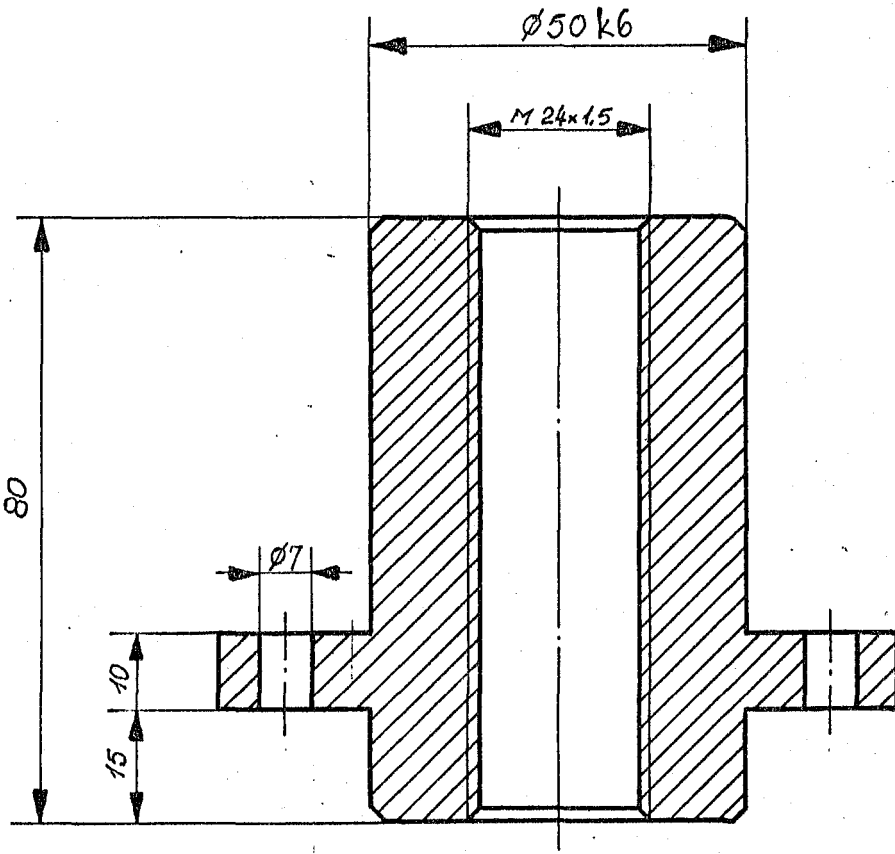
3.2

Gereç	G-1040	Sayı	4	Kaba Boyutlar	Genel Tolerans: 0,1	
Çizen	Musa Simsek	Ölçek	1:1		Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü	
Tarih:	11.01.1986	Kademeli Burç				
Kontrol	A.İrfan Yücker	Resim Nr:			01.13	



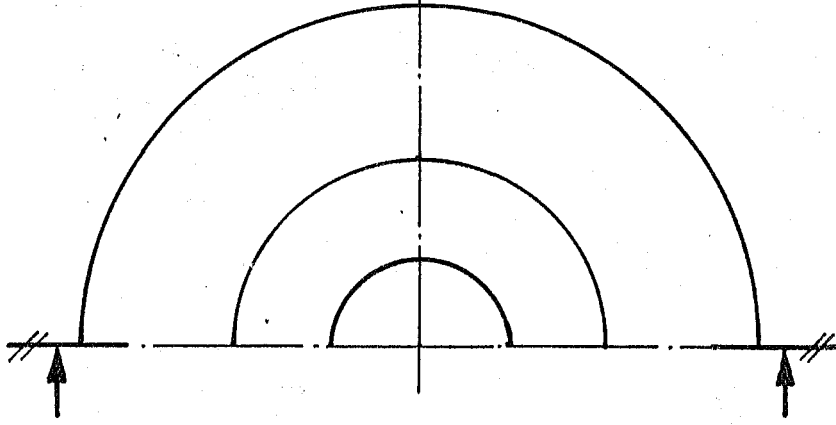
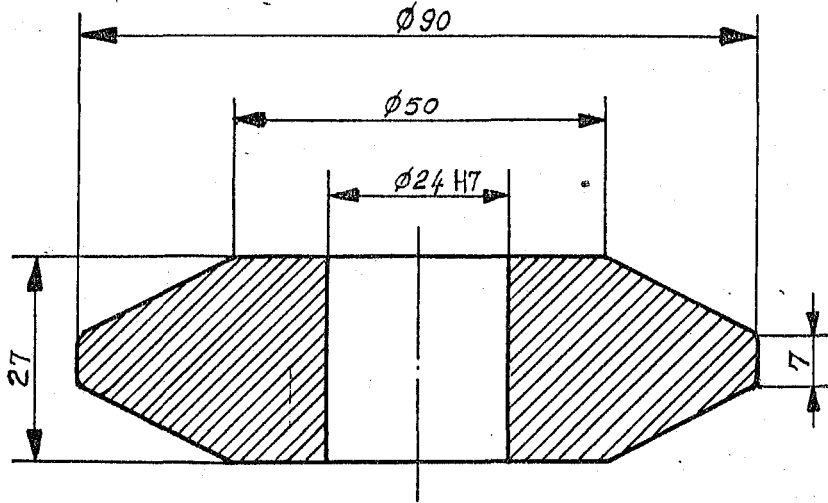
Genel Çizim Kontrol	Çizim	C-1010	Sey	1	Kaba Bayyılar	Genel Tablolar
Çizim	Masa Simps	0/04	1/1		ÜST TABLA	
Tarih	04/01/1996					Resim No: 01/14

16/



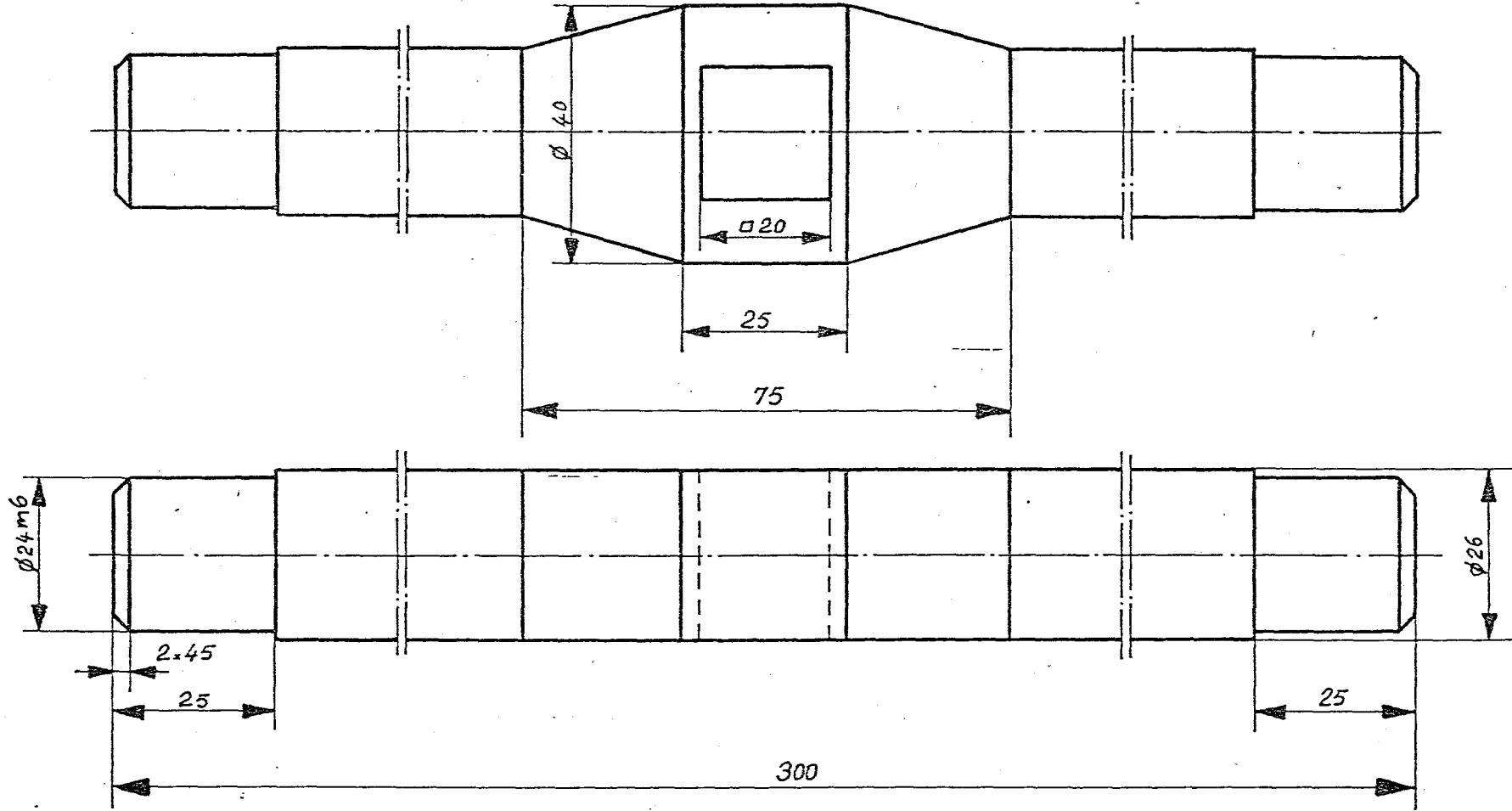
Gereç	Ç-1050	Sayı	1	Kaba Boyutlar	Genel Tolerans 0,1
Çizen	Musa Şimşek	Ölçek			Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarih	11.01.1986	1:1		Vidalı Burç	Resim Nr: 01.15
Kontrol	A.İrfan Yüklük			-50	

3.2

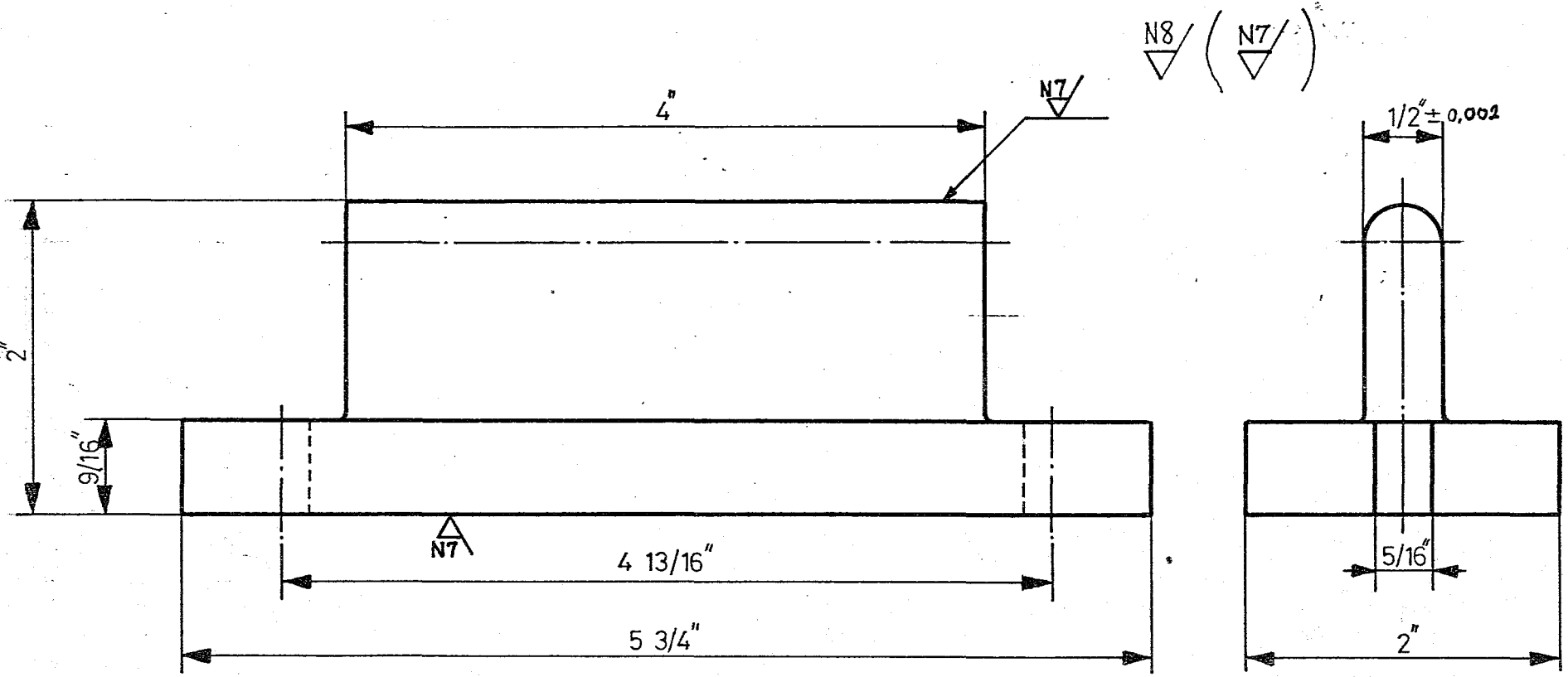


Gereç	C-1040	Sayı	2	Kaba Boyutlar	Genel Tolerans 0,1
Çizen	Musa Şimşek	Ölçek	1:1	Çevirme Kolu Topuzu	Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarih	11.01.1986				Rasim No
Kontrol	A. İrfan Yüklü			-51-	

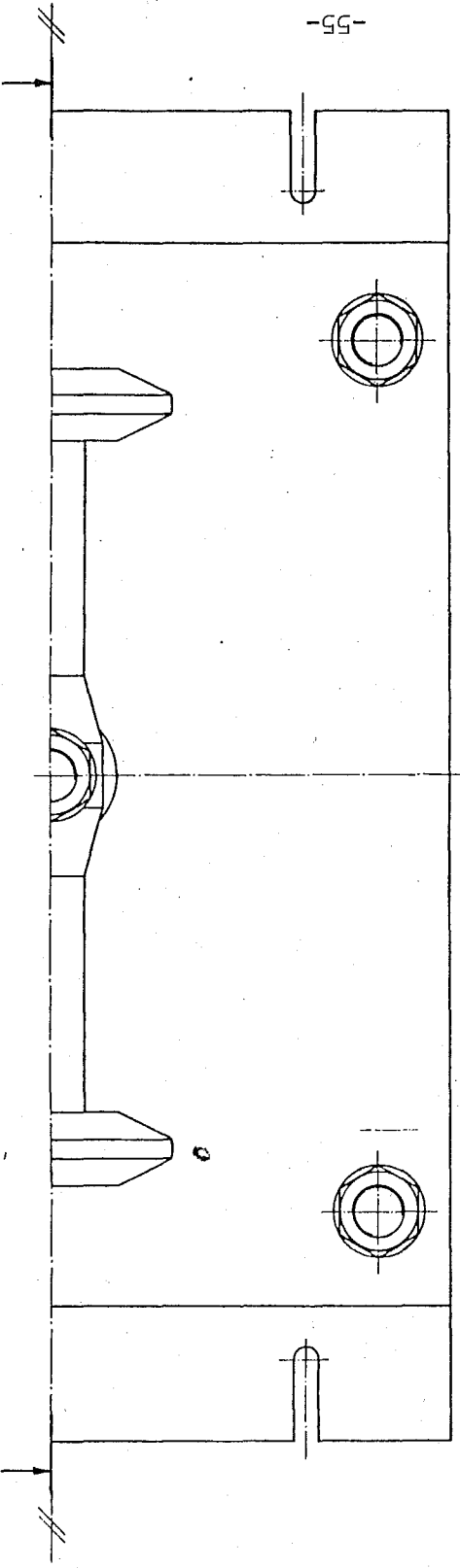
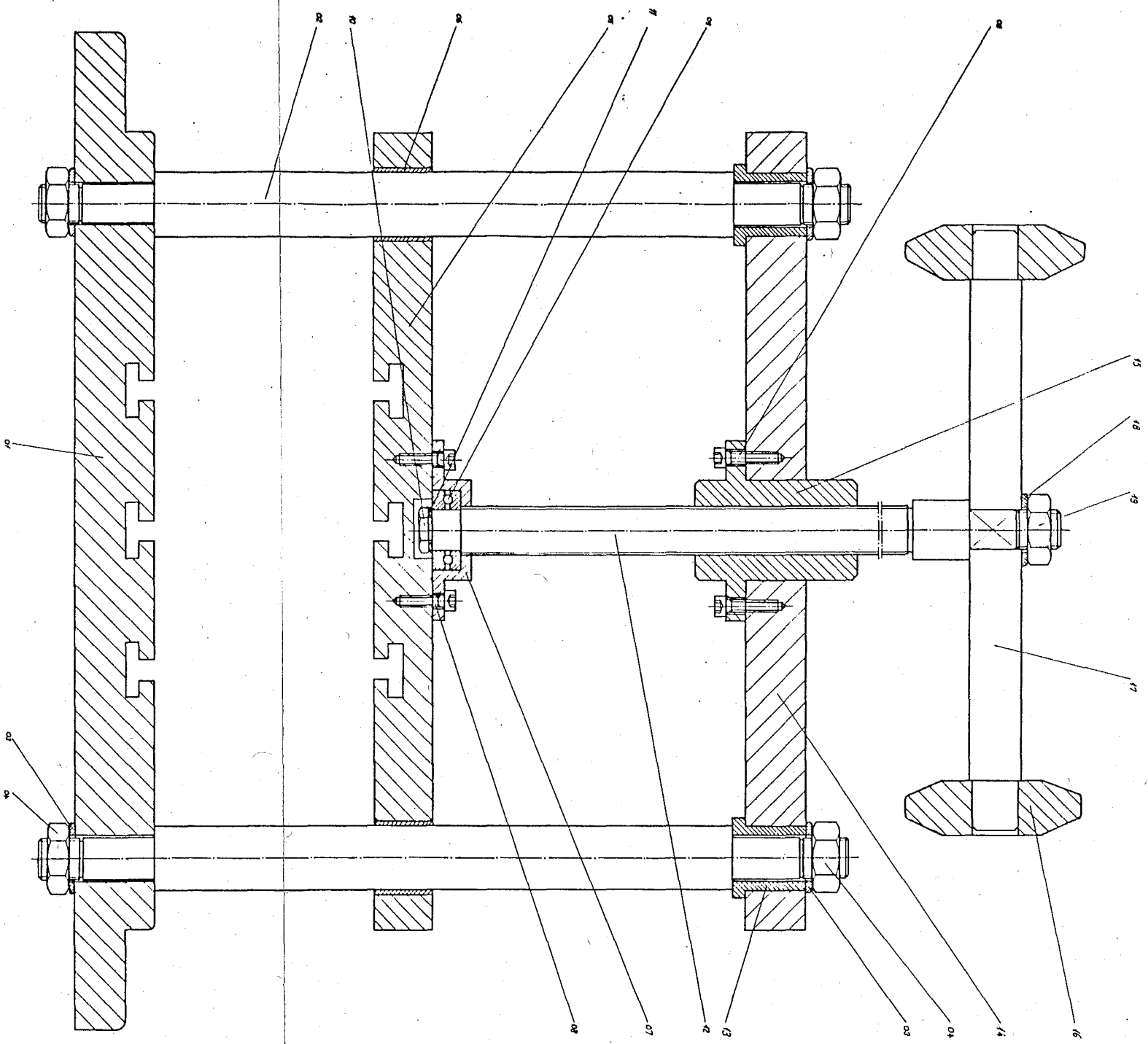
3.2 /



Gereç	C-1040	Sayı	1	Kaba Boyutlar	Genel Tolerans: 0.1
Çizen	Musa Simsek	Ölçek	CEVİRME KOLU		Marmara Üniversitesi
Tarih	11.01.1986	1:1			Fen Bilimleri Enstitüsü
Kontrol	A.İrfan Yüklü				Resim Nr.



Gereç	C 1060	Sayı	1	Kaba boyutlar	Genel tolerans: $1/128$
Çizen	Musa şimsek	Ölçek 1:1	İşin adı: Zimba	Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü	
Tarih	15-1-1986			Resim nr.	02-01
Kontrol	A.İrfan Yüklér				



-55-

№	Имя детали	Материал	Масштаб	№ документа
01	Корпус	Ст 3	1:1	М.С. 4573.02/01
02	Вал	Ст 3	1:1	М.С. 4573.02/01
03	Шестерня	Ст 3	1:1	М.С. 4573.02/01
04	Муфта	Ст 3	1:1	М.С. 4573.02/01
05	Пружина	Ст 3	1:1	М.С. 4573.02/01
06	Шпindel	Ст 3	1:1	М.С. 4573.02/01
07	Шпindel	Ст 3	1:1	М.С. 4573.02/01
08	Шпindel	Ст 3	1:1	М.С. 4573.02/01
09	Шпindel	Ст 3	1:1	М.С. 4573.02/01
10	Шпindel	Ст 3	1:1	М.С. 4573.02/01
11	Шпindel	Ст 3	1:1	М.С. 4573.02/01
12	Шпindel	Ст 3	1:1	М.С. 4573.02/01
13	Шпindel	Ст 3	1:1	М.С. 4573.02/01
14	Шпindel	Ст 3	1:1	М.С. 4573.02/01
15	Шпindel	Ст 3	1:1	М.С. 4573.02/01

СЪТЪНЛУ ПРЕС
1/1

KAYNAKÇA

- 1- ADSAN, Kasım (J.W.Giachino-W.Weeks-G.S.Johnson)
"Kaynak Teknolojisi" Ankara:Yüksek Teknik Öğretmen
Okulu Matbaası, 1976
- 2- AKKURT, Mustafa-KENT, Malik "Makina Elamanları Cilt I"
İstanbul: Üçer Matbaası, 1975
- 3- ANIK, Selahaddin-ANIK, E.Sabri (Wolfgang Weissbach)
"Malzeme Bilgisi ve Muayenesi " İstanbul: Üçer Mat-
baacılık, 1977
- 4- ANIK, Selahaddin-GEDİK, Halil (W.Marfels) "Elektik
Ark Kaynakçısı" Böhler Kaynak Elektrodları ve Çubukları
Sanayi ve Ticaret A.Ş. 1971
- 5- ANIK, Selahaddin-TÜLBENTÇİ, Kutsal "Elektirik Ark Kayna-
ğı" Gedik Holding Yayınları, 1986
- 6- BAĞCI, Cemil-BAĞCI, Mustafa "Teknik Resim CiltII" Ankara:
Baylan Matbaası, 1974
- 7- DİKEÇ, Feridun-ENSARİ, Cahit-KAYALI, E.Sabri "Metalik Mal-
zemelerin Mekanik Deneyleri" İstanbul: Teknik Üniver-
site Matbaası, 1983
- 8- İLERİ, Hilmi "Grafostatik ve Mukavemet" İstanbul: Arpaz
Matbaacılık, 1976
- 9- SKF Umumi Rulman Kataloğu
- 10- YÜKLER, A, İrfan "Kaynak Şartlarının Lamellar Yırtılma
Üzerindeki Tesirleri" Marmara Üniversitesi Fen Bilim-
leri Enstitüsü Dergisi, 1986
- 11- YÜKLER, A, İrfan, "Lamellar Yırtılma" Marmara Üniversitesi
Teknik Eğitim Fakültesi, Seminer Programı, 1986
- 12- YÜKLER, A, İrfan "Köşe Doldurmalı İstavroz Kaynak Birleş-
tirmelerinde Lamellar Yırtılma Tahmini" Marmara Üniver-
sitesi Teknik Eğitim Fakültesi Dergisi, 1986
- 13- YÜKLER, A, İrfan, "Çelik Levhalarda Lamellar Yırtılma
Hassasiyetine Tesir Eden Malzeme Özellikleri" Marmara
Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Dergisi, 1986

- 14- NICHOLS,D,M "Lamellar Tearing Hot Rolled Steel", British Welding Journal,15, 1968, 103s-113s.
 - 15- DATES,R,P, STOUT,R,D,A "Quantitative Weldability Test for Susceptibility to Lamellar Tearing",Welding Journal 52, 1973, 481s-491s.
 - 16- GARESH,S, STOUT,R,D, "Material Variables Affecting Lamellar Tearing Susceptibility in Steels", Welding Journal,55, 1976, 341s-351s.
 - 17- DRURY,M,L,JUBB,J,E,M "Lamellar Tearing and The Slice Bend Test", Welding Journal,1973, 88s-95s.
 - 18- JUBB,J,E,M "Lamellar Tearing" , Welding Journal,168,1971
-