

DARBE (VURMA) TEST MAKİNALARININ MUAYENESİ VE KALİBRASYONU

Fedai Çetin
Mak. Y. Mühendisi
TSE, Metroloji ve Kalibrasyon Merkezi

GİRİŞ

“ SI “ Enternasyonal Birimler Sistemi'nde tanımı yapılmış fiziki büyüklüklerin ölçümünde kullanılan cihazların keza muhafazasında kullanılan etalonların kalibrasyonundan farklı olarak, Malzeme Test Makinaları'nın kalibrasyonu ile ilgili standartlarda “Muayene “ tabiri kullanılmaktadır. Kalibre edilecek bir cihazın haiz olması istenilen şartlardan en önemlisi “ Kalibre Edilebilirlik” , yani cihazın asli fonksiyonunu ifa etmesidir.

Yapıları itibariyle çeşitli fiziki, teknik ve fonksiyonel özellikleri olan Malzeme Test Makinaları'nda, ölçülen fiziki büyüklüğün (konumuzda mekanik enerji) kalibrasyonuna başlamadan önce bu özelliklerin muayene edilip, makinanın kalibre edilebilir durumda olup olmadığının tesbit edilmesi gereklidir.

1. DARBE TEST MAKİNALARININ MUAYENESİ

1.1. Tanımlamalar

1.1.1. Darbe (Vurma) Test Makinası

İşletmelerde veya laboratuvarlarda malzeme testlerinde kullanılan makinedir.

1.1.2. Referans Darbe Test Makinası

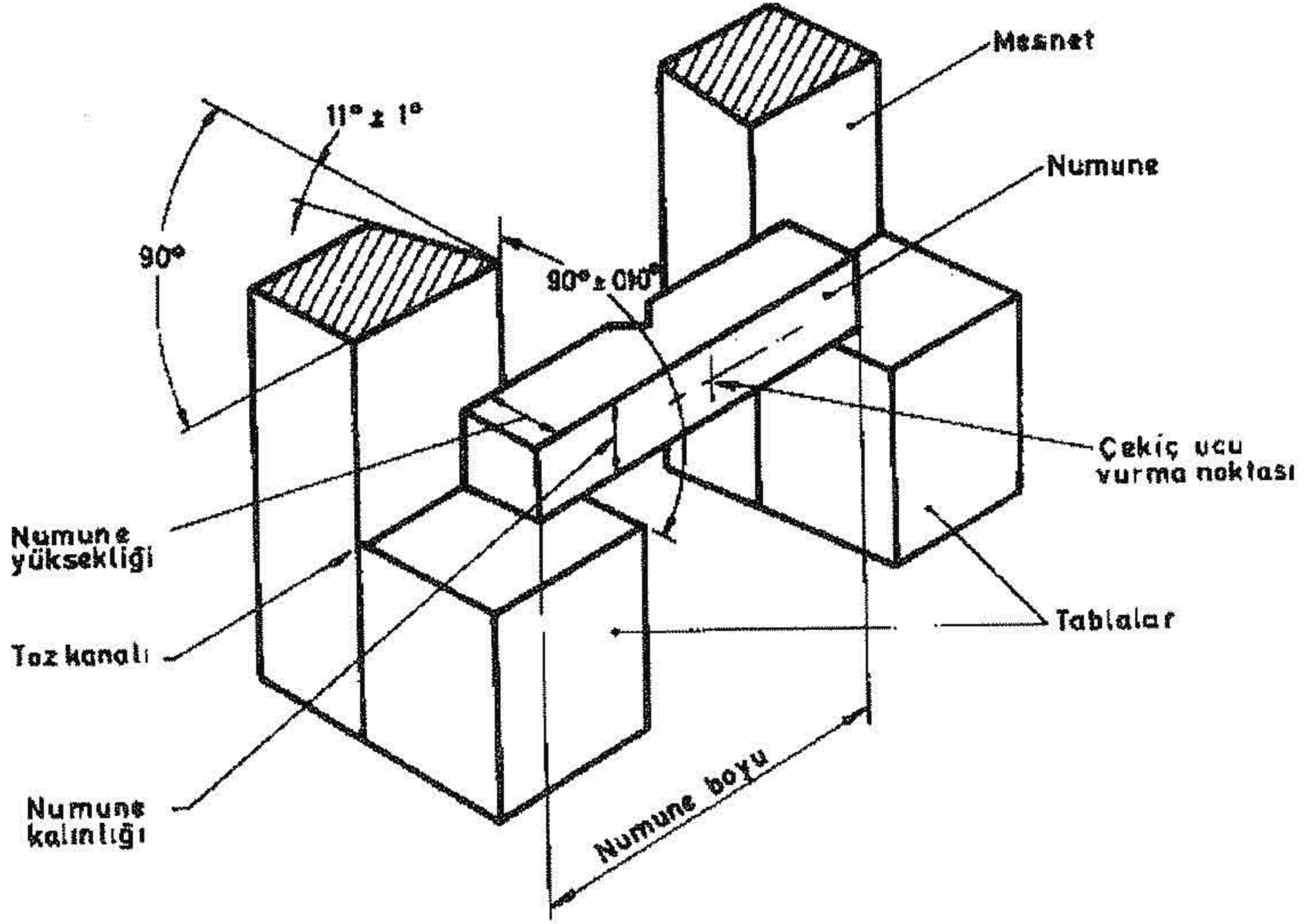
Referans (standard) numunelerin anma değerlerinin tesbitinde kullanılan makinedir.

1.1.3. Mesnetler

Darbe etkisiyle kırılma esnasında numuneye dayanak teşkil eden, yüzeyleri düşey düzlemde, oturma yüzeyine dik olan makina parçalarıdır. (Şekil -1)

1.1.4. Mesnet Tablaları

Numunenin yerleştirilmesi için yatay düzlemde (mesnet düzlemine dik)oturma yüzeyleri olan makina parçalarıdır. (Şekil -1)



ŞEKİL 1

1.1.5. Çekiç Ucu

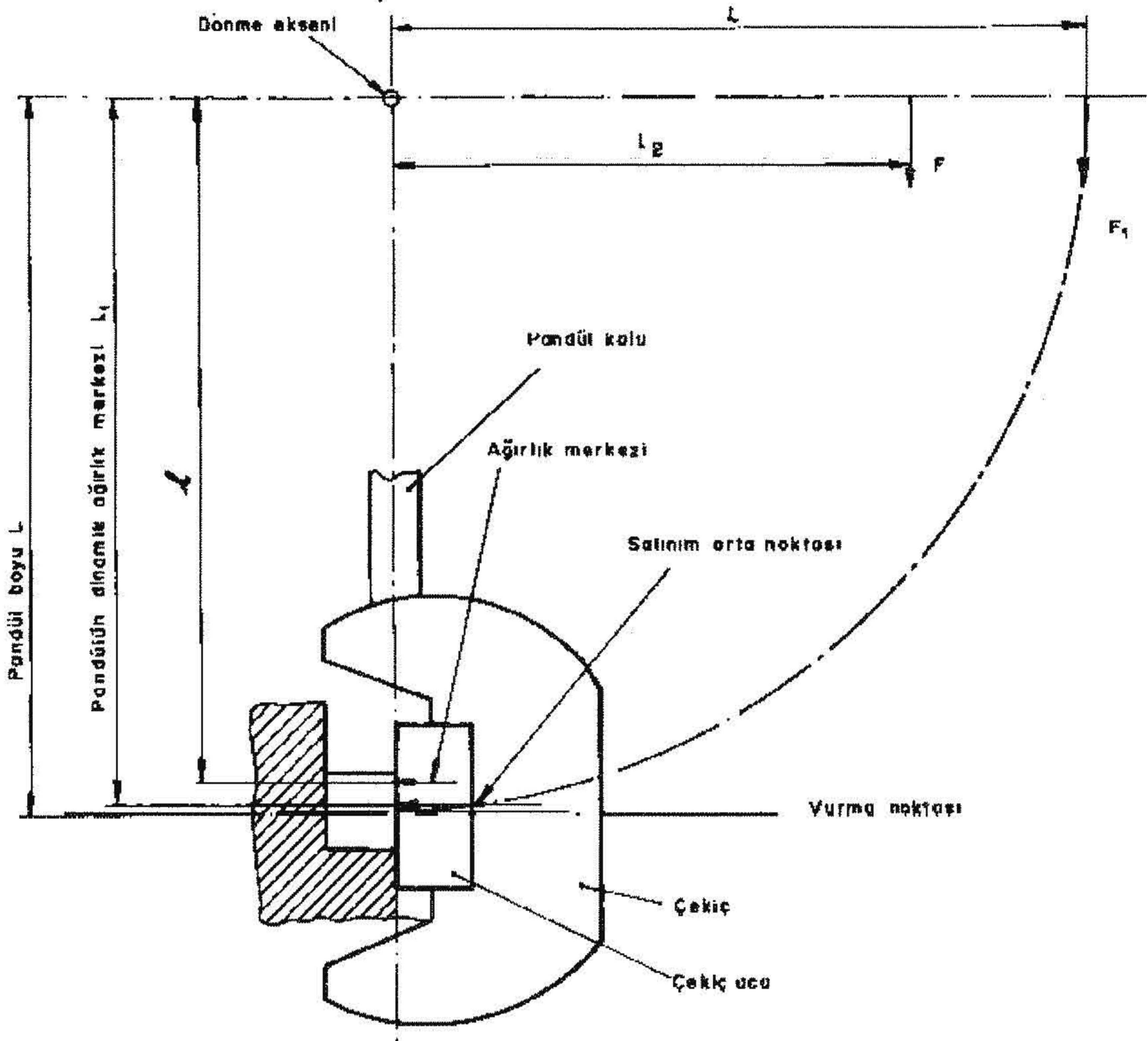
Pandül kolu, çekiç ve çekiç ucundan müteşekkil olan pandülün (sarkaç), darbe esnasında numune ile temas eden parçasıdır. (Şekil -2)

1.1.6. Vurma Noktası

Çekiç ucunun numuneye yatay düzlemde, numune kalınlığının yarısında temas ettiği noktadır. (Şekil -2)

1.1.7. Salınım Ekseni Orta Noktası

Kendisine tesir eden darbenin değişmediği bir gövdenin tüm kütlelerinin burada toplandığı varsayılan noktadır. (Şekil -2)



ŞEKİL 2

1.1.8. Çalışma Enerjisinin Anma Değeri (Enerji Anma Değeri) A_N

Darbe Test Makinası üreticisinin öngördüğü enerji değeridir.

1.1.9. Hesaplanan Çalışma Enerjisi (Potansiyel Enerji) A_p

Direkt muayene esnasında elde edilen değerlerden hesaplanan değerdir.

$$A_p = M (1 - \cos \alpha) = F \cdot l_2 (1 - \cos \alpha)$$

1.1.10. Göstergeden Okunan Sarfedilmiş Vurma Enerjisi

(Göstergeden okunan enerji) A_s

Makinanın göstergesinden (yardımcı ibre veya dijital gösterge) okunan enerjidir.

1.1.11. Hesaplanan Sarfedilmiş Vurma Enerjisi (Sarfedilmiş Enerji) A_v

Bir numunenin darbe test makinasında uygulanan deneyde kırılması için sarfedilmiş vurma enerjisinin tamamıdır. Bu, pandülün düşme noktasındaki (düşme yüksekliği) potansiyel enerji değeri ile pandülün, numunenin kırılmasından sonra yükseldiği son noktadaki enerji değerinin farkına eşittir.

$$A_v = M (\cos \beta - \cos \alpha)$$

1.1.12. Referans Numune

Darbe Test Makinasının uygunluğunu muayene etmek için kullanılan çentikli numunedir. Muayene, makinada sarfedilmiş darbe enerjisi değeri ile numunenin anmadeğeri mukayese edilerek yapılır.

1.1.13. Anma Değeri

Bir referans numunenin, Referans Darbe Test Makinasında (Darbe Enerjisi Standard Makinası) yapılan ölçümlerle tesbit edilmiş olan darbe enerjisi anma değeridir.

1.1.14. Makina Ayağı

Üzerinde numune tablalarının bulunduğu, makina gövdesinin bir parçasıdır.

2. MAKİNANIN DİREKT MUAYENESİ

2.1. Gözle muayene

Burada makina sarkacının (Pandül) salınım düzleminde, düşme ve yükselme kısmında koruyucu kafeslerin mevcut olup olmadığı ve salınım hareketini başlatma mekanizmasının çift emniyetli (iki elden kumandalı) olup olmadığı muayene edilir.

2.2. Makina gövdesinin muayenesi

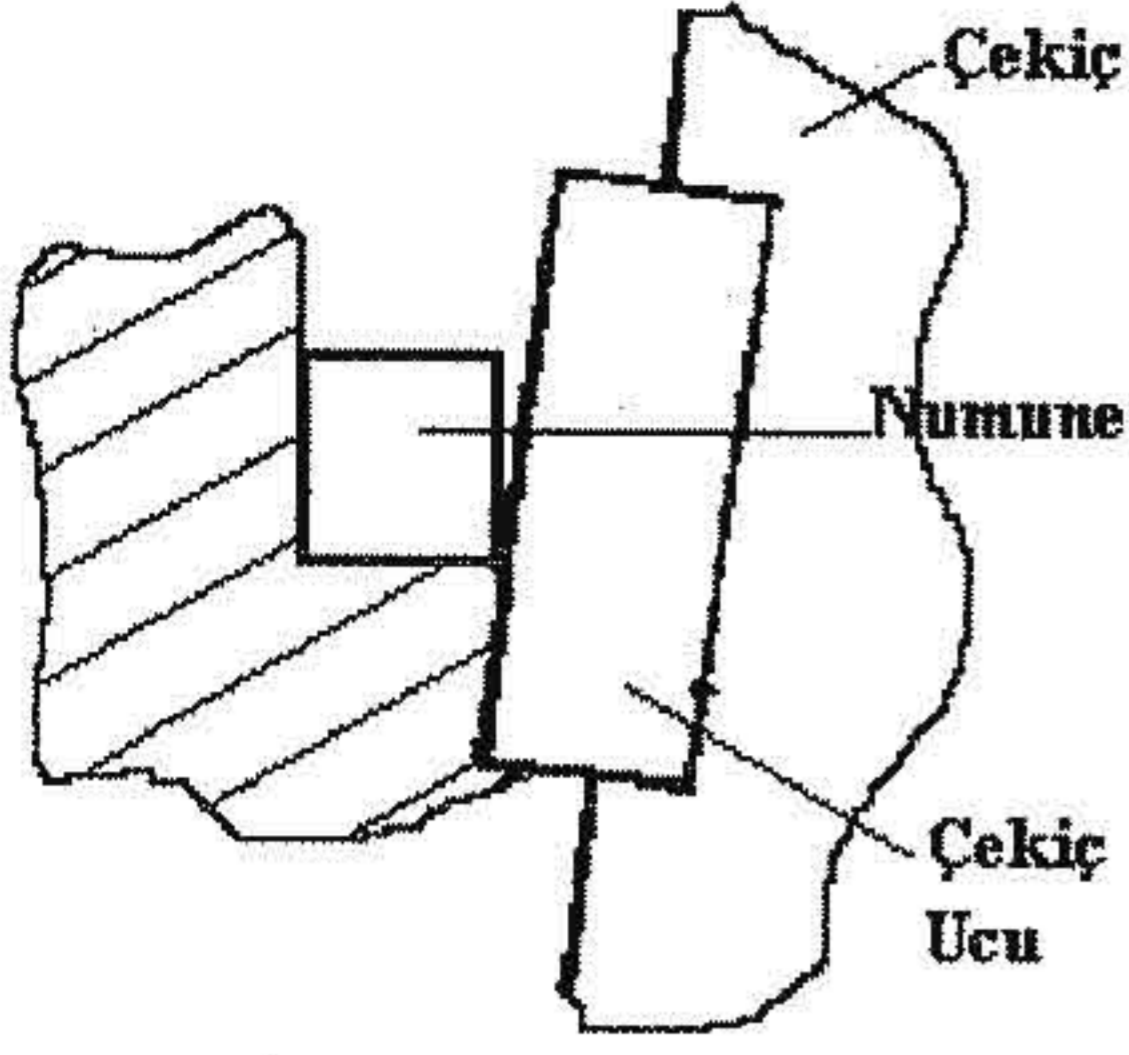
Makina işletmeye alınmadan önce üzerine yerleştirileceği kaidenin kütlelerinin, pandülün kütlelerinin 40 katı olması sağlanmalı ve şematik olarak dökümante edilmiş olmalıdır.

İlgili standardın (EN 10 045-2) yürürlüğe girdiği tarihten sonra imal edilecek olan makinaların ayaklarının kütlesi, pandülün kütlelerinin 12 katı olmalıdır.

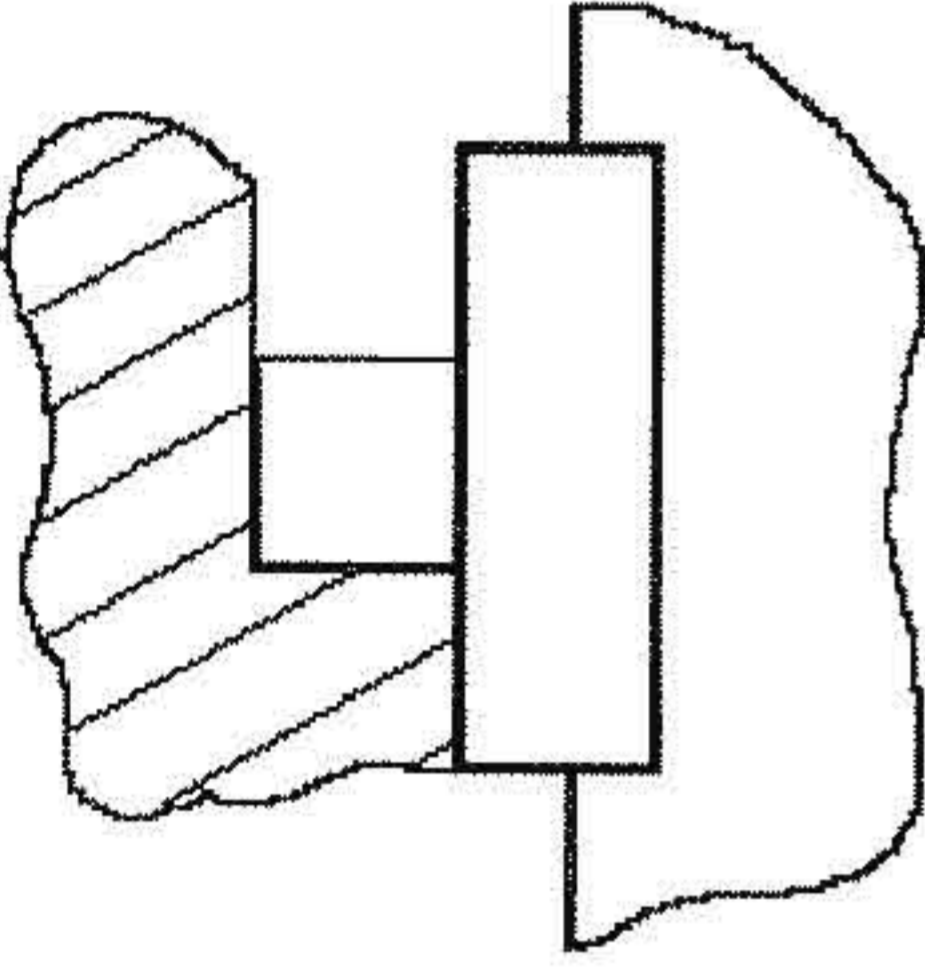
Makinanın kaideye sabitlenmesini sağlayan civata somunlarının (ankeraj civataları) üretici tarafından beyan edilen sıkma momentine uygun olarak sıkılıp sıkılmadığı moment anahtarları ile muayene edilir.

Çekiç ucu kalınlığı 10 mm - 18 mm arasında, açısı $30^\circ \pm 1^\circ$ ve uç kavisi 2 mm ile $2^{+0.5}$ mm arasında olmalıdır.

Numunenin boyuna ekseni ile çekiç ucunun numuneye temas çizgisi ekseni arasındaki açı $90^\circ \pm 2^\circ$ olmalıdır. Bu muayene esnasında çekiç ucunun numuneye, numunenin tüm kalınlığı boyunca temas edip etmediği tesbit edilir. (Şekil - 4 ve Şekil - 5)



ŞEKİL 4



ŞEKİL 5

2.3. Makina gövdesi - Pandül durumunun muayenesi

Makinanın terazide (yatay düzleme paralel) yerleştirilebilmesi için, üzerinde bir referans yüzey mevcut olmalıdır ve makinanın yerleştirilmesi esnasında bu yüzeyin yataylığı 2/1000 doğrulukta olmalıdır.

Pandün dönme ekseninin referans yüzeye 2/1000 doğrulukta paralel olduğu, makina üreticisi tarafından belgelenmiş olmalıdır.

Referans yüzeyi bulunmayan makinaların dönme eksenini yataylığı 4/1000 doğrulukta olmalıdır.

Pandülün düşey konumda serbest durması esnasında, çekiç ucu ile numunenin temas yüzeyi arasındaki aralık ± 0.5 mm' den fazla olmamalıdır.

Pandülün salınım düzleminin dönme eksenine dikliği 3/1000 doğrulukta olmalıdır.

Pandülün konumu, çekiç ucunun mesnetler arasındaki mesafenin orta noktası düzleminden en fazla ± 0.5 mm sapmasını sağlayacak durumda olmalıdır.

Pandül yatağındaki aksel boşluk (çekicinin yan tarafından, çekiç kuvvetinin % 4'üne karşılık gelen bir kuvvet uygulandığında) 0.25 mm' den fazla olmamalıdır.

Pandülün salınım eksenine dik, L mesafesinden 150 ± 10 N'luk bir kuvvet uygulandığında, pandül yatağının radyal boşluğu 0.08 mm' den fazla olmamalıdır.

2.4. Mesnetler ve tablaların (Numune Yerleştirme Yüzeyleri) muayenesi

Tablaların oturma yüzeyleri aynı yatay düzlemde olmalı ve sapma 0.1 mm'den fazla olmamalıdır.

Tablaların konumu, numunenin boyuna eksenine ile pandülün dönme ekseninin birbirine paralellliğini 3/1000 doğrulukta sağlamaya uygun olmalıdır.

Mesnet yüzeyleri aynı düzlemde olmalı ve sapma 0.1 mm'den fazla olmamalıdır.

Mesnet yüzeyleri düzlemi ile tabla yüzeyleri düzlemi arasındaki açı $90^\circ \pm 0.1^\circ$ olmalıdır.

Mesnetler arasındaki mesafe 40 mm ile $40^{+0.20}$ mm olmalıdır.

Mesnet kavisleri 1 mm ile $1^{+0.08}$ mm arasında olmalıdır.

Mesnetlerin arka boşluk açısı $11^\circ \pm 1^\circ$ olmalıdır.

2.5. Pandül ile mesnetler arasındaki boşluğun muayenesi

Pandül ile mesnetler arasındaki boşluk, darbe deneyi esnasında kırılan parçaların deneye menfi bir etki yapmadan, çekiçe çarpmadan serbestçe uzaklaşmasını sağlamaya uygun olmalıdır. Pandülün mesnetler arasından geçen kısmı 18 mm'den fazla olmamalıdır.

Pandül çekiçleri "C" ve "U" şeklinde olmak üzere iki çeşittir.

"C" şeklindeki çekiçlerde numunelerin her iki ucundaki serbest bölge 13 mm'den az değil ise, numuneden kopan parçacıkların çekiçe çarpma tehlikesi yoktur.

"U" şeklindeki çekiçlerde, parçacıkların çarpmasını engellemek için kalınlığı yaklaşık 1.6 mm, sertlik değeri asgari 45 HRC ve kenar kavisleri asgari 1.5 mm olan, çelik saçtan mamul özel koruyucu düzenekler mevcut olmalı ve bu düzenekler ile çekiç arasındaki mesafe 1.5 mm'den fazla olmamalıdır.

2.6. Salınım orta noktasının durumunun muayenesi

Salınım orta noktası ile dönme eksenine arasındaki l_1 boyu, darbe test makinasının eşit salınımindaki matematiksel pandül boyuna eşittir. Bundan dolayı pandülün salınım süresi t 'nin belirlenmesi ve aşağıdaki eşitlikten l_1 'in (Şekil-2) hesaplanması gereklidir.

$$l_1 = \frac{g \cdot t^2}{4 \cdot \pi^2} = 0.2485 \cdot t^2$$

Burada; $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ ve $\pi^2 = 9.87$ dir.

t % 0.1 doğrulukta tesbit edilmeli ve l_1 , $0.995 \cdot L \pm \% 0.5 L$ olmalıdır. ¹⁾

Salınım süresi 2 s olan bir pandülde "t" yeterli bir doğrulukla belirlenebilir. Bunun için üç defa tekrarlanan 100 salınımın toplam süresi T'nin belirlenmesi, ancak burada pandülün serbest düşey konumdan en fazla 5° derece saptırılarak salınmaya bırakılması ve 100 salınım için en

uzun salınım süresi T_M ile en kısa salınım süresi T_m arasındaki fark 0.2 saniyeden fazla olmaması gereklidir.

¹⁾ Bazı darbe test makinaları, $(l_1 - L \leq) \frac{L}{100}$ şartını sağlayamamaktadırlar.

Bu makinalar için, $(l_1 - L \leq) 1,75 \cdot \frac{L}{100}$ şartının ve direkt/endirekt muayene sonuçlarının olumlu olması şartlarının sağlanması zorunludur.

3. ENERJİNİN OKUNMASI İÇİN GÖSTERGE TECHİZATI

Gösterge techizatında yükselme açısının ölçülmesini sağlayacak bir skala ve/veya sarf edilmiş enerjinin ölçülmesini sağlayacak ayrıca bir skala mevcut olmalıdır.

3.1. Analog Skala

Skala bölüntüsü çizgilerinin kalınlığı eşit olmalı ve gösterge ibresinin kalınlığı yaklaşık olarak bölüntü çizgisi kalınlığına eşit olmalıdır. İbre, açısal bakıldığında okuma hatası yapılmayacak durumda olmalıdır.

Gösterge techizatının çözünürlüğü, ibre kalınlığının iki komşu skala bölüntüsü çizgisi aralığına oranlanmasından elde edilir. Oran olarak; 1:4 , 1:5 , 1:10 tavsiye edilir.

İki komşu bölüntü çizgisi arası asgari 2.5 mm olmalıdır ki bölüntü değerinin 1/10'u tahmini olarak okunabilsin.

Bölüntü değeri, makinanın anma enerjisi değerinin 1/100' ine eşit olmalı ve anma enerjisi değerinin % 0.25' inin tahmini olarak okunmasını sağlamalıdır.

3.2. Sayısal Skala (Dijital Gösterge)

Çözünürlük olarak dijital göstergenin son basamağındaki sayısal değişim değeri esas alınır. Ancak burada göstergedeki dalgalanma, sayısal değişim değerinden fazla olmamalıdır. Göstergedeki dalgalanmanın sayısal değişim değerinden fazla olması durumunda, çözünürlük olarak dalgalanma değerinin yarısı kabul edilir.

Çözünürlük çalışma enerjisinin 1/400'ünden daha iyi olmak zorundadır.

3.4. Potansiyel Enerji (A_p)

Potansiyel enerjinin tesbitinde elde edilen değer, anma enerjisi (A_N) değerinden en fazla $\pm \% 1$ sapmalıdır.

Pandülün ağırlık kuvveti ve ağırlık merkezinin dönme ekseninden uzaklığının belirlenmesi yerine, dönme ekseninden belli bir l_2 mesafesinden (Şekil-2) etki eden ve dönme eksenine göre pandül ağırlığı kuvvetinin oluşturduğu aynı momenti oluşturan kuvvetin belirlenmesi daha basittir.

Açıklama : l_2 , l 'ye eşit olabilir.

3.4.1. Muayenenin uygulanışı

Çekiç ucu, dönme eksenini yatay düzlemine mümkün mertebe 15/ 1000 doğrulukta bir konuma getirilir ve l_2 mesafesinden, kuvvet ölçme cihazı (Kuvvet Dönüştürücü) üzerine takılmış diğer bir uc yardımıyla dikey olarak desteklenir. Pandülün l_2 mesafesindeki (bu mesafe, dönme ekseninden itibaren % 0.2 doğrulukla belirlenmelidir) noktadan kuvvet ölçme cihazı üzerine etki eden kuvvet belirlenir.

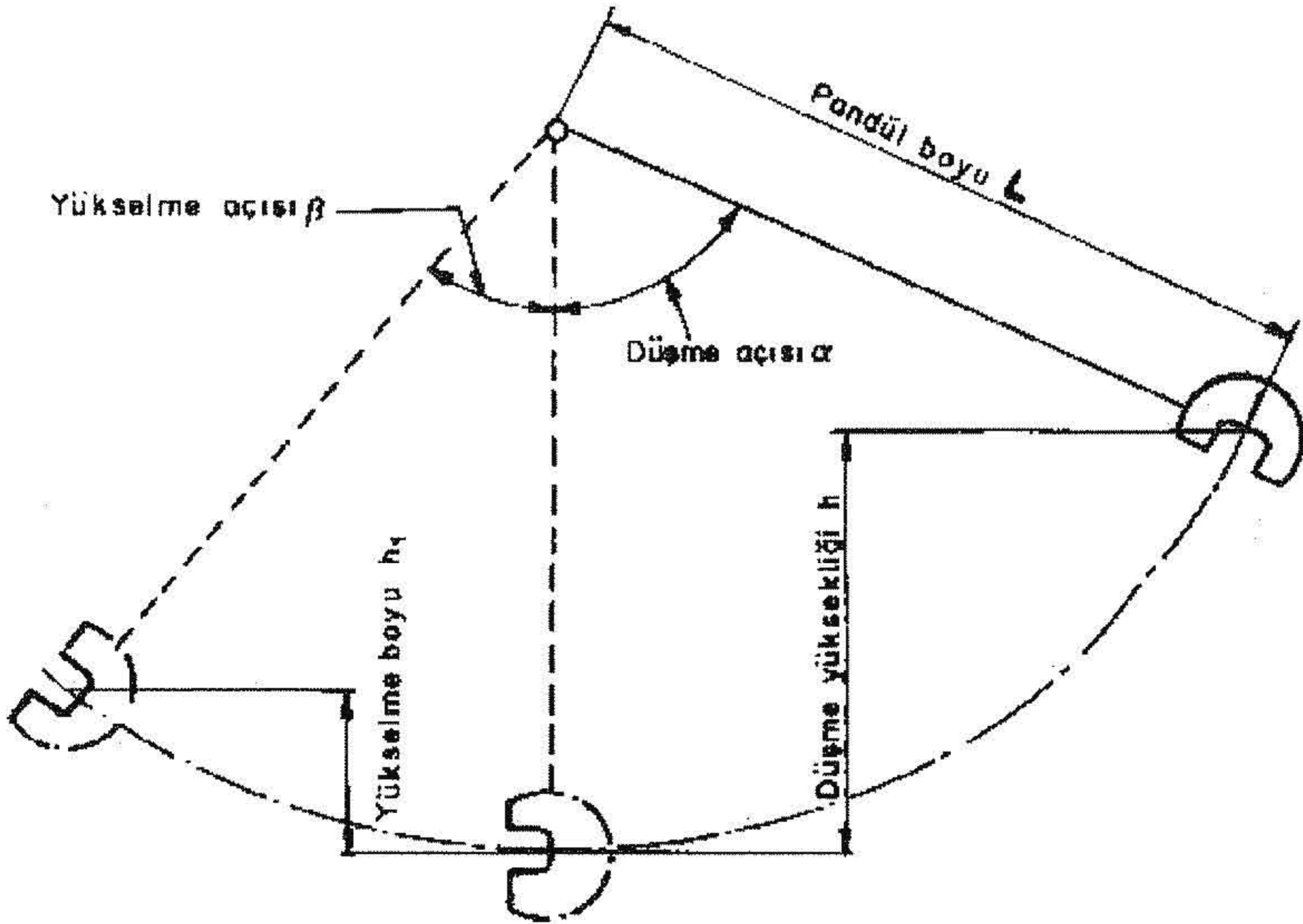
Pandül momenti : $M = F \cdot l_2$ dir.

Bunu müteakiben düşme açısı α , presizyon eğim ölçme cihazı ile, $\pm 0.065^\circ$ belirsizlikle ölçülür. α açısı 90° den büyük olabilir (Şekil-3).

Potansiyel enerji $A_p = M (1 - \cos \alpha) = F \cdot l_2 (1 - \cos \alpha)$ eşitliği ile hesaplanır.

3.5. Göstergeden okunan enerji (A_s) değerindeki sapmanın belirlenmesi

Makinanın skalasında / göstergesinde belirtilen Anma Enerjisi değerinin % 10, 20, 30, 50 veya % 60, 80'ine tekabül eden noktalarda muayene yapılır. Bu da, pandülün yükselme yönünde saptırılarak, muayenesi yapılmak istenen değere, makinanın gösterge teçizatının ulaşmasını (ibrenin ölçme noktası değeri ile çakışması/ display'de değerin görülmesi) sağlamak ve bu konumdaki yükselme açısını (β) $\pm 0.065^\circ$ lik belirsizlikle ölçmek suretiyle gerçekleştirilir. (Şekil-3)



ŞEKİL 3

Sarfedilen enerji $A_v = M (\cos\beta - \cos\alpha)$ dir.

Göstergeden okunan enerji (A_s) ile ölçümlerle elde edilen değerlerden hesaplanan sarfedilen enerji arasındaki fark, sarfedilen enerji (A_v) nin $\pm \% 1$ 'inden veya göstergede okunan enerjinin (A_s) $\pm \% 0.5$ 'inden fazla olmamalıdır. Bu iki seçenekte en büyük olan değer esas alınır.

$$\left| \frac{A_s - A_v}{A_v} \right| \times 100 \leq 1.0 \quad (\text{Anma enerjisinin } \% 80\text{'i ile } \% 50\text{'si arasında})$$

$$\left| \frac{A_s - A_v}{A_p} \right| \times 100 \leq 0.5 \quad (\text{Anma enerjisinin } \%50\text{'sinin altında})$$

3.6. Sürtünme kayıpları

Sürtünmeden dolayı enerji kayıplarının kaynağını;

- Gösterge ibresi ve sürükleyicinin yatak sürtünmesi
- Hava direnci ve pandül yatağı sürtünmesinin toplamı teşkil etmektedir.

3.6.1. Gösterge ibresi ve sürükleyicinin sürtünmesinden kaynaklanan kayıpların belirlenmesi

Gösterge ibresi yükselme açısının sıfır olduğu konuma getirilir ve pandül düşme açısı (α) konumundan serbest bırakıldıktan sonra ibrenin ulaştığı yükselme açısı (β_1) ve gösterdiği enerji değeri E_1 okunur. İbre bu konumda bırakılarak, pandül ikinci kez aynı konumdan serbest bırakıldıktan sonra yeni yükselme açısı β_2 ve enerji değeri E_2 okunur.

Gösterge ibresi ve sürükleyicinin sürtünmesinden kaynaklanan kayıp:

$$p = M (\cos\beta_1 - \cos\beta_2) \quad \text{veya} \quad \text{derece taksimatlı skalada, } p = E_1 - E_2 \quad \text{dir}$$

Skala taksimatı enerji birimi cinsinden ise, β_1 ve β_2 (veya $E_1 - E_2$)'nin dört ölçüm değeri hesaplamada kullanılır.

3.6.2. Hava direnci ve pandül yatağı sürtünmesinden kaynaklanan kayıpların belirlenmesi

β_2 veya E_2 'nin belirlenmesinden sonra ibrenin konumu değiştirilmeden pandül α konumundan 10 adet salınım için serbest bırakılır ve 11. salınım başlamadan önce ibre, ulaştığı yüksekliğin yaklaşık $\%5$ altındaki bir konuma el ile getirilir. 11. salınım tamamlandıktan sonra pandül el ile tutularak α konumunda sabitlenip β_3 veya E_3 değeri okunur.

Tek yönlü bir salınımdaki hava direnci ve yatak sürtünmesinden kaynaklanan kayıp, derece cinsinden bölüntülü skala için;

$$p^l = 1/10 M (\cos\beta_3 - \cos\beta_2)$$

veya enerji birimi cinsinden bölüntülü skala için;

$$p^l = 1/10 (E_3 - E_2) \text{ dir.}$$

$p + p^l$ olan toplam kayıp, anma enerjisinin %0.5'inden fazla olmamalıdır.

3.7 Vurma hızı

Vurma hızı, $v = \sqrt{2 \times g \times L(1 - \cos \alpha)}$ eşitliği ile hesaplanır.

v Hız (m/s)

g Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s²)

α Düşme açısı

L Pandül eksenini ile vurma noktası arasındaki mesafe (Şekil-2)

$5 \text{ m/s} \leq v \leq 5.5 \text{ m/s}$, 1983'ten önce imal edilmiş makinalar için : $4.5 \text{ m/s} \leq v \leq 7 \text{ m/s}$ dir

4. ENDİREKT MUAYENE

Charpy-V darbe testi neticesinde sarfedilmiş enerji değeri belirlenmiş bir kümeden alınmış Referans Çentikli Darbe Numunesi kullanılarak yapılır.

Bu EN standardı, referans numunenin kırılması için sarfedilen toplam enerji miktarını esas alır. Sarfedilmiş toplam enerji değeri:

a) Numunenin kırılması için gerekli enerji

b) Pandülün düşme yüksekliğinden serbest bırakılmasından sonra yaptığı tek salınımdaki enerji kayıplarından müteşekkildir. (Sürtünme kayıpları : Bkz. 3.6)

Makinanın yerleştirildiği kaidenin, makina gövdesinin ve pandülün titreşiminden meydana gelen kayıpların belirlenmesi için henüz bir ölçme metodu geliştirilmemiştir.

Açıklama: Müteakiben belirtilen enerji kayıpları, değerlendirmede ihmal edilirler:

a) Mesnetlerde ve çekiç ucunun vurma noktasında meydana gelen deformasyondan kaynaklanan enerji kayıpları.

b) Oturma yüzeyi ile numune ve mesnetler ile numune yüzeyi arasındaki sürtünmeden kaynaklanan enerji kayıpları.

4.1. Uygulama

Endirekt muayeneye başlanılmadan önce;

- Mesnetlerin durumu (Bkz. 2.4)

- Numunenin yerleştirilme (merkezleme) durumu ve çekiç ucunun durumu incelenir.
- Sürtünme kayıpları (bkz. 3.6) belirlenir.

Endirekt muayene, makinanın kullanma sahasının asgari iki noktasında, bu ölçme noktaları için mevcut Referans Çentikli Darbe Numuneleri kullanılarak yapılır. Bu ölçme noktaları makinanın kullanma sahasının mümkün merteye sınırlarına yakın seçilmelidir. İki'den fazla ölçme noktası seçilmesi durumunda, bu noktalar kullanma sahası üzerinde eşit bir dağılımla seçilmelidir. Her ölçme noktasında 5 numune kırılmalıdır. Kullanılan numunelerin sıcaklığı (20 ± 2) °C olmalıdır. Numuneler EN 10 045-2, Çizelge 2'de belirtilen sınır ölçü değerleri göz önüne alınarak oturma yüzeylerine (tablalar) yerleştirilir. Bu değerlerden sapmalar sertifikada belirtilmelidir.

5. MAKINANIN ÖLÇÜ VE TEKRARLANABİLİRLİK SAPMASI

E_1, E_2, \dots, E_5 , 5 numunenin kırılmasında elde edilen sarfedilmiş enerji değerleridir ve büyüklüklerine göre sıralanmışlardır.

5.1. Tekrarlanabilirlik sapması

Tekrarlanabilirlik, öngörülen ölçme şartlarında;

$$E_5 - E_1 \quad (\text{bu } E_{\max} - E_{\min} \text{ dir})$$

olarak ifade edilir.

5.2. Sapma

Öngörülen ölçme şartlarında sapma, $\bar{E} - E$ olarak ifade edilir.

$$\bar{E} = \frac{E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5}{5} \quad \text{dir}$$

E , Charpy-V Referans Çentikli Darbe Numunesi kümesinin sarfedilmiş anma enerji değeridir.

5.3. Değerlendirme

Makina, muayene esnasında elde edilen tekrarlanabilirlik ve sapma değerlerinin, Çizelge-1'de belirtilen değerlere eşit veya küçük olması durumunda uygun olarak değerlendirilir.

Enerji seviyesi J	Tekrarlanabilirlik J	Sapma J
< 40	≤ 6	< 4
≥ 40	$\leq E$ 'nin % 15'inden	< E'nin %10'undan

Çizelge 1

6. SERTİFİKA

Sertifikada asgari aşağıdaki bilgiler bulunmalıdır:

- İlgili standardın belirtilmesi
- Makinanın üreticisi, tipi, seri numarası, imal yılı
- Makinanın bulunduğu yer
- Muayene metodu (direkt/endirekt)
- Endirekt muayene ise, referans numunenin tanımlanması ve anma değerinin belirtilmesi
- Varsa, eksikliklerin belirtilmesi
- Muayene sonuçları
- Muayene tarihi
- Muayeneyi yapan kuruluşun adı veya işareti, mühür ve imza

7. MUAYENE ARALIKLARI (PERİYODLARI)

7.1. Direkt Muayene

Muayene;

- Makina yeni kurulduktan hemen sonra, herhangi bir sebepten dolayı sökülmesi veya bulunduğu yerden taşınması durumunda
- Endirekt muayene sonuçlarının olumsuz çıkması durumunda
- Her endirekt muayeneden önce yapılır.

7.2. Endirekt Muayene

İki muayene arasındaki süre makinanın mevcut durumuna ve kullanma sıklığına bağlıdır. Normal şartlarda direkt muayenenin 12 ayda bir tekrarlanması tavsiye edilir.

Her iki muayene de, makinanın yeniden kurulması, önemli parçalarının değiştirilmesi, taşınması, tamir edilmesi veya herhangi bir ayarlama yapılması durumunda tekrarlanır.

KAYNAKÇA

1. DIN 51 220
2. DIN 51 222
3. DIN EN 10 045-1
4. DIN EN 10 045-2