



SAE MÜHENDİSLİK
ENGINEERING & CONSULTING

TEKNİK YAYINLAR • No. 19

Mekanik Deneyler: Çekme, Basma, Darbe

Gerilme-şekil değiştirme eğrisini okumak, $R_{p0,2}$ ve R_m , mühendislik ile gerçek gerilme farkı, uzama ölçü boyuna bağlıdır kuralı, numune geometrisi, deney hataları ve sertifika okuma

Hazırlayan: Ahmet Asım ESER — SAE Mühendislik ve Danışmanlık Hizmetleri

Sürüm: 1.0 • **Tarih:** Ekim 2026 • **saemuhendislik.com**

Bu doküman SAE Mühendislik tarafından özgün olarak hazırlanmıştır. Kaynak gösterilerek alıntı yapılabilir.

1. Giriş: Her Sertifikanın Arkasındaki Deney

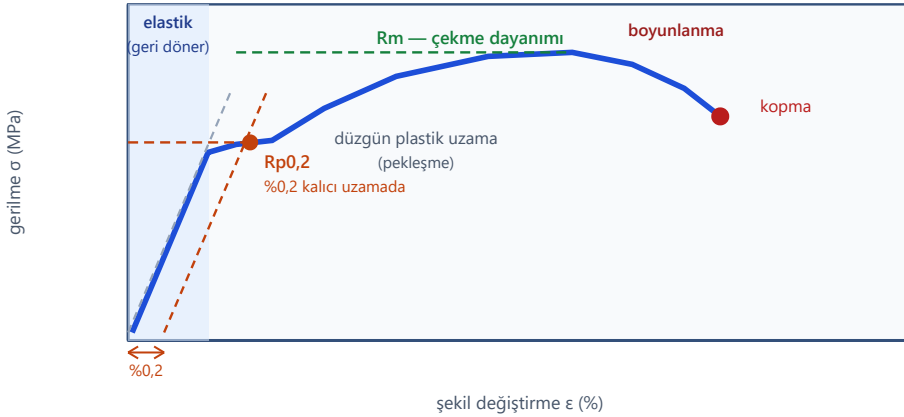
Bir malzeme sertifikasında gördüğünüz R_{eH} , $R_{p0,2}$, R_m , A ve KV değerlerinin tamamı birkaç basit deneyden çıkar. Bu yayın, o sayıların **nereden geldiğini**, **ne anlattığını** ve **nerede yanıtılabileceğini** anlatır.

Seride sertlik (**No.13**) ve kırılma tokluğu (**No.15**) ayrı birer konu olarak ele alındı; burada **çekme, basma ve darbe** deneyleri bir araya getiriliyor — çünkü bu üçü, tasarımda kullanılan temel dayanım ve süneklik verisini üreten deneylerdir.

Çerçeve kural: Bir mekanik deney sonucu, **malzemeyi değil, o numuneyi o koşulda** tanımlar. Numune nereden alındı, hangi yönde kesildi, hangi hızda çekildi, hangi sıcaklıkta denendi — bunlar yazılmadan verilen bir dayanım sayısı eksiktir. Sertifika okurken ilk bakılacak yer değerler değil, **deney koşullarıdır**.

2. Çekme Deneyi ve Eğrinin Okunması

Numune sabit hızla çekilir; kuvvet ve uzama kaydedilir. Kuvvet **başlangıç kesitine**, uzama **başlangıç ölçü boyuna** bölünerek mühendislik gerilme–şekil değiştirme eğrisi elde edilir.



Rm'den sonra eğrinin düşmesi malzemenin zayıfladığı anlamına GELMEZ — kesit daraldığı için gerilme düşük görünür.

Şekil 1 — Mühendislik gerilme–şekil değiştirme eğrisi. $R_{p0,2}$ elastik doğruya paralel çizilen %0,2 ofset doğrusunun eğriyi kestiği noktadır; belirgin akma göstermeyen malzemelerde "akma" bu şekilde **tanımlanır**, ölçülmez. (SAE Mühendislik özgün çizimi, şematiktir.)

2.1 Eğriden okunan büyüklükler

Simge	Adı	Tanımı ve dikkat edilecek nokta
E	Elastisite modülü	Elastik doğrunun eğimi. Isıl işleme değişmez ; çeliğin E'si ≈ 210 GPa'dır, sertleştirmek bunu artırmaz
R _{eH} / R _{eL}	Üst / alt akma dayanımı	Yalnızca belirgin akma gösteren malzemelerde (yumuşak çelik) ölçülür; eğride dişli plato görülür
R _{p0,2}	%0,2 kalıcı uzama dayanımı	Belirgin akma yoksa kullanılan tanımlı akma. Alüminyum, paslanmaz, ıslah çeliği hep bununla verilir
R _m	Çekme dayanımı	Eğrinin tepe noktası. Boyunlanmanın başladığı yerdir , kopma gerilmesi değildir
A	Kopma uzaması (%)	Süneklik ölçüsü. Ölçü boyuna bağlıdır — bkz. §2.3
Z	Kesit daralması (%)	Sünekliğin daha duyarlı ölçüsü; ölçü boyundan bağımsızdır, temizlik ve inklüzyon durumunu iyi yansıtır

2.2 Mühendislik gerilmesi ve gerçek gerilme

Mühendislik gerilmesi kuvveti **başlangıç** kesitine böler; gerçek gerilme ise **o andaki** kesite:

$$\sigma_{\text{müh}} = F / A_0 \quad \sigma_{\text{gerçek}} = F / A_i \quad \sigma_{\text{gerçek}} = \sigma_{\text{müh}} (1 + \varepsilon)$$

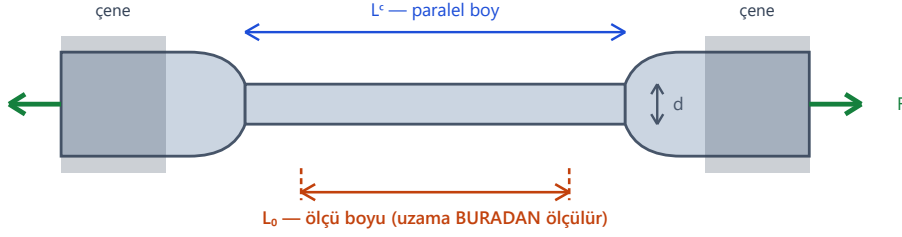
Boyunlanma başlayana kadar ikisi birbirine yakındır. Tepe noktasından sonra mühendislik eğrisi düşer ama **gerçek gerilme artmaya devam eder** — malzeme zayıflamaz, sadece kesit küçülür. Şekillendirme simülasyonlarında (bkz. **No.2**) daima gerçek gerilme–gerçek şekil değiştirme verisi kullanılır.

2.3 En sık yapılan hata: uzamayı ölçü boyu yazmadan vermek

Kopma uzaması **A**, numunenin ölçü boyuna bağlıdır. Boyunlanma bölgesindeki yerel uzama kısa numunede toplam içinde daha büyük pay tutar; bu yüzden **aynı malzeme kısa numunede daha yüksek % uzama verir**.

Bu yüzden simge her zaman indisle yazılır: A₅ (L₀ = 5d, kısa numune) ve **A_{50mm}** (sac için sabit 50 mm ölçü boyu) farklı sayılardır ve **doğrudan karşılaştırılmaz**. Bir sertifikada yalnızca "A = %22" yazıyorsa, hangi ölçü boyuna ait olduğu sorulmalıdır. Oransal numunelerde standart ölçü boyu **L₀ = 5,65·√S₀**'dir (dairesel kesitte 5d'ye karşılık gelir).

3. Numune, Hız ve Düzenek



Oransal numunede $L_0 = 5,65 \cdot \sqrt{S_0}$ (dairesel kesitte 5d). Kopma ölçü boyunun ORTA üçte birinde olmalıdır; çeneye yakın kopan numunenin uzama sonucu geçersizdir.

Şekil 2 — Çekme numunesinin anatomisi. Uzama, numunenin tamamından değil **yalnızca L_0 ölçü boyundan** okunur; bu yüzden L_0 değişince % uzama da değişir. (SAE Mühendislik özgün çizimi, şematiktir; geometri EN ISO 6892-1.)

Konu	Bilinmesi gereken
Numune yeri ve yönü	Haddelenmiş üründe enine numune boyunadan daha düşük süneklik verir (bantlı yapı, inklüzyon yönlenmesi). Sertifikada yön belirtilmelidir
Deney hızı	Hız arttıkça akma ve çekme dayanımı yükselir , süneklik düşer. EN ISO 6892-1 iki yöntem tanımlar: A (şekil değiştirme hızı kontrollü) ve B (gerilme artış hızı kontrollü) — raporda hangisi kullanıldığı yazılır
Ekstansometre	Uzama traversten değil ekstansometreden okunmalıdır; makine esnekliği ve çene kayması traversi yanıltır. E modülü yalnızca ekstansometre ile ölçülebilir
Çene kayması	Eğrinin başındaki yatay/kavisli bölge genellikle gerçek malzeme davranışı değil, numunenin çeneye oturmasıdır
Kopma yeri	Ölçü boyunun orta üçte birinde olmalı; dışında ise uzama sonucu geçersizdir (standart yeniden deney ister)
Sıcaklık	Oda sıcaklığı dışındaki deneyler ayrı standartlara tabidir (yüksek sıcaklık EN ISO 6892-2)

4. Basma Deneyi

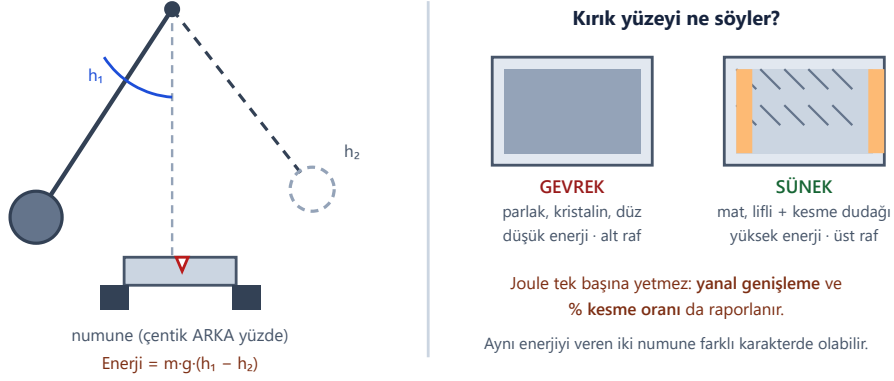
Çekmenin aynadaki görüntüsü gibi düşünülür ama **önemli farkları** vardır:

- **Sünek malzemede kopma yoktur**; numune fıçılır ve basıklaşır. Bu yüzden "basma dayanımı" sünek metallerde çoğu zaman anlamlı bir sayı vermez — deney daha çok **akış eğrisi** elde etmek için yapılır.
- **Gevrek malzemede** (dökme demir, beton, seramik, sinterlenmiş parça) basma dayanımı çekme dayanımından **kat kat yüksektir**; bu malzemeler basmaya çalıştırılır. Gri dökme demirde bu oran tipik olarak 3–4 kattır.
- **Sürtünme hatası**: numune ile baskı plakası arasındaki sürtünme fıçılama yaratır ve ölçülen dayanımı **yüksek** gösterir. Yağlama ve doğru boy/çap oranı (tipik 1,5–2) şarttır.
- **Burkulma**: numune fazla uzunsa malzeme değil **geometri** ölçülür. Kısa ve düzgün numune gerekir.

Ayrıca basma deneyi, çekmede boyunlanma yüzünden ulaşılamayan **büyük şekil değiştirmelere** çıkabildiği için dövme ve haddeme simülasyonlarının akış eğrisi verisini üretmekte tercih edilir (bkz. **No.2**).

5. Çentik Darbe Deneyi (Charpy)

Çentikli bir numune sarkaç çekiçe kırılır; kırmak için harcanan enerji **joule** olarak okunur. Amaç dayanım ölçmek değil, malzemenin **ani yüklem altında gevrek davranıp davranmadığını** görmektir.



Şekil 3 — Charpy deneyi ve kırık yüzeyinin okunması. Enerji tek başına yetmez; **kırık yüzeyinin görünümü** malzemenin geçiş bölgesinin neresinde olduğunu söyler (geçiş eğrisi için bkz. **No.15**, yüzey okuma için **No.6**). (SAE Mühendislik özgün çizimi, şematiktir.)

Ayrıntı	Neden önemli
Çentik tipi	V çentik (KV) ve U çentik (KU) farklı sonuç verir ; simge mutlaka belirtilir. Standart V çentik 2 mm derinlik, 45°, 0,25 mm kök yarıçapı
Numune boyutu	Tam boy 10×10×55 mm. Kesit yetmiyorsa alt boy (7,5 veya 5 mm) kullanılır ve sonuç düşer ; doğrudan karşılaştırılmaz, simgeye yazılır (ör. KV ₂ 7,5 mm)
Sıcaklık	Sonucun en belirleyici değişkeni. Numune banyodan çıktıktan sonra 5 saniye içinde kırılmalıdır
Üç numune kuralı	Sonuç tek numuneyle verilmez; geçiş bölgesinde saçılma çok büyüktür. Ortalama ve tekil değerlerin her ikisi için sınır konur (ör. ort. 27 J, tekil min. 19 J)
Çentik yönü	Çentik, çatlakların ilerlemesi istenen düzleme açılır; haddelenmiş üründe yöne göre sonuç değişir (ör. L-T, T-L)

Charpy neyi vermez: Darbe enerjisi **boyut bağımsız bir malzeme sabiti değildir** ve hesaba doğrudan girmez — kritik çatlak boyu hesabı için K_{IC} , CTOD veya J gerekir (bkz. **No.15**). Charpy'nin gücü başka yerededir: ucuz, hızlı ve **geçiş sıcaklığını bulmakta çok ayırt edici**. Kalite kontrolün standart aracıdır.

6. Sonuçları Birbirine Bağlamak

Deneyler tek tek değil, **birlikte** okunduğunda anlam kazanır:

İlişki	Yorum
$R_m \leftrightarrow$ sertlik	Çeliklerde R_m (MPa) $\approx 3,3 \times HV$. Parçayı kesmeden ön fikir verir; yalnızca çelikler için ve yaklaşıktır (bkz. No.13)
$R_{p0,2}/R_m$ oranı	Akma oranı. Yükseldikçe (0,90'a doğru) malzemenin aşırı yükte plastik rezervi azalır; yapı çeliği şartnameleri bu orana üst sınır koyar
Dayanım $\uparrow$ ise tokluk $\downarrow$	Genel eğilim. Tane küçültme bu kuralın tek istisnasıdır : dayanımı ve tokluğu birlikte artırır (bkz. No.7)
Z (kesit daralması) düşük	Dayanım normal görünse bile Z düşükse malzeme temiz değildir: inklüzyon, gözenek, segregasyon veya hidrojen şüphesi (bkz. No.12 , No.18)
Yorulma ve kırılma	Çekme verisi statik hesabın girdisidir; çevrimsel yükte No.9 , çatlak varlığında No.15 devreye girer

7. Sertifika Okuma Rehberi

Bir EN 10204 muayene belgesinde mekanik değerlere bakarken sırasıyla şunlar sorgulanır:

- Belge tipi nedir?** 2.2 üreticinin kendi beyanı, **3.1** üreticinin bağımsız muayene biriminin, **3.2** ise ayrıca alıcı/üçüncü taraf onaylı sonucudur. Değerin ağırlığı belge tipine göre değişir.
- Değerler hangi numuneden?** Döküm partisi mi, ısıtım işlem şarjı mı, bu parça mı? İzlenebilirlik numarası eşleşiyor mu?
- Yön ve konum:** boyuna mı enine mi, yüzeyden mi çekirdekten mi?
- Uzama hangi ölçü boyuyla?** A_5 mi A_{50mm} mi?
- Darbe hangi sıcaklıkta, hangi çentikle, hangi numune boyutuyla?** Üç değer de var mı yoksa sadece ortalama mı?
- Sertlik hangi ölçekte?** Dönüşümle mi verilmiş? (bkz. **No.13**)
- Şartname sınırları yazılı mı** ve ölçülen değerler sınırın neresinde — kıl payı mı geçmiş?

Kırmızı bayraklar: aynı partide anormal derecede **birbirine yakın** değerler (gerçek deney saçılma gösterir); şartname sınırının tam üstünde kümelenen sonuçlar; deney koşulu (hız, sıcaklık, ölçü boyu) hiç yazılmamış belgeler; parça izlenebilirlik numarasıyla eşleşmeyen sertifika. Bu işaretler tek başına kanıt değildir ama **doğrulama deneyi istemeyi haklı kılar**.

8. Standartlar ve Kontrol Listesi

Konu	Standart
Çekme deneyi — oda sıcaklığı	EN ISO 6892-1 · ASTM E8/E8M
Çekme deneyi — yüksek sıcaklık	EN ISO 6892-2
Basma deneyi (metal)	ASTM E9
Charpy çentik darbe	EN ISO 148-1 · ASTM E23
Sertlik (Brinell / Vickers / Rockwell)	EN ISO 6506 / 6507 / 6508 (bkz. No.13)
Deney makinesi doğrulama	EN ISO 7500-1 (kuvvet) · EN ISO 9513 (ekstansometre)
Muayene belgeleri	EN 10204
Deney laboratuvarı yeterliliği	EN ISO/IEC 17025

1. Numune nereden, hangi yönde alındı — şartnameye uygun mu?
2. Ölçü boyu ve numune tipi raporda yazılı mı (A_5 / A_{50mm})?
3. Uzama **ekstansometreyle** mi ölçüldü, traversten mi?
4. Deney hızı ve yöntemi (A/B) belirtildi mi?
5. Kopma ölçü boyunun orta üçte birinde mi?
6. Darbede sıcaklık, çentik tipi, numune boyutu ve **üç ayrı değer** var mı?
7. Makine kalibrasyonu geçerli mi (EN ISO 7500-1)?
8. Sonuçlar şartname sınırına göre nerede — kıl payı geçenler için doğrulama gerekir mi?

9. Yararlanılan Temel Kaynaklar

1. Dieter, G.E., *Mechanical Metallurgy*, 3. baskı, McGraw-Hill, 1986.
2. Davis, J.R. (ed.), *Tensile Testing*, 2. baskı, ASM International, 2004.
3. ASM International, *ASM Handbook Vol. 8: Mechanical Testing and Evaluation*, 2000.
4. Callister, W.D. & Rethwisch, D.G., *Materials Science and Engineering: An Introduction*, 10. baskı, Wiley, 2018.
5. *İlgili standartlar*: EN ISO 6892-1, EN ISO 6892-2, ASTM E8/E8M, ASTM E9, EN ISO 148-1, ASTM E23, EN ISO 7500-1, EN ISO 9513, EN 10204, EN ISO/IEC 17025.