

MALZEMELERİ SERTLEŐTİRMENİN YOLLARI*

Evren YILDIZ

ODTÜ, Öğrenci

*Mechanical Engineering dergisinden çevrilmiştir.

Bir tel ataçı birkaç kez öne arkaya bükün ve bükülen bölgenin, ataçın gerisiyle kıyaslanınca ne kadar sertleşmiş olduğuna dikkat edin. Bu basit deney metallerin, elastik limiti aşan uzamalarda nasıl sertleştiklerini gösterir. Tam olarak nasıl olduğu tartışmalı olsa da malzeme bilimcileri olayın işleyiş mekanizmasını açıklarken iki teori etrafında birleşiyorlar, 'kinematik sertleşme' ve 'izotropik sertleşme'.

Bu iki yaklaşımın da temelinde 'kopma yüzeyi' (yield surface) kavramı yatıyor. Kopma yüzeyi fiziksel bir olguyu ifade etmekten ziyade plastik deformasyona uğrayan maddelerin matematiksel ifadesi için kullanılıyor. Kopma yüzeyi üzerinde alınan tüm yönlerdeki gerilmeler 'ana gerilim' (principle stress) olarak kabul ediliyor ve malzeme, yüzey sınırları içinde uygulanan gerilimle elastik bir davranış gösteriyor. Bu iki teoriye bu noktadan sonrasını; yüzey sınırlarının plastik deformasyon etkisinde nasıl hareket ettiklerini farklı yollarla açıklamaya çalışıyor.

Öİzotropik sertleşmeÓ teorisi; kopma yüzeyinin, Von Mises'in 'Maksimum distorsyon enerjisi' kriteriyle elde edilen gerilim değerleriyle doğru orantılı olarak büyüdüğünü kabul eder. Buna göre bir malzemeye uygulanan 'hacimsel distorsyon enerjisi' o malzemenin çekme testinde kopma noktasına ulaşması için gereken değer in altında kaldığı sürece malzeme elastik davranış göstermeye devam edecektir. Kopma noktasında görülen plastik uzama, malzemenin yapısındaki kristal düzlemlerin birbirleri üzerinden kayarak yer değiştirmelerine ve düzensizleşmelerine sebep olurlar. Bu yer değişimleri birim hacimde ne kadar çoksa malzeme de o kadar sert ve kırılğan bir yapı özelliği kazanır. Deformasyon dolayısıyla malzeme içinde çekme ve sıkışma gerilmeleri birbirlerine koşut olarak görülmeye başlanır. İzotropik sertleşme grafiğindeki simetrik büyüme kaydetmiş kopma yüzeyinde bu görüşü destekler. Konunun teorisyenlerinden Ray Prowel ve Guoyo Lin (sonlu-elamanlar programlama şirketi Ansys Inc. den) İzotropik sertleşmenin en iyi modellemesinin döngüsel olmayan (non-cyclic) %5 ya da % 10 luk gerçek uzunluk değişimlerinde olduğunu bildiriyorlar. Döngüsel plastik

uzamalarda %5 ve % 10'lık uzama limitinin altında kalan metallerde kinematik sertleşme modeli daha uygun bir yaklaşım sunuyor.

Kinematik sertleşme teorisi ise; malzemenin izotropik olmayan doğası sonucu, uygulanan kuvvetlerin malzeme üzerinde yarattığı değişimleri gözönüne alarak bir model oluşturur. Teori temel fikrini ÖBauschinger etkisi'nden alır. Buna göre belli bir yönde elastik limiti aşan değerlerde çekme uygulanan malzemenin içindeki sıkışma kuvvetleri de o oranda küçük olur; tersi de doğrudur. Başka bir deyişle malzemenin dayanımı plastik olarak deforme edildiği yönde uygulanan kuvvetle orantılı olarak artarken tersi yönde azalır. Eldelenen uzamaya dik doğrultuda ise bir değişim gözlenmez. Matematiksel olarak bunun anlamı, kinematik sertleşme grafiğinde görüldüğü üzere ve izotropik durumu açıklayan teorisinin aksine; kopma yüzeyinin boyutunu değiştirmeden sadece kaydırır.

Bu görüngüyü (fenomeni) şöyle ifade edebiliriz; malzemelerin kristal yapılarının farklı doğrultularda, farklı görünümde olması sonucu elastik özellikleri de doğrultulara göre değişim gösterir. Gelişi güzel bir dizilişe sahip olan, uygunsuz doğrultulardaki kristaller, kopma noktasını aşmayan bir değerde uygulanan bir çekme kuvveti altında kayarak yeni bir yapılanma oluşmasını sağlarlar. Malzeme üzerindeki kuvvet kaldırıldıktan sonra eski konumlarına dönemezler ve bu da bir iç-çekme gerilimine sebep olur. Bunu takiben uygulanacak çekme kuvvetlerin malzeme içinde artı bir kayma meydana getirebilmeleri için, önceki durumlarda uygulanan değerden daha fazlasının uygulanması gerekir ki bu da malzemenin bu doğrultuda sertleştiği anlamına gelir. Eğer bu malzemeye uygulanmış çekme kuvvetinin tersi yönünde bir sıkıştırma uygulanırsa, malzeme içindeki iç-çekme gerilimini azaltarak kaymanın başlaması için gerekli olan eşiğin düşmesini sağlar. Bu da çekmede elastik limiti desteklerken sıkıştırmada tam tersi bir etki yaratır.