

## *Engineering Tribology*

Gwidon W. Stachowiak, Andrew W. Batchelor  
Butterworth-Heinemann ISBN 0-7506-7304-4

Prof. Dr. Metin AKKÖK  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi  
Makina Mühendisliği Bölümü  
Ankara 06531

Son yıllarda triboloji konularında araştırmacılara ve uygulamada mühendislere yönelik olarak bir çok kitap yayımlanmıştır. Bu kitapların bir çoğu çok özel konulara değinmekte veya sözel anlatıma dayanmaktadır. Her kitabın yazar(lar)ının ilgi alanına göre kuvvetli tarafları ve zayıf tarafları vardır. Triboloji konusu disiplinlerarası bir konu olarak temel bilimlerdeki araştırmalara dayalı olduğundan sürtünme ve aşınma modelleri yeterince anlaşılabilir değildir.

Yazarlar bu kitabın ikinci baskısını Ekim 2000'de 16 Bölüm ve 750 sayfa olarak hazırlamıştır. İlk bölüm triboloji konusunun tanımı, kapsadığı konular ve uygulamadaki önemi üzerine genel bir bilgilendirme bölümüdür. Sanayide değişik uygulamalar için kullanılan yağlayıcıların cinsleri, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin tanıtıldığı mineral ve sentetik yağlar, emülsiyonlar ve gresler ile yağlarda kullanılan katkı maddeleri yaklaşık 110 kaynaktan yararlanılarak ikinci ve üçüncü bölümlerde verilmiştir. Ayrıca yağ seçiminde dikkate alınması gerekli olan oksitlenmeye, aşınmaya ve korozyona karşı direnç ile yüksek sıcaklıklarda yeterli incelikte film oluşumunun sağlanması için viskozitenin korunması gibi kriterlere de yer ayrılmıştır.

Tribolojinin önemli konularından birisi olan hidrodinamik teorisi konusundaki uygulamalar dört bölümde toplanmıştır. Hidrodinamik yağlama teorisinin klasik uygulamaları, kayma yönünde daralan-genişleyen film geometrisi ile oluşan kavite bölgesindeki geleneksel sınır şartları dördüncü bölümde işlenmiştir. Sıkıştırılabilir akışkanlar için Reynolds denklemi uygulaması, türbülanslı rejiminde çalışan yataklar, sıkıştırılabilir

yağ film uygulamalı yataklar, gözenekli malzemeden yapılmış yataklar gibi hidrodinamik yağlama teorisinin özel uygulamalarına da çok kısa olarak değinilmiştir. Bu bölümün hazırlanmasında 67 kaynaktan yararlanılmıştır.

Beşinci bölümde Reynolds denkleminin genelleştirilmiş çözümünün elde edilmesi amacıyla boyutsuz hali verilmiş ve sayısal çözümünde denklemin karakteri gereği kullanılan sonlu farklar sayısal çözüm yöntemlerinin uygulaması gösterilmiştir. Termohidrodinamik yağlama örnek bir uygulama üzerinde incelenmiştir. Yatak lokmalarındaki elastik deformasyonun yük kapasitesi ve film kalınlığı üzerindeki etkilerinin incelenmesi için çözüm algoritması sonuçları ile birlikte verilmiştir. Radyal yüklü kaymalı yataklarda daralan-genişleyen yağ filmi nedeniyle oluşan kavite bölgesi girişinde yağ filminin parçalanması ve kavite bölgesi sonunda yağ filminin yeniden oluşması için kavite sınır koşulları, radyal kaymalı yatak için direnç ve sönümleme katsayılarının tanımları ve yatağın kararsızlık sınırının belirlenmesi kısa bir bölümde verilmiştir.

Altıncı bölümde hidrostatik yağlama konusundaki klasik yatak uygulamaları ile aerostatik yatak uygulamaları kısa olarak verilmiştir. Bu bölümlerde yatak yüzeyindeki basınç dağılımı, yağlayıcı debisi, yük taşıma kapasitesi, sürtünme katsayısı veya kuvveti ve güç kaybı hesaplamaları ile ilgili formüllerin çıkartılması gösterilmiştir. Yedinci bölümde hidrodinamik yağlamanın gerçekleştiği yüzeylerde aşırı yük nedeniyle oluşan elastik deformasyon ve yağ viskozitesinin basınç ile değişiminin hesaplamaya alındığı

elastohidrodinamik yağlama konuları içerilmiştir. Kuru yüzeylerde nokta, çizgi ve eliptik temaslar için gerilme ve deformasyon ilişkileri ile yağlanmış yüzeylerde oluşan elastohidrodinamik yağlama durumunun için film kalınlığı formülleri verilmiştir. Bu bölümde kayma sürtünmesi sırasında bir anlık "Flash" sıcaklık oluşumu ve temas alanı içinde kayma yönünde oluşan sıcaklık dağılımı verilmiştir.

Sınır yağlama uygulamaları konusu iki bölümde toplanmıştır. Aşırı yük altındaki yüzeylerde sıcaklığın ve yükün yağ moleküllerinin yüzeyde absorbe edilmesine etkisi ile kritik sıcaklığın yağlama ve sürtünme mekanizmalarına etkileri örneklerle Sekizinci bölümde verilmiştir. Dokuzuncu bölümde katı yağlayıcıların yağlama mekanizmaları, kayma sırasında yüzeyde oluşan katı birikimlerin, yüzeylerin aşınma özelliklerini geliştirmedeki kaplamanın önemi üzerinde durulmuştur. Onuncu bölümde çok kısa olarak yüzey pürüzlülüğünü tanımlayan parametreler ve pürüzlü yüzeylerde temas modelleri kısa olarak verilmiştir.

Aşınma konusuna son altı bölüm ayrılmıştır. Abrasyon aşınmada malzemelerin sertliğinin, erozyon aşınmada çarpma açısının, kavitasyon ile oluşan aşınmada ise basıncın etkileri Onbirinci bölümde, adhezyon ve adhezyon aşınma Onikinci bölümde, kimyasal reaksiyon ile oluşan korozyon ve oksitlenme ile aşınma ve adhezyon aşınma mekanizması Onüçüncü bölümde, malzeme yorulmasının neden olduğu aşınma mekanizması Ondördüncü bölümde verilmiştir. Bu mekanizmaların açıklanmasında 76 kaynaktan yararlanılmıştır. Onbeşinci bölümde çok özel uygulamalarda karşılaşılan aşınma mekanizmalarını içeren aşınma tipleri 80 kaynaktan yararlanılarak hazırlanmıştır.

Teknolojik gelişmeler ve çevre bilincinin gelişmesi sonucunda yataklar ve aşınma direnci konularında yeni koşulları geleneksel olarak kullanılan metal malzemelerin sağlayamaması nedenleriyle metal olmayan malzemeler önem kazanmıştır. Onaltıncı bölümde uygulamada çok kullanılan polimer, kompozit polimer, kauçuk, seramik gibi metal olmayan malzemeler için aşınma ve sürtünme mekanizmaları ile yüzey pürüzlülüğü, kayma hızı ve sürtünme sıcaklığının etkileri üzerine

deneysel sonuçlar verilmiştir. Polimerler genel olarak sürtünme katsayısının ve aşınma oranının az olmasına karşın düşük çalışma sıcaklıkları nedeniyle düşük hız ve yüklerde kullanılabilir. Yüksek sıcaklıklarda, düşük aşınma oranı ile çalışabilen seramikler kullanılabilmesine rağmen sürtünme katsayısı yüksek olabilmektedir.

Bu kitapta bölümler dışında ek olarak radyal kaymalı yataklar ve pabuç yatak yüzeyleri için basınç dağılımının, termohidrodinamik analiz ve elastik deformasyon analizinin yapıldığı Matlab 5.2 programı ile hazırlanmış 7 örnek program verilmiştir.

Mühendislikte triboloji konusu kayma nedeniyle oluşan olayların mikro düzeyde incelenmesini gerektirmektedir. Bu nedenle çok özel cihazlar, ölçüm ve gözleme sistemlerine gerek duyulmaktadır. Tribolojik olaylardaki mekanizmaların anlaşılması ancak hazırlanacak fiziksel modelin ve bu modelin tanımlanmasındaki parametrelerin büyüklüklerinin iyi anlaşılması ile olabilmektedir. Ancak bundan sonra analiz için gerekli varsayımların yapılması ve temel denge denklemleri ile problemin formülasyonuna gidilebilmektedir. Bu nedenlerle fiziksel modelin mikro düzeydeki olaylar için önemi büyüktür. Bu kitabın en kuvvetli tarafı bu noktanın önemi üzerinde dikkat çekici biçimde durulması ve kapsadığı konuların tümü ile anlaşılabilir ve mükemmel şekillerdeki çizimler ile verilmesidir. Kavramlar ve teori son derece açık, kolaylıkla anlaşılabilir ve basitleştirilmiş modelle gösterimi içeren yaklaşık 200 adet grafik ve 100 adet gölgelendirilmiş şekil ile desteklenmiştir. Triboloji konusunda 1000'den fazla kaynaktan yararlanılarak hazırlanan bu kitap yardımı ile okuyucunun ilgilendiği özel konulardaki kaynaklara gidebilmesine de olanak sağlanmıştır.

Özet olarak, araştırmacılar, mühendisler ve mühendislik öğrencileri için tribolojik olayları fiziksel model üzerinde kavramsal olarak açıklayan bir kitap. Bu nedenle triboloji konusunda çalışan ve bu prensipleri uygulayanların başvurabilecekleri değerli bir kitap olarak kuvvetle tavsiye ederim.