

A.III.8 SÜRTÜNMEDE METALLERİN YAPISAL DEĞİŞİMLERİ

Günümüzün teknolojisinde, sürtünen parçaların çoğu metallere yapılmıştır. Bunun nedeni metallerin, kaide olarak, başka malzemelere göre çok daha büyük ölçüde sürtüşen yüzeylerden beklenenleri yerine getirmeleridir: uygun mukavemet ve plastiklik kombinasyonu, bir ya da birçok elementle çeşitli birleşimler meydana getirebilme kabiliyeti vb. Elementlerin kimyasal tabiatı ve kompozit sistemin içinde bulunduğu koşullara göre metallere katı eriyik, ötektik karışımlar ve başka metal ve metal dışı malzemelerle kimyasal birleşimler teşkil edebilirler. Bu kombinasyonların her biri özgül olarak farklı nitelikler, farklı sürtünme karakteristikleri arz ederler.

Metallerin nitelikleri, bunların atomik tertipleri tarafından saptanır. Modern fiziksel metalürjide yapı (strüktür - doku) terimi çok geniş anlam taşır. O, faz bileşimini, kristal kafesinin tip ve tabiatını, kusurların sayısını ve kristal kafesi içinde bunların dağılımını kapsar.

Metallerin aşınma mukavemeti de keza bunların çeşitli yapısal bileşenlerle nitelenen bireysel mikro hacimlerinin yapı ve niteliklerine geniş ölçüde bağlıdır. Bu bileşenlerin başat tipinin, bunların miktarı, biçim (morphology) ve durumsal münasebetlerinin aşınma mukavemeti üstünde büyük etkisi vardır. Çelik ve dökme demirin başlıca yapısal bileşenlerinin (ferrit, austenit, perlit, martensit...) ayrıntılarına girmiyoruz. Bunların hepsi, çalışma sırasında çeşitli sürtünme koşulları için belli bir metali işlerken dikkat nazara alınacak birer belirgin nitelik takımını haizdirler.

Metallerin bir önemli aşınma mukavemeti niteliği, kristal kafesinin tipi ve sürtünmede farklı kristalografik eksenlere göre kayma yönüdür. Genellikle, yapısal bileşenler, kristallerin isotrop olmayışları, saflığı bozan maddeler ve kusurlar ve bütün bunlarla birlikte dış koşullar, metal ve alaşımların fiziksel, mekanik ve işleme niteliklerini saptarlar.

Metalürji tesislerinden çıkan metallere genellikle aşınmaya dayanmak için gerekli niteliklerden yoksundurlar. Modern mühendislikte sürtüşen metal parçalar çeşitli yöntemlerle güçlendirici işlemlere tâbi tutulurlar.

Bu yöntemler ısı işlemi, termo - kimyasal işlem, plastik deformasyonla yüzey pekiştirme vb. den ibarettir.

Isıl işlemlerden tavlama, normalizasyon, sertleştirme, temperleme, yapay yaşlandırma... başka çalışmalarımızda ayrıntılarıyla irdelenmiş olduğundan bunlar üzerine burada yayılmayacağız.

Sıfır altı işlemi, sertleştirilmiş parçaların bir derin soğutmasıdır. Burada bakiye austenit büyük ölçüde martensite dönüşür. İşlem, sertliği, yorulma mukavemetini, aşınma mukavemetini ve bazı sertleştirilmiş çeliklerin şekil stabilitesini artırmada kullanılır.

Isıl işleme ek olarak, termo-mekanik işlem de kullanılır. Bu, ya yüksek, ya da alçak sıcaklıklarda yapılır. İlkinde, işleme tâbi tutulmuş metal, bilinen ısıl işlemlere göre, daha kuvvetli ve aşınmaya daha dayanıklı olur. İkinci süreç, derin soğutulmuş austenitin, yüksek stabilite bölgesi içinde deformasyonunu ve daha sonra sertleştirmeyi tazammun eder. Bu tür

işlem daha büyük sertlik, temas yorulma mukavemeti sağlayıp niteliklerin 500° C a kadar aynı kalmasını temin eder. Süreç, yüksek alaşımlı yatak çeliklerinde kullanılır.

A.III.8.1 Sürtünmede sekonder süreçler

Sürtünmede, metalin faal tabakasının yapısı ve dolayısıyla bunun nitelikleri, değişime uğrar. Bu değişimler, plastik deformasyon, mekanik enerjinin ısı enerjisiye dönüşümü vs. yi tazammun eden dış sürtünmenin kendisinin tabiatı dolayısıyla meydana gelir. Bunun sonucunda sürtüşen yüzeyde metal ani ısınma ile temas noktasının dışına gelince soğumaya uğrar. Araştırmalara göre 100 //m kalınlıkta bir metal tabakası sürtünme ile 4×10^5 ilâ 10^6 °C/sn mertebesinde ısınır ve sonra 10^3 ilâ 10^4 °C/sn mertebesinde soğur.

Mekanik ve ısı etkilerinin birleşimi ve bunların şiddetine bağlı olarak yapıda bütün birA
↔ y →← K

dönüşümleri yer alabilir. Özgül olarak bunlar: fazla fazın çökmesi ya da erimesi; kimyasal bileşimde bir yerel değişmeye neden olan ve sonuçta bir sekonder sertleşme veya temperlenmeye götüren hızlı difüzyon (yayıma) süreçleri; karbür rekristalizasyonu, ve koalesans (bir araya toplanma) dır.

Bu süreçlerin rekristalizasyon gibi bazıları, metalin daha düşük bir aşınma mukavemetine götürür. Sürtünme sırasında metalin çok kısa ısınma ve soğuma süresi dolayısıyla stabil olmayan ara yapılar ("beyaz tabaka", vs) meydana gelebilir ki bunlar yüksek ölçüde gerilmiş halin karakteristiğidirler. Bireysel mikro-hacimler-de sadece metal yapısı ve nitelikleri değişmekle kalmayıp bunun sonucunda sürtünme sürecinin kendisinde de değişme vaki olur.

Böylece bir metalin aşınma mukavemeti onun başlangıç halindeki (yani sürtünmeden önce) yapısıyla değil, aynı zamanda sürtünmenin sebep olduğu bireysel süreçlerin müşterek etkisi altında teşekkül eden yapısıyla saptanır.

Sürtünmede oluşan başlıca sekonder yapılar Tablo 42' de verilmiştir

Yapı	Kısa karakteristik
Sekonder austenit	Sürtünme sürecinde başlıca başlangıç martensitik yapıdan ve çoğu kez bakiye austenitin varlığında oluşur. Bunun kristal kafesi, başlangıç (sürtünmeden önce) austenitten daha büyük bir parametreye ve daha yüksek bir mikrosertliğe sahiptir.
Sekonder martensit	Bu, sekonder austenitin ayrışmasının ürünüdür. Başlangıç martensitine göre daha kolaylıkla dağlanır; mikrosertliği 850 ilâ 925 kgf/mm ² ve daha yüksektir.
"Beyaz tabaka"	Bu yapının gelişmesi, yerel impuls yükleme ve ısı etkilerden ötürüdür. Sıradan kimyasallarla dağlanamaz ve 900-1300 kgf/mm ² ve daha yüksek mertebede bir mikrosertliği haizdir.

Not. Sekonder yapıların sertliği (sürtünme öncesi) başlangıç yapının tip ve dağılımına, sürtünmenin koşulları ve şiddetine, çeliğin bileşimine (karbon ve alaşım elementi içeriğine) bağlıdır.

Çok büyük önem taşıyan bir husus da, sürtüşen yüzeyler üzerinde oksit filmlerinin oluşması, tahribi ve yeniden oluşması sürecidir.

Metalin faal, plastik olarak şekil değiştirmiş yüzey tabakaları ile çevre havasında bulunan oksijen ya da sürtüşen yüzeyler üzerinde adsorbe olmuş yağlayıcı arasındaki etkileşim, kimyasal olarak adsorbe olmuş filmler, katı eriyik filmleri veya metal oksitleri şeklinde sonuçlanır. Bunların sürtüşen yüzeyden kaldırılması bir sürekli süreç olup bunda oksit filmlerinin tahribi ve yeniden oluşması arasında bir dinamik denge yer alır. Bu süreç sırasında aşınma artıkları (metal parçacıklar), bireysel sürtünme bağlantılarının tekrarlanan yüklemesinin sonucu olarak sürtüşen yüzeyden gevşek koparlar. Sürtünmede oluşan oksitlerin kimyasal bileşimi Tablo 43' de verilmiştir.

Tablo 43.- Sürtünmede oluşan oksitler

Oksit bileşimi	Oluşma sıcaklığı °C	Mikrosertlik kgf/mm ²
α - Fe ₂ O ₃	200	-
γ - Fe ₂ O ₃	20	1000
α - Fe ₂ O ₃ + Fe ₃ O ₄	400 - 570	500
Fe ₃ O ₄ + Fe O	570	300

Not. α - demiri X ışını difraksiyon analiziyle; öbür fazlar bir elektron difraksiyon tetkikiyle bulunur.

Birleşmenin tasarımına göre bir miktar aşınma artığı sürtüşen yüzeyde kalabilir. Bu parçacıklar bir yandan deformasyona uğrarken öbür yandan bunların süreç üzerinde bazı etkileri olur.

Bu etki bazen önemli de olabilir. Tablo 44, aşınma artıklarının yaklaşık bileşimlerini verir.

Tablo 44.-% 0,45 karbonlu çeliğin sürtünmesinde aşınma artıklarında bulunan (+) fazlar

Deney koşulları	α - Fe	α - Fe ₂ O ₃	γ - Fe ₂ O ₃	Fe ₃ O ₄	γ - Fe ₂ O ₃ . H ₂ O	Fe ₃ C
Havada sürtünme,						
$T = 293$ K	+	+	+	-	+	-
Vakumda sürtünme						
$T = 293$ K	+	+	-	+	-	+
$T = 77$ K	+	+	-	-	-	+

Not.- α - demiri

A.III.8.2 Metal yapı analizinin başlıca yöntemleri

Optik metallografi: Alaşım faz bileşiminin nitel analizi için açık ve koyu alanların tetkiki; faz bileşimi, boyutu, biçimi ve dağılımının nicel analizi (büyültme aralığı x 100 ilâ x 2000).

Mikrosertlik : Optik metallografıyı tamamlayıcı olup farklı aşım fazlarını tespit ve teşhis ve deney altındaki yapıda her fazın kuvvetlenme derecesini saptamaya yarar.

X - ışını difraksiyon (kırınım) analizi: Alaşım faz bileşimi analizinin bir doğruca yöntemi

(başlıca fotoğrafla); (bir difraktometre kullanılarak) ince metal yapısının etüdü, yani kristallitlerin sağlamlık derecesinin ve başat yönelişinin analizi, ısıl işlem ve alaşımlarda talaşlı işlenmenin sebep olduğu yapısal değişimlerin ayrıntılı etüdü.

Elektron difraksiyon muayenesi: Amaç olarak X - ışını difraksiyon analizi ile aynı olmakla birlikte daha ince metal tabakaları (1000Å den daha ince tabakalar için) hakkında bilgi sağlar. İnce metal film ve folyoları transilluminasyon (aradan ışıklandırma) ile gözlenmekte olup bu, yansımadan daha hassastır; ancak bu sonuncusu hazırlıksız olarak büyük kitlede numuneleri gözlemek olanağını verir.

Elektron mikroskopi: Uygun numune hazırlığı ile atoma yakın düzeyde yapısal değişimleri gözleme olanağını veren yüksek ayırım sağlar. x 100.000 ve daha yüksek büyültme imkânını haizdir.

X ışını spektrum analizi : Difraksiyon elektron mikroskopisi, ince metal film ve folyolarda faz bileşimi analizi için bir doğruca yöntem sağlar. Elektron difraksiyon muayenesinin bir tamamlayıcı yöntemi olarak her alaşım fazını teşhis etmek imkânını verir ve numunenin ince yapısı hakkında bilgi sağlar, yani tane sınır yapısı, dislokasyon reaksiyonları ve dislokasyonların alaşımın çeşitle fazlarıyla etkileşimini tetkik etmek olanağını verir.

Birkaç mikron mertebesinde bir ayırım kabiliyetiyle bir numunede çeşitli kimyasal demetlerin dağılımı üzerinde de araştırmaya uygundur.

Yöntem, endüstriyel alaşımlarda mikro - segregasyon (toplanma) nın etüdü ve girmelerin teşhisi gibi birçok sorunun çözümü bakımından önemlidir.

Sürekli radyografi yöntemi: X - ışını difraksiyon analizinin bir değişik türü olup sürtüşen yüzeyler üzerinde araştırmaya uygulanmıştır. Donanım kayan yüzey arasına, belli bir yüzey noktasının mukabilindekinden ayrılmasını müteakip anda metal koşulunu tespit etmek üzere çok yakın getirilebilir.

Kitle spektrometrisi : Sürtünme temas bölgesinde cari süreçlerin bir göstergesi olarak gazların açığa çıkmasını saptamada kullanılır.

Tavsiyeler

Aşınma mukavemetini artırma önlemleri, sürtünme kuvvetinin moleküler ve mekanik komponentlerini azaltmayı amaçlayacaktır. Bunu sağlamak için pratikte aşağıdaki esaslar kullanılır.

(1)Yeni malzemeler geliştirilirken, içinde sert parçacıkların nispeten yumuşak bir matris (yatak) içinde dağılmış olduğu bir yapı sağlamak uygun olur; bu, sarmayı yerelleştirmeye yardımcı olur.

(2)50 HRC den yukarı sertlikte parçalar için temperlenmiş martensit optimal yapıdır. Bu sertliğin altında daha iyi bir aşınma mukavemetini, sertleştirilmiş troostit (tercihen asiküler troostit) yapısını haiz bir çelik arz eder.

(3)Semantasyon ve alçak sıcaklık temperlemesine tâbi tutulmuş ağır - iş parçalarında, tane sınırlarında yoğun bir karbür şebekesinin varlığına müsaade edilemez. Burada, karbürleme ile sertleştirme arasında bir ek ısıl işlem, normalizasyon tavsiye edilir.

(5) Bir ısıtma işlem süreci ve çelik yapısı ve yapı altı, mukavemete ek olarak, plastik deformasyon ve yerel tahribe artan direnç için yeterli plastiklik sağlayacak şekilde geliştirilecektir. Bu açıdan, yapıda bakiye austenitin müsaade edilebilir miktarını dikkat nazara almak gereklidir.

Birçok durumda "sertleştirilmemiş" γ fazı ile "şekil bozulma sertleşmeli" α fazının bir kombinasyonu optimal sonuç verir.