

Miller ve Akslarda Gözlenen Hasarlar

1. GİRİŞ

Miller ve akslarda gözlenen hasarlar üzerinde etkili ve en önemli parametrelerden birisi olan yorulma'nın dışında daha pek çok faktör etkili olmaktadır. Bu faktörler sırasıyla açıklanacaktır.

2. SÜRTÜNME VE AŞINMA

İki malzeme birbirine temas ettiği anda, malzemelerden birinin, diğeri üzerindeki hareketi ile sürtünme kuvveti doğar ve bu sürtünme kuvveti güç kaybına neden olur. Sürtünme kuvvetleri iş yapar ve bu iş, ısı enerjisine dönüşür. Isı, mil yatağını tahrip eder ve erimesine neden olur. Bu nedenle "sürtünme" çok ciddi hasar kaynağı olabilir ve hiç arzu edilemez. Ayrıca mil üzerinde oluşan oksitler, mekanik yük altında parçalanırsa oksit ile mil yatağı arasındaki temas, milin üzerinde "aşınma" doğurur. Yağların içindeki kum ve pislikler, mil üzerine, kama yuvalarına ve vida deliklerine yapışarak sürtünme ve dolayısıyla aşınmaya neden olur.

3. ÇAP DEĞİŞİMİ

Millerde çap değişimleri farklı şekillerde görülebilir. Geniş çaptan dar çapa geçilirken keskin ve oyuk köşelerde gerilim birikmesi oluşur.

3.1. Preslenmiş Parçalarda çap değişimleri

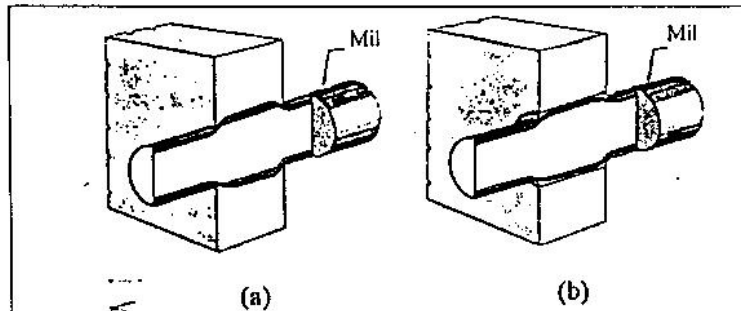
Dişliler, makaralar, tekerlekler, pervaneler v.b. pek çok makine elemanı mil üzerine preslenerek sıkı geçme ile takılır. Sıkı geçme ile takılacak makine elemanları, Şekil 1'de görüldüğü gibi, düz veya kademeli bir mile preslenerek takılabilir. Sıkı geçme işlemi sonunda, eğilme yükü altında gerilim birikmesi oluşur.

Düz milde kuvvet akış çizgileri takılan makine elemanında oluşurken, kademeli milde kendi üzerinde meydana gelir. Bu şekildeki gerilim birikmelerinin, hasarın doğmasına katkı sağlayacağı açıktır.

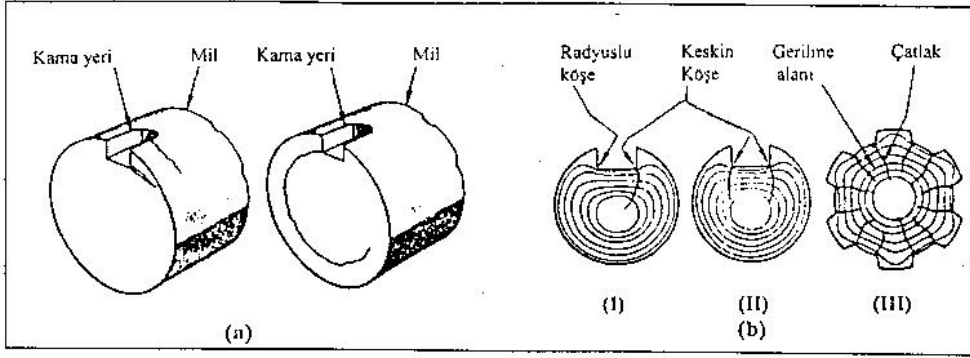
3.2. Kama oyukları ve dişli yarıkları nedeniyle kısmi çap değişimi

Mil üzerine açılan kama oyukları ve yarıkların köşeleri çok keskin veya radyüslü olabilir. Keskin köşelerdeki gerilim birikmesi normal geriliminin 10 katına çıkabilir.

Tekrarlı yük nedeniyle doğan mikro çatlaklar, gerilim birikmesi ve değişken moment sebebiyle Şekil 2'de görüldüğü gibi kama oyuğunun alt çizgisinden başlayarak tüm çevre boyunca kabuk soyulması şeklinde ilerler. Bu edenle "soyulma tipi" çatlaklar



Şekil 1. a) Düz bir mile sıkı geçme ile birleştirilmiş makine elemanı ve kuvvet akış çizgileri b) Kademeli bir mile sıkı geçme birleştirilmiş makine elemanı ve kuvvet akış çizgileri



Şekil 2. a) Kama oyukunda görülen soyulma tipi çatlaklar
b) 1- Tek köşesi keskin diğer köşesi radyövlü kurma yeri
2- İki köşesi keskin kama yeri
3- dış açılmış bir milde burulma sebebiyle doğan çatlaklar ve gerilme çizgileri

olarak adlandırılırlar. Eğer, kama oyuklarının köşelerindeki radyüs, kama derinliğinin yarısı kadar geniş yapılırsa, gerilim birikmesi nominal gerilmenin sadece 2 katına erişebilir. Şekil 2b 'de keskin köşelerde ve burulma gerilmesinin etkili olduğu kama oyukları köşelerinde doğan çatlakların, gerilme çizgilerine dik şekilde ilerlediği görülmektedir. Ayrıca radyövlü köşelerde çatlak doğmadığına dikkat etmek gerekir.

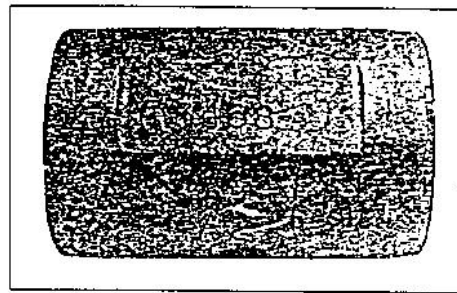
4. İMALAT İŞLEMLERİ

4.1. Yanlış İşleme

Bir milin imalatı esnasında, kaba olarak işlenmesi, gerilim birikmesi doğuran keskin köşelerin oluşmasına neden olur. Aynı zamanda kaba olarak işlenmiş, çizikli ve oyuk yüzeyler, yorulma çatlaklarının da oluşum kaynaklarıdır. Milin taşlanması da bir imalat işlemidir. Bu esnada oluşan ısı, dönüşüm sıcaklığını aşarsa, soğuyan yüzeylerde martenzit yapı oluşur ve sertleşme meydana gelir. Bu sertleşme de hasarın doğmasına yardımcı olur.

4.2. Damgalama (tanımlayıcı) İşaretleri

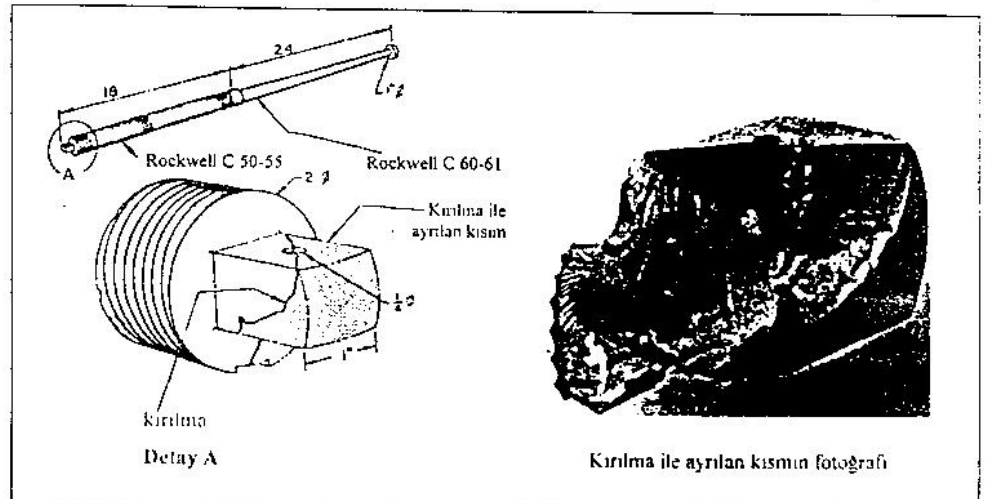
Damgalama işaretleri milin üretim tarihini, parti ve parça numarasını belirlemek için vurulur. Bu işaretler, yüksek değerlerde ve burulma gerilmelerinin bulunabileceği kısımlara vurulmamalıdır. Damgalama işaretleri milin uç kısımlarına veya "birleşim yakası" olarak tanımlanan düz kısımlara vurulmalıdır (Bkz. Şekil-3).



Şekil 3. Çelik zimba ile derin damgalanmış bir miideki işaretlerden yayılan çatlaklar

4.3. Artık yüzey gerilimlerinin doğması

Millerde "artık yüzey gerilimi", taşlama ve Elektro deşarj makinesi (EDM) ile delik delinmesi esnasında meydana gelir. Sert yapılan taşlama esnasında ısınan mil yüzeyi aniden soğuyarak, sert bir yapı meydana gelir ve bölgesel ısı farklılıklarından dolayı yüzey gerilimi, mikroçatlakları doğurur. Bu çatlak ancak dik gelen ışık altında görülebilir. Taşlama hafif yapılırsa, mikroçatlaklar taşlama yönüne



Şekil 4. Çelik tüplerin birbirine geçirilmesinde kullanılan ve A2 takım çeliğinden yapılmış mandrel EDM Makinesi ile delinmiş kare uçtaki deliğin büyütülmüş şematik görüntüsü ve kırılmanın delikten kaynaklandığını gösteren fotoğraf

paralel doğarlar. EDM ile mile delik delinirken, deliğin çevresinde erime sıcaklığına ulaşmış ince beyaz bir yüzey tabakası, kendisini çevreleyen metal kütle tarafından soğutularak katılaşır. Bu tabaka "tavlanmamış martenzit" olarak adlandırılır. Bu tabakanın altı, tıpkı kaynak bölgesindeki, ısı etkisi altında kalan alan (IEA) gibi, EDM işlemi esnasında, kademeli olarak ısıya maruz kalmıştır. İşte bu bölgeler arası farklı ısınma ve soğuma, "artık yüzey gerilimin" doğmasına neden olur. Artık yüzey gerilmeleri de hasar kaynaklarıdır (Bkz. Şekil 4).

Ön Bilgi

Şekil 4'de A2 soğuk iş takım çeliğinden (X 100 Cr Mo V 51) yapılmış mandrel görülmektedir. Bu mandrel, nükleer reaktörlerde kullanılan farklı çaplardaki paslanmaz çelikten yapılmış tüp ile zirkonyum'dan yapılmış tüp'ün birbirine montesinde kullanılmaktadır. Mandrel'in sivri ucunun sertliği 60-61 HRC iken, diğer kısım 50-55 HRC sertliğindedir. Mandrel'in kare uç kısmındaki delik EDM makinesi ile delinmiştir. Mandrel aynı işlemi 5 kez yaptıktan sonra geri çekme esnasında kırılmıştır.

İrdeleme

Makro seviyede gözle yapılan incelemede kırılma, kare parçadaki delik içinde 45°'lik düzlemde ve gevrek özellik göstererek meydana gelmiştir. Özellikle ince yorulma çizgilerinin varlığı, durak çizgileri ve 45°'lik açıdan, kırılmanın burulmalı yorulma

kırılması olduğu açıktır. Ayrıca deliğin içinde kaba bir işleme yüzeyi ve ergimiş metal görülmüştür.

Delik çapının 250 defa büyütülmesi ile yapılan metalografik incelemede, çatlakların delik çevresinden yayıldığı ve erimiş metalin temperlenmemiş martenzit yapı oluşturduğu gözlenmiştir. Ancak, deliğin uzak kısımlarında bazı karbitleri içeren gayet ince taneli temperli martenzit yapıda görülmüştür. Delik çevresindeki martenzitik bölgelerde 68-70 HRC sertlik gözlenirken, uzak kısımlardaki sertlik 60-61 HRC olarak bulunmuştur.

Sonuç

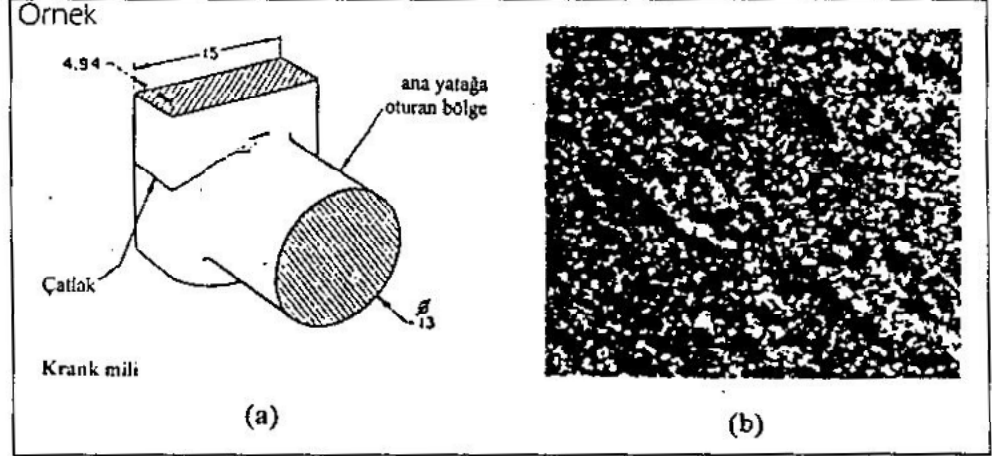
Mandrel ucundaki delikte meydana gelen hasar, EDM makinasıyla delme işlemi sırasında oluşan çatlakların, burulma yorulması sonucu yayılmasıyla oluşmuştur. Delik içindeki malzemenin sertliğinin artması da çatlak yayılması olayını hızlandırmıştır.

Öneri

Mandrel ucundaki delik yeri için yeni bir dizayn düşünülebilir. Delik daha düzgün işlenerek, ısı işlem yapmadan önce raybaalanabilir. Mandrelin sivri ucunun sertliği 60-61 HRC olarak aynen kalırken, deliğe yakın olan kısmın sertliği 45-50 HRC'ye indirilmelidir.

5. UYGULANAN İŞLEMLER

Her makine elemanına yapıldığı gibi millerin bir çoğuna da mekanik özelliklerini arttırmak için ısı işlem uygulanır. Yapılan ısı işlemlerle milin kırılma dayanımı artırılır. Böylece mil daha uzun zaman ve daha uzun çatlak boylarına tahammül edebilir. Isıl işlem sırasında, milin kesiti boyunca bulunabilecek kritik kısımlarda östenite geçiş sıcaklığına erişmemek ve iç yapıda dönüşüm yaptırmamak çok önemlidir. Aksi durumlarda özellik kaybı meydana gelir. Milin yüzey gerilimlerinin yüksek olduğu kısımlarda karbonun olmayışı (dekarbürizasyon), bu gerilimlerin etkisinin artmasına neden olacağı için dikkatli olunmalıdır. Ayrıca yüksek hızlarda dönen ve üç eksenli gerilmelere maruz kalan millerde ısı işlem, tüm kesit boyunca homojen olacak şekilde yapılmalıdır.



Şekil 5. a) Krank milinin şematik görünüşü

b) 1040 dövülebilir alaşımsız ısıtma çeliğinden yapılmış ve krank mili ana yatağına oturan bölgesinin %5 nitalik bağlanmış çatlaklı kısımda gözlenen (siyah alanlar) inklüzyonlar

6. METALURJİK FAKTÖRLER

6.1. Düzensiz Mikro Yapı Dağılımı

Bir milin yorulması hasara uğramasında, milin mikro yapısı, kimyasal kompozisyonu, sertliği, uygulanan gerilme, artık gerilmelerin dağılımı ve mevcut gerilim birikmelerinin yoğunluğu etkilidir. Özellikle iç yapıdaki düzensiz dağılım çok önemlidir. Mil, eğilme veya burulma gerilmelerine maruz kalmışken, düzensiz mikro yapı, gerilim birikmesinin aşırı yoğun olduğu bölgede ise, bu bölgede derhal yorulma çatlakları doğabilir. Bu düzensiz yapı, mil ekseninde ise, veya gerilimlerin az olduğu bölgede ise zarar daha az olacaktır. Fakat tekrarlı yüklemelere kalmışsa, hasarın başlangıcı olan mikroçatlak çabuk doğacak ve büyüyerek hızlı bir şekilde kritik boya ulaşacaktır.

6.2. Tane Yapısı

Mil malzemesi ince veya iri taneli olabilir. Milin mukavemeti, tane yapısıyla yakından ilgilidir. Arzu edilen yapı ince taneli martenzitik ve beyritik bir yapıdır. İri taneli martenzitik bir yapı, düşük mukavemet sebebidir.

6.3. Sünek-Gevrek Dönüşüm Sıcaklığı

Sünek-gevrek dönüşüm sıcaklığı, küçük çaplı millerden ziyade, büyük çaplı miller için önem taşır. Ni-Cr, Ni-Cr-Mo ve Ni-Cr-V'dan yapılmış büyük çaplı mil malzemeleri, 350-575°C sıcaklık aralığında uzun süre tutulup, yavaş yavaş soğutulursa "ısıl gevrekleşme" adını verdiğimiz olay gerçek-

leşir. Sünek-gevrek geçiş sıcaklığı artar ve çentik darbe dayanımı azalır. Bunun önlenmesi için %0.20-%0.30 Mo ilavesi yapılarak ısıl gevrekleşme geciktirilir. Fakat unutulmamalıdır ki, daha fazla Mo iyileştirme sağlamaz. Isıl gevrekleşmeyi çelik içerisindeki kükürt (S), fosfor (P) ve diğer demir olmayan elementler ve gazlar arttıracaktır. Bu etki yalnızca, saf olan mil malzemelerinde pek görülmez. Isıl gevrekliği de miller için bir hasar nedenidir.

7. MILLERİN YÜZEY KAPLAMALARI

Mil yüzeyleri aşınma ve korozyondan korunmak için kaplanır. Kaplamalar genellikle elektro kaplama ve metal püskürtme ile yapılır. "Elektroliz yoluyla kaplama" metodunda asitle mil yüzeyinin temizlenmesi gerekir. Fakat, bu aşamada metal, hidrojeni absorbe edilebilir. Eğer ısı işlemle bu hidrojen uzaklaştırılmazsa, özellikle de 35 HRC sertlikten daha sert olan mil malzemelerinde aşırı gevreklik oluşur ve kırılmaya neden olur. Ayrıca elektrolizle kaplamalarda mil yüzeylerinde "artık gerilmeler" doğar. Bu ise mil malzemesinin kaplama ve korozyon direncini azaltır ve hasara neden olur. "Metal püskürtme" metodu ise; mil malzemesi üzerinde yeterli birleşme sağlanabilmesi halinde, özel yüzey özellikleri kazandırmak amacıyla uygulanır. Bunun için ısıl genişleme kat sayısı büyük olan metal spreyleri kullanılır. Bunlar yüksek değerlerde "artık gerilme" oluştururlar. Kaplamanın mile, iyice işlemesi için özellikle ısıtma gerekirse, o zaman da kapla-

ölçsar

ma bu artık gerilmeler sebebiyle çatlayarak hasara neden olur. Kaplamanın mil üzerine iyice yapışması için yüzeyi önceden kumlama veya çekiçleme yöntemleri ile hazırlanmalıdır. Bu iki kaplama yönteminin dışında, millerin "kaynak işlemi" ile tamiri yapılır. Eğer, mil malzemesi tavlama ya uygunsa ve dolgu elektrotu ile mil malzemesinin kimyasal bileşimi de birbiri ile uyumlu ise sorun kalmaz. Ancak, kaynak öncesi ön ısıtma, ard ısıtma ve kaynak sonrası gerilim giderme işlemleri titizlikle uygulanmalıdır. Sertleşmeye meyilli bir mil, kaynak yapıldıktan sonra yavaş soğutulmalıdır. Aksi halde sert bir martenzitik yapı oluşabilir. Oluşan bu kırılma yapı hasar nedenidir. Pratik olarak bunun giderilmesi için tav sıcaklığının az üzerinde ısıtma yapılarak yavaş soğutulmalıdır. Kaynak mili son ölçüsüne getirirken çatlaklara ve çentiklere sebebiyet vermemek için taşlamanın dikkatli yapılması şarttır. Ayrıca, taşlama esnasında da önüne geçilmesi gerekir.

Ön Bilgi

Şekil 5'de görülen krank mili, içten yanmalı bir motora aittir. Bir yıldan daha az bir zaman çalışarak kırılmıştır. Krank'a ait diğer parçalar bir bütün olarak incelendiğinde, aşırı çatlamalara karşı hayli dayanıklı olduğu gözlenmiştir.

İnceleme

Krank milinin ana ve kol yataklarına magnetik-partikül toz yöntemi uygulanır. Ana yataklardan birinde uzun, diğer ana yatakların olduğu kısımlarda ise kısa çatlaklar görüldü. Şekil 5a'da ana yatakların birinde bulunan çatlakın şematik resmi görülmektedir. Buradan alınan kesitte dağılama ile yapılan metallografik incelemede sülfid olarak belirlenen çok sayıda "inklüzyon" açığa çıkartılmıştır.

Sonuç

Krank milindeki çatlak ; "gerilme artırıcı" olarak görev yapan fazla miktardaki sülfid inklüzyonlarının olduğu bölgeden yorulma sonucu doğmuş ve ana yatakların birinde kırılma ile son bulmuştur.

Öneri

Magnetik-partikül toz muayene yöntemine ilave olarak, inklüzyonları ortaya çıkartacak ultrasonik muayene yöntemi de uygulanmalıdır.

8. SONUÇ

Mil ve akslarda yorulma çok önemli hasar sebebidir. Fakat bunun dışında daha pek çok faktör hasara neden olur. Bu faktörleri önemsememek büyük hata olur. Kama yuvarlarındaki "keskin köşeler", mil yüzeylerinde oluşan "artık gerilmeler" ve mile uygulanan "ısıtma işlemleri" çok önemli hasar sebepleridir. Bunlar hakkında bilgi sahibi olunması, uygulamalarda gerekli hassasiyetin gösterilmesi, mil ve aksların uzun ömürlü kullanımını sağlayacaktır.

9. KAYNAKLAR

1. Babalık, F. "Makine Elemanları ve Konstrüksiyon Örnekleri", Uludağ Üniversitesi Müh. Fak. U.Ü. Yayını Bursa 1983
2. Eryürek, B. "Hasar Analizi", İ.T.Ü. Makine Fakültesi, İstanbul, 1993
3. Metals Handbook, "Failure Analysis and Prevention", 8th Edition Vol. 10, A.S.M. pp. 373-379, Ohio, 1975

KONVEYÖR SİSTEMLERİNDE LİDER KURULUŞ

AMACIMIZ

- Müşterilerimizin memnuniyeti
- Her türlü kesin çözümler
- Komple mühendislik hizmetleri
- Etkin servis sonrası destek ve bakım hizmetleri

ÜRETİMLERİMİZ

- 3 cm. den 2 m. ye kadar değişik genişliklerde
- 25 cm. den 100 mt. ye kadar değişen boylarda olmak üzere;
- PVC ve PU esaslı banılı konveyörler
- Açık ve kapalı konveyörler
- Paletli, eğimli konveyörler
- Zincirli konveyörler
- Teleskopik konveyörler
- 90-180-270 derece döndürümlü plastik paletli konveyörler
- -30 derece ile +150 derece arasında farklı hızlarla çalışan özel konveyörler
- Her türlü malzeme malatlarının komple projeleri ve tesisleri

1 YIL GARANTİ

ölçsar

KONVEYÖR SANAYİ A.Ş.

Doğu Sanayi Sitesi 13.Blok No:11 Yenibosna/İstanbul
Tel: 0212-552 51 79/639 11 84/551 00 08/552 40

Fax: 0212-652 94 88