

DÖRT SIRALI RULMANLARDA MALZEME, ISIL İŞLEM VE LOJİSTİK

FOUR ROWS BEARINGS, MATERIAL, HEAT TREATMENT AND LOGISTICS.

Erçin DEĞİRMEN

KIS & ESG RULMANLARI, UFUK RULMAN

ÖZET

Demir Çelik sektöründe özellikle haddeleme dört sıralı silindirik makaralı ve konik makaralı rulman kullanımı çok yaygınlaşmıştır.

Bu seri rulmanlarda malzeme cinsi ve kalitesi, ısı işlem yöntemleri, uygulamaya göre yüzey sertleştirme (case hardening) veya kesiti boyunca sertleştirme (through hardening) rulman tipinin kullanımına karar verilmesi ve lojistik destek (stoklarda bulabilme veya kısa sürede temin) çok önemlidir. Ağır şartların olduğu demir çelik sektöründe rulman kullanımı uygulamalara göre çok değişiklikler göstermektedir. Sahadaki uygulamaların detaylı incelenip rulman marka, tip, özellikleri itibari ile teknik destek, stok, verimlilik ve ekonomiklik sağlayacak rulman üreticileri ve dağıtıcıları ile çalışmak çok büyük fayda ve katkı vermektedir.

1- DÖRT SIRALI RULMANLARDA MALZEME DÖKÜM YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Dört sıralı rulmanlarda rulman çelik malzemesinin kimyasal kompozisyonunun yanında malzemenin döküm yöntemi de çok önem kazanmaktadır. Burada genel olarak iki yöntem kullanılmaktadır;

a- Sürekli döküm yöntemi

b- Kalıp döküm yöntemi

Bu iki yöntemin çelik yapılarının karşılaştırılması için üretici firma tarafından çeşitli testler yapılmıştır.

Sürekli döküm ve Kalıp dökümden alınan 60 mm çapındaki çubuk test malzemelerinin yüzeyi, 1/4 yarıçapı, 1/2 yarıçapı, 3/4 yarıçapı ve merkezi incelenmiş, her iki yöntemde de C, Si, Mn, Cr, Al, Ti ve diğer elementlerin katılaşmaları (segregation) değerlerine bakılmıştır ve numuneler incelenmiştir.

1.1- Çelik Yapıları

Test sonucunda sürekli döküm yönteminde ortalama ve maksimum parçacık boyutu kalıp döküm yöntemine göre daha büyük olduğu görülmüştür ayrıca parçacık dağılımı kalıp dökümde daha düzenlidir.

1.2- Metal olmayan malzeme karışım değerleri

Döküm sonucunda numuneler incelenmiş ve sürekli döküm yönteminde metal olmayan malzemelerin değer ve kaba tanecikleri dağılımının kalıp döküm yöntemine göre zayıf olduğu görülmüştür.

1.3- Carbide

Döküm sırasında metoduna bakılmaksızın carbide katılaşması olmaktadır ancak katılaşmanın miktarı, yeri ve homojenliği değişebilmekte, bazı ateş çatlakları (fire cracks) olabilmekte, malzeme üzerinde dolar halinde gerginlikler oluşabilmektedir, bunlar da rulmanın yorulma ömrüne etki etmektedir. Bu konu ile ilgili yapılan testlerde kalıp döküm yönteminde carbide dağılımının homojenliği, malzemenin aşırı ısınma karşısında verdiği reaksiyonlar yüksek ve alçak karbon bantları arasındaki sertlik değişiminin etkileri açısından çeliğin yorulma ömrünün %30 civarında iyileştiği görülmüştür.

1.4- Yorulma Ömrü

Yapılan testlerde kalıp döküm yöntemi ile sürekli döküm yöntemi yorulma ömrü oranları, L_{10} (the rated service life)=1,33 ve L_{50} (median fatigue life)=1,22 olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak kalıp döküm yöntemi kullanılan çeliklerden üretilen Rulmanların maliyeti daha yüksek (%15 civarında) olmasına rağmen, daha üniform bir yapıya sahip olması, daha homojen olması, yorulma ömrünün daha yüksek olması açısından sürekli döküm yöntemine göre %30 daha uzun ömürlü olmaktadır. Toplamda fiyat performans oranı çok daha avantajlıdır.

Kalıp Döküm Üretim



2- RULMAN ÇELİĞİNDE (GCr15&GCr18Mo) ISIL İŞLEM YÖNTEMLERİ KARŞILAŞTIRMASI

Dört Sıralı Rulmanlarda genel olarak iki türlü ısı işlem yöntemi kullanılmaktadır.

a- Bainite su verme (quenching)

b- Martensite su verme

Su verme yöntemine göre mekanik özellikler

2.1- Dayanım

2.1.1- Darbe Dayanımı (impact toughness)

Martensitik işlem ve sonrasında düşük sıcaklık temperleme işlemi (160 C de 3 saat) ile Bainite işlem ve aynı şekilde temperleme işlemi karşılaştırıldığında darbe dayanımı açısından Bainite yönteminin %25 daha iyi olduğu görülmüştür.

2.1.2- Kırılma dayanımı (Fracture toughness)

Martensitik işlem ve sonrasında düşük sıcaklık temperleme işlemi (160 C de 3 saat) ile Bainite işlem ve aynı şekilde temperleme işlemi karşılaştırıldığında kırılma dayanımı açısından Bainite yönteminin %20 daha iyi olduğu görülmüştür.

2.1.3- Aşınma dayanımı ve kontak yorulma ömrü

Tüm Bainite yapılarında martensite yapıya göre daha iyi sonuç vermektedir.

2.2- Üretim uygulamaları

2.2.1- Isıl işlemden sonra boyut değişimi Martensitik yapılarında soğutma işlemi çok hızlı olduğundan bilezikler gerekli ve yeterli genişlemeyi sağlayamadıklarından stres yüklü kalmaktadır ve daha sonraki ısı işlemlerde çap yönünde daha fazla aşınmaya maruz kalmaktadır. Bainite yapılar bu işlemlerde daha iyi performans vermektedir.

2.2.2- Kalıcı gerilme (Residual stres)

Martensitik yapılarında çok hızlı soğutmadan dolayı malzemenin yüzeyi ile iç kısımlarında oluşan sıcaklık farkı ve farklı büzüşme miktarından dolayı kalıcı gerilme daha fazla oluşmaktadır. Bainite isothermal soğutma uzun sürede olduğundan kalıcı gerilme daha azdır ve bu da malzemenin dayanımı artırıcı yönde etki yapmaktadır.

2.2.3- Boyutsal stabilizasyon

Bainite yapılarında normal ve yüksek sıcaklıklarda malzemenin iç yapısı stabil olduğu için boyutsal değişim martensitik yapılara göre daha azdır.

2.2.4- Deformasyon

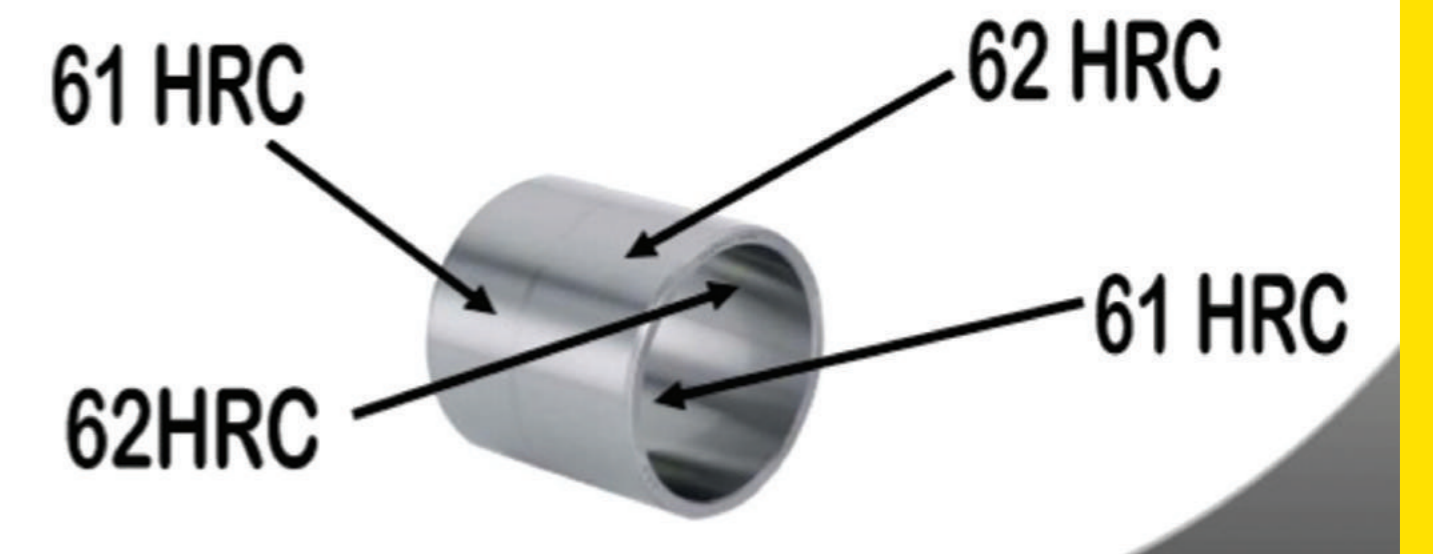
Bainite yüksek erime sıcaklığından kontrolü izothermal soğutma yapıldığından deformasyon daha azdır, dört sıralı rulman bileziklerinin düz ve basit bir dairesel şekle sahip olmasından dolayı deformasyon miktarı düşük seviyede tutulabilmektedir.

2.2.5- Demir çelik Dört Sıralı Rulmanlara Bainite yapının uygulama etkileri

Bainite yapının darbe dayanımı, kırılma dayanımı, aşınma dayanımı, boyutsal stabilite gibi üstün özelliklerinden dolayı demir çelik hadde uygulamaları gibi ağır şartların ve nispeten zayıf servis şartlarının olduğu uygulamalar için çok iyi performans sağlamaktadır. Bainite yapı dört sıralı rulman bileziklerinin özellikle büyük çap ve genişliklerde çok önemli olan sertlik değerlerinin bileziklerin her noktasında eşdeğer olmasına olarak sağlar (maksimum sapma 1 HRC civarındadır).

Bainite yapı ile ısı işlem ve sonrasında oluşan çatlakları çok azaltılabilmektedir bu da demir çelik uygulamaları için çok önemlidir.

Özellikle dört sıralı rulmanların montajı sırasında olabilecek sert darbe halinde iç bileziklerin ve dış bilezik faturalarının çatlama ve kırılma riski Martensitik yapıda daha fazladır. Özellikle demir çelik uygulamalarında Bainite yapı malzemenin üretilmiş dört sıralı rulmanların servis ömrünün Martensitik yapıya göre %66 civarında fazla olduğu görülmüştür.



3- YÜZEY SERTLEŞTİRME ve KESİTİ BOYUNCA SERTLEŞTİRME'NİN UYGULAMADAKİ ETKİLERİ

Dört sıralı rulmanlarda yüzey sertleştirme ve kesiti boyunca sertleştirme yöntemlerinin karşılaştırılması uygulamalara ve rulmanların boyutlarına göre değişmektedir.

Dört sıralı rulman üreticileri boyuta, uygulamaya göre her iki yöntemi de kullanarak üretim yapmaktadırlar, bu yöntemlerin tanımları aşağıdaki gibi yapılabilir.

a- Yüzey sertleştirme(case hardening, surface hardening, carburizing)

Düşük karbonlu bir komponent, atmosferindeki karbon miktarı dikkatli bir şekilde kontrol edilen özel bir fırına yerleştirilip belli bir süre tutulur bu sürede yüzeye istenilen derinliğe ulaşmaya kadar karbon ve/veya başka alaşım emdirilir, daha sonra malzeme ısı işleme tabi tutulduğunda yüzey bölümü sert ve malzemenin iç kısmı daha yumuşak bir yapı elde edilir.

Genelde kullanılan malzeme: G20Cr2Ni4

b- Kesiti boyunca sertleştirme (through hardening)

Çeliği sertleştirmek için belli miktarda karbon, demir eriyiğinin içerisinde karıştırılıp (bu kahvenin içerisinde bir miktar şekerin karıştırılıp eritilmesine benzetilebilir) belli sürede soğutulur ısı işleme tabi tutulması sonucunda çeliğin tüm kesiti boyunca aynı sertlikte bir yapı oluşturulur. Genelde kullanılan malzeme: GCr15SiMo ve GCr18Mo.

İki yöntem karşılaştırıldığında her ikisinde uygulamalara göre avantaj ve dezavantajları vardır. Yüzey sertleştirilmiş rulmanlarda sertleştirilmiş bir yüzey nispeten esnek ve yumuşak bir iç bölgeye sahip olmalarından dolayı dinamik haldeyken ani darbe ve sok yüklerde çatlama ve kırılmalara karşı dayanıklıdır, buna karşın kesiti boyunca sertleştirilmiş malzemenin üretilen rulmanlarda yorulma ömrü daha yüksek çıkabilmekte ve hesaplamalarda yorulma ömrü indirgeme faktörleri yüzey sertleştirilmiş rulmanlara göre daha iyi çıkmakta ve bazı literatürde kesiti boyunca sertleştirilmiş rulmanlar için daha uzun ömür verilmektedir, ayrıca kesiti boyunca sertleştirilmiş rulmanların termal etkilenmesi daha azdır, konu çizelge 1 de özetlenmiştir.

Çizelge 1 Kesiti boyunca (through hardening) ve yüzey sertleştirilmiş (case hardening) rulmanların karşılaştırılması

	Kesiti boyunca sertleştirilmiş rulmanlar (through hardening), Bainite	Yüzey sertleştirilmiş rulmanlar (case hardening)
Yorulma ömrü	iyi	iyi
Termal etkilenmesi	iyi	normal
Kayma yük taşıması	iyi	iyi
Statik yükte mekanik şok	iyi	iyi
Haddelemede ani aşırı yüke maruz kalması	iyi	çok iyi
Korozyon	benzer	benzer
Fiyat	normal	pahalı

Genel olarak sadece demir çelik sektörüne üretim yapan ESG markasının tecrübesine göre Dört sıralı rulmanlarda 600 mm den büyük iç bilezikler için yüzey sertleştirilmeye uygun malzemenin ve yüzey sertleştirilmiş ürün kullanmak daha uygun olmaktadır buna karşın daha küçük boyutdaki dört sıralı rulmanlarda kesiti boyunca sertleştirilmiş rulmanlar yeterli performansı sağlamaktadır.

4- STOK ve TEMİN SÜRESİ

Dört Sıralı Rulmanlarda en önemli konulardan biri de uzun terminlere sahip olmalarıdır, bu konuda oldukça detaylı çalışmalar yapan ve sadece demir çelik için dört sıralı rulman üretimine odaklanmış bir Çin markası ESG firması, yaklaşık 140 farklı tip ve her tip için

50 set civarında stok tutarak (tüm versiyonları ile Çelik - Bronz kafes ve değişik boşluk gruplarında) ve stoklarında olmayan tipler için çok kısa terminler vererek (yarı mamül ve malzeme stoğunu bulundurarak) bu soruna bir çözüm getirmektedir.

Sonuç

Hadde ve demir çelik sektöründe çok ağır şartlar vardır, özellikle ağır sanayi rulman temininde tamamiyle dışarı bağımlı olduğumuz ülkemizde, rulmanların seçimi, özellikleri, hangi kaynaktan nasıl temin edileceği ve sonrasında montaj-demontaj ve bakım yöntemlerinin doğru uygulanması, doğru cihaz, alet kullanımı ve bu konularda eğitimler alınması son derece önemlidir.