

T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
2017-DP-003

JANTLAR İÇİN DİNAMİK VİRAJ YORULMA
TEST MAKİNESİ TASARLANMASI
ÜRETİLMESİ VE TESTLERİN YAPILMASI

Levent KORAN

Tez Danışmanı:
Prof. Dr. İsmail BÖĞREKÇİ

AYDIN
2017

T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
AYDIN

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Tezsiz Yüksek Lisans Programı öğrencisi Levent KORAN tarafından hazırlanan Jantlar İçin Dinamik Viraj Yorulma Test Makinesi Tasarlanması Üretilmesi ve Testlerin Yapılması başlıklı Dönem Projesi, 28/07/2017 tarihinde yapılan savunma sonucunda aşağıda isimleri bulunan jüri üyelerince kabul edilmiştir.

| Ünvanı, Adı Soyadı | Kurumu | İmzası |
|------------------------------------|--------|--------|
| Başkan : Prof. Dr. İsmail BÖĞREKÇİ | A.D.Ü. | |
| Üye : Doc. Dr. Pınar DEMİRCİOĞLU | A.D.Ü. | |
| Üye : Yrd. Doç. Dr. Mustafa ASKER | A.D.Ü. | |

Jüri üyeleri tarafından kabul edilen bu Dönem Projesi, Enstitü Yönetim KurulununSayılı kararıyla tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Aydın ÜNAY
Enstitü Müdürü

T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
AYDIN

Bu Dönem Projesinde sunulan tüm bilgi ve sonuçların, bilimsel yöntemlerle yürütülen gerçek deney ve gözlemler çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kuralların gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

11/07/2017

Levent KORAN

ÖZET

JANTLAR İÇİN DİNAMİK VİRAJ YORULMA TEST MAKİNASI TASARLANMASI -ÜRETİLMESİ VE TESTLERİN YAPILMASI

Levent KORAN

Yüksek Lisans Dönem Projesi, Makine Mühendisliği

Tez Danışmanı: Prof. Dr. İsmail BÖĞREKÇİ

2017, 65

Jantlar, araç üzerinde statik ve dinamik yükler altında değişken zorlanmaya maruz kaldığından dolayı kritik öneme sahip elemanlardır. Üretimi tamamlanan jantlar otomotiv ve jant üreticileri tarafından belirlenen test ve deneylerden geçirilirler. Dinamik Viraj yorulma testi, dinamik olarak yüklemelerin yapıldığı ve belirli bir çevrim sayısı sonucunda jant üzerindeki çatlakların incelendiği dayanım testlerinden biridir. Bu makine ülkemizde üretilmemektedir ve bu yüzden ithal edilen test makinaları maliyetleri oldukça yükseltmektedir.

Bu tez çalışmasında, Dinamik viraj yorulma testi için bir Test makinesi katı modelleme CAD kullanılarak tasarlanmıştır. Tasarımı gerçekleştirilen makinenin üretimi yapılmıştır. Geliştirilen test makinesinde jantlara viraj yorulma testi uygulanmıştır. Elde edilen test sonuçları, TUV SUD Almanya tarafından yapılan testler ile karşılaştırılmıştır. Makine başarı ile yorulma testlerinin tamamlamıştır. İki test makinesinde aynı jantları aynı saykıl değerlerinde kırmıştır. Makinenin maliyeti ithal makinelerle kıyaslandığında, 1/3 değerinde bir maliyete üretilmiştir.

Anahtar Kelimeler:Dinamik Viraj Yorulma Test Makinesi, Jant,Yorulma, Sensörler, Kalibrasyon

ABSTRACT

DESIGN , MANUFACTURE AND TESTING OF DYNAMIC CORNER FATIGUE TEST MACHINE FOR WHEELS

Levent KORAN

Master Term Project, Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. İsmail BÖĞREKÇİ

2017, 65 pages

Wheels are critical component in automotive industry because they are exposed to variable stresses under static and dynamic forces. Many tests determined by automotive and wheel manufacturers, apply to designed wheel models. Dynamic Cornering fatigue test is one of the fatigue tests in which crack failures are investigated after definite cycles under dynamic loads. This machine can not be produced in our country and So the test machines imported are quite expensive.

In this study, a test machine for dynamic corner fatigue testing was designed using solid state modeling by CAD. The designed machine was produced. Corner fatigue test was applied to the wheels on the developed test machine. The test results obtained were compared with the tests made by TUV SUD-Germany. The machine has successfully completed the fatigue tests. Both test machines broke the same rims with the close cycles values. When the cost of the machine is compared with that of the imported machine, a cost of 1/3 is achieved.

KeyWords: Dynamic Cornering Fatigue Test Machine, Wheel, Fatigue, Sensors

ÖNSÖZ

Yapılan bu çalışmada,

Jantlara yorulma testi yapmak için, bir Dinamik Yorulma test makinasının

- Tasarımı, Üretilmesi, Kalibrasyonu,
- Makinanın temelini tasarımı ve hazırlanması
- Makinanın yerine montajlanması ve devreye alınması
- Geçerlilik testlerinin yapılması çalışmaları yapılması hedeflenmiştir.

Testi yapacak olan makine max 80 kN luk bir yük üretmeli, çapı 17-38 inc genişliği 6-25 inc arasındaki jantları test edebilecek özellikte olması planlanmıştır.

Yapılacak olan yorulma test makinesi, yük değerlerini kontrol edebilecek, istenen yük toleransında makinayı tutacak ve tolerans aşımında testi durdurup uyarı verecek özellikte olması planlanmıştır.

Çalışmaya konu olan dinamik Viraj yorulma test makinası, ülkemizde yapılmamaktadır. Avrupa'da makineyi yapan firmalardan alınan tekliflerde de makine için 249.000 USD lik fiyat istenmiştir. Bu sebeple viraj yorulma test makinası hem yüksek maliyetli oluşu hem de milli servetin yurt dışına gidecek olması sebebiyle tarafımızdan yapılması planlanmıştır.

Hedef Dinamik Viraj Yorulma Test Makinasını 1/3 lük fiyata mal etmektir.

Bu çalışmada desteklerini esirgemedikleri için, danışmanım Prof. Dr. İsmail BÖĞREKÇİ'ye, değerli hocamız, Doç. Dr. Pınar DEMİRCİOĞLU'na, bana sabır gösteren aileme ve beraber çalıştığım çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Levent KORAN

İÇİNDEKİLER

| | |
|---|-------|
| KABUL VE ONAY SAYFASI..... | iii |
| BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI | v |
| ÖZET | vii |
| ABSTRACT..... | ix |
| ÖNSÖZ | xi |
| SİMGELER DİZİNİ..... | xv |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | xvii |
| TABLolar DİZİNİ | xxi |
| EKLER DİZİNİ..... | xxiii |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 1.1. Genel Olarak Kullanılan Jant Türleri | 2 |
| 1.2. Jant Yapımında Kullanılan Malzemeler..... | 3 |
| 1.2.1. Çelikler..... | 3 |
| 1.2.1.1. Genel yapı çelikleri | 4 |
| 1.2.1.2. Jant çelikleri | 5 |
| 2. YORULMA..... | 7 |
| 2.1. Yorulma Nedir?..... | 7 |
| 2.1.1. Yorulma Türleri..... | 10 |
| 2.1.1.1. Kısa Ömürlü Yorulma | 10 |
| 2.1.1.2. Uzun Ömürlü Yorulma..... | 11 |
| 2.2. Yorulmaya Etki Eden Faktörler | 11 |
| 2.2.1. Parça Büyüklüğünün Etkisi..... | 12 |
| 2.2.2. Yüzey Kalitesi..... | 13 |
| 2.2.3. Çentik Etkisi..... | 13 |

| | |
|---|----|
| 2.2.4. Sıcaklık Etkisi..... | 16 |
| 2.2.5. Gerilmenin Etkisi | 17 |
| 2.2.6. Deney Hızının Etkisi | 18 |
| 2.3. Yorulma Test Makineleri | 18 |
| 2.4. Jant Yorulma Testleri ve Test Makineleri | 21 |
| 2.4.1. Dinamik Radyal Yorulma Testi..... | 21 |
| 2.4.2. Dinamik Viraj (Cornering) Yorulma Testi..... | 23 |
| 3. JANT YORULMA TEST MAKİNASI TASARIMI İMALATI VE DEVREYE ALINMASI | 25 |
| 3.1. Test Makinasının Çalışma Prensibi | 25 |
| 3.2. Yorulma Test Makinasının Tasarımı ve Üretimi..... | 28 |
| 3.2.1. Mekanik Konstrüksiyonu ve Temel Montajı..... | 29 |
| 3.2.2. Straingauge ,Displacement Sensörler ve Loadcellerin Yerleştirilmesi | 34 |
| 3.2.2.1. Straingaugelerin şaft üzerine montajı..... | 35 |
| 3.2.2.2. Displacement sensör ve montajı..... | 39 |
| 3.2.2.3. Loadcell İn kalibrasyonu ve kalibrasyon amaçlı montajı..... | 41 |
| 3.3. Test Jantının Bağlanması ve Loadcell Kullanarak Straingaugelerin Kalibrasyon Doğrulaması..... | 43 |
| 3.4. Yorulma Testinin Yapılması | 46 |
| 3.5. Yorulma Test Sonucunun Değerlendirilmesi | 47 |
| 3.6. TÜV SUD Almanya’da Doğrulama Testlerinin Yapılması..... | 47 |
| 4. SONUÇ | 49 |
| KAYNAKLAR..... | 51 |
| EKLER..... | 55 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 63 |

SİMGELER DİZİNİ

- β_k : Çentik faktörü
 η_k : Çentik hassasiyet faktörü
 α_k : Gerilme yığılma faktörü
 b_0 : Boyut faktörü
 μ : Sürtünme katsayısı

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | |
|---|----|
| Şekil 1.1. Tek parçalı jant..... | 2 |
| Şekil 1.2. Tek parçalı jant..... | 2 |
| Şekil 1.3. Çok parçalı jant | 3 |
| Şekil 2.1. Ömür diyagramı | 7 |
| Şekil 2.2. Wöhler eğrisi..... | 8 |
| Şekil 2.3. Ağır çalışma koşulları ve yorulma sonucu kırılmış jant | 8 |
| Şekil 2.4. Yorulma testinde kırılmış jant ve yorulma çizgileri..... | 9 |
| Şekil 2.5. Kısa ömürlü yorulma | 11 |
| Şekil 2.6. Uzun ömürlü yorulma | 11 |
| Şekil 2.7. Boyuta göre eğilme ve burulmada meydana gelen gerilme | 12 |
| Şekil 2.8. Çentik etkisi | 14 |
| Şekil 2.9. Çekme yükü altında çentik etkisi | 14 |
| Şekil 2.10. Çentik etkisi | 15 |
| Şekil 2.11. Çentik hassasiyet bölgesi | 16 |
| Şekil 2.12. Gerilme ekisi..... | 17 |
| Şekil 2.13. Dönen. eğmeli Ankastré tip yorulma test makinesi | 19 |
| Şekil 2.14. R. R. Moore dört noktalı dönen eğmeli yorulma makinesi..... | 19 |
| Şekil 2.15. Tekrarlı eğme yorulma makinesi | 19 |
| Şekil 2.16. Çok eksenli yorulma makinesi..... | 20 |
| Şekil 2.17. Servo hidrolik yorulma makinesi..... | 20 |
| Şekil 2.18. Burulma yorulma makinesi..... | 20 |
| Şekil 2.19. Radyal yorulma test makinesi ile testin yapılması | 22 |
| Şekil 2.20. Radyal yorulma testi yapılırken aşırı yükten lastiğin patlaması | 22 |
| Şekil 2.21. Dinamik Viraj(Cornering) yorulma test makinesi ile testin yapılması | 23 |

| | |
|--|----|
| Şekil 3.1. Dinamik viraj (cornering) yorulma testi için yükler..... | 26 |
| Şekil 3.2. F kuvvetinin oluşturulması..... | 27 |
| Şekil 3.3. Balans ağırlığı ve devir ile f merkez kaç kuvvetinin oluşturulması | 27 |
| Şekil 3.4. Yorulma test makinesinin kroki tasarımı | 28 |
| Şekil 3.5. Yorulma test makinesinin bileşenleri..... | 29 |
| Şekil 3.6. Yorulma test makinesinin şaft tasarımı üzerinde çalışmalar | 29 |
| Şekil 3.7. Makinanın genel ölçüleri..... | 30 |
| Şekil 3.8. İç taşıma mekanizmasının ölçüleri..... | 30 |
| Şekil 3.9. Şaft resmi ve ölçüleri..... | 31 |
| Şekil 3.10. Çalışmalar sonucu ortaya çıkan yorulma test makinesinin tasarımı .. | 31 |
| Şekil 3.11. Yorulma test makinesinin tasarımı ve üretim sonrası montaj çalışmaları..... | 32 |
| Şekil 3.12. Yorulma test makinesinin temel tasarımı..... | 33 |
| Şekil 3.13. Yorulma test makinesinin yerine montajı | 33 |
| Şekil 3.14. Straingauge ve displacement sensorlerin yerlerinin şematik gösterimi..... | 35 |
| Şekil 3.15. Strain Gauge yapısı | 35 |
| Şekil 3.16. Uygulanan Straingauge | 36 |
| Şekil 3.17. Strain Guagelerin tam köprü ile bağlantı şekli..... | 36 |
| Şekil 3.18. Straingauge bağlantısı ve test makinasının şaftı üzerine uygulaması..... | 37 |
| Şekil 3.19. Loadcell kullanılarak straingaugelerin kalibrasyonunun yapılması ... | 37 |
| Şekil 3.20. Kalibrasyon prensibi (uygulanacak yük+sensörlerden alınan voltaj değerleri)..... | 38 |
| Şekil 3.21. Force sensor (straingauge) den elde edilen verilerin makinenin kalibrasyon sayfasına kaydedilmesi | 38 |
| Şekil 3.22. Displacement sensoru ve lokasyonu..... | 40 |

| | |
|--|----|
| Şekil 3.23. Loadcell in kalibrasyonunun yapılması ve kalibrasyon göstergesi | 41 |
| Şekil 3.24. Loadcell in straingauge kalibrasyonu için test makinasına bağlanması..... | 41 |
| Şekil 3.25. Loadcell in kalibrasyon için kuvvet yüklemesinin sağlayan mekanizma | 42 |
| Şekil 3.26. Loadcell yardımıyla straingauge voltaj değerleri ile yük değerlerinin programa girilmesi | 42 |
| Şekil 3.27. Kasnak üretim prosesi ve üretilmiş kasnak..... | 43 |
| Şekil 3.28. Disk üretim prosesi ve üretilmiş disk..... | 43 |
| Şekil 3.29. Jant üretiminde kaynak operasyonu | 44 |
| Şekil 3.30. Yorulma testi için üretilen jantlar | 44 |
| Şekil 3.31. Test jantlarından birtanesinin test için yorulma test makinesine bağlanması..... | 45 |
| Şekil 3.32. Loadcell in test yükünün doğrulaması için test makinasına bağlanması..... | 45 |
| Şekil 3.33. Makine çalışırken ekrandan yük verilerinin alınması | 47 |

TABLULAR DİZİNİ

| | |
|---|----|
| Tablo 1.1. Jant çelikleri kalite denklik tablosu..... | 6 |
| Tablo 2.1. Çapa göre boyut faktörü[16]...... | 13 |
| Tablo 2.2. Kopma dayanımına göre yüzey faktörleri[16]...... | 13 |
| Tablo 2.3. Çentik hassasiyet faktörü[16]. | 16 |
| Tablo 2.4. Dinamik Radyal yorulma testi için uygulanması istenen yorulma faktörü ve Cycle değerleri [25]..... | 21 |
| Tablo 2.5. Viraj(Cornering) yorulma testi için uygulanması istenen yorulma faktörü ve Cycle değerleri[25]...... | 24 |
| Tablo 3.1. Tasarım parametreleri | 28 |

EKLER DİZİNİ

| | |
|--|----|
| Ek 1: 900286 Jantına Ait Viraj Yorulma Test Raporu | 55 |
| Ek 2: 900286 Jantına Ait Viraj Yorulma Test Sonuç Raporu | 56 |
| Ek 3: TÜV 900286 Jantına Ait Viraj Yorulma Test Sonuç Raporu 1 | 57 |
| Ek 4: TÜV 900286 Jantına Ait Viraj Yorulma Test Sonuç Raporu 2 | 58 |
| Ek 5: TÜV 900286 Jantına Ait Viraj Yorulma Test Sonuç Raporu 3 | 59 |
| Ek 6: TÜV 900286 Jantına Ait Viraj Yorulma Test Sonuç Raporu 4 | 60 |
| Ek 7: TÜV 900286 Jantına Ait Viraj Yorulma Test Sonuç Raporu 5 | 61 |
| Ek 8: Teklifler sayfası | 62 |

1. GİRİŞ

Milattan önce 3000-3500 yıllarına kadar uzanan tekerleğin icadı, dünya tarihinin en büyük devrimlerinden biri olarak kabul edilmektedir.

Tekerleğin icat edilmesinin ardından araba bulunmuştur. Arabadan kasıt; iki tekerleği dingille birbirine bağlayıp arasına demirsiz bir saban konulmuş araçtır. Eski Sümer kalıntıları içinde iki tekerleğin bir dingil ile birleştiği ve tekerlekli sabana benzer tarım araçlarının çıkması bu teknolojinin o dönemde tarımda çok büyük sıçramalar yarattığını göstermektedir. İlk araçlar evrimleşerek günümüzün modern makinelerine dönüşmüşlerdir [1].

Tekerleğin icadından beri, insanoğlu tarafından bir yerden bir yere bir şey taşınacağı zaman tekerlekli araçlar kullanılmaktadır.1900 yılların başından itibaren kauçuğun keşfi ile birlikte icat edilen lastik+jant da bu görevi yerine getirmektedirler.

Jantlar sayesinde, tonlarca yük ,bir yerden bir yere taşınabilmekte insan , canlı,yük ve eşya taşınması yapılabilmektedir.Ayrıca, madenler, yol yapımı, inşaat alanlarında kazı çalışmaları yapımında kullanılan tonlarca araç ve yük bir yerden başka bir yere nakledilmektedir.

Jantlar, dairesel yapılarından dolayı yuvarlanarak hareket ettiklerinden, araçlar üzerinde özellikle dinamik yüklere maruz kalmaktadır. Bu sebeple güvenlik açısından araçlarda yüksek güvenli bir parça olarak kabul edilmiş olup, en üst seviyede test ve deneylere tabi tutulması gerekmektedir

Jantlar, genellikle genel yapı çeliği sınıfında yer alan soğuk şekillendirmeye uygun jant çeliklerinden imal edilmektedir. İmalat aşamasında bu malzemeler soğuk Şekillendirmenin yanı sıra kaynaklı birleştirme işleminde maruz kalmaktadır. Ek olarak imalat sonrası koruma amaçlı kataforez+boyama işleminden sonra fırında kurutma işlemine tabi tutulmaktadır. Ayrıca servis şartlarında jantlar statik ve dinamik yükler etkisi altında kalmaktadır.

Bu tezin amacı, jantlara uygulanan yorulma testlerini yapan test makinesinin ülkemizde bizim mühendislerimiz tarafından üretilebilirliğini ortaya koymaktır.

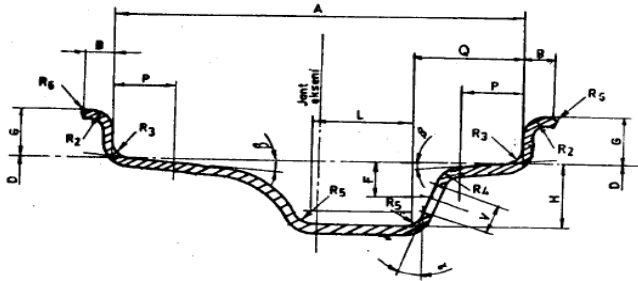
Jant üretimi yapan firmalar bu testleri yapmak zorunda olduklarından makineleri yüksek meblağlar karşılığında satınalma yolunu seçmektedirler. Bu da ülkemizin parasının dışa gitmesine sebep olmaktadır.

Bu makinanın yapılması ve devreye alınmasıyla 2/3 oranında tasarruf amaçlanmıştır. Yani verilen teklifin 1/3 ü kadar maliyetle makine imal edilmesi amaçlanmaktadır.

1.1. Genel Olarak Kullanılan Jant Türleri

Kullanılan jant türleri, üretimde kullanılan malzeme, jantla beraber kullanılan lastik tipi,jantın kullanıldığı araç tipi vb olarak çok çeşitli gruplara ayrılabilir.Konumuz olan çelik jantlar,TS4364 e göre jantlar lastikle beraber kullanıldığı için kasnak tipi baz alınarak sınıflandırma yapılmıştır [2]. Buna göre ;

a- Tek parçalı jant(Single Piece Rim)

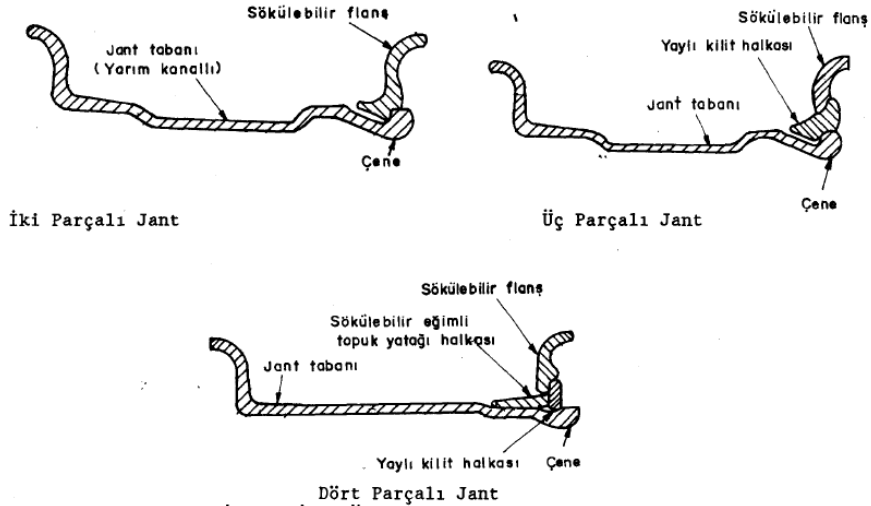


Şekil 1.1. Tek parçalı jant [2].



Şekil 1.2. Tek parçalı jant

b- Çok Parçalı Jantlar



ŞEKİL 2 - İki, üç ve Dört Parçalı Jantlar ve Çene

Şekil 1.3. Çok parçalı jant [2].

1.2. Jant Yapımında Kullanılan Malzemeler

1.2.1. Çelikler

Kimyasal bileşiminde % 2'ye kadar karbon bulduran demir-karbon (Fe-C) alaşımı çelik olarak adlandırılır. Çelikte kullanılan bir sınıflama karbon oranıdır. % 0,25'e kadar az karbonlu, % 0,25-0,55 arası orta karbonlu ve % 0,55 karbon üzeri ise yüksek karbonludur [3]. Kimyasal bileşiminde karbondan başka, farklı oranlarda diğer alaşım elementleri ve empürite (saf olmayan, kirlilik yaratan) elementlerde bulunur. Çeliğe farklı özellikler kazandıran, içerdiği elementlerin kimyasal bileşimi ve çeliğin iç yapısıdır. Değişik oranlarda alaşım elementleri katılabileceği gibi, çeşitli işlemler yapılarak (ıslah, normalizasyon vs.) çeliğin iç yapısı da kontrol edilerek kullanım amacına göre değişik özelliklerde çelik üretilebilir [4-5].

Dünya çelik üretimi 2016 yılında %0,8 oranında artışla, 1 milyar 628.5 milyon tona ulaştı. Çin 808.4 milyon ton üretimi ile dünya çelik üretiminde %49,6 paya sahip oldu. Dünya çelik üretiminde Sekizinci (8) sırada bulunan Türkiye 33,2

milyon ton üretimle %2,03 paya sahip oldu. [6].(<http://celik.org.tr/tcud-basin-bulteni-2016>)

Manganez (Mn), Fosfor (P), Kükürt (S) ve Silisyum (Si) üretim sırasında hammaddeden kaynaklanan empürite elementler olup çelik bünyesinde belirli oranlarda bulunur. Diğer elementler ise (Cr, Ni v.b.) ferro-alyajlar halinde istenilen miktarlarda çelik bünyesine ilave edilir.

Vasıflı çelikler alaşımız, düşük alaşımli ve alaşımli çelikler olup kitlesel olarak üretilen çeliklerden bazı noktalarda ayrılmaktadır. Bu noktalar; üretim yöntemi, üretim araçları ve alt limitlerde bulunan S, P ve diğer empüriteler ile çözünmüş gaz miktarları olarak ifade edilebilir. Çelikler; bileşimlerine, üretim yöntemlerine, son üretim yöntemine, ürün Şekline, kullanım yerleri, üretim programları ve deoksidasyon durumlarına göre sınıflandırılırlar. Çok az karbon miktarlı çelikler, yumuşak demir olarak da adlandırılır. Bunlar makine imalatında konstrüksiyon malzemesi olarak pek az kullanılırlar, daha çok elektroteknikte, örneğin röle demiri olarak önemi vardır [7].

Genel yapı çeliklerinin tercih edilmesinde; görünüş, Şekillendirilebilirlik, kenar bükme yeteneği, çekmeye uygunluk, kalıpta dövmeye uygunluk, dikişli boru yapımı, gevrek kırınlığa dayanım ve kaynak edilebilme özellikleri ön planda yer alır [7].

1.2.1.1. Genel yapı çelikleri

Genel yapı çelikleri toplam çelik üretimi içinde en büyük paya sahip çelik grubudur. Genel yapı çeliklerinin imalat endüstrisinde tercih edilmesinin fazla olması bu çeliklerin standartlarına büyük bir itina gerektirmektedir. Genel yapı çeliklerinin belirlendiği Avrupa Standardı EN 10025 ile ilgili son değişiklik Aralık 2000'de yayınlanmıştır. Bu çeliklerin standartlarında çekme dayanımlarını esas alan kısa gösterimler yerine mukavemet hesaplarında daha çok kullanılan akma sınırlarını esas alan kısa gösterimler kullanılmıştır.

Kimyasal etkilere dayanıklılık ve imalat sırasında sertleştirme işlemi öngörülme geneli olarak konstrüksiyon çelikleri olarak düşünölen yapı çelikleri, kullanım yerine göre seçilmelerinde, öncelikle akma gerilmesi değeri göz önünde bulundurulur. Bunun yanında yeterli süneklilik ve gerektiğinde tokluk aranır. Bu

arada söz konusu çeliklerin en başta kaynak olmak üzere, talaş kaldırma, soğuk şekil verme (örneğin bükme, delme, kalıpla delme, derin çekme) gibi bazı imal usulleri ile ilgili teknolojik özellikleri de büyük önem taşımaktadır.[8].

Genel yapı çeliği, çekme dayanımı ve akma sınırı ile tanımlanan ancak biçimlendirme (ısıl işlem uygulanmamış) suretiyle yapılan ve normalleştirme tavı uygulanmış veya uygulanmamış durumdaki alaşımız ve az alaşımlı çeliklerdir. Genel olarak yapı çelikleri, akma dayanımı 460 MPa altındaki çelikleri kapsamaktadır [9-10].

1.2.1.2. Jant çelikleri

Kimyasal etkilere dayanıklılık ve imalat sırasında sertleştirme işlemi öngörülme genen olarak konstrüksiyon çelikleri olarak düşünölen yapı çelikleri kullanım yerine göre seçilmelerinde, öncelikle akma dayanımları göz önünde bulundurulur. Bunun yanında yeterli süneklilik ve gerektiğinde tokluk aranır. Normalizasyon tavı uygulanmış veya uygulanmamış olarak temin edilebilirler.

Yapı çeliklerinin en başta kaynak olmak üzere, talaş kaldırma, soğuk şekil verme (örneğin bükme, zımbalama, derin çekme) gibi bazı imal usulleri ile ilgili teknolojik özellikleri de büyük önem taşır. Çeliklerin kaynak işlemi söz konusu ise sadece dayanımlarına göre değil, toklukları da göz önünde bulundurularak seçilmeleri gerekir.

Çeliklerin kaynağa uygunluğu için genel bir garanti verilmesi yanıltıcı olabilir. Çünkü konstrüksiyonun kaynak sırasındaki ve sonrasındaki davranışları kullanılan malzemenin özelliklerinden başka, boyutları, üretim ve işletme koşullarıyla ilgilidir. Ayrıca yapılan kaynak işleminin şekli çok önemlidir.

“Yapı çelikleri” terimi çok geniş bir dizi uygulama alanında kullanılan çelikleri kapsar. Değişik ülke standartlarında bunların kapsamı değişik tutulsa da temel yaklaşım bakımından birbirine benzerler. Daha önce ifade edildiği gibi toplam çelik üretimi içerisinde en büyük paya sahiptirler. Tablo 1.1“de Jant üretiminde kullanılan çelik kaliteleri denklik tablosu verilmiştir. [11]

Tablo 1.1. Jant çelikleri kalite denklik tablosu

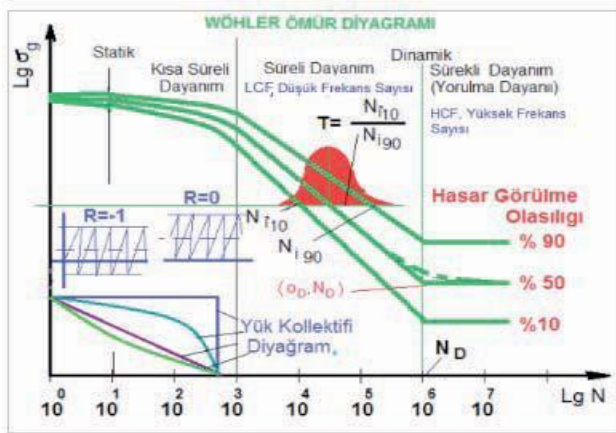
| Ürün | Erdemir Kalite No | Çolakoğlu Metalurji Kalite No | Tosyalı Kalite No | Euro EU | İtalyan UNI | Alman DIN | Amerikan ASTM - SAE - API | Fransız NF | Japon JIS |
|------|-------------------|-------------------------------|-------------------|---------|-------------|-----------|---------------------------|------------|-----------|
| HR | 3237 | 51235 | TOS-3750 | S235JR | FE360B | ST37-2 | SAE1015 | E24-2 | SM400A |
| HR | 3244 | 51275 | TOS-4450 | S275JR | FE430B | ST44-2 | SAE1020 | E28-2 | |
| HR | 3252 | 51355 | | S355JR | | | | | |
| HR | 3922 | 81222 | | DD11 | | | | | |
| HR | 3936 | | | S235J2 | | | | | |
| HR | 3937 | 81235-82235 | | S235JRC | | RST37-2 | | E24-2NE | |
| HR | 3938 | 82290 | | S275J2 | | | | | |
| HR | 3944 | 82290 | | S275JRC | | ST44-2 | | E28-2 | |
| HR | 3949 | 82330 | | | | | | | |
| HR | 3955 | 83355 | | S355MC | | | | | |
| HR | 3957 | 83420 | | S420MC | | | | | |
| HR | 4044 | 43275 | | S275JRC | | | | | |
| HR | 4222 | 20122 | | DD11 | | | | | |
| HR | 4237 | 54235 | | S235JR | | | | | |
| HR | 4244 | 54275 | | S275JR | FE430B | ST44-2 | SAE1020 | E28-2 | |

Alaşımız çelik olarak, sıcak Şekillendirmeden sonra normalleştirilmiş, bazen de soğuk Şekillendirilmiş durumda kullanılırlar. Bu çeliklerden özellikle çekme ve akma dayanımları göz önünde tutularak, örneğin altyapı, üstyapı, köprü, depolama kabı, taşıt ve makine yapımı gibi çeşitli mühendislik kavramlarında yararlanılır [7].

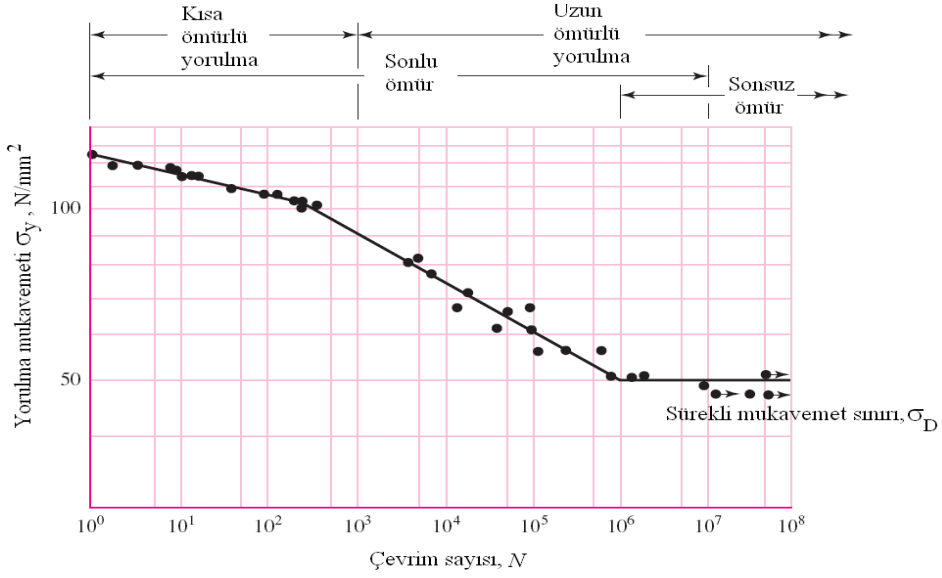
2. YORULMA

2.1. Yorulma Nedir?

Makine elemanları, çalışma ortamlarında değişken yükler ve buna bağlı oluşan gerilmelerin etkisi altında çalışır. Çalışma sırasında makine elemanına etki eden yükler statik olsa da elemanın kesitinde meydana gelen gerilmeler tam değişken olabilir. Örneğin dönen bir milin üzerine etki eden kuvvet statik iken, mil kesitinde oluşan gerilmeler tam değişkendir. Bu gerilmeler malzemenin içyapı kusurları veya elemanın yüzeysel faktörlerine bağlı olarak kesitte hasarların oluşmasına sebep olur. Makine elemanı, akma gerilmesinin altında yüklemelere maruz kalmasına rağmen, kesitinde oluşan hasarlar elemanın kopmasına yol açar. Değişken gerilmelerin etkisi altında malzemenin içyapısındaki değişikliklere yorulma, elemanın kopuncaya kadar dayandığı süreye de ömür adı verilir. Yorulma adı verilen bu olay, W.A.S. Alber tarafından ilk olarak gemi demir zincirlerinde oluşan kopmaların incelenmesi sonucu gözlemlenmiştir. W.A.S. Alber tarafından gemi zincirlerine tekrarlı yükler uygulanmış ve sonuçları incelenmiştir. 19. Yüzyılın ortalarında demiryolu araçlarının gelişmesiyle, lokomotif akslarında tekrarlı değişken yüklemeler sonucu oluşan kırılmalar, bu konunun daha detaylı incelenmesi gerektiğini ortaya çıkarmıştır. 1852 ve 1870 yılları arasında Alman demir yolu mühendisi olan August WÖHLER bu sorunu araştırmak için laboratuvar ortamında sistematik bazı deneyler yapmış ve elde ettiği verileri kendi adıyla anılan bir diyagramla yorumlamıştır.[12]. Şekil 2.1,2.2



Şekil 2.1. Ömür diyagramı



Şekil 2.2. Wöhler eğrisi

Makine parçaları, kullanılırken sürekli olarak tekrarlanan gerilme ile çalışır. Tekrarlanan gerilme altında çalışan metalik parçalarda meydana gelen gerilmeler, parçanın statik dayanımından küçük olmasına rağmen, belirli bir tekrarlanma sayısı sonunda metal yüzeyinde bir çatlama ve bu çatlama sonucunda metalde kopma olayına neden olur. Bu olaya YORULMA adı verilir. Şekil 2.4

Otomotiv ve uçak endüstrisindeki parçalar ile kompresör, pompa, türbin gibi makinelerin parçalarında görülen mekanik hasarların büyük bir kısmı yorulma olayının etkisinin bir sonucudur.



Şekil 2.3. Ağır çalışma koşulları ve yorulma sonucu kırılmış jant

Yorulma olayında elemanın ömrü, genellikle çevrim sayısı ile tarif edilir. Değişken zorlanmada kopma, içyapıda veya dış yüzeyde bir süreksizlik noktasından başlar. Bu nokta civarında malzeme yorulur ve bir çatlak meydana gelir. Zamanla çatlak çevrim sayısına bağlı olarak derinleşir ve çatlak dışında kalan bölgede oluşan gerilme, mukavemet sınırını aşarak elemanın birden bire kırılmasına neden olur. Bu şekilde oluşan kırılma yüzeylerinde iki bölge görülür. Şekil 2.3’de de görüldüğü gibi kırılma yüzeyinin bir kısmı mat ve düz, diğer kısmı ise parlak ve tanelidir. Parlak bölge önceden meydana gelen ve zamanla büyüyen çatlağı gösterir. Mat bölge ise birden bire kopan bölgedir. Birçok makine parçası başlangıçta çok iyi çalışabilir fakat 4 yükleme sonucu belli bir süre sonra çevrim sayısına bağlı olarak, yorulma hasarına uğrayarak işlevselliğini yitirir [12].



a-Şematik Gösterim

b-Gerçek Görüntü



Şekil 2.4. Yorulma testinde kırılmış jant ve yorulma çizgileri

Yorulma olayı 3 aşamada değerlendirilebilir :

Çatlak Başlangıcı (Çatlak oluşumu) : Genellikle yüksek gerilme yığınlarının oluştuğu bölgelerde veya kristal yapıdaki hatalı noktalardan çatlak başlar.

Çatlak İlerlemesi: Çatlak genellikle yüzeylerden başlayıp kayma hatları ile orta kısımlara iletilir. Ayrıca, malzeme içinde mikro çatlaklar var ise ve çatlak ucunda oluşan gerilme yığılması çatlağı ilerletebilecek seviyede ise çatlak ilerler. Uygulanan gerilme çatlağın ilerlemesi için yeterli değilse malzeme yorulmaz. Çatlağın ilerleme bölgesi ve parçanın çalışmadığı zamanlarda çatlağın durmasından dolayı oluşmuş durak çizgileri (Halkalar). Yüzey bu bölgede çatlayan kısımdaki yüzeylerin birbirine sürtünmesinden dolayı parlaktır.

Kırılma: Kalan kesitin yükü taşıyamamasından dolayı ani kırılan bölgesi (Pürtüklü yüzey) olarak tanımlanır. [13].

Yorulma olayı malzemede önemli bir plastik şekil değişimi yapmadığından ve uyarı vermeden elastik limitin altındaki gerilmelerde malzemenin ani olarak göçmesi nedeniyle tehlikelidir. Yorulma çatlağı keskin köşe, çizik, çentik, korozyon çukurcuğu gerilme yığılmasına neden olan noktalarda oluşur ve belirli hızlarda ilerleyerek malzemenin kırılmasına yol açar. Bu nedenle, dinamik yük altında çalışan parçaların tasarımında gerilme yığılmasına neden olan keskin köşe, çentik ve ani değişiminden kaçınmak gerekir. Ayrıca tekrarlı yüklemeye maruz kalan parçaların yüzeyleri parlatılarak yorulma ömürleri uzatılabilir. [14].

2.1.1. Yorulma Türleri

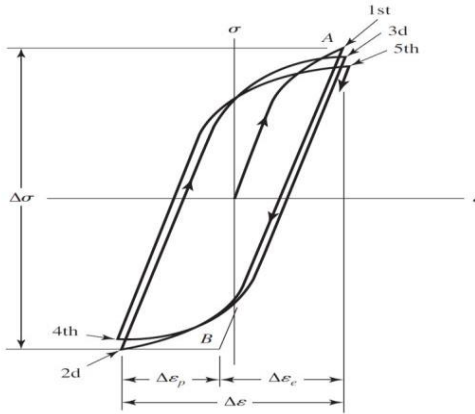
Dinamik yükler altında yorulma genel olarak 2 kısma ayrılmaktadır.

1. Kısa Ömürlü Yorulma

2. Kısa Ömürlü Yorulma

2.1.1.1. Kısa Ömürlü Yorulma

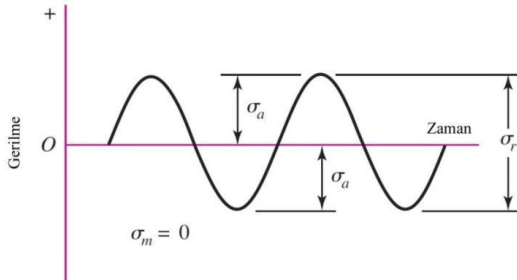
Kısa ömürlü yorulma, hasar çevrim sayısı 10^4 'den daha düşük olan yorulma hasarlarına verilen genel isimdir. Akmanın ötesinde plastik şekil değişimlerinin söz konusu olduğu kısa ömürlü yorulma, uzun yorulmanın aksine gerilme genliği ile değil Şekil 2.5'de görüldüğü gibi birim şekil değişimi genliği ile kontrol edilmektedir. σ_{max} ve σ_{max} değerleri akma mukavemetinden yüksektir. [15].



Şekil 2.5. Kısa ömürlü yorulma (104 çevrime kadar) [12]

2.1.1.2. Uzun Ömürlü Yorulma

Uzun ömürlü yorulma, Şekil 2.6'de görülen ve tam değişken olan, hasar çevrim sayısı 10^5 'ten daha büyük olan yorulma hasarlarına verilen genel isimdir. Akmanın söz konusu olmadığı uzun ömürlü yorulmada, gerilme genliği ile devir sayısı kontrol edilmektedir. σ_{max} ve σ_{min} değerleri akma mukavemetinden düşüktür. [15].



Şekil 2.6. Uzun ömürlü yorulma (105 çevrim ve fazlası için) [12]

2.2. Yorulmaya Etki Eden Faktörler

Yorulma sınırını etkileyen pek çok faktör olmakla birlikte, aşağıda sadece bunların en önemlileri listelenmiştir.

1. Parça büyüklüğünün etkisi

2. Yüzey kalitesi

3. Çentik etkisi

4. Sıcaklık etkisi

5. Güvenilirlik faktörü

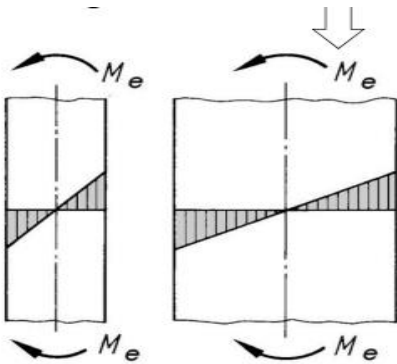
6. Darbe etkisi

Hesaplamalar açısından yukarıda sayılanların ilk üç tanesi zorunludur. Diğerleri ise uygulamaya olarak bağlı dikkate alınabilir. [16].

2.2.1. Parça Büyüklüğünün Etkisi

Eğilme ve burulmada kesit üzerinde üniform olmayan bir gerilme yayılımı mevcuttur. Bu durumda farklı boyutlardaki makina elemanlarında gerilme gradyanı çok değişiklik gösterebilir. Aynı gerilme altındaki parçalardan büyük olanında, yorulma çatlaklarının başlatacak bir süreksizliğin bulunma ihtimali daha büyüktür. Dolayısı ile artan parça büyüklüğü yorulma dayanımını azaltır. [16].
Şekil 2.7

Parça büyüklüğü esas olarak bütün mukavemet değerlerini etkiler. Bu etki b_0 ile ifade edilen ve sayısal değeri birden küçük olan bir faktör ile dikkate alınır[16].
Tablo 2.1



Şekil 2.7. Boyuta göre eğilme ve burulmada meydana gelen gerilme [16].


Tablo 2.1. Çapa göre boyut faktörü[16].

| Çap, d[mm] | Boyut faktörü, b_0 |
|------------|----------------------|
| 10 | 1,00 |
| 15 | 0,98 |
| 20 | 0,95 |
| 30 | 0,90 |
| 40 | 0,85 |
| 60 | 0,80 |
| 120 | 0,75 |

2.2.2. Yüzey Kalitesi

Belirli bir ortalama gerilmeye parçanın taşıyabileceği gerilme genliği yüzey kalitesine bağlıdır. Üst yüzey pürüzlülüğü arttıkça gerilme genliği azalır. Bu etki aşağıdaki Tablo 2.2 deki tabloda değerleri verilen b_1 yüzey düzgünlük faktörü ile dikkate alınır [16].

Tablo 2.2. Kopma dayanımına göre yüzey faktörleri[16].



| Kopma dayanımı (N/mm ²) | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 1000 |
|-------------------------------------|------|------|-------|------|-------|-------|------|
| Çok ince parlatılmış | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Parlatılmış | 1,0 | 0,99 | 0,985 | 0,98 | 0,975 | 0,972 | 0,97 |
| Taşlanmış | 0,97 | 0,96 | 0,95 | 0,94 | 0,935 | 0,932 | 0,93 |
| İnce talaş alınmış | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,89 | 0,885 | 0,88 |
| Kaba talaş alınmış | 0,91 | 0,90 | 0,88 | 0,86 | 0,84 | 0,82 | 0,78 |
| Tufallı | 0,80 | 0,74 | 0,67 | 0,61 | 0,56 | 0,51 | 0,43 |

2.2.3. Çentik Etkisi

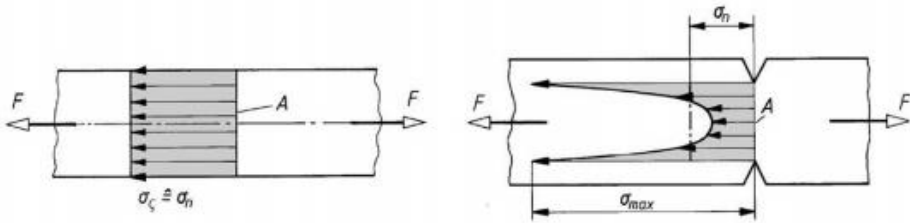
Kuvvet hatlarının yön değiştirmesi o bölgede bir gerilme yığılmasına neden olur.

- Statik yüklemeye sünek malzemelerde pekleşme nedeni ile bu etki pek dikkate alınmaz.
- Ancak, dinamik zorlanma halinde gerilme yığılması çok önemlidir.

- Yorulma hesabında kullanılacak çentik faktörü (β_k) iki ayrı bileşenden oluşur.
- İlki olan şekil faktörü (gerilme yığılma faktörü) α_k sadece geometriye ve zorlanma durumuna bağlı olarak diyagramlar halinde verilir.
- İkincisi ise çentik hassasiyet faktörüdür (η_k) ve malzeme türüne göre tablolardan alınır.Tablo2.3
- Sadece zorlanmaya ve geometriye bağlıdır. Pek çok kitaptan hazır olarak bulunabilir. (Şekil 2.8)
- α_k ile gösterilir.(şekil 2.9, 2.10) [16].



Şekil 2.8. Çentik etkisi[16].



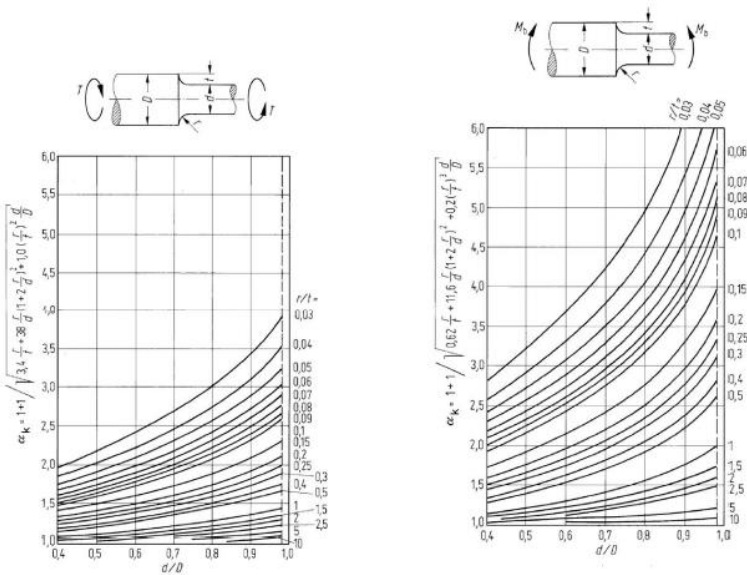
Şekil 2.9. Çekme yükü altında çentik etkisi[16].

$$\alpha_k = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_n}$$

α_k : gerilme yığılma faktörü

σ_{\max} : Maksimum normal gerilme (Pa)

σ_n : Normal gerilme (Pa)



Şekil 2.10. Çentik etkisi[16].

Çentik hassasiyet faktörü(η_k) ;

Gerilme yığılma faktörü ile çentik faktörü arasındaki ilişkiyi belirler. Bazı malzemeler (yüksek karbonlu çelikler gibi) çentiğe çok duyarlı iken, bazı malzemeler ise o kadar duyarlı değildir. • Şekil faktörü, çentik faktörüne aşağıdaki bağıntı ile bağlanır:

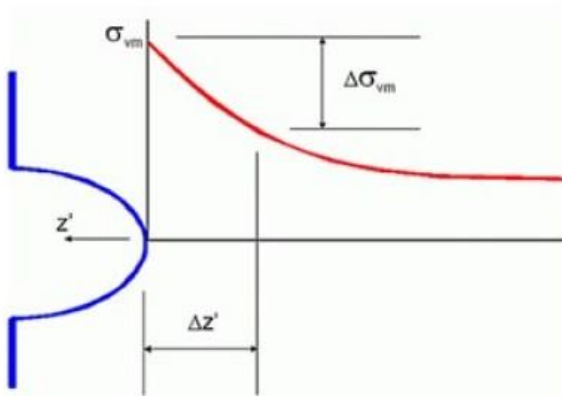
$\eta_k=1$ çentiğe çok hassas

$\eta_k=0$ çentiğe hassas değil

$$\eta_k = \frac{\beta_k - 1}{\alpha_k - 1}$$

Tablo 2.3. Çentik hassasiyet faktörü[16].

| Malzeme | η_k |
|-------------------------------|-----------|
| İmalat çeliği, St 37...St 60 | 0,4...0,8 |
| İslah çeliği | 0,6...0,9 |
| Yay çeliği | 0,9...1 |
| Hafif metaller (Alüminyum vb) | 0,3...0,6 |



Şekil 2.11. Çentik hassasiyet bölgesi

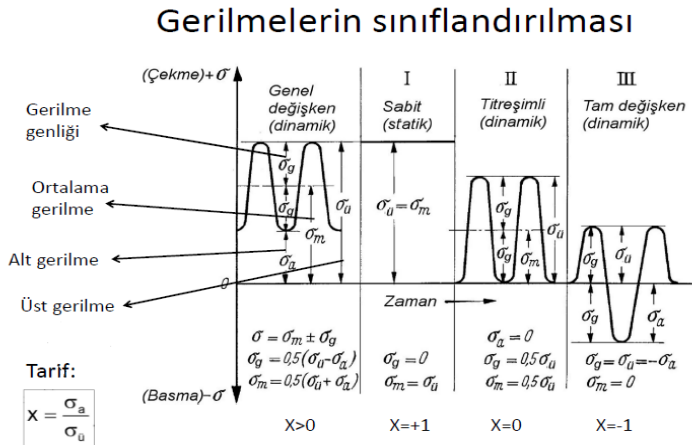
2.2.4. Sıcaklık Etkisi

Sıcaklık azaldıkça yapıdaki ısıl aktivasyonun neden olduğu olaylar gerektiği gibi gerçekleşemezler. Dolayısıyla boşluk oluşumu ve arayer atomlarının hareketleri sınırlanmış olur. Bu ise malzemenin şekil değiştirme yeteneğini kısıtlar ve sonuçta malzemenin dayanımı artar. Yorulma dayanımı da bu değişime paralel olarak sıcaklık düşüşü ile artış gösterir. Ancak yüksek frekanslı zorlanmalarda darbe etkisi söz konusu olduğundan çatlak ilerlemesi safhasında daha düşük ömür beklenmelidir.

Yüksek sıcaklıklarda ise bu mekanizmanın tersi çalıştığı için, hatta ek olarak çapraz kayma ve tırmanma gibi mekanizmalar da işlerlik kazandığı için dayanım düşer ve buna paralel olarak yorulma dayanımı da azalır. Çok yüksek sıcaklıklarda sürtünme mekanizmaları da kendini gösterir ve yorulma ile beraber etkin olur. Yüksek sıcaklıklardaki dinamik zorlanmalarda ortalama gerilme ve frekansın da çok büyük önemi vardır. Özellikle düşük frekansın neden olduğu uzun tutma süreleri ve yüksek ortalama çekme gerilmesi sürtünme mekanizmalarını sürekli olarak çalıştırdığı için yorulma dayanımının önemli oranda düşmesine neden olur.

2.2.5. Gerilmenin Etkisi

Yorulmaya değişen gerilme genliği yol açar. Literatürdeki malzemelere ait yorulma sınırını veya dayanımını veren verilerin büyük çoğunluğu değişken yorulma zorlaması ($\sigma_{RmR} = 0$) için tayin edilmiş değerleri içermektedir. Şekil 2.12 . Ancak gerçekte yorulma zorlanmaları ideal durumdan farklılıklar göstermektedir. Özellikle işletme şartlarında malzemelere gerilme genliğinin yanı sıra, ortalama gerilmenin de etkidiği görülmektedir. Çoğunlukla ortalama gerilmenin pozitif olduğu durumda basma yönündeki ortalama gerilmelerden daha tehlikeli durumlar ortaya çıkardığı bilinmektedir. Ortalama ve bileşik gerilmenin varlığı durumunda yorulma dayanımının hangi değere indirgeneceğinin bilinmesi gerekmektedir .



Şekil 2.12. Gerilme ekişi [16].

2.2.6. Deney Hızının Etkisi

Deney hızının (frekansın) yorulma deney sonucuna etkisi saptanamamıştır. Deney cihazlarının çoğunda uygulanan 200 ile 10.000 çevrim/dakika“lık frekansın deney sonuçlarını pek etkilemediği kabul edilir. Düşük karbonlu çeliklerde, alüminyum 36 alaşımlarında ve bakırda çok yüksek deney hızlarında yorulma dayanımı sınırının yükseldiği görülmüştür. Çok düşük deney hızlarında yorulma dayanımı sınırının azaldığı kabul edilir. Öte yandan çok yüksek frekanslarda, malzemede oluşan ısının kısa zamanda yayınamaması yorulma dayanımı sonuçlarını olumsuz etkiler [17].

2.3. Yorulma Test Makineleri

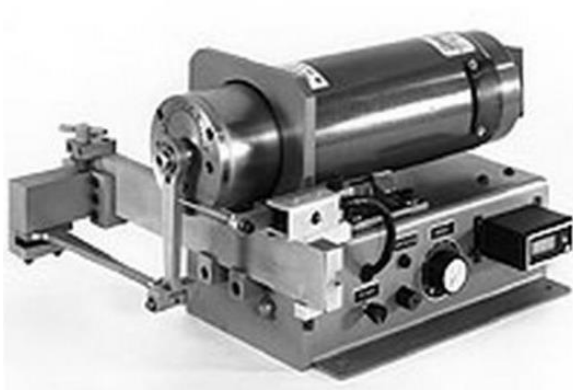
Yorulma test cihazları amaçları, kritik kesitte oluşturulan gerilmenin türü, yük oluşturma mekanizmaları, işlem karakteristikleri, vs. bakış açılarına göre değişik şekillerde sınıflandırılabilir. Bir araştırmacı için deneyin en önemli aşaması deneyin amacı ve buna uygun yorulma makinesinin tespitidir. Araştırmacı numune üzerine ne tür gerilmeleri uygulayacağını bilir ve bu gerilmeleri numune üzerinde hangi makineyle oluşturabileceğine karar vererek uygun makineyi seçer. Yorulma test makineleri kritik kesitte oluşan gerilme türlerine çeşitli isimlerle ayrılmıştır. Bu makineler; Şekil 2.13’de belirtilen dönen eğmeli ankastre tip yorulma makinesi [18], Şekil 2.14’de belirtilen R. R. Moore dört noktalı dönen eğmeli yorulma makinesi [19], Şekil 2.15’de belirtilen tekrarlı eğme yorulma makinesi [20], Şekil 2.16’da belirtilen çok eksenli yorulma makinesi, Şekil 2.17’de belirtilen servo hidrolik yorulma makinesi [21], [22] ve Şekil 2.18’de belirtilen burulma yorulma makinesidir [23].



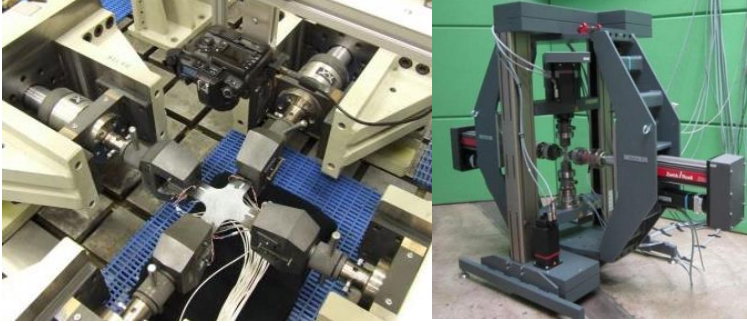
Şekil 2.13. Döner eğmeli Ankastre tip yorulma test makinesi [18].



Şekil 2.14. R. R. Moore dört noktalı döner eğmeli yorulma makinesi [19].



Şekil 2.15. Tekrarlı eğme yorulma makinesi [20].



Şekil 2.16. Çok eksenli yorulma makinesi [21].



Şekil 2.17. Servo hidrolik yorulma makinesi [22].



Şekil 2.18. Burulma yorulma makinesi [23].

2.4. Jant Yorulma Testleri ve Test Makineleri

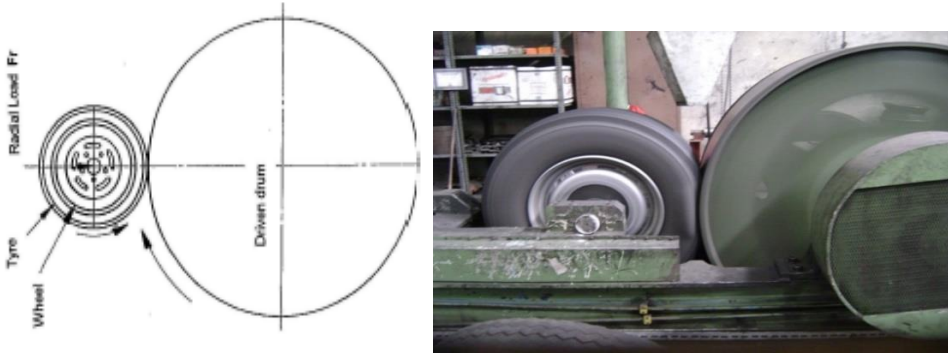
Jantlar üretimi tamamlandıktan sonra, standartlara göre bir dizi dayanım testine tabi tutulması gerekmektedir. Bu testlerden bazıları; dinamik radyal yorulma testi, dinamik viraj yorulma testidir. Jantlara uygulanan testler Tablo 2.4 ve 2.5’de verilmiştir.

2.4.1. Dinamik Radyal Yorulma Testi

Dinamik radyal yorulma testinde, radyal kuvvetlerin jant üzerindeki etkileri incelenir. Bu test, talaşlı imalat işlemleri tamamlanmış jantlara uygulanır. Deney cihazı şematik olarak Şekil 2.19-2.20’de verilmiştir. Radyal kuvvet, hızlandırılmış yorma katsayısı ($K_1 = K_2 = 2,2$) ve ön dingildeki düşey statik yükün yarısını veya arka dingildeki statik düşey yükün yarısını çarparak elde edilir. Janta uygun seçilen lastik montaj edildikten sonra belirli basınçta şişirilir. Lastik montajlı jant test ünitesine bağlanır. Radyal yük yüklenerek belirlenen minimum çevrim sayısı uygulanır. Minimum çevrim uygulandıktan sonra bağlantı elemanları kontrol edilir. Bağlantı elemanlarına uygulanan tork değerleri ilk değerden %50 değişim gösterebilir. Ayrıca testte uygulanan radyal yük değeri test süresince %2,5 değişim gösterebilir. Yapılan bu kontroller her 10000 çevrimde tekrarlanır [24].

Tablo 2.4. Dinamik Radyal yorulma testi için uygulanması istenen yorulma faktörü ve Cycle değerleri [25].

| DISC WHEELS | | | | |
|-------------|-----------------------|------------------|----------------|-------------------|
| Material | Rim Diameter | Test Factor K | Vertical Force | Cycles |
| Ferrous | All rims and sizes | 2,2 | F = 100 % | $5,0 \times 10^5$ |



Şekil 2.19. Radyal yorulma test makinesi ile testin yapılması

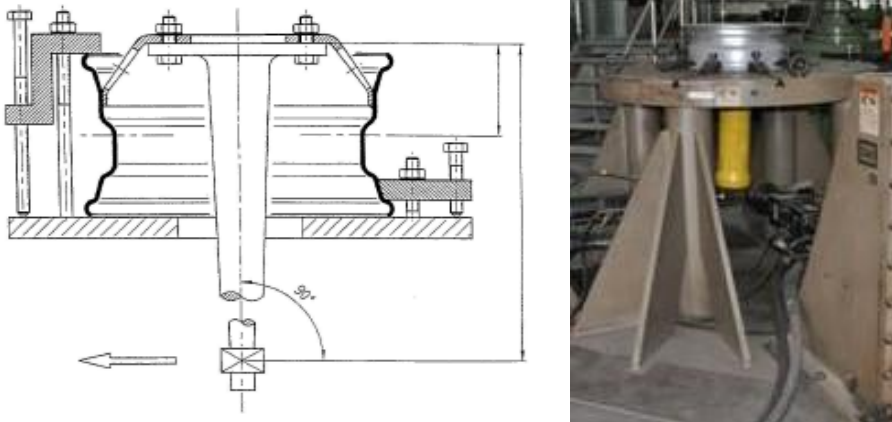


Şekil 2.20. Radyal yorulma testi yapılırken aşırı yükten lastiğin patlaması

2.4.2. Dinamik Viraj (Cornering) Yorulma Testi

Dinamik Viraj yorulma testinde, aracın hareket esnasında jant üzerine etki eden kuvvetlerin benzetimi yapılarak, jant dayanımı test edilmektedir. Test düzeneğinde, jant ve yükleme kolu ikilisinden biri sabit tutulur diğeri döndürülerek jantın dönme hareketi oluşturulur. Dinamik Viraj yorulma testi imalatı tamamlanmış jantlara uygulanır [24].

Viraj yorulma test düzeneğinde, jant sabit tutulur ve jant eksenine dik etkiyen sabit kuvvet jant ekseninde döndürülür. Şekil 2.21’de tek eksenli dinamik viraj yorulma testinin şematiği gösterildi. Sabit açısal hızda jant ekseninde dönen kuvvet poyra kolu üzerine uygulanır. Bu kuvvet, sabit eksen etrafında (jant eksenini) dönen dengesiz bir ağırlığın merkezkaç etkisiyle oluşturduğu değerdir. Sabit kuvvetin etkisiyle jant üzerinde sabit moment değeri oluşturulur. Jant üzerine uygulanacak moment değeri, araç ön dingilindeki en büyük düşey statik kuvvete, jant takılma yüzeyinin jant ekseninden geçen düzleme olan uzaklığına, janta takılacak en büyük lastiğin yarıçapına, lastik ile yol arasındaki sürtünme katsayısına ($\mu = 0,7$) ve test faktörüne bağlı olarak belirlenir. Dinamik viraj dayanım testinde 250000 çevrim oluşturulur. Test süresince moment değerinde %5’ten daha fazla değişim durumunda test durdurulur. Ayrıca, uygulanan tork değeri her 10000 çevrimde kontrol edilir. Tork değerindeki değişim %30’u geçmemelidir [24].



Şekil 2.21. Dinamik Viraj(Cornering) yorulma test makinesi ile testin yapılması

Tablo 2.5. Viraj(Cornering) yorulma testi için uygulanması istenen yorulma faktörü ve Cycle değerleri[25].

| DISC WHEELS - Drop Centre Rims | | | | |
|--------------------------------|--------------------|---------------|----------------|-------------------|
| Material | Rim Diameter | Test Factor S | Bending Moment | Cycles |
| Ferrous | All rims and sizes | 2 | M = 75 % | $2,5 \times 10^5$ |
| | | | M = 50 % | $2,0 \times 10^6$ |

3. JANT YORULMA TEST MAKİNASI TASARIMI İMALATI VE DEVREYE ALINMASI

20.yy da diğer alanlarda olduğu gibi makine ve metalürji mühendisliğinde de büyük teknolojik gelişmeler oldu. Statik ve dinamik mukavemet hesaplarına dayanılarak, imalatı yapılan parçaların, çalıştığı yerlerde kırılması, kırılma mekaniği teorisinin doğmasına sebep oldu.

19. asırda Wöhler tarafından bulunup 20 yy da çok geniş araştırmalara sahne oldu. Yapılan araştırmaların yetersiz olması sebebiyle, henüz yorulma hasarına kesin çözüm bulunamadı. Ancak yorulma mukavemetinin artırılmasına dair çalışmalar yapıldı.

Malzemenin yorulma mukavemeti üzerinde etkinliği olan faktörler henüz tam olarak tespit edilemedi. Yorulma mukavemeti, sadece kuvvetin büyüklüğü ile orantılı değil, bunun yanı sıra yüzey düzgünlüğü, şekil geometrisi, yapılan ısıl işlemler, kalıcı iç gerilmeler vb birçok faktörün etkisi altında bulunduğu görüldü.

Yorulma testleri, kontrol altına alınması zor sebeplerden dolayı, bitmiş ürünlere uygulanmaktadır. Yani, şekil almamış malzemeye yapılan yorulma testi ile şekil aldıktan sonra ürün haline gelmiş malzemeye yapılan test sonuçları farklılık göstermektedir.

3.1. Test Makinasının Çalışma Prensibi

Yorulma testi yapılacak olan jant üzerine ne kadar moment oluşturulması gerektiği EUWA ES 3.11 e göre hesaplanır.(Şekil 3.1)

$$M_b = (\mu \cdot R_{dyn} + d) \cdot L \cdot S \quad [25].$$

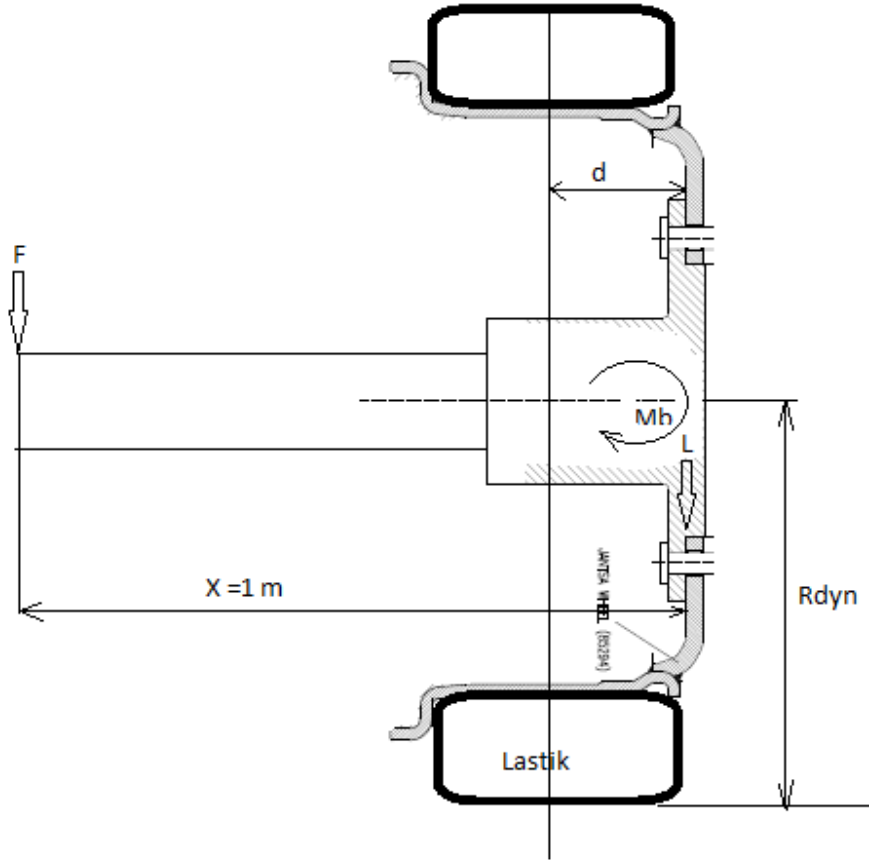
$$\mu = \text{sürtünme katsayısı}, 0.7$$

$$R_{dyn} = \text{Dinamik yüklü yarıçap (lastik)}, 0.650 \text{ m}$$

$$d = \text{kampana takılma yüzeyinin jant eksenine olan mesafesi, m}$$

$$L = \text{jantın taşıma kapasitesi, N}$$

S=Yorulma katsayısı,(s=2)



Şekil 3.1. Dinamik viraj (cornering) yorulma testi için yükler

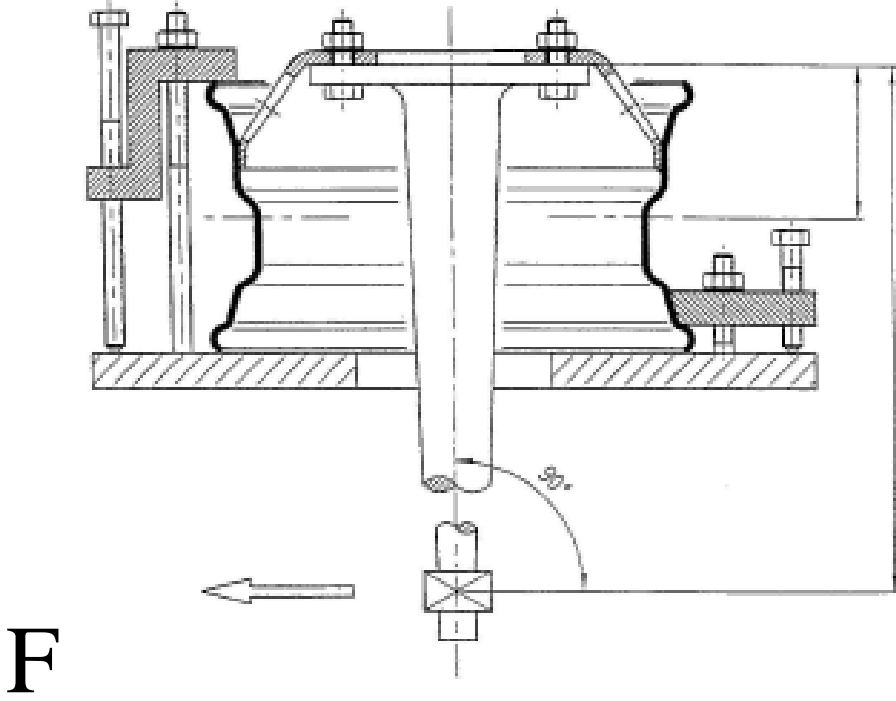
Yorulma test makinasında test yapabilmek için saftın janta bağlandığı bölgede Mb momentini oluşturmamız gerekmektedir.

$$M_b = F \cdot X$$

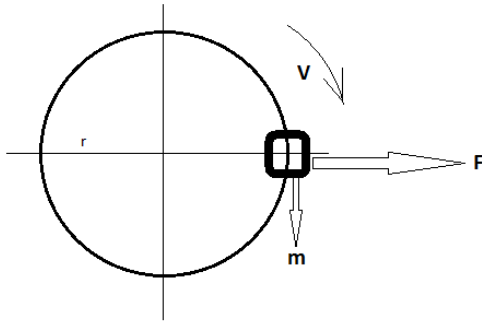
M_b =Jant üzerinde oluşması gereken moment

F =momenti oluşturmak için gereken kuvvet miktarı

X =kuvvet kolu



Şekil 3.2. F kuvvetinin oluşturulması



Şekil 3.3. Balans ağırlığı ve devir ile f merkez kaç kuvvetinin oluşturulması

$$F = m \cdot v^2 / r$$

$$m = \text{Ağırlık, N}$$

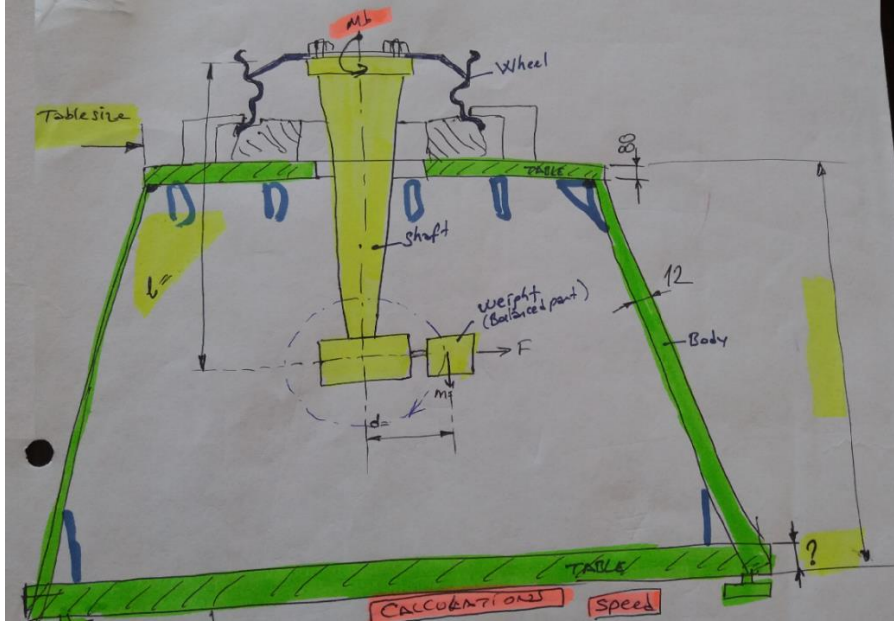
$$v = \text{Teğetsel hız, } (v = \pi \cdot D \cdot n / 60)$$

3.2. Yorulma Test Makinasının Tasarımı ve Üretimi

Yorulma test makinası ile ilgili aşağıda yer alan parametreler tasarım girdisi olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca test yapılması planlanan jantların DWG resimleri de tasarım girdisi olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 3.1. Tasarım parametreleri

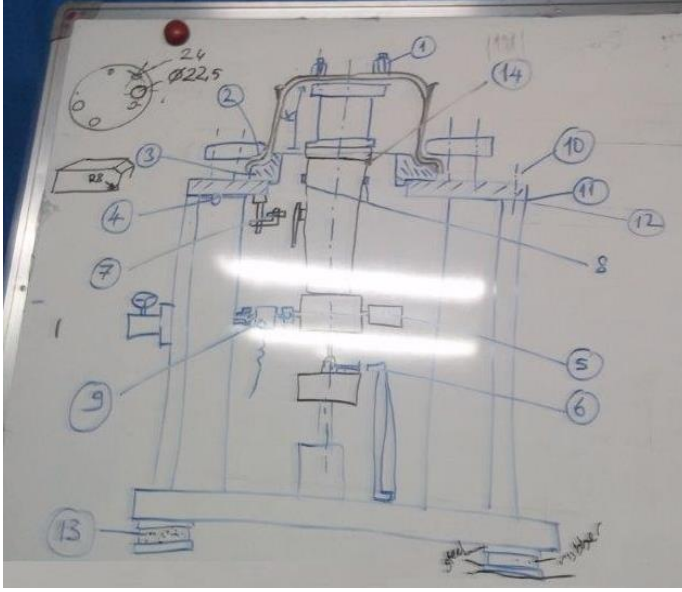
| Technical Parameters for CFT Machine: | |
|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Test Standard | Sae j 267, euwa es 3.11 |
| Maximum Moment | 80 KNm |
| Pneumatic Connection | 5 bar |
| Brushless Motor | 16 KW power |
| Working Speed | 400 (1.500) rpm(MAX LOAD AT 400 RPM) |
| Wheel Diameter | 17-38 inches |
| Rim width | 6-25 inches |
| Offset+1/2 wheel | 60-400 mm |
| Working place dia. | 1.800 |
| Weight | 12 Ton |



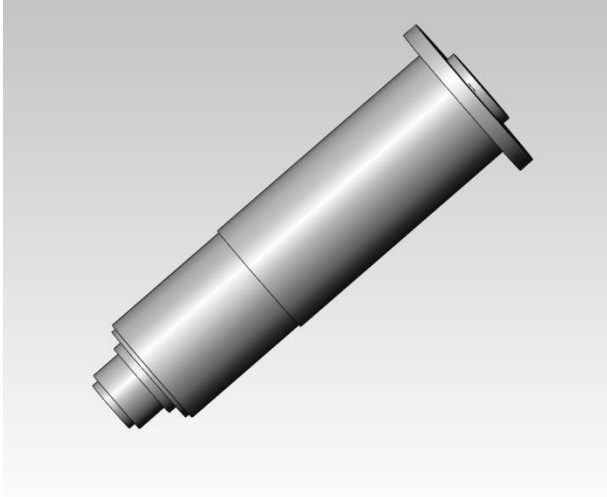
Şekil 3.4. Yorulma test makinesinin kroki tasarımı

3.2.1. Mekanik Konstrüksiyonu ve Temel Montajı

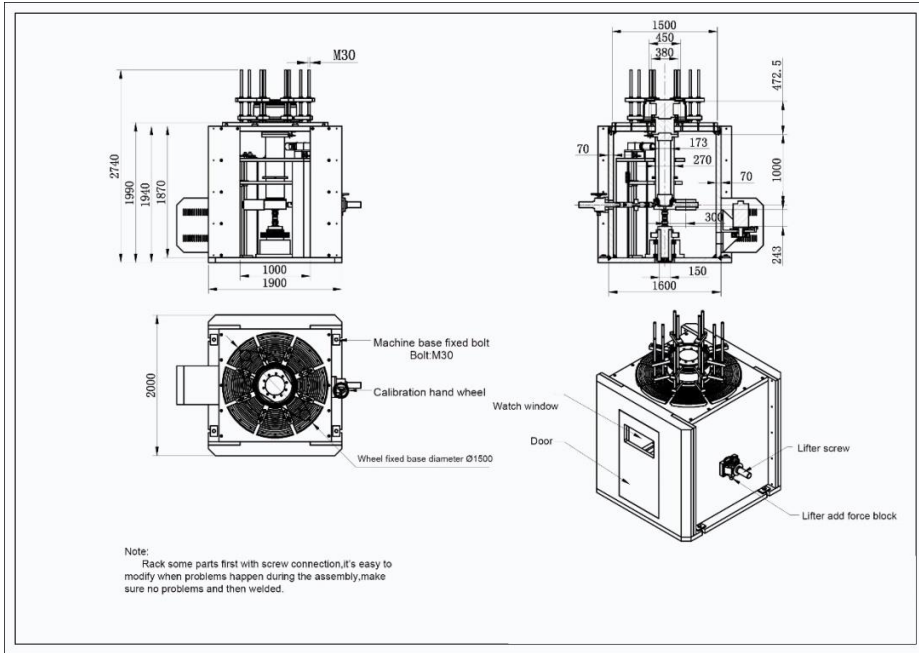
Makinede kullanılacak olan ana temel bileşenler üzerinde değerlendirme toplantıları yapılmış olup konstrüksiyona dahil edilmiştir.



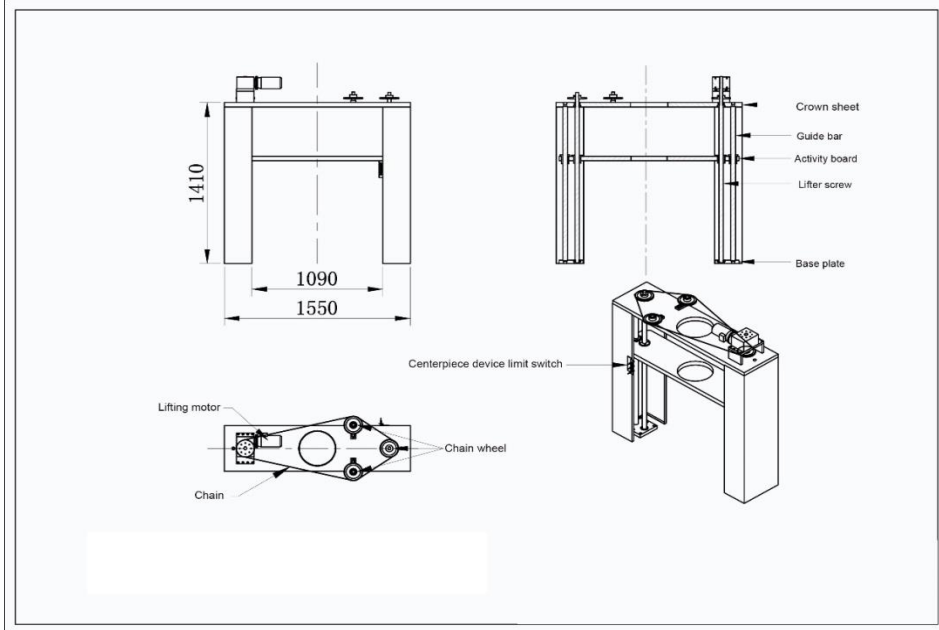
Şekil 3.5. Yorulma test makinesinin bileşenleri



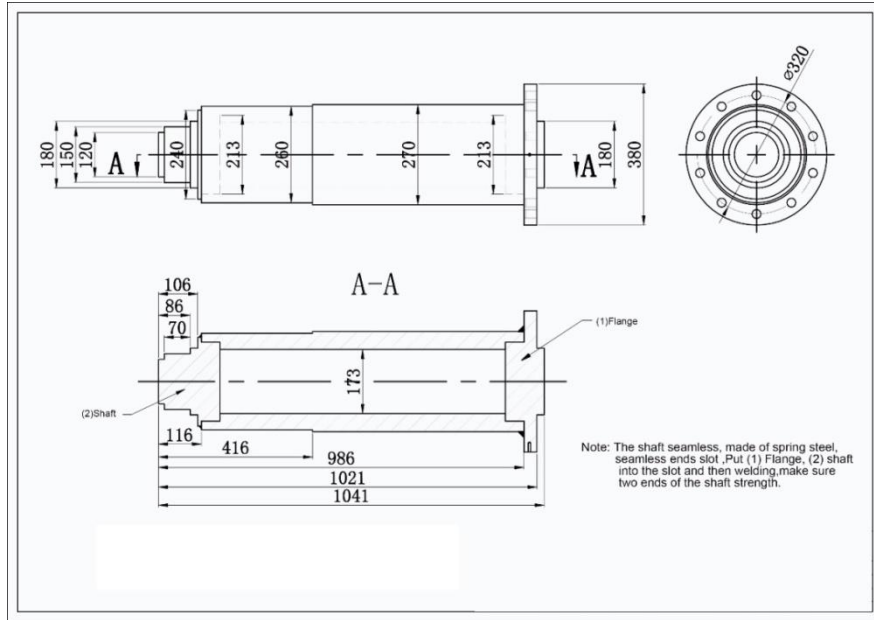
Şekil 3.6. Yorulma test makinesinin şaft tasarımı üzerinde çalışmalar



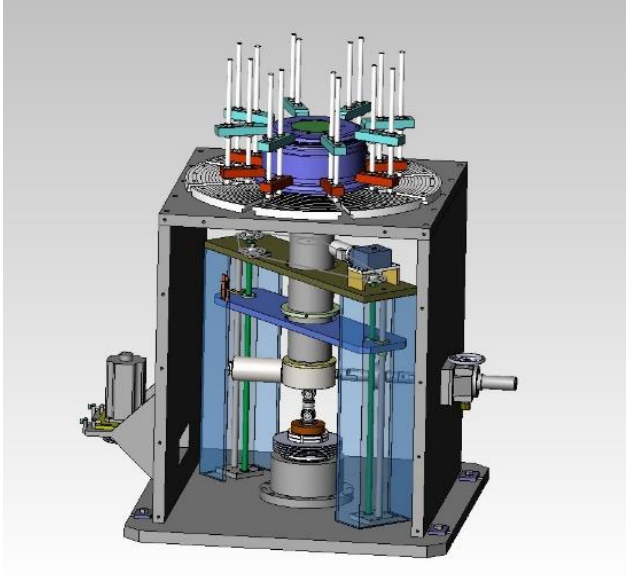
Şekil 3.7. Makinanın genel ölçüleri



Şekil 3.8. İç taşıma mekanizmasının ölçüleri



Şekil 3.9. Şaft resmi ve ölçüleri



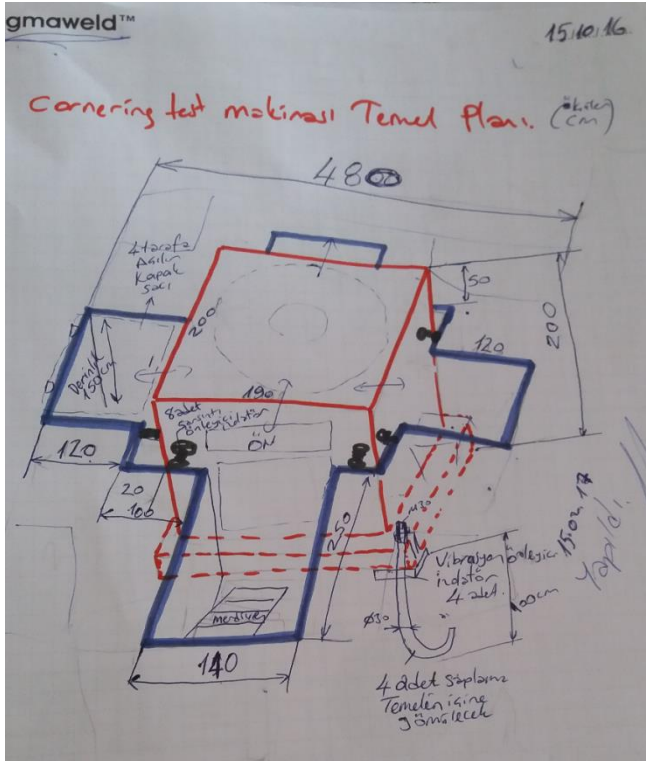
Şekil 3.10. Çalışmalar sonucu ortaya çıkan yorulma test makinesinin tasarımı



Şekil 3.11. Yorulma test makinesinin tasarımı ve üretim sonrası montaj çalışmaları

Yorulma test makinası çalışma esnasında yüksek titreşime maruz kalacağı için bu titreşimlerin ortadan kaldırılması çalışmaları yapıldı.makinenin altına 60 mm kalınlığında titreşim önleyici kauçuk izolatör yerleştirildi.M30 uçları kıvrılmış 1500 mm boyunda 4 adet saplama temel yapım aşamasında sabitleyici amaçlı kullanılmıştır.

Ayrıca yorulma test makinasının, uygulanan momentten dolayı yanal kuvvetlerin etkisinde kamaması için çevresel olarak 8 adet ayarlamalı bir uçları vulkanize edilmiş kauçuk dayamalar kullanılmıştır.



Şekil 3.12. Yorulma test makinesinin temel tasarımı



Şekil 3.13. Yorulma test makinesinin yerine montajı

3.2.2. Strain Gauge Displacement Sensörler ve Loadcellerin Yerleştirilmesi

Yorulma test makinesinde kullanılacak olan ve makineden test verilerini almaya yarayan strain gauge ve displacement sensorlerin kullanım yerlerinin ve pozisyonlarının belirlenmesi yapılmıştır.

Strain gaugeler ve test makinasında çalışma prensibi;

Strain gaugeler doğrudan shaft üzerine montajlanması yapılmıştır. strain gaugeler shaft üzerindeki strainleri ölçerek voltaj üretmektedir. Daha önce kalibrasyonda bu voltajlara karşılık gelen yük bilgilerine göre program bu sinyalleri yük verisine dönüştürmektedir. Makinenin program yapısı gereği, veri olarak girilen test yükü verisine ulaşıncaya kadar makine çalışmakta ve bu yüke ulaştığında strain gaugeden gelen bilgiler doğrultusunda makine kendi devir ayarını yapmaktadır. Program yapısında yük tolerans değeri girilmesi gerekmektedir. Program Yorulma test makinesini bu değerler arasında tutar (örneğin % \pm 5)

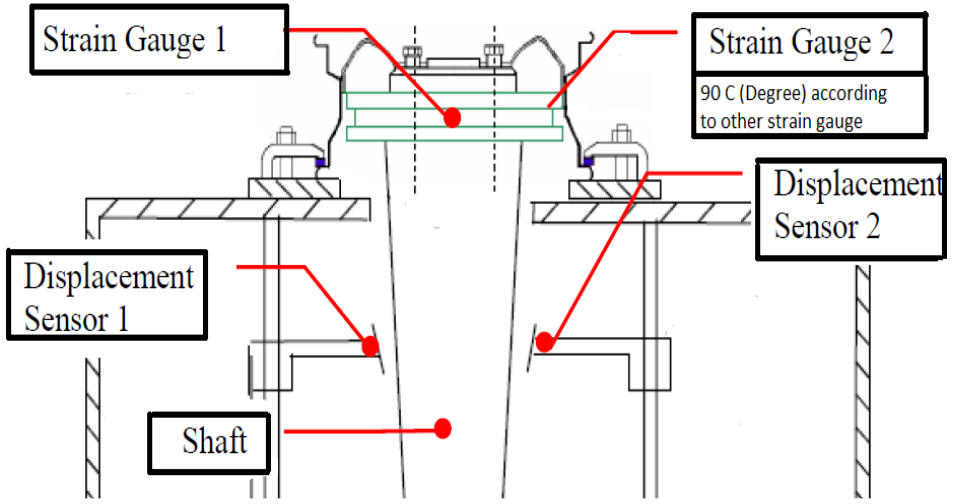
Strain gaugeler yorulma test makinasının bu değerlerde çalışıp çalışmadığını ölçerler.

Örneğin;

Max test yükümüz 4000 kgf olsun. Yorulma test makinesi strain gaugelerden gelen yük bilgilerine göre test yükü 4000kgf ye ulaşıncaya kadar devir sayısını artırır. 4000 kg ulaştığı anda devir sayısını sabitler. daha sonra strain gaugelerden gelen bilgileri kullanarak, yorulma test makinasını verilen toleransa göre max 4200 min 3800 kgf içerisinde çalışıp çalışmadığını denetler.

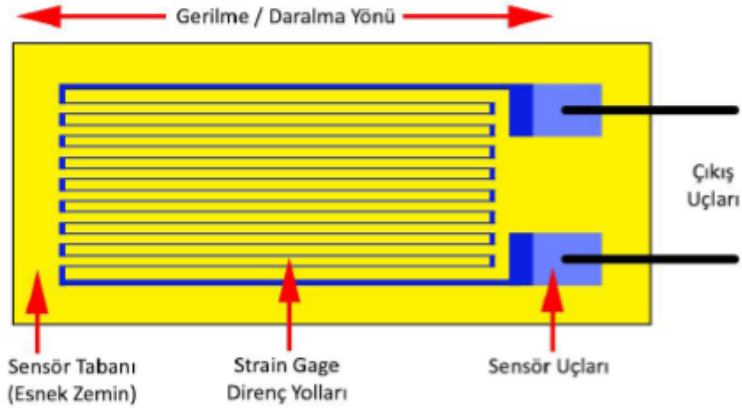
Eğer makine bu toleransları aşar ise program makineyi durdurur ve ekrana uyarı yazısı gönderir. (force is too low/force is too big)

Jantlar test esnasında kırılmaya başladığında yük değişimi başlar. Eğer makine verilen toleranslar dışına çıkıyorsa ya test jantı kırılmaya başlamıştır, yada bağlantı parçalarında problemler vardır. Mutlaka kontroller yapılmalıdır.

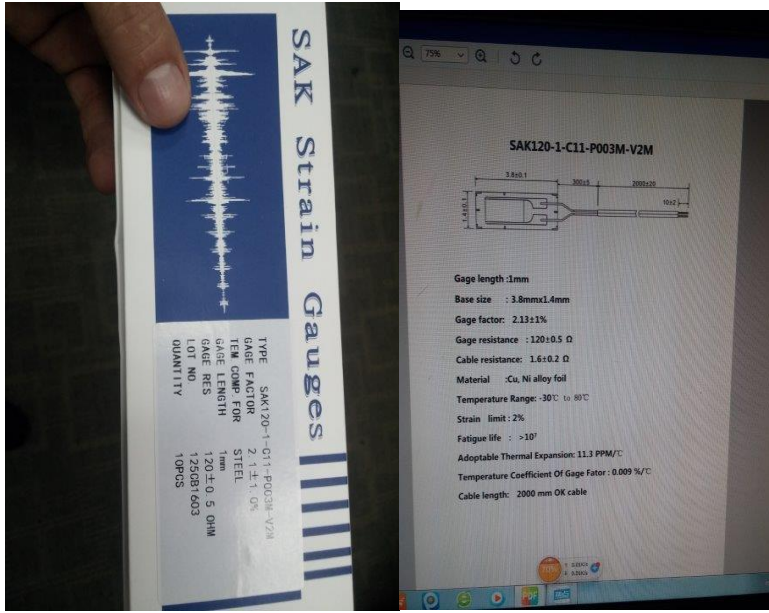


Şekil 3.14. Straingauge ve displacement sensorlerin yerlerinin şematik gösterimi

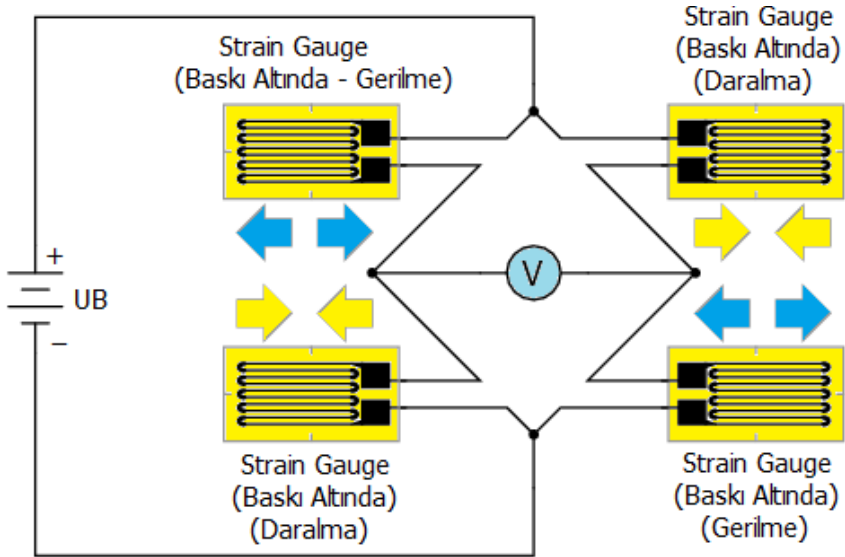
3.2.2.1. Straingaugelerin şaft üzerine montajı



Şekil 3.15. Strain Gauge yapısı [27]



Şekil 3.16. Uygulanan Strain gauge



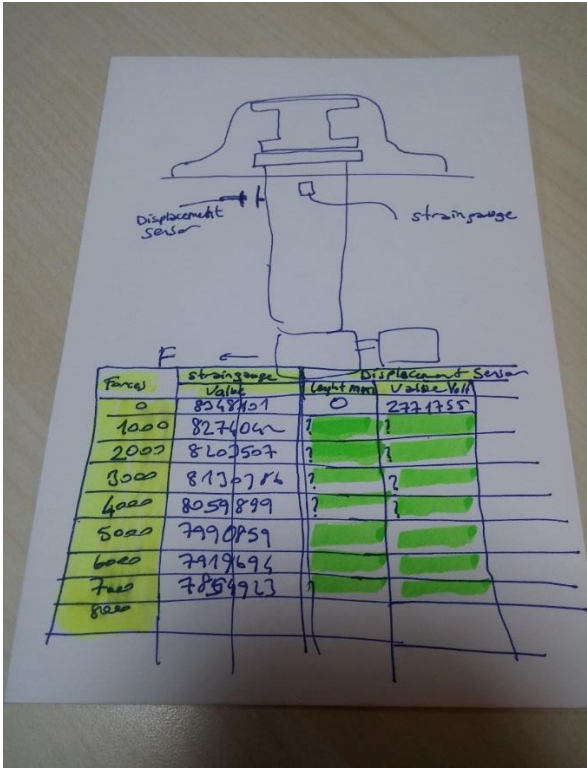
Şekil 3.17. Strain Guagelerin tam köprü ile bağlantı şekli[27]



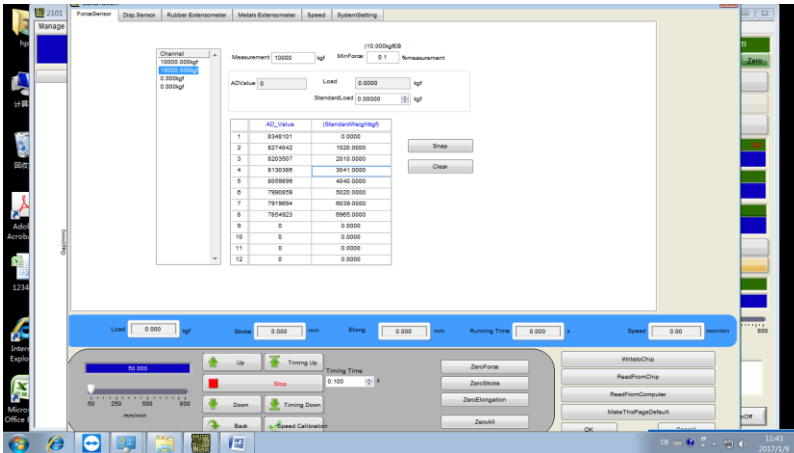
Şekil 3.18. Strain gauge bağlantısı ve test makinasının şaftı üzerine uygulaması



Şekil 3.19. Loadcell kullanılarak strain gaugelerin kalibrasyonunun yapılması



Şekil 3.20. Kalibrasyon prensibi (uygulanacak yük+sensörlerden alınan voltaj değerleri)



Şekil 3.21. Force sensor (strain gauge) den elde edilen verilerin makinenin kalibrasyon sayfasına kaydedilmesi

3.2.2.2. Displacement sensör ve montajı

Displacement Sensörler test makinasında çalışma prensibi;

Test yapılacak jant ve ona bağlı test shaftı test esnasında eğildiklerinden dolayı bu yer değiştirmenin (displacement) ölçülmesi gerektiği için displacement sensör kullanılmıştır.

Test makinesi maksimum test yüküne ulaştığında, displacement sensörü, o anda max deplasmanı ölçüp sisteme veri girişi olarak kaydetmektedir.

Makinanın programına deplasman ile ilgili bir tolerans değeri girilebilmektedir.

Girilen bu değeri baz alan makine test boyunca makinanın bu değerler içinde çalışıp çalışmadığını sürekli olarak denetlemektedir.

Örneğin ;

Yorulma test makinesi max 4000 kgf yüke ulaştığı anda, displacement sensör,okuduğu 3,2 mm max deplasman değerini hemen sisteme atar.Eğer makinanın programında deplasmanın tolerans değeri +-%10 diye girilirse, makine,3,52 mm ile 2,89 mm arasında çalışıp çalışmadığını program sürekli olarak denetler.

Eğer makine bu toleransları aşar ise program makinayı durdurur ve ekrana uyarı yazısı gönderir.(Displacement is too low/force is too big)

Jantlar test esnasında kırılmaya başladığında deplasman değişimi başlar. Eğer makine verilen toleranslar dışına çıkıyorsa ya test jantı kırılmaya başlamıştır, yada bağlantı parçalarında problemler vardır. Mutlaka gerekli kontroller yapılmalıdır.



Şekil 3.22. Displacement sensörü ve lokasyonu

3.2.2.3. Loadcell in kalibrasyonu ve kalibrasyon amaçlı montajı

Loadcell makinada straingaugelerin kalibrasyonu için kullanılmaktadır.

Öncesinde Loadcellin kalibrasyonunun yapılması gerekmektedir.



Şekil 3.23. Loadcell in kalibrasyonunun yapılması ve kalibrasyon göstergesi

Şaft üzerine takılan gerdirme çenesi yardımıyla gerdirme aparatına bağlanmaktadır. Daha sonra şaft değişik yüklerde gerdirilir ve straingaugelerden gelen voltaj sinyalleri kaydedilir ve sisteme setlenir.



Şekil 3.24. Loadcell in straingauge kalibrasyonu için test makinasına bağlanması



Şekil 3.25. Loadcell in kalibrasyon için kuvvet yüklemesinin sağlayan mekanizma



Şekil 3.26. Loadcell yardımıyla strain gauge voltaj değerleri ile yük değerlerinin programa girilmesi

3.3. Test Jantının Bağlanması ve Loadcell Kullanarak Straingaugelerin Kalibrasyon Doğrulaması

Yorulma test makinesinin tamamlanmasının ardından 10 adet 22,5x9,00 (900286 kodlu jant) ebatlı test jantları aynı kalite malzemeden aynı proseslerden, aynı kaynak makinesinden, aynı kaynak teli ile aynı parametrelerden geçirilmiş (Şekil 24,25,26) ve kataforez kaplanmıştır. Bunlardan 3 adeti arka arkasına yorulma test makinasına bağlanmıştır.

Kalanlardan 3 adeti ise TÜV North a test doğrulaması amacıyla gönderilmiştir.

Test jantının makinaya bağlanmasının ardından loadcell yardımı ile test yüklemesi yapılmış olup makinanın okuduğu yük değeri ile loadceller den okunan değerin doğrulaması yapılmıştır.



Şekil 3.27. Kasnak üretim prosesi ve üretilmiş kasnak[26]



Şekil 3.28. Disk üretim prosesi ve üretilmiş disk[26]



Şekil 3.29. Jant üretiminde kaynak operasyonu[26]



Şekil 3.30. Yorulma testi için üretilen jantlar



Şekil 3.31. Test jantlarından birtanesinin test için yorulma test makinesine bağlanması



Şekil 3.32. Loadcell in test yükünün doğrulaması için test makinasına bağlanması

3.4. Yorulma Testinin Yapılması

Hesaplama ve veriler

$$M_b = (\mu \cdot R_{\text{dyn}} + d) \cdot L \cdot S$$

μ = sürtünme katsayısı, 0.7

R_{dyn} = Dinamik yüklü yarıçap (lastik), 0.527 m

d = kampana takılma yüzeyinin jant eksenine olan mesafesi, (0,175m)

L = jantın taşıma kapasitesi ,4000 kg(39240 N)

S = Yorulma katsayısı, (s=2)

$M_b = \% 75$ te test edildiğinde Max test cyle=250.000

$$M_b = (\mu \cdot R_{\text{dyn}} + d) \cdot L \cdot S$$

$$M_b = (0,7 \times 0,527 + 0,175) \times 4000 \times 2 \times 9,81$$

$$M_b = 42685 \text{ N}$$

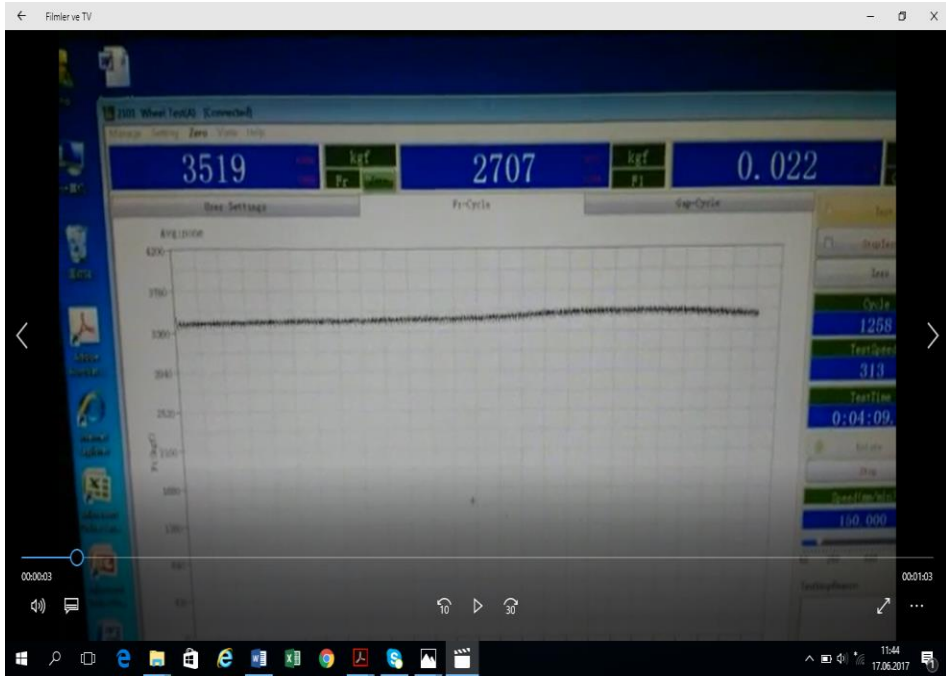
Test Yüğü;

$$M_b \% 75 = M_b \times 0,75$$

$$M_b \% 75 = 32013 \text{ N (3316 kgf)}$$

Test Jantı ,

$M_b 75 = 3316 \text{ kgf}$ te 250.000 cycle boyunca test edilmeli ve test sonunda jant kontrol edildiğinde gözle görülür kırılma ve deformasyon test jantı üzerinde bulunmamalıdır.



Şekil 3.33. Makine çalışırken ekrandan yük verilerinin alınması

3.5. Yorulma Test Sonucunun Değerlendirilmesi

900286 kodlu janta yorulma testi makinada yapılmış olup jant yorulma testini tamamladığında her hangi bir yerinden kırılma veya deformasyona uğramamıştır. Aşağıda şekil 3.31 ve 3.32 te yapılan yorulma testine ilişkin test sonuç raporu yer almaktadır.

Test Jantların dan bir tanesi 250000 cycle dan sonra yorulma testine devam ettirilmiş ve Test jantı 267.000 cycle da kaynak bölgesinden çatladığı görülmüş ve test sonlandırılmıştır.

3.6. TÜV SUD Almanya’da Doğrulama Testlerinin Yapılması

Aynı partiden üretilmiş olan jantlardan, TÜV SUD e gönderilen jantlar da yorulma testine tabi tutulmuş ve orada da test jantları yapılan yorulma testini geçmiştir.

TÜV SUD ten bir adet jantın kırılıncaya kadar test yapılması istenmiştir. TÜV SUD de kırılıncaya kadar yapılan yorulma testinde, test jantı 269000 cycle da

kaynak bölgesinden kırıldığı bilgisi Münih teki TÜV SÜD de yapılan toplantıda bildirilmiştir.

Böylece yorulma test makinasının bağımsız dış test firması tarafından doğrulaması yapılmıştır. Yapılan testte ait TÜV SÜD raporu EK 3,4,5,6,7 de verilmiştir.

4. SONUÇ

Yapılan bu çalışmada,

1- Yorulma test makinasının

- Tasarımı,
- Üretilmesi,
- Kalibrasyonu,
- Makinanın temelinin tasarımı ve hazırlanması
- Makinanın yerine montajlanması ve devreye alınması
- Geçerlilik testlerinin yapılması

Faaliyetleri gerçekleştirilmiştir.

2- Test için 10 adet 22,5x9,00 (900286 kodlu jant) ebatlı test jantları aynı kalite malzemeden aynı proseslerden, aynı kaynak makinesinden, aynı kaynak teli ile aynı parametrelerden geçirilmiş ve kataforez kaplanmıştır. Bunlardan 3 adeti arka arkasına yorulma test makinasına bağlanmıştır.

Tasarlanan yorulma test makinasında 900286 kodlu jant yorulma testi yapılmış olup jant yorulma testini tamamladığında her hangi bir yerinden kırılma veya deformasyona uğramamıştır. Test jantı yorulma testini başarı ile geçmiştir. Makina yorulma testinde istenen performansı göstermiş ve test boyunca yükleri stabil tutabilmiş ve istenen kontrol cycle larında durmuş ve tekrar çalışmış ,ilgili uyarıları yerinde ve zamanında vermiştir.

3- Test Jantların dan bir tanesi 250000 cycle dan sonra yorulma testine devam ettirilmiş ve Test jantı 267.000 cycle da kaynak bölgesinden çatladığı görülmüş ve test sonlandırılmıştır.

4- Bir jantın kırılıncaya kadar test edilmesi TÜV SUD den de istenmiş ve oradaki jantında 269.000 cycle da kaynak bölgesinden kırıldığı bilgisi Münih teki TUV SUD de yapılan toplantıda bildirilmiştir.

5- Yorulma test makinesi ile yapılan test sonuçları ile bağımsız test kuruluşu olan TÜV de yapılan yorulma testlerinden elde edilen sonuçlarla kıyaslandığında;

Aynı partiden üretilmiş ve aynı proseslerden geçmiş jantların yorulma test leri sonucundaki kırılma cycleları bir birine çok yakın olup (test makinası=267.000/Tuv=269.000) ,ürettiğimiz makinamızın geçerliği bağımsız kuruluş tarafından onaylanmış olduğu söylene bilir.

6- Teze konu olan yorulma test makinası ülkemizde yapılmıyordu. Avrupada yapan firmadan alınan teklifte 249.000 USD olan viraj yorulma test makinası, 67.250 USD ye yaptırılmıştır. Ülke ekonomimize ve JANTSA ya 182.000 USD tasarruf etmesi sağlanmıştır.

7- Yorulma test makinası % 27 lik maliyetle (67250/249000) üretilmiş olup, proje hedefi olan 1/3 hedefine ulaşılmıştır (EK 8).

KAYNAKLAR

1. Akil, Y. Tekerleğin Bulunuşu, Aralık2013, Erişim [http://yunusakil.weebly.com/ tekerle287in-bulunu351u-ve-uygarl305287a-katk305s305.html]
2. TS4364 –Haziran 1992-Karayolu taşıtları-Çelik Jantlar
3. Kaya, N. 2010.“AISI 304 Paslanmaz çelik ile genel yapı çeliğinin sürtünme kaynak kabiliyetinin araştırılması”. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
4. Kınıkoğlu, N.G.2001. “Malzeme Bilimi ve Mühendisliği”. Yıldız Teknik Üniversitesi Yayını,65, İstanbul.
5. Onaran, K . 2006. “ Malzeme Bilimi”, Bilim Teknik Yayınevi, 383, İstanbul.
6. İnternet, Türkiye Çelik Üreticileri derneği, Erişim[http://celik.org.tr/tcud-basin-bulteni-2016].
7. Bülbül , A..2014. “İş Makinalarının Jantlarında Statik Yaşlanmanın Etkisinin Araştırılması .Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, 127, Karabük.
8. Kazdal, Z. H . 2007.“Demir ve Çelik Malzemelerin Mikro Yapısı”, TÜBİTAK MAM Eğitim Notları, 118, Gebze.
9. Askeland , D.R.. 2000.“Malzeme Bilimi ve Mühendislik Malzemeler”, Çev: Erdoğan,M., Nobel Yayıncılık, 60, Ankara.
10. BS EN, “General rules and rules for buildings”, British Standard Institution, 71,London.
- 11.Steel Orbis, Çelik denklik tablosu, 2017, Erişim [http://tr.steelorbis.com/endeks-arsiv/celik-kalite-denkligi]

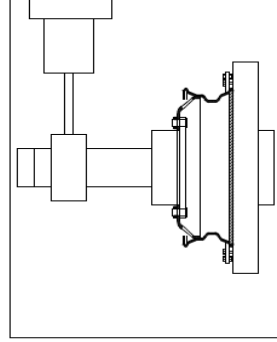
12. KAYA, M T. 2016. SAE 4140 (42CrMo4) Islah Çeliğinin Bileşik Gerilmeli Yorulma Davranışının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, 100, Bozok Üniversitesi, Yozgat.
13. Yazıcı, Halit, "Periyodik Yükleme ve Yorulma Ders Notları ", DEU Müh.Fak, İzmir
14. Tim,T, Yorulma Deneyi,2017, Erişim [<http://mekaniktestler.blogspot.com.tr/p/darbe-testi.html>]
15. Alsaran, A. Yorulma Hasarı hasar Analizi.2017.Erzurum Ataturk Üniversitesi. Erişim [<http://akgunalsaran.com/doc/hasar-analizi-03-yorulma-9421.pdf>].
16. Temiz,V. Makine Elemanlarının sürekli mukavemete Göre Hesabı, 2017, Erişim[<http://web.itu.edu.tr/temizv/Sunular/Yorulma.pdf>].
17. Teknolojik araştırmalar dergisi, e-eğitim, 2014, Afyon Kocatepe Üniversitesi, "Teknolojik Araştırmalar", Erişim [http://eegitim.teknolojikarastirmalar.com/mekanik_deneyler/yorulma.htm]
18. Mutiara, Nata Abadi. WP 140 Fatigue Testing Machine, Erişim [<http://www.mutiaranata.com/product/detail/wp-140-fatigue-testing-machine.>].
19. Sangone,K. Method For Rotary Bending Fatigue Tests Of Metallic Materials, Erişim [<http://kstestmc.blogspot.com.tr/p/fatigue-test.html>].
20. Systems Integrators, LLC, Fatigue Testing – Sheet & Plate Bending (Flexural Fatigue), The VSS-40H,2017,Erişim [<http://syintegrators.com/sheet-plate-bending/>].
21. ASTM E 1942 – 98, Standard Guide for Evaluating Data Acquisition Systems Used in Cyclic Fatigue and Fracture Mechanics Testing1, ASTM International, United States of America, 2004.
22. ASTM E 467 – 98a, Standard Practice for Verification of Constant Amplitude Dynamic Forces in an Axial Fatigue Testing System1, ASTM International, USA, 2004.

23. Gharagozlu, Y, MT Serisi Düşük Kapasite Burma Test Cihazları, Erişim [<http://www.instron.com.tr/tr-tr/products/testing-systems/torsion-systems.>]
24. Şahin , Ş. 2007. Hafif Alaşımli Jantların Köşeleme Dayanımının Tahmini, Y. Lisans tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 65, Sakarya
25. EUWA ES 3.11, Test Requirements for Truck Steel Wheels, 2008, Association of European Wheel Manufacturers, Technical Specifications, Erişim [[www.EUWA .org](http://www.EUWA.org)]
26. Ercan , S. 2011. Ticari Taşıtlarda Kullanılan Jantlarda Dinamik İşletim Yüğü Altında Oluşan Yorulma Ömrünün Bilgisayar Destekli Belirlenmesi , Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Makina Mühendisliği Bölümü, Konstrüksiyon – İmalat Anabilim Dalı, 58, İzmir
27. Ergün, A., Basınç Gerilme Transdüserleri, Erişim [<http://kisi.deu.edu.tr//asli.ergun/4-Basinc%20Transduserleri.pdf>]
28. Tallafus, T. 2017. Kişisel görüşme. TÜV SÜD Service and Testing Center, TÜV SÜD, Münih, Almanya. E-posta: <http://www.tuev-sued.de>


EKLER

Ek 1: 900286 Jantına Ait Viraj Yorulma Test Raporu


| JANT VIRAJ YORULMA TEST RAPORU WHEEL CORNERING FATIGUE TEST REPORT | | TEST NO | 170225 | |
|---|-------------------------------------|--|--|-------------------------------------|
| | | TARİH DATE | 25.02.2017 | |
| JANT EBADI WHEEL SIZE | 22,5x9,00 | FİRMA CUSTOMER | JANTSA | |
| JANT KODU WHEEL CODE | 900286 | EGME MOMENTİ (%) BENDING MOMENT | 75 | |
| ÖLÇÜLECEK KISIM MEASUREMENTS | STANDARD STANDARD MEASUREMENT | TEST ÖNCESİ OBSERVATION BEFORE THE TEST | TEST SONRASI OBSERVATION AFTER THE TEST | |
| 1 DİSK KALINLIĞI DISC THICKNESS | 14±0,5 | 14 | 14 | |
| 2 KASNAK KALINLIĞI RIM THICKNESS | 6,7±0,3 | 6,7 | 6,7 | |
| 3 BİJON EKSEN ÇAPI P.C.D. | 335±0,3 | 335,1 | 335,1 | |
| 4 BİJON DELİK ÇAPI STUD HOLE DIAMETER | 26+1 | 26,4 | 26,4 | |
| 5 SALGI MAX EXCENTRICITY | MAX 1.5 | 1 | 1 | |
| 6 DİSK MALZEMESİ DISC MATERIAL | ERD | 3949 | 3949 | |
| 7 KASNAK MALZEMESİ RIM MATERIAL | ERD | 3944 | 3944 | |
| 8 OFFSET (mm) OFFSET | 0,175±0,3 | 0,175 | 0,175 | |
| UYGULANAN TEST ŞARTLARI (APPLICATION CONDITIONS) EUWA ES 3.11 | | | | |
| TAŞIMA KAPASİTESİ LOADING CAPACITY | 4000 | TEST YÜKÜ (Kg) TEST LOAD | 4351 | |
| JANT DEVİRİ (d / dak) TYRE CYCLE (c / min) | | TEST AÇISI TEST ANGLE | 90 | |
| İSTENEN ÖMÜR (Devir) REQUIRED CYCLE | 250000 | TEST BASINCI (Bar) TEST PRESSURE | | |
| SIKMA TORKU (Nm) TIGHTEN MOMENT | 610 | TEST FAKTÖRÜ TEST FACTOR | 2 | |
| OFFSET | 0,175 | TEST HIZI (Km / h) TEST SPEED | 60 | |
| SÜRTÜNME KATSAYISI COEFFICIENT OF FRICTION | 0,7 | JANTIN YÜKLEME KAPASİTESİ (kgf.m) LOAD RATING OF THE WHEEL Mb=%75 | 3316 | |
| DİNAMİK YÜKLÜ YARIÇAP DYNAMIC ROLLING RADIUS | 0,527 | | | |
| İNCELEME / INSPECTION DATA | | | | |
| TARİH DATE | DEVİR CYCLES | HAVA BASINCI INFLATION (psi) | TORK TORQUE (ft-lbs) | GÖZLEMLER REMARKS |
| 24,02,2017 | 50.000 | | 610 | ÇATLAK YOKTUR,TORK KONTROLÜ YAPILDI |
| 24,02,2017 | 100.000 | | 610 | ÇATLAK YOKTUR,TORK KONTROLÜ YAPILDI |
| 24,02,2017 | 150.000 | | 610 | ÇATLAK YOKTUR,TORK KONTROLÜ YAPILDI |
| 25,02,2017 | 200.000 | | 610 | ÇATLAK YOKTUR,TORK KONTROLÜ YAPILDI |
| 25,02,2017 | 250.000 | | 610 | ÇATLAK YOKTUR,TORK KONTROLÜ YAPILDI |
| SONUÇ TEST RESULTS | | Yapılan cornering yorulma testi sonucunda jant üzerinde yapılan incelemede herhangi bir çatlak veya kırık tespit edilmemiştir.900286 kodlu jant EUWA ES 3.11 e göre yorulma testini başarı ile geçmiştir | | |



Ek 2: 900286 Jantına Ait Viraj Yorulma Test Sonuç Raporu

| | | | |
|---|--|---------------------|------------|
|  | 90 ° VİRAJ YORMA TESTİ RAPORU 90 ° CORNERING FATIGUE TEST REPORT | TEST NO | 170225 |
| | | Tarih Date | 25,02,2017 |
| KAMYON ÇELİK JANTLARI İÇİN YORMA TESTİ (VİRAJ YORMA TESTİ 90°) CORNERING FATIGUE TESTS OF TRUCK STEEL WHEELS, (M=%75Mbmax) | | Müşteri Customer | JANTSA |
| Ruhsat sahibi ve imalatçı Applicant and manufacturer | Jantsa Jant Sanayi ve Tic. A.Ş. Umurlu Organize Sanayi Sitesi 9630 Umurlu-AYDIN/TURKEY | | |
| Tasarım Design | | | |
| Jant Tipi Wheel Type | 900286 | | |
| Jant Ebadı Wheel Size | 22,5x9,00 | | |
| Bijon delik Eksen Çapı ve Adedi Pitch Circle Diameter Of Mounting Holes | 335±0,3 | | |
| Disk Kalınlığı Disc Thickness | 14±0,5 | | |
| Jant Ağırlığı Mass Of Wheel | 42,7 | | |
| İzin Verilen Max. Jant Yüğü Max. Permissible Wheel Load(N) | 39240 | | |
| Lastik Tirtil Çevresi Tire-Tread Circumference | 3290(12 R 22,5) | | |
| II. Kuvvet Testi | | | |
| II. Strength Test | | | |
| II. 1. Viraj Yorma Testi | | | |
| II. 1. Rotational Bending Fatigue Test | | | |
| Jantın Yükleme Kapasitesi Fv Load Rating Of The Wheel(N) | 39240 | | |
| Jantın Test Yüğü Test Load Of The Wheel(N) | 42685 | | |
| Sürtünme Katsayısı Coefficient Of Friction | 0,7 | | |
| Dinamik Yüklü Yarıçap Dynamic Rolling Radius | 0,527 | | |
| Offset Offset | 0,175 | | |
| Test Faktörü Accelerated Test Factor | 2 | | |
| Sıkma Torku Tightening Torque | 610 | | |
| Sürüş Dönme Sayısı Cycle | 250000 | | |
| Hesaplanan Max. Test Momenti Calculated Max. Test Moment(Nm) | 42685 | | |
| Uygulanan Max. Test Momenti Mb=%75 Used Max. Test Moment(Nm) | 32014 | | |
| Sonuç Test Result | Yapılan cornering yorulma testi sonucunda jant üzerinde yapılan incelemede herhangi bir çatlak veya kırık tespit edilmemiştir.900286 kodlu jant EUWA ES 3.11 e göre yorulma testini başarı ile geçmiştir | | |

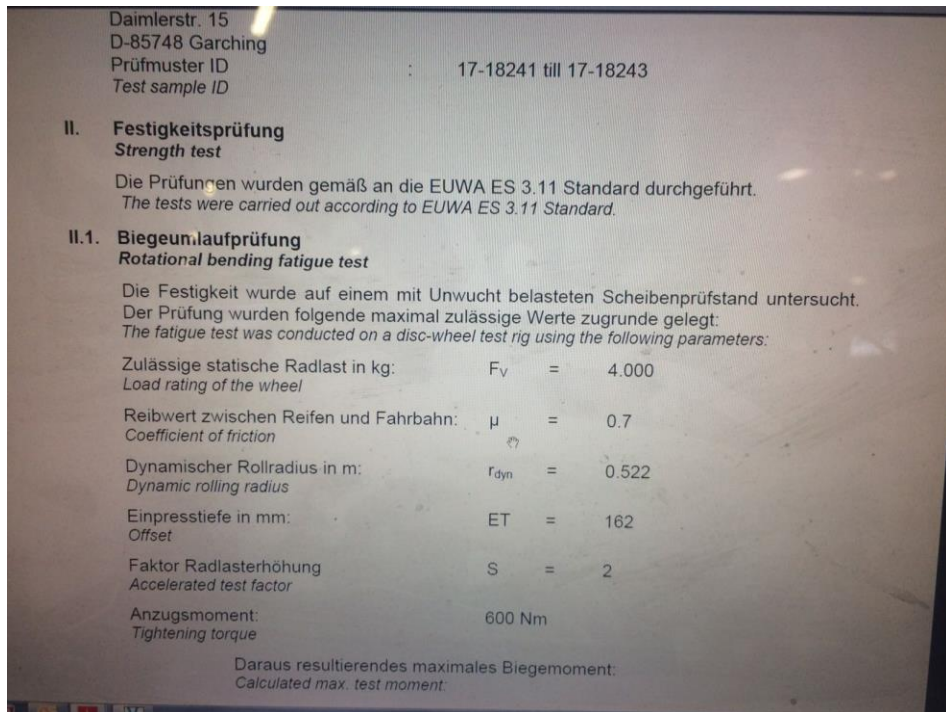
Ek 3: TÜV 900286 Jantina Ait Viraj Yorulma Test Sonuç Raporu 1

| | | |
|--|---|---|
| Laborbericht <i>Laboratory Report</i> über durchgeführte Festigkeitsprüfungen <i>about operational stability of</i> an Lkw-Stahlrädern <i>truck steel wheels</i> (Prüfbericht Nr. 713102053-00) <i>(report number)</i> | |  Product Service Choose certainty. Add value. |
| Garching, 2017-03-14 Unit: PS-RRTW/CAR Page 1 of 3 | | |
| Hersteller <i>Manufacturer</i> | : | Jant Sanayi ve Ticaret A.Ş. Organize Sanayi Bölgesi 09630 Umurlu Aydın TÜRKIYE |
| Art <i>Design</i> | : | 1-teiliges Stahlrad für Nutzfahrzeuge, Kraftomnibusse und Anhänger <i>One-Piece steel wheel for trucks, busses and trailers</i> |
| Teilenummer <i>Part number</i> | : | 170641 1D und 170631 1 D |

Ek 4: TÜV 900286 Jantına Ait Viraj Yorulma Test Sonuç Raporu 2

| | | |
|--|---|--|
| Hersteller <i>Manufacturer</i> | : | Jant Sanayi ve Ticaret A.Ş. Organize Sanayi Bölgesi 09630 Umurlu Aydın TÜRKİYE |
| Art <i>Design</i> | : | 1-teiliges Stahlrad für Nutzfahrzeuge, Kraftomnibusse und Anhänger <i>One-Piece steel wheel for trucks, buses and trailers</i> |
| Teilenummer <i>Part number</i> | : | 170641 1D und 170631 1 D |
| Radgröße <i>Wheel size</i> | : | 9,00 x 22,5 |
| Einpresstiefe <i>Inset</i> | : | 162 mm |
| Halber Mittenabstand <i>Half dual space</i> | : | 175 mm |
| Befestigungslochkreis / - zahl <i>Pitch circle diameter of mounting holes</i> | : | 335 / 10 |
| Max. zulässige Radlast <i>Max. permissible wheel load</i> | : | 4.000 kg |
| Max zulässiger Abrollumfang <i>Tire-tread circumference</i> | : | 3,281,2 mm (315/80 R 22.5) |
| Radgewicht <i>Mass of wheel</i> | : | 42,66 – 42,72 kg |

Ek 5: TÜV 900286 Jantina Ait Viraj Yorulma Test Sonuç Raporu 3



Ek 6: TÜV 900286 Jantına Ait Viraj Yorulma Test Sonuç Raporu 4

Accelerated test factor

Anzugsmoment: 600 Nm
Tightening torque

Daraus resultierendes maximales Biegemoment:
Calculated max. test moment:

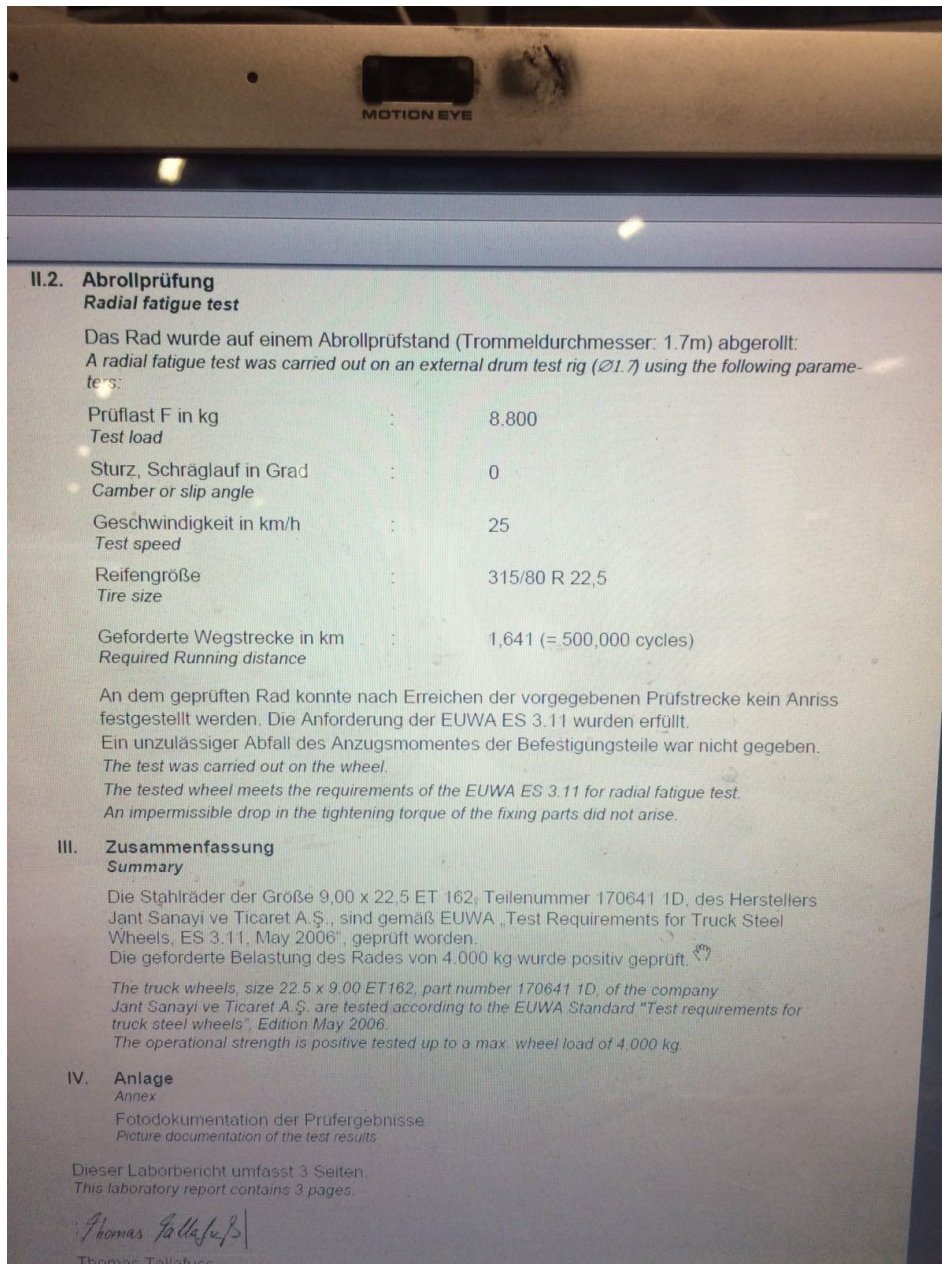
$$M_{bmax} = S * F_v * (\mu * r_{dyn} + ET); \quad M_{bmax} = 42.687 \text{ Nm}$$

Prüfergebnis:
Test result:


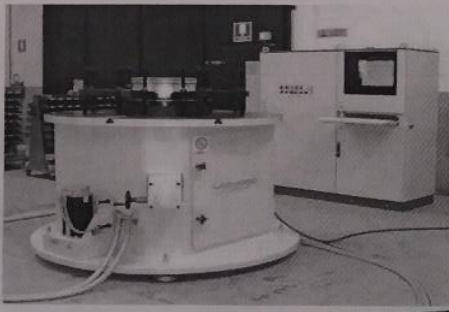
| Prüfmuster Test ID | Biegemoment Test load | Soll-Lastspiele Required cycle | Ist-Lastspiele Tested cycle | Bemerkung Remark |
|-----------------------|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 17-18241 | 32.015 Nm | 250.000 | 250.000 | Ohne Anrisse Without cracks |
| 17-18242 | 21.343 Nm | 2.000.000 | 2.000.000 | Ohne Anrisse Without cracks |

Ein unzulässiger Abfall des Anzugmoments der Befestigungsteile war nicht gegeben.
On fixing parts impermissible drop of tightening torque did not occur.

Ek 7: TÜV 900286 Jantina Ait Viraj Yorulma Test Sonuç Raporu 5



Ek 8: Teklifler sayfası

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|------------------------------|------------------|-----------------|-------|--------|------------|-------------|-------|-----------|------------|------------|--|--|-------|-------|------------|------------|
| | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Adını</td> <td style="width: 25%;">Leonardo</td> <td style="width: 25%;">190.000 EUR</td> <td style="width: 25%;">200.000 USD</td> </tr> <tr> <td>Adını</td> <td>Makina</td> <td>21.620 EUR</td> <td>249.000 USD</td> </tr> <tr> <td>Adını</td> <td>Dongguang</td> <td>57.000 EUR</td> <td>67.250 USD</td> </tr> </table> | Adını | Leonardo | 190.000 EUR | 200.000 USD | Adını | Makina | 21.620 EUR | 249.000 USD | Adını | Dongguang | 57.000 EUR | 67.250 USD | | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Sınır</td> <td style="width: 25%;">Janta</td> <td style="width: 25%;">18.12.2014</td> <td style="width: 25%;">18.12.2014</td> </tr> </table> | Sınır | Janta | 18.12.2014 | 18.12.2014 |
| Adını | Leonardo | 190.000 EUR | 200.000 USD | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Adını | Makina | 21.620 EUR | 249.000 USD | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Adını | Dongguang | 57.000 EUR | 67.250 USD | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sınır | Janta | 18.12.2014 | 18.12.2014 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dongguan Lixian Instrument Scientific Co.,Ltd Shanghai Hengzhun Instrument Scientific Co.,Ltd | | Date 2014-12-26 Valid date 45 days | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Quotation Sheet | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Supplier | Dongguan Lixian Instrument Scientific Co.,Ltd | Buyer | Jantsa | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Address | Xinhe Management of Area,Wanjiang District,Dongguan City,Guangdong Province | Address | Turkey | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tel/Fax | 0769-23388229/0769-23388227 | Tel/Fax | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Contact | Richard Lee +86-13711888650 | Contact | mehmet bulut | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E-mail | sales1@hengzhunx.com | E-mail | bulutmehmet09@outlook.com.tr | | | | | | | | | | | | | | | | |
| No. | Item name | Picture | Quantity | USD Price | Delivery | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | HZ-1341 TB Wheel Cornering Fatigue Test Machine |  | 1 set | 65,000 | 90 days | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Freight charge by sea | | | 2,250 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Technical Parameter: | | | | 67,250 | | | | | | | | | | | | | | | |
| HZ-1341 TB Wheel Cornering Fatigue Test Machine | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Offer no. 384 / 2014</p> <p>Object: Rotate Bending Test Machines for truck and agricultural wheels</p> <p>Dear Sirs,</p> <p>further to your kind request, which we would like to thank you for, we are pleased to express for you hereby our proposal for what mentioned on reference.</p> <p>1. Purpose and performances of the machine:</p> <p>The machine we are pleased to propose you is a machine for rotary bending tests of wheels.</p> <p>This machine is suitable to be placed into a test laboratory and can test wheels for cars, motor bikes, industrial vehicles.</p> <p>5 different models are available, according to the different loads to apply to test the wheels. Especially the 80 KNm max bending moment is suggested for truck wheels, while the 105 KNm and the 140 KNm are both OK for agricultural, O.T.R. and construction equipment wheels.</p> <div style="text-align: center;">  </div> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Levent KORAN

Doğum Yeri ve Tarihi :16/10/1974

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi,
Makine öğretmenliği, Talaşlı Üretim Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi, Mühendislik
Fakültesi, Makine Mühendisliği Yüksek lisans Programı

Yabancı Diller : ----

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

A) Bildiriler

İLETİŞİM

E-Posta Adresi : leventkoran@hotmail.com

Tarih :11/07/2017