

T.C.
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

PROJE ÇALIŞMASI

Konu : DÖNEL EĞMELİ KOROZYONLU YORULMA DENEY DÜZENEGİ

HAZIRLAYANLAR

364900 Görkem Can GÖK

364902 Turap ASLANER

DANIŞMANI

Prof. Dr. Murat AYDIN

Ocak 2021

ÖNSÖZ

Bugünlere gelmemizi sağlayan ve her zaman yanımızda olan ailemize ve bu çalışmanın yürütülmesi sırasında desteğini ve bilgi birikimini esirgemeyen tez danışman hocamız Sayın Prof. Dr. Murat AYDIN'a teşekkürü bir borç bilir kendisine sonsuz sevgi ve saygılarımızı sunarız.

Görkem Can GÖK

Turap ASLANER

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
ŞEKİL LİSTESİ	V
İMGELER VE KISALTMALAR	VI
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
1.GİRİŞ	1
1.1 Gerilme Yoğunlaşması	1
1.2 Yüzey Durumu	1
1.3 Çentik Hassasiyeti	2
1.4 Çevre	2
1.5 Sıcaklık	2
1.6 Yapısal Değişiklik	2
1.7 Korozyon	4
1.8 Kavitasyon	6
2.YORULMA MAKİNALARI	7
2.1 Döner Mil Deneyi Düzenegi	7
2.2 Konsol Kiriş Titreşimi Deney Düzenegi	8
2.3 Tekrarlanan Eğilme (Repeated Bending) Deney Düzenegi	9
2.4 Dört Noktadan Eğilmeli Yorulma Deney Düzenegi	10
2.5 Sürtünme Yorulma Deney Düzenegi	10

2.6 Servo-Hidrolik Tek Eksenli Test Makinası	11
2.7 Mekanik Osilatör	14
3.DÖNEL EĞMELİ KOROZYONLU YORULMA DENEY DÜZENEĞİ TASARIMI	
3.1 Veriler	15
3.2 Mühendislik Hesapları	15
3.2.1 Döndürme Momenti	15
3.2.2 Motor Seçimi	15
3.2.3 Motor Mili İçin Kama Boyutları	15
3.2.4 Kardan Kavraması Perno Hesabı	18
3.2.5 Pens Mili ve Kardan Bağlantısı İçin Kama Uzunluğu	20
3.2.6 Kardan Kavramasının Ağırlık Hesabı	20
3.2.7 Ağırlık Kolu için Mukavemet Hesabı	21
3.2.8 Yük Kolu İçin Çap Hesabı	23
3.2.9 Sistemi Moment Hesabı	23
3.2.9.1 Pens Miline Moment Hesabı	24
3.2.9.2 Pens Mili Çap Hesabı	24
3.2.9.2.1 Kontrol Hesabı	25
3.2.10 Dengeleme Ağırlıklarının Hesabı	27
3.2.10.1 Yük Kolu Ağırlığı	27
3.2.10.2 Numune Ağırlığı	27
3.2.10.3 Askı Kollarının Ağırlığı	28
3.2.10.4 Dengeleme Kütlesi	28
3.2.10.5 Dengeleme Ağırlığının Boyutları	29

3.2.11 Rulman Hesabı	29
3.2.11.1 A Yatağı İçin Rulman Seçimi	30
4.KOROZYON TERTİBATI	32
5.MALİYET HESABI	33
6.KAYNAKLAR	33

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. Yorulma Sonucunda Kopmuş Bir Numune	4
Şekil 2. Korozyon Mekanizması	5
Şekil 3. Korozyon Hücresi	6
Şekil 4. Kavitasyon Sonuçları	6
Şekil 5. Döner Mil Yorulma Makinası Şematik Gösterimi	7
Şekil 6. Konsol Kiriş Titreşimi Deney Düzeneği	8
Şekil 7. Tekrarlanan Eğilme Deney Düzeneği	9
Şekil 8. Dört Noktadan Eğilmeli Yorulma Deneyi Şematik Gösterimi	10
Şekil 9. Düşey Eş Eksenli Sürtünme-Yorulma Test Aparatının Genel Görüntüsünün Şematik Gösterimi	11
Şekil 10. Sürtünme-Yorulma Test Aparatı	12
Şekil 11. Sürtme Yorulma Test Donanımı	13
Şekil 12. Sürtme Yorulma Test Donanımı Şematik Gösterimi	13
Şekil 13. Düzlemsel Eğme Gerilmesi Uygulayan “Sonntag” modeli Yorulma Deneyi Cihazı Şeması	14

İMGELER VE KISALTMALAR

- σ : Gerilme
- σ_{ak} : Akma gerilmesi
- ε : Gerinim
- τ : Kayma Gerilmesi
- μ : Sürtünme Katsayısı
- E : Elastiklik Modülü
- ε_{def} : Deformasyon Hızı
- ε : Birim Şekil Değiştirme Miktarı
- n : Deformasyon Sertleşmesi Üssü
- T : Malzeme Sıcaklığı
- T_e : Malzemenin Mutlak Ergime Sıcaklığı
- t_0 : Sac Levha Kalınlığı
- σ_{max} : Maksimum Gerilme
- σ_{min} : Minimum Gerilme
- ε^n : n Pekleşme katsayısı
- σ_{ζ} : Çekme Dayanımı
- σ_a : Akma Dayanımı

ÖZET

Bu deneyde, metalik malzemelerde yorulma dayanımının belirlenmesini göstermek amaçlanmıştır. Wöhler diyagramının hazırlanması, bu diyagramda, farklı cins malzemelerin yorulma dayanımlarının karşılaştırılması, korozyon etkisi, çentik etkisi ve yüzey pürüzlülüğü gibi yorulma dayanımı üzerindeki önemli parametrelerin etkileri kavratılmaya çalışılmıştır.

Döndürme-eğme tipi yorulma deney düzeneğinde, numune bir ucundan tutturulup, diğer ucuna kuvvet uygulanarak döndürülür. Böylece, silindirik numune üzerinde bir değişken eğilme gerilmesi meydana getirilir ve yorulma sonucunda numunenin kopması beklenir. Bu amaçla geliştirilen deney düzeneğinin elemanları ; bunlar, numune tutucu, elektrik motoru, yükleme tertibatı,sayaç,fiberglas kap,hareketli rulmanlı yatak, kardan kavraması, eğme ağırlıkları ve deney numunesinden ibarettir.

Anahtar Kelimeler : Korozyonlu yorulma deney düzeneği, yorulma deneyi, Wöhler diyagramı, dönel eğmeli yorulma deney düzeneği.

SUMMARY

In this experiment, the fatigue strength of metallic materials is intended to Show identification. Preparation of Wöhler diagram, the diagram comparison of different species of fatigue strength of materials, such as surface roughness of the notch effect and tried to understand, the effects of important parameters on the fatigue strength.

Rotating-bending fatigue test assembly type, by holding one end of the sample, is rotated by applying a force to the other end. Thus, a variable bending stress and are formed on a cylindrical sample of the sample as a result of fatigue breakage is expected. Elements of the experimental apparatus developed for his purpose, these are the sample holder, the electric motor, loading device, counter, fiberglass cap, moving roller bearings, cardan joint, bending test sample consists of weights and.

Keywords : Corrosion fatigue test rig, fatigue test, Wöhler diagram, assembly fatigue tests.

1.Giriş

Bazı makina parçaları ve yapı elemanları tekrarlı yükler altında çalışırlar. Statik mukavemet değerlerinden daha düşük seviyelerdeki tekrarlı gerilmelere maruz kalan parçalarda zamanla çatlama ve kırılma şeklinde hasarlar meydana gelir. Genel anlamda, tekrarlı yüklere maruz kalan malzemelerde zamanla meydana gelen hasara veya hasar meydana gelmesi olayına yorulma denir.

Yorulma, uygulamalarda çok sık rastlanan bir hasar mekanizmasıdır. Nitekim makina elemanlarında meydana gelen hasarların yaklaşık yüzde sekseni yorulmadan kaynaklanır. Yorulmaya neden olan tekrarlı yük veya gerilmeler aksenal, kayma, eğilme ve burulma yüklerinden birinin veya bir kaçının birlikte etkimesi ile oluşabilir.

Miller, yataklar, cıvatalar, yaylar, dişliler, türbin kanatları, motor parçaları ve raylı sistem tekerlekleri tekrarlı gerilmeler altında çalışırlar. Bu nedenle bu sistem elemanlarının tasarımında dikkate alınması gereken önemli parametrelerden biri de yorulmadır. Tekrarlı veya dinamik yük altında çalışan parçaların yorulma davranışları hakkında doğru bilgi edinebilmek için bu parçaların ya gerçek kullanım şartlarına ya da bu şartlara yakın çalışma koşulları altında deneye tabi tutulmaları gerekir. Çalışan parçaların yorulma performansını pek çok parametre etkiler.

1.1 Gerilme Yoğunlaşması

Kesit üzerindeki çentikler, delikler veya keskin köşeler yorulma dayanımını büyük miktarda düşürür. Tasarımda gerilme artırıcı bölgeler ortadan kaldırılarak yorulma kopması ihtimali azaltılabilir.

1.2 Yüzey Durumu

Genel olarak, metal numunenin yüzey düzgünlüğü arttıkça yorulma dayanımı da artar. Kaba yüzeyler yorulma çatlak oluşumunu kolaylaştıran gerilme yükseltici bölgeler meydana getirir.

Yorulma kopmalarının çoğu metal yüzeyinde başladığından, yüzey durumundaki her değişiklik metalin yorulma ömrünü de etkileyecektir.Örneğin çeliklere uygulanan karbürleme veya nitrürleme gibi yüzey sertleştirme işlemleri yorulma ömrünü artırmaktadır. Öte yandan, çelik yüzeyini yumuşatan karbon giderme ısıl işlemi yorulma ömrünü düşürmektedir. Metal yüzeyinde artık basma gerilmesi yaratan bir uygulama yorulma ömrünü artırmaktadır.

1.3 Çentik Hassasiyeti

Gerilime maruz malzemede yorulma çatlakları gerilmenin maksimum olduğu yüzeyde başlar. Yüzeydeki herhangi bir tasarım veya üretim hatası gerilmeleri yoğunlaştırır ve yorulma çatlaklarının oluşmasını teşvik eder. Yorulmadan dolayı kopma ihtimalini en aza indirmek için, bazen oldukça iyi parlatılmış yüzeyler hazırlanır.

1.4 Çevre

Metalin çevrimli gerilmelere uğradığı ortam yenimli ise, kimyasal etki yorulma çatlaklarının ilerleme hızını büyük miktarda artırır. Bir metali yenimin ve çevrimli gerilmenin birlikte etkilemesi durumuna yenimli yorulma adı verilir. Yorulma çatlakları, korozif olmayan bir ortamına göre daha az sayıda tekrar sonucu oluşur.

1.5 Sıcaklık

Sıcaklık yorulma direncini etkiler. Malzemenin sıcaklığı yükseldiğinde dayanım düşer ve bunun sonucu olarak yorulma ömrü ve yorulma sınırı azalır.

1.6 Yapısal Değişiklik

Çevrimli gerilmeler uygulanan sünek bir benzeşik metal numunede yorulma sürecinde bazı temel yapısal değişiklikler meydana gelir.

Çatlak başlaması : Yorulma hasarı işlemi, çatlak başlangıçları için çekirdeklenme alanları gibi rol oynayan numunenin içindeki en zayıf bağlantılar olan süreksizlikleri kullanır.

Kayma kuşağı çatlağı büyümesi : Çatlak başlamasının nedeni, yoğruk şekil değiştirmenin tam geri dönüşümlü bir süreç olmamasıdır. Bir yönde ve daha sonra diğer yönde tekrar eden yoğruk şekil değiştirmeler metal numunenin yüzeyinde kayma kuşağı çıkıntıları ve kayma kuşağı girintilerinin oluşmasına ve aynı zamanda kalıcı kayma kuşakları üzerinde hasarların meydana gelmesine yol açar.

Kalıcı kayma kuşakları üzerindeki yüzey düzensizlikleri ve hasarlar, yüzeyde veya yüzey yakınlarında çatlakların oluşmasına neden olur. Bu çatlaklar, yüksek kesme gerilmelerine maruz kalan numunelerde numune içine ilerler. Bu durum yorulma çatlağı büyümesinde birinci basamak diye adlandırılır ve bu basamakta çatlak büyüme hızı genellikle çok düşüktür.

Yüksek çekme gerilmeli düzlemler üzerinde çatlak büyümesi : İlk aşamada çok kristalli bir metaldeki çatlak, yönünü numunedeki en büyük çekme gerilmesi yönünde dik bir yöne çevirmeden önce sadece birkaç tane boyu ilerler. Bu safhadan sonra başlayan çatlak büyümesinin ikinci aşamasında iyice belirginleşen çatlak nispeten hızlı ilerler ve çatlak ilerledikçe metal numunenin kesiti üzerinde yorulma çizgileri oluşur. Yorulma kopması çözümlenirken, yorulma çatlağı başlangıcını ve yönünü belirlemede bu çizgilerden yararlanır.

Sünek Kopma : Sonunda, çatlak çok geniş bir alanı kaplayıp yüzeyin geri kalan kısmı uygulanan yükü taşıyamaz hale gelince numune sünek olarak kopar (Şekil 1).



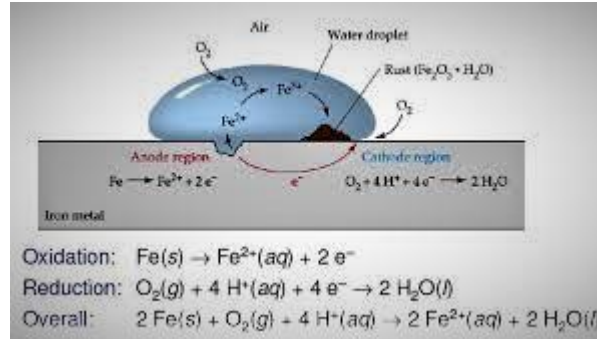
Şekil 1. Yorulma sonucunda kopmuş bir numune.

1.7 Korozyon

Metallerin hemen hemen hepsi doğada bileşik halinde bulunur. Bu bileşiklerden ilave malzeme, enerji, emek ve bilgi kullanmak suretiyle metal veya alaşım üretilir. Üretilen metal ve alaşımlar ise tekrar kararlı durumları olan bileşik haline dönme eğilimi gösterirler. Bu nedenle metaller içinde buldukları ortamın elemanları ile reaksiyona girerek önce iyonik duruma, sonra da ortamdaki başka elementlerle birleşerek bileşik haline dönmeye çalışırlar. Bu reaksiyonlar sonucunda da metaller kimyasal değişime veya bozunuma uğrarlar. Bir başka deyişle metallerin fiziksel, kimyasal, mekanik ve elektriksel özelliklerinde istenmeyen bazı değişimler meydana gelir. Bu değişimler metal malzemelerden üretilen parçaların kullanılmaz hale gelmesine yol açabilir. Bu nedenle hem metal malzemelerin bozunma reaksiyonuna hem de bu reaksiyonun neden olduğu zarara korozyon adı verilir. Genel anlamda ise, ortamın kimyasal ve elektrokimyasal etkilerinden dolayı metal malzemelerde bozunum veya hasar meydana gelmesi olayına veya meydana gelen hasara korozyon denir.

Korozyon, esasında metal malzemelerin içinde buldukları ortamla reaksiyona girmeleri sonucunda dışarıdan enerji vermeye gerek olmadan doğal olarak meydana gelir. İçinde su bulunan ortamlarda meydana gelen korozyona “sulu ortam korozyonu” denir. Atmosferde, toprak altında, suda ve her türlü sulu kimyasal madde içerisinde meydana gelen korozyon buna örnek olarak gösterilebilir. Suyun kararlı olmadığı yüksek sıcaklıklarda, metallerin gazlarla kimyasal reaksiyona girmeleri sonucunda meydana gelen korozyona ise “kuru korozyon” veya “yüksek sıcaklık korozyonu” denir. Kazanların alevle veya sıcak gazlarla temas eden bölgelerinde meydana gelen korozyon da bu tip korozyona örnek gösterilebilir. Yalnız sulu ortamdaki metallerin yüzeylerinde değil, atmosfere maruz kalan veya toprak altında bulunan metallerin yüzeylerinde de her zaman su veya farklı kalınlıkta su filmi bulunur. Hava ve onun bir bileşeni olan oksijen gazı, atmosferle temas eden her çeşit su içerisinde belirli oranlarda çözünür. Su içinde çözünen oksijen gazı metal yüzeyinde redüklenerek yani elektron alarak iyonik hale dönmeye meyleder.

Eğer redüksiyon (indirgenme) için gerekli elektronlar metal tarafından sağlanırsa, elektronlarını oksijene vererek oksitlenen metalin atomları iyon haline geçer ve sonuçta metal kimyasal değişime uğrar.

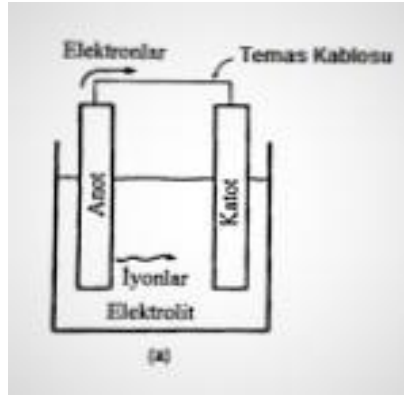


Şekil 2. Korozyon mekanizması

Sulu ortamlarda elektron verme (oksidasyon) ve elektron alma (redüksiyon) şeklinde meydana gelen reaksiyonlara “elektrokimyasal reaksiyonlar” denir.

Su içinde, atmosferde ve toprak altında meydana gelen bütün korozyon reaksiyonları elektrokimyasal reaksiyonlardır. Korozyon olayı Şekil 3’de görülen korozyon hücresi yardımıyla daha iyi açıklanabilir. Korozyonun meydana gelebilmesi için korozyon hücresi çevriminin kesintisiz çalışması gerekir.

Bu çalışma durumu anotta meydana gelen kimyasal değişim sonucunda oluşan metal iyonlarının çözeltiye geçmesi sırasında açığa çıkan elektronların, elektronik bir iletken vasıtasıyla katoda taşınmalarıyla gerçekleşir. Metallerde elektronlar elektrik akımına ters yönde hareket eder. Akım, birim zamanda hareket eden elektronların bir ölçüsü olduğu için aynı zamanda anotta meydana gelen kimyasal değişimin de miktarını gösterir. Katot yüzeyinde harcanan elektronlar, oksijenin (O_2) hidroksil (OH) iyonu haline dönüşmesine neden olur. İyonların sulu çözelti içerisindeki hareketi sayesinde anot ile katot arasında elektrik akımı meydana gelir. Pozitif yüklü iyonlar katoda, negatif yüklü iyonlar ise anoda giderler.



Şekil 3. Korozyon Hücresi

1.8 Kaviteasyon

Sıvı içinde malzeme yüzeyine yakın yerlerde oluşan korozyon türüdür. Akış esnasında bazı noktalardaki basınç değişimi nedeniyle su buharlaşarak kabarcıklar oluşturur. Bu buhar kabarcıkları, yüzeyin pürüzlü bir noktasına temas ettiğinde patlayarak, malzemede hasar oluşturur. Kaviteasyonda hem ortam, hem de korozyona uğrayan malzeme hareketlidir. Özellikle su türbinleri, pompa kanatları ve gemi pervanelerinde görülür.



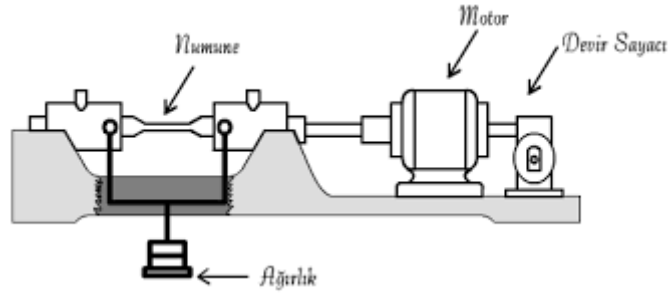
Şekil 4. Kaviteasyon sonuçları

2. YORULMA MAKİNALARI

Günümüzde kullanılan yorulma deney makinaları , çekme, çekme-basma, çevresel eğme, ileri-geri eğme ve burma yanında bileşik zorlamaları da mümkün kılmaktadır. Bu makinaların deney frekansları, yapılarına bağlı olarak 500-15000 d/d (8-250 Hz) arasındadır. Aşağıda değişik tip yorulma makinalarından bahsedilecektir.

2.1 Döner Mil Deney Düzenegi

Yorulma testleri, malzemelerin yorulma özelliklerini belirlemek amacıyla genellikle basit numunelerle yapılır. Küçük boyuttaki numunelerin kullanıldığı en yaygın yorulma deneyi, dönerken birbiri arkasına, eşit genlikte çekme ve basma gerilmelerine uğradığı dönel mil deneyidir. Dönme sırasında sıfır değerindeki ortalama gerilme etrafında titreşen, değişen eğme gerilmeleri meydana gelir. Aynı malzemeden yapılmış ve aynı yön işlemlerden geçmiş birçok numune, gittikçe azalan gerilme genliği (J_a) etkisinde kopmaya kadar muayene edilir ve kopma için gerekli yük tekrar sayısı tespit edilir. Devir sayısı 1000 d/d ile 10000 d/d arasındadır (1 devir = 1 yük tekrarı). Sınır yük tekrar sayısı NG'ye erişen numuneler artık kopmazlar ve muayeneden çıkartılırlar.



Şekil 5. Döner Mil Yorulma Makinasının Şematik Gösterimi

R.R. Moore tarafından geliştirilen bu sistemde, iki milin uçlarına rijit olarak yerleştirilen numune sadece eğilmeye maruz kalmaktadır. Dönme esnasında üst kısmı daima basıya, alt kısmı da daima çekiye çalışan numune yüzeyinin her noktasında sinüzoidal değişen bir gerilme doğar. Yükleme statik olduğundan sabit bir yükleme yapılabilir ve ortalama gerilme sıfırdır.

2.2 Konsol Kiriş Titreşimi Deney Düzenegi

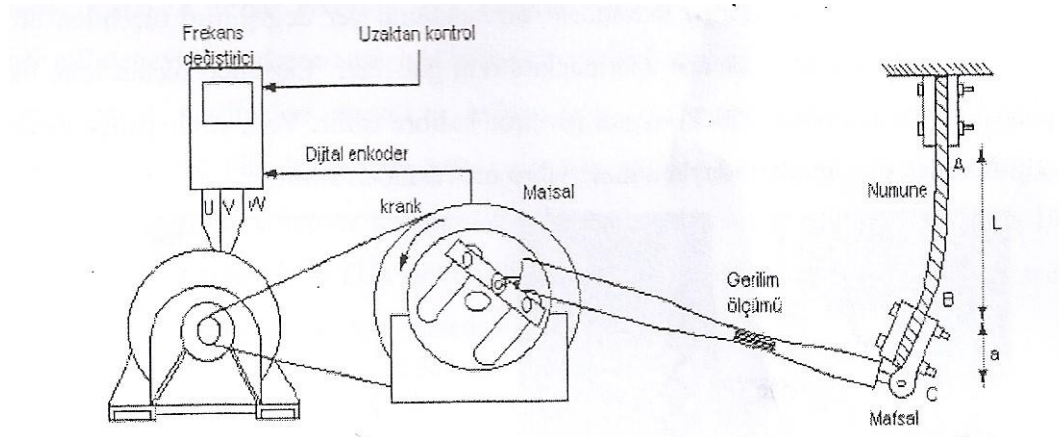
Test numunesi elektrodinamik sarsak kullanılarak titreşim kafasına bir konsol kiriş olarak bağlanır. Kullanılan ölçüm aletleri, sarsak giriş kuvvetini kontrol eden bir hız ölçgeği, hızı veya numune üzerindeki bir noktanın yer değişimini ölçebilen bir lazer vibro metresi ve test numunesi üzerindeki strain gaugedir. Lazerden ölçüm için, ilk önce plakanın yorulma bölgesindeki uygun gerilme kalibre edilir. Veri, strain gauge ve numune çeşitli sarsak güç ayarlarındayken lazer vibro metresinden alınır.



Şekil 6. Konsol Kiriş Titreşimi Deney Düzenegi

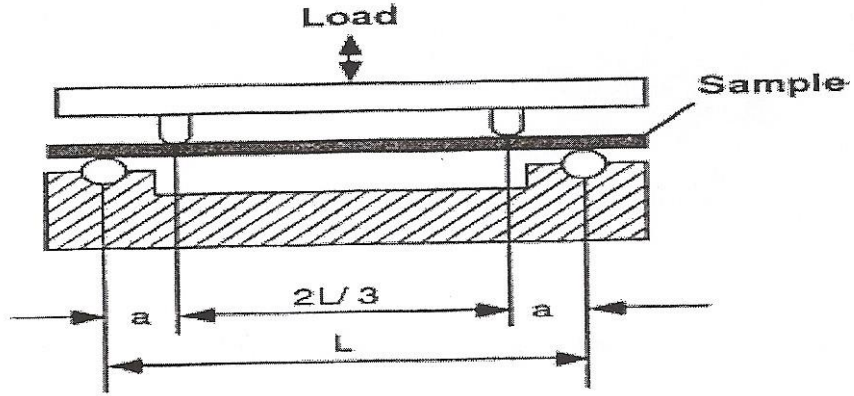
2.3 Tekrarlanan Eğilme (Repeated Bending) Deney Düzenegi

Eğilme yorulma deneyleri daha karmaşık ve bu yüzden daha gerçeğe uygun durumlarda sınırlı elemanı test etmeye izin verdiği için tercih edilir. Makinaya sabit olarak bağlanan numunenin bir ucuna krank veya eksantriğe bağlı bir kol yardımıyla değişken yükleme yapılır. Numunenin değişik şekillerde olabilmesi, döner mil deneyine göre önemli bir avantaj sağlar. Böylece düz metaller ve değişik kesite sahip çubuklar denenebilir. Yüzeyle temizlemesi de şart olmadığından numunelerin servis sırasında kullanılan doğal halleriyle denenmesi mümkündür. Eksantirik mile bağlı kolun uzunluğunun ayarlanmasıyla sabit ve alternatif yüklerin çeşitli kombinasyonları uygulanabilir.



Şekil 7. Tekrarlanan Eğilme Deney Düzeneginin Şematik Gösterimi

2.4 Dört Noktadan Eğilmeli Yorulma Deney Düzeneği



Şekil 8. Dört noktadan eğilmeli yorulma deneyinin şematik gösterimi. $L = 50\text{mm}$, numune genişliği $b=4\text{mm}$, kalınlık $h=1,6\text{mm}$

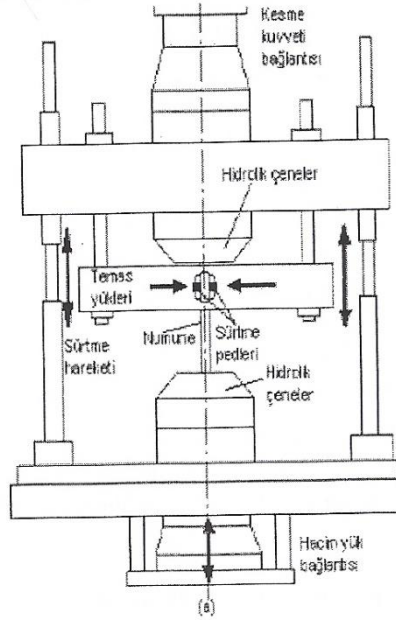
Sabit genlikli, bilgisayar kontrollü test, yükleme frekansı (f) 30 Hz ve minimum yükün maksimum yüke oranı ($R=J_{\min}/J_{\max}$) 0.1 şeklinde yapılmaktadır. Bütün yorulma bilgileri bilgisayar tarafından toplanmaktadır. Maksimum gerilme numunenin alt yüzeyinde oluşur. Ve $J_{\max}=a.P/(b.h^2)$ formülüne göre hesaplanır.

Burada (a) yükleme noktasının mesnetten uzaklığı, (b) numune genişliği ve (h) da numune kalınlığıdır.

2.5 Sürtünme Yorulma Deney Düzeneği

Sürtünme yorulması, pratikte gaz türbinlerindeki fan kanatçıkları ile merkezi disk arasındaki kırılmaç kuyruğu bağlantılarında ve kamalı millerdeki kama bağlantılarında meydana gelir. Burada tamamen veya yaklaşık temas sağlayan pedlerin kullanımıyla düşey eş eksenli servo-hidrolik sürtünme-yorulma test makinası tanımlanmıştır.

Bu temaslar ya kararlı kısmi kayma sistemi açık olmadığından ya da çok dar kayma bandındaki sürtünme katsayısının gelişimiyle eş eksenli temasın kısmi kayma problemlerinden dolayı yük kontrol altında yürütülen testlerde kendine özgü zorlukları da getirir. Bu yüzden testler yer değişimi kontrol altında uygulanır.

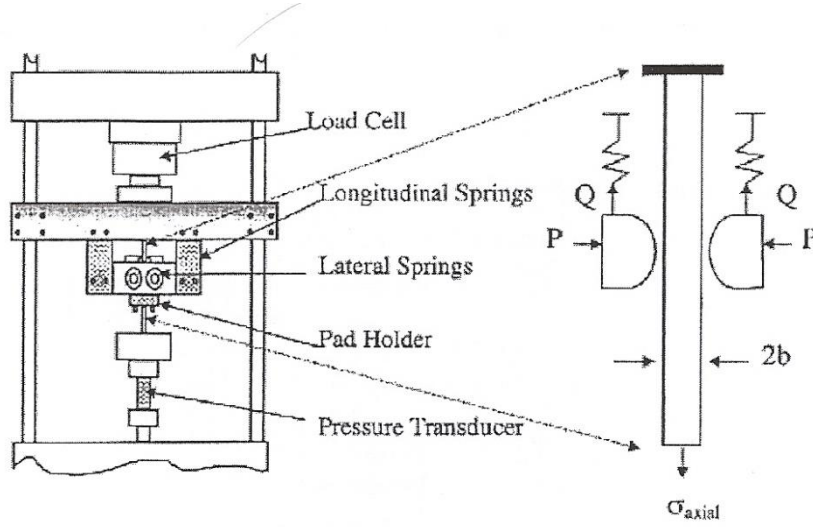


Şekil 9. Düşey eş eksenli sürtünme-yorulma test aparatının genel görüntüsünün şematik gösterimi.

2.6 Servo – Hidrolik Tek Eksenli Test Makinası

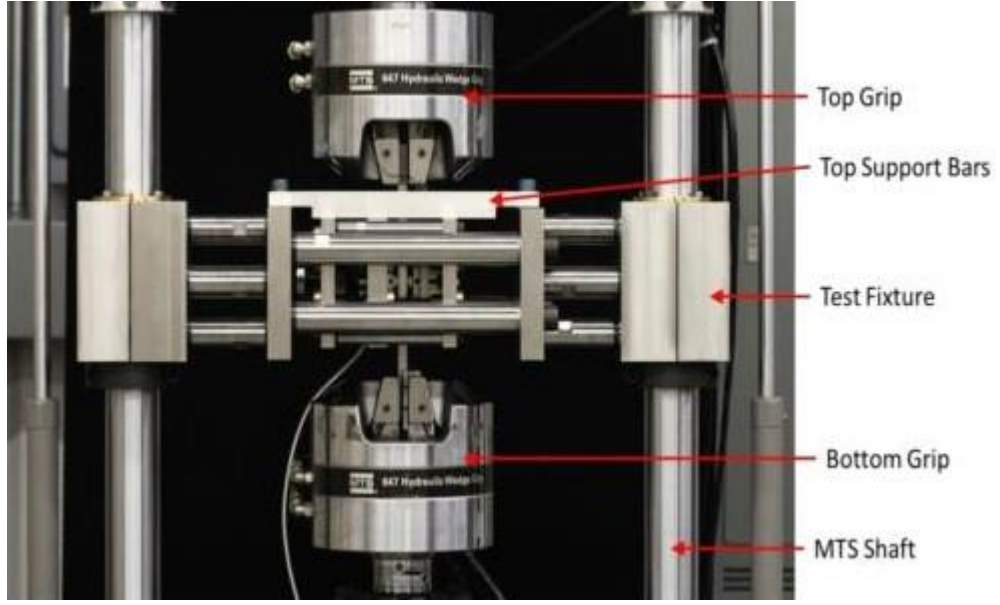
Bir başka sürtünme-yorulma test düzeneği de şekil 7’de görüldüğü gibi sürtme parçasıyla donatılmış servo-hidrolik tek eksenli test makinasıdır. Bu sistem, numune üzerinde sabit temas kuvveti P ’yi korurken sürtünme tamponları üzerinde tekrarlı eksenel gerilimi (J_{eksenel}) ve teğetsel gerilimi ($J_{\text{teğetsel}}$) uygulamayı mümkün kılar.

Uygulanan aksenal ve teğetsel yükler test makinasının üst çenesindeki yük ünitesi ve alt çenesindeki basınç değiştirici vasıtasıyla ölçülür. Temas kuvveti numunenin her iki tarafındaki yanal yaylar vasıtasıyla uygulanır ve sürtünme numunesinin her bir yanındaki basınç ölçme aletiyle ölçülür(Şekil 10).

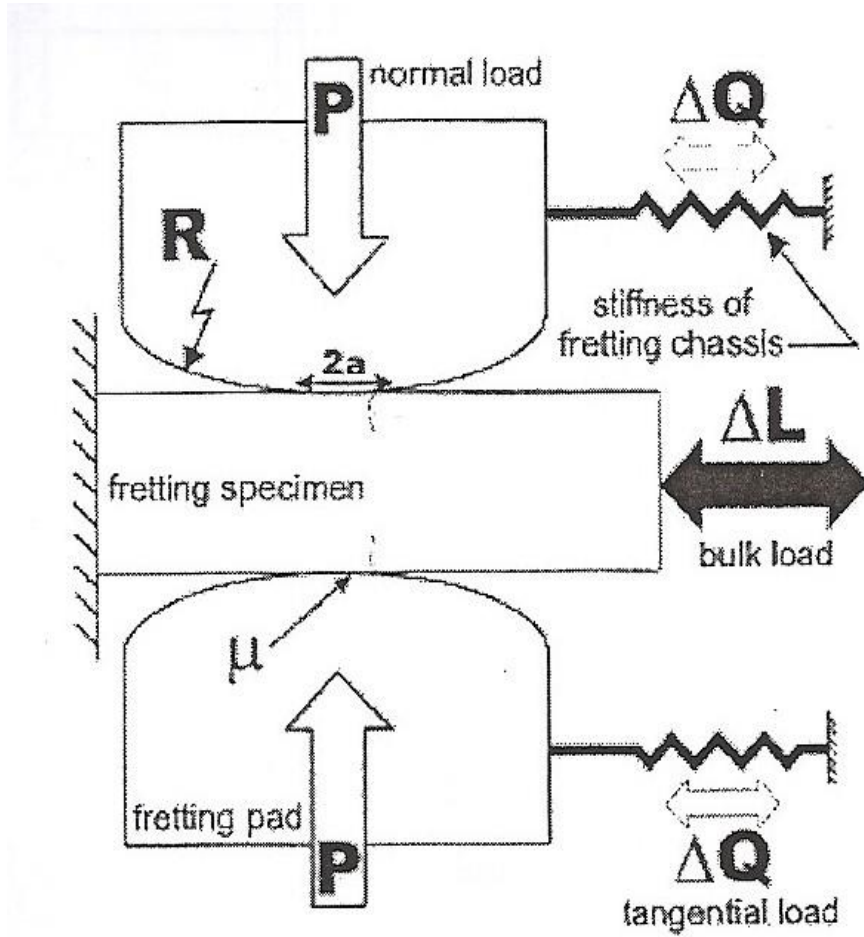


Şekil 10. Sürtünme – Yorulma test aparatı.

Pek çok sürtme yorulma test standardı, çoğunlukla düz numuneye karşı baskı uygulayan ped veya pedlerle tekrarlı teğetsel yük uygulamasını içerir. Pedlerin geometrisi sırasıyla küreselden silindirik ve düzlemsel değişebilir. Çoğu düzenlemede, salınlı burulma, eğilme veya aksenal yüklemenin etkisi altındaki numunede ilave bir tekrarlı hacim gerilimi oluşturulur. Silindirik veya düzlemsel numune yüzeyi arasında temas kurulduktan sonra, numunenin ucuna temas eden aksenal hacimsel yük uygulanmasıyla pedlerin üzerinde teğetsel kuvvet oluşturulur. Pedlere bağlı yay numuneye beraber pedin hareketine direnç gösterir.



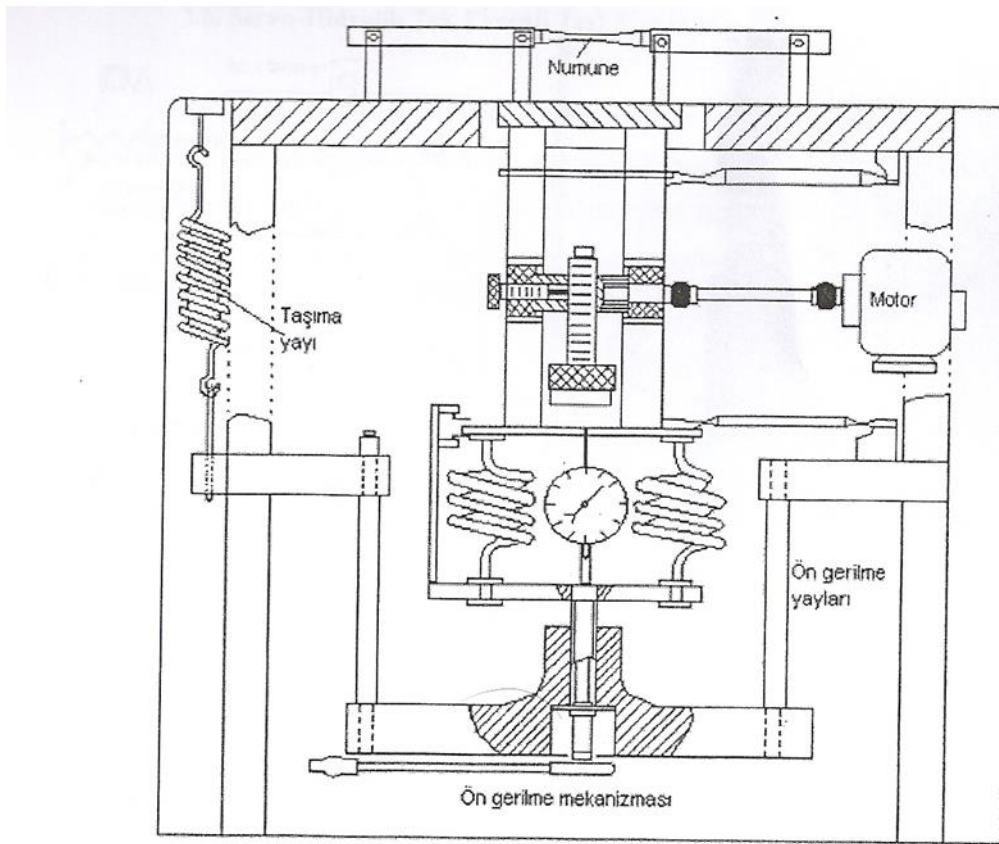
Şekil 11. Sürtme yorulma test donanımı.



Şekil 12. Sürtme Yorulma Test Donanımı Şematik Gösterimi.

2.7 Mekanik Osilatör

Yüklemeye, dönen bir eksantrik kütleyle yarattığı santrifüj kuvvetle yapılmaktadır. Numune, sabit bir dayanağa monte edilmekte ve yük, mekanik osilatörü taşıyan küçük bir platform yardımıyla uygulanmaktadır. Mekanik osilatörler araştırmalar için çok çeşitli imkanlar sağlamaktadırlar. Numuneye bir ön gerilme verilerek sabit ve alternatif yüklerin istenilen kombinasyonları uygulanabilir.



Şekil 13. Düzlemsel Eğme Gerilmesi Uygulayan "Sonntag" modeli yorulma deneyi cihazı şeması.

3.DÖNEL EĞMELİ KOROZYONLU YORULMA DENEY DÜZENEĞİ TASARIMI

3.1.Motor ve Numune Verileri

Güç	: P=1,1 [kW]
Devir sayısı	: n=3000 [d/dk]
Numune çapı	: d ₀ =10 [mm]
Numune boyu	: l ₀ =100 [mm]

3.2.Mühendislik Hesaplamaları

3.2.1.Döndürme Momenti

$$M_d = 9550 P/n$$

$$M_d = 9550 \cdot 1,1/3000$$

$$M_d = 3501 \text{ Nmm}$$

3.2.2.Motor Seçimi

Güç (P) , döndürme momenti (M_d) ve devir sayısı (n) gibi önemli parametreler kullanarak seçimin opsiyonel olması açısından 3 ayrı motor tipi belirlenmiştir.Bu motorlar ;

- 1) GAMAK Motor / C,AGM 80-4/1,1 kW/380 V üç fazlı asenkron motor
- 2) VOLT Motor / VM 90S /L1 kW/380 V üç fazlı asenkron AC motor
- 3) TESLA Motor / MS 90S-4 /1,1 kW/380 V üç fazlı asenkron AC motor

Bu üç motor arasından maliyet açısından ve motor verimliliği göz önüne alınarak GAMAK Motor seçilmiştir.

3.2.3.Motor Mili İçin Kama Boyutları

Parçalarda oluşacak ısı genleşmelerin dengeli olabilmesi için birbirlerine yakın ısı genleşme katsayılarına sahip malzemelerin kullanılmasına dikkat edildi.

Bu düşünceden yola çıkarak malzeme olarak St 37 seçildi.

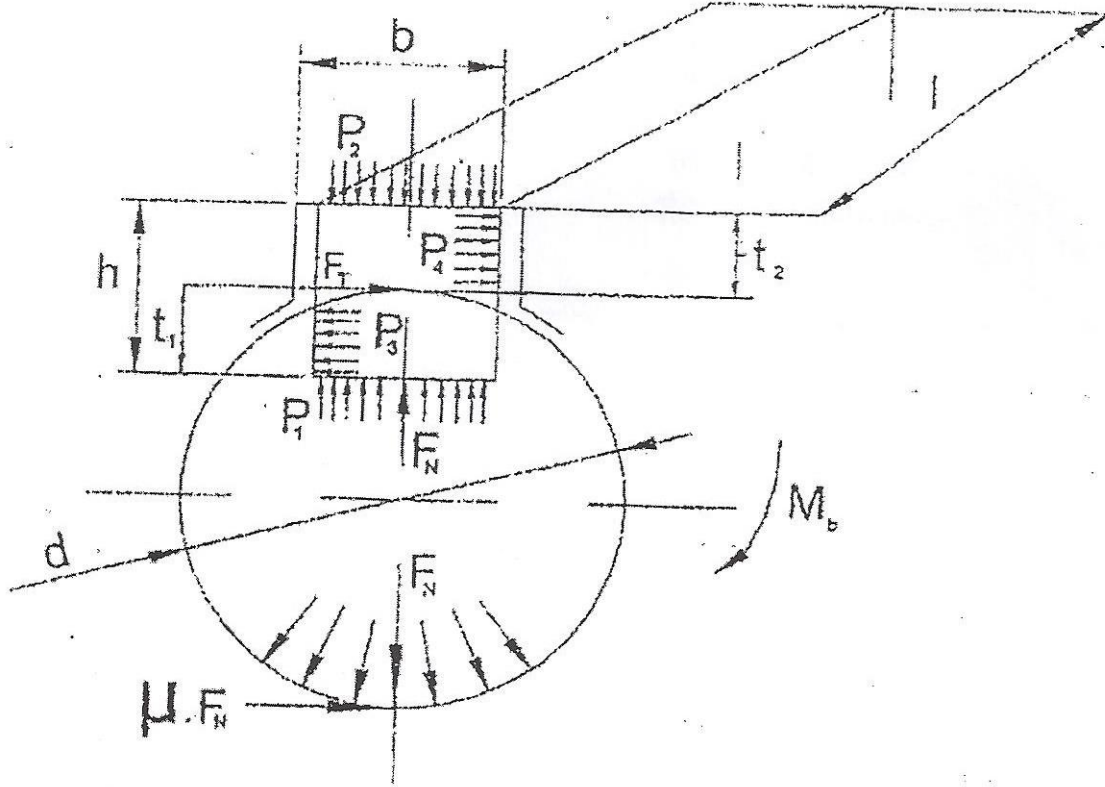
$$M_s = k \times M_d \text{ (k=3 olarak alındı) (} M_s \text{ : sürtünme momenti)}$$

Sürtünme yolu ile moment iletilebilmesi için;

$$M_s \geq M_d \text{ olmalıdır.}$$

$$M_s = 3 \times 3501 \text{ Nmm} = 10503 \text{ Nmm}$$

Birleştirmede paralel yüzlü (uygu) kama kullanılacaktır. Kamanın yerine konması için kuvvete gerek yoktur. Kamanın yan yüzeyleri ezilmeye ve b genişliği boyunca kama kesilmeye zorlanır.



Kamayı ezilmeye ve kesilmeye zorlayan kuvvet çevre kuvvetidir (F_t).

$$F_t = 2 \times (M_b/d)$$

$$F_t = 2 \times (10503/19)$$

$$F_t = 1105,579 \text{ N}$$

$d = 19 \text{ mm}$ için kama boyutları ; (Tablodan alındı)

$$b = 6 \text{ mm} , h = 6 \text{ mm} , t_1 = 3,5 \text{ mm} , t_2 = 2,8 \text{ mm} , l = 28 \text{ mm} , \eta = 0,1$$

Kama malzemesi olarak St37 seçildi.

$$\sigma_{ak} = 235 \text{ N/mm}^2 , c_{ak} = 140 \text{ N/mm}^2$$

Tablodan alınan kama boyutları ve malzemenin mukavemet değerlerine göre hesaplamalar yapılacaktır.

$$P_{em} = \sigma_{ak}/S \quad (P_{em}: \text{emniyet basıncı} , S : \text{emniyet katsayısı})$$

$$P_{em} = 235/5$$

$$P_{em} = 47 \text{ N/mm}^2$$

Kama göbek arasında ezilmeye karşı kontrolü ;

$$P = F_t / (t_2 \times l) \leq P_{em}$$

$$P = 1105,579 / (2,8 \times 28)$$

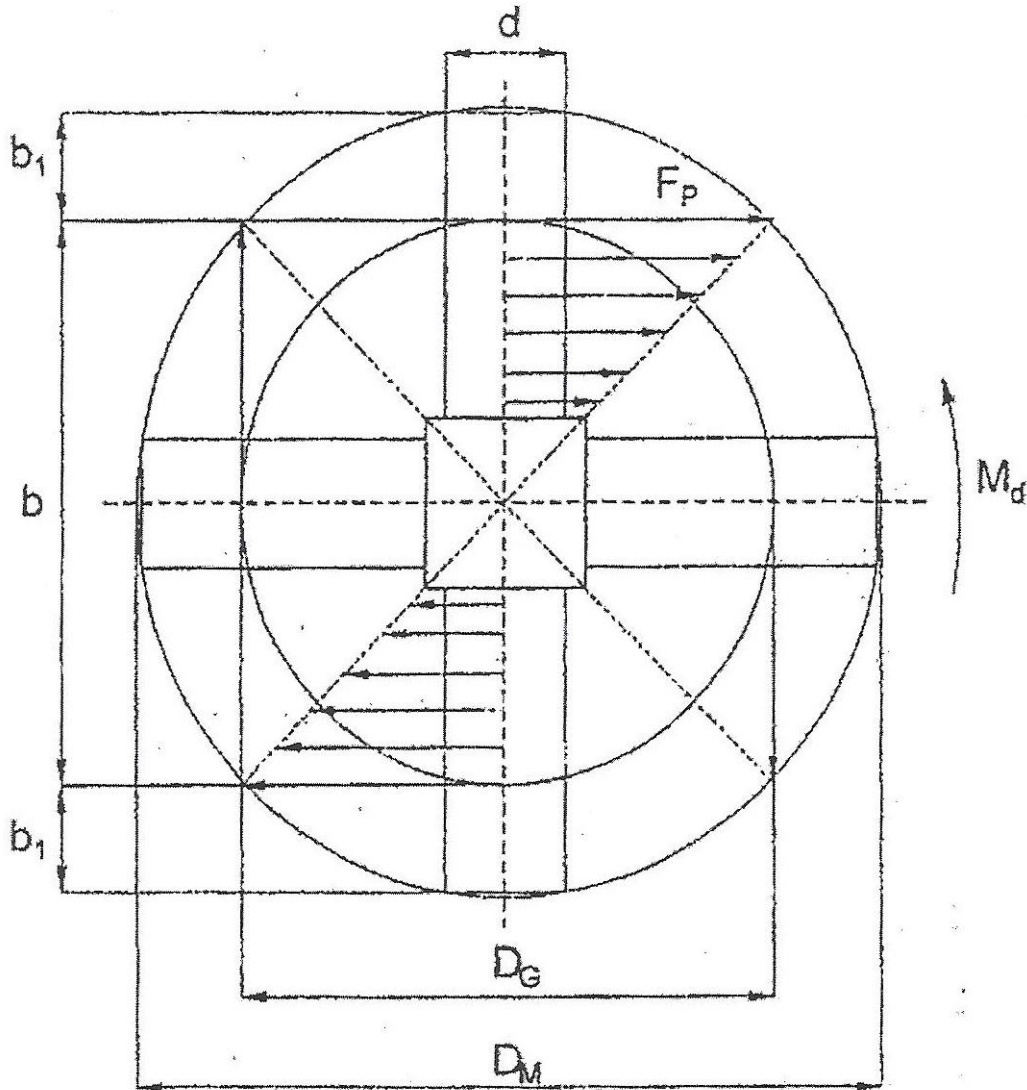
$P = 14,102 \text{ N/mm}^2 \leq 47 \text{ N/mm}^2$ olduğundan ezilmeye karşı emniyetlidir.

Kamanın kesilmeye karşı kontrolü ;

$$\tau = F_t / (b \times l) \leq \tau_{em} ; \tau_{em} = 140/5 = 28 \text{ N/mm}^2$$

$\tau = 1105,579 / (6 \times 28) = 6,58 \text{ N/mm}^2 \leq 28 \text{ N/mm}^2$ olduğundan kesilmeye karşı emniyetlidir.

3.2.4.Kardan Kavraması Perno Hesabı



F_p : Perno uçlarına etkiyen kuvvet

$$\sum M = 0 ;$$

$$M_d - 4 \times (F_p \times D_G / 2) = 0 ; M_d = 3501 \text{ N.mm}$$

$$D_G = 19 \text{ mm}$$

$$F_p = 92,13 \text{ N olarak bulundu.}$$

Perno malzemesi olarak St 37 seçildi.

$$\sigma_{ak} = 235 \text{ N/mm}^2$$

$$P_{em} = \sigma_{ak} / 5 = 47 \text{ N/mm}^2 \text{ olarak bulunur.}$$

Pernonun boyutlandırılması ;

$$b = (1,5 \div 1,7)d ; b = 1,5d$$

$$b_1 = 0,4d \text{ seçildi.}$$

$$P_1 = F_p / (2 \times b_1 \times d) \leq P_{em}$$

$$P_1 = 92,13 / (2 \times 0,4d \times d) \leq 48 \text{ N/mm}^2$$

$$d \geq 1,549 \text{ mm}$$

$$d = 15 \text{ mm seçildi.}$$

$$b = 22,5 \text{ mm ve } b_1 = 6 \text{ mm olarak bulundu.}$$

Pernonun kesilmeye göre kontrolü ;

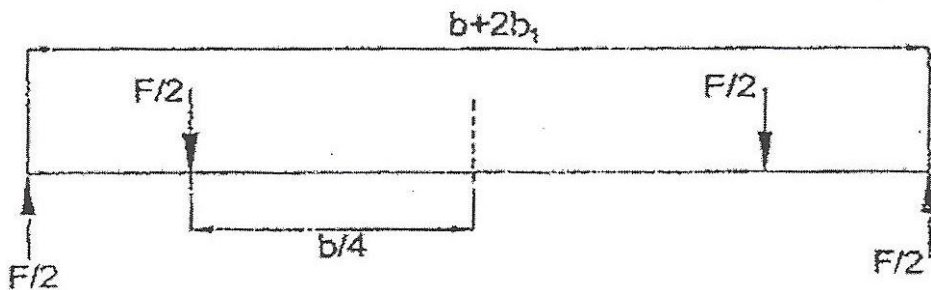
$$\tau_{ak} = 140 \text{ N/mm}^2 , \text{ emniyet katsayısı (S) = 5 olarak alındı.}$$

$$\tau_{em} = 140 / 5 = 28 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = F_p / (\pi \times d^2 / 4) \leq \tau_{em} ;$$

$$0,52 \text{ N/mm}^2 \leq 28 \text{ N/mm}^2 \text{ olduğundan perno kesilmeye karşı emniyetlidir.}$$

Pernonun sürekli mukavemet kontrolü ;



$$M_e = F_p \times ((2 \times b_1) + b) / 8$$

$$M_e = 92,13 \times ((2 \times 6) + 22,5) / 8$$

$$M_e = 397,31 \text{ N.mm}$$

$$\sigma_e = M_e / W_e ; W_e = \pi \times d^3 / 32$$

$$\sigma_e = 397,31 / (\pi \times 15^3 / 32)$$

$$\sigma_e = 1,199 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_v = (\sigma_e^2 + (3 \times \sigma_b^2))^{1/2} = 1,5 \text{ N/mm}^2 \leq 340 \text{ N/mm}^2 \text{ olduğundan perno emniyetlidir.}$$

3.2.5. Pens Mili ve Kardan Bağlantısı İçin Kama Uzunluğu

Kama malzemesi olarak St37 seçildi.

$$P_{em} = 48 \text{ N/mm}^2$$

$d = 15 \text{ mm}$ için kama boyutları

$$b = 15 \text{ mm} , h = 5 \text{ mm} , t_2 = 5 \text{ mm} , t_1 = 3 \text{ mm}$$

$P \leq P_{em}$ olduğundan emniyetlidir.

$d \leq l \leq 2d$ olduğundan kama uzunluğu 20 mm olarak alınmıştır.

3.2.6. Kardan Kavramasının Ağırlık Hesabı

$$l_k = 150 \text{ mm} \text{ ve } d = 19 \text{ mm}$$

$$V = (\pi \times d^2 / 4) \times l_k = \pi \times (0,019)^2 / 4 \times 0,15$$

$$V = 4,2529 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

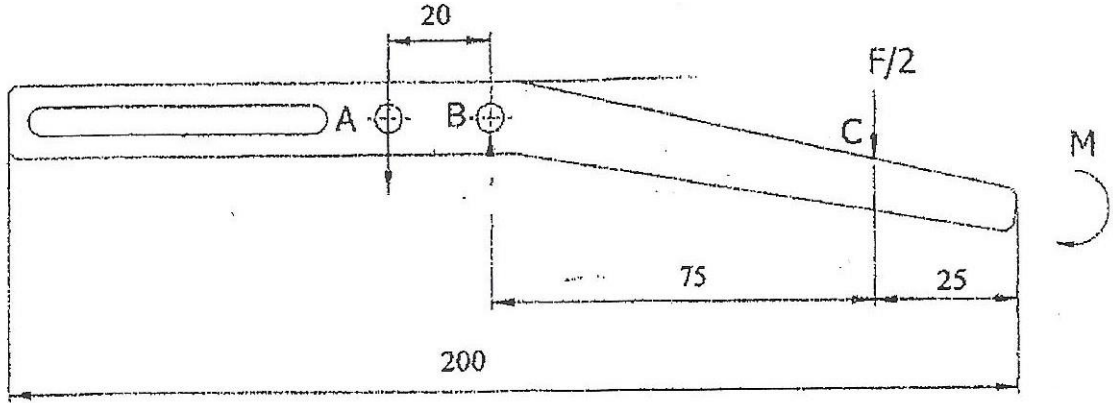
$$\text{St37 için yoğunluk} = 7750 \text{ kg/m}^3$$

$$m = \rho \times V = 0,329 \text{ kg}$$

kardan kavramasındaki parçaların ağırlığı $0,25 \text{ kg}$ olarak alındı.

$$m_T = 0,579 \text{ kg}$$

3.2.7. Ağırlık Kolu İçin Mukavemet Hesabı



$F_{\max} = 500 \text{ N}$ olarak seçilirse sistemde 2 adet kol bulunduğundan her bir kola gelen kuvvet ;

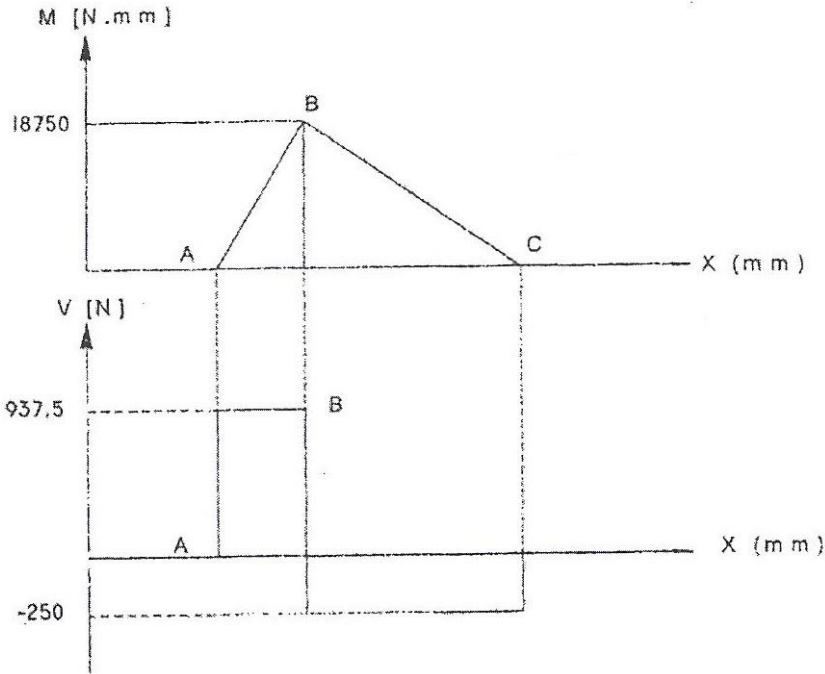
$$F_{\max} / 2 = 250 \text{ N}$$

$$\sum(M)_B = 0$$

$$((F/2) \times 75) - (F_A \times 20) = 0$$

$$F_A = 937,5 \text{ N}$$

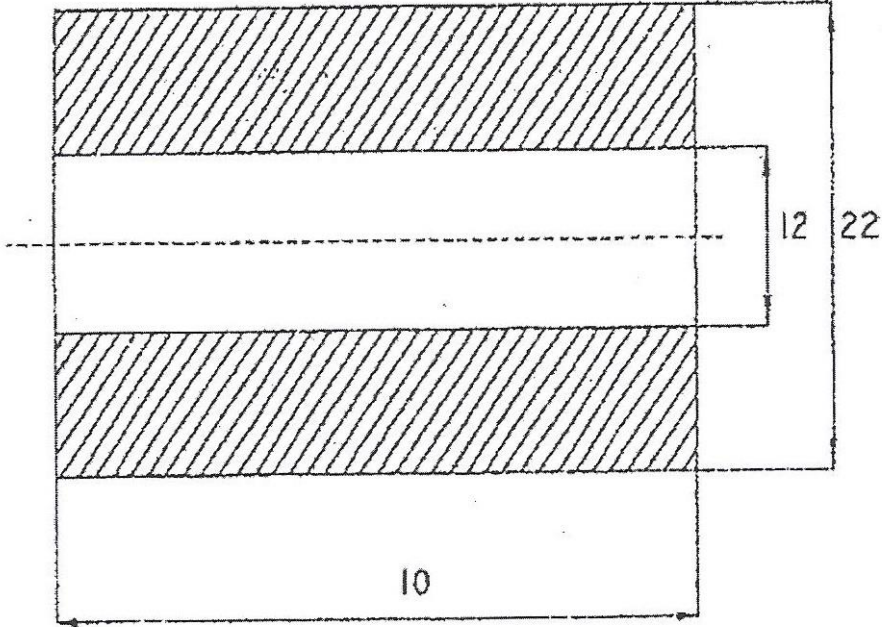
$$\sum(F)_y = 0 ; \quad F_B - F_A - (F/2) = 0 ; \quad F_B = 1187,5 \text{ N}$$



Kritik kesit için (B noktası)

A : Çubuk kesit alanı

$$A = (22 \times 10) - (12 \times 10) = 100 \text{ mm}^2$$



Kritik kesitteki kesme kuvveti $V=1187,5 \text{ N}$

$$\tau = V/A = 1187,5/100 = 11,875 \text{ N/mm}^2$$

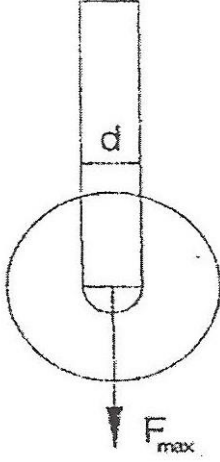
St37 malzemesi için ; $\tau_{em} = 14 \text{ N/mm}^2$

$\tau \leq \tau_{em}$ olduğundan emniyetlidir.

Kollara takılacak cıvatalar için M12 , $d = 12 \text{ mm}$

$$\tau = F/A = 1187,5/(\pi \times d^2/4) = 10,499 \text{ N/mm}^2 \leq \tau_{em} \text{ olduğundan emniyetlidir.}$$

3.2.8.Yük Kolu İçin Çap Hesabı



$$F_{max} = 500 \text{ N}$$

$$F/A \leq \sigma_e; F/(\pi \times d^2/4) = 500/(\pi \times d^2/4) \leq \sigma_e$$

$$\sigma_e = \sigma_{ak}/4 = 60 \text{ N/mm}^2$$

$$d \geq 3,25 \text{ mm}$$

$d = 10 \text{ mm}$ alındı . Yük kolunun uzunluğu $l = 50 \text{ mm}$ alındı.

3.2.9.Sistemin Moment Hesabı

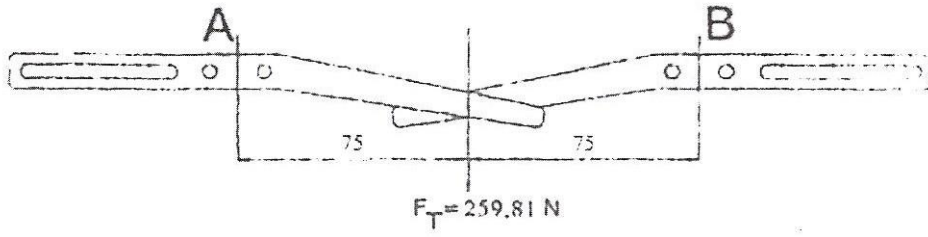
Sisteme etkiyen kuvvetler , sisteme askı kolundan gelen ağırlık ve sistemin çalışacağı yük etki etmektedir.

$$M_{askı} = 2\text{kg} \text{ ise } F = 2 \times 9,81 = 19,62 \text{ N}$$

$$F_{max} = 500 \text{ N}$$

Mekanizma da 2 adet askı kolu olduğundan yük yarıya düşer. F_{max}

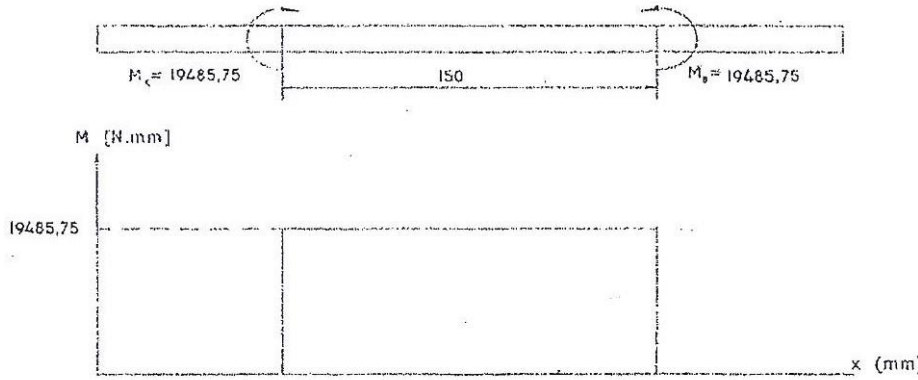
$$F_T = (F_{max} + (m_{askı} \times g)) / 2 = 259,81 \text{ N}$$



$$M_A = -F_T \times X_1 = (259,81 \text{ N}) \times (85 \text{ mm}) = -19485,75 \text{ Nmm}$$

$$M_B = F_T \times X_2 = (259,81 \text{ N}) \times (85 \text{ mm}) = 19485,75 \text{ Nmm}$$

3.2.9.1. Pens Miline Moment Hesabı



$$M_e = 19485,75 \text{ Nmm}$$

$$M_d = 9550 \text{ P/n} = 9550 \times 1,1 \text{ kW} / 3000 \text{ d/dk} = 3501 \text{ Nmm} = M_b$$

$$\sigma_e = M_e / W_b = 19485,75 / (\pi \times d^3 / 32) = 198480,22 / d^3$$

$$\tau_b = M_b / W_e = 3501 / (\pi \times d^3 / 16) = 17830,44 / d^3$$

$$\sigma_v = \sqrt{((\sigma_e^2 + \sigma_\zeta^2) + (3 \times \tau_b^2))} = \sigma_e$$

$$\sigma_v = \sqrt{((\sigma_e^2 + \sigma_\zeta^2) + (3 \times \tau_b^2))} = \sqrt{(3 \times \tau_b^2)}$$

$$\sigma_{vü} = \sigma_v + \sigma_v = (198480,22 / d^3) + (30883,228 / d^3) = (229363,448 / d^3) \leq \sigma_{eşem}$$

3.2.9.2. Pens Mili Çap Hesabı

Malzeme : St60

$$\sigma_{Ak} = 540 \text{ N/mm}^2, \sigma_D = 320 \text{ N/mm}^2$$

$$(\sigma_{e\varnothing})_{em} = \sigma_D/4 = 320/4 = 80 \text{ N/mm}^2$$

$$459369,82 / d^3 \leq 85 \text{ N/mm}^2 \rightarrow d \geq 17,54 \text{ mm}, d = 20 \text{ mm}$$

$$\sigma_{vü} = 57,42 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_v = 49,7 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_b = 4,46 \text{ N/mm}^2$$

$$\tan\alpha = \sigma_{vü} / \sigma_v = 57,42 / 49,7$$

$$\tan^{-1} (57,42/49,7) = \alpha \rightarrow \alpha = 82,34^\circ$$

3.2.9.2.1.Kontrol Hesabı

Çap düzeltme katsayısı : $b_0 = 0,95$

Yüzey Düzgünlük Katsayısı : $b_1 = 0,98$

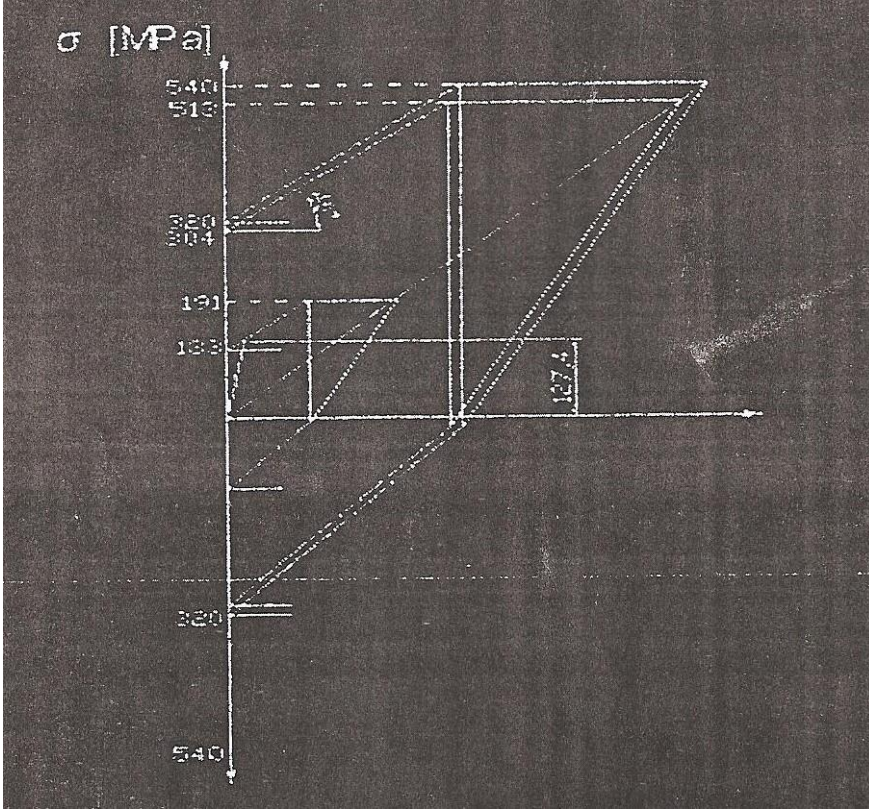
Çentik Faktörü : $\beta_k = 1,56$

$$\sigma_{Ak} = 540 \text{ N/mm}^2, \sigma_D = 320 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma^1_{Ak} = b_0 \times \sigma_{Ak} = 0,95 \times 540 = 513 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma^1_D = b_0 \times \sigma_D = 0,95 \times 320 = 304 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\varnothing Ak} = (b_1/\beta_k) \times \sigma^1_D = (0,98/1,56) \times 304 = 191 \text{ N/mm}^2$$

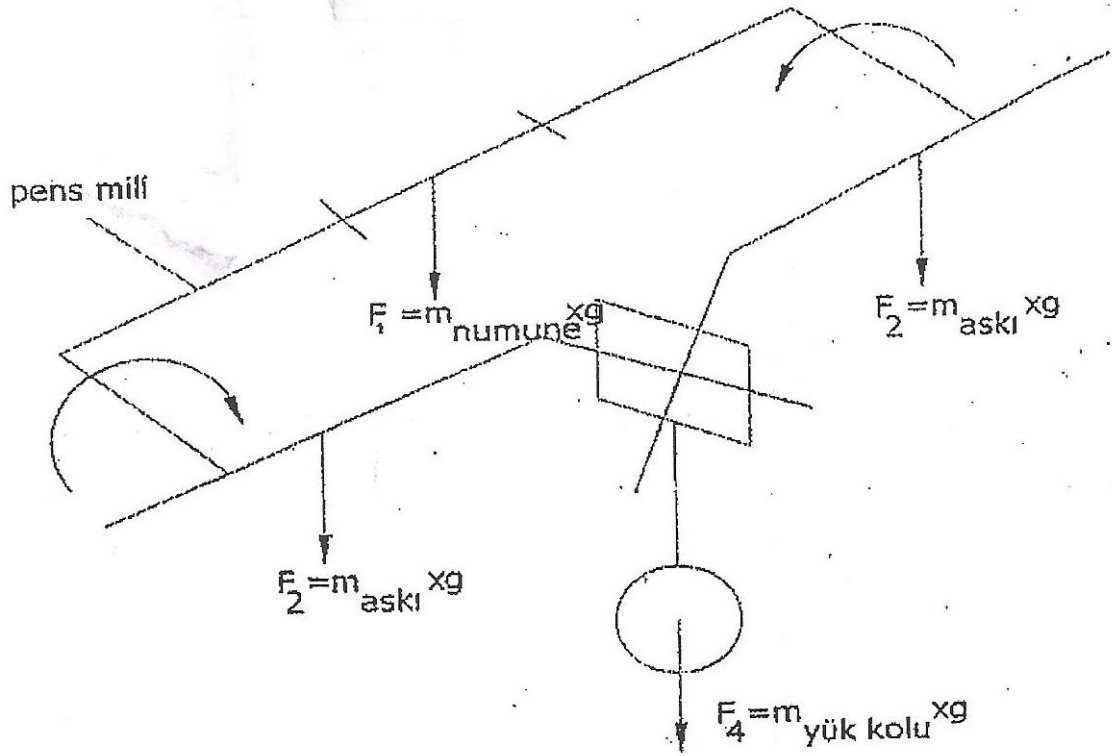


Sürekli değişim mukavemet diyagramı

$$s = \sigma_{\text{şü}} / \sigma_{\text{vü}} = 127,41/28,67 = 4,444$$

$s \geq 2$ olduğundan konstrüksiyon emniyetlidir.

3.2.10. Dengeleme Ağırlıklarının Hesabı



3.2.10.1. Yük Kolu Ağırlığı

Malzeme St37 , $\rho = 7750 \text{ kg/m}^3$

$$M_{\text{yük kolu}} = \rho \times V$$

$$V = (\pi \times d^2 / 4) \times 1 + [2(70 \times 10 \times 20) - (\pi \times 10^2 \times 10 / 4)] + (30 \times 20 \times 20) + (\pi \times 10^2 \times 60 / 4) + [\pi \times (20^2 - 10^2) / 4];$$

$$V = 44875 \text{ mm}^3$$

$$m_{\text{yük kolu}} = \rho \times V = 0,347 \text{ kg olarak bulundu.}$$

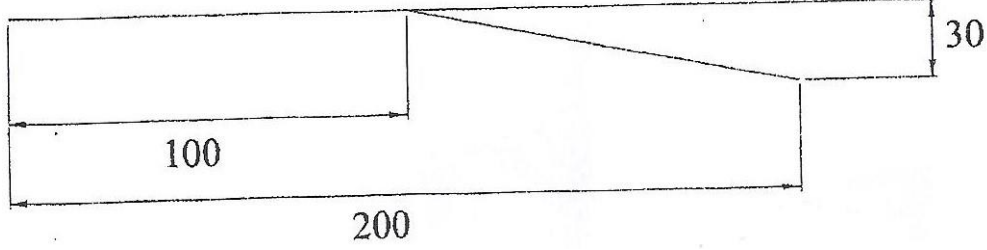
3.2.10.2. Numune Ağırlığı

$$m_{\text{numune}} = \rho \times V$$

$$V = (\pi \times 10^2 \times 20 / 4) + (\pi \times 10^2 \times 50 / 4) = 5497,8 \text{ mm}^3 \text{ olarak bulundu.}$$

$$m_{\text{numune}} = 0,041 \text{ kg}$$

3.2.10.3. Askı Kollarının Ağırlığı



Kalınlık = 10 mm

$$m_{\text{askı kolu}} = \rho \times V$$

$$V = [(150+142) \times 10 \times 20] - (2 \times \pi \times 8^2 / 4) - (80 \times 8 \times 10) - (\pi \times 8^2 / 4) = 51849 \text{ mm}^3$$

$$m_{\text{askı kolu}} = 0,40 \text{ kg}$$

Askı kollarının sebep olduğu toplam ağırlık ; 2 adet askı kolu olduğundan ;

$$m_{\text{askı kolu}} = 2 \times 0,40 \text{ kg} = 0,80 \text{ kg}$$

3.2.10.4. Dengeleme Kütlesi



$$m_{\text{dengeleme}} = m_{\text{numune}} + m_{\text{askı kolu}} + m_{\text{yük kolu}} = 0,041 \text{ kg} + 0,82 \text{ kg} + 0,352 \text{ kg}$$

Dengelem ağırlıkları her iki askı koluna da asılacağı için bir askı koluna düşen dengeleme ağırlığı ;

$$M_{\text{dengeleme}} = 0,60 \text{ kg} \text{ olarak alınır.}$$

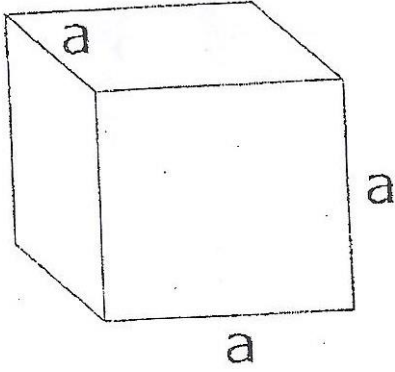
3.2.10.5.Dengeleme Ağırlığının Boyutları

$$M_{\text{dengeleme}} = 0,6 \text{ kg}$$

$$\text{Malzeme St37 , } \rho = 7750 \text{ kg/m}^3$$

$$V = m_{\text{dengeleme}} / \rho$$

Dengeleme ağırlığının şekli bir küp olarak düşünülmüştür.

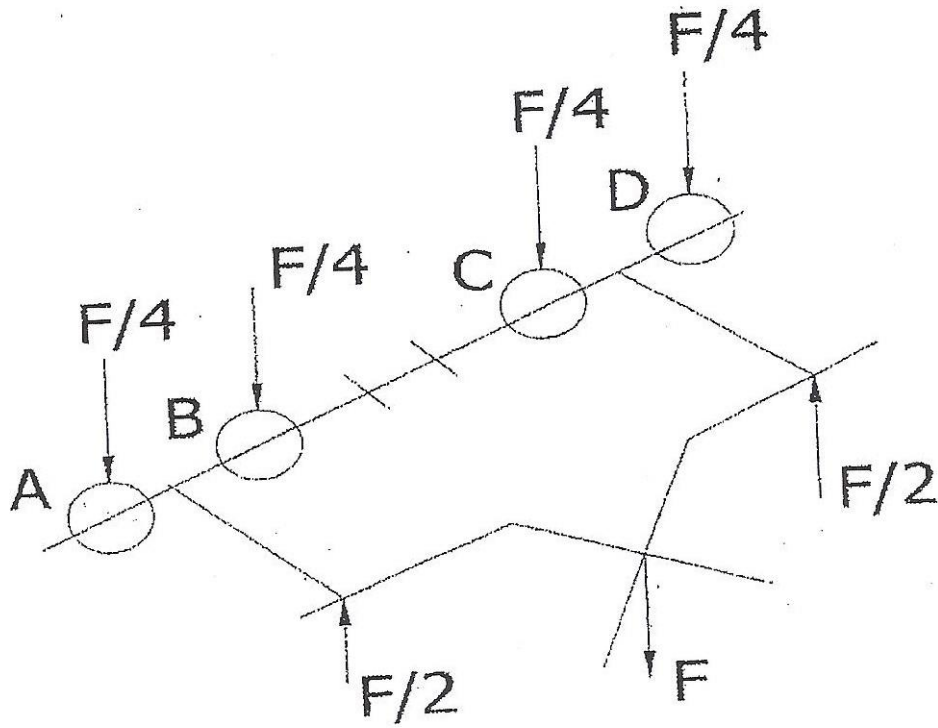


$$V = a^3 = 0,6/7750$$

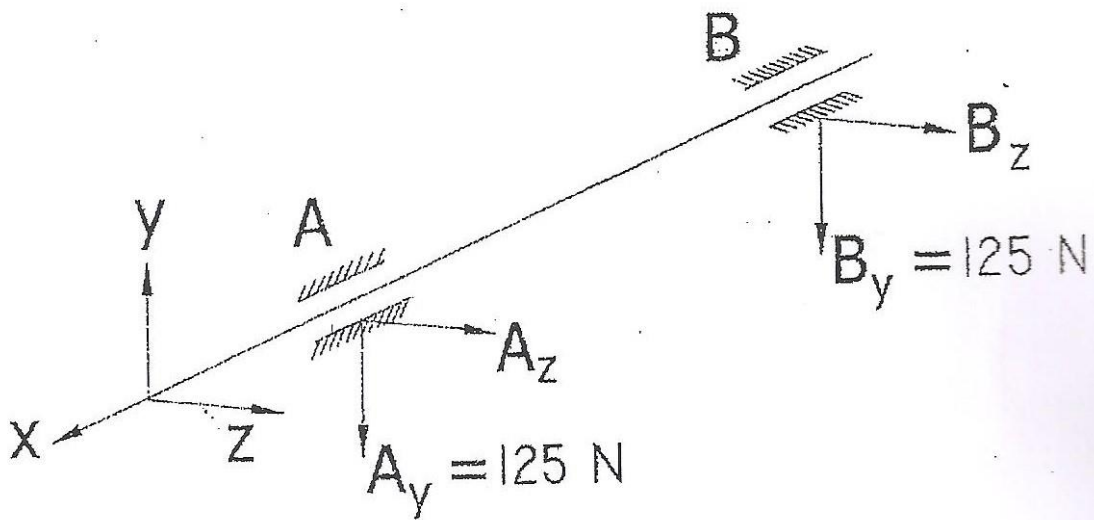
$$a = 42,6 \text{ mm} \approx 43 \text{ mm alındı.}$$

3.2.11.Rulman Hesabı

Yataklara gelen herhangi bir kuvvet yoktur.



3.2.11.1.A Yatağı İçin Rulman Seçimi



$$A_y = 150 \text{ N}$$

$$A_z = 0$$

Bu makinanın günde 10 saat olmak üzere 5 yıl süreyle çalıştığını varsayarsak bu yatağın çalışma ömrü ;

$$L_h = 10 \times 360 \times 5 = 18000 \text{ saat olarak belirlenmiştir.}$$

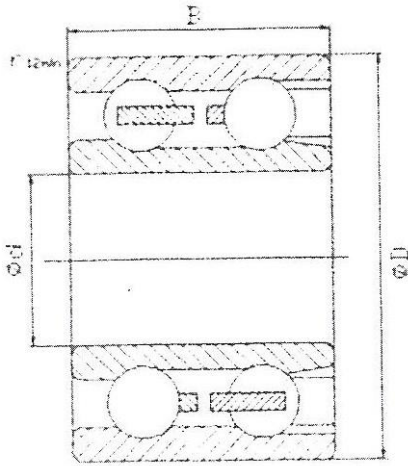
Yatak ömrünü tamamlayıncaya kadar yapacağı devir sayısı ;

$$L = L_h \times n \times 60 / 106 = 3240 \text{ milyon devir olarak bulunur.}$$

Dinamik yük sayısı : C

$$L = (C/p) ; \sigma = 3 \text{ (bilyalı yataklar için)}$$

$$C = 1,849 \text{ kN olarak bulunur.}$$



Bu sonuçlara göre 3205 rulmanı seçildi.

$$\text{Dış çap (D)} = 52 \text{ mm}$$

$$\text{İç çap (d)} = 25 \text{ mm}$$

$$\text{Rulman genişliği (b)} = 20,6 \text{ mm olarak tablodan alındı.}$$

4.KOROZYON TERTİBATI

Korozyonun yorulma dayanımı üzerindeki etkisinin net bir şekilde gösterebilmesi için deney makinası üzerinde bir korozyon tertibatı kurulması gereklidir.

Korozif ortamın oluşması için numunenin dış ortamla ilişkisini kesecek ve korozif ortamdan etkilenmeyen tam saydam fiber glass (GRP) malzemedan yapılmış kap kullanılacaktır.Fiber glas kapın cidar kalınlığı 6 mm olarak belirlenmiştir. Korozif ortamı etkili oluşturabilmek için fiber glass kabın içinde tuzlu su veya başka herhangi bir korozif ortam oluşturacak sıvı çözeltisi kullanılacaktır. Numunenin dış ortamla izolasyonunu tam olarak sağlamak için kabın numune ile olan temas bölgelerinde olmak üzere sızdırmazlık elemanı olarak dört adet keçe (12*27*7 6125) kullanılacaktır ve özel yapıştırıcı ile kabın conta için yapılmış olan faturalı kısma monte edilecektir. Kabın içerisi tamamen korozif sıvı ile doldurulacak olup kap sızdırmazlığı tam sağlanıp sağlanmadığı gözlemlenecektir. Numune üzerine kabın ağırlığı ve içerisindeki sıvının ağırlığı etki etmemesi gerekmektedir. Aksi halde numunenin üzerine kabın ağırlığı ve içerisindeki sıvının ağırlığı doğrudan etkiyeceğinden yorulma süresi kısılacaktır.Kabın boş ağırlığı 285 gr ve dolu ağırlığı 535 gr olarak ölçülmüştür. Deneyin doğru sonuçlara en yakın şekilde test edilebilmesi için kabın ağırlığını numune üzerine etkimeyecek şekilde tertibat kurulacaktır. Kabın üzerine bir kanca koyulup ardından ip yardımıyla makaralar üzerinden geçirilip dengeleme ağırlığına bağlanmasıyla sağlanabilir. Bunun için 2 adet makara 1 adet makaraların bağlanacağı alüminyum alaşımdan destek parçası ile birlikte deney düzeneğine monte edilecektir. Ardından kabın boş ağırlığı ve dolu ağırlığı ölçülüp belirlenecektir. Ona göre dengeleme ağırlığı belirlenerek ipin diğer ucuna dengeleme ağırlığı bağlanacaktır. Sıvının koyulabilmesi için ise kabın üst kısmına kılavuz olacak şekilde metrik 10 diş açılacaktır. Açılan dışın civatası plastik seçilecektir. Ortamdaki korozif ortamın sayısal olarak belirlenmesi ve bunun dayanıma etkisinin matematiksel olarak ortaya konabilmesi için korozyon tertibatına bir ph ölçer koyulacaktır. Kabın üst kısmına açılacak delikler vasıtasıyla korozyon tertibatıyla bağlantı yapılacaktır.

Fiber Glass Kabın boyutları : 90mm*78mm*65 mm

Numune Boyutları : Dış çap 12 mm, İç çap 8 mm, Uzunluk 120 mm olarak belirlenmiştir.

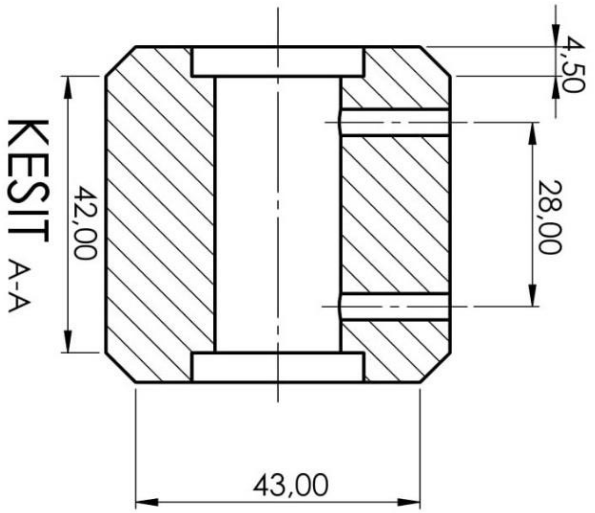
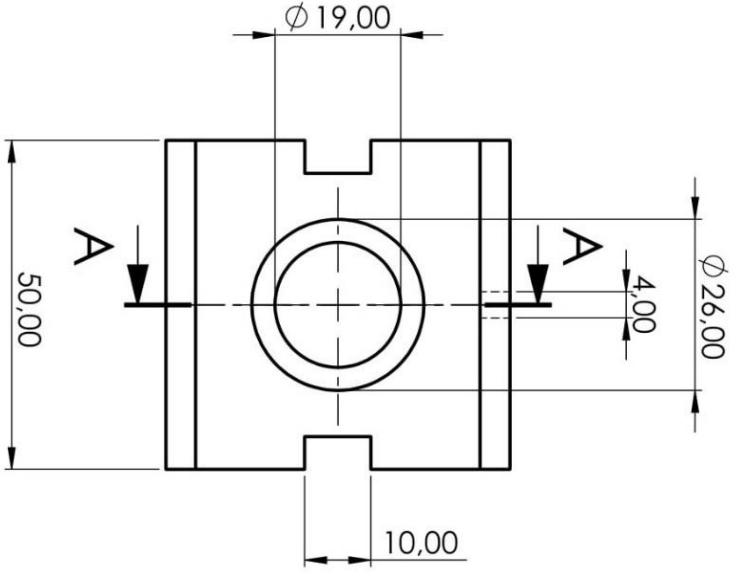
5.MALİYET HESABI

Parça adı	Birim Fiyatı	Toplam Maliyet
Gamak Elektrik Motoru	163,43 TL/adet	163,43 TL
Kavrama Takımı	85 TL/adet	85 TL
Rulman	15,30 TL/adet	122,40 TL
Yatak Bloğu	15 TL/adet	60 TL
Altı Köşe Başlı Cıvata	10 TL/paket	10 TL
Alyan Başlı Cıvata	12 TL/paket	12 TL
Segman, Keçe,Burç,Kauçuk	30 TL	30 TL
Pens ve Pens Mili	50 TL	50 TL
Fiber Glas Kap	25 TL/adet	25 TL
Yük Kolu,Tabla, Dengeleme Ağırlığı, Profil Fiyatları	35 TL	35 TL
Miller için Dolu Malzeme	100 TL	100 TL
İşleme Masrafları (Talaşlı imalat, yüzey işlemleri,boya,plastik şekil verme,montaj maliyeti,işçilik)	550 TL	550 TL
Ph Ölçer	55 TL	55 TL
Toplam		1293,83 TL

Yorulma deney düzeneğinin mekanik kısmının işçilik ve işleme masrafları dahil yaklaşık 1250 TL olarak belirlenmiştir.

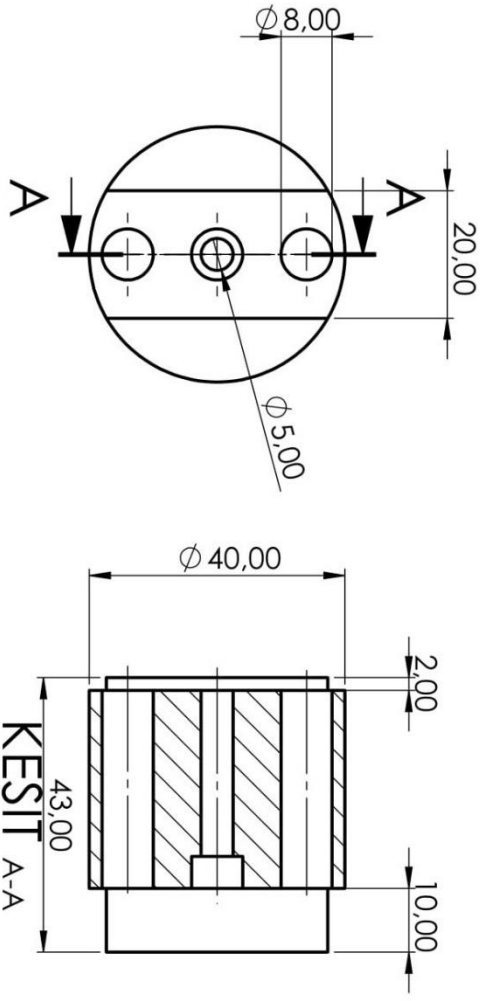
6. KAYNAKLAR

1. WILLIAM F. SMITH (NİHAT G. KINIKOĞLU); “Malzeme Bilimi ve Mühendisliği” Literatür Yayıncılık 2001
2. PROF. DR. TEMEL SAVAŞKAN ; “Malzeme Bilimi ve Malzeme Muayenesi” Papatya Yayıncılık 2018
3. PROF. DR. TALAT TEVRÜZ ; “Makine Elemanları ve Konstrüksiyon Örnekleri” Çağlayan Kitabevi 2015
4. KAYALI, E. SABRİ ; ENSARİ, CAHİT ; DİKEÇ, FERİDUN “Metalik Malzemelerin Mekanik Deneyleri” İ.T.Ü. Metalurji ve Malzeme Bölümü 1978
5. DONALD R. ASKELAND (DR. MEHMET ERDOĞAN); “Malzeme Bilimi ve Mühendislik Malzemeleri” Nobel Yayıncılık



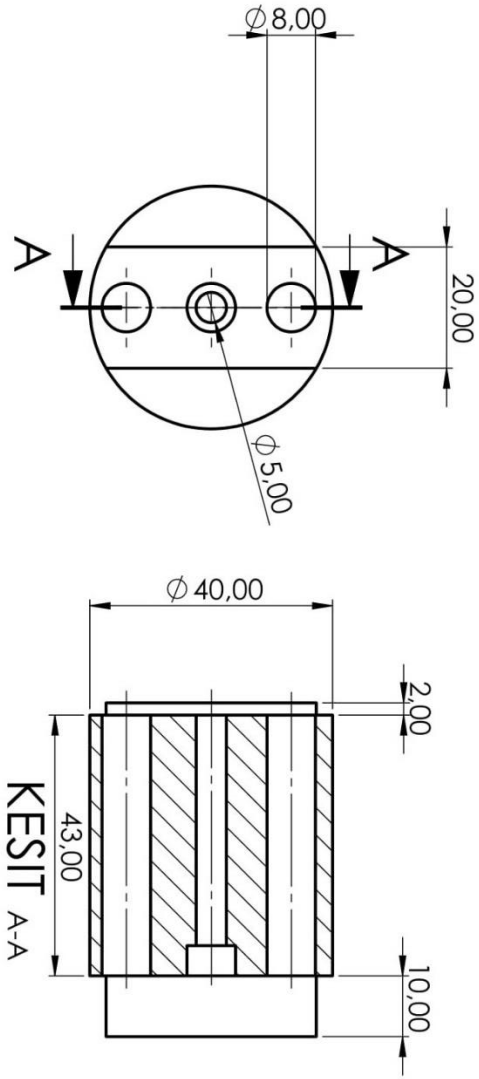
20	n6	+0,0005
$\varnothing 38$	G7	+0,0012
$\varnothing 52$	J6	+0,0012
Ölçü	İşaret	Tolerans

Fe 37	1/2	1	Rulman Yatağı	Çizen	Resim No
Malzeme	Ölçek	Sayı	Adı		1



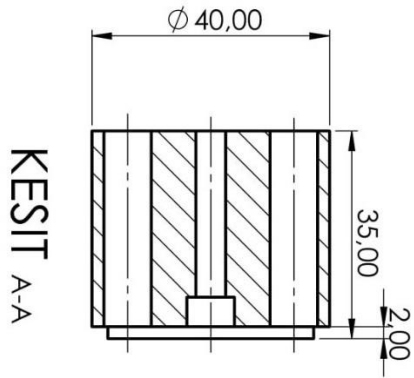
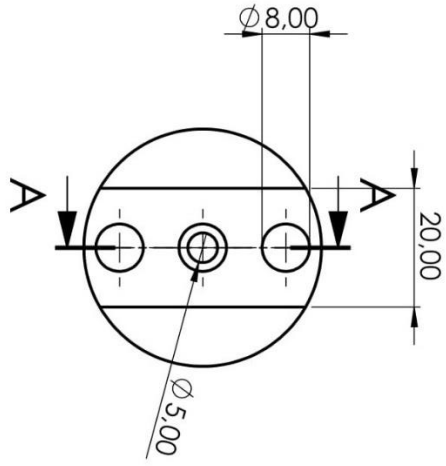
Malzeme	Fe 37	Ölçek	1/1	Sayı	1	Adı	Sağı rulman milii	Çizen	Resim No	2
---------	-------	-------	-----	------	---	-----	-------------------	-------	----------	---

Ölçü	İşaret	Tolerans
20	K5	+0,005
$\varnothing 8$	H7	+0,012
$\varnothing 5$	H7	+0,012
		+0,000
		+0,000



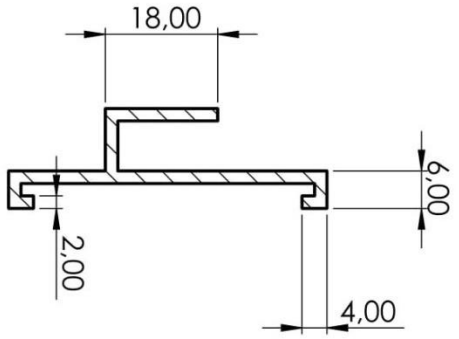
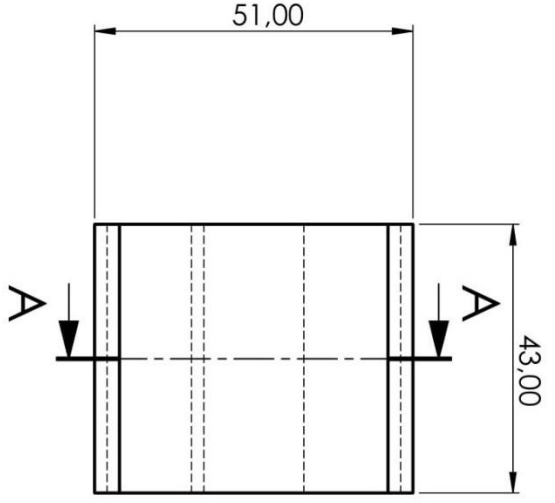
Malzeme	Fe 37	Ölçek	1/1	Sayı	1	Adı	Sol rulman milii	Çizen	Resim No	3
---------	-------	-------	-----	------	---	-----	------------------	-------	----------	---

20	K5	+0,012
Ø8	H7	+0,015
Ø5	H7	+0,015
Ölçü	İşaret	Tolerans



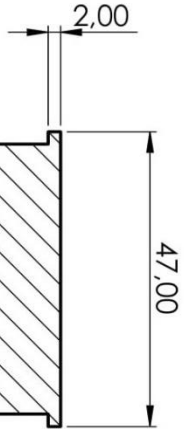
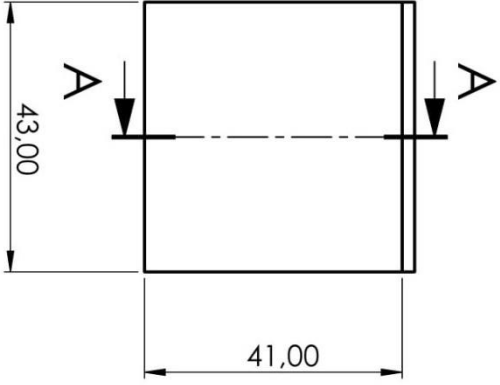
20	K5	+0.005
Ø8	H7	+0.012
Ø5	H7	+0.012
Ölçü	İşaret	Tolerans

Fe 37	1/1	1	Kısa rulman mill	Çizen	Resim No
Malzeme	Ölçek	Sayı	Adı		4



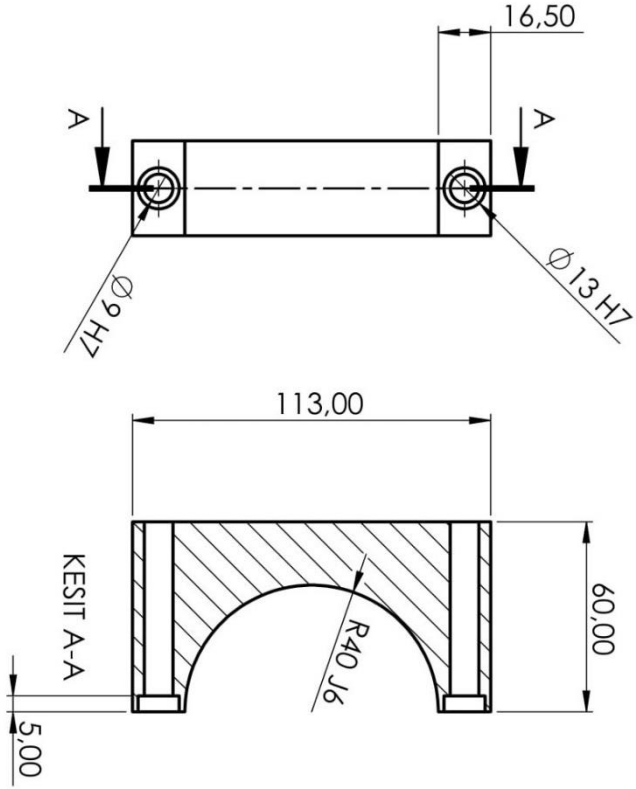
KESIT A-A

Malzeme	Fe 37	Ölçek	1/1	Sayı	1	Adı	Kızak	Çizen	Resim No	5
---------	-------	-------	-----	------	---	-----	-------	-------	----------	---



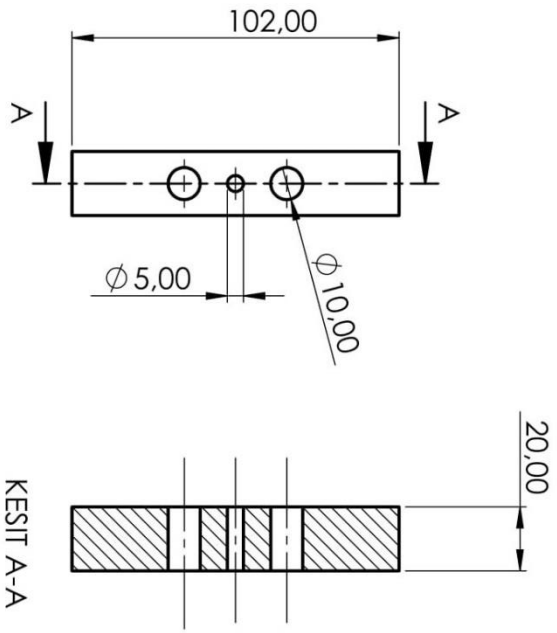
KESIT A-A

Malzeme	Fe 37	Ölçek	1/1	Sayı	1	Dengeleme Yüğü	Adı	Çizen	Resim No	6
---------	-------	-------	-----	------	---	----------------	-----	-------	----------	---

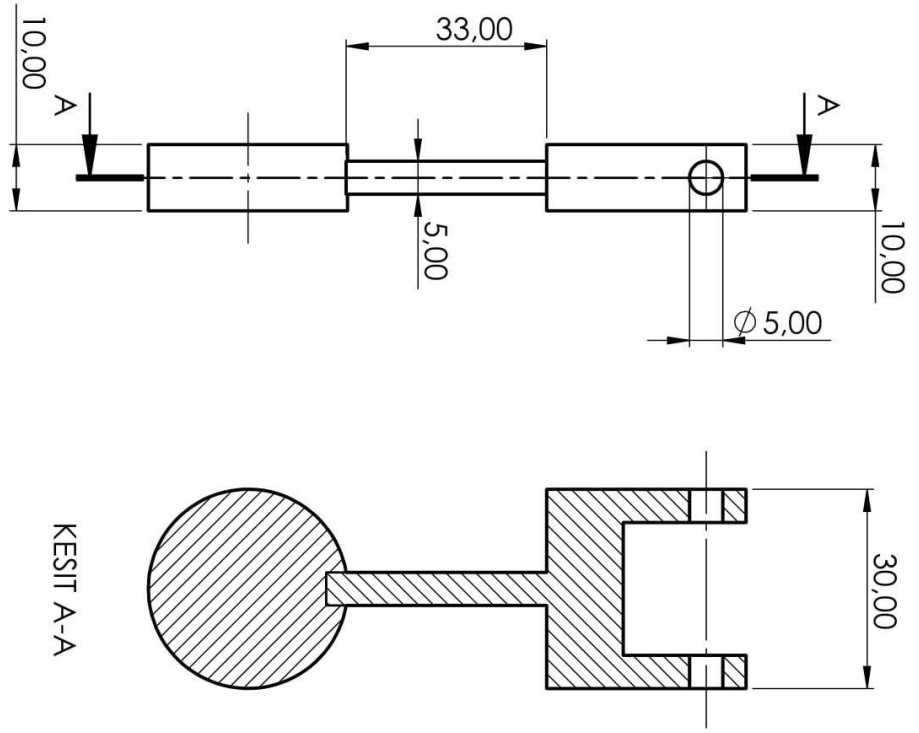


FE37	1/1	1	YATAK PARÇASI 1	Çizen	Resim No
Malzeme	Ölçek	Sayı	Adı		7

Ø40	J6	+0,002
Ø9	H7	-0,003
		+0,015
		+0,000
Ø13	H7	+0,015
		+0,000
Ölçü	İşaret	Tolerans

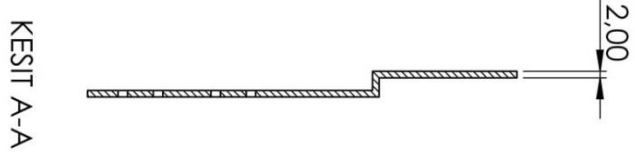
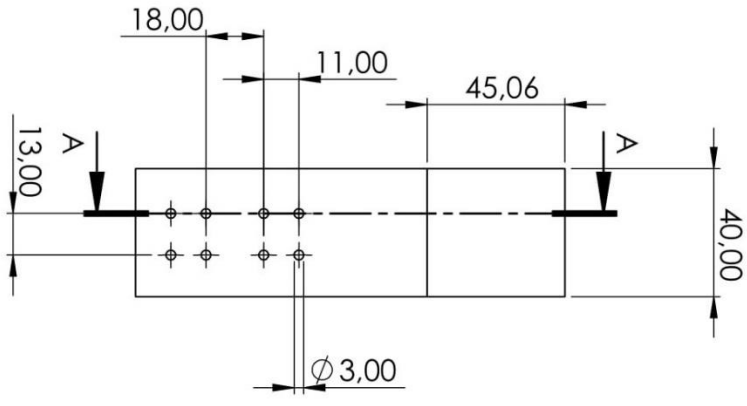


FE37	1/1	1	Merkezileme Lamasi		9
Malzeme	Ölçek	Sayı	Adı	Çizen	Resim No

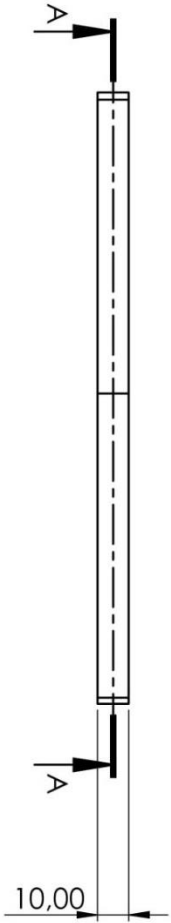
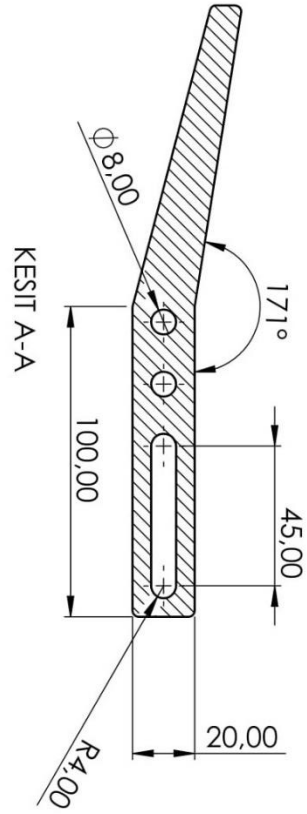


KESİT A-A

FE37	1/2	1	Yük Kolu		10
Malzeme	Ölçek	Sayı	Adı	Çizen	Resim No

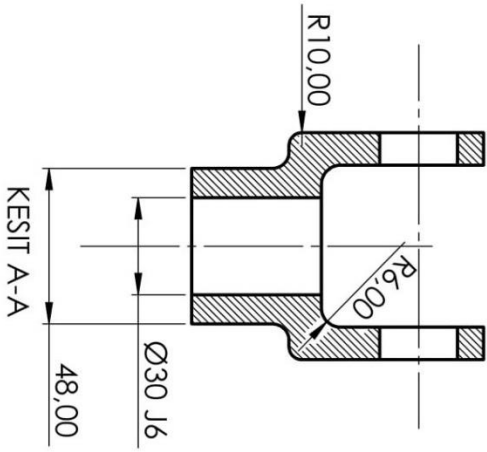
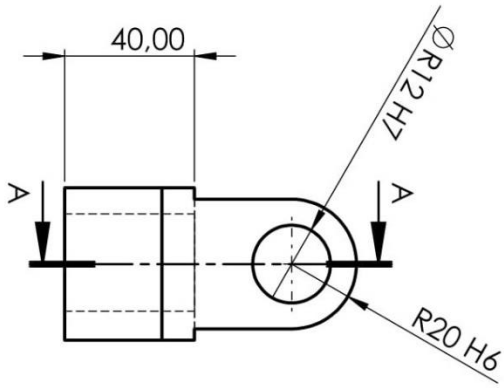


Malzeme	FE37	Ölçek	1/10	Sayı	1	Tabla Adı		Çizen		Resim No	11
---------	------	-------	------	------	---	-----------	--	-------	--	----------	----



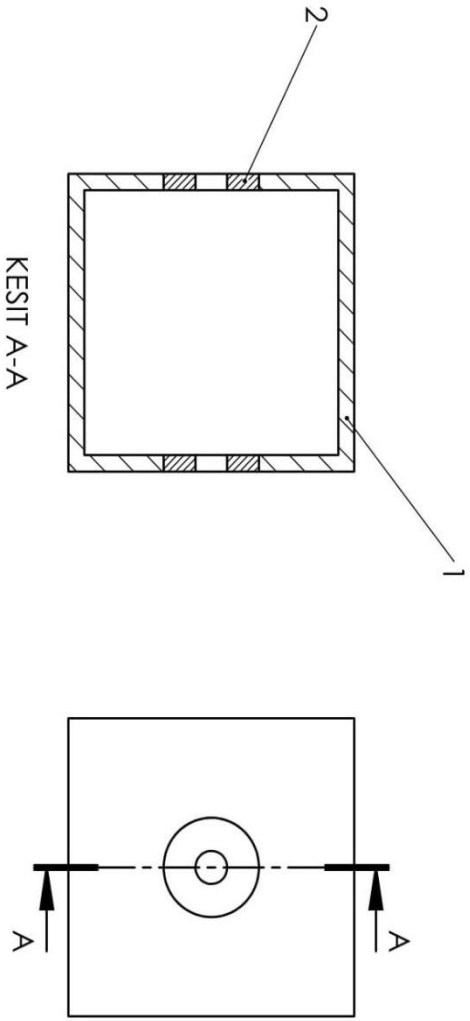
45	K6	+0.012
Ø8	H7	+0.003
Ø8	H7	-0.001
		+0.003
Ölçü	İşçrel	Tolerans

FE37	1/1	1	Ağırlık Kolu	Çizen	Resim No
Malzeme	Ölçek	Sayı	Adı		12

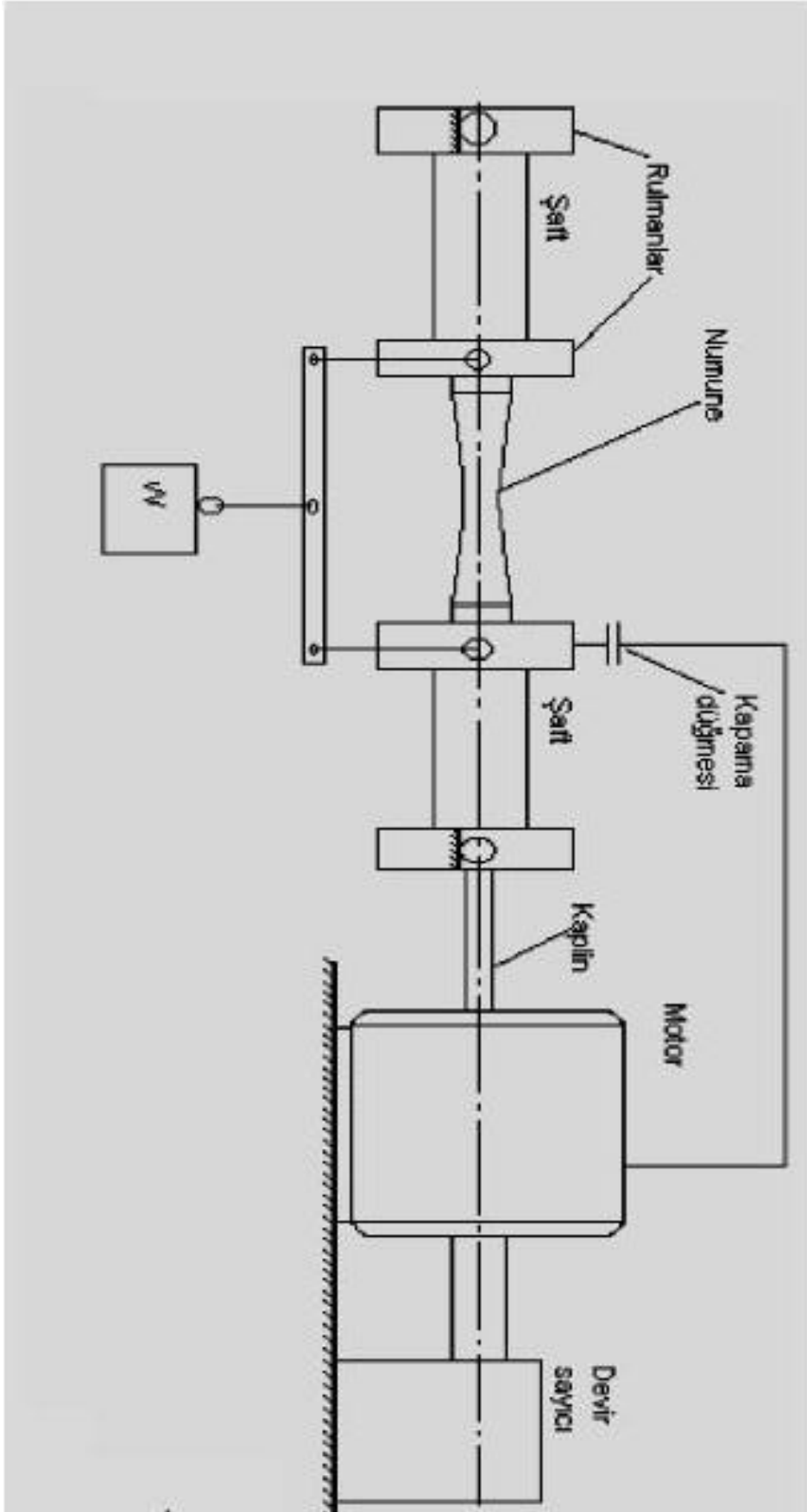


Ø30	J6	+0,005
R20	H6	+0,004
R12	H7	+0,000
Øçü	İşaret	-0,003
	Tolerans	

FE37	1/1	1	Kardan Çatalı	Çizen	Resim No
Malzeme	Ölçek	Sayı	Adı		13



Malzeme	Ölçek	Sayı	Adı	Parça No	Resim No
GRP	1/1	1	Fiber Glass Kap	1	14
DN32	1/1	2	Conta	2	



DÖNEL EĞMELİ KOROZYONLU YORULMA DENEY DÜZENEGİ (ŞEMATİK MONTAJ RESMİ)