

JANLARDA DÜZLEMSEL EĞME GERİLMELİ YORULMA DENEYİ
VE ÇENTİK ETKİSİ

İÇİNDEKİLERSahife

ÖZET	VII
ABSTRACT	IX
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. TEORİK İNCELEMELER	2
2.1. YORULMA KIRILMASINA NEDEN OLAN ETKENLER	2
2.2. KONSTRÜKSİYONLA İLGİLİ ÇENTİKLERİN YORULMA DAYANIMINA ETKİSİ	2
2.3. MFL SİSTEM YORULMA CİHAZI ÇALIŞTIRMA TALİMATI	4
2.3.1. Teknik bilgiler	4
2.3.2. Kullanım	4
2.3.3. Tanım	4
2.3.4. Çalıştırma için hazırlama	5
2.3.5. Çalıştırma tarzı	5
2.3.6. Bakım	6
2.3.7. Pulsor için özel araçlar (Otomatik devre kesici)	6
2.3.8. Kontrol sehпасı çalıştırma talimatı	8
2.3.8.1. Kullanma	8
2.3.8.2. Nümerik kompensatör	8
2.3.8.3. Pulsor şalteri açık ve kapalı durumu	8
2.3.8.4. Yük frekansının kademesiz ayarı için kontrol düğmesi	9
2.3.8.5. Yük frekans göstergesi	9
2.3.8.6. Yük periot aralığının uzaktan ayarı için kontrol düğmesi	9
2.3.8.7. Yük periot aralığı göstergesi	9
2.3.8.8. Yük kontrol el çarkı	9
2.3.8.9. Pompa kontrol el çarkı	9
2.3.8.10. Ön seçicili yük periot sayacı	10
2.3.9. Kontrol sehпасı içindeki elemanlar	10
2.3.9.1. Ayar edilebilir yükleme pompası	10
2.3.9.2. Tertibat ve bakım kontrol devreleri	10
2.3.9.3. Elektro hidrolik basınç şalteri	10
2.3.9.4. Kaçak yağ pompası	10

	<u>Sahife</u>
2.3.10. Emniyet cihazları	10
2.3.10.1. Numune kırılma şalteri	10
2.3.10.2. Basınç şalteri	11
2.3.11. Çalıştırma	11
2.3.11.1. MHP kontrol sehпасı üzerindeki ayarlamalar	11
2.3.11.2. Pulsor kontrol sehпасı üzerindeki ayarlamalar	11
2.3.12. Dinamik operasyon için makinenin hazırlanması	12
2.3.12.1. Üst yükün ayarı	12
2.3.12.2. Yük frekansının ayarı	12
2.3.12.3. Alt yükün ayarı	12
2.3.12.4. Alt yükün artışı	13
2.3.12.5. Kontrol ayarı	13
2.3.12.6. Strok sınırlamasının ayarı	13
2.3.12.7. Ayırma ve donanımın hızla desarjı	13
2.3.13. Çalıştırma için ilk ayarlama	14
2.3.14. Tesisatın havalandırılması	14
2.3.15. Bakım	14
2.3.15.1. Yağ değişimi	14
2.3.15.2. Delikli filtre	14
2.3.16. Yardımcı tertibat ve bakım kontrol devreleri çalıştırma talimatı	14
2.3.16.1. Yardımcı tertibat ve bakım kontrol devrelerinin amacı	14
2.3.16.2. Tanım	14
2.3.16.3. Fonksiyon	15
2.3.16.4. Yardımcı tertibat ve bakım kontrol devrelerinin çalıştırılması	15
2.3.16.4.1. Çalıştırma için ayarlama hazırlığı	15
2.3.16.4.2. Çalıştırma	15
2.3.16.5. Sorunların giderilmesi	16

	<u>Sahife</u>
2.3.17. Basınçlı yağ pompası çalıştırma talimatı	19
2.3.17.1. Tanım	19
2.3.17.2. Pompa yağ dağıtım kontrolü	19
2.3.17.3. Havalandırma	20
2.3.17.4. Bakım	20
2.3.17.4.1. Yağ seviyesinin kontrolü	20
2.3.17.4.2. Yağ dolumu	20
2.3.18. Nümerik kompensatör	23
2.3.18.1. Teknik değerler	23
2.3.18.2. Kullanım	23
2.3.18.3. Çalışma şekli	23
2.3.18.4. Numunenin kırılması ve yardımcı değerler	24
2.3.18.5. Kontrol	24
2.3.18.6. Sınır değer ayarı	25
2.3.18.7. Vericinin adaptasyonu	25
2.3.19. Test hazırlığı	26
2.3.20. Test	26
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	28
3.1. DENEY GENEL PLANI	28
3.2. BMC FİRMASI TARAFINDAN ÜRETİLEN K8C 3050 PARÇA NOLU VASITALARA AİT 8.0-20 JANTIN YORULMA TESTİ İLE İLGİLİ TEKNİK DEĞERLER	28
3.3. OTOYOL FİRMASI TARAFINDAN ÜRETİLEN FIAT 50 NC KAMYONETLERİNE AİT 5.50Fx16 SDC JANTIN YORULMA TESTİ İLE İLGİLİ TEKNİK DEĞERLER	28
3.4. DENEY CİHAZININ TANITIMI (JANT YORULMA TEST CİHAZI)	28
3.4.1. Ölçme prensibi	28
3.4.2. Makinanın çalışma prensibi	29
3.4.3. Teknik özellikleri	29
3.5. DENEYLERDE KULLANILAN MALZEMELER	31
3.5.1. 8.0-20 Jantın özellikleri	31
3.5.2. 5.50Fx16 SDC Jantın özellikleri	32

	<u>Sahife</u>
3.6. DENEYLERİN YAPILIŞI	32
3.6.1. 8.0-20 Jantın yorulma testi	32
3.6.1.1. Testte uygulanacak eğme momentinin tesbiti	32
3.6.1.2. Yorulma sırasında kırılma mekanizmasının incelenmesi	35
3.6.2. 5.50Fx16 SDC Jantın yorulma testi	36
3.7. JANTTA OLUŞAN BİR ÇATLAĞIN JANTIN YORULMASI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ	36
3.8. DENEY SONUÇLARI VE SONUÇLARIN İRDELENMESİ	37
3.8.1. 8.0-20 ebadındaki kamyon jantının yorulma testi sonucu ve irdelenmesi	37
3.8.2. 5.50Fx16 SDC Jantın yorulma testi sonucu ve irdelenmesi	37
4. KAYNAKLAR	38

ÖZET

" Jantlarda düzlemsel eğme gerilmeli yorulma deneyi ve çentik etkisi " adı altında hazırladığım bu tez, BMC firması tarafından üretilen K8C 3050 parça nolu V-2200F vasıtalarla ait 8.0-20 ebadında kamyon jantının ve OTOYOL firması tarafından üretilen FIAT 50 NC kamyonetlerine ait 5.50F x 16 SDC jantının yorulma dayanımında çentik faktörünün önemini kapsamaktadır.

Bu araştırmamda yukarıda belirttiğim jantları TEKERSAN jant fabrikasında mevcut jant yorulma cihazında test ederek çentik faktörünü ve yorulma kırılması olayını deneysel olarak inceledim. Testlerin sonunda elde ettiğim sonuçlar jantın haddelenmesi esnasında uygulanması gereken baskı ve göbeğin çembere kaynağında göbek ile çember arasındaki mesafenin tesbit edilmesi bakımından önem taşımaktadır.

ABSTRACT

" The effect of notch and fatigue test that is bending stress at rims " of the name of this thesis that I prepared includes effect of notch in fatigue endurance of 8.0-20 and 5.50F x 16 SDC rims Which are used for trucks are being produced by BMC CO. and OTOYOL CO.

The testing of rims had been made by fatigue test equipment Which is present in TEKERSAN rim factory.

The results Which were obtained at the end of tests most important for establish of rolling load of rims and welding width of rims.

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Uygulamada statik zorlamalara ender olarak rastlanır. Makinalara ve dolayısı ile makina parçalarına genellikle büyüklüğü ve yönü düzenli veya düzensiz olarak sürekli değişen kuvvetler etkir.

Konstrüktörler tasarımlarında malzemelerin ekonomik olarak kullanımını göz önünde bulundurmamak zorundadırlar. Mukavemet ve elastisite bilgisinin gelişmesi giderek daha düşük güvenlik katsayılarının seçimi ve yüklerin daha kesin olarak tahmin edilebilmesi ile malzeme değişikliğine gitmeden de makina ve yapı elemanlarının daha küçük kesitli olarak boyutlandırılabilmesi mümkün olmuştur. Ancak bu durumda gerilmelerin akma sınırını aşmamasına yeterince özen gösterildiği halde işletme sırasında makina parçalarında kırılmalar gözlemeye başlanmıştır. Herhangi bir şekil değiştirme yaratmadan ortaya çıkan bu kırıkların, yüksek yüklerin bir kez ve tek yönde uygulanması ile oluşan kırılma yüzeylerinden tamamiyle farklı oldukları saptanmıştır. Bu gözlemlere dayanarak kısa bir süre sonra yüklerin veya momentlerin büyüklüğü ve yönünde zamanla değişmelerin söz konusu olduğu durumlarda, statik deneylerle saptanan mukavemet değerlerinin malzemenin davranışını belirlemede yetersiz kaldığı anlaşılmıştır. Böylece bütün bu deneyimler yorulma kavramının doğmasına neden olmuştur. Malzemelerin yorulma dayanımlarını deneysel olarak belirleyebilmek için de çeşitli yorulma cihazları geliştirilmiş olup numuneler üzerinde yapılan deneylerle malzemelerin yorulma dayanımlarına etki eden faktörler ve katsayıları tesbit edilmiştir.

Hemen herkesin taşıt kullandığı günümüzde jantlar insan hayatını doğrudan etkileyen çok önemli bir elemandır. Bu nedenle imalat sırasında jant malzemesi ve jantın kaynak yerlerinde meydana gelen çatlakların jantın yorulma dayanımı üzerindeki etkileri titizlikle incelenmelidir. Araştırmamda bu konu amaç edinilmiş olup aynı şartlarda teste tabi tutulan iki janttan çatlak olanının diğerine oranla yorulma dayanımının mukayesesi, çatlağın meydana gelme nedenleri ve çareleri araştırılmıştır.

2. TEORİK İNCELEMELER

2.1. YORULMA KIRILMASINA NEDEN OLAN ETKENLER

Yorulma kırılmasını kolaylaştıran etkenler:Dış etkenler ve iç etkenler olarak ikiye ayrılabilir.

Dış etkenler:

- a- Konstrüksiyonla ilgili çentikler.Orneğin yağ delikleri,kama yuvaları, keskin kesit değişimleri,faturalar,enine delikler vb.
- b- Kuvvetlerin doğrultu değiştirdiği yerler.Orneğin civata kafaları,krank millerinin dirsekleri,sıkı geçmeler.
- c- Kuvvet etki noktaları.Orneğin toleranslı veya sıkı geçmeler,dingil başlıkları ve diğer noktasal veya çizgisel etkiyen kuvvetler.
- d- Talaşlı işlemler sırasında oluşan yüzey zedelenmeleri.Orneğin taşlama izleri,taşlama çatlakları,torna izleri,yüzey çizgileri vb.
- e- Diğer yüzey zedelenmeleri.Orneğin korozyona uğramış noktalar,aşınmış bölgeler,sertleştirme çatlakları,hadde veya döğme hataları,katmerler,katlanmalar vb.

İç etkenler:

- a- Çizgi halinde cüruflar,cüruf kalıntılarının yoğunlaştığı bölgeler veya iri cüruf kalıntıları.
- b- Her türden birikmeler.
- c- Yüzey kabarcıkları.
- d- Mikrolunkerler.Örneğin döküm yapısındaki malzemelerde veya soğuk şekil değiştirme sırasında sert kalıntılar içinde ve çevresinde oluşan mikro boşluklar.
- e- Tane sınırlarında oksitlenme veya tanelerin içinde oksijen miktarının artması.
- f- İç çatlak kümeleri.

Bir yorulma hasarının oluşmasında genellikle bir çok etkenin aynı anda varlığı söz konusudur.Ancak sadece tek olumsuz etkenin kırılmaya neden olduğu durumlar da görülmüştür.Deneyimlere göre yorulma kırılmalarının büyük çoğunluğu(yaklaşık%85-90)malzeme hatalarında değil,çentik etkisi yapan şekil ve yüzey etkileri,aşırı yükleme,montaj hataları yetersiz bakım ve benzeri nedenlerle ortaya çıkmaktadır.

2.2. KONSTRÜKSİYONLA İLGİLİ ÇENTİKLERİN YORULMA DAYANIMINA ETKİSİ

Yorulma zorlanmaları altında biçim ve yüzey etkilerine karşı olan

duyarlılık malzemedeki malzemeye farklıdır. Söz konusu davranışın ölçütü olarak yorulma çentik katsayısı tanımlanır. Bu kat sayı düzgün şekilli yüzeyi parlatılmış dolu bir çubuğun yorulma dayanımının çentikli bir parçanın yorulma dayanımına oranıdır.

$$B_{\text{çen}} = \frac{\sigma_y \text{ çentiksiz}}{\sigma_y \text{ çentikli}}$$

Yorulma çentik katsayısının saptanmasında aynı malzemedeki çentiksiz ve çentikli (yuvarlak ve sivri çentikli, boyunlu, enine delikler içeren vb.) deney parçaları kullanılır. Çentikli parçada bulunan kuvvet veya momentten yorulma dayanımına geçebilmek için mukavemet bilgisinin temel denkleminde yararlanılır. Yorulma çentik katsayısı $B_{\text{çen}}$ belirlenirken daha güvenilir sonuçlara ulaşmak için değerlendirmede istatistik yöntemler kullanılmalıdır. Yüzey dayanımını arttıran sementasyon, alevle yüzey sertleştirme, nitrüleme, soğuk haddeme ve bilye püskürtme gibi işlemler sonucu yorulma çentik katsayıları azalır. Sıcaklık, ortalama gerilme, yükleme süresi ve gerilme genliğine bağlı olarak ve çelik türüne göre yüksek sıcaklıktaki yorulma çentik katsayısı oda sıcaklığı değerinden düşük veya yüksek olabilir.

Sıcaklığın düşmesi ile yorulma katsayısı önce hafif, çok düşük sıcaklıklarda ise hızlı bir artış gösterir. Tablo 2.1. de normal ve düşük sıcaklıklar için yorulma katsayıları verilmiştir. -78°C de çok az veya hiç artma görülmezken -188°C de yorulma çentik katsayılarında önemli artışlar vardır.

Tablo 2.1- Çeşitli malzemelerin normal ve düşük sıcaklıklar için yorulma katsayıları.(6)

Malzeme	St38	St50	St70	25CrMo4
Sıcaklıklar $^{\circ}\text{C}$				
+20	1,5	1,8	1,8	27
-78	1,9	1,9	1,95	2,7
-188	3,4	3,2	3,1	3,2

2.3. MFL SİSTEM YORULMA CİHAZI ÇALIŞTIRMA TALİMATI(PULSOR PU 50-300)

2.3.1. TEKNİK BİLGİLER

Pulsor PU 100

Strok hacmi 100 cm^3 olup kademesiz ayar edilebilir.

Yük devir frekansı $250-1000 \text{ dak}^{-1}$ dir.

Pulsordaki yağ miktarı yaklaşık 25 litredir.

2.3.2. KULLANIM

Pulsor, malzeme test makinaları, hidrolik krikolar şebekesi veya numune ile doğrudan bağlantı içinde yorulma yükleri üretmek için hizmet eder.

2.3.3. TANIM

Pulsor, karşılıklı silindir tipinde dengelenmiş kütleli bir pompadır. Dönme ile beslenir. Silindire verdiği yağ miktarı kadar aynı miktar geri alır. Pulsor pistonlarının hareketi, bir tarafı mafsalı kızak yatağında ve diğer tarafı da krank'ın eksantrikliği ile hareket eden yataklanmış iki kol ile etkilenir. Kolların stroku bloklar üzerinde kayan iki pistonla iletilir.

Kollara bağlantılı pistonların pozisyonu bir ayar dişlisi vasıtası ile mafsalı kızak yatağı tarafından kademesiz olarak ayar edilebilir. Pistonlar kolların dönme merkezine zıt olduğu zaman strok minimumda. Krank milinin eksantrikliğine karşı durduğu zaman strok maksimumdadır.

Krank miline bir volan bağlıdır. Bu ilave edilen volan kütlesi enerji deposu olarak (numunenin geri yaylanma enerjisini absorbe etmek için) hizmet eder. Böylece pulsorun çalışması esnasında istenilen üniformluk derecesinden emin olunur. Pulsorun sağ tarafındaki bir yüksek basınç pompası kayıcı iki gövdeyi yağlar. Diğer yataklar kaçak yağ pompası tarafından yağlanır.

Strok, Pulsorun ön tarafına bağlanmış elektrik motoru ile hareket ettirilen bir sonsuz vida dişlisi üzerinde ayarlanır. Strokun her ayarlanmasından sonra, ilave edilmiş bir hidrolik fren donanımı kızak yatağının ve böylece pulsor strok tertibatının doğru olarak sabitleşmesini emniyete alır. Kızak yatağına uydurulmuş bir dişli segman, potansiyometre üzerinde bulunan dişli çerçeve içinde tutulur. Potansiyometre ayarı pulsor strok pozisyonu için bir elektrikli parametredir.

Pulsorun her iki silindiri borular ile bağlanmıştır.Yağ akımı ya sağdaki yada soldaki pulsor silindirinden test silindirine götürülür. Pulsor cebri havalandırmalı hız kontrollu bir alternatif akım şönt motor tarafından tahrik edilir.Devir sayısı,krank miline yerleştirilmiş bir esnek mil üzerinde kontrol sehpasındaki takometreye uzaktan iletilir.Pulsor stroku ve tahrik motorunun hızı kontrol sehpasından uzaktan kumanda ile ayarlanabilir.Pulsorun devre dışı kaldığı her zaman pulsor strok ayarı sıfıra ve tahrik motoru hız ayarı en küçük değere geri döner.

2.3.4. ÇALIŞTIRMA İÇİN HAZIRLAMA

- a- Pulsor temel plana göre döşeme üzerine su düzeci vasıtası ile kurulur.
- b- elektrik kabloları,borular ve takometre şaftı bağlanır.
- c- Pulsor kapağı kaldırılarak içine hidrolik yağ,kontrol sehpasındaki kaçak yağ pompası seviye kolunun yukarı teması ile otomatik olarak kesilinceye kadar doldurulur.Kaçak yağ pompası şimdi seviye kolunun daha aşağı teması ile devre dışı kalana kadar kontrol sehpasındaki yağı besler.Pulsorda yağlama amaçları için belirli bir miktar yağ kalır.
- d- Ana tahrik motoru ve yağlama pompasının ok ile gösterilen yönde çalışıp çalışmadığı kontrol edilir.Elektrik motorunun hatalı dönme yönü üzerine ana elektrik kablo bağlantıları değiştirilmelidir.Böylece bütün elektrik motorlarının çalışması doğru dönme yönünde olur. İki oklu dönme yönü pulsor strok ayarı için uygulanır.Yani strok artışı için (+),strok azalması için (-).Ana tahrik motoru ve yağlama pompasının dönme yönü gerçekleştirildikten sonra pulsor strok ayarı motorunun uygun yönde çalışıp çalışmadığı kontrol edilir.
- e- Pulsorun çalışması ile beraber pulsordaki kayan blokların yağlama noktaları üzerinde,kızak yatakları ve bağlantı çubukları yatakları üzerinde serbest yağ kabarcıkları olup olmadığı kontrol edilir.Kontrol için karterin üstteki kısmı kaldırılmalıdır.

2.3.5. ÇALIŞTIRMA TARZI

Pulsor,çalıştırma talimatına göre kontrol sehpasından çalıştırılır. Pulsor ve test makinasını aşırı yüksek termik gerilimden korumak için şekil 2.1. de indikatör diyagramında gösterilen pulsor için sınırlama eğrisine dikkat edilmelidir.Hidro dinamik olarak yerleştirilmiş pulsor

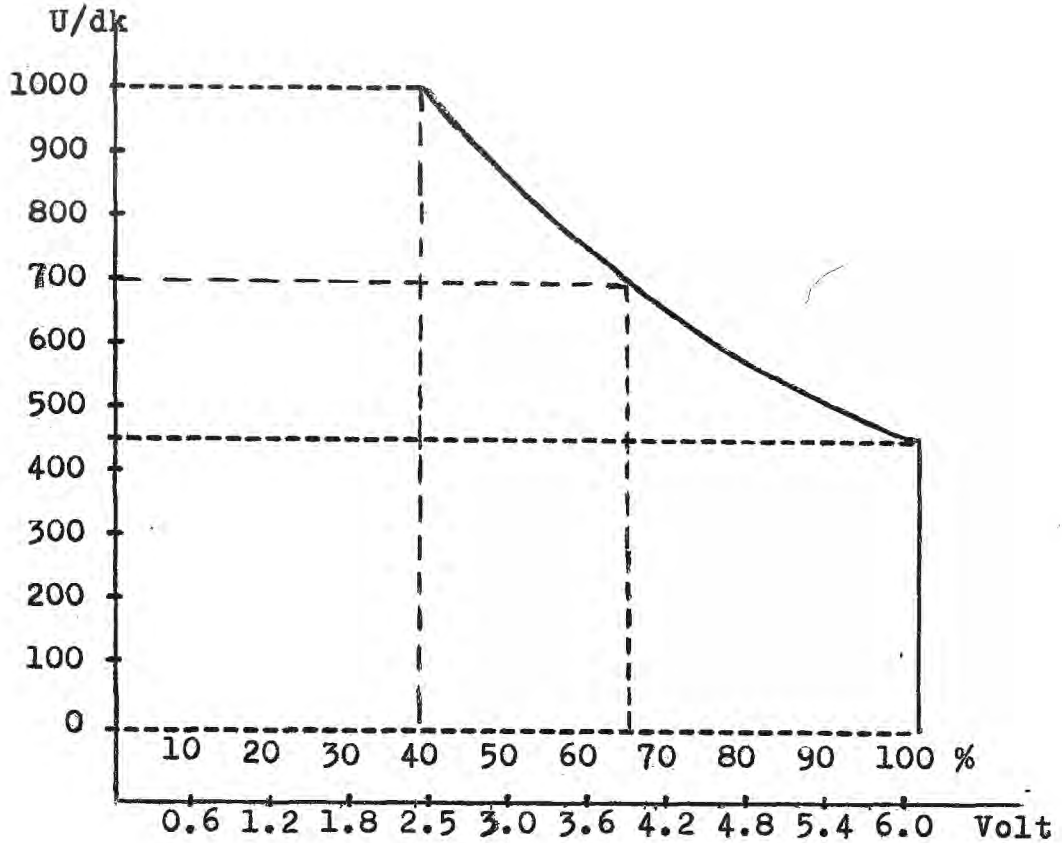
dişlisinin korunması için devir sayısı 700 mm^{-1} (dakikadaki yük periotu 700 e eşit). Bir saatlik çalışmadan sonra aşılmalıdır.

2.3.6. BAKIM

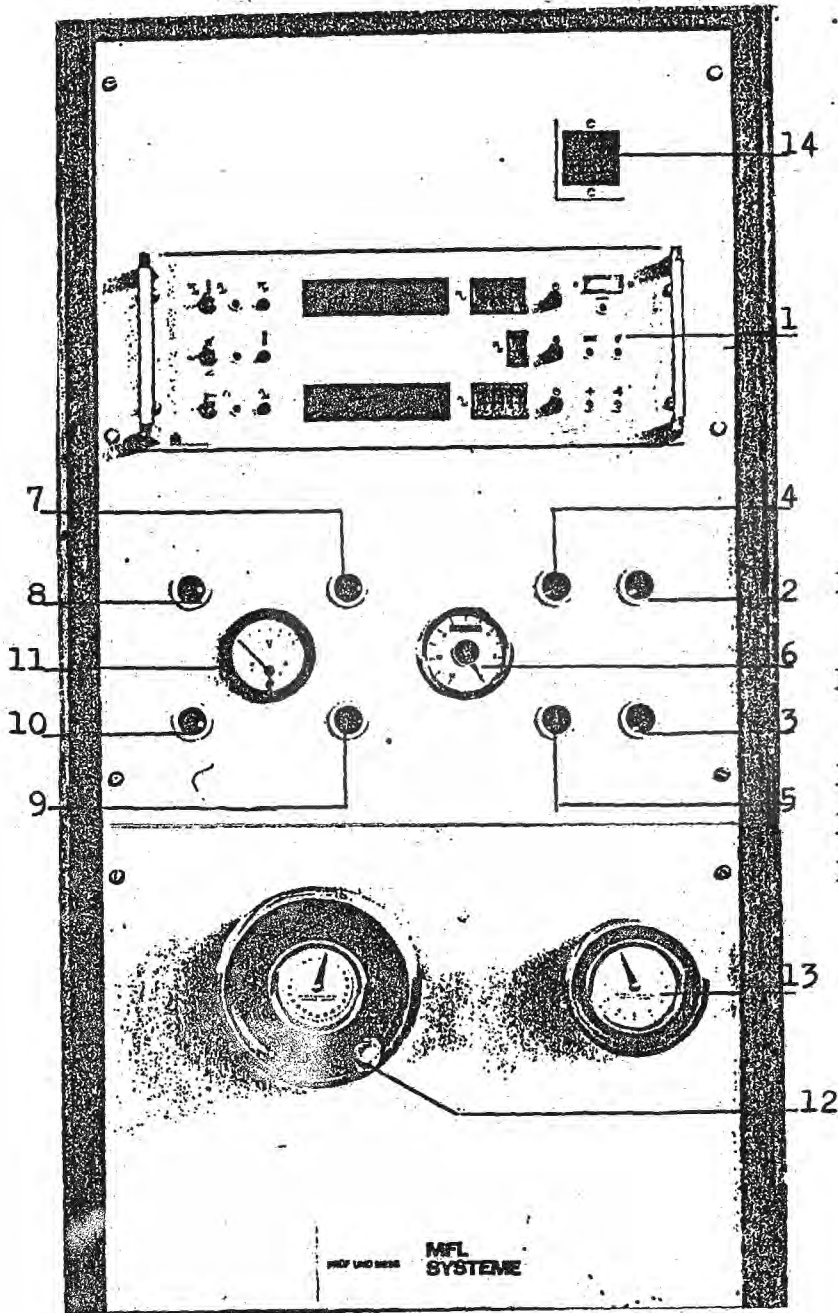
İlk yağ değişiminin süresi 5×10^7 yük periot sonra dolar. Sonra her 10^8 periotta bir değiştirilir.

2.3.7. PULSOR İÇİN ÖZEL ARAÇLAR (OTOMATİK DEVRE KESİCİ)

Numune kırılması veya aşırı yükte otomatik kesici derhal işletme pistonunu test silindirinden ayırır. Bu suretle işletme pistonu, pulsor hareketindeki kütlelerin yavaşlıyarak durmasından bağımsız olarak durdurulur. Otomatik devre kesici statikten dinamiğe ve tersine değişim için uzaktan kumanda ile bağlanır.



Şekil 2.1-İndikatör diyagramı (18)



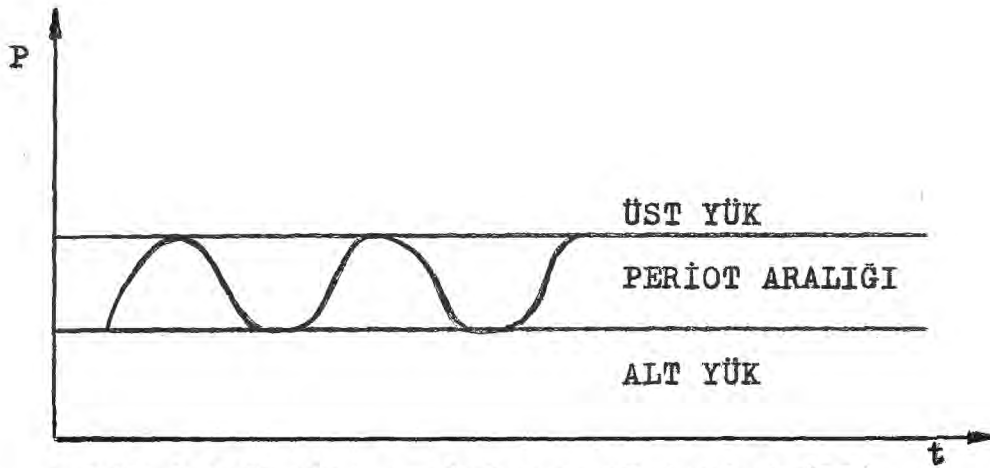
- 1.Nümerik kompensatör
- 2.Pulsatör açık
- 3.Pulsatör kapalı
- 4.Frekans artışı
- 5.Frekans düşüşü
- 6.Yük frekans göstergesi
- 7.Yük periot aralığının artışı
- 8.Yük periot aralığının düşüşü
- 9.Maksimum periot aralığının sinyal lambası
- 10.Minimum periot aralığının sinyal lambası
- 11.Yük periot aralığı göstergesi
- 12.Yük kontrol
- 13.Pompa kontrol
- 14.Ön seçicili yük periot sayıcısı

Şekil 2.2- Kontrol sehpası (18)

2.3.8. KONTROL SEHPASI ÇALIŞTIRMA TALİMATI

2.3.8.1. K u l l a n m a

Pulsor ve malzeme test makinası veya hidrolik dişli gurubu kontrol sehпасı ile birlikte numuneler ve elemanlar üzerinde dinamik yüklerin üretimi ve kontrolu için hizmet ederler. Yük periot frekansı ve yük kademesiz ayar edilebilir. Pulsor vasıtası ile pulsor strokuna orantılı bir periot aralığı alt yük sınır sonuçları vasıtası ile üst yükten çıkarılmış olur. Üst yük ve periot aralığı yük fonksiyonu içinde kontrol edilir. Şekil 2.3.



Şekil 2.3-Periot aralığının gösterimi (18) :

2.3.8.2. N ü m e r i k K o m p e n s a t ö r

Nümerik kompensatör hem dinamik yüklerin kontrolu ve gösterilmesi hemde numunenin kırılması üzerine devreden çıkarma için hizmet eder.

2.3.8.3. P u l s o r Ş a l t e r i A ç ı k v e K a p a l ı D u - r u m u

Pulsor, şekil 2.2. de görülen basma düğmeleri (2) ve (3) vasıtası ile devreye sokulur ve çıkarılır. Pulsor devreye sokulmadan önce MHP kontrol sehпасı üzerinde şu ayarlamalar yapılmalıdır.

- a- Yüksek hassasiyetli yükleme valfi kapatılır.
- b- Titreşim dinamometresi için ölçü çizgisi kilitlenir.
- c- İşletme pompası devreye sokulur.

2.3.8.4. Y ü k F r e k a n s ı n ı n K a d e m e s i z A y a r ı İ ç i n K o n t r o l D ü ğ m e s i

Yük frekansı pulsator hızına uydurulur. Düğmeler üzerinde kademesiz olarak kontrol edilir.

Frekans artışı (\bar{V}), frekans düşüşü (V) olarak ifade edilir.

Not: Test başladığı zaman pulsor en düşük hızda çalışmaya başlar. Çünkü devre dışı kaldığı zaman hız ayarı en küçük değerine geri döner.

2.3.8.5. Y ü k F r e k a n s G ö s t e r g e s i

Bu aygıt, bir tarafında dakikadaki yük miktarı x 100 diğer tarafında toplam yük periot sayısını gösterir. Bu gösterim bundan başka her yüz yük perioduna çevrilir. Gösterim sayaçta sıfıra geri dönmeksizin kalır.

2.3.8.6. Y ü k P e r i o t A r a l ı ğ ı n ı n U z a k t a n A y a r ı İ ç i n K o n t r o l D ü ğ m e s i

Yük periot aralığı pulsor strokuna orantılıdır. Işıklı anahtar vasıtası ile kademesiz ayar edilir.

Yük periot aralığının artışı (+), yük periot aralığının düşüşü (-) olarak ifade edilir. Ayarlanan yük periot aralığı doğrulandığı zaman düğme yeşil yanar. Limit pozisyona ulaşılır ulaşılmaz yeşil ışık söner kırmızı ışık yanar.

2.3.8.7. Y ü k P e r i o t A r a l ı ğ ı G ö s t e r g e s i

Bu aygıt pulsor strok volümünü gösterir. Gösterim 0'dan 6 V. ta uzadır. 6 V. % 100 pulsor strok volümüne tekabül eder. Aradaki değerler için uygun gelen bağıntı uygulanır.

2.3.8.8. Y ü k K o n t r o l E l Ç a r k ı

Makina işlem için hazırlandığı zaman el ile üst yük ayarlaması tavsiye edilir. Çünkü nümerik kompensator vasıtası ile otomatik bir işlem zaman kaybı olacaktır. Bu amaç için el çarkı boşa alınmalıdır.

Üst yük kademesiz olarak ayarlanabilir. El çarkı içine yerleştirilmiş 48 birimlik bir gösterge tahmini yük ayarlaması için hizmet eder.

2.3.8.9. P o m p a K o n t r o l E l Ç a r k ı

Bu el çarkı yükleme pompasından test makinasına giden akışkanın hassas bir volüm kontrolüne imkan verir. Akımın azalması için sağa,

çoğalmas1 için sola çevrilir.

2.3.8.10. Ö n S e ç i c i l i Y ü k P e r i o t S a y a c ı

Bu aygıt 999.999 yük periotuna kadar seçmeyi mümkün kılar.Düzenlenen yük periot sayısına ulaştıktan sonra (sayaç sıfıra geri döner) pulsatorü kapatmak için bir çıkış sinyali kullanılır.

Çalıştırılması: Düğmeye bastıktan sonra mekanik sayaç sıfıra ayarlanır. Aynı zamanda bir kilitleme mekanizması boşaltılır.Muhafaza camı yukarı kaldırılır.Şimdi içine ulaşılabilen rakam diskler ayarlanabilir.Şuna dikkat edilmelidir.Eğer yük periot sayacı üzerinde bir değer ayarı yapılmış ise pulsor çalıştırılabilir.

2.3.9. KONTROL SEHPASI İÇİNDEKİ ELEMANLAR

2.3.9.1. A y a r E d i l e b i l i r Y ü k l e m e P o m p a s ı

Pompa kontrolu içindir.

2.3.9.2. T e r t i b a t v e B a k ı m K o n t r o l D e v r e l e r i

Yük kontrolu içindir.

2.3.9.3. E l e k t r o H i d r o l i k B a s ı n ç Ş a l t e r i

Aşırı yükleme üzerine donanımın derhal otomatik olarak kesilmesi içindir.

2.3.9.4. K a ç a k Y a ğ P o m p a s ı

Pulsatörden MHP kontrol sehпасı na dönen kaçak yağın filtresi içindir.Böylelikle yağ aralıklı bir filtre ile temizlenir.Kaçak yağ ters reaksiyonunun kesintili manevrası pulsator içinde maksimum ve minimum temaslı techiz edilmiş yüzen bir devre kesici tarafından sağlanır.Pulsator üzerindeki tazyik donanımı için istenilen basınç,yükleme pompasından alınır.Yükleme pompasının beslenmesi ise MHP kontrol sehпасındaki işletme pompasından yapılır.

2.3.10. EMNİYET CİHAZLARI

2.3.10.1. N u m u n e K ı r ı l m a Ş a l t e r i

Yorulma testleri esnasında test donanımı,numunenin kopması üzerine nümerik kompensator içindeki bir relatif şalter vasıtası ile devreden çıkarılır.Donanımın emniyeti için ilave edilen bir numune kırılma şal-

teri test makinası üzerine techiz edilmiştir.

2.3.10.2. B a s ı n  Ş a l t e r i

Pulsor, yalnızca yükleme pompası beslendiği zaman çalıştırılabilir. Böylece besleme hattında iki basınç şalteri techiz edilmiştir. Besleme dolaşımındaki yağ basıncı 3.5 ve 6.5 bar arasında olmalıdır. Eğer herhangi bir sebepten bu limitler geçildiğinde pulsor devreden çıkar.

2.3.11. ÇALIŞTIRMA

2.3.11.1. M h p K o n t r o l S e h p a s ı Ü z e r i n d e k i A y a r l a m a l a r

- a- Yüksek hassasiyetli yükleme valfi
Kapatmak için durana kadar sağa çevrilir.
- b- Tertibat ve bakım kontrol devreleri
En az 30 gösterimde basınlaştırılır.
- c- Ölçü izgisi
Titreşim dinamometresi kapatma musluğu üzerinde kilitli olmalıdır.
- d- İşletme pompası
devrede olmalıdır.

2.3.11.2. P u l s o r K o n t r o l S e h p a s ı Ü z e r i n d e - k i A y a r l a m a l a r

- a- "Yük kontrol el çarkı" göstergesinin yardımı ile sıfıra ayarlanır. Sonra el çarkı arkasındaki bağlantı çıkarılır. Bu arada yağ sirkülasyonu basınsızdır.
- b- "Hassas kontrol el çarkı" sağa döndürülerek kapatılır. Sonra tekrar yaklaşık 1/2 - 1 e doğru, göstergesinin soluna doğru döndürülerek açılır. Bu arada yüksek hassasiyetli yükleme valfi kısmen açıktır.
- c- "ON" düğmesine basılır. Böylece kontrol sehпасı içindeki yükleme pompası, aspiratörlü havalandırma ve yüksek basınçlı yağlama motorları çalışmaya başlar. Pulsatör en düşük yük frekansında ve sıfır strokta çalışır.
- d- Nümerik kompensatör şalteri sıfıra ayarlar.
- e- Gerekli tevzi volümüne pompa kontrol el çarkını sağa döndürme ile izin verilir.
- f- Yük kontrol el çarkı tutturulmuş numune müsaade edilebilir yüksek likte yük değerine gerilimlendirilene kadar sağa döndürülmüş

olmalıdır.Sağa dönme test makinasının işletme silindirini etkiler.Nümerik gösterge üzerinde bir basınç artışı görülür.

g- Makina donanımı mümkün olan en yüksek yükte en az 15 dakika ayarlanmış pozisyonda çalışması muhafaza edilir.Test makinasının işletme pistonu etrafında bir yağ filmi birikir.Belirtilmiş bekleme zamanı kesinlikle gözlenmelidir.Aksi taktirde test makinasının pistonunun bir tutukluk tehlikesi vardır.Bu mühlet sonrası yorulma testi başlamalıdır.

2.3.12. DİNAMİK OPERASYON İÇİN MAKİNEİNİN HAZIRLANMASI

Esas olarak çalıştırma talimatında belirlenen sınırlamalar muhafaza edilmelidir.Bir kural olarak test makinasında büyük stroklar küçük frekanslar ile,küçük stroklar büyük frekanslar ile beraber gider.Bundan başka pulsator dişlisinin korunması için dakikada 700 lük hızın yalnızca bir saatlik çalışma sonrası geçilmiş olmasına dikkat edilmelidir.

2.3.12.1. Ü s t Y ü k ü n A y a r ı

Pompa kontrol el çarkı üzerinde gerekli tevzi volümünün ayarından sonra istenilen üst yük,yük kontrol el çarkı vasıtası ile yaklaştırılmış olur.Eğer pompa kontrol el çarkı üzerinde çok küçük bir tevzi volümü ayarlanırsa üst yük ayarlanamaz veya üst yük yorulma testi esnasında sabit olarak düşer.Eğer çok yüksek tevzi seçilirse büyük miktarda yağ yardımcı tertibat ve bakım kontrol devreleri arasından fışkırır ki buda gereksiz yağ ısınmasına ve yük muhafazasının sabitsizliğine tesir eder.

2.3.12.2. Y ü k F r e k a n s ı n ı n A y a r ı

Yük frekansı şekil 2.2. de görülen (4) düğmesi vasıtası ile ayarlanır.' V ' istenilen yük frekansına ulaşılan kadar düğme basılı tutulur.Aynı şekilde (5) ' V ' düğmesine basınca düşecektir.

2.3.12.3. A l t Y ü k ü n A y a r ı

Şekil 2.2. de görülen "Pulsator strok" (7).düğmesine basılır.Düğmenin yeşil sinyal lambası yanar.Alt yükün düşmesi ile birlikte giden pulsator stroku artar.Maksimum stroka ulaşılır ulaşılmaz kırmızı sinyal lambası yanar.

Alt yük ayarı üst yük ayarını etkiler. Bundan dolayı üst yük, pulsor stroku değiştirildiği zaman mütemadiyen doğrultulmalıdır. Pulsor strok miktarı "pulsor strok" ölçme cihazı üzerinde gösterilir. Kırmızı sinyal lambası yandığı zaman pulsatör strok ayarı elektriki olarak kilitlenir. Böylece teesirsizleşir.

2.3.12.4. A l t Y ü k ü n A r t ı Ő ı

Şekil 2.2. de görülen "pulsatör strok" (10) düğmesine basılır. Düğmenin yeşil sinyal lambası yanar. Alt yükün artması ile birlikte giden pulsatör stroku azalır. Minimum stroka ulaşılır ulaşılmaz kırmızı sinyal lambası yanar. Bu lamba yandığı zaman eski ayar elektriki olarak kilitlenir.

2.3.12.5. K o n t r o l A y a r ı

Bu nümerik kompensatörün çalıştırma talimatına göre yapılır. Yük kontrol el çarkı arkasındaki akupleman içeri sokulmalıdır.

Kontrol donanımının tam bir performansı için "Üst yük kontrol zamanı" "Yük periot aralığı kontrol zamanı" ve "Ölçme zamanı ve kontrol aralığı" zaman şalterlerinin doğru ayarlanması gereklidir. "Üst yük kontrol zamanı" ve "Yük periot aralığı" zaman şalterleri küçük impuls aralıklarına ayarlanır.

Eğer zaman şalterleri vasıtası ile üst yük ve periot aralığı için çok uzun bir impuls zamanı ve buna bağlı olarak çok uzun bir kontrol zamanı müsaade edilirse üst yük ve periot aralığının muhafazası için test makinesi üzerinde geniş kontrol mesafeleri mümkündür. "Ölçme zamanı ve kontrol aralığı" zaman şalterleri nispetten uzun zaman aralığına ayarlanır.

2.3.12.6. S t r o k S ı n ı r l a m a s ı n ı n A y a r ı

Bu, test makinesinin üzerinde kırılma şalterinin kontakt donanımı ile mümkün olduğu kadar yakın strok limitine göre yapılır.

2.3.12.7. A y ı r m a v e D o n a n ı m ı n H ı z l a D e s a r j ı

Şekil 2.2 de görülen (8) düğmesinin tahriki ile pulsor stroku, ilgili kırmızı sinyal lambası yanana kadar indirgenir. Daha sonra "OFF" düğmesine basılır. Tüm tesisat aniden desarj olur.

2.3.13. ÇALIŞTIRMA İÇİN İLK AYARLAMA

- a- Kontrol sehпасı esas plana göre kurulur.Su düzeci vasıtası ile seviyelenir.Tabana tespit edilir.
- b- Elektrik kabloları ve borular bağlanır.

2.3.14. TESİSATIN HAVALANDIRILMASI

Tesisat otomatik olarak test makinesinin ilk statik çalışması esnasında havalandırılır.Numune kabzası veya makinanın basınç odasına bir ara izalatörü yerleştirilir.Boylece test makinası yüklenmiş olur. İlk olarak yuvarlak kompresyon levhasının uydurulmasına dikkat edilmelidir.Makina donanımının statik yüklenmesinin tekrarlanması üzerine silindirdeki ve hatlardaki hava,silindir ve piston arasındaki aralıklardan kuvvetle çıkar.

2.3.15. BAKIM

2.3.15.1. Yağ Değişimi

İlk değiştirme 5×10^7 yük periot sonra,daha sonrakiler her 10^8 yük periotta bir yapılmalıdır.

2.3.15.2. Delikli Filtre

Kontrol sehпасı içindeki delikli filtre üstteki kolun 360° dönmesi ile temizlenmiş olur.Bu,günlük görev esnasında yapılmalıdır.Daha sonrakiler haftada bir,kir birikimini önlemek için 3 veya 4 kere temizleme tavsiye edilir.Bu,şeffaf kutunun vidalarını çıkardıktan sonra mümkündür.

2.3.16. YARDIMCI TERTİBAT,BAKIM KONTROL DEVRELERİ ÇALIŞTIRMA TALİMATI

2.3.16.1. Yardımcı Tertibat ve Bakım Kontrol Devrelerinin Amacı

Sabit yük altında testler için örneğin yüksek sıcaklıkta akma noktasının tayini veya sürünme testi için yardımcı tertibat ve bakım kontrol devreleri Mohr ve Federhaff ölçme plakaları prensipleri üzerine kurulmuştur.Zamanın her periotunda test yükünün gerçekten doğru muhafazasından emin olunur.

2.3.16.2. Tanım

Yardımcı tertibat hassas bir kontrole ulaşmak için hizmet eder.

Yük artışı veya düşüşü tam olarak el çarkının dönme hareketine orantılıdır. Eğer el çarkı durdurulursa test yükü bulunan değerde değişmeden kalır. Tekrar el çarkı hareket ettirilirse yük dönme hareketini tekrar orantılı olarak takip eder.

2.3.16.3. F o n k s i y o n

Basınçlı yağ işletme silindirine ve sabit ölçme plakasının aralığına gönderilir. Şekil 2.4. Sabit ölçme plakası hareketli ölçme plakasının vasıtası ile karşı kanala kilitlenir. Hareketli ölçü plakası karşı sabit plakaya basar. Bu kapatma etkisi el çarkı üzerinde kademesiz olarak ayarlanır. El çarkı bir çekme yayı üzerindeki arabayı hareket ettiren dış açılmış bir mil üzerinde sona erer. Kollu sistem (Şekil 2.5.) hareketli ölçü plakası üzerine etki eder. Ölçü plakasının basıncı el çarkı üzerinde ayarlanabilen yayın ön tansiyonuna göre teesir eder. Eğer işletme basıncı hareketli ölçü plakası basınç kuvvetinden daha yüksekse hareketli ölçü plakası basınç kuvveti boşanır ve yağ basınç ayarlanana kadar akar.

2.3.16.4. Y a r d ı m c ı T e r t i b a t v e B a k ı m K o n t r o l D e v r e l e r i n i n Ç a l ı ş t ı r ı l m a s ı

2.3.16.4.1. Çalıştırma için ayarlama hazırlığı

- a- Boşaltma valfi kapatılır. Hassas kontrol el çarkı tam serbestliğe ayarlanır.
- b- Yardımcı tertibat ve bakım kontrol devreleri el çarkı arabası yük kontrol değişimi sola sıfır pozisyonuna döndürülmüş olmalıdır.
- c- İşletme pompası devreye sokulur.
- d- Güç dağıtım ünitesi DER dizaynı için pompa kontrol ayarlayıcısı "Yükleme"ye ayarlanmış olmalıdır.

2.3.16.4.2. Çalıştırma

- a- Yardımcı tertibat ve bakım kontrol devreleri el çarkının sağa döndürülmesi ile numune üzerindeki yük ilgili göstergeye göre ayarlanır.
- b- Yağın gereksiz ısınmasını önlemek için yağ fazlası yüksek hassasiyetli yükleme valfine geçirilir.
- c- Yüksek hassasiyetli yükleme valfi, ilgili göstergede bir basınç düşüşü görülene kadar yavaşça kapatılmalıdır. Sonra yük göstergesi

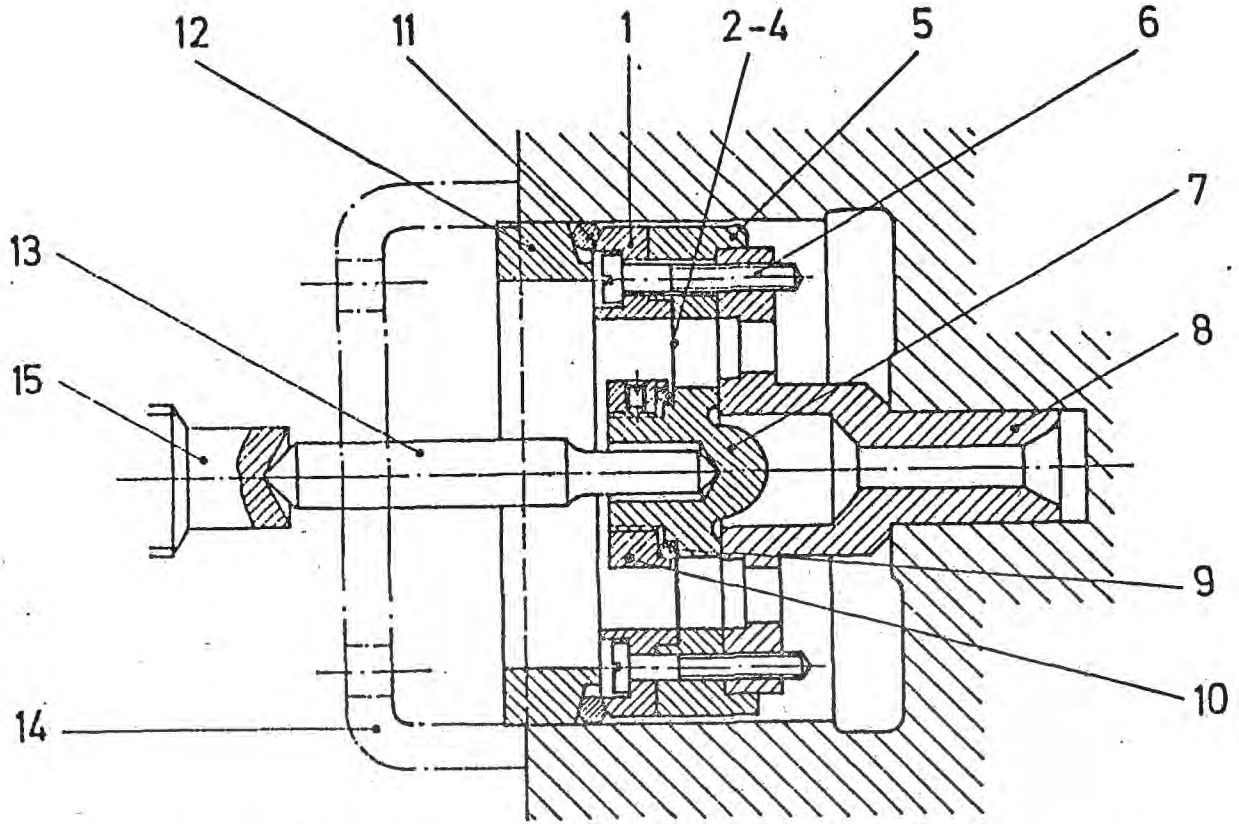
yük değeri uzerinde durana kadar hassas olarak tekrar açılır.

2.3.16.5. Sorunların Giderilmesi

Basınçlı yağ içindeki kirli parçalar veya diğer yabancı maddeler ölçme plakaları arasına yerleşirler ve sorunlara sebep olurlar. Yardımcı tertibat ve bakım kontrol devrelerinin montajlı ölçme plakaları, ilave parçalar çok iyi bir şekilde temizlenmelidir.

- a- Yardımcı tertibat ve bakım kontrol devrelerinin el çarkının tamamen sola dönmesi ile yay tamamiyle gevşer.
- b- Çerçeve içindeki kavrama fişi dışarı alınır ve dört adet altı köşeli vida çıkarılır.
- c- Manivela ile çerçeve gevşeltilir ve dışarı alınır.
- d- Basınçlı çember ve halka conta çıkarılır.
- e- Takılı ölçme plakalarının iki karşılıklı silindir kapağı vidaları sökülür.
- f- Kelebek somun yardımı ile montajlı tüm ölçme plakaları boşa alınır.
- g- Sökülmüş ölçme plakaları temizlenir ve tekrar monte edilir.

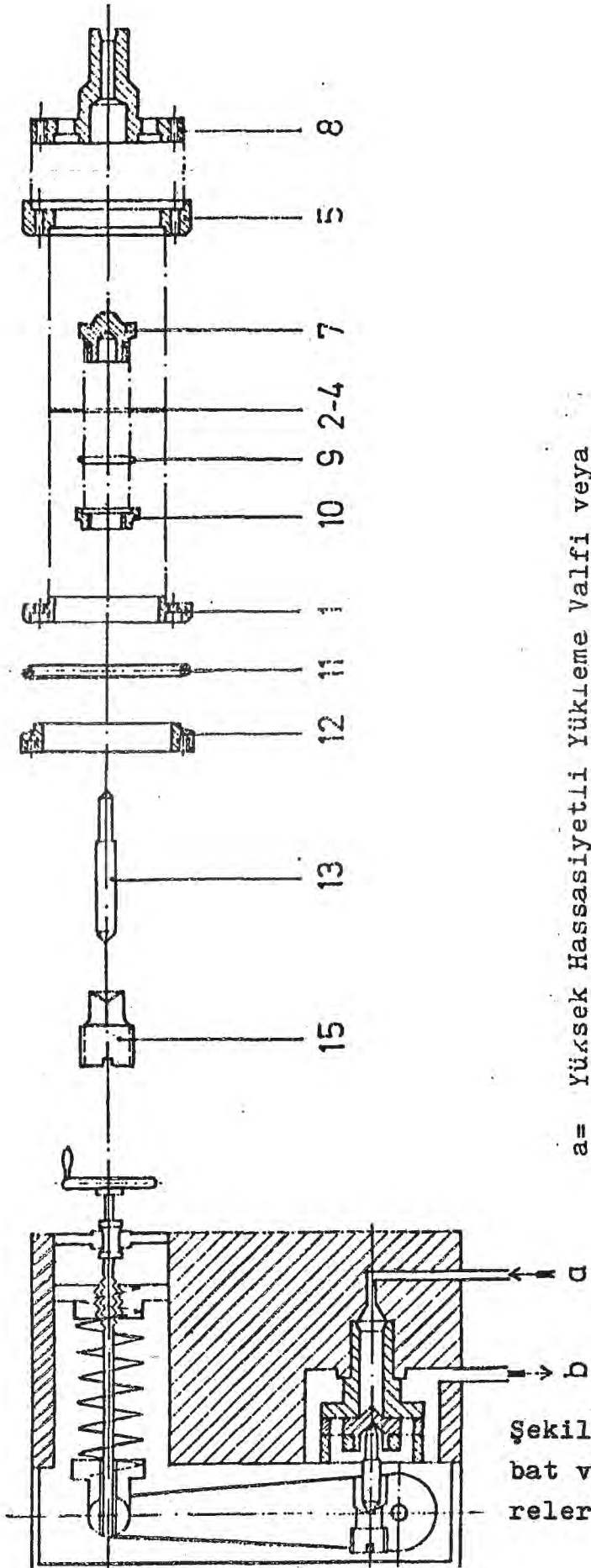
Montaj esnasında kolun iki yatağına "Bir tarafta hareketli ölçme plakası diğer tarafta manivelanın soket vidası" tam olarak tekrar ayarlanmasına dikkat etmelidir. Bundan başka manivelanın çerçevesine dikey olarak oturduğundan emin olunmalıdır. Dikey pozisyon soket vida ile ayarlanır. Sonra manivela içindeki diş açılmış pim vasıtası ile tespit edilir. Ölçme plakaları montaj ve sökme esnasında çok dikkatli tutulmalıdır. Özellikle yatak yüzeylerinin zarara uğraması yardımcı tertibat ve bakım kontrol devrelerinin bozulmasına teesir eder.



Şekil 2.4- Yardımcı tertibat ve bakım kontrol devreleri(18)

Parça No.

1.	Kapak Bileziği	J9810/13	J13783/18
2.	Diyafam	J9810/14	J13783/20
3.	Diyafam	J9810/14	J13783/20
4.	Diyafam	J9810/14	J13783/20
5.	Orta Bilezik	J9810/12	J13783/20
6.	Silindir vidaları	J9810/17	J13783/24
7.	Hareketli Ölç.Plakası	J9810/11	J13783/16
8.	Sabit Ölç.Plakası	J9810/10	J13783/15
9.	0- Bilezik	J9810/21	J13783/24b
10.	Yay somun	J9810/15	J13783/19
11.	Lastik sıkma bileziği	J9810/18	J13783/22
12.	Basınç Bileziği	J9810/19	J13783/23
13.	Kolon	J9810/16	J13783/21
14.	Kapak	J9817/55-57	J11216/25-27
15.	Saplama vidaları	J9810/37	J9820/34



a= Yüksek Hassasiyetli Yükleme Valfi veya
Silindir kapasite regülatöründen basınç
hattı.

b= Yağ deposuna çıkış.

Şekil 2.5- Yardımcı tertibat ve bakım kontrol devreleri.(18)

2.3.17. BASINÇLI YAĞ POMPASI ÇALIŞTIRMA TALİMATI

2.3.17.1. T a n ı m

Yağ basıncı üretimi için kullanılan pompa, birkaç pompa elemanının bir karter içinde birleştirildiği bir pistonlu pompadır. Şekil 2.6. Altı elemanlı bir pompayı göstermektedir. Şekil 2.7. Kesidi alınmış bir pompa elemanını göstermektedir.

Her eleman bir silindir ve silindir içine alıştırılmış çok yüksek basınçta bile sızdırmazlığı sağlayabilen bir pistondan meydana gelmiştir. Pistonlar süpablar ile kam arasında eksantrik şaft tarafından basınç stroku esnasında çalıştırılır. Emme stroku esnasında piston, yay plakası arasındaki piston yayı tarafından aşağı hareket ettirilir. Her silindirin tepesinde bir basınç kanalı bağlıdır. Ferdi basınç boruları bir kollektöre gider. Her silindirin her basınç stroku esnasında valf yayı vasıtası ile kapanan bir basınç valfi vardır.

Pompa karterinin üst kısmı, içine bırakıldığı yağın yağ tedarikinden pompaya gittiği basınç borularından beslenen emme odasıdır. Her pompa elemanının yağın emme odasından basınç odalarına geldiği birbirine karşılıklı iki giriş deliği vardır. Üniform strokla çalışan pompa pistonlarının piston yüzeyinde helisel oluk şeklinde şekillendirilmiş meyilli bir kontrol kenarı vardır. Oteki bütün pistonlar operasyon esnasında boylamasına eksenleri etrafında döndürülebilir. Böylece pompa tarafından tevzi edilen yağ miktarı sıfırdan maksimuma son derece çeşitlidir. Pistonların döndürülmesi için pompa silindirlerinin üzerinde basılı kontrol kollarının dış açılmış kısımları bulunan kontrol çubukları kullanılır. Pistonların yan taraflarının piston vanalarının içindeki kontrol kollarının alt ucunda boylamasına iki yiv vardır. Böylece dönme hareketi pistonlara iletilir.

2.3.17.2. P o m p a Y a ğ D a ğ ı t ı m K o n t r o l u

Şekil 2.8 de görülen pistonun altı pozisyonunda piston üzerindeki basınç odası, emme odası giriş delikleri arasından yağ ile doldurulur. (Pozisyon 1 veya 6) yükselen piston (Pozisyon 2 veya 4) giriş deliklerini kapatır. Basınç borusu içindeki basınç valfi arasına yağ sıkıştır ve yağın artan tevziini etkiler.

Yağ tevzii silindirin basınç odası ve emme odası arasında bir an bağlantı kurulması boyunca ve enine kanallar giriş deliklerine bir an

pistonun yol vermesine sebep olur.Böylece yağ emme odasına sıkıştırılarak geri döner.(Pozisyon 3 veya 5) eğer piston boyuna kanala izin vermek için kafi derecede döndürülürse giriş deliklerinin birisi ile karşılaşır.Basınç odasındaki yağ basıncını kaybeder.Böylece tevzi olmaz (Pozisyon 6).Tevzinin başlaması ve tevzi miktarı pistonun döndürülmesi ile olur.

2.3.17.3. H a v a l a n d ı r m a

Pompanın çalışması için ilk ayarlamadan önce,eğer pompa uzun zaman kullanılmamışsa hava hatlar içinde veya emme odasında ise basınç boruları çözünür veya gevşer.Bu nedenle havalandırma gereklidir.

2.3.17.4. B a k ı m

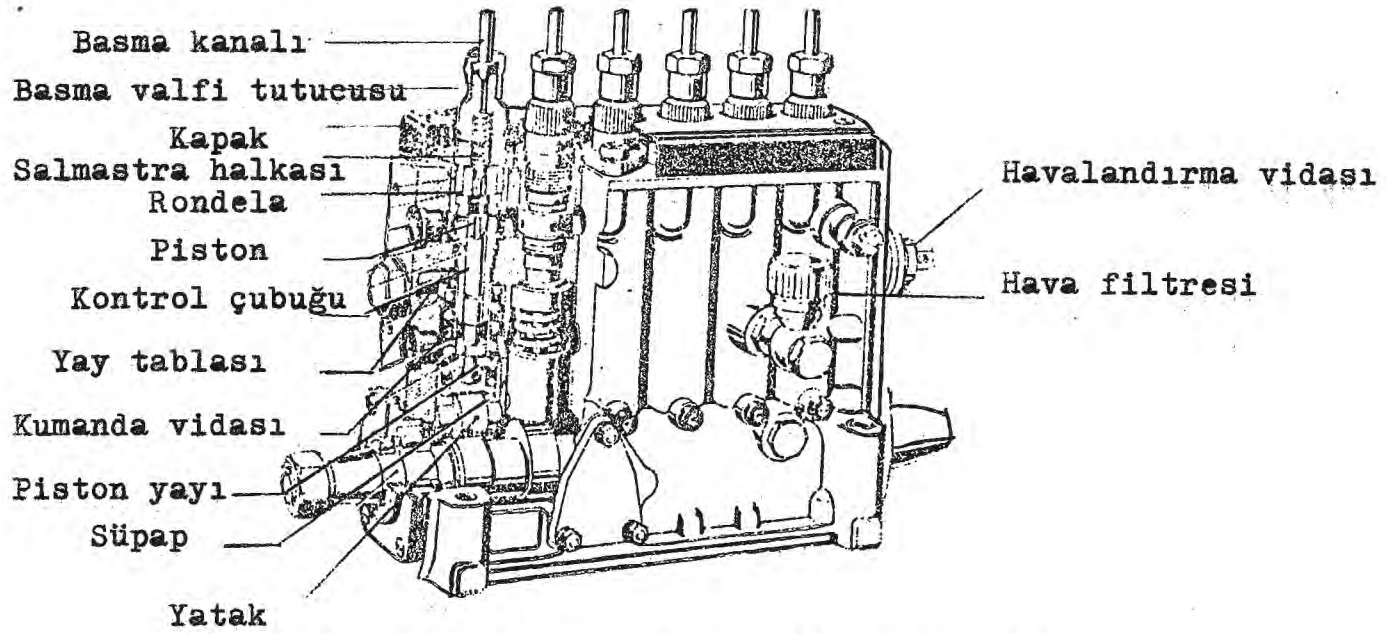
2.3.17.4.1. Yağ seviyesinin kontrolu

Aralıksız çalışma esnasında yağ seviyesi haftada bir kontrol edilmelidir. Eğer gerekirse yağ doldurulur.Orta (Ne aralıksız nede seyrek) çalışma esnasında ayda bir kontrol edilmelidir.Yağ doldurulması şöyle yapılır.Yağ kontrol vidası çıkarılır.Hava filtresi çıkarılır.Yağ girişi görünür.Yağ,kontrol vidasının alt penceresinden akana kadar bu girişe yağ doldurulur.Yağ kontrol vidası ve hava filtresi tekrar vidalanır.

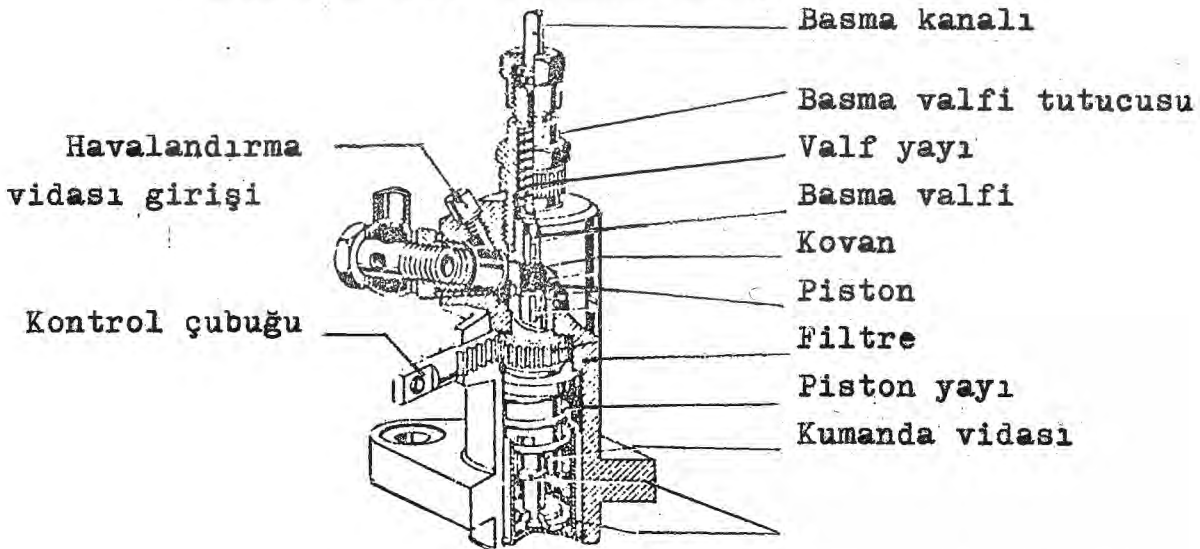
2.3.17.4.2. Yağ dolumu

4 nolu pistonlu pompa için 0,25 litre hidrolik yağ gerekir.

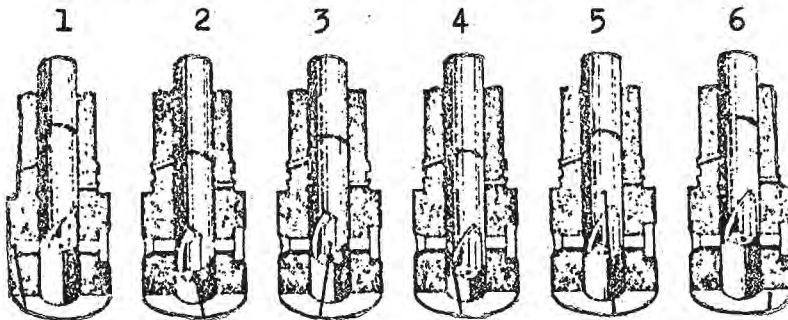
6 nolu pistonlu pompa için 0,35 litre hidrolik yağ gerekir.



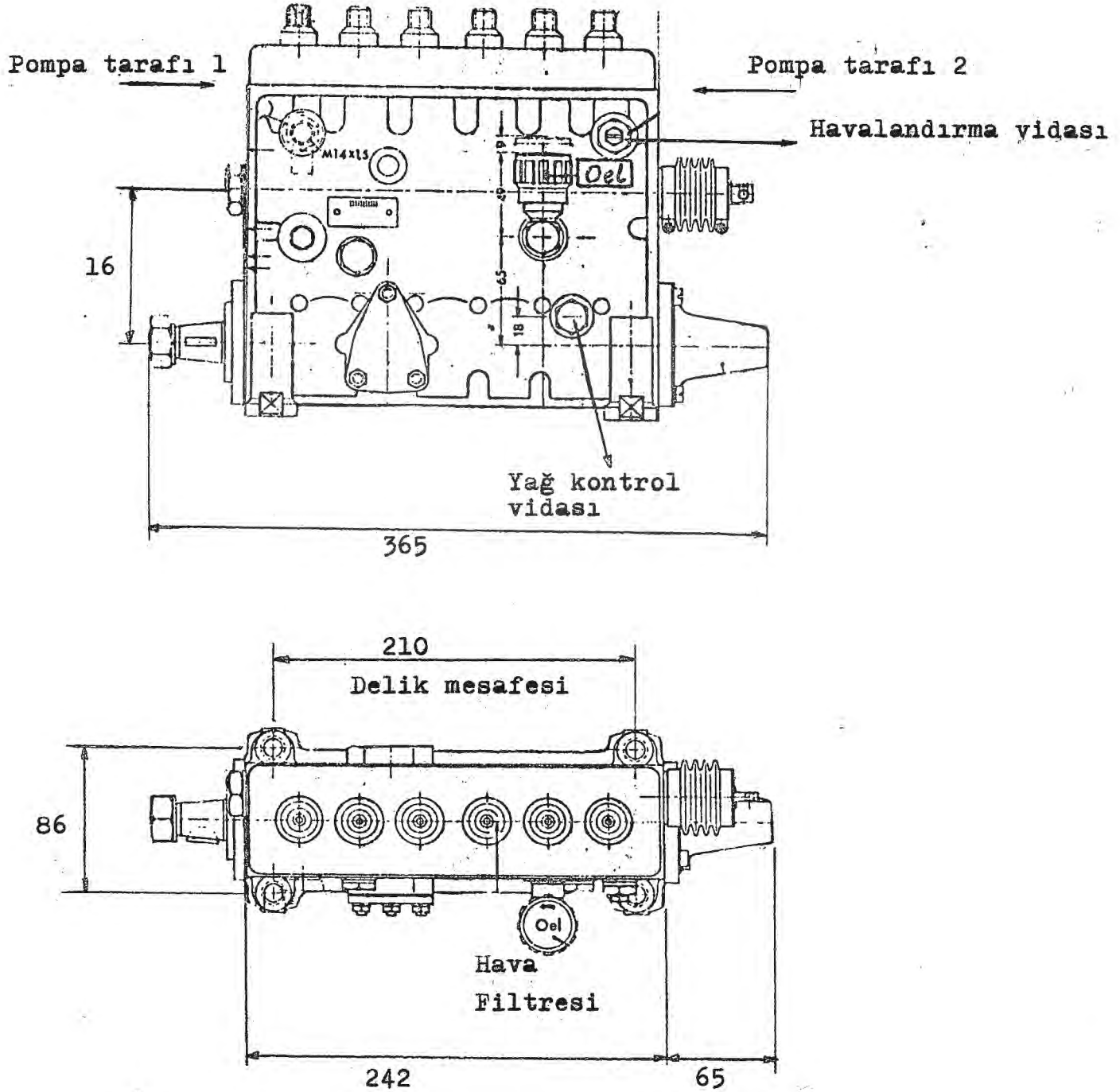
Şekil 2.6- Altı elemanlı bir pompa (18)



Şekil 2.7- Kesidi alınmış bir pompa elemanı (18)



Şekil 2.8- Pistonun altı pozisyonu (18)



Şekil 2.9- Yağ pompasının ön ve üstten görünüşü (18)

2.3.18. NÜMERİK KOMPENSATÖR

Şekil 2.11 de görülmektedir.

2.3.18.1. Teknik Değerler

Ana voltaj	220/50 Saykıl
Ana voltajın müsaade edilebilir değişimi	+ 10 % - 10 %
Giriş gücü	50 VA
Ölçüm değer vericisi	İndüktif vericilere bağlı Strain Gauge
Vericinin sağladığı voltaj	8 V
Taşıma frekansı	5 KHz
Giriş hassasiyeti	1 den 18 mv/v ta ayarlanır.
Teesirsiz kontrol esnasında ölçme zamanı	1.....30 Saniye
Üst yük kontrol zamanı	1.....30 Saniye
Alt yük kontrol zamanı	1.....30 Saniye
Makinanın çıkış kontrolü	24V/50mA

2.3.18.2. Kullanım

Elektriki ölçme değeri vericisi ile bağlantılı nümerik kompensatör yorulma test donanımında kullanılır.

- a- Üst ve alt yük göstergesi
- b- Üst ve alt yük kontrolü
- c- Üst ve alt yük monitörü

2.3.18.3. Çalışma Şekli

Nümerik kompensatör, frekans köprüsü taşıyıcısını kendi kendine ayarlamak sureti ile çalışır. Ölçülen voltaja karşı sıfırdan farklı olana kadar dengeleme voltajı bağlanır. Bir çift yönlü sayacın içeriğine orantılı voltaj yüksekliği ışıklı numaralar ile gösterilir. Maksimum değerlerin (Üst ve alt yük) ölçümünde, ilk yarıda minimum uygun ölçüm voltajı (Alt yük) ölçülür. Ayarlanan bir ölçüm zamanı içinde depolanır ve gösterilir. İkinci yarıda da maksimum uygun voltaj (Üst yük) gösterilir.

2.3.18.4. Numunenin Kırılması ve Yardımcı Değerler

Numunenin kırılması anında makinanın otomatik olarak devresinin kesilmesinden emin olmak için göstergeden ayrı, makinanın devre dışı kalması için 0,5 saniye içinde ölçme ve kontrol zamanı sağlayan bir şalter yapısında bulundurulmuştur.

Üst ve alt yük değerleri, makinanın maksimum değerlerine ayarı sabitleştirilmiş bir kola aynı prensiple monte edilmiştir.

Ayarlamayı takiben şunlar yapılır: Kontrol devre kesici ile numune kırılma potansiyometresi bir tornavida vasıtası ile sarı ışık yanana kadar ayarlanır. Bu ışığın yanışı 'Voltaj kırılma değeri ile gerçek değer farklıdır. Numune kırılma değeri sıfırdır' anlamına gelir.

Potansiyometrenin hafifçe geri döndürülmesi ile ışık söndürülebilir. Bu ki bir başlangıç yani numunenin kırılması anında aşağı düşme ile ulaşılan değerdir. Sarsma, ölçme zamanından ayrı amplifikatör ile kontrol edilir. Amplifikatör makinayı 0,5 saniye içinde devre dışı bırakır. Aynı yol ile limit değerler ayarlanır. Ayar sonrası kontrol numune kırılma ve limit değerler bir zemberekli anahtar üzerine bağlanır. Ayarlardan birine yani limit değerlere ulaşılır ulaşılmaz sadece şalterin devre dışı kalması ile sönen ilgili ışık yanar.

2.3.18.5. Kontrol

Üst ve alt yüklerin kontrolü için kompensatör ile kesinleştirilen ölçme değerleri nümerik değer seçici üzerindeki değerler ile karşılaştırılır. Sinyallerin sürekliliği üst ve alt yük için potansiyometre üzerinde ayrı ayrı ayarlanabilir. Şekil 2.11

- a- Üst ve alt yükün gerçek değerleri ile ayar değerleri aynıdır.
- b- Üst yük F_0 in ayar değerinden daha büyüktür. Periyot aralığı aynı bırakılır.
- c- Üst yük F_0 değerinden daha büyüktür. Alt yük F_u değerinden daha büyüktür. Kontrol impulsları F_0 , ulaştığı üst limit toleranslarına göre verilir.
- d- Üst yük ve alt yük çok küçükse kontrol impulsları F_0 in ulaştığı alt limit toleranslara kadar çıkarılır.
- e- Üst yük çok küçük ve alt yük çok büyükse kontrol impulsları F_0 ve aynı zamanda F_u verilir.

f- Üst yük çok büyük ve alt yük çok küçükse kontrol impulsları F_0 ve aynı zamanda F_u verilir.

2.3.18.6. S ı n ı r D e ğ e r A y a r ı

Nümerik sınır değeri seçicileri üst ve alt yük limitleri ayarı için hizmet eder. Üst ve alt yük tolerans ayarları usulüne göre sabitleştirilir. Eğer teesirler ayar değerinin sınırları üzerinde ise 0 dan 9 a ayarlanabilir. 0.....99 ton yük oranı ile seçilebilir tolerans ± 90 kg. dır. Bir ayar toleransı için $\pm 30-50$ kg. veya test edilen malzemeye bağlı olarak daha büyük veya daha küçük tavsiye edilir. 20 kg.lık ayar ile max ayarlanabilir kontrol değeri $\pm 99,97$ ton dur.

2.3.18.7. V e r i c i n i n A d a p t a s y o n u

a- Faz ve test soketi: Verici dolaşımı içinde taşıyıcı dalga frekansı kullanılırken kablo içindeki kapasitif asimetriklik balans edilmelidir. Bundan önce statik yükte (Yaklaşık $1/2 F_{max}$) test soketine bir osilograf bağlanmalıdır. Potansiyometre vasıtası ile bir minimum ayar yapılmalıdır. Yaklaşık 50.....100mv. Bu ayar makina operasyona hazırlandığı zaman hemen yapılır.

b- $F_0 - F_u$ farklılığı: Statik yükleme esnasında üst yük göstergesi alt yük göstergesine eşittir. Farklılıklar bu potansiyometrenin yardımı ile balans edilebilir. Makina operasyona hazırlandığı zaman ayar hemen yapılır.

c- Hassasiyet: (Ölçme değeri vericisinin ayarı) Zemberekli şalter (Statik - Dinamik) statığe çevrilir. Vericinin ayarı için hassasiyet statik yükleme esnasında ayarlanmalıdır. Yaklaşık $1/2 F_{max}$. Tam yük altında ve küçük yük altında sapma hassas ayar cihazı ile kontrol edilmelidir. Bu ayar makina operasyona hazırlandığı zaman yapılır. Her değişim yeni ayar gerektirir.

d- Sıfır noktası: Verici üzerindeki ön yüklere sebep olan sıkma başlıkları ve aksesuarların ağırlıkları potansiyometre vasıtası ile indirgenebilir.

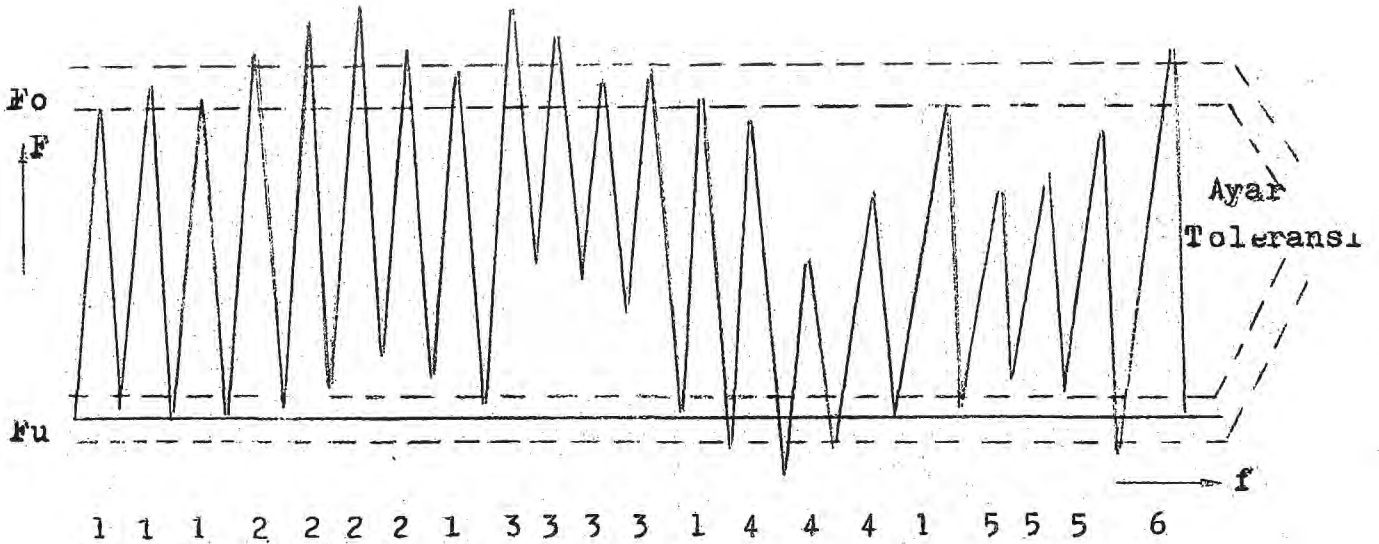
e- Statik-Dinamik işlemi: Statik pozisyonda ölçme zamanı 1 saniye ve değiştirilemez. Bu işlem tarzı esas olarak vericinin ayarında kullanılır. Fakat ayrıca başka statik testler esnasında yük göstergesi için kullanılabilir. Dinamik operasyon esnasında ölçme zamanı 1 den 30 saniyeye ayarlanabilir.

2.3.19. TEST HAZIRLIĞI

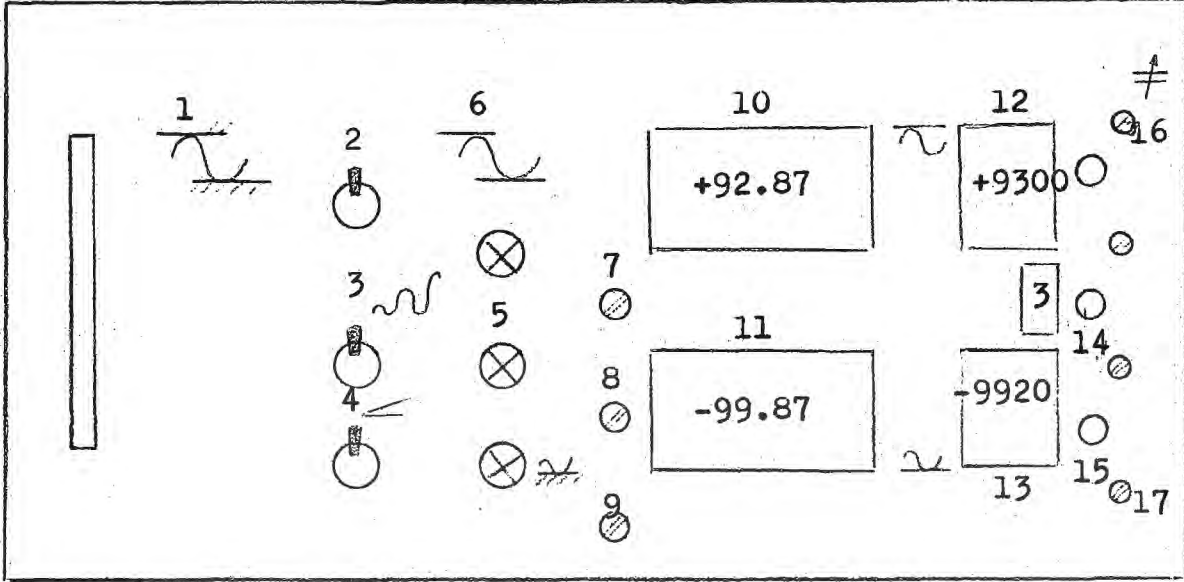
- a- Ana şalter ve gösterge açılır.
- b- Devreden çıkarma kontrolü yapılır.
- c- Sıfır noktası ayarı yapılır.
- d- İstenen operasyon tarzının ayarı yapılır.
- e- Ayar değerleri ve toleranslar ayarlanmış olmalıdır.
- f- Ölçme kontrol zamanının ayarı yapılır.

2.3.20. TEST

- a- Ayar değerlerine ulaşılır ulaşılmaz kontrol devreye sokulmalıdır.
- b- Aşırılıktan kaçmak için üst ve alt yük kontrol aralıkları sık sık bakılmalıdır. Şekil 2.10. Ölçme zamanı daha yüksek değerlere ayarlanabilir.



Şekil 2.11- Üst ve alt yük kontrol aralıkları (18)



Şekil 2.12- Nümerik kompensatör (18)

- | | |
|---------------------------|----------------------------|
| 1- Regülasyon | 9- Üst yük göstergesi |
| 2- Numune kırılma şalteri | 10- Alt yük göstergesi |
| 3- Statik-Dinamik şalteri | 11- Üst yük nominal değeri |
| 4- Ana şalter | 12- Alt yük nominal değeri |
| 5- Göstergeler | 13- Üst yük kontrol zamanı |
| 6- Üst limit değeri | 14- Kontrol ölçme zamanı |
| 7- Numune kırılması | 15- Ayar fazı |
| 8- Alt limit değeri | 16- Alt yük kontrol zamanı |
| | 17- Hassasiyet |

3. DENEYSSEL ÇALIŞMALAR

3.1. DENEY GENEL PLANI

- I- BMC firması tarafından üretilen K8C 3050 parça nolu V-2200F vasıtalarına ait 8.0-20 ebadında kamyon jantının yorulma testinin yapılması
 II- OTOYOL firması tarafından üretilen FIAT 50 NC kamyonetlerine ait 5.50Fx16 ebadında SDC jantının yorulma testinin yapılması

3.2. K8C 3050 PARÇA NOLU V-2200F VASITALARA AIT 8.0-20 JANTIN YORULMA TESTİ İLE İLGİLİ TEKNİK DEĞERLER

Yorulma testi için test değerleri aşağıda yapılan moment hesabına göre alınmıştır.

Moment hesabı : $M = L((Slr)\mu + d)(k)$ "SAE Handbook Sf.30.06"

M: Moment (kgm)

L: Janta gelen yük (kg)

Slr: Kullanılan lastikteki statik yük yarı çapı (m)

μ : Lastik, yol arası sürtünme katsayısı

d: Off-set (m)

k: Hızlandırılmış test faktörü

L: 3250 kg (E.T.R.T.O Sayfa C.15)

Slr: 0.516 m (SAE Handbook Sf. 30.08 tablo A-2)

μ : 0.7 (SAE Handbook Sf. 30.06)

d: 0.165 m (BMC 8.0-20 Jant resmi)

k: 1.1 (SAE Handbook Sf. 30.07 tablo 2)

$M = 3250(0.516 \times 0.7 + 0.165)1.1 = 1881$ kgm.

Devir kuvvet diyagramından $n = 1060$ d/d Test 60.000 Cycl.

3.3. 5.50Fx16 SDC JANTIN YORULMA TESTİ İLE İLGİLİ TEKNİK DEĞERLER

Lastik ebadı: 7.50 x 16

Uygulanan moment: 590 kgm

Toplam devir: 33000

B.M. Ölçer: 1.07-1.08 (Eğme momenti)

3.4. DENEY CİHAZININ TANITIMI (JANT YORULMA TEST CİHAZI)

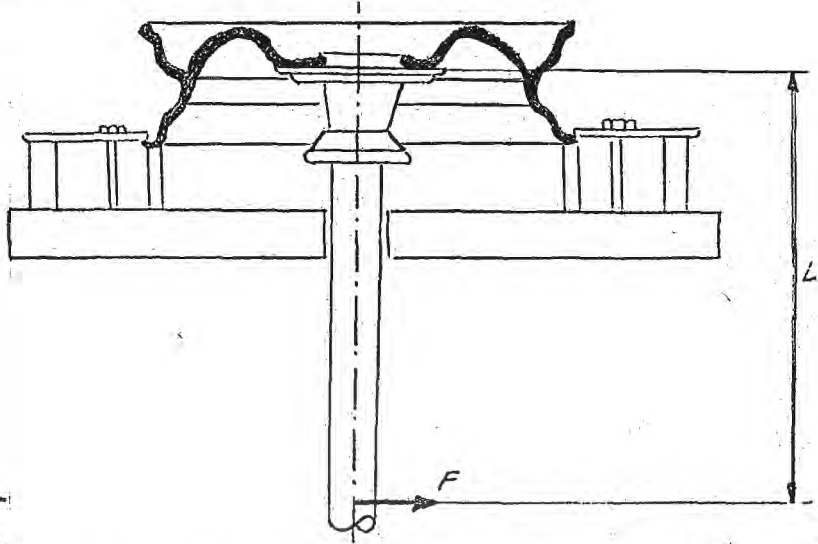
3.4.1. OLÇME PRENSİBİ

Eksenel olarak jant göbeğine bağlanmış olan mile, dönel sabit bir eğme momenti tatbik edilerek bunun janta intikali sağlanır.

Eğme momenti sonucu milde meydana gelen sehim ile jantta meydana gelen gerilmeler arasında sabit bir oran vardır. Milin sadece malzeme hasar görürken değişik sehimin kontrolü ile malzeme mukavemetindeki düşme anında tesbit edilir.

3.4.2. MAKİNANIN ÇALIŞMA PRENSİBİ

Flanşının iç yüzünden 10 adet bağlama çenesi ile makina üst tablasına bağlanan janta, göbeğinden tesir eden dönel ve sabit bir eğme momenti tatbik edilir. Şekil 3.1. Eğme momentini veren merkezkaç kuvveti sağlayan eksantrik yük bir redüktör, uzunluğu değişebilir bir kardan mili ve hızı ayarlanabilir bir düz akım motoru ile tahrik edilir.



Şekil 3.1- Jant yorulma test cihazının şematik resmi (1)

Dönen eksantrik yükün meydana getirdiği merkezkaç kuvvet, üzerine uzama telleri (Strain Gauge) yapıştırılmış olan moment miline aktarılır. Bu milde meydana gelen eğilme momenti de jant bağlama flanşı üzerinden jant göbeğine etkir. Bu sırada moment mili dönme hareketi yapmaz. Ancak eksantrik yükün dönme hızına bağlı olarak döner. Bu moment nedeni ile mil düşey konumunun dışına itilir.

3.4.3. TEKNİK ÖZELLİKLERİ

Makina tipi: Sabit tip jant yorulma makinası

Test edilebilir jant boyutları:

Çap: 13"-20"

Genişlik: Off-Set'e bağlı değişken

Derinlik: (Off-Set) en fazla 240 mm

Eğme momenti: 0-30.000 Nm

Moment mili uzunluğu: 1 m (L)

Jant göbeği radyal yükü: M_b/L

Devir sayısı: 500-1350 dev/dak

Gerilim: 380 V

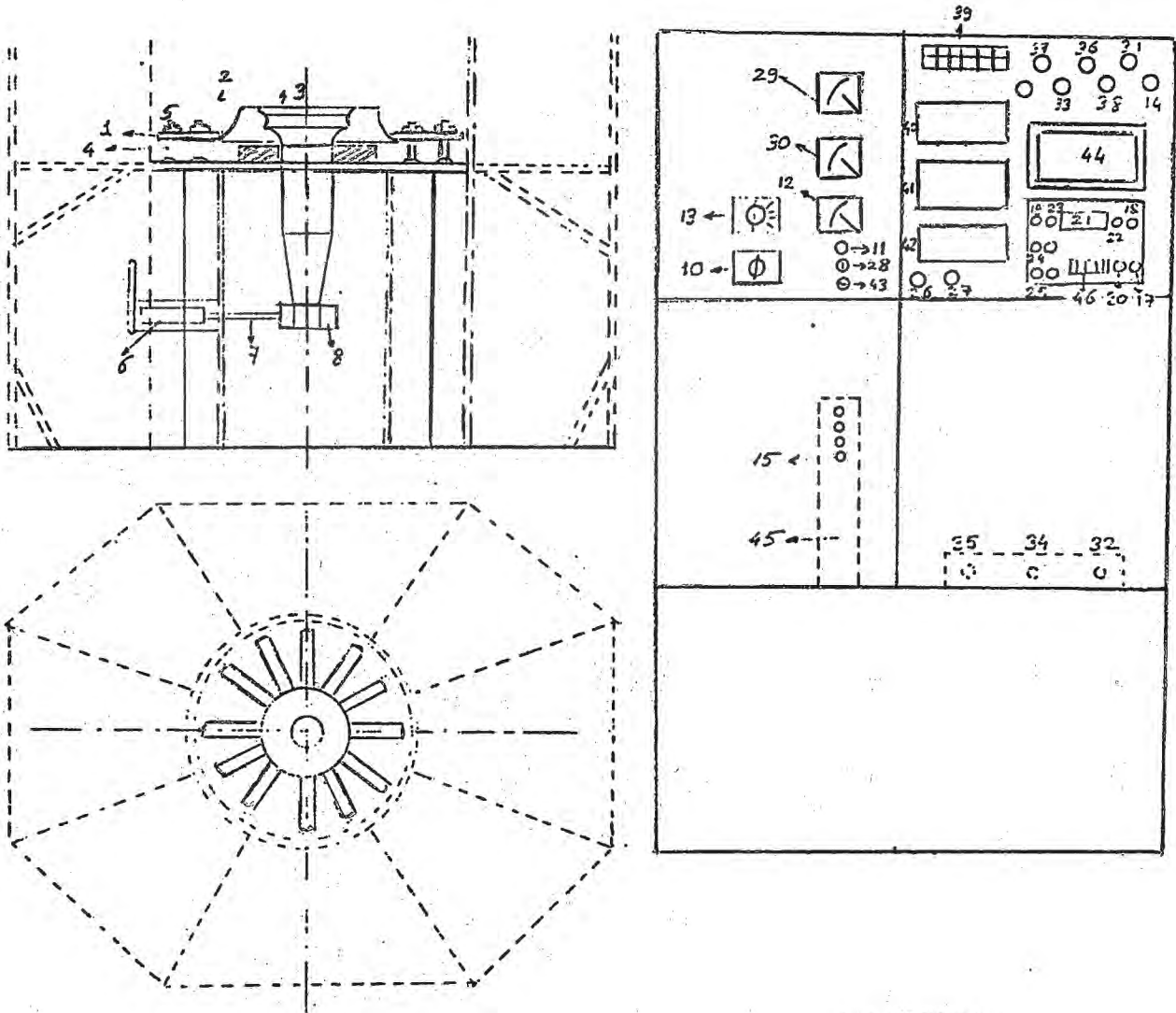
Frekans: 50 Hz.

Motor gücü: 14 Kw.

Çekilen en fazla akım: 20 A/Faz

Sigorta: 40 A

Makina ağırlığı: 5 Ton



Şekil 3.2- Jant yorulma test cihazı (1)

1. Bağlama eneleri
2. Test bileziği
3. Bağlantı diski
4. Ayar civataları
5. Sıkma civataları
6. Statik yükleme aparatı
7. İtici mil
8. Eksantrik ağırlık taşıyıcısı
9. Elektrik dolabı
10. Ana Şalter
11. Őebeke gerilimi ikaz lambası
12. Őebeke gerilimi voltmetresi
13. Faz arası gerilimler kompensatörü
14. Makina çalışmaya hazır lambası
15. Strain Gauge amplifikatörü
16. Toplam yük tekrar sayısı mekanik yazıcısı
17. Sayıcı açma anahtarı
18. Sayıcı açık lambası
19. Bellek yükleme düğmesi
20. Sayıcı göstergesi sıfırlama düğmesi
21. Sayıcı elektronik göstergesi
22. Sayıcı aşağı-yukarı çalışma anahtarı
23. Bellek ıkış lambası
24. Sıfır ıkış lambası
25. Bellek rölesi açma düğmesi
26. Hız ayar potansiyometresi
27. Sbt.dev.-Sbt.mom.Komitatr
28. Motor start düğmesi
29. Motor start voltmetresi
30. Motor akımı ampermetresi
31. Toplam yük tekrar sayısı tamamlandı ikaz lambası
32. Maksimum eğme momenti ayar potansiyometresi
33. Maksimum eğme momenti aşıldı ikaz lambası
34. Maksimum sehim ayar potansiyometresi
35. Maksimum hız ayar potansiyometresi
36. Maksimum hız aşıldı ikaz lambası
37. Maksimum sehim aşıldı ikaz lambası
38. Strain Gauge ikaz lambası
39. Toplam yük sayıcısı
40. Motor hız göstergesi
41. Mil sehim göstergesi
42. Eğme momenti göstergesi
43. Motor stop düğmesi
44. Strain Gauge monitörü
45. Strain Gauge amplifikatörü

3.5. DENEYLERDE KULLANILAN MALZEMELER

3.5.1. 8.0-20 JANTIN OZELLİKLERİ

İ yüzey tornalı malzemenin kalınlığı 10.25 mm.

Jant ebadı: 8.0-20 inch.

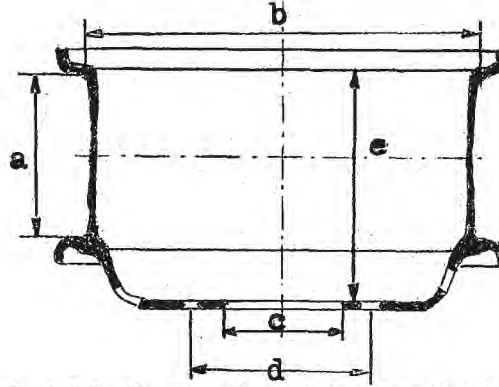
Anma genişliği(a):203.2 mm

Anma apı(b): 508 mm

Porya apı(c): 281 mm

Bölüm dairesi çapı(d): 335 mm

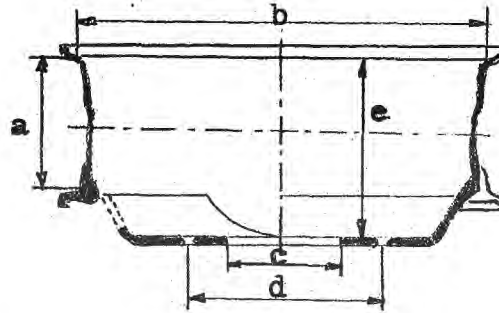
Off-Set(e): 271.6 mm
 Net ağırlık: 47.9 kg.
 Bijon delikleri: 27 mm



Şekil 3.3- 8.0-20 jant (1)

3.5.2. 5.50Fx16 SDC JANTIN ÖZELLİKLERİ

Anma genişliği(a): 139.7 mm
 Anma çapı(b): 405.6 mm
 Porya çapı(c): 161 mm
 Bölüm dairesi çapı(d): 205 mm
 Off-Set(e): 190.35 mm
 Net ağırlık: 17.8 kg.
 Bijon delikleri: 21.5 mm



Şekil 3.4- 5.50Fx16 SDC jant (1)

3.6. DENEYLERİN YAPILIŞI

3.6.1. 8.0-20 JANTIN YORULMA TESTİ

3.6.1.1. Testte Uygulanacak Eğme Momentinin Tesbiti

Jant yorulma testi sırasında jant göbeğine, dönel ve sabit eğme momenti tatbik edilmiştir. Bu momentin uygulama şekli bir ucu bijon civataları ile jant göbeğine bağlanmış olan bir mile belirli bir mesafeden mil eksenine dik olarak dönel bir kuvvet tatbik etmektir.

Jant yorulma testi sırasında uygulanacak eğme momenti genellikle taşıt imal eden firmalar tarafından tayin edilir. Bu değer test yöntemlerinde doğrudan eğme momenti olarak (Nm, Kgfm, Lbf, Ft) gibi birimlerle verilebildiği gibi uygulanması istenilen L uzaklığında F kuvveti olarakta verilebilir. Bu şekilde verildiği takdirde eğme momenti $M = F \cdot L$ formülü ile hesaplanır.

Eğer jant yorulma testi sırasında uygulanacak eğme momenti taşıt imalatçısı tarafından verilmemişse aşağıdaki yöntemlerle saptanabilir,

$$M = L (R \cdot \mu + d) \cdot S \cdot K$$

M: Eğme momenti (Nm)

L: Jant nominal yükü (N)

R: Janta takılabilecek en büyük lastiğin statik yükte yarı çapı (m)

μ : Yol ile lastik arasındaki sürtünme katsayısı

d: Jant off-set'i

S: Hızlandırılmış deney katsayısı

K: Taşıt katsayısı

Bilindiği gibi makinada uygulanan eğme momenti, mil yataklanmış olan eksantrik ağırlığın dönerken doğurduğu merkezkaç kuvvet ile oluşmaktadır. Makina miline bağlanabilen üç değişik ağırlık, motorun 0-1350 dev/dak. çalışma ağırlığında $F = m \cdot r \cdot w^2$ formülüne göre ikinci dereceden eğrilerle temsil edilebilen merkezkaç kuvvet serilerini doğururlar.

Formülde :

F : Merkezkaç kuvvet (N)

m : Eksantrik ağırlığın kütlesi (kg)

r : Eksantrik ağırlığın eksantrisitesi (m)

w : Eksantrik ağırlığın açısal hızı (rad/sn.)

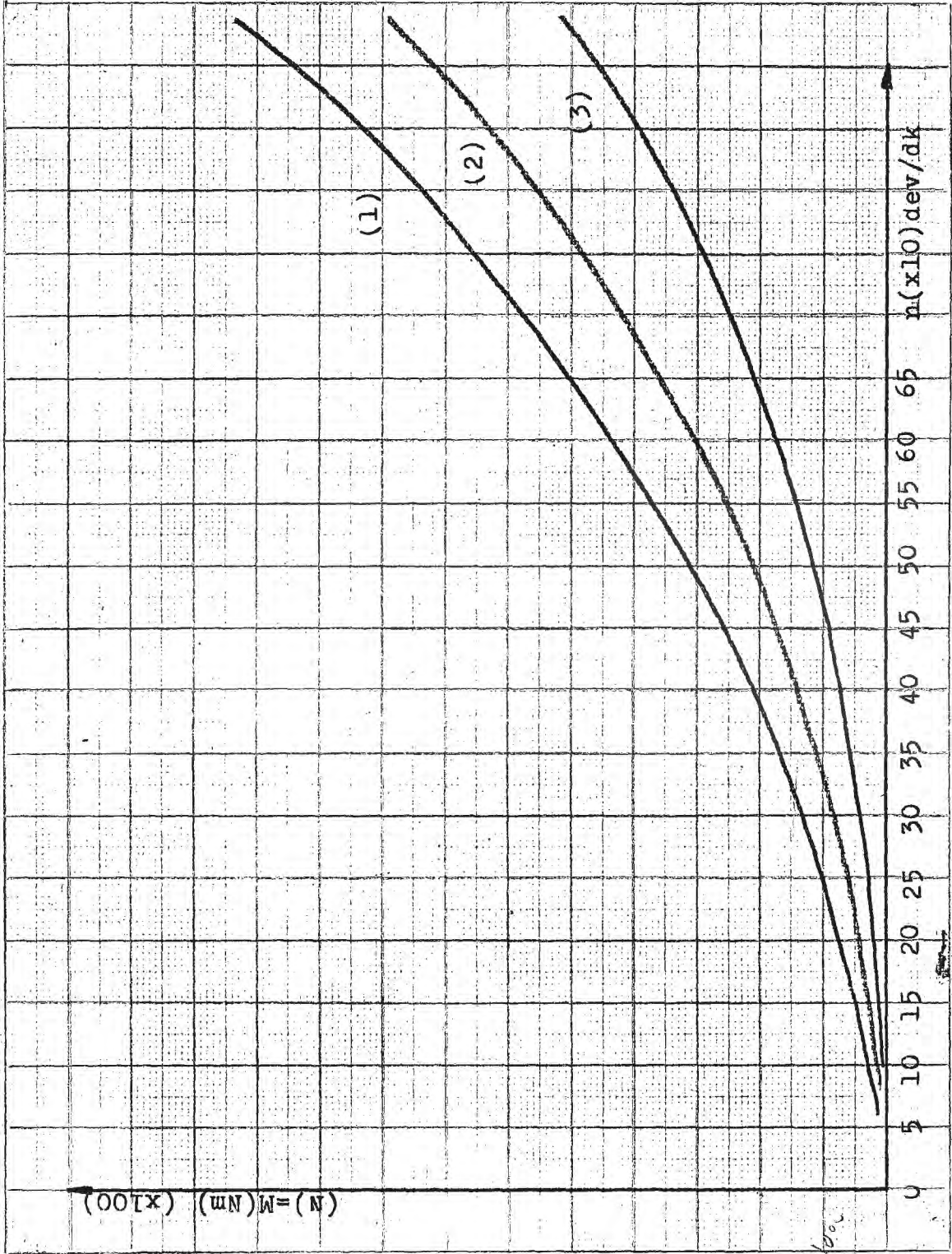
$$w = \frac{\pi \cdot n}{30}$$

n: Motor devri

Mil üzerine bağlanabilen üç adet eksantrik ağırlık aşağıdaki özelliklere sahiptir.

<u>EKSANTRİK AĞIRLIK</u>	<u>KÜTLESİ (kg)</u>	<u>EKSANTRİSİTESİ (m)</u>
1	2.63	0.108
2	6.96	0.127
3	10.47	0.142

Yukarıda belirtilen bu ağırlıkların çeşitli motor devirlerinde meydana getirdiği ikinci dereceden eğme momenti eğrileri Şekil 3.5 deki gibidir.



Şekil 3.5 - Eksantrik ağırlıkların çeşitli motor devirlerinde meydana getirdiği eğme momenti eğrileri (1)

3.6.1.2. Yorulma Sırasında Kırılma Mekanizmasının İncelenmesi

Kademeli testlerde her yük kademesine ait test momenti, o kademe için ön görülen yük değişim sayısı tamamlanincaya kadar sabit tutulur. Mil sehimi jantın mukavemet durumunu gösteren bir kriterdir. Bu nedenle test sırasında mil sehimi de indüktif mesafe ölçücülerle kontrol edilir. Deneylerle jantın çatlaması sırasındaki sehim artışı tespit edilerek sınır değer olarak ayarlanabilir. Test sırasında bu sehim artışında test durur. Yük değişim sayısı jantın dayanabildiği minimum yük değişim sayısı ile karşılaştırılır.

Jant üzerinde oluşan çatlakların büyüme hızı aşağıdaki formülle hesaplanır. Şekil 3.6

$$\frac{dL}{dN} = Sbt. K^m$$

dL/dN : Çatlak büyüme hızı

dL : Çatlak boy değişimi

dN : Yük tekrar sayısı değişimi

K : Gerilim yoğunluğu faktörü

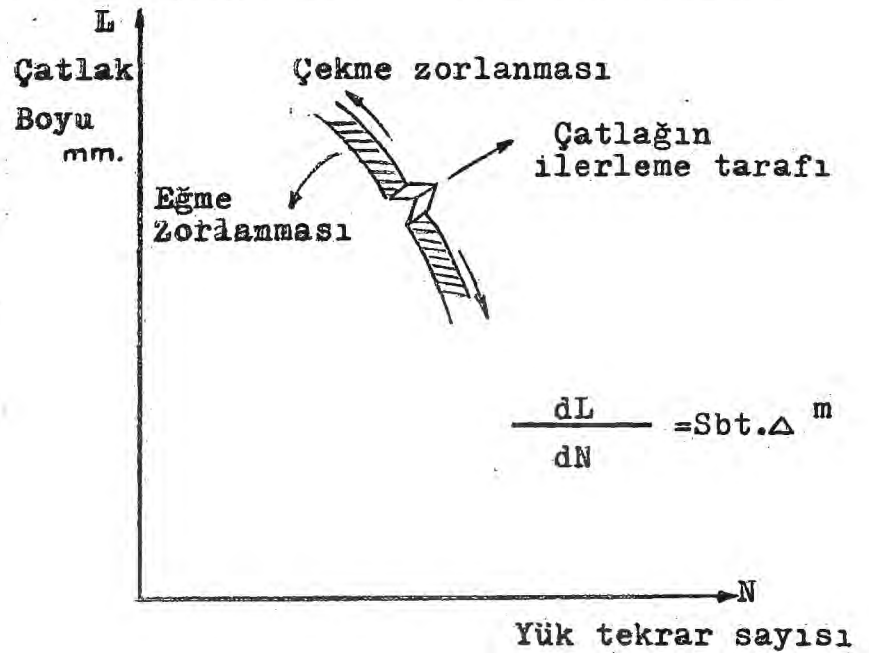
$\Delta K = \sqrt{\pi \cdot L}$ olarak bulunur.

L : Çatlak boyu

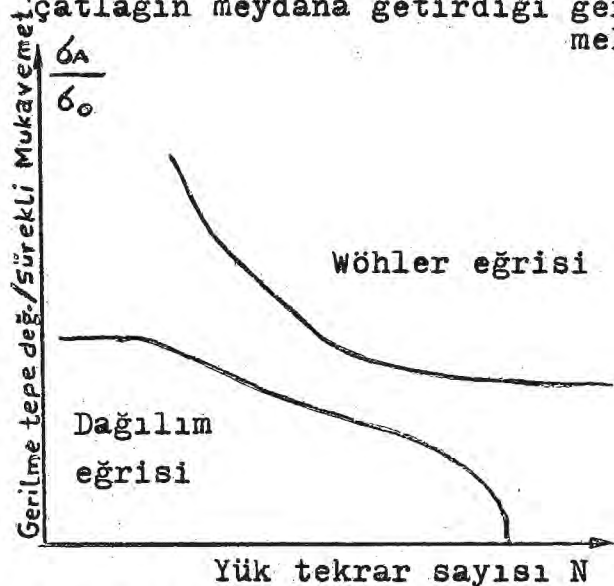
$\Delta \sigma$: Gerilme değişimi

$$m = f. \left(L \cdot \frac{dL}{dN} \right)$$

Yandaki grafik Wöhler eğrisinin mevcut gerilmenin sürekli mukavemet gerilmesine oranını ifade eder. Bundan anlaşılacağı gibi yol şartlarındaki zorlanmaların tepe noktalarının az tekrar edenleri sürekli taşınan gerilmelerden daha büyüktür.



Şekil 3.6-Jant üzerinde oluşan çatlakın meydana getirdiği gerilmeler (1)



Şekil 3.7-Wöhler eğrisinin sürekli mukavemet gerilmesine oranını (1)

Yani ortaya çıkan gerilmelerin büyük kısmı sürekli mukavemet bölgesinde veya bunun altındadır.

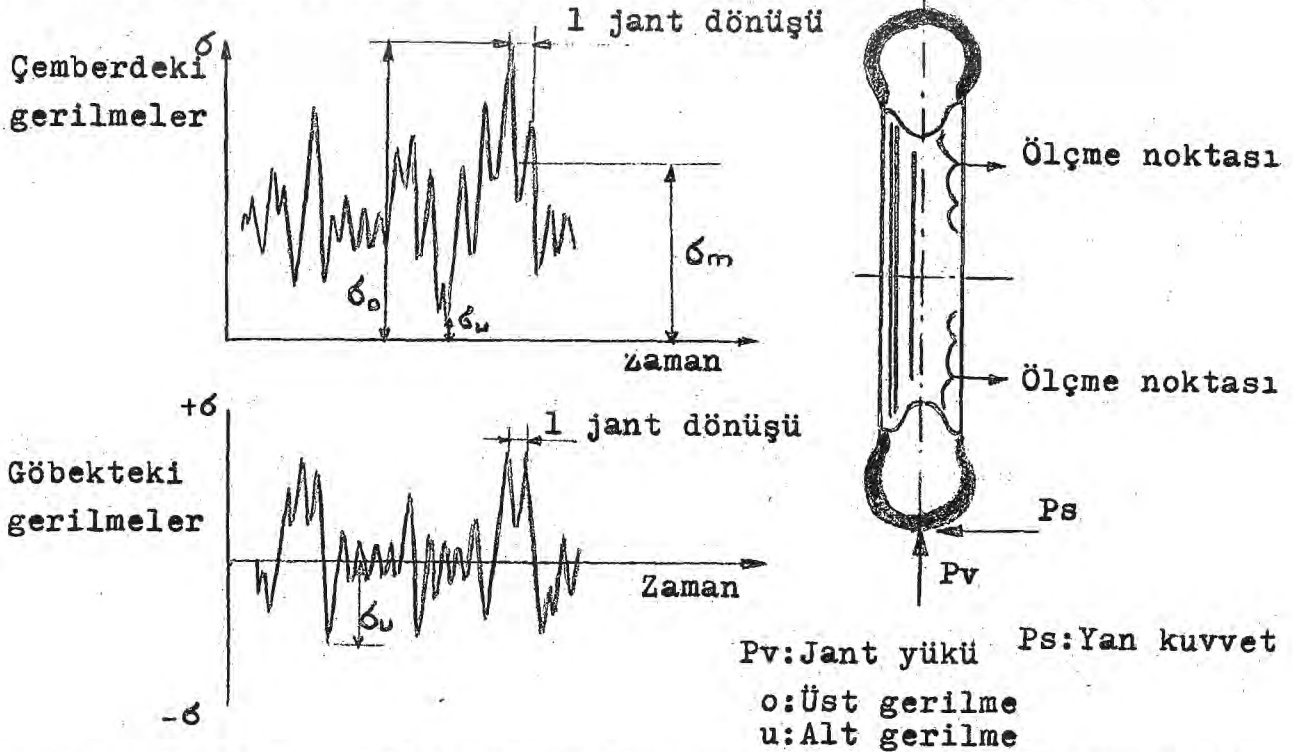
3.6.2. 5.50F x 16 SDC JANTIN YORULMA TESTİ

Bu jantın yorulma testi de aynen 8.0-20 jantın yorulma testi gibi yapılmıştır. Test sırasında Bölüm 3.3 de verilen değerler ve 2nolu eksantrik ağırlık kullanılmıştır.

3.7. JANTTA OLUŞAN BİR ÇATLAĞIN JANTIN YORULMASI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Bir taşıt yolda giderken jant üzerine zamanla düzensiz olarak değişen çeşitli bileşik kuvvetler etkir. Jantın karmaşık geometrik şekli ve lastikten iletilen kuvvetlerin çeşitliliği nedeni ile jantın çeşitli bölgelerinde kuvvet çizgileri dağılımı farklı olup yol şartlarında her noktada farklı bileşik gerilmeler meydana gelir. Şekil 3.8.

Test makinasında yapılacak testlere göre Wöhler eğrileri tespit edilirse değişik jant tiplerinin zaman veya sürekli mukavemet davranışı bulunabilir. Kırılma zorlanmaları ve yük değişim sayılarının incelenmesi dışında yorulma sırasında can emniyeti bakımından hayati önemi olan malzeme çatlaklarının oluştuğu yerler ve çatlakların doğrultuları da dizayn çalışmalarında tespit edilmesi gereken noktalardır.



Şekil 3.8- Yol şartlarında jantta meydana gelen gerilmeler. (1)

3.8. DENEY SONUÇLARI VE SONUÇLARIN İRDELENMESİ

3.8.1. 8.0 - 20 EBADINDAKİ KAMYON JANTININ YORULMA TESTİ SONUCU VE İRDELENMESİ

Yorulma testi sonunda jant üzerinde herhangi bir deformasyona rastlanmamıştır.

Elle tutma ve havalandırmalarda ikinci operasyonda keski ile çentikler açılmış ve jant tekrar dakikadaki devir sayısı 1060 olan 60.000 toplam devirlik yorulma testine tabi tutulmuştur. Test sonunda keski yardımı ile açılan çentikler hafif çatlama ile birlikte açma yapmıştır. Bundan anlaşılacağı gibi test şartları aynı kaldığı halde ikinci operasyonda çatlakların mevcudiyeti jantın deformasyonunu hızlandırmıştır.

3.8.2. 5.50F x 16 SDC JANTIN YORULMA TESTİ SONUCU VE İRDELENMESİ

Yorulma testi sonunda jantın göbek-çember birleşimi kaynak yerinden ve çember malzemesinden yırtılma tesbit edilmiştir.

Hafif ticari araçların jantları sacın haddelenmesi ile imal edildiğinden sac haddelerde form alırken bazen radyüs bölgelerinde malzeme yüzeyinde hafif çatlaklar meydana gelmektedir. Ayrıca jant göbeği etekleri ile çember arasındaki mesafe göbeğin çembere kaynakla birleştirilmesi esnasında eğer açıklık fazla ise kaynak dikişi çatlama göstermektedir.

Özellikle bu nitelikleri üzerinde taşıyan jant 590 Nm lik momentte teste tabi tutulmuş normalde toplam 33000 devirlik testi sağlam olarak tamamlaması gerekirken 18.000 devirde jant deforme olmuştur. Bu sonuçlar çatlak bir jantın yorulma ömrünün, diğerine oranla hemen hemen yarısı olduğunu göstermektedir.

Üretim esnasında bu çatlakların meydana gelmesine sebep olarak çember malzemesinde haddeleme baskısının fazla oluşu ve çember-göbek kaynağında ise çember ve göbek arasındaki aralığın fazla oluşu görülmüştür.

Bunların önlenmesi için haddeleme baskısının, sürekli çember malzeme kalınlığına göre kontrol edilmesi ve çember-göbek aralığının max 0.3 mm olması gerekmektedir.

4. KAYNAKLAR

1. ARGE Jant yorulma cihazı kullanma talimatı. (1980)
2. BOLLENTRATH, F. ve A. TROOST: Archiv f. Eisenhüttenwesen (1953) S.193...201.
3. BRAUNE, F.- G.: IfL-Mitt. (1965) S.193...199
4. BRAUNE, F.- G.: VDI-Z. (1966) S.1740...1744.
5. DITTSCHLAG, H. TAUSCHER: Maschinenbautechnik. (1955) S.303...311.
6. ENSARİ C., F. DİKEÇ, E. S. KAYALI: Metalik malzemelerin mekanik deneyleri İ.T.Ü. (1978)
7. FENNER, A. J.: Mechanical Testing of Materials, George Mewnes Ltd. London (1965)
8. FORREST, P. G. Fatigue of metals. Reading mass.: Addison-Wesley, (1962)
9. GEDIKTAŞ M.: Bağlama Elemanları Konstrüksiyon ve Hesap İ.T.Ü. (1976)
10. HEINRICH, B.: IfL-Mitt. (1969) S.322...327.
11. HERM-MEYER, K.: IfL-Mitt. (1964) S.14...23 ve (1965) S.110...115
12. LEHR, E.: Techn. Zbl. prakt. Metallbearbeitung (1941) S.134...137.
13. LEHR, E. ve K. H. BUSSMANN: VDI-Z (1939) S.513...514.
14. Manual for Fatigue Testing, A. S. T. M. Special Publication (1949)
15. PETERSEN, C.: VDI-Z. (1952) S.977...979.
16. POMP, A. ve M. HEMPEL: Archiv für Eisenhüttenwesen (1950) S.53...66
17. Pope, J. A., The Fatigue of metals, Chapman & Hall Co. (1959)
18. PRUFF UND MESS MFL SYSTEME Yorulma cihazı kullanma talimatı
19. SİNES, G. Metal Fatigue, McGraw-Hillbook Co. (1959)
20. Symposium on "Fatigue and Fracture of metals", George Mewnes Ltd. London (1965)