

SPEKTROMETRİK YAĞ ANALİZİ

Asiye Akile Yıldırım

Anadolu Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı  
Konstrüksiyon ve İmalat Bilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır.

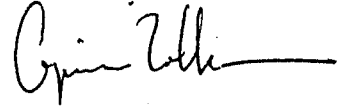
Danışman: Dr. Armağan İnalan.

Haziran-1988

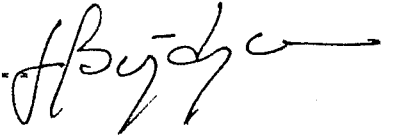
Asiye Akile Yıldırım'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Spektrometrik Yağ Analizi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

14.7.1988

Üye: Dr. Armağan İNALHAN (Danışman).....



Üye: Doç. Dr. Hidayet BUĞDAYCI.....



Üye: Yrd. Doç. Dr. Yaşar PANCAR.....



Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun .....  
gün ve ...182/4..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

29 TEMMUZ 1988

Enstitü Müdürü



Prof. Dr. Rüstem Kaya

## ÖZET

## SPEKTROMETRİK YAĞ ANALIZI

Spektrometrik yağ analizi birlikte çalışan hareketli metal parçaların aşınması esasına dayanır. Sonuç olarak metalik yüzeylerin bazısı aşınır ve böylece oluşan parçacıklar yağda depo edilir. Yağlama yağının numunesi sistemden alınır ve hareket eden parçalardan aşınarak kopan metallerin seviyeleri analiz edilir. Analiz sonuçları sistemde yalnızca normal miktarda aşınma olabileceğini veya önemli bir aşınmanın henüz başlamış olduğunu belirtir. Bu erken uyarı, hasar oluşmadan önce durumun düzeltilmesi için atılan bir adımdır.

Hidrolik sıvılar veya yağlardaki aşınmış metallerin sınıflandırılması ve tespit edilmesi için pekçok uygun yöntem olmasına rağmen, atomik absorpsiyon ve atomik emisyon spektrometre metodları maliyetleri düşük ve onaylanmış olduklarından tercih edilirler. Her iki teknikte de analizler benzer prensiplere dayanır ve tesbitleri oldukça doğrudur.

Spektrometrik yağ analiz tekniği, diğer ilave tekniklerle desteklenmediğinde sadece aşınmış metalin anormal artışıyla karakterize edilen arızaların keşfinde etkilidir.

## SUMMARY

## SPEKTROMETRIC OIL ANALYSIS

The spectrometric oil analysis is based on the fact that the relative motion of metallic part in an oil-wetted system is accompanied by friction. Consequently some of the metallic surfaces are worn and the particles thus created are deposited in the oil. A sample of lubricating oil is taken from a system and analyzed for trace level of metals worn from moving parts. The resulting data may indicate a mechanism showing only normal wear, or it may point out a potentially serious problem in its early stages. With this advance warning, steps can be taken to correct the situation before damage has occurred.

Although many techniques are available for the detection and categorizing of wear metals in lubricating or hydraulic fluids, the two established and cost-effective methods are atomic emission and atomic absorption spectroscopy. Both analytical techniques are extremely accurate in their determinations, and use similar principles of analysis.

The spectrometric oil analysis technique is effective only in detecting those failures characterized by an abnormal increase in wear metal, unless aided by other supplemental techniques.

## TEŞEKKÜR

Günümüz teknolojisinde, özellikle havacılıkta büyük öneme sahip bu konuda bana çalışma yapma olanağı sağlayan danışman hocam Dr. Armagan Inalhan'a, çalışmalarım süresince hiçbir yardımını esirgemeyen değerli arkadaşım Yüksel Sülük'e (H.i.B.M. Mak. Müh.) spektrometrik yağ analiziyle ilgili deneyler konusunda bana destek olan H.i.B.M. Kimya ve Yağ Analiz Laboratuvarları personeline, ayrıca tezin yazımında emeği geçen arkadaşlarıma teşekkürlerimi bir borç bilirim.

A. Akile YILDIRIM

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET .....	iv
SUMMARY .....	v
SEKİLLER DİZİNİ .....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	ix
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Yağlama .....	1
1.2. Yağlama yağının özellikleri .....	3
1.3. Yağın bozulması ve Sebepleri .....	3
1.3.1. Aşınma tipleri .....	4
1.3.2. Yağlama yağında birikmiş aşınma parçacıklarının analizi .....	7
1.4. Çeşitli test metodlarına genel bir bakış .....	10
1.4.1. Yağ testleri .....	10
1.4.2. Enstrumantal analiz metodları ...	14
2. SPEKTROMETRİK YAĞ ANALİZİ .....	17
2.1. Giriş .....	17
2.2. Spektrometrik yağ analizlerinin amacı ..	18
2.3. Spektrometrik yağ analiz yöntemleri.....	19
2.3.1. X-ışını spektrografik analizi ...	19
2.3.2. Atomik emisyon spektrometresi ...	20
2.3.3. Atomik absorpsiyon spektrometresi	22
2.4. Yağlama yağındaki aşınmış metal .....	
parçacıkları .....	24
2.5. SOAP ile saptanabilen ve saptanamayan ..	
arızalar .....	26

## İÇİNDEKİLER (devam)

	Sayfa
2.6. SOAP ile ilgili önemli hususlar .....	27
2.7. Yağ numunesinin alınması .....	33
3. FAS-2C YAĞ ANALİZ CİHAZININ TANITILMASI .....	36
3.1. Cihazın karakteristik özellikleri .....	36
3.2. Kumanda ve göstergeler .....	37
3.3. Cihazın kısımları .....	38
3.3.1. Örnek eksitasyon (Uyarı) kısmı ..	38
3.3.2. Optik proses kısmı .....	39
3.3.3. Elektronik kısmı .....	39
3.4. FAS-2C yağ analiz cihazının .....	
çalıştırılması .....	40
3.4.1. Hat voltajının kontrolü .....	40
3.4.2. Kapalı durumdan standby duruma ..	
geçme .....	41
3.4.3. Standby durumundan hazır durumuna	
geçiş .....	41
3.4.4. Cihazın çalışma işleminin genel .	
açıklaması .....	42
3.4.5. Cihazın günlük analiz işlemlerine	
hazırlanması .....	51
3.4.6. Numune analiz işlemi .....	52
3.5. Yardımcı cihazlar .....	53
3.5.1. Rod elektrot taşıyıcısı .....	53
3.5.2. Ultrasonik temizleme cihazı .....	53
3.5.3. Kronometre .....	54

## İÇİNDEKİLER (Devam)

	Sayfa
4. YAĞ ANALİZ LABORATUARLARINDA NUMUNE .....	
ANALİZİYLE İLGİLİ ÖNEMLİ HUSUSLAR .....	55
4.1. Yağ analiz laboratuvarlarının çalışması . için gerekli malzemeler .....	55
4.2. Yağ analiz laboratuvarlarının yerleşim .. planı .....	55
4.3. Yağ analiz laboratuvarı numune işlem .... sırası ve yağ analiz kayıtlarının .....	57
tutulması .....	57
4.4. Yazışmalarda kullanılacak kodların izahı	58
4.5. Yağ analiz sonuçlarını değerlendirirken ihtiyaç duyulan bilgiler .....	60
4.6. Analiz işlemi .....	60
4.7. Değerlendirme işlemi .....	61
5. SPEKTROMETRİK ANALİZLE İLGİLİ DENEYLER .....	65
5.1. Değişik spektrometrik analiz uygulamaları	65
5.1.1. 0 ppm'lik yağlama yağıyla yapılan deneyler .....	65
5.1.2. Kirli yağ numunesi ve 0 ppm'lik . yağ ile yapılan analizler .....	67
5.1.3. Sonuçların değerlendirilmesi ....	68
5.2. Yağ değişimi ve yağ ilavesinin etkileri	69
5.2.1. 0 ppm'lik yağ ve 100 ppm'lik .... kalibrasyon yağı ile yapılan .... analizler .....	69
5.2.2. Kirli yağ numunesi ve 0 ppm'lik . yağ ile yapılan analizler .....	69
5.2.3. Sonuçların değerlendirilmesi ....	71

## İÇİNDEKİLER (Devam)

Sayfa

6. SONUC .....	72
6.1. Giriş .....	72
6.2. Yağ analizleri ile aşınma durumunun .... izlenmesinin avantajı ve dezavantajı ...	72
6.3. Aşınma durumunun izlenmesinde farklı ... tekniklerin etkinlikleri .....	74
6.4. SOAP 'ın etkinliği .....	76

### KAYNAKLAR DİZİNİ

### EKLER

1. Metal aşınmaları rehberi
2. Numune alma teknikleri
3. Cihazın günlük kontrolü
4. Yağ analiz kayıt formu
5. Yağ analiz motor sicil kartı

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
2.1. Atomik emisyon spektrometresinin blok ..... diyagramı .....	21
2.2. Atomik absorpsiyon spektrometresinin blok . diyagramı .....	23
2.3. Bir ünitenin çalışma süresine göre aşınmış metal konsantrasyonu .....	25
2.4. Sabit yağ ilavesinin aşınmış metal ..... konsantrasyonu üzerindeki teorik etkisi....	29
2.5. Periyodik yağ ilavesinin ve değişiminin ... aşınmış metal konsantrasyonuna etkisi .....	30
3.1. FAS-2C yağ analiz cihazı .....	30
3.2. Kumanda ve göstergeler .....	37
4.1. Yağ analiz laboratuvarının yerleşim planı ..	56
6.1. Aşınmış parçacık tayfı .....	75
6.2. Aşınma durumu izleme tekniklerinin ..... etkinliğinin aşınma parçacıkları boyutları ile ilişkisi .....	76

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Cizelge	Sayfa
5.1. 0 ppm'lik yağ için analiz sonuçları .....	67
5.2. Değişik element çözeltilerinin analiz .....	
sonuçları .....	68
5.3. Deney 1 ve 2 'deki analiz sonuçları .....	70

## SIMGELER VE KISALTMALAR DIZINI

Simgeler	Açıklamalar
PPM	Milyon atom içindeki aşınmış metal atom sayısı. (Parts per million)
HP1	İlk yarı güç noktası.
HP2	İkinci yarı güç noktası. (Optik hizalama kontrol ayarı)
Kısaltmalar	
EP	Aşırı basınç. (Extreme Pressure)
KOH	Potasyum hidroksit.
ASTM	Amerikan Malzeme ve Muayene Birliği. (American Society for Testing and Materials)
API	Amerikan Petrol Enstitüsü. (American Petroleum Institute)
SOAP	Spektrometrik Yağ Analiz Programı. (Spectrometric Oil Analysis Programme)
FAS-2C	Akışkan Analiz Sistemi. (Fluid Analysis System)
MIL-L-7808	Askeri şartnameye göre hazırlanmış yağ çeşidi.

## 1.GİRİŞ

### 1.1. Yağlama

Bir yağlayıcının nasıl görev yaptığını anlayabilmek için önce yüzeylerin tabiatı ve yapısı hakkında bilgi sahibi olmak gerekir. En mükemmel şekilde bitirilmiş yüzeylerde bile tam bir düzgünlük sağlanamaz ve çok küçük, mikroskobik girinti ve çıkıntılar bulunur. İki kuru yüzey birbiriyle temas ettiğinde, söz konusu ASPERİT adı verilen girinti ve çıkıntılar birbirlerine kenetlenmek eğilimindedirler. Böylece bir yüzeyin diğeri üzerinde kaymasına karşı koyacaklardır. İşte bu direnmeye SÜRTÜNME (Friction) adı verilir ve kayma olayının başlayabilmesi için sürtünme kuvvetini yenecek yeterli kuvvetin tatbiki gerekir. (8)

Yağlamanın esas gayesi, iki yüzey arasında mevcut olan katı sürtünmeyi, yüzeyler arasında oluşturulan yağ filmi içerisindeki çok daha düşük iç sürtünmeye (Internal Friction ) çevirmek ve yüzeyleri birbirinden ayrı tutarak asperitlerin birbirleriyle temasını önlemektir. Bir yağlayıcının viskozitesi, iç sürtünmesinin bir ölçüsüdür.

Çok miktarda yağlayıcı ihtiva eden iki yüzey birbirine göre orta hızda hareket ediyorsa, bir yağ filmi bunların arasına sürüklenir ve orada yük (Load) yağ filminin dışarı kaçmasına imkan verinceye kadar tutulur. Hidrodinamik yağlama ya da kalın film yağlaması (Fluid Lubrication) adı verilen bu yağlama gerek sürtünmeyi azaltmak, gerekse soğutma ve depozitleri giderme fonksiyonları açısından en ideal ve en etkili yağlama şeklidir. Söz konusu yağlama şekli en iyi kaymalı yataklarda gözlenebilir. Milin rotasyonu ile, mil arasına çekilen yağ filmi iki metal yüzeyi birbirinden ayırır. Normal ölçülere göre bu filmin kalınlığı gayet azdır. Ancak, iki yüzeyin birbirine temasını önleyecek kadar bir kalınlığa sahiptir. Sürtünme gayet az olup; yağın vizkozitesine, rotasyon hızına ve mil

üzerindeki yüke bağlıdır. Mil yağ filmi üzerinde yüzmektedir. Hareket durduğunda mil yağ filmi içerisine batarak neticede yatak yüzeyi ile direkt temasa geçer. Bu durumda iken mil yavaşça dönmeye başlarsa, yüzeyleri birbirinden ayrı tutmaya yetecek kadar yağı iki yüzey arasına sürükleyemeyebilir ve sürtünmenin büyük bir kısmı yağ viskozitesine bağımlı olmayıp, yüke ve DILNESS (Yağlılık-Kayganlık) denilen yağ özelliğine bağlı kalacaktır. Söz konusu yağ özelliği, yağın metal yüzeyine iyice yapışma kabiliyeti ile bağlantılıdır ve yağda tabii olarak bulunan ya da sonradan ilave edilmiş olan, metal yüzeye absorbe olmuş bazı maddelerin fiziksel ve kimyasal tabiatına bağlıdır. Bu durum "ince film yağlaması (Boundry Lubrication)" olarak adlandırılır. Söz konusu yağlama istenmeyen bir durum olup, yüksek sürtünme nedeniyle ortaya çıkacak olan ısı, yüzeyleri tahrip edebilir ve enerji kaybına neden olur. Makina tasarımları bu gibi durumları önlemek üzere yapılmakla birlikte pek çok şekilde adı geçen yağlama türü karşımıza çıkmaktadır.

Yükün artmasıyla yağ kalınlığı daha da azalacak olursa, neticede metale temas edecek ve sürtünmede büyük bir artış meydana gelecektir. Aynı zamanda temas noktalarında ortaya çıkan yüksek ısı metali eritecek, yüzeyde hasar oluşturacaktır. Böyle bir durum yalnızca düşük hızla ve ağır yüklerle çalışılan durumlarda değil, aynı zamanda yüksek devirli ve metalin metale temas ettiği alanın çok küçük olduğu hallerde de ortaya çıkabilir.

Mil yataklarında, yatak metalinin, mil metalinden daha yumuşak olması istenir. Bu şekilde iki yüzey birbirine sürtündüğünde yumuşak olan yatak metali hasara uğrayacak ve daha pahalı olan mil korunmuş olacaktır. Ancak her zaman birbirine benzemeyen metallerin temas etmesi sağlanarak önlem alınması mümkün olmaz ve çok yüksek ısının ortaya çıkması önlenemez. Bu şartlar altında yağlama genellikle, aşırı basınç (EP) katıkları ihtiva eden yağlarla

sağlanabilir. Söz konusu EP katıkları, lokal sıcak noktalarda kimyasal reaksiyona girerek, esas metalden daha kolaylıkla kayma olayını sağlayan bileşikler oluştururlar. Aynı zamanda daha geniş temas alanı meydana getirerek lokal basıncı düşürürler. Bu şekilde yüzeylerin fazlaca hasara uğramaları önlenerek, hareketin devamı sağlanır. (KATIK: Başlangıçta yağda bulunmayan veya belli bir miktarda bulunan yağlara istenilen özellikleri kazandırmak, mevcut özelliklerini geliştirmek, istenmeyen özelliklerini yok etmek veya minimuma indirmek amacıyla ilave edilen maddelerdir.)

## 1.2. Yağlama Yağının Özellikleri

Yağlamanın etkin bir şekilde yapılabilmesi için yağlanacak sisteme uygun yağlama tekniği uygulanmalı ve yağlama yağı özelliklerinin uygun olması gerekmektedir. Yağlama yağlarında genel olarak şu özellikler aranır.

1. Yağlama yağının yağlayacağı yüzeylere mümkün olduğu kadar iyi bağlanması, iyi yağ filmi oluşturması.
2. Kendi molekül veya kristalleri arasında küçük bir sürtünme direnci göstermesi yani yağlayıcılık özelliğinin iyi olması.
3. Yağlayacağı yüzeyleri kimyasal olarak etkileyip bozmaması.
4. Sıcaklık ve atmosfer etkilerine karşı yeter bir dayanıklılık göstermesi.

## 1.3. Yağın Bozulması Ve Sebepleri

1. Yağın bünyesi değişir.

Sıcak motor parçaları üzerinde buğu gibi ince bir tabaka yapmak suretiyle dağılmış olan yağ, özellikle büyük hacimde havaya maruz kalırsa kendi bünyesinde bazı değişiklikler olur. Daha ziyade karbonlu hidrojen mole-

küllerinin karışımından meydana gelmiş motor yağlarının nazari olarak, tam manasıyla okside olması sonucunda su ve CO<sub>2</sub> haline geleceği düşünülebilir. Halbuki, yağ mortorda çalışırken bu maddelerden pek azı teşekkül eder. Bu bünyevi bozulma, normal hararetlerde gayet yavaş olduğu halde, hararetin artması ile hızlanır.

## 2. Yağ kirlenir.

a) Yağ hava içindeki pislikler tesiriyle kirlenir.

Yani:

1. Yağ kullanılmadan önce kirli kaplarda muhafaza edilirse,
2. Hava filtresi tam anlamıyla temizleme görevi yapmazsa,
3. Havalandırma süzgeçleri tam olarak çalışmazsa, karışacak toz zerrecikleri onu kirletir.

b) Yanma sonucunda oluşan ürünler tesiriyle kirlenir. Yani:

1. Fazla aşınmış motorlarda yakıtın yanması neticesinde oluşan su buharının yoğunlaşmasıyla meydana gelen su zerrecikleri.
2. Yanma esnasında ortaya çıkan kurum parçacıkları.
3. Asit karakteri gösteren bazı yanma ürünleri, yağa karışarak onun kirlenmesine neden olur.

c) Tamamen yanmayan yakıt: parçalar üstündeki yağ filmini yıkayarak motor yağına karışır.

d) Madeni tozlar.

Ne kadar itina edilirse edilsin, küçük maden parçacıkları koparak veya aşınarak parçalar üzerinden silinerek yağa karışır ve yağın kirlenmesine neden olurlar. Bu metal parçaları, aynı zamanda yağın oksidasyonu olayına katalizör olarak katılmak suretiyle yağın bünyesinin bozulmasını kolaylaştırırlar.

### 1.3.1. Aşınma tipleri.

Aşınma durumunun sağlıklı işlenmesi ve aşınmanın ne zaman ciddi boyutlara ulaşabileceğini tahmin edebilmek için aşınmanın tipini bilmek önem kazanmaktadır. Genel olarak aşınma beş tipe ayrılır.

1. Sürtünme aşınması: (Rubbing Wear) Kayan yüzeylerin genellikle normal aşınması.

2. Kesme aşınması: (Cutting Wear) Kayan yüzeylerin birbirinin içine tam olarak nüfuz etmesi nedeniyle oluşan anormal yeme (abrasive) aşınması.

3. Yuvarlanma yorulması: (Rolling pitting) Yuvarlanma teması yapan yatakların yorulma aşınması

4. Yuvarlanma ve Kaymanın Birleşmesi: Dişlilerle ilgili olarak yorulma ve sürtünmenin anormal aşınma rejimleri.

5. Ciddi kayma aşınması: Kayan yüzeylerin aşırı yük ve yüksek hızlardaki aşınması.

Sürtünme ve normal aşınma parçacıkları bir makinanın normal kayma aşınmasında üretilir. Bu parçacıklar 15 mikrondan 0.5 mikron aralığında ana boyutlara sahip 0.15 ile 1 mikron kalınlığında ve düz yüzeylere sahip pulcuklardır. Kum gibi yiyici, kirletici sürtünme aşınması parçacıklarının oluşumunda farkedilir bir artış ve sistemden alınmış yağlayıcının parçacık analizi elbette aşınma parçacıklarıyla birlikte kirletici parçacıkları da açığa çıkaracaktır. Kesme aşınması parçacıkları bir yüzeyin diğerine nüfuz etmesi sonucu oluşur. Çoğunlukla torna bıçağının yüzeyde mikroskopik seviyede iz bırakması gibi bir durumu yansıtır. Parçacıklar, sert bir yüzeyin yumuşak bir yüzeye nüfuz etmesi sonucu 2-5 mikron genişlik ve 25-100 mikron uzunluğunda olabilir veya yiyici parçacıkların yumuşak bir yüzeye gömülmesi ve karşıt yüzeyi kesmesi sonucu 0,25 mikron kalınlığında ince tele benzer malzeme şeklinde olabilir. Kesme aşınması parçacıkları anormal durumu gösterir. Bunların varlığı yağdaki kirlenmeyi veya kısa bir süre sonra oluşabilecek bir eleman arızasını gös-

termektedir. Yuvarlanma yorulması aşınma parçacıkları üç tip olarak bulunur; kıymık, küresel ve laminer parçacıklar. Kıymık parçacıklar, ana boyutun kalınlığına oranı yaklaşık olarak 10:1 olan düz pulcuklardır. Bunlar düz bir yüzeye sahiptir ve rastgele şekillenmiş daire biçimindedirler. Bunların boyutları 10 mikron ile 100 mikron arasında değişir. Küresel parçacıklar, 1 ile 5 mikron arasında değişen çaplara sahiptir ve yataklarda yorulma çatlakları sonucu oluştuğu sanılmaktadır. Bununla beraber küresel metalik parçacıklar yağlama yağında kirletici olarak da bulunabilirler. Yapımcı tarafından ikmal edilmiş yeni yağlama çoğu zaman az miktarda metal küreler ihtiva eder. Bu metal küreler kaynak ve taşlama işlemleri sırasında oluşmuş olabilir. Aşınma süreci boyunca metal kürelerdeki artışı belirlemek için sürekli ilgi gerekmektedir. Laminer parçacıklar çok incedir ve 20 ile 50 mikron boyutlarındadır. Ana boyutların kalınlığına oranı yaklaşık olarak 30:1 dir ve bu parçacıklar sık sık delikler ihtiva ederler.

Dişli aşınma parçacıklarına, yuvarlanma ve kayma sonucu ortaya çıkan yuvarlanma hattı yorulması, çentik ve sürtünme sebep olmaktadır. Dişli yuvarlanma hattında oluşan yorulma parçacıkları rulmanlı yatak yorulma aşınması parçacıklarına benzemektedir. Bunlar genellikle düzgün yüzeye sahiptir ve düzensiz olarak şekillenmişlerdir. Ana boyutun kalınlığına oranı 4:1 ile 10:1 arasındadır.

Ciddi kayma aşınması parçacıkları 20 mikron ve daha büyük boyutlardadır. Bunlar genellikle doğru kenarlara sahiptir ve uzunluğun kalınlığına oranı takriben 10:1 dir. Bunlar kayma nedeniyle çizgili bir yüzey gösterebilirler.

Bu aşınma tipleri esas olarak elemanların yapıları, hızları ve yük yoğunluğuyla, ilk dizayn kalitesi ve sonraki çalışma bütünlüğü ve bakım faaliyetleriyle ilgilidir. Böylece birikmiş aşınma parçalarının orijininin ve

gelişiminin bilimsel ve teknolojik yorumlaması iki yüzey arasındaki aşınmayı oluşturan şartlar hakkında direkt bilgi sağlar ve aşınma teşhis ve çare olacak bakım faaliyeti için imkan sağlar.

Ayrıca, birikmiş aşınma parçacıklarının konsantrasyonu ve yapısı, aşınmanın orijini ve aşınmanın oluşumuna sebep olan mühendislik şartları hakkında sayısal değerler verebilirse dizayncı ve cihazı çalıştırıcı, dizayn ve geliştirme sayfalarında ekonomi ile sonuçlanan ve cihazın çalıştırılması süresince cihazın aşınma durumunu sağlıklı bir şekilde izlemek için kullanılabileceği verilere sahip olacaktır. Sonuçta bu bir uçağın ana ve yardımcı güç üniteleri, transmisyon milleri ve hidrolik sistemleri gibi çok önemli sistemlerinin "Emniyetli Ömür" kavramını geliştirecektir. Böyle bilgiler uçaklarda parça değişimi takviminin yapısı ve bakım sürelerinin daha sağlıklı belirlenmesinde etkili olacaktır. (3)

### 1.3.2. Yağlama Yağında Birikmiş Aşınma Parçacıklarının Analizi

Yağlama yağında birikmiş aşınma parçacıklarının analizinin amacı yüzey aşınmalarını teşhis etmek ve aşınmayı önleyici bakımı gerçekleştirmektir. (2)

Yağlama yağında birikmiş aşınma parçacıklarının değerlendirilmesi için çeşitli metodlar kullanılabilmektedir ve böylece eş çalışan hareketli makina elemanlarının aşınma durumları hakkında bilgi sağlayabilmektedir. Bu metodlar üç tip olarak sınıflandırılabilir.

1-Yağlama sistemi hattındaki belirlemeler

2-Birikmiş aşınma parçacıklarının toplanması ve sonradan incelenmesi.

3-Yağ numunesinin alınması ve sonradan incelenmesi.

## 1. Yağlama sistemi hattında belirlemeler:

Yağlama sistemi içine yerleştirilmiş dedektörlerden sürekli okuma ile yağlama sistemi hattında belirlemeler hata ihtimali olmaksızın, anında, geçerli ve sürekli bilgiler sağlandığından çok uygundur. Bununla beraber aşınma durumu izlenecek sistemin ilgilenilen her noktası ayrı dedektör gerektirdiğinden teçhizat masrafları yükselecektir. Kullanılan cihazların ana tipi, yağlama yağındaki parçacık malzeme vasıtasıyla ışık toplama esasına dayanarak çalışanlardır.

Bu yöntemin dezavantajı, dedektörlerin yağlama yağı içindeki aşınma parçacıkları yanında, yağdaki bozulma ürünleri ve yağ kirletici ürünler gibi her türlü parçacığı tespit etmesidir. Aşınma parçacıkları dışındaki bu parçacıklar da kritik aşınma parçacıklarıymış gibi görünebilir. Bu durumda aşınma durumunu yorumlama güçlüklerine sebep olabilir.

## 2. Birikmiş aşınma parçacıklarının toplanması ve sonradan incelenmesi:

Yağlama yağındaki aşınmış parçacıkların toplanmasında yaygın olarak kullanılan araçlar filtreler, manyetik tapa ve aşınmış parçacık dedektörleridir.

Yağlama sistemine yerleştirilmiş filtreler yağlama yağı içindeki parçacıkların geçmesine izin vermez ve üzerlerinde toplarlar. Filtre ağının boyutları değiştirilerek toplanmış aşınma parçacıklarının boyutları değiştirilebilir. Fakat genellikle filtreler sadece büyük aşınma parçacıklarını toplamak için kullanılır.

Aşınmış parçacıkların toplanmasında kullanılan manyetik tapa ve dedektörler yağ akışının içine yerleştirilmiş göbek ihtiva ederler. Manyetik tapalar müstakil eleman halindedir ve yağ kaybına sebep olmaksızın incelemek için sistemden çıkarılabilir. Yalnız yağlama yağındaki demir alaşımlı parçacıklar tutulur ve tesbit edilir. Fakat dişliler ve yataklar gibi makinanın yüke maruz elemanlarının çoğu manyetik çeliklerden imal edil-

diğinden bazı yüksek kaliteli paslanmaz çelik ve manyetik malzemenin az bir kısmı toplanmadan kaçabilmesine rağmen bu durum büyük bir tehdit getirmez. Bu teçhizatlar ucuzdur ve kolayca incelenebilirler ve eğitilmiş bir teknisyene makinenin durumu hakkında önemli miktarda bilgi sağlayabilirler.

Manyetik tapalar, filtreler gibi elemanlarla toplanmış aşınma parçacıkları hakkında bilgi sağlamak için toplanmış aşınma parçacıkları incelenebilir. Dikkate değer bir bilgi bu kaynaklardan elde edilebilir; fakat veriler sürekli değildir ve sadece parçacık toplama elemanı çıkarılıp incelendikten sonra veriler elde edilebilir. Bu veriler sadece bir önceki incelemeden sonra geçen zamanı temsil ederler.

Manyetik tapa ve parçacık dedektörlerinin yerleştirilme modları, parçacıkların etkin bir şekilde toplanmasında ana etkiye sahiptir. Aynı ünitelerin her biri için ayrı noktada manyetik tapa veya dedektör kullanımı gerekmektedir. Tapalar toplanan parçacıkların incelenip, yorumlanması için teknisyen tarafından kolayca sökülüp, takılacak şekilde ve yorumlamada diğer ünitelerin aşınma parçacıklarının etkilerinin karışmayacağı uygun bir mesafeye yerleştirilmelidir.

### 3. Yağ numunesinin alınması ve sonradan incelenmesi:

Yağlama yağı numunesi alma metodları makina çalışırken veya makina durduktan yeterli bir süre sonra uygun kaynaktan yalnız bir tek numune alınmasını gerektirdiğinden avantajlıdır.

Bu metod, iki ayrı adım içerir.

1) Yağlama sisteminden, o sistemi temsil edici numunenin alınması.

2) Aşınma parçacıklarını ve mevcut yağlama yağını kirletici maddeleri belirlemek için numunenin analiz edilmesi.

Analiz, genellikle tam teşekküllü bir laboratuarda yapılır. Bu durum numunenin ulaştırılması ve makinenin

servisten çıkarılıp, çıkarılmaması hakkında karar vermek için bilginin, cihazı çalıştırana tekrar gönderilmesi gibi problemleri de beraberinde getirir. Aşınma parçacıklarını toplayan metodlarda olduğu gibi, bilgi sadece numune alma periyotları arasında geçen süre için geçerlidir ve elde edilen sonuçlar son yağ değiştirmeden itibaren geçen süreyi yansıtır. İlave bir faktör de yağlama yağındaki aşınmış parçacık konsantrasyonunda azalmaya sebep olup, yeni yağ ilavesi yapılmasıdır.

#### 1.4. Çeşitli Test Metodlarına Genel Bir Bakış.

##### 1.4.1 Yağ testleri:

1)Görünüş: Görünüş testi çok önemli olup;su,nem ve diğer yabancı maddelerin neden olduğu kirlenmelerle ilgili bilgi verir.

2)Koku: Yağ konusunda çalışan tecrübeli bir kişi, maddenin kokusundan çeşitli sonuçlar elde edebilir. Koku, örneğin oksidasyonun derecesi gibi bazı endikasyonları haber verebilir.

3)Su ve tortu testi: Genel olarak kullanılmış yağ içerisinde su ve tortu bulunmaması gerekir. Su ve tortu tayini için, eşit miktarda numune ve solvent kullanılan santrifüj metodu kullanılabilir. Numune içindeki suyun varlığını tespit etmek için en basit yöntem, maddenin dikkatle ve yavaş yavaş ısıtılmasıdır. Maddeden çatlama yada tıslama sesleri geliyorsa, suyun varlığı anlaşılır. Tortunun gerçek tayini, kimyasal veya fiziksel metodlarla yapılır. Tortu, santrifüj yada filtrasyon-tartı yolları ile elde edilir.

4)API gravite ASTM D 287: Yağların gravitelerini belirlemede kullanılır.

5)Alevlenme ve ateşleme noktaları ASTM D 92: Ateşleme testi rafinerilerde rafinasyon işlemlerinin

kontrolü, yağ tüketicilerinin ise üniformitesini kontrol etmeleri açısından faydalıdır.

6)Viskozite ASTM D 88 ve D 445: Viskozite bir sıvının akmaya karşı direnç olarak tarif edilir. Viskozite ölçümü genellikle viskozimetre yada kapıları tüple yapılır.

7)Viskozite indeks ASTM D 2270: Bir yağın viskozite indeksi, o yağın viskozite-sıcaklık özelliklerinin ölçüsüdür. Yağın sıcaklığının artışı ya da düşüşü, viskozitenin değişim hızını gösterir.

8)Color ASTM D 1500: Bir yağın rengi, o yağın kalitesi hakkında bilgi vermez, ancak belli bir cinsin üniformitesini göstermek açısından önemlidir.

9)Akma noktası ASTM D 97: Akma noktası, yağın mevcut şartlarda tam akmaya başladığı sıcaklık derecesi olarak tarif edilir. Akma testi bir yağın düşük sıcaklık özelliklerini göstermesi bakımından dikkate alınmaktadır.

10)Karbon bakiyesi ASTM D 189 ve D 524: Yağlarda, yüksek sıcaklığa maruz kaldığında karbon depozitlerinin teşekkülüne yol açan bazı kimyasal değişiklikler meydana gelir. Bu durum, içten yanmalı motorlar, hava kompresörleri ve yüksek basınçlı buhar makinalarında görülmektedir. Söz konusu karbon depozitleri; yivleri, olukları valfleri tıkar, yapışmaya neden olur ve neticede yağın normal akışını ve fonksiyonunu önler.

11)Kül ASTM D 482: Kül testi ile elde edilen değer; yağda mevcut, uçucu olmayan metalik maddelerin bir ölçüsüdür.

12)Sülfatlanmış kül ASTM D 874: Bu metod, katık içeren kullanılmamış yağlarda veya karışımlarda kullanılan katık konsantrelerinde arta kalan sülfatlanmış bakiyenin tayininde kullanılır.

13)Saponifikasyon numarası ASTM D 94: Saponifikasyon (Sabunlaşma) numarası; 1 gr. yağ tarafından, test şartlarında kullanılan potasyum hidroksit (alkali) miktarının mg. olarak ifadesidir. Sabunlaşma numarasının

yarısı kompoze yağ içerisindeki hayvansal yağ oranını yaklaşık olarak gösterir.

14)Emülsiyon testi ASTM D 1401 ve D 2711: Emülsiyon, su ve yağ karışımıdır. Genellikle, emülsiyon testi ile yağ ve suyun karıştırıldıktan sonra yeniden ayrışması için geçen zaman ölçülür. Türbin, karter, yalıtım ve sirkülasyon yağları gibi pek çok çeşit petrol yağlarında emülsiyon meydana getirmeye karşı direnç gösterme, yağın suyla karışması halinde sudan hemen ayrılabilmesi, istenen özellikler arasındadır.

15)Buhar emülsiyon numarası (S.E.N): Bu test, bir yağın sudan ayrılmaya olan eğiliminin belirlenmesi için kullanılır. Özellikle, düz mineral türbin yağları için geçerlidir.

16)Donanma emülsiyon testi: Su ve yağın ayrışması için geçen zaman tesbit edildiği gibi bu test ile ayrışma tipi de belirlenir.

17)Demülsibilite testi: Söz konusu test metodu, yağ ile suyun maksimum ayrışma hızını göstermek amacı ile geliştirilmiştir.

18)Köpük testi ASTM D 892: Köpük, havanın yağ içerisine çok hızlı bir şekilde karışması veya absorbe olması ile meydana gelir. Bir sistemde fazla köpüklenme istenmez. Yağların köpük teşkil etme eğilimini ölçen çeşitli metodlar mevcuttur.

19)Çamur testi ASTM D 893: Çamur; yağın emülsiyon teşkil edici maddeler, katı kirler, çökelmiş asfalt ve reçine maddeleri, metalik sabunlar ve oksitlenmiş maddelerle karışımından oluşur. Sistemde teşekkül eden çamuru tespit için değişik metodlar bulunmaktadır.

20)Serbest karbon (Yakıt kurumu) : İçten yanmalı motor yağlarında asılı vaziyette bulunan karbon ve karbonlu maddelerin miktarıdır. Yakıtın tam olarak yanması sonucunda oluşurlar ve yağın kirlilik derecesini gösterirler.

21)Nötralizasyon numarası: 1 gr. yağı nötralize

etmek için gerekli KOH miktarının mg. olarak ifadesidir. Bu test kullanılmamış petrol yağlarının kalitesini kontrol etmek için yapılan testlerden biridir. Nötralizasyon numarası aynı zamanda kabaca, yağ oksidasyon derecesinin de bir göstergesidir.

22)Alkalinite: 1 gr. yağı nötralize edebilmek için gerekli asit miktarına eşdeğer KOH miktarının mg. olarak degeridir.

23)Korozyon testleri:

a)Korozivite testleri: Bu testlerin amacı, kullanılmakta olan yağın temas ettiği metal yüzeylerle reaksiyona girme eğiliminin ölçülmesidir.

b)Korozyon önleyici testler: Bunlar genellikle bir metalin, özellikle çeligin, yağ tarafından korozyona karşı korunmasını tespit ederler.

24)Oksidasyon testleri ASTM D 943: Yağların çoğunluğu, havayla temas ettiklerinde oksidasyona uğrama ihtimalleri çok fazla olan hidrokarbonların kompleks bir karışımıdır. Yağ oksidasyon hızı; sıcaklık artışı ve yabancı maddelerin, özellikle metallerin varlığı ile artış gösterir. Oksidasyon ürünleri asitler, alkoller, sabunlar, esterler ve peroksitler gibi çeşitli maddelerden oluşur. Bu maddeler korozif, reçine veya asfalt esaslı, yağda eriyen ya da erimeyen özellikte olabilirler. Yağda erimeyenler, sistemde tıkanıklıklara, depozit oluşumuna yol açarak yağların servis ömrünün azalmasına, aletlerin ciddi olarak hasar görmesine neden olurlar. Yağların mevcut çalışma şartlarında oksidasyona uğrama megillerini ölçen test metodları geliştirilmiştir.

25)Lastik uygunluk testi: Yağlama sistemlerinde, yağ sızıntılarının önleyici conta olarak, shaft açıklığında tıkayıcı, sızıntı önleyici olarak çeşitli tipte plastik, lastik ve kauçuk maddeler kullanılır. Söz konusu bu maddelerde yağla birlikte aynı çalışma ve çevre şartlarına maruz kalırlar. Bunların iyi performans verebilmeleri için elastiki özelliklerini kaybetmemeleri gerekir. Sı-

zıntı önleyici madde, yağ içinde belli bir süre, belli bir sıcaklığa kadar ısıtılır. Test sonunda oluşan hacim, sertlik değişimleri ve çatlaklar açısından incelenir. Çekme direnci ve uzama değeri de tespit edilebilir. (8)

#### 1.4.2. Enstrumental analiz metodları.

Enstrumental analiz modern sanayi laboratuvarlarında önemli bir yer tutmaktadır. Petrol sanayiinde söz konusu tekniklerin kullanıldığı bazı alanlar şöyle sıralanabilir.

a) Örnek maddelerinin tanımlanması için yapılan analizler.

b) Ara ya da son ürünlerin kalite kontrolü için yapılan analizler.

c) Ürün geliştirme çalışmaları için yapılan analizler.

d) Servis şartlarının ürün üzerindeki etkisinin takibi için yapılan analizler.

e) Ürün kalitesi, performans ile ilgili çeşitli şikayetlerin incelenmesi amacı ile yapılan analizler.

Petrol ve petrol ürünlerinin analizi için kullanılan metodlar şöyle sıralanabilir.

##### 1) X-Işını kırılma analizi:

Bu metod, inorganik ve organik kristalin maddelerle katı maddelerdeki serbest kristalin elementlerin tanımlanmaları için kullanılır. Söz konusu bu maddeler; motorlarda ve diğer aletlerde oluşan depozitler ve korozyon ürünleri, kullanılmış petrol ürünlerindeki metalik aşınma parçacıkları ve çeşitli yabancı maddeler, greslerdeki dolgu maddeleri, katalizörler, alaşımlar ve çeşitli kimyasal maddelerdir.

Çok kısa dalga boyu radyasyonlarından oluşan X-ışınları bir madde üzerine geldiğinde, madde içerisindeki kristalin bileşenler tarafından kırılır veya

yansıtılırlar. Bu ışınlar sonra bir X-ışını kamerası içerisindeki fotografik film üzerine yada değişik diğer dedektörler vasıtasıyla elektronik olarak tespit edilirler. Her kristalin madde yada serbest element kendi karakteristik X-ışını kırılma modeline sahiptir. 18.000 'in üzerine maddenin söz konusu X-ışını kırılma modeli bilinmektedir ve dosyalanmıştır. Bilinmeyen örnek maddenin kırılma modeli, bilinenlerle karşılaştırılarak kalitatif analizi yapılır ve madde tanımlanır. Kuantitatif analiz ise, örnek içerisindeki aranan madde konsantrasyonunun, kırılan ışık yoğunluğu ile orantılı olması esasına dayanılarak yapılır.

#### 2)Gaz kromatografisi:

Bu metodla, sabit gazlardan ağır yağlara kadar çok çeşitli medde bileşenleri tek tek tespit edilir. Örnek madde, hareketli bir faz (Gaz) vasıtasıyla bir kolon içerisindeki sabit fazdan geçilirken fiziksel ayrışma uğrar ve bileşenleri tespit edilir. Başlıca iki şekilde uygulanır:

a)Gaz-Katı kromatografisinde sabit fazı; silika-jel, alümina veya moleküler eleklerden oluşan çok ince parçacıklar halinde bir absorban madde oluşturur. Daha çok sabit gazların analizinde kullanılır.

b)Gaz-Sıvı kromatografisi daha yaygın bir kullanıma sahiptir ve bunda sabit faz, silikon yağı gibi uçucu olmayan çok ince bir sıvı film tabakasının, çok ince parçacıklar halindeki bir katı destek üzerinde dağılması ile elde edilir.

#### 3-Elektron mikroskopisi:

Bu metodla koloidal maddelerin ve küçük parçalara ayrılmış katı maddelerin içeriği, şekli ve büyüklükleri tespit edilir. Bunun için 100.000 defanın üzerindeki çok yüksek büyültmelerle direkt gözlem yapılır. 1 cm'nin 1/400000'i kadar küçük parçacıklar dahi gözlenebilmektedir. Söz konusu metod ile greslerdeki sabun lifleri, yağlardaki katıklar, yakıttaki yabancı

maddeler, katalizörler, yatakların aşınma yüzeyleri ile diğer motor parçaları incelemeye tabi tutulurlar.

#### 4-Ferrografi:

Ferrografi, aşınmış ve yağ içinde birikmiş metalik parçacıkları yağdan ayırmak ve bu parçaları optik mikroskop veya ayarlanabilir elektron mikroskobu ile incelemek için saydam bir yüzey üzerinde boyutlarına uygun olarak düzenlemek için geliştirilmiş bir tekniktir.

Ferrografi, jet motorlarının yağlama yağını analiz eden geliştirilmiş bir metod bulmak için yapılan araştırmalar sonucu elde edilmiştir. Yapılan araştırmaların amacı mevcut olan spektrometrik analiz cihazları gibi pahalı ve kompleks bir analiz cihazı gerektirmeyecek bir metod geliştirmek ve zamanından önce oluşabilecek bir arızayı daha erken ikaz etmeyi sağlayacak bir sistem elde etmektedir.

#### 5-Spektrometrik yağ analiz yöntemleri:

Bir yağ numunesindeki aşınmış metal parçacıkların kimyasal yapısını ve miktarını belirlemek için spektrometrik yağ analiz programında yaygın olarak iki yöntem kullanılmaktadır. Bunlar, Atomik Emisyon Spektrometresi (AES) ve Atomik Absorpsiyon Spektrometresidir. (AAS)

Atomik Emisyon Spektrometresi minimum yağ numunesi hazırlanmasını gerektirmesi, aynı anda numunedeki birden fazla elementin miktarını modern data işlemcilerle direkt olarak okunmasını sağlaması gibi avantajlara sahiptir. Buna karşılık Atomik Absorpsiyon Spektrometresi daha ucuzdur; fakat bir anda yalnız bir tek elementin miktarını belirleyebildiğinden yağ analizi için daha fazla zaman kaybına neden olur. Bunların yanında X-ışın Floresant Spektrometresi ve Plasma Spektrometresi geliştirilmiştir. Bu yöntemler aşınmış metal miktarının belirlenmesinde üstünlük vaat etmesine rağmen, pahalı ve geliştirilmesi gerekli yöntemlerdir. (8)

## 2. SPEKTROMETRİK YAĞ ANALİZİ

### 2.1. Giriş

Spektrometrik yağ analizleri bilimsel, koruyucu bakım için yapılan, her kapalı devre yağlama sistemine (Gaz ve buhar türbinleri kompresörler, dizel ve benzin motorları, dişli kutuları, hidrolik devreler vb.) uyan, başarılı ve hızla gelişmekte olan bir tekniktir. Günümüzde, askeri ve endüstriyel alanlarda genel yağ analiz programları çok önemli bir yer almaktadır. (6)

Spektrometrik Yağ Analiz Programları endüstride, hava, demir yolları ve teçhizat imalatçıları tarafından kullanılmaktadır. Yağ analizi her ortamda, (Hava, kara ve denizde) yağın dolaştığı sistemlere başarıyla tatbik edilmektedir. Askeri alanda ise Kara-Hava-Deniz Kuvvelerinin herbiri tarafından uygulandığından "ORTAK YAĞ ANALİZLERİ PROGRAMI" (JOAP-Joint Oil Analysis Programme) olarak isimlendirilmiştir. Bunlar sırasıyla AOAP, SOAP, NOAP olarak bilinir

Yağ analiz programı, tüm uçak türbinlerinin, pistonlu motorların, sabit hız regülatörlerinin ve transmisyonun yanı sıra dizel motorlarının, tank dişli kutularının, kamyonların ve diğer ağır teçhizatın da sağlığını kontrol eder.

Spektrometrik Yağ Analizi yeni bir teknik değildir. Orjinali, 1941 de yağ analizlerinin öncülüğünü yapan Batı Demiryolları ve Denver Rio Grande'de (U.S.A.) kullanılan bakım teçhizatından alınmıştır. O senelerde, yağ analiz programlarının bazı çeşitleri U.S.A. Demiryollarında yaygın olarak kullanılıyordu. İkinci Dünya Savaşından sonra, taşıma ve karayolu endüstrileri de yağ analiz programlarıyla ilgilenmeye başladı. Günümüzde pekçok taşıma filosu ve inşaat şirketi bu amaç için profesyonel yağ analiz şirketlerine yağlarını analiz ettirmektedirler. Büyük hava yollarının çoğu için, spektrometrik yağ analizlerinin harcamalarını (Onarım / revizyon maliyetini) azaltması da bir avan-

taj teşkil eder.

## 2.2. Spektrometrik Yağ Analizlerinin Amacı.

Spektrometrik Yağ Analizi, hasta sağlığını kontrol etmek amacıyla doktor tarafından tatbik edilen kan tahlillerine benzer bir yöntemdir. Analizler sonucunda hasta ya sağlıklıdır ya da hastalık tesbit edildiyse ilaçla iyileştirme yoluna gidilir. Ayrıca, problemi derhal ortadan kaldırmak amacıyla operasyonlar da tatbik edilebilir.

Yukarıdaki örneğe benzer biçimde SOAP'ın amacı, düzenli aralıklarla yapılan yağ analizleri vasıtasıyla motor elemanlarındaki arızaların başlangıç devresinde tesbit edilmesidir. Böylece, arıza tahminleri ve tavsiyelerde havada herhangi bir arıza olmadan önce uçak servisten alınır. Uçuş emniyeti arttırılır ve milyonlarca liralık onarım / revizyon maliyetinden tasarruf edilir.

Diğer normal bakım araçları ile tanımlanamayan problemlerin keşfini de yağ analizleri sağlar. Mekanik sistemlerde kullanılan yağların tahlili ile kapalı devrelerin iç şartlarının analizi temin edilir. Bu, teknik ünitelerin ne servisten alınmasını ne de sökülmesini gerektirmeden, kullanılabilirliğinin tayin edilmesi demektir.

Makinalar çalışırken, geçme yüzeyler arasında sürtünme nedeni ile aşınmalar meydana gelir. Fakat bu; yağlayıcıların kullanımı, parçaların mükemmel uyumu ve uygun birleştirme ile azaltılmıştır.

Normal olarak, aşınmış parçalar mikroskobik miktardadır. Aşınmış parçalar yağlama yağına dağılacak ve aynı zamanda tüm filtrelerde, madeni yağ süzgeçlerinde veya taş dedektörlerinde görülecektir. Yağ, aşınmış noktayı yağladığı gibi, aşınmış metalleri de içine alacaktır. Yağ analizi yoluyla elementlerin durumu tam olarak görülebilmektedir.

Makina yeni iken veya revizyon sonrası şartlarda ça-

lışıırken yağın içindeki metal miktarı bir noktaya kadar düzenli olarak, yavaş yavaş artmalıdır. Motor çalıştığında metal ürünleri azalmaya başlar. Yağın içindeki normal katkılar, metal seviyesini iyice sabit tutacaktır.

Yağdaki metal seviyesi, değişik makinalar için gözlenmiş, ortalaması alınmış ve metal aşınma kılavuzları saptanmıştır. (EK.1). Yağın içerdiği metal miktarı bu seviyeyi fazla aşamaz. Motordaki aşınmanın miktarı ve yağın kullanılabilirliği daima gözönünde bulundurulmalıdır. Metal aşınmasının ikinci belirtisi, aşınma yüzdesinin artışıdır.

Yüz saatlik bir çalışmada, motor yağında milyonda beş parçanın (PPM) artışının görülmesi normaldir. Motor yağındaki milyonda beş parçalık (PPM) artış on saatte olursa, bu bir şeyin aşındığına dair mükemmel bir örnektir. Metallerdeki artış miktarı deneylerle belirlenir. Aşırı aşınma yüzdesi, tehlike habercisidir. Böylece, bir sistemdeki elemanların metalurjisini bilmekle ortaya çıkabilecek mekanik arızalar önceden belirlenir ve hatalı parçalar tesbit edilir. (9)

### 2.3. Spektrometrik Yağ Analiz Yöntemleri.

#### 2.3.1 X-ışını spektrografik analizi

"X-ışını floresan analizi" olarak da bilinir. Bu metod ile sıvı ve katı maddelerin; tüm metalik elementlerin; flor, klor, fosfor, kükürt, silikon gibi bazı önemli metalik olmayan elementlerin analizi yapılır. Söz konusu metod, esasında geniş bir konsantrasyon aralığını kapsayan kantitatif analiz metodudur. X-ışını kırılma tekniği ile örnek madde içerisindeki serbest kristalin maddeler tanımlanır. Bu analizle ise serbest ya da birleşik tüm elementler tespit edilebilir. Bu analiz metodunda X-ışınları örnek üzerine gönderilir; madde içerisindeki elementlerin ka-

rekteristigi olan floresan ya da sekonder ışınlar geçirilerek, bir analiz kristalinde çeşitli dalga boylarına ayrıştırılır ve uygun bir dedektörle sayılır. Açık pozisyonları ve floresan X-ışınlarının yoğunluğu vasıtasıyla madde içindeki elementlerin tanımları yapılır ve miktarları tespit edilir. Bu metod, pahalı ve geliştirilmesi gerekli bir yöntemdir. (8)

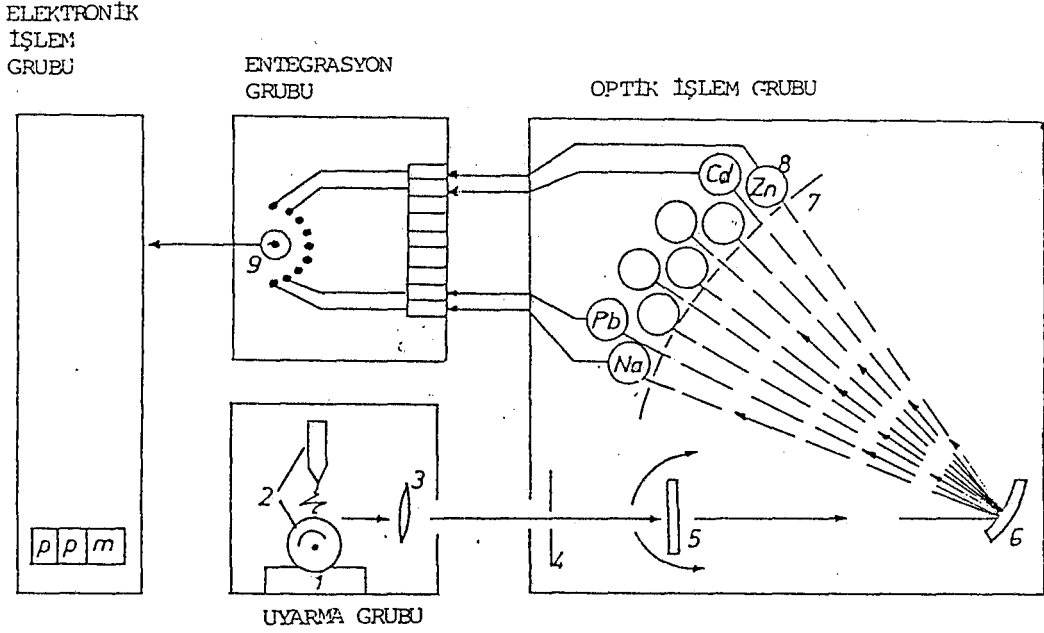
### 2.3.2. Atomik emisyon spektrometresi (AES)

Emisyon spektrometresinde yağ numunesi yüksek gerilim arkına maruz bırakılarak, numunedeki metalik elementlerin atomik yapısının enerjileri artırılır. Yüksek gerilim arkı kesildiğinde atomlar eski kararlı hallerine dönerlerken aldıkları enerjiyi ışık emisyonu şeklinde geri verirler. Her elementin yayınladığı ışığın dalga boyu farklıdır. Neşredilmiş ışık, spektrometrenin optik yolunda odaklanır ve dalga boyuna göre ayrıştırılır. Farklı dalga boylarındaki bu ışık demeti değerlendirilerek yağ numunesi içinde bulunan elementler ve miktarları tespit edilir.

Atomik emisyon spektrometresi dört gruptan oluşmaktadır. (10)

1) Uyarma grubu: Bu grupta bir karbon çubuk ve bir karbon disk elektrodu mevcuttur. Uyarma safhasında disk kendi etrafında dönerek elektrotlar arasında oluşan elektrik arkına numuneden yağ getirir. Yüksek voltaj arkı test edilen numunedeki metal atom elektronlarını uyarır. Ark kesildiğinde elektronlar eski kararlı seviyelerine dönerken ışık yayarlar. Bu yayılan ışık optik işlem grubunun giriş yarığındaki bir merceğe yöneltilir.

2) Optik işlem grubu: Uyarma grubundan gelen ışık, giriş yarığından ve saptırıcı levhadan geçerek kendisini spektruma dağıtacak olan dağıtma ızgarasına çarpar. Işık dalga boylarına göre ayrılır ve ışık spektrumu elde edilir. Bu spektral çizgiler foto-multiplier tübüne (PM) yöne-



- |                    |                           |
|--------------------|---------------------------|
| 1. Numune          | 6. Dağıtma ızgarası       |
| 2. Elektrotlar     | 7. Çıkış yatakları        |
| 3. Mercekler       | 8. Foto multipler tüpleri |
| 4. Giriş yarığı    | 9. Seçici anahtar         |
| 5. Saptırıcı levha | 10. Sayısal okuma         |

Şekil 2.1. Atomik emisyon spektrometresinin blok diyagramı

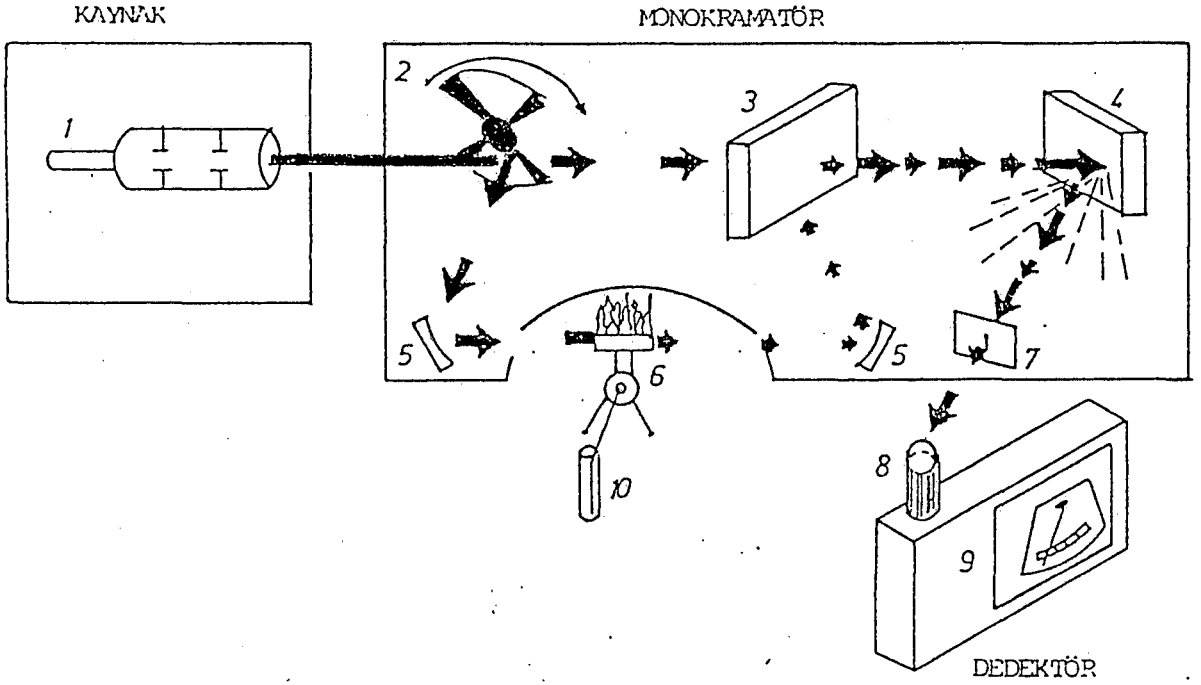
ilir. PM tübü ışık enerjisini elektrik akımına çevirir. PM tübünün çıkışı entegrasyon grubuna yollanır.

3) Entegrasyon grubu: Burada toplama kondansatörleri mevcuttur. Numunenin uyarılma süresinde biriken enerji PM tüpleriyle elektrik akımına çevrilir ve elektrik enerjisi olarak toplama kondansatörlerinde toplanır. Referans olarak seçilmiş yirmi elementin konsantrasyon seviye bilgileri yirmi toplama kondansatöründe saklanır. Seçici anahtar her elementin pozisyonuna getirilerek her seferinde bir element için gerekli bilgiyi elektronik işlem grubuna gönderir.

4) Elektronik işlem grubu: Bu grup toplama kondansatörünün potansiyelini ppm olarak bir sayısal okuma değerine çevirir. Aranılan bilgi kayıt edildikten sonra, bir sonraki numunenin uyarılmasına başlandığında toplama kondansatörleri deşarj edilerek önceki bilgiler bırakılır.

### 2.3.3. Atomik absorpsiyon spektrometresi: (AAS)

Atomik absorpsiyon analizinde yağ numunesi alevde püskürtülür ve alevin sıcaklığı ile buharlaştırılır. Mevcut elementlerin atomik yapısının enerjisi alevin yüksek sıcaklığı tarafından yeterli ölçüde arttırılır ve elementler dış enerji kabuklarındaki bazı elektronlarını kaybederler. Analiz edilen elementin aynı dalga boyunda ışık demeti ışık kaynağından gönderilir ve dönen bir ayna ile kesilir. 1800 rpm'lik bir süratle dönen ayna 60 palslik bir kesiş frekansı sağlar. Aynanın her dönüşü ile kesici kaynak ışığının iki palsi bek alevinden geçirilecek şekilde kırılarak tekrar birleştirme aynasına gönderilir. Işığın palslerinin her ikisi birden aynadan girişim izgarasına yollanır. Izgara, ışığı spektruma dağıtır. Izgaranın açısı değiştirilerek ışığın dedektöre geçecek şekilde çıkış yarığına düşürülmesi sağlanır. Alevde bazı elektronlarını kaybetmiş olan yağ numunesindeki analiz edilen element, kendi yapısındaki ışıktan bazı elektronlar alarak kararlı haline döner. Bu sırada alevden geçirilen ışık bazı elektronlarını kaybetmiştir. Bu ışıkla birleştirme aynasına direkt olarak gönderilen ışık palsi arasında yoğunluk farklı olmuştur. Dedektör, iki pals setinin yoğunluk farklarını ölçer. Bu fark yağ numunesindeki analiz edilen elementin miktarını ppm olarak gösterir. Şekil 2.2 de atomik absorpsiyon spektrometresinin blok diyagramı gösterilmiştir. (11)



- |                                 |                             |
|---------------------------------|-----------------------------|
| 1. Katod lamba                  | 6. Yakıcı assamblesi        |
| 2. Kesici ayna                  | 7. Çıkış yarığı             |
| 3. Tekrar birleştirme<br>aynası | 8. Foto multipler tüpü      |
| 4. Girişim ızgarası             | 9. Çıkış değerinin okunması |
| 5. Dağıtım ızgarası             | 10. Yağ numunesi            |

Şekil 2.2. Atomik absorpsiyon spektrometresinin blok diyagramı (11)

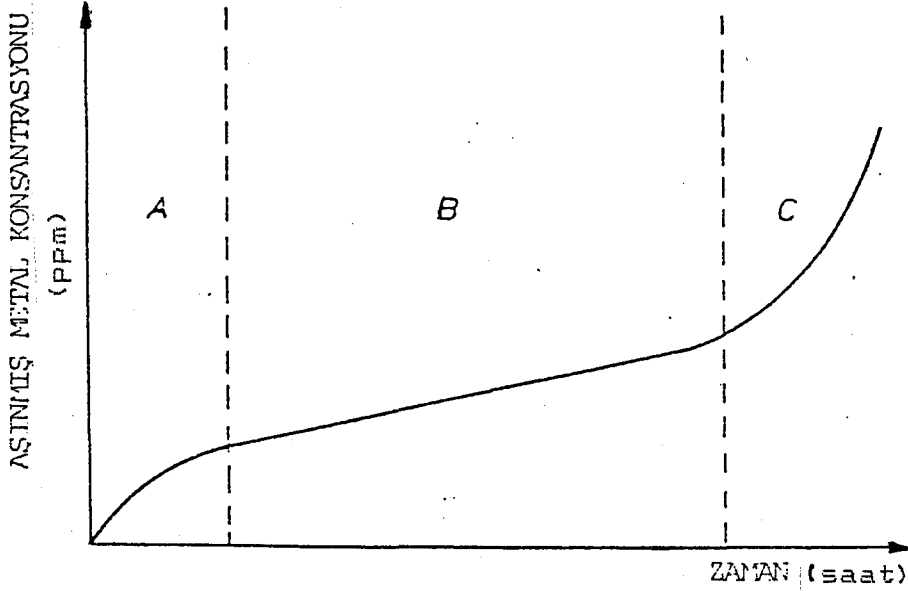
#### 2.4. Yağlama Yağındaki Aşınmış Metal Parçacıkları.

Çalışma şartlarına uygun yağlama tekniği ve uygun özelliklere sahip yağlama yağı seçilmesine rağmen müşterek çalışan hareketli yüzeylerde aşınma mevcuttur ve aşınan parçacıklar yağlama yağına karışır. Yağlama yağı, yağladığı ünitenin aşınma durumu ile ilgili bilgileri de beraberinde taşır. Metal alaşımli yüzeylerden aşınmış metal parçacıklar, aşındırdıkları yüzeylerle aynı kimyasal yapıya sahip olacaktırlar. Uçağın yağlanan ünitelerinde yaygın olarak kullanılan demir, bakır, çinko, kobalt, krom, nikel, kalay, kurşun, gümüş, vb. gibi elementlerin yağlama yağındaki aşınmış miktarları ölçülür ve yağlanan ünitenin önceden belirlenmiş aşınma karakteristiği ve aşınan elementlerin limit değerleri gözönünde bulundurularak aşınmanın normal mi yoksa anormal boyutlarda mı olduğu değerlendirilir. Böylece yağlanan ünitelerin aşınmış elemanları ile ilgili ipuçları elde edilmiş olur.

Aşınmış parçacıkların kimyasal yapısı aşınmanın hangi elemanda olduğunu belirleyebilir. Ancak yağlanan üniteyi oluşturan elemanların büyük çoğunluğunda demir yaygın olarak kullanıldığından yağlama yağındaki aşınmış metal parçacıklarında artmış demir miktarının ünitenin hangi elemanından kaynaklandığının yalnız aşınmış parçacıkların kimyasal yapısına bakarak belirlenmesi güçtür. Bu durumda demir yanında diğer elementlerin aşınmış miktarları ve aşınmış parçacıkların fiziksel özellikleri de önem kazanır. Diğer taraftan gümüş gibi yaygın kullanılmayan bir elementin artmış miktarı aşınmanın tek bir elemandaki kesin yerini belirleyebilir.

Yağlanan üniteye, aşırı bir aşınma sözkonusu olmadan, normal çalışma şartlarında da yağlama yağındaki aşınmış metal konsantrasyonu sabit oranda bir artış gösterecektir. Makina yeni çalışmaya başladığında müşterek çalışan yüzeyler birbirine alışincaya kadar aşınma ve aşınma parçacıklarının birikim hızı daha büyük olacaktır. 0-100 saatlik

bir çalışma için yağ numunesindeki aşınmış metal konsantrasyonu milyon atom içinde aşınmış metal atom sayısı cinsinden (ppm, parts per million) şekil 2-3'de gösterilmiştir.



Sekil 2.3. Bir ünitenin çalışma süresine göre aşınmış metal konsantrasyonu (12)

- A- Alıştırma aşınması
- B- Normal aşınma
- C- Anormal aşınma

Müşterek çalışan hareketli yüzeyler arasındaki normal ilişkiyi değiştiren veya normal sürtünmeyi arttıran her şart genellikle aşınma hızını ivmелendirir ve aşınmış metal parçacıklarının miktarını eksponansiyel olarak arttırır. Eger bu durum keşfedilmez ve giderilmezse bozulma genellikle yağlanan ünitenin diğer elemanlarının ikinci hasarı ile ivmelenmeye devam edecek ve sonuçta bütün ünitenin hasarlanıp, muhtemelen elden çıkmasına neden olacaktır.

Yeni üniteler veya yeni revizyondan geçmiş üniteler ilk alıştırma periyotları süresince yüksek konsantrasyon-

larda aşınmış metal parçacıkları üretmeye meyillidirler. SOAP sonuçları değerlendirilirken yağ numunesinin alındığı ünite yeniyse veya yeni revizyondan çıkmışsa, bu durum gözönünde bulundurulmalıdır. Aksi takdirde, müşterek çalışan yeni elemanların birbirleriyle alışmaları sonucu oluşan yüksek konsantrasyonlardaki aşınmış metal parçacıkları, sanki yağlanan üniteye aşırı bir aşınma olduğu düşüncesine sevkedilebilir. Bu nedenle yeni elemanların alışma periyotlarındaki aşınma karakteristikleri belirlenmeli ve bu dönemdeki normal aşınma limit değerleri tespit edilmelidir. Bu dönemde yapılan yağ analizlerinin sonuçları da bu limit değerlere göre değerlendirilmelidir. (12)

## 2.5. SOAP ile Saptanabilen Ve Saptanamayan Arızalar.

### A- Saptanabilen Arızalar:

- 1) Pistonlu motorlarda hasarlı silindirler, piston segmanlarındaki kırılma ve aşınmalar, aşınmış veya kazınmış silindir duvarları, hasarlanmış piston pinleri, kırık valfler, gevşek veya hasarlı valf kılavuzları.
- 2) Yıpranmış, düzensiz sürtünmeli yataklar ve muhafazaları
- 3) Yıpranmış, düzensiz veya çizilmiş dişliler.
- 4) Yatak bilezikleri, bilyaları, çemberleri, masuraları, splinleri. (Kama)
- 5) Sistemde birbirine sürtünen tüm kısımlarda oluşan arızalar. (Pompalar, dişli kutuları vb.)
- 6) Yağa yakıt karışması halinde numune alev alarak bizi uyarır. (6)

### B-Saptanamayan arızalar:

- 1) Spektrometrenin ölçemeyeceği büyüklükte (Yağ içinde gözle görülebilen) kırıntı veya aşınmış metal parçaları.
- 2) Sistemdeki yağın az olması nedeniyle veya çok hızla

gelişen arızalar.

3) Yorgun parçaların oluşturduğu süratli arızalar.

## 2.6. SOAP ile ilgili Önemli Hususlar.

Spektrometrik yağ analiz programı (SOAP), yağ numunesinin alındığı sistemi temsil ettiği düşüncesi üzerine kurulmuştur. Eger durum böyle değilse, sonuçların kullanım imkanı yoktur. Nadiren, bir Üniteden alınan numuneler diğer bir Ünitenin numunesiyle benzer özelliklere sahip olabilir. Bir analiz sonucu yağlanan Ünitede aşınmış metalin ani artımı ve bir sonraki analiz sonucu aşınmış metalin azalımı numunelerin yanlış etiketlenmeleriyle ilgili bir problem olduğu düşüncesine sevk etmelidir. Örneğin numunenin gerçekte bir transmisyon numunesi iken motor numunesi olarak yanlış etiketlenmesi.

Yağ numunelerinin spektrometrik analizinde kullanılan yöntem analitik sonuçlarda direkt bir etkiye sahiptir. Atomik absorpsiyon spektrometresinden elde edilen analitik sonuçlar, atomik emisyon spektrometresinden elde edilen değerlerden daha düşük olacaktır. Bu değerlendirmeler de gözönünde bulundurulmalıdır.

Atomik emisyon spektrometresinde çubuk veya disk elektrotlarının değiştirilmeleri, özellikle cihazda yeniden kalibrasyona gidilmeksizin elektrotların tipinin veya boyutunun değiştirilmesi değerlendirmelerde hataya neden olabilir. Elektrotların tipi değiştirildiğinde, cihazı yeniden kalibre etmek gerekir.

Normal şartlarda yeni yağlama yağı yağlanan Ünitenin çalışması sonucu oluşacak aşınmış metallerin spektrometrik teşhisine ve ölçülmesine tesir edecek metalik bileşim ihtiva eden katkı malzemesi kullanılabilir. Böyle katkı malzemeleri yağlama yağına sadece çok küçük miktarlarda metal karışırtırmalarına rağmen izlenen metallerin bu kaynağının analizinin yapıldığı laboratuara tanıtılması ve aşınma so-

nucu yağa karışan metallere ayırt edilmesi gerekir.

Yağlanan üniteye korozyonun oluşumu, yağ numunesindeki metal konsantrasyonunun daha yüksek olmasına sebep olur. Korozyonun normal ürünleri, korozyona uğrayan metalin oksitleridir. Depolama durumundaki üniteler korozyondan büyük ölçüde etkilenirler. Korozyon bol yağış alan bölgelerde, sahil şeritlerinde ve kış ayları süresince daha sık meydana gelir. Bununla beraber, kuru iklimli bölgelerde de, eğer yağlanan ünite, çığe neden olacak sıcaklık farklılıklarına maruz kalırsa korozyondan etkilenir. Yağlama yağı numunesinde suyun mevcudiyeti, yağlanan ünitenin korozyona maruz kaldığının belirtileridir. Korozyon olduğunda demir ve magnezyum konsantrasyonları yüksek değerlere çıkar.

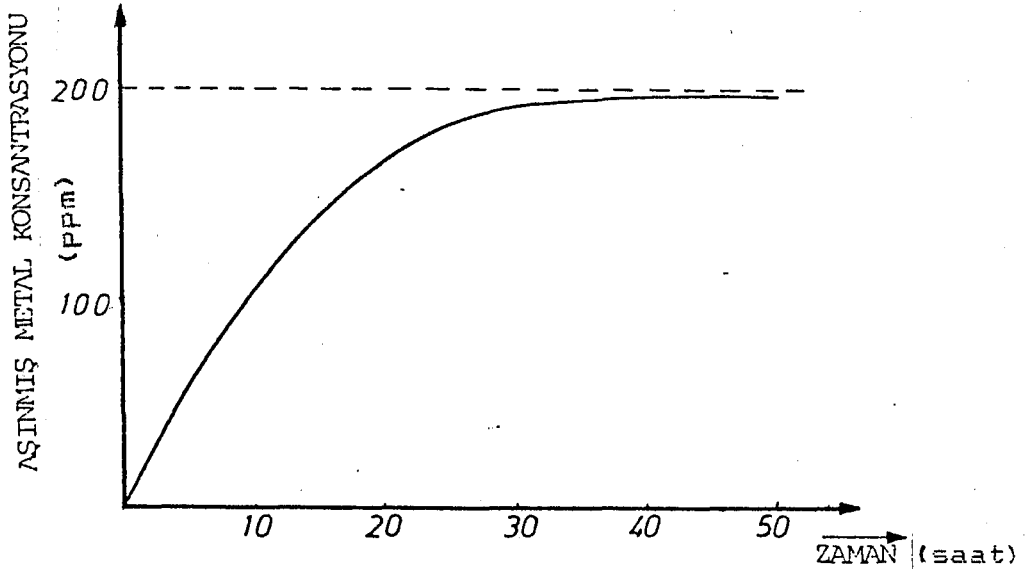
Yağlanan ünitelerde kirliliğin en yaygın kaynağı kir ve kumdur. Uçak kuru, kumlu veya tozlu alanlarda çalıştırıldığında kumdaki silikon ve kir, yağlama sistemine girebilir. Ünitenin içinde kir ve özellikle kum bir aşındırıcı gibi hareket eder; aşındırmayı hızlandırır. Eger silikon kirliliği tesbit edilmişse, aşınmış metalin yüksek konsantrasyonuna silikonun aşındırıcı etkisinin sebep olup, olmadığını belirlemek için yağlama sistemi temizlenmeli, daha sık periyotlarla numune alınıp incelenmelidir.

Yağ numunesine pislik, yabancı madde karışması yağ analizinin doğruluğunu olumsuz yönde sık sık etkileyen bir problemdir. Yağ numunesinde aşınmış metal konsantrasyonunda ani keskin artışlar, alışılmamış renk, bulanıklık gibi durumlar yağ numunesine yabancı madde karıştığının, numunenin kirletildiğinin bir göstergesi olabilir. Böyle durumlarda aşınmış metal miktarının doğru belirlenebilmesi için ilave numuneler alınmalıdır.

Yeni veya yakın zamanda revizyondan geçmiş üniteler, normalden daha hızlı oranlarda aşınmış metal oluşturmaya meyillidirler. Bu çalışma periyodu süresince normal bir durumdur ve bir arıza olduğu anlamına gelmemelidir. Bununla beraber bu periyot süresince aşınmış metal miktarı genel-

likle çok yüksek olduğundan değerlendirme zor olabilmektedir. Aşınma periyodu jet motorları, dişli kutuları için 20 saat ve pistonlu motorlar için devir sayısına bağlı olarak 100-200 saat civarındadır.

Yağlanan ünite çalışmaya devam ettiği sürece aşınmış metal konsantrasyonu seviyesi teorik olarak artmaya devam edecektir. Halbuki gerçek uygulamada yağ eksilmesi ve eksilen kadar yeni yağ ilavesi nedeniyle bu durum gerçekleşmez. Yağ ilavesi normal aşınma şartlarında aşınmış metal konsantrasyonunun seviyesinin düşmesini ve sabit kalmasını sağlar. (Sekil 2-4)

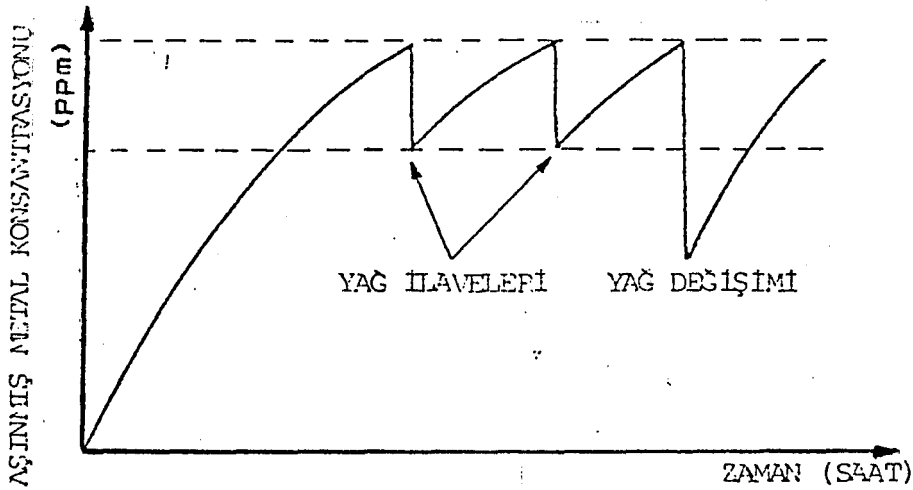


Sekil 2.4. Sabit yağ ilavesinin aşınmış metal konsantrasyonu üzerindeki teorik etkisi (12)

Bu örnekte, aşınmış metal konsantrasyonu seviyesi 30 saatlik bir çalışma civarında 200 ppm'lik sabit maksimum değerine ulaşmaktadır. Bu kararlı nokta iki değişkenin fonksiyonudur. Yağ eksilme oranı ve yağ ilavesi ile yağlanan ünite iç sürtünmeler nedeniyle oluşan aşınmış metalin oluşum hızıdır. Aşınma hızındaki bir artış, aşınmış metal konsantrasyonunun seviyesinin daha yüksek bir değerde sabitleşmesine, kararlı duruma gelmesine neden olacaktır. Yağ eksilmesindeki artış ise bu seviyeyi azaltacaktır.

Aşınmış metal konsantrasyonunun kararlı duruma geçmesi için gerekli çalışma süresi yukarıda belirtilen iki değişkenin yanında bir üçüncü değişkene de bağlıdır. Bu değişken yağ deposunun veya yağlama yağının toplam kapasitesidir. Yağ deposu kapasitesinin veya yağ eksilme hızının artması ya da aşınmış metal parçacıklarının oluşum hızının azalması kararlı duruma ulaşmadaki gerekli zaman periyodunu azaltacaktır.

Pratik olarak aşınmış metal konsantrasyonunun sabit (Kararlı) durum şartlarına asla ulaşamaz; fakat bir limit dahilinde yaklaşılır. Şekil 2-5 de periyodik yağ ilavesinin ve yağ değişiminin etkisi görülmektedir.



Şekil 2.5. Periyodik yağ ilavesinin ve değişiminin aşınmış metal konsantrasyonuna etkisi (12)

Yağ ilavesi sık olan sistemlerde aşınmış metal konsantrasyonu düzensiz olarak değişecektir. Bu durumda analiz için yağ numunesinin yeni yağ ilavesinden önce alınması uygun olacaktır. Son yağ değişimi veya yağ ilavesinden sonraki zamanın doğru kaydedilmesi gerekir. Bu bilgi hatalı rapor edilirse yağ analizlerinin değerlendirilmesinde

hataya düşülebilir. Bir türbin motoru için yağ değişiminden itibaren 50 saatlik çalışmada 8 ppm aşınmış demir miktarı normal bir aşınmayı gösterir. Halbuki 8 ppm aşınmış demir miktarı yağ değişiminden itibaren 2 saatlik çalışma için olması, yakın bir arızayı haber vermektedir.

Uçağın yaptığı uçuş görevine bağlı olarak özellikle savaş uçaklarında, yük faktörü nedeniyle uçağın mekanik üniteleri aşınma yönünden etkilenmektedir. Genel olarak uçuş görevinde maksimum yükün yüksek yüzdelerinde çalışan ünite, daha yüksek aşınmış metal konsantrasyonunu gösterecektir. Bu şartlar normal olarak harp görevlerinde veya tatbikatlarda ortaya çıkar. Çalışma şartlarının değişmesinden dişli kutuları, motorlardan daha fazla etkilenmektedir.

SOAP ile tespit edilen aşınmış metal miktarları genellikle gerçek değerinden düşüktür. Yapılan araştırmalar sonucu, 5 mikrona kadar parçacık boyutlarında SOAP'ın etkili olduğu bulunmuştur. Daha büyük parçacık boyutlarında aşınmış metal miktarını tespit etmede SOAP'ın etkinliği azalmaktadır. Spektrometrik yağ analiz sonuçlarının gerçek aşınmış miktarlara yakınlığı kadar aynı ünitelerden belli periyotlarla birbiri ardına elde edilen analiz sonuçları arasındaki farklar da büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle aynı üniteye ait analiz sonuçları sürekli kaydedilmelidir. Ayrıca aşınmayı etkileyen özel durumlar değerlendirme işleminde göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin, metal aşınmasında ani bir artış, tehlikeli bir aşınma durumunun belirtisi olabilir. Fakat son yağ numunesi alındığından beri üniteye yapılmış bakımın bir göstergesi olabilir. Aşırı zorlanmalar, aşırı devirler, aşırı titreşim, korozyon, üniteye elemanlarda tamir ve ayarlar, yağın rengi, görev malumatları, alışılmamış sesler, filtre ve aşınmış parçacık dedektörlerinin incelenmelerinin her biri spektrometrik yağ analiz sonuçlarını değerlendiricinin bakım tavsiyelerinde bulunmadan evvel gözönünde bulundurulması,

hesaba katması gereken bilgilerdir. Geçmişini içeren bilgilerin eksik toplanması değerlendiricinin kararlarını ters yönde etkileyebilir. Yağ ilavesi de değerlendiricinin kararlarını değiştirebilir. Örneğin, yağ ilaveleri aşınma eğilimlerinin gelişimini gizleyebilir. Eğer numune yağ ilavesinden hemen sonra alınmışsa, aşınmış metal sonuçları anormal derecede düşük bulunabilir. Bu özellikle yüksek değerler çıkan bir numunenin doğrulanması istendiğinde oluşursa, kesinlikle hatalara neden olur. Bu durum, küçük yağ kapasiteli yağlama sistemlerinde yağ analiz sonuçlarında ciddi etkiler yapabilir.

SOAP ile aşınma miktarı tayin edilirken uçakta yağlanan ana sistemlerin aşınma karakteristiginin iyi bilinmesi, numunenin alındığı yağlanan üniteye göre analiz sonuçlarının çok iyi değerlendirilmesi ve yorumlanması gerekir. Yağlanan üniteyi oluşturan elemanların büyük çoğunluğunda demir olduğundan, aşınmış metalik parçacıklarda artmış demir miktarının, ünitenin hangi elemanından kaynaklandığının belirlenmesi güçtür. Bu durumda demirin yanında diğer elementlerin aşınmış miktarlarını beraber değerlendirip, yağlanan üniteye malzeme yapıları, alaşımları ile birlikte yorumlayarak aşınmanın hangi elemanda olduğu tespit edilebilir. Bunun yanında gümüş gibi, yağlanan üniteye elemanların yapılarında yaygın olmayan bir elementin artış miktarı, tek bir elemandaki kesin yerini belirtebilir. Genellikle bu tür çalışmalar uçak yapımcı firmaları tarafından gerçekleştirilir ve spektrometrik yağ analiz sonuçlarında hangi elementlerden ne miktarda değerlerin hangi elemanda, ne mertebede aşınma olduğunu göstereceği belirlenir ve uçağı kullanacak kurumlara gönderilir. (Metal aşınma kılavuzları. EK 1) Bu kriterlere göre SOAP sonuçları yorumlanır ve aşınma durumu hakkında karar verilir. (12)

## 2.7. Yağ Numunesinin Alınması.

Yağ analiziyle aşınma durumu hakkında karar verebilmek için yağ numunesinin, alındığı sistemi çok iyi temsil etmesi gerekmektedir. Numune alma periyotları, numune alma teknikleri gibi hususlar belirlenirken yağ numunesinin alındığı sistemi iyi temsil etmesine dikkat etmelidir.

Normal olarak numune alma periyotları tecrübe edilmiş ortalama aşınma hızının ve yağlanan ünitenin arızalanma tehlikesinin bir fonksiyonudur. Numune alma periyotları kesin bir süre koymayı gerektirmez. Fakat, numune almak bir takvime bağlanmışsa aynı ünite için yapılmış önceki analizlerle, yeni analiz sonuçlarının mukayesesi açısından takvime uyulması gerekir. Rutin numune alma periyotları uygun bir takvim dahilinde, koruyucu bakım, periyodik inceleme ve her tip ünitenin çalışma, kullanım şartlarına göre belirlenmelidir. Mühendislik çalışmaları, etkin yağ analizi sağlamak için uygun numune alma periyotlarının belirlenmesinde gerekli bilgiyi sağlar.

Planlanmış belli periyotlarla numune almanın dışında aşağıda belirtilen durumlarla özel yağ numunesi alınması uygun olacaktır:

a) Analiz sonuçları ne olursa olsun spektrometrik yağ analizini yapan personel, numunenin alınmasında bazı hatalar yapıldığından şüphelendiği zaman.

b) Yağlanan sistemin kötü çalışması, yağlanan sistemin hasarlanması, motor yağında aşırı eksilme, düşük dalgalanan veya sıfır yağ basıncı gibi anormal durumlarla sonuçlanan çalışmalardan hemen sonra.

c) Yağlanan ünitenin bakımından hemen önce ve hemen sonrasında.

d) Yağlanan ünitenin uçaktan indirilmesinden hemen önce ve ünitenin yerine takılmasını müteakip yer çalıştırılmasından veya tecrübe uçuşundan hemen sonra.

e) Hasar durumuna ve sebebine bakmaksızın bütün kazalardan hemen sonra. Bu numuneler, sistemi temsil eden

cek kadar yağ ihtiva eden, mümkün olan her elemandan alınmalıdır.

f) Uçuş, yer çalışması veya test çalışmaları süresince uçak veya bir elemanında aşırı titreşimler gözlemlendiğinde.

g) Yeni veya revizyondan çıkmış motoru uçağa takılmasından sonra yapılan test uçuşundan sonra.

h) Uçak okyanus aşırı uçuşa çıkmadan önce yağ analizi ile kontrol edilmelidir. Numuneler analiz sonuçlarını değerlendirilmek için uçak göreve çıkmadan yeterli zaman önce alınmalıdır.

1) Planlanmamış veya beklenmeyen motor durumları veya kapalı yağlanan parçaların çalışmasının etkilenmesini içeren arızalardan hemen sonra özel numune alınması gerekmektedir.

Uçaktan numune alınmasında genel olarak iki teknik uygulanmaktadır. Bunlar:

1) Hortum daldırma tekniği. (EK.2)

2) Hortum daldırma ile numune alınmasının güç olduğu veya mümkün olmadığı durumlarda kullanılan boşaltma (Drenaj) deliğinden numune alma tekniğidir. (EK.2)

Bu iki temel numune alma tekniği ile numune alınması mümkün olmayan üniteler için özel teknikler mevcuttur. Böyle teknikler ilgili ünitenin periyodik bakım veya koruyucu bakım dökümanlarında yayınlanmalıdır.

Numune alınırken uygulanacak bazı basit tedbirlerle yağ numunesinin daha sağlıklı alınması sağlanacaktır. Bu tedbirleri kısaca şöyle sıralayabiliriz.

a) Kullanılmamış numune alma kitleri temiz ve kapalı koruyucularda saklanmalıdır.

b) Hortum daldırma tekniği ile numune alındığında, hortum uygun uzunlukta olmalıdır. Aksi halde hortum yağ deposunda yeterli derinliğe ulaşamaz.

c) Numune alma hortumu, numune alınacak teçhizatın dış yüzeylerine ve onu kirletebilecek diğer yüzeylere değdirilmemelidir.

d) Numunelerin yağ deposu dibinden boşaltma hattından alındığı durumlarda, şişeye numuneyi doldurmadan önce yağ deposunun dibinde birikmiş tortunun boşalmasına yetecek kadar yağın akmasına izin verilmelidir.

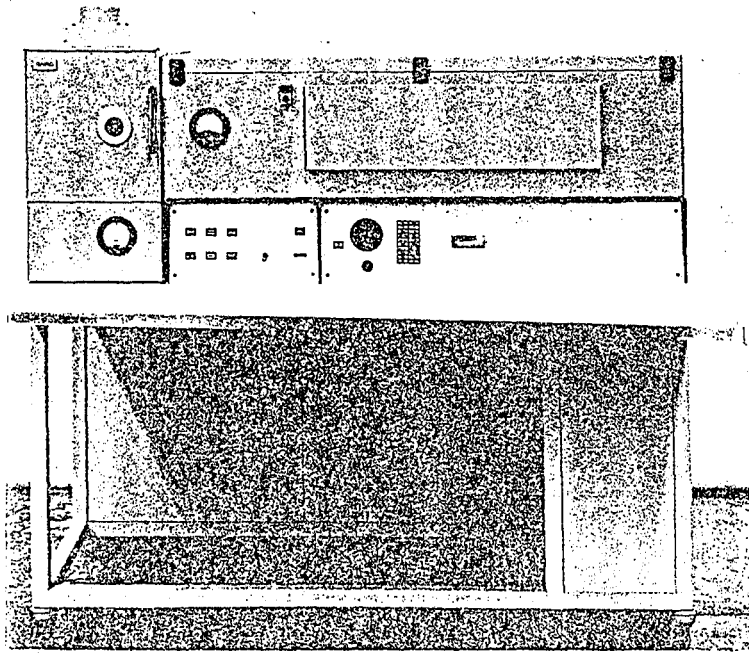
e) Yağ seviyesi numune almaya musaade etmeyecek kadar düşük değilse, numune yağ deposuna yağ ilavesi yapılmadan önce alınmalıdır. Eger bir üniteden yağ ilavesi yapıldıktan sonra numune alınması gerekiyorsa, numune alınmadan önce ünite yağ çalışma sıcaklığına gelinceye kadar çalıştırılmalı, eski ve yeni yağın tamamen karışması sağlanmalıdır.

f) Numune şişesi yalnız numune almaya hazır olduğunda açılmalı ve numune alındıktan sonra şişe, hemen kapatılmalıdır.

g) Yağ alınan üniteye ve yağ numunesine tüy karışmasını önlemek için numune alınırken tüysüz elbiseler giyilmesi uygun olacaktır.

h) Numuneler askeri uçaklarda her uçuştan sonra alınmalıdır. Numune alma işlemi, sistem kapatıldıktan sonra 15 dk. içinde veya sistem hala çalışırken yağ ılıkken yapılmalıdır. (4)

### 3. FAS - 2C YAĞ ANALİZ CİHAZININ TANITILMASI.



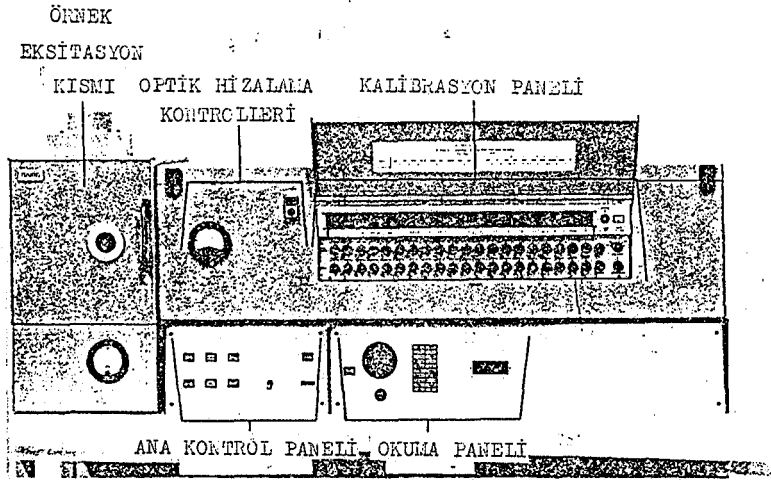
Sekil 3.1. FAS-2C yağ analiz cihazı (7)

#### 3.1.Cihazın Karakteristik Özellikleri.

Analiz ettiği element sayısı-----	20
Ölçebildiği konsantrasyon-----	0-998,0 PPM
Analiz hızı-----	320 Numune / Gün
Optik çap-----	1 metre
Spektral aralık-----	2100-5900 Å
Dağıtma ızgarası (Grating) yapısı-----	Kuvarts
Dağıtma ızgarası (Grating) tipi-----	Konkav
Milimetredeki çizgi sayısı-----	1666,7
Fototüp sayısı-----	13
En yüksek (Peak) voltajı-----	175 Volt / Peak
Ateşleme voltajı-----	22 Kilovolt
Besleme voltajı-----	120 Vac+12-24 Vac
	220 Vac+24-48 Vac

Frekans-----	50 veya 60 Hz
Güç-----	600 Watt
Eni-----	49.5 inç
Boyu-----	60 inç
Ağırlığı-----	600 Lbs

### 3.1.1. Kumanda ve göstergeler.



Sekil 3.2 Kumanda ve göstergeler (7).

### 3.2. Cihazın çalışma prensibi. (Atomik Emisyon)

Atomik Emisyon Spektrometre cihazı yağlama sıvısındaki aşınmış metal parçacıklarının konsantrasyonunu belirlemek için kullanılan optik bir cihazdır. Yağ analiz numunesinin yüksek gerilim arkına maruz bırakılmasıyla gerçekleştirilir. Böylece metalik elementlerin atomik yapılarının enerjileri arttırılır. Yüksek gerilim arkı kesildiğinde atomlar eski kararlı hallerine dönerken aldıkları enerjiyi, ışık emisyonu şeklinde geri verirler. Her elementin yayınladığı ışığın dalga boyu farklıdır. Yayınlan-

miş ışık, spektrometrenin optik yolunda grating (Dağıtma ızgarası) üzerine odaklanır ve burada dalga boyuna göre ayrıştırılır. Farklı dalga boylarındaki bu ışık demeti değerlendirilerek yağ numunesi içinde hangi elementlerin bulunduğu spektrometre tarafından tesbit edilir. Her element için neşredilmiş ışığın şiddeti, element konsantrasyonu ile orantılıdır. (7)

### 3.3. Cihazın Kısımları

#### 3.3.1. Örnek eksitasyon (Uyarı) kısmı

Örnek eksitasyon sistemi, emisyon spektrometresinin oluşumunu sağlayan fiziksel olayı meydana getiren bir bölümdür. Bu kısım yağ içine karışmış bulunan metalleri radyasyon (ışık) enerjisine çevirir. Burada kirliliği oluşturan elementlerin atomları ikaz edilerek kirlilik seviyesiyle doğru orantılı olarak karakteristik bir ışık yayınlanır. Analiz edilecek numunenin miktarı önemli bir faktördür. Çünkü meydana getirilen ışığın aydınlık derecesi ikaz edilen yağ numunesi miktarına bağlıdır. Bu nedenle örnekleme metoduyla analiz için belli bir yağ örneği tesbiti yapılmalı ve bir analizden diğerine kullanılan örnek miktarları aynı olmalıdır.

Ikaz sistemi, hava aralıklı bir örnek sehпасıdır. Bu sehpa üzerinde dengeli bir kaynak tarafından beslenerek grafit rod ve disk elektrotlar arasında ark oluşturur. Rod elektrot sabit, disk elektrot ise kendi eksenini etrafında 40 devir/dk. hızla dönmektedir. Bu dönmesini yağ numunesi içerisinde yapmakta ve analiz süresinde yağ içindeki kirlilikleri ark içerisine sokarak ışımanın oluşması sağlanmaktadır. Bu bölümde civa lambası, yardımcı ark aralığı ve emniyet aralığı da bulunmaktadır. Burada yağın yanmasından sonra oluşan CO ve CO<sub>2</sub> gazları üst kısımdaki baca tarafından dışarı atılmaktadır.

### 3.3.2. Optik proses kısmı

Optik sistemi, örnek ikaz sistemi tarafından yayınlanan ışığı toplar ve topladığı ışığı, kirliliği oluşturan elementlerinin kendi dalga boylarına ayırarak her dalga boyundaki ışık enerjisine çevirir. Bu kısım, optik elemanlarının yer değiştirmelerine neden olan şatlara karşı korunmalıdır. Bu şartlar, açısal ayarsızlık meydana getiren diferansiyel ısınma, lineer uzama oluşturan sıcaklık farkları, titreşimler ve darbeler olabilir. Bu sebeple optik sistem ısı, darbe ve titreşimlere karşı mümkün olduğunca izole edilmelidir.

Optik sistemde kuvarts cam, düzeltici mercek, optik hizalama ünitesi, grating, giriş yarıkları, yansıtıcı aynalar ve 13 adet foto çoğaltıcı tüp bulunmaktadır. Bütün bu sayılan parçalar özel olarak hazırlanmış bir metal blok üzerine monte edilmiştir. Bu metal blok ısı değişiminden doğan hataları asgari düzeye indirmektedir. Ayrıca, hatalı sonuçlar elde edebilecek kadar değişimlerde optik hizalama ünitesi ile düzeltilmektedir.

Sıcaklık değişmelerinin az tesir etmesini sağlamak amacıyla optik sistem fiber glas bir muhafaza içine alınmıştır. Fiber glas muhafaza ışığı da geçirmediğinden optik olarak siyah bir ortam temin etmektedir. Herhangi bir arıza durumunda optik muhafazanın üst kapağı alınabilir. Muhafaza kapağının temas yüzeylerinde nem ve ışık sızmasına mani olmak için contalar kullanılmıştır. Ayrıca kapak açıldığında foto çoğaltıcı tüplerin zarar görmesini önlemek amacıyla da bir kilitleme tertibatı mevcuttur.

### 3.3.3. Elektronik kısmı

Bu kısım kontrol, integrasyon, elektronik proses, güç

dağıtım ve otomatik yazıcı gruplarını içermektedir. Optik kısımda, ışığın elektrik sinyali foto çoğaltıcı lambalarda dönüştükten sonra bu sinyal cihazın integrasyon kısmına gelir. Burada her element için bir integrasyon devresi mevcuttur. Bu integrasyon devrelerinin 5 elementlik bölümü bir PC kart üzerindedir. Bu kısım cihazın eksitasyon (Yanma) bölümünün altındadır. Özel olarak yapılmış bir koruma kutusu içerisindedir. Integrasyon kısmında elektrik sinyali yükseltilerek elektronik proses grubuna geçer. Burada her element ayrı ayrı değerler halinde dijital göstergeye, kontrol grubuna ve yazıcıya verilir. Elektronik proses grubu, cihazın sağ kısmındadır. Bütün bunlardan başka cihazın ana besleme ve yardımcı beslemelerde beraber test noktaları, sigortalar cihazın alt kısmında yer almıştır.

### 3.4. FAS-2C Yağ Analiz Cihazının Çalıştırılması

#### 3.4.1. Hat voltajının kontrolü

a) Cihaz, 120 veya 220 Vac ve 50 veya 60 Hz. değerlerinin herhangi birisi ile çalıştırılabilir.

b) Cihaza verilen gücün frekansı 50 Hz ise, 47.5-52.5 arasında olup olmadığı; 60 Hz ise 57-62 Hz arasında olup olmadığı kontrol edilir.

c) Cihazı besleyen gücün aşağıda belirtilen toleranslarda olması gereklidir. Eğer bu şartlar sağlanmıyorsa cihaza asla güç verilmemelidir.

HAT VOLTAJI	YÜKSEK LİMİT	ALÇAK LİMİT
120 Vac	132 Vac	98 Vac
220 Vac	264 Vac	196 Vac

d) Şebeke voltajının devamlı değişimler göstermesi halinde 2 KW regüleli ve voltmetre - ampermetre göstergeli,

servo sistem elektronik kontrollu voltaj regülatörü temin edilmelidir.

e) Şebeke voltajının sık sık kesilmesi cihazın elektronik devreleri üzerinde olumsuz etkiler yapmaktadır. Cihazı besleyen voltajın kesilmemesi için gerekli önlemler alınmalıdır.

### 3.4.2. Kapalı durumdan standby (Yedek güç) durumuna geçme

a) Bu işlem hat voltajının herhangi bir nedenle kesilmesi ve cihazın BREAKER-1 (Kesici) anahtarının kapalı pozisyonunda olması halinde uygulanır.

b) Güç dağıtım kısmı kapağı açılır ve BREAKER-1 (Kesici) anahtarı açık durumuna getirilir. Bu durumda READY / STANDBY (Hazır / yedek güç) kısmı yanar.

c) Kalibrasyon panelinin kapağı açılır ve yüksek Voltaj anahtarı açık durumuna getirilir.

d) PM tüplerinin stabilizasyonu için 45 dk. beklenir.

### 3.4.3. Standby (Yedek güç) durumundan ready (Hazır) durumuna geçiş

a) Operatör kontrol panelindeki dışa doğru uzantılı anahtarı dışa ve yukarı kaldırarak yuvasına yerleştirilir.

b) Bu durumda cihazın kontrol panelindeki anahtarların lambaları yanar.

c) Eksitasyon odasının kapağı açıksa civa lambası yanar ve mikroampermetre sapma gösterir. Eğer açık değilse kapak açılarak mikroampermetre maksimum sapma gösterinceye kadar beklenir. Bu bekleme süresi 15-20 dakikadır.

### 3.4.4. Cihazın çalıştırma işleminin genel açıklaması

Bu işlemler günlük çalışmaların başlamasından evvel yapılır. Kontrolların yapılması için cihaz READY (Hazır) durumunda olmalıdır. (4)

#### 3.4.4.1. Elektronik kontrol

a) Elektronik referans voltajının kontrolüdür. Cihazın kontrol panelindeki anahtarların pozisyonları ise aşağıdaki gibidir.

0 - 100 / 0 - 1000	-----	0 - 100
KALİBRE (Calibrate)	-----	AÇIK
SİSTEM / ELEKTRONİK (SYSTEM / ELEC)	-----	ELEK
PPM NORM / PPM KAPALI (OFF)	-----	PPM KAPALI
OTOMATİK / MANUEL	-----	OTOMATİK

b) CALL LIGHT (Seçici anahtar) açık durumunda olacaktır.

c) Otomatik yazıcı açık durumuna getirilir.

d) RESET (Aktarma) anahtarına basılır. Kontrol sonuçları otomatik olarak yazıcı tarafından yazılacaktır.

e) Bu işlem hafta başında beş, diğer günlerde ise iki kez yapılmalıdır.

f) Kontrol sonucunda her element kanalı için  $50.10 \pm 0.1$  değeri okunmalıdır. Okuma doğru yapılıyorsa işlemlere devam edilir.

#### 3.4.4.2. Unmod kontrol

a) Tekrar edilebilirlik hassasiyeti kontrol edilir. Kontrol panelinde aşağıdaki değerler bulunmalıdır.

0 - 100 / 0 - 1000 -----	0 - 100
KALİBRE -----	ACIK
SİSTEM / ELEK -----	SİSTEM
PPM NORM / PPM KAPALI -----	PPM KAPALI
OTOMATİK / MANUEL -----	OTOMATİK

b) Seçici anahtar UNMOD durumuna getirilir. (işleme başlamadan önce analiz süresinin 29-31 sn. olduğundan emin olunmalıdır.)

c) READOUT / BURN (Okuma / Yanma) anahtarına basarak işlem başlatılır. İşlem süresince cihaz normal bir analiz yapıyormuş gibi çalışmakla beraber, yanma işlemi yoktur. Numune eksitasyon kısmı devre dışıdır.

d) Analiz işlemi bitince sonuçlar otomatik olarak yazıcı tarafından yazılır.

e) Bu işlem hafta başında beş, diğer günlerde iki kez uygulanır.

f) Her element kanalı için değerler  $50.10 \pm 5$  olmalı ve her elementin değerleri arasındaki fark 0.5'i geçmemelidir.

#### 3.4.4.3. Mod kontrol

a) Fotosel tüplerin çıkış voltajını kontrol etmek için yapılır. Kontrol paneli üzerinde aşağıdaki değerler olmalıdır.

0 - 100 / 0 - 1000 -----	0 - 100
KALİBRE -----	KAPALI
PPM NORM / PPM KAPALI -----	PPM KAPALI
OTOMATİK / MANUEL -----	OTOMATİK

b) Seçici anahtar MOD durumuna getirilir.

c) READOUT / BURN (Okuma / Yanma) anahtarına basılarak işlem başlatılır.

d) Sonuçlar otomatik olarak, yazıcı tarafından yazılır.

ılır. Bu işlem hafta başında beş, diğer günlerde iki defa tekrarlanır.

#### 3.4.4.4. Eksitasyon odasının hazırlanması

a) Disk elektrot, el değmeden bir temizlik kağıdıyla şafta takılır. Rod elektrot ise bunun üzerindeki yuvasına traşlanmış ucuna dokunulmadan dikkatlice yerleştirilir. Bu iki elektrot hafifce, birbirlerine temas ettirilir. Analitik ark aralığı manivelasına basılarak, ark aralığı verilir.

b) Numune kabı iyice doldurulduktan sonra sehpa üzerine yerleştirilir. Sehpa kaldırılarak, disk elektrodun yağla teması sağlanır.

c) Odanın kapağı kapatılarak, yanma işlemine başlanır

d) Yanma işleminden sonra numune kabı, sehpa indirilerek çıkartılır. Rod elektrot alınarak, tekrar traşlanmak üzere bir kenara ayrılır. Disk elektrot ise atılır. Şaft ve numune sehpa temiz bir kağıtla silinir.

e) Sıçrayan yağlar ve karbon artıkları temizlendikten sonra giriş merceğinin aksesuarından kuvars cam çıkarılır. Kuvars cam arkasındaki lensin üzerine sıçrayan yağ olup olmadığı kontrol edilir. Bu lense kasınlıkla çıplak elle dokunulmaz. Eğer lens üzerinde bir kirlenme varsa yumuşak bir beze lens temizleyiciden (AEROSOL P / N 026132) damlatılarak, temizlenir.

f) Kuvars cam üzerine trikloretilen dökülerek, sıçrayan yağlar temizlenir. Temizlik kağıdı ile iyice temizlenerek, yerine yerleştirilir.

PARÇA VEYA BÖLGE	TEMİZLEME SIKLIĞI
Analitik ark aralığı bölgesi	Her on analiz sonrası
Disk elektrot şaftı	Her analizden sonra
Numune koyma sehpa	Her analizden sonra
Kuvars cam	Her beş analiz sonrası

g) Oda, bir sonraki yanma işlemine tekrar hazırlanır.

#### 3.4.4.5. Optik hizalama kontrol ayarı

Hizalama kontrol düğmesi, optik muhafaza kısmı üzerinde yer almaktadır. Bu kontrol, elle optik sistemde açısal düzeltmeler yapmak için kullanılır. Kontrol işlemi, civa lambası ve mikroampermetre yardımıyla yapılır. Hizalama işleminden önce, ele alınması gerekli iki faktör vardır. Birincisi, civa lambasına enerji verilmesinden sonra yavaş ısınması ve çıkışın yavaş artmasıdır. Diğer faktör ise, hizalama kontrol sayacının ısı değişimlerinden hizalamayı kontrol eden düzlemle olan ilişkisidir.

a) Cihaz hazır durumuna getirilir.

b) Disk ve rod elektrot yerleştirilerek, ark aralığı ayarlanır ve numune eksitasyon odasının kapağı açık bırakılır.

c) Kuvarts cam temizlenir.

d) Optik hizalama düğmesi saat yönünde ve saat yönünün tersinde döndürülerek mikroampermetrede yaklaşık bir tepe noktası elde edilir.

e) Kazanç (GAIN) potansiyometresi kullanılarak, mikroampermetrenin 100 miliamperi göstermesi sağlanır.

f) Optik hizalama düğmesinin kilidi açılarak saat yönünde, mikroampermetre 50 mikroamperi gösterinceye kadar çevrilir. Bu ilk yarı güç noktası (HP1) dir. Optik hizalama kontrol sayacının sayısal değeri HPI olarak yazılır.

g) Optik hizalama düğmesi, saat yönünün tersinde mikroampermetre tepe noktasını bir defa geçip tekrar düşmeye devam ederken 50 mikroamperi gösterene kadar çevrilir. Bu ikinci yarı güç noktası (HP2) dir.

h) Bu bulunan iki değer aritmetik ortalaması alınır. Elde edilen değer optik hizalama saat yönünde çevrilerek kontrol sayacında görülür ve düğmenin kilidi kapa-

tılır. Aritmetik ortalama sonucunda elde edilen deger kontrol sayacında görüldüğünde mikroampermetre tepe noktasını göstermektedir.

ÖRNEK: HP1= 274, HP2= 156

$$\text{TEPE NOKTASI} = \frac{\text{HP1} + \text{HP2}}{2} = \frac{274 + 156}{2} = 215 \text{ mikron}$$

Yarı güç HP1 ve HP2 noktalarından biri kontrol sayıcı üzerinde 999 rakamından sonra devam ederek yeni bir sayı gösteriyorsa, bu elde edilen sayıya 1000 eklenerek aritmetik ortalama alınır. Tepe okuması degeri, bu işleme göre bulunur.

ÖRNEK: HP1= 20 (999 rakamı geçtikten sonra), HP2=992

$$\text{TEPE NOKTASI} = \frac{(\text{HP1} + 1000) + \text{HP2}}{2} = \frac{(20+1000)+992}{2} = 971 \text{ mikrondur.}$$

#### 3.4.4.6. Analiz süresinin kontrolü ve ayarlanması

Yapılacak günlük kontrollerden ve düzeltmelerden önce analiz süresi doğru olarak ayarlanmalıdır. İşlem sırası aşağıdaki gibidir.

- a) Cihaz hazır durumuna getirilir.
- b) Kontrol panelinde, aşağıdaki pozisyonlar temin edilir.

0 - 100 / 0 - 1000	-----	0 - 100
KALIBRE	-----	AÇIK
SİSTEM / ELEK	-----	SİSTEM
PPM NORM / PPM KAPALI	-----	PPM KAPALI
OTOMATİK / AÇIK	-----	OTOMATİK

- c) Seçici anahtar açık durumuna getirilir.
- d) Bir kaç numune kabı 0 PPM'lik yağ ile doldurulur.

e) Numune eksitasyon odasına yerleştirildikten sonra OKUMA / YANMA anahtarına basılır ve bırakılır. Bırakıldığı anda kronometre çalışır. Yanma işlemi bittiğinde (Anahtarın OKUMA kısmı yandığında) kronometre durdurularak, zaman kaydedilir.

f) Ölçülen zaman 29 - 31 sn. arasında olmalıdır. Eğer süre limitler içerisindeyse işlem tamamlanmıştır. Değilse aşağıdaki maddeler uygulanmalıdır.

g) Yanma süresini ayarlamak için CV REF düğmesi kullanılır. Azaltmak için saat yönünde, artırmak içinse saat yönünün tersinde çevrilmelidir.

h) Yanma süresi 29 -31 sn. oluncaya kadar d,e,f,g adımları tekrarlanır. Her yanma işleminden önce gerekli temizleme ve elektrot değişimi yapıldığından emin olunmalıdır.

#### 3.4.4.7. Günlük standardizasyon kontrolleri

Günlük standardizasyon kontrolleri için kullanılacak standart yağlar 0-3-10-30-50-100 PPM'lik olabilir. Bu analiz işlemi, 0 PPM standart yağıyla yanma zamanının kontrolü yapıldıktan sonra diğer standart yağlardan üç tanesinin ele alınmasıyla gerçekleştirilir. İşlem sırası aşağıda izah edildiği gibidir.

- a) Cihaz hazır konumuna getirilir.
- b) Optik hizalama işlemi yapılır.
- c) Kontrol panelinde aşağıdaki pozisyonlar görülmelidir.

0 - 100 / 0 - 1000 -----	0 - 100
KALİBRE -----	KAPALI
PPM NORM / PPM KAPALI -----	PPM KAPALI
SECİCİ -----	ACIK
OTOMATİK / MANUEL -----	MANUEL
SİSTEM / ELEK -----	SİSTEM

d) Gerekli temizlik ve elektrot değişimleri yapıldıktan sonra bir yağ numune kabı 0 PPM yağla doldurulur ve analiz işlemi uygulanır.

e) Yanma anahtarına basılarak analiz başlatılır ve analiz süresi kronometre ile tesbit edilir. Analiz süresi limitler dahilinde değilse 0 PPM yağ analizine devam edilerek; analiz süresi ayarlanır.

f) Kontrol paneli aşağıdaki duruma getirilerek AKTARMA anahtarına basılır ve 0 PPM standart yağın konsantrasyon değeri alınır.

0 - 100 / 0 - 1000	-----	0 - 1000
KALİBRE	-----	KAPALI
PPM NORM / PPM KAPALI	-----	PPM NORM
SEÇİCİ	-----	ACIK
OTOMATİK / MANUEL	-----	OTOMATİK

g) 3-10-30-50-100-300 PPM standart yağlardan üç tanesini ele alarak kontrol panelini değiştirmeden kontrol işlemi uygulanır.

h) Analizi yapılan standart yağların aşağıdaki limitlere uyup uymadığı kontrol edilir.

STANDART YAĞLAR	KABUL EDİLEBİLİR DEĞERLER
-----	-----
0 PPM	0-1 PPM
3 PPM	2-4 PPM
10 PPM	8.5-11.5 PPM
30 PPM	27-33 PPM
50 PPM	45-55 PPM
100 PPM	90-110 PPM
300 PPM	255-345 PPM

Bu aralık Al, Cu, Ag de 0- 0.5 olacaktır.

1) Eger bir analizin sonucu, belirtilen limitlerin

içine girmezse o standart yağla iki test daha yapılır ve bu üç analizin neticelerinin ortalaması alınarak, tekrar limitlere girip girmediği kontrol edilir. Yine limitler içine girmiyorsa STANDARDİZASYON işlemi uygulanır.

#### 3.4.4.8. Standardizasyon işlemi

Bu işlem herbir element kanal değerlerinin kendi tolerans limitlerinde olup olmadığını kontrol etmek için kullanılır. Eğer bir veya birkaç element kanal değeri kendi toleransları içinde değilse ayarlar yapılmalıdır. İşleme başlamadan önce cihazı ısıtmak amacıyla herhangi bir yağ numunesiyle beş yanma devresinden geçirmek gereklidir. Bu beş numune ayrı ayrı kaplarda olduğu gibi aynı yağ numunesi kabında da olabilir. Yanma işlemi arasında elektrot değiştirmeye gerek yoktur. Ancak, analitik ark aralığını her yanmadan evvel doğru olarak ayarlamak gerekir. Günlük standardizasyon kontrol işleminden sonra STANDARDİZASYON yapılacaksa cihazı tekrar ısıtmaya gerek yoktur. İşlem aşağıdaki gibi uygulanır.

A- 0 ppm'de ayarlama

- a) Cihaz hazır durumuna getirilir.
- b) Kontrol panelinde aşağıdaki değerler olmalıdır.

0 - 100 / 0 - 1000	-----	0 - 100
KALİBRE	-----	KAPALI
SİSTEM / ELEK	-----	SİSTEM
PPM NORM / PPM KAPALI	-----	PPM KAPALI
OTOMATİK / MANUEL	-----	OTOMATİK

- c) Seçici anahtar açık durumuna getirilir.
- d) Beş adet yağ numune kabına 0 PPM'lik yağ doldurulur.
- e) Numune eksitasyon odasına yerleştirilir.
- f) Okuma / Yanma anahtarına basılır. Kronometre çalıştırılarak, analiz süresi ayarlanır. (29-31 sn)

g) E ve f adımları beş numuneye de uygulanır. Analiz işlemi sonrası her bir element için elde edilen değerlerin ortalaması alınır. Bu ortalamanın 49.90 - 50.30 değerleri arasında olup olmadığı kontrol edilir. Bu değerler arasına girmeyenler için aşağıdaki işlemlere devam edilir.

h) g adımında hesaplanmış olan aritmetik 50.10 ile karşılaştırılır ve küçük olanı büyükten çıkarılır. Eğer aritmetik ortalama değer 50.10 dan büyükse fark pozitifdir, küçükse negatifdir.

1) OTOMATİK /MANUEL anahtarı MANUEL'e getirilir.

j) Element seçici anahtarı, ayarlama yapılacak elemente getirilir ve element seçici anahtarının altındaki butona basarak sayısal göstericideki sayılar alınır.

k) Kalibrasyon paneli üzerindeki ayarlama yapılan element kanalının (Sıfır) potansiyometresiyle, h adımında hesaplanmış fark negatifse, o anda sayısal göstericide görülen rakama eklenir; pozitifse çıkarılır.

l) Bu işlem, ayarı bozuk her element kanalı limitlere gelinceye kadar tekrarlanmalıdır.

B- 100 ppm'de ayarlama

Bu işlem 0-PPM ayarlamasından hemen sonra yapılır.

a) Kontrol panelinde şu pozisyonlar görülmelidir.

0 - 100 / 0 - 1000	-----	0 - 1000
KALIBRE	-----	KAPALI
PPM NORM / PPM KAPALI	-----	PPM KAPALI
OTOMATİK / MANUEL	-----	OTOMATİK

b) Seçici anahtar açık durumuna getirilir.

c) 100 PPM'lik standart yağ numunesi ile beş adet numune kabı doldurulur.

d) Beş numune için analiz ve okuma işlemleri yapılır.

e) Herbir element kanalı için analizi yapılan beş okuma değerinin aritmetik ortalaması bulunur. Bulunan ortalamalar kalibrasyon panel kapağı altında her element için verilen değerlerle karşılaştırılır. Eğer değerler bütün element kanalları için belirtilmiş limitler içinde ise işlem

bitmiştir. Değilse, f adımından başlayarak işleme devam edilir.

f) OTOMATİK / MANUEL anahtarı MANUEL duruma getirilir.

g) Seçici anahtar açık durumuna getirilir.

h) Element seçici anahtarı ilk element kanalına getirilir.

ı) Element seçici anahtarın altındaki okuma düğmesine basılarak, sayısal göstergeden değer okunur.

j) BRIGHTNESS (Parlaklık) potansiyometresi ile sayısal göstergedeki değer, ayar edilmekte olan element kanalı için e adımıında hesaplanmış ortalama degere ulaşana kadar ayarlamaya devam edilir.

k) Ortalama değer sayısal göstergede görüldükten sonra kalibrasyon panosu üzerindeki ve ayar edilmekte olan element kanalına ait GAIN (Kazanç) potansiyometresi, sayısal göstergede listelenmiş standardizasyon noktasına eşit oluncaya kadar ayarlanır. Eger GAIN (Kazanç) potansiyometresi, ayar hudutları yetersiz olduğu için okuma değerini meydana getiremezse, bu potansiyometre üzerindeki anahtar kullanılarak ayarlamaya devam edilir.

l) Bütün element kanallarının ayarlanması tamamlandığında cihaz analiz işlemlerine hazırdır.

### 3.4.5. Cihazın günlük analiz işlemlerine hazırlanması

Bu işlem, her sabah numune işlemlerine başlanmadan önce yapılmalıdır.

a) Cihaz hazır durumuna getirilir. Cihaz kapalı durumda ise bir saat, yedek güç durumunda ise 15 dk. cihazın ısınması beklenir.

b) Otomatik yazıya günlük kontrol neticelerinin tesbiti için kâğıt yerleştirilir ve tarih atılır.

c) Elektronik, unmod ve mod kontrolleri hafta başında beş, diğer günlerde ise iki kez yapılır.

d) Beş adet ısıtma yağı analiz edilir. Bu yağlar, herhangi bir yağ olabilir. Analiz işlemi sırasında elektrot değişimine gerek yoktur. Ancak her analiz işleminden sonra eksitasyon odasının kapığı açılarak, ark analığı yeniden ayarlanmalıdır.

e) Optik hizalama işlemi yapılarak, numaratordeki değer kağıda yazılır.

f) 0-PPM standart yağla yanma zamanı kontrol edilir. Uygun değilse ayarlanarak, kaydedilir.

g) Standardizasyon kontrol işlemi yapılır. Değerler limitlere uyuyorsa, cihaz numune analizine hazırdır. Değilse, standardizasyon işlemi uygulanır. Bu işlemlerde de sonuç alınamazsa, numune analizi durdurularak ilgili makamlara durum iletilir.

h) İşlemler tamamlandıktan sonra otomatik yazıcıdan kağıt alınır ve günlük kontrolü yapan kişi tarafından imzalanarak dosyada saklanır. (EK 3)

### 3.4.6. Numune analiz işlemi

Bu işlem günlük kontroller yapıldıktan sonra uçak motor yağ numunelerinin analizinde uygulanır.

a) Cihaz hazır durumdadır.

b) Kontrol panelindeki durum aşağıdaki gibidir.

0 - 100 / 0 - 1000	-----	0 - 1000
KALİBRE	-----	KAPALI
YÜKSEK VOLTAJ	-----	AÇIK
SECİCİ	-----	AÇIK
PPM NORM / PPM KAPALI	-----	PPM NORM
OTOMATİK / MANUEL	-----	OTOMATİK

c) Elektrotlar takılır. Yağ numunesi ve civa lambası muhafazası yerindedir. Eksitasyon odasının kapısı kapalı durumdadır. Egzost ve otomatik yazıcıya çalışır durumda

yağ numunesi indeksi takılır.

d) Yanma anahtarına basılarak, analiz başlatılır. Analiz süresi sentetik yağlarda (MIL-L-7808) değişecektir. Bu süre 40 saniyeyi aştığında RESET anahtarına basılarak, analiz işlemi durdurulur. Tehlikeli bir durumun doğması halinde yine aktarma anahtarına basılarak, işlem sona erdirilir. Gerekli kontroller yapıldıktan sonra, analize devam edilir.

e) Numune analiz işlemi sona erdiğinde yanma anahtarı söner, yeşil renkte okuma yanar. Bu esnada analiz neticeleri otomatik yazıcı tarafından kağıda kendiliğinden yazılır.

f) Gerekli temizlik ve elektrot değişimi yapıldıktan ve otomatik yazıcı üzerindeki yağ numune indeksine yeni numune hakkında bilgiler yazılıp, analiz neticelerinin otomatik olarak yazılması için hazırlıklar tamamlandıktan sonra işleme devam edilir.

### 3.5. Yardımcı Cihazlar

#### 3.5.1. Rod elektrot traşlayıcısı

Rod elektrotlar, analiz işlemi sonrasında uçları traşlanarak tekrar kullanılır. Bu işlem rod elektrot traşlayıcı ile yapılır. Traşlanmış yüzeye kesinlikle elle dokunmamalı ve herhangi bir kirle temas ettirmemelidir. Bu elektrotlar traşlama işlemi yapılamayacak boyutlara gelince kadar kullanılır.

#### 3.5.2. Ultrasonik temizleme cihazı

Bu cihaz, standardizasyon işlemlerinde ve hidrolik yağ analizinde kullanılan alüminyum kapların temizlenmesinde kullanılır. Bu kaplar, ultrasonik temizleyicide temiz-

lenmeden kesinlikle kullanılmaz.

### 3.5.3. Kronometre

Yag analiz cihazının yanma süresini kontrol ve ayarlama işleminde kullanılır. Bu kronometre 29-31 saniyeyi hassas olarak ölçebilmelidir.

#### 4. YAĞ ANALİZ LABORATUARLARINDA NUMUNE ANALİZİYLE İLGİLİ ÖNEMLİ HUSUSLAR

##### 4.1. Yağ Analiz Laboratuvarlarının Çalışması İçin Gerekli Malzemeler

###### A. Numune alma aksesuarları:

a) Numune alma hortumu: Bu hortum, 5/16 inç dış çapında ve 30 inç dış uzunluğunda olup, plastik malzemeden yapılmıştır.

b) Numune şişesi: 5 gr. yağ alabilecek kapasitede ve üzerinde 1" çapında, 1/2" yüksekliğinde plastik kapaklı olan bir cam şişedir.

c) Numune kayıt formu (EK 4): Bu formun 1, 2, 3, 4. bölümleri yağ numunesini alan personel tarafından, 5 ve 6. bölümleri ise yağ analiz lab. tarafından doldurulur.

d) Taşıyıcı tüp ve nakil kutuları.

###### B. Standart kalibre yağlar:

Günlük standardizasyon kontrolleri ve standardizasyon işlemlerinde kullanılan yağlardır. (D-14 Standart kalibre yağları.)

###### C. Elektrotlar:

Disk elektrot bir analiz işleminde kullanılabilir. Rod elektrotlar ise uçları traşlandıktan sonra kullanılabilirler. Disk elektrotlar kesinlikle çıplak elle tutulmamalıdır.

###### D. Trikloretilen:

Numune alma aksesuarları ve alüminyum kalibre kaplarının temizliğinde kullanılır.

##### 4.2. Yağ Analiz Laboratuvarının Yerleşim Planı.

Yağ analiz laboratuvarının yerleşim planı şekil 4.1 de gösterilmektedir.



## NOT :

1. Oda sıcaklığı (gece-gündüz)  $20^{\circ}\text{C} \pm 5$
2. Odanın tabanı toz tutmayacak bir malzeme ile kaplanmalıdır (Marley olabilir).
3. Oda ebatları en az 4 çarpı 5 metre.<sup>2</sup>

#### 4.3. Yağ Analiz Laboratuvarında Numune İşlem Sırası Ve Yağ Analiz Kayıtlarının Tutulması.

##### A. Gelen numunelerin kaydı:

Numune alıcısı, her numune için doldurduğu "NUMUNE KAYIT FORMU" ile beraber numuneleri laboratuvara getirir. Laboratuar yetkilisi tarafından gelen numuneler geliş tarih ve saati yazılarak teslim alınır. Laboratuvara gelen her numune için tutulan bu kayıtlar bir dosya içinde muhafaza edilmelidir.

##### B. Sıralama ve numaralama işlemi:

Gelen numuneler muhafaza tüplerinden çıkarılarak motor tipine ve seri no'suna göre sıralandıktan sonra, numune kayıt formuna sıra numaraları yazılmalıdır. Bu numaralama her ay (1)'den başlayacak şekilde düzenlenmektedir.

##### C. Günlük kontrol kayıtları:

Yağ numunesi analizine başlamadan önce cihaz günlük çalışmaya hazırlanır. Bu günlük kontrol kayıtları, laboratuvarında bir dosyada saklanır.

##### D. Analiz edilen numune listesi:

Analiz edilen numune listesi, otomatik yazıcı tarafından analiz neticelerinin ve analiz edilen numune hakkındaki bilgilerin yazılı olduğu bir listedir. Bu listeler, numune analiz sırasına göre bir dosyada muhafaza edilir.

E. Motor sicil kartı ve numune kayıt formunun doldurulması:

Analiz neticeleri, analiz işlemi sonunda yağ analizi motor sicil kartına (Ek-5) işlenir. Analiz edilen numunenin değerlendirilmesi yapıldıktan sonra numune kayıt formunun 5 ve 6. maddeleri doldurularak, analiz tarihi yazılır. Değerlendirmede bir önceki ve daha önceki analizler esas alındığından motor sicil kartının doğru bilgilerle ve dikkatle işlenmesi gerekmektedir.

F. Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi:

Analiz ve değerlendirme işlemleri sonunda numune kayıt formları bir ön yazı ile ilgili makama gönderilir. Bu ön yazının bir nüshası laboratuarda saklanır.

G. Numune alma aksesuarlarının temizlenmesi:

Kullanılmış numune aksesuarları, şişe ,kapak ve hortumlar trikloretilenle itinalı bir şekilde temizlenmelidir. Numune aksesuarları bir önceki numunenin özelliğini üzerinde taşıdığından, bu temizlik işlemi çok iyi yapılmalıdır.

4.4. Yazışmalarda Kullanılacak Kodların Açıklaması:

Yapılan analiz neticesinin ilgili kısma bildirilmesinde uzun izahat ve soruları kısaltarak, aşağıda belirtilen ifadelerin kodları kullanılmaktadır.

a) "BF" Birinci fena.

- 1- Motor derhal uçuştan men edilecek.
- 2- Eski yağı boşaltılıp motorun bütün yağ kanalları temizlenecek.
- 3- Yeni yağ doldurulup, bir saat yer çalıştırılmasından sonra analiz için yeni yağ numunesi alınacak.
- 4- Numunenin neticesi yağ analiz laboratuvarınca belli olmadan motor uçuşa verilmeyecektir.

b) "TG" Tamire gidiyor.

- 1- Motor derhal uçuştan men edilecek.
- 2- Motor tamirhaneye alınarak, yağ analiz laboratuvarınca belirlenen hususlar göz önünde bulundurulularak yapılabilecek bütün kontroller ve bakım işlemleri uygulanır.
- 3- "BF" işleminde olduğu gibi yağ değişimi yapılarak bir saat yer çalıştırılması sonunda bir numune alınır.
- 4- Numunenin analiz neticesi belli olmadan motor uçuşa verilmeyecektir.

c) "YYK" Yağa yakıt karışıyor.

- 1- Motor derhal uçuştan men edilecektir.
- 2- Yağ analiz laboratuvarında önerilen bir işlem varsa uygulanacaktır.
- 3- "BF" işleminde olduğu gibi yağ değişimi yapılacaktır.
- 4- Bir saat yer çalıştırılması sonucu numune alınacaktır.
- 5- Numune neticesi belli olmadan motor uçuşa verilmeyecektir.

d) "ND" Normale döndü.

Fena durumdan normale dönmüş motorların durumunu belirtir.

- 1- Motor normale dönmüştür.
- 2- Bir defaya mahsus olmak üzere bir uçuş sonrası bir numune gönderilecek.
- 3- Bundan sonra netice normalse motor normal uçuşa devam edecek.

e) "YDG" Yağını değiştirmeden gönder.

Analiz neticesi şüpheli numuneler için, motor yağı değiştirilmeden bir numune gönderilecektir.

f) "NS" Normal süre.

Normal periyotlarla alınıp gönderilen yağ numunelerini belirtir.

g) "YÇ" Yer çalıştırması.

1. Yağ analiz laboratuvarınca kritik görülen motorlar hakkında daha sağlıklı karar verebilmek için motor uçuşa verilmmeden bir saat yer çalıştırması sonucu alınan numunelerdir.

2. Bu çalışma aşınmanın yeni başlamış olduğu safhalarda ve yağ değişimi yapılmadan uygulanır.

h) "KS" Kontrolü sıklaştır.

1. Analiz neticesi limit değerleri zorlayan motorlar için kullanılır.

2. Bu motorlardan her uçuş sonrası numune alınır.

3. Analiz neticesi belli olmadan motor uçuşa verilmez.

4.5. Yağ Analiz Sonuçlarını Değerlendirirken İhtiyaç Duyulan Bilgiler.

1. Numune.

2. Motor tipi ve üreticisi.

3. Motorun serviste geçirdiği zaman.

4. Revizyondan beri çalışma kapasitesi.

5. Sump kapasitesi. (Yağ haznesi kapasitesi.)

6. Yağ sarfiyatı ve yağ değiştirmeden beri geçen zaman.

7. Yağ cinsi.

8. Yakıt ve soğutucunun durumu.

9. Sistemdeki yük.

10. Sistemin çalıştığı çevre.

11. Son bakım.

4.6. Analiz İşlemi.

Efektif bir yağ analiz programı için hızlı bir numune dönüşümü gereklidir. Numuneler analizden önce, homojen bir karışım elde etmek için iyice çalkalanarak, karıştırılmalıdır. (Hava kabarcığı oluşturmadan.)

Eğer analiz için Atomik Absorpsiyon Spektrometresi kullanılıyorsa, numune 1/9 oranında sulandırılmalıdır. (Xylene, methylisobutyl ketone). Analiz prosedürü nispeten basittir. Sulandırılmış numune içine küçük bir kılcal tüp

yerleştirilir ve az miktarda, otomatik olarak aleve doğru püskürtülür. İlgilenilen her element için içi boş katot tüpleri seçilir ve analiz işlemi tekrar edilir.

Analiz için Atomik Emisyon Spektrometresi kullanılıyorsa az miktarda yağ numunesi alınır, uygun taşıyıcıya dökülür ve yanma odasına yerleştirilir.

Genel olarak spektrometreler 1-30 elementin analizini yapabilirler. Kullanılmış hidrolik sıvıların ve yağlama yağlarının numuneleri içindeki metal içeriği üç grupta incelenebilir:

- a) Aşınma (WEAR).
- b) Kirlenme (CONTAMINANT).
- c) İlave parçacıklar (ADDITIVE PARTICLES).

Sürtünme, korozyon veya yıpranmanın metallurjik göstergesi aşınmış metallerdir. Yağdaki yabancı artıklar kir, yakıt bazen döküm kumu, imalat veya revizyondan sonra sistemde kalan metallerde olabilir. Yağın verimini arttırmakta kullanılan katkı maddeleri her yağ üreticisi tarafından gizli formüllerle tasarlanır. Bu elementlerin analizi de önemli ve yararlıdır. (5)

#### 4.7. Değerlendirme İşlemi.

Verimli bir spektrometrik yağ analiz programı, değerlendirici uzmana bağlıdır. Uzman verileri açıklar ve ihtiyaç duyulan bakım zamanını belirtir. Değerlendirmelerinde "Metal Aşınma Kılavuzu" nu kullanırlar. Uzman, değerlendirme yaparken değişik durumları da göz önüne almalıdır. Cihazın çalışma şartları, analizi etkileyen esas faktörü teşkil eder. Keza, çevre şartları da önemlidir. Örneğin kuru bir ortamda numunenin yerleştirilmesi, okunan silikon değerlerinde artışa neden olacaktır. Son yağ değişim zamanı, yağ sarfiyatı okumalarını ve gizli metal aşınmasını etkileyecektir. Motorun serviste kalma zamanı da önemlidir. Revizyondan sonra veya yeni de olsa, motoru a-

lıştırma periyodunda, aşınmış metal konsantrasyonu alışılmıŷın dıŷında yükselecektir. Ancak bu bir uyarı niteliği taŷımaz. Eger motor, uzun bir alıŷma süresi için rölantide bırakılırsa demir ve pas oranlarında artıŷ görülecektir. Kısacası, eski sistemler, yenilerden daha fazla aŷınmıŷ metal üreteceklerdir. Motor yükü ve özellikle yükteki deđiŷmeler de önemli birer faktördür. Motor üzerinde ilave bir yükün yer almasına bağlı olarak metallerde de aŷınma artacaktır.

Sogutucu ve yağın kimyasal bileŷimi de önemlidir. Mevcut metallere sadece aŷınmaya bağlı olmayabilir. Daha çok yağ sogutucusu içindeki yakıt kaçakları veya yağdaki katkı maddelerine bağlı olabilirler. Aŷađıda SOAP ile tesbit edilebilen yaygın element kaynakları verilmektedir. Bu bilgiler üretici firmadan temin edilmektedir. Üretici firma eŷitli analitik sonuçlar üzerinde alıŷarak, bakım sorumlularına tavsiyelerde bulunur.

**DEMİR (Fe) :** Silindir duvarları, valf kılavuzları piston yayları, bilyalı ve yuvarlanmalı yataklar, yatak bilezikleri, yay diŷlileri, emniyet teli, emniyet pulları ve somunları, emniyet pimleri ve civatalar.

**GMŷ (Ag) :** Yatak bilezikleri (bilyalı), ark diŷlileri, su pompaları, ŷaftlar, bazı pistonlu makinalardaki yataklar, demiryolu dizellerinde piston kapaklarındaki pimler, borulardaki gmŷ lehimli ekler.

**ALÜMİNYUM (Al) :** Kamalar, somunlar, pistonlar, aksesuar kutuları, peyk diŷlilerindeki yatak bilezikleri, pistonlu motorlardaki karterler ve bazı yatak yüzeyleri.

**KROM (Cr) :** Metal kaplamalar, lehimler, yatak bilezikleri, piston yayları, pistonlu motorlarda silindir duvarları, kromat korozyon inhibitörlerine bağlı sogutucu kaçakları.

**BAKİR (Cu) :** Eksenel yataklar, burçlar, diŷliler, valfler, yağ sogutucuları, turboŷarj kovanları, somunlar ve sogutucu kaçakları.

**MAGNEZYUM (Mg) :** Aksesuar kutuları, örtüleri ve de-

niz suyu teçhizatı.

SODYUM (Na) : Sogutucu kaçakları,gresler, deniz suyu teçhizatı.

NIKEL (Ni) : Yatak metalleri, valfler ve türbin kanatları.

KURŞUN (Pb) : Yatak metalleri, Yüksek oranda bakır ve alüminyumdan dolayı oluşan yatak aşınmaları, lehimler, gresler, sızdırmaz boyalar, kullanılmış kurşunlu benzinler, tapalar.

SİLİKON (Si) : Çoğunlukla havadaki tozlara bağlı olarak yağ numunesinde, lehimlerde, bazı yağlarda bulunur.

KALAY (Sn) : Yatak metalleri, piston ve kol pimleri, pistonlar, yaylar, yağ tapaları ve lehimler.

TITANYUM (Ti) : Jet motorlarında, yataklarda, türbin kanatlarında, kompresör disklerinde.

BOR (B) : Tapalar, hava tozları, su, sogutucu kaçakları.

BARYUM (Ba) : Yağ katkıları, gresler, su kaçakları.

MOLIBDEN (Mo) : Bazı dizellerdeki piston yayları, elektrik motorları ve yağ katkıları.

ÇINKO (Zn) : Pirinç elemanlar, gres, sogutucu kaçakları, yağ katkıları, neoprin tapalar.

KALSIYUM (Ca) : Yağ katkıları, gresler, bazı yataklar.

FOSFOR (P) : Yağ katkıları, sogutucu kaçakları.

ANTIMON (Sb) : Yatak alaşımları ve gresler.

MANGANEZ (Mn) : Valfler, vantilatörler, egzost ve emme sistemleri. (6)

Alınan bütün numune örneklerinden sadece Z5'i (Yaklaşık) anormal bir durum göstermektedir. Bu örneklerin tespitiyle büyük ölçüde tasarruf elde edilir. Spektrometre, metaller arasında ayırım yapabildiği gibi, yağ içindeki aşınmış metallerin toplam miktarını da belirlemektedir. Örneğin, eğer yağ içinde sadece demir ve aliminyum miktarları anormalse, analizcinin işi kolay ve basittir.

Böylece bütün sistem sökülüp, gözden geçirilmek zorunda kalınmaz. Araştırmacı, demir ve alüminyum metalleri içeren elemanlarla sınırlanmış, kısıtlanmıştır. Elementlerin konsantrasyonunu bilmek, elementlerin kaynağını belirlemeyi kolaylaştıracaktır. Örneğin:

1) Herhangi bir demiryolu dizelindeki nikel ve gümüş artışı yatak aşınmasının göstergesidir. Eger yeterince erken teşhis edilirse, krank milinin değiştirilmesi ve 50000 \$'lık revizyonun yerine sadece yatağın değiştirilmesi yeterli olacaktır.

2) Krom, demir ve alüminyum uygun artışıyla birlikte silikon miktarının artışına, yağdaki bir konsantrasyon artışı sebep olabilir. Böylece hava filtresinin değiştirilmesi ve yağın değiştirilmesi bakım için yeterli olacaktır. Yalnızca silikonun artışı yağın köpüklenmesini önleyen silikon esaslı katkılı yağın kullanılmasından kaynaklanabilir. Bu durum bakım işlemini gerektirmez. Silikon artışı olmaksızın (Fe, Cr, Al) daki artış, pistonlardaki bir aşınmanın belirtisidir.

3) Bazen bir elementin mevcudiyeti veya biraz artması tehlike habercisi olabilir. Örneğin bakırın 2 ppm. lik artışı, bir uçaktaki yatakların gözden geçirilmesini gerektirmektedir.

4) Su soğutmalı sistemlerde bor miktarındaki artış, soğutucu kaçağını gösterir. Eger bu durum önlenmezse soğutucu yanma ürünleriyle birleşir ve aktif metallerle zararlı asit formuna gelir.

## 5. SPEKTROMETRİK ANALİZLE İLGİLİ DENEYLER.

### 5.1. Değişik Spektrometrik Analiz uygulamaları.

Bilindiği gibi spektrometrik analiz, yağlama yağı numunesi alınıp daha sonra numunenin incelenmesine dayanan etkin ve güvenilir bir analiz tekniğidir. Yağ numunesinde bir elementin alışılmamış miktardaki mevcudiyeti, yağ numunesinin alındığı üniteye anormal aşınmayı gösterir. Yağlanan ünitenin hangi elemanlarının, hangi alaşımlardan olduğu bilindiğine göre anormal aşınmanın da hangi elemandan olduğu tespit edilebilir. Böylece üniteye aşınma seviyesi yükselen elemanlar büyük bir arızaya sebep olmadan belirlenir ve etkin bir koruyucu bakım faaliyeti sağlanır.

Spektrometrik analiz cihazında sadece üniteye alınan yağ numunelerinin testi yapılmaz. Aynı zamanda nedeni bilinmeyen ve gözle görülür şekilde aşınmalara neden olan arızaların tespiti de sağlanabilir. Örneğin, uçak motoruna giren yabancı bir cisim türbin ve kompresör palelerinde büyük hasarlara yol açabilir. Yabancı cisim, metalik ya da organik kaynaklı olabilmektedir. Bu durum özellikle tek motorlu uçaklarda çok tehlikelidir. Böyle bir arızanın tespitinde yağ içine aşınmış parçadan alınan talaş katılarak analiz yapılabilir ya da bu talaş asitle çözelti haline getirilip, saf suyla seyreltilerek test edilebilir. Böylece arızanın nedeni hakkında bir fikir edinilebilir.

Aşağıda değişik metodlarla talaş kaldırılarak yapılan analiz örnekleri verilmektedir.

#### 5.1.1. 0 ppm. 'lik yağlama yağıyla yapılan deneyler.

Bu deneyde, şartnameleri bilinen değişik metal alaşımlarından zımpara ile talaş alınarak 0 ppm. 'lik yağ içinde analiz yapılmıştır.

Sartnameler:

- a) 2024 alaşımı (Al esaslı) : 4.4 Cu-1.5 Mg-0.6 Mn.  
 b) 6061 alaşımı (Al esaslı) : 0.6 Si-0.28 Cu-1.0 Mg  
 -0.2 Cr.  
 c) 7075 alaşımı (Al esaslı) : 1.6 Cu-2.5 Mg-0.23 Cr  
 -5.6 Zn.  
 d) Für alüminyum.

Çizelge 5.1. 0 ppm'lik yağ için analiz sonuçları.

ELEMENTLER (ppm)	2024	6061	7075	FÜR Al
Fe	000.0	001.4	000.6	000.2
Ag	000.0	000.0	000.0	000.0
Al	062.5	068.4	058.5	059.1
Be	000.5	000.6	000.5	000.3
Cr	000.0	000.3	000.2	000.0
Cu	001.9	000.5	000.5	000.0
Mg	003.7	008.5	003.8	000.0
Na	000.0	000.0	000.0	000.0
Ni	000.0	000.2	000.0	000.0
Pb	000.0	000.4	000.3	000.2
Si	002.1	021.1	003.2	004.9
Sb	000.0	000.0	000.0	000.0
Ti	000.0	000.0	000.1	000.0
Bo	000.0	000.0	000.0	000.0
Ba	000.0	000.0	000.0	000.0
Cd	000.0	000.0	000.0	000.0
Mn	000.5	000.0	000.0	000.0
Mo	000.0	004.3	000.0	000.2
Va	000.0	000.9	000.5	000.0
Zn	000.0	000.0	007.4	000.0

Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi:

1. Analiz neticesinde elde edilen sonuçlar, şartna-medeki değerlere uymaktadır. Yalnız, analizden önce her element için cihazın dikkatle kalibre edilmesi gerekir.

2. Bu deneyde kullanılan zımpara, spektrometrik ana-

liz cihazının (Atomik Emisyon Spektrometresi) tespit edebileceği küçüklükte (7 mikrondan az) talaş kaldırabilecek kadar ince olmalıdır.

3. Malzemeden alınan talaş miktarı, o malzemeyi en iyi şekilde temsil edecek miktarda olmalıdır.

4. Sonuçlarda Silisyum (Si) değerinin yüksek çıkması kullanılan zımparanın yapısındaki Si taneciklerin alaşıminkilerle karışmasından kaynaklanmaktadır. Bu durum, sonuçları değerlendirirken dikkate alınmalıdır.

5.1.2. Değişik element çözeltilerinin saf su ile seyreltilerek analizi.

Çizelge 5.2. Değişik element çözeltilerinin analiz sonuçları.

ELEMENT	PPM
Fe	008.5
Ag	000.2
Al	018.7 *
Be	000.6
Cr	009.4 *
Cu	010.4 *
Mg	000.0
Na	040.9
Ni	022.1 *
Pb	000.3
Si	005.5
Sn	053.6
Ti	001.0
Bo	000.0
Ba	000.3
Cd	001.0
Mn	000.1

Mo	000.0
Va	005.7
Zn	002.4

Kullanılan elementler ve miktarları:

Cu ve Cr 10 ppm.

Al ve Ni 20 ppm.

Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi:

1. Analiz neticesinde elde edilen değerler, öncekilere uymaktadır.
2. Kullanılan saf suyun kalitesizliği nedeniyle özellikle kalay olmak üzere bazı elementlerin varlığı gözlenmektedir.
3. Arızalı elemandan alınan talaşın hangi asitlerle çözelti haline getirileceğini ve bu çözeltilerin hangi oranlarda saf su katılarak seyreltileceğini tayin etmek gerekir.
4. Yeterli oranda seyreltilmemiş çözeltiler, analiz cihazına zarar verebileceği için, bu risk daima gözönünde bulundurulmalıdır.
5. Deney sonuçlarını değerlendirebilmemiz için talaş alınan elemanın hangi alaşımlardan olduğunu bilmemiz gereklidir.
6. Aşınmış parçadan talaş alma esnasında, kullanılan kalemin kendi zerreciklerinin de aşınabileceği ve sonuçlarda yanlışlığa neden olabileceği ihtimali çok önemlidir.
7. Bu deney, aşınmaya neden olan cismin metalik olduğu düşüncesine dayanarak yapılmıştır. Ancak, cisim her zaman metalik esaslı olmayabilir veya eleman üzerinde kendi yapısından izler bırakmayabilir. Bu durumda sadece analiz yapmak geçerli bir çözüm yolu değildir.

5.1.3. Sonuçların değerlendirilmesi.

Sonuç olarak, spektrometrik analiz cihazının değişik

durumlarda da kullanılabileceği; ancak bunların tek başlarına bize etkin ve güvenilir bir sonuç veremeyeceği görülmektedir. Kısacası, spektrometrik analiz yöntemi, yağlama yağı numunesinin alınıp, incelenmesinde başarılı ve emniyetli bir yöntemdir diyebiliriz.

## 5.2. Yağ Değişimi Ve Yağ İlavesinin Etkileri.

Çalışan sistemlerde meydana gelecek aşınmalardan dolayı sisteme karışan kirliliğin büyük bir kısmı, sistemdeki yağ değiştiğinde eski yağla boşalacak ve yeni yağın değerlerinde çok yüksek bir düşme gözlenecektir.

Bazı hallerde sistemin yağ seviyesi düştüğünde, motora temiz yağ ilavesi yapılır. Bu durumda doğal olarak, yağ konsantrasyonunda ilave edilen temiz yağ oranında bir düşme gözlenmelidir.

Yağ ilavesinin kirli yağ üzerindeki etkeni araştırmak için aşağıdaki deneyler yapılmıştır.

### 5.2.1. 0 ppm'lik yağ ve 100 ppm'lik kalibrasyon yağı ile yapılan analizler. (Deney 1)

a) 1 ml. 100 ppm'lik yağ +1 ml. 0 ppm'lik temiz yağ.  
(% 50)

b) 1 ml. 100 ppm'lik yağ +3 ml. 0 ppm'lik temiz yağ.  
(% 75)

Sonuçlar kalibresi yapılan elementlerin değerine göre alınacaktır.

### 5.2.2. Kirli yağ numunesi ve 0 ppm'lik yağ ile yapılan analizler. (Deney 2)

Bu deneyde kirli yağ numunesi içindeki elementlerin

değerleri (ppm) referans olarak alınmıştır. (%)

a) 1 ml. kirli yağ numunesi +1 ml. 0 ppm'lik temiz yağ. (% 50)

b) 1 ml. kirli yağ numunesi +3 ml. 0 ppm'lik temiz yağ. (% 75)

Cizelge 5.3. Deney 1 ve 2' deki analiz sonuçları

ELEMENT (ppm)	DENEY 1		KIRLI YAĞ	DENEY 2	
	A	B		A	B
Fe *	047.9	025.6	018.3	008.8	004.2
Ag *	049.7	023.2	013.7	007.5	004.2
Al *	050.3	025.0	020.4	009.4	003.6
Be	000.5	000.6	000.6	000.6	000.5
Cr *	053.9	025.7	017.9	009.5	003.9
Cu *	048.1	026.0	018.5	010.0	004.8
Mg *	048.7	026.4	018.1	008.6	004.8
Ma	052.3	027.7	017.2	009.6	003.9
Ni *	052.6	027.5	017.3	009.6	003.9
Pb	054.6	026.9	074.8	038.4	020.0
Si *	047.9	024.1	019.2	009.0	004.5
Sn	048.1	023.9	012.1	005.2	000.7
Ti *	046.8	025.6	015.6	008.1	004.1
Bo	000.0	000.0	000.0	000.0	000.0
Ba	000.0	000.0	000.0	000.0	000.0
Cd	000.0	000.0	001.0	000.0	000.0
Mn	000.0	000.0	000.0	000.0	000.0
Mo *	045.4	025.2	016.2	008.7	003.7
Va	000.0	000.7	000.0	000.0	000.0
Zn *	046.9	024.7	035.9	015.0	010.0

"\*" Kalibresi yapılan elementler.

### 5.2.3. Sonuçların Değerlendirilmesi.

Deneylerde de grldği gibi sistemden alınan yağ numunesinin kirliliği, ilave edilen temiz yağ oranında lineer olarak azalmaktadır. Ancak, yağ ilavesi sık olan sistemlerde aşınmış metal konsantrasyonu değişecektir. Bu durumda analiz için yağ numunesinin yeni yağ ilave edilmeden önce alınması ve son yağ değişimi veya yeni yağ ilavesinden sonraki zamanın doğru kaydedilmesi gerekir. Bu bilgilerdeki bir hata, yağ analizlerinin değerlendirilmesinde yanılđılara neden olacaktır.

## 6. SONUÇ

### 6.1. Giriş

Günümüzün modern uçaklarının ve kompleks sanayi makinelerinin faaliyette iken arızalardan kaçınmak için bakım ve kontrol nedeniyle periyodik aralarla servisten alıkonulması çok pahalı olmaktadır. Uçak ve pahalı sanayi makineleri faaliyette iken aşınma durumlarını belirlemek ve bu pahalı sistemler elden çıkacak kadar ciddi arızalara ulaşmadan, uygun zamanda bakımlarının yapılmasını sağlamak için yöntemler geliştirilmektedir.

Uçakların aşınma durumlarının işlenmesinde güvenilir, basit ve ucuz tekniklere sürekli bir talep vardır. Uçakların yağlanan sistemlerinin aşınma durumlarının kullanılan yağlama yağlarının analizleri ile izlenmesi, uçakların emniyetli ve ekonomik olarak çalıştırılmasını ve bakımlarının yapılmasını sağlar. İki seviyede aşınma durumu değerlendirilmesi yapılır: Birincisi, aşınmanın olduğunu ve mertebesini belirlemektir. İkincisi, yağlanan sistemdeki aşınan müstakil elemanı belirlemektir.

### 6.2. Yağ Analizleri İle Aşınma Durumunun İzlenmesinin Avantaj Ve Dezavantajları

Hareket eden elemanların ortak yüzeylerindeki aşınma, çalışan makinenin normal bir özelliğidir. Uygun yağlama, aşınmanın çok düşük seviyelere indirilmesini sağlar. Fakat çalışma esnasında küçük aşınma parçacıklarının milyonlarca sı yağına karışır. Bu parçacıklar birkaç mikrondan, mikronun küçük bir kesrine (Örneğin, 20 nanometre) kadar olan boyut aralığında değişirler. Bu aşınma parçacıklarının çoğu yağın içinde asılı kalır. Diğer taraftan, aşınma sonucu olmayan havadan veya diğer kirletici kaynaklardan yağın içi

ne karışmış parçacıkların milyonlarcası da yağın içinde mevcuttur. Bütün kaynaklardan yağa karışan toplam parçacık sayısı çoğu zaman astronomiktir ve tipik bir değer verilecek olursa  $\text{cm}^3$  yağ başına  $10^{12}$  parçacıktır.

Yağ analizlerinde temel düşünce hareket eden elemanların aşınması sonucu aşınma parçacıkları üretildiği ve bu parçacıkların yağlama yağına karıştığıdır. Yağlama yağında birikmiş aşınma parçacıkları yağlanan sistemin elemanlarının aşınma durumlarıyla ilgili bilgileri ihtiva etmektedir. Yağ analizleri sonucu aşınma parçacıkları hakkında elde edilen veriler ve aşınma teşhis etkinlikleri aşağıdaki gibi belirtilebilir. (1)

ELDE EDİLEN VERİ -----	AŞINMA TEŞHİS ETKİNLİĞİ -----
-Aşınmış parçacık miktarı	-Aşınma hızı ve derecesini
-Aşınmış parçacıkların genel kimyasal yapısı	-Aşınmış metallerin ve kirliticilerin kimyasal yapılarını
-Tek aşınmış parçacığın kimyasal yapısı	-Aşınmanın olduğu elemanı
-Aşınmış parçacık boyutları	-Aşınmanın mertebesini ve aşınma şiddetini
-Aşınmış parçaların şekil yapıları	-Aşınmanın tipini ve aşınma şiddetini gösterir.

Aşınma durumunun izlenmesinde yağlama yağındaki aşınma parçacıklarının analizi önemli avantajlara ve bazı dezavantajlara sahiptir.

#### AVANTAJLARI:

1. Yağ analizlerinin makina çalışırken yapılabilir olması
2. Yağlanan sistemdeki arızalanan elemanı teşhis edebilmesi
3. Aşınmanın tipini ve aşınma şiddetini belirleye-

bilmesi

4. Aşınma hızındaki değişimlere karşı çok hassas olması
5. Yağlama sisteminin temizliğini; yani yağlama sistemine dışarıdan kirleticilerin karışıp karışmadığını göstermesi
6. Ekonomik olması

#### DEZAVANTAJLARI:

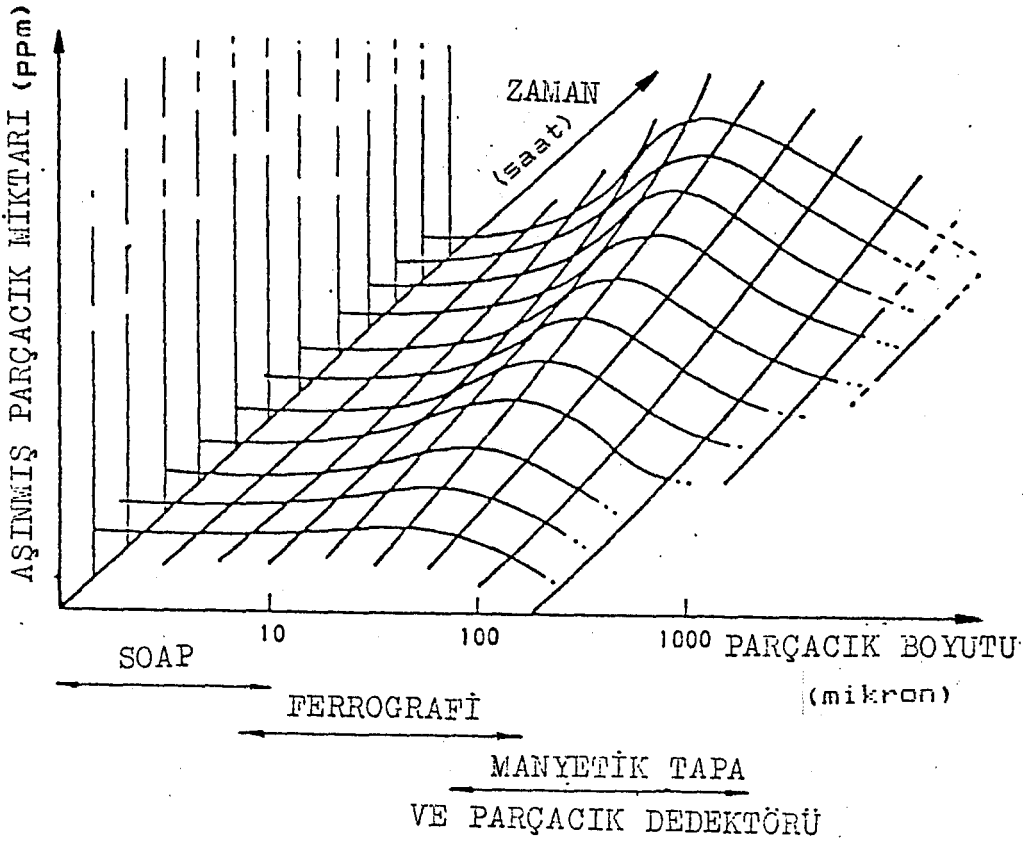
1. Etkili olarak uygulanabilmesi için eğitilmiş personel gerektirmesi
2. Analiz cihazları gerektirmesi
3. Numune alınması, numunenin analizlerinin yapıldığı laboratuara gönderilmesi ve uçağı kullanana gerekli bilgilerin ulaştırılması

4. Sonuçların hatalı yorumlanması ihtimali

Uçakların aşınma durumlarının izlenmesinde yağlama yağındaki aşınmış parçacıkların analiz yöntemlerinin avantajları, dezavantajlarından daha ağır basmaktadır. Bu yöntemler uçakların aşınma durumlarının izlenmesinde her geçen gün daha yaygın olarak kullanılmaktadır.

#### 6.3. Aşınma Durumunun İzlenmesinde Farklı Tekniklerin Etkinlikleri.

Uçağın yağlanan ve aşınma durumu izlenen bir sisteminde oluşan aşınmış parçacık miktarını, zamana ve parçacık boyutlarına göre bir diyagram üzerinde gösterecek olursak şekil 6.1. deki gibi tipik aşınma tayfı elde edilir.



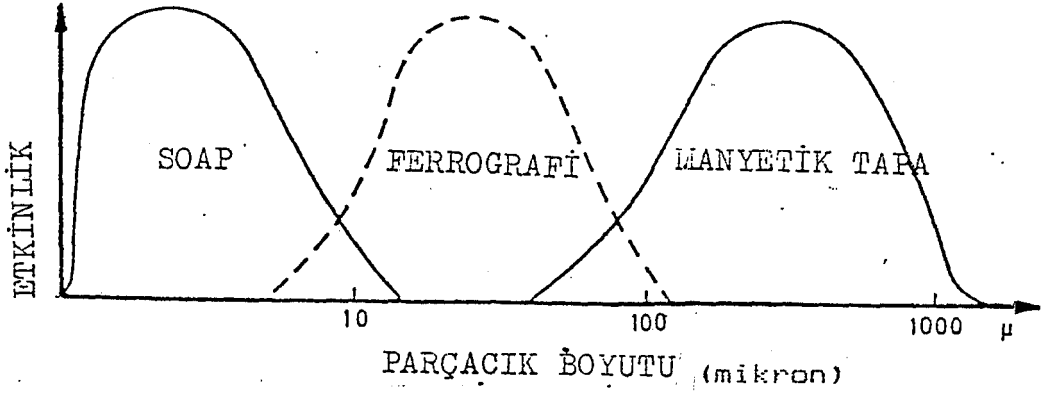
Şekil 6.1. Aşınmış parçacık tayfı (12)

Eğer aşınma oluşmazsa aşınma parçacıklarının miktarı ve boyutları zaman ile fazla bir değişim göstermeyecek ve aşınma tayfı zaman eksenini boyunca değişmeden kalacaktır. Bu diyagram bir arızanın gelişimindeki durumu ve aşınma parçacıklarının miktarı ve boyutlarındaki artışları göstermektedir.

Spektrometrik analiz yöntemleri yaklaşık olarak 10 mikrondan daha küçük parçacıkları belirleyebilir ve bu küçük parçacıkların miktarındaki artışları yansıtır. Manyetik tapa ve aşınmış parça dedektörleri genellikle 100-300 mikron civarında boyutlara sahip aşınma parçacıklarının tespit edilmesini sağlar. Halbuki farklı aşınma mekanizmaları ile üretilmiş aşınma parçacıklarının büyük çoğunluğu küçükse en etkili aşınma durumu izleme tekniği spektromet-

rik analiz metodları olacaktır. Eger aşınma mekanizması 100-300 mikron aralığında boyutlara sahip aşınma parçacıkları üretiyorsa, manyetik tapa ve dedektörler aşınma durumunun izlenmesinde daha etkili olacaktır. Aşınma durumu izleme tekniklerinin her biri yalnız belli bir boyut aralığındaki aşınma parçacıkları için duyarlıdır.

Bu yüzden bir makinanın aşınma durumunun başarılı bir şekilde izlenmesi için birden fazla tekniğin aynı anda kullanılması arzu edilir. Spektrometrik yağ analiz teknikleri 10 mikrona kadar parçacık boyutları için, manyetik tapa ve dedektörler 100-300 mikron boyut aralığındaki parçacıklar için optimum etkinliklere sahiptirler. Böylece, yaklaşık olarak 10-100 mikron boyut aralığındaki aşınma parçacıkları için bu tekniklerin ikisinde duyarsızdır. Ferrografi yöntemi, bu boşluğu doldurmaktadır.



Sekil 6.2. Aşınma durumu izleme tekniklerinin etkinliğinin aşınma parçacıkları boyutları ile ilişkisi

#### 6.4. SOAP' ın Etkinliği

Aşınma süresince belli bir boyut aralığında aşınma parçacıkları üretilmiştir. Büyük aşınma parçacıkları

yağlama sistemine yerleştirilmiş yağ filtreleri, manyetik tapalar ve aşınmış parçacık dedektörleriyle toplanabilirler. Bununla beraber, daha küçük aşınma parçacıkları filtre boyutları, viskozite, yağ basıncı ve su miktarı gibi diğer faktörlere karşı, boyutlarına bağlı olarak yağlama yağı içinde asılı olarak kalırlar.

SOAP analizlerinde aşınma ile yeteri kadar küçük parçacıkların üretildiği, bu aşınma parçacıklarının yağlama yağı içinde taşındığı ve böylece aşınma durumunun numunelendirildiği ve ortalama aşınma analizinin elde edildiği kabul edilmektedir. SOAP ile aşınma parçacıklarının boyut, şekil yapısı vb. gibi özelliklerinin çıkarılması mümkün değildir. Aşınma parçacıklarının boyutlarını ölçen, şekilleri ve kimyasal yapıları hakkında bilgiler sağlayan FERROGRAFI yöntemi geliştirilmiştir.

SOAP sonuçlarına bakarak motor indirmek, motor indirildikten sonra herhangi bir arıza veya aşınma durumunda kötüleşme bulunmadığı zaman pahalıya mal olmaktadır. Pek çok örnekte yalnız SOAP sonuçlarına bakarak motorun indirilmesine karar vermek güçtür. Ferrografi SOAP' ı desteklemek için kullanılmaktadır.

Her şeyden önce, ferrografi SOAP ile belirlenemeyen büyük aşınmış parçacıkların oluşumunun başlangıcını tespit ederek motorları ciddi hasarlardan korur. SOAP ile aşınmış parçacık konsantrasyonunda artış tespit edildiğinde motorun indirilerek korunması, tehlikeli olarak büyük parçacıkların tespiti sayesinde değildir. Ferrografik analiz kullanılarak aşınmış parçacıkların şekillerinin belirlenmesi, teşhise yardım etmektedir. Kısacası, ferrografi ve SOAP'ın birlikte kullanılması motorun aşınma durumu hakkında doğru kararlar verilmesini ve bakım faaliyetlerinin daha ekonomik olarak yapılmasını sağlar.

## KAYNAK DİZİNİ

1. Agard- CP-323, Problems in bearings and lubrication.
2. Agard- LS-103, Non-destructive inspection methods for propulsion systems and components.
3. Buck, V. and Jantzen, E. ,1983, Influence of particle size on wear assessment by spectrometric oil analysis. Wear, 87
4. H.K.E.K. 66-179, 1986, Spektrometrik yağ analiz programı el kitabı.
5. Joint oil analysis program laboratory manuel, NAVAIR 17-15-50, CANADA
6. Lukas, M. ,1979, Spectrometric lubricating oil analysis, Chapter 8; Baird Corporation.
7. Operator's instruction manuel, FAS-2C fluid analysis, system, Baird Corporation. Massachussetts, USA
8. Petrol ofisi -Madeni yağ Şube Md.-, Yakıtlar ve yağlar.
9. Spectrometric oil analysis programme -Annual report, JAN 1971- DEC 1971, Aircraft Maintenance Development unit, Trenton - CANADA
10. Technical report - Fluid analysis spectrometer, 1978, Baird Corporation.
11. Uçar, N. ,1983, Uçaklarda kullanılan yağların analizi ile aşınma miktarının tespiti, Lisans tezi, İ.T.Ü.
12. Uçar, N. ,1985, Uçaklarda kullanılan yağların analizi ile aşınma durumunun izlenmesinde etkin yöntemler, Yüksek lisans tezi, İ.T.Ü.

## METAL ASINMALARI REHBERI

SOAP metal aşınmaları rehberleri metalin aşınması sebebiyle meydana gelen bulaşmanın önem derecesinin tespit edilmesinde yardımcıdırlar. Yağ değişikliği nedeniyle analiz değerleri elastikidir ve zamana bağlıdır. Metal aşınması rehberlerine yaklaşan veya bunları aşan mekanik sistemler SOAP bakım laboratuvar ve bakım personeli tarafından dikkatle uyulmalıdır. SOAP'ın bildirdiği işlemlerin çoğu her örnek analiz edildikten sonra aşınma analizinden çıkarılacaktır. Toplam aşınmış metal içeriğine nazaran aşınmış metal örnekleri arasındaki artışlar daha önemlidir. Aşınmış metal içeriğindeki süratli veya diğer önemli artışlar (Rehberleri aşmasalar dahi) teçhizatın arıza olduğunu gösteren en iyi belirtilerdir. Test sonuçlarının önemini kıymetlendirilmesinde güçlükle karşılaşıldığında, teçhizatın çalışma zamanına karşılık metal aşınmasının bir grafik ile gösterilmesi faydalı olabilir. Metal aşınma rehberlerine ilaveten, dahili aksamın mekanik yapısı verilmektedir. SOAP metal aşınma oranlarıyla birlikte dahili aksamın metalik yapısının verilmesi muhtemel mekanik arızanın tespit edilmesinde faydalı olabilir. Bununla beraber, bu aksamda benzer metalik malzemeler kullanıldığı için, genel olarak aksaklığın tespit edilmesinin aşırı metal aşınması unsurlarının mevcut olduğu durumlara bağlı olacağı hususu dikkate alınmalıdır. Örneğin, demir fazla görünen yegane unsur, motorun bütün kısımlarında demir bulunduğundan, uçak motorundaki belirli bir problem sahasının tespit edilmesinde pek faydalı olmayacaktır. (9)

## ÖRNEK:

F-4-E Phantom savaş uçaklarının güç gurubunu oluşturan J-79-B motoru için aşınmış metal konsantrasyonlarının normal ve anormal üniteleri ile spektrometrik yağ analiz

sonucu elde edilen aşınmış elementlerin hangilerinin, hangi elemanlardaki aşınmayı belirttiği aşağıda verilmiştir.

Tablodaki değerler PPM olarak verilmektedir.

ELEMENT	Fe	Cu	Mg	Cr	Al	Ag
-----						
10 SAAT CALISMA ICIN NORMAL						
LIMIT	11	5	4	6	3	2
-----						
NORMAL						
LIMIT	0-29	0-18	0-14	0-10	0-8	0-3
-----						
TOLERANS						
ARALIGI	30-36	19-22	15-17	11-12	9	4
-----						
YUKSEK						
LIMIT	37-44	23-27	18-21	13-14	10-11	5
-----						
ANORMAL						
LIMIT	45+	28+	22+	15+	12+	6+
-----						

Diğer elementlerin ortalama konsantrasyonu:

Pb=1 , Si=6 , Sn=9 , Ti=1 , Mo=1

Demir (Fe) kendiliğinden veya Cu ile paralel arttığında aktarma dişli kutusu, starter tahrik sahasını kontrol edilmesi gerekir. Aynı zamanda sistemin kirlenme kontrolü yapılmalıdır. Cu, Fe ile paralel arttığında; fakat Cu yüksek olduğunda sabit hız sürücüsünde (CSD) problem vardır. Yüksek Mg, genellikle dişli kutusunda boşluğu gösterir. Ag'deki artış genellikle 2 nolu yatağın arızalı olduğunu gösterir ve bu arıza yüksek Fe veya yüksek Fe olmadan Cu ile de ilgili olabilir. Aşağıda çeşitli element gruplarındaki

anormal artışın hangi elemanlardaki arızaları göstereceği belirtilmiştir.

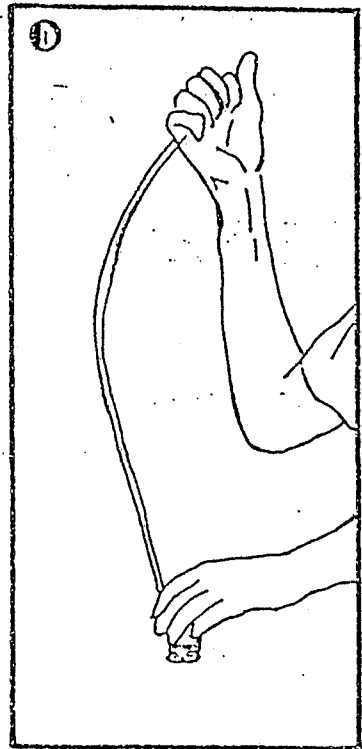
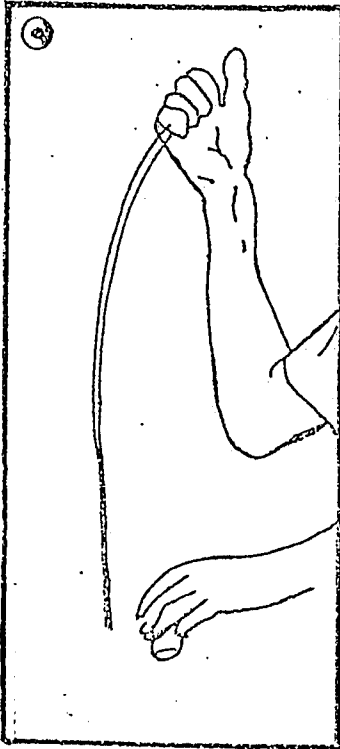
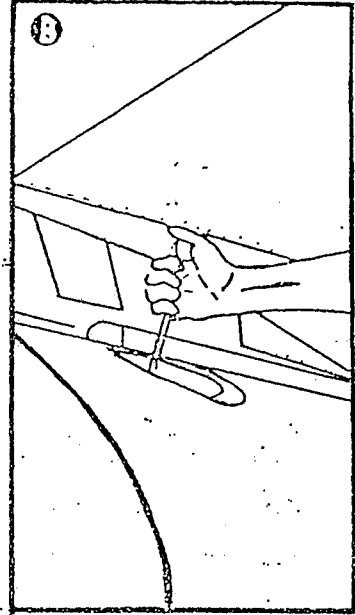
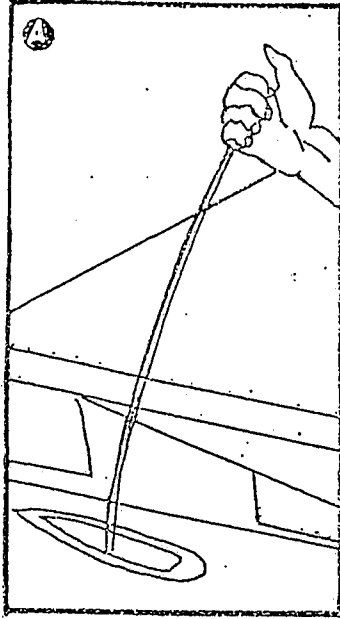
ASINMIS ELEMAN GRUPLARI

ARIZALARIN ELEMANLARI

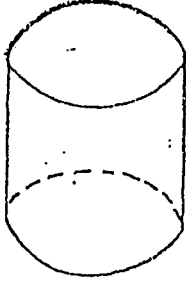
Fe, Ni	-Ana yatak yuvaları
Fe, Cr	-Art yanma yakıt pompası dişlileri ve 2 nolu yatak bilya ve kafesleri
Fe, Cr, Ni	-1 nolu yatak makaraları, kafesleri ve karbon conta yatakları, dişli kutusu, dişliler, şaftlar, kamalar
Fe, Cr, Al, Ni	-3 nolu yatak makaraları ve kafesleri
Fe, Cr, Cu, Ni	-Nozzle çapını değiştiren çalıştırıcılar
Fe, Cu, Al, Si	-Aksesuar ana yakıt ve hidrolik pompaları
Fe, Cu, Al, Ni	-Aksesuar temizleme pompaları
Fe, Cu, Ag, Cr, Si	-Dişli kutusu yatakları
Fe, Cu, Ag, Al, Cr, Sn, Pb, Ni, Si	-Aksesuar nozzle çapını değiştirme pompası
Fe, Cu, Ag, Mg, Cr, Ni	-Nozzle değiştirme kontrol valfi
Cu, Ag, Fe, Si	-Ana yatak kafesleri
Al, Mg	-Dişli kutusu dökümleri
Cr, Fe, Ni	-Ana yatak çanta kafesleri

Yağ analiziyle aşınma durumları izlenen bütün uçakların aşınma karakteristikleri benzer şekilde mevcuttur. Bu karakteristiklere göre SOAP sonuçları yorumlanır ve uçağın aşınma durumları hakkında karar verilir.

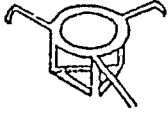
NUMUNE ALMA TEKNİKLERİ



NUMUNE ALINMASI



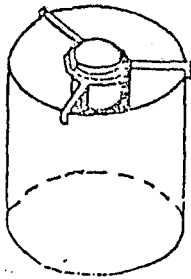
SİLİNDİRİK KUTU



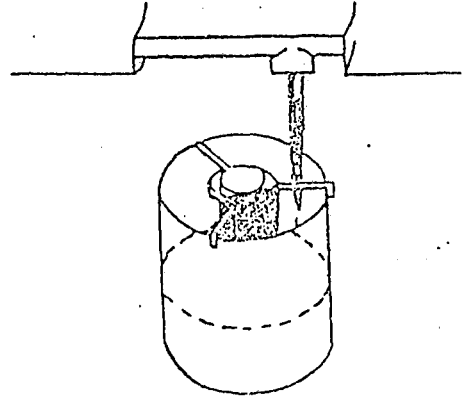
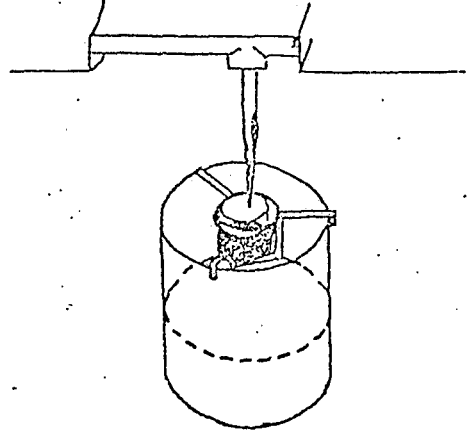
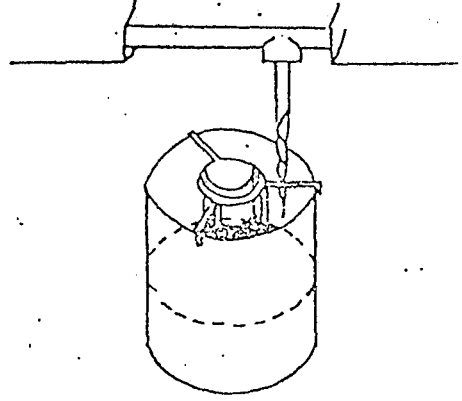
MESNET



NUMUNE ŞİŞESİ



MONTE HALİ



Drenajdan numune alma aksesuarları ve numune alma şekli.

EK 3

CIHAZIN GUNLUK KONTROLU

ORNEKTIR

ELEK KONT.

X50.21 50.22 50.21 50.23 50.23 50.23 50.22 50.22 50.21 50.23  
X50.22 50.23 50.21 50.22 50.23 50.22 50.22 50.22 50.23 50.23

UNMOD KONT.

X51.98 52.14 52.37 52.09 51.80 51.78 53.34 52.36 52.76 52.58  
X51.88 52.26 52.05 51.99 51.75 52.69 53.72 52.40 52.71 52.68

MOD KONT.

X396.8 360.9 400.0 445.8 381.5 349.6 609.1 465.0 633.1 480.3  
X396.7 360.7 399.8 445.8 381.4 345.0 608.9 464.8 633.1 480.0

ISITMA YAGLARI

X51.58 51.99 54.75 55.31 55.54 57.97 54.01 57.21 54.95 54.41  
X02.09 01.69 04.45 05.00 05.20 07.62 03.71 06.93 04.60 04.13  
X009.7 009.4 009.5 009.7 009.2 011.8 007.1 013.4 009.4 008.1  
X029.6 030.4 031.9 028.9 027.2 033.8 024.9 034.0 027.2 028.4  
X054.3 054.0 061.3 054.0 052.9 054.8 046.7 058.2 053.4 054.4  
X104.9 101.7 122.5 105.8 105.8 127.0 093.9 111.3 110.3 106.6

OPTIK HIZALAMA=196

YANMA SURESI=30 SN.

KALIBRASYON

0 PPM.KONT

X50.05 49.89 49.92 50.06 49.99 50.07 50.03 50.92 49.96 50.07  
X00.00 00.00 00.00 00.00 00.00 00.00 00.00 00.66 00.00 00.00

10 PPM.KONT.

X010.9 010.1 010.0 010.3 010.8 010.1 010.7 010.8 010.8 010.9

30 PPM.KONT.

X031.4 030.8 028.7 032.1 033.1 029.5 031.5 031.2 031.4 034.7

50 PPM.KONT

X051.4 050.3 050.8 050.6 050.7 050.8 050.9 050.5 050.2 050.7

OMER PISKIN  
SV.SA.UC.  
SA:9.05

*[Handwritten signature]*

## YAĞ ANALİZ KAYIT FORMU

YAĞ ANALİZ KAYIT FORMU		Lab. Sıra No. : .....
1) Numuneyi gönderen birlik :	:	
Numuneyi alanın kimliği :	:	
Numuneyi alanın imzası :	:	
Numunenin alındığı tarih :	:	
Birlik numune sıra No. :	:	
2) Motor Seri No. :	:	
Motor Modeli :	:	
Motorda kullanılan yağın cinsi :	:	
Uçak modeli :	:	
3) Revizyondan beri son uçuşu . :	:	
Yağ değişiminden beri son uçuşu :	:	
Motor toplam son uçuşu :	:	
4) Numune alma nedeni (Kodlu) :	:	
Motorun birliğe yeni gelip, gelmediği yeni ise nereden ve hangi tarihte geldiği :	:	
5) LABORATUVAR TAVSİYE VE KARARLARI		
Analiz neticesi :	:	
Değeri artan elementler :	:	
Öngörülen çalışma (Kodlu) :	:	
6) TAHMİN VE DÜŞÜNCELER :	:	

