

HAVA ARAÇLARINDA HİDROLİK ANALİZLERDEN KARARLANARAK  
BAKIM SİSTEMİNİN DÜZENLENMESİ

Esin SARI

Anadolu Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı  
Enerji Bilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak hazırlanmıştır.

Danışman: Doç.Dr.Yaşar PANCAR

Şubat - 1990

Y.A. Şahin  
D.C. Pinar

Esin Sarı'nın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Hava Araçlarında Hidrolik Analizlerden Yararlanarak Bakım Sisteminin Düzenlenmesi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

1.3/1990

Üye : Prof. Dr. Battal Kışın

Üye : Doç. Dr. Yasar Parca

Üye : Yrd. Doç. Dr. Tunc Selim

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun  
1.3.1990 gün ve 235/21... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Rüstem KAYA

## ÖZET

Hidrolik akışkanlar; hidrolik güç sistemlerinde bir noktadan doğan kuvvetin, başka bir noktaya iletilmesini sağlarlar.

Hidrolik akışkan; kullanımdan dolayı zamanla kirlenmektedir. Hidrolik sistem içindeki herhangi bir türdeki kirlilik ise performansını mani olmakta ve bazı durumlarda uçuş emniyetini ciddi olarak ihlal etmektedir.

Bu çalışmada; hava araçları hidrolik sistemlerindeki hidrolik akışkanda meydana gelen kirlilikler incelenmekte, kirlilik analizi için örnek almak özel test kiti ile hidrolik akışkanın kirlilik analizi ve kirli sistemleri temizleme usulleri belirtilmektedir.

Hidrolik akışkanın kirlilik kontrolleri, belirli programlar dahilinde hidrolik akışkanın analizini içerdiğinden, hava araçlarının hidrolik sistemlerindeki arızanın önceden tespit edilmesine ve önlem alınmasına imkan vermektedir. Kirlilik analizleri ekonomik ve emniyet bakımından önem taşımaktadır.

## SUMMARY

Hydraulic fluids transfer force coming from a point in hydraulic power systems to another point.

Because of usage, contaminations occur in hydraulic fluids gradually. Any contamination, occurred in hydraulic system, prevents performance and in some conditions seriously violates flying safety.

In this thesis, in addition to inspection of hydraulic fluid contamination pertaining to aircraft hydraulic systems, sampling for contamination analysis, analysing of hydraulic contaminations by means of special test kit, cleaning procedures of contaminated systems are determined.

Contamination inspections of hydraulic fluid involve hydraulic analysis, within specified programs, these inspections provide possibility to determine aircraft hydraulic system failures and take precautions formerly. Contamination analysis is very important in respect of economy and safety.

## TEŞEKKÜR

"Hava araçlarında Hidrolik Analizlerden Yararlanarak Bakım Sisteminin Düzenlenmesi" konusunda yapmış olduğum bu çalışmada bana yardımcı olan Sayın Danışman hocam Doç.Dr.Yaşar PANCAR'a teknik destek veren Sayın Hava Yrb.Dr.Yük. Uçak Müh.Arnağan İNALHAN'a ve deneysel çalışmalarında yardımlarına esirgemeyen Eskişehir Hava İkmal Bakım Merkezi Komutanlığı Kimya ve Yağ Analiz Laboratuvarı Personeli'ne teşekkürü borç bilirim.

Esin SARI

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	iv
SUMMARY .....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vi
TABLOLAR DİZİNİ .....	vii
SEMBOLELER VE KESALTEMLER DİZİNİ .....	viii
1. GİRİŞ .....	1
2. HİDROLİK AKIŞKANLAR .....	3
2.1. Katkı Maddeleri .....	4
2.2. Hidrolik Akışkanların Geçitleri .....	6
2.3. Hidrolik Akışkanların Depolanması ve Kullanılması..	7
3. HİDROLİK AKIŞKANLARDA KİRLİLİK .....	8
3.1. Kirlilik Kaynakları .....	8
3.2. Kirlilik Boyutları .....	9
3.3. Kirlilik Tipleri .....	9
3.3.1. Organik kirlilik .....	9
3.3.2. Kimyasal kirlilik .....	12
3.3.3. Metalik kirlilik .....	13
3.3.4. Kir ve toz .....	14
3.3.5. Su kirliliği .....	14
3.3.6. Diğer sıvıların neden olacağı kirlilik .....	14
3.3.7. Çözücü kirliliği .....	15
3.3.8. Hava kirliliği .....	16
4. SABİT KANATLI HAVA ARAÇLARININ HİDROLİK SİSTEMLERİNDE KİRLİLİK TESPİT YÖNTEMLERİ .....	18
4.1. Hidrolik Akışkan Numunesi .....	21
4.1.1. Numune alma teknikleri ve önemi .....	21
4.1.2. Numune alma süreleri .....	23

## İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4.2. Otomatik Parça Sayıcısı İle Hidrolik Akışkanın Kirlilik Analizi .....	23
4.2.1. Operasyon ilkeleri .....	24
4.2.2. Kullanılan cihazlar .....	24
4.2.3. Cihazların özellikleri .....	24
4.2.4. Numunelerin hazırlanması .....	26
4.2.5. HIAC sayıcısının dezavantajlı.....	29
4.3. PATCH Metodu İle Kirlilik Tesbiti .....	29
4.3.1. Kullanılan malzemeler .....	29
4.3.2. Filtre cihazı .....	30
4.3.3. Parçacık sayma cihazı .....	30
4.3.4. Numunelerin hazırlanması .....	30
4.3.5. Parçacıkların sayılması .....	31
4.3.6. Parçacık sayma hesapları .....	33
4.4. Hidrolik Akışkandaki Metalik Ve Lifli Kirliliklerin Tesbiti .....	34
4.4.1. Metalik elementlerin tesbiti .....	35
4.4.2. Liflerin tesbiti .....	38
5. DÖNER KANATLI HAVA ARAÇLARINA AİT HİDROLİK SİSTEMLERDE KİRLİLİK TESBİTİ .....	41
5.1. Hidrolik Sistemden Numune Alma .....	42
5.2. Spektrometrik Yağ Analiz Yöntemleri .....	44
5.2.1. Atomik Emisyon Spektrometrisi (AES) .....	46
5.2.2. Atomik Absorpsiyon Spektrometrisi (AAS) ...	48
5.2.3. X-Işını Spektrografik Analizi .....	50
5.3. Spektrometrik Analizin Avantajları .....	51
6. DENEY SONUÇLARI .....	53
7. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	56
7.1. Kirliliği Önlemek İçin Alınması Gerekli Tedbirler..	58

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
KAYNAKLAR DİZİNİ .....	60
EKLER	
1. Viskozite .....	1.1
2. MIL-H-83282B no.lu Hidrolik Akışkanın Özellikleri .....	2.1
3. Hidrolik Yağ Numune Etiketi .....	3.1
4. Yağ Analiz Kayıt Formu .....	4.1



## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1.a. Sistemin belirli bir sebeple durması sonucu yapılan bakım için gerekli eğri .....	1
b. Periyodik olarak yapılan masraf için gerekli eğri...	1
3.1. Kirliliğe yol açan parçacıkların mukayeseli büyüklükleri .....	10
3.2. O-Ring, keçe, conta .....	11
4.1. Uçtaki hidrolik akışkanın alım noktası .....	22
4.2. Model 4100 partikül sayıcı ve Model ABS cihazları.....	25
4.3. ABS cihazının ölçüm bölümünün şematik gösterimi .....	27
4.4. ABS blok sisteminin şematik gösterimi .....	28
4.5. Numunedeki parçacıkların mikroskopta tesbiti .....	32
5.1. Numune alma tekniğinin gösterimi .....	43
5.2. Spektrometrik yağ analiz cihazı .....	45
5.3. Atomik Emisyon Spektrometrisinin blok diyagramı .....	46
5.4. Atomik Absorpsiyon Spektrometresinin blok diyagramı ..	49
7.1. Bir Ünitenin çalışma süresine göre aşınmış metal konsantrasyonu .....	57
Ek.1.1. Viskozitenin paralel düzlemlerde gösterimi .....	1.1
Ek.2.1. Hassas kılcal piknometre .....	2.7
Ek.2.2. Kübik modül donanımın diyagramı .....	2.8
Ek.2.3. Alev yayılma oranının tayininde kullanılan teçhizat	2.11
Ek.2.4. Lineer alev yayılma oranının tayini .....	2.12
Ek.2.5. Yardımcı teçhizat akış şeması .....	2.13

## TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
4.1. Parçacık büyüklüğüne göre hidrolik sistem kirlilik limitleri .....	19
4.2. Sabit kanatlı hava araçları hidrolik kirlilik sınıfları .....	20
4.3. Liflerin renklere göre tesbiti .....	40
5.1. Helikopterlerde hidrolik akışkandaki elementlerin miktarı .....	42
6.1. Uçak ve test cihazlarının hidrolik analizleri .....	53
6.2. HIAC ile yapılan hidrolik analizler .....	54
6.3. UH-1 model helikopterlerin hidrolik sistem analiz sonuçları .....	55
Ek.2.1. Sentetik hidrokarbon ana maddesinin özellikleri...	2.2
Ek.2.2. Kullanılmış akışkanın özellikleri .....	2.3
Ek.2.3. Hidrolik akışkanın köpürme özellikleri .....	2.5
Ek.2.4. Hidrolik akışkanın aşınma değerleri .....	2.5

## SEMBOLELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Semboller</u>	<u>Açıklama</u>
A	Membran filtrasyon alanı
$F_n$	Sayılacak alan sayısı
$F_a$	Bölge alanı
$P_t$	Birim alandaki parçacık sayısı
L	Merceksel mikrometre, skalasının kalibre edilmiş uzunluğu
N	Sayılacak temel birim alan sayısı
F	Kalibrasyon faktörü
$\eta$	Dinamik viskozite
$F_l$	Kayma yönündeki kuvvet
$A_l$	Düzlem alan
$V_l$	Hareketli düzlemin hızı
h	Akışkan filmin kalınlığı
$\tau$	Kayma gerilmesi
s	Zaman
$\rho$	Yoğunluk
$\nu$	Kinematik viskozite
T	Termodinamik sıcaklık derecesi
A,B	Her hidrolik akışkan için sabit değerler
V	Akışkanın orjinal hacmi
$\Delta V$	Basınç artışından dolayı gözlenen hacim değişikliği
$\Delta P$	İki ölçme arasındaki basınç değişikliği
$\Delta V_g$	Düzeltilme faktörü
D	Termokupullar arası mesafe

## SEMBOOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)

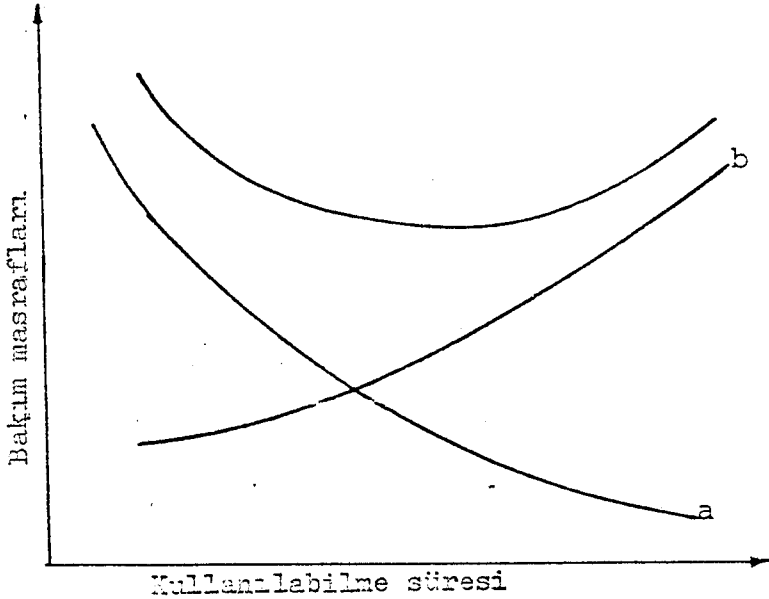
<u>Semboller</u>	<u>Açıklama</u>
$V_T$	Grafik hızı
$L_T$	İki uç arasındaki mesafe

Kisaltmalar

SOAP	Spectrometric Oil Analysis Program
cst	Centistokes
F-4/-5	Avcı uçağı (Fighter)
T-33/T-37	Eğitim uçağı (Training)
C-47/-130	Nakliye uçağı (Cargo)

## 1. GİRİŞ

Eskiden hava araçlarının ana sistemlerinde arıza tespit edildiği zaman, arızanın oluş sebebini bulmak ve gidermek üzere sistemin bakımı yapılırdı. Bu durum hem ekonomik ve hemde zaman kaybına neden olmaktaydı. Bunun üzerine periyodik olarak yapılan koruyucu bakım faaliyetleri geliştirilmiştir. Ancak her iki tür bakımda pahalıya mal olmaktaydı. Bu iki bakım arasındaki ilişki Şekil 1.1'de gösterilmektedir.



Şekil 1.1.a. Sistemin belirli bir sebeple durması sonucu yapılan bakım masrafı  
b. Periyodik olarak yapılan masraf

Hava araçları ve pahalı sanayi makinalarının faaliyette iken aşınma ve kirlilik durumlarının belirlenmesi ile bu sistemler ciddi arızalara uğramadan uygun zamanda bakımlarının yapılmasını sağlayan çeşitli yöntemler geliştirilmiş, geliştirilmektedir. Hava araçlarının hidrolik sistemlerinde ve motorlarında kullanılan akışkanın analiz edilerek aşınma ve kirliliğin tespit edilmesi basit, ekonomik ve güvenilir bir yöntemdir. Özellikle havacılıkta arıza olduktan sonra arızayı gidermek yerine, arızadan önce önlem alıp arızayı önlemek

emniyet bakımından daha fazla önem taşımaktadır. Böylece uçak gibi modern, kompleks makinalar serviste iken durumlarını izleme teknikleri her geçen gün artan bir önem kazanmıştır.

Hava araçlarının dişli kutusu, yataklar vb. motor elemanlarında ve helikopterlerde kullanılan akışkan SOAP (Spektrometric Oil Analiys Program) yöntemi ile analiz edilmektedir. Analizde temel düşünce hareket eden elemanların aşınma parçacıkları ürettiği ve bu parçacıkların akışkana karışmasıdır. Akışkanda birikmiş aşınma parçacıkları yağlanan sistemin elemanlarının aşınma durumlarıyla ilgili bilgileri ihtiva etmektedir. Metal alaşımli yüzeylerden aşınmış metal parçacıklar aşındırdıkları yüzeylerle aynı kimyasal yapıya sahip olacaklardır. Uçağın ünitelerinde yaygın olarak kullanılan demir, bakır, çinko, kobalt, krom, nikel, kalay, kurşun, gümüş gibi elementlerin akışkandaki aşınmış miktarları ölçülür. Ünitenin önceden belirlenmiş aşınma karakteristiği ve aşınan elementlerin limit değerleri gözönünde bulundurularak aşınmanın normal mi yoksa anormal boyutlarda mı olduğu değerlendirilir. Böylece aşınma seviyesi yükselen elemanlar büyük bir arızaya sebep olmadan belirlenir ve etkin bir koruyucu bakım faaliyeti sağlanır.

Hava araçlarının hidrolik sistemlerinde kullanılan akışkanın analiz edilerek arıza tespit yöntemi oldukça yeni bir uygulamadır. Bu uygulamada; otomatik cihazlarla yapılan parçacık sayma metodu, hidrolik akışkanın membrand filtrelerden süzerek mikroskop altında kirlilik sayılarak uygulanan patch metod, akışkandaki ergimeyen kirliliğin analizini içeren Gravimetrik metod kullanılır. Ayrıca kimyasal belirteçler kullanılarak hidrolikteki elementi belirleyen metodlarda bulunmaktadır. Ancak arızanın sistemindeki hangi üniteden meydana geldiğini belirlemek için bu yöntemlerin geliştirilmesi uçuş emniyeti güvenilirliği açısından önemlidir. Mevcut teknikler üzerindeki araştırma, standart metodlardan hiç birinin tam olarak uygun olmadığını göstermektedir. Genel olarak basit metodlar yeteri kadar hasas değil ve hassas metodlarda yeteri kadar basit değildir.

## 2. HİDROLİK AKIŞKANLAR

Sıvılar sıkışmaya karşı direnç gösterirler. Bir maddenin sıkışma kabiliyeti üzerine kuvvet uygulandığında hacminin nispeten küçülmesidir. Sıvılar; büyük kuvvetler altındaki az hacim küçülmele-ri hariç, sıkıştırılamaz olarak kabul edilirler. Bu özellik sıvı-ları hidrolik sistemlerde güç nakli için gayet uygun kılınmaktadır. Sı- vılardaki küçük sıkışma oranlarının uçak hidrolik sistemlerinin çalış- tilmasında pratik bir önemi yoktur. Güç sistemlerindeki hidrolik akışkanlar sistemdeki bir noktadan doğan kuvveti, diğer noktalara ba- sıncı altında iletirler. Ayrıca bu kuvvetin büyüklüğü veya yönünde istenen değişiklikleri meydana getirirler. Hava araçlarında bunun tipik uygulaması; uçuş kontrol vericiye kadar borular içinden geç- rek hidrolik pompalar vasıtasıyla doğan kuvvettir.

Hidrolik akışkanın iki önemli fonksiyonu vardır. Bunlar yağla- ma ve soğutmadır. Hidrolik güç sistemin çalışması için bu fonksiyon- lar önemlidir. Çünkü sürtünme ve ısı; hidrolik akışkanın sisteme tesirinden dolayı önemli bir şekilde azalır. Yağlamanın esas gaye- si, iki yüzey arasında mevcut olan katı sürtünmeyi, yüzeyler arasın- da oluşturulan yağ filmi içerisindeki çok daha düşük iç sürtünmeye çevirmek ve yüzeyleri birbirinden ayrı tutarak asperitelerin birbir- leri ile teması önlemektir. Bir yağlayıcının viskozitesi ( $\mu$ ), iç sürtünmesinin bir ölçüsüdür. Yağlamanın ikinci fonksiyonu ise ekipmanda ortaya çıkan ısıyı gidermektir. Ayrıca yüzeylerin temas yüzeylerindeki kırıntılara sökülüp atmakta görevleri arasındadır. Ba- zı hallerde akışkanın yağlanan kısımları veya bitişik parçaları nem- den husule gelen korozyona karşı korunması da istenir.

Hidrolik akışkanın yağlayıcı olarak kullanılmasında eş çalışan iki yüzeyi birbirinden yağ filmi ile ayırarak sürtünmeyi, dolayısı ile aşınmayı en aza indirmektir. Hareketli yüzeyler arasında temasın mümkün olduğu kadar az olmasını sağlamak için yağ filminin yeterli kalınlıkta olması gerekmektedir. Temas eden yüzeylerin boyutları ve çalışma şartları gözönünde bulundurularak hareketli yüzeyler ve ye- terli yağ filmi oluşacak şekilde hidrolik akışkanın özellikleri ve ne tür yağlamanın uygulanacağı belirlenmelidir. Bir katı yüzeydeki hidrolik akışkan tarafından oluşturulan yağ filmi, bir sürtünme kat- sayısına sahiptir. Sürtünme katsayısı da, katı yüzey malzemesinin

ve hidrolik akışkanın kimyasal yapısına bağlıdır.

İyi hidrolik akışkan aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır (1).

- a) Bulunduğu ortamdaki stabilite,
- b) Viskozite karakteristikleri uygunluğu,
- c) Sistem malzemeleriyle uyumluluğu,
- d) Düşük özgül ağırlık ve buharlaşabilme özelliği,
- e) Yağlama ve metali ısıtma özelliği,
- f) Isı transfer özelliği,
- g) Pas oluşumunu önleyebilme ve ısıya dayanıklılık özelliği,
- h) Çalışma anında korozif maddelerden, çamur ve artıklardan arınma özelliği,
- i) Minimum derecede köpüklenme özelliği.

Bu istenilen özelliklerin tamamı değildir ve her bir hidrolik akışkanın bunların hepsine sahip olması mümkün değildir. Sisteme ve çalışma şartlarına uygun hidrolik akışkan kullanılmalıdır. Çalışma şartları ünitenin dizaynı, çalışma tecrübeleri ve bakımın kalitesine bağlı olarak ortaya çıkar. Hidrolik akışkan üzerinde büyük etkisi olan çalışma şartları sıcaklık değişimleri, birim yükler kullanılan metal malzemeler, kirlenme, hava ile köpük sağma, yan hava akımlarıdır. Hidrolik akışkanlar, elemanların ömrünü uzatmak için katkı maddeleri içerirler.

## 2.1. Katkı Maddeleri (2)

Yüksek kaliteli hidrolik akışkanlar, ham petrolün destilasyonu suretiyle elde edilir. Ham petrolün temizlenmesi ve işlenmesinden elde edilen bu akışkanlar her sistemin gerektirdiği özelliği taşıyamaz. Bir yönden uygun olan hidrolik akışkan, diğer yönden yetersiz olabilir. En iyi saf akışkanlar bile ağır çalışma şartlarında tam

---

(1) Pancar Yağar, Hidrolik Devreler, Anadolu Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Yayın No:27, 1985.

(2) Yakıtlar Yağlar, Madeni Yağ Şebeke Müdürlüğü, Aralık 1980.



yağlayıcı ve koruyucu özellikleri sağlayamaz. Böyle hallerde kimyasal maddelerin ilavesiyle hidrolik akışkanlar geliştirilmekte ve özel çalışma şartları için gereken özellikler sağlanmaktadır. Genel olarak, başlangıçta hidrolik akışkanda bulunmayan veya belli bir miktarda bulunan, hidrolik akışkana istenen bazı özellikleri kazandırmak, mevcut özelliklerini geliştirmek, istenmeyen bazı özelliklerini minimuma indirmek veya yok etmek amacıyla ilave edilen maddelere katkı maddeleri denir.

Bir hidrolik akışkanın vazifesini tam anlamıyla yapabilmesi için bir veya birkaç katkı maddeleri birlikte kullanılabilir. Hidrolik akışkanın kendi özelliklerine ilaveten katkı maddelerin birbirine zarar vermemesi ve dayanıklı olması akışkanın kalitesine etki eder. Katkı maddelerinin hidrolik akışkanın özelliklerini geliştirici nitelikleri yanında sahip olması gereken hususlar şu şekilde sıralanabilir.

- a. Petrol esaslı üründe çözünürlüğü,
- b. Sulu çözeltilerde çözünmezlik,
- c. Uçuculuk,
- d. Bozunmadan kalma dayanıklılığı,
- e. Yağlayıcıya ilave edilen katkıların birbirine uygunluğu,
- f. Katığın değişik oranlarda kullanılabilmesi,
- g. Koku,
- h. Katığın yağlanan sistemin çalışma sıcaklığı limitlerinde etkin olması.

Katkı maddelerinin görevleri üç ana grupta toplanır.

- a. Kullanılmakta olan hidrolik akışkanın özelliklerini kimyasal olaylara ve bozunmaya karşı korumak,
- b. Yanma ve hidrolik akışkanın oksidasyon ürünlerinin zararlı etkilerinden, akışkanın zayıflayarak ödevini tam olarak yapmaması halinden sistemi korumak, aşınma ve korozyonu önlemek, sisteme daha uzun ömür sağlamak,
- c. Hidrolik akışkanın fiziksel özelliklerini geliştirmek; değişik koşullarda akışkanın yağlama fonksiyonunu tam gerçekleştirebilmesi için gereken yeni fiziksel özellikleri akışkana kazandırmak.

## 2.2. Hidrolik Akışkanların Çeşitleri (3)

Hava araçlarının çeşitli hidrolik sistemleri arasında enerji ve basıncı taşıma görevi yapan hidrolik akışkan organik ve madeni esaslı akışkan olmak üzere iki sınıfa ayrılır. Her iki tipte hidrolik akışkanlar için gerekli şartları sağlar, ancak birbirlerinin yerine kullanılmazlar ve karşılaştırılmazlar. Hava araçları hidrolik sistemlerinin bakımında, çalıştırılmasında ve bağımsız hidrolik aksamalarda madeni esaslı sıvılar kullanılır.

Organik esaslı akışkanlar, esas olarak hint yağı ve alkolden oluşur. Bu tip akışkanlar keskin alkol kokusundan kolayca tanınabilir. Bu akışkanlar hava araçlarının hidrolik sistem ve bağımsız hidrolik aksamalarında kesinlikle kullanılmazlar. Madeni esaslı akışkan kullanılan sistemlerdeki sentetik lastik elemanlar organik akışkanlardan önemli derecede etkilenir ve zarar görürler. Ayrıca madeni esaslı akışkanlarla, organik esaslı akışkanlar karıştığında ağır bir reçine oluşur. Bu reçine bütün hidrolik sisteme dağılır ve elemanların, hatta bütün sistemin faaliyet dışı kalmasına sebep olabilir.

Madeni esaslı akışkanlar, petrolden elde edilir ve tanınması için kırmızı boya ile renklendirilir. Bu akışkanlar çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Çünkü organik akışkanlara kıyasla metallerin korozyonuna daha az sebep olmaktadır. MIL-H-6083 ve MIL-H-83282B madeni esaslı akışkanlar; hava araçlarının hidrolik sistem ve parçalarının çalıştırılmasında, bakımında ve korunmasında kullanılmaktadır.

MIL-H-6083 (x) akışkanın amacı, hidrolik parçaların depolanması veya nakliyatı esnasında korozyonu önlemektir. Aynı zamanda hidrolik parçaların yıkanması ve test işlemleri için kullanılır. Tüm sistemi yıkamak için kullanılmaz. Nitekim hidroliki sistemlerde veya bağımsız hidrolik ünitelerde ana çalıştırma sıvısı olarak kulla-

---

(3) Uçak Hidrolik Esasları, K.K.K. Ankara Basımevi ve Basılı Evrak Depo Müdürlüğü, 1985

(x) MIL-H-6083 Askeri şartnameli koruyucu sıvıdır. Koruyucu sıvıda korozyonu önleyici özel bir madde vardır.

nılmaz. MIL-H-6083 koruyucu hidrolik akışkan ile muhafaza edilen parçaların yerine takarken bu sıvı boşaltılır ve yerine MIL-H-83282B hidrolik sıvısı doldurulur.

MIL-H-83282B (xx) hidrolik akışkan,  $-40^{\circ}\text{C}$ 'den  $250^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar otomatik pilotlarda, amortisörlerde, hava kompresör vites kutusu, frenler, kanat kontrol mekanizması, füze hidrolik servo kontrollu sistemler ve diğer sentetik lehim malzemeleri kullanan hidrolik sistemlerde kullanılır. Hidrolik akışkanın yapısında sentetik bir ana madde ve katkı maddeleri vardır. Hidrolik akışkan reçine, sabun, zambak, organik yağlar veya okside edilmiş hidrokarbon karışımlarını içermez. MIL-H-83282B Hidrolik akışkanın özellikleri EK.2'de gösterilmektedir.

### 2.3. Hidrolik Akışkanların Depolanması ve Kullanılması

Hidrolik akışkanlar kapalı veya açık depolama yerlerinde,  $-50^{\circ}\text{C}$  den  $49^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar olan ısı derecelerinde depolanabilir. Hidrolik akışkan yanıcıdır. Parlama noktası  $93.3^{\circ}\text{C}$ 'dir. Açık alev, kıvılcım ve çok sıcak cisimlerden uzak tutulmalıdır. Hava araçlarında hidrolik akışkan kaçağı önemli bir yangın tehlikesidir. Hidrolik akışkanların öldürücü değerde olmasa da zehirlenme etkisi vardır. Akışkan buharlarının gereksiz yere teneffüs edilmesi ve uzun süre deri ile teması önlenmelidir.

---

(xx) MIL-H-83282B Hidrolik akışkanın askeri şartname numarasıdır. Ateşe dayanıklı, sentetik hidrokarbon bazlı hidrolik akışkan-  
dır.

### 3. HİDROLİK AKIŞKANLARDA KİRLİLİK

Hava araçlarının hidrolik akışkan kirliliğinin; hidrolik akışkan içindeki herhangi bir yabancı maddenin varlığı nedeniyle hidrolik sistem performansının ve güvenilirliğinin azalması olarak tarif edebiliriz. Kirlilik; organik veya inorganik olarak iki temel grup altında toplanabilir. Hava araçları hidrolik sistemlerinde görülen kirler genellikle katı olanlardır ve parçacık kirlenmesi olarak isimlendirilir. Taş kırıntısı, toprak, toz, lastik, metal talaşı, conta, metal parçası, lif veya hidrolik sıvalarda çözünemeyen diğer maddeler olarak örneklenebilir. Benzer şekilde hidrolik akışkana karışmış her türlü yabancı sıvı gaz da (hava) kirlilik olarak tanımlanır. Kaynağı ne olursa olsun, hidrolik sistem içindeki herhangi bir türdeki kirlilik sistemin performansına etkili olabilir ve uçuş emniyetini ciddi olarak azaltır.

#### 3.1. Kirlilik Kaynakları

Çalışan hidrolik sistemlerde kirlilik çok değişik sayıda kaynaktan oluşur. Sisteme giren kirlerin kaynağı ve karışma süresi birçok etkene bağlıdır. Kaynak oluşması sistemdeki eş çalışma veya kimyasal reaksiyonlar sonucudur.

Sistemin kirlenme derecesi; kullanılma süresine ve kirlerin temizlenmesine bağlıdır. Kirliliği gidermek için herhangi bir işlem yapılmadan sistem kullanılmaya devam edildikçe kirlilik artar. Kirlerin meydana gelişi sistemdeki elemanların adedi ile ilgilidir. Sistem içerisinde çalışan ne kadar çok parça varsa, o kadar fazla kirlilik kaynağı var demektir.

Dış kaynaklardan oluşacak kirliliğin derecesini önceden tahmin etmek zordur. Bakım esnasında temizliğe yönelik önlemler alınmadığı zaman (örneğin kör tapa kullanılmaması gibi) sistem önemli ölçüde kirlenebilir. Hidrolik sıvalardaki kirlilik belli başlı beş sınıfa ayrılabilir.

- a. Organik kirlilik
- b. Kimyasal kirlilik

- c. Metalik kirlilik
- d. Toz kirliliği
- e. Su kirliliği

Bu gruplardan her birinin başlangıcı hatalı bakım uygulamalarıdır. Ayrıca yerde kullanılan yer destek teçhizatı ve hidrolik test cihazı gibi cihazlarda temizlenmediği takdirde hava aracı hidrolik sistemlerini kirletir veya sistemlerdeki kirliliği arttırmaları.

### 3.2. Kirlilik Boyutları

Hidrolik akışkanı kirleten maddelerin boyutları mikronla ölçülecek kadar küçüktür ve genellikle gözle görülemez. Bir insan saçı 40 ila 120 mikrondur ve çıplak bir gözün görebileceği en alt değer 40 mikron civarındadır. Bu değerleri günümüz modern hava araçları komponentleri toleransları ile mukayese edecek olursak konuyu önemi görülecektir. Örneğin Tutor uçaklarındaki (x) kapama valfinin makarası ile kol tertibatı arasındaki açıklık 0.001905 mm ile 0.00381 mm arasındadır. Bu durumda ise, hidrolik sistemindeki 4 ile 5 mikron büyüklüğündeki parçacıklar girerek valfin sıkışmasına, tutukluk yapmasına, aşınmasına ve hatta komple çalışmamasına sebep olabilirler.

Hidrolik akışkanda kirliliğe yol açan ve mikron olarak ölçülen parçacıkların nispi ebadları grafiksel olarak Şekil 3.1'de gösterilmektedir.

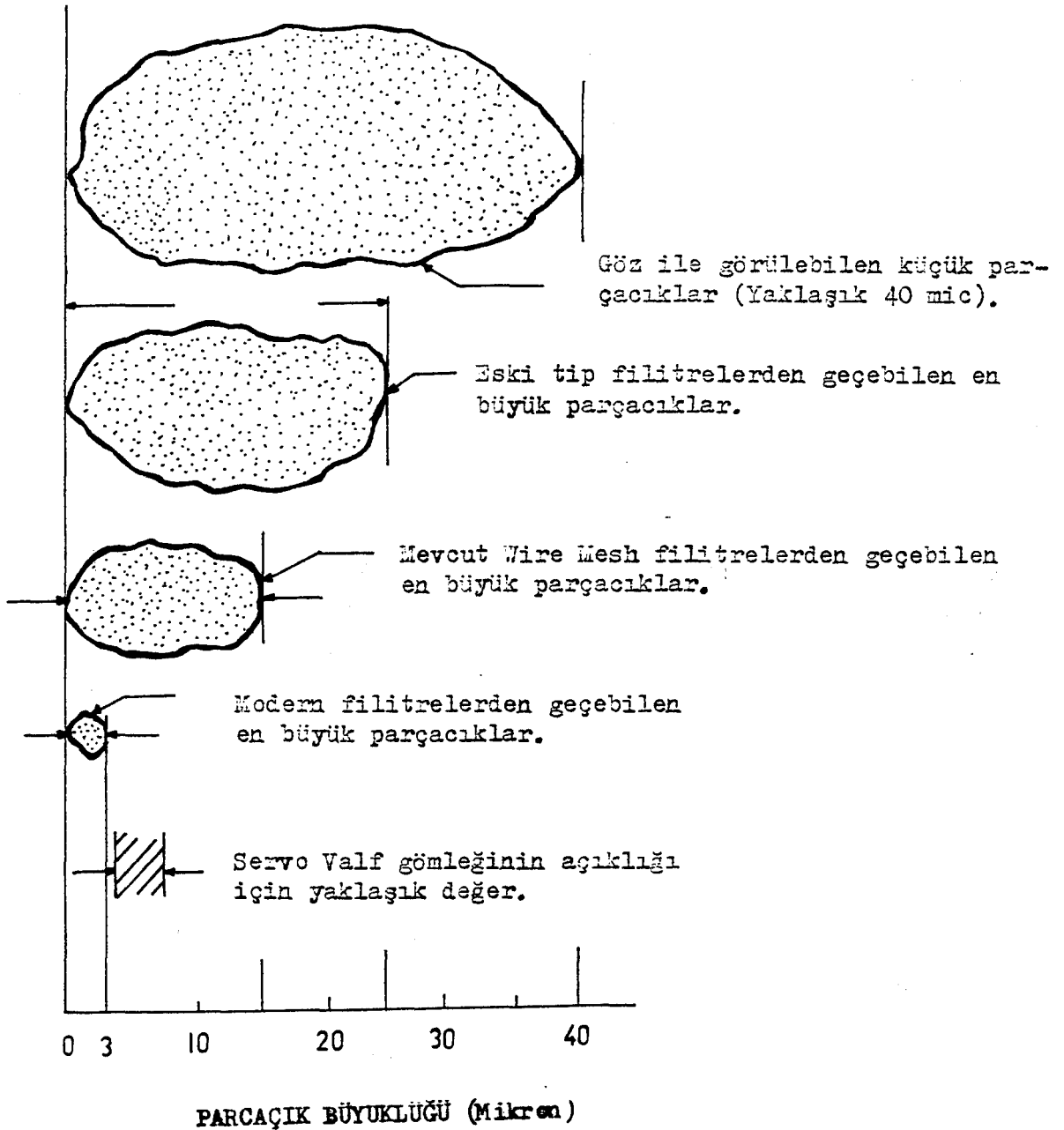
### 3.3. Kirlilik Tipleri

#### 3.3.1. Organik kirlilik

Sistemdeki ufak kirlerin çoğu organik maddelerdir ve hidrolik akışkan içersindeki çok küçük parçacıklar sistemde normal çalışma süresince oksidasyon ve polimerizasyon gibi kimyasal reaksiyonlar neticesinde ortaya çıkarlar. O-Ring, keçe, conta, sentetik hortumlar ve teflon parçacıklar (Şekil 3.2), metal olmayan küçük kirlerin diğer kaynaklarıdır. Bu parçacıklar oksitlenme ve polimerizasyon

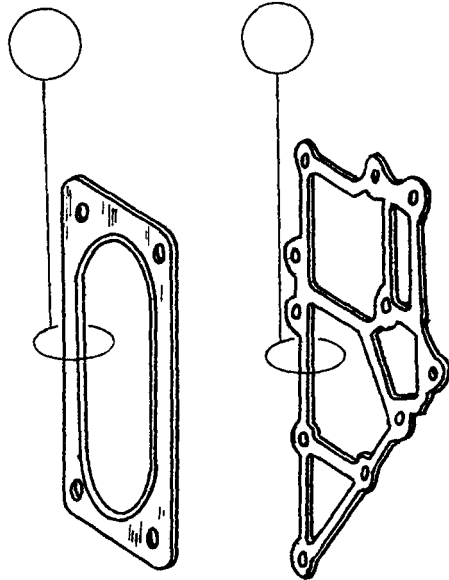
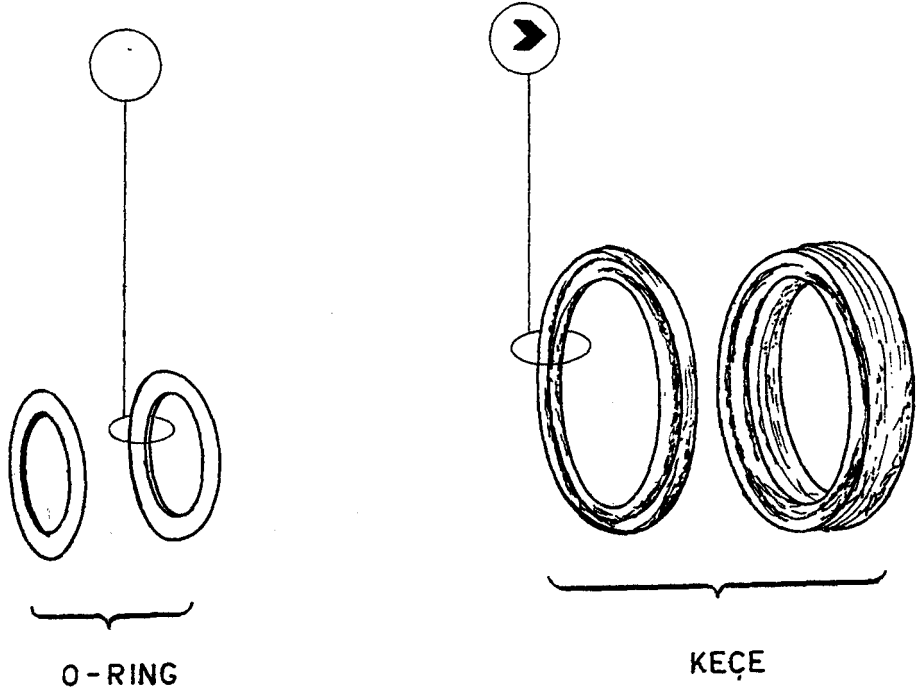
---

(x) Kanada Eğitim Uçağı



Şekil 3.1. Kirliliğe yol açan parçacıkların mukayeseli büyüklükleri (4)

(4) Uçak hidrolik sistem ve hidrolik yer destek teçhizatı, kirlilik nedenleri, önlemler ve analiz el kitabı, HKEK:66-214



CONTA

Şekil 3.2. (5)

---

(5) Industrial Hydraulics Manual, Troy, Michigan 48084, September 1970

olayını kolaylaştırırlar. Hidrolik akışkanın imalatı esnasında oksidasyonu azaltacak kimyasal katkı maddeleri ilave edilmesine rağmen, fazla sıcaklık ve basınç altında çalışan akışkanlarda oksidasyon görülür. Petrol esaslı akışkanların oksidasyona ve polimerizasyona dayanıklılığı oksidasyon kararlılığı olarak tanımlanır.

Oksitlenme sonucu ortaya çıkan maddelerin başlıcaları; organik asitler, asfaltitler, reçineler ve verniklerdir. Bu maddeler conta parçacıkları ve toz ile birleşince çamurumsu bir maddenin oluşmasına yol açarlar. Oksitlenme ile ortaya çıkan bazı maddeler hidrolik akışkan içerisinde çözünerek hidrolik akışkanın kinematik vizkozitesinin artmasına neden olurlar. Bir kısmı ise çözünemediğinden çökerler ve tortu şeklinde filitrelerde birikirler.

Hidrolik akışkan içerisindeki katkı maddeleri normal çalışma şartlarında oksidasyonu geciktirirler. Ancak yüksek sıcaklıklarda uzun süreli çalışmalar hidrolik akışkanın oksitlenmeye karşı direncini azaltır ve sonuçta hidrolik akışkan içerisinde gözünebilir kirlilikler meydana gelebilir. Sıvı oksidasyon artıkları, metalik elemanları aşındırmazlar, ancak tortu veya verniğimsi maddenin servo makarası ve gömleği gibi hareketli parçaların civarına çökmesi yüzünden valflerin çalışmasını yavaşlatırlar. Dolayısıyla sistemin hatalı çalışmasına yol açarlar.

### 3.3.2. Kimyasal kirlilik

Kimyasal kirler, hidrolik akışkanların bazı tip sentetik kauçuk contalarla reaksiyona girme özelliğinden kaynaklanan kirliliklerdir. Hidrolik sistemlerde yer alan valfler ve silindirdede bulunan halka contalar naylon ve teflen takviye contaların normal çalışma süresince aşınarak sistemin kirlenmesine yol açarlar.

Sistem içerisinde sürekli hidrolik akışkan ile temas halinde olan sentetik malzemeler içerisinde neoprene, thiokol, silikon, fluorokarbon kauçuğu ve hyplon vardır. Bu mükemmel sentetik lastikler petrol türevi hidrolik akışkanlarla reaksiyona dayanıklıdır ve ağır çalışma şartlarında dahi esnekliklerini korurlar. Buna rağmen kullanım süresi uzadıkça aşınmadan meydana gelen küçük parçacıklar sürekli olarak hidrolik akışkan içersine karışarak metalik olmayan hidrolik kir-



liliğini arttırmırlar.

### 3.3.3. Metalik kirlilik

Hidrolik akışkan içersinde; çıplak gözle görülebilecek büyüklükten, mikroskopik büyüklüklere değişen boyutlarda küçük metal parçacıkları daima mevcuttur. Bu metal parçacıkları sistem içersindeki kaplanmamış veya gümüş, kromla kaplanmış metal parçacıkların çizilme ve aşınmaları sonucunda ortaya çıkarlar. Aşınan bu parçacıklarla hidrolik akışkan içersindeki çelik, alüminyum ve bakır gibi diğer yabancı maddeler katalizör görevi yaparak oksitlenmeye yol açabilirler. Bakır ve bakır alaşımları en aktif katalizör olduğundan, hidrolik sistem dizaynı ve imalatında bakır, bronz ve pirinç gibi malzemelerden kaçınılır. Gerçekte sistemle ilişkili olan parçaların imalatında veya kaplanmasında kullanılan bütün maddelere ait parçacıklar hidrolik akışkan içinde bulunmasına rağmen, en çok bulunduğu tespit edilen yabancı elemanlar alüminyum, krom ve demir parçacıklarıdır.

Sürekli ve yüksek hızdaki hareketliliği nedeniyle metalik kirliliğe en fazla yol açan parçalar hidrolik pompalardır. Pompalardan başka hidrolik hareket verici valfler aşınma yolu ile sistemdeki metalik kirlenmeyi artıran diğer parçalardır.

Hidrolik tahrik üniteleri ve valfler kirlenmeden çeşitli şekillerde etkilenirler. Büyük metalik veya metalik olmayan sert maddeler salmastra civarlarında toplanırlar ve kazıma hareketiyle silindir içinin oyulmasına sebep olurlar. Daha küçük olan parçacıklar salmastra ve gövde arasında zımpara etkisi yaparak parçanın genel olarak aşınmasına ve çizilmesine sebep olurlar. Açılan çizikler fazla sıvı kaçağına ve salmastraların bu aralıklar içine itilerek yırtılmasına sebep olurlar. Aşındırıcı maddelerin etkisiyle meydana gelen parçacıklarında yardım etmesi yüzünden, aşınma hızlanarak devam eder. Aynı şekilde bu parçacıklar valflerin popet yuvalarında kalır ve valfleri açık durumda tutar. Dolayısıyla sistemin arızalanmasına sebep olurlar.

### 3.3.4. Kir ve toz

Bu gruptaki kirlilik elemanlarının başlıcalarını toz, boya parçaları, kir ve silikatlardır. Atmosferde bulunan bu maddeler hidrolik sisteme dış kaynaktan girerler. Örneğin ıslak bir piston shaftı üzerine yapışan bu maddeler shaftın hareketi ile silikon contayı geçerek hidrolik akışkana karışabilirler. Ayrıca bu tip kirlilikler; bakım esnasında boruların, hortum ve başlıkların sökümüleri veya değiştirilmelerinin sırasında hidrolik sisteme karışabilirler. Bunu önlemek için; bakım esnasında kısa bir süre için dahi olsa, açıkta kalan bu bağlantı noktalarının kör tapalar ile emniyete alınması gereklidir.

### 3.3.5. Su kirliliği

Hidrolik sistemler içersinde suya çok sık rastlanır. Hidrolik akışkanlar genellikle sistemde çözülmüş, serbest durumda bulunan sudan zarar görürler. Hidrolik akışkan içersinde su bulunması; buz parçacıklarının meydana gelmesine, metal yüzeylerde aşınmaya ve oksitlenme ile sonuçlanan kimyasal reaksiyonların oluşmasına sebep olur. Buzlanma sıvı akışını önlediği gibi piston ve valflerin hareketini kısıtlar.

Su sisteme hatalı bakım sırasında veya sistemin inalat ve dizayn hataları yüzünden girebilir. Hidrolik içersinde serbest halde dolaşan su genellikle hidrolik filitrelerde toplanır, ancak bazı hallerde çok daha kiritik yerlerde bulunabilir. Bu durum genellikle hareketsiz sistemlerde veya sistemin uç noktalarında, yüksek irtifalarda ve düşük ısılarda görülür. Hidrolik sistemin çalışmasına etki eden diğer bir unsur da su sayesinde büyüyüp dağılan mikro organizmalardır.

Su çok ciddi bir kirletici olarak kabul edilerek ve hidrolik sistem içersinde su bulunduğu tesbit edildiğinde sistemin tamamı uygun şekilde temizlenmelidir.

### 3.3.6. Diğer sıvıların neden olacağı kirlilik

Hidrolik sistemler sudan başka sıvılarda kirlenebilir. Bu tip kirlenme ender olarak görülür ve yağlama yağı, motor yakıtı,

yanlış hidrolik sıvısı gibi maddelerin bakım sırasında sisteme karış-  
masından kaynaklanır. Buna ilaveten, bazı tip hava araçlarında kul-  
lanılan hidrolik sıvı soğutucuları, sızdırdıkları takdirde hidrolik  
sisteme yakıtın girdiği görülmektedir.

Sudan başka yabancı sıvıların hidrolik sistem üzerine etkisi  
sıvının özelliğine göre değişir. Bu etkiler incelenirken sıvının  
sistemdeki malzemelerle uyulaabilmesi, Mil-H-83282 no'lu hidrolik  
akışkan ile uyulaabilmesi, su ile muhtemel reaksiyonları, parlama özel-  
liği ve vizkoziteye tesiri gözönüne alınmalıdır. Bu yabancı maddele-  
rin etkisi, maddenin özelliğine, sistemde bulunduğu miktara ve bulun-  
duğu miktara ve bulunduğu sreye bağlı olarak hafif veya çok kuvvet-  
li olabilir.

### 3.3.7. Gzc kirliliği

Gzc kirlenmesi; içindeki esas kirleten maddenin klorlu gzc  
olduğu özel bir yabancı sıvı kirlenmesidir. Klorlu gzcler veya  
bunların artıkları hidrolik sistem içine girince, burada bulunan su  
ile birleşerek yüksek derecede aşındırıcı asitleri meydana getirirler.

Gzc kirlenmesi başladıktan sonra durdurulması çok g bir reaksi-  
yondur. Sistem bakım sırasında uygun temizleme maddeleri ile yıkan-  
malıdır. Klorlu gzcler sistemde genellikle bulunan çok az su ta-  
necikleri ile birleştiğinde hidrolize olur ve korozyon etkisi çok yük-  
sek olan hidroklorik asit haline dngrler. Bu asit metal parçala-  
rın i yüzeyleriyle temas eder ve özellikle demirli maddelerle reaksi-  
yona girerek önemli derecede paslanma meydana getirirler.

Gzc kirlenmesi başladıktan sonra durdurulması çok g bir re-  
aksiyondur ve sistemi çalışır durumda tutmak için büyük lde parça  
değişikliği gerekir. Hidrolik sistem bakım ve temizliğinde uygun te-  
mizleyici kullanmak ve temizlik kurallarına uygun hareket etmek sure-  
tiyle bu tür kirlilik nlenebilir. Petrolden üretilen hidrokarbon  
esaslı hidrolik akışkanlar (Mil-H-5606 ve Mil-H-83282 ) için en uy-  
gun temizleyici gzc alkol ve Freon TF'dir. Ancak ne tür gzc  
kullanılırsa kullanılsın hidrolik akışkan ile temas edecek yüzeylerin  
temiz ve kuru olduğundan, herhangi bir şekilde yabancı madde bulunma-  
dığından emin olmak gerekmektedir. Gzc kirliliği bulunan hidrolik  
sistemin temizliği için eski hidrolik akışkan boşaltılır ve yerine

temiz hidrolik akışkan doldurulur.

### 3.3.8. Hava kirliliği

Hidrolik sistem elemanlarının montajı veya sökülmesi esnasında, hidrolik hatlar ayrıldığında sisteme hava girmesi kaçınılmazdır. Ayrıca hidrolik sistemlerin onarım ve denemesi için kullanılan yer destek teçhizatı da sisteme hava girmesine yol açabilir. Hareket vericiler üzerindeki contalarla, depo piston contalar sistemin çalışması sırasında bir miktar havanın sisteme girmesine sebep olurlar. Bakım sırasında yapılan hatalar, örneğin filtre değişimlerine filtre yuvalarının hidrolik akışkanla doldurulmaması sisteme hava karışmasına sebep olur. Hidrolik sistemlerde çok iyi düzenlenmiş hava tahliye sistemleri olmasına rağmen sisteme giren havanın büyük bir kısmı sistem içinde kalır.

Yüksek performanslı jet uçaklarının hidrolik sistemlerinde hava bulunması kesinlikle istenmeyen bir durumdur. Hidrolik sistem içerisindeki hava hidrolik yağın sıkıştırılabilirliğini arttırdığı gibi sistemin tutuk, darbeli, gürültülü çalışmasına da yol açar. Havanın sistem içerisinde sıkışması ısıyı artıracığından oksitlenmenin hızlanmasına yol açar. Sıkışma ve genişleme özelliği olan hava hidrolik pompaların giriş bölümünde genişler, çıkış bölümünde ise patlamaya neden olur. Bu patlamalar oyulma şeklinde aşınmaya yol açarak sistemde çok çeşitli arızaların meydana gelmesine yol açar.

Sistemde hava bulunduğunu gösteren pek çok belirti vardır. Belirtiler önemsiz veya ciddi arızalar şeklinde olabildiği gibi bazen öldürücü de olabilir. Sistemde hava bulunduğunu gösteren tipik arızalardan bir kısmı aşağıda olduğu üzeredir (4).

1. Hidrolik sıvının elastikiyeti ve sıkışabilirliğinin artması sonucu komandaların geç cevap vermesi,
2. Sistemin çalışmasında tutukluk ve ani hareketler meydana gelmesi,

---

(4) Uçak hidrolik sistem ve hidrolik yer destek teçhizatı kirlilik nedenleri, önlemler ve analiz el kitabı, HKEK 66-214

3. Sistem hassasiyetinde azalma,
4. Pompaların çalışması için daha fazla güce ihtiyaç duyulması,
5. Hidrolik sıvı sıcaklığının artması,
6. Pompa hücrelerinde ve valf duvarlarında oyulma şeklindeki bozukluklar,
7. Sistemin tam basınç değerine ulaşamaması,
8. Pompalarda, servo valflerde ve ölçme orifislerinde erozyon meydana gelmesi.

#### 4. SABİT KANATLI HAVA ARAÇLARININ HİDROLİK SİSTEMLERİNDE KİRLİLİK TESBİT YÖNTEMLERİ

Sabit kanatlı hava araçlarında hidrolik akışkan açılır, kapanır iniş takımlarının geliştirilmesinde kanat flaplarında; pervane hat ve kumandasında, tekerlek fren tertibatında ve amortisörlerde kullanılır. Kullanılan hidrolik akışkanın kirliliği; akışkan içindeki herhangi bir yabancı maddenin varlığı nedeniyle hidrolik sistem performansının ve güvenilirliğinin azalmasıdır. Kirlilik; hidrolik akışkanın kullanımından kaynaklansa dahi bakım usullerinin geliştirilmesi, gelişmiş filtre ve filtre elemanları kullanılması kirlenmeye yol açan ana sebebin ortadan kaldırılmasıyla önlenebilir. Hidrolik akışkanın kirlilik seviyesini tesbit etmek için eğitilmiş personele, pahalı teçhizata ve laboratuvar analizlerine ihtiyaç vardır. Sabit kanatlı hava araçlarının hidrolik sistemlerindeki kirliliği birkaç değişik metodla tesbit edilebilir (4). Bunlar:

1. Otomatik cihazlarla yapılan parçacık sayma metodu,
2. Gravimetrik metod: Hidrolik akışkan içersinde gözümlenemeyen kirletici maddelerin tesbit edilmesidir.
3. Patch test metodu: Bu metod; membran filtreler üzerinde toplanan kirletici parçacıkların sayılarının belirlenmesini içerir. Hidrolik akışkanın kirlilik durumunun kısa sürede tesbit edilmesi için kullanılan bir yöntemdir.
4. Hidrolik akışkandaki metalik ve lif kirliliklerin kimyasal yolla tesbiti.

Hava araçları hidrolik sistemlerinde görülen kirler genellikle katı olanlardır ve parçacık kirlenmesi olarak isimlendirilirler. Hidrolik akışkanın kirlilik derecesi; örnek alınan 100 ml akışkan içersindeki belirli büyüklükteki parçacıkların sayısı ile ifade edilir. Tablo 4.1'de her kirlilik sınıfı için kirlilik limitleri belirtilmektedir. Burada 5 mikron veya daha büyük parçacıkların boyut limitlerine göre 100 ml akışkandaki parçacık sayısı tesbit edilir. Tablo 4.2'de Türk Hava Kuvvetleri envanterindeki sabit kanatlı hava

---

(4) Uçak hidrolik sistem ve hidrolik yer destek teçhizatı kirlilik nedenler, önlemler ve analiz el kitabı, HKEK, 66-214.

Tablo 4.1. Parçacık büyüklüğüne göre hidrolik sistem kirlilik limitleri ( 4 )

Mikron olarak parçacık büyük- lüğü	S I N I F													
	00	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5 ila 15	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	32000	64000	128000	256000	512000	1.024000
15 ila 25	22	44	89	178	356	712	1425	2850	5700	11400	22800	45600	91200	182400
25 ila 50	4	8	16	32	63	126	253	506	1012	2025	4050	8100	16200	32400
50 ila 100	1	2	3	6	11	22	45	90	180	360	720	1440	2890	5760
100'den büyük	0	0	1	1	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024

( 4 ) Uçak hidrolik sistem ve hidrolik yer destek teçhizatı kirlilik nedenleri, önlemler ve analiz el kitabı, HKEK: 66-214

Tablo 4.2 Sabit kanatlı hava araçları hidrolik kirlilik sınıfları ( 4 )

UÇAK TİPİ	KİRLİLİK SINIFI	MİNİMUM SU MİKTARI PPM
F-100	8	200
F/TF-104 G/S	8	200
CF-104/D	8	200
F/RF-4E	8	200
F/RF-5A/B	8	200
T-33A	8	200
T-33 MKIII	8	200
T-37C	8	200
T-38A	8	200
<b><u>TEST CİHAZLARI</u></b>		
Brock	6	200
Greer	6	200
5TTU228/E-10	6	200
6MJ2H-1	6	200
7A/M27T-2	6	200
LOTYPÉ 0-6	6	200
12 MK3	6	200

(4) Uçak hidrolik sistem ve hidrolik yer destek teçhizatı kirlilik nedenleri, önlemler ve analiz el kitabı, HKEK 66-214



araçları için müsaade edilen maksimum kirlilik sınıfları gösterilmektedir.

#### 4.1. Hidrolik Akışkan Numuneleri

Numune olarak alınan hidrolik akışkan içersinde limit harici su bulunup bulunmadığı kolaylıkla tesbit edilebilir. Numune alındıktan sonra normal oda sıcaklığına gelinceye kadar bekletilir. Sonra ağzı sıkıca kapalı şişe veya cam kavanoz içersinde bulunan hidrolik akışkan iyice sallanır. Eğer hidrolik akışkan içersinde su varsa şişe içersindeki numune bulanık ve pembemsi bir görüntü verir. Bu durumda numune alınan hidrolik sistemdeki akışkan boşaltılarak temizlenir. Bu tür bir deneme ile içersinde normalden fazla su bulunduğu tesbit edilen hidrolik akışkan için normal laboratuvar analiz sonuçları beklenmeden sistem temizlenmelidir.

##### 4.1.1. Numune alma teknikleri ve önemi

Hidrolik akışkanın kirlilik analizinde; hidrolik numune alındığı sistemi çok iyi temsil etmelidir. Bu amaçla numune alınırken aşağıda belirtilen tekniklere dikkat edilmesi gereklidir (6).

1. Numune; sistemden test cihazına veya sistemden hidrolik pompaya, hidrolik akışkanın geçtiği dönüş hattından alınmalıdır (Şekil 4.1).

2. Numune alınmadan önce tüm hidrolik sistem kumandaları hareket ettirilmelidir. (Uçuş kumandaları, iniş takımları vb.)

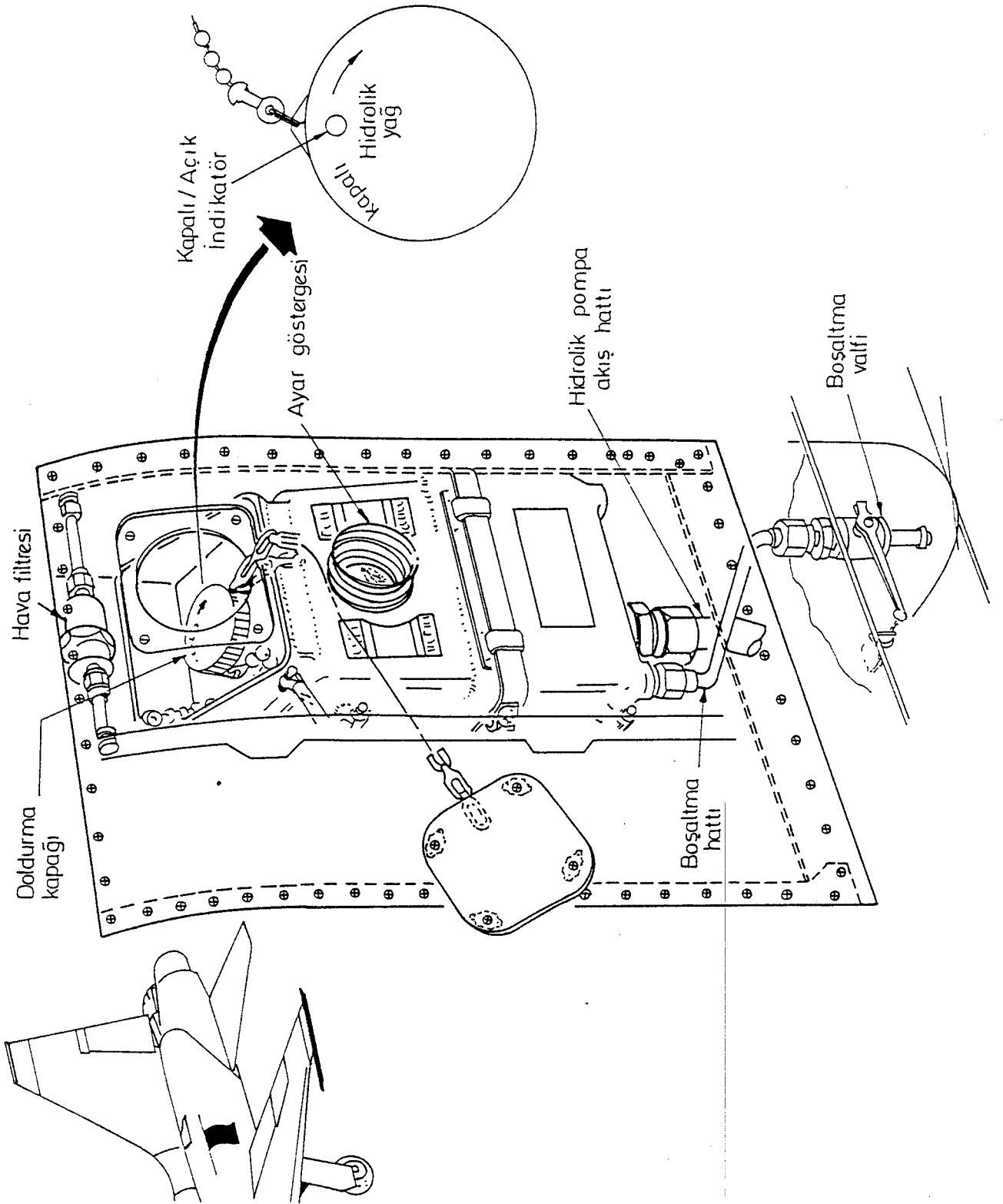
3. Uçuş sonrası, motor durdurulduktan sonra 1/2 saat içinde alınmalıdır.

4. Numune alınacak bölge kesinlikle çok iyi temizlenmelidir.

5. Uygun kaba numune alınmadan önce bir kısım hidrolik akışkan (yaklaşık 1/2 litre) boşa akıtılmalıdır.

---

(6) Aeronautical Equipment Arm Oil Analysis Program, Headquarters, Department of the Army, Washington. D.C., 24 Apr. 1981



Şekil 4.1. Uçaktaki hidrolik akışkanın alım noktası (7)

6. Kaba 1/2 litre numune alındıktan sonra, kapağı emniyetli bir şekilde hemen kapatılmalıdır. Sızdırmazlık için kapak altına konacak naylon vb. cisimler aksine tesir yaratacağından kesinlikle kullanılmamalıdır.

7. Numune etiketi kaba tesbit edilmelidir (EK-3).

8. Kab tekrar naylon torbasına sarılmalıdır.

9. Test cihazlarında numuneler aynı esaslar dahilinde depo altındaki boşaltma hattından alınmalıdır.

#### 4.1.2. Numune alma süreleri

Hava araçlarında hidrolik akışkan numuneleri aşağıdaki şartlardan hangisi daha önce oluşursa, o zaman alınır.

1. Hava araçları periyodik bakımlara girişlerinde,
2. Hidrolik sistemden kaynaklanan bir uçak olayında,
3. Hidrolik pompa arızalarından sonra pompa, pompaların değiştirilmesine takiben,
4. Periyodik bakımı takiben.

Hidrolik test standlarında ise hidrolik numuneler; test standlarının periyodik bakımlarından önce ve hidrolik numunesi kirli çıkan hava araçlara hidrolik test verildiğinde alınarak analize gönderilmelidir. Hidrolik numune analizleri kirli çıkan uçak veya test standlarında temizleme işleminden sonra numune alınarak tekrar analiz edilmelidir.

#### 4.2. Otomatik Parça Sayıcısı İle Hidrolik Akışkanın Kirlilik Analizi

Hava araçlarının hidrolik sistemlerindeki partikül kirliliğinin tayini için otomatik partikül sayıcı kullanılır. Uçak hidrolik sistemlerindeki modern gelişmeler ve artan karışıklık, kullanılan hidrolik akışkanlardaki temizlik standartları için büyük zorlukları da beraberinde getirmiştir. Çok küçük miktarlardaki partikül kirliliği; sistem arızaları ve partikül ölçüleri arasındaki ilişkiye bağlıdır. Bu nedenle kirlilik seviyelerinin ölçümü; her yüz mililitrede spesifik ölçü sınırları içerisinde bulunan partikül sayısı ile gerçekleştirilmiştir.

Hidrolik akışkan içerisinde kirlilik seviyesinin tayin edilmesinde kullanılan, akışkanın ince filtreler boyunca filtre edilmesi ve zarların ışık mikroskopisi ile partikül sayısı cinsinden incelenmesi metodu çok zaman alıcıdır ve tekrar edilebilirlik özelliğine sahiptir. Bu nedenle otomatik sayıcı (model 4100) kullanılması daha elverişlidir. Cihaz, ayda 400-500 örnek alma özelliğine sahiptir.

#### 4.2.1. Operasyon ilkeleri

Hidrolik numune; otomatik partikül sayıcısı içinde bulunan akışkan geçiş hattından akar ve safir rengi bir pencereden geçer. Tungstenen yapılmış lambadan gelen ışık pencere tarafından paralel bir ışık şuası oluşturulur ve foto dedektöre yönlendirilir. Her partikül pencereden geçerken bir ışık şuası (ışın) bölümünü ölçüsüne göre kesintiye uğratar. Bu voltajda partikül ölçüsü ile orantılı olarak spesifik bir redaksiyona (puls) sebep olur. Makina puls sayımlarını altı ölçü halinde verir.

#### 4.2.2. Kullanılan cihazlar

1. Otomatik partikül sayıcı
2. Sensör başlık asamblesi
3. Baskı kontrol
4. Otomatik baskı
5. Polypropilen vida başlıklarıyla tutturulmuş örnek şişeler
6. Freon T.F. (Etriklorotriflor etan)
7. Temiz Freon T.F.'nin otomatik dağıtımını sağlayan asamble
8. Test esnasında örnek şişesine toz partiküllerinin girmesini önlemek için 0,45 mikron ölçüsündeki deliklere sahip membran (zar) filitrelerinden oluşan hava filtre asamblesi

#### 4.2.3. Cihazların özellikleri

##### HIAC/ROYCO model 4100

HIAC/ROYCO model 4100 cihazı; partikül sayıcı olarak tesis edilmiş mikro işlemcidir. Yüksek hız sağlayarak belirli partikül boyuna göre sıvı veya hava içinde bulunan materyallerin sayımı hakkında bil-



Şekil 4.2. Model 4100 partikül sayıcı ve Model ABS cihazları (3)

---

(8) Fluid Contamination Analysis by the HEAC Automatic Particle Counter, QETE project, May, 1972

gi verir. Ön panel üzerindeki anahtarlar vasıtasıyla birbirinden etkilenmeyecek şekilde ayarlanmış altı partikül boyu miktarları üzerinde bilgi elde edilebilir. Cihaz kümülatif tarzda olduğu zaman her bir kanal başlangıçtan daha büyük partikül sayar.

#### Model ABS (Otomatik şişe önleyicisi)(3)

HIAC/ROYCO partikül sayacı ile model ABS beraber çalışır. ABS; hidrolik numune hacmi üzerinde partikül ölçümü istendiği zaman kullanılır. Farklı numuneler için dizayn edilmiştir ve viskozitesi yüksek sıvılar için başarı ile kullanılır. Hem ABS ile partikül sayma sistemi sabit hacimli numunelerden gerekli bilgileri toplar, hem sayıcıdaki start/stop sinyallerinin oluşumuna göre alıcı içinden geçen belirli hacimli numunenin ölçümünü sağlayabilir. Ölçülen hacim volümeter üniteleri üzerindeki dedektörlerin foto elektrik seviyelerine göre ayarlanır. Ölçme sistemi 10 ile 120 ml arasındaki hacimlerin seçilmesine elverişlidir.

Cihazın önemli özellikleri şöyle sıralanabilir:

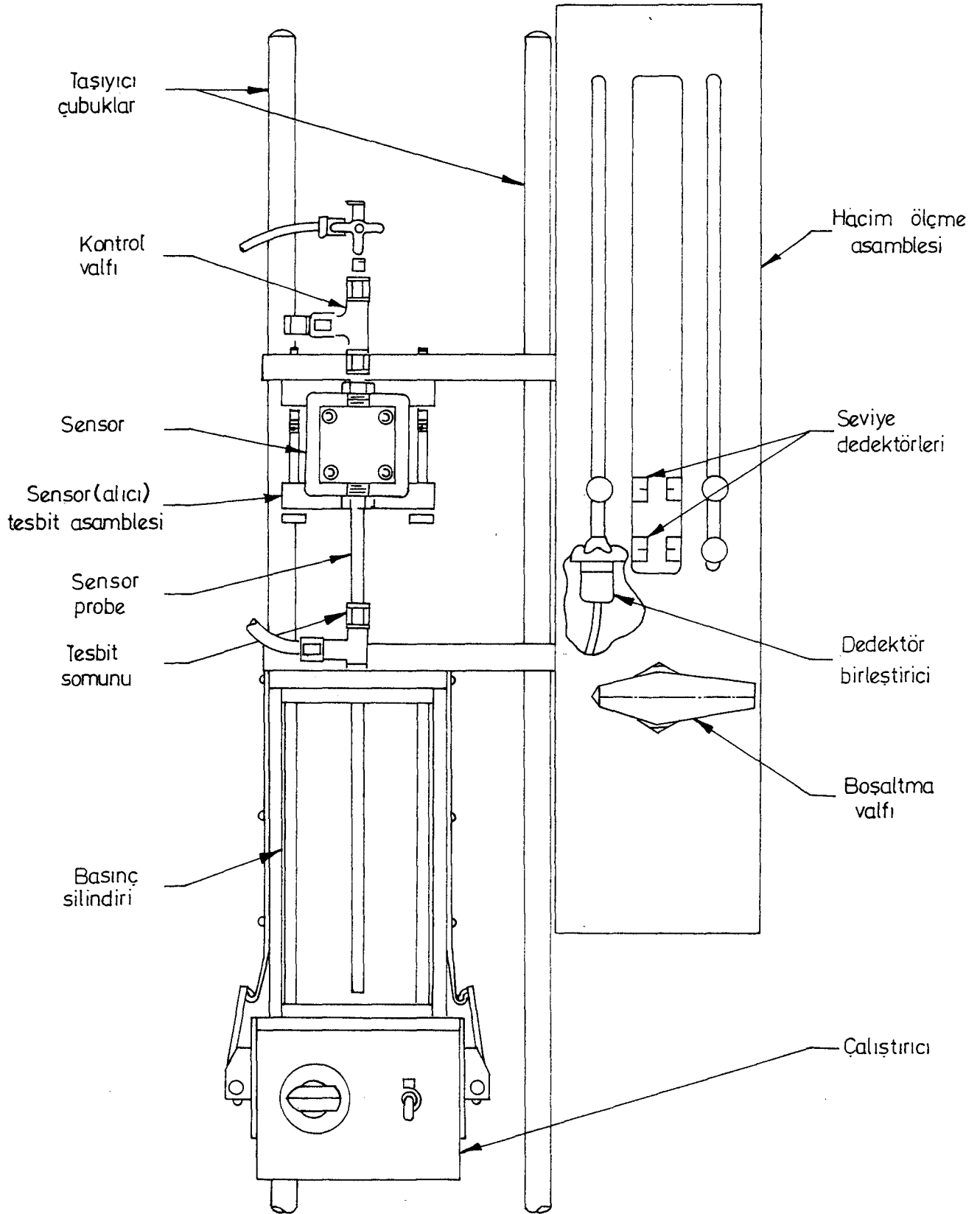
1. Çok yönlüdür. Numune hacimleri (10-120 ml) ve viskozite sınırları geniştir.
2. Hava kaçağına karşı vakumludur.
3. Kirlilik yoğunluk seviyeleri için hacim ölçer.
4. Otomatik veya elle kumanda edilebilir.
5. 10-20 psi arasındaki basınçlarda kullanılır.

#### 4.2.4. Numunelerin hazırlanması

Bütün numuneler için başlangıçta su veya katı partikül kontrolü yapılır. Eğer görünür herhangi bir partiküle rastlanırsa alıcı başlık büyük partiküller tarafından bloke edileceğinden örnekler iptal edilmelidir. Bütün su kabarcıkları katı partikül olarak değerlendirileceğinden yüksek miktardaki su kirleticisi çok fazla

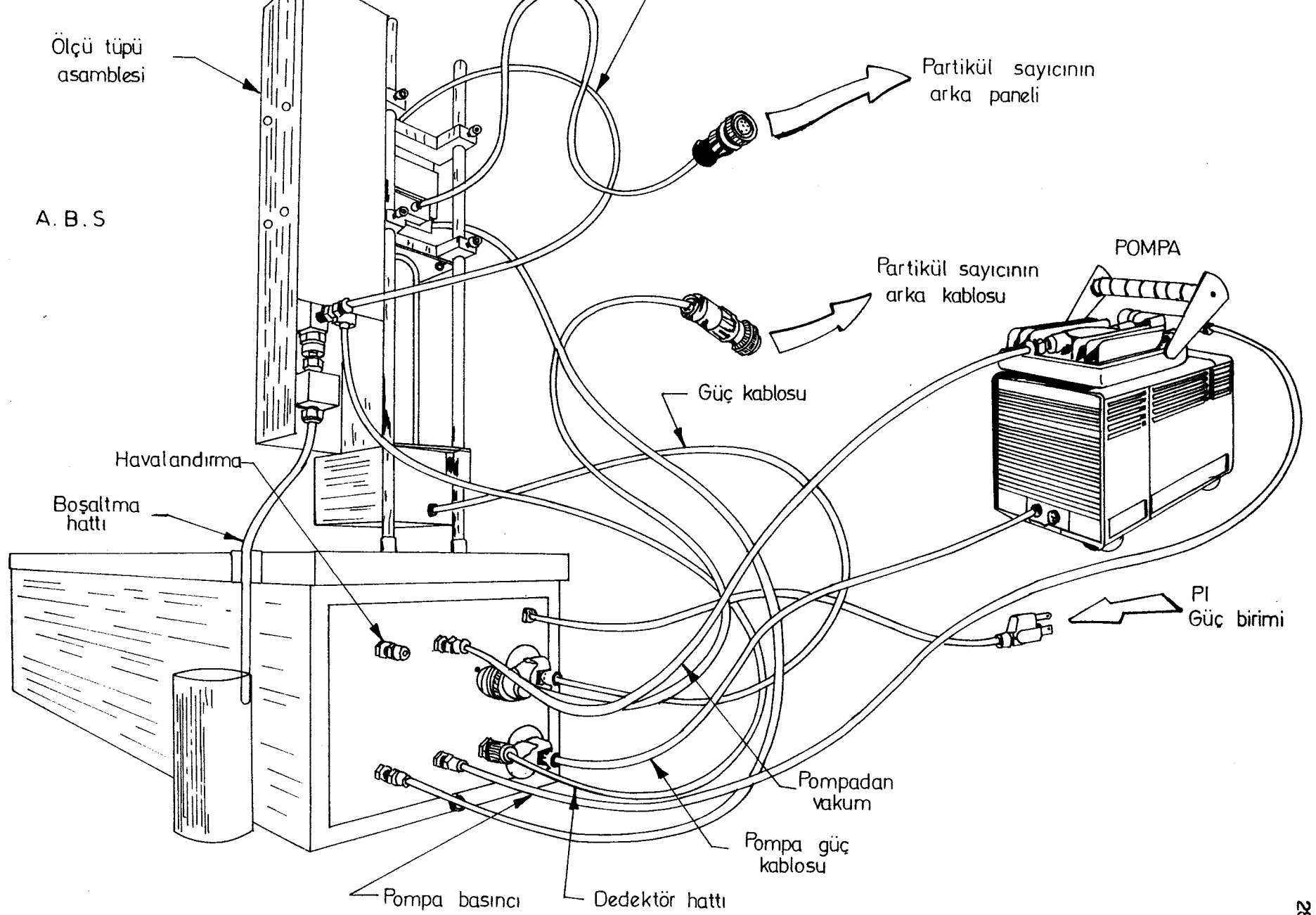
---

(3) Fluid Contamination Analysis by the HIAC Automatic Particle Counter, QETE Project, May 1972



Şekil 4.3 A.B.S Cihazının ölçüm bölümünün şematik gösterimi (8).

(8) Fluid contamination Analysis by the HIAC Automatic particle Counter, QETE project, May 1972



Şekil 44 A.B.S Blok sisteminin şematik gösterimi



sayım yapılmasına sebep olur. Homojen partikül dağılımının sağlanması için üç değişik metod gözönüne alınabilir.

1. Numune şişesinin elle sallanması: Bu metod, pratik olarak kabul edilmez. Çünkü sallamadan sonra numune çok fazla sayımla sonuçlanacak miktarda hava kabarcığı ihtiva edecek hale gelir.

2. Ultrasonik karıştırma: Büyük partiküllerin, küçük partiküllere ayrışması olasılığı sebebiyle bu metod benimsenmez.

3. Numune manyetik bir karıştırıcıdan teflon kaplamalı manyetik bir çubukla karıştırılır. Yaklaşık on dakikalık bir karıştırmadan sonra numune tamamen homojen hale gelir. Bu metodun dezavantajı demir gibi manyetik partikülleri toplamaya yönelik olmasıdır. Bununla birlikte uçak hidrolikleri manyetik olmayan partiküller ihtiva ettiğinden bu metod en pratik olanıdır.

#### 4.2.5. HIAC sayıcısının dezavantajı

HIAC sayıcısının en önemli dezavantajı şoka karşı çok hassas olması gösterilebilir. Ünitelerin bulunduğu tablaya dokunmakla yaratılacak titreşim kanal atlamasıyla sonuçlanabilir. Bu nedenle bütün örnekler iki defa sayılır.

#### 4.3. PATCH metoduyla kirlilik tesbiti

ARP-598A (Aerospace Recommended Practice) parçacık sayma metodu; membran filitre ile hidrolik numunelerinde partikül kirliliğinin sayımı ve büyüklüklerini ayırmak için yapılacak işlemleri kapsar. Belirli hacindeki hidrolik akışkan numunesi membran filitre vasıtasıyla süzülür. Partikül kirliliği membran filitre üzerinde toplanır. Kalan kirlilik büyüklüklerine ayrılır ve mikroskopik analiz ile sayılır.

##### 4.3.1. Kullanılan malzemeler

Pacth metodu ile parçacık kirlilik tesbitinde aşağıda belirtilen malzemelere ihtiyaç duyulmaktadır.

1.  $\emptyset$  47 mm, 0.45 mm membran filitre, beyaz renkte ve  $3.10 \pm 0.02$  mm merkezinde baskılı ızgara.

2.  $\emptyset$  47 mm, plastik veya cam petri dish.

3. Küçük ağızlı, vida kapaklı numune hacmini belirlemek için kalıcı işaretli cam şişeler (100 ml hacimli).

#### 4.3.2. Filtre cihazı

Filtre cihazı şu özelliklere sahip olmalıdır.

1. Huni, filtrasyon alt deliğinin iç çapı yaklaşık 35 mm olmalıdır.
2. Membran filtre desteğinde ya ısıtılmış cam, ısı veya basınçla yapıştırılmış metal parçaları, ya da paslanmaz çelik kafes kullanılır.
3. Huni tutma aleti.
4. Yabancı kirlielikleri önlemek için huni kapağı.
5. Minimum 18 inç'lik civalı vakum.
6. Vakum kabı.
7. Dişsiz uçlu pensler.
8. Yıkama kabı.

#### 4.3.3. Parçacık sayma cihazı

Aynı anda tek veya çift gözle bakılabilen mikroskop kullanılır. Objektif minimum 0.15 delikli, mercekle 15X'den büyük olmamalıdır. 50-10X ve 100-10X büyütme vermek için objektif ve merceğin birleştirilmesi gereklidir. Mekanik bölüm membran filtresinin tüm alanına geçme kabiliyetindedir. Mikroskop ışığı, dağ odaklı, eğik ışık (alttan) vermek için dağtan ayarlanabilir. Bu sayma yönteminde 5000-6000 f.t-c'lik aydınlatma sağlar. Ayrıca 0.1 mm ve 0.01 mm bölümlü hademeli mikrometre kullanılır.

#### 4.3.4. Numunelerin hazırlanması

Standart numuneler, 100-5 mm olmalıdır. Bu hacindeki parçacık sayısı 100.000'den fazla veya 500'den az olduğunda numune hacmi değişebilir. 500'den az parçacık sayımı için, numune hacmi 200 ml olmalıdır. 100.000'den fazla parçacık sayımı için, numune hacmi uygun parçacık ayırımına izin vermek için azaltılabilir. Numune filtrasyonu aşağıda belirtildiği şekilde yapılabilir.

1. Pens kullanarak, membran filitre çıkarılır ve filitre edilmiş sıvı ile yıkanır.
2. Filtre desteğe yerleştirilir, huni indirilir ve tutma aletleri ile sağlamlaştırılır.
3. Yıkama yerinde şişe içine test edilecek sıvı hacmine eşit filtre edilmiş sıvı konur ve çalkalanır.
4. Huni kapağı kaldırılır ve şişenin içindeki huniye boşaltılır.
5. Yaklaşık olarak 50 ml yıkama sıvısı şişe içine dökülerek çalkalanır.
6. Şişenin içindeki sıvı huni içine boşaltılır ve huni kapağı kapatılır.
7. Vakum açılır ve yaklaşık 50 ml kalana kadar numune filtre edilir.
8. Kapak kaldırılarak huni çeperleri yıkanır ve kapak tekrar kapatılır.
9. Numune kuruyana kadar filitre edilir.
10. Pens kullanarak membran petri dish'e yerleştirilir. Membran mikroskop incelemesi için hazırdır.

#### 4.3.5. Parçacıkların sayılması

Parçacık boyutu en büyük boyutunun ölçülmesiyle belirtilir. Boyut limitleri; 5-15, 15-25, 25-50, 50-100 ve 150 mikron mertebindedir.

Numune mekanik bölüme yerleştirilir. Membran grid çizgilerinin ( x ) Üzerinde gerekli büyütme odak noktası seçilir. Petri dish, grid çizgilerinin yatay ve dikey eksenlerle bir hizaya gelinceye kadar döndürülür. Işık odaklanır, maksimum parçacık tanımlamasını elde etmek için şiddet ve açı ayarlanır. Önerilen açı yataydan

---

(x) Grid, kesişen yatay ve dikey hatlar sistemidir.



Şekil 4.5. Numunedeki parçacıkların mikroskofta tesbiti

15-45° derecelik açıdır. Parçacıkların rastgele dağılımlarını belirlemek için yüzey taranır. Eğer membran filtrasyon alanından kenarları dışında düzensiz dağılım veya daha çok parçacık konsantrasyon halkaları gösteriyorsa istatistiksel sayma işlemi kullanılmaz. Bu durumda analiz tekranlanmalıdır.

Bu işlem, 0,5 mikron ve daha büyük parçacıkların sayımı ve boyutlama metodunu tanımlar. Verilen parçacık boyut limitlerindeki parçacıkların toplam sayısı 1 ve 50 arasında tahmin ediliyorsa, tam etkili filtre alanı üzerindeki parçacıkların sayısı sayılır.

Parçacıkların toplam sayısı 50-1000 arasında tahmin ediliyorsa, rastgele seçilen 20 grid karesindeki parçacık sayısı sayılır ve toplam istatistiksel parçacık sayımını elde etmek için bu sayı beş ile çarpılır.

Toplam sayı 1000-5000 arasında tahmin ediliyorsa rastgele 10 grid karesindeki parçacıklar sayılır ve bu sayı 10 ile çarpılır.

Toplam sayı 5000'ini aşıyorsa rastgele seçilen en az 10 birim alandaki parçacıklar sayılır ve toplam istatistiksel sayıma erişmek için 10 veya daha fazla birim alanda sayılan parçacıkların toplamı kalibrasyon faktörü ile çarpılır. Membran filtrasyon alanı için, "Gating" (x) ile her boyut limit için her bölgede parçacıkların sayısı sayılır ve parçacıklar geçerken merceksel mikrometre ile her boyuttaki parçacık sayısı ölçülür.

#### 4.3.6. Parçacık sayma hesapları

Her limit için toplam parçacık sayımı aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$\text{Toplam sayı} = \frac{A}{F_n \times F_a} \times P_t \quad (4.1)$$

---

(x) Gating: Referans noktasından başlayan ve sistematik şekilde tüm filtrasyon alanını geçiren bir tekniktir.

A = Membran filtrasyon alanı (normal olarak 960 mm<sup>2</sup>)

F<sub>n</sub> = Sayılacak alan sayısı

F<sub>a</sub> = Bölgenin alanı (mm<sup>2</sup>)

P<sub>t</sub> = F<sub>n</sub> bölgesi veya birim alandaki parçacık sayısı

$$\text{Parçacık sayısı} = \frac{\text{Parçacık}}{100 \text{ ml}} \quad (4.2)$$

Kalibrasyon faktörü: Etkili filtre alanı/toplam sayılacak alan olarak tanımlanır ve aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$F = \frac{960}{3.08 \times L \times N} \quad \text{veya} \quad F = \frac{312}{L \times N} \quad (4.3)$$

F= Kalibrasyon faktörü

N= Sayılacak temel birim alan sayısı

L= Merceksel mikrometre skalasının kalibre edilmiş uzunluğu (mm)

0.08= Grid karesinin kenarı (mm)

#### 4.4. Hidrolik Akışkandaki Metalik ve Lifli Kirliliklerin Tesbiti (9)

Bu test metodu; dokuz metalik elementlerin (alüminyum, kadmiyum, krom, bakır, demir, magnezyum, molibden, nikel ve gümüş) ve altı çeşit genel liflerin (pamuk, sentetik, naylon, orlon, suni ipek kumaş ve yün) tesbit işlemlerini içerir. Damla test metodları, lifli süzgeçler ve kimyasal mikroskopik teknikler kullanılarak hidrolik akışkandaki kirliliğin tesbiti için uygulanır.

Hidrolik akışkan numunesinin filtrasyonu ile, 40X büyütmeli optik muayene altında mevcut partiküller tek tek tanımlanır. Her bir numune farklı kimyasal belirteçler ile karıştırılarak tahlil

---

(9) F314, Test metod For Identification of Metallic and Fibrous Contaminants in Aerospace Fluids, Annual Book of ASTM Standards, Vol 15.03

edilir. Numune stereoskopik mikroskop altında incelenir ve verdiği renge göre içindeki metalik element tesbit edilir.

#### 4.4.1. Metalik elementlerin tesbiti (9)

##### Aluminyum

**Damla Test Metodu:** Hidrolik akışkandaki alüminyumun tesbitinde belirteç olarak doymuş sodyum asetat eriyiği ( $\text{Na-C}_2\text{H}_3\text{O}_2$ ) kullanılır. Filtre içine asitik asit eriyiğinin bir damlası ilave edilir. Sonra bir damla  $\text{Na-C}_2\text{H}_3\text{O}_2$  eklenir. Elde edilen karışım kuvarts mineralli lamba altında bakıldığı zaman, yeşil ışık şeklinde alüminyumun varlığı tesbit edilir.

**Mikroskopik Kimyasal Metod:** Belirteç olarak amonyum molibden eriyiği ( $(\text{NH}_4)\text{MoO}_4$ ) kullanılır ve 100 ml suda 5gr amonyum molibden çözünür. 35 ml nitrik asit ( $\text{HNO}_3$ ) ilave edilir. Mikroskop slaytı üzerindeki  $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$  belirteçine numunenin bir damlası ilave edilir. Karışım ısıtılır ve soğuması için bırakılır. Amonyum molibden içinde alüminyum renksiz, saydam plaka şeklinde kendini gösterir.

##### Kadmiyum

**Damla Test Metodu:** Sodyum hidroksit ( $\text{NaOH}$ ) belirteç olarak kullanılır. Filtre kağıdı veya spot plakasına bir damla numune ve  $\text{NaOH}$  eklenir. Karışımında kadmiyumun görüntüsü parlak sarı renktedir.

##### Krom

**Damla Test Metodu:** Belirteçler, benzin ve hidrojen peroksit ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) dir. Filtre kağıdı üzerine bir damla numune yerleştirilir. Bir damla benzin ve  $\text{H}_2\text{O}_2$  ilave edilir. Karışımında krom mavi renkte gözükür.

---

(9) F314, Test metod For Identification of Metallic and Fibrous Contaminants in Aerospace Fluids, Annual Book of ASTM Standards, Vol 15.03

Mikroskopik Kimyasal Metod: Bir damla numune üzerine, nitrik asit ( $\text{HNO}_3$ ) ve gümüş nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ) dan birer damla damlatılır. Karıştırılarak mikroskop altında bakıldığı zaman kromun mevcudiyeti koyu kırmızı kristallerle ve siyah ince çubuklarla anlaşılır.

### Bakır

Damla Test Metodu: Amonyum hidroksit ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) ve rubeanic asit belirteç olarak kullanılır. Filtre kağıdı üzerine numunenin bir damlası yerleştirilir. Bir damla  $\text{NH}_4\text{OH}$  ve rubeanic asit ilave edilir. Siyah veya zeytin renk mevcut bakır konsantrasyonuna bağlı olarak gözükür.

Mikroskopik Kimyasal Metod: KCNS; hidrolik numunesinde bakır elementinin tesbiti için belirteç olarak kullanılır. Bir damla numune içine bir damla KCNS ilave edilir. Karışım mikroskop altında bakıldığı zaman yeşilimsi, sarı, yosunlu veya prizmatik kristaller görünür.

### Demir

Damla Test Metodu: Belirteç olarak doğmuş sulu potasyum ferrosiyanit eriyiği ( $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ ) hazırlanır. Bir damla numune içine bir damla  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  ilave edilir. Potasyum ferrosiyanit ile koyu lacivert renk şeklinde oluşan demir iyonları tesbit edilir.

Mikroskopik Kimyasal Metod: Belirteç, doymuş potasyum ferrosiyanit ( $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ ) dir. Belirteç hidrolik numunesine karıştırılır. Demir karışım içinde çökelti şeklinde gözükür.

### Magnezyum

Mikroskopik Kimyasal Metod: Belirteçler; amonyum klorit, amonyum hidroksit ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ), disodyum-hidrojen fosfat ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) dir. Bir damla  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , yoğunlaşmış hidrolik akışkan numunesi ve amonyum klorit eriyiği ilave edilir. Karışım yavaşça asatılır. Sonra bir damla yoğunlaşmış amonyum hidroksit ilave edilir. Eğer magnezyum mevcut ise mikroskop altında bakıldığında çökelti görülür.



### Molibden

**Damla Test Metodu:** Diphenylcarbaziide belirteç olarak kullanılır. Bir damla numune içine Diphenylcarbaziide ilave edilir. Karışımında mevcut molibden menekşe renginde gözükür.

**Mikroskopik Kimyasal Metod:** Belirteçler, KCNS ve quinoline'dir. Test için, 1+1 oranında quinoline ve doymuş KCNS eriyiği karıştırılabilir veya belirteçler ayrı muhafaza edilebilir. Bir damla quinoline ve bir damla numune karıştırılır. Sonra bir damla KCNS eklenip kristalleşmesi için beklenir. Mikroskop altında incelendiğinde küçük koyu dentridler şeklinde molibden görünmelidir.

### Nikel

**Damla Test Metodu:** Belirteçler; doymuş amonyum hidroksit ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) Dimethylglyoxime eriyiği, sodyum karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) ve sodyum tartardır. Filtre kağıdı üzerine bir damla Dimethylglyoxime ve numune yerleştirilip  $\text{NH}_4\text{OH}$  ilave edilir. Mevcut nikelin düşük konsantrasyonlarını meydana çıkarmak için sodyum tartardan bir damla ve  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  eklenmelidir.

**Mikroskopik Kimyasal Metod:** Belirteçler, amonyum hidroksit ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) ve Dimethylglyoxime'dir. Hidrolik akışkan numunesinin bir damlasına,  $\text{NH}_4\text{OH}$  ve Dimethylglyoxime ilave edilir. Nikelin varlığı penbe kütleler şeklinde gözükür. Kristallar; düzensiz, kalın gruplar veya ince uzun prizmalar halindedir.

### Gümüş

**Damla Test Metodu:** P-Dimethylamonobenzyliden-Rhodanine ve sodyum asetat ( $\text{Na}-\text{C}_2\text{H}_3$ ) belirteç olarak kullanılır. Filtre kağıdı üzerine bir damla numune ve P-Dimethylamonobenzyliden-Rhodanine ilave edilir. Gümüş, kırmızı menekşe şeklinde gözükür.

**Mikroskopik Kimyasal Metod:** Belirteçler, Nitrik asit ( $\text{HNO}_3$ ) ve sodyum kromat ( $\text{Na}_2\text{CrO}_4$ ) dir.  $\text{HNO}_3$  ile numune karıştırılır. Üç damla su ve bir damla  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$  ilave edilir. Gümüş, kankırmızı ve koyu kristaller şeklindedir.

#### 4.4.2. Liflerin tesbiti (9).

Lifler, aşağıdaki özel tespit boyalarını kullanılarak tespit edilirler. Pamuk, dakron (polyesterden imal edilmiş sentetik bir kumaş) naylon, orlon, rayon (sunî ipekli kumaş) ve yün gibi lifler bu metod ile belirlenir. Bu prosedür liflerin çeşitli tiplerinin karışımı ile uygulanabilir.

##### Belirteçler:

No:4 lif tesbit boyası (%1 sulu eriyik ile) hidrojen peroksit (530)-Doymuş hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ )

Neocarmin B (%1 sulu eriyik)

Neocarmin MS (%1 sulu eriyik)

Neocarmin W (%1 sulu eriyik)

##### Testler:

Pens veya ince iğne ile membran filtreden renksiz lif alınır ve temiz mikroskop cam slayt üzerine konur. Eğer yalnız küçük bir lifin transferi istenirse lifin 40X büyütmeli stereoskopik mikroskop altına yerleştirilir. Liflerin üstüne Neocarmin MS'den 2 damla ilave edilir ve bunsen ısıtıcı ile damla buharlaşmaya kadar dikkatlice ısıtılır. Slayt soğutulur. Pens ile renkli lifler kaldırılır ve yıkama şişesinden su jeti ile fazla boya atılır. Lifler kuruyunca lifin rengine dikkatle bakılır. Önceden verilmiş lif boyaları ile bütün altı tip boyalı lif numuneleri hazırlanır. Belirteçler renk karşılaştırmak için ana standartlardır. Tablo 4.4'de yer alan renkler umulur. Neocarmin M<sub>1</sub>, Neocarmin W ve No.4 tespit boyası ile işlem tekrarlanır.

Boyama işlemi renksiz, temiz lifler üzerinde tamamlanır. Eğer lifler diğer katı partiküller ile karışmışsa optik muayenede tespit edilir veya eğer lifler renkli ise pens kullanarak membran filtreden lif kaldırılır. Pens ile liflerin kaldırılmasıyla katı partiküller ayrılır. Lifler renklenmiş ise, cam slayt üzerine yerleştirilir, 2 ile 3 damla  $H_2O_2$  ilave edilir ve bunsen ocağı üzerinde ya-

---

(9) F314, Test metod for identification of metallic and fibrous Contaminants in Aerospace fluids, Annual Book of ASTM standarts, Vol.1503

vağca ısıtılır. Su ile fazla peroksitler temizlendiğinde lifler beyazlanmazsa deney tekrarlanır.

Tablo 4.3. Liflerin renklere göre tespiti (9).

<u>Boya</u>	<u>Pamuk</u>	<u>Dakron</u>	<u>Naylon</u>	<u>Orlon</u>	<u>İpek kumaş</u>	<u>Yün</u>
No. 4.Boya	Yeşil-Mavi	Sarı-kahverengi	Kırmızı	Bej	Yeşil-Mavi	Kahverengi
Neovarmin B	Eflatun	Beyaz	Penbe	Beyaz	Eflatun	Kırmızı
Neocarmin MS	Eflatun-Mavi	Penbe	Portakal rengi	Sarı	Eflatun	Kırmızı
Neocarmin W	Mavi	Beyaz	Sarı- kahverengi	Sarı	Eflatun	Kahverengi

---

(9) F314, Test metod for identification of metallic and fibrous contaminants in Aerospace fluids, Annual Book of ASTM standarts, Vol 1503

## 5. DÖNER KANATLI HAVA ARAÇLARINA AİT HİDROLİK SİSTEMLERDE KİRLİLİK TESBİTİ

Döner kanatlı hava araçlarının hidrolik sistemlerinde akışkan; helikopterlerin, frenlerinde, amortisörlerde, uçuş kumanda düzenlerinde, hidrolikli damperlerde, burun kapılarında, katlanır paylonlarda yüklenme rampalarında, vinç tertibatlarında hidrolik kavramalarda ve motorların geliştirilmesinde kullanılır. Hidrolik sistem; metal ağırlıklı küçük partiküller üretebildiğinden, hidrolik sistemdeki kirlilik spektrometrik yağ analiz yöntemi ile tesbit edilir. Spektrometrik yağ analiz (SOAP, Spectrometric Oil Analysis Program) metodu ile hidrolik akışkandaki aşınmış metal parçacıklarının miktarı ve kimyasal yapısı belirlenir. SOAP hidrolik akışkan numunesi alınıp, daha sonra numunenin incelenmesine dayanan bir analiz tekniğidir. Akışkan numunesindeki bir elementin uygun olmayan konsantrasyonunun mevcudiyeti sistemin bir parçasında uygun olmayan bir aşınmayı gösterir. Aşınmanın yeri kesin olarak belirlendiğinde sistem büyük bir arıza olmadan önce onarılabilir veya hizmetten çıkarılır.

Spektrometrik yağ analiz metodu ile aşağıda belirtilen elementler tesbit edilebilir.

Demir	(Fe)
Gümüş	(Ag)
Aluminyum	(Al)
Krom	(Cr)
Bakır	(Cu)
Magnezyum	(Mg)
Silikon	(Si)

UH-1, AH-16 ve TH-1G model helikopterlerde hidrolik akışkan içinde belirlenen bu elementlerin miktarları Tablo 5.1'de gösterilmektedir. Hidrolik akışkanda artış gösteren elemente göre hangi sistemin arızalandığı şu şekilde belirtilebilir.

Fe	: Pompa piston pabuş playti, yatak montaj elemanları
Fe-Cu	: Pompa piston silindir gövdesi
Al	: Servo silindir cidarı
Al-Si	: Servo silindir gövdesi ve keçeler

Mg : Pompa yatakları

Hidrolik akışkandaki tebeşir, kirece benzer renk görünümü ile birlikte, Fe-Mg miktarındaki artış, nem ve sistemdeki korozyon belirtisidir. Al ve Si elementlerinin yüksek konsantrasyonu yer test ünitesindeki kirlilik belirtisini gösterir.

Tablo 5.1. Helikopterlerde hidrolik akışkandaki elementlerin miktarı (10)

	Fe	Ag	Al	Cr	Cu	Mg	Si
10 saat çalışma için anormal limit	4		7	2	4	4	9
Normal limit	0-13		0-25	0-5	0-13	0-14	0-30
Klerans aralığı	14-16		26-31	16	13-14	15-17	31-37
Yüksek limit	17-20		32-38	7	15-18	18-21	38-44
Anormal limit	21+		39+	8+	19+	22+	45+

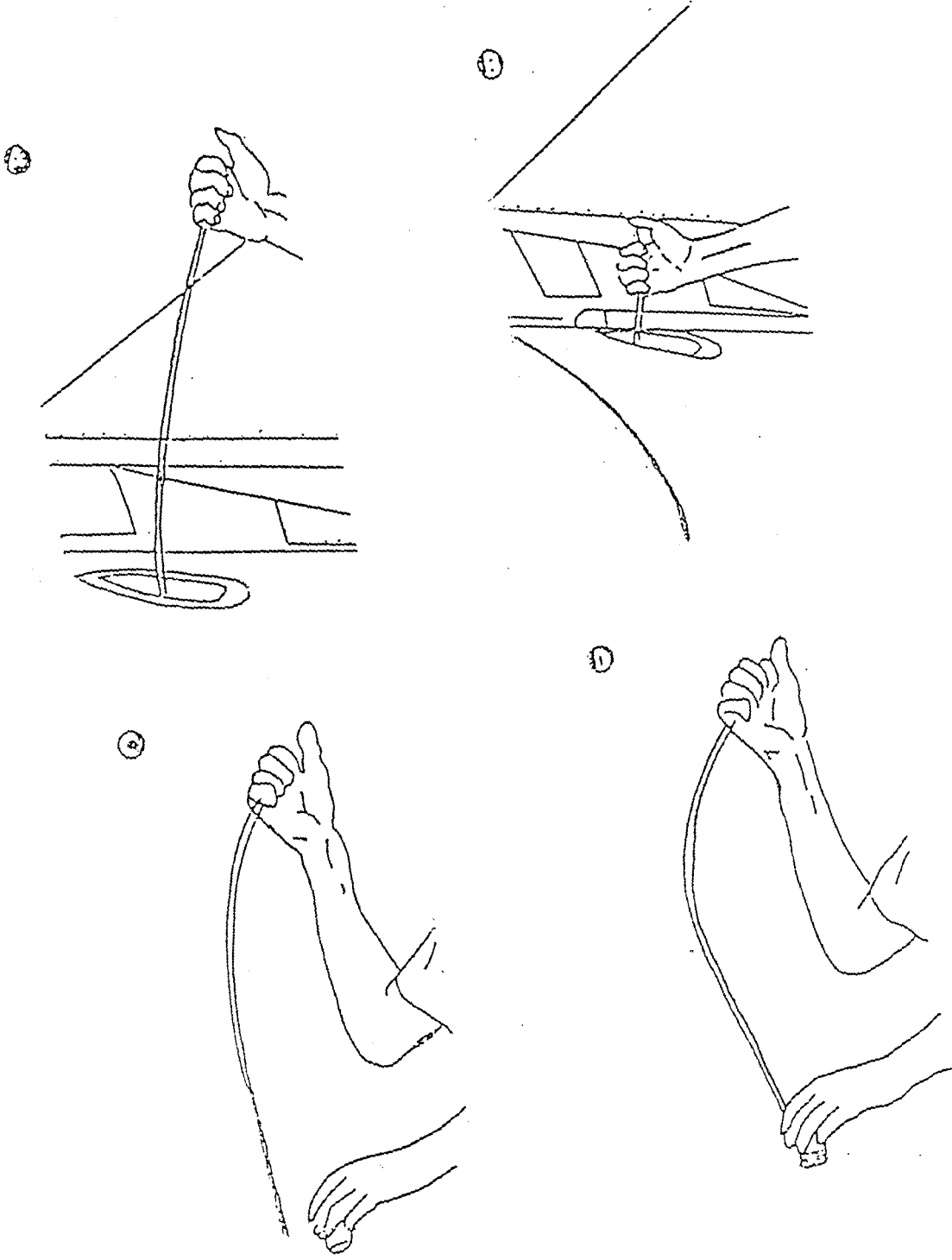
### 5.1. Hidrolik Sistemden Numune Alma

Hidrolik sistemden; 25 saatlik periyotlarda 15 inçx3/8 inç çaplı tüpler vasıtasıyla hidrolik tankı doldurma ağzından numune alınır ve spektrometrik yağ analiz metodu ile numune analiz edilir. Hidrolik sistemden numune alma işlemi; sistem durduktan sonra ilk yarım saat içinde, sisteme hidrolik akışkan ilavesi yapılmadan aşağıdaki şekilde gerçekleştirilebilir (şekil 5.1).

1. Numune alma aksesuarları temin edilir (hortum, şişe),
2. Hidrolik tankı doldurma kapağı açılır,
3. Numune şişe kapağı açılır.

(10)

T.O.33-1-37 Technical manual Joint Oil Analysis Program Laboratory Manual, 1 March 1978



Şekil 5.1. Humune alma tekniğinin gösterimi

4. Numune alma hortumunun uçlarındaki koruma kapakları açılır.
5. Hortum avuç içersine iyice kavranarak hidrolik tank içine depo seviyesinin 3/2 derinliğine kadar daldırılır. Dıştaki ucun ağzını açık bırakarak hortuma hidrolik akışkan dolması sağlanır.
6. Hortum içine hidrolik akışkan dolduktan sonra, dıştaki uç baş parmakla sıkıca kapatılarak alınan hidroliğin akışkanın hortumdan dökülmesi önlenir.
7. Hortumun hidrolik akışkanla dolu ucu şişe içersine yerleştirilir.
8. Baş parmak hortumun diğer ucundan çekilerek hortum içindeki hidrolik akışkanın şişe içine akması sağlanır.
9. Numune şişesinin kapağı iyice kapatılır. Hidrolik tankı kapağı yerine takılır.
10. Ek.4'de yer alan Hv.K. Form 467 doldurularak numune yağ analiz laboratuvarında analiz işlemine tabi tutulur.
11. Analiz sonuçları Ek.4'de yer alan yağ analiz kayıt formuna işlenir.

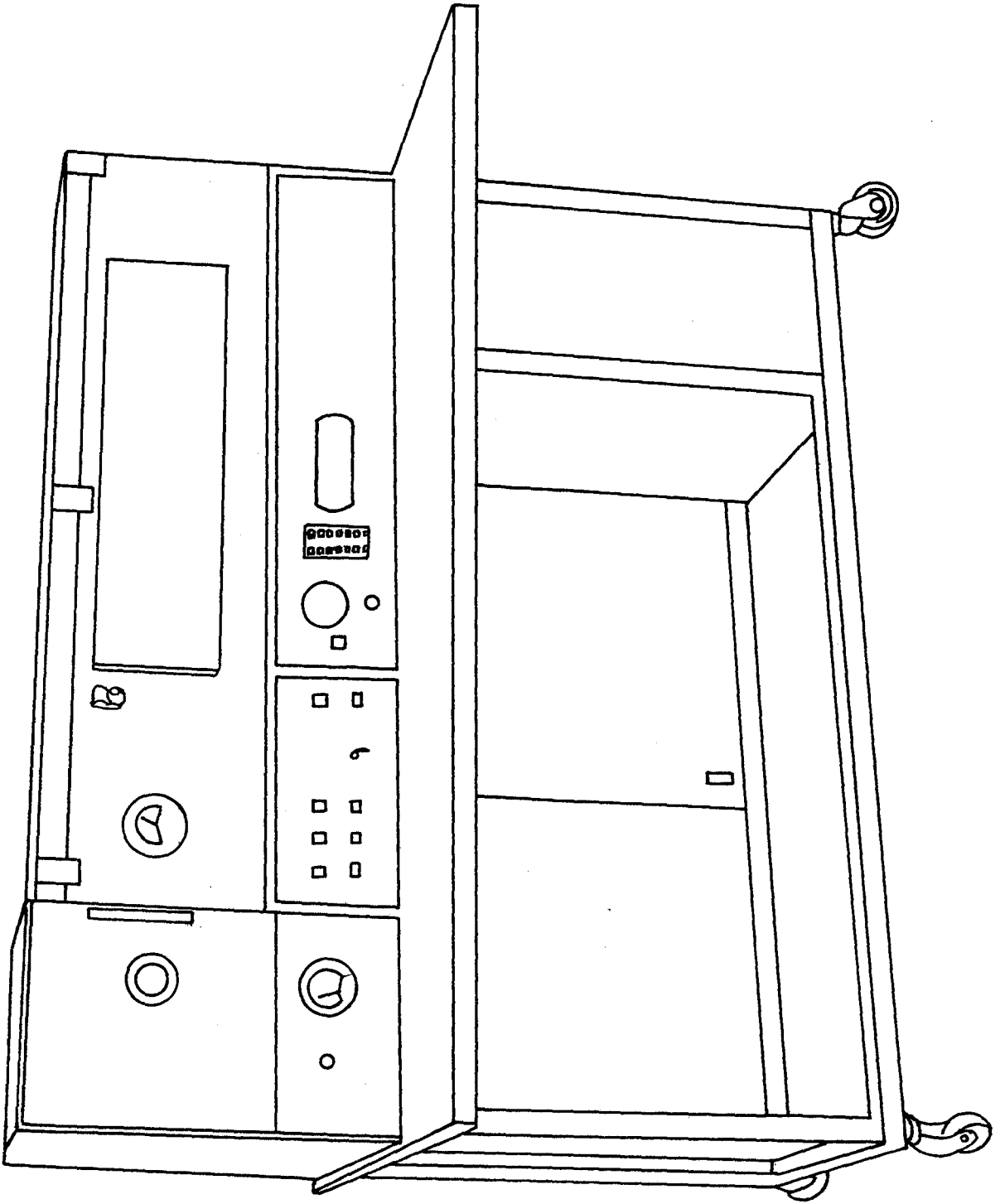
## 5.2. Spektrometrik Yağ Analiz Yöntemleri

Hidrolik akışkan numunesindeki aşınmış metal parçacıklarının belirlenmesi için spektrometrik yağ analiz programında üç yöntem kullanılır. Bunlar sırasıyla X-ışını spektrometrik analizi, Atomik Emisyon Spektrometrisi (AES) ve Atomik Absorbsiyon Spektrometrisidir (AAS).

Atomik Emisyon Spektrometresi minimum akışkan numunesi hazırlanmasını gerektirmesi, aynı anda numunedeki birden fazla elementin miktarının modern data işlemcilerle direkt olarak okunmasını sağlaması gibi avantajlara sahiptir. Buna karşılık Atomik Absorbsiyon Spektrometrisi daha ucuzdur, fakat bir anda yalnız bir tek elementin miktarını belirleyebildiğinden yağ analizi için daha fazla zaman kaybına sebep olur. Bunların yanında X-ışın floresans spektrometrisinin akışkandaki aşınmış metallerin miktarlarının belirlenmesinde üstünlük göstermesine rağmen pahalı ve daha fazla geliştirilmesi gereken yöntem olarak bilinir.

FAS-2C yağ analiz cihazındaki işlemler atomik emisyon tekniklerine dayandırılır.



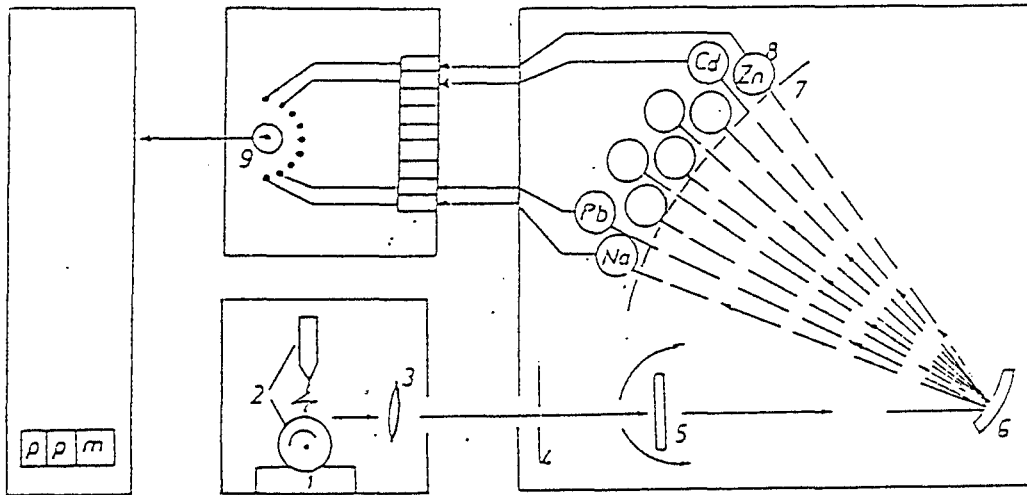


Sekil 5.2. Spektrometrik yağ analiz cihazı

### 5.2.1. Atomik Emisyon Spektrometrisi (AES)

Atomik Emisyon Spektrometrisi; hidrolik akışkanlar, gresler, fuel, depozitler, katalizörler ve alaşımlarda metalik elementler ile silikan-fosfor-boran gibi bazı metalik olmayan elementlerin kantitatif ve kalitatif analizleri için kullanılmaktadır. Söz konusu metodla tayini yapılan elementlerin sayısı 70'e yaklaşmaktadır. Atomik Emisyon Spektrometrisinde akışkan numunesi yüksek gerilim arkına maruz bırakılarak, numunedeki metalik elementlerin atomik yapısının enerjileri aktarılır. Yüksek gerilim arkı kesildiğinde atomlar eski kararlı hallerine dönerken aldıkları enerjiyi ışık emisyonu şeklinde geri verirler. Böylece her elementin yaymış olduğu ışık spektrometrisinin optik yönünde odaklanır. Farklı dalga boylarındaki ışık demeti değerlendirilerek akışkan numunesi içinde bulunan elementler ve miktarları tesbit edilir.

Atomik Emisyon Spektrometrisi; optik işlem, integrasyon, elektronik işlem, güç dağılım, örnek hareketlendirme, kontrol ve opsiyonel grubu olmak üzere 7 bölümden oluşur.



- |                    |                           |
|--------------------|---------------------------|
| 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 5.3. Atomik Emisyon Spektrometrisinin blok diyagramı (11).

(11) Uçar, N., 1985 Uçaklarda kullanılan yağların analizi ile aşınma durumunun izlenmesinde etkin yöntemler, Yük. Lisans tezi, İTÜ

### Örnek hareketlendirme grubu

Örnek hareketlendirme grubu; analiz işleminde yer alan olaylar zincirinde ilk bağlantıyı temin eder. Burada akışkan numunesini hareketlendirmek için oldukça belirgin bir ark üretilir ve ışık enerjisinin işlem kanalları boyunca hareketi buradan başlar. Örnek hareketlendirme grubu esas olarak akışkan numunesinin hareketlendirme işlemine maruz kaldığı bir kompartımandan, ark oluşturan aparatlardan ve bir havalandırma sisteminden ibarettir.

### Optik işlem grubu

Optik işlem grubu tek bir elementin karakteristik radyasyonunu ve bunun elektrik enerjisine çevrilmesi tanımları için elektronik ve mekanik metodları olduğu kadar optik tekniklerde başvurur. Bu elektrik enerjisi ileri safha işlemler için bir sonraki gruba geçirilir.

Optik işlem grubu örnek hareketlendirici grup tarafından yayılan radyasyonu toplamak, bunu ışık enerjisinin farklı dalga boylarına ve analizi yapılan aşınmış metal karakteristiklerini ayırmak suretiyle ışığın elektrik enerjisine çevrilmesi işlemini yapar. Her element ile ilgili ışık enerjisi spektral hatta toplandıktan sonra PM tüpleri vasıtasıyla tek tek elektrik enerjisine çevrilir. PM tüpünün çıkışı integrasyon grubuna yollanır. Optik işlem grubunun bütün önemli PM tüplerinin uygun olarak fonksiyonlarını yerine getirdiğinden ve gerçek okumalar, çıktılar dağıtıldığından emin olmak için FAS sistemine bir kalibrasyon paneli eklenir.

### Kontrol grubu

Kontrol grubu; operatör kontrol panel asamblesi ve visual okuma panel asamblesinden ibarettir. Bu iki panel optik sistem grubunun fiber glass yuvasının hemen altına FAS'ın ön kısmına operatörün oturduğu yerden bunlara kolayca ulaşabileceği bir şekilde tutturulmuştur. Her element için bütün analiz ve görsel okuma kontrolleri bu panellere tutturulmuştur.

### İntegrasyon grubu

İntegrasyon devreleri element çıktıları ve referans PM tüplerini integre eder ve işleme tabi tutar. Numunenin hareketlendirme süresince biriken enerji PM tüpleriyle elektrik akımına çevrilir ve elektrik enerjisi olarak toplama kondansatörlerinde toplanır. Her elementin konsantrasyon seviye bilgileri toplama kondansatöründe saklanır. Seçici anahtar her elementin pozisyonuna getirilerek her seferinde bir element için gerekli bilgiyi elektronik işlem grubuna gönderir.

### Elektronik işlem grubu

Elektronik işlem grubu FAS'ın ana mantık devresidir. Bu montaj aşağıda tanımlandığı şekilde üç mantık devresine bölünebilir.

1. Program zamanlayıcısı ve kontrol analitik devir için uygun sıralama oluşturur.
2. Analog-digital çeviricisi her elementte ve CV frekans toplayıcı kapasitördeki analog voltajı digital değere çevirir.
3. PPM devresi toplama kondansatör çıktı değerlerini ppm cinsinden değerlere çevirmek için kullanılan bir yöntemdir. Aranılan bilgi kayıt edildikten sonra, bir sonraki numunenin uyarılmasına başlanıldığında toplama kondansatörleri deşarj edilerek önceki bilgiler bırakılır.

### Güç dağılım grubu

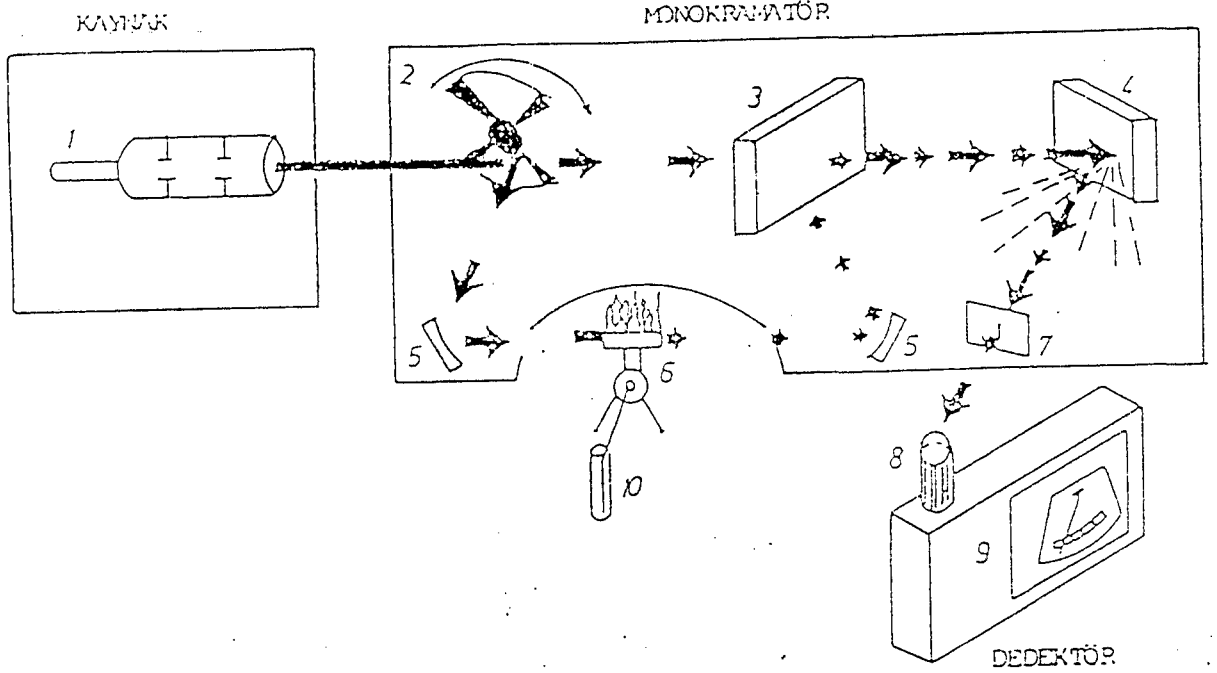
Güç dağılım grubu; bütün diğer grupların uygun operasyonu için gerekli voltajı temin eder.

### Opsiyonal grup

Opsiyonal grup; analiz verilerini baskı aletine veya kompütüre geçiren bir ana yüzeyden ibarettir.

## 5.2.2. Atomik Absorpsiyon Spektrometrisi (AAS)

Atomik Absorpsiyon Spektrometrisi; elementlerin atomlarının, çok dar bir dalga boyu aralığında radyasyon absorbe etmeleri ve bu-



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

Şekil 5.4. Atomik Absorpsiyon Spektrometresinin Blok Diyagramı (11)

(11) Uçar, N., 1985 Uçaklarda kullanılan yağların analizi ile aşınma durumunun izlenmesinde etkin yöntemler, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ

nun her element için farklı olması esasına dayanmaktadır. Atomların radyasyon absorbe edebilmeleri için kimyasal olarak bağlantısız ve minimum enerji statüsünde bulunmaları gerekir. Bu durum ise maddenin buharlaştırılması ile temin edilir. Bir atomik absorpsiyon spektrometresinin; ışık kaynağı, buharlaştırıcı, monokrometre ve dedektör olmak üzere başlıca 4 ana kısım mevcuttur.

Atomik Absorpsiyon Spektrometre analizinde; yağ numunesi alevde püskürtülür ve alev sıcaklığı ile buharlaştırılır. Analiz edilen elementin aynı dalga boyunda ışık demeti, ışık kaynağından gönderilir ve dönen bir ayna ile kesilir. Aynanın her dönüşü ile kesici kaynak ışığının iki palsi direkt olarak birleştirme aynasına gönderilir. Diğer iki pals ise bek alevinden geçirilerek birleştirme aynasına gider. Her iki pals aynadan girişim ızgarasına yollanır. Izgara ışığı spektruma dağıtır. Izgara ile ışık dedektörden geçerek çıkış yarığına düşürülür. Alevde bazı elektronlarını kaybeden yağ numunesindeki analiz edilen element, kendi yapısındaki ışıktan elektron olarak kararlı hale döner. Alevden geçirilen ışık bazı elektronlarını kaybetmiştir. Bu ışık ile birleştirme aynasına direkt olarak gönderilen ışık palsi arasında yoğunluk farklı olabilir. Dedektör yoğunluk farkını ölçer. Bu fark yağ numunesindeki analiz edilen elementin miktarını ppm olarak gösterir.

Atomik Absorpsiyonun diğer analiz metodlarına göre bazı üstünlükleri şöyle sıralanabilir:

1. Çok hassas bir methoddur,
2. Hızlı ve kullanımı kolaydır,
3. Kullanılan araç kompakt ve fiyat bakımından uygundur,
4. Bu metod çeşitli müdahalelerden uzak ve serbesttir.

### 5.2.3. X-ışını Spektrografik Analizi

X-ışını floresan analizi olarak da bilinir. Bu metod ile, sıvı ve katı maddelerin, tüm metalik elementlerin, flor, klor, fosfor, kürt, silikon gibi bazı önemli metalik olmayan elementlerin analizi yapılır. Söz konusu metod esasında geniş bir konsantrasyon aralığını kapsayan bir kantitatif analiz metodudur. X-ışını kırılma tekniği ile örnek madde içerisindeki serbest kristalin elementleri tanımlanır. X-ışını spektrografik analiz metodunda X-ışınları numune üzerine gön-

derilir, numune içerisindeki elementlerin karakteristiği olan floresan veya sekonder ışınlar geçirilerek, bir analiz kristalinde çeşitli dalga boylarına ayrıştırılır ve uygun bir dedektörle sayılır. X-ışınlarının yoğunluğu vasıtasıyla madde içindeki elementler tanımlanır ve miktarları tespit edilir.

### 5.3. Spektrometrik Analiz

Spektrometrik analiz, bir mekanik arızada aşınma durumlarını belirleyen ve buna bağlı olarak yapılacak onarımları önceden tahmin ederek program dağıtımını sağlar. Bu yöntemdir. Bu yöntemin uygulanması ile elde edilen bilgiler, arızanın belirlenmesine yardımcı olur ve belirlenmesini kolaylaştırır.

1. Bu yöntemden beklenen temel öge emniyettir. Faal durumdaki teçhizatın sistem ünitelerinden birisinde bir mekanik arıza olup olmadığını belirlemek, arızanın belirlenmesine engel olmaktır.
2. Bakım maliyetini azaltır.
  - a) Ciddi bir mekanik arızanın hidrolik akışkanla tespiti ve giderilmesinin sağlanması ile sadece bir kaç milyon liraya mal olabilecek bir kayıp söz konusudur. Aksi bir durum ise asla gerçekleşmesini istemediğimiz milyarlarca liraya mal olan uçağın kaybında da önce can kaybına neden olacaktır.
  - b) Mekanik olarak arızalanan ünitenin tespit edilmemesi halinde bu ünite sistemdeki diğer ünitelerinde hasarlanmasına neden olabilecektir. İlk durumda sadece o ünite ve değiştirme masrafları yerine bu durumda birden fazla ünite değiştirilmek zorunda kalınacak süre uzayacak, sonuçta daha çok pahalıya mal olacaktır.
  - c) Teçhizatın herhangi bir parçasına uygulanan bakım işlemleri sonrasında daima insan faktöründen doğabilecek bir hata ihtimali vardır. Bu tür bir hata sistemin çalışır durumda olmasından sonra ortaya çıkabilir. Bu nedenle spektrometrik analiz bakım kaynaklı arıza ihtimalini ortadan kaldırmaktadır.

d) Dahim sonrası takılan ister revizyon görmüş, isterse yeni olsun, imalatçının hatalı ürününün neden olabileceği mekanik arızaların teşhisinde büyük yarar sağlar.



## 6. DENEY SONUÇLARI

Sabit kanatlı hava araçlarının hidrolik sistemlerinde kullanılan hidrolik akışkan; numuneleri Patch test metodu ve HIAC otomatik parçacık sayıcısı ile test edilmişlerdir. Tablo 6.1'de yağ analiz laboratuvarında Patch metodu ile yapılan analiz neticeleri verilmektedir.

Tablo 6.1. Uçak ve test cihazlarının hidrolik analizleri

<u>Uçak Tipi</u>	<u>Numune Sayısı</u>	<u>Kirli Numune</u>	<u>Kirli Çıkma Oranı(%)</u>
F-4	100	3	3
F-5	24	5	20.8
F-16	8	-	0
F-104	73	10	13.7
T-33	15	4	26.6
T-37	7	3	42.3
T-38	4	-	0
C-47	24	-	0
C-130	3	-	0
Hidrolik Test cihazları	30	4	13.3
GENEL DURUM	288	33	11.4

Çeşitli tipte uçakların hidrolik sisteminden değişik zamanlarda 288 adet numune alınmış ve teste tabi tutulmuştur. 33 adet numunenin yapılan analiz neticesinde kirli olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen değerler en çok F-5, T-33 ve T-37 uçaklarının hidrolik sistemlerinin kirlilik ile karşı karşıya kaldığını göstermektedir.

Tablo 6.2'de HIAC otomatik partikül sayıcı ile test edilen numunelerin durumu belirtilmektedir.

Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi:

1. Tablo 4.2'ye göre hava araçlarının hidrolik kirlilik sınıfı 8'dir.

Tablo 6.2. HIAC ile yapılan hidrolik analizler

<u>Sıra No</u>	<u>Uçak Tipi</u>	<u>HIAC Miktarı</u>	<u>Sonuç</u>
1	F-5	234126 48367 10104 1061 2	Kirli
2	F-104	615106 8268 274 83 22	Kirli
3	F-104	7127 818 233 43 1	Temiz

2. Tablo 4.1'de hidrolik kirlilik sınıfı ve partikül büyüklüğüne göre hidrolik sistem kirlilik limitleri belirtilmektedir.

3. Tablo 6.2'de HIAC otomatik partikül sayacı ile yapılan analiz neticeleri; Tablo 4.1'de belirtilen değerler ile karşılaştırılır ve numunenin kirli, temiz durumu belirlenir.

Döner kanatlı hava araçlarının hidrolik sistemlerindeki kirlilik spektrometrik analiz metodu ile tespit edilmektedir. Tablo 6.3'de UH-1 model helikopterlerdeki hidrolik akışkanın spektrometrik analiz sonuçları verilmektedir.

#### Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

1. Alınan değerler, Tablo 5.1'de belirtilen limitler ile karşılaştırıldığında; deney 1'deki hidrolik akışkanın kirli, diğerinin temiz olduğu tespit edilir.

Tablo 6.3. UH-1 Model helikopterlerin hidrolik sistem analiz sonuçları

<u>Element</u>	<u>Deney 1</u>	<u>Deney 2</u>
Fe	15	5-4
Al	4	4
Cr	7-6	1
Cu	3	3
Mg	22-4	12
Si	1	1

2. Deney 1'de; Cr ve Mg elementlerinin normalden fazla çıkması, hidrolik numunenin kirlendiğinin belirtisidir.

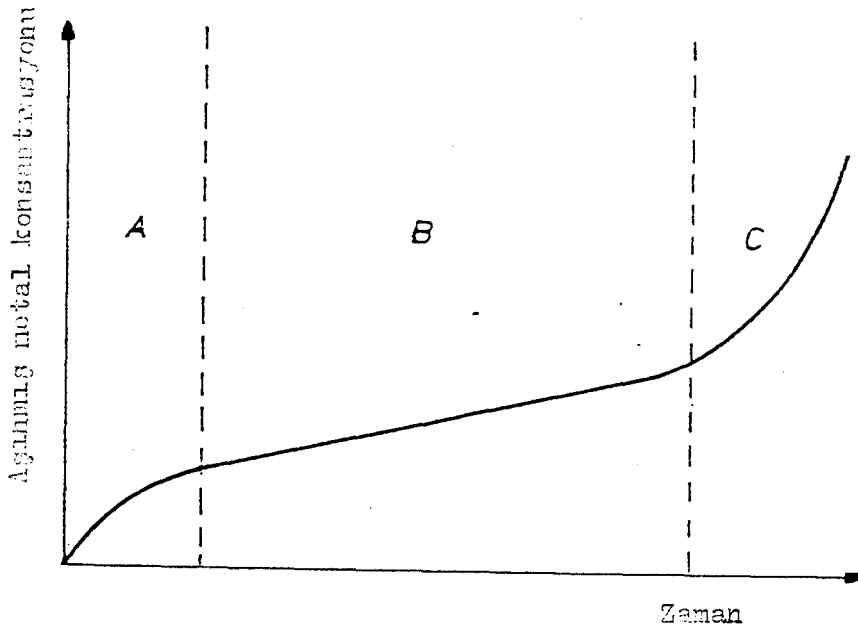
3. Fe ve Mg elementlerindeki artış; nem ve sistemde korozyon olduğunu, pompa yatak gömleklerinin arızalandığını gösterir.

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde modern hava araçlarında kullanılan hidrolik akışkanın kirlilik analizine göre; sistemlerin ciddi arızalara uğramadan uygun zamanda bakımları yapılabilir. Hidrolik akışkanı kirleten maddelerin boyutları farklıdır. Çoğu mikronla ölçülemeyecek kadar küçüktür, gözle görülemez. Ancak bu kirletici unsurlar ne kadar küçük olursa olsun modern hava araçlarında kullanılan hidrolik sistem parçalarını etkiler ve sistemin normal çalışmasını engeller. Bu nedenle hidrolik akışkandaki kirliliği tespit eden metodlar geliştirilmektedir. Hidrolik akışkanın kirlilik kontrolleri; hidrolik kirliliğini minimuma düşüren, devamlı kontrol altında tutan teknik ve uygulamaları kapsamaktadır. Hidrolik akışkanın analizi insan sağlığını kontrol etmek amacı ile doktorlar tarafından tatbik edilen kan tahlillerine benzer bir yöntemdir. Kan tahlili sonuçları doktora vücudun sağlıklı yada hasta olduğunu ve tedavi edilmesi hususunda bilgi verir. Benzer şekilde hidrolik akışkanın analizinde bakım personeli ve kullanıcıya motor veya hidrolik sistemin aşınma karakteristiği hakkında bilgi vererek sistemin faal veya arızalanma eğiliminde olduğu konusunda bilgi verir.

Şekil 7.1'de de görüldüğü gibi sistemde aşırı bir aşınma söz konusu olmadan da normal çalışma şartlarında belirli bir oranda aşınma mevcuttur. Aşınma miktarı zamanın fonksiyonu olarak sabit oranda artış gösterir. Eğer analiz sonrası bir veya birden fazla elementde aşınma miktarında büyük bir artış gözlenirse yani grafik eğimi artarsa ünitelerde normal bir aşınmanın bağladığı sonucuna varılır.

Hidrolik akışkanın kirlilik tespit yöntemlerinde hava araçlarında meydana gelen kirlilik seviyesini yükselten elemanlar büyük bir arızaya sebep olmadan belirlenir ve etkin bir koruyucu bakım faaliyetleri sağlanır. Kirlilik tespit metodlarında analizler sistem faal çalışırken yapılabilir. Sistemdeki arızalanan eleman tespit edilebilir ve sisteme dışarıdan kirleticilerin karışıp, karışmadığı belirlenebilir. Ayrıca aşınmanın şiddetini belirlenmesi, aşınma hızındaki değişimlere karşı çok hassas olmayı, analiz sonuçlarını elde edilmesi yönünden kısa süre gerektirmesi ve ekonomik olması kirlilik tespit metodlarının en önemli avantajlarıdır.



A: Ağırtırma Aşınması      B: Normal Aşınma  
C: Anormal Aşınma

Şekil 7.1. Bir ünitenin çalışma süresine göre aşınmış metal konsantrasyonu

Kirlilik tesbit metodlarının avantajları yanında dezavantajları da vardır. Hidrolik akışkanın kirlilik seviyesini belirlemek için zaman gerektiren laboratuvar çalışmaları, pahalı cihazlar gereklidir. Metodların doğru ve etkili uygulanabilmesi için eğitilmiş personele ihtiyaç vardır. Kirlilik tesbitinde hava arağlarındaki hidrolik sistemlerin aşınma karakteristiklerinin kirlilik limitlerinin iyi bilinmesi, numune alındığı sisteme göre yorumlanması ve değerlendirilmesi lazımdır. Kirlilik analizlerinin laboratuvarlarda yapılması numunenin ulaştırılması ve sistemin servisten çıkarılıp, çıkarılmaması hakkında karar vermek için analiz sonuçlarının cihazı geliştiriciye tekrar gönderilmesi problemlerini de beraberinde getirir. Hidrolik akışkan numunesinin; numune alma periyodlarına göre belirli yöntemlere uygun olarak alınması, hazırlanması ve alındığı sistemi iyi temsil etmesi gerekir.

Kirlilik tespit metodlarının parçacık büyüklüğüne göre etki alanları farklıdır. Her bir metod yalnız belli bir boyut aralığındaki parçacıklar için duyarlıdır. Spektrometrik analiz metodu, yaklaşık 10 mikrondan daha küçük parçacıkları tespit etmede kullanılır. Patch metodu, membran filtre ile sıvı numunelerinde partikül kirliliğinin sayımı ve büyüklüklerine ayırmak için yapılacak işlemleri kapsar. 5 mikron veya daha büyük boyuttaki partikül kirliliğini iki işlemin avarajının üzerindeki sonuçlarda max  $\pm$  20% değişiklikle ölçümlere imkan verir. Otomatik cihazlarla yapılan parçacık sayma metodu ise 0.5 mikron ve daha büyük parçacıkların sayımı ve boyutlanmasını içerir.

### 7.1. Kirliliği Önlemek İçin Alınması Gereklî Tedbirler

Hidrolik sistemin kirlenmesine etki eden en önemli faktör bakım zaafiyetleridir. Süper temiz bir çalışma sahası her zaman mümkün ve pratik değildir. Ancak alınan tedbirlerle yabancı maddelerin hidrolik sistemlere girmesi azaltılabilir. Bu nedenle atelye zemin, takım ve avadanlıklar temiz olmalı ve herhangi bir söküm öncesi üzerinde çalışacak bölge ve komponent tamamen temizlenmelidir. Hava aracı üzerindeki komponentlerin sökünden hemen sonra açığa kalan tüm boş hatları ve Unite delikleri bir tapa ile kapatılmalıdır. Sökülen hidrolik Uniteler üzerinde çalışılmadığı zaman, tozdan arındırılmış muhafazalar veya plastik torbalar içinde muhafaza edilmelidir.

Hidrolik komponentlerin montajında sistemdeki akışkana uygun conta kullanılıp, kullanılmadığı, normal olmayan sertlik ve yumuşaklık ile çatlak veya çentik olup olmadığı kontrol edilmelidir. Bozuk hava şartlarında uçak hidrolik sistemleri üzerindeki çalışmalar açık havada yapılmamalıdır. Hidrolik sistem içinde uygun filtre kullanılması gereklidir. Kirlenmiş olan hidrolik sistemini temizlemek için kullanılan hidrolik teçizatın tekrar servise vermeden önce kontrol edilmesi gereklidir. Hidrolik akışkanı kirlenmiş olan yer teçizatı birden fazla uçak sisteminin kirlenmesine yol açacağından hidrolik yer destek teçizatının temiz olması çok önemlidir.

Hidrolik sistemle ilgili işlemlerin yerine getirilmesi sırasında kurallara uygun hareket edilmemesinden kaynaklanan kirlenmeye karşı bütün tedbirler alınmalıdır. Uçak hidrolik sistemlerini test et-

mek veya boşaltmak için hidrolik test cihazını kullanmadan önce, test cihazında bulunan hidrolik mayının temiz olduğundan emin olmak gerekir. Bunun için test cihazındaki akışkan analiz edilir. Okunan kirlilik değeri 6 veya altında ise temiz demektir. Eğer okunan değer 6'dan fazla ise test cihazının filtreleri kontrol edilmelidir. Test cihazları kullanılmadığı zaman, temiz bir yerde ve üzerinde toz birilmemesi için örtülmüş olarak muhafaza edilmelidir. Hortumlar test cihazı üzerindeki özel yerine muntazam bir şekilde sarılmalı hortum girişleri uygun kapaklarla kapatılmalıdır. Hortumun sarılması sırasında bükülmemesi, kıvrılmasa ve dolaşmamasına dikkat edilmelidir.

Herhangi bir uçakta veya test cihazında kirlilik tespit edildiğinde sistemdeki hidrolik akışkan boşaltılmalı ve filtre elemanları kontrol edilerek kirli alanlar değiştirilmelidir. Yeni hidrolik akışkanı doldurulduktan sonra sistem çalıştırılmalı ve çalışmadan sonra filtreler ve hidrolik akışkan tekrar kontrol edilmelidir. Yine kirlilik tespit edilirse boşaltma yeniden hidrolik akışkan ikmali, çalıştırma ve hidrolik akışkan analizi işlemleri tekrar edilmelidir. Kirli bir sistemde kirlilik tamamen giderilinceye kadar hidrolik filtreler ve filtre elemanları titizlikle kontrol edilmelidir.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

1. Pancar, Y., Hidrolik devreler, Anadolu Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Yayın No: 27, 1985
2. Yakıtlar Yağlar, Madeni Yağ Şube Müdürlüğü, Aralık 1980
3. Uçak hidrolik esasları, K.K.K Ankara basımevi ve basılı evrak depo Müdürlüğü, 1985
4. Uçak hidrolik sistem ve hidrolik yer destek teçhizatı kirlilik nedenleri, önlemler ve analiz el kitabı, HKEK 66-214
5. Industrial Hydraulics Manual, Tray, Michigan 48084, September 1970
6. Aeronautical Equipment Arm Oil Analysis Program, Headquarters, Department of the Army, Washington D.C., 24 Apr. 1981
7. T.O.IF-5A-2-4 Aircraft Technical Manual
8. Fluid Contamination analysis by the HEAC Automatic Particle Counter, QETE Project, May 1972
9. F-314, Test metod for identification of metallic and fibrous contaminants in Aerospace fluids, Annual Book of ASTM standards, Vol 1503
10. T.O.33-1-37 Technical manual, Joil Oil Analysis Program Laboratory Manual, 1 March 1978
11. Uçar, M., Uçaklarda kullanılan yağların analizi ile aşınma durumunun izlenmesinde etkin yöntemler, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, 1985
12. MIL-H-33282B No.lu askeri şartname, 10 Şubat 1982

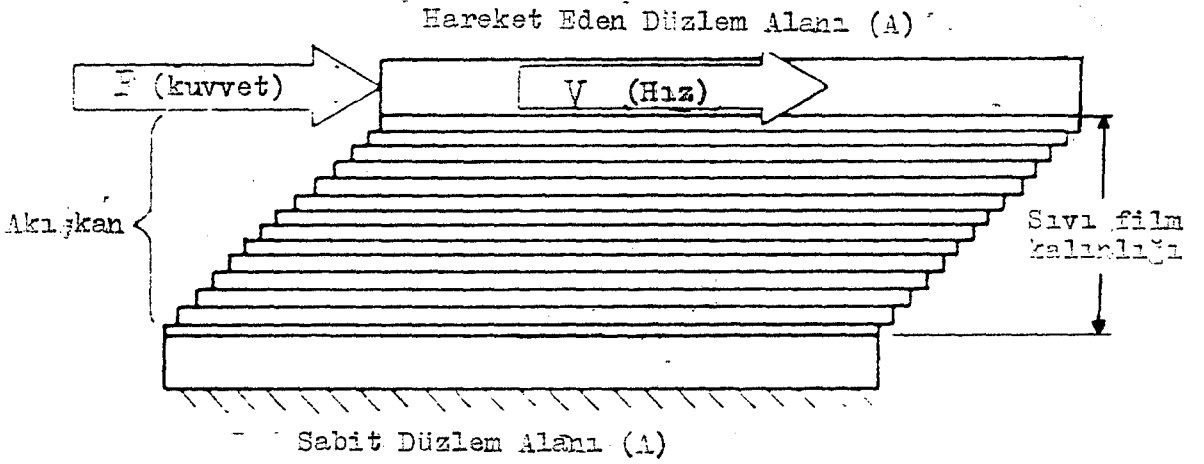


EK-1

## VİSKOZİTE

Viskozite; akışkanın akmaya karşı gösterdiği direnç olup, akışkanların en önemli ve belirgin özelliklerinden biridir. Endüstride viskozite önemli bir özellik olup pek çok alanda (yağ, gres, matba-mürekkebi, boya polimer, sıvı gıda maddeleri vs.) etkisini hissettirir. Yağlamanın her safhasından viskozite tüketici için en önce dikkate alınan çok önemli bir faktördür. Örneğin hidrolik sistemlerde otomatik transmisyonlarda ve çok absorbanlarında uygun çalışmayı sağlayan en önemli etken viskozitedir.

### Viskozitenin Esasları



Şekil Ek 1.1. Viskozitenin paralel düzlemlerde gösterimi (2)

Şekil Ek.1.1.'de viskozite en basit şekliyle karakterize edilmiştir. Burada iki paralel düzlem arasındaki boşluğu dolduran viskoz bir akışkanın durumu gösterilmektedir. Akışkan bir seri tabakadan oluşmuş kabul edilir. Bu paralel düzlemlerden bir tanesi kuvvet tatbiki ile sabit hızlı hareket etmekte, diğeri ise sabit kalmaktadır. Akışkan yüzeye yapışacağı için hareket halindeki yüzeyin yanındaki tabakada aynı hızla hareket edecek, sabit yüzeyin yanındaki akışkan tabakası ise hareketsiz kalacaktır. Viskozite hareketli yüzeyin hareketinin daha sonraki tabakalara iletilmesi özelliği olarak tanımlanabilir. Bu örnekte her tabaka kendinden bir önceki tabaka tarafından hareket ettirilmekte ve kendisi de bir alttaki tabakayı hareket ettirmektedir. Ancak her iki tabaka arasında bir kayma mevcuttur ki buda boşluk boyunca hızın tedrici olarak azalmasına neden olur. Dolayısıyla viskozite akmaya karşı gösterilen direnç olarak da tanımlanır.

Kantitatif olarak değerler birbirine şu şekilde bağlıdır.

$$\eta = \frac{\text{Kayma Gerilimi}}{\text{Kayma hızı}} = \frac{F_1/A}{V_1/h} \quad (\text{Ek.1.1})$$

- $\eta$  : Viskozite  
 $F_1$  : Kayma yönündeki kuvvet  
 $A$  : Düzlem alanı  
 $V_1$  : Hareketli düzlemin hızı  
 $h$  : Akışkan filmin kalınlığı

$$\eta = \frac{F_1/A}{V_1/h} = \frac{\tau}{s} \quad \text{eşitliğinde metrik sistem kullanıldığında}$$

da birimler

$$\tau : \text{Paskal (Pa)} \quad \frac{\text{Newton}}{\text{m}^2}$$

$$s : \text{sn}^{-1}$$

$$\eta : \text{Paskal.sn}$$

olmaktadır. Bu oran dinamik yada mutlak viskozite olarak isimlendirilir. Mutlak viskozitenin yoğunluğu bölümü ile elde edilen değer ise kinematik viskozitedir. Kinematik viskozite  $\nu$  ile gösterilir ve;

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad (\text{Ek.1.2})$$

formülü ile ifade edilir. Buda sentistokes olarak (cst) adlandırılır.

#### Sıcaklığın Viskozite Üzerine Etkisi

Viskozite sıcaklık arasındaki ilişki çok önemli olup, viskozitenin sıcaklık değişimleri nden mümkün olduğu nispette az etkilenmesi istenir. Petrol ürünleri için kinematik viskozite ve sıcaklık arasındaki ilgi aşağıdaki ampirik eşitlik ifade edilir.

$$\log \log (\nu + 0.7) = A + B \log T \quad (\text{Ek.1.3})$$

$\nu$  = kinematik viskozite (cst)

T = Termodinamik sıcaklık derecesi ( $^{\circ}\text{K}$ )

$$^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$$

A, B = Her hidrolik akışkan için özet sabitlerdir.

Bu eşitlik Rankin sıcaklık derecesi içinde geçerli olup, A ve B sabitlerinin değerleri değişir.

$$R = ^{\circ}\text{F} + 460$$

## MIL-H-83282B NO.LU HİDROLİK AKIŞKANIN ÖZELLİKLERİ (12)

Hidrolik akışkanın yapısında sentetik bir ana madde ve katkı maddeleri vardır. Akışkanın formülünde kullanılan sentetik hidrokarbon ana maddesinin özellikleri, kullanılması gereken herhangi bir karışım maddesinin ilavesinden önce Tablo Ek 2.1'de gösterilen değerlere sahip olmalıdır. Akışkana ilave edilen katkı maddeleri aşağıda belirtilmiştir.

Oksidasyon Önleyici

Fenolik tip oksidasyon önleyiciler, ağırlığın %2'sini aşmayacak miktarda akışkana ilave edilir.

Aşınma Önleyici

Tricresyl fosfat gibi aşınmayı önleyiciler yağlılık gereksinimlerini karşılamak amacıyla kullanılmış akışkana yeterli miktarda karıştırılırlar. Tricresyl fosfat kullanıldığı zaman, bu oran %1'den fazla olmamalıdır.

Karışım Akışkanı

Diester gibi karışım akışkanları, kullanılmış akışkanın ağırlığının %33'ünü aşmayacak ve Tablo Ek 2.2'de belirtildiği gibi -40°C de viskozite şartlarını sağlayacak şekilde karıştırılırlar.

Kırmızı Boya

Akışkan, ağırlık olarak 10.000'de 1 oranını aşmayacak yoğunlukta kırmızı boya maddesini içerir.

Tablo Ek 2.1. Sentetik hidrokarbon ana maddesinin özellikleri (12)

<u>ÖZELLİKLER</u>	<u>LİMİT</u>
100°C de viskozite (cst) (min)	3.5
-40°C de Viskozite (cst) viskozite, max.	2.600
Parlama noktası, °C, min	205
Yanma noktası, °C, min	245
Buharlaşıma, ağırlık oranı, max	14.0
Nötralleşme sayısı, max	0.10
Erime noktası, °C, max	-55

---

(12) MIL-H-83282B No.lu askeri şartname, 10 Şubat 1982

Tablo Ek 2.2. Kullanılmış akışkanın özellikleri (12)

<u>ÖZELLİKLER</u>	<u>ŞARTLAR</u>
205°C de viskozite (sct) (min)	1.0
100°C de viskozite (sct)	3.5
40°C de viskozite (sct)	14.0
-40°C de viskozite (sct)	2.200
Parlama noktası °C	205
Yanma noktası °C	245
Otomatik ateşleme sıcaklığı min	345
Nötralleşme sayısı, max	0.10
Buharlaştırma, max	20.0
40°C (104°F)'de kübik elastiklik modülü kPa min	1.379.10 <sup>6</sup>
Erime noktası, °C, max	-55

---

(12) MIL-H-83282B No.lu askeri şartname, 10 Şubat 1982

### Kullanılmış Akışkan

Kullanılmış akışkanın özellikleri aşağıda belirtilmektedir.

1. Aşındırıcılık: Hidrolik sıvısına maruz kalan çelik, alüminyum alaşımı, magnezyum alaşımı ve kadmiyum kaplı çeliğin ağırlığındaki değişim, her bir  $\text{cm}^2$ 'lik alan için  $\pm 0,2$  miligramdan daha fazla olmamalıdır. Bakırın aynı şartlar altında ağırlığının değişimi, yüzeyin  $\text{cm}^2$  sinde  $\pm 0,6$  miligramı aşmamalıdır. 20 çap büyütmeli büyüteç altında bakıldığı zaman metalin yüzeyinde herhangi bir çukur, aşınma ve görünür korozyon bulunmamalıdır.
2. Oksidasyona Dayanım: Akışkan test edildiğinde, oksitlenmeden meydana gelen aşınma testinden sonra  $40^\circ\text{C}$ 'de sentistokes olarak orjinal viskozitede %10'dan daha fazla değişiklikler olmamalıdır. Nötralizasyon numarası asit veya baz numarasının 0.20 daha fazlası kadar artmamalıdır.
3. Isı Dengesi: Akışkanda  $-40 \pm 1^\circ\text{C}$  sıcaklıkta 72 saat test edildiğinde bulutlaşma, kristalleşme, katılaşma veya karışımların ayrışması gibi durumlar olmamalıdır.
4. Sentetik Kauçuğun Şişmesi: Sıvı tarafından standart sentetik kauçuk MBR-L'nin hacim artışı %18-30 oranları arasında olmalıdır.
5. Katı Zerrecek Kirlenmesi: 100ml. sıvıdaki kirlilik sayısı parçacık sayısına göre belirtilen oranları aşmamalı ve kalıntı ağırlığı 0.3 mg geçmemelidir. Her bir belirleme operasyonu için filtrelene zamanı max. 15 dk. olmalıdır.
6. Köpürme Özellikleri: Hidrolik akışkanın köpürme özellikleri Tablo Ek 2.3'de gösterilen limitleri aşmamalıdır.
7. Su: Akışkan test edildiğinde, toplam 100 ppm daha az su içermelidir.
8. Yanabilirlik: Eğer ateşlenirse, akışkan yakma kaynağı uzaklaştırıldığı zaman yanmaya devam etmemelidir. Alev yayılma oranı 0.3 cm/sn den fazla olmamalıdır.
9. Yağlılık: Hidrolik akışkanın aşınma değerleri Tablo Ek 2.4'de belirtildiği gibi olmalıdır.

Tablo Ek. 2.3. Hidrolik akışkanın köpürme özellikleri (12).

<u>Test</u>	<u>Köpürme Meyili</u>	<u>Köpürme Dengesi</u>
	Köpük hacmi, ml 5 dakika- lık üfleme sonunda	10 dakikalık yerleşme periyodunda köpük hacmi
25°C	65 ml, max	tam çökme

Tablo Ek. 2.4. Hidrolik akışkanın aşınma değerleri (12).

<u>Yük (kg)</u>	<u>Çap (mm,max)</u>
1	0,21
10	0,30
40	0,65

---

(12) MIL-H-83282B No.lu askeri şartname, 10 Şubat 1982



10. Depolama: Tamamiyle karışmış üründe gözle kontrol edildiğinde, karışımlarda herhangi bir ayrışım görülmemeli, kristalleşme oluşmamalı, temiz ve şeffaf olmalı ve 12 ay depolandıktan sonra yukarıda belirtilen şartları sağlayacak şekilde olmalıdır.

11. Uygunluk: Hidrolik akışkan  $-40^{\circ}\text{C}$ 'den  $135^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar tüm oranlarda MIL-H-5606 sıvısıyla karıştırılabilmeli ve çözünmeyen maddeler, yapışkanlar, çamur gibi maddeler meydana gelmemelidir.

12. Yüksek Isı Dengesi:  $40^{\circ}\text{C}$ 'de akışkan viskozitesindeki değişim %5'i aşmamalıdır. Sıvının nötralizasyon sayısı 0.1'den daha fazla artmamalı ve çökme veya çözülmez malzeme oluşumu olmamalıdır.

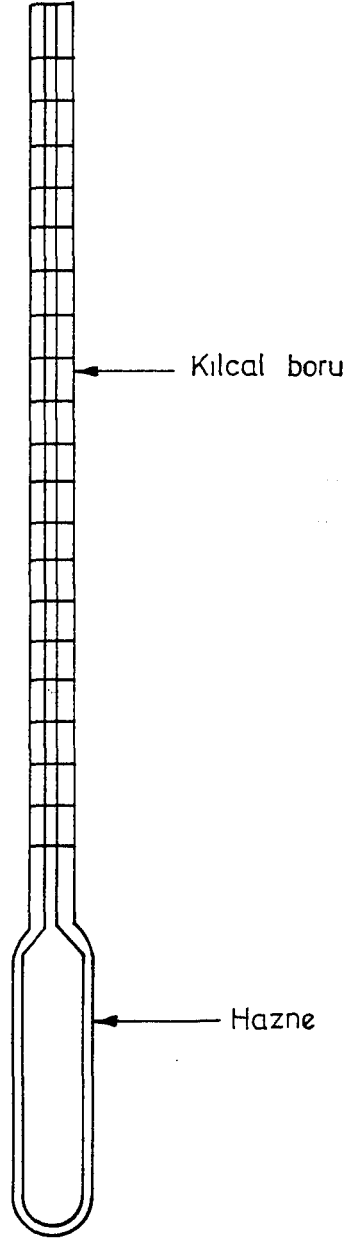
13. Kullanılmış akışkanın rengi akışkanın renginde görülebilir değişiklik olmamalıdır. Akışkanın test edilmesinde de standart renk değişikliği görülmemelidir.

Hidrolik akışkan aşağıda belirtilen testlere tabi tutulur.

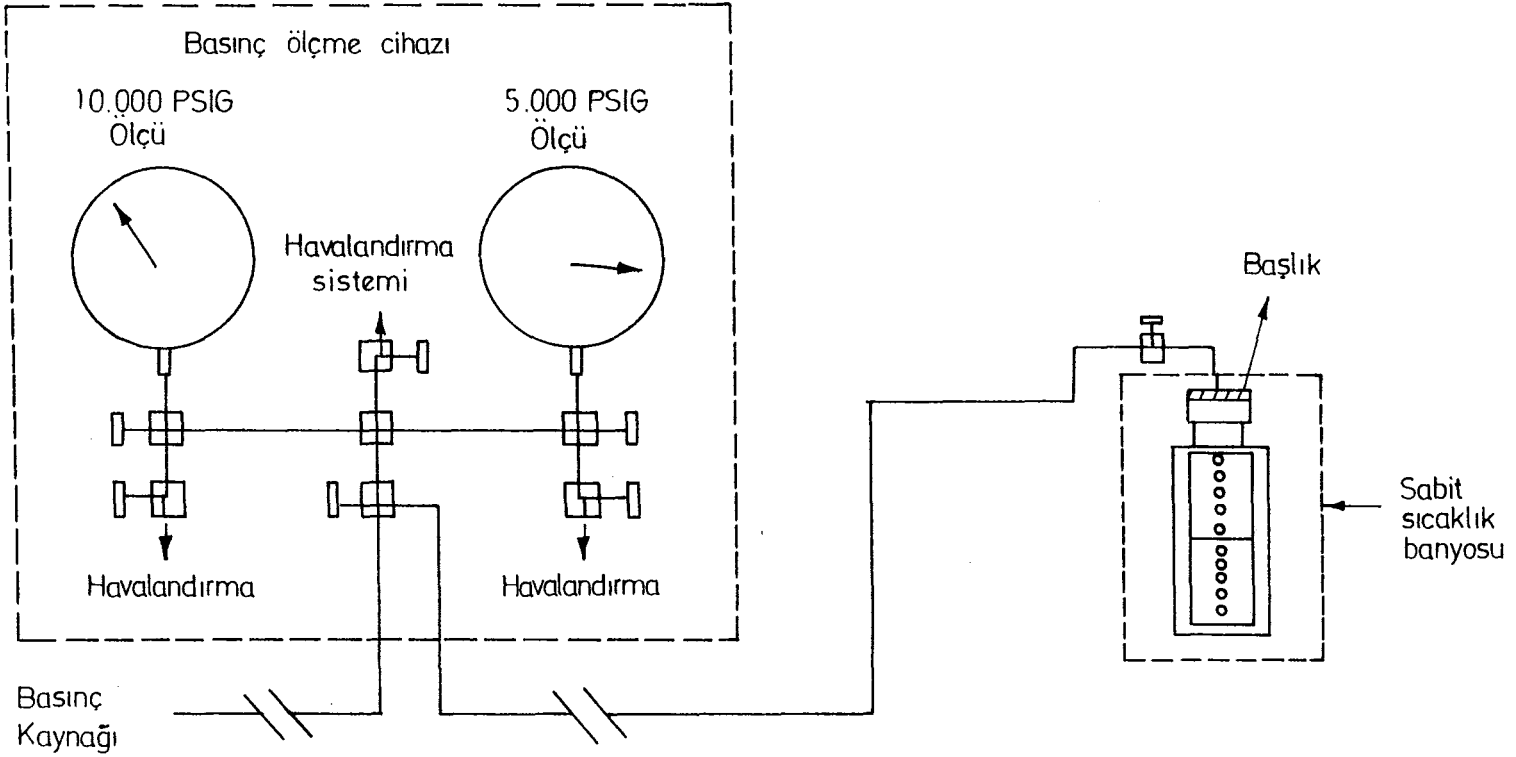
1. Uygunluk Testi: 20, 100 ve 180 ml'lik miktarlarda test edilecek hidrolik akışkan numuneleri daha önce onaylanmış akışkanlar ile karıştırılır. Her bir karışımın toplam hacmi 200 ml olmalıdır. Karışımlar 250 ml'lik kapalı şişelerde hazırlanmalıdır. Şişeler iyice çalkalanır ve 2 saat süre ile  $205^{\circ}\text{C}$ 'lik fırında saklanır. Bu sürenin sonunda karışımda tortulaşma bulanıklık veya kristalleşme görülmemelidir. Numuneler daha sonra  $-40^{\circ}\text{C}$ 'lik fırından 2 saat süre ile bırakılmalıdır. Bu zaman sonunda bir miktar bulanıklık olabilir.

2. Kübik Elastiklik Modeli: Hidrolik akışkanın kübik elastiklik modülü, Şekil Ek 2.1'de gösterilen kalibre edilmiş hassas kılcal yoğunluk ölçüsü (piknometre) kullanılarak belirlenir. Ayrıca Şekil Ek 2.2'de belirtildiği gibi uygun bir basınç kanalı kullanılır.

Piknometrenin hacminin kılcal çapa oranı akışkanın yoğunluğunu hassas ölçmek için 10.000'de 2 olmalıdır. Piknometre atmosfer basıncında ve  $40^{\circ}\text{C}$ 'de akışkan ile doldurulmalıdır. Basınç kanallarının dış yüzeyine paralel olacak ve basınç kanalının penceresi arasından görülebilecek şekilde piknometre, yüksek basınç piknometre yuvasına yerleştirilir. Piknometreli basınç kanalı  $40^{\circ}\text{C}$ 'lik sabit sıcaklık-



Şekil Ek.2.1 Hassas kılcal piknometre (12)



Şekil Ek 2.2 Kübik modül donanımının diagramı (12)

(12) MIL-H-83282B No.lu Askeri şartname, 10 Şubat 1982

taki banyosuna yerleştirilir.ve denge sağlanır. Atmosfer basıncında hacim okuması alınır. Birimin hassasiyeti gözle okumaya bağlı olduğundan, sabit sıcaklık banyosu duvarları ve basınç kanalı penceresindeki çarpıklardan oluşan hatalardan kaçınmak için dikkat edilmiştir.

$$\text{Kübik elastisite modülü} = \frac{V \cdot \Delta P}{\Delta V + \Delta V_g} \quad (\text{Ek.2.1})$$

V : Akışkanın orjinal hacmi

$\Delta V$ : P'lik basınç artışından dolayı gözlenen hacim değişikliği

$\Delta P$ : kPa (psig) cinsinden iki ölçme arasındaki basınç değişikliği

$\Delta V_g$ : Düzeltme faktörü

Düzeltme faktörü;  $V_g$  atmosferik basınç üzerinde piknometrenin gerçek hacminin belirlenmesinde camın kübik elastisite modülünü dikkate almaktadır.

Ateşe dayanıklı camın kübik elastisite modülü:  $3.28 \times 10^7$  kPa (12)

$$\text{Bundan dolayı} \quad \Delta V_g = \Delta V + \frac{V \cdot \Delta P}{3,28 \cdot 10^7} \quad (\text{Ek.2.2})$$

3. Alev Yayılma Testi: Alev yayılma oranı Şekil Ek.2.4'de şematik olarak gösterilen cihaz kullanılarak belirlenir. Ayrıca aşağıda belirtilen ilave cihazlardan da faydalanılır.

Kaydedici: Hızlı, hassasiyetli, 1,5 mv menzilli, 0.5 sn full skala sapmalı bir şerit kaydedici kullanılır. Çizelge hızının dakikada 7,5cm olması tercih edilir.

Bir çift diferansiyel termokupl: Fiberglas sargı izolatörlü bir çift, 24 gösterge, diferansiyel termokupl yeterlidir.

Duman başlığı: Havalandırma sistemi çalışmadığı zamanlar tabii sirkülasyonlu duman başlığı kullanılır.

Paslanmaz çelik tüp veya çubuk: Yaklaşık 1.3cm çapında ve 38cm uzunluğunda paslanmaz çelik tüp veya çubuk gereklidir.

Buharlaştırma kabı: 100mm çapında, 125 ml kapasiteli bir buharlaştırma kabı kullanılır.

Seramik fiberserit: 0,13cm çapında olmalıdır.

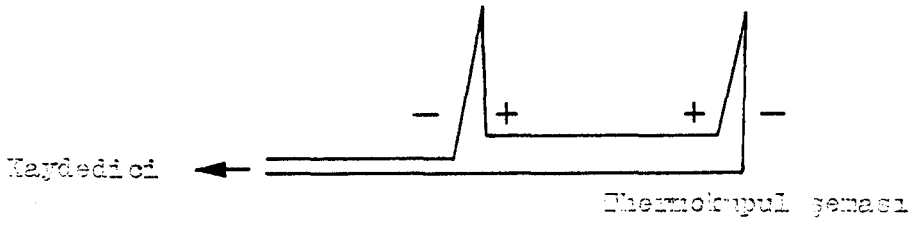
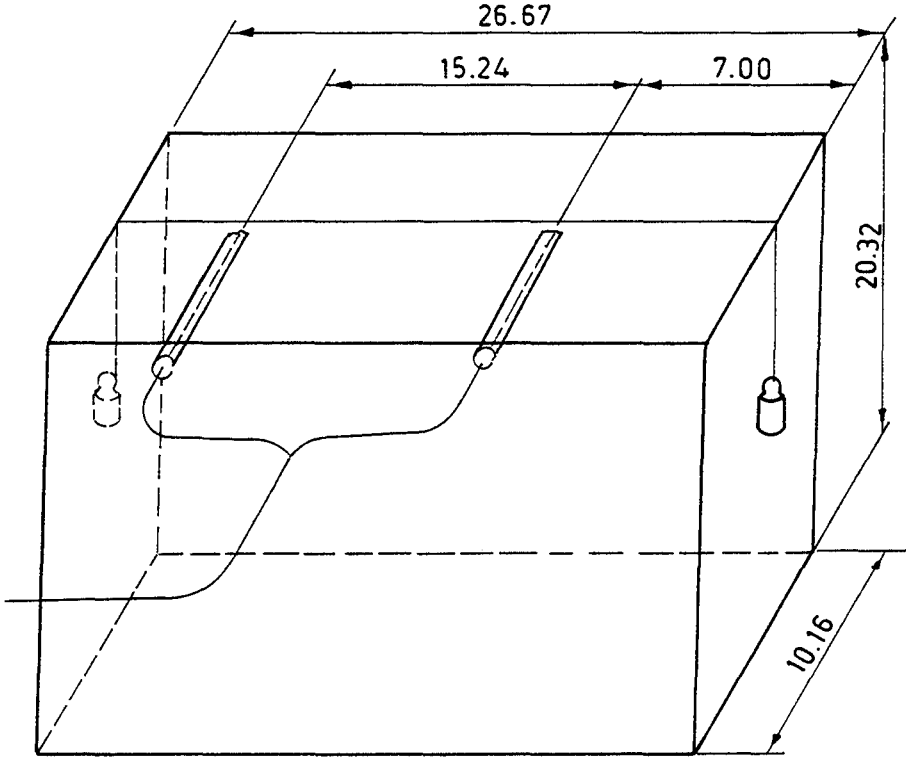
Emici kağıt sileceği: 38x21.6cm ebadında kağıt sileceği gereklidir.

Şekil Ek.2.3'de gösterildiği gibi cihaz monte edilerek, uygun bir duman başlığı yerleştirilir. Tabla yüzeyinin yaklaşık 61 cm. üstüne yatay pozisyonda duran halka üzerine paslanmaz çelik çubuğu desteklenir. Çubuk etrafına emici kağıt sileceği dikkatlice sarılır ve 2,5cm plastik bant çubuğa bağlanır. Çubuk üzerine yaklaşık 10cm lik sarılmamış bölüm bırakılır. Seramik kordonun 50cm'lik bölümü halka haline getirilir. Buharlaştırma kabı 50 ml'lik hidrolik akışkan numunesi yerleştirilir ve kordonun ucundaki halkalar akışkan içerisine konur. Kordon en az 3 dk akışkan içinde bekletilir. Kordon akışkandan çıkarılır ve herbir uçtaki halkalara 50gr'lık ağırlıklar takılır. Sarılmamış çubuk üzerine ağırlıkları iliştirilmiş, ıslatılmış kordon asılır. Islatılmış kordon çıplak kordon üzerinden geçecek şekilde en üstteki ağırlıktan yavaşça aşağıya doğru çekilir.

Kordon çubuğun sarılı tarafına transfer edilir. Yukarıda belirtildiği gibi kordon emici kağıdın üzerinden geçirilir. Herbir çift devirden sonra kordon kaldırılır ve dik pozisyonda gergin dururken 180° çevrilir. Emici kağıdın temiz bir tarafına yeniden yerleştirilir. 4 çift devir tamlanıncaya kadar işlem tekrar edilir.

Kordon test cihazına yerleştirilir. Kordonun tam 2mm üzerinde olacak şekilde diferansiyel termokupl birleşme yerleri ayarlanır. Kaydedici bant geliştirilir. Bir kibritle cihazın bir ucundaki desteğin yanındaki kordonun üzerindeki numune tutuşturulur. Karşı kordon desteğine ulaştığında kendini söndürene kadar herbir termokupl-dan geçen kordon boyunca alevin ilerlemesine müsaade edilir. Kaydedici durdurulur ve yanan ürünleri boşaltması için başlık geliştirilir.

Kaydedici bant üzerindeki tepe maksimumları aralığı ölçülür. Ölçülen aralıktan, kaydedicinin grafik hızı ve test cihazındaki termokupllar arasındaki mesafeden cm/sn cinsinden lineer yayılma oranı hesaplanır. Herbir numune için üç işlem yapılmalıdır. Alev ya-



Şekil No.2.3. Alev yayılma oranının tayininde kullanılan teçhizat (10)

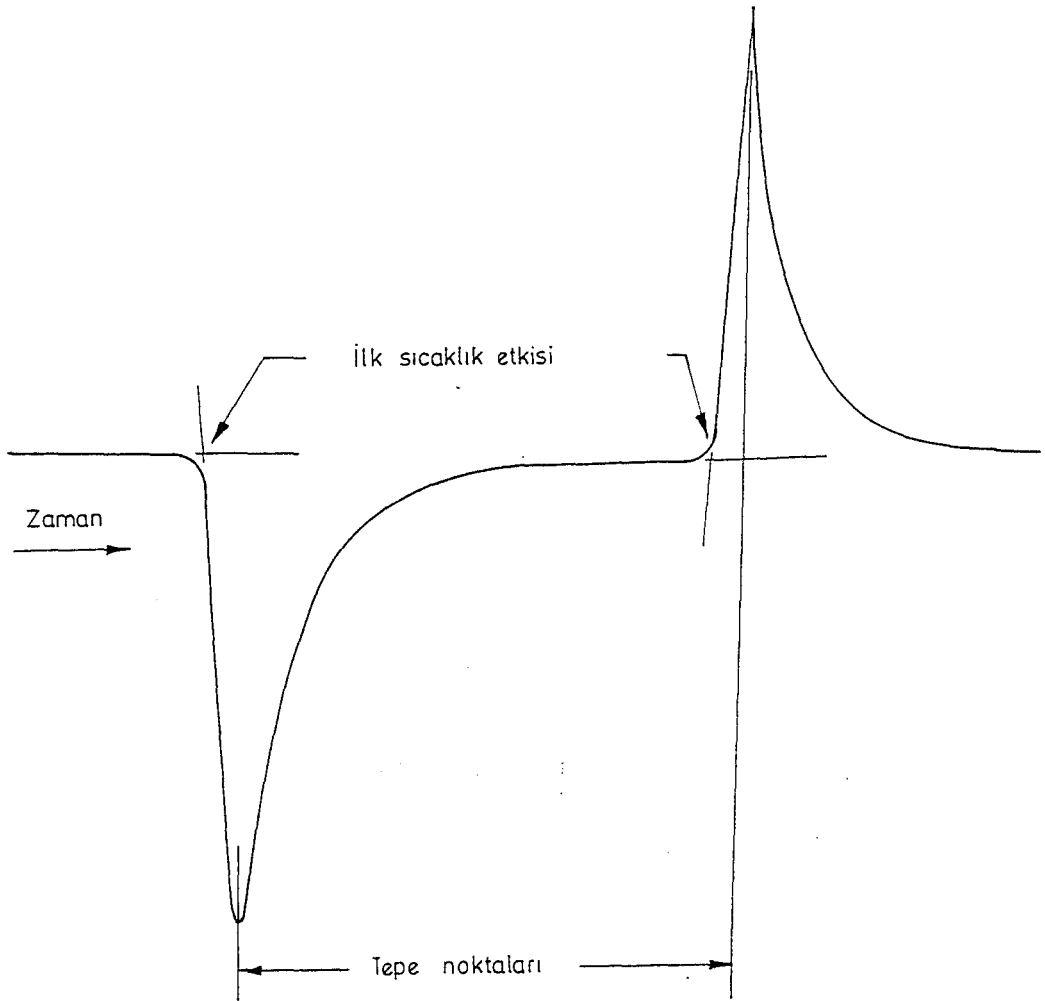
yılma oranı her bir numune için üç işlemin ortalaması olarak alınır.

$$\text{Uzunluğuna yayılma oranı} = \frac{D \cdot V_T}{L_T} \quad (\text{Ek.2.3})$$

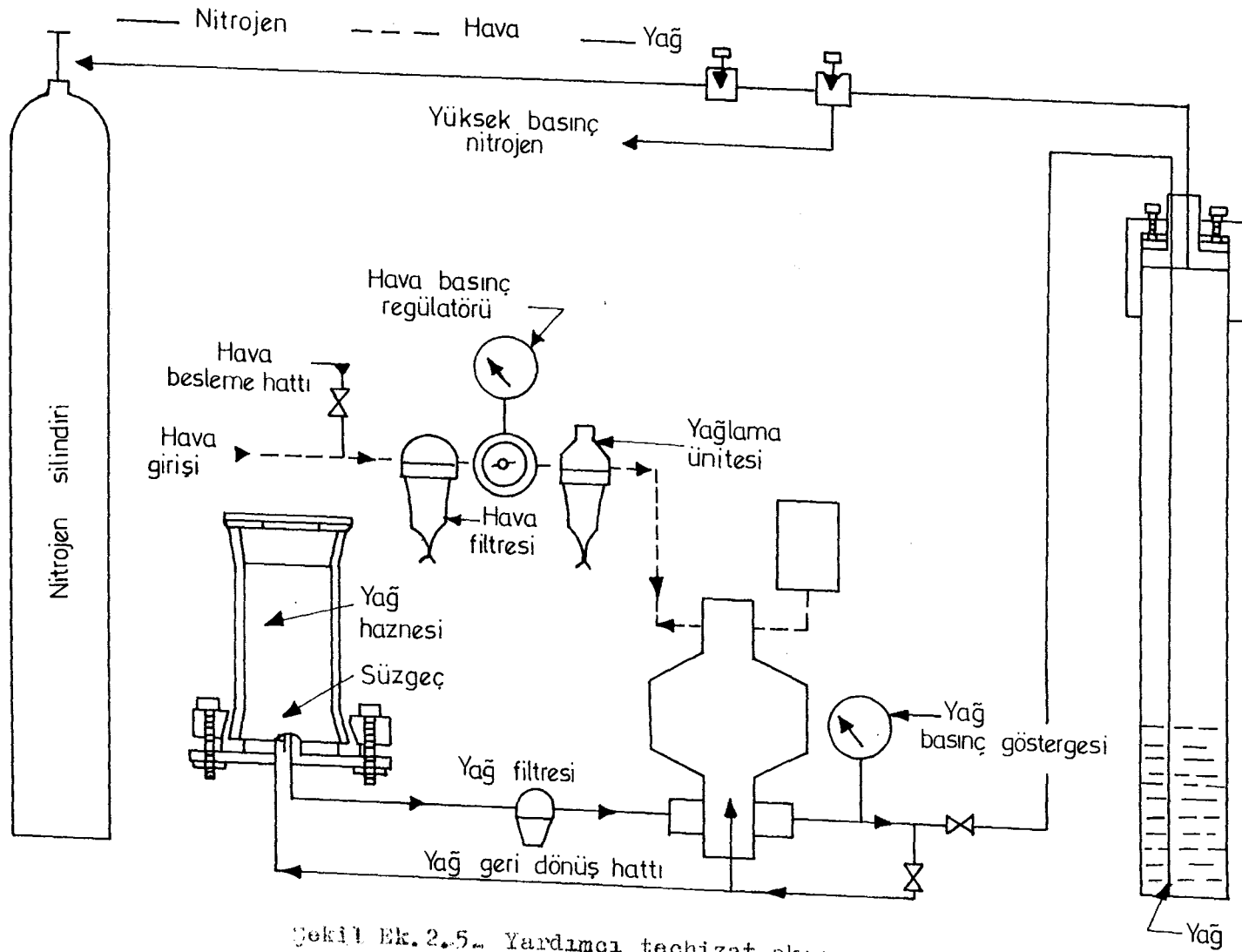
$D$  : Termokupullar arası mesafe (cm)

$V_T$  : Grafik hızı (cm/sn)

$L_T$  : İki uç arasındaki mesafe (cm)



Şekil Ek.2.4. Lineer alev yayılma oranının tayini (12)



Şekil Ek.2.5. Yardımcı teçhizat akış şeması (3)

(3) MIL-H-83282B No.lu Askeri Şartname, 10 Şubat 1982



#### 4. Yüksek Sıcaklık Dengesi

Hidrolik akışkanın sıcaklık denge karakteristiğini tespit etmede 50 ml'lik şişe, 1 adet 75° açılı adaptör, gaz giriş tüpü (6mm çaplı ateşe dayanıklı cam), 205±2°C sıcaklık elde edebilecek kapasitede ısı banyosu kullanılır.

25 ml'lik numune 75° açılı adaptör ve gaz giriş tüpü ile techiz edilen şişeye yerleştirilir. Gaz giriş tüpünün yüksekliği akışkan seviyesinin 1cm içinde olacak şekildedir. Paslanmaz çelik tüpün 25 cm'lik kısmı akışkana yerleştirilir. Gaz giriş tüpü vasıtasıyla akışkanın yüzeyinde saatte 1 lt'lik kuru hidrojen akışı sağlamak için akışkan 205±2°C'de 100 saat ısıtılır.

### ME-3

Hidrolik yağ numune etiketi, numune alma kabı üzerine tespit edilir, üzerinde numune ve alandığı sisten hakkında bilgiler bulunur.

HİDROLİK YAĞ NUMUNE ETİKETİ	
Birlik	Temiz öncesi <input type="checkbox"/> Temiz sonrası <input type="checkbox"/>
Uçak tipi	Son temizlik tarihi:
Uçak seri no:	Numune alma tarihi:
Numunenin alındığı sistem	Numuneyi alan.
Uçağın uçuş saati	Numune alınma sebebi
Test Stand'ler için aynı maddelere cihaz bilgilerini yaz.	
Test cihazı <input type="checkbox"/>	Düşünceler

#### Numune alma bilgileri

1. Çalışma bölgesi temiz ve tozsuz olmalı
2. Numune alacağın sahayı iyice temizle
3. Numune almadan önce 1/4 litre hidroliği akıt
4. Kavanozu iyice kapat, etiketi ile beraber naylon torbaya sar, gönderme kitine yerleştir
5. Kit üstünde KIRILIR yazısını yazmayı unutma

BK-4

Murunenin yağ analiz laboratuvarında analizi ve değerlendirilmesi yapıldıktan sonra yağ analiz kayıt formu dolduruldu.

YAĞ ANALİZ KAYIT FORMU	Lab. Sarı No.:.....
1) Numuneyi gönderen birlik :	
Numuneyi alanın kimliği :	
Numuneyi alanın iznisi :	
Numunenin alındığı tarih :	
Birlik numune sıra No. :	
2) Motor Seri No. :	
Motor Modeli :	
Motorunda 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 BULGULARI VE DEĞERLENDİRME	
Analiz sonucu :	
Dejere artan elementler :	
Öngörülen çatlama (kodlu) :	
6) TAKRİM VE ÖNERİLER :	