

SPEKTROMETRİK YAĞ ANALİZİ

Raziye TAŞER¹

¹1. Hava Bakım Fabrika Müdürlüğü, Eskişehir

DOI: [10.23890/SUHAD.2017.0205](https://doi.org/10.23890/SUHAD.2017.0205)

ÖZET

Spektrometrik yağ analizi, yağlama sıvısı numunelerinde aşınmış metallerin tipini ve miktarını belirlemek için kullanılan bir yöntemdir. Bu amaçla, yaygın olarak atomik emisyon disk elektrot spektrometresi kullanılmaktadır. Bu analizlerle aşınmış metal derişiminin artışı takip edilir. Böylece, anormal bir aşınmış metal oluşum seviyesi tespit edildiğinde, bunların tipi ve miktarı aşınan parçalara ilişkin ipuçları sağlar. Ancak, spektrometrik yağ analiz yöntemi sadece küçük parçacıkları belirlemekte olup, yağlama sıvısındaki aşınmış metal miktarında anormal bir artış ile karakterize edilen arızaları teşhis etmede etkilidir. Bu çalışmada, demir elementinin anormal seviyede olduğunu gösteren sonuçlar elde edilen bir GTC85-180 motor yağı analizi arıza teşhisine örnek olarak verilmiştir. Laboratuvarın tavsiyelerine göre, motor çalıştırılmaya devam edilmiş ve bir dizi yağ numunesi alınmıştır. Anormal seviyelerde demir, bakır ve alüminyum element derişimleri tespit edilmiştir. Motor söküldüğünde; aşırı burç aşınması, dişli kırılması ve alüminyum esaslı pompa gövdesinde aşınma görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Spektrometrik yağ analizi, aşınmış metal, uçak motor arızası.

SPECTROMETRIC OIL ANALYSIS

ABSTRACT

Spectrometric oil analysis is a tool for determining type and amount of wear metals in lubrication fluid samples. For this purpose, atomic emission disc electrode spectrometry is widely used. The increasing of wear metal concentration is monitored by these analyzes. Thus, when an abnormal level of production wear metals detected, the type and quantity of them provide clues concerning the parts being worn. However, the spectrometric oil analysis method identifies only small particles and is effective in diagnosing failures characterized by an abnormal increase in the amount of worn metal in the lubricating fluid. In this study, GTC85-180 engine oil analysis has been given as an example for detecting a failure, of which results showed iron was abnormal level. According to the laboratory recommendations continued to run the engine and a series of oil samples have been taken. Iron, copper and also aluminum elements concentrations have been detected in abnormal levels. When the engine disassembled; excessive bushing wear, gear fracture and wear on the aluminum based pump housing have been observed.

Keywords: Spectrometric oil analysis, wear metal, aircraft engine failure.

1. GİRİŞ

Spektrometrik yağ analizi, yağlama yağındaki aşınmış metallerin tip ve miktarlarını belirlemek için kullanılan bir önleyici bakım aracıdır. Motorlar, transmisyonlar, dişli kutuları ve hidrolik sistemler en çok takip edilen ekipman tipleridir (JOAP Manuel Vol I, 2014). Spektrometrik yağ analizinin amacı mekanik sistemde bulunan yağlama yağından uygun şartlarda alınan yağ numunesinin analizi ile elde edilen veriler doğrultusunda sistemde meydana gelebilecek aşınma, korozyon, çizilme ve parçalanma gibi anormal bir durumun olup olmadığını motora dışarıdan bir etki yapmaksızın (motor indirme, söküm vb.) önceden tespit etmektir. Bu sayede oluşabilecek büyük hasarları önlemek, bakım maliyetini düşürmek ve emniyeti artırmak mümkün olmaktadır.

Yağlama yağları yağla ıslanan makinelerin hayat boyu kanları gibidir. Önleyici bakım teknolojilerinin önemli bir unsuru olan, bakım sırasında yapılan yağ analizi yağlama yağının durumu, kirliliği ve aynı zamanda makinenin aşınması hakkında bilgi verir. Emniyet mühendisleri ve bakım uzmanları yağ analiz sonuçlarına göre bakım kararları verebilir. Bakımda yağ analizinin doğrudan faydaları yağ karışıklığını önleme, kirlilik kontrolü, duruma dayalı bakım ve hasar analizidir (Zhao Y., et al., 2014). Yağ analizi ve analiz sonuçlarının izlenmesi, sistemdeki aşınma ve değişimleri takip ederek, oluşabilecek hasarlardan sakınmak için yapılan önleyici bakımların işlevini kontrol etmede, kullanıcılara uyarıcı işaretler sağlamaktadır (Leal B., et al., 2009).

Uygulamada, bir yağ numunesi periyodik olarak bir sistemden alınır. Hareketli parçalardan aşınan metallerin iz seviyelerini, aynı zamanda kirlilik ve katkı elementlerinin seviyelerini tespit etmek için spektrometre cihazı ile yağ numunesi analiz edilir. Elde edilen veriler, önceki analizlere ve izin verilen sınırlara göre, mekanizmanın normal bir aşınmasını gösterebilir ya da erken dönemde potansiyel olarak mekanizmada ciddi bir soruna işaret edebilir. Bu gelişmiş uyarı ile ciddi hasar veya yaralanma meydana gelmeden durumu düzeltmek için bazı önlemler alınabilir (Zhao Y., et al., 2014).

Bu çalışmada, Spektrometrik yağ analiz yöntemi ile aşınmış metal parçacıklarının tip ve miktarlarının belirlenmesi, bu sayede arıza teşhisinin yapılması konusu incelenmiş olup, GTC85-180 model yer takat cihazına ait bir motorda tespit edilen örnek bir bulgu sunulmuştur.

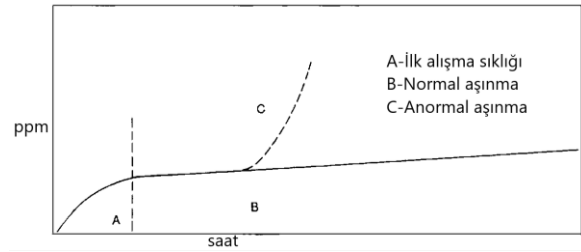
2. YÖNTEM

2.1. Yağ Numunesinin Arızayı Haber Vermesi

Yağlama yağının dolaştığı sistemlerdeki hareketli mekanik kısımların birbirine sürtünmesi, sistemdeki yağ içinde bulunan metal parçacık derişiminin

yükselmesine neden olur. Bu durum sistemde dolaşan yağı ileride meydana gelebilecek arızaları haber verecek bir kaynak haline getirir. Sürtünerek çalışan, aşınan kısımların hangi element veya element grubundan imal edildiği ve yağ içine karışan metal parçacıkların normal veya anormal miktarlarına ilişkin limitler bilinirse parçalarda meydana gelebilecek aksaklıkların hangi kısımlarda ve ne ölçüde olduğu tespit edilir. Analiz sonucunda elde edilen elementlerin cinsi aşınan parçayı, miktarı ise aşınmanın şiddetini gösterir.

Normal çalışan sistemde aşınmış metal parçacıkları belli hızda üretilir ve artar. Aşınmış metal derişiminin milyonda bir (ppm) birimde, sistemin saat olarak çalışma süresine karşılık gelen teorik grafiği Şekil 1'de verilmiştir (JOAP Manual Vol I, 2014).



Şekil 1: Aşınmış Metal Derişiminin Çalışma Saatine Göre Değişimi

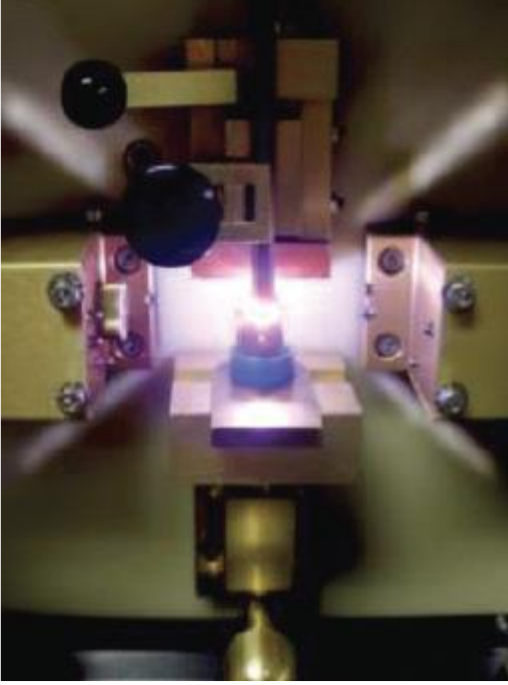
Buna göre hareketli parçalarda aşınmış metal derişimi önce hızlanarak artar ve normal çalışma devam ettikçe yavaş bir şekilde aşınan metal derişiminin artışı devam eder. Anormal bir durum olursa aşınma hızı yüksek olur ve aşınmış metal derişimi ani bir şekilde artış gösterir. Bu durum tespit edilip doğrulanmazsa hasar giderek büyür, ikincil deformasyonlara yol açarak diğer ünitelerin zarar görmesine ve sonunda tüm sistemin arızalanmasına neden olur.

2.2. Yağ Numunesinin Analizi

Spektrometrik yağ analizi ile mekanik sistemdeki yağlama yağı içinde üretilen aşınmış metal parçalar son derece düşük iz seviyesindeki derişimlerde ölçülebilir. Atomik emisyon spektrometreleri bakımda yaygın bir şekilde yağ analizi için kullanılmaktadır (JOAP Manual Vol I, 2014). Rotasyonel Disk Elektrot (RDE) emisyon spektrometre tekniği, kullanılmış yağlarda aşınmış metallerin kantitatif olarak tespitinde standart bir metod olarak halihazırda kabul edilmiştir (Lukas M., et al., 2004).

ABD Savunma Departmanları tarafından uygulanan Müşterek Yağ Analiz Programı (JOAP) sayesinde tüm ABD askeri birliklerdeki yağ analiz laboratuvarları ilgili Teknik Emir (TO 33-1-37) esasları doğrultusunda standart hale getirilmiştir.

JOAP sertifikasyon ve korelasyon programına dahil olan laboratuvarlar TO 33-1-37'de belirtilen kalite kriterlerini karşılamak zorundadır. Bu kriterlerden biri cihaz tipi olarak Atomik Emisyon Rotasyonel disk elektrot (AER) kullanılmasıdır. Spektrometrik yağ analizinde kullanılan AER spektrometrede bir numunenin analiz sırasındaki görüntüsü Şekil 2'de sunulmuştur (Zhao Y., et al., 2014).



Şekil 2: AER Spektrometre Numune Standı ve Yağ Numunesinin Analizi

2.3. Yağ Numunesinin Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yağ numunesinin analiz sonuçlarının değerlendirilmesi aşağıda belirtilen kriterlere göre yapılır:

- Analiz sonuçları, aynı seri numaralı sistemin önceki analiz sonuçları ile karşılaştırılarak 10 saatlik çalışma süresi için element derişimindeki artış miktarı belirlenir. Bu değerler TO 33-1-37'de verilen motor veya teçhizat tipine göre açıklanmış limit değerlerle karşılaştırılır.

- Artışlar limitler dahilinde ise; normal numune alma periyoduna devam edilir. Eğer sonuçlarda bir anormallik görülürse; numunenin ait olduğu sistem tipi, artış gösteren elementlerin cinsi, aşınma eğiliminin şiddeti ve sistemin daha önceki analiz sonuçlarına göre işlem uygulanır.

- Değerlendirme yaparken öncelikle Al, Cr, Cu, Fe, Mg, Ag gibi ana yapı elementleri göz önüne alınır.

- 10 saatlik eğilim değerlerini belirlemek için aşağıdaki formül uygulanır:

$(A-B) / (C-D) \times 10 = 10$ saat çalışma için eğilim değeri

A = Analiz edilen numunenin değeri (ppm)

B = Önceki değer (ppm)

C = Analiz edilen numunenin uçuş saati

D = Önceki numunenin uçuş saati

Değerlendirme limitleri her sistem için TO 33-1-37'de ayrı ayrı verilmiş olup, rakamsal olarak 5 kategoriye ayrılmıştır. Bu kategoriler aşağıda açıklanmıştır:

(1) Anormal aşınma eğilimi

Bu değer 10 saatlik çalışma için anormal aşınma eğilimini belirtir. Sistemin geçmiş dönemindeki analiz sonuçları ile son durum birlikte değerlendirilir.

(2) Normal limit

Aşınma eğilimi normal olduğu sürece buradaki değerlere kadar gelebilir.

(3) Tolerans aralığı limitleri

Aşınma eğilimi normal olan ve daha önceki analizlerde artış göstermeyen sistemlere bu değerlerde müdahale etmeye gerek yoktur.

(4) Yüksek limit

Analiz sonucu bu değere ulaşan sistemin; aşınan element cinsi, aşınma hızı, sistemin bakım ve revizyon saatleri göz önünde bulundurularak numune alma periyodu sıklaştırılır. Özel yer çalıştırılması, yağlama sisteminin temizlenmesi veya şüpheli görülen parça değişimi istenebilir.

(5) Anormal limit

Artış gösteren element veya element grubunun kullandığı sistemin arızasının giderilmesi istenir.

Tablo 1'de iz elementlerin oluşumunun muhtemel nedenlerinin kabaca bir özeti görülmektedir (The Spex Speaker, 1968).

Tablo 1: Yağlama Yağında İz Element Oluşumunun Genel Nedenleri.

Tespit edilen iz element	Değerlendirme
Demir (Fe)	Arızalı dişli-dış yatağının iç yüzeyine sürtünmesi.
Demir (Fe), Gümüş (Ag)	Gümüş kaplama şaft dişi aşırı aşınması.
Demir (Fe), Bakır (Cu), Gümüş (Ag)	Sıralı bir şekilde görülen aşırı dişli aşınması.
Magnezyum (Mg)	Pompa ve dişli kutusu gövdelerinden gelen yağ. Çelik dişli, magnezyum döküm gövdesini aşındırıyor olabilir.
Krom (Cr)	Çoğunlukla krom kaplama ile kaplanan ve değiştirilen aşınmış parçalar.
Kurşun (Pb)	Pistonlu motorlarda, gazolindeki tetraetil kurşun girişim yapar. Jet motorlarında, kurşun yatak yüzeyleri yaygındır.
Silikon (Si)	Silikon sentetik yağlarda girişim yapar. Aksi takdirde, hava filtresi arızalıdır.
Alüminyum (Al)	Yağ pompası aşınması. (General Elektrik T58 motoru alüminyum dökme gövdesine sahiptir).

3. GTC85-180 MODEL (YER TAKAT CİHAZI) MOTORDA ARIZA TESPİTİ

GTC85-180 model yer takat cihazı motoruna ait spektrometrik yağ analizi ile belirlenen bir arıza tespiti aşağıda açıklanmıştır. Tablo 2’de GTC85-180 model yer takat cihazı motorunun değerlendirme kriterleri verilmiştir.

Tablo 2: GTC85-180 Yer Takat Cihazı Motoru Limit Değerleri (JOAP Manual Vol III, 2013).

MOTOR TİPİ: GTC85-180						
DEĞERLENDİRME ARALIĞI	ELEMENT TİPİ					
	Fe	Ag	Al	Cr	Cu	Mg
Anormal Aşınma Eğilimi (ppm/10 saat)	9	2	4	2	4	3
Normal Limit	0-29	0-2	0-10	0-4	0-13	0-6
Tolerans Aralığı	30-36	-	11-12	5	14-16	7
Yüksek Limit	37-44	3	13-14	6	17-19	8-9
Anormal Limit	45+	4+	15+	7+	20+	10+

Bu tabloya göre Fe elementinin 10 saatlik artış hızı 9 ppm’dir. Fe elementi saatte artış hızı 0.9 ppm’i geçmemek suretiyle 0-29 ppm arasında bir değere gelebilir.

Spektrometrik yağ analizi faaliyetleri kapsamında, GTC85-180 model motorun revizyonundan sonra alınan ilk numunede bir anormallik tespit edilmiş olup, bir seri analiz yapılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 3’de görülmektedir.

Buna göre;

- 2 saatlik çalışmada alınan numunede Fe elementi 1-2 ppm çıkması gerekirken 13 ppm çıkmıştır. Bu durumda ilave çalışma verilmiştir.
- Bu çalışmada da Fe ve Cu elementlerinde ani artış görülmesi üzerine, artışın devam edip etmeyeceğinin kontrolü için bir ilave çalışma daha yaptırılmıştır.
- Fe ve Cu değerleri sabitlenmiş, ancak Al elementinde de bir artış gözlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre tamire gider kararı verilmiştir.
- Hasar giderildikten sonra yağ analiz sonuçları normale dönmüştür.

Analiz sonuçları arıza yeri olarak Fe esaslı şaftı ve Cu esaslı burcu işaret etmiştir. Al elementinde de artış gözlenmesi yağ pompasında hasar olduğunu göstermiştir. Pompa gövdesinin tamir edilmek üzere açılmasıyla; dişlide kırılma, burçta aşırı aşınma, Al esaslı pompa gövdesinde aşınma olduğu gözlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3: GTC85-180 Yer Takat Cihazının Hasarlı Bölgesi

Tablo 3: GTC85-180 Yer Takat Cihazı Motoru Yağ Analiz Sonuçları

MOTOR TİPİ: GTC85-180								
Num. No.	Fe	Ag	Al	Cr	Cu	Mg	Sonuç	Lab. Tavsiyesi
1.	13	0	1	0	2	1	Fe Anormal Aşınma Eğilimi	İlave Çalışma
2.	20	0	1	0	4	1	Fe ve Cu Anormal Aşınma Eğilimi	İlave Çalışma
3.	19	0	2	1	4	1	Al Anormal Aşınma Eğilimi	Tamire Gider
4.	2	0	0	0	1	0	Normal	Rutin

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, spektrometrik yağ analizi tekniği ve değerlendirme süreci açıklanmış, arıza tespitindeki rolü vurgulanmıştır.

Önleyici bakım aracı olan yağ analizi, uçak motor ve ekipman çeşitliliği, numune alma sıklığındaki farklılıklar gibi nedenlerden dolayı uygulamada zorlukları olan, deneyim ve uzmanlık gerektiren bir tekniktir.

Kullanılan cihaz Atomik emisyon rotasyonel disk elektrot spektrometre olup, standart olarak başlıca demir, gümüş, alüminyum, krom, bakır, magnezyum, kurşun, nikel, molibden, silikon, titanyum ve kadmiyum elementlerinin ppm seviyesinde analizleri yapılmaktadır. Uçak motorları, transmasyonlar, gaz türbinleri ve hidrolik sistemler gibi kapalı döngü yağlama sistemlerinde dolaşım yapan yağlarının analizi sonucunda, oluşabilecek büyük arızaların ilk belirtilerinin saptanmasına çalışılmaktadır.

Shell firmasının bir raporuna göre uçak motorlarının yaklaşık %70'i kirliliğe bağlı olarak servise alınmakta ve bunların %50'si metalik sürtünme ve aşınma problemlerinden dolayı hasarlanmaktadır (Leal B., et al., 2009).

Sonuç olarak; spektrometrik yağ analizi havacılık endüstrisinde önemli bir önleyici bakım aracıdır. Bu teknik sayesinde potansiyel büyük hasarların erken uyarıları tespit edilmekte olup, böylelikle ekipman ömrü uzatılmakta, bakım maliyetleri düşürülmekte ve uçuş emniyeti artırılmaktadır. Aynı zamanda çevresel farkındalık oluşturularak sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağlanmaktadır.

KAYNAKLAR

- JOAP Manual Volume I., 2014, Joint Oil Analysis Program Introduction, Theory, Benefits, Customer Sampling Procedures, Programs and Reports. T.O.33-1-37-1. Published by Naval Air Systems Command, USA. (for Technical Order)
- JOAP Manual Volume III, 2013, Joint Oil Analysis Program. Laboratory Analytical Methodology and Equipment Criteria (Aeronautical). T.O.33-

- 1-37-3. Published by Naval Air Systems Command, USA. (for Technical Order)
- Lukas, M. and Anderson D.,P., 2000, Development of an ASTM Standard Test Method for the Rotating Disc Electrode (RDE) Emission Spectroscopy Technique. Technology Showcase, April 3-6, 2000. Mobile, Alabama, USA. (for Conference)
- Leal B., Ordieres J., Capuz-Rizo S.F., Cifuentes P., 2009, Contaminants Analysis in Aircraft Engine Oil and its Interpretation for The Overhaul of the Engine. WSEAS Transactions on Information Science and Applications, 1729-1738. (for Journal)
- The Spex Speaker Volume XIII, 1968, Spectrometric Oil Analysis Program. Published by Spex Industries, Inc., Metuchen, NJ, USA. (for Journal)
- Zhao Y., Henning P., Walsh D., Yurko R., Barraclough T., Shi A., Garvey R., 2014, Oil Analysis Handbook for Predictive Equipment Maintenance. Spectro Scientific, Confidence In Knowing. (for Book)