

ガスタービン用潤滑油の新劣化管理手法の開発

新しい潤滑油に対応し、スラッジの発生時期を予測管理

Development of new control method to estimate deterioration of lubricating oil for gas turbines

Management based on the appearance of sludge on newly applied/introduced lubricating oil

(エネルギー応用研究所 環境技術G 化学T)

近年、主力になっているコンバインドサイクル火力発電所のガスタービン発電ユニットは、軸受け温度に対応した新しいガスタービン用潤滑油(以下GT油)が採用されている。このGT油の劣化管理に適した「酸化防止剤残存量」と「劣化生成物」を化学分析しスラッジ発生時期を予測管理する手法を開発したので紹介する。

(Chemicals Team, Environmental Technology Group, Energy Applications Research and Development Center)

Recently, new lubricating oil for gas turbines (herein after called to as GT lubricating oil) suitable to bearing temperature, make use at generating units of major combined cycle power plants.

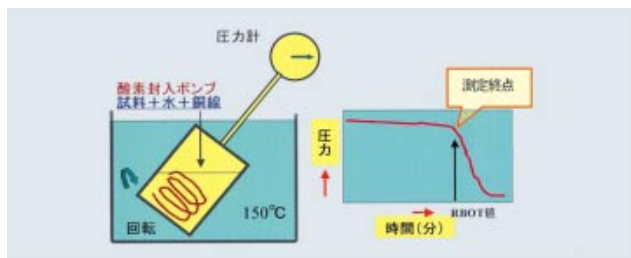
Here we report on the new method to control deterioration of GT lubricating oil: a method to estimate the appearance of sludge using chemical analysis on the " remaining amount of oxidation agent " and " the products caused by deterioration ".

1 背景・目的

一般的にタービン用潤滑油は、硫黄化合物などが除去された精製石油(以下ベースオイル)に酸化防止剤を添加し、ベースオイルの熱負荷等による酸化劣化を抑制することにより潤滑性能を維持している。

ガスタービン軸受け温度は、従来の蒸気タービンに比べ高温であるため、GT油には蒸気タービン用潤滑油(以下ST油)より耐熱性に優れたアミン系酸化防止剤が採用されている。

GT油は開発後の歴史が浅く実機データも少ないことから劣化管理手法が確定されていない。このため暫定的にST油と同様の、第1図に示すJIS回転式酸化安定度試験(以下RBOT)により酸化防止性能を測定しRBOT値を各銘柄別の目標値で管理していた。



第1図 JIS回転式酸化安定度試験の概略

しかし、GT油はST油と異なりRBOT値が高く酸化防止能力が十分残っている状態でもスラッジ(固形物)が発生し、軸受けメタルへ固着したり、ろ過器を閉塞させる可能性があることが明らかとなった。

こうした背景からGT油に適合した管理手法が必要となったため、化学分析による新しい手法の開発に取り組んだ。

2 研究結果

(1)酸化防止剤の分析

当社で使用しているGT油の酸化防止剤を分析した結果、第1表に示すように組成に若干の差異はあるが

アミン系を基本としたものであるため統一的管理が可能と考えた。

第1表 GT油の酸化防止剤分析結果

| 通称 | 銘柄 | A | B | C | D |
|--------|----------|----------|----------|------------|----------|
| アミン1 | ナフチルアミン | ナフチルアミン | ナフチルアミン | ナフチルアミン | ジメチルアニリン |
| アミン2 | ジフェニルアミン | ジフェニルアミン | ジフェニルアミン | ジフェニルアミン | ジフェニルアミン |
| その他 | ナフチルアミン | | | フェニルホスファイト | |
| フェノール系 | | | DBPC | | DBPC |

DBPC : 4,4'-メチレン-ビス-2,6-ジ-tert-ブチルフェノール

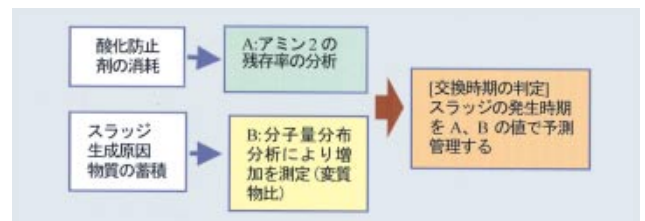
(2)GT油の劣化の特徴と指標項目の選定

ア.劣化の特徴

加速劣化試験により劣化生成物の構造を分析した結果、GT油はアミン系酸化防止剤が消費されその劣化物が互いに結合し多量体化することで高分子化合物が発生することを確認した。この高分子劣化物はやがて油中にスラッジとして生成することが分かった。

イ.劣化指標項目の選定

ア項の結果により「酸化防止剤の消耗(残存率)」および「劣化生成物の蓄積による分子量の増加(以下変質物比)」の2項目を劣化指標として、スラッジ発生の時期を管理することが有効な手法と判断した。(第2図)

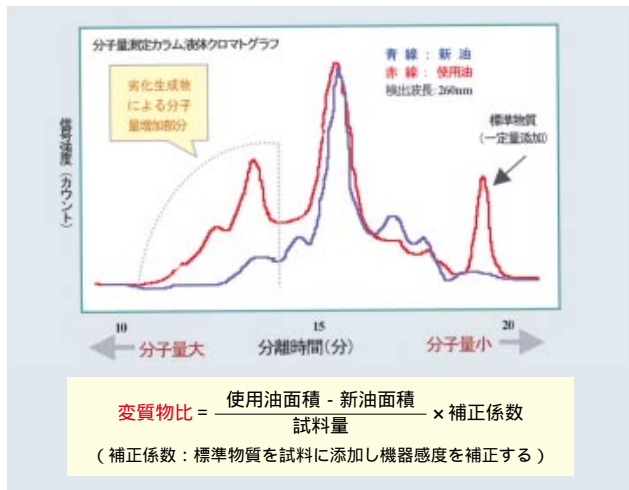


第2図 GT油管理の考え方

ウ.変質物比測定法の確立

従来から潤滑油劣化管理法として酸化防止剤の残存量により管理する手法はあるが、今回、高速液体クロマトグラフ(以下HPLC)によるGT油酸化防止剤の定量法とともに、HPLCを用いた分子量分布測定によりスラッジ発生の原因となる劣化生成物の度合いを「変質物比」として求める新しい方法を考案した。

測定クロマトグラフと、求め方を第3図に示す。



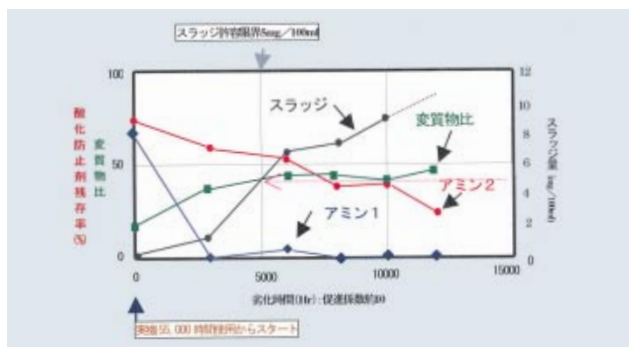
第3図 変質物比の求め方

(3)劣化促進試験による劣化挙動の把握

当社で使用中のGT油4銘柄について、95の劣化促進試験（JISK2514.5：水分無添加条件で酸素を通気、劣化係数約10倍）を実施し、スラッジ量が急激に上昇する5mg / 100mlをGT油使用における許容限界値として劣化指標項目について評価し以下のことを把握した。（第2表、第4図）

第2表 スラッジ発生許容限界時の特性

| 項目 | 試料油 | 使用油A [54,975時間] | 使用油B [18,588時間] | 使用油C [7,294時間] | 新油D [0時間] |
|---------------------------|--------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------|
| | 酸化防止剤の残存率(%) | アミン1 | 2.5 | 20 | 3.5 |
| | アミン2 | 53 | 58 | 47 | 87 |
| 変質物比 | | 42 | 12 | 14 | 7 |
| R B O T (分) | | 896 | 535 | 700 | 464 |
| []は新油値 | | [1700] | [848] | [2020] | [521] |
| 予測寿命 (実機運転時間+劣化促進実機換算) | | 105,000 | 79,000 | 107,000 | 10,000 |



第4図 劣化促進試験による劣化挙動例(A油)

ア.GT油の寿命予測

各GT油の寿命を予測した結果、Dを除くA、B、Cの3銘柄は、およそ8~10万時間の寿命を有すると推定できた。一方Dは、他銘柄の数分の1の寿命であった。なおDは現在長寿命のタイプに交換されている。

イ.スラッジ発生と指標物質の関係

(ア)酸化防止剤の挙動

GT油の酸化防止剤の劣化は、アミン1が早い時期に消耗しアミン2が漸次減少する傾向である。またDを除く銘柄は、アミン2の残存率50~60%においてスラ

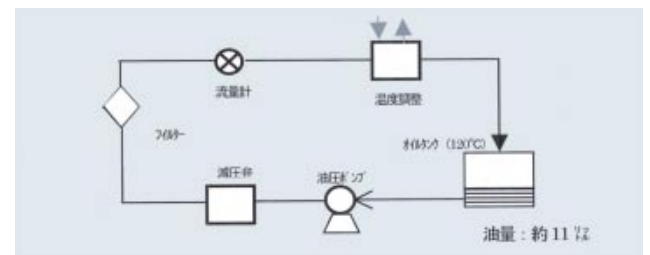
ジ量の許容限界を越えることが分かった。

(イ)変質物比の挙動

変質物比は、各銘柄に差があるがそれぞれ一定の値を越すとスラッジ量が許容限界を越す領域になる傾向が確認できた。

ウ.高温ポンプ循環試験による劣化挙動の確認

95 劣化促進試験は約400mlの閉鎖系試験であるためより実機を模擬できるように第5図に示す120 高温ポンプ循環試験により試験値を検証した。

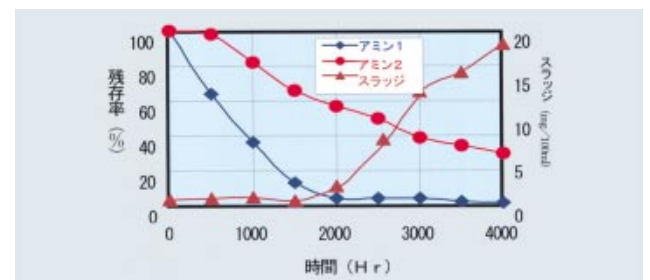


第5図 高温ポンプ循環試験の概要

この結果、第6図に示すように約2300時間付近でスラッジ量の許容限界点(5mg / 100ml)となった。

これは実機に換算(加速率約40倍)すると9万時間の寿命となり95 劣化促進試験と概ね一致した。

また、このときのアミン2の残存率についても50%であり、95 劣化促進試験の値とほぼ一致した。



第6図 高温ポンプ循環試験結果(A油)

3 まとめ

劣化促進試験で求めたスラッジ発生時の「アミン系酸化防止剤の残存率」と「変質物比」を管理値として交換時期を予測する新たなGT油劣化管理手法を開発し活用できる見通しを得た。

4 効果と展開

現在、本手法の運用を開始したところである。

従来のRBOTは、1試料2日間を要していたが本法の分析所要時間は、1試料約90分であり大幅に時間短縮が可能となった。本研究の推進にあたり多大な協力をいただいた出光興産(共研) 新日本石油(共研) テクノ中部(委託研究)に謝辞を述べたい。なお、変質物比を劣化管理に用いる方法について出光興産と共同で特許出願済みである。



執筆者/熊崎 脩
Kumazaki.Osamu@chuden.co.jp