

## 風力タービンのギアとベアリングの効率と寿命の向上

Higher efficiency and lifetime improvements for gears and bearings in wind turbines

クローダ ヨーロッパ ポーリヤ・パラセイアン \*ガレス・モーディ (非) ステファン・ビル

Pourya Parsaeian\*, Gareth Moody\*, Stefan Bill\*,

\* Croda Europe Ltd

### 1. はじめに

微粒子フィロケイ酸添加剤は、既に存在する摩耗損傷を修復保護し、機械故障の防止、修理コスト軽減に貢献する事が可能な潤滑油添加剤である。主にマイクロおよびナノ粒子形態のフィロケイ酸塩で構成される粒子は、潤滑油をキャリアとして摩擦接点に到達し、損傷した表面を修復/保護する。粒子の化学的/物理的な結合により、摩擦金属表面は、新しい耐食性金属/セラミック表面を生成する。ナノ・マイクロスケールでのこのトライボロジー現象は、様々な機械系において表面粗さ、摩擦、摩耗、温度を低減し、それは、効率と寿命の大幅な改善につながる。用途としては風力タービンのギア、ベアリングの信頼性を向上、機械の寿命延長が期待できる。この研究で報告するフィロケイ酸添加剤は、既存の潤滑剤の特性を変化させず、既存の損傷を修復し、機械系の寿命を延長する一連の効果を各種試験により示す。

### 2. ギアの摩擦低減と表面保護

微粒子フィロケイ酸添加剤が摩擦及ぼす影響を理解するために Optimol Instruments の 2disc 試験を Table 1 に試験条件で実施した結果を Figure 1 に示す。フィロシリケート添加剤を用いた ISO320 工業用ギア油は 20 時間後には 46% の摩擦低減が示された。また、2disc 試験片の接触面を解析した結果を Figure 2 に示す。表面の保護及び修復効果が与えられ、表面粗さを 18% 大幅に低減した。

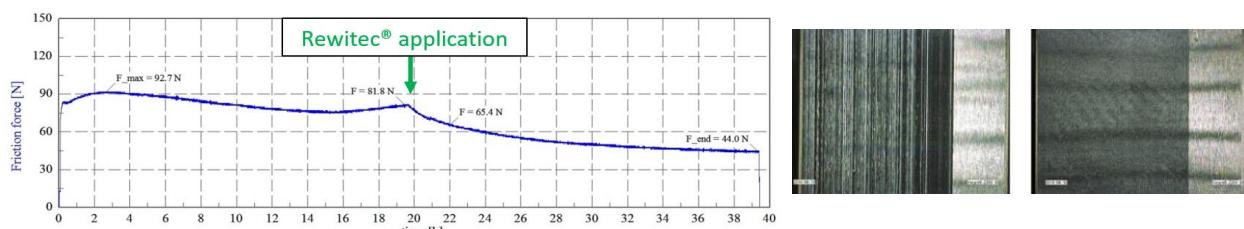


Fig. 1 - Friction measurement in ISO 320 industrial gear oil with phyllosilicate-additive added after approx. 20 hours.

Fig. 2 - An example of the typical surfaces treated on a 2-disc assembly bench without (left) and with phyllosilicate-additive (right).

### 3. FE8 テスト - 表面保護

ISO320 工業用ギア油中のフィロケイ酸塩添加物の表面粗さに対する効果は、Table 2 の条件を用い FE8 試験を行った。Figure 3 は、フィロケイ酸添加剤の有り無しでの表面状態の分析結果であり、フィロケイ酸添加剤の存在は(右画像)、金属表面をより滑らかで損傷の少ない状態を保つ。これは、荷重分布が良くベアリングの長寿命につながる。また、17%の摩耗の減少を確認し、また、左の画像(添加剤無しオイル)は右画像(添加剤有りオイル)に対し、はるかに深い摩耗痕を示した。

Table 1: 2-disc testing conditions	
Parameter	Value
Normal force load	2150 N
Surface Pressure	1GPa
Rotating speed	424 rpm
Variable slip	20%
Test duration	393 h
Oil bath temperature	60°C

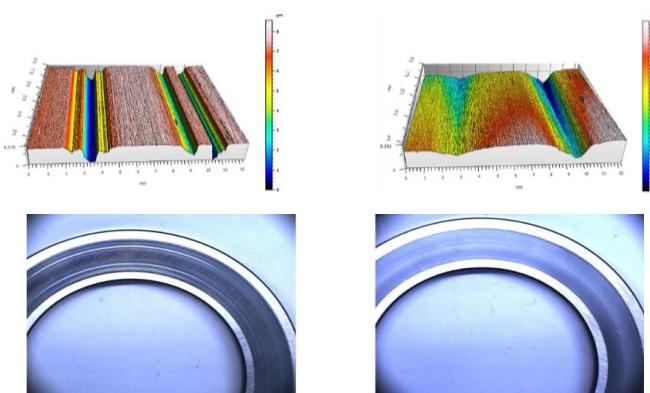


Table 2: FE8 testing conditions	
Parameter	Value
Speed	7.5 rpm
Test duration	80 h
Temperature	80°C
Load	80 kN

Fig. 3 - Surface after the FE8 test in ISO 320 industrial gear oil without (left) and with (right) phyllosilicate-additive.

#### 4. ベアリングの摩擦低減

ギヤ用途における摩擦低減だけではなく、ベアリング用途においてもフィロケイ酸添加剤は良好な効果をみせる。

MTM 試験により汎用グリース中でフィロケイ酸塩添加剤の有り無しにおける摩擦性能を確認した。結果として、添加剤により摩擦係数とし 38% 程度の減少が見られた (Figure 4)。

Table 3: MTM testing conditions	
Speed	700 mm/s
Load	70N (1.24 GPa) Pressure
Temperature	Ambient
Test piece type	Ball-on-Disc configuration
	steel ball, steel disc
	AISI 52100 19mm diameter
	AISI 52100, 46mm diameter

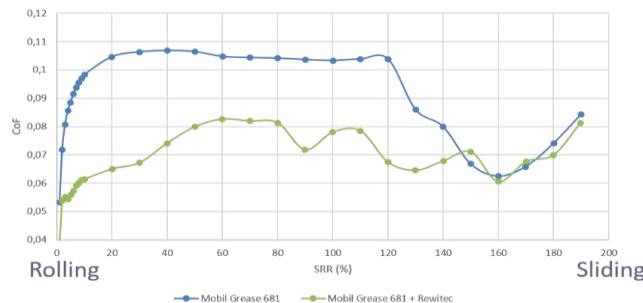


Fig. 4 - Coefficient of friction at different rolling/sliding ratios in grease ISO 681 without (blue) and with (green) phyllosilicate-additive.

#### 5. システム寿命に与える影響

Sentient Science 社との協力により、デジタルモデリングを通じて、風力タービンの性能と寿命を評価し予測した。2wt%の フィロケイ酸添加剤が、発電機側のメインシャフトベアリングの主軸受の寿命を延ばす能力がどのくらいあるか?を DigitalClone ソフトウェアと計算寿命予測(CLP)を用いて確認した。比較は'何もしない'をシナリオとする。結果は Figure 5 に示すように、10 年運転後のベアリング(緑色の線)に添加剤を使用する場合、部品の寿命が約 14 年延長されることが示された。また 5 年(黄色線)でフィロケイ酸添加剤を使用する場合、寿命は 17 年延長されることを示した。

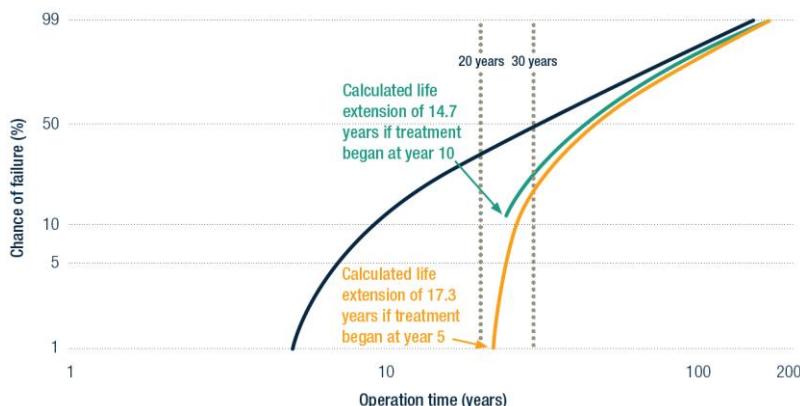


Fig.5 – Failure probability during the lifetime of a bearing with and without Phyllosilicate-additive

#### 6. 結論

フィロケイ酸塩添加剤は摩擦と摩耗の減少に加えて、部分的に損傷した表面の修復が可能であり、風力タービンベアリングとギアの予測寿命を延長する。保守実施の最適化と運用コストの削減の観点から持続可能な未来に向けての興味深い添加剤と言える。

#### 7. 文献

1. Gayo, J.B., 2011. Final publishable summary of results of project ReliaWind. Gamesa Innovation and Technology: Egues, Spain.
2. Sheng, S., 2016. Wind turbine gearbox reliability database, condition monitoring, and operation and maintenance research update (No. NREL/PR-5000-66028). National Renewable Energy Lab. (NREL), Golden, CO (United States).
3. Sheng, S., Link, H., LaCava, W., van Dam, J., McNiff, B., Veers, P., Keller, J., Butterfield, S. and Oyague, F., 2011. Wind turbine drivetrain condition monitoring during GRC phase 1 and phase 2 testing (No. NREL/TP-5000-52748). National Renewable Energy Lab. (NREL), Golden, CO (United States).
4. Sheng, S., Link, H., LaCava, W., van Dam, J., McNiff, B., Veers, P., Keller, J., Butterfield, S. and Oyague, F., 2011. Wind turbine drivetrain condition monitoring during GRC phase 1 and phase 2 testing (No. NREL/TP-5000-52748). National Renewable Energy Lab.(NREL), Golden, CO (United States).
5. Wind turbine reliability data review and impacts on leveled cost of energy Cuong Dao | Behzad Kazemtabrizi | Christopher Crabtree
6. Artigao, E., Martín-Martínez, S., Honrubia-Escribano, A. and Gómez-Lázaro, E., 2018. Wind turbine reliability: A comprehensive review towards effective condition monitoring development. Applied energy, 228, pp.1569-1583.