

鉄鋼設備用オイルエア潤滑の技術動向

Technical Trends of Oil/Air Lubrication for Steel Making Equipment

宮地武志 T. MIYACHI 浦西丈晴 T. URANISHI

Oil/air lubrication system is one of the lubrication methods for rolling bearings installed in steel making equipment. Recently, expansion of the application of this system has been accelerated not only for continuous casting machines but other applications because this system has been recognized by customers to be applicable to various conditions unique to steel making equipment. It has been confirmed that oil/air lubrication applied to continuous casting machines significantly reduces bearing wear. Also it is expected that the oil/air lubrication can contribute to energy saving due to minimum lubricant consumption and smaller starting and operating torque.

Based on considerable experience as a diversified bearing manufacturer, JTEKT has developed the optimum oil/air lubrication system for rolling bearings. This paper presents application examples and effectiveness of the oil/air lubrication system for steel making equipment.

Key Words: oil/air lubrication, continuous casting machine, steel making equipment, energy saving rolling bearing life

1. はじめに

当社は鉄鋼設備用転がり軸受の潤滑性能向上を目的に、1990年にオイルエア潤滑の開発に着手した。鉄鋼設備用軸受は過酷な環境下で使用される場合が多いので、お客様と共同でオイルエア潤滑における種々の技術課題に取り組んだ結果、これまでに、連続鋳造設備、熱間圧延設備、冷間圧延設備等の各種の鉄鋼設備で多数の採用実績を得ている。本報では、各種の鉄鋼設備へのオイルエア潤滑適用事例とその有効性について紹介する。

2. オイルエア潤滑の概要

2.1 オイルエア潤滑の原理

オイルエア潤滑における油の搬送原理を図1に示す。また、その特長は以下の通りである。

- 1) 油は配管内部に油滴状で供給され、エアの流れにより搬送される。
- 2) 最終潤滑点へ供給される油は油滴状であり、潤滑への寄与率が高いため油の消費量を最少限に抑えることができる。他の潤滑手段と比較して、省エネルギー効果が期待できる。

- 3) また、油の搬送動力であるエアも潤滑点へ供給されるため、軸受内部が正圧となり、密封性を高めることができる。鉄鋼設備ではこの密封効果が軸受の潤滑性能（寿命）向上に大きく寄与している。

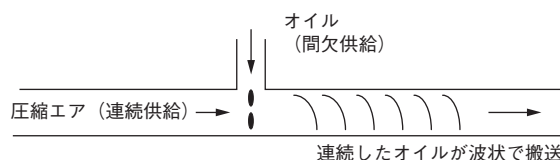


図1 オイルエア潤滑システムの搬送原理
Transfer principle of oil/air lubrication system

2.2 オイルエア潤滑の構成機器

当社のオイルエア潤滑システムは基本的に図2に示す機器で構成されており、各構成機器は表1に示す機能を有する。この構成を基本とし、給油装置としての基本機能の他、各種の鉄鋼設備のレイアウトに適用できる自由度を有することも当社オイルエアシステムの特長である。

表1 オイルエア潤滑システム各構成機器の特長
 Characteristics of each component in oil/air lubrication system

機器名	構成機器	機能	オイルエアシステムの特長
メインユニット	ポンプユニット	・ ミキシング装置へのオイル供給 ・ オイル系統の各監視機能	・ 高粘度油対応 ⇒ ISOVG680 ・ 異常発生時の自動復旧機能 ⇒ 予備ポンプへの自動切換え他
	エアユニット	・ ミキシング装置へのエア供給 ・ エア系統の各監視機能	・ 広範囲の一次側圧力に対応 ⇒ 0.3MPa 以上適用可 ・ エアドライヤ対応
ミキシング装置 (図3)		・ オイル計量・分配 ・ オイルとエアの混合 (オイルエア生成) ・ ミキシング以後の配管監視	・ オイルエア配管の監視機能 ⇒ 漏れと詰まりの2面監視機能 ・ 目視確認用オイルサイト ⇒ オイルエアの流れを目視で確認
オイルエアディストリビュータ (図4)		・ オイルエアの多岐分配	・ 定量分配 ⇒ 1～4分配 (連続鋳造設備等に適用) ・ 非定量分配 ⇒ 1:1～1:8 (圧延設備等に適用)
回収タンクユニット		・ 供給オイルのタンクへの回収 ・ 供給エアの排気 (大気開放)	・ 排気エアフィルタ
制御装置		・ 各オイルエア機器の運転制御 ・ 運転状態のモニタリング ・ インターフェース信号送受信	・ 初期オイル充てん機能 ⇒ 自動で初期オイルを充てん ・ 故障復旧手段の表示 ⇒ 操作画面に故障復旧手段を表示

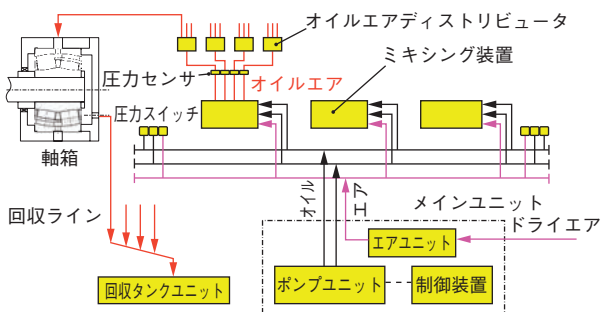


図2 オイルエア潤滑システムの基本レイアウト
 Basic configuration of oil/air lubrication system

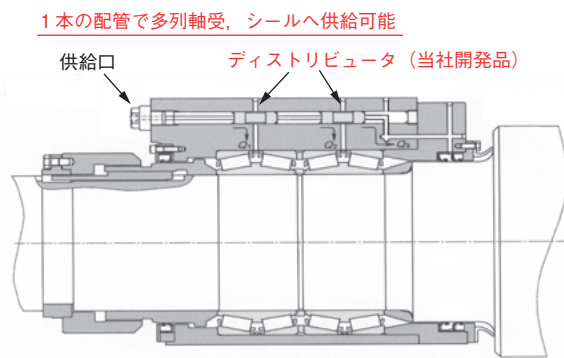


図4 オイルエア潤滑システムのディストリビュータ
 Distributor in oil/air lubrication system

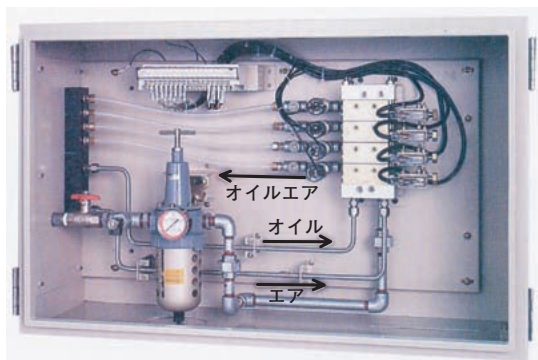


図3 ミキシング装置
 Mixing device

3. 各種鉄鋼設備への適用事例

3.1 連続鋳造設備への適用

連続鋳造設備に使用される軸受は主にグリース潤滑で使用されているが、オイルエア潤滑を適用することにより、次の効果が期待できる。

- 1) 軸受のさび・摩耗の大幅な軽減によるセグメント交換周期延長
- 2) 軸受のさび・摩耗の大幅な軽減による軸受破損に起因する突発事故発生率の低減

- 3) 潤滑剤の消費量削減による運転コスト低減
- 4) 軸受の分解洗浄工数削減等のメンテナンスコストの低減
- 5) オイル回収による環境改善の効果

オイルエア潤滑の適用により、特に軸受の寿命向上への効果は大きく、以下に二つの改善事例を紹介する。

図5はグリース潤滑で使用された軸受の廃却要因の調査結果の一例であるが、廃却要因の約70%がさびと摩耗で占められている。さびの発生については、軸受内部へのスラブ冷却水の浸入が主原因であるが、グリース潤滑ではシールの呼吸現象*1により、軸受内部が負圧となるため、シール機能の低下とともにスラブ冷却水が軸受内部へ浸入する。一方、オイルエア潤滑では軸受内部へ常にエアが供給されるため、軸受内部が正圧に保たれ、高い密封性を発揮する。その結果、スラブ冷却水の浸入が抑えられ、さびの発生が大きく改善される。

摩耗の発生については、潤滑剤の油膜強度が大きく影響しており、潤滑剤そのものの極圧性や冷却水の浸入による潤滑状態の悪化が原因と考えられる。オイルエア潤滑では極圧性の高い油の適用が可能であり、前述した高い密封性による潤滑状態の安定化との相乗効果により摩耗が大きく改善される。

*1 シールの呼吸現象

軸受内部の温度が上昇、または降下した際、軸受内部の空気の膨張と収縮に伴う圧力変動が発生する。

この圧力変動により、シールを介して軸受内部と外部との間で空気の出入りが発生する現象。

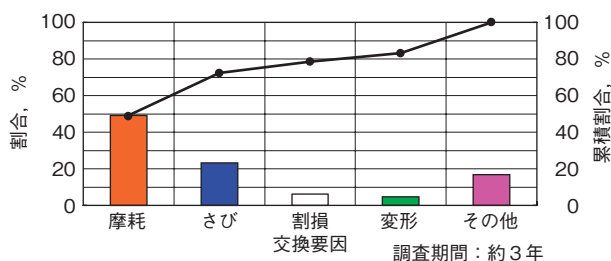


図5 自動調心ころ軸受の廃却要因

Factors for replacement of spherical roller bearings

図6、図7に実機での評価結果を示す。図6はグリース潤滑とオイルエア潤滑で使用した軸受の外観比較結果である。オイルエア潤滑ではさびの発生はほとんど認められなかったことにより、優れた密封性が確認できる。また、軸受の外輪軌道における摩耗量についても、図7

のように著しく軽減されていることが確認できる。以上より、連続鋳造設備において、オイルエア潤滑は軸受の寿命向上に大きく貢献するものと考えられる。

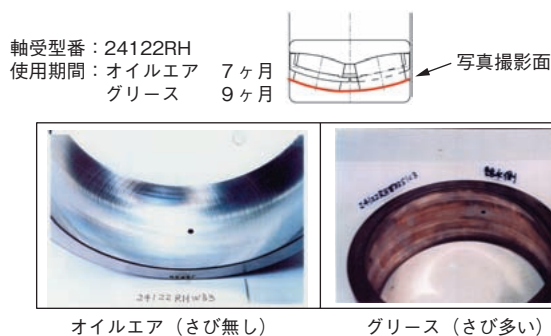


図6 実機評価後のさび比較
Corrosion comparison after field test

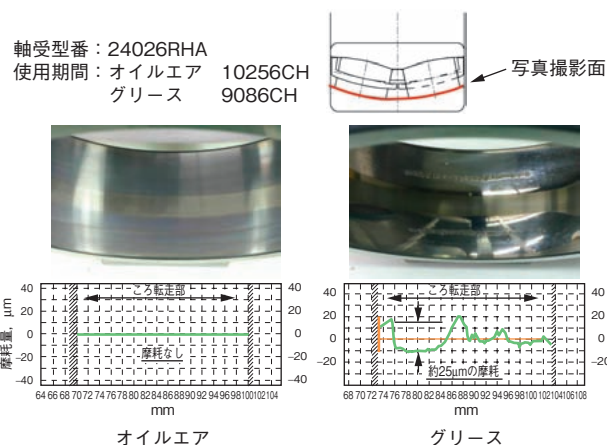
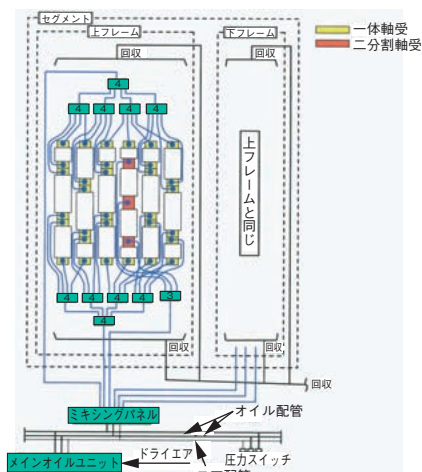


図7 実機評価後の摩耗量比較
Wear comparison after field test

当社では、軸受メーカーとしての経験に基づき、オイルエア潤滑の潤滑機能を最大限に発揮させるために、オイルエアの機器以外に、軸受周辺機器を含めたオイルエアシステム設計の構築に取り組んでいる。連続鋳造設備に関しては種々の要求事項に応えるため、以下三つの取り組みを行っている。

1) 各セグメント構成に応じたレイアウト設計

連続鋳造設備は複数のセグメントと呼ばれるロール集合ユニットで構成されているが、その中のロールの配置は各セグメント全てが同一ではない。また、スラブ用連続鋳造設備はロールが複数の分割形となるため、これらのロールを支持する軸受は数量が多く、配置も多様である。当社はオイルエアディストリビュータの開発により、各セグメントの種々のロール構成に対応したレイアウト設計を確立している(図8)。



オイルエア配管レイアウト例

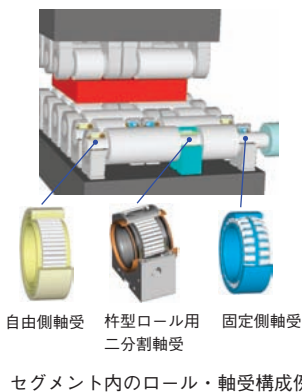


図9 軸受箱の給排油設計例

Example of oil supply and drain holes on bearing housing

圧延機本体ではロール交換頻度の少ないバックアップロール軸受にオイルエア潤滑の適用が考えられる。

熱間圧延機では現在、バックアップロール軸受に油膜軸受が多く使用されている。また、潤滑方法には大規模な強制給油装置が使用されており、圧延設備全体が大形となっている。今後、設備のコンパクト化が求められた場合、バックアップロールに転がり軸受を採用し、オイルエア潤滑を適用することは有効な手段となる。

冷間圧延設備ではバックアップロール軸受用にすでに多くの転がり軸受が採用されている(図10)。潤滑方法は強制給油とオイルミスト潤滑が主流であり、オイルエア潤滑の採用事例は少ない。しかし、今後環境改善や運転コストの低減を目的に、オイルミスト潤滑からオイルエア潤滑へ変更されることが考えられる。

オイルミスト潤滑とオイルエア潤滑における油とエアの消費量についての比較事例を表2に示す。表2よりオイルエア潤滑の適用により、省エネルギー効果が期待できる。

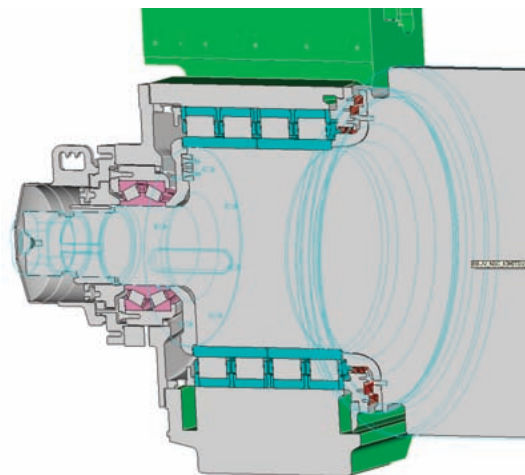


図10 冷間圧延機バックアップロール用転がり軸受
Back up roll bearing for cold strip mill

図8 セグメント内のレイアウト例
Example of layout in segment

2) メンテナンス性を考慮した機器の充実

連続鋳造設備ではセグメントの整備のため、定期的な予備セグメントとの取替えが行われる。当社ではセグメントの交換作業を容易にするため、複数配管が一括で着脱できるマルチカプラや、オフライン整備が必要となる軸受用の初期オイル充てん機器などの周辺機器面についても取り組みを行っている。

3) 軸受箱の給排油設計

オイルエア潤滑では、軸受の潤滑性能を維持するためには、軸受内部にオイルレベルを確保する必要がある。軸受周辺機器の最適設計への取り組みの一つとして軸受箱の最適給排油穴設計を行っている(図9)。

3.2 熱間・冷間圧延設備への適用

熱間圧延設備および冷間圧延設備では、圧延機本体の他に、ガイドロールなどの付帯設備や搬送設備などの種々の箇所に転がり軸受が使用されているので、オイルエア潤滑の有効性が検討されている。

表 2 冷間圧延機バックアップロール用軸受油、
エア消費量比較例

Comparison of oil/air consumption for back up roll bearing of cold strip mill

検討軸受	油消費量, cm ³ /時間		エア消費量, L/分	
	オイルエア潤滑	オイルミスト潤滑	オイルエア潤滑	オイルミスト潤滑
φ820 × φ1 130 × 800 4列円筒ころ軸受 (ラジアル軸受)	28.9	98.3	77	422
φ400 × φ650 × 240 複列円すいころ軸受 (アキシアル軸受)	7.8	24.6	30	105
計	36.7	122.9	107	527

(軸受 1 個当りの給油量)

圧延機本体以外への適用事例として、熱間圧延設備の搬送用テーブルがある。ここへの適用は、オイルエア潤滑の高い密封性による軸受寿命向上や低トルクによるモータ消費電力低減が主な狙いである。また、供給油の回収により、設備周辺へ排出される油脂の処理費用の削減など、設備のメンテナンスコストを最少限とすることも可能である。図11に示す実施例では給油状態を常時監視するとともに、供給したオイルを回収するシステムとしており、潤滑の信頼性とメンテナンス性を両立させている。

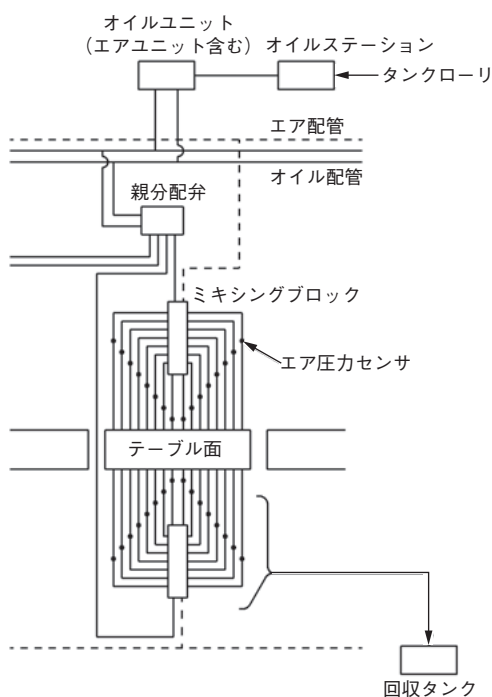


図11 搬送テーブルへの適用例
Application example for transfer table

その他の冷間圧延設備でのオイルエア潤滑の適用事例として、圧延スタンド周りの補助ロールがある。ここでは、自動調心ころ軸受が多く使用されている。オイルエア潤滑の適用により、従来のグリース潤滑に比べて高速性が向上し、圧延速度の高速化と長期メンテナンスフリー化が期待できる。高速化について、台上試験での評価結果では、dmN値で40万（圧延速度2 800m/min相当）でも対応可能である（図12）。

- 台上試験条件（軸受昇温）
- 試験軸受 : 22318RHW33
(内径φ90, 外径φ190, 幅64)
 - 回転輪 : 内輪
 - ラジアル荷重 : Fr=9.8kN
 - 潤滑 : オイルエア潤滑
油量 3cm³/時間
 - 油種 : ISO VG220
 - 冷却 : ①なし
②軸箱水冷

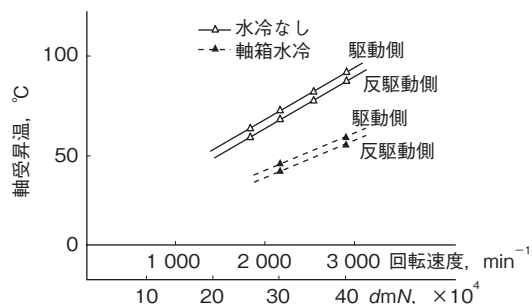


図12 軸受昇温試験結果
Bearing temperature rise results

3.3 非鉄圧延設備への適用

アルミ圧延設備や銅圧延設備などの非鉄圧延設備に対しても、前述した熱間圧延設備や冷間圧延設備と同様の適用効果が期待できる。特に、非鉄圧延設備特有の要求事項に対するオイルエア潤滑の対応事例を紹介する。

非鉄圧延設備の中でも箔圧延設備では圧延製品の表面光沢品質が重要であり、ロールとの摩擦損失を極力抑えることが要求される。そのため、ガイドロールなどの従動ロールの回転トルクを下げることを目的に軽接触シールや非接触シールが使用される場合があり、背反事象として潤滑油漏れの問題が生じる。通常オイルエア潤滑はエアの供給によりシール部から油漏れが発生し易いため、エゼクタポンプを適用し、エアの排出性を高めることにより油漏れ対策を行っている。

4. おわりに

オイルエア潤滑は鉄鋼設備用として種々の技術開発を行いながら、その有効性を検証してきた。その結果、現在では連続鋳造設備をはじめとする鉄鋼設備に携わる多くのお客様から、その効果が高く評価されている。当社は、今後もお客様の種々の要求に応えるため、潤滑手段（オイルエア潤滑）と潤滑対象（軸受）の双方の視点からオイルエア潤滑技術とその商品力を向上させ、より一層、設備の安定稼動や省エネルギーに貢献できるオイルエア潤滑システムの開発を推進していきたい。

参考文献

- 1) 宮地武志: KOYO Engineering Journal, no. 156(1999), 49.

筆者



宮地武志*
T. MIYACHI



浦西丈晴*
T. URANISHI

* 産機・軸受事業本部，産業機器技術部