

鉄鋼設備用軸受の動向

Trends of Bearings for Steelmaking Applications

鮫島喜栄智 K. SAMESHIMA

Various types of rolling bearing are applied for steelmaking application depending on each equipment and its function. Corresponding to the demand for more safety, higher quality and higher productivity, bearings have been more diversified and developed for special performance and this movement will be continued.

Here general description of the development at Koyo and representative bearings for roll necks of rolling mills, back-up rolls of multi-roll mills and continuous casting applications are presented with respective recent and future technical trends.

Key Words: rolling bearing, steelmaking, rolling mill, maintenance free, technical trend

1. はじめに

世界全体の鉄鋼需要は年間 8 億トン以上で、現在でも年平均約 1%の成長を示している。

鉄鋼材料は極めて広い分野に利用され、社会発展に不可欠な基礎素材であり、21世紀になってもその役割の重要性に変化はない。

また、それを生み出す製鉄所の各種設備には実に多種多様なものがあり、そこで使用される軸受もそれぞれの機能に適合したものが必要である。したがって、軸受の大きさで言えば小径品から外径数メートルの超大形品まで、あらゆる品種の軸受が使われていると言っても過言ではない。図1に市場動向とKoyoが行ってきた開発の概要との関連を示す。

鉄鋼業界も他の産業分野と同様、世界的な業界の再編成が進む中、この「安全」「高品質」「生産性向上」のニーズがますます高くなることは間違いない。

2. 圧延機用大形軸受の寿命向上

軸受の長寿命化はメンテナンスフリー化への対応や設備の高機能化のために不可欠な要求である。また、圧延機用ロールネック軸受に代表される鉄鋼設備における大型軸受の寿命の主な現象ははく離である。その寿命向上の方策としては、個別の設計・加工(精度)の他に共通的な対応として材料・熱処理の改善が挙げられる。



図1 市場動向とKoyoの開発商品

Market trends and developed products at koyo

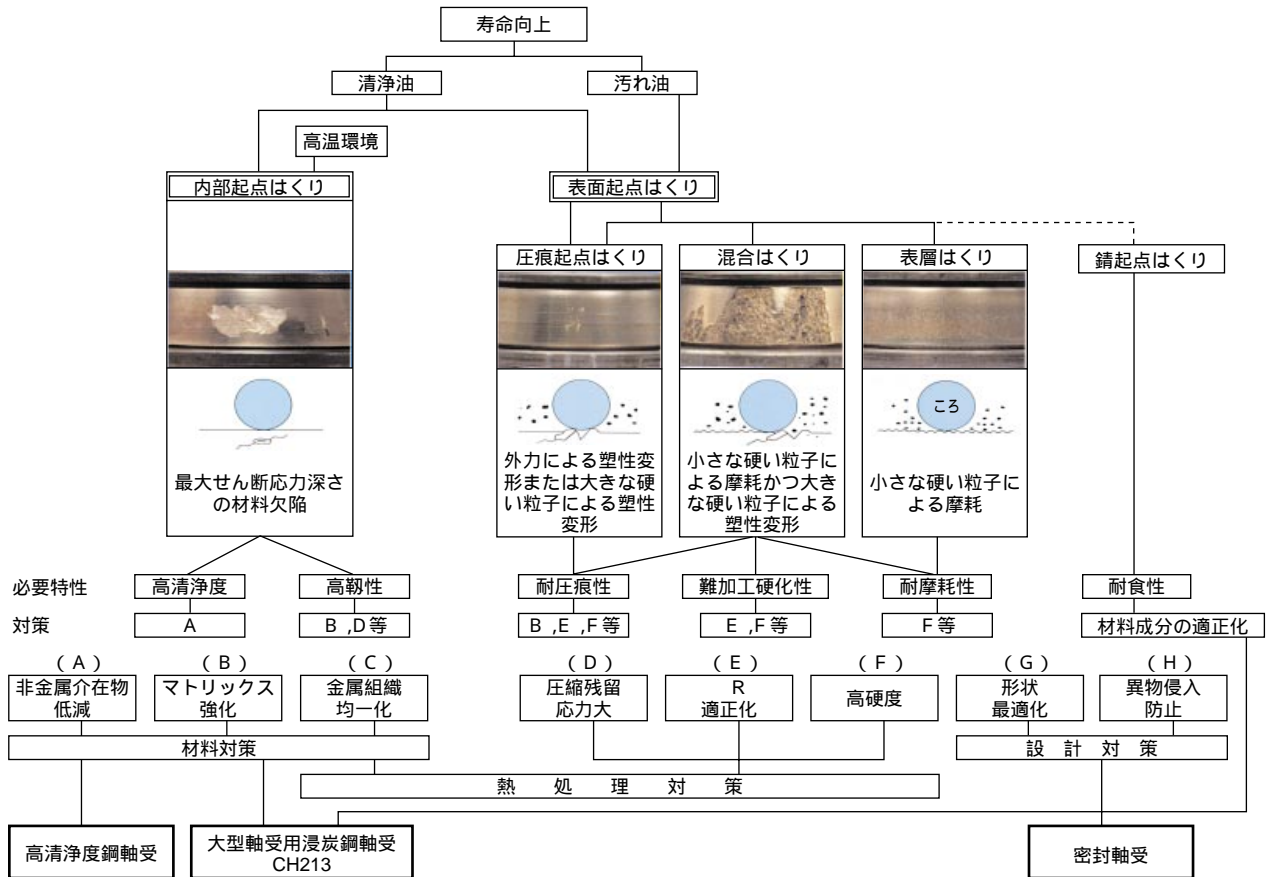


図2 大形軸受用長寿命浸炭鋼CH213の開発

CH213 carburized steel with longer service life for large bearings

圧延機用ロールネック軸受の代表的なはく離の形態としては、転走表面直下の内部欠陥やマトリックス疲労からき裂が発生、進展する内部起点はく離がある。温度が上昇することによる硬さ低下が原因で内部起点はく離が発生することもある。また、圧延油やスケールの侵入による転動面表面での損傷の可能性もあるが、軸受の密封性を向上させることで表面の損傷から発生する表面起点はく離を減少することができる。

Koyoでは数多くの事例からはく離の発生過程を考慮し、材料マトリックスの強化 焼戻し軟化抵抗性の向上を主眼とし、合金成分の適正化を行い、大形軸受用長寿命浸炭鋼CH213を開発し、実用に供している(図2)^{1), 2)}。

図3には従来鋼SNCM815と開発鋼CH213の転がり疲れ寿命比較試験結果を示す。CH213はSNCM815に比べ、約4倍の長寿命を示している。

また、図4には顧客における熱間圧延機用ワークロールネック軸受の実寿命の変遷を示す。CH213の採用時点からの実寿命の伸びが顕著に表れている。

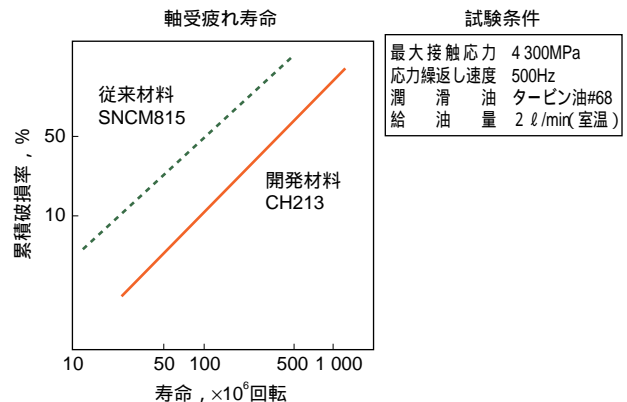
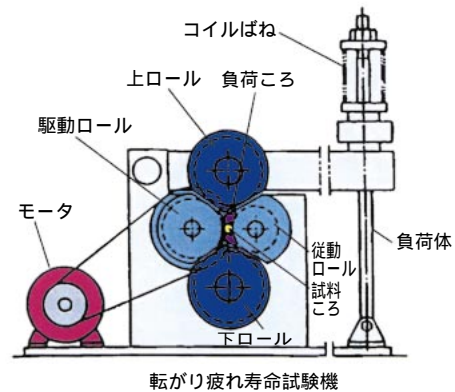


図3 転がり疲れ寿命試験結果
Results of rolling fatigue test

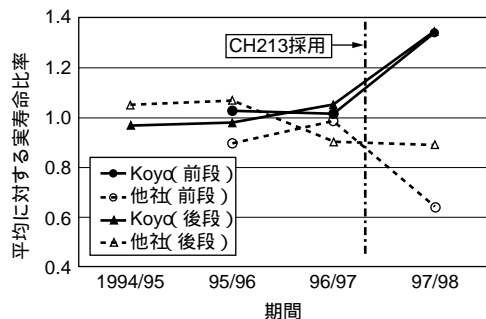


図4 熱間圧延機用ワークロール軸受の実寿命の変遷
Transition of service life of work roll bearings for hot strip mills

3. 各種の鉄鋼設備用転がり軸受について

鉄鋼設備に採用されている代表的転がり軸受を取り上げ、現在の技術課題と今後の動向を展望する。

3.1 圧延機用ロールネック軸受

自動車用等に代表される圧延製品の表面品質への要求レベルは厳しく、この要求に応えるべく種々の圧延機が開発されている。表1に近年開発された圧延機の構造とロールネック軸受の形式を示す。Koyoでは圧延機の企画・開発段階から機能を十分に把握し、その機能を特化した各種の軸受の開発および商品化に努めている。

また、従来では四段式圧延機のバックアップロールには油膜軸受が採用されることが主流であったが、Koyoは油膜軸受から転がり軸受への置換を推進して、圧延製品の表面品質の向上に寄与してきた(図5)³⁾。置換の際には軸受のみならずロールおよびチョックの剛性も含めた検討も実施してきた。

表1 最近の圧延機の構造とロールネック軸受
Recent rolling mills and bearings for roll neck application

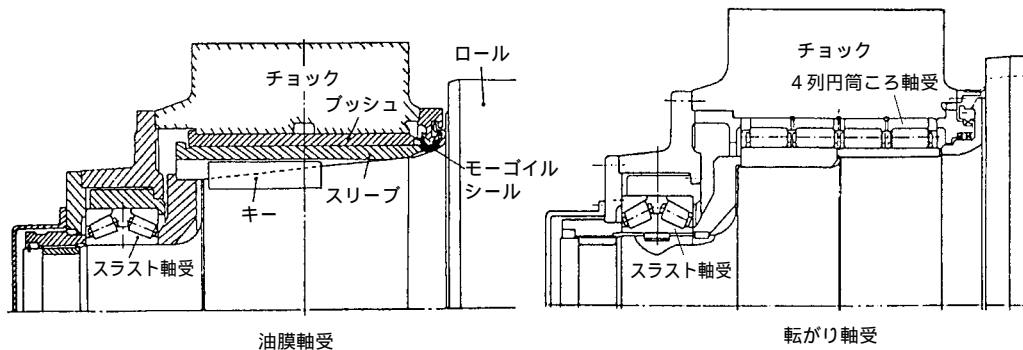
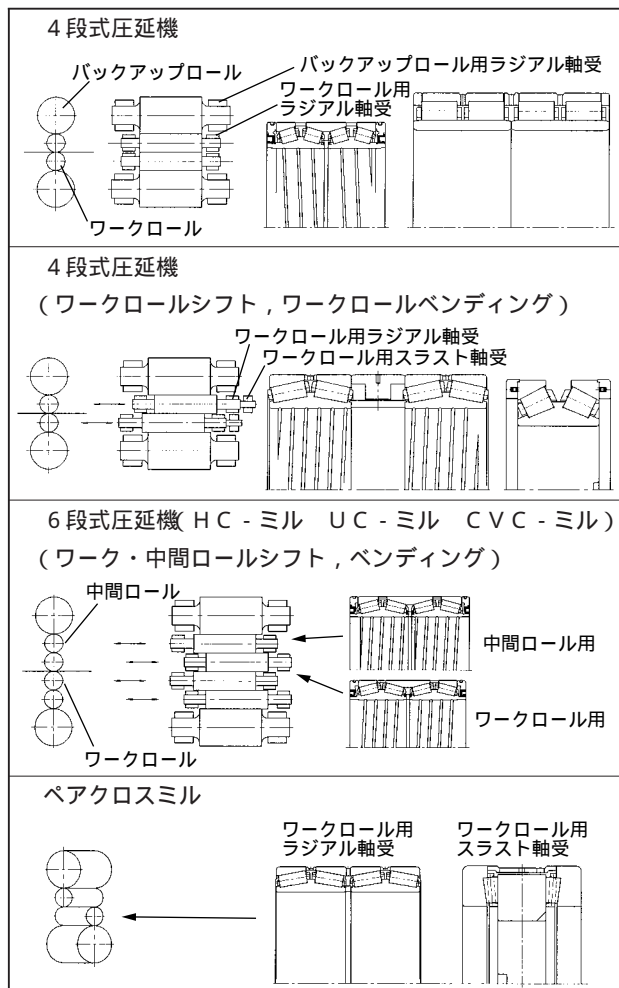


図5 圧延機バックアップロール用油膜軸受の転がり軸受への置換
Replacement of oil film bearing with rolling bearing for back-up roll of rolling mill

ロールネック軸受としては、コンパクトで軸受負荷容量の大きい四列円すいころ軸受が一般に採用されている。Koyoでは圧延水やスケールの侵入防止によるロールネック軸受の損傷防止をめざし、密封型四列円すいころ軸受を開発し、実用に供している。この密封型軸受の性能を向上させるため、種々の改善を実施してきた(図6)。

コンパクトなシールの開発に伴い、同一主寸法での開放型軸受と比べて密封型軸受の軸受容量の低下割合が減少した。また、高速圧延に対応したシールおよび密封性能を向上したシールも開発し、密封型軸受の適用範囲が広がっている。

今後の動向としては、圧延工程の生産性向上に寄与する、より一層の高荷重および高速圧延条件に適合できるロールネック軸受が求められている。また、高い操業率を維持するために、ロールネック軸受には、より一層の高い信頼性が求められている。

従来からの長寿命化対策の適用はもちろんのこと、厳しい環境条件下でも腐食・摩耗に耐えられる軸受材料およびシールの開発を推進して、この要求への対応を進めている。

3.2 多段式圧延機用バックアップロール軸受

図7に代表的な多段式圧延機の構造とそれに採用されているバックアップロール軸受の変遷を示

す。軸受は外輪回転し、外輪外径面に荷重が負荷され、低粘度の潤滑油が使用されることが、この軸受の特徴である。衝撃荷重に耐える高靱性および繰り返しの引っ張り・圧縮荷重に耐える高剛性が外輪には求められる(図8)。

このため、Koyoでは特殊な材料および熱処理を適用して、十分に深い表面硬化層を有しつつ内部に軟化層を有する軸受を開発して、実用に供している(図9)⁴⁾。

また、軸受の外輪外径面が直接ワークロールもしくは中間ロールに接触して支持されるため、外輪外径面の精度および粗さが圧延製品の表面精度に大きな影響を与える。このため、清浄な表面を得るために、定期的に外輪外径面に研磨加工が施される。この研磨後の回転精度および生産性向上を図るため、Koyoは各種の研磨治具を開発してきた(表2)。

今後の動向としては、ロールネック軸受と同様、より一層の高荷重および高速圧延条件に適合できる軸受が求められている。また、長期間にわたり軸受を有効活用するため、外輪外径面の研磨後の廃却基準径をより小さく設定できることも求められている。

適切な材料および表面改質等を軸受に適用して、この要求に応えようとしている。

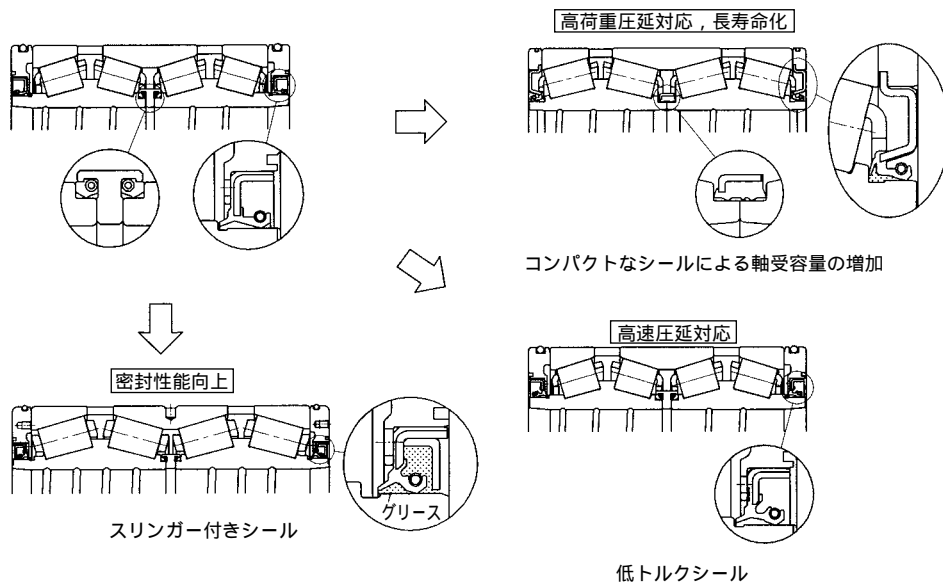


図6 ロールネック用密封型四列円すいころ軸受の変遷
Transition of sealed type tapered roller bearings for roll neck application

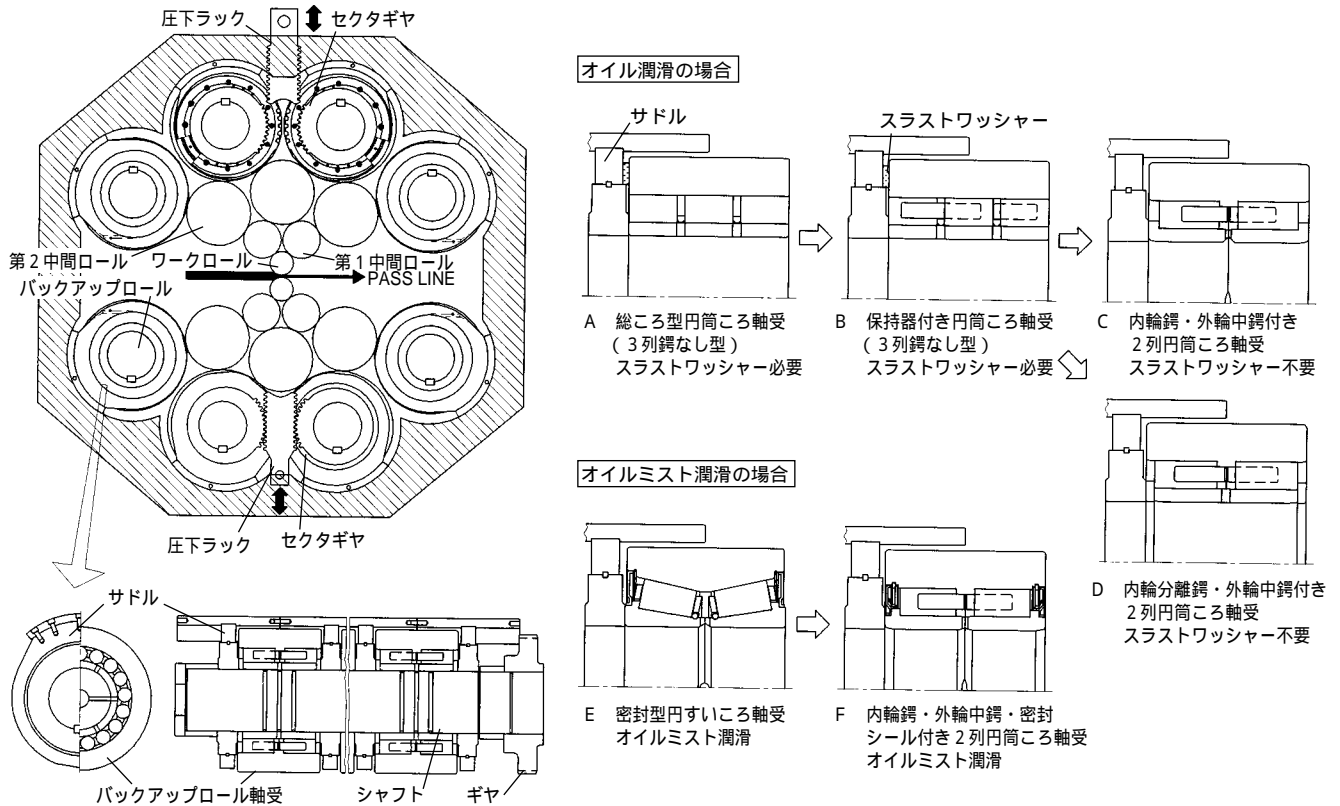


図7 多段式圧延機の構造とバックアップロール軸受の変遷
Structure of multi-roll mill and transition of back-up bearings

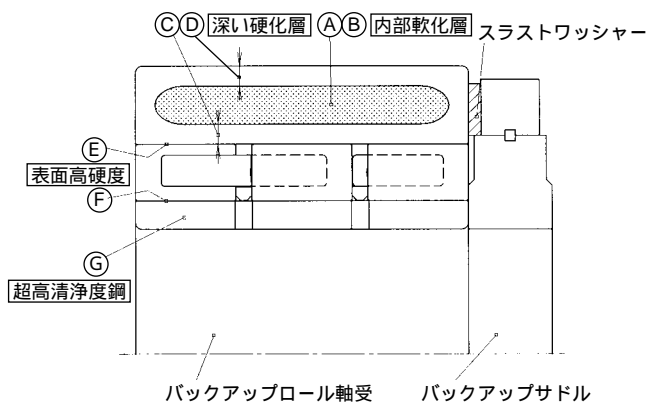
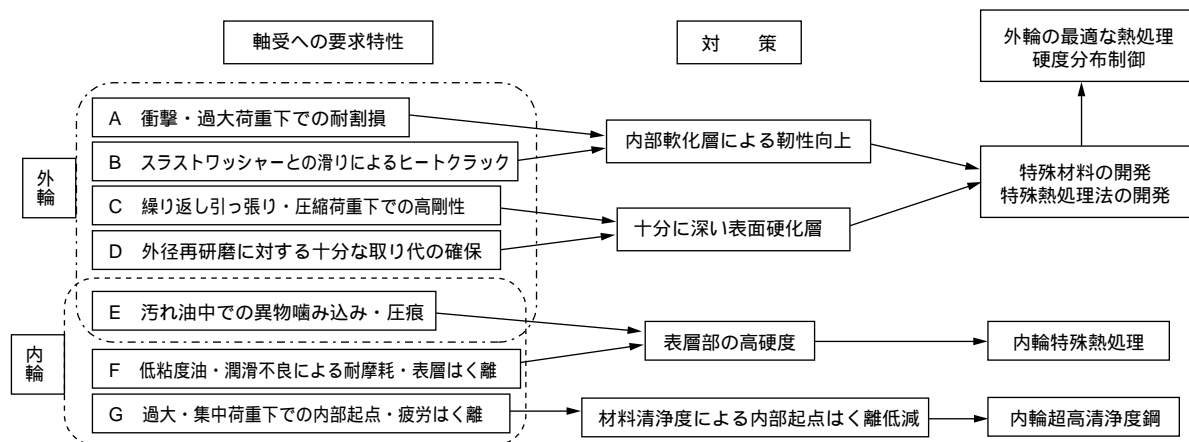


図8 多段式圧延機用バックアップロール軸受に要求される特性
Required characteristics on back-up bearings for multi-roll mill

表2 多段式圧延機用バックアップロール軸受の研磨治具
Grinding tools for back-up bearings of multi-roll mill

治具形式	テーパリング式外輪単体研磨治具	油圧式一体研磨治具	外輪クランプ型油圧式一体研磨治具
適用軸受形式	3列鉋なし円筒ころ軸受, 2列鉋付き円筒ころ軸受	2列鉋付き円筒ころ軸受	3列鉋なし円筒ころ軸受, 2列鉋付き円筒ころ軸受
構造図			
特長	<ol style="list-style-type: none"> 1) テーパリングとスライドリングをナットで締め込み、外輪を固定して研磨する。 2) 治具と一体で外輪を回転させて研磨を行う為、研磨後の回転精度は外輪と治具の芯ずれに依存する。 3) 組立・分解の吊り治具が別途必要。 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 油圧でスリーブを膨張させ軸受の内部すきまを“0”にする。 2) 治具を回転させず外輪だけを回転させて研磨を行う為、研磨後の回転精度が高い。 3) 外輪にケリ穴が必要。 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 外輪を押えユニットで軸方向に固定して油圧でスリーブを膨張させ軸受の内部すきまを“0”にする。 2) 治具を回転させず外輪だけを回転させて研磨を行う為、研磨後の回転精度が高い。 3) 外輪にケリ穴が不要。

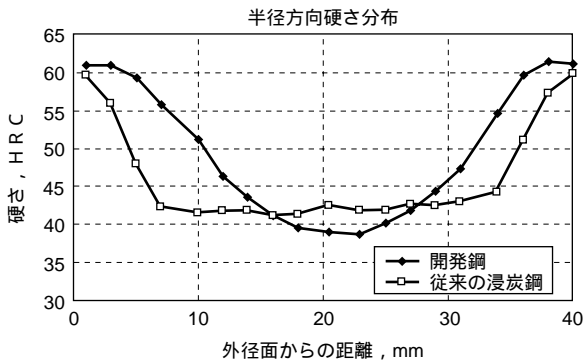


図9 外輪硬度分布

Hardness distribution on outer ring

3.3 連続鋳造設備用軸受

図10に連続鋳造機の構造とロール構造の変遷を示す。旧型ロールでは径の太いロールが採用されていたが、最近では径の細いロールが短い間隔で配置されている。

連続鋳造機用軸受の特徴は、高温条件下で高荷重を負荷されて内輪が低速で回転することである。このため、軸受の損傷形態は一般的に転がり軸受に見受けられる転がり疲労によるものではなく、摩耗および変形に起因する損傷が多い。

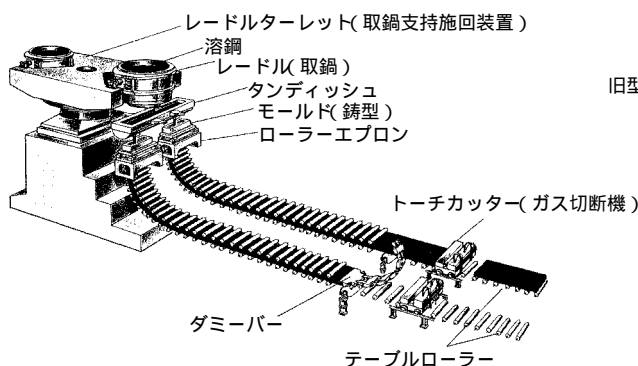
- 軸受損傷形態の解析を基にして、
- 最適な軸受形式の採用
- 軸受負荷容量の増加
- 軸受周辺のシール構造の変更

を実施して、連続鋳造機用に特化した機能的な軸受を開発してきた(図11)。

今後の動向としては、より一層の高荷重条件に適合できる軸受が求められる。また、連続鋳造機の定期保守点検コストの低減を図るために保守期間の延長化が要請され、軸受にはより一層の高い信頼性が求められている。

従来からの長寿命化対策の適用はもちろんのこと、厳しい環境条件下でも腐食・磨耗に耐えられる軸受材料およびシールの開発を推進して、この要求に対応している。

1. 連続鋳造機の構造



2. ロール構造の変遷

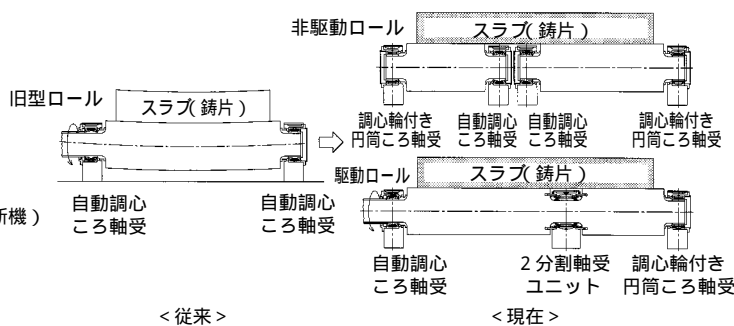


図10 連続鋳造機の構造とロール構造の変遷

Continuous casting machine and transition of rolls

ロール中央部軸受

	第1世代	第2世代	第3世代	第4世代
構造				
タイプ	締結リングタイプ	締結リングタイプ	フルリングタイプ	ハーフリングタイプ

特徴

- ・軸受の組込み性能向上
- ・軸方向の移動を容易に吸収
- ・軸のたわみをスムーズに吸収
- ・高定格荷重で長寿命
- ・優れた密封構造

ロール端部軸受

	第1世代	第2世代	第3世代
自由側			
固定側			

特徴

- ・軸方向の移動を容易に吸収
- ・軸のたわみをスムーズに吸収
- ・高定格荷重で長寿命
- ・自動調心ころ軸受と同一寸法

図11 連続鋳造機用軸受の変遷

Transition of bearings for continuous casting machine

4. おわりに

現在の鉄鋼業界には、従来からの多大な資源とエネルギーを費やす生産形態からの変換が推進されている。

Koyoでは、次の3つのキーワード^{*}を商品開発の理念として位置付けている。

保守点検コストの低減に貢献できる商品(メンテナンスフリー化)

予防保全に貢献できる商品(インテリジェント化)

環境規制に対応できる商品

この理念をつねに念頭におき、市場動向に適した商品の開発・提供に努めたい。

参考文献

- 1) 北野利明：機械設計，vol. 39，no. 13(1995) 23.
- 2) 太田敦彦：Koyo Engineering Journal，no. 15(1996) 18.
- 3) 北野利明，鈴木宣哉：Koyo Engineering Journal，no. 13(1988) 28.
- 4) 木澤克彦，後藤将夫：Koyo Engineering Journal，no. 15(2000) 7.

筆者



鮫島喜栄智*

K. SAMESHIMA

* 軸受事業本部 産業機器技術部