

	JFE スチール	西日本製鉄所(福山地区)	設備部設備技術室	主任部員(副部長)
佐藤 裕二 SATO Yuji	JFE スチール	東日本製鉄所(千葉地区)	設備部保全技術室	主任部員(課長)
岡本 謙 OKAMOTO Ken	JFE スチール	東日本製鉄所(千葉地区)	設備部保全技術室	主任部員(副課長)
中島 聡 NAKAJIMA Satoshi	JFE スチール	西日本製鉄所(倉敷地区)	設備部開発・設計室	主任部員(副課長)

## 要旨

連続鋳造設備は、製鉄所の生産能力を決定づける最重要プロセスである。その中で、高信頼性・高寿命・高効率を実現するための技術開発が求められている。本稿では、高信頼性・高寿命・高効率を実現するための技術開発について報告する。

continuous casting machine are occupied by segment rolls and bearings which are used under high temperature, high load, and too severe environment at very low speed of rotation. JFE Steel has established a theory that accords with the actual usage of machine elements which constitute a segment. And the improvement of reliability and longer life of equipments are achieved by developed technologies. Technology for longer operating life of a bearing, a roll, and lubrication environment and described.

## 1. はじめに

昨今の鉄鋼世界クラスの稼働率を

実現した連続鋳造設備の高信頼性技術について報告する。

## 2. 連続鋳造設備におけるセグメントの現状

連続鋳造設備は、Fig. 1 に示すように、レードルターレットやタンディッシュカーなどの鋳込設備、スラブを凝固させるための鋳型、未凝固スラブをサポートするガイドロール、スラブを切断するカッターなどの設備から構成されている。また、ガイドロールは複数本がセグメントと呼ばれるユニットを構成し、ユニット単位でメンテナンスが行われている。

Fig. 2 に過去 10年間の設備別故障時間比率を示す。セグメント軸受、ロールが故障の 50%を占めており、連続鋳造設備においては、セグメントの強靱化、信頼性向上が不

可欠である。また、セグメントは、ロール、軸受、シールなど、多数の機械要素から構成され、取替周期(セグメント寿命)は、構成機械要素の最弱部が律速している。現状

### 3. セグメント軸受の強靱化

Table 2 Test greases

Sample	Thickner type	Penetration grade	Base oil		EP Additive
			Type	Kinematic viscosity at 40°C	
Commercial	Al Complex	No. 1	Mineral	approximately 100 mm <sup>2</sup> /s	With EP
Commercial	Di-Urea	No. 0	Mineral	approximately 400 mm <sup>2</sup> /s	Without EP
Commercial	Di-Urea	No. 0, No. 1	Mineral	approximately 400 mm <sup>2</sup> /s	Without EP
Commercial	Di-Urea	No. 1	Mineral	approximately 100 mm <sup>2</sup> /s	Without EP
New developed	Di-Urea	No. 0	Mineral	approximately 400 mm <sup>2</sup> /s	Without EP

滑性能を評価<sup>5)</sup>した。まず、グリースの潤滑油膜厚を、Fig. 5 に装置概略を示す超薄膜光干渉法<sup>4)</sup>で測定した。本測定法ではナノオーダーでの膜厚評価が可能であり、Fig. 6 に示される膜厚の速度依存性<sup>6)</sup>を得た。これより、連続鋳造ロール軸受の回転速度に相当する 7~17mm/s 間の平均膜厚を、低速時のグリース潤滑油膜厚とした。また、軸受摩耗の評価として実機軸受の二山摩耗形状を再現可能な軸受摩耗試験を行い、試験後の外輪負荷圏の摩耗形状から軸受摩耗量を求めた。Fig. 7 に示す実験結果より、低速

時のグリース潤滑油膜厚と軸受摩耗量の間には、膜厚が増大するほど摩耗が低減するという明確な相関が得られた。

新グリースの開発では、本知見より、潤滑油膜厚を最大化するべく組成を最適化した。最適化のポイントは、(1) 高粘度鉱油とウレア増ちょう剤をベースに、(2) 鎖長の異なる脂肪酸と芳香族の配合バランスを中心としたウレアの分子構造選定と、(3) 分子極性により金属との親和性

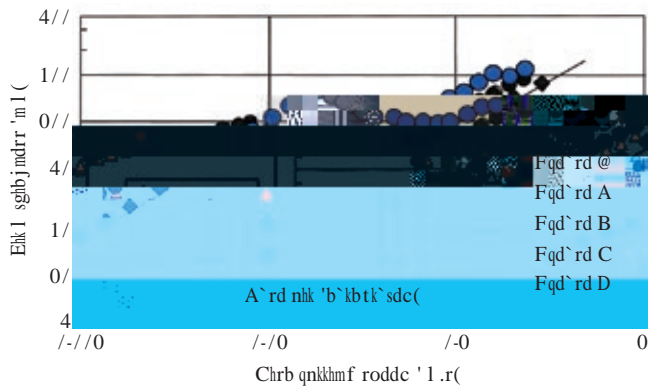


Fig 6 Results of film thickness measurement

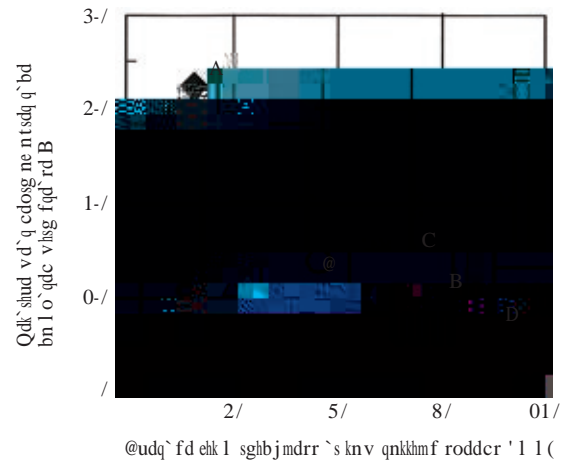


Fig 7 Relationship between film thickness and bearing wear

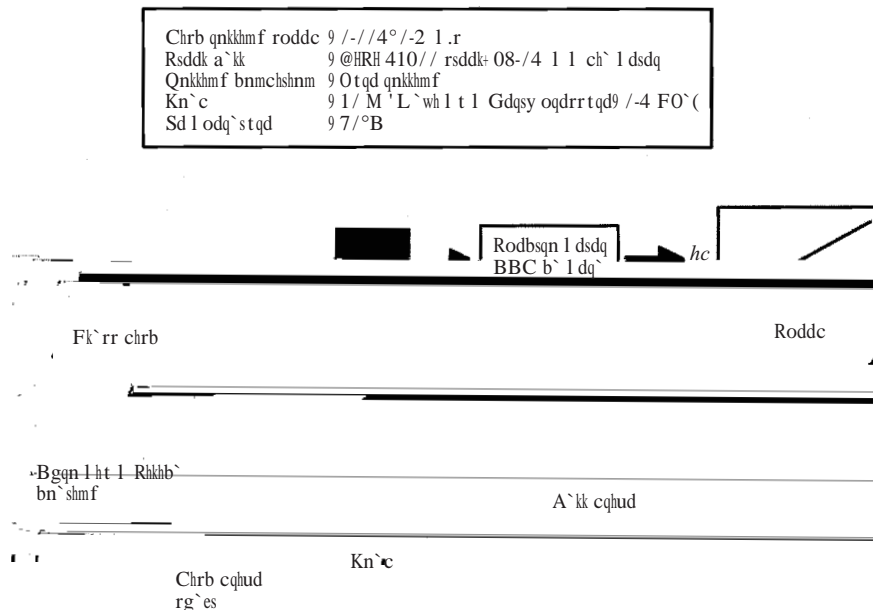


Fig 5 Schematic diagram of thin film optical method

を向上させて金属界面へのグリース成分の導入および膜形成を促進する添加剤の適用である。

本開発グリースは、現在、西日本製鉄所（倉敷地区）の全連続鋳造設備で使用されセグメント長寿命化に寄与するとともに、他設備の境界潤滑部位の潤滑にも適用が広がっている。

## 5. 使用環境改善による軸受長寿命化

連続鋳造設備はその製品スピードが 1.0~ 30m/min と極低速であること、高荷重の稼働条件に加えて高温環境下にさらされることから、4章で述べたように、セグメント軸受の軸受ころと内外輪の接触部は金属接触を生じる境界潤滑状態にある。したがって、流体潤滑に比べて寿命が大幅に低下するが、それに加えて軸受内への水、異物混入に

関係する軸受損傷の原因は、軸受内部で発生する

そこで、Fig. 8 に示すようなグリスエアシステム<sup>1.7)</sup>を

開発した。このシステムは、軸受の潤滑に最適なグリスを供給し、

また、軸受の温度上昇を抑え、軸受の寿命を延ばす効果がある。

とが知られており、13Cr 鋼は  $\delta$  フェライト ( $\delta$ ) が初晶凝固し熱き裂はその凝固組織に沿って進展する。

これに対し、耐力を強化するため炭素含有量の増加によって  $\delta$  生成を抑制し、 $\delta$  から  $\gamma$  への変態時に析出する MC 炭化物が  $\gamma$  生成核となり、

- Spokesman. vol. 68 no. 8 2004 p. 8
- 3) Cann, P.M.; Hurley, S. NLGI Spokesman. vol. 66 no. 1, 2002 p. 6
  - 4) 董大明, 遠藤敏明, 木村浩. トライボロジー会議予稿集. 東京, 2005-05, p. 227.
  - 5) Hurley, S.; Cann, P.M. NLGI Spokesman. vol. 63 no. 4 1999 p. 12
  - 6) Hamrock, B. J. Fundamentals of Fluid Film Lubrication. McGraw-Hill International Editions, 1994
  - 7) 加藤治. 製鉄設備における流体機器の長寿命化. 月刊トライボロジ. no. 160, 2000, p. 20-21.
  - 8) 村元. 千葉 4CC SEG ロール軸受オイルエア化. 日本鉄鋼協会生産技術部門第 54 回設備技術部会資料. 設備 54 検-6, 1996.
  - 9) 村井康生, 夏目省吾, 西山繁樹. 連続ロール用肉盛溶接材料の開発. 神戸製鋼技報. vol. 40, no. 3, 1990, p. 101-104.
  - 10) 加藤治, 大貫輝, 蓮香要, 中島浩衛, 押見正一, 境卓也. 連続機ピンチロールの損耗調査. 鉄と鋼. '81-S1075, p. 425.
  - 11) 高木十三雄, 上田実彦, 田中和彦, 藤井忠臣. 連続鋳造設備用ロール材料の耐熱性の改良. 鉄と鋼. '84-S1361, p. 309.
  - 12) 佐藤裕二, 山村恭, 瀧本高史. 連続鋳造用ロールの長寿命化技術. 川崎製鉄技報. vol. 33, no. 1, 2001, p. 31-36.
  - 13) 佐藤裕二, 西尾要, 二階堂英幸, 仲田卓史, 安田功一, 山下孝子. 13Cr-Co 系肉盛溶接金属の組織と性質に及ぼす炭素含有量の影響. 材料とプロセス. CAMP-ISIJ. vol. 14, p. 14-17.