

特殊鋼

2017
Vol.66 No.6

11

The Special Steel

特集／軸受および軸受用鋼の動向



特殊鋼

11 目次 2017

【編集委員】

委員長	井上幸一郎 (大同特殊鋼)
副委員長	渡辺 豊文 (中川特殊鋼)
委員	杉本 淳 (愛知製鋼)
〃	増田 智一 (神戸製鋼所)
〃	西森 博 (山陽特殊製鋼)
〃	浜田 貴成 (新日鐵住金)
〃	宮崎 貴大 (大同特殊鋼)
〃	福田 岳史 (日新製鋼)
〃	正能 久晴 (日本金属)
〃	殿村 剛志 (日本高周波鋼業)
〃	戸塚 覚 (日本冶金工業)
〃	古谷 匡 (日立金属)
〃	福田 方勝 (三菱製鋼)
〃	阿部 泰 (青山特殊鋼)
〃	池田 正秋 (伊藤忠丸紅特殊鋼)
〃	岡崎誠一郎 (UEX)
〃	池田 祐司 (三興鋼材)
〃	金原 茂 (竹内ハガネ商行)
〃	平井 義人 (平井)

【特集／軸受および軸受用鋼の動向】

I. 総論

軸受業界の最近の動向

日本精工(株)	石黒 博	
日本精工(株)	中島 宏	2
日本精工(株)	田中 貞幸	

II. 最近の軸受の動向とユーザーニーズ

1. 自動車用軸受	NTN(株)	神原 盛二	7
2. 風力発電用軸受	(株)ジェイテクト	保坂 亮平	11
3. 鉄道車両用軸受	(株)不二越	浅井 寿	15
4. 直動システム-LMガイド	THK(株)	小森 俊明	18

III. 最近の軸受製造技術動向

1. 塑性加工	日本精工(株)	小林 一登	22
2. 熱処理	NTN(株)	結城 敬史	25
3. 研削(研磨)	(株)ジェイテクト	安藤 吉久	29
4. 鋼球	(株)天辻鋼球製作所 (AKS)	大崎 浩志	32
	(株)天辻鋼球製作所 (AKS)	大森 茂	

IV. 流通から見た軸受用鋼

三井物産スチール(株)	松尾 武	36
-------------	------	----

V. 最近の軸受用鋼の動向

山陽特殊製鋼(株)	平岡 和彦	39
-----------	-------	----

VI. 会員メーカーの軸受用鋼

高信頼性長寿命軸受鋼

PremiumJ2	山陽特殊製鋼(株)	藤松 威史	42
JFEスチールの高品質軸受鋼	JFEスチール(株)	東 敬一	43

高耐食高強度な高窒素ステンレス鋼 DSR40N	大同特殊鋼(株)	大迫 昭司	44
----------------------------------	----------	-------	----

“特集” 編集後記.....	山陽特殊製鋼(株)	西森 博	57
----------------	-----------	------	----

●一人一題：「変革の時代に」.....	山陽特殊製鋼(株)	兼塚 典明	1
---------------------	-----------	-------	---

■業界の動き	45
▲特殊鋼統計資料	48
★倶楽部だより（平成29年8月1日～9月30日）.....	52
☆特殊鋼倶楽部の動き	53
☆一般社団法人特殊鋼倶楽部 会員会社一覧	56

特集／「軸受および軸受用鋼の動向」編集小委員会構成メンバー

役名	氏名	会社名	役職名
小委員長	西森 博	山陽特殊製鋼(株)	東京支社部長 自動車・産機営業部 自産機CS室長 品質保証部
委員	増田 智一	(株)神戸製鋼所	鉄鋼事業部門 線材条鋼商品技術部 課長
〃	宮崎 貴大	大同特殊鋼(株)	特殊鋼ソリューション部 東京第一ソリューション室 室長
〃	赤見 大樹	日新製鋼(株)	グループ開発本部 開発戦略センター 担当部長
〃	殿村 剛志	日本高周波鋼業(株)	富山製造所 技術部（東京駐在）課長
〃	甘利 圭右	(株)平井	常務取締役
〃	金原 茂	(株)竹内ハガネ商行	技術部長
〃	渡辺 豊文	中川特殊鋼(株)	鉄鋼事業部 技術部長

「変革の時代に」



山陽特殊製鋼(株) かね つか のり あき
特品営業部長 兼 塚 典 明

中学生棋士の藤井四段の活躍が、世間に将棋ブームを巻き起こしています。活躍していたとは言い難いものの、私も学生時代には将棋部に籍を置いていた人間です。日本の伝統文化である将棋に注目が集まっていることを大変嬉しく感じています。

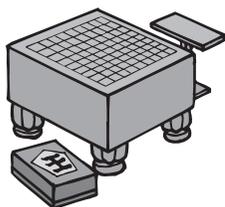
将棋の魅力のひとつが礼節を重んじることです。対局は「お願いします」の挨拶から始まり、「負けました」の一言で終わります。さらに対局後には、初手から終局までを再現する感想戦を行い、対戦者同士で良かった手や悪かった手について検討し、「ありがとうございました」で締めくくります。相手を思いやる心や謙虚さを大切にす素晴らしい文化だと思います。また時間制限のある中で、様々なことを考えるため集中力も求められます。最近、将棋を習う子供たちが増えていますが、礼儀や集中力を身に付ける非常に良い機会だと思います。

将棋には、攻め方（戦法）、受け方（囲い）について、研究されてきた手順「定跡（じょうせき）」があります。この過去からの定跡に対し、新たな発想で新しい型を考え出したり、対抗方法を見つけ出したりが繰り返されることで、新たな定跡が生まれています。将棋は伝統的である一方で、常に進化しています。

近年コンピュータソフトが飛躍的な発展を遂げていますが、今年是将棋のタイトル保持者がコンピュータソフトに敗北。将来的には、AIがプロ棋士にとってかわるとの意見もあります。その一方で、棋士の中には、柔軟な発想のもとコンピュータソフトを活用し、今までにない着眼点から新手を生み出そうとしている人たちもいます。

私たち特殊鋼業界も将棋界同様に大きな変革期を迎えているのではないのでしょうか。今まで私たちは、顧客ニーズに対応した高品質の日本ブランドの特殊鋼の安定提供を使命としてきました。しかし、自動車のEV化や燃料電池車化という大きな変革に伴い、自動車部品も無くなるもの、減るもの、反対に増えるもの…と大きく変化。経験したことのない新たな局面を迎えることが予想されます。こうした変化の中で、過去の実績は大事ですが、その実績を踏まえてまったく新しい発想で物事を考えていくことが、さらに重要な時代になっていると考えています。

蒸気機関による機械化の第1次、電力活用の第2次、コンピュータの第3次に続き、第4次産業革命の時代に突入しています。ご存知のように第4次産業革命は、IoT、ビッグデータ、AIの技術革新です。この革新にどのように挑むのか、現状では明確な模範解答はなく、各社・各自が試行錯誤して次の一手を打ち、解を出していくしかありません。日本基準が世界の標準となるべく新たな製品・サービスを生み出していくことが、特殊鋼業界の発展につながっていくと信じています。時流の流れは速く「待った」はなしです。



軸受および軸受用鋼の動向

I. 総論

軸受業界の最近の動向

日本精工(株) 産業機械軸受技術センター 石黒博
産機軸受技術第一部 部長

日本精工(株) 産業機械軸受技術センター 中島宏
審議役

日本精工(株) 産業機械軸受技術センター 田中貞幸
産機軸受技術第二部 鉄鋼製紙グループグループマネージャー

まえがき

転がり軸受の紹介は、2009年9月号で特集してから既に8年が経過している。この間、リーマンショック後の世界経済を牽引してきた中国経済が減速し、過剰供給による資源価格の低迷など、現在の世界経済は先行き不透明感が増している。このような環境の中、全ての産業機械において地球温暖化対策としてCO₂削減や省エネルギー要求が一層強まり、IoTや高度運転支援、スマートファクトリー、スマートビルなどの新たな技術が次々と現れている。転がり軸受についても、これまでの長寿命化や高信頼性と共に、状態監視による高度な生産設備保全への対応など、新たな要求が出されている。以下に、これら転がり軸受業界の最新の技術動向及び、鉄鋼産業向け軸受の最新技術動向について紹介する。

◇ 転がり軸受の需要動向

転がり軸受は、転動体が玉である「玉軸受」と、ころである「ころ軸受」とに分類できる。玉軸受は、主に高速性、低騒音、低振動要求の用途、ころ軸受は、主に耐重荷重要求の用途に用いられる

ことが多い。

2016年度の国内軸受販売金額は、6,830億円。内訳は、玉軸受が3,550億円、ころ軸受が3,070億円、他にピロー形やフランジ形軸受箱とインサート軸受とを組み合わせた軸受ユニットが210億円となっている。国内産業別販売比率は、自動車39%、一般機械10%、電機2%、鉄鋼1%、輸送機械1%、その他産業2%、代理店6%、輸出39%で、自動車向けの割合が大きい（内閣府機械受注統計より）。

2000年度からの転がり軸受の販売高の推移を図1に示す（経済産業省機械統計より）。

産業の米と称される転がり軸受は、産業界全般の景気に左右され、2001年のITバブル崩壊、2008～2009年のリーマンショック、2012年の欧州債務危機による景気後退時に大きく販売を落としている。2013年以降は7,000億円をはさんで上下する横ばい状態となっている。これに対し、転がり軸受のグローバル需要は増加しており、現在は年4兆円を超えるかと推定されている。日本の軸受メーカー各社の2010～2016年度版アニュアルレポートを時系列的に参照すると、中国、インド、アジア、米大陸などで海外生産を拡大していることが分かる。

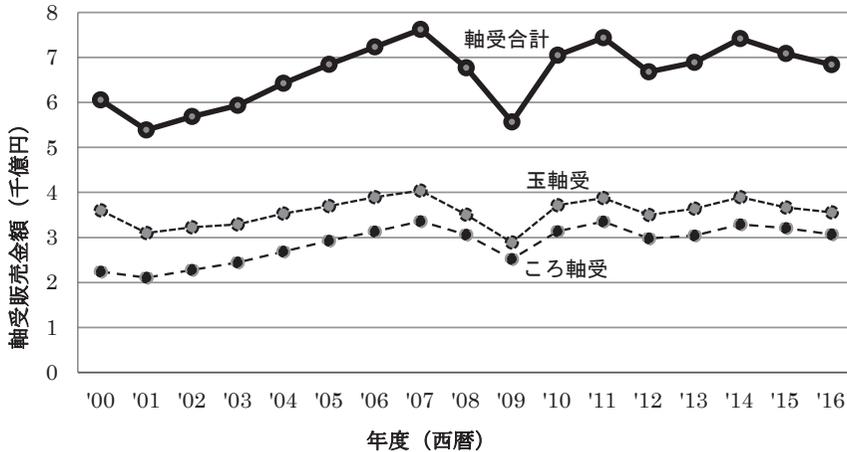


図 1 国内軸受販売金額推移

転がり軸受メーカーは、グローバルで数百社あると言われているが、主要メーカーにおいては、2009年以降も事業買収や統合の動きが見られ、2009年にJTEKTが米Timken社ニードル軸受事業を買収、2013年にスウェーデンSKFグループが米Kaydon社を買収した。

◇ 最近の規格の動向

1. 製品の幾何特性仕様 (GPS: Geometrical Product Specification)^{1)~3)}

機械部品におけるGPS (製品の幾何特性仕様) は、1996年からISO/TC (専門委員会) 213で審議され、現在日本では、「JIS B 寸法、公差、許容値及びその表し方 (寸法、製品の幾何特性仕様、表面性状)」に規格され、言語に頼らずに図面の曖昧さを排除できるため、製品調達のグローバル化に寄与すると期待されている。具体的にGPSは、寸法、姿勢、位置、表面粗さなどの幾何特性ごとに、公差の定義、図面指示方法、評価方法、検証 (測定) 方法などを規格体系化しており、2005年頃から運用が始まっている。

軸受業界では、公差の用語と定義や測定方法について、古くから独自の定義付けで標準化がなされていたが、近年、特に海外の多くの産業界でGPSの採用が拡大したため、軸受業界にもGPS表記を採用するよう、世の中のニーズが高まってきた。

これを受けて、ISO492 (転がり軸受-ラジアル

軸受-幾何特性仕様 (GPS) 及び公差値) と、ISO 199 (転がり軸受-スラスト軸受-幾何特性仕様 (GPS) 及び公差値) の2014年改正において、転がり軸受関係のISO国際規格として初めてGPSが採用された。そのISOに準拠してJISにおいても、JIS B 1514-1 (転がり軸受-軸受の公差-第1部: ラジアル軸受)、JIS B 1514-2 (転がり軸受-軸受の公差-第2部: スラスト軸受) が2017年に改正予定で、日本国内でも転がり軸受へのGPS適用が本格化する見込みである。

◇ 各種産業別の軸受技術動向

各種産業向け軸受に求められる要求は、ますます多様化している。寿命や信頼性など基本性能の向上は、今後も引き続き要求されるが、近年ではCO₂削減、省エネルギー技術に関するコンパクト・高剛性、低摩擦損失などが新たに要求されている。

後の章で自動車、風力発電、鉄道用軸受や直動軸受に関する詳細説明があるため、ここではそれ以外の産業用軸受に関する技術動向と、軸受への要求機能を簡単に紹介する。

初めに、鉱山機械、農業機械などでは、人手不足を背景に無人運転化が始まっており、24時間連続運転に耐えられる耐久性と、より高い信頼性が要求されている。このため、独自開発の高密封シール付き自動調心ころ軸受など、より長寿命/メンテナンスフリー軸受の採用が広がっている。

社会インフラでは、省エネルギーを目的とした

IE3規格電動モータ（IEC規格の効率レベルを示す記号で、高い効率からIE3、IE2、IE1の効率クラスがある）への置換えや、ヒートポンプによる高効率な冷暖房機器が普及している。これらの軸受には、低摩擦損失、低騒音、高温・高速対応などが要求されている。

食品機械においては、食品に対する高い安全性を持つグリースが望まれており、100%食物由来の軸受用潤滑グリースが開発されている。

高齢化社会や新興国の人件費高騰により、産業機器のロボティクス化が急速に広がっている。ロボット関節部に使用される各種精密減速機用軸受には、これまで以上にコンパクト、高剛性、長寿命が要求されている。また、新たに手術支援ロボットやパーソナルモビリティ等のサービスロボット、ドローンなどの非製造業用ロボットが拡大し、超小形・薄肉化や軽量化などの要求が出ている。

昨今ではIoTと共にスマートファクトリー、スマートハウスなど、新たなサービスやシステムが次々と現れている。転がり軸受においては、安定稼働や生産性向上を目的とした設備保全システムを構築するための高度な軸受故障予知技術が、求められている。

以上、各種産業の最新の転がり軸受の技術動向を述べたが、以下に鉄鋼産業向け軸受の最新技術動向について具体例を紹介する。

◇ 鉄鋼設備用軸受

鉄鋼の製造工程の機械設備には、ISOで規格化

されている標準軸受から特定用途向けの専用軸受まで、多種多様な形式・サイズの軸受が使用されている。これらの設備を有する鉄鋼メーカ各社は、CO₂排出量の削減や省エネルギーなどの環境負荷低減活動から、高付加価値製品の開発、製造設備の安定・高速稼働による生産性の向上、メンテナンスコスト削減などの取り組みを進めている。それに伴い、製造設備に採用されている軸受には、潤滑使用量の削減、潤滑方法の見直し、長寿命化、高速化、高信頼性などがより求められるようになってきている。本稿では、多くの軸受が採用され、かつ使用条件が厳しく技術課題の多い機械設備である連続鋳造機（以下、連鋳機）と圧延機を取り上げ、近年の鉄鋼設備用軸受の技術動向を紹介する。

<連鋳機ガイドロール用軸受>

連鋳機は、溶けた鋼（溶鋼）から連続的に一定の形の鋼片（スラブ、ブルーム、ビレット）を製造する設備である。スラブ連鋳機の代表構造例を図2に示す。それに使用されるガイドロール（以下、ロール）軸受は、下記の機能が要求される。

- ・ロールのたわみを許容する（固定側、自由側）
- ・ラジアル荷重とスラスト荷重を支持する（固定側）
- ・鋼片の熱影響によるロールの伸びを吸収する（自由側）

連鋳機の中でも、スラブ連鋳機（図2）は、鋼片の幅が広くロールがたわみやすい。このため、鋼片（スラブ）製品の高精度化を目的とした高剛性の分割ロール構造が開発され、広く採用されている。この分割ロールの固定側軸受には自動調心

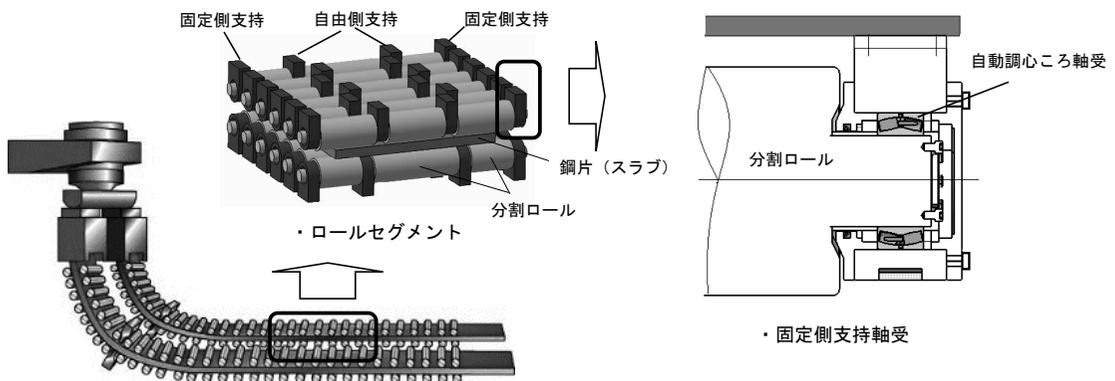


図 2 スラブ連鋳機とガイドロール用自動調心ころ軸受

ころ軸受が採用され、自由側軸受には大きな荷重が支持できる分離タイプの調心輪付き円筒ころ軸受が採用されている。特に海外では、取扱い性の良さから自由側軸受に非分離タイプのトロイダルころ軸受（図3）が多く採用されている。

連鑄機のロールは、冷却水、水蒸気、スケール、高温にさらされた過酷な環境で運転される。これを支持する軸受は、毎分数回転という極低速で、軸受基本動定格荷重の30%以上もの重荷重で使用されるため、内・外輪軌道面と転動面の潤滑油膜が形成されにくい。更に、冷却水や酸化スケールなどが軸受内部に侵入し、グリースの劣化や軌道面の損傷を加速させるため、摩耗やはくりなどの早期軸受損傷を起こす場合がある。近年の動向として、各製鉄所では、保全周期延長を図るために、ロールの長寿命化や軸受の長寿命化が重要な課題となっている。設備の対策として、ハウジングのシール性能向上や潤滑方式をグリースからオイルエアに変更するなど潤滑性の向上が進められている。

軸受の対策として、耐摩耗性に優れた特殊材料を採用した自動調心ころ軸受⁴⁾が開発され、採用が拡大している。これは、固定側の自動調心ころ軸受が潤滑不良になるとこの球面形状に起因した

ころと軌道輪間の特有のすべり摩耗が発生し易く、これを解決したものである。また、自由側の軸受として主に海外の連鑄機で採用されている現行のトロイダルころ軸受には、より長寿命・高信頼性が求められている。この対策として、高機能新円筒ころ軸受（図3）が開発され、その効果が確認されている。この軸受は、円筒ころ形式により軸受内部のすべり接触を抑制するとともに、転動体（ころ）と軌道輪間に最適なクラウニング形状を適用することにより、ロールのたわみを吸収し、長寿命化（摩耗抑制化）を図っている。また、ロールの伸び（軸方向）をころと軌道輪間で滑らかに逃がし、かつ非分離型構造のため取扱い性がよく、今後の海外での要求に応じていくものと考えられる。

<圧延機用ロールネック軸受>

圧延機は、回転する二つのロールの間に高熱または常温の金属を通して、所定の形状や精度に仕上げる設備で、板鋼、棒鋼、形鋼、線材など製品別に多くの種類がある。板鋼の圧延に代表的とされる四段式圧延機（図4）は、鋼板と直接接触する作業ロールや、それを支持する控えロールなどで構成される。作業ロール用の軸受は、主に4列円すいころ軸受がグリース潤滑で使用される。控えロール用には、ラジアル荷重用として4列円筒

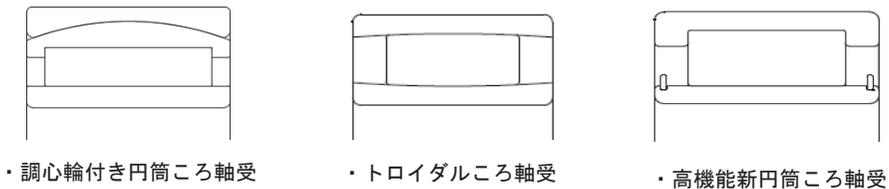


図 3 自由側軸受

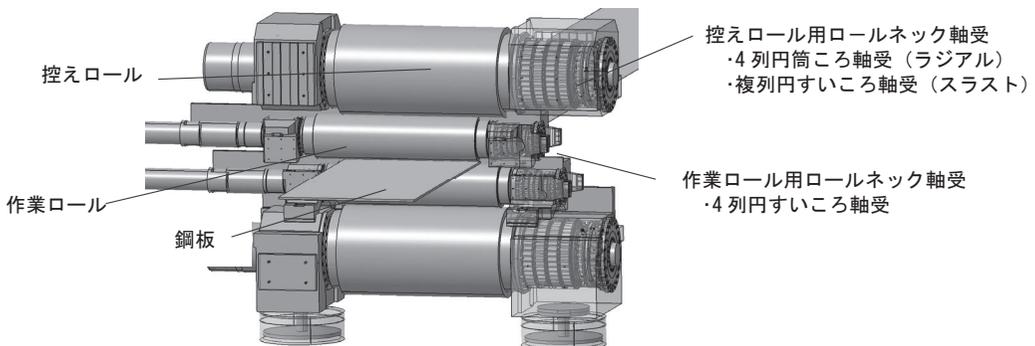


図 4 圧延機構造（4段式）

ころ軸受が、アキシャル荷重用として複列円すいころ軸受が使用され、強制循環給油やオイルミスト潤滑で使用されている。

これら軸受の使用条件は、回転速度が低速～高速（圧延速度2,000m/min以上）まで広範囲で、荷重は軸受基本動定格荷重の30%以上となる。更に冷却水（又は圧延水）、スケールなどが軸受内へ混入するなど軸受には非常に厳しい環境となっている。ここではグリース潤滑で使用され、技術的な課題が多い板鋼の圧延機作業ロール用4列円すいころ軸受（以下、ロールネック軸受）の技術動向を述べる。

ロールネック軸受は、上述した過酷な使用環境下で運転されるため、軸受寿命の更なる向上が強く要求されている。この課題に対して、冷却水、スケールの軸受内部への混入防止として、オイルシールを軸受内部に装着した密封ロールネック軸受が開発され、広く採用されている。更にオイルシールをコンパクト化して、ころ寸法を最大化した高負荷容量設計（図5）や異物や水混入下でも長寿命な材料⁵⁾やグリースの開発などにより、大幅に軸受寿命が向上した。

近年は、生産性を更に向上するため、圧延機の高速化が各社で取り組まれている。

特に圧延速度が2,200m/min以上の超高速で使用

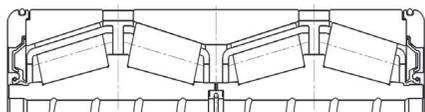


図 5 高負荷容量密封4列円すいころ軸受

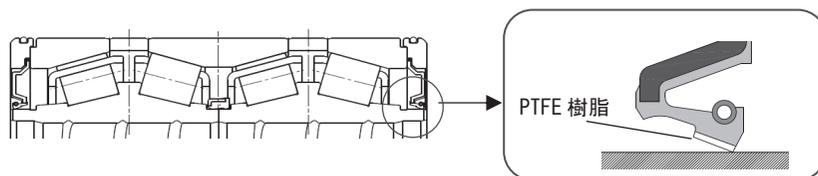


図 6 高速密封4列円すいころ軸受

される密封ロールネック軸受では、オイルシールリップ部の異常発熱による早期劣化が発生し軸受内部に圧延水が浸入するなど、早期焼付きなどの軸受損傷が確認されている。この対策として、PTFE（ポリテトラフルオロエチレン）樹脂のリップを備えた特殊オイルシールを採用し、さらに軸受内部の最適設計によりころがり摩擦低減を図った高速密封4列円すいころ軸受（図6）が開発された。この軸受の実機評価にて、長期間高いシール密封性を確保出来たことによる軸受の寿命延長効果が確認された。今後の高速圧延要求に 대응していくものと考えられる。

むすび

以上、転がり軸受業界の最新の技術動向について解説した。軸受業界は、使用される各種産業機械のさまざまな変化と共に歩んできており、今後も地球環境問題や人口増加、高齢化社会などグローバルな変化と共に進歩していくものと思われる。

参考文献

- 1) 転がり軸受へのGPS適用について (1)「ベアリング」第58巻第6号 (2015)
- 2) 転がり軸受へのGPS適用について (2)「ベアリング」第58巻第11号 (2015)
- 3) 転がり軸受へのGPS適用について (3)「ベアリング」第59巻第3号 (2016)
- 4) 山村賢二、大堀學 SWRTM 軸受の開発 NSK Technical Journal No 673 (2002)
- 5) 大平隆昌 鉄鋼設備における軸受の技術動向 NSK Technical Journal No 678 (2005)

II. 最近の軸受の動向とユーザーニーズ

1. 自動車用軸受

NTN(株) 自動車事業本部 かんばらせいじ
自動車軸受技術部 神原盛二

まえがき

自動車業界は、地球温暖化ガスの排出量削減を目的とした自動車の低燃費化が最重要課題となっている。自動車用軸受は、小型・軽量化・高速化及び低トルク化が求められており、主には特殊鋼に特殊熱処理を施したのものや各部形状の工夫等で長寿命化や信頼性を向上させ対応している。本稿では、上記ニーズに応える代表的な軸受を自動車の各部位毎に紹介する。

◇ アクスル用軸受

自動車の各輪の車軸のことをアクスルと呼ぶ。このアクスルを自由に回転させ且つ自動車の重量を支える役割を担っているのがアクスル用軸受で、複数の形式(表1参照)がある。

1970年代までは、アクスル用軸受として標準軸

受を2個配列する設計が主流であったが、組立性・信頼性向上や軽量化のため1970年代後半からユニット化が進み、まず2個の軸受を一体化したGEN1が登場し、その後更に、周辺部品への取付部を軸受軌道輪と一体化させたGEN2やGEN3への移行が進んだ。日本国内で初のGEN3を量産開始したのは1980年代半ばであるが、1990年代後半から本格的に採用が進み、車両組立ラインでの予圧管理を容易にし、組立性を向上させた軸端加締め仕様や、アンチロックブレーキシステムに使用される車輪速センサを内蔵することで、小石等による損傷や泥塩水による発錆を防止でき、信頼性が向上した仕様など進化を遂げている。

近年では、CO₂排出量規制、新燃費規制、電気自動車/ハイブリッド車化の流れから、自動車メーカーの低フリクション化や軽量化に関する要求水準が益々強くなっている。当社は、フリクショ

表 1 NTN世代別アクスル用軸受の特徴

世代	コンベンショナル	GEN1	GEN2	GEN3	
量産開始時期	~1970年代	1970年代後半~	1983年~	1980年代半ば~	
構造	駆動輪				
	従動輪				
特徴	2個の単列軸受を使用	2個の単列軸受を一体化	相手部品との取付け用フランジを外輪と一体化	・相手部品との取付け用フランジを外輪、内輪と一体化 ・相手部品への軸受圧入が不要	
車両への組立性	☆	☆☆	☆☆☆	☆☆☆☆	
コンパクト度	☆	☆☆	☆☆☆	☆☆☆☆	
剛性	☆	☆☆	☆☆☆	☆☆☆☆	
予圧管理	☆	☆☆	☆☆☆	☆☆☆☆	
回転トルク	☆	☆☆	☆☆☆	☆☆☆☆	

優劣の順位 ☆☆☆☆ > ☆☆☆ > ☆☆ > ☆

ンを低減させる技術を種々提案しており、最新では従来品に対して約50%のフリクション低減を実現している。

フリクションは、軸受部における転がり抵抗とシール部の摺動抵抗に大きく分けられ、それぞれ50%程度である。フリクション低減技術として、転がり抵抗の低減では①軸受諸元の最適化、②基油・稠度等を見直した新規軸受内部グリースの適用、摺動抵抗の低減では、①シールゴム材質の見直し、②シール構造・締め代の最適化、③リップ接触面の最適化、④新規リップ塗布グリースの適用が挙げられる。

他方、軽量化に対しては、新しい締結方法を用いた、自動車メーカーの組立ラインを変更する事なく組立て可能で、かつ大幅な軽量化を達成したプレスコネクハブジョイント（以下、PCS-H/J）を開発した。

従来は、等速ジョイント（以下、CVJ）とアクスル用軸受の双方をスプラインで嵌合し、ナットで締結させる構造であり、スプライン歯はすきま嵌合でねじれ角を付けてガタをなくす構造が一般的で、スプライン嵌合長を長く設計する必要がある（図1のL1）。新締結方式であるプレスコネク方式ではアクスル用軸受内径にCVJシステムスプラインより歯幅の狭いスプラインを予め成形することで、スプライン歯は、すきまがない嵌合状態でボルト締結により組立てることが可能であり、スプライン全域でトルクを受けることができるため、嵌合長を大幅に短くすることができる（図1のL2）。

この結果、CVJシステム長さを約65%短縮、ハブ輪内径部の肉抜きおよびナットのボルト化等により、最大で12%の質量低減とスプライン嵌合ガタ“ゼロ”が実現できた。

◇ トランスミッション用軸受

トランスミッションの形式は、運転者が変速比を切替える手動変速機（MT）と走行中に運転者が切替え不要な自動変速機に分類される。

自動車変速機は、AT、AMT、DCTがあり、無段式としてCVTがある。

1. コンパクト化&高速化

燃費低減やスムーズな加速性能の実現のため、ATの多段化が進んでいる。最近の車両には遊星減速機構の使用セット数を増やし8～10速化した多段型のATが搭載されているものも少なくない。しかし多段化が進んでもATに与えられる全長は限られていることから遊星ギア用保持器付き針状ころにはコンパクト化、高速化が求められている。そのため、保持器には表面処理や遊星運動（軸受としては自転+公転運動）に耐えるよう強度解析を行い形状の最適化がなされている。加えて、低粘度油化による過酷な潤滑条件に耐える様、ころへの最適クラウニング形状適用、流体解析による油流れの最適化が行われている。

2. 長寿命化

トランスミッション用の軸受に要求される機能として特徴的なものは、異物混入油潤滑下での長寿命化である。そのため色々な熱処理技術を適用

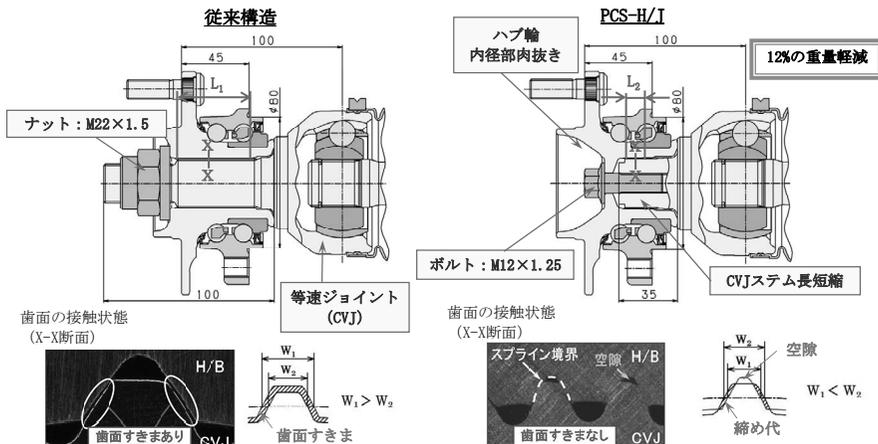


図 1 PCS-H/Jの適用例及びスプライン歯の接触状態

した軸受がある。

①残留オーステナイト量の適正化 (TM処理)

高炭素クロム軸受鋼を焼入れした場合、おおよそ数%から15%程度の残留オーステナイトが存在する。残留オーステナイトが転動疲労寿命に有効であることから、積極的に残留オーステナイトを多くした軸受である。

②焼戻し軟化抵抗性向上 (TA処理)

浸炭窒化処理はプロパンやブタンを燃焼して変化した浸炭性ガスにアンモニアガスを添加した雰囲気中でCとNを侵入拡散させる処理である。表層に拡散した窒素により残留オーステナイト量が多くなり、また窒素の固溶により焼戻し軟化抵抗が上昇するため転動疲労寿命が向上する。TA処理軸受は①の軸受にこの浸炭窒化処理を複合させた軸受である。

③結晶粒微細化 (FA処理)

鋼材の結晶粒が小さくなると疲労強度が向上する結晶粒微細化強化技術が知られている。軸受鋼の結晶粒を従来の半分以下に微細化し、さらに浸炭窒化を複合させることで一層の長寿命化を達成した軸受である。

④クラウニングの最適化

円すいころ軸受に対し新たに「クラウニング最適化技術」を開発し、この長寿命効果による更なる小形軸受のニーズへの対応を可能とした。

軸受の転動疲労寿命は軌道面深さ方向の「内部の最大せん断応力」に依存するという寿命計算式の基本概念に基づき、せん断応力に関連する接触面圧を最小化し、かつ、接触領域端部の過大な圧力(エッジロード)の発生を抑制する特殊なクラウニング形状(ころ径をマイクロメートル単位で端部に向かって小さくする形状)を転動体の円すいころにのみ適用した。これにより、ころの挙動によらず同せん断応力及び接触面圧が最小となり、軸受が潜在的に持つ転動疲労寿命の最大化を達成した(図2)。

この技術を適用した「自動車用ULTAGE^{※1}円すいころ軸受」はNTNカタログ標準円すいころ軸受に対し1.3倍の高負荷容量となり軸受定格寿命は2.5倍向上する(表2)。

また、自動車用ULTAGE円すいころ軸受に③のFA処理を組合せる事で一層の長寿命効果が得ら

れ、軸受定格寿命をNTNカタログ標準円すいころ軸受比で3.8倍に向上し、異物混入など過酷な潤滑条件での対応が可能となる。

※1 ULTAGE[®] (アルテージ) とは、究極を意味する【Ultimate】とあらゆる場面での活躍を意味する【Stage】を組合せた造語で、世界最高水準のNTN新世代軸受のシリーズ総称です。

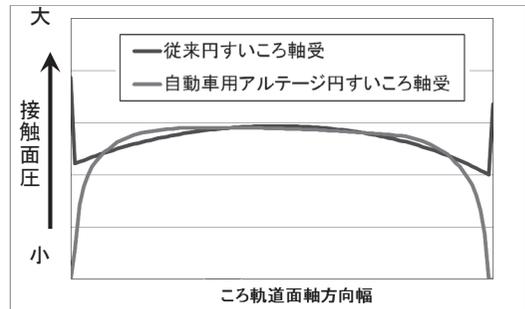


図 2 軌道面に生じる面圧分布

表 2 高ミスアライメント条件での寿命試験結果 (清浄油潤滑)

	カタログ標準円すいころ軸受	自動車用アルテージ円すいころ軸受
理論寿命比	1	2.5
実力寿命比	1	16

※カタログ標準円すいころ軸受を1とする。

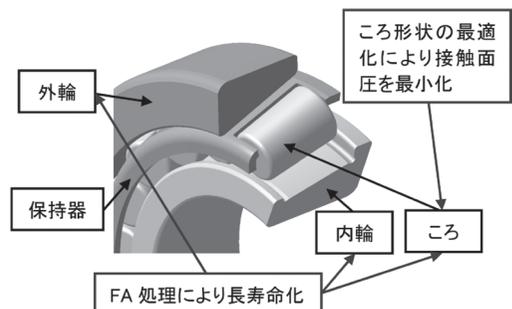


図 3 自動車用アルテージ円すいころ軸受の構造

3. 低トルク化

異物混入潤滑下での長寿命化の手法には上記熱処理技術とは別にシール付き軸受を適用する方法があるが、回転フリクションが増加するデメリットがある。この点を改善し従来比80%の回転トルク低減を実現した開発品を紹介する。

①特長

開発品の特長を以下に示す。

- ・回転トルク80%低減（接触シール比）
- ・軸受寿命5倍以上（オープン品比）
- ・高シール周速への対応 50m/s以上
- ・有害な異物侵入防止

②構造と性能

本開発品では、くさび膜効果が増大するシール形状を適用した。これによりシールリップ接触部のフリクションは従来接触シールがストライベック曲線（図4）の境界～混合潤滑領域であるのに対し、開発品は実回転域で流体潤滑領域になるため、大幅なトルク低減が可能となった。

シールリップ摺動面に円弧状の微小突起を複数個均等配（図5）で設けることでトランスミッションの油潤滑環境下でくさび膜効果（図6）が発現し、実回転域で流体潤滑領域となる。

微小突起の形状設定は『ゴムの弾性を考慮した流体潤滑解析（ソフトEHL解析）』から導き出された最適形状（図7）を採用、これにより低トルクと長寿命の両立を実現している。

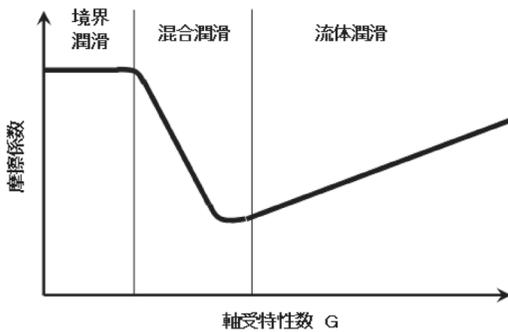


図 4 ストライベック曲線

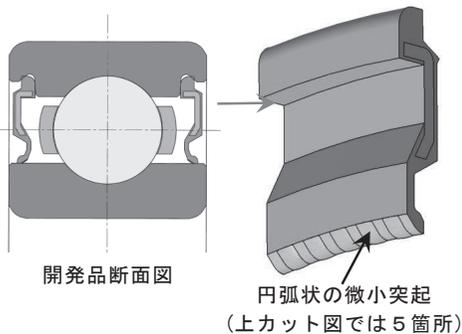


図 5 開発シール

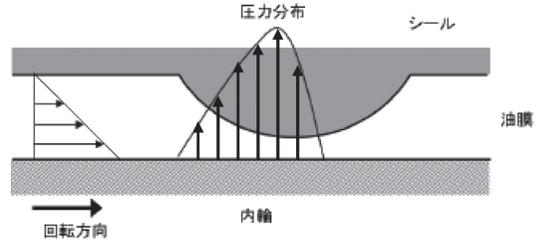


図 6 くさび膜効果

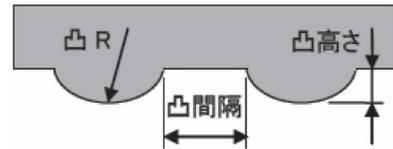


図 7 微小突起設定

◇ エンジン用軸受

エンジンの低燃費化に対しては過去より様々な改善が行われている。軸受が適用されている部位では、まずロッカーアームが挙げられる。エンジン動弁カムと接触するロッカーアーム部にラジアル針状ころ軸受を適用、カムと軸受外輪を転がり接触させることでトルク損失を低減できる。一般的には中低速域において、エンジントルクの1～3%の増加が期待できるとされている。

その他、低燃費化だけではなく今後、益々厳しくなる排出ガス規制に対応するため、スロットルバルブの電子制御化＝モータ駆動化が進んでおり、モータの小型軽量、及び応答速度向上のため、バルブ開閉支持用としてシェル形ラジアル針状ころ軸受の採用が増加してきている。

むすび

軸受は、機械要素の中の一つであるが、自動車の低燃費化に重要な役割を担っている。

この低燃費化を実現させるためには、特殊鋼は非常に重要な役割を果たしており、今後も更なる小型・軽量化のために長寿命化技術は必要である。一方、グローバル供給の観点からすると、特殊鋼であっても、世界中のいずれの地域でも入手できなければ、競争優位性を築くことはできない。

NTNでは環境問題等の世界的な課題を克服するため、技術力を強化し立ち止まることなく開発を推進していく所存である。

2. 風力発電用軸受

(株) ジェイテクト ほ さ か り よ う へ い
産業機器技術部 (風力グループ長) 保 坂 亮 平

まえがき

全世界で再生可能エネルギーへの注目が増す中、風力発電は2000年以降、欧州を中心に米州、中国と導入が加速している。特に、2005年度以降に急速に新規発電導入量が伸びているが、これはメガワット級風車の導入が進んだ事が上げられる。また2010年度以降は洋上風車の導入が拡大しているが、これも採算性よりマルチメガワット風車の導入が中心となっている。今回は風力発電装置（以下、風車）のマルチメガワット風車の市場動向と当社の主軸用軸受の信頼性向上への取組みについて紹介し、今後の動向について考察する。

◇ マルチメガワット風車の市場動向

次に、近年の陸上風車と洋上風車の市場動向について述べる。

<陸上風車>

近年では洋上風車も増えているが、導入風車の多くは今でも陸上に設置されている。風車の発電容量増大と、発電コスト抑制の取り組みは、以下に示すように各種実施されている。

- (1) 欧州では好風況域が既に占有されており、ブレードの大型化による低風速域への設置拡大。
- (2) 発電容量増加による、発電量の確保（2MW以上の風車の導入増加）
- (3) 信頼性向上による、発電時間の延伸

<洋上風車>

洋上では、陸上よりも乱流の発生が少なく風況が安定していることから、欧州を中心として遠浅の洋上へ大規模のウインドファームが設置されている。近年では、事業採算性の改善にも取り組まれている。

- (1) 船舶でアクセスが可能のため、大型風車の輸送が陸上に比べて容易であることから、洋上風車の高発電容量化による、設置コス

ト・発電コストの低減を図っている。

- (2) 遠浅沿岸部（着床式）から深海域への設置（浮体式）による設置可能領域の拡大。

以上のように2MWを超える大型風車の開発、および商用化が陸上、洋上共に加速している。2MWを超える風車は2MWクラスと同等の構造を採用しているものが多いが、3MWを超える風車は各部品の重量やサイズ増加による部品の調達性や輸送性が問題となる。

近年で商用化された風車では、急勾配（接触角45°）複列円すいころ軸受の1個使いで主軸を小型化した構造が採用されている。これは主軸の質量を軽減できたが、軸受外径が2.5m程度と非常に大きくなってしまふ。

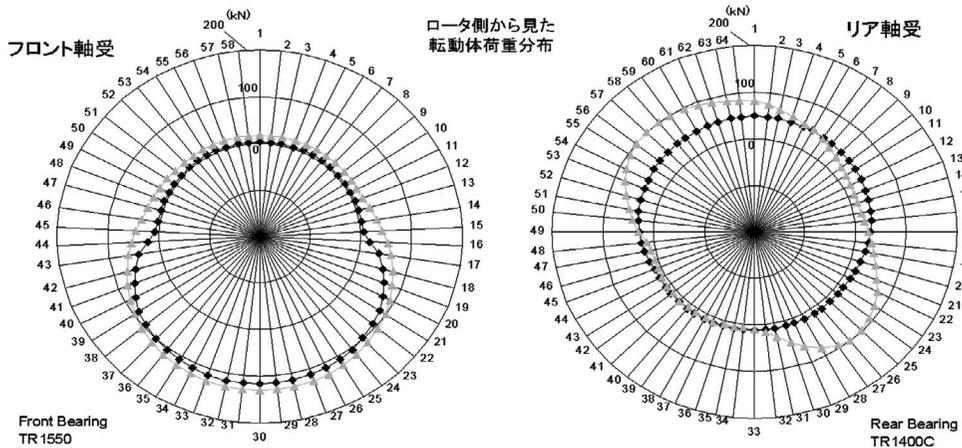
この問題を解決するため、近年では低増速比の増速機と小型の同期発電機で構成されるハイブリットタイプが開発され、当社ではこの主軸用軸受の設計・開発・評価を客先と共同で実施した。以下にその取組みについて紹介する。

◇ CAE解析を駆使した軽量化技術

当社が開発の取組みをしたドライブトレインは組合せ単列円すいころ軸受（フロント：φ1,550×φ1,920×200、リヤ：φ1,400×φ1,700×160）で構成されており、増速機は主軸に直結する構造となっている。軸受は軽量化を目的として薄肉となっており、また軸・軸箱についても同様に薄肉となっている。

薄肉で軽量化が可能となったが、反面ハブ荷重や入力トルクによる変形の影響を受けやすく、期待寿命値を満足しない事が懸念される。よってFEM解析にて弾性体領域で各軸受の転動体荷重がどのように変化するかを検証した。

この検証結果、一部の荷重条件では、通常の検討では発生しない軸箱変形が確認され、これにより軸受の転動体荷重分布は図1に示すような結果となり、リヤ軸受には2倍の大きな転動体荷重が



- 回転トルクを考慮しない転動体荷重分布
- ▲ 回転トルクを考慮した転動体荷重分布

図 1 転動体荷重分布

発生するため、これを考慮して要求寿命（20年、175,000h）を十分満足するような軸受設計とした。

本FEM解析結果から分かるように、厳密寿命を検討するには軸のみの変形ではなく、軸箱やベースフレームまた増速機まで考慮し検証する事が重要である。

◇ 転動体荷重分布実測技術

一方でFEM解析結果と実荷重には差が発生する可能性があり、この合せ込みを実施する必要がある。当社では本プロジェクトにて前述のFEM解析を実施すると共に、社内試験機による転動体荷重分布測定と客先実機ベンチ試験機による軸箱の変形量測定による合せ込みを実施した。

軸受の転動体荷重を測定する手法は、軸受の内輪または外輪に切欠き溝を加工し、その溝にひずみゲージを貼り付ける手法¹⁾がある。今回は、転動体を中空形転動体とし、その中空転動体内面に発生するひずみを検出する手法を開発した²⁾。ひずみゲージは、転動体長さ方向に2箇所貼り付けた。また、ひずみゲージ出力は、治具を介して転動体と一体化した超小型データロガーに記憶させ、計測終了後、軸受が静止した状態でデータを取り出し、解析することができる。

なお、校正は、軸受にこの計測システムを組み込み、縦型試験機で純アキシャル荷重のみを負荷

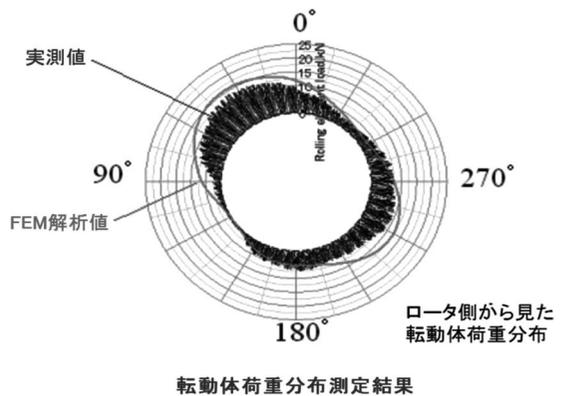
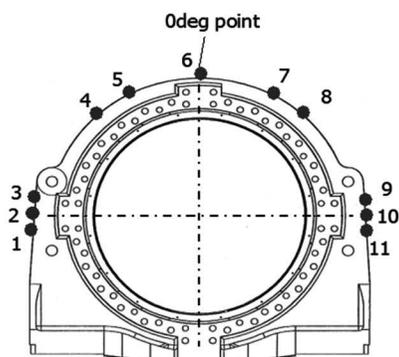


図 2 転動体荷重の測定結果と計算結果の比較

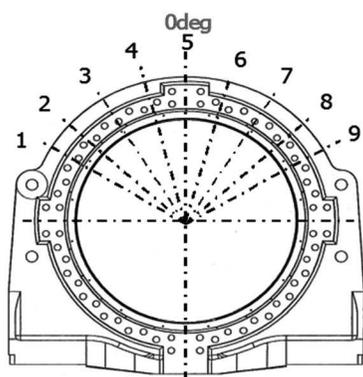
することで事前に転動体荷重とひずみの関係線図を作成した。

社内試験機でリヤ軸受の転動体荷重を実測した結果とFEM解析により求めた転動体荷重をともに図2に示す。この結果、転動体荷重値、分布の形ともに実測と計算値がよく合っていることがわかる。（ここまで整合性をあげるために、軸受、軸箱、軸だけでなくメインフレーム（軸箱を固定する部品）までを計算モデルに含めることが重要であることが確認できた。）

さらに、実サイズでの整合性を評価するため、客先実機ベンチ試験機を用いてリヤ軸箱外周面の最大主ひずみと変形量について、同様に実測と



リヤ軸受ハウジングひずみ計測点



リヤ軸受ハウジング変位計測点

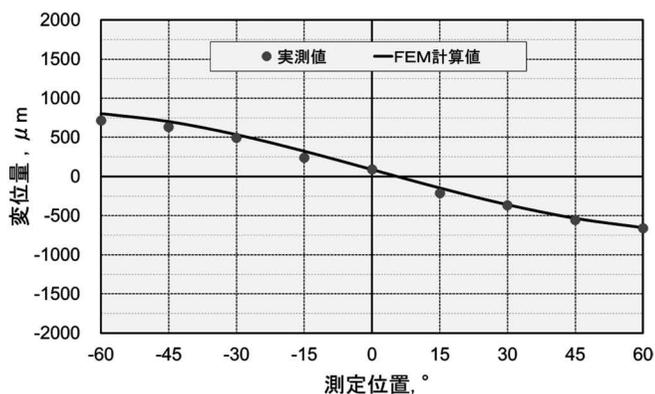
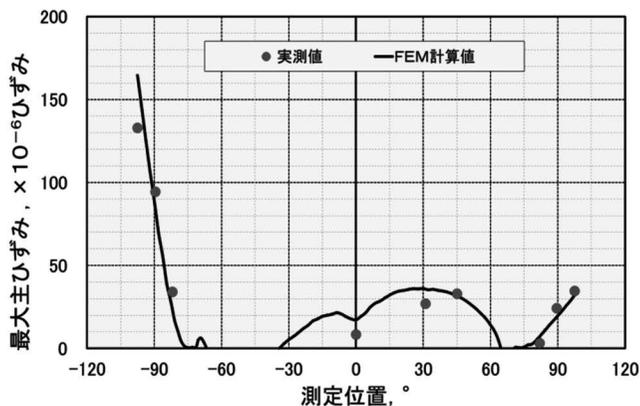


図 3 軸箱の変形量測定結果と計算結果の比較

FEM計算値の比較を実施した。最大主ひずみの測定のため、リヤ軸箱外周面にロゼットゲージを11箇所貼り付けた。また、変位量は、リヤ軸箱外周面に沿ってレーザー変位計を9台設置し、ひずみと同時に測定した。測定結果を図3に示す。客先実機ベンチ試験機での評価結果においても、実測と計算値がよく合致していることが確認できた。

これらの結果から、当社のFEM解析の計算結果は信頼性があり、軸受の寿命検証手段として十分に活用可能な解析条件が反映されていることが確認できた。

◇ 風車用軸受に求められる軸受用鋼

風車用軸受に要求される機能が過酷になってきており、それに合わせて軸受用鋼に求められるニーズも高まってきている。まず要求寿命である20年以上十分耐え、かつ寿命バラツキが少ない高信頼性な軸受用鋼が求められる。これに対応する

ため、材料の非金属介在物を低減し、内部起点によるはく離の発生確率低減への取組みが必要である。風車特有の荷重変動による白層はく離への対応も必要である。

また風車の大型化に進むにつれて、軸受も大型化が進むため、熱処理加工が課題となってくる。これに対応するため焼入れ性が良く、変形の少ない軸受用鋼が望まれる。長期間使用されるため、残留オーステナイトの低減にも配慮する必要がある。

◇ 保守点検による信頼性向上

上記では軸受の設計検証について述べたが、実際のサイトで使用されている状態を把握し、信頼性を確保することが重要となってきた。陸上風力発電設備は、日常的な運転状態と保守状態の管理に加え、半年ごとの定期点検、長期計画メンテナンス（5～10年ごと）を立案し、利用可能率

を上げるような取組みを風車ユーザーは実施している。一方で近年導入が進んでいる洋上風力発電設備は、故障が発生すると洋上で修理費用が割高なことに加えて、多くの修理時間を要し、設備利用率の低下が顕著となり、事業に大きく影響する。よって近年では、オンライン状態監視技術（CMS）が進展し、CMSによる予防的メンテナンスの検証も進んできている。

CMSによるモニタリングでは温度、振動計、ひずみ計等による運転パラメータのモニタリングとなるが、温度や振動計で異常を感知する時は、既に軸受の劣化の進展は進んでいることが多く、損傷を未然に防ぐことが難しいのが現状である。よって、CMSによるモニタリングに加え、定期点検による潤滑剤の劣化状況や軸受の軌道の状態を把握しながら、モニタリングをしていくことが非常に重要である。

今後は現状のCMSに加えて、定期点検の監視項目も含めて状態監視が出来るようになると、ドライブトレインの信頼性が飛躍的に向上すると考え

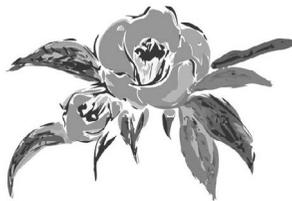
られ、また軸受用鋼に求められるニーズもより明確になってくるものと考えられる。

むすび

再生可能エネルギーの中では、風力発電への期待は非常に大きいですが、風力発電が本格的に商用化されてから10年程度しか経過しておらず、信頼性は十分に検証できていない。当社では、本報で紹介した評価試験や新技術により、最適な軸受設計による風車の軽量化、評価設備による信頼性向上に取り組んできた。さらにはマルチメガワット風車の実機サイズの軸受を評価することが可能な評価設備を導入済みであり、これらを活用して、今後軸受製品開発に加え、状態監視技術や保守・メンテナンス技術の開発に取り組んでいき、今後の再生可能エネルギーの促進に貢献していきたい。

参考文献

- 1) 春海藤夫、篠原正則：連続鍛造機ロール二分割軸受の開発、Koyo Engineering Journal no.133 (1988) 40
- 2) 特許公開2011-149538



3. 鉄道車両用軸受

(株)不二越 あさ い ひさし
軸受事業部 技術部 浅井 寿

まえがき

1964年に東海道新幹線が開業して、初代新幹線電車「0系」車両が華々しく営業運転をスタートしてから既に半世紀の時が過ぎました。昨今では長年待望されてきた北陸新幹線（長野—金沢間）と北海道新幹線（新青森—新函館北斗間）が開業し、更なる延伸工事も計画・進行されています。また、「SHINKANSEN」は海外高速鉄道需要への進出も視野に入れ、今なお進化と輝きを放し続けています。

この新幹線の長い歴史の中で、軸受の耐久性を上げるため、ころに使用する軸受鋼に含有する、早期はくりの原因とされる酸化物系非金属介在物を極限まで低減する「真空再溶解」技術をいち早く採用し、0系新幹線の最高速度210km/hの開業に間に合わせたことや、更なる材料の高寿命化や軸受形式の改良などの進化を続け、最高速度300km/hを超える現在のN700系では、軸受質量が0系の約1/3までに軽量化（70kg→24kg）を実現し、新幹線の高速化の歴史に軸受が貢献しています。

この様に、新幹線車両の高速化や信頼性の礎の一端を担ってきた鉄道車両用軸受ですが、次の時代を見据え、東海道・山陽新幹線と東北・北海道新幹線に、更なる高速化やメンテナンス周期の延伸を狙った次世代車両の投入が発表され、軸受についてもこれらに対応するための改良・開発が行っており、本稿では新幹線用車軸軸受を中心に最近の動向を紹介します。

◇ 次世代高速車両に向けた軸受の課題

車両の速度向上に伴い、軸受の回転速度も上がり、転がり抵抗増加、つば面やシールリップ摺動部などのすべり接触面での摺動抵抗の増加、潤滑剤の攪拌抵抗増加などの複合要因により、軸受からの発熱による温度上昇も増大します。この軸受の発熱による温度上昇の影響により、潤滑剤の劣化の進行が促進され、潤滑寿命を早めることにな

り、延いては軸受のメンテナンス周期延伸の妨げとなります。また、軸受の周辺部に使用されるゴム部材の劣化にも影響を及ぼすことにもなり、軸受の発熱による温度上昇を抑制することが、高速化とメンテナンス周期延伸の両面について、重要な課題と言えます。

◇ 課題克服のためのアイテム

図1に次世代高速車両用の車軸用軸受の一例を示します。温度上昇と潤滑剤の劣化を抑制するアイテムについて紹介します。

1. 軸受形式

現在運用されている新幹線車両の車軸軸受の形式は、複列円筒ころ軸受または複列円すいころ軸受のどちらかで、主に油潤滑で使用し、一部でグリース潤滑でも使用されています。

次世代高速車両では、軸受形式として複列円すいころ軸受が採用されています。複列円すいころ軸受は、円筒ころ軸受に比べ、内部アキシャルすきまを小さく設定でき、またコーンセンターを中心に回転する構造により、スキューと呼ばれるころの進行方向に対する傾き挙動も低減できるため走行安定性に優れ、ラジアル荷重とスラスト荷重を転動面で同時に負担することができるため、発熱要因となるすべり接触面である、つば面へのスラスト荷重負担を低減し、さらにコンパクト化が可能である軸受形式です。

次に潤滑方式としては、グリース潤滑が採用されています。油潤滑は非常に信頼性が高い潤滑方式として、現在の主流ですが、常に攪拌抵抗が発生し高速回転するほど攪拌抵抗も増大するため、高速化の限界があると考えられます。一方、グリース潤滑は、運転初期には転動部に介在するグリースによる攪拌抵抗が生じるものの、なじみ状態となった後は、主に転動部以外に滞留するグリースからの基油の供給によって潤滑するため、攪拌抵抗の低減が期待できるという特長があり、温度上

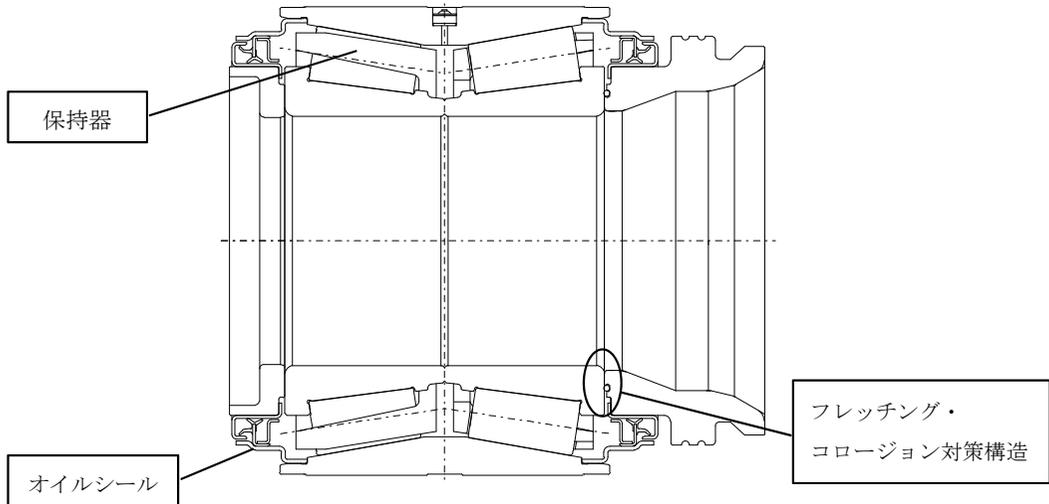


図 1 次世代高速車両用車軸軸受
(軸受形式：グリース密封式複列円すいころ軸受)

昇低減につながります。但し、高速化に適応した適正なグリース選定が重要となり、より高性能なグリースの開発も進められています。

2. 保持器

軸受構成部品でころを等間隔に分割・保持する機能を持つ保持器は、一般的には鋼製保持器が使用されていますが、欧州などでは既に主流となっている、樹脂製保持器に代替することにより、保持器自体の質量低減とすべり接触するポケット面での摩擦低減による温度上昇を抑制し、さらに金属摩耗粉の発生防止に効果があり、グリースへの熱影響と金属異物混入による劣化の促進を抑え、潤滑寿命を向上させています。

尚、樹脂製保持器で懸念される、破壊強度については、樹脂材料への補強材の添加や保持器成形形状の工夫によって強化され、強度解析によるシミュレーションを行い、信頼性を検証しています。

3. オイルシール

軸受内部の潤滑剤を外部に流出させず、内部に保持し、外部からの雨水、塵埃を軸受内部に浸入させないために、軸受両端部にオイルシールを配して、グリース密封構造を形成しています。

オイルシールのシールリップは、使用回転速度や保守性によって、ニトリルゴム、アクリルゴム、フッ素ゴムが選択され、新幹線用には耐熱性、耐摩耗性に優れたフッ素ゴムが使用されてきました。

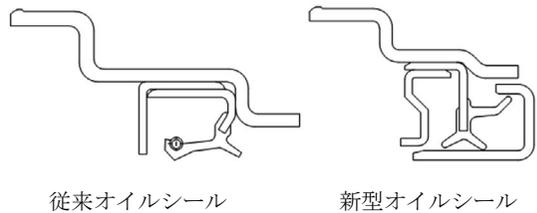


図 2 シールリップ構造

従来、シールリップ構造は、リップ上部にガータースプリングを取付け、緊迫力を付与する主リップと、非接触のラビリンスにして発熱を抑えたダストリップとの2枚リップ構造として、密封性能を確保しつつ、車速300km/h走行においても、低発熱化を実現してきました。しかし、更なる高速走行に対応するため、車速300km/hを更に超える次世代高速車両では、ガータースプリングを使わずに、3枚のシールリップが、スリーブとラビリンスを構成する構造として、シール性能を確保しつつ、低発熱を実現した新型オイルシールが採用され、国内・海外の高速車両で実績を積み、グリース密封式オイルシールの主流となってきています(図2参照)。

4. フレッチング・コロージョン対策構造

走行中に軸重(車軸が負担する荷重)がかかると車軸にたわみが生じ、このたわみの影響により、2列ある車輪側の内輪端面と後蓋との接触面にフ

レッチング・コロージョンと言われる赤錆状の摩耗粉を伴う摩耗現象が発生します。この摩耗粉が潤滑剤に混入すると、潤滑剤の劣化を促進することになります。この摩耗粉の混入を防止するため、内輪と後蓋接触面を特殊な構造にすることによって、摩耗そのものの抑制と発生した摩耗粉のグリース内への混入防止をはかり、潤滑寿命の向上に大幅に効果を上げています。

◇ 将来に向けた技術

鉄道車両用軸受は、台車検査や全般検査と言った、車両点検の法定期間又は距離毎に、分解点検を伴うメンテナンスを行い、運行期間中の安全を保障しています。但し、この検査システムによっても、故障不具合を100%ゼロにすることは不可能であり、近年では運行中の軸受内部の状態を示す特性値（回転数、温度、振動）をリアルタイムに監視し、事前に損傷を予兆するため、軸受にセンサーを取り付ける軸受内部状態監視技術も開発されており、更なる信頼性向上のため、進歩していくものと期待されます。

◇ その他の鉄道用軸受

ここまで、新幹線車両に使用されている、車軸用軸受を中心に記載してきましたが、鉄道車両用軸受には車軸用軸受以外に、駆動装置用軸受と主電動機用軸受といった、軸受も使用されており、少しだけ紹介します。

1. 駆動装置軸受

主電動機からの回転出力を車軸へ伝える駆動装置には、小歯車軸と大歯車軸を支持する軸受として、円すいころ軸受を2個組合せて使用されています。2個の組み合わせにおいては、エンドプレー（軸方向すきま）の調整作業が必要であり、この調整作業が煩雑で、また調整ミスが不具合に繋がる可能性もあるため、近年では、エンドプレー調整が不要な円筒ころ軸受や特殊深溝玉軸受（4点接触玉軸受）の組み合わせで使用されることもあります。

2. 主電動機用軸受

主電動機内の主軸を支持する軸受には、深溝玉軸受と円筒ころ軸受の組みあわせで使用されています。この軸受には大きな電流が流れるため、転動面に電食（軌道と転動体間のスパークによる表面損傷）が発生し、転動面の表面粗さを悪くし、摩耗、グリース劣化、軸受破損に繋がる可能性があります。この対策として、軸受の外輪外表面に、セラミックや樹脂などの絶縁体を被膜し、電流を遮断する方法が取られています。

一方、主電動機のコンパクト化、高出力化が進み、軸受への負担が増え、特にグリース寿命への影響が大きく、高性能グリースの開発や給脂方法の改善などの取組が進められています。

◇ 特殊鋼への期待

鉄道車両用軸受は、鋼材技術の進歩と共に歩み、今日までの歴史を刻んできました。現在でも世界に誇れる高性能な鋼材ですが、更に他の追随を許さない、高寿命で耐摩耗性に優れた鋼材となるよう、技術の進歩が期待されます。

むすび

鉄道車両用軸受は、新幹線車両の革新的進歩と共に、安全・安定輸送を実現するため、技術の発展を成し遂げてきました。

今後も高速化、高性能化だけでなく、環境に配慮した省エネルギー化などのさまざまな課題が新たに生まれてくることと思います。

「夢の超特急」の夢はこれからも続いていきます。この夢を未来に繋げるため、これまでの長い新幹線の歴史で弊社が携われたことを誇りに、今後も軸受の開発で寄与していきたいと願います。

参考文献

- 1) 高野：鉄道車両用軸受、特殊鋼・2009年軸受特集
- 2) 吉田：鉄道車両車軸軸箱用オイルシールの技術動向、トライボロジスト 第62巻 第4号（2017）
- 3) 日比野：鉄道車両用グリースの潤滑寿命延伸の取組、ベアリング&モーションテック 2017年3月号

4. 直動システム —LMガイド—

T H K (株) こもりとしあき
応用技術統括部 AE部 小森俊明

まえがき

LMガイドとは、従来すべり案内であった機械の直線運動部を「ころがり」を用いて案内する機械要素部品であり、名称は『Linear Motion Guide (リニア・モーション・ガイド)』の略である。

このLMガイドの登場によって、機械運動の多くの要素を転がり化することができるようになった。

機械の運動は、回転運動と直線運動、そしてこれらの組み合わせで成り立っている。回転運動に転がりを利用したのが回転ベアリングで、直線運動に転がりを利用したものがLMガイドである。

LMガイドが市場に登場したのは1972年のことである。それから40年あまりの間に、従来あった「すべり案内」の機能をLMガイドは大きく凌駕することが世界で認められ、その市場は現在では世界的規模に成長している。また市場に登場した当初は、LMガイドを採用する装置は、工作機械や、搬送装置などの限定的な用途で使用されることが殆どであったが、今ではそれら以外に、半導体製造装置、液晶製造装置、ロボットなどの産業機械分野から、免震装置、鉄道車両、航空機、プラットホームドア、システムキッチンといった民生分野まで幅広く利用されている。

近年の産業機械全体の要求される仕様としては、高精度、高剛性、高速・高加減速をはじめ、高温、高真空などの特殊環境、あるいは極端にラフな取付けへの対応など、その幅が大いに広がっている。これらの要求に対して当社のLMガイドも進歩をし続けており、現在では、要素部品として欠かせない製品となっている。その理由としては、LMガイドはユニット化された案内要素部品であるため、ボルトを締め付けるだけで容易に組付けができ、すべり案内面を製作するときには不可欠な摺り

合わせ、キサゲ加工などの難しい加工工程が省略できるために、大幅な工数削減ができるというメリットがあることが挙げられる。さらにLMガイドは、テーブルに組んで使用した際に、組立精度以上に走り精度が得られるという精度平均化効果があるために、すべり案内に比べて工数をかけていない割に最終精度が高いレベルで得られる点も機械要素部品として欠かせない大きな理由の一つである。

◇ LMガイドについて

図1に当社のリテーナ入りのLMガイド (SHS形) を示す。

LMガイドの基本構造は、主にLMレールとLMブロック及び、転動体から構成されている。転動体にはボール、またはローラーを用いエンドプレートと呼ばれる樹脂製の部品を介して、ボールを無限循環させる構造になっている (図2)。

ボールリテーナ入りLMガイドは、ボールがボールリテーナにより保持され循環する構造になっており、このためボール同士の相互摩擦がなくなり、ボールは均一に整列され運動する構造

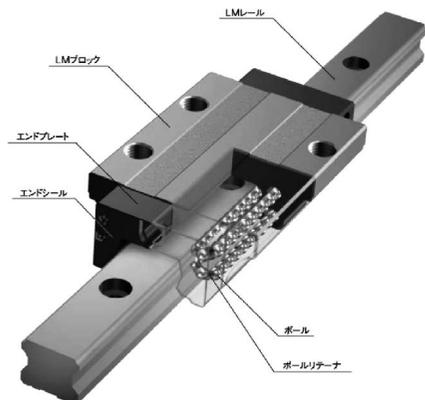


図 1 LMガイドの基本構造 (SHS形)

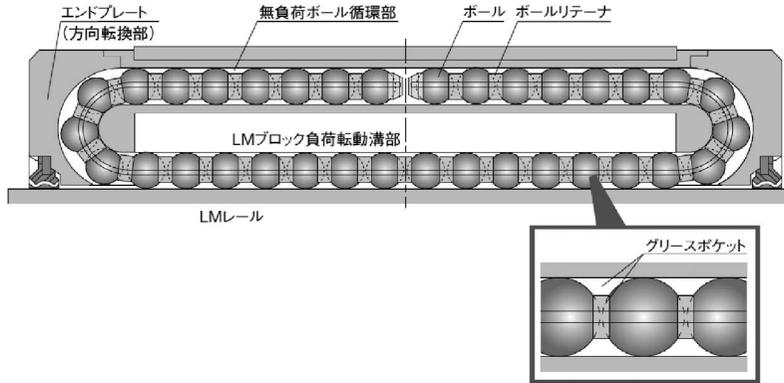


図 2 転動体循環部詳細

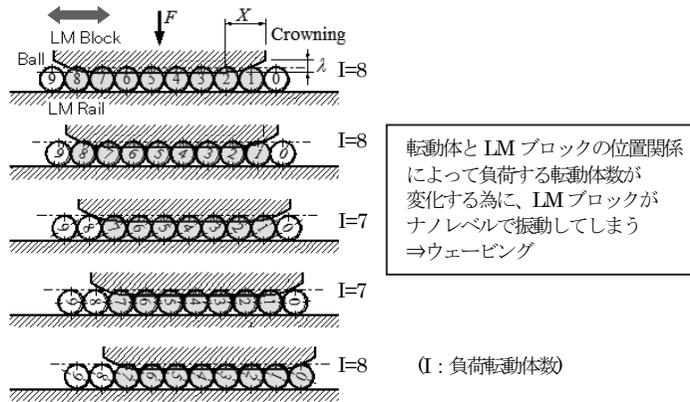


図 3 LMブロックと転動体の相対位置の変化

である。

更に、ボール循環部とボールリテーナとの空間部（グリースポケット）に溜ったグリースが、ボールの回転によりボールとボールリテーナの接触面に巻き込まれ、ボール表面に油膜を常に形成するようになる。このため、油膜切れが起りにくくなり、その結果として静音性、長寿命化、摺動抵抗の変動の無いスムーズな走行など、数々のメリットをもった直動案内である。

◇ 高精度化の要求と当社の取り組みについて

最近では、工作機械、半導体・液晶製造装置、精密測定機器などの分野において求められている高精度の単位としては、マイクロレベルからナノレベルへの移行が進んでいる状況である。高精度加工によって、LMレールやLMレールの取付面を高精度に仕上げ、高い真直精度を得るだけでは目

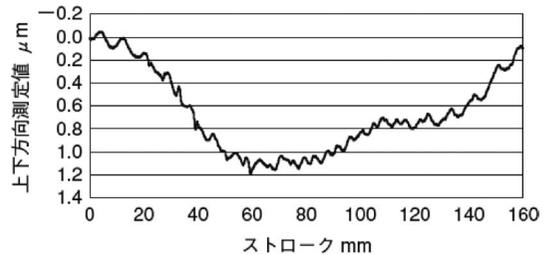


図 4 テーブルを取り付けた場合の上下方向走行精度測定結果（SHS25）

標となるナノレベルの精度要求に応えることが出来ない。その理由として、LMガイドは転動体が転がることによってLMブロックが移動しているため、LMブロックと転動体の相対位置が常に変化して、力のバランスが常に変化することにより発生する細かな姿勢変位あるいは振動が発生してしまう。この現象をウェーピングといい、転がり

案内には必ず現れる現象である (図3)。

図4に標準的なLMガイド (SHS形) にテーブルを組み付けたときの上下方向走行精度測定結果を示す。細かな変動を起こしている部分がウェービングである。問題はこのウェービングの補正は非常に困難であり、この振動自体を極力小さくしなければLMガイドのナノレベルでの高精度化対応は難しいと言われている。このウェービングは、LMブロックの転動面両端部のクラウニング形状に大きく影響を受ける事がわかっており、ウェービングを最小に抑えるためにはこのクラウニングを最適化形状にしなければいけない。そこで、当社は高精度化の要求に応えるべくウェービングの原因を突き止め、この振動が極小となるためのアイデアを盛り込んだ超高精度化対応のLMガイド SPR/SPS形を開発した (図5)。

転がり案内であるLMガイドに発生するウェービングの原因は、有限の長さを持ったLMブロック内を有限個の転動体であるボールが循環して力のバランスが周期的に変化しているためである。一方、静圧案内のテーブル側はLMガイドと同様に有限の長さであるが、転動体に相当する油膜部分が分子レベルまで極小化された無限に限りなく近い転動体が移動していると考えられる。油膜部分は、テーブル移動に伴って力のバランスが崩れることがないため、LMガイドのような周期的なウェービングがほとんど確認できない。よって、LMガイドにおいてもLMブロック長さを長くし、転動体を限りなく小径化すれば、有限個である転動体数を増やすことができるはずである。それによってウェービングが極小となる高精度LMガイドが実現できるようになり、ナノレベル精度により近づくことができると考えられる。

LMガイドのLMブロック長さが長く、ボール径



図5 超高精度LMガイド SPR/SPS形の外観

を小さくした方がウェービングが小さいという事は、有効ボール数が多い方がウェービングが小さくなるということが考えられる。しかしボール径を小さくすると別の問題が生じてしまう。基本動定格荷重はボール径と相関があり、ボール径を小さくすれば基本動定格荷重も減少してしまうのである。ナノレベル精度の実現には、寿命を決める基本動定格荷重を小さくしなければいけなくなり、LMガイドの大きなメリットの一つである大きな搬送能力がなくなってしまふ。その問題を解決する為に、新しく考案したLMガイドでは、ボール径を小さくし、スペースを十分に確保する事で、従来のLMガイドの転動体の条列数が4条列であるところを2倍の8条列に増やし、有効ボール数を増やすことで基本動定格荷重が低下する問題を解決した。つまり、ボール径を小さくしてウェービングを向上させ、転動体の条列数を増やし定格荷重の低下を補った新しいタイプの超高精度LMガイドである。これによりボール一つ当たりの負荷が減少し、さらなる低ウェーピング化が期待できる。更に付随するメリットとしては剛性が向上する効果も期待できる。

図6に一般的な標準タイプのLMガイドと超高精度LMガイドSPR/SPS形単体での走り精度の比較を行なった結果を示す。一般的なLMガイドによるウェーピングの一般論は $0.1 \sim 0.3 \mu\text{m}$ ($100 \sim 300\text{nm}$) 程度であるので、クラウニング形状を最適化した超高精度LMガイドSPR/SPS形では、一般的なLMガイドと比べて約5倍~10倍の効果が見込める事がわかる。

また図7に、SPR/SPS形にテーブルを組み付けた際の上下方向、左右方向の走行精度測定結果を示す。拡大部は上下方向でウェーピングが最大と

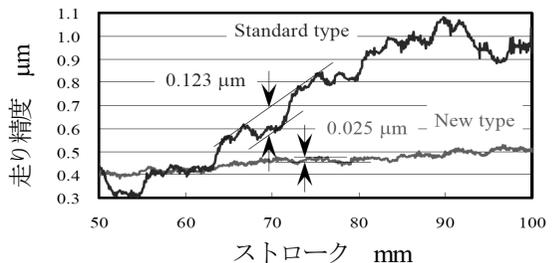


図6 LMガイド単体でのウェーピング/上下方向の比較 (SPS25LR)

試験品	SPS25LR
レールスパン	250mm
ブロックスパン	250mm
測定点	テーブル中央上方 250mm
測定方向	上下、左右

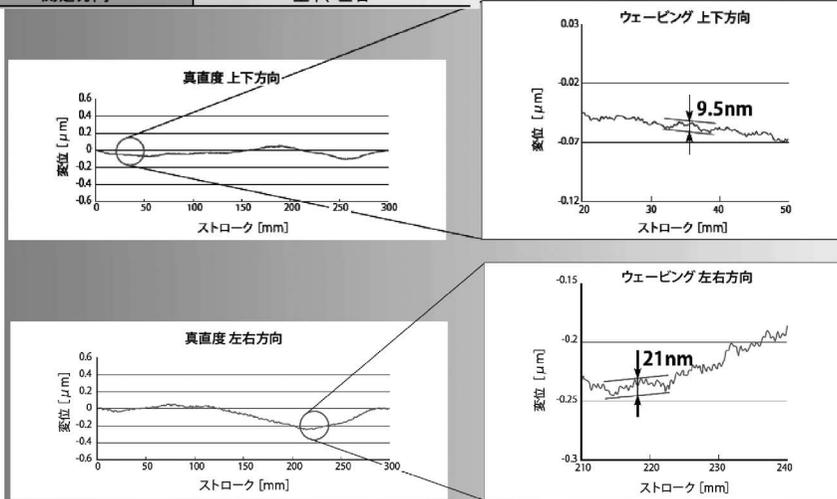


図 7 テーブル組付け時におけるウェービング測定結果

なっているストローク20~50mmの部分であり、この結果より、ウェービングは9.5nmという値であることが確認される。これより、テーブルに組み込んだ状態では平均化効果もあり単体の走行精度より更に良くなり、従来の一般的なLMガイドのウェービング値（100~300nm）と比較すると、約1/10の値になっていることがわかる。

現在でも、ナノレベル精度の案内となると静圧案内という認識が根強く浸透していることは、否定できない事実である。しかし、当社の高精度LMガイドはその認識を変えることが可能となり得ると考えられる。転がり案内でナノレベル精度が可能となると、“ナノレベル精度=静圧案内”という当然のごとく成立していた認識に変化が生じてくることである。もちろん、当社の高精度LMガイドが静圧案内に対して全てが優れてはいるという事ではない。しかし、少なくとも高精度案内の中

に転がり案内という選択肢が入ってきたと言う事ができるだろう。

従来、日本の工作機械メーカーは緻密な摺り合わせを基にした組立技術を強みとして、高精度・高耐久な工作機械を作り上げているが、新興国が高い技術を持つユニットメーカー等からユニットを調達し、それらの調達したモノを組立するだけで、低コストな製品の品質向上をさせていることを考えると、今後、価格低下圧力の強まりによって、コストの高い静圧案内だけを使用することは、難しくなってくると考えられる。それゆえに、組立性・メンテナンス性がよい高精度なLMガイドを案内として採用するメリットはますます高くなっていくはずである。

当社では、様々な環境及び仕様に応じた多くの製品をラインナップしており、お客様の要求にマッチした製品のご提供が可能であると考えている。

Ⅲ. 最近の軸受製造技術動向

1. 塑性加工

日本精工(株) 生産技術センター 小 林 一 登
成形技術開発部 部長

まえがき

軸受の部品は、一般的に外輪、内輪、転動体(ボール、ローラー)、保持器等で構成されており、それらの製造工程の最初には、外輪と内輪であれば鍛造、鉄製の保持器であればプレス成形、転動体であれば冷間ヘッダーなど主に塑性加工が用いられている。ここでは外輪と内輪の鍛造工程について述べたい。

その中でも、比較的小ロットの大型軸受の外輪と内輪(以下、リング)とロットの大きい中小型軸受のリングでは大きく工程が異なっており、夫々の一般的な工程と最近の技術動向について紹介する。

◇ 大型リングの鍛造工程

1. 単体鍛造+熱間ローリング工程

外径φ200以上の大型リングは、図1に示すように熱間鍛造でリングを成形した後、熱間ローリングで内外径を広げて所定の大きさとする工程が一般的に用いられている。

熱間鍛造工程は、ノコ切断で所定の長さに素材を切断した後、据込み、後方押し(穴成形)、ピアス

この時、鍛造のリング成形時に発生するスクラップ重量を極力小さくして歩留まりを良くする為に、鍛造時の穴径は次工程である、ローリング工程のマンダレルの径よりも若干大きい程度とする。

熱間ローリング用の設備は、様々なタイプがあるが、図1の右に示すようなマンダレルと主ロールでリングの厚み(径)方向を圧延すると同時に、180°位相を変えた位置でエッジロールと称する2個の円錐状のロールで、高さ(軸受幅)方向を圧延する方式が一般的に用いられている。

この方式の利点は、矩形断面のリングであれば内外径および高さが違うリングを、工具交換なしに成形できるところにあり、小ロット品に対応した方法と言える。

2. 最近の大型リング鍛造の動向

大型リングは小ロット品が多い事もあり、現状はまだ専用フォークリフトなどを活用した所謂手搬送が、主流であるが、最近は安全面や作業環境を考慮し、マニピュレータやロボットを活用した、加熱炉、鍛造機、ローリング機を繋いだ自動化への対応が進んできている。

また、比較的小ロット数の多い製品は、熱間ローリング加工後、外径を型で矯正するサイジング加工により、真円度を確保するのが一般的だが、小

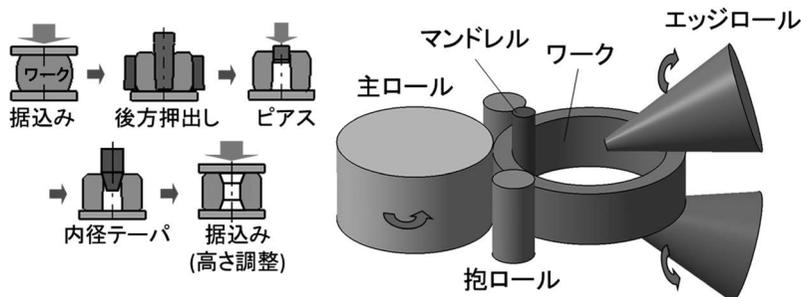


図 1 単体鍛造+熱間ローリング工程

ロット品では、サイジング型の償却が困難となるため、ローリング加工にて成形完了となる場合が多い。そこで近年、このローリング加工完了時の真円度を高める要求が、高くなっている。これに対応する為、ローリング機にサーボ駆動の抱ロールなどを配置し、リングを矯正する方法や、成形ロールとエッジロールの回転速度を制御する事などによって、ローリング加工終了時における真円度を高める試みがなされている。

先に述べたように、エッジロールを具備したローリング機は、矩形断面のリングであれば工具交換が不要になるという利点を有している為、多用されているが、図2に示す様に軸受の断面形状には、様々なものがある。大型軸受の場合、矩形断面から削りだすには、歩留まりの低下と共に、切削ロードも大きくなってしまう。そこで、特に円錐ころ軸受などは、製品に近い断面を鍛造形状としたローリング加工の要求が高まっている。これらを実現する為には、成形ロールまたはマンドレルの交換が必須となる為、工具交換を容易とする設備が必要となる。また、断面が異形状になる

とローリング加工時の材料伸びが、部位によって異なる現象が発生する為、これらに対応するような工程の見直しや、新たなローリング機の開発が今後進んでいくと予測される。

◇ 中小型リングの鍛造工程

1. 親子鍛造+冷間ローリング工程

大ロット生産が多い中小型リングは、図3に示す様に、まずは横型のフォーマーなどで、外輪と内輪のリングを同時にセットで鍛造する所謂親子鍛造を実施する場合が多い。工程は、まずバー材を高周波加熱で熱間域に加熱した後、機内で切断し、これをトランスファー装置で搬送して、据込み、2段のリングに親子成形、孔抜き、外輪と内輪分離（穴抜き、分離は工程が逆の場合も多い）にて、外輪と内輪に分離された2個のリングを得る。親子鍛造を採用した場合、単体鍛造と比較して、外輪と内輪を同時に鍛造する事で工程を削減する事ができる。これは必ず外輪と内輪をセットで使用される軸受ならではの鍛造方法である。

玉軸受等では、図2にあるように、内輪外径と外輪内径の間に隙間がある為、鍛造工程では外輪内径を内輪外径に近い径として成形し、その後外輪については、冷間ローリングにて径を拡げ、外輪内径を所定の径とするのが一般的であり、この方法だと外輪と内輪、穴部スクラップの3点ができるので3点分離と称している。十分に小径の軸受では外輪と内輪間に出るスクラップ重量が軽くなり、冷間ローリングの加工費より安価になる場合があり、最初から外輪を所定の形状として、外輪と内輪間のリング状スクラップが、追加される所謂4点分離の方法を採用している場合がある。

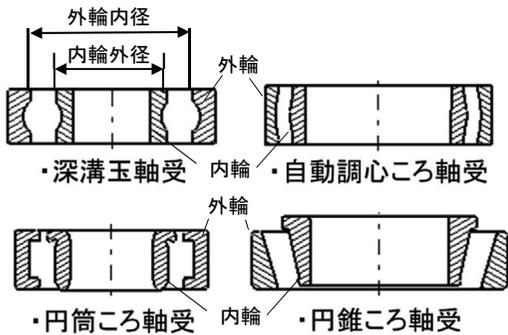


図 2 軸受の外輪と内輪の断面形状

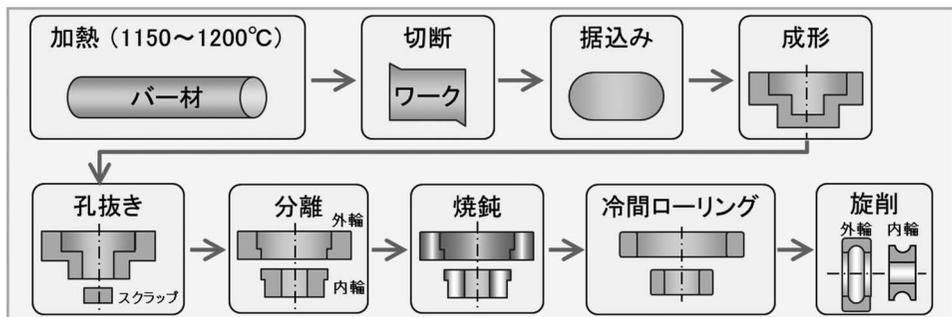


図 3 中小型リングの鍛造工程

3点分離では、内輪に関しては鍛造品の形状のまま次工程へ送り、切削加工を行なう場合もあるが、ある程度径が大きい製品は歩留まりを良くする為に、内輪も冷間ローリング工程で径を拡げる場合もある。また、玉軸受の冷間ローリング工程では、歩留まりと旋削取代削減の為に軌道溝を予備成形する場合が多い。

なお、冷間ローリングを行なう場合、軸受鋼に対しては変形抵抗を下げ材料伸びを確保する為、球状化焼鈍の実施が必須となる。しかし、軸受鋼は、熱間鍛造後の硬度が高く、旋削工程前に軟化焼鈍を行なう必要がある為、冷間ローリング前の球状化焼鈍は工程追加とはならない。

一方、円錐ころ軸受の場合、外輪最小内径と内輪最大外径の差が極めて小さい為、熱間フォーマーで玉軸受と同様に3点分離で親子鍛造している例もあるが、熱間または温間鍛造にて単純リングを成形し素材とした後、これを冷間鍛造にて図3の成形工程のような形状（ただし既に穴は貫通している）に成形する工法を採用している例もある。

2. 中小型軸受鍛造の課題と今後

横型フォーマーでの親子鍛造は、縦型プレスによるそれよりも、サイクルも早く、切断工程を具備しているので、バー材を供給すれば外輪と内輪の素材が得られるという利点がある。しかしその反面、加熱したバー材をシャー切断する為に、切断抵抗に対して材料の変形抵抗が十分得られず、どうしても切断面が歪んでしまい、その結果、次工程の据込み工程で外径が丸くならないという致命的な問題を抱えている。据込み工程で外径が丸くならないと、成形工程で材料の不均一が生じて、偏肉や局所的な材料不充填などの精度や品質不良の発生要因となる。また、据込み工程で、外径が歪んでいると搬送不良の大きな要因にもなる。この問題に対しては、据込み工程において、金型ダイにて外周を抱えるなどの金型機構の変更や、変形が起こりにくい切断機構の工夫など、過去にもいろいろな対策が試され実機投入されてきたが、どれも決定打とはなっていない。バー材の切断長さや径のバランスを最適にするなどの緩和策はあるものの、今後に向けた大きな課題である。

また、熱間鍛造工程では金型寿命向上対策とし

て、金型に直接水をかけ流し水冷しているが、軸受鋼のような高カーボン材は、大量の水が掛かると焼き割れが発生するリスクがある。この為、製品に水が直接掛からない対策を施しているが、一方では、金型寿命を向上させる為の有効な冷却方法を模索する必要もある。

さらに、熱間フォーマーの場合、素材はバー材を用いる場合が多いが、連続で生産するためにはバー材の継ぎ目を確実に検知して、継ぎ目の部分で2個に分断された鍛造品が流動しないような対策が必要となる。現状はリスク回避の為、継ぎ目部分を含む複数個の素材を切断して、自動的に廃棄する方法が実施されているが、無駄を排除し材料歩留まりを向上させるため、継ぎ目の確実な検知による排除材料の削減や、材料送りロールのサーボ駆動化による確実な端末材排除などの対策が実現されてきている。

その他、熱間フォーマー工程、冷間ローリング工程共に、安定生産やサイクルアップなどの課題に対して絶え間ない研究や改善がなされている事は言うまでもない事である。

むすび

以上、大型と中小型の軸受外輪と内輪の鍛造工程について、現状と課題、および最近の技術について述べてきたが、今後はさらなる品質向上、コスト削減はもちろん、地球環境対応などのニーズにも答えていかなければならない。

それらニーズのなかで、最近の塑性加工に必ず要求される、ニアネットシェイプへのチャレンジがある。しかし、特に軸受鋼の場合には加熱による脱炭層の出現というやっかいな問題があり、例え形状精度を満足できるものにも実現できたとしても、結局は一皮むかなければならない事になってしまうという問題が存在する。

これらを打破し、ニアネットシェイプを実現するには、脱炭層の出現しない温度域まで下げた温間鍛造、冷間鍛造化などが求められる。一部、極めて小径の軸受に冷間鍛造化などが実用化されているものの、これらの開発には大きなブレークスルーを必要とするが、近い将来実現および幅広い採用に向かって進歩するものと期待する。

2. 熱処理

N T N (株) ゆう き ひる し
先端技術研究所 結 城 敬 史

まえがき

転がり軸受は、軌道輪と転動体間の微小な接触部で荷重を支える構造であり、高い面圧が繰り返して作用するため、これに耐えるように軌道輪および転動体にはロックウェル硬さ58HRC以上となる熱処理が施される。

転がり軸受用の材料として広く用いられているSUJ2材の熱処理には一般的に熱処理炉が用いられる。炭化水素ガスを原料とした吸熱型変性ガス的高温雰囲気中で、軸受部材を一定の時間保持した後、油中で急冷し焼入れする。高温に保持している間に、前処理の球状化焼なましにより析出させておいたセメンタイト (Fe_3C : 以後、炭化物と呼ぶ) がマトリクスの中に溶け込み、炭素を固溶した状態のオーステナイトが急冷されるためにマルテンサイト変態を起し、高い硬さを発現するようになる。

熱処理炉では、投入した熱量に対して部材の加熱に使われる割合が3割程度であり¹⁾、有効に使われずに捨てられる熱量が多い。このため熱処理コスト削減および環境負荷低減の観点から、より熱効率が高い焼入れ方法が求められている。

そこで、熱処理炉による加熱の代わりに高周波誘導加熱 (以後、IHと略す) の利用が考えられている。IHでは被加熱品の内部に直接的に誘導電流を発生させ、それによる自己発熱で加熱するため、高温雰囲気中で加熱する場合に比べて加熱効率が高いことが特長である。

ただし、IHでは単品処理が基本であり、熱処理炉による加熱と比較して生産性が低い。そのため加熱温度を高くすることで軸受1個あたりの処理時間を短くする。炭化物がオーステナイトへ溶け込む速度は高温ほど速いために加熱の保持時間を短縮できる。しかし、SUJ2材に対して、通常の熱処理よりも高温で加熱して焼入れた場合の金属組織や機械的特性への影響を紹介した事例は少ない^{2)~4)}。

本報では、各種のIH条件で作製したSUJ2試験片の金属組織や機械的特性を調査し、熱処理炉による通常の条件での加熱品 (以後、炉加熱品と呼ぶ) と比較した事例を紹介する。

◇ IH条件の導出

SUJ2材の熱処理では、高温保持中に球状炭化物をマトリクス中に適量だけ溶け込ませ、一部は熱処理後も残留させる。これは、転動疲労寿命に対して、マトリクス中の固溶炭素濃度に最適値があるため⁵⁾ とされているからである。球状炭化物の溶け込みが過剰であれば、炭化物が消失しピン止め効果が得られず、結晶粒粗大化による強度低下を招く。逆に、球状炭化物の溶け込みが不足すれば、マトリクス中の固溶炭素濃度が低いために十分な硬さが得られない。したがって、IHを用いる場合においても球状炭化物を適量だけ溶け込ませる条件設定が必要である。

熱処理後に残留する球状炭化物の量 (以後、残留炭化物量と略す) を変えた材料の特性を評価するにあたっては、任意の温度、保持時間での残留炭化物量を推定する必要がある。そこで、残留炭化物量について、均熱温度と保持時間の関係を以下の実験にて調査した上で予測式を作成した。均熱温度は900、950、1000℃の3通りとし、リング状の試験片の外径面に溶接した熱電対で試験片 ($\phi 60 \times \phi 54 \times 15$) の温度を測定しながらIHにより加熱し、約10sで均熱温度まで昇温した後に、所定の時間だけ均熱保持し、その後、油中で焼入れた。

図1に均熱温度ごとの保持時間と残留炭化物量の関係を示す。同じ均熱温度では保持時間が長いほど溶け込みが進み、残留炭化物量は少なくなる。また、均熱温度が高いほど溶け込み速度が著しく速くなることがわかる。

次にKolmogorov-Johnson-Mehl-Avramiの式⁶⁾を用いて、任意の温度で任意の時間だけ保持した場合の残留炭化物量の予測式を作成する。

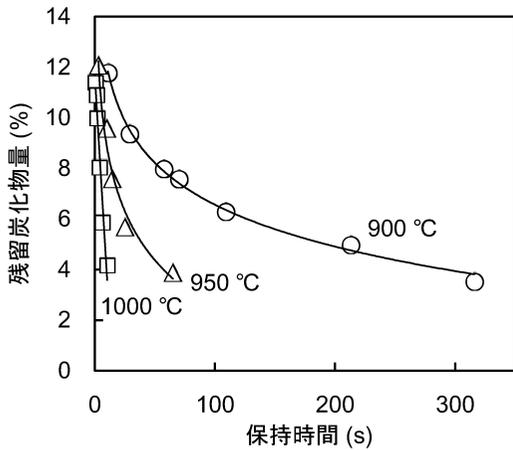


図 1 保持時間と残留炭化物量の関係²⁾

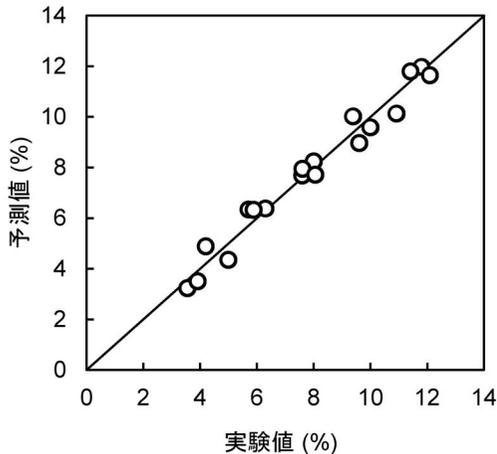


図 2 残留炭化物量の実測値と予測値の関係²⁾

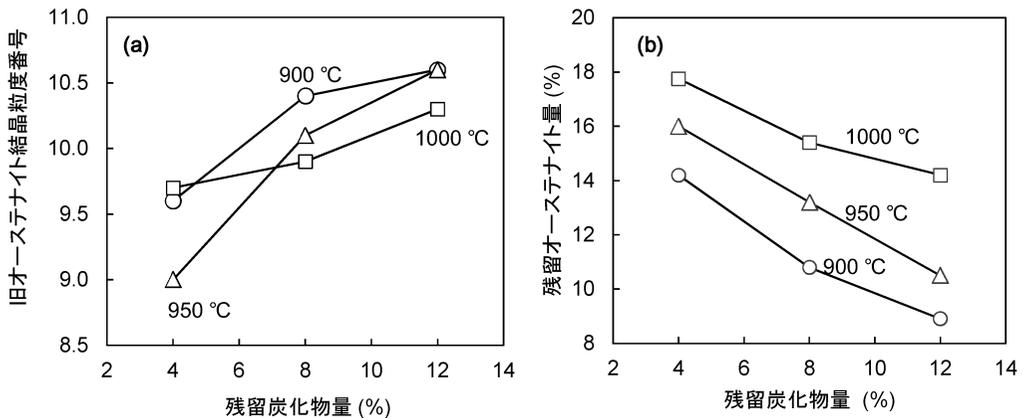


図 3 均熱温度ごとの残留炭化物量と金属組織の関係²⁾
(a) 結晶粒度、(b) 残留オーステナイト量

$$f = 1 - \exp(-Kt^n) \quad (2.1)$$

$K(\text{s}^{-n})$ は速度定数、 $t(\text{s})$ は保持時間、 n は定数である。 f は球状炭化物の溶け込み度合いを表す。ここで、 K に対して Arrhenius 型の温度依存性⁶⁾ を仮定した。

$$K = A \exp\left(\frac{-Q}{RT}\right) \quad (2.2)$$

R は気体定数、 $T(\text{K})$ は均熱温度である。図 1 の実験結果を用いて最小二乗法により定数、 n 、 A 、 Q を決定した。図 2 に予測式により求めた残留炭化物量と実測値の関係を示す。傾きが 1 の直線上にプロットが乗っており予測式の精度が高いことがわかる。

◇ IH で作製した試験片の金属組織

均熱温度を 900、950、1000 °C の 3 通りとし、それぞれの均熱温度にて残留炭化物量が 4、8、12% の 3 通りになるように保持時間を調整して焼入れた合計 9 通りの試験片について、旧オーステナイト結晶粒度、残留オーステナイト量を調査した。なお、保持時間は (2.1) 式より算出した。図 3 に均熱温度ごとの残留炭化物量と旧オーステナイト結晶粒度番号、残留オーステナイト量の関係を示す。残留炭化物量が少ないほど旧オーステナイト結晶粒度は大きくなる (旧オーステナイト結晶粒度番号は小さくなる) 傾向が認められるが、均熱温度に対する傾向は認められない。一方、残留オーステナイト量は均熱温度が高いほど多くなる傾向が認められる。

◇ IHで作製した試験片の諸特性

同一の残留炭化物量であっても均熱温度が異なると残留オーステナイト量が異なることがわかった。このことから残留炭化物量に加えて、均熱温度も諸特性に影響を与えると予想される。前節と同様の9通りのIH条件で焼入れ後、①180℃×2h、②240℃×43s、③310℃×37sの3通りの焼もどしをした試験片の寸法安定性、静的負荷容量、ねじり疲労強度を評価し、炉加熱品と比較した。なお、焼もどし条件の①は炉加熱品の焼もどしと同様の大気炉による通常の焼もどし条件であり、②③はIHによる焼もどしである。

1. 試験方法

寸法安定性

軸受を長期にわたり使用すると、金属組織の経時変化による寸法変化が起こる。特に、内輪の膨張は使用中にクリープ損傷や焼付きを引き起こす原因となるため、寸法変化を適正な範囲内に抑える必要がある。各種のIH条件で作製した試験片(φ60×φ54×15)を大気中において230℃で2h保持し、試験前後での外径寸法の変化率を評価した。

静的負荷容量

静止状態の軸受に過大な荷重が負荷されると軌道面に圧痕が生じるために、回転精度の悪化や異音の発生が起こる。各種のIH条件で作製した試験片から板状に切り出した試料に対して、窒化ケイ素セラミック球(3/8インチ)を一定荷重で押し付

け、形成される圧痕深さを評価した。

ねじり疲労強度

清浄油潤滑かつ適正な荷重条件で使用される転がり軸受は、内部起点型はく離がほとんど発生しないため、ころがり疲労強度の評価には長時間を要する。内部起点型はく離の初期き裂は、表面層に作用する交番せん断応力により発生するとされているため、ねじり疲労強度を評価することで、ころがり疲労強度はおおよそ評価可能である。そこで、20kHzでせん断応力を負荷できる超音波ねじり疲労試験機⁷⁾を用いてねじり疲労強度を評価した。

2. 試験結果

表1に試験結果を示す。炉加熱品と比較して性能が同等以上であるIH条件には「○」、炉加熱品より劣るIH条件には「×」、試験を実施していないIH条件には「-」を記した。評価したすべての機械的特性について炉加熱品と同等以上と判定されるのは、均熱温度が900℃で残留炭化物量が8%の場合、および均熱温度が950℃で残留炭化物量が8、12%の場合の、3通りの場合に対して、180℃で2hもしくは240℃で43sのいずれかで焼もどした条件である。

むすび

SUJ2材の全体焼入れ時の加熱効率向上のためにIHを用いる場合において、均熱温度と保持時間の関係により焼入れ後に残留する炭化物量を予測し、

表 1 各種IH条件で熱処理した試験片の諸特性の評価結果³⁾

均熱温度 (℃)	焼もどし 温度 (℃)	寸法安定性			静的負荷容量			ねじり疲労強度		
		残留炭化物量								
		4%	8%	12%	4%	8%	12%	4%	8%	12%
900	180	×	○	○	○	○	×	○	○	○
	240	×	○	○	○	○	×	-	○	-
	310	○	○	○	×	×	×	-	-	-
950	180	×	○	○	○	○	○	-	○	○
	240	×	○	○	○	○	○	-	○	○
	310	×	○	○	×	×	×	○	×	-
1000	180	×	×	×	×	×	○	-	-	-
	240	×	×	×	×	×	×	-	-	-
	310	×	○	○	○	×	×	-	-	-

○：炉加熱品と同等以上、×：炉加熱品より劣る

IHで作製した試験片の金属組織と諸特性を評価した。適切なIH条件を設定することで炉加熱品と同等以上の特性を示すことがわかった。

炉加熱品と同等以上の特性を得られるように誘導加熱するためには、コイル形状および加熱パターンの精密な調整が必要である。基本的にコイルは一品一様となるため、コイル形状の設計には膨大なコストと時間が必要となる。今後は高精度なシミュレーション技術を活用して効率化を図ることが、IH利用を推進する上で重要になる。

参考文献

- 1) 原泰三：熱処理炉の設計と実際 改訂版、新日本鑄鍛造出版会、大阪、(2005)、68
- 2) H. Yuki, M. Sato and C. Ohki: *Tetsu-to-Hagané*, 103 (2017)、194
- 3) H. Yuki and M. Sato: *NTN Tech. Rev.*, 83 (2015)、75
- 4) T. Fujita and N. Suzuki: *NTN Tech. Rev.*, 80 (2012)、23
- 5) K. Monma, R. Maruta, T. Yamamoto and Y. Wakikado: *J. Jpn. Inst. Met.*, 32 (1968)、1193
- 6) J. Burke: *The Kinetics of Phase Transformations in Metals*, Pergamon Press, New York, (1965)、46
- 7) Y. Matsubara, N. Sakanaka and H. Morimoto: *Tribologist*, 58 (2013)、325



3. 研削（研磨）

(株)ジェイテクト 生産技術本部 あん どう よし ひさ
 軸受生産技術部 **安藤吉久**

まえがき

軸受製造工程では概要的に鍛造・旋削・熱処理・研削、組立検査・防錆／包装と流れるが、ここでは軸受の研削工程について述べる。

一般的に知られている軸受の研削工程は外輪研削、内輪研削に区分される。

◇ 工程簡略の取組み

まえがきで述べたように軸受研磨は外輪研削、内輪研削と分けられ、少し詳細を述べると外輪研削では①幅研削→②外径研削→③軌道研削→④軌道超仕上げで工程順が進み、内輪研削では①幅研削→②外径研削→③軌道研削→④内径研削→⑤軌道超仕上げと進む。

下図にシングルボールベアリングの研削工程図を示す。

サイクルタイム、品種、生産ロットで異なる部分はあるが、①幅研削②外径研削はサイクルタイムの差異により区分され、集中工程（以降は1区エリアと呼ぶ）となっている。

それ以降の軌道研削→超仕上げの加工エリア（以降は2区エリアと呼ぶ）は別の加工エリアになっている。

1区エリアと2区エリアでは加工方式が異なるためにサイクルタイムが大きく異なる。1区エリアではスルーフィード研削と呼ばれる加工を行っており、この加工方法は加工物を砥石と砥石の間に通すことで寸法・精度を得ており、サイクルタイムが早いのが特徴である。しかしながら、この加工を行うためにはある程度の加工ロットが必要とされる事、ストアと呼ばれる幅／外径完了品置き場（1区完了品ストア）が必要となる事、そして、作業者の熟練度の必要性がある。そのため弊社ではこのような加工物を通過させるスルーフィード研削から直線的に砥石を動作させる加工方法であるインフィード研削と呼ばれる加工方法へのシフトを進めてきた。

機械自体を小型化させ1区エリアの工程を2区エリアに取り込み、同期化させる取組みを行っている。最近では生産の海外シフトが進み、自動車用ホイールの軸受ラインでは生産ラインが段階的に設置されるために積極的にこのような工程を採用している。

◇ 高精度化の取組み

ボールベアリングの製造工程では軌道SF完了後、ランダムマッチングと呼ばれる設備で選択勘

工程名	幅研磨	外径研磨	軌道研磨	脱磁	軌道超仕上げ			
外輪								
設備名	幅研磨機	外径研磨機	軌道研磨機	脱磁機	軌道超仕上げ機			
工程名	幅研磨	外径研磨	軌道研磨	脱磁	内径研磨	脱磁	内径測定	軌道超仕上げ
内輪								
設備名	幅研磨機	外径研磨機	軌道研磨機	脱磁機	内径研磨機	脱磁機	A/G	軌道超仕上げ機

合を行う。内輪、外輪の軌道径を計測して適正な内部すきまを得るために多水準のボールから最適なボールを選択し組み込む。

過去よりボール水準を減らす取り組みはあったが、2002年頃よりPPI (Products Process innovation) 活動が発足し、「寸法のバラツキを容認しない」・「ランダムマッチングを容認しない」選択勘合廃止の活動がスタートした。

これまで軸受では選択勘合は当たり前のDNAであったので、選択勘合廃止は筆者自身も正直取組み当初には面食らったことを鮮明に覚えている。精度、寸法ともにバラツキが許されない為に徹底的に精度を抑え、機械・加工制御砥石・研削液・種々の温度に至るまで従来の考え方や工程の中身まで工夫して取り組んだ。時間はかかったが現在は実用に至るようになった。

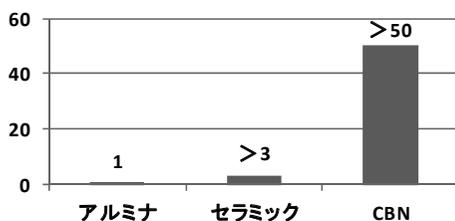
この取組みは軸受のみでなく他製品の工程にも脈々と受け継がれ、今ではこの考え方が弊社のDNAになっていると言っても過言ではない。

◇ 高効率に向けての取組み

弊社で使用される軸受研削砥石について述べるとアルミナ系 セラミック系 CBN (Cubic Boron Nitride) 系ダイヤモンド系等に分けられる。一般軸受では主にアルミナ系砥石を多く使っているが、砥石による研削の高速化を行うにはセラミック系、CBN系が多く採用されている。弊社での内面研削での各砥石の加工能力をアルミナ系砥石を1として比較した場合、大体下図のようになっている。

セラミック系はアルミナ系と同じ砥石修正ができるので切り替えが容易に行えるために切り替えが進んでいる。高能率を要求される工程ではアルミナ系からセラミック系に切り替えたことで大幅な加工時間の短縮が出来た事例が多くある。

加工能力



CBN系は能力的には有利であるが、CBN対応用の砥石修正装置等の改造が必要な場合が多く、前工程の取りしりがばらつくとも砥石寿命が大きく変わる。また、前工程の精度も見極める必要があるために弊社では20%前後の採用で推移している。

しかしながら、近年は顧客の軸受の高寿命化要求のために特殊鋼、特殊熱処理鋼の採用も増える傾向にあり、これら難削材はアルミナ系やセラミック系では対応が困難である為にCBN系の採用は今後増えると予想される。

次に研削盤における効率化の課題は非運転時間の短縮になる。代表的な事例が研削盤の段取り時間である。弊社では後補充生産が採用されている事から一定の完成品ストックしか持たないためにお客様の引きに応じて頻繁に段取りが発生する。段取り作業には機械を停止させなくても出来る「外段取り」と呼ばれている作業と機械を停止させないと出来ない「内段取り」に分類される作業がある。いかに「内段取り」を「外段取り」に取り組みかが重要であるし、残された「内段取り」をいかに早くやるかが極めて重要である。このため、治具のワンタッチ脱着、治具点数の削減、工具レス化を進め、今ではシングル段取りと呼ばれる「内段取り」<10分未満を標準段取り時間として取り組んでいる。

次に最近の動向で言えばIoT (Internet of Things) の導入も試験的に実施されてきている。弊社では全てを繋ぐと言う意味を込めIoE (Internet of Everything) と呼ばれており各設備に弊社メカトロ事業部が開発されたJTEKT-LINKと呼ばれるモジュールを装着し、モニタリングを行う。これらによって異常内容がデータ集積され、「ライン状態の見える化」が可能となり、解析、対策が即打てるようになってくる。同時に予知保全の取組みも実施してきており設備に内蔵された各種センサー等で初期異常を事前に検知するので壊れる前に直す事が可能となってくる。まだ社内でも実施検証中であるが、これらの取組みがさらに本格化すれば、更なるライン高効率化が期待できる。

◇ 環境に向けての取組み

ここ数年大きく変化していないが、軸受では研削スラッジ 廃却砥石処理、硫黄処理砥石の問題が

ある。弊社のみならず軸受け各社も共通の課題と思うが、以前は研削スラッジは固形化し有価物として売却することができたが、最近では鉄鋼材の価格低下に伴って扱いに手間がかかる研磨ブリケット状態へ固形化しても産業廃棄物となってしまう傾向が出てきている。このため、研削取り代の最少化を更に限界まで行い発生する研磨スラッジの絶対量を下げる改善活動を地道に取り組んでいる。また、廃却砥石も取り代削減に連動して、ドレスインターバルの延長、セラミック砥石、CBN砥石の採用で砥石の高寿命化により廃却する砥石を少なくすることで研磨工程から出てくる廃棄砥石の削減に取り組んでいる。

もうひとつの環境課題は硫黄処理砥石である。硫黄の役割はビトリファイド砥石の気孔に硫黄を充填し、研削時の熱によって溶融し潤滑作用を行う事と目づまり防止のために多く使われている。硫黄は研削面では良い効果があるが、環境負荷物質であるため新規の一般研削砥石については硫黄処理された研削砥石は採用せず、セラミック系等に移行している。しかしながら、超仕上げに使用されるホーニング系砥石についてはなかなか切り

替えが進んでいない。CBN系砥石へ移行するためには製品精度の更なる向上や砥石原単位に合う長寿命の砥石の開発など多くの課題があるためである。省エネについては空圧／油圧を動力源としている場合が多い。作動させる各動力ユニットも省エネ改善を進めてきた。最近では動作アクチュエーターも電動化されつつある為、今後はエアレスおよび油圧レス化された研削盤検討が増える傾向にあると言える。しかしながら高速スピンドル潤滑に使用されるエアレスについては課題が残されており今後の取組課題と言える。

むすび

以上、現在の弊社に於ける研削加工技術についての最新状況を述べてきた。新興国の台頭等、軸受における競争は激化の一途をたどっているため、研削加工においても競争力のある技術が求められている。このため、従来のやり方にとどまるのではなく、さらに高能率・高精度の研削加工技術をより一層追求していく必要がある。

顧客の要求も多様化してきているので、常に変化に対応した研削技術の開発が求められている。

4. 鋼 球

株式会社鋼球製作所(AKS) 技術開発部 部長 おおさきひろし 大崎 浩志

株式会社鋼球製作所(AKS) 技術開発部 課長 おおもりしげる 大森 茂

まえがき

近年、転がり軸受は家電・自動車から飛行機、人工衛星、風力発電に至るまで、生活のあらゆるところで幅広く利用されている。これらの転がり軸受には小さな接触面積で長期間に渡って大きな荷重を支えながら、精度良く静かに回転することが求められており、近年の機械部品の小型化、高速回転化、高出力化に伴い、転がり軸受の使用環境も益々過酷さを増している。

転がり疲労寿命によって生じるはく離の形態は、一般的に内部起点型はく離と表面起点型はく離に大別される。内部起点型はく離は、鋼材の清浄度に大きく影響され、鋼球表面下に存在する非金属介在物周辺に応力集中が繰り返し負荷されることによって亀裂発生および亀裂伝播により生じる。軸受鋼の製鋼技術は、1950年代から真空脱ガス処理法や連続鋳造法の実用化といった技術の発展とともに、大気溶解材が主流であった1950年代以前の材料と比較して軸受鋼の非金属介在物は著しく改善され、それに追隨して転がり軸受の寿命向上をもたらした¹⁾。一方で表面起点型はく離は、例えばトランスミッション用軸受などのように潤滑油中に異物が混入する環境下において、転動面表面に異物などが噛み込んで生じた圧痕を起点に亀裂発生および亀裂伝播により生じるもので、異物

混入や油膜が完全に形成されていない場合など材料因子よりも環境因子の影響が大きい。本解説では、鋼球のはく離寿命に関して近年の技術動向を紹介する。

◇ 軸受用鋼球の製造工程

鋼球の製造工程は、各製鋼メーカから購入したコイル状の線材を所定の長さに切断し、球状に冷間鍛造する工程から始まり、図1に示す工程を経由する。

①球体成形

鋼球1個を作るために必要な長さに線材を切断し、半球状の金型を用いて冷間鍛造し球体に成型する。成型された球体にはバリと呼ばれる余肉部が生じる。

②フラッシング

2枚の溝付き鋳物盤に所定の球体成型球を流し込み、圧力を加えながら鋳物盤を回転させることで球体成型球のバリを除去する。

③熱処理

焼入れおよび焼戻しを行って、鋼球に適切な強度と韌性を与える。

④グライディング

2枚の溝付き研磨盤に所定の鋼球を流し込み、圧力を加えながら研磨盤を回転させることで熱処理の際に形成された酸化被膜を除去するとともに

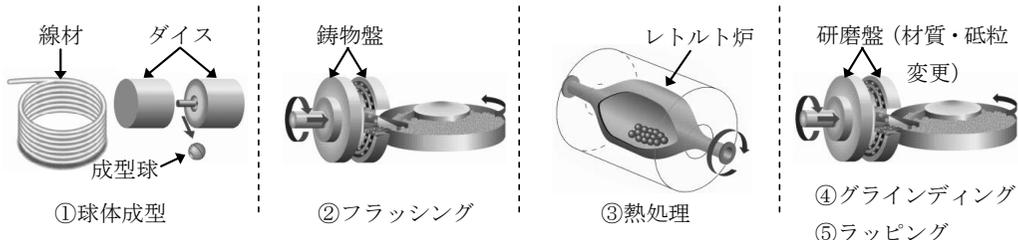


図 1 鋼球の製造工程

鋼球の精度を向上させる。

⑤ ラッピング

前工程のグライディング工程と同様に2枚の溝付き研磨盤に所定の鋼球を流し込み、圧力を加えながら研磨盤を回転させて鋼球の精度を向上させる。ラッピングでは、使用する砥石や研磨油、および加工条件によって、鋼球の出来栄が大きく左右される。鋼球の高精度化には、このラッピング条件の最適化が必要不可欠である。

上記工程を経て製造された鋼球は外観検査工程にて極微小な表面キズを検出・除去された後、出荷される。この工程も鋼球の品質保証の観点から欠かすことが出来ない重要な工程となっている。

◇ 内部起点型はく離に対する技術

前述の通り、転がり軸受の転がり疲れ寿命に影響を及ぼす要因として、材料の清浄度が挙げられるが、製鋼技術の発展に伴い、鋼中に含まれる非金属介在物を起点とした内部起点型はく離に対しては改善が進んでいる。この結果として、非金属介在物を起因とした内部起点型はく離は減少し、転がり疲れ寿命は向上しているものの、皆無というわけではない。

転がり軸受では、回転時の接触荷重により鋼球内部に発生するせん断応力が鋼球の極表層の位置で最大値となる。その位置に非金属介在物などの不純物が存在すると、その周りの応力集中により微小亀裂が発生し、最終的にはく離に至る。そのため、鋼球表面下の非金属介在物を検出すること

が、軸受の長寿命化対策として重要なポイントとなる。上記外観検査工程では、鋼球表面の微小キズを検出することは可能だが、表面下に存在する非金属介在物を検出することは不可能で、これらの対策としてAKSでは超音波探傷法による非破壊検査システムを開発した²⁾。

超音波探傷法として一般に垂直探傷法、斜角探傷法、表面波探傷法が知られているが、今回の試験では表面波探傷法を用いた。表面波探傷法では、超音波は表面から約1波長分の深さの範囲を集中して伝播するため、鋼球表面および極表層部の探傷が可能である。一方で、垂直探傷法、斜角探傷法では、鋼球の表面または極表層部が検査不能領域となるため、鋼球の探傷方法には適していない。

例えば、清浄度が悪いとされる安価な軸受鋼から製作したいくつかの鋼球を用いて、AKSが開発した超音波探傷法を適用すると、一部の鋼球には図2に示すような欠陥と思われるエコーが観察され、欠陥エコーが確認された位置において、電解研磨を用いて球表面を溶解しながら研磨を行った結果、鋼球表面から深さ約30 μm の位置に図2に示すような約30 μm のアルミナを主体とした非金属介在物が確認された。同様の手法で、エコーが確認された鋼球を観察したところ、鋼球表面から深さ5~60 μm において約30 μm 以上のアルミナを主体とする非金属介在物が多数確認された。一方で、エコーが確認されなかった鋼球についても同様の手法で鋼球表面から深さ300 μm 位置まで確認したが、非金属介在物などの欠陥は確認されなかった。

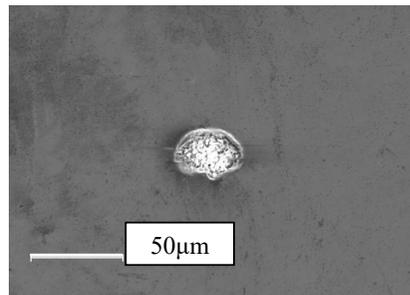
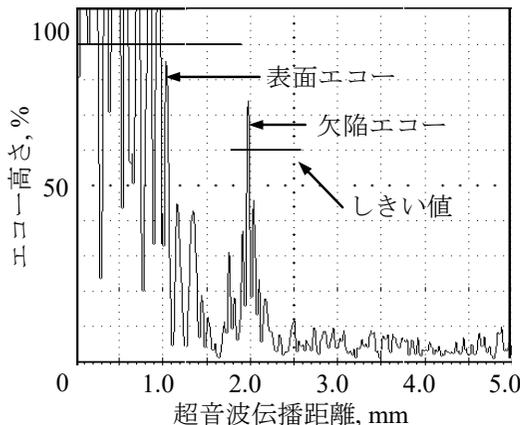


図 2 超音波探傷によるエコー波形と鋼球内部の非金属介在物の例

以上の結果より、本システムを使用することで、鋼球表面から深さ約300 μm の位置までに存在する約30 μm の大きさの非金属介在物を検出することが可能であると判断できる。また、上記欠陥エコーが観察された鋼球を用いて耐久試験を実施した結果、エコーが確認されなかった鋼球と比較して、著しく短寿命であった。はく離起点には超音波探傷によって検出されたと思われる非金属介在物の存在も確認済みである。

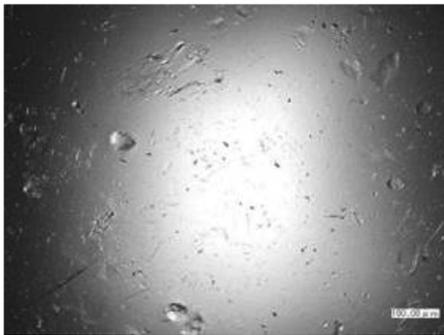
以上の結果から、今回開発した超音波探傷法を用いることで、鋼球表面下から深さ300 μm の位置までに存在する大きさ30 μm 以上の非金属介在物を検出することが可能になり、鋼球の長寿命化対策として期待される。

◇ 表面起点型はく離に対する技術

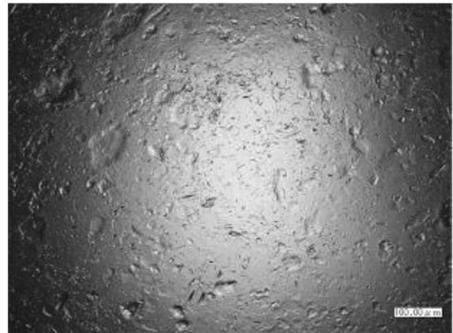
一方の表面起点型はく離の対策として、はく離の原因となるような異物や水の浸入を防ぐ密封性の高い軸受の開発が進んでいる³⁾。異物の混入が不可避なトランスミッション用軸受などにおいて

は、表面に浸炭窒化処理を施した鋼球が採用されてきている⁴⁾。これは鋼球表層の残留オーステナイト量を制御することで、異物によって形成される圧痕周辺からの亀裂の発生を抑制する効果を期待したものである。ただし、一般的に浸炭窒化処理は熱処理コストが若干高くなるため、通常のずぶ焼処理にて鋼球の表面硬さを上げ、異物環境下の耐久性を向上させる技術の開発も進んでいる⁵⁾。

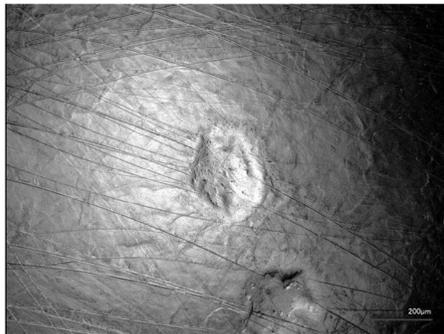
図3に表面硬さの異なる2種類の鋼球を用いて、異物環境下で所定の時間・荷重・回転数で試験を行った後の鋼球表面の写真を示す。いずれの鋼球もずぶ焼処理されたものである。試験で使用した異物の量は同じであるにも関わらず、圧痕量は表面が硬い鋼球の方が少ないという傾向が見られる。また、異物によって形成された鋼球表面の圧痕の深さは表面が硬い鋼球の方が浅い傾向に見え、圧痕周辺の縁の盛り上がりも同様に鋼球表面が硬い方が低い。このように鋼球表面を硬くすることで圧痕が付き難くなり、且つ圧痕周辺の縁の盛り上がりが低くなることで圧痕周辺での応力集中が緩



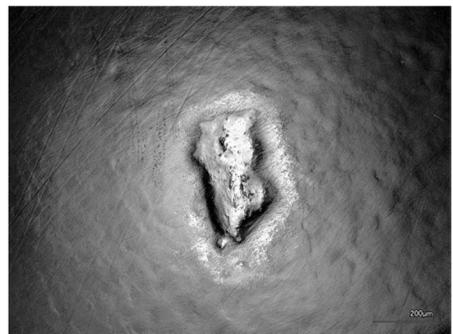
3-1 鋼球表面(高硬度)



3-3 鋼球表面(比較品)



3-2 鋼球表面の圧痕(高硬度)



3-4 鋼球表面の圧痕(比較品)

図 3 異物試験後の鋼球表面

和されることから、鋼球に対する表面起点型のはく離寿命改善には有効である。

表面起点型はく離に対する技術は、浸炭窒化処理による表面の残留オーステナイト量増加、そして前述の鋼球表面の高硬度化だけではなく、鋼球表面の圧縮残留応力を大きくすることで亀裂の伝播を妨ぐ手法も提案され始めている⁶⁾。

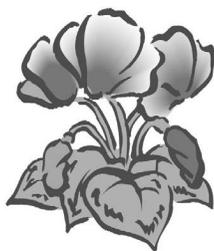
むすび

近年、軸受の高機能化に伴い、多様な使われ方に耐え得るべく使用環境に応じた鋼球のニーズが益々大きくなっている。転がり疲労寿命の改善について言えば、内部起点型はく離に関しては、鋼中の非金属介在物の影響が大きく、更なる清浄度対策を製鋼メーカーに要求するとともに、上述したような新しい検査技術の開発などによる鋼球製造

側での改善も必要となってくる。また、表面起点型はく離に関しては、異物環境に適した熱処理技術を開発するなど付加価値を付け加えていくことでユーザーニーズに対応していきたい。

参考文献

- 1) 中島碩一：NTN TECHNICAL REVIEW No. 76 (2008) 11
- 2) 長塩正紀、英崇夫：鋼球内部欠陥の評価方法の開発、トライボロジスト、55、5 (2010) 341
- 3) 日本精工株式会社：ファンクラッチ用「高密度シール付き玉軸受」を開発、<http://www.nsk.com/jp/company/news/2015/press1124a.html>
- 4) 星野輝男：KOYO Engineering Journal No. 159 (2001) 110
- 5) 土井健司、折橋英行、松島義武、安木真一、福崎良雄、中島慎一：KOBEL STEEL ENGINEERING REPORT Vol. 50 (2000) 52
- 6) 定森友也、高橋宏治、古池仁暢：日本機械学会論文集 Vol. 83 (2017) No. 851



IV. 流通から見た軸受用鋼

三井物産スチール(株) 松尾 武
 線材・軸受部門 軸受国際第一部

まえがき

軸受は機械のあらゆる回転部分に使われ、摩擦の軽減の為に無くてはならない精密重要部品であり、我々の日々の生活、そして将来のより豊かな生活の為に不可欠である。また、軸受そのもの、構成部品（内外輪、転動体、保持器等）、主要材料（軸受鋼を中心とした特殊鋼）、全てが長年にわたる職人技の結集であり、我々流通はこのサプライチェーンを如何に効率的に繋ぎそして切らさないかに日々心血を注ぐ。リーマンショック以降一部地域を除いて好調に伸長する世界自動車生産を背景に、それを下支えする軸受業界も堅調に推移しているが、日頃から軸受サプライチェーンに深く携わる立場から最近の「軸受鋼の需給動向」、「軸受メーカーの動向（現調化動向含め）」、「流通の機能」について述べることにする。

◇ 軸受鋼の需給動向

1. 日本の軸受鋼生産

「鉄鋼新聞社」調査（図1）によると、2015年度（2015年4月～2016年3月）における軸受鋼生産

（棒鋼・線材・鋼管・板類）は96.3万トンとなり、前年度比6.5%減少し100万トンを割り込んだ。国内の軸受鋼生産はリーマンショックが影響した2009年度（68.7万トン）以降、2012年度（88.4万トン）を除いて100万トン前後で推移しており、世界自動車生産の堅調ぶりを見ると2016年度も100万トンを上回ると見られる。

2015年度における軸受鋼生産シェアは、特殊鋼専門の山陽特殊製鋼が37.6%でトップを維持、神戸製鋼所が18.0%で2位、大同特殊鋼が17.8%で3位、そして新日鉄住金が13.1%で4位に続く。過去数年を振り返ってもシェア構造に大きな変化はなく、山陽特殊製鋼が常に4割弱のシェアでトップを堅持、神戸製鋼所／大同特殊鋼が16～18%で2位を争う形が継続している。

2. 海外の軸受鋼生産（日系軸受鋼メーカーによる海外進出動向）

現在、世界では年間600万トン程度の軸受鋼が生産されていると見られ（当社推測）、特に中国での生産量の伸長及び世界でのシェア拡大は目を見張るものが有る。中国では江陰興澄、東北特殊鋼、南京鋼鉄といった特殊鋼ミルを中心に世界生産の

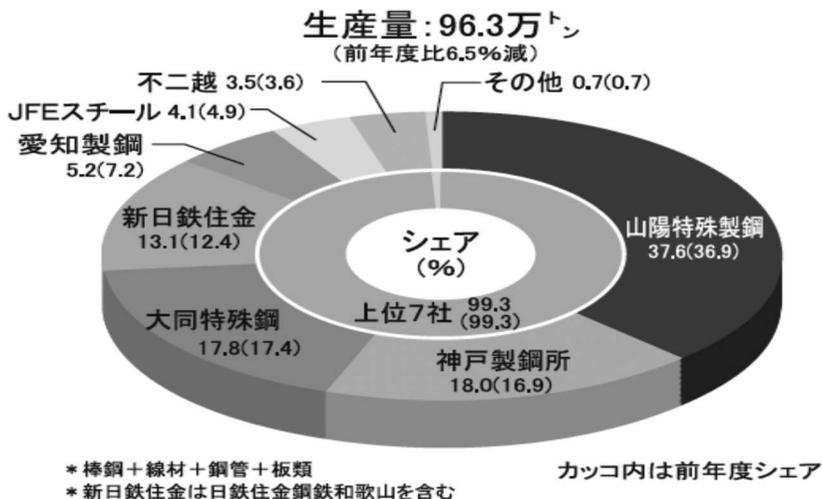


図 1 2015年度軸受鋼生産シェア（資料：鉄鋼新聞社）

半分に当たる年間300万トンもの軸受鋼が生産されているとみられ、これは日本の生産量の3倍に相当する。また、日本からの技術を導入した江陰興澄はその後品質レベルの向上と共に数量を伸ばしており、日本全体の生産量に匹敵する年間100万トン程度を生産していると推測される。

また、今後注目されるのは山陽特殊製鋼が2012年に三井物産と共に出資参画し現地パートナーMahindra & Mahindraと共に舵取りするMahindra Sanyo Special Steel (MSSSPL) だろう。これまで日系軸受鋼メーカーは二次加工事業（伸線、鍛造他）の海外展開こそ進めてきたが、製鋼レベルからの一貫製造の海外進出はなかった。MSSSPLは日系軸受鋼メーカーとして初めて海外にて本格的軸受鋼生産を開始、今後の同社動向と共に他軸受鋼メーカーの海外進出動向に注目したい。しかし、既に100万トンもの生産能力を日本国内に確立している日系軸受鋼メーカー各社が、海外で更なる軸受鋼一貫生産に乗り出す可能性は短期的には低いと考える。

中国、インドの軸受鋼は今後数量の拡大と共に品質の改善が見込まれ、自国内の軸受メーカーへの供給に加え他地域への輸出をより一層拡大していくだろう。一方で、日系軸受鋼メーカーは今後とも清浄度の高いもの（低酸素値）、そして線材、鋼管といった日本が優位性を持つ製品を中心に輸出を継続するだろう。

◇ 軸受メーカーの動向

1. 世界軸受市場の状況

当社調査によると2015年の世界軸受市場は4.3兆

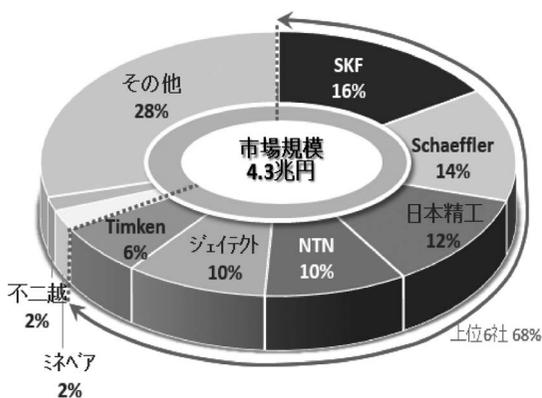


図 2 2015年世界の軸受市場 (三井物産推定)

円程度と推定している (図2)。トップはスウェーデンに本社を置くSKF (エスケーエフ)、その後にドイツのSchaeffler (シェフラー)、そして日系の日本精工、NTN、ジェイテクト、アメリカのTimken (ティムケン) と続く。これら6社はビッグシックスと呼ばれ、全世界シェアの68%を占める。当社が前回調査した2008年においてビッグシックスは73%を掌握していたものの (図3)、昨今、瓦房店軸承集団、洛陽LYC軸承といった中国軸受メーカーが製造数量を伸ばしており、「その他」部分が大きく拡大 (22%→28%)、ビッグシックス各社は日本精工を除いて僅かだがシェアを落としている。また、2009年のジェイテクトによるTimken ニードル軸受部門の買収により、ジェイテクトはシェアアップしNTNに肉薄、逆にTimkenはシェアダウンとなった。

今後も世界の人口増加、そしてあらゆるものの進化・発展に合わせて、軸受の需要は順調に拡大を続け市場規模は5兆円を超えてくるだろう。特に、軸受の一大消費産業である自動車産業においては、自動車生産台数の緩やかな伸長と共に、あらゆる自動車部品の電装化や電気自動車 (EV (Electric Vehicle)、HV (Hybrid Vehicle) やPHV (Plug-in Hybrid Vehicle) を総称) の増加といった市場の構造的変化により軸受の高付加価値化 (小型/薄肉化) が進んでおり、この傾向も世界軸受市場規模の拡大を牽引していく。

2. 日系軸受メーカーの海外展開

日系軸受メーカーは1960年代には海外に販売会社を設置、1970年代より海外での生産を開始、

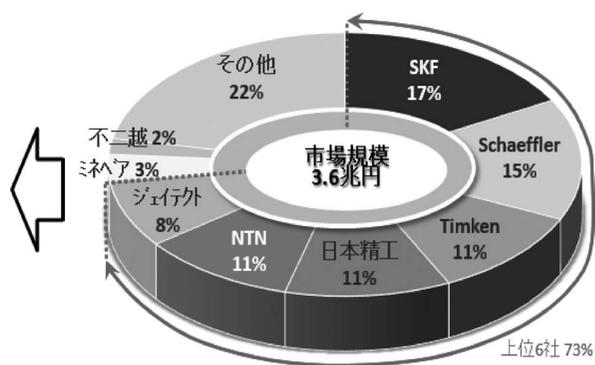


図 3 2008年世界の軸受市場 (三井物産推定)

1980年以降の日系自動車メーカーの海外生産と共に海外での軸受生産を加速していった。また、2000年に入ってからは日系各軸受メーカーの海外売上が日本での売上に拮抗し始め、昨今では日本での売上が全社の30%程度に留まるケースも見られる。今後、日本は少子高齢化が進む為に内需の大幅な拡大は期待できず、日系企業が世の中に提供するモノそしてサービスの最終需要地が海外へ移る中、日本で長年にわたって蓄積された技術は今後も世界の人々の生活を支え続ける。日系軸受けメーカーは引続き最新鋭の生産技術を統括するマザープラントを日本国内に置きながら世界ではより消費地に近いところで軸受生産は拡大していくだろう。

尚、日系軸受メーカーの材料現調化比率は、各地域の軸受鋼の品質（特に安定的に良品を供給できるか）、そして各軸受メーカーの哲学・思想によるところが大きい。あくまで数量ベースとなるがインドの軸受メーカーの多くは軸受鋼調達の80%～90%を現調化しており、中には100%現調化を完了しているところも有ると聞く。世の中、地産地消が実現できればベストだが、先述した様に軸受の高付加価値化が進めば進むほど現調化にはハードルとなるだろう。

◇ 流通の機能

軸受／軸受鋼サプライチェーンにおける流通の機能は、1) 長年の技術の結集である日本の軸受鋼を世界に届け続けること、2) 日本の軸受鋼メーカー、軸受メーカー、協力企業の海外進出を

あらゆる側面から支援すること、3) 地産地消の原則に沿って地場の素材を紹介／提案することを通じて軸受メーカー海外拠点の現調化を支援すること、等があげられる。また、この20年余りで携帯電話、インターネット、e-mail、GPS（Global Positioning System、全地球無線即位システム）等が一気に普及したことで、我々流通は上記1)～3)の機能をスピード感を持って果たすことが求められていると感じる。

更には昨今、毎日の様に新聞に取り上げられるAI（Artificial Intelligence、人工知能）、IoT（Internet of Things、モノをインターネットで繋ぐ）を活用し、サプライチェーンの効率化／最適化を狙った新たなサービスを創造していくことも流通の新たな機能であろう。

むすび

2017年米国トランプ政権発足以降、世界の政治／経済は先行き不透明感が漂う。特に日本の軸受鋼の一大消費地である米国では、通商法232条を鉄鋼製品全般に適用し米国鉄鋼産業を保護しようとの動きが有る。また、この保護主義的な思想は世界の他地域にも伝播しつつ有り、技術優位性のあるモノ・サービスを最終消費者まで届け難い状況が想定される。これによって先人の技術の結晶である日本の軸受鋼が最終需要家に行き渡らなくなるとすれば極めて残念だが、どんな外部環境においても常に流通機能提供を通じて最善を尽くし、日本の軸受業界の益々の発展に微力ながら貢献していきたい。

V. 最近の軸受用鋼の動向

山陽特殊製鋼(株) 平岡和彦
研究・開発センター センター長

◇ 軸受用鋼を取巻く環境変化

本誌では、軸受および軸受用鋼の動向についての特集が定期的に組まれており、前回は2009年9月号において筆者により軸受用鋼の動向が報告されている¹⁾。当時、世界的な気象変動が顕在化しつつあり、本題の動向は環境負荷軽減に対する寄与を切口として整理されている。具体的には、軸受の小型薄肉化や不可避な潤滑条件の変化を受けた各種過酷環境下における長寿命化技術の開発が望まれており、さらに当時の世界的な不況を背景とした経済性との両立や将来的にみた資源枯渇への考慮が必要であろうことが述べられている。代表例として、軸受の基本的な疲労破壊モードである非金属介在物起点型のはく離に対し、NEDO(当時名称：独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)主導の産学連携プロジェクト(研究期間：2007~11年度)を中心とした活動が紹介されている。対象の現象について、以前には作用する応力状態の複雑さや観察の難しさから詳細なメカニズム解明が困難であり、それに基づく開発や改善が難しいとみられていた。それに対し観察方法の工夫やシミュレーションの活用によりモデル化が試みられた状況が説明されている²⁾。また軸受の疲労に伴う固有の現象として、学術的に深く興味をもたれながら、明確な原因が解らないとされてきた白色組織変化を伴う早期はく離現象に対し、材料の視点からは鉄鋼の強ひずみ加工との間に、結晶粒の超微細化が生じるという本質的な共通性があることを指摘した研究³⁾が紹介されている。これらの研究によって新たな理解が生まれ、材料熱処理面からの対策も具体化され始めたことが述べられている⁴⁾。すなわち2009年当時の軸受用鋼分野は、環境負荷軽減への意識の高まりを機に、将来に向け、キーとなる技術が生み出されてきた時期であったといえる。

さて、直近の軸受用鋼の技術を取巻く環境をみた場合、着眼点や目指すべき方向は前回報告当時と変わっていないように思われる。しかしながら、世界的な気象変動の様相は当時に対し深刻さを増しており、特に軸受が深く関わる自動車産業において、環境負荷軽減に関する技術開発が世界中で加速している。さらに2011年の東日本大震災を機に、日本のみならず世界中でエネルギーに対する消費者のマインドは大きく変化している。エネルギー消費の抑制がブランドとして認められる風潮の下、原動機と変速機を中心とするパワートレインの変革が加速し、将来の技術とみられがちであった電動化は、いくらかの技術課題を残すものの経済性の点からも既にリーズナブルな段階に達しているといえる⁵⁾。また軸受用鋼に関する学術的な分野では、2009年当時に見出されてきた軸受のはく離メカニズムに対する研究がさらに高度化され、実用的な適用が拡大してきている。直近の変化点として特に注目される、電動化を背景とした自動車用軸受用鋼の技術動向ならびに関連する研究動向を中心に以下に説明する。

◇ 自動車用軸受用鋼の技術動向

前述の環境変化を受け、自動車のパワートレインの機構は大きく変化しつつある。また直近の欧米、中国をはじめとする各国首脳の方針表明を受け、現状では主流の原動機である内燃機関に対し、電動化が加速することが明らかとなってきた。電動化に伴い軸受が受ける影響については、図1に概念的に示す内燃機関と電気モーター各々の回転数に対するトルク特性を基に考える必要がある。内燃機関は、もともと狭い範囲の回転数域で有効にトルクを発揮する特徴があり、各種変速機(AT、MT、CVT等)を用いて低速~高速の全域をカバーしている。一方、電気モーターは低速域で高トルクを発揮し、高速域でトルクが減じる特

性を示す。この特徴により、電気モーターで走行を行う場合、一定の固定減速を行う必要はあるものの、変速の必要性は大きく減じるかもしくは無くなる。雑誌等に紹介されるモーター単独走行の場合のしくみは、概念的には図2に示す通り、内燃機関による場合に対し簡素化されたパワートレインとなる。現状のパワートレイン構成ユニット

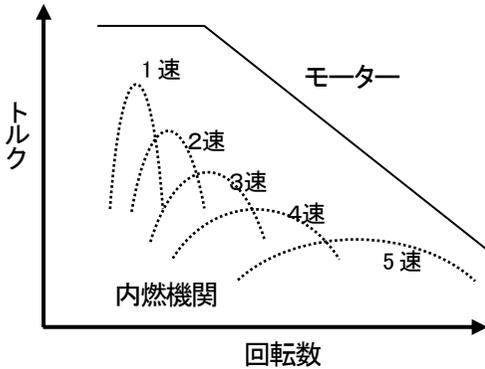


図 1 内燃機関とモーターの回転数に対するトルク特性 (概念図)

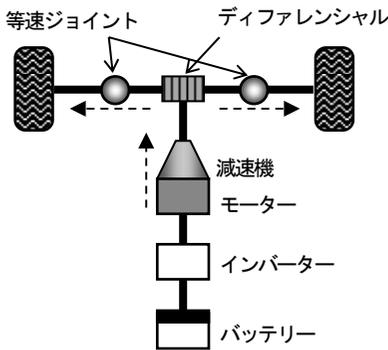


図 2 電気自動車パワートレインの概念図

は、主にギヤ、シャフト、プーリー等、回転運動により動力が伝達される仕組みであり、各種軸受が多用されている。この実状をみれば、自動車一台当たりの軸受点数や使用される軸受用鋼の量は減じるものとみられる。しかしながら、機構の変化と並行してエネルギー効率の改善は間違いなくその要求度合が増すものとみられる。軸受に対しては低粘度潤滑化による回転抵抗低減、小径薄肉化、ころ→玉軸受化、モーター使用に伴う高速回転化への対応が強く求められる。それに伴い軸受用鋼に求められる品質、特性は変化し、いずれも転がり疲れを加速する方向での変化となり長寿命鋼ニーズは増すものと予想される。軸受の長寿命化は、使用環境を層別して方策を講じることが重要であり、それらの考え方は既に体系化されており、概要として表1のように集約される^{6, 7)}。直近の状況として各々の方策がより高度化され、電動化対応のみならず自動車用軸受に対し幅広く適用されてきている。特に、潤滑環境の不可欠な変化に対応するための表面起点型はく離対策として、開発材や特殊熱処理の適用は顕著にみられる。また、長寿命化方策各々の中身に関し、期待される効果の具体性が求められてきている。従来型の長寿命化ニーズが計算寿命に対する信頼性の向上に應えるものであったことに対し、軸受の小型化(小径薄肉化)や型式の変化(ころ→ボール)等の設計への寄与が具体化できる長寿命鋼が望まれている。この点において、望まれる長寿命化は平均的なはく離寿命の延長ではなく、最悪の寿命が底上げされる必要があり、短寿命側はく離の抑制に重点が置かれる必要がある。この背景の下、非金属介在物起点型はく離への対策として、設計面で

表 1 各種環境別の転がり疲れの機構^{6), 7)}

起点	疲労機構分類		該当する使用環境	材料熱処理対策
内部起点	非金属介在物起点型		クリーン潤滑環境	鋼材の高清浄度化
	組織変化型	バンド状組織変化	高温潤滑環境、高面圧	鋼材成分として焼戻し軟化抵抗を上げ、高温焼戻し
		不規則型組織変化	水素浸入環境、振動、曲げ応力負荷環境 (エンジン補機用等)	鋼材成分として高Cr化等 ⁴⁾
表面起点	不良潤滑型	異物圧痕起因	トランスミッション、産業機械等異物混入環境	表面硬さと残留オーステナイト量をアップさせるための鋼材成分と各種浸炭浸窒熱処理
		すべり起因	低粘度潤滑環境、すべりを伴う環境	鋼材成分として高Si、Mo化等 ⁶⁾

の寄与を念頭に置いた製鋼技術と非金属介在物検査技術が適用された開発が紹介されている⁸⁾。電動化を主体とする自動車用軸受に対するニーズ変化として、今後、より長寿命でありかつその効果の具体化が求められる状況の下、はく離に至る過程がより明確に示されることが必要となる。関連する研究動向を以下に説明したい。

◇ 研究活動の動向

従来レベルを大きく上回る軸受用鋼の長寿命化やその効果の具体化を図るためには、疲労破壊の原則であるき裂の生成と伝ばに基づき、はく離に至る過程が明確化されることが必要となる。2009年当時、同様の課題意識の下、既にその試みがあることを前述しているが、昨今、非金属介在物起点型はく離において注目すべき進展がみられる。例えば、長尾や筆者らが2000年に報告した検鏡一極値統計法による予測最大非金属介在物大きさと寿命との関係をみれば、非金属介在物の小型化による寿命の向上効果が認められている⁹⁾。しかしながら、同じ予測最大大きさに対し寿命には1オーダー程度のバラツキが生じている。ここで非金属介在物の大きさそのものを初期の欠陥として扱っても良いかという本質的な疑問が生じる。その後、2009年に橋本らにより同じヒートのSUJ2に対し熱間静水圧プレス（HIP）を施すことで、寿命の向上があることが報告され、非金属介在物周囲の隙間の軽減や密着が寿命に対する有害性を軽減したためであるとされている^{10), 11)}。またこの現象は、その後、佐田らによっても検証されている¹²⁾。これらの結果は、非金属介在物周囲の密着性が変わることにより、転がり接触を受けた際の非金属介在物周囲の応力状態の変化を介して、き裂生成過程が変化し、結果として寿命が変わることを示している。なお、き裂生成後、はく離に至る前にはき裂の伝ば過程を経るが、バルク状態の鋼材に対するHIP処理によって伝ば特性は変化しないものと考えられるため、寿命の変化はき裂生成への影響によるものと解される。この現象が発見されたことにより、従来から見出されていた非金属介在物の小径化による長寿命化対策をベースに、非

金属介在物起点のき裂生成を抑制する方向での方策、例えば鍛造工法、非金属介在物組成制御等にさらなる長寿命化への可能性が見出される。また、前述の非金属介在物評価に対する寿命バラツキの原因にも関連していることが予想されるため、長寿命化効果の予測精度が向上し、軸受設計に対する具体的な寄与にも期待できるものである。

むすび

前回特集の2009年に対し、直近の軸受用鋼技術の変化について述べてきた。特に電動化を主体とする自動車技術の変化に基づく軸受産業界への影響は大きいものとみられる。一方、軸受用鋼に対する技術的ニーズは劇的には変化しないであろうことが予想される。しかしながら、既に見出されてきた技術は内容の高度化によって適用範囲が拡大しつつあり、さらに直近の特徴的なニーズとして、特に長寿命化技術に関し、軸受設計への具体的な寄与に期待されている。その実現に向け、さらなる基盤研究強化が望まれ、昨今の情勢を鑑み、経済性との両立、環境負荷軽減ならびに資源枯渇への配慮がなされることが重要である。

参考文献

- 1) 平岡和彦：特殊鋼、Vol. 58、No. 5 (2009)、P 40
- 2) 平岡和彦、常陰典正：(財) 金属系材料研究開発センター編集・発行 鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発プロジェクト第1回シンポジウム講演予稿集、(2009)、P 117
- 3) 平岡和彦、常陰典正：Sanyo Technical Report、Vol. 16 (2009)、P 45
- 4) 藤田慎治、内田啓之、田中進：NSK Technical Journal、No. 679 (2005)、P 21
- 5) Motor Fan illustrated、三栄書房、Vol. 122 (2016)
- 6) 平岡和彦：第188・189回西山記念技術講座テキスト、(2006)、P 131
- 7) 平岡和彦：月刊トライボロジー、No. 176 (2002)、P 50
- 8) Sanyo Technical Report 製品紹介、Vol. 20 (2013)、P 70
- 9) 長尾実佐樹、平岡和彦、雲丹亀泰和：Sanyo Technical Report、Vol. 12 (2000)、P 38
- 10) 平岡和彦：ふえらむ、Vol. 15、No. 5 (2010)、P 264
- 11) 橋本和弥、藤松威史、常陰典正、木田勝之：CAMP-ISIJ、Vol. 22 (2009)、P 1297
- 12) 佐田隆、野中由喜、三上剛、木澤克彦：トライボロジスト、Vol. 61、No. 4 (2016)、P 264

VI. 会員メーカーの軸受用鋼

山陽特殊製鋼(株)

高信頼性長寿命軸受鋼 PremiumJ2

まえがき

CO₂排出量削減、省資源、省エネルギー化といった時流から、機械部品や自動車の駆動系部品の小型・軽量化が強く望まれ、軸受においてもそのニーズは高い。軸受寿命に対し、高炭素クロム軸受鋼（JIS SUJ2鋼）をはじめとする素材の清浄度（鋼中の非金属介在物の大きさや個数）が強く影響すること^{1）、2）}は広く知られている。軸受の小型・軽量化のためには短寿命はく離の抑制が不可欠であり、その実現にあたってはく離に関与する介在物への対策が採られた鋼材の適用が必要となる。今回紹介するPremiumJ2^{3）}は、短寿命はく離抑制を狙いとして開発した新グレードの高信頼性長寿命軸受鋼である。

◇ PremiumJ2の寿命特性

適正潤滑条件下で使用されていた軸受が想定よりも早期に破損する場合があります。軸受の小型・軽量化の妨げとなっている。このようなはく離は鋼中の非金属介在物によって引き起こされる。鋼は原材料を溶解し、不純物除去と成分調整を行った

のち、 casting凝固させて製造され、以降は圧延や鍛造等を経て軸受素材に加工される。鋼素材から加工された軸受の軌道輪と転動体（球、ころ等）が転がり接触すると軌道輪の表面からやや内部に高いせん断応力が生じ、そこに大型の介在物が存在すると破壊起点となり、短寿命ではく離するとみられている。そこで、当社では短寿命はく離に関与する大型介在物を優先的に低減する精錬技術を開発するとともに、大体積中の大型介在物個数の少なさを実証する超音波探傷法を用いた新たな検査技術を開発した。PremiumJ2は、これらの技術をもとに誕生した高信頼性長寿命軸受鋼であり、**図1**^{3）}に示すように一般SUJ2鋼に比べて介在物個数が少なく、転がり疲れ寿命の下限値は約三倍に向上しており、短寿命はく離抑制に効果を発揮する。

むすび

PremiumJ2は、短寿命はく離の抑制に焦点を絞った特色ある鋼種であり、軸受の小型・軽量化への貢献が期待される商品として展開を進めている。

参考文献

- 1) 上杉年一：鉄と鋼、74（1988）、1889
- 2) 長尾実佐樹、平岡和彦、雲丹亀泰和：Sanyo Technical Report、12（2005）、38
- 3) Sanyo Technical Report、20（2013）、70

〔山陽特殊製鋼(株) 研究・開発センター 材料研究グループ グループ長 藤松 威史〕

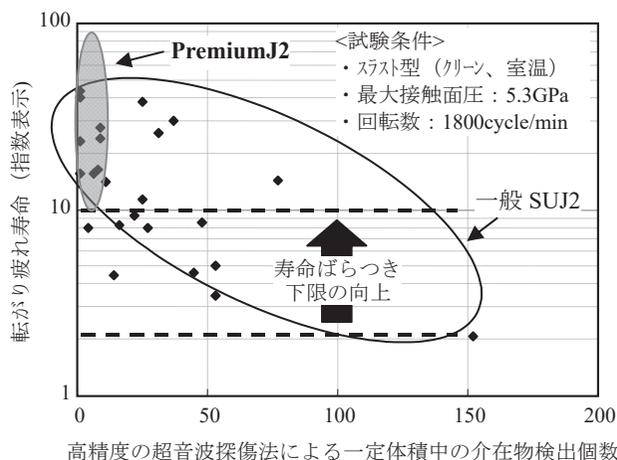


図 1 PremiumJ2の転がり疲れ寿命³⁾

JFEスチールの高品質軸受鋼

まえがき

長寿命用途への適用やお客様での加工および検査工程省略のため、軸受鋼への品質要求はますます厳しくなっています。そのため、高 cleanliness、高表面品質、高寸法精度技術が一段と重要となってきました。

これらのニーズに対し、JFEスチールでは種々の品質保証および造り込みのための機器および設備を導入、高品質・高付加価値化した軸受鋼の製造を行っています。本稿では、その内容についてご紹介いたします。

◇ 高品質を生み出す当社の技術

1. ブルームにおける高 cleanliness化

当社では2007年12月に2次精錬工程にLF（取鍋精錬）設備を導入、清浄性改善に取り組んできています。LFでは成分調整等を目的として溶鋼内に攪拌ガスを吹き込むのですが、攪拌ガス流量不足は攪拌力低下を引き起こし、成分的中を困難とします。一方、攪拌ガス流量過多は、取鍋スラグの溶鋼内への巻き込みを発生させ、介在物起源となります。そこで、至近では、LF攪拌ガス流量最適化を行い、成分調整と取鍋スラグ巻き込み防止を両立させました。

さらに厳格材については、2次精錬から鑄造工程における酸化源の徹底除去を行い、転動疲労寿命を向上させました（図1）。

また、高 cleanliness化に伴い従来の光学顕微鏡観察法では検出困難となりつつある非金属介在物について、高精度で大体積計測が可能な高周波超音波探傷を活用した介在物検出法も開発しました。

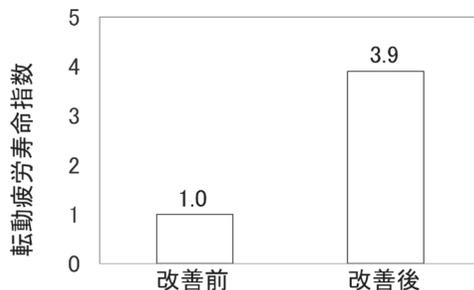


図 1 プロセス改善による軸受鋼の転動疲労寿命向上

2. ビレットにおける高表面品質化

当社では軸受鋼を丸ビレット化することにより、正方形のビレット断面では難しいとされているコーナー部における高精度検出の課題を克服、ビレット内部（超音波探傷）および表面（漏洩磁束探傷等）における欠陥検出性能を向上、自動化いたしました。

特に軸受線材や厳格材に対しては、丸ビレットをピーリング設備により外周旋削することにより、表面疵・表皮下介在物・脱炭層を均一除去しています。さらにピーリング後に渦流探傷を行い、0.3mm深さの表面疵を検出しています。

3. 製品における高付加価値化

棒鋼、線材製品とも仕上げスタンドに4ロールミルを導入することにより、中間サイズの製品、高寸法精度 $\pm 0.1\text{mm}$ の製品、最小 $\Phi 4.2\text{mm}$ までの細径軸受線材製品を製造しています。細径線材の供給により、その後の熱処理・酸洗・伸線工程の省略を実現しています。

むすび

以上の特長ある製造技術により、お客様の要求品質に対応した高品質軸受鋼を今後とも提供していきます。

〔JFEスチール(株) 棒線事業部 ひがし 敬一〕
棒線商品技術部 倉敷商品技術室(室長)

高耐食高強度な高窒素 ステンレス鋼 DSR40N

まえがき

近年、軸受は様々な環境下で使用されることが多くなっており、その軸受材料に要求される耐食性は増々厳しくなっております。耐食性を要求される軸受材には主にSUS440C等の高炭素系マルテンサイト系ステンレス鋼が使用されております。しかしSUS440Cは粗大炭化物が残存しており耐食性においても十分でないことが多く、軸受の寿命として満足いく材料ではありませんでした。

当社で開発した高窒素ステンレス鋼DSR40Nはステンレスの強度、耐食性を向上させる効果がある窒素を添加した材料です。既に軸受用途として適用実績もあり、各ユーザーでサンプル評価をして頂いており適用を進めております。

◇ 特徴

1. 耐食性

DSR40N (Fe-0.4C-15.5Cr-1.8Mo-0.17N) は、SUS440C対比、粗大炭化物を低減しており、窒素の添加効果によりマルテンサイト系ステンレス鋼の弱点であった耐食性を大幅に改善しております。図

材質名 (硬度)	SUS440C (60HRC)	DSR40N (58HRC)	SUS630 (33HRC)
孔食電位	測定不可	142mv	100~150mv
塩水噴霧			

・塩水噴霧試験 JIS Z 2371 35°C, 5%NaCl, 96 hr
 ・孔食電位測定 JIS G 0577 30°C, 3.5%NaCl Vc'100

図 1 DSR40Nの耐食性

1に塩水噴霧試験後の外観写真を示します。SUS440Cと比較し発錆は軽微であり、孔食電位でSUS630と同等の耐食性を有します。

2. 高硬度

DSR40Nはサブゼロ処理を施した焼入れ焼戻し材で58~60HRCの高硬度が得られ、SUS440Cとほぼ同等の硬度を得られます。同等の耐食性を持ったSUS630に代表される析出硬化系ステンレス鋼では得られなかった硬度を得ております。

3. 冷間加工性

球状化焼鈍状態の変形抵抗はSUS440Cに比べ低く、高い変形能を示します。91-94HRBで切削加工性も良好です。

4. 転動疲労寿命

DSR40Nは粗大炭化物を低減しておりSUS440Cより良好な転動疲労寿命を有します。

5. 用途

耐食用軸受、直動軸受の他、刃物などにも用途展開が期待されます。

むすび

これからの軸受に使用される材料に対するニーズが高まる中、今回紹介したDSR40Nは耐食性が要求される環境下の軸受材料としてお客様の要求仕様に満足して頂けるものと期待しております。

〔大同特殊鋼(株) 特殊鋼ソリューション部 おおさこ しょうじ 大迫 昭司〕
 〔大阪ソリューション室〕

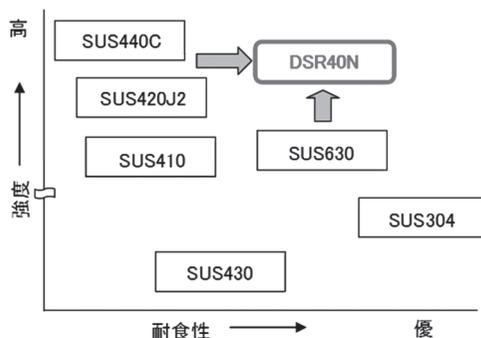


図 2 硬度と耐食性の関係

業界のうごき

三悦、創業100周年記念懇親会を開催

三悦は、名古屋市中村区の名古屋マリオットアソシアホテルで創業100周年記念懇親会を開催した。3月に実施した仕入れ先を中心とした式典に対し、ユーザーを主に招待した今回は92人が参集。「次の100年後の世代へお客様と共に」の思いを込めた心尽くしの企画で節目を祝いあった。

冒頭あいさつに立った樋田浩三社長は臨席への感謝を述べるとともに同社の100年の歩みを振り返り「当時からのお客様、特殊鋼をはじめとするメーカー様のおかげで当社が築かれているのは感慨深い。現在は特殊鋼以外にも普通鋼から非鉄金属まで素材販売はもちろん、加工商品の販売も重要な商材となっている。これからも、社員とともにお客様のお役にたてるよう良い仕事をする努力を重ねていくので、末永いお付き合いをお願いしたい」とあらためての感謝と、ともに歩む思いを伝えた。

(9月28日)

竹内ハガネ、竹内社長叙勲祝賀会に200人

竹内ハガネ商行は、竹内誠二社長の春の叙勲（旭日小綬章）受章を祝う「叙勲受章祝賀会」を帝国ホテルで盛大に催した。関係者ら約200人が出席した。

特殊鋼倶楽部会長の石黒武・大同特殊鋼社長が主賓あいさつで登壇し、「41歳で社長に就任され、さまざまな難局の中でも取引先や社員のみなさまを大事にし、今年創業87周年を迎えられた。素晴らしい経営者であるとともに分け隔てなくお付き合いをされ、多くの人から慕われている」と、魅力的な人柄を紹介した。

これを受け、竹内社長は「(叙勲

の受章は) 全特協会長を務めた功績だと思うが、これは会員のみなさま方が動いて協会を盛り上げてくれたことへの評価が結果的に私の受章になったもの」と感謝した上で、「『良い加減に生きろ』という言葉の通りに生きて、皆さまとの縁を本当に大事にしてきた。これからも末永くよろしくお願ひします」と呼び掛けた。

(9月29日)

ノボル鋼鉄、静岡支店と工場新設

ノボル鋼鉄は、2018年2月までに静岡支店（静岡市）の事務所棟を新設する。熱処理センターについても、22年までをめどに新工場を建設し、鋼材倉庫も建て替える予定。一連の投資額は最大で15億円程度を見込んでいる。

現所在地の敷地内の空きスペースに新建屋および工場、倉庫を順次建設する。先月末に新建屋の建造に着手し、来年2月に竣工する見通し。66年11月に静岡営業所として開設した同拠点は、50年以上が経過するなど老朽化しており、新建屋に更新する。隣接する熱処理センターも老朽化し、また手狭となっているため新設する。

工場移転に伴い、「設備を大型化するかなどを考える。熱処理は熱気がこもる厳しい職場環境で、改善できる投資も考えたい。投資額の半分は設備に使う」（三上晃史社長）方針。

(9月20日)

阪和興業、バル・ステンレスに出資

阪和興業は、マレーシアのステンレス冷延鋼板メーカー、バル・ステンレスに出資した。バル・ステンレスの出資比率はスペインのアセリノックス67%、日新製鋼30%、阪和興業3%となった。

阪和興業は南アフリカのクロム大手サマンコールに出資し、世界最大のステンレスメーカーである中国・青山鋼鉄集団のインドネシア・ニッケル銑鉄プロジェクトに参画するなどステンレス・ビジネスに注力している。

今回の出資を機にバルの製品拡販などに乗り出すとともに、全世界に拠点を持つアセリノックスグループとの関係強化を図る。

(9月15日)

神戸製鋼所、加古川の脱りん炉稼働

神戸製鋼所の加古川製鉄所は、建設を進めてきた2基目の脱りん炉が稼働を開始した。投資額は約90億円。11月からの上工程集約に向けて、追加投資の一環となる今回の脱りん炉を含め、上工程関連の新規設備投資がすべて完了した。生産効率化により、年間20億円強のコストダウン効果を見込んでおり、鉄鋼事業の収益力強化に寄与する。

溶銑処理は、高い清浄度が求められる高品質鋼材の製造に欠かせない工程。従来は1基目の脱りん炉と混銑車で処理していたが、2基目の脱りん炉稼働により溶銑の全量脱りん処理が可能となり、そのほとんどを脱りん炉で処理する。処理時間を大幅に短縮でき、同社の注力する自動車向け超ハイテンや特殊鋼線材など、高級鋼をさらに効率的に製造することが可能となった。

鉄鋼事業部門の競争力強化のため、本年11月から、神戸製鉄所の上工程を加古川製鉄所に集約する。総投資額は約655億円で、年間約150億円の効果を上げる計画。

(9月13日)

山陽特殊製鋼、第2粉末工場が稼働

山陽特殊製鋼は、本社工場（兵庫県姫路市）内で建設を進めていた第

業界のうごき

2 粉末工場が完成し、稼働を開始した。同工場は、既存の第1粉末工場に隣接する形で建設され、延べ床面積が約2,900平方メートル（一部2階建て）。クリーン度をさらに高め、高純度真空溶解ガスアトマイザー 2 基や最新鋭のディスクアトマイザー 1 基などの生産設備を導入。投資額は約20億円。

3Dプリンターなどによる金属粉末の市場拡大や電子部品分野を中心に高まる金属粉末の高信頼性・高純度化のニーズに対応するとともに、極めて真球度の高い金属粉末を製造できる最新鋭のディスクアトマイザー導入により、高融点材料の高真球粉末の製造研究と用途開発を進める。

同社が生産する金属粉末は、真空溶解と不活性ガスアトマイズの組み合わせにより不純物が少なく良好な球状で、3Dプリンター用金属粉末にも適していることから、「今後の普及に伴う金属粉末の市場拡大が期待される」（同社）としている。

（8月10日）

JFEスチール、 新合金鋼粉を開発

JFEスチールは、ニッケル含有の合金鋼粉と同等の高靱性を持ち被削性にも優れた、粉末冶金用途向けのニッケルフリー合金鋼粉「FM1000S」を開発した。ニッケル添加の合金鋼粉と比較して大幅なコストダウンが可能で、スプロケット（チェーンと組み合わせ動力を伝達する歯車形状部品）など自動車のエンジン・トランスミッション部品への適用を目指す。2020年までに月100トンの販売を目標に据える。

従来、高強度で高靱性の焼結部品にはニッケル4%、銅が1.5%、モリブデンが0.5%含まれる「4%ニッケル合金鋼粉」が使用されていたが、ニッケル原料価格の上昇によるコス

トへの影響が大きかった。

今回、開発したFM1000Sは粒子形状を不定形化し、さらに粒子表層にモリブデンを濃化することで需要家での部品製造時での焼結を促進し、焼結部品の組織中にある空孔を微細化、強度と靱性を向上した。4%ニッケル合金鋼粉と同等以上の高強度と高靱性を実現し、FMシリーズの特徴の一つである高い被削性も備える。

（9月22日）

下村特殊精工、 国内外で研磨増強

下村特殊精工は、国内外で研磨設備を増強する。設備投資計画では、富士見工場（千葉県山武市）は今年度で1億7,000万円、中国子会社の下村特殊精鋼（STSS）は2,300万円を投じる。自動車関連向け素材の加工が増える中で研磨ニーズは高まっており、足元でフル稼働状態となっていることから能力を引き上げる。

富士見工場は汎用サイズである2ミリ、4ミリのラインを中心に生産が繁忙状態で研磨の能力もタイトとなっていることから、年内にセントレス研磨機2台を導入する。加えて、切断・面取りのラインを効率化する投資も行う。自動車部品関連で品質保証品が増えてきた中で、品質保証体制を一層強化する。

STSSは、マレーシアのオリエンタル・シモムラ・ドローイング（OSD）から移設した粗研磨機1台をオーバーホールし、10月から稼働を開始する見通し。来年3月には新設機1台も導入する。自動車向けでベアリング用素材の二次加工を行う賃加工業務や空気清浄機向けのステンレス研磨材も増えている。「中国ではセントレス材の表面きず保証の要求が強い」（安田保馬社長）こともあり、研磨の能力を高め対応する。

（8月16日）

新日鉄住金、 チタン外装材85トンを供給

新日鉄住金は、建築用外装材として過去最大面積のチタン製品を中国江蘇省の劇場向けに供給した。独自ブランドの意匠性チタン製品「トランティクシー（TranTixxii）」を用いた三菱ケミカル製のチタン複合板「アルポリック／fr TCM」（TCM）が外装パネルとして7万3,000平方メートルに使われたもので、チタン素材の使用量は85トン、受注金額は数億円。中国において、同社チタン材を使用した物件は8件目。

TCMは樹脂製品を芯材として厚さ0.3ミリのチタン薄板を面材に使った製品。今回の物件では、表面はロールダル仕上げとなっている。新日鉄住金が独自開発した優れた質感の意匠性と耐変色性、TCMの特徴である平坦度の高さや軽量性、不燃性、経済性などが高く評価され、採用につながった。

（8月7日）

大同特殊鋼、 工具鋼値上げ

大同特殊鋼は、11月納入分から工具鋼の全製品を現行価格比5-20%引き上げる。需要家および店売り、国内、輸出向け全てを対象に実施する。鉄スクラップ、合金などの原材料価格の高騰やエネルギー関連など諸経費の上昇分を転嫁するため、製品価格を改定する。同社の工具鋼値上げは3年7カ月ぶり。

直近の鉄スクラップ価格の高騰に加え、工具鋼製造の際に添加する各種合金鋼の国際価格が全体的に上昇しており、原料コストが高まっている。大同特殊鋼は設備合理化や生産性向上などのコスト改善に努めてきたが、企業努力で吸収できる範囲を超えていると判断し、値上げに踏み切った。主要製造拠点の星崎工場、

業界のうごき

洪川工場は稼働が高水準で推移しており、操業はタイト化。再生産可能な体制による安定供給を維持するためにも適正価格での販売を目指す。

(9月20日)

日新製鋼、 組織改正で鋼材一元管理

日新製鋼は、効率的な生産、販売体制のために10月1日から組織改正する。普通鋼・特殊鋼とステンレスを一元管理し、全社最適生産体制とするため、ステンレス製造本部の生産管理機能を普通鋼・特殊鋼生産推進センターに移管し、生産推進センターに改称する。周南製鋼所にステンレス品質技術部を新設、技術企画と品質保証の2チームを配置する。ステンレス製造統括センターは廃止する。

関連して役員の担当を変更し、生産推進センターは今野直樹常務執行役員が管掌し、古家啓太執行役員がセンター長に就く。早川淳也常務執行役員は衣浦製造所を担当する。

(9月12日)

日本冶金工業、 熱延工場が操業再開

日本冶金工業は、川崎製造所熱延工場が9月24日にコイル圧延設備の稼働を開始するなど、全面的に操業を再開した。同工場で5月14日に発生した火災事故について、当初は10月中旬を見込んでいたが、コイル圧延を含めた全面的な操業再開を9月下旬に前倒しした。

火災の原因は、仕上げ圧延機の圧延ロール用の電動機に電力を供給、制御するために使用していた変換器盤内のオイル入りコンデンサーの密閉性が破壊され、オイル漏れが生じたことよって、アークとともに可燃性ガスが発生。この結果、可燃性ガスが爆発しコンデンサーオイルに引火して、変換器盤内および電気室内の電

気品・ケーブルなどの延焼に至った。

再発防止策では、変換器盤のコンデンサーに油量が格段に少ないものを採用とし、火災発生の可能性を極小化。電気室内には、発火を早期に検知するため変換器盤に煙感知器を設置する。

(9月26日)

日立金属、 日立MMCを完全子会社化

日立金属は、連結子会社で特殊合金の製造、販売を行う日立金属MMCスーパーアロイについて、三菱材料が保有する全株式(49%)を取得し、10月2日付で完全子会社化する。緊密な一体運営体制による航空機・エネルギー材料事業の強化、拡大が目的。

日立金属の特殊鋼カンパニーは航空機・エネルギー材料事業を次世代の中核事業と位置付け、経営資源を積極的に投下、事業の強化、拡大を図っている。その一環として、14年に当時、三菱材料の100%子会社で航空機部材について豊富な実績と技術力を持つHMSAの発行済株式の51%相当を取得し、連結子会社化した。以降、HMSAとの人的交流を進めるとともに、840トンリングローリングミルと大型熱処理炉3基を新たに導入し製品競争力を高め、顧客認定の取得も進ちょく。加えて、グローバル市場でグループ一体となった営業活動を積極的に展開してきた。

(9月29日)

不二越、 ロボ開発・軸受生産強化

不二越は、東京本社への一本化に伴い、本社窓口機能の設置とロボット開発・軸受生産体制の強化に向けた組織改正を行う。東京本社(港区東新橋)に本社総務部を置き、富山本社(富山市)は富山事業所として、主要事業の生産拠点であるとともに国

内外の生産拠点のベース・マザー工場と位置付け拡充する。窓口として富山総務部とする。ロボット開発体制と軸受生産体制も同時に強化する。

不二越が注力するロボット事業では、ロボットの先端技術開発を推進するため「ロボット開発戦略部」を新設し、東京に拠点を置く。市場や需要家ニーズの探索、ソフトウェアを中心とする新しい技術を取り込む。

グローバルで生産規模を拡大する軸受事業では、現在、富山事業所にある軸受製造所を「ボールベアリング製造所」と「ローラーベアリング製造所」の2製造所体制に再編・拡充する。

(8月21日)

三菱製鋼、 印子会社が操業開始

三菱製鋼のインド・チェンナイ近郊にある子会社「MSMスプリングインディア」は、9月から量産を開始する。同社は建設機械向け太巻きばねの製造、販売を行い、生産能力は月250トンで立ち上げる。

MSMスプリングインディアは2014年4月設立。資本金は3億7,700万ルピー(約6億5,000万円)。自動車用巻ばね・スタビライザおよび精密ばねの製造・販売を手掛けるインドのスタンプシュール&ソマパスプリングス(SSSS)社との合弁会社で、出資比率は三菱製鋼94.7%、SSSS社5.3%。

現地3日に行われた開所式では、佐藤基行社長があいさつに立ち、「当社は日本で唯一自社で棒鋼を生産するばねメーカーであり、お客様に魅力ある提案を行うため、このインド拠点では日本、中国と比べ投資額・規模は抑えているものの、さらに市場が拡大した場合には生産量に応じて工場規模を拡張していく」と述べた。

(8月7日)

文責：(株)産業新聞社

特殊鋼統計資料

特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別生産の推移

鋼種別

(単位：t)

年月	構造用鋼				特殊用途鋼							計	合計
	工具鋼	機械構造用炭素鋼	構造用合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高抗張力	その他			
'15 暦年	247,346	4,645,724	3,564,630	8,210,354	431,529	986,169	2,755,748	615,811	4,953,652	674,565	10,417,474	18,875,174	
'16 暦年	242,925	4,713,936	3,593,009	8,306,945	411,650	939,192	2,784,129	590,795	5,485,686	676,186	10,887,638	19,437,508	
'15 年度	241,082	4,638,379	3,487,357	8,125,736	421,420	962,553	2,725,384	593,245	5,048,694	694,055	10,445,351	18,812,169	
'16 年度	246,763	4,786,841	3,677,564	8,464,405	424,465	951,774	2,803,875	602,844	5,496,896	657,374	10,937,228	19,648,396	
'16. 7-9月	61,195	1,169,049	880,846	2,049,895	101,698	229,877	712,086	146,293	1,358,925	175,081	2,723,960	4,835,050	
10-12月	60,131	1,234,367	940,870	2,175,237	106,184	245,853	703,815	152,582	1,507,606	141,162	2,857,202	5,092,570	
'17. 1-3月	64,955	1,241,534	954,019	2,195,553	110,678	239,733	717,603	151,421	1,356,086	164,989	2,740,510	5,001,018	
4-6月	65,757	1,260,671	1,002,442	2,263,113	106,454	256,504	681,063	162,754	1,424,419	156,719	2,787,913	5,116,783	
'16年 7月	19,655	408,897	311,084	719,981	36,239	83,038	237,034	50,919	424,758	54,748	886,736	1,626,372	
8月	18,634	365,393	260,879	626,272	33,735	69,444	229,562	48,684	437,022	68,397	886,845	1,531,750	
9月	22,906	394,759	308,883	703,642	31,724	77,395	245,490	46,690	497,145	51,936	950,380	1,676,928	
10月	20,549	407,234	312,835	720,069	37,585	83,172	238,329	47,459	535,872	49,990	992,407	1,733,025	
11月	18,433	402,961	311,059	714,020	37,089	80,548	225,357	54,963	463,212	45,569	906,738	1,639,191	
12月	21,149	424,172	316,976	741,148	31,510	82,133	240,129	50,160	508,522	45,603	958,057	1,720,354	
17年 1月	19,468	408,964	301,672	710,636	34,927	74,618	239,578	47,258	458,011	58,149	912,541	1,642,645	
2月	21,372	397,944	310,858	708,802	35,718	79,301	232,919	50,822	417,401	47,934	864,095	1,594,269	
3月	24,115	434,626	341,489	776,115	40,033	85,814	245,106	53,341	480,674	58,906	963,874	1,764,104	
4月	20,766	413,194	320,583	733,777	34,000	82,220	245,262	50,063	505,150	60,497	977,192	1,731,735	
5月	21,780	424,232	339,881	764,113	36,829	86,446	227,236	54,178	465,489	48,755	918,933	1,704,826	
6月	23,211	423,245	341,978	765,223	35,625	87,838	208,565	58,513	453,780	47,467	891,788	1,680,222	
7月	21,697	410,991	331,437	742,428	36,116	83,830	215,600	53,597	469,109	50,197	908,449	1,672,574	
8月	19,070	412,465	316,988	729,453	35,234	84,957	246,038	50,577	437,021	48,209	902,036	1,650,559	
前月比	87.9	100.4	95.6	98.3	97.6	101.3	114.1	94.4	93.2	96.0	99.3	98.7	
前年同月比	102.3	112.9	121.5	116.5	104.4	122.3	107.2	103.9	100.0	70.5	101.7	107.8	

出所：経済産業省『鉄鋼生産内訳月報』から作成。

形状別

(単位：t)

年月	形鋼	棒鋼	管材	線材	鋼板	鋼帯	合計
'15 暦年	270,761	5,828,923	1,081,718	4,123,192	1,508,876	6,073,343	18,886,813
'16 暦年	309,707	5,756,252	989,696	4,173,511	2,001,827	6,218,161	19,449,154
'15 年度	269,744	5,701,404	1,009,207	4,171,024	1,580,711	6,091,727	18,823,817
'16 年度	313,559	5,917,546	984,067	4,202,470	1,954,496	6,287,894	19,660,032
'16. 7-9月	70,392	1,419,521	235,702	1,053,026	505,042	1,554,264	4,837,947
10-12月	92,847	1,511,581	257,522	1,038,676	612,602	1,582,255	5,095,483
'17. 1-3月	85,865	1,533,680	247,107	1,090,747	410,529	1,636,003	5,003,931
4-6月	77,687	1,596,581	276,680	1,053,309	434,289	1,681,050	5,119,596
'16年 7月	19,171	512,102	77,483	364,211	147,560	506,816	1,627,343
8月	22,947	405,498	74,800	356,235	152,181	521,060	1,532,721
9月	28,274	501,921	83,419	332,580	205,301	526,388	1,677,883
10月	47,381	500,006	93,949	350,625	203,637	538,398	1,733,996
11月	21,757	501,641	73,282	346,353	184,156	512,973	1,640,162
12月	23,709	509,934	90,291	341,698	224,809	530,884	1,721,325
17年 1月	30,982	480,915	83,690	357,774	137,122	553,133	1,643,616
2月	35,274	495,365	79,459	348,387	116,286	520,469	1,595,240
3月	19,609	557,400	83,958	384,586	157,121	562,401	1,765,075
4月	22,545	509,877	98,030	347,221	182,910	572,123	1,732,706
5月	24,514	539,243	84,823	360,133	122,987	573,997	1,705,697
6月	30,628	547,461	93,827	345,955	128,392	534,930	1,681,193
7月	28,042	507,452	104,789	353,466	119,777	560,019	1,673,545
8月	37,454	486,587	101,611	354,234	124,294	547,350	1,651,530
前月比	133.6	95.9	97.0	100.2	103.8	97.7	98.7
前年同月比	163.2	120.0	135.8	99.4	81.7	105.0	107.8

出所：『経済産業省生産動態統計』から作成。

特殊鋼鋼材の鋼種別販売(商社+問屋)の推移 (同業者+消費者向け)

(単位:t)

年月	工具鋼	構造用鋼			特殊用途鋼							計	合計
		機械構造用炭素鋼	合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高抗張力鋼	その他			
'15 暦年	315,222	3,799,665	4,044,736	7,844,401	251,940	451,168	3,015,291	172,597	122,078	35,288	4,048,362	12,207,985	
'16 暦年	318,284	3,793,728	4,159,973	7,953,701	249,025	502,736	3,043,035	167,359	100,734	40,543	4,103,432	12,375,417	
'15 年度	319,413	3,811,785	4,049,269	7,861,054	265,198	443,260	3,005,738	169,510	114,666	35,504	4,033,876	12,214,343	
'16 年度	317,816	3,843,693	4,224,447	8,068,140	255,982	531,825	3,063,505	170,660	95,118	43,717	4,160,807	12,546,763	
'16年 12月	25,254	321,491	352,053	673,544	20,563	46,163	253,014	14,600	7,317	3,698	345,355	1,044,153	
'17年 1月	24,926	319,931	351,369	671,300	20,781	44,160	253,961	14,440	6,935	3,204	343,481	1,039,707	
2月	26,977	328,542	357,768	686,310	21,288	46,268	259,330	14,777	6,849	3,900	352,412	1,065,699	
3月	29,332	353,245	372,614	725,859	26,471	47,699	269,547	16,784	7,390	5,074	372,965	1,128,156	
4月	26,586	338,980	359,343	698,323	26,247	45,105	257,235	15,228	6,616	4,123	354,554	1,079,463	
5月	25,689	373,073	380,510	753,583	39,142	55,377	256,753	15,347	14,835	9,396	390,850	1,170,122	
6月	28,280	330,291	368,972	699,263	12,455	45,460	254,224	16,145	6,873	4,267	339,424	1,066,967	
7月	28,238	261,696	164,986	426,682	11,318	45,446	141,070	15,759	7,710	3,199	224,502	679,422	
8月	25,461	265,973	153,450	419,423	10,327	43,102	137,728	13,543	7,294	3,626	215,620	660,504	
前月比	90.2	101.6	93.0	98.3	91.2	94.8	97.6	85.9	94.6	113.3	96.0	97.2	
前年同月比	103.9	90.4	45.7	66.6	52.5	107.2	56.3	108.8	103.5	120.4	65.9	67.3	

出所: 経済産業省『鉄鋼需給動態統計調査』から作成。

特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別メーカー在庫の推移

(単位:t)

年月	工具鋼	構造用鋼			特殊用途鋼							計	合計
		機械構造用炭素鋼	合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高抗張力鋼	その他			
'15 暦年	8,514	219,348	126,553	345,901	26,641	37,142	126,895	26,973	173,408	26,569	417,628	772,043	
'16 暦年	6,840	239,158	136,648	375,806	23,596	36,680	122,241	27,149	191,633	26,245	427,544	810,190	
'15 年度	6,741	212,593	129,143	341,736	25,337	35,403	107,219	24,867	151,569	34,374	378,769	727,246	
'16 年度	7,525	214,217	129,129	343,346	27,751	31,790	109,641	27,312	185,309	31,761	413,564	764,435	
'16年 12月	6,840	239,158	136,648	375,806	23,596	36,680	122,241	27,149	191,633	26,245	427,544	810,190	
'17年 1月	6,808	242,970	141,420	384,390	27,815	33,479	123,177	28,474	161,260	36,480	410,685	801,883	
2月	7,135	235,450	142,803	378,253	28,428	31,698	112,660	31,008	187,722	34,706	426,222	811,610	
3月	7,525	214,217	129,129	343,346	27,751	31,790	109,641	27,312	185,309	31,761	413,564	764,435	
4月	7,434	224,046	130,207	354,253	26,038	33,527	111,499	26,168	199,473	37,309	434,014	795,701	
5月	7,500	231,933	138,662	370,595	27,161	33,792	113,100	30,722	161,894	31,542	398,211	776,306	
6月	6,664	224,542	128,025	352,567	25,856	33,044	104,430	29,104	161,646	30,227	384,307	743,538	
7月	6,973	225,298	125,215	350,513	28,407	31,923	106,229	28,503	195,713	27,593	418,368	775,854	
8月	6,712	239,177	129,707	368,884	29,349	34,877	127,059	31,715	196,721	27,616	447,337	822,933	
前月比	96.3	106.2	103.6	105.2	103.3	109.3	119.6	111.3	100.5	100.1	106.9	106.1	
前年同月比	79.9	101.3	90.8	97.3	91.2	106.8	103.6	101.1	112.6	59.0	101.6	99.4	

出所: 経済産業省『鉄鋼生産内訳月報』から作成。

特殊鋼鋼材の流通在庫の推移 (商社+問屋)

(単位:t)

年月	工具鋼	構造用鋼			特殊用途鋼							計	合計
		機械構造用炭素鋼	合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高抗張力鋼	その他			
'15 暦年	61,896	202,211	146,758	348,969	13,423	52,972	134,135	11,968	11,624	1,683	225,805	636,670	
'16 暦年	58,237	187,464	141,858	329,322	14,527	58,916	129,697	11,828	10,737	1,619	227,324	614,883	
'15 年度	61,699	200,931	139,603	340,534	13,258	53,426	135,679	14,121	11,473	1,763	229,720	631,953	
'16 年度	57,869	190,684	145,813	336,497	20,955	59,768	141,859	11,460	10,537	2,252	246,831	641,197	
'16年 12月	58,237	187,464	141,858	329,322	14,527	58,916	129,697	11,828	10,737	1,619	227,324	614,883	
'17年 1月	59,379	193,670	143,167	336,837	13,980	57,900	130,719	12,960	11,070	1,953	228,582	624,798	
2月	58,504	184,541	147,177	331,718	13,581	58,284	129,812	12,287	10,684	2,143	226,791	617,013	
3月	57,869	190,684	145,813	336,497	20,955	59,768	141,859	11,460	10,537	2,252	246,831	641,197	
4月	58,626	186,276	138,797	325,073	21,156	58,506	131,777	10,385	10,274	2,123	234,221	617,920	
5月	59,794	202,677	159,205	361,882	21,451	61,208	137,640	12,380	10,351	1,510	244,540	666,216	
6月	59,313	194,686	148,930	343,616	12,995	62,288	138,390	11,609	9,799	2,278	237,359	640,288	
7月	59,499	184,788	146,865	331,653	13,012	61,657	134,304	11,506	11,543	2,099	234,121	625,273	
8月	57,262	188,066	147,969	336,035	14,704	59,022	147,117	13,063	10,442	2,012	246,360	639,657	
前月比	96.2	101.8	100.8	101.3	113.0	95.7	109.5	113.5	90.5	95.9	105.2	102.3	
前年同月比	94.4	95.3	100.1	97.3	116.5	89.1	112.5	92.7	101.3	162.0	104.7	99.8	

出所: 経済産業省『鉄鋼需給動態統計調査』から作成。

特殊鋼鋼材の輸出入推移

輸出

(単位：t)

年月	工具鋼	構造用鋼			特殊用途鋼				その他の鋼			特殊鋼鋼材合計
		機械構造用炭素鋼	構造用合金鋼	計	ばね鋼	ステンレス鋼	ピアノ線材	計	高炭素鋼	その他合金鋼	計	
'15 暦年	57,172	445,437	540,719	986,156	188,707	1,052,226	129,239	1,370,172	11,388	5,291,875	5,303,263	7,716,762
'16 暦年	43,539	412,511	536,319	942,830	182,238	1,015,301	146,993	1,344,532	10,111	6,088,581	6,098,693	8,429,594
'15 年度	39,898	415,754	516,291	932,045	186,774	1,009,763	141,761	1,338,299	10,648	5,375,453	5,386,101	7,696,343
'16 年度	44,566	429,869	558,646	988,515	188,175	1,022,853	137,846	1,348,875	9,298	6,153,677	6,162,974	8,544,929
16年 11月	3,417	40,396	41,884	82,280	12,606	78,386	11,405	102,397	620	526,766	527,386	715,480
12月	3,401	39,858	46,312	86,169	15,791	90,869	8,256	114,916	728	505,044	505,773	710,260
17年 1月	2,921	31,803	37,228	69,030	14,487	72,576	9,026	96,089	547	552,107	552,654	720,694
2月	4,134	38,863	48,797	87,660	15,411	87,763	11,658	114,832	344	472,116	472,460	679,085
3月	3,880	41,015	62,538	103,553	18,135	91,438	12,455	122,028	564	537,062	537,626	767,087
4月	3,989	35,949	51,035	86,983	15,497	83,931	12,251	111,679	527	443,250	443,777	646,427
5月	3,580	34,604	53,757	88,361	14,730	85,441	13,707	113,878	276	502,351	502,627	708,445
6月	3,682	39,859	55,059	94,918	14,359	79,677	10,110	104,146	476	522,857	523,334	726,080
7月	3,740	42,073	48,296	90,369	14,664	78,512	8,710	101,887	475	480,293	480,768	676,764
8月	3,098	34,285	39,408	73,693	14,841	75,110	10,383	100,334	325	445,584	445,909	623,034
前月比	82.8	81.5	81.6	81.5	101.2	95.7	119.2	98.5	68.5	92.8	92.7	92.1
前年同月比	102.0	98.2	94.6	96.3	93.4	89.2	72.9	87.8	45.8	82.9	82.8	85.1

出所：財務省関税局『貿易統計』から作成。

輸入

(単位：t)

年月	工具鋼	ばね鋼	ステンレス鋼					計	快削鋼	その他の鋼			特殊鋼鋼材合計
			形鋼	棒鋼	線材	鋼板類	鋼管			高炭素鋼	合金鋼	計	
'15 暦年	3,699	4,890	524	13,359	10,752	135,755	13,244	173,634	64	18,660	774,060	792,720	975,009
'16 暦年	3,441	3,369	666	10,616	11,054	172,316	14,549	209,200	70	16,478	857,976	874,454	1,090,534
'15 年度	3,663	5,131	566	12,821	10,742	149,710	13,631	187,471	70	17,640	826,552	844,192	1,040,527
'16 年度	3,179	3,551	643	11,306	11,294	173,146	14,752	211,141	64	15,748	767,618	783,366	1,001,302
16年 11月	241	267	56	1,115	754	16,578	1,163	19,666	-	2,398	62,581	64,979	85,153
12月	329	227	127	896	1,007	16,256	1,188	19,474	4	675	81,708	82,383	102,418
17年 1月	296	351	43	1,182	960	13,001	1,364	16,551	-	1,374	63,852	65,226	82,423
2月	326	228	21	1,086	1,269	16,570	824	19,770	3	491	35,654	36,144	56,471
3月	164	386	103	932	801	17,270	1,474	20,579	9	1,097	40,160	41,257	62,396
4月	326	203	26	978	812	14,700	1,612	18,129	1	769	55,109	55,878	74,536
5月	244	316	35	1,026	924	23,937	1,867	27,789	17	1,226	63,390	64,616	92,982
6月	462	414	119	807	1,086	21,815	1,276	25,103	-	1,330	78,103	79,433	105,413
7月	289	261	126	908	792	20,849	1,365	24,040	42	339	75,705	76,045	100,677
p 8月	307	228	19	1,080	807	14,420	1,171	17,497	18	1,109	61,423	62,531	80,581
前月比	105.9	87.4	14.8	118.9	101.9	69.2	85.8	72.8	-	326.6	81.1	82.2	80.0
前年同月比	98.0	72.7	36.1	138.8	109.9	134.8	101.8	130.5	78.3	50.9	64.7	64.4	72.5

出所：財務省関税局『貿易統計』から作成。

(注) p:速報値

関連産業指標推移

(単位：台)

(単位：億円)

年月	四輪自動車生産		四輪完成車輸出		新車登録・軽自動車販売		建設機械生産		産業車輦生産		機械受注額	産業機械受注額	工作機械受注額
	うちトラック	うちトラック	うちトラック	うちトラック	うちトラック	うちトラック	ブルドーザ	パワーショベル	フォークリフト	ショベルトラック			
'15 暦年	9,278,321	1,309,749	4,578,078	466,776	5,046,510	817,234	-	165,495	115,473	11,447	100,891	54,189	14,806
'16 暦年	9,204,702	1,201,073	4,634,033	383,959	4,970,258	808,302	-	154,214	109,243	10,437	102,600	56,089	12,500
'15 年度	9,187,599	1,279,403	4,582,525	447,339	4,937,734	808,174	-	158,900	114,320	11,124	101,838	54,576	13,990
'16 年度	9,357,382	1,192,689	4,636,390	373,097	5,077,903	818,858	-	159,765	109,887	10,553	102,314	50,944	12,893
16年 11月	840,439	100,163	422,947	27,828	417,600	74,731	-	13,471	10,059	1,043	8,478	4,372	1,079
12月	781,484	91,370	422,819	30,380	397,534	63,386	-	13,312	8,767	816	8,660	7,128	1,119
17年 1月	761,248	92,992	316,125	23,169	401,650	57,282	-	12,929	8,113	693	8,379	3,391	1,037
2月	850,944	106,300	375,656	31,152	484,725	69,999	-	14,083	8,978	789	8,505	3,222	1,112
3月	929,963	112,344	419,546	38,611	691,374	104,789	-	15,492	10,411	994	8,623	8,226	1,427
4月	749,224	99,783	371,827	27,432	354,747	56,328	-	14,351	8,976	878	8,359	2,440	1,337
5月	693,142	90,082	320,255	25,457	372,576	59,338	-	13,365	8,530	1,001	8,055	2,694	1,299
6月	r 859,749	r 108,079	425,462	32,520	r 477,469	79,780	-	16,380	10,599	1,206	7,900	5,044	1,430
7月	818,412	103,946	410,676	32,804	427,547	68,760	-	15,480	9,619	1,124	8,533	3,463	1,337
8月	695,761	89,799	359,536	26,690	355,308	62,707	-	14,709	8,435	1,017	8,824	4,147	1,335
前月比	85.0	86.4	87.5	81.4	83.1	91.2	-	95.0	87.7	90.5	103.4	119.7	99.9
前年同月比	105.6	100.8	109.9	98.2	105.5	111.7	-	119.7	101.4	130.7	105.0	133.5	136.2

出所：四輪自動車生産・四輪完成車輸出は(一社)日本自動車工業会『自動車統計月報』、

新車登録は(一社)日本自動車販売協会連合会『新車・月別販売台数(登録車)』、

軽自動車販売は(一社)全国軽自動車協会連合会『軽四輪車新車販売確報』、

建設機械生産・産業車輦生産は『経済産業省生産動態統計』、

機械受注額は内閣府『機械受注統計調査』、産業機械受注額は(一社)日本産業機械工業会『産業機械受注状況』、

工作機械受注額は(一社)日本工作機械工業会『受注実績調査』

(注) r:訂正值

特殊鋼需給統計総括表

2 0 1 7 年 8 月 分

鋼種別	項目	月別					
		実数 (t)	前月比 (%)	前年 同月比(%)	2015年基準 指数(%)		
工 具 鋼	熱間圧延鋼材生産	19,070	87.9	102.3	92.5		
	鋼材輸入実績	307	105.9	98.0	99.5		
	販売業者	受入計	23,224	81.7	93.3	86.0	
		販売計	25,461	90.2	103.9	96.9	
		うち消費者向	18,141	87.1	101.8	95.9	
		在庫計	57,262	96.2	94.4	97.0	
	鋼材輸出船積実績	3,098	82.8	102.0	65.0		
	生産者工場在庫	6,712	96.3	79.9	80.9		
	総在庫	63,974	96.2	92.7	95.0		
	構 造 用 鋼	熱間圧延鋼材生産	729,453	98.3	116.5	106.6	
鋼材輸入実績		39,633	126.7	101.7	114.2		
販売業者		受入計	423,805	102.2	67.2	64.8	
		販売計	419,423	98.3	66.6	64.2	
		うち消費者向	279,825	95.4	67.4	63.7	
		在庫計	336,035	101.3	97.3	95.5	
鋼材輸出船積実績		73,693	81.5	96.3	89.7		
生産者工場在庫		368,884	105.2	97.3	105.4		
総在庫		704,919	103.3	97.3	100.5		
ば ね 鋼		熱間圧延鋼材生産	35,234	97.6	104.4	98.0	
	鋼材輸入実績	228	87.4	72.7	56.0		
	販売業者	受入計	12,019	106.0	58.9	56.7	
		販売計	10,327	91.2	52.5	49.2	
		うち消費者向	3,988	84.8	74.1	85.8	
		在庫計	14,704	113.0	116.5	120.5	
	鋼材輸出船積実績	14,841	101.2	93.4	94.4		
	生産者工場在庫	29,349	103.3	91.2	113.6		
	総在庫	44,053	106.4	98.3	115.8		
	ス テン レ ス 鋼	熱間圧延鋼材生産	246,038	114.1	107.2	107.1	
鋼材輸入実績		17,497	72.8	130.5	120.9		
販売業者		受入計	150,541	109.9	62.3	60.0	
		販売計	137,728	97.6	56.3	54.8	
		うち消費者向	53,181	92.0	98.1	95.1	
		在庫計	147,117	109.5	112.5	107.6	
鋼材輸出船積実績		75,110	95.7	89.2	85.7		
生産者工場在庫		127,059	119.6	103.6	110.3		
総在庫		274,176	114.0	108.2	108.8		
快 削 鋼		熱間圧延鋼材生産	50,577	94.4	103.9	98.6	
	販売業者	受入計	15,100	96.4	114.6	106.8	
		販売計	13,543	85.9	108.8	94.2	
		うち消費者向	12,581	87.5	103.7	90.4	
		在庫計	13,063	113.5	92.7	96.5	
	生産者工場在庫	31,715	111.3	101.1	114.3		
	総在庫	44,778	111.9	98.5	108.4		
	高 抗 張 力 鋼	熱間圧延鋼材生産	437,021	93.2	100.0	105.9	
		販売業者	受入計	6,193	65.5	81.2	60.2
			販売計	7,294	94.6	103.5	71.7
うち消費者向			5,526	96.6	101.1	82.4	
在庫計			10,442	90.5	101.3	95.2	
生産者工場在庫		196,721	100.5	112.6	103.7		
総在庫		207,163	100.0	112.0	103.3		
そ の 他		熱間圧延鋼材生産	133,166	99.4	96.6	96.2	
		販売業者	受入計	44,006	92.0	100.6	108.6
			販売計	46,728	96.1	108.1	115.3
	うち消費者向		32,433	90.1	107.9	88.3	
	在庫計		61,034	95.7	90.5	114.9	
	生産者工場在庫	62,493	105.0	78.6	90.3		
	総在庫	123,527	100.2	84.1	101.0		
	特 殊 鋼 材 合 計	熱間圧延鋼材生産合計	1,650,559	98.7	107.8	104.9	
		鋼材輸入実績計	80,581	80.0	72.5	99.2	
		販売業者	受入計	674,888	101.6	68.7	66.3
販売計			660,504	97.2	67.3	64.9	
うち消費者向			405,675	93.8	75.1	70.4	
在庫計			639,657	102.3	99.8	100.3	
鋼材輸出船積実績計		623,034	92.1	85.1	96.9		
生産者工場在庫	822,933	106.1	99.4	104.7			
総在庫	1,462,590	104.4	99.6	102.8			

出所: 鋼材輸入実績及び鋼材輸出船積実績は財務省関税局『貿易統計』、

それ以外は経済産業省『経済産業省生産動態統計』、『鉄鋼生産内訳月報』、但し総在庫は特殊鋼倶楽部で計算

(注)

1. 鋼材輸入実績は速報値を掲載。構造用鋼の鋼材輸入実績とは高炭素鋼の棒鋼及び合金鋼の棒鋼、線材を加算したもの。
2. 総在庫とは販売業者在庫に生産者工場在庫を加算したもの。生産者工場在庫は熱間圧延鋼材のみで、冷間圧延鋼材及び鋼管を含まない。また、工場以外の置場にあるものは、生産者所有品であってもこれに含まない。

倶楽部だより

(平成29年8月1日～9月30日)

海外委員会・流通海外展開委員会

2017年版不公正貿易報告書説明会（8月29日）

- ①「不公正貿易報告書と取組方針について」
経済産業省通商政策局通商機構部国際経済紛争対策室 参事官補佐 高峯 直子氏
 - ②「新興国における課税問題およびBEPS（税源浸食と利益移転）プロジェクトへの対応について」
経済産業省貿易経済協力局投資促進課 課長補佐 竹村 成彦氏
 - ③「EPA/FTA（経済連携協定／自由貿易協定）の活用について」
経済産業省通商政策局経済連携課 吉田 拓也氏
 - ④「投資協定及び投資協定仲裁の概要」
経済産業省通商政策局経済連携課 吉田 拓也氏
 - ⑤「我が国の貿易救済措置について（アンチダンピング措置を巡る世界の情勢及び日本の制度とその活用手続き）」
経済産業省貿易経済協力局貿易管理部特殊関税等調査室 係長 小松 慶太氏
- 参加者：30名

市場開拓調査委員会

第1回調査WG（8月29日）

「自動車マルチマテリアル化」の調査企画書の検討

編集委員会

小委員会（8月31日）

1月号特集「IoT社会を支える特殊鋼（仮題）」の編集内容の検討

本委員会（9月13日）

1月号特集「IoT社会を支える特殊鋼（仮題）」

の編集方針、内容の確認

人材確保育成委員会

工場見学会（9月6日）

見学先：(株)日立パワーソリューションズ大沼工場
日新健商(株)競輪場外車券売場「サテライト水戸」

参加者：18名

流通委員会

取引問題説明会（9月8日）

演 題：取引問題説明会
講 師：経済産業省製造産業局金属課課長補佐 岡田 治氏

参加者：45名

平成29年度特殊鋼教養講座（8月28日）

講 師：小澤特殊鋼倶楽部専務理事
受講者：32名

[大阪支部]

三団体責任者会議（8月30日）

- ①本年共催講演会検討
- ②本年下半年のすり合わせ他

平成29年度特殊鋼教養講座（8月28日）

講 師：小澤特殊鋼倶楽部専務理事
受講者：43名

[名古屋支部]

平成29年度特殊鋼教養講座（9月26日）

講 師：小澤特殊鋼倶楽部専務理事
受講者：38名

特殊鋼倶楽部の動き

「2017年版不公正貿易報告書」の説明会開催

当倶楽部 海外委員会・流通海外展開委員会共催で「2017年版不公正貿易報告書」説明会を下記の通り開催しました。

経済産業省通商政策局が作成している「不公正貿易報告書」の解説と、海外投資における問題点等について、経済産業省担当課室より詳細かつ分かり易い説明で盛会の内に終了いたしました。

当日、説明会に参加された方々にはアンケートを実施し、お聞かせいただいた貴重なご意見は今後の説明会に是非とも反映させたいと思います。多数のご参加をいただき、誠にありがとうございました。

なお、当日資料は、特殊鋼倶楽部ホームページ-会員専用ページ-イベントに掲載しています。

日 時 平成29年 8月29日（火） 13時15分～15時00分 参加者30名

場 所 東京都中央区日本橋茅場町「鉄鋼会館」803、804号室

内容・講師

- ①「不公正貿易報告書と取組方針について」
通商政策局通商機構部国際経済紛争対策室 参事官補佐 高岸直子氏
- ②「新興国における課税問題およびBEPS（税源浸食と利益移転）プロジェクトへの対応について」
貿易経済協力局投資促進課 課長補佐 竹村成彦氏
- ③「EPA/FTA（経済連携協定／自由貿易協定）の活用について」
通商政策局経済連携課 吉田拓也氏
- ④「投資協定及び投資協定仲裁の概要」
通商政策局経済連携課 吉田拓也氏
- ⑤「我が国の貿易救済措置について（アンチダンピング措置を巡る世界の情勢及び日本の制度とその活用手続き）」
貿易経済協力局貿易管理部特殊関税等調査室 係長 小松慶太氏

以下に、会場写真を掲載いたします。



【会場の様子（東京・鉄鋼会館）】

「平成29年度第1回 特殊鋼倶楽部工場見学会」開催

去る9月6日（水）に平成29年度第1回工場見学会を開催しました。

見学先は、午前中は㈱日立パワーソリューションズ大沼工場殿、午後は日新健商㈱競輪場外車券売場「サテライト水戸」殿で、鉄鋼会館前を午前8時に出発、大型バスにて両施設を訪問する日程で会員企業から18名が参加しました。

最初の訪問先である㈱日立パワーソリューションズ大沼工場に到着後、会議室にて同社人事総務本部総務部総務統括センタ 日立第二総務グループ 石川様よりご挨拶、工場概況と主に風力発電設備について説明を受けた後、見学に入りました。

はじめにガスエンジン発電設備、次いで屋外に設置の風力発電設備（ドイツENERCON社製 Wind Class II仕様、出力600kW、ブレード直径44m）を見学後、質疑応答を行い同社工場の見学を終了しました。

午後の日新健商㈱競輪場外車券売場「サテライト水戸」では、同施設到着後ライブ館にて広報企画課長 白石様よりご挨拶及び施設概況説明、及び質疑応答の後見学に入りました。

同施設では、駐車場に設置された太陽光発電設備を見学しました。同設備の概要は、太陽光パネルは計2,751枚を使用。パネルを載せた架台（長さ約130メートル、幅約9メートル）が3列に並んでいます。モジュール下は駐車場（約270台）になっており地球温暖化防止と再生可能エネルギー導入の普及促進に取り組んでいるとのことでした。

見学後参加者の感想は、ほぼ全員が工場見学会の成果に満足し、次回もまた参加したいとの回答を頂きました。

見学先別の印象に残ったことでは㈱日立パワーソリューションズ大沼工場殿については、「風力発電設備のスケールの大きさと作る工程」「大型風力発電機の組立設置の映像」「環境配慮型の高効率オフィス」等の感想を頂きました。

一方、日新健商㈱競輪場外車券売場「サテライト水戸」殿については、「太陽光発電のパネルが思ったより薄かったこと」「駐車場の屋根に取り付けることで風通しを確保し、高い発電能力を維持できる、とのお話」「太陽光発電の設置方法（土地の有効活用）」等の感想を頂きました。

最後に、特殊鋼倶楽部会員企業のために貴重な機会を与えていただいた㈱日立パワーソリューションズ 大沼工場殿と日新健商㈱競輪場外車券売場「サテライト水戸」殿の関係者の方々に感謝を申し上げて、工場見学会の報告といたします。

以下に、写真を掲載します。



【工場見学会の様子（㈱日立パワーソリューションズ 大沼工場殿）】



【工場見学会の様子 日新健商(株)競輪場外車券売場「サテライト水戸」殿】

「取引問題説明会」開催

全日本特殊鋼流通協会、及び当倶楽部 流通委員会（委員長 佐久間特殊鋼(株) 代表取締役執行役員社長 佐久間貞介）、共催で「取引問題説明会」を下記の通り開催しました。

当日は特殊鋼業が抱える取引の問題点等について、経済産業省 製造産業局 金属課 課長補佐 岡田 治氏より詳細かつ分かり易い説明を頂きました。その後、質疑応答に移り活発な意見交換が行われ盛会の内に終了しました。

当日、説明会に参加された方々にはアンケートを実施し、お聞かせいただいた貴重なご意見は今後の検討に是非とも反映させたいと思います。多数のご参加をいただき、誠にありがとうございました。

なお、当日資料は、特殊鋼倶楽部ホームページ-会員専用ページ-イベントに掲載しています。

日 時 平成29年9月8日（金） 15時00分～16時30分 参加者45名

場 所 東京都中央区日本橋茅場町「鉄鋼会館」803号室

テーマ：取引問題説明会

講 師：経済産業省 製造産業局 金属課 課長補佐 岡田 治氏

以下に、会場写真を掲載いたします。



【会場の様子（東京・鉄鋼会館）】

一般社団法人特殊鋼倶楽部 会員会社一覽

(社名は50音順)

[会 員 数] (正 会 員) 製造業者 25社 販売業者 100社 合 計 125社	【販売業者会員】		
【製造業者会員】 愛 知 製 鋼 (株) 秋 山 精 鋼 (株) (株)川口金属加工 (株)神 戸 製 鋼 合 同 製 鐵 (株) 山 陽 特 殊 製 鋼 (株) J F E ス チ ー ル (株) J X 金 属 (株) 下 村 特 殊 精 工 (株) 新 日 鐵 住 金 (株) 新 日 鐵 住 金 ス テ ン レ ス (株) 大 同 特 殊 鋼 (株) 高 砂 鐵 工 (株) 東 北 特 殊 鋼 (株) 日 新 製 鋼 (株) 日 本 金 属 (株) 日 本 高 周 波 鋼 業 (株) 日 本 精 線 (株) 日 本 冶 金 工 業 (株) 日 立 金 属 (株) (株)広島メタル&マシナリー (株)不 二 越 三 菱 製 鋼 (株) ヤ マ シ ン ス チ ー ル (株) 理 研 製 鋼 (株)	愛 鋼 (株) 青 山 特 殊 鋼 (株) 浅 井 産 業 (株) 東 金 属 (株) 新 井 ハ ガ ネ (株) 粟 井 鋼 商 事 (株) 伊 藤 忠 丸 紅 鉄 鋼 (株) 伊 藤 忠 丸 紅 特 殊 鋼 (株) 井 上 特 殊 鋼 (株) (株) U E X 確 井 鋼 材 (株) ウ メ ト ク (株) 扇 鋼 材 (株) 岡 谷 鋼 機 (株) カ ネ ヒ ラ 鉄 鋼 (株) 兼 松 (株) 兼 松 ト レ ー デ ィ ン グ (株) (株) カ ム ス (株)カワイスチール 川 本 鋼 材 (株) 北 島 鋼 材 (株) ク マ ガ イ 特 殊 鋼 (株) ケ ー ・ ア ン ド ・ アイ 特 殊 管 販 売 (株) 小 山 鋼 材 (株) 佐 久 間 特 殊 鋼 (株) 櫻 井 鋼 鐵 (株) 佐 藤 商 事 (株) サ ハ シ 特 殊 鋼 (株) (株) 三 悦 三 協 鋼 鐵 (株) 三 京 物 産 (株) 三 興 鋼 材 (株) 三 和 特 殊 鋼 (株) J F E 商 事 (株) 芝 本 産 業 (株) 清 水 金 属 (株) 清 水 鋼 鐵 (株) 神 鋼 商 事 (株) 住 友 商 事 (株)	大 同 興 業 (株) 大 同 D M ソ リ ュ ー シ ョ ン (株) 大 洋 商 事 (株) 大 和 興 業 (株) 大 和 特 殊 鋼 (株) (株)竹内ハガネ商行 孟 鋼 鉄 (株) 田 島 ス チ ー ル (株) 辰 巳 屋 興 業 (株) 千 曲 鋼 材 (株) (株)テクノタジマ (株)鐵 鋼 社 デ ル タ ス テ ー ル (株) 東 京 貿 易 マ テ リ ア ル (株) (株)東 信 鋼 鉄 特 殊 鋼 機 (株) 豊 田 通 商 (株) 中 川 特 殊 鋼 (株) 中 野 ハ ガ ネ (株) 永 田 鋼 材 (株) 名 古 屋 特 殊 鋼 (株) ナ ス 物 産 (株) 南 海 鋼 材 (株) 日 金 ス チ ー ル (株) 日 鉄 住 金 物 産 (株) 日 鉄 住 金 物 産 特 殊 鋼 西 日 本 (株) 日 本 金 型 材 (株) ノ ボ ル 鋼 鉄 (株) 野 村 鋼 機 (株) 白 鷺 特 殊 鋼 (株) 橋 本 鋼 (株) (株)長谷川ハガネ店 (株)ハヤカワカンパニー 林 田 特 殊 鋼 材 (株) 阪 神 特 殊 鋼 (株) 阪 和 興 業 (株) 日 立 金 属 商 事 (株) 日 立 金 属 工 具 鋼 (株) (株)日立ハイテクノロジーズ	(株)平 井 (株)フ ク オ カ 藤 田 商 事 (株) 古 池 鋼 業 (株) (株)ブ ル ー タ ス (株)堀 田 ハ ガ ネ (株)マクスコーポレーション 松 井 鋼 材 (株) 三 沢 興 産 (株) 三 井 物 産 (株) 三 井 物 産 ス チ ー ル (株) (株)メタルワン (株)メタルワンチューブラー (株)メタルワン特殊鋼 森 寅 鋼 業 (株) (株)山 一 ハ ガ ネ 山 進 産 業 (株) ヤ マ ト 特 殊 鋼 (株) 山 野 鋼 材 (株) 陽 鋼 物 産 (株) 菱 光 特 殊 鋼 (株) 渡 辺 ハ ガ ネ (株)

“特集” 編集後記

軸受および軸受用鋼の特集は、1998年、2003年に続き、最近では2009年に紹介され、8年ぶりの特集となります。軸受は摩擦抵抗を減らすことで効率的にエネルギーを伝達できるため、紀元前より重量物の運搬を中心に用いられてきました。産業革命以降、様々な機械の発展に伴い軸受も進化し、モータリゼーションにより飛躍的に発展してきました。

近年では、多種多様な環境に対応すべく、材料、熱処理、潤滑等に工夫がなされ、長寿命かつ信頼性の高い軸受が活躍しております。特に、鉄道車両用軸受や風力発電用軸受は、安全、メンテナンスフリーの観点から高い信頼性が求められることから、特殊鋼および軸受製品の製造において高い技術が導入されております。

自動車には100個を超える軸受が使用されておりますが、世界的な自動車生産の拡大による『増』と加速度的なEV化の流れによる『減』があり、軸受を取り巻く環境は今後益々変化していくことが

予想されます。

本号では、軸受業界の最新動向に加え、多くの産業で基幹部品として使用されている軸受の特徴や軸受を作るための最新技術について、軸受メーカー殿を中心に執筆頂きました。

また、軸受に使われる特殊鋼の技術動向とともに流通の観点からも解説頂いております。

軸受は私たちの身近な産業製品に多数組み込まれておりますが、直接見ることや触れることはほとんどありません。高効率なエネルギー伝達に加え、低振動・低騒音といった快適性に応えるべく、様々な製品の要として貢献していることを感じ取って頂ければ、編集委員として喜ばしく思います。

最後になりましたが、本特集号にご寄稿頂きました執筆者の皆様、また編集委員の皆様および事務局各位にこの場を借りて厚くお礼申し上げます。

〔山陽特殊製鋼株式会社 自産機営業部 西森 博〕

特 集 / IoT社会と特殊鋼

- I. 総論
- II. IoTへの各業界の取組み・製品での対応と課題・関連技術動向
- III. IoTに対する会員メーカーの取組み

3月号特集予定…特殊鋼のミクロ組織のやさしい解説

特 殊 鋼

第 66 卷 第 6 号
© 2 0 1 7 年 11 月
平成29年10月25日 印 刷
平成29年11月1日 発 行

定 価 1,230円 送 料 100円
1年 国内7,300円 (送料共)

発 行 所
一般社団法人 特 殊 鋼 倶 楽 部
Special Steel Association of Japan

〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町3丁目2番10号 鉄鋼会館
電 話 03(3669)2081・2082
ホームページURL <http://www.tokushuko.or.jp>

編集発行人 小 澤 純 夫
印刷人 増 田 達 朗
印刷所 レタープレス株式会社

本誌に掲載されたすべての内容は、一般社団法人 特殊鋼倶楽部の許可なく転載・複写することはできません。

「特殊鋼」誌第66巻索引

2017年1～11月

	号・頁
「平成29年新年挨拶」……………藤岡 高広	1・1
「ご挨拶」……………石黒 武	7・1
【年頭所感】	
「年頭に寄せて」……………糟谷 敏秀	1・3
「年頭所感」……………富永 真市	1・4
「さらなる連携強化とフレッシュな 人材の育成に努めます」……………佐久間 貞介	1・5
「更なる成長を目指して」……………西村 悟	1・6
「年頭所感」……………川 真一	1・7
「年頭所感」……………松岡 弘明	1・8
「年頭所感」……………立花 一人	1・9
「年頭所感」……………鈴木 卓	1・10
「変化をチャンスに」……………瀬尾 武久	1・11
【需要部門の動向】	
自動車工業……………西川 廣人	1・12
産業機械……………片岡 功一	1・14
【一人一題】	
「築地百年」……………中川陽一郎	3・1
「メタボ解消から見つけた趣味」……………碓井 達郎	5・1
「私の趣味（自転車）」……………小金澤秀男	7・2
「高みを目指して…」……………佐藤 公彦	9・1
「変革の時代に」……………兼塚 典明	11・1

■ 特集記事 ■

☆ 地球環境と特殊鋼

I. 総論	
地球温暖化問題への取り組み……………猪俣 明彦	1・18
II. 各産業分野における環境問題への最新の取り組み	
1. 運輸部門及び自動車産業における 地球温暖化対策……………小澤 純夫	1・22
2. 電機・電子産業……………齋藤 潔	1・27
3. 電力、エネルギー産業……………河上 豊	1・32
4. 日本鉄鋼連盟の地球温暖化対策への取組み ……………一般社団法人日本鉄鋼連盟	1・36
III. 各産業分野における環境対策紹介	
1. 地球環境保護に貢献するクリーンディーゼル： コモンレールを支える特殊鋼 ……………杉浦 慎也	1・40
……………小澤 正恒	
2. 日本の先進的高効率石炭火力技術で地球環境への 貢献……………資源エネルギー庁	1・43
3. 石炭火力での木質バイオマス高比率混焼による CO ₂ 削減の取り組み……………石黒 忠利	1・46
IV. 会員メーカーの環境対策紹介 ……………	1・50～1・58
愛知製鋼(株)、山陽特殊製鋼(株)、JFEスチール(株)、 新日鉄住金エンジニアリング(株)、大同特殊鋼(株)、 日新製鋼(株)、日本精線(株)、日本冶金工業(株)、 日立金属(株)	

☆ エネルギー産業で活躍する特殊鋼

I. 総論	
日本のエネルギー政策……………松野 大輔	3・2

II. エネルギー産業を支える特殊鋼製品

1. 化石エネルギー	
(1) 日本が世界に先駆けた超々臨界圧 火力発電ボイラ用鋼管 ……………伊勢田敦朗	3・8
(2) 掘削技術を支える特殊鋼 ……………仲 賢二	3・13
(3) 海底パイプライン……………井上 智弘	3・16
(4) 地球環境保護及び船舶の安全航行に貢献する 原油タンカー用耐食鋼及び船体用高延性鋼 ……………金子 道郎	3・19
……………市川 和利	
(5) 極低温での韌性に優れた LNGタンク用ニッケル鋼板 ……………小林 克壮	3・23
2. 再生可能エネルギーおよび送電	
(1) 風力発電装置に用いられる 軸受および軸受用鋼 ……………丸山 貴史	3・27
(2) 太陽光発電セル製造に使われる特殊鋼 ……………戸塚 寛	3・30
(3) 固体酸化物形燃料電池 インターコネクタ用鋼 ……………山村 和広	3・33
(4) 水素社会を支える特殊鋼 ……………渡邊 義典	3・36
(5) 変圧器の省エネ化に貢献する 鉄基アモルファス軟磁性合金 ……………中島 晋	3・39
(6) 高圧架空送電線に用いられる 高強度インバー合金線 ……………中間 一夫	3・43
……………松岡 知哉	

III. 会員会社のエネルギー産業に貢献する製品

……………大同特殊鋼(株)	3・46
---------------	------

☆ 1GPaを超える高張力鋼板(超ハイテン)と成形加工技術

I. 総論	
1. 高張力鋼板の動向と将来の展望 ……………瀬戸 一洋	5・2
2. 高強度鋼部材の成形法の動向 ……………森 謙一郎	5・6
II. 高張力鋼板と成形加工技術	
1. 冷間プレス用高張力鋼板とその特徴 ……………船川 義正	5・9
2. ホットスタンピング用鋼板とその特徴 ……………匹田 和夫	5・14
3. 冷間プレス成形と課題……………吉田ゆうざ	5・18
4. ホットスタンピング成形と課題 ……………網野 雅章	5・22
III. 高張力鋼板の成形に用いられる金型用鋼とその周辺 技術	
1. 冷間プレス金型用鋼……………庄司 辰也	5・26
2. 冷間せん断に適した金型用鋼 ……………増田 哲也	5・31
3. ホットスタンピング金型用鋼 ……………殿村 剛志	5・35
……………葉子 貴晴	
4. 冷間プレス金型用表面処理……………山下 広	5・39

