

2009

9

特殊鋼

The Special Steel ————— Vol.58 No.5

特集／軸受および軸受用鋼の動向



特殊鋼

9

目次 2009

【編集委員】

委員長	並木 邦夫	(大同特殊鋼)
副委員長	久松 定興	(中川特殊鋼)
委 員	福井 康二	(愛知製鋼)
ク 戒田 收	(神戸製鋼所)	
ク 西森 博	(山陽特殊製鋼)	
ク 中村 充	(新日本製鐵)	
ク 小山 隆治	(住友金属小倉)	
ク 稲垣 英利	(大同特殊鋼)	
ク 大久保直人	(日新製鋼)	
ク 大和田哲也	(日本金属)	
ク 小野 寛	(日本金属工業)	
ク 山崎 浩郎	(日本高周波鋼業)	
ク 足達 哲男	(日本冶金工業)	
ク 加田 善裕	(日立金属)	
ク 岡本 裕	(三菱製鋼)	
ク 中村 哲二	(青山特殊鋼)	
ク 池田 正秋	(伊藤忠丸紅特殊鋼)	
ク 岡崎誠一郎	(UEX)	
ク 石黒 賢一	(三興鋼材)	
ク 金原 茂	(竹内ハガネ商行)	
ク 甘利 圭右(平 井)		

【特集／軸受および軸受用鋼の動向】

I. 軸受業界の最近の動向…………… 日本精工(株) 木村 啓亮 2

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) | 樋口 博和 | 7 |
| 2. 風力発電用軸受 | (株)ジェイテクト | 安達 丈博 | 12 |
| 3. 鉄道車両用軸受 | (株)不二越 | 高野 浩二 | 15 |
| 4. ミニチュアベアリングの動向とユーザーニーズ | ミネベア(株) | 町田 進一 | 17 |
| 5. 直動案内 | THK(株) | 伊勢弦二郎 | 20 |

III. 最近の軸受製造技術動向

- | | | | |
|---------|------------------|-------|----|
| 1. 塑性加工 | NTN(株) | 世良 昌 | 23 |
| 2. 热処理 | (株)ジェイテクト | 平野 哲郎 | 27 |
| 3. 研磨 | 日本精工(株) | 鎌村 有宏 | 30 |
| 4. 鋼球 | (株)天辻鋼球製作所 (AKS) | 田中 泰樹 | 33 |

IV. 流通から見た軸受鋼

—現状と今後の課題—

三井物産スチール(株) 竹下 晴明 36

V. 最近の軸受用鋼の動向…………… 山陽特殊製鋼(株) 平岡 和彦 40

VI. 会員メーカーの軸受用鋼

- | | | |
|----------------------|-----------|----|
| 超清浄軸受鋼 (UF鋼) | (株)神戸製鋼所 | 44 |
| SP鋼：素材のもつ性能を極限まで追求した | | |
| 超高清浄度鋼 | 山陽特殊製鋼(株) | 45 |

金属の力。人間の情熱。

Maxis

株式会社マクシスコーポレーション

<http://www.maxis.co.jp>

大同特殊鋼の金型用材料

高韌性マトリックス型ハイス

DRM

ドリームシリーズ

JFEスチールの軸受鋼 JFEスチール(株) 46

高硬度・冷鍛用ステンレス鋼：DSR7／高硬度・高耐

食・高窒素ステンレス鋼：HNS-M 大同特殊鋼(株) 47

“特集” 編集後記 山陽特殊製鋼(株) 西森 博 48

●一人一題：「北京の春」..... (株)メタルワン特殊鋼 完倉 洋一 1

■業界の動き 49

▲特殊鋼統計資料 52

★俱楽部だより（平成21年6月21日～8月20日） 56

☆社団法人特殊鋼俱楽部 会員会社一覧 57

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)	軸受営業部 軸受CS室長
委員	宮本 裕嗣	新日本製鐵(株)	棒線営業部 棒線商品技術Gr.マネジャー
〃	稲垣 英利	大同特殊鋼(株)	特殊鋼事業部 特殊鋼商品開発部主任部員
〃	山崎 浩郎	日本高周波鋼業(株)	工具鋼本部 技術部 技術室担当次長
〃	加田 善裕	日立金属(株)	特殊鋼カンパニー技術部長
〃	岡本 裕	三菱製鋼(株)	技術管理部
〃	金原 茂	(株)竹内ハガネ商行	技術部長

豊富な実績、ノウハウを生かして“役立つ提案”をします！

お客様

VE提案

品質向上

素材から 製品まで
一貫加工

切削時間
短縮

管理工数
削減

重量
軽減

コスト
削減

VE提案

材料、製品設計から各種加工、完品迄対応いたします。

TA/YO STEEL MATERIALS

大洋商事株式会社

<http://www.taiyoshoji.co.jp>

ISO 14001 認証取得

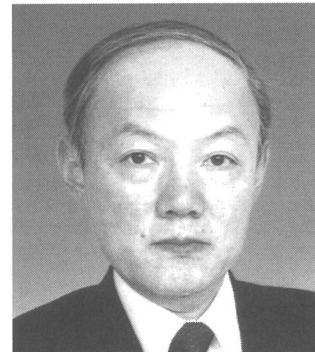
特殊鋼 鋳造品 鍛造品 加工 組立 電子材料
ITデバイス

本社 東京都中央区新富2丁目15番5号 (RBM築地ビル)
TEL. 03-5566-5500

一人一題

「北京の春」

(株)メタルワン特殊鋼 かん くら よう いち
取 締 役 社 長 完 倉 洋 一



2005年1月中旬、私は北京に赴任して零下5度の北京空港に降り立ちました。空港から市内に向かう車窓からは緑の全くない茶色一色の世界が広がっていました。日本では考えられないほど生物の息吹の全く感じられない無機質な世界でした。

市内を散策してみても、太陽は輝いているにもかかわらず、凍てつく乾いた空気が肌に痛いほどで、周りの風景はどこにも緑のかけらもない茶色の世界。それから約1ヶ月後に春節（旧正月）を迎えるわけですが、春節を境に北京の街は急速にその様子を一編させます。

3月に入り気温が上昇するにつれて、今まで枯れ木かと思っていた街路樹も緑の葉をつけ始め、二月蘭、桃、牡丹などの色彩豊かな花が市内や公園のあちこちで咲き乱れます。

今まで茶色一色の世界に慣れていた人々には待ちに待った春の訪れです。日本にいるときは常に緑に囲まれていたため、あまり春の訪れに感動したことなどない私でしたが、北京での初めての春は本当に感動的でした。見慣れた街が、毎日毎日その表情を変えていきます。それこそ、茶色一色のキャンバスの上に白やピンクなど色とりどりの花や緑の葉の絵を描くように、色彩に満ち溢れてきます。

平均気温を調べてみても、2月は零下2.2度、3月は4.5度、4月は13度、5月に20度と急速に暖かくなることが分かります。

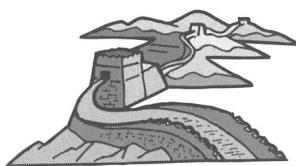
こうしたすばらしい北京の春に厄介者が2つあります。即ち、4月中旬になると「楊樹（ヤンシュ）」という樹木から出る綿毛の様な毛がフワフワと飛び廻り、北京の春の風物詩となっています。楊樹は北京の街路樹として高々と聳えている樹で、夏には厳しい日差しを遮って、心地よい日陰を与えてくれます。初めは粉雪が舞うようにフワフワ飛び廻る綿毛を幻想的と感じていましたが、洋服には付くし、吸い込めば咳き込むなど、中々厄介な代物でした。もっとも、ゴルフ場でグリーンの上にうっすらと積もっている時は、パッティング・ラインが読めて良いと冗談を言っていましたが、ゴルフ場の従業員が箒でしゃっちゅう掃かないといボールが転がらなくなって、プレーどころではなくなってしまいます。

そしてもうひとつの厄介者が黄砂です。4月のある日、朝起きると窓の外は黄色一色で、何が起きたのかと吃驚するほどです。

日本では白色の車が圧倒的に多いですが、中国では黒色の車が好まれます。このため、黄砂の日の北京の街には、黒色ならぬおはぎに黄な粉をまぶした様な異様な配色の車が、道路に積もった黄砂を巻き上げながら疾走しています。このため、春先の北京の街では、自転車で行きかう人々は、黄砂や楊樹の綿毛を防止するために頭からすっぽりとネットを被っていることが多く、これも異様な風景です。

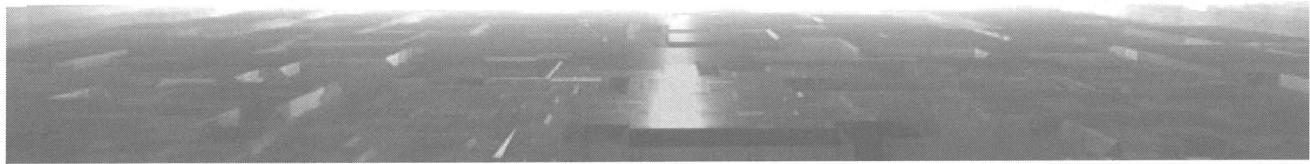
今から振り返ってみると、北京の春は3月から4月までの極めて短いものですが、長い「極寒の冬」と「猛暑の夏」の極めて厳しい季節の間の貴重かつ印象深い季節でした。

また、北京の感動的な春を過ごしてみたいと思っております。



特 集

軸受および軸受用鋼の動向



I. 軸受業界の最近の動向

日本精工(株) 木村 啓亮
技術企画室

まえがき

紀元前、古代の神殿や巨像、ピラミッドの巨石を運ぶそりの下に木の丸太をならべ転がり運動させている「転がりそり」のレリーフ・絵画を目にするが、この転がり運動を回転運動へ用いた転がり軸受は、レオナルド・ダビンチのスケッチの中に描かれているように、古い時代から実用化されている。

近年においては、産業、機械の発展・高度化とともに、転がり軸受においてもその機能は高められ、社会の利便性、快適性の要求を満たすべく、様々な機能を高度化させ発展してきた。また、環境への配慮や省資源、エネルギー問題が重要視さ

れる社会の中で低摩擦損失の要求は、より一層求められている。これからも転がり軸受は社会に貢献すべく発展していくであろう。その転がり軸受の業界動向を需要、生産、技術の観点から紹介したい。

◇ 転がり軸受の需要動向

転がり軸受は、転動体が玉の玉軸受ところのころ軸受とに大きく分類される。荷重を玉で受ける玉軸受（点接触）は、主に高速性、低振動（騒音）の用途に用いられ、ころで受けるころ軸受（線接触）は、耐荷重の要求がある用途で用いられることが多い。

それぞれの2008年度の国内における軸受販売高

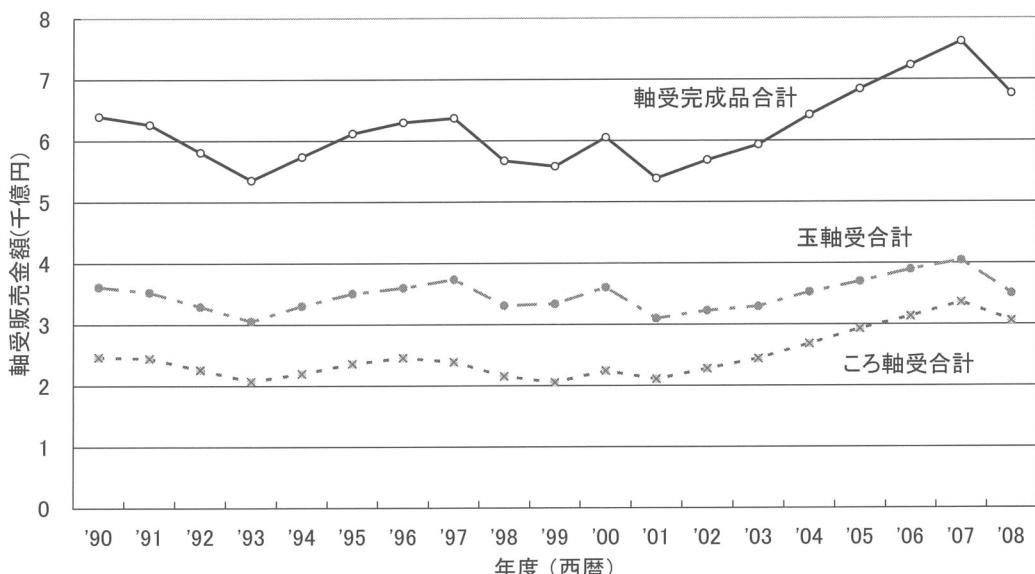


図 1 軸受販売金額推移

は、玉軸受が約3,500億円、ころ軸受が約3,000億円、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約200億円となっている。

転がり軸受の国内における販売高推移を図1に示す（通産省機械統計年報による）。

販売高は、1990年代前半のバブル崩壊、1990年代後半のアジア通貨危機、2000年代前半のITバブル崩壊の時期に、何れも大きく落込んでいることが分かる。ここ数年は2007年度に7,619億円と大きく増加をたどったが、昨年のサブプライム問題を起点とする米国発の経済危機の影響で2008年度には6,770億円と急激に落込んだ。産業の米と称される転がり軸受は、産業界の動向の影響を大きく受け易く、密接な関わりがあることがよくわかる。

転がり軸受の用途は、自動車、輸送機械、電気機械、精密機械、一般産業機械（鉄鋼・軽金属、土木建設、運搬用、農機、金属工作、繊維、製紙、化学、他）と様々な産業にまたがっており、世界の転がり軸受の需要は3兆円を超えると推定される。

産業別の需要を販売高比率でみると、次に示すとおり自動車の需要が飛び抜けて多く、自動車産業に依存していることがわかる。昨今はクリーンエネルギーの観点から注目を浴びている風力発電や各国の景気刺激対策によるインフラ投資から大型軸受の増加が見込まれる。

・自動車（自動二輪車含む）	40.0%
・電気機械	2.7%
・土木建設機械	2.3%
・精密機械	2.0%
・金属工作機械	1.8%
・運搬用機械	1.8%
・鉄鋼・軽金属	1.7%
・農業機械	1.3%
・輸送機械	1.3%
：	
・輸出	34.2%

（日本ベアリング工業会資料、国内軸受販売高から算出）

転がり軸受メーカは全世界で数百社あるといわれている。主要メーカにおいては2000年以降に企業間の統合、合併の流れがみられ、2002年には独

INAが独FAGを買収してシェフラー・グループとなり、2003年には米TIMKENがTORRINGTONを、2006年には日本のNTNが仏SNRを買収した。光洋精工は、工作機械メーカの豊田工機と合併しJTEKTとなった。

◇ 転がり軸受の生産動向 (国内メーカー海外生産状況)

国内の軸受メーカは、比較的早い1960年代から海外生産拠点の展開を行なってきており、1980年代までは北米、西欧を中心に展開してきた。1980年代に入るとアジアへの進出が始まり、特に1990年代は自動車関連をはじめとする顧客メーカの海外進出の影響と生産コストの削減を求め、ASEAN（タイ、マレーシア、インドネシア、フィリピン等）への進出が盛んに行なわれた。また、1990年代からは安い生産コストに加え、潜在市場として中国への進出がはじまり、2000年代には中国への生産移転が本格化し、更にここ数年においてはインドへの進出もみられてきている。今後も生産コスト、為替リスク、市場、顧客などの観点から最適地生産を求める海外への展開は更に進められていくものと思われる。

なお、この10年間の主要メーカの海外生産高は、国内生産高が「1998年4,997億円」から「2007年7,127億円」の1.4倍に対し、「2,168億円」から「3,776億円」と1.7倍にもなっている（日本ベアリング工業会資料による。）。

◇ 技術動向

転がり軸受は、比較的早い時期から形式、主要寸法、公差などにおいて標準化がなされ、現在は定格荷重、寿命、回転速度など、機能や用途の面からも規格化が進められている。ここでは、その技術的な動向に関わる最近の規格と軸受が使用される産業における特徴について紹介したい。

◇ 最近の規格の動向

転がり軸受における規格化の歴史としては、1920年代に軸受メーカの間で規格化の必要性が唱えられ、1930年代には基本寸法の規格化がISO（国際標準化機構）の前身ISA（万国規格統一協会）で制定されている。ISOが1947年に設立されると

ISO/TC 4として転がり軸受専門委員会が設置され、現在に至っている。

転がり軸受は特殊な用途のものを除くと、寸法、公差などは規格化された製品が大半を占めており、標準化が既になされている製品といえる。技術的な動向に関わる最近のISO規格の制定・改正としては、2003年に熱定格回転速度、2006年に静定格荷重、2007年に動定格荷重及び定格寿命、2008年に窒化けい素球について制定・改正されている。

〈熱定格回転速度〉

2003年に制定された、ISO 15312 “熱定格回転速度 (Thermal Speed Rating)” は、荷重、潤滑、放熱条件、周囲温度が規定された条件下で運転した際に、軸受の発熱量と外部への放熱量が平衡状態に達した際に軸受温度が70°Cになるような回転速度を定義している。

具体的には、以下のようになっている。

1. ラジアル軸受（接触角0～45°）は、ラジアル荷重を静定格荷重の5%負荷、潤滑は油浴にて鉱油ISOグレードVG32、周囲温度20°Cの条件下で軸受外輪が70°Cになるような回転速度。
2. スラストころ軸受（接触角45°を超える～90°）は、アキシャル荷重を静定格荷重の2%負荷、潤滑は油浴にて鉱油ISOグレードVG68、周囲温度20°Cの条件下でハウジング軌道盤が70°Cになるような回転速度。

これまで許容回転速度を軸受転動体中心間距離 D_{pw} と回転数 n とを乗ずるなどの概念や経験的なもので各社において設定されていたが、熱定格回転速度は回転速度を定量的な条件下において定義している。なお、ISO規格を基にJIS化が現在検討されている。

〈静定格荷重〉

2006年に改正された、ISO 76 “静定格荷重 (Static load ratings)” は、転動体と軌道との接触部に生ずる永久変形に対し、安全に使用できる限度を示す静安全係数 S_0 という指針を新たに示している。今までメーカーによっては独自に同様な安全係数をカタログ等に記載していたが、規格化はされていなかった。

静安全係数 S_0 は、(静定格荷重 C_0) / (静等価荷重

P_0) で求められ、以下の3指針に分けられている。

- ・静肅な回転が要求される用途：
玉軸受2以上、ころ軸受3以上
- ・衝撃荷重を受ける用途
；玉軸受1.5以上、ころ軸受3以上
- ・通常の回転用途
；玉軸受1以上、ころ軸受1.5以上

なお、ISO 76:2006に基づくJIS B 1519が2009年3月に改正発行されている。

〈動定格荷重及び定格寿命〉

2007年に改正された、ISO 281 “動定格荷重及び定格寿命 (Dynamic load ratings and rating life)” では、90%の軸受が転がり疲れによるフレーキングを起こすことなく回転する定格寿命(L_{10})に疲労限度、汚染度や潤滑油粘度という概念から表面起点はく離の考えを導入した具体的な寿命推定の計算方法が規格化されている。これにより、従来では寿命推定が難しかった異物が混入する汚染環境などの様々な使用環境で使用される転がり軸受の寿命推定の精度が向上した。また、99.95%までの信頼度を考慮した定格荷重の推定を可能としている。

新規格は、信頼度係数 a_1 と、寿命修正係数 a_{ISO} にて補正され、 $L_{nm} = a_1 \cdot a_{ISO} \cdot L_{10}$ で与えられている。信頼度係数 a_1 には、99.95%までの値が規定されている。 $(a_1 : 90\% = 1.0, 95\% = 0.64, 99\% = 0.25, 99.95\% = 0.077)$

寿命修正係数 a_{ISO} は、汚染度係数 e_c 、疲労限荷重 C_u 、動等価荷重 P を変数とする関数 ($e_c \cdot C_u / P$) と潤滑油粘度の比 κ により与えられており、これらは形式毎に計算式とグラフによって示されている。

これにより、従来では寿命推定が難しかった異物が混入する汚染環境などの様々な使用環境で使用される転がり軸受の寿命推定が可能となった。

〈窒化けい素球〉

最近の機器の高機能・高性能化に伴い、窒化けい素（セラミックス）を玉（以下、窒化けい素球）に用いた転がり軸受が広く使われるようになってきた。転がり軸受用玉に関するISO規格はISO 3290:2001の鋼球のみであったが、それを2部編成に分割し、2008年にISO 3290-2 “窒化けい素球 (Ceramic balls)” が新たに制定された。同時に

ISO 3290-1 : 2008 “鋼球（Steel balls）”が制定されている。

窒化けい素球の規格は、製品規格と材料規格に分けて規格化され、材料については、ISO 26602 : 2009が制定されている。製品規格としてISO 3290-2 : 2008が制定されたが、寸法や公差などの規格は鋼球の規格に準じて制定されている。ただし、玉の呼び直径は実績に合わせ0.3mm～57.15mm(2 1/4")、等級はG100までとなっている。JISにおいてもJIS B 1563 : 2009 “転がり軸受－窒化けい素球”として製品規格が、JIS R 1669 : 2006 “ファインセラミックス－転がり軸受球用窒化けい素材の基本特性及び等級分類”として材料規格が、制定されている。

◇ 軸受の使用される産業における特徴

転がり軸受に対する要求機能は多岐にわたる産業への対応から多様化している。寿命や信頼性に加え、メンテナンスフリー、高精度、低騒音・低振動、耐食性、耐熱性、高速化、省スペース高容量化等であり、これらの要求に応えるべく各メーカーにおいては、設計、生産の機能の向上を図っている。

冒頭に述べたように、需要の多い自動車、続いて電気機械に用いられる転がり軸受（以下、軸受）の特徴（要求機能）について触れてみたいが、自動車用軸受においては後章に任せて、ここでは電気機械用軸受について紹介したい。

◇ 電気機械用軸受

電気機械の産業において代表とされるものにはモータ（電動機）がある。モータは様々な分野に幅広く用いられ、多種多様な形式が存在している。（家電、空調、情報機器、工業用ロボット、工作機械、ポンプ、コンプレッサなど、）

一般家庭で使用される、身近な家電製品に用いられているモータ等においても転がり軸受が多数使用されている。一般消費という製品の特徴からコストと汎用性の観点から、深溝玉軸受が用いられることが多いが、家庭内で使用されるため機能の高度化も求められてきた。ここでは馴染みのあるエアコンなどに代表される空調用ファンモータ、クリーナモータ（掃除機）、洗濯機における

電気機械用軸受の特徴を一部述べる。

〈空調ファンモータ用軸受〉

生活様式の変化に伴ない、夜間就寝時の空調や空気清浄機の使用、集合住宅における24時間換気や空調などから、エアコン、換気扇、空気清浄機などに用いられるファンモータはファンの風切り音の低減とともに静肅性の要求が強く、モータの騒音の一要因となる転がり軸受には低騒音（低振動）であることが求められる。

軸受から発生する騒音（振動）でもっとも基本的な音はレース音と呼ばれるもので全ての転がり軸受において発される。レース音の大きさは軸受の軌道輪における軌道面や転動体の転動面の精度（粗さやウネリ）が影響するため、これらの部品精度の向上により、図2に示すような騒音の低減が実現してきた¹⁾。

レース音が低減されたことにより、一方で微小なキズや保持器の振動による騒音が耳障りな音として取り上げられるようになり、加工や取り扱いにより発生する微小なキズの対策、保持器設計の高度化などが行なわれている。

近年、エアコンファンモータを始め各種機器において、インバータ制御が一般的に導入され、軸受の軌道面へ電食が発生する損傷が見られている。これは、インバータの制御周波数（キャリア周波数）の高周波化により、高周波な電流が軸受内を流れることで発生するため、絶縁材の窒化けい素球（セラミックボール）を転動体に使用するなどの対策が取られている。しかし、窒化けい素球は、素材が高価な上、加工も容易でないことからコスト要求の強いエアコンファンモータ等では

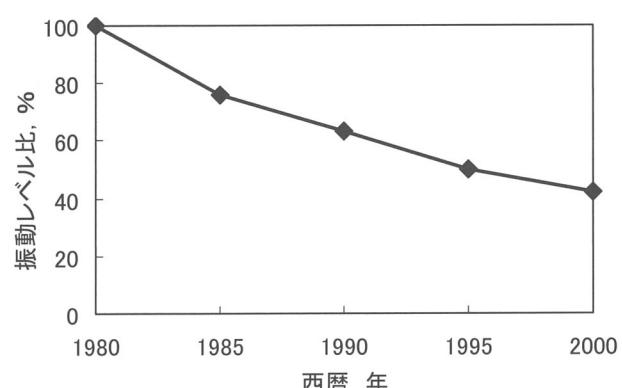


図 2 ファンモータ用玉軸受（608）の振動レベルの推移

普及が始まったばかりである。

〈クリーナモータ用軸受〉

電気掃除機は、羽（フィン）を40,000回転/分以上の高速で回転させ、空気を吸引しゴミ、ダストを集めている。フィンはモータに直結されているため、モータに用いられる軸受は高速回転でフィンを支持することが求められている。

軸受は高速回転するために高速での焼付きによる寿命低下に対し、潤滑グリースの最適化や、軸受の最適設計（ボール径、ボール数の変更等）を行なっている。

モータはブラシモータが採用されることが多いため、ブラシ摩耗粉が軸受内部に侵入し寿命低下を引起すくないように軸受の防塵性、密封性が求められる。密封板のシール（接触形ゴムシール）接触部のリップ形状やシールド（非接触金属シールド）と軌道輪のクリアラン部などにおいて設計の高度化が進められている。

また、高速で回転するため軸受の摩擦損失がクリーナの消費電力に与える影響は少なくなく、今後も低摩擦損失の要求は強くなっていくものと思われる。

〈洗濯機用軸受〉

従来、縦型2槽式や1槽式（全自動）洗濯機は底部に取付けられた、水流を発生させる羽根（パ

ルセータ）をベルトにて駆動させていたが、近年、環境への配慮により節水や低騒音を目的として横型、斜め型のドラム式洗濯機が増加している。

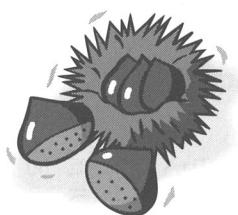
一般に国内のドラム式は、ドラムと回転させるモータが直結されており、軸受は省スペースを目的として薄形化が求められている。これに対し、欧州のドラム式はベルト駆動が大半を占めており、駆動トルクを増大させる必要性からモータは高速で回転するため、その軸受は高速回転時の低騒音（振動）が求められる²⁾。

むすび

以上、軸受業界の最近の動向について本誌編集部の要請で解説した。古くから実用化、標準化されてきた転がり軸受であるが、社会の発展のためには、その機能を今後も高度化させていく必要がある。また、環境への配慮や省資源の要求、エネルギー問題の深刻化に伴い、転がり軸受への期待はさらに高まるものと思われる。

参考文献

- 1) 野田万衆、低騒音・低振動化に貢献する商品・技術、NSK Technical Journal No.672 (2001)、61.
- 2) 山本篤弘、石和田博、家電用玉軸受の動向、NSK Technical Journal No.683 (2009)、35.



II. 最近の軸受の動向とユーザーニーズ

1. 自動車用軸受

N T N (株) ひ 桶 ぐち ひろ 博 和
自動車商品本部 口 博 和

まえがき

自動車用転がり軸受には主に特殊鋼が使用されている。その軸受の最近の動向とユーザーニーズについて纏めた。近年、環境問題に端を発して、自動車には低燃費化の要求が非常に強くなっている。すなわち、軸受に対しては小型・軽量化と低トルク化が要求される。

本稿では、自動車の各部位における上記ニーズに応える代表的な軸受を紹介する。

◇ 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軸受（図1参照）で、複数の形式（表1参照）がある。

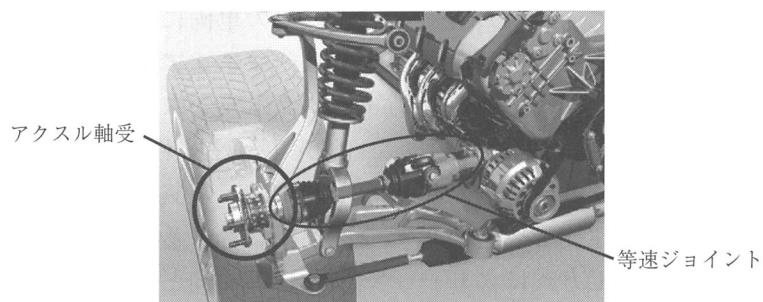


図 1 アクスル軸受及び等速ジョイントの取付位置

表 1 世代別アクスル軸受の構造と特徴

		1世代	2世代	3世代
構造	駆動輪			
	従動輪			
特徴	2個の軸受を一体化		相手部材との取付部を外輪と一体化	相手部材との取付部を外輪及びハブ輪と一体化

1970年代までは標準軸受を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1980年代からユニット化が進み、まず2個の軸受を一体化した1世代軸受が登場し、その後更に、周辺部品への取付部（フランジ）を軸受軌道輪と一体化させた2世代や3世代への移行が進んだ。現在は3世代が主流となりつつあるが、特に新興国で生産される軽・小型自動車にはまだ1世代の適用が多く見られる。

今後は、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、自動車メーカーの小型軽量化に関する要求水準が益々強くなる様相である。これに対し当社は、FEM解析を駆使した設計、従来とは異なる塑性加工や熱処理の適用、それに適した材料の選定により、必要な強度・耐久性・加工性を確保しつつ重量を大幅に削減できる技術や製品を開発しており以下に紹介する。

- 1世代については図2のような開発例がある。通常、1世代の軌道輪には軸受鋼が使用され、鍛造後に旋削と熱処理を施し研削加工で仕上げられる。これに対し本開発品は、軌道輪の成形に精密塑性加工を適用し旋削工数を削減した。本加工方式により一様に薄肉形状とすることができ、従来比約12%の重量削減が可能となった。
- 3世代においては、図3のようなトポロジー最適化手法（FEM解析を進化させた手

法）を用いてフランジ一体軌道輪の最軽量設計を行い、軸受重量を従来よりも約30%削減した例（量産中）がある。通常、フランジ一体軌道輪は、成形性から軸受鋼でなく中炭素鋼が適用され、軌道面は高周波焼入で硬化される。そのため内部は軟らかい。内部組織を強化するため特殊熱処理を施し疲労強度を向上させ、小型軽量化に繋げている例（量産中）もある。

- 当社では3世代の次に来る次世代モジュール製品として、アクスル軸受と等速ジョイントを一体化させたハブジョイントの開発（図4）も行っている。プレスカットと称する新しい接合方法で両部品を一体化し、約12%の重量削減が可能となる。

◇ トランスミッション用軸受

従来の車両に搭載されているトランスミッションは、マニュアルトランスミッションとオートマチックトランスミッションに分類される。近年ではCVTと呼ばれる無段変速機も多く普及してきた。一方、電気自動車には、減速比が固定の減速機が搭載される。

最近の傾向として、各トランスミッションの形式を問わず、低フリクション化の目的から低粘度油が使用される事と、車両重量軽減のためのトランスミッションの小型・軽量化、特にエンジンルーム内への搭載性によりトランスミッション全

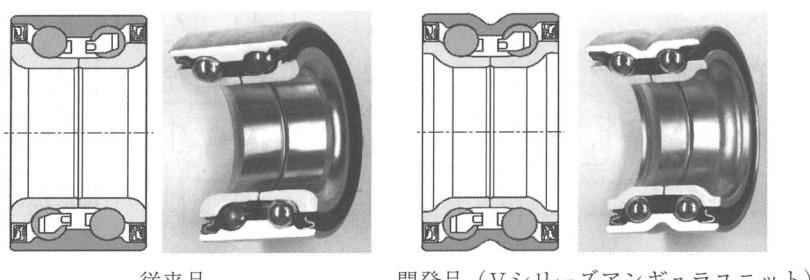


図 2 1世代 従来品・開発品の構造比較

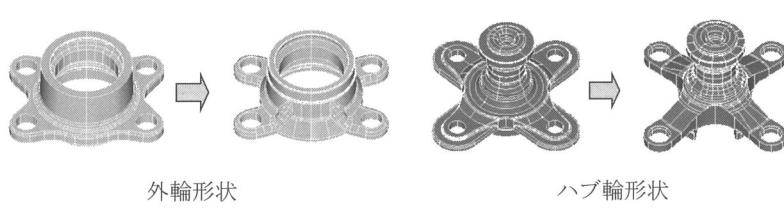


図 3 3世代アクスル軸受 フランジ一体軌道輪の軽量化

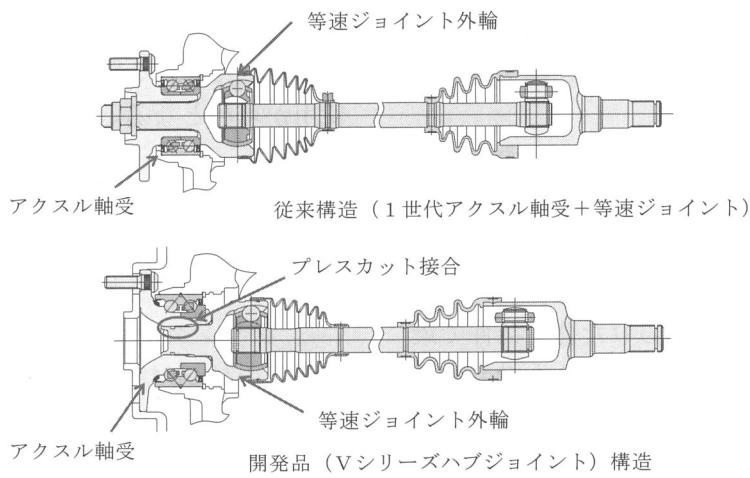


図 4 アクスル軸受と等速ジョイントの従来構造と開発品構造

長の短縮化が求められている。

また、オートマチックトランスマッisionでは、多段化に伴う高速対応も求められている。

トランスマッisionには、深溝玉軸受、円筒ころ軸受、円すいころ軸受、針状ころ軸受等が多く使用される。前述のニーズに伴い、軸受にも小型・軽量となる長寿命、低トルク、高速対応が要求されている。

〈長寿命化〉

トランスマッision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。その特性を得るために色々な熱処理技術を適用した軸受がある。

1. 残留オーステナイトを多くし転動寿命を向上 (TM処理)

高炭素クロム軸受鋼を焼入れした場合、焼入れ加熱温度にもよるが、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。

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成した浸炭性ガスにアンモニアガスを5~15%添加した雰囲気中でCとNを同時に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。

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。

〈低トルク化〉

転がり軸受は、元々摩擦トルクが非常に小さいものである。しかし、更に小さくする要求があり、以下の軸受を開発した(図5)。

1. 深溝玉軸受の鋼板製保持器の形状を工夫す

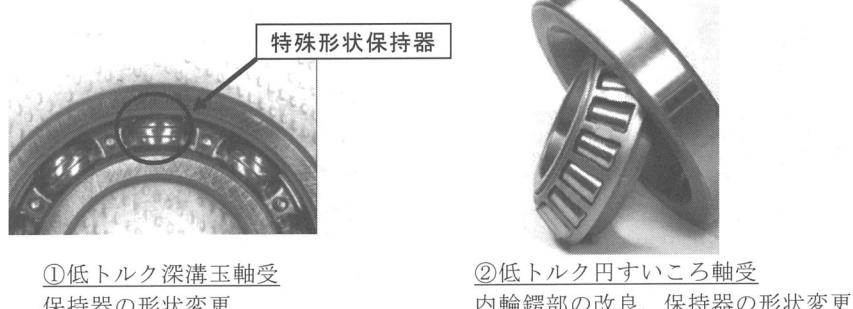


図 5 低トルク軸受

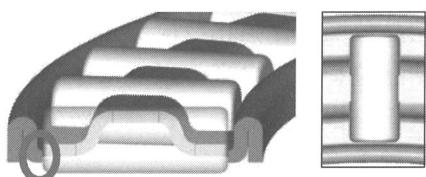
- ることにより、鋼球と保持器の抵抗及び潤滑による攪拌抵抗を小さくし、摩擦抵抗を低減させた軸受。
- 円すいころ軸受の内輪閣部を改良することによるすべり抵抗の低減、保持器形状変更による潤滑油の攪拌抵抗を低減する技術等を組み合わせて、摩擦トルクを大幅に小さくした軸受。又、与えられた荷重条件で最も摩擦トルクが小さくなるような軸受内部諸元（接触角、ころの仕様等）を自動的に決定することが可能な「円すいころ軸受最適設計プログラム」を開発し活用中である。

〈高速対応化〉

近年のオートマチックトランスマッションは、燃費低減やスムーズな加速フィーリング実現の為に多段化（5～8速）の傾向にある。

その中で、多数使用されているスラスト針状ころ軸受は、従来に比べ高速回転で使用されることが多い。そのニーズに対応するため、図6の高速対応スラスト針状ころ軸受を開発した。

ころの端面と保持器との接触を点当たりとし、



現行スラスト針状ころ軸受
ころフラット端面の一部と
保持器ポケット端面が接触

遠心力によってころが保持器に押付けられて発生する発熱や摩耗を防止することにより、高速での使用が可能となる。

◇ エンジン用軸受

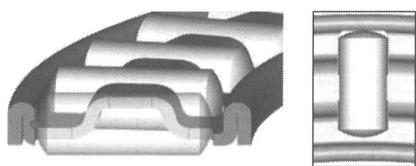
低トルク化を目的に、従来はすべり軸受が使用されていた部位を転がり化することが検討されている。クランクシャフトやカムシャフトは構造上、一体形の軸受が組込めないため、新しいタイプの割り形軸受を開発した（図7）。

クランクサポート用は、削り出し外輪を分割したものに分割保持器を内蔵している。カムシャフト用は、分割したシェル外輪に一つ割り樹脂保持器付き針状ころを内蔵している。

従来、滑り軸受であった部分を転がり化することによって、トルク低減だけでなく、潤滑オイルの供給量を少なくすることができるため、オイルポンプの小型化も可能である。

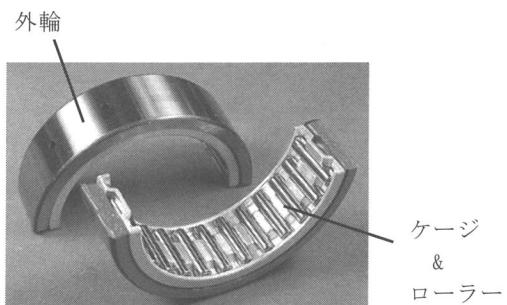
◇ 電装・補機用軸受

オルタネータ、カーエアコンコンプレッサ等に代表される自動車の電装・補機に関しても、近年

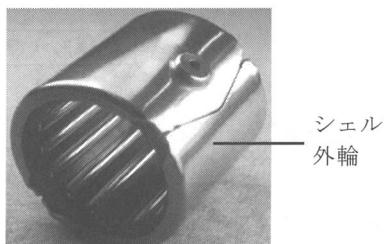


高速対応スラスト針状ころ軸受
保持器外環内周面ところ曲率端面が
接触

図 6 高速対応スラスト針状ころ軸受



クランクサポート用
二つ割り軸受



カムシャフトサポート用
シェル形二つ割り軸受

図 7 エンジン用針状ころ軸受

の自動車の低燃費化に伴い、小型・軽量化が進んでおり、軸受も同様に小型・軽量化が要求されている。しかしながら、長寿命を維持しつつ、更なる軽量・コンパクト化が課題である。

以下に電装・補機用軸受に関して長寿命化技術の一例を紹介する。

〈脆性剥離対策特殊鋼〉

電装・補機用軸受では通常の疲労剥離よりも短い時間での剥離が散見されることがある。原因是鋼中への水素侵入によるものであり、この現象をNTNでは脆性剥離（図9）と呼び、脆性剥離に対する長寿命材の開発を行ってきた。

本特殊鋼はSUJ2（軸受鋼2種）と比べ、C量を少なくし、Cr量を多くした耐脆性剥離材である。鋼中への水素侵入を防止する目的でCr量を多くしている。Crは鋼の表層で空気中の酸素と結合し、不動態膜を生成する。この不動態膜により鋼中への水素侵入を防止することが出来る。以下に

本耐脆性剥離材の脆性剥離に対する長寿命効果（表2、図8）を示す。図10に耐脆性剥離材の未剥離での金属組織を示す。標準SUJ2に対して約5倍の長寿命を有する。

むすび

今回、紹介したのはごく一部の軸受である。その他にも様々な軸受が自動車には使用されている。

機械要素の中の一つである軸受において、特殊鋼は非常に重要な役割を果たしている。今後、更なる小型・軽量化のための長寿命化技術が必要である一方、特殊鋼と言えどもグローバルな観点から、世界中のいずれの地域でも入手でき、熱処理が容易であることも重要である。NTNでは今後も様々な課題を克服し、環境問題という世界的な課題に対応するため、日々、開発を推進していく所存である。

表 2 脆性剥離試験条件

試験軸受	6303
荷重	3.2kN
回転速度	0 ⇄ 18,000r/min (1サイクル30s、加減速時間 各1s)
温度	雰囲気温度：室温
計算寿命	$L_{10h} : 44.3h$

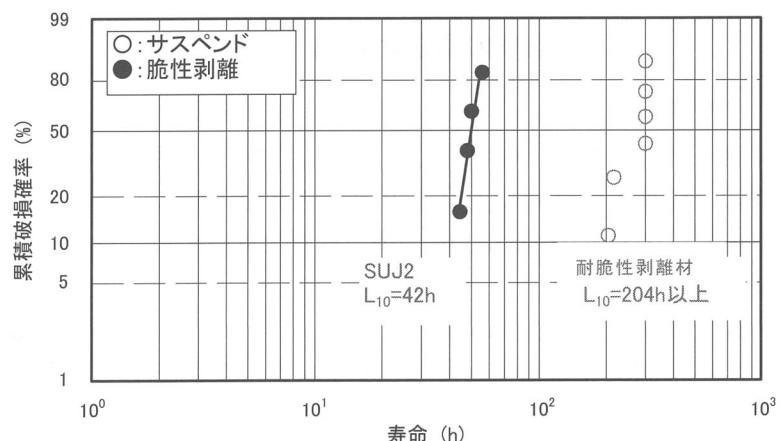


図 8 脆性剥離試験結果

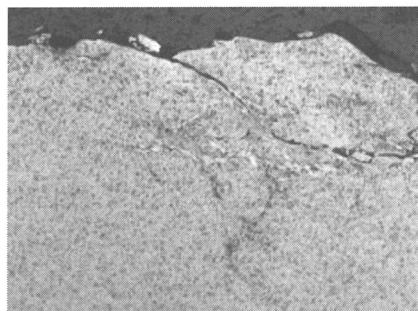


図 9 剥離組織 (SUJ2代表例 $\times 200$)

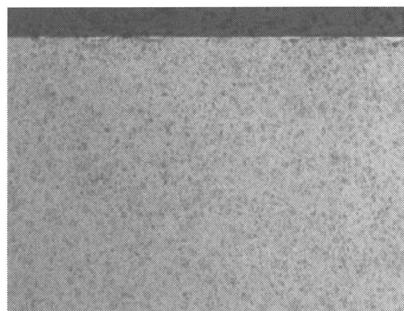


図 10 未剥離組織 (耐脆性剥離材 代表例 $\times 200$)

2. 風力発電用軸受

(株)ジェイテクト
産業機器技術部
安達丈博

まえがき

近年、地球温暖化の原因となる二酸化炭素を排出しない自然エネルギーの利用に関心が高まっている。中でも風力発電装置（以下、風車）が欧米を中心に飛躍的に拡大している。2008年の新規導入量は約28GW¹⁾、世界の累積導入量は2008年末で122GW¹⁾に達し、世界の電力需要の1.3%¹⁾をまかなっている。また、過去5年間の年平均成長率は約27%¹⁾となっており、2013年までの予測でも年平均約16%¹⁾の成長が見込まれている。

今回はその風車の動向および風車用軸受について紹介する。

◇ 風車の構造と動向

一般的に風車は、ブレード（羽根）で風を受けてロータを介して主軸が回転し、その回転を増速機にて発電可能な回転速度まで増加させ発電機にて発電する構造を採用している（誘導発電機タイプ）。

図1に風車の構造を示す。

現在は誘導発電機タイプ（増速機付き）が主流であるが、一部には同期発電機タイプ（増速機

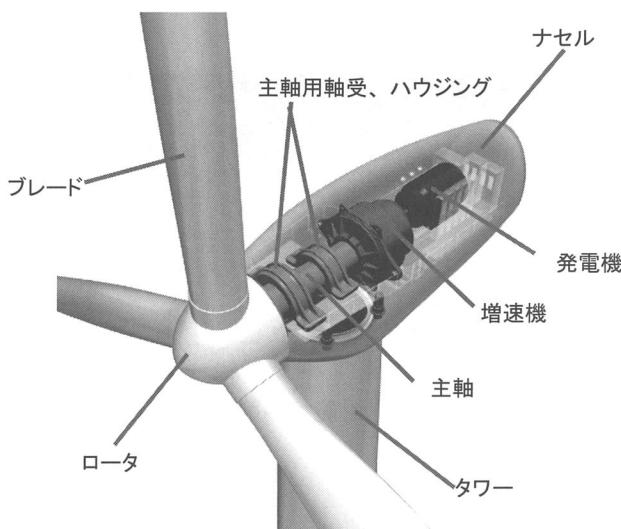


図 1 風車構造図

がないダイレクト発電方式）の風車もある。また、風車はより一層の発電量を得るために、大型化してきており、現在では2MWクラス（1.5～2.5MW）が主流となっている。また、洋上もしくは陸上でも運搬、据付工事に制限の無い場所では5MWクラスの風車が導入されている。このように大型化する風車の設置コスト及び製造コストを抑制することが、今後さらに風車を促進するために重要であり、軽量、コンパクトな風車の開発が必要となっている。そのため、主軸部と増速機部をユニット化したタイプや増速機と同期発電機を組み合わせたタイプ（マルチブリッド）も採用されている。

これら風車の環境貢献度を2008年の全世界の導入量（約28GW）で考えると、CO₂削減量約2,600万トンにもおよぶと推定され、石油火力発電所の石油消費量に換算すると、約142億リットル（ドラム缶約7,110万缶）に相当する。

◇ 風車用軸受

風車用軸受は設計寿命20年の高い信頼性が要求される。また、秒単位で変動する回転速度、荷重を考慮し、さらに周辺構造の剛性を加味した解析を行い、コンパクトで高剛性な軸受を開発する必要がある。今回は、数多く使用されている軸受の中で、特に主軸、増速機、発電機用の軸受について紹介する。

1. 主軸用軸受

主軸用軸受は、ロータを介して風による荷重を負荷し、回転トルクを増速機に伝達する重要な部位であり、様々なタイプがある。主軸用軸受として主に採用されているのは調心性、耐荷重性に優れている自動調心ころ軸受である。

図2に主軸用軸受（自動調心ころ軸受）の3Dモデルを示す。

軸受選定にあたっては、国際的な審査および検査機関であるジャーマンロイド（Germanischer Lloyd : GL）の規格値²⁾が基準となっている。以

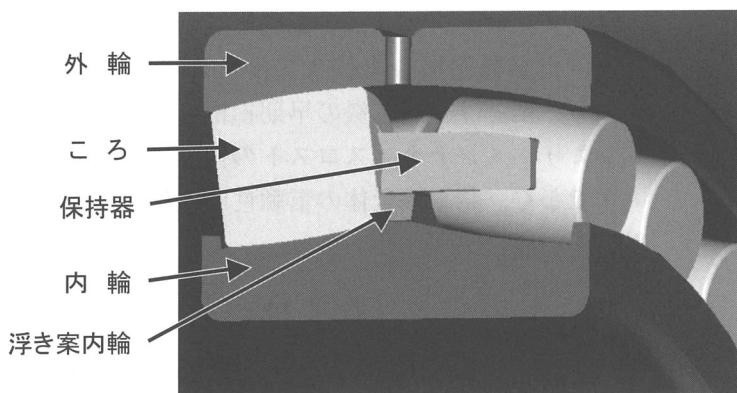


図 2 主軸用軸受（自動調心ころ軸受）3Dモデル

下にその内容を示す。

静的強度

静的安全率 : f_o

$$f_o = C_o / P_o$$

P_o : 最大静等価荷重 (kN)

C_o : 基本静定格荷重 (kN)

判定基準 : $f_o \geq 2.0$

動的強度

提示された変動荷重から等価荷重を算出し、ISO寿命式を基に計算する。その際にGLの要求である軸受内部諸元、軸、軸箱剛性等を考慮した寿命を導き出し、下記寿命式にて算出する。

軸受計算寿命 : L_h

$$L_h = a_1 \cdot a_{DIN} \cdot L_{10}' \text{ (hr)}$$

a_1 : 信頼度係数 = 1.0

a_{DIN} : 寿命修整係数 (下記①考慮)

L_{10}' : 補正寿命 (下記②～⑥考慮)

寿命修整係数 (a_{DIN}) に考慮必要な項目

①運転時の潤滑油粘度と清浄度

補正寿命 (L_{10}') に考慮必要な項目

②軸受内部諸元

③運転時軸受内部すきま

④軸受、軸、軸箱の剛性

⑤転動体荷重分布

⑥ころと軌道の形状を考慮した軸方向の面圧分布

判定基準 : $L_h \geq 175,000 \text{ hr}$ (20年以上)

2. 増速機用軸受

増速機の構造はキャリア、遊星ギヤ、低速軸 (サンギヤ)、中間軸、高速軸で構成されており、一

般には遊星 1 段 + 平行 2 段である。増速機用軸受は、主軸から伝達された回転トルクによるギヤの噛み合い荷重を負荷し、発電可能な回転速度まで増速される。その出力軸の回転速度は約1,800r/min.となる。その中で遊星ギヤ部は高いトルクが負荷されるため、遊星ギヤの剛性を考慮した検討が必要であり、その剛性向上のため軸受のインテグラル化 (軸受外輪と遊星ギヤ一体化) を図った構造が増加している。高速軸では高回転速度、低荷重条件も考慮した検討、評価が必要である。また、潤滑はギヤ部と共に用いるため、潤滑方法、潤滑剤の選定およびそのフィルトレーションが重要である。

軸受の選定に当たっては、米国歯車製造者協会 (American Gear Manufacturers Association : AGMA) がその選定基準³⁾を示している。主軸の場合と同様、軸受の内部諸元、軸、軸箱の剛性および潤滑を考慮した寿命検討が要求されている。また、AGMAでは使用部位毎にころと軌道の最大接触面圧値および最低必要寿命が設定されている。以下にその内容を示す。

(1) 最大接触面圧値

高速軸 1,300MPa、中間軸 1,650MPa

低速軸 1,650MPa、遊星ギヤ 1,450MPa

キャリア 指定なし

(2) 最低必要寿命

高速軸 30,000hr、中間軸 40,000hr

低速軸 80,000hr、遊星ギヤ 100,000hr

キャリア 100,000hr

3. 発電機用軸受

風車の発電機に使用される軸受では電食 (回転中の軸受の内部に電流が通過した場合、転がり接触部の非常に薄い油膜を通してスパークが発生し、表面が局部的に溶融する現象) による損傷が発生しやすく、故障の原因の一つになっている。そのため転動体に絶縁性能に優れたセラミックを使用した絶縁セラミック軸受が採用されている。写真1に絶縁セラミック軸受を示す。本軸受構造は、外輪への皮膜 (セラミック溶射皮膜、樹脂皮膜) による軸受での絶縁、従来構造であるハウジングでの絶縁に比べると、以下の長所がある。

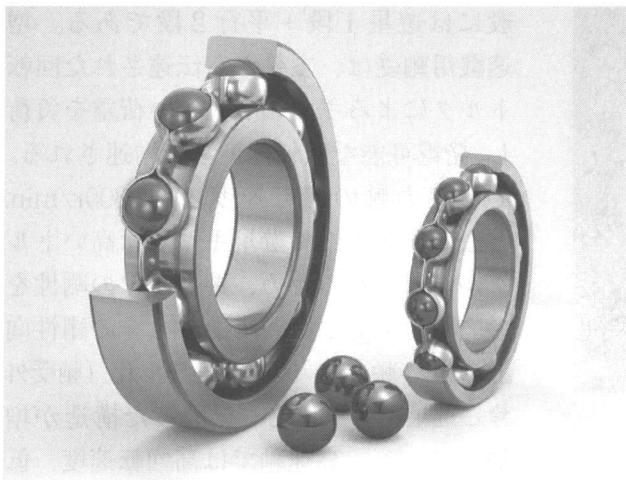


写真1 絶縁セラミック軸受

- (1) 長期間安定した絶縁性の維持
- (2) 軸受組み込み時の取り扱いやすさ
- (3) 低昇温による潤滑剤（グリース）の寿命向上

特に従来の軸受であれば、電食発生により早期に交換必要であったものが、絶縁セラミック軸受を採用することにより、その優れた絶縁性能が電食の発生を防止する。大型化する風車のナセルは地上より100m前後の高所に設置されるため、軸受損傷によるその交換作業は著しく困難となり大

幅なメンテナンスコストを発生させ、また長期間の停止が発電機会の損失につながる。絶縁セラミック軸受は、発電機の早期損傷を防止することにより、メンテナンスコストの低減を図れるばかりでなく、発電機全体の信頼性向上に大きく貢献している。

むすび

米国のグリーンニューディール政策に代表されるように世界中の自然エネルギーの利用はさらに加速していくと考えられる。その中で風車の果たす役割は大きく、文中でも述べている通り、今後益々大型化していく中で、風車という用途にマッチした軽量、コンパクトで高い信頼性を持った軸受を開発することが重要である。また、増大するメンテナンスコスト低減のため、軸受および潤滑剤の状況をモニタリングする予防保全技術の精度、信頼性向上も必要である。

参考文献

- 1) BTM Consult ApS : World Market Update2008.
- 2) Germanischer Lloyd : Guideline for the Certification of Wind Turbines Edition 2003.
- 3) ANSI/AGMA/AWEA 6006-A03 : Standard for Design and Specification of Gearboxes for Wind Turbines.



3. 鉄道車両用軸受

(株) 不二越 たかのこうじ
部品事業部 技術一部

まえがき

鉄道は、大量輸送手段のひとつとして発展してきましたが、地球環境保護の面からもエネルギー効率の高い交通手段として評価されています。また、その営業速度は高速の一途をたどっており、現在では新幹線で300km/hに達しています。

2008年11月30日、初代の新幹線車両「0系」電車が44年間の営業運転を終了し、また多くの鉄道ファンに見送られて同年12月14日「さよなら運転」が行われました。1964年に「時速200km、東京 ⇄ 新大阪4時間」をキャッチフレーズに登場した0系は、その翌年には世界最速の営業運転速度210kmを達成しています（東京 ⇄ 新大阪 3時間10分）。

鉄道車両用軸受においては、多くの人命を高速で輸送することから、信頼性が最重要視され、材料面についても転がり疲労寿命の信頼性が要求されます。

鉄道車両用軸受の代表的なものについて、以下に紹介します。

◇ 車軸用軸受

車軸用軸受は、車軸の両端に配置されており、軸箱および台車を介して車体の重量を支えていま

す。

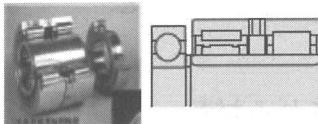
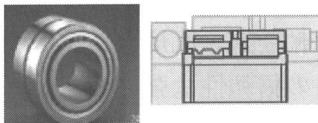
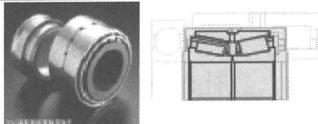
使用される軸受の代表品種としては、複列の円筒ころ軸受もしくは複列の円すいころ軸受であり、それらの潤滑方式は油浴のオイル潤滑もしくはグリース密封潤滑となっています。どちらの軸受品種、潤滑方式を採用するかは、車両の種類・運転速度・保守性によって選定されています

特に高速化・大量輸送化への対応によって、軸受品種も変遷してきました。新幹線用の車軸軸受変遷の例を図1に示します。車軸軸受には、車体・人員による重量の上下方向荷重とカーブ等に負荷される横方向の荷重を支えることが要求され、当初は上下荷重を円筒ころ軸受、横方向荷重を玉軸受で受けしていましたが、円筒ころ軸受の内輪につばを付けることで、そのつばで横方向荷重を受けることができるようになります。玉軸受が不要となり、軽量化・車両の高速化に寄与することができました。最近では円すいころ軸受の採用によりコンパクト化が可能となり、さらに軽量化が進んでいます。

◇ 駆動装置用軸受

一般的に歯車装置内には大歯車と小歯車があり、それぞれの歯車を支える軸受として円すいこ

図 1 新幹線用車軸軸受変遷の一例

	形式	形状	重量	速度
0系新幹線	複列円筒ころ軸受 + 深溝玉軸受		13Kg + 55Kg	220km/h
300系新幹線	複列円筒ころ軸受		31Kg	270km/h
700系新幹線 N700系新幹線	複列円すいころ軸受		2.4Kg	285km/h 300km/h

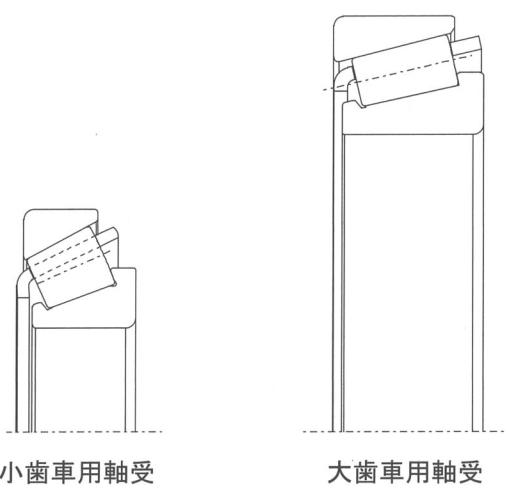


図 2 駆動装置用軸受

る軸受が使用されています（図2）。円すいころ軸受は長寿命で高い剛性を持つ利点がある反面、ころ端面と内輪大つばでの摩擦熱が発生する特徴があります。

また軸受の潤滑はオイルによる飛沫潤滑で使用されていますが、気温が低い冬期などオイル粘度が高くなり、軸受に行き渡りにくく起動時に軸受が焼き付く場合もあります。

このためころ端面と内輪つばとの接触部分の形状・面粗度を工夫する対策をほどこし、焼き付き防止を図っています。

◇ 主電動機用軸受

主電動機内の主軸を支えるため深溝玉軸受と円筒ころ軸受を組み合わせて使用されています（図3）。車両運転中の主電動機においては大きな電力が使用されるため軸受内部に電流が通過し、軌道表面に電食とよばれる表面損傷（スパーク痕）を発生させる場合があります。この電食対策として、最近では外輪外径に絶縁膜コーティングを施し軸受内部に電流が通過しないような施策をとりいれる場合もあります。

◇ 車軸軸受に使用される材料

車軸用軸受の素材としては、軸受鋼・肌焼き鋼とも使用されていますが、材料の信頼性は強く要求されています。特に、高速で走行する新幹線用の材料では過去には苦勞しました。

0系車両開発プロジェクトには、数社がベアリング開発で参加。各社のベアリングを使って、何

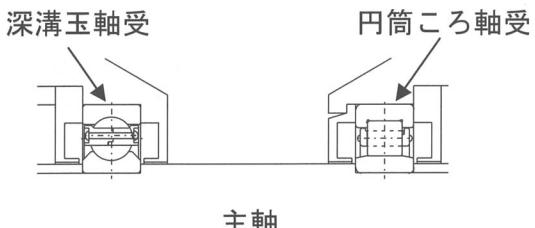


図 3 主電動機用軸受

度も試験が行なわれました。

しかしどのベアリングも、40万kmの走行が限度。鋼材の表面組織が剥離し、故障してしまうのです。「40万kmの壁」が、立ちはだかったのでした。

この難問に対して、「真空再溶解」技術を採用することで解決いたしました。

真空再溶解とは、文字通り一度精錬した鋼を再度真空中で溶解することで、寿命低下の原因となる酸化物系介在物を徹底除去し、より強く、寿命の信頼性を大幅に向上させた鋼を製造する技術です。

幾たびにもおよぶ研究開発の結果、高速回転ベアリングに適した「真空再溶解材」の開発に成功し、軸受の構成部品の中で最もユニークな部品であったころに「真空再溶解材」を採用しました。また外内輪においても材料開発をすすめ、その結果、新幹線の高速走行に耐えうる車軸用軸受が完成しました。

◇ 鋼材への期待

最近の技術により、軸受の転がり疲労寿命ものが来ていますが、営業速度300km/h超の高速新幹線の開発も進められており、更なる信頼性が要求されています。特に、早期の疲労寿命をもたらす非金属介在物等の材料欠陥については、極限まで低減することが期待されます。

むすび

現在、環境負荷の小さいクリーンな輸送・交通インフラとして鉄道への感心が世界的に高まっています。各国にて鉄道建設設計画が活発化しており、今後の鉄道車両市場の拡大が見込まれます。また、更なる高速化に向けてより一層の信頼性要求に対し、製品開発を推進していきます。

4. ミニチュアベアリングの動向と ユーザーニーズ

ミニネーベア(株) まちだしんいち
ボールベアリング事業部 町田進一

まえがき

(ミニチュアベアリングの位置づけと発展の歴史)

大きな重たいものを動かすときにコロを使うことは古くから広まっていたようだが、ボールやコロが軸受けという形で多用されるようになり、近代の産業革命を経て転がり軸受けの使用量は飛躍的に増大した。特にボールを同時に研磨する研磨機をFriedrich Fischer等が開発すると(1883年、図1)、ボールベアリングは重要機械部品として広まり、戦車や航空機の軍事産業にも使われるようになる。ベアリングのメッカといわれたドイツのSchweinfurtが、第2次世界大戦で軍需産業の標的として破壊されたことも、ベアリングが機械部品として重視されていたことを示すものである。特に小径/ミニチュアサイズのベアリングは最近の30年間に大量に世界中に供給されるようになった。80年代のVTR、90年代のHDD、現在に至る電源の冷却用のファンモーター等は代表的な量産モデルになるが、いずれも月産数千万台まで達し

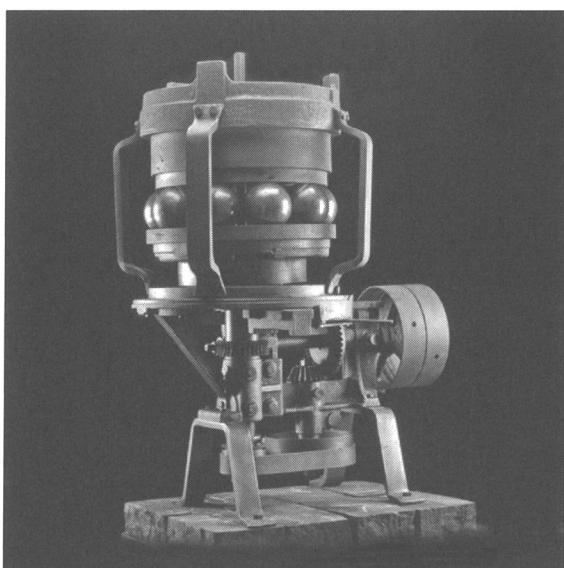


図 1 Fischer考案のボールの研磨機、
FAGのHPより

た用途で、生産総数はまさに天文学的数量になる。例えば現在の一般家庭を考えてみても、掃除機、洗濯機、パソコン、自動車等、小径以下のサイズだけでも数十個のベアリングが使われている。これほど広く近代社会に受け入れられることになったのも、ベアリングは回転するものと静止するものを繋ぐ唯一の部品であるからに他ならない。

一般にミニチュアベアリングとは外径 ϕ 10mm未満の物をさすが、ここでは小径ベアリングの一部も加えて、主に外径 ϕ 30mm以下のベアリングの動向とニーズを概観してみたい(以下特に指定しない限り“ベアリング”は ϕ 30mm以下のボールベアリングを指す)。

◇ 将来の用途と市場

1. 自動車に使われるベアリング

車関連の市場は小型化と電動化に伴う用途が増えており、今後の伸びも期待されている。ベアリングが関わる車関連の新規開発用途は、全てが安全性と環境有害物質の削減(効率化も含めて)に集約されていると言っても過言ではない。具体的には、ラジエタークーリングファンモーター、ワイヤーモーター、EGR(Electric Gas Recirculation)のバルブサポート、ABS(Antilock Brake System)に代表される油圧ポンプモーターとその応用システム等になる。

特にABS用のベアリングは、草創期の80年代は高級車種のみに使われていたが、安全対策の重要な部品として小型一般化が進み、90年代中盤から拡大し続けている。現在の開発の主軸は安全性を求める多機能化に向けられており、単にABSとしてブレーキの間欠をコントロールするだけではなく、走行状態を察知するセンサーと連動して、前後左右のタイヤに異なる制動力を伝え、全体としてより安全な車のコントロールができるよう進化している。このシステムはABSの発展

形となるシステムで、メーカーによって、ESC (Electro Stability Control)、ESP (Electro Stability Program)、VSC (Vehicle Stability Control) 等、いろいろな名称が付けられている（図2、BoschのHPより）。

ABSシステムの進化は車両連用途の典型的な例であるが、今後も安全性と地球環境が重視され、それから派生するアプリケーションが増えて行くと思われる。またさらにハイブリッド化や電気化を見据えて試行錯誤が続いている。新たなアプリケーションも創造されるであろう。このような進化の動きの中で、ベアリングが担当する分野は決して狭い範囲ではないはずである。

2. 家電

家電に使われているベアリングの代表格は掃除機とエアコンのモーターで、主に外径 $\phi 22\text{mm}$ のサイズになる。掃除機のモーターは回転数が4万から5万回転と非常に高いことが特徴である。中には10万回転のモーターまでが市販の量産掃除機に使われており、弊社の量産ベアリングの中でも異彩を放っている。エアコンは長時間室内で使われる用途として低ノイズの要求は厳しい。現在の問題はベアリングの内外輪間で通電することによって起きる電食で、解決策としては通電性の無いセラミックボールを使う方法しかない。

3. 医療

医療関連の用途でもベアリングの活躍する用途は多岐にわたる。人工透析用の血液ポンプ、薬剤を長時間にわたり投入する注入用のポンプ、呼吸の補助をする空気ポンプ等の用途が主になる。これらの用途は病院内や枕元で使われるため、特に低ノイズに注意を払わなければならない用途である。

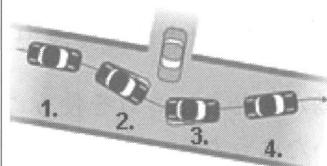
特異な例としては歯医者で使われるデンタルハンドピースがあり、ドリルが40万～50万回転で回るのを支えている。歯医者で高音のキーンという回転音を聞いただけで腰が引けてしまう方も多いのではないか。

医療関連の用途を考えるときひとつの大きなテーマとして、薬品や酸からどのようにベアリングを守るかという耐食性があるが、この分野は材料の組成と切り離して考えることは出来ない分野である。

ESCの仕組み

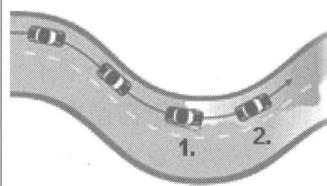
運転状況：障害物の回避

1. ブレーキを踏んでハンドルを切る：車両がアンダーステアの兆候を示す。
2. ESCが後右輪にブレーキをかけ、車両はドライバーのハンドル入力に従うようになる。
3. ハンドルを切り返すと、今度はオーバーステアの兆候を示し、ESCが前右輪にブレーキをかける。
4. 車両が再び安定する。



運転状況：路面状態が変化する状況での運転

1. 車両の挙動が乱れる（アンダーステア）：ESCが介入し、エンジントルクを下げるとともに後左輪にブレーキをかける。
2. 車両が再び安定する。



運転状況：カーブへの侵入速度が速すぎる

1. 車両の後方から挙動が乱れる。ESCが危険を察知し、前左輪にブレーキをかけて車両を安定させる。
2. ESCがエンジントルクを下げることによってさらに車両の安定に貢献する。
3. 再び挙動が乱れる。ESCが介入し、前右輪にブレーキをかける。
4. 車両が再び安定する。

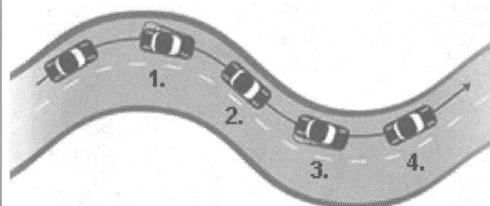


図 2 ABSを進化させたブレーキシステムESC

4. その他の特異な用途

建設現場では、レーザー光の直進性を利用してある1点と同じ高さに印を付けるレーザー墨出し器という器具がある。レーザー発生装置を載せた台が前後左右4個のベアリングで支えられ、台の下に取り付けられた振り子のような錘で、レーザー光がいつも水平に同じレベルを保つように

設定されている。この装置は本体を動かしても、10m先に照射されたレーザーの振れが $\pm 1\text{ mm}$ 以内 (± 0.0057 度) という精度を要求され、ポールや溝の精度が直接的にかかわる用途である。

我々が日常的に接している自動改札やATM、各種券売機や郵便種分け機等にも、多くのベアリングが使われている。主にカード、現金、手紙やハガキ等が判別される機構で、カードや紙の流れをサポートするガイドローラーや、ベルトを支えるプーリーに多くのベアリングが使われている。

◇ サブミニチュアベアリング

弊社では数ヶ月前に、外径 $\phi 1.5\text{ mm}$ という世界一小さなボールベアリングをプレスリリースした。米粒の上に載ったベアリングの写真（図3）をご覧になった方も多いと思うが、片手で掬えば何千個という数のベアリングが手のひらに入ってしまう小ささである。小型ロボットや医療関連等にこれから の用途が期待される製品である。

このベアリングはミニチュアベアリングのさらに小型版ともいえる分野であるが、材料の面から見てもその清浄度あるいは加工強度等の必要性から、新たなレイアウトを持った材料の開発が必要な分野かもしれない。

◇ 品質精度を支える製造技術

これらの市場の開発と発展にベアリングが追従して行けたのは、それを支える生産現場がしっかりとしていたためで、生産技術と品質管理の発展を抜きにして考えることは出来ない。

例えばボールの精度であるが、130年前のFischer以来精度の追求が行われ、現在では真球度 80 nm 、表面粗さ 12 nm まで突き詰められている（JIS grade 3のレベルで）。このボールの精度とは、例えば $\phi 3.96875\text{ mm}$ のボール（生産最多の608用）を地球と同じ大きさまで引き伸ばした場合に置き換えてみると、地球全体のうねりを表す真球度は地球の赤道上で高低差 257 m に相当し、表面荒さは高低差 38 m の凸凹に相当することになる。ボールの表面は高い山も深い海も無く、荒涼とした変化の無い景色に支配されることになる。当然その精度のボールが転走する内輪と外輪のレースも高精度を要求され、真円度と表面粗さが共にサブ

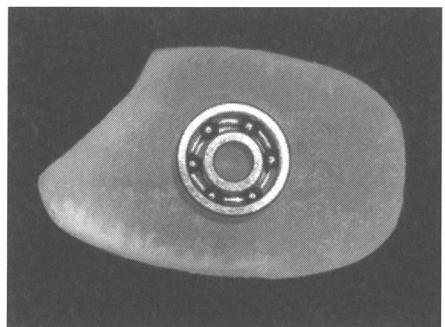


図 3 米粒上にある世界最小のボールベアリング
ミネベアのHPより

ミクロンのレベルになってすでに久しい。

もうひとつ忘れてはならないことは、これらの精度が毎月天文学的生産量のベアリング全てに反映されていることで、そのための生産技術と品質管理のレベルの高さは、改めて説明するまでもなく推して知るべし…であろう。

また清浄度も重要管理項目のひとつであり、いまやサブミクロンオーダーで管理されているベアリングでは、外部からの異物に対しては非常に敏感にならざるを得ない。ベアリングの組み立て作業はクリーンルームの内部で行われているが、特に洗浄工程から注油工程やシールド工程を経て最終梱包に至るまでは、異物の進入対策に細心の注意が払われている。もちろん材料自体に含まれる夾雜物も、転走面にあっては直接ノイズに影響し、内部にあっては疲労破壊の基点ともなることから、夾雜物をゼロに抑える戦いは終わることがないだろう。

むすび

ベアリングは今後活躍の場を変えながら、人間生活を支えてゆく様々な用途に使われて行くのは間違いないことである。あらゆる分野で多くの機能が集約されてスペースが限られてくると、小型であっても高性能を要求される用途が増えて行き、それに伴い使われる環境も多様化しました重要性も高くなってゆく。当然ながら機械部品の基底とも言うべき材料にも、永遠のテーマとして清浄度、耐久性、廉価性という要求が存在しさらに重要性を増してゆく。工業を支えるベアリングとして、今後のその責任を果たしながら発展してゆく上では、材料に対するこれらの期待は常に求められて止むことはない。

5. 直動案内

THK(株) いせんじろう
技術本部 伊勢弦二郎

◇ 直動案内の役割

機械の運動部分は回転運動と直線運動、そしてこれらの組み合わせで構成されている。

回転運動は100年以上前に開発された「ころがり」軸受により早くから「ころがり」化されていたが、直線運動の「ころがり」化は遅れていた。

1972年、当社が開発した直動案内 (Linear Motion Guide : 以下、LMガイドと記す) は、機械装置などの直線運動部分を「ころがり」化できるため、「すべり」運動に比べて摩擦を約1/50に低減する。

LMガイドは、それより先に開発されていたボールブッシュ(直動案内の一種)の欠点である「許容荷重が小さい」、「剛性が低い」、「精度が出しにくい」などの課題を技術的に解決したことから、NC(数値制御)工作機械に広く採用され、高精度・高速化・省エネルギーを実現し、熟練工が不足している産業界の発展に寄与するとともに地球環境保護(CO₂削減)に貢献し今日に至っている。

標準的なLMガイドは、図1に示すようにLM

レール(高周波焼入鋼)、LMブロック(浸炭焼入鋼)、ボール(軸受鋼)、ボールリテーナ(樹脂)、エンドプレート(樹脂)、エンドシール(ゴム)などの部品で構成されている。

その用途は、工作機械、半導体製造装置、液晶製造装置、三次元測定器、検査装置、ロボット、自動倉庫、自動駐輪場、免震装置、電動システムキッチン、プラットホームドア、福祉車両昇降機、医療機器、ゲーム機など多岐にわたる。

LMガイドに要求される機能は、工作機械では、「高精度」、「高剛性」、「高シール性」、「メンテナンスフリー」、「長寿命」など、搬送装置では、「高速性」、「低騒音」、「軽量化」など、半導体製造装置では、「高速性」、「高精度」、「クリーン」、「低騒音」、「耐食性」などであるが、そのほか「耐熱性」、「非磁性」、「オイルフリー」などが求められることがある。

このように求められる機能はさまざまであるが、それらの要求に最大限こたえる基本技術として、当社では1996年にボールリテーナを、2001年にはローラーリテーナを開発し、リテーナが入っ

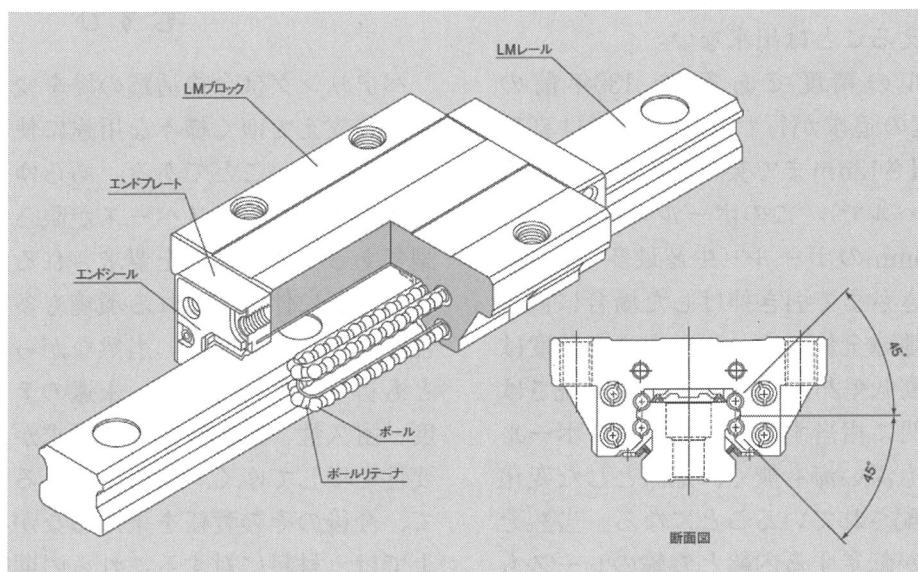


図 1 標準的なLMガイドの構造

た製品群「Sシリーズ」として提供している。

ボールリテーナは、ボールとボールの間に入る「スペーサ部」と、スペーサ部同士を連結する「ベルト部」で構成されている。

「スペーサ部」はボール同士の金属接触・摩擦・衝突をなくし、「ベルト部」はボールが蛇行することなく整列した状態で循環させる働きがあるので、ボールリテーナが入っていない製品に比べて「低騒音」で、ころがり抵抗の変動が少ない「滑らかな動き」が得られる。

そして、LMガイドの限界速度は約2.5倍となり「高速性」も向上している。

また、「スペーサ部」とボールの間にわずかな「すきま」を設けているので、グリースの保持性が良く、適量の油分が長期にわたって接触部に供給されるため「長期メンテナンスフリー」と「クリーン」化を実現している。

さらに「スペーサ部」と「ベルト部」の相乗効果で、ボールリテーナが入っているLMガイドは、入っていない場合に比べ2倍ないし3倍の「長寿命化」を達成している。

◇ 最新動向

1. 工作機械

高精度の工作機械において、要求精度はマイクロメートル(千分の1mm)からナノメートル(百万分の1mm)へ移行している。

工作機械用のLMガイドとしては、剛性の面か

らローラータイプが選択されるケースが増えてきているが、ナノメートルの精度が要求される超精密機械への対応として、新しくボールタイプの超高剛性／超低ウェービングLMガイドが開発されている。

LMブロックは、ボールが内部を循環しながら移動するので、荷重負荷域へのボールの出入りにより荷重を負荷するボール数が増減し、その姿勢は周期的に変化する。

このためLMガイドの走行精度を測定すると、細かい波のような周期的な変動を生じ、これを「ウェービング」と呼んでいる。

「ウェービング」は補正が困難であり、加工面品位にも悪影響を及ぼす。

図2に示すように超高剛性／超低ウェービングLMガイドは、この「ウェービング」を抑えつつ超高剛性を実現するために、LMブロックはロングタイプとし、ボール径を約1/2に小さくとともに、ボール溝を標準的なLMガイドの2倍の8条溝としている。

これによりLMブロック1個の負荷荷重に対して、ボール1個あたりの負荷荷重は大幅に小さくなるので、ボールの出入りによる変動は極小化され、超低ウェービング(テーブル組み付け精度8nm)を達成した。

そして、LMブロック1個あたりのボール数は、ボールの小径化による剛性低下をカバーするよう飛躍的に増加しているので、ローラータイプ以

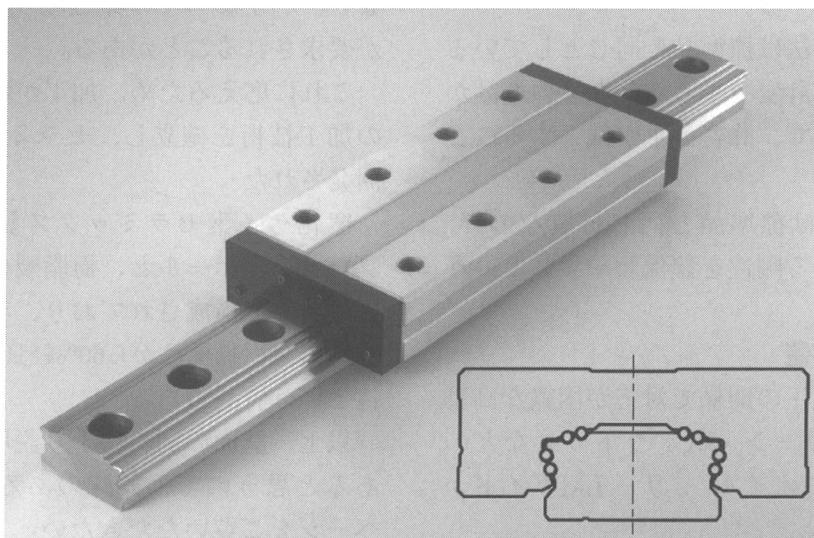


図 2 超高剛性／超低ウェービングLMガイド

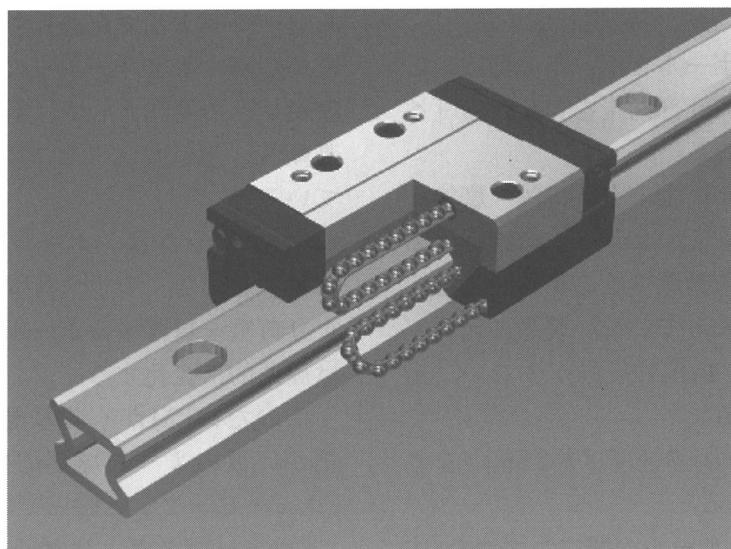


図 3 軽量LMガイドLight

上の超高剛性も同時に実現している。

2. 搬送装置

LMガイド全体が移動する自動倉庫や、LMブロックが固定されLMレールが移動する、取り出しロボットのような使い方を想定して、高タクト・高速化の要求に応えるため、軽量LMガイドLightが開発された。

図3に示すように、LMブロックはアルミニウム合金の本体に浸炭焼入れ鋼の転動溝を組み込み、エンドプレートは樹脂製、LMレールは引き抜き技術の開発により中空の高周波焼入れ鋼材としている。

これらの技術開発により標準品から約40%「軽量化」しており、これは1サイズ下のLMガイド標準品の質量に相当する。

基本性能や主要寸法は標準品と同じとしているので、機械装置を設計変更することなく標準品からの置き換えが可能で、許容荷重が低下することもない。

また、LMレールは標準品と同じ材質なので、急激な加減速に耐える剛性を確保しやすいというメリットもある。

3. 半導体製造装置

グリースでは蒸気圧の関係で対応が困難な高真空 ($\sim 10^{-6}$ Pa)・クリーン・低アウトガスなどの要求に応えるためにオイルフリーLMガイドが開発された。

固体潤滑剤「S膜」を採用しているので、ケミ

カルコンタミネーション（有機物や水分などのガス状汚染）を嫌う場合や、大気中と高真空中のいずれでも低摩擦であるため、大気圧と高真空が繰り返される用途に適している。

材質はLMブロック・LMレール・ボールにはマルテンサイト系ステンレス鋼、エンドプレート・ねじ類にはオーステナイト系ステンレス鋼を採用し、オールステンレス製としている。

4. 検査装置

近年、磁気センサ検査装置・医療機器などでは、磁場の変動を生じない非磁性製品の要求が増えている。

非磁性の要求に対して、従来は非磁性鋼で対応するケース多かったが、非磁性鋼では対応できない、ハイレベルの非磁性（非透磁率：1.001以下）が要求されることがある。

これに応えるため、加工が難しいセラミックスの加工技術を確立し、セラミック製LMガイドが開発された。

窒化ケイ素セラミックス製のLMレール・LMブロック・ボールと、樹脂製の循環部品、チタン製のねじで構成されており、非磁性以外に高耐食性、軽量（標準品から60%軽量化）、高剛性、高速性という特長もある。

以上、誌面の制約により説明が足りない部分もあると思うので、興味のある方はTHKホームページをご覧いただきたい。

III. 最近の軸受製造技術動向

1. 塑性加工

N T N (株) せ ら
生産技術研究所 世 良 昌

軸受の素形材としては、大きく分けて次の5種類がある¹⁾。

- ①鍛造品 ②パイプ材 ③バー材（直接切削用）
- ④コイル材 ⑤板材・帯鋼

ラジアル玉軸受や円すいころ軸受等においては、上記のうち①鍛造品が最も多く利用されている。鍛造品が多用される理由は、第1に、金属の延性を利用して所要の寸法形状に成形することで削る部分を減らせるため歩留りが良く、またプレスやローリング機など加工速度の速い加工機械を適用でき生産性が高いことである。第2に、棒材やパイプ材、板材のせん断加工面や加工過程での底カス抜き等を除けば、製品のファイバーフローを切断することができないことで、材料に歪を与えることで結晶粒を微細化できること、加工硬化により材料強度を向上させることなど、材料の性質そのものを改善できることが挙げられる。また風力発

電や産業機械に使用される大径品では、鍛造品を用いることが必須である。この種の鍛造品を製造できるところは限られており、各社が独自の努力をしている。

比較的小径の少量生産品では、コスト的に鍛造品のメリットを活かすことができない場合があり、このような場合にはパイプ材や棒材が適用される。

◇ 軸受（ラジアル玉軸受、円すいころ軸受）¹⁾

ラジアル玉軸受のインナーレース、アウターレースの鍛造では、熱間パーツフォーマ+冷間ローリング方式や熱間鍛造+熱間ローリング方式、熱間鍛造+冷間ローリング方式等がある。

1. 热間パーツフォーマ+冷間ローリング方式

熱間パーツフォーマ+冷間ローリング方式の概念図を図1に示す。軸受鋼の丸棒を素材とし、高

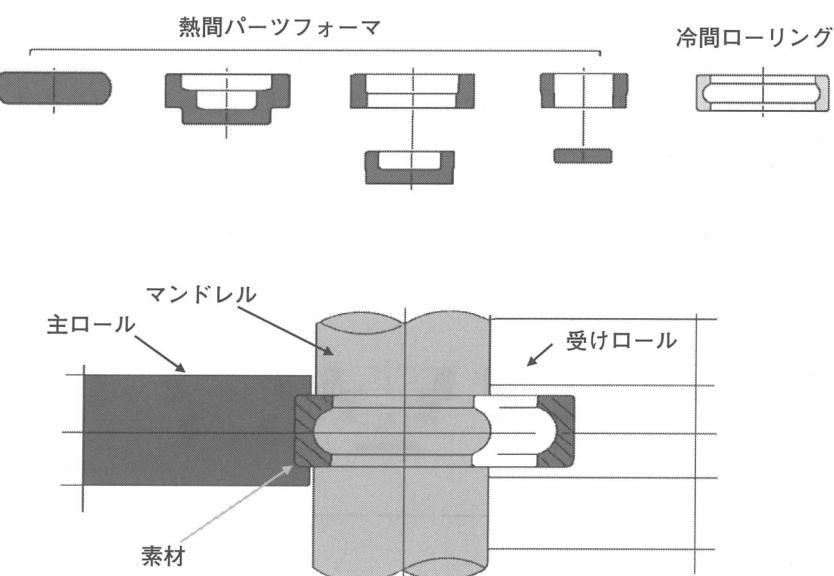


図 1 热間パーツフォーマ+冷間ローリング方式

周波加熱して熱間パーツフォーマ機内で所定の長さに切断し、内輪と外輪のリング状ブランクを鍛造する。その後、球状化焼鉈、ショットブラストを行ない、冷間ローリング加工する。熱間パーツフォーマの生産スピードはサイズにもよるが100～180個／分と高速で、冷間ローリング機はそれに見合うだけの設備台数が必要である。熱間パーツフォーマは基本的に横型の多工程プレスで、スライド側（ラム）にパンチ、固定側（ボルスタ）にダイが設置され、これら金型との間で素材が鍛造成形される。熱間パーツフォーマが高速であるのは、主に下記の理由による。

- ①重いプレススライド（ラム）を重力に逆らって動かす必要がない。
- ②ワーク搬送が基本的に1次元であり、プレススライドの動作に合わせ、搬送爪と金型が干渉しないぎりぎりのタイミングでワークを搬送できるよう、ノックアウトピンやサポートピンの動作・金型構造が工夫されている。

冷間ローリングでは主ロールとマンドレルにより圧延され、径が拡大するとともに内外径形状が成形される。なおマンドレルはそれ自身では剛性がないため、受けロールと呼ばれるロール部材により支持される。さらに加工品の真円度を高めるため、図1には示していないがバックアップロールやシューと呼ばれる部材が加工途中のワーク外径を強制支持するタイプが主流で、さらにこの動作を数値制御する方式も実用化されてきている。

2. 热間鍛造+热間ローリング方式¹⁾

パーツフォーマの加工能力を超えるような中型ベアリングレース素形材は、図2のような工程を探る。丸棒をせん断ないし機械加工で切断したビレットを加熱し、大型の縦型鍛造プレスで内輪と

外輪のリング状ブランクを製造し、余熱を利用して熱間ローリングする。その後球状化焼鉈、ショットブラスト、外径サイジングを行なっている。

この方式は1ヒートで鍛造とローリングを行なうため熱効率も良く、変形抵抗が小さいためローリング工程のサイクルは短い。しかしながら2工程を直結することにより稼働率が低下するとともに、鍛造サイクルをローリングサイクルに合わせたためサイクルタイムを低く設定せざるを得ず、鍛造工程の能力を充分に発揮できない欠点を持つため、あまり広まっていない。

産業機械や風力発電用の大型ベアリングにおいては熱間鍛造後、再加熱して熱間ローリング加工する方法が採られる。熱間ローリングにおいては加工部におけるスケール除去が品質上重要である。また対象が大きいだけに後加工での取り代削減が重要であり、特に円すいころ軸受のように異形断面の場合、材料ロスを極力少なくするため、熱間鍛造での加工精度と、熱間ローリングでの異形断面成形加工技術が極めて重要である。

3. 热間鍛造+热間ローリング方式¹⁾

熱間鍛造でリング状素材を製造し、冷却後球状化焼鉈、ショットブラストし冷間ローリングする。この方式は1.の熱間フォーマを熱間プレスとしたものである。熱間プレスの生産スピードはパーツフォーマに比べ劣るが汎用性が高く、金型開発が比較的容易である。冷間ローリングは熱間ローリングに比べ加工力が大きく加工時間が長い。しかし、冷間ローリングでは、熱間ローリングのように素材の温度管理の手間がかからず、素材を取り扱いやすいため自動化しやすく精度もよい。図3のように冷間ローリング前に旋削加工を行ない精度のよい素材とし、冷間ローリング後の旋削加工

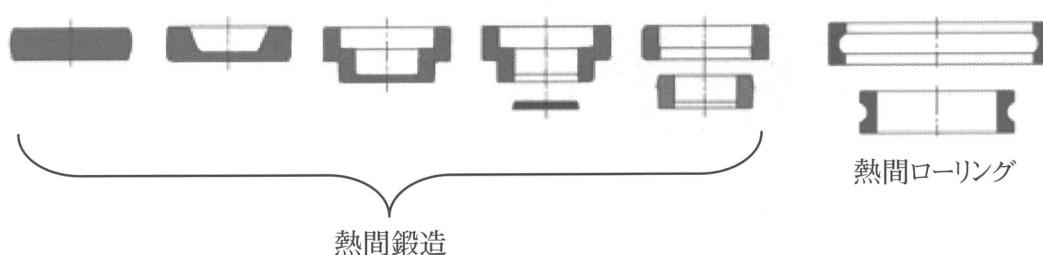


図 2 热間鍛造+热間ローリング方式

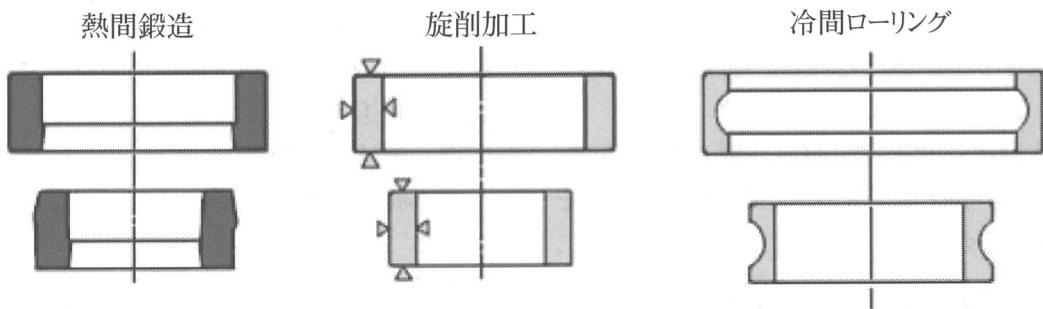


図 3 热間鍛造+旋削加工+冷間ローリング方式

を省略し、熱処理後に軸受完成品として必要な精度の高い幅面や外径面、内径面のみを研削加工する方式も実用化されている。

4. 热間鍛造+冷間鍛造方式¹⁾

热間鍛造でリング状素材を製造し、球状化焼鈍、旋削、ショットブラスト後にボンデ処理を施した素材を冷間鍛造で成形する方法も一般的である。この場合、加工できるサイズには制限があるが精度を高めやすい。また、球状化焼鈍を行なうと表面が脱炭するため除去加工が必要であるが、復炭焼鈍して旋削部分を極力減らした方式も公表されている²⁾。

5. 今後の動向¹⁾

ベアリングの素形材を鍛造する工場では自動化が進み、また白色系潤滑剤の適用により環境改善が進んでいる。今後は金型寿命のさらなる向上や金型の小型化・段取性向上による生産効率向上、および不良品の流出を防ぐ加工状態や金型状態のセンシング技術が進むものと考えられる。また、環境負荷低減のため、歩留まり向上や後工程での加工負荷減少への取り組み、生産設備の小型化・省エネルギー化もますます重要となっていくものと考えられる。

◇ ラジアル針状ころ軸受

針状ころ軸受はニードル軸受とも呼ばれ、トランスマッションやエンジン部品、コンプレッサーなど、軸受に与えられる空間が狭く、耐荷重が必要なものによく用いられる。ここでは針状ころ軸受のうちラジアル針状ころ軸受のアウターレースについて述べる。成形方法としては①板材からのプレス加工、②鍛造素材からの削り加工、③パイプ素材からの削り加工などがあるが、圧倒的に①

のプレス加工が多い。その理由は玉軸受に比べ板厚が薄く、プレス加工に適した製品形状であることにある。

1. トランスファープレス加工

トランスファープレス加工では一般的にコイル材から円板状のブランクを打ち抜き、深絞り成形およびカップ底成形、刻印工程、トリミング工程等をプレスで行なう。この場合、生産性を向上させるため高速化が競われており、現在では200SPM (Slide Per Minute) を実現しているものもある。また、プレス品を熱処理したまま、表面仕上げのみ施して軸受として組み立て、使用することがほとんどであり、プレス精度に対する要求水準も極めて高い。そのため、プレス設備や金型にも高精度、高剛性が求められており、軸受加工に特化した専用機が発達してきている。一方、小ロット品では専用機並みの生産速度を求めるよりも、工程数を減少させる工夫を盛り込み、金型費用の削減と段取時間の短縮を安価な汎用機で実現するという考え方に基づいた開発も行なわれている。後者の生産方法は小ロット品に適したこれらの加工法ともいえる。

トランスファープレス加工は、プレス機内順送加工のためのキャリア（ブランクや途中工程品をつなげるための材料の柱部分）を設ける必要がなく、板材の材料供給装置を工夫することで廃棄する部分を少なくすることができ歩留りは良い。しかし順送加工に比べプレス機内の送り装置（トランスマーフィーダ）が必要となり設備費が高価になる。

2. 順送プレス加工

順送プレス加工のメリットは、プレス機内送り装置を簡略化できること、工程数を増やしやすく

製品幅の広いものに対応しやすいこと、加工速度を上げやすいことが挙げられる。デメリットは歩留りが悪いことである。

対象製品形状、サイズ、ロット数量等により、トランスファー加工方式を採るか順送加工方式を採るかが選択される。

◇ スラスト針状ころ軸受

ラジアル針状ころ軸受は軸方向に垂直な荷重を受けるものであるが、スラスト針状ころ軸受は軸方向に平行な荷重を受ける軸受である。このスラスト軌道輪はプレス加工によるものがほとんどである。

スラスト針状ころ軸受のスラスト軌道輪の加工方法としては「◇ ラジアル針状ころ軸受」で述べたトランスファープレス加工が一般的である。製品幅が薄いため、加工工程数はラジアル軸受のアウターレースに比べ少ないが、平坦度が重要であり、プレス加工工程や金型形状が考慮されている。またスラスト軌道輪は、ころと接触する転走面の面粗度をプレス加工により向上させることは難しい。そのため面粗度の良い素材を用い、いかにその状態を保持して加工するかが重要であり、材料供給装置や成形工程、プレス機内搬送、製品排出、後工程の取扱いに至るまで随所にその工夫がなされている。

◇ ラジアル針状ころ軸受保持器

ラジアル針状ころ軸受の保持器については、成形方法から見て、大きく分けて以下の2種類がある。

1. 溶接保持器

溶接保持器では、帯鋼を所望の形状にロール成形し、ころを保持するためのポケットおよび爪を

プレスにより成形した後、円管状に変形させ溶接する。この方法の利点は他の方法に比べ材料の歩留りが最も良いことにある。

2. 非溶接保持器

非溶接保持器の成形方法には主に次の6つがある。

- ・円管素材⇒ポケット抜き⇒ローリング成形
- ・円管素材⇒ポケット抜き⇒プレス成形
- ・円管素材⇒バルジ成形⇒ポケット抜き
- ・円管素材⇒ローリング成形⇒ポケット抜き
- ・円管素材（削り品）⇒ポケット抜き
- ・円管素材（削り品）⇒ポケット抜き⇒ローリング成形

円管素材（削り品を除く）の成形方法としては、パイプ材を切断、プレス深絞り品を旋削、プレス深絞りのみの3つのパターンがある。それぞれに長所、短所があり、需要数やコストにより最適工程が選択される。

3. 今後の動向

さらなる加工製品の高精度化・高生産性の追及と小ロット品に対する対応力強化が要求されており、進んでいくものと考えられる。前者についてはプレス設備の高剛性化、高速化、小型化であり、後者については汎用プレスの適用（工程省略も含む）と段取時間の極小化（瞬間段取）への取り組みが重要である。また無潤滑化への要求も高まっている。高精度化については板材の精度も大きく影響するため板材の高精度化も望まれる。

参考文献

- 1) 最新機械機器要素技術編集委員会：「最新機械機器要素技術」、エヌジーティー、2008、P272～273.
- 2) 特開2003-194072.

2. 热処理

(株)ジェイテクト
生産技術開発部 ひらの てつろう
平野 哲郎

まえがき

軸受は機械部品の中でも特に幅広い用途に対して使用されており、最も厳しい条件下で使用される機械部品の一つである。そのため、軸受性能を満足するには焼入れ硬化を目的とする熱処理工程は不可欠な工程であり、軸受メーカーは用途とサイズに適した材料を選定して熱処理を実施している。

軸受業界に限った話ではないが、熱処理設備は24H稼動が基本で、軸受製造工程の総消費エネルギーの約25%が熱処理工程で消費されるといわれている¹⁾。地球温暖化対策をはじめとする環境問題への対応が迫られる時代の中、軸受の熱処理工程もその例外ではなく、環境負荷低減の要求は非常に厳しくなっている。

地球環境への貢献は即ち省エネであり、熱処理工程の高効率化、および工程スルーディーで見た場合の消費エネルギー低減を目的とする熱処理歪の対策が求められている。

ここでは、軸受の代表的な熱処理方法と省エネをキーワードに熱処理の高効率化と低歪熱処理技術について簡単に解説する。

◇ 軸受の熱処理方法

焼入れ硬化を目的とする軸受の熱処理の種類は多岐に及ぶが、多くはズブ焼入れ、浸炭焼入れ、高周波焼入れに大別され、これら以外には浸炭窒化などが挙げられる。

ズブ焼入れは最も一般的な軸受の熱処理で、材料には高炭素クロム軸受鋼(SUJ2)が多く使用される。熱処理炉の中で840°C前後に加熱して球状化焼鉈により形成した1次炭化物を適度にマトリックス中に均一に固溶させて焼入れ冷却後、低温焼戻しを実施する全体硬化を目的とした熱処理である。1次炭化物と焼戻しにより析出する2次炭化物が均一に析出した組織が得られるために耐

摩耗性が要求される軸受に使われる。

浸炭焼入れは低炭素合金鋼を熱処理炉の中で930°C前後に保持し、炉内の浸炭性ガスを管理して表面から内部に炭素を浸透拡散させて焼入れをする熱処理で、炭素濃度の勾配により焼入れ後の表面は硬く、内部は表面よりも軟らかくなるため耐衝撃性が要求される軸受に使用される。

高周波焼入れは誘導加熱を利用した熱処理で主に中炭素鋼に適用され、形状が複雑な自動車のホイール用軸受などの必要な部分だけを硬化させる場合に使われる。

浸炭窒化は浸炭性ガスに5%程度のアンモニアを加えて、表面近傍に窒素化合物を析出させる熱処理で、オーステナイト中の炭素と窒素の溶解度の違いを考慮して浸炭よりも温度が低い750~850°Cで処理されるのが一般的であり、特に異物が混入するような環境で使用される軸受の長寿命化に有効である。

◇ 高効率化(浸炭時間の短縮)

これらの熱処理の中で特に高効率化による省エネが求められる熱処理は浸炭焼入れになる。それは、ズブ焼入れの処理時間と比較した場合、浸炭焼入れは数倍~数十倍と長く(処理時間は軸受サイズにより異なるが、サイズが大きなものには100h近く炉の中で処理する場合もある)、それだけ多くのエネルギーを消費するからであり、消費エネルギーの低下のためには浸炭時間の短縮が大きな課題といえる。

浸炭は鋼の表面に炭素を浸透拡散させる処理であり、ガス浸炭が量産に適した方法とされ広く実施されている。一般的に浸炭のメカニズムには2段階あるといわれ¹⁾、第1段階は浸炭ガスと鋼との浸炭反応による鋼表面への炭素の移動段階、第2段階は浸炭ガスと鋼表面部のカーボンポテンシャルがほぼ等しくなった後、鋼表面部の炭素が内部へ拡散し、表面部のカーボンポテンシャルが

浸炭ガスに対して下がった分が浸炭ガスから補充される段階で、鋼表面部の炭素の内部への拡散律速となる段階である。つまり、浸炭時間の短縮には第1、2段階の速度を上げることが必要といえる。

一般的なRXガスを用いるガス浸炭において、その第1段階の浸炭を速くするには、浸炭ガス中のCO、H₂分圧の積を大きくすると効果があるといわれており、近年、その分圧の積に着目して浸炭ガス中に含まれるCO、H₂の分圧を変えて浸炭速度の短縮を狙う技術が開発されている¹⁾。また、ガス浸炭に代わる浸炭として真空浸炭という減圧雰囲気で少量の炭化水素系ガスをワークに直接当て浸炭させることにより、鋼表面の炭素の浸入速度をあげる浸炭法もある。

炭素の拡散速度が律速となる第2段階において、炭素の拡散は温度に依存しているため浸炭温度を上げることにより、浸炭時間を大幅に短縮することが可能である。しかしながら、浸炭の高温化は結晶粒粗大化などの要因により、機械的性質の低下をまねく背反があるため、粗大化限界温度以上にできないという問題があり、これを解決する材料の開発が求められている。

その他の材料面からのアプローチとしては、鋼表面に炭素を取り込み易くした材料の開発がある。また、焼入れ性の高い材料を使うことで有効硬化層深さが深くなるために浸炭時間を短縮でき

るが、材料が高価となるため採用できないという事情があり、こうした材料の安価化等のニーズもある。

◇ 低歪熱処理技術

熱処理で歪が発生することは当たり前ともいわれるが、熱処理後の歪量により後工程の研削工程(図1)の研削取代は決まる。軸受の製造工程において熱処理の後にエネルギーを消費しているのが研削・組立工程といわれており¹⁾、研削取代の削減による研削のサイクルタイムの短縮、すなわち熱処理歪の低減は大きなエネルギーの削減につながる。

熱処理歪は軸受鋼の熱処理時の寸法変化(図2)を例にすると加熱時の温度上昇による熱膨張とオーステナイト化、冷却時の熱収縮とマルテンサイト変態時に発生する。このように熱処理時には多くの寸法変化を起こす要素があり、その寸法変化のタイミングにバラツキが生じることで熱処理歪は発生する。そのタイミングのバラツキは加熱、冷却時の温度バラツキと考えられ、いかに均一に加熱、冷却するかが低歪化には重要といえる。

そのため歪対策には加熱時の温度ムラを低減させる事を目的とする多段昇温や冷却時の温度ムラを低減させる事を目的とする多段冷却、油種、油槽の攪拌速度の最適化といったものがある。近年は熱処理時の油槽の油流れをシミュレーションに



図 1 軸受の一般的な製造工程

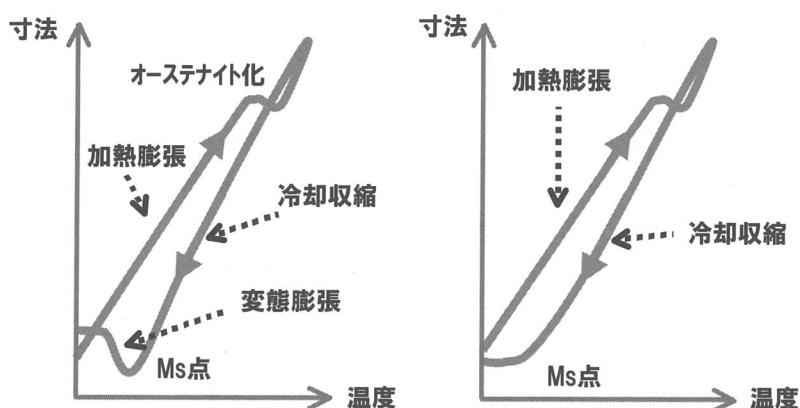


図 2 热処理時の温度と寸法変化

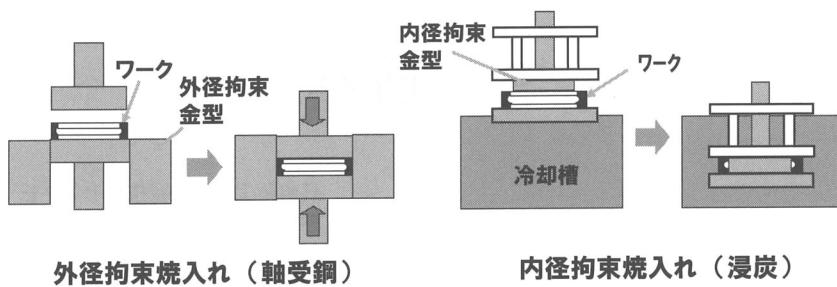


図 3 拘束焼入れ方法

より解析して均一な油流れになるような油槽の開発、熱処理治具の改善により均一な加熱、冷却ができるような対策も行われている。

また、特に歪が発生しやすい薄肉タイプの軸受には図2の熱処理時の温度と寸法変化の関係を利用した拘束焼入れが採用されている。軸受鋼であれば、全体焼入れによる変態により寸法が膨張するMs点直後に外径側を拘束して上下をプレスで押さえながら焼入れを完了させる、浸炭は焼入れ完了時に寸法がほとんど膨張しないために焼入れでの熱収縮時に内径側を拘束してプレスで押さながら焼入れを実施して歪を大幅に低減している(図3)。

このように熱処理での寸法変化時に、その変化を利用する拘束焼入れは歪低減には最も有効な対策の一つである。軸受はギアのような複雑形状ではなく、単純形状であることから過去から拘束焼入れが実施されているが、拘束焼入れは熱処理コストが通常の熱処理費用よりも高くなってしまうという問題がある。

よって今後は、原点に立ち返り歪を出さない熱処理技術を開発していく必要があり、その取組の一環として、鋼材としては歪に寄与する要因に対

して適切に対策していくこと、例えば、材料偏析を少なくする、鍛造工程がない場合には素材の残留応力を低減するといった対策が非常に重要となる。

むすび

軸受の代表的な熱処理方法と省エネを目的とした高効率化と低歪熱処理技術について述べてきたが、環境負荷低減の要求に応えるためには熱処理工程への役割は大きく、より一層の技術向上が不可欠であり、省エネをキーワードに更なる低コスト化を実現していく必要がある。

本来軸受は、摩擦低減により動力を最大限利用することを目的とした省エネ機械部品であり、その熱処理においても当然、地球環境に優しいつくりでなければならない。

また、熱処理の高効率化、低歪化に加え、軸受は小型・軽量化の観点から長寿命化、高容量化のニーズが大きくなっています、今後も材料メーカーの協力は不可欠といえる。

参考文献

- 1) 宗 真臣: Koyo Engineering Journal No.162 (2002) P22.

3. 研磨

日本精工(株) 生産技術センター 加工技術開発部 鎌村有宏

まえがき

研磨という言葉には、研削作用と琢磨作用の2つ概念が含まれ、研削、超仕上げ、ラッピング、バレル等が含まれるが、ここでは軸受の研削・超仕上げ工程の紹介と最近の技術動向について述べたい。

軸受は自動車を始めとして鉄道車両や建設機械、ポンプやコンプレッサーといった産業機器、旋盤や成形機といった工作機械、家電製品・情報機器、さらには食品機械や医療機器まであらゆる機械に使用され、回転要素を支持する重要な機械要素である。低トルクや長寿命、静音性などの要求機能が最近、益々厳しくなっている。

軸受の製造には素材⇒成形⇒熱処理⇒研削・超仕上げ⇒組立・検査の工程があり、この中で研削・超仕上げ工程は軸受の形状精度と表面機能を作り込む重要工程である。

◇ 軸受の研削、超仕上げ工程

一般的な玉軸受は外輪、内輪、ボール、保持器で構成されている。外輪と内輪の研削・超仕上げ工程の実例を図1に示す。

塑性加工や切削加工により成形加工されたワークは熱処理をした後に、まず基準面となる側面を両頭平面研削盤で研削する。外輪はその後に外径をスルーフィードセンタレス研削盤で研削する。ここまででは連続加工できるがこの後は1個づつの加工となる。

この後、外輪は側面と外径を基準にボールの転動面となる外輪溝の研削と超仕上げを行う。同様に内輪はボールの転動面と

なる内輪溝の研削、内径の研削、内輪溝の超仕上げを行う。その後、組立・検査工程に引渡される。

1. 平面研削

内・外輪の両側面は両頭平面研削盤で研削する。両頭平面研削は規定量の間隔で適正なアライメントでセットされた2枚の砥石の間をワークを通過させることで両平面を規定の寸法と平行度に仕上る研削方法で、連続的な高能率加工ができる。

2. スルーフィードセンタレス研削

外輪外径はスルーフィードセンタレス研削盤で研削する。この工法は調整車とブレードと研削砥石の3点でワークを支持し、調整車でワークを回転させながら、研削砥石で研削する。チャック加工のようなワークの回転芯を持たないことからセンタレスと呼ばれる。この構成を図2に示す。

研削点とブレード支持点、調整車の支持点の角度を適正にセットすることで、研削面そのものを支持して加工を行い、加工開始時にはラフな精度だった真円度を徐々に修正して最終的には充分なワーク真円度を確保することができる研削方法である。

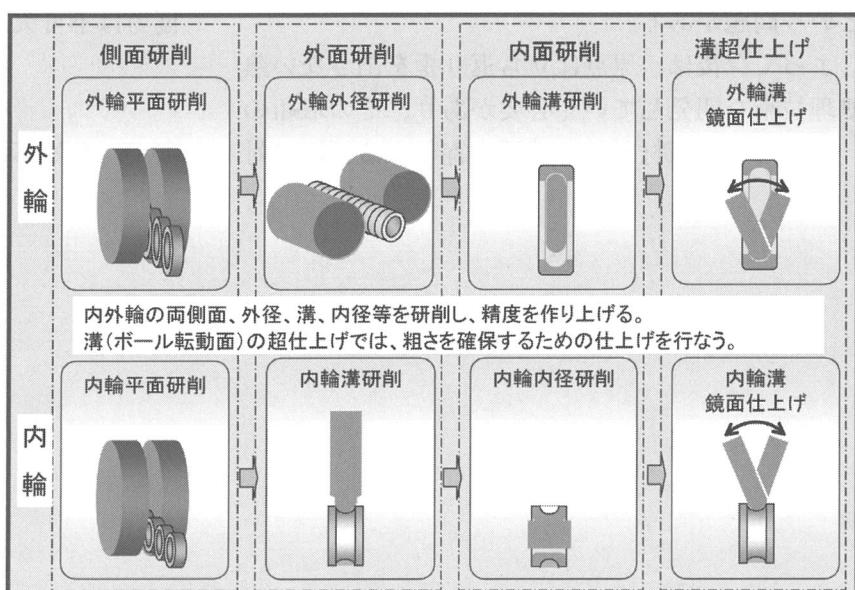


図 1 玉軸受の研削・超仕上げ工程の例

また、調整車を傾斜させワークに軸方向送りを掛けることで連続的な高能率加工ができる。

3. シューセンタレス研削

外輪溝、内輪溝、内径は通常シューセンタレス研削と呼ばれる方法で研削される。

シューセンタレス研削の概要を図3に示す。外輪溝と内径はそれぞれ既に研削されている外径または内輪溝をシューで支持し、片方の側面をバッキングプレートと呼ばれる治具に電磁力で吸着して、主軸で回転駆動した状態で研削する。主軸中心とシューで支持されたワーク中心は偏芯していてこの偏芯と回転により発生する押付け力でワークは安定してシュー上で回転する。外径と外輪溝は肉厚一定で加工され、所定の溝と外径の同心度と溝真円度を得ることができる。

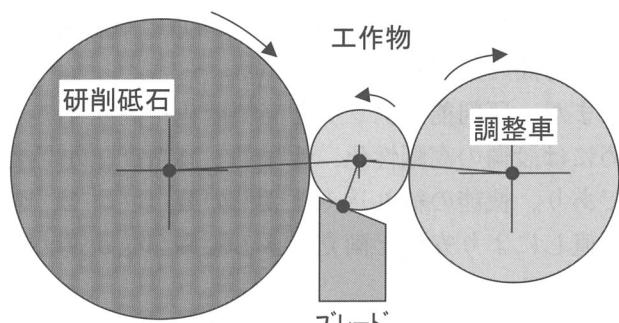


図 2 スルーフィードセンタレス研削

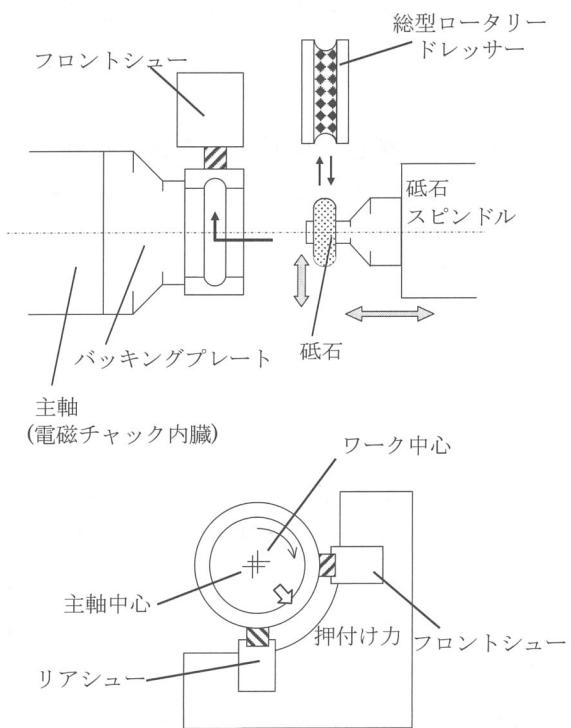


図 3 外輪溝のシューセンタレス研削

ボールが走るための円弧状の溝R形状は研削砥石をR形状に成形（ドレス）してその形状を転写して作られる。R形状ドレスにはあらかじめそのR形状に作られた総型ロータリードレッサーの形状を転写する方法と単石ダイヤモンドドレッサーを旋回させてドレスする方法がある。

内輪溝もシューセンタレス研削されるがこの工程は研削される溝をシューで支持して研削する。研削面をシューで支持するので前記の外輪溝研削のように真円度の基準となる面が既にあるわけではなく、この工程で新たに真円度を作り出す創成加工となる。この真円度の創成機構は外輪のセンタレス研削と同様であり、ブレードと調整車にフロントシューとリアシューが対応している。

4. 超仕上げ

溝（ボール転動面）には研削に続いて超仕上げ加工を行い、粗さと真円度の多角成分を向上させる。

図4に玉軸受の超仕上げの概要を示す。超仕上げ加工は回転するワークに粒度の細かい砥石を押し当てワーク回転の直角方向に微小な振動を与えるながらワークの表面を仕上がる加工法である。玉軸受の溝超仕上げでは溝R中心を砥石運動中心として加工する。また、始めにワーク形状になじませた砥石を使用し、砥石のドレスを実施しないで磨耗による自生作用で砥石形状を維持しながら加工を継続する。

超仕上げ面は鏡面で凹凸が少なく油膜を損破しにくいため「耐摩耗性・耐蝕性に優れる」、熱の発生が少なく加工変質層が非常に薄いため「荷重負荷能力が高い」、断続的な加工面と異なり連続的加工目となるため「音響性能が良い」、等の特性がある。

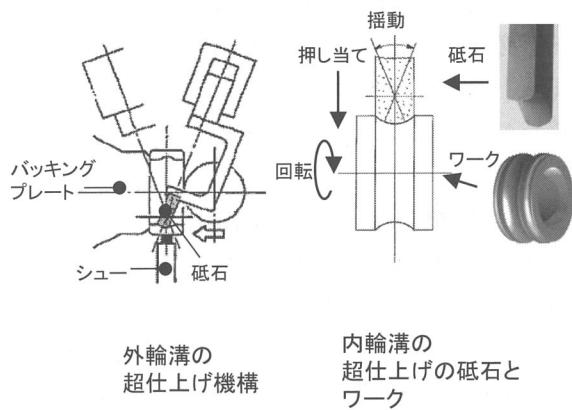


図 4 玉軸受の超仕上げ

◇ 最近の加工技術の動向

地球温暖化、エネルギーの枯渇の観点から省エネルギー、CO₂削減が叫ばれ、消費エネルギー削減の要である軸受への要求は増してきている。また、クリーンエネルギーとして風力発電が注目されているが、このような用途では長寿命、高信頼性が要求されそれに対応して新材料の使用が増加している。このような状況に対応した研磨技術が求められている他、加工工程の環境への負荷の低減も求められている。

1. 難削材に対応した加工技術

高機能の新材料は研削特性から見れば概して難削材であり、加工能率が劣る、砥石の持ちが悪いと言った問題が出てきている。

難削材へ対応した研磨技術としてはまずCBN砥石の拡大が上げられる。CBN砥石はその砥粒硬度と切れ味、砥石寿命から従来のアルミナ砥石に比べて難削材への対応能力は非常に高く、ドレッシング性と価格に問題があるがその適用範囲を徐々に広げてきている。

2. 環境対応のための加工技術

環境対応の研削加工技術の一つとして加工油剤(クーラント)の問題がある。クーラントは加工部の潤滑、冷却、洗浄を目的に使用され研削加工では加工時の発熱量が大きく精度と表面品位の要求から多量に用いられることが多い。必要最小量のクーラントでの加工や霧滴やミスト状クーラントでの加工開発が進められている。

CO₂削減に対して、まず研削盤や超仕上げ盤のエネルギー効率を高める対策が進められている。しかし加工技術として除去加工の必要エネルギーの観点で見ると研削は切削に比べて大量のエネルギーを必要とするので限界がある。そのため取り代削減、ハードターニング化により研削への負荷を減らして工程全体で省エネを図ることも必要である。

3. 高精度化に対応した加工技術

工作機械の主軸用軸受の回転精度向上や電動機用軸受の低振動、低騒音化等が求められている。

軸受の回転精度向上のためには研削設備の低振動・高精度化、研削条件の適正化、研削状態での外乱の影響排除により真円度の向上を図っていて真

円度サブミクロンの主軸用の軸受が得られている。

軸受の低振動、低騒音化のためには転動体の走行溝の超仕上げの改善による粗さと真円度の多角成分の向上が大きく寄与している。

4. 低コスト化に対応した加工技術

軸受の研磨技術には低コスト化が求められているが、そのためにはラインでの出来高向上、安価なライン設備、ライン稼動での省人化・無人化技術が必要になる。

出来高向上にはサイクルタイムの短縮、稼働率の向上が必須である。サイクルタイムの短縮にはローディング等のアイドル時間を削減できる設備の開発と研削能率アップの開発が必要である。

研削能率アップのためにCBN砥石、セラミック砥石等従来のアルミナ砥石以上の砥粒強度と切れ味を持った砥石の使用が増えている。超仕上げ工程においても砥石の開発による取り代の確保、加工時間の短縮が図られている。

また、研削能率アップと高精度化を両立するためには設備の高剛性化、低振動・高精度化が必要であり、機能の絞り込みと設備の製造プロセスの見直しにより安価と両立できる設備開発が進められている。

省人化、無人化には従来は人手で実施していた加工状態の監視、ダイヤ磨耗や機械の熱変形に対する寸法調整、砥石交換や異常時の処置等に人を介さず自動的に対応できるシステムの開発が進められている。

5. 多品種少量生産に対応した加工技術

セット替え対応として、自動化ラインで搬送を含めて治工具やドレッサーの交換、精度出しの容易化を狙った様々な工夫をした加工設備とラインの開発が進められている。

むすび

以上、軸受の研磨加工の基本および最近の技術について述べて来たが、今後は軸受の研磨加工を取り巻く環境の変化が益々激しくなり、様々な要求に対応していく必要がある。高機能・高精度・低コストは永遠のテーマであり、環境対応も待ったなしのテーマになっている。

今後も軸受の研磨技術で様々な要求に答えていくように技術開発を進めていく必要がある。

4. 鋼球

(株)天辻鋼球製作所 (AKS) たなかやすき
代表取締役専務 田中泰樹

まえがき

近年、転がり軸受は自動車を初めとして、工作機械や土木建設機械などの産業機械から、家電やパソコンなど馴染み深い機器まで、我々の暮らしと産業を支える重要な機械要素の一つとして幅広く利用されている。これらの回転機構に使用される転がり軸受は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必要がある。しかし、近年の加工技術の進歩によって、機械部品は小型化、高速回転化、高出力化が要求され、それに伴って、転がり軸受の使用環境もますます多様化、過酷化し、転がり軸受の耐久性の向上が必要不可欠となっている。

転がり疲労寿命によって生じるはく離は、転動面より内部に存在する非金属介在物周辺の応力集中の繰り返しによるき裂発生およびき裂伝播により生じる。従って、内部に存在する非金属介在物が転がり疲労寿命に著しく影響する。しかし、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铸造法の実用化といった技術の発展とともに¹⁾、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清浄度は著しく向上し、それに追随して転がり軸受の寿命特性も改善された²⁾。

◇ 各種軸受用特殊鋼について

JIS-SUJ2線材の国内規格は1941年に初めて制定

されて以来、その主要成分は67年にわたって変更されていない¹⁾。この材料は比較的安価で熱処理が容易なため、現在でも一般軸受の内外輪・コロ・鋼球などの材料として広く使用されており、弊社 (AKS) でもその材料使用割合は約80%を占める。ステンレス鋼球は、耐久性よりも耐食性が重視される用途に使用されるため、多くの合金元素を含んでおり、価格もSUJ2より高く、AKSでの年間使用割合も15%程度である。

近年では、航空機用などの特殊用途に限って SUJ2より優れた耐熱性を有する高速度工具鋼JIS-SKH4や耐熱鋼AISI-M50など、合金元素を多量に添加した高温軸受材料が使用されているが、高温焼入れ、複数回の焼き戻しおよびサブゼロ処理など熱処理が複雑で、材料コストだけでなく加工コストの問題もあり、特殊用途に限定されている。

◇ 軸受用鋼球の製造工程

鋼球の製造工程は、球の材質によって熱処理条件や加工工程が若干異なるが、研磨方法はほぼ同じ機構にて行われる。図1に軸受用鋼球として主に使用されるSUJ2の加工工程について示した。

球体成型では、各製鋼メーカーから購入したコイル状の線材を所定長さに切断し、半球状の金型を用いて冷間鍛造し球体に成型される。この工程では、後工程での研磨代を最小限に抑えるため、打ち出した球体のニアネット化がコストに非常に大きく影響する。成型された球体にはバリと呼ばれ

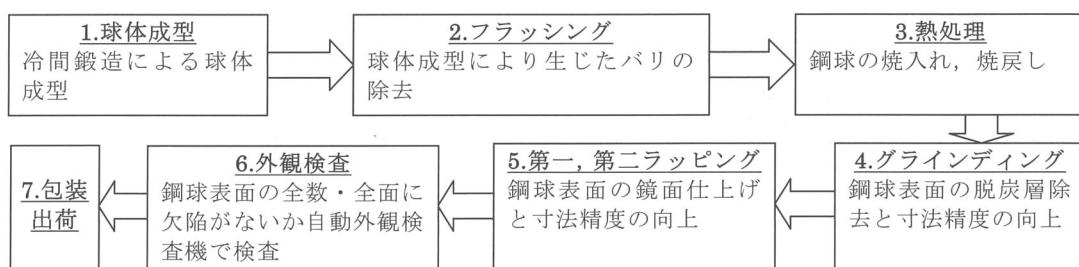


図 1 SUJ2鋼球の加工工程の概略

る余肉部が突出しているため、フラッシングにてバリが除去される。その後、焼入れおよび焼き戻し処理が行われ、鋼球をマルテンサイト、残留オーステナイトおよび残留炭化物の組織にし、適度な強度と韌性が与えられる。熱処理後の鋼球は表面に脱炭層が存在し、寸法精度が悪いため、グラインディングにて脱炭層の除去と寸法精度の向上を行う。その後、第一、第二ラッピングにて更に鋼球の寸法精度および表面粗さを向上させる。グラインディング・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、鋼球の出来栄えが大きく左右される。鋼球精度の更なる向上のため、砥石や研磨油の開発なども積極的に行っている。このようにして作り上げた軸受用の鋼球は、地球上で存在するあらゆる玉の中で最も『完全な球』に近くなっています。超精密ボールでは直径25.4mmのボールで真球度が18nmというレベルに達しています。

外観検査は、鋼球の全数・全表面の欠陥を検査し、極微小なキズも検出できるシステムとなっており、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。

◇ 材料の清浄度評価

一般に鋼の清浄度評価にはASTM法-E45やJIS法-G0555が使用されており、軸受鋼のような特殊鋼の場合、素材入荷時に添付されるミルシートにこれらの評価結果が記載されています。しかし、これらの評価方法は一般レベルの鋼材に対する清浄度評価方法として適切であっても、近年の高い清

浄度を有した軸受鋼の場合には、より詳細な方法で清浄度を評価することが肝要である。

AKSでは、鋼に残存する非金属介在物の分布状態をより精度よく把握するための評価方法として、下記の2つの方法で材料の清浄度を評価している。

1. AKS-A法

ある一定面積中の所定の大きさの非金属介在物すべてを対象とし、非金属介在物を種類と大きさ別に分類してカウントした個数に乗率をかけて数値化する方法で、清浄度が低いと非金属介在物の個数が増加するため、評価点が大きくなる。

2. AKS-B法

一般に極値統計法³⁾と呼ばれる方法で、所定面積中の視野内に存在する最大の酸化物系非金属介在物を抽出し、その面積の平方根($\sqrt{\text{area max}}$)を計測する。この方法を数回繰り返して得られた $\sqrt{\text{area max}}$ と基準化変数を用いて統計的に解析し、より広範囲の視野に含まれる最大介在物を予測する。

上記2つの方法を用いて4つの製鋼メーカーの清浄度を評価した結果を図2に示す。

これらの評価方法以外に、鋼球内部の比較的大きな非金属介在物を検出する方法として、超音波探傷法(UT法)による非破壊検査システムを開発した⁴⁾。この方法では、検査対象物を鋼球とし、鋼球サイズが9.525mmの場合、鋼球表面から300μmまでの内部に存在する大きさ約30μm以上の非金属介在物を検出することが可能である。図3は鋼球のUT法にて発見した鋼球内部の非金

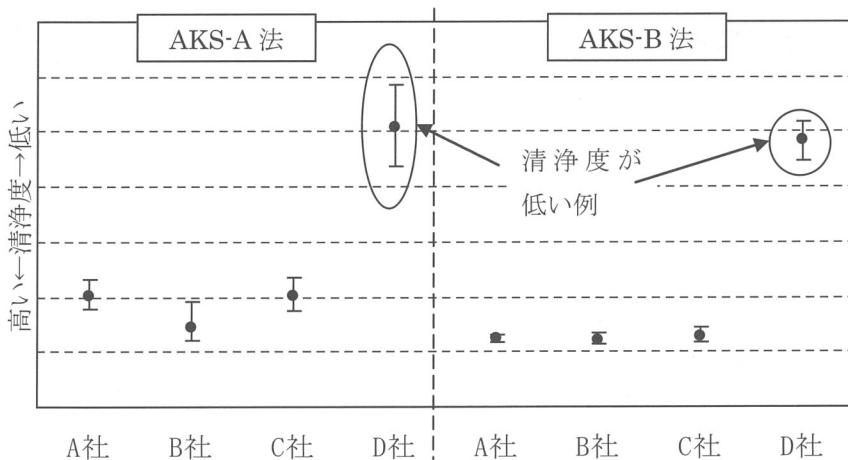


図 2 AKS-A法およびAKS-B法を用いて評価した各製鋼メーカーの清浄度

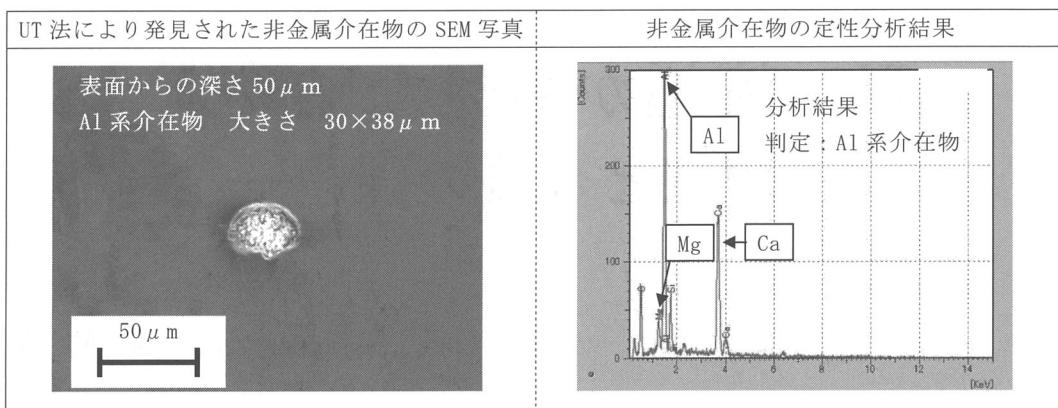


図 3 UT法によって検出された鋼球内部のAl系非金属介在物（代表例）

属介在物を示す。

これら3つの方法は、ASTM法やJIS法と比較して、精度よく材料の清浄度を評価できるため、近年の高い清浄度を有した材料に対して非常に有効である。AKSでは、これらの3つの方法を組み合わせて、現在、使用している国内の製鋼メーカーだけでなく、今後、量産化が期待される海外の製鋼メーカーの清浄度レベルの把握に活用している。

◇ 最近の鋼球熱処理技術

転がり疲れのメカニズムは内部起点型はく離と表面起点型はく離の2種類に大別される。内部起点型はく離は、上述した通り、転がり接触表面下の非金属介在物が起点となってはく離するため、対策として非金属介在物を低減した高清浄度の材料を使用する必要がある。表面起点型はく離の場合、その要因は、転がり軸受の使用環境、潤滑状態、および転がり接触軌道上の表面状態（表面粗さや軌道上のキズ）などの占める割合が大きく、内部起点型はく離よりも短寿命で軸受が破損する場合が多い。近年、市場で発生しているはく離形態はほとんどが後者で、内外輪だけでなく鋼球の損傷も散見されているのが現状である。この表面起点型はく離の対策として、SUJ2を用いた鋼球の表面に浸炭窒化処理を施す特殊熱処理技術が開発されており、既に自動車のトランスマッキン用軸受の鋼球として量産化されている。また、浸炭窒化処理は熱処理コストが若干高くなるため、通常のズブ焼処理にて鋼球の表面硬さを上げ、キズの

付き難い、また、異物環境下の耐久性を向上させる技術も現在開発されつつある。

むすび

近年、軸受用鋼球の使用用途は上述のように、過酷な環境下で使用されており、ますます多様化されることは間違いないであろう。このような状況下で Si_3N_4 球など鋼に代わる新しい材種のボールが、現在、生産量の増加傾向にあるが、価格の面で大きな課題を残している。

今後、更なる品質向上を第一目標とし、上記のように材料の清浄度評価に新しい方法を導入するなど、素材からの品質管理を徹底するとともに、不具合品の流出防止からもより高機能な自動外観検査機の開発が必要不可欠である。また、耐久性向上に対して、製鋼メーカーに清浄度の更なる向上を要求するとともに、使用用途に応じた鋼球の熱処理技術を開発するなど、従来のSUJ2鋼球に種々の付加価値を付け加えることがボール製造専門メーカーの義務であると考える。

参考文献

- 1) 日本精工㈱：日本精工50年史、(1967) 373.
- 2) 阿部 力・奈良井弘・古村恭三郎：EP鋼（超長寿命・高信頼性軸受鋼）、NSK Technical Journal, 652 (1992) 1.
- 3) 村上敬宜・宇宿尚史：介在物寸法の統計的評価とそれに基づく高硬さ鋼の疲労限度の予測、日本機械学会論文集、55、510 (1989) 213.
- 4) 長塩正紀：鋼球内部欠陥の評価方法の開発、トライボロジー会議予稿集、(名古屋2008-9) 437.

IV. 流通から見た軸受鋼 —現状と今後の課題—

三井物産スチール(株) たけしたはるあき
ステンレス特殊鋼部門 軸受国際部 竹下晴明

まえがき

人類の発展をその語源の如く常に‘支えてきた’軸受。しかしながら、昨年の米国におけるサブプライム問題に端を発した世界同時不況の進行により、軸受需要の半分以上を占めるといわれる自動車産業を始めとして、建機・産機、工作機械等の軸受需要産業が軒並み大幅な減産を余儀なくされたことから、軸受業界も過去に例を見ない程の深刻な打撃を受け、今、全世界レベルで大きな変化が始まっている。かかる時期に際し、産業の基礎部品である軸受に深く携わっている流通の立場から、「軸受鋼の生産動向」、「軸受メーカーの動向」、「今後の課題」について若干述べることとする。

◇ 軸受鋼の生産動向

1. 日本の軸受鋼生産

「鉄鋼新聞社」調査(図1)によると、2008年

度の国内軸受鋼生産(棒鋼・線材・鋼管・板類)は86万9千トンであり、2009年1~3月の急激な需要減が影響し前年度比10.4%の減少となった。国内軸受鋼生産は最近の5年間(2004年度~2008年度)では90万トンを挟んでの水準で推移してきたが、本年度(2009年度)の生産はこの水準を大幅に下回ることが予想されている。

2008年度のトップシェアは特殊鋼専業の山陽特殊製鋼にて34.2%、以下、大同特殊鋼の17.7%、神戸製鋼所の14.4%と続くが、一方、過去、大幅にシェアを伸ばしてきた高炉メーカー(2001年度の高炉シェアは29.3%)は33%程度(推定)を占めており、ここ数年の傾向で見てもそのシェアは依然拡大傾向にある。

因みに、2008年度「特殊鋼鋼材最終使途ベース受注量の推計」(鉄連発表)によると、炭素鋼及び合金鋼で軸受用途として使用されたものが約21万7千トンあることから、最終的には約110万ト

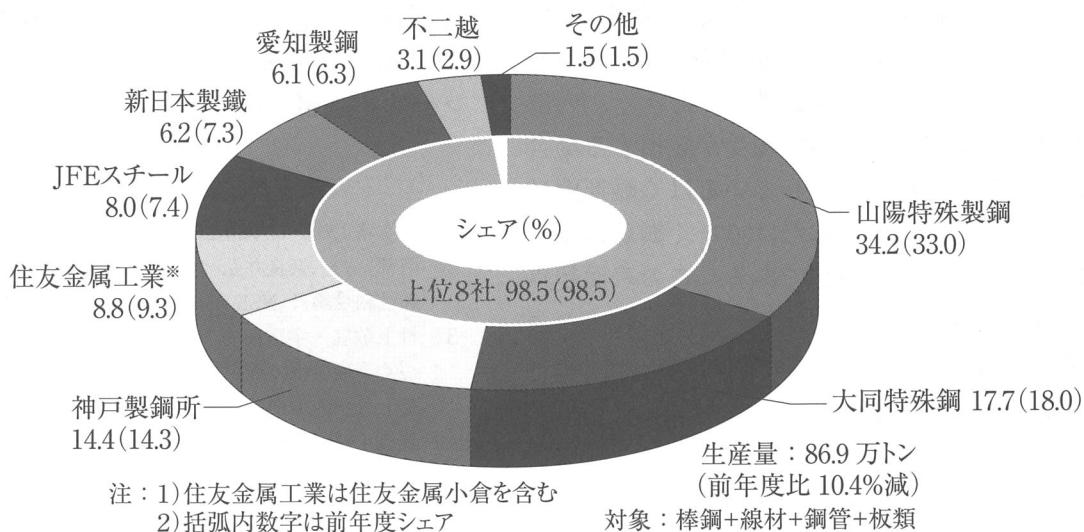


図 1 '08年度軸受鋼生産シェア (資料：鉄鋼新聞社)

ン程度の特殊鋼が軸受用途（含、輸出）として国内で生産されたものと捉えることができる。

2. 海外の軸受鋼生産

海外で先ず注目されるのは、自動車生産が世界トップに躍り出た中国の軸受鋼生産であり、正確な統計数字は得られないものの既に年間で130～150万トンに近い生産レベルにあると推定され、今後も生産量は多少の凹凸はあるものの右肩上がりの傾向と思われる。軸受鋼を生産している代表的な特殊鋼メーカーは宝鋼特殊鋼（上海NO.5）、江陰興澄、東北特殊鋼、大冶特殊鋼等があり、とりわけ日本からの技術を導入した江陰興澄（二期）の今後の生産状況が注目される。

一方、中国に次いで注目されるのはインドの軸受鋼生産であろう。中国同様に正確な統計数字は得られないものの、MUSCO、MUKAND、KALYANI等の特殊鋼メーカーが年間で約15万～20万トンの軸受鋼を生産、インド国内の軸受メーカーに対し主に棒鋼で供給していると推定される。

数量的には急激に伸張している中国・インドの軸受鋼ではあるが、世界トップの品質を誇る日本の軸受鋼との比較においては依然として品質面（特に安定性）での格差がある。しかしながら、線材（鋼線）、钢管類こそ日本材は大きく優位性を維持しているものの、需要の大半を占める軸受棒鋼においては一部の高清淨度鋼（低酸素鋼）を除けば品質面の格差は確実に縮小してきている。今

後、日系軸受メーカーのグローバル化と現調化が進展していく中で、中国・インド材へのニーズが高まっていくのは時代の趨勢であろう。

◇ 軸受メーカーの動向

1. 軸受マーケットの状況

当社調査によると世界の軸受マーケットは概ね3.6兆円程度と推定している（図2）。軸受メーカートップはスウェーデンに本社を置くSKF、それにドイツのシェフラー・グループが続き、米国のTIMKEN、日系の日本精工、NTN、ジェーテクトが上位に連っており、トップ6社が全世界の約70%のベアリングマーケットを押さえているという寡占構造。

昨年からの世界的な不況の影響でここ暫くは軸受マーケットも一時的に縮小すると考えられるが、人類の発展・人口の増加に合わせて軸受の需要は拡大、いずれマーケットは回復基調となりまずは4兆円規模を目指すであろう。

2. 軸受業界の再編

全世界規模で企業の合併・吸収・提携による再編が多くの産業分野において進行している。それもかつてのような大が小を吸収するとの単純図式ではなく、同業強者同士の合併、異業種の合併等、新たな展開が始まっている。

軸受業界においても、本年7月末、ジェーテクトによるTIMKENのニードル軸受部門の買収が発表された。ここ数年で見ても、光洋精工と

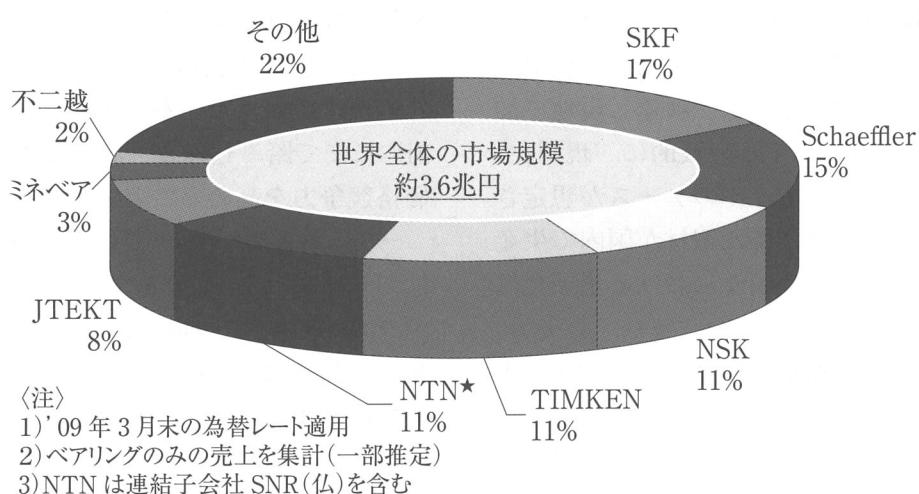


図 2 2008年世界のベアリング市場（三井推定）

豊田工機の合併によるジェーテクト誕生（2006年1月）、INA・FAGの統合によるシェフラー・グループの誕生（2006年4月、但しINAによるFAGの買収は2002年）、NTNによるSNR（フランスのトップ・軸受メーカー）への出資（2006年7月）等々、大規模な再編が進行している。

かかる潮流の中で、今般の世界不況による軸受マーケットの縮小は軸受メーカー間の合従連衡を一段と加速し今後の軸受業界における更なる再編を促すものと考える。

3. 日系軸受メーカーの海外展開(グローバル化)

日系軸受メーカーは既に1970年代より海外進出を開始していたが、1990年代に入り日系自動車メーカーの海外進出に呼応して急速に海外展開を進めてきた。特に「世界の工場」たる中国への進出は凄まじい勢いで進められてきた。

将来、少子高齢化の進展とそれに伴う産業構造の変化により、国内マーケットの縮小も予想される中、軸受メーカーとしては将に生き残りを賭けて更なるグローバル化を進めるものと思われる。グローバル化の中心となるのは先ず有望新興市場であるBRICs（ブラジル、ロシア、インド、中国）になるとされる。製造業の蓄積が少ないロシアは別として、既に日系軸受メーカーが多く生産拠点を構築してきた中国において一層の生産拠点・生産能力の拡充が進むであろうし、又、インド、ブラジルは次の生産拠点としてその重要性が増すものと思われる。

4. 日系軸受メーカーの現調化

今後、グローバル化が進展するに際し、日系軸受メーカーの現調化が進展することと思われる。現調化は大きく分けて①現地鋼材を調達し現地で加工するケース、②鋼材を他国で調達し現地で加工するケース、が考えられる。一般的に‘現調化’という言葉からいえば、主に①のケースが想定されるであろうが、例えば、特殊鋼材が国内で生産されていない東南アジアの国々における現調化は正しく②のケースとなろう。

品質の安定した軸受鋼材が調達できる欧州・米国においては一部特殊なアイテムを除き、主に現地鋼材が使用されているが、一方、軸受鋼材を生産している新興国（中国・インド等）においても現地軸受鋼材の調達は着実に進んでおり、今後、

コストダウンを求める需要家からの強い要望もあり、特に品質面の格差が縮小且つ鍛造工程を通る軸受丸棒を中心に現地調達に拍車が掛かるであろう。

現調化においては、現地での鋼材調達もさることながら、更に重要なポイントは如何に現地に優れた加工先（前工程メーカー）を確保するかにあると考える。既に中国においては日系鍛造・機械加工（旋削）メーカーが多数進出しているが、今後の軸受メーカーの展開を考えれば、更なる優良加工先の確保が必要となるであろうし、又、将来が注目されているインドにおいてはこれが今後の大きな課題である。

優良な現地加工先の確保は決して一朝一夕で出来るものではなく、まずは国内協力企業を中心とした日系加工メーカーの進出を促すと共に、いかに現地企業を優良加工先に育成するかが軸受メーカーにとって現調化の鍵となる。

◇ 今後の課題

1. 軸受鋼メーカーの課題

常に軸受鋼の品質向上に努め軸受業界の発展に大きく寄与してきた日本の軸受鋼メーカーとしては、引き続き世界TOPの品質を維持し海外軸受メーカーとの差別化を図ることは極めて重要である。既に高清浄度鋼の酸素含有量は5ppmレベルを達成していることから、今後の主眼は介在物の大きさ制御に向けられるであろう。

又、軸受メーカーの現調化に対して更なる対応を進めることも必要であり、軸受鋼材を国内から海外工場に供給するとの図式のみならず、現地或いは第三国での引抜・ピーリング等の二次加工、熱処理、或いは前工程である鍛造・機械加工（旋削）にまで踏み込んだ「複合的な対応」により非価格競争力を高めることも重要と考える。

一方、生産拠点を国内に有する軸受鋼メーカーにおいては、国内軸受マーケットの縮小・軸受メーカーの現調化進展という構造変化に対し、今後、高品質軸受鋼の供給に特化するのか或いは敢えて価格差のある海外軸受鋼メーカーと競合して汎用軸受鋼の供給を行うのかという選択局面も考えられる。その延長においては、将来、日本の軸受鋼メーカーも海外特殊鋼メーカーとの提携、或

いは自らの海外進出も視野に入れなければならぬかもしない。

2. 軸受メーカーの課題

今般の世界同時不況は1台当たり約100～150個の軸受を使用すると言われている自動車業界に大幅な販売・生産の縮小をもたらし軸受業界に深刻な影響を与えた。その結果、自動車業界に対する一部悲観的な見方も台頭したが、全世界的にみれば自動車産業そのものは今後も新興国を中心として成長産業であることは論をまたないであろう。むしろ軸受業界における課題は自動車の小型化と電気自動車の普及であり、小型化は軸受のグレードダウンと個数減に繋がり、電気自動車は約40個の軸受が使用されているというエンジンを不要とする。(電気自動車の普及に就いては10年後で30万台～600万台の幅で予測があり不透明な状況ではあるが) 今回の不況は自動車依存からの脱却と今後成長が期待できる風力発電・鉄道車両軸受等の産業分野への取組み強化という課題を提起した。

一方、軸受メーカーとしては競争力強化の観点から、コストダウンに対する不断の取組みは常に課題であり、既に前述の現調化の推進もさることながら、各社の枠を超えたスペック及びサイズの集約と長期在庫の有効活用、内示精度の向上による在庫の圧縮、最適地生産、過剰SPECの見直し

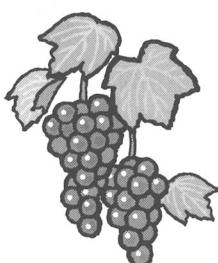
等々への更なる取組みも重要であると考える。

3. 流通の課題

今後の流通における最大の課題は軸受メーカーにおけるグローバル化・現調化に如何に対応をするかであろう。既に「軸受鋼メーカーの課題」で述べた「複合的な対応」については軸受鋼メーカーと流通が一体となった取組みが必要であり、その為には、流通としてグローバルネットワークの一層の拡充と物流費の低減努力、新興国におけるカントリーリスクの管理とロジスティクスの整備が求められるであろう。更にいえば、軸受メーカーと一体となり、現調化の鍵である前工程メーカーの確保に協力することも今後の流通の大きな課題と考える。

むすび

今、製造業であれ流通であれ「この不況下の3年の対応が企業の10年後を決する」ことになると言われている。今、世界的な不況下で急激な変化が起こりつつある中、軸受業界にも全世界ベースで大きな地殻変動が起こり始めている。その中で軸受の流通に携わるものとしてその機能を大いに高め日本の軸受業界の発展に僅かでも貢献していきたいと考える次第である。



V. 最近の軸受用鋼の動向

山陽特殊製鋼(株) 研究・開発センター ひら おか かず ひこ
軸受・構造用鋼グループ 平岡和彦

まえがき

近年、地球規模での気象変動が顕著に見られ、各種産業機械における環境負荷軽減への対応は重要な課題となっている。自動車産業においては、ハイブリッドや電気自動車に代表される革新的な機構の採用によるエネルギー効率の向上や大幅な設計変更による小型・軽量化の実現が確実に進行している。エネルギー産業では、自然エネルギーの利用に対する期待は大きく、本題の軸受技術との関連において風力発電設備拡大の動向は注目される。このように環境問題を背景とした機械産業の構造的な変革により軸受技術を取り巻く環境は急変している。軸受は本来、各種機械ユニットにおいて、滑らかな動力伝達やパワーロス軽減を図る役目があり、環境負荷軽減に対して自ずと重要な役割を担ってきた。軸受の主要素材である軸受用鋼は、昨今の環境変化を受け、従来には見られなかった過酷な環境や、例えば水素のように、これまでに顕在化しなかった疲労促進の要因が関与する環境での使用を余儀なくされている。最近の軸受用鋼にはこのような環境下において、従来と同等以上の耐久性をはじめとする諸機能を發揮することが求められている。一方、直近の世界的な経

済的不況の下、環境負荷軽減と並行して軸受製造に対するコストダウンへの寄与も従来以上に強く求められている。総括的にみて軸受用鋼には環境負荷軽減への具体的な寄与とコストダウンとの両立が強く望まれている状況がうかがえる。

本報告では、このように環境問題を機に特徴的な変化を呈する軸受用鋼に対するニーズとそれに対応する技術開発の動向について説明する。

◇ 軸受用鋼へのニーズならびに技術開発動向

軸受用鋼では、軸受として使用される産業上の分野によって求められる機能が大きく異なり、それらに対応して適用鋼種や硬化熱処理が選定される。それら軸受用鋼の使用状況ならびに各産業上の分野毎のニーズを表1に整理している。ここ数年において、軸受用鋼の使用状況に大きな変化は見られないが、分野毎には、前述の環境問題に基づく新たなニーズや対応する技術開発の動向が挙げられる。それらの詳細を以下に説明する。

1. 玉軸受の分野

この分野では、主としてSUJ2に代表される高炭素クロム軸受鋼が使用されている。国内市場では、自動車のエンジン補機、駆動系（トランスミッション、デファレンシャル）ならびに足回り（各世

表 1 軸受用鋼の各産業上の分野における代表的な適用鋼種・熱処理ならびに特徴的なニーズ
(○: 改善ニーズ有り、◎: 強い改善ニーズ有り)

産業上の分野		代表的な適用鋼種 (Mはモディファイ鋼)	硬化熱処理	ニーズの特徴		
				長寿命	高強度	その他
玉軸受	自動車、産業用	SUJ2	ずぶ焼入れ	○	○	※1
	大形軸受	SUJ2, SUJ3	同上	○		
	ハブユニット	中炭素鋼 (S53C主体)	高周波焼入れ	○	◎	
ころ軸受	自動車、産業用	SCR420, SCM420	浸炭もしくは 浸炭窒化焼入れ	○		※1
	鉄道用軸受	SNCM420	浸炭焼入れ	○		※2
	大形軸受	SNCM815 SNCM815M (Ni 3 %以上)	浸炭もしくは 浸炭窒化焼入れ	○	○	※2 ※3
その他ニーズ						
※ 1 : 特殊環境下の組織変化を伴う転がり疲れに対する長寿命化						
※ 2 : 非金属介在物検査への超音波探傷技術の適用						
※ 3 : 省合金化による成分設計						

代ハブユニットのフランジ機能の無い軌道輪) が主要な対象である。これらの用途では、先に述べた機械ユニットとしての小型・軽量化の影響を強く受け、軸受自体の小径化、薄肉化の傾向が見受けられる。また本来、耐高荷重に有利なころ軸受が使用されているところに対して駆動力伝達の応答性改善を見込んで玉軸受を使用することも見受けられる。これら軸受の型番や型式の変化において、軸受寿命のポテンシャルである基本動定格荷重(軸受型番によって決められている100万サイクルを保証する荷重)は小さくなり、同じ条件下(荷重・潤滑条件)での使用における計算寿命は下がる。これを補うためには軸受用鋼自体の寿命(寿命計算式における軸受特性係数 a_2)を上げる以外に方策は無い¹⁾。軸受において通常の使用環境下での寿命改善は、周知のように転がり疲れの破壊(はく離)の起点として作用する鋼材内部の非金属介在物の低減が有力な方策となる。図1に示すように、光学顕微鏡検査と極値統計法との組合せによって得られる所定面積中の最大介在物大きさは、寿命に対する有力な検査指標であることが既に知られている²⁾。しかしながら同図において、同じ介在物大きさであっても寿命が1オーダー程度のばらつきを呈しており、非金属介在物の大きさのみを寿命の指標とする寿命改善への取組み方に対しては、昨今の厳しい長寿命化ニーズの下、レベル

アップの必要性が問われている。また非金属介在物大きさの更なる低減には、大幅な精錬強化や再溶解等の付加的なプロセスが必要であり、昨今の経済事情にはそぐわない。非金属介在物起点のはく離は、身近でかつ重要な課題でありながら、複合的な要因が関与する現象であって、実験や観察によって正確なメカニズムが得られ難い状況にあった。このような背景の下、現在、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)主導の产学連携プロジェクト(研究予定期間:平成19~23年度)に当該問題が取り上げられ、基礎的研究が推進している³⁾。コンピューターシミュレーションや最新の観察機器を用いた現象の可視化に重点を置いた特徴があり、新たな考え方に基づいた合理的な長寿命化手法が創出される可能性が大きい。図2³⁾にプロジェクト活動結果として既に開示された非金属介在物起点のはく離モデルを示す。このモデルの重要な部分は、寿命を支配する初期の欠陥大きさは厳密にみて、非金属介在物大きさそのものではなく、その周囲の疲労損傷領域の形成によって全寿命の極初期に形成される非金属介在物を挟んだき裂長さであるとの考え方である。モデルは現段階においては暫定的なものであるが、その完成により長寿命化に対する非金属介在物制御の新たな指標創出や寿命との相関がより改善された検査手法の実用化がなされるも

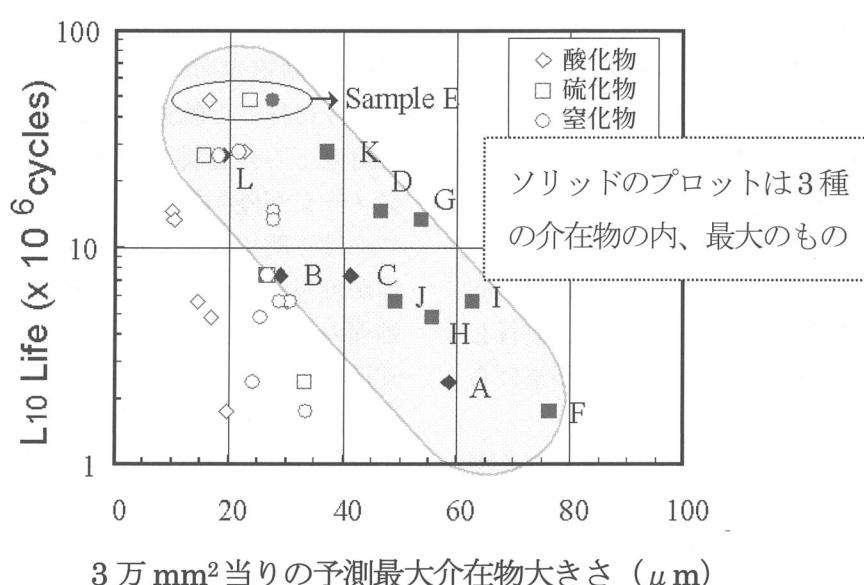


図 1 極値統計法で予測した最大介在物大きさと寿命(L₁₀ Life)との関係²⁾

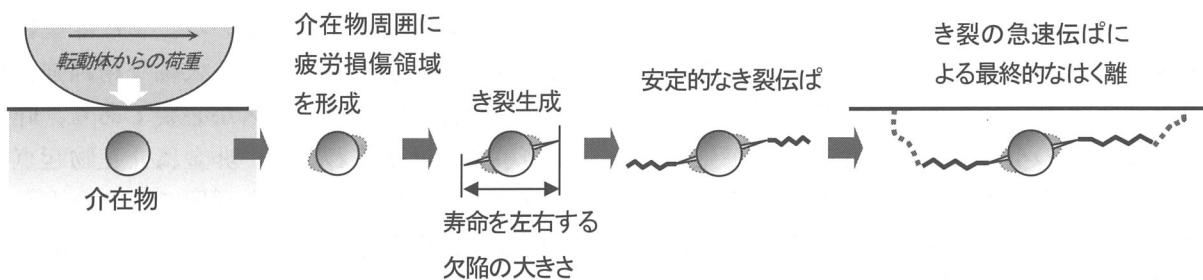


図 2 最近提唱された介在物からの転がり疲れによるはく離モデル³⁾

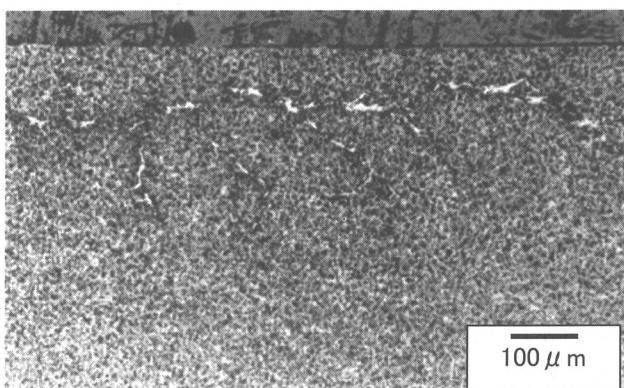


図 3 エンジン補機用軸受 (SUJ2製)
に見られる白色組織変化⁴⁾

のと見込まれる。

一方、最近この分野において非金属介在物起点ではないタイプの早期はく離問題が顕在化している。図3⁴⁾に示す（通称）白色組織変化を伴うタイプであり、代表的な例としてオルタネータ用やベルトCVTプーリーを支持する軸受においてこの現象があることが報告されている⁵⁾。この現象は、昨今の自動車用機械ユニットの構造的変化を如実に反映しており、軸受の小型・薄肉化や機構上避けられない潤滑の変化が引金になっている。難解と言われた当該問題発生のメカニズムについては、直近、水素の関与を探り入れた解釈や金属一般の強ひずみ加工現象との対比的な見方をもとにした理解が進んできた⁶⁾。材料開発の動向としては、軸受デザインやグリース対策と並行した高クロム含有型対策軸受用鋼の商品化が挙げられる⁵⁾。

乗用車用のハブユニット軸受は、一部のころ型を除き玉軸受の範疇であるが、製造方法や機能において固有の技術構築がなされてきた。またユニット化の進行を世代で現し、第1～3世代までが軸受商品として市場化されている。第2～3

世代のフランジ付き軌道輪において、国内では高周波焼き入れによる硬化処理を前提にS53Cを主体とする中炭素鋼が使用されている。既にユニット軸受として、自動車足回りの部品点数の削減に寄与しているが、昨今転がり疲れの問題だけではなく、フランジとしての機能を有する非硬化部の強度アップによる小型・軽量化への取組みが見られる。開示されている開発技術としては、一般非調質鋼のアロイイング技術を適用した微量V添加(0.04%)による鍛造組織の改善⁷⁾や、形状付与のための塑性加工技術を利用した高強度化⁸⁾が紹介されている。

2. ころ軸受の分野

自動車駆動系ユニットにおける重荷重が避けられない部分や一般産業用として、代表的にはSCR420やSCM420を浸炭もしくは浸炭窒化したころ軸受が多用されている。この分野では、潤滑への異物混入や転動体と軌道輪との相対的なすべりによって表面起点型のはく離を呈することが知られている⁹⁾。表面起点型のはく離が顕在化する理由は、軌道表面の異物圧痕に対する応力集中や、すべりに伴って軌道表面に生じる接線力によって軌道直下の非金属介在物周囲よりも、軌道表面のダメージが優先的に起こるためである。このタイプのはく離では、表面起点という機構上、破壊過程が可視化され易く、モデルに基づいた材料・熱処理の対策が既に確立されている¹⁰⁾。したがって、直近特に大きな技術的変化は見当たらない。また先に玉軸受分野の説明において述べた白色組織変化を伴うはく離問題が生じる場合も見受けられるが、玉軸受の分野と同様の考え方^{5), 6)}で対応が進められている。

鉄道用分野では、車軸用ころ軸受としてSNCM420もしくはその相当鋼が浸炭焼入れに

よって使用されている。昨今、長距離輸送手段として環境負荷軽減効果が高い国内新幹線に準じる超高速鉄道の採用が各国で見受けられる。超高速鉄道用軸受は、寿命信頼性の高さが重視される分野であり、非金属介在物起点のはく離対策が玉軸受と同様に重視される。しかしながら自動車用や一般ころ軸受に対して、軸受寸法が大きい（外径が250mm程度であり中形と称される場合がある）ことに注意を要する。転がり疲れによるダメージを受ける体積（通称 危険体積）が大きいので、鋼材の非金属介在物検査法として、従来型のASTM A法やJIS点算法に代表される顕微鏡による検査に替わり、検査体積を稼げる超音波探傷の適用検討が進められている状況にある¹¹⁾。

大形軸受は主に鉄鋼圧延設備用や風力発電設備用が主要な対象である。前者は世界的な鉄鋼生産拠点の拡大に、後者は自然エネルギー利用への期待を背景に軸受用鋼の市場として成長が見込まれる分野である。技術課題として、前述の鉄道用ころ軸受と同様に危険体積の大きさに対する配慮が必要であり、超音波探傷検査の採用に期待がもたれている。またこの分野では、芯部韌性確保ならびに質量効果への考慮から、概ね3%以上のNi含有を特徴とする合金元素量が多い開発鋼種やSNCM815が使用されている。資源枯渇への懸念やコストダウンの視点に基づく省合金型の鋼材開発への期待がもたれている。

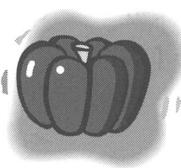
むすび

軸受用鋼に関し、産業上の分野毎にニーズの変化と技術開発動向の詳細を述べてきた。最近の

ニーズは、言うまでもなく環境負荷軽減への寄与とコストダウンの両立に集約される。それらに対して期待される材料技術の難易度は高いが、直近、対策技術の着実な実用化が目立つように見受けられる。各々の対策技術は、全く新しいものではなく、従来から基盤研究的な位置付けで蓄積してきたものが実用化し始めた感が強い。軸受用鋼は機械産業において、今後さらに強まるであろう環境負荷軽減へのニーズに対して重要な位置付けにある。機械産業の国際競争力向上の視点からも、軸受用鋼の基盤的研究の促進が望まれる。

参考文献

- 1) 平岡和彦：第188・189回西山記念技術講座テキスト、(2006)、131.
- 2) 長尾実佐樹、平岡和彦、雲丹亜泰和：Snayo Technical Report, Vol.12 (2000)、43.
- 3) 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)、117.
- 4) 山陽特殊製鋼社内データ
- 5) 藤田慎治、内田啓之、田中 進：NSK Technical Journal, No.679 (2005)、21.
- 6) 平岡和彦、常陰典正：Snayo Technical Report, Vol.16 (2009)、45.
- 7) 中名 悟、桂 隆之、平岡和彦：Snayo Technical Report, Vol.11 (2004)、57.
- 8) 永井健一、小林一登：日経Automotive Technology 2007 spring、(2007)、142.
- 9) 平岡和彦：月刊トライボロジ、No.176 (2002)、50.
- 10) 村上保夫、三田村宣晶、古村恭三郎：NSK Technical Journal, No.652 (1992)、9.
- 11) Y. Unigame, K. Hiraoka, I. Takasu, K. Kato : Journal of ASTM International, 3,5 (2006), Paper ID JAI 14030.



VI. 会員メーカーの軸受用鋼

（株）神戸製鋼所

超清浄軸受鋼（UF鋼）

まえがき

近年、地球環境対応としてCO₂削減を目的に、様々な環境対応技術が急速に採用されている。軸受においても、自動車のハイブリッド用や電気自動車用のモーター、トランスミッションへの適用のため、転動疲労寿命の向上のニーズが高まっている。また、デジタル家電用のハードディスクや小型ファンに用いられるミニチュアベアリングにおいても、高速回転化に伴う高精度・低振動の要求が高まってきている。

当社はこのような市場ニーズに応えるべく、軸受鋼の超清浄化を推進しており、今回はその製造方法と超清浄鋼（UF鋼）の介在物レベルを紹介する。

◇ 超清浄鋼の製造方法

当社では、軸受レースの転動疲労寿命や極小径ボール加工後の厳しい要求品質を満たすため、軸受鋼の製造工程および検査工程を厳格に管理している。

当社は、不純物の非常に少ない高炉の溶銑を用い、転炉-LF（アーク加熱）・RH（真空脱ガス）-大断面ブルーム連続铸造の一貫プロセスにより、安定した超清浄鋼を製造している。連続铸造で铸造された铸片は、熱間での分塊压延により□155mmの鋼片を製造し、全断面および全長にお

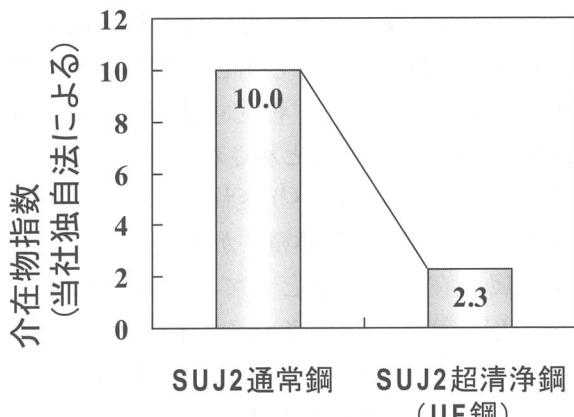


図 1 当社超清浄鋼の介在物レベル

ける内部と表面の検査を行った後、棒鋼や線材に熱間圧延している。線材では、2次加工工程内で全長にわたり表面疵検査および疵取りをした鋼線を製造している。

◇ 当社の超清浄鋼（UF鋼）

当社は、硫化物系、酸化物系、Ti系介在物において、各々の起源に応じた厳格な管理を行い、それらを極限まで低減させた超清浄鋼（UF鋼）を商品化している。清浄度評価においては、当社独自法での管理を採用しており、各種レースやミニチュアボール用途にご使用頂いている。図1に、その超清浄鋼の介在物レベルを示す。

◇ 当社の今後の清浄化技術について

今後の市場ニーズのさらなる高度化に対応すべく、当社はさらなる清浄化を達成できるプロセス技術および清浄度評価技術の開発を推進する所存である。

〔（株）神戸製鋼所 神戸製鉄所
条鋼技術部 条鋼技術室 下津佐正貴〕

山陽特殊製鋼(株)

SP鋼：素材のもつ性能を 極限まで追求した超高清淨度鋼

まえがき

SP鋼は「高信頼性鋼の山陽」を支える当社のナンバーワン商品の一つであり、自動車をはじめとする高強度・長寿命が求められる重要な部品を支える鋼です。その高強度・長寿命ニーズに応えるべく、SP鋼は『鋼材が持つ本来の性能を最大限まで引き出すために、鋼の中に存在する最も大きな非金属介在物の大きさをコントロールする』という当社独自のコンセプトに基づいて商品化しました。特に、異物混入の無いクリーンな潤滑環境下で使用される軸受では、寿命向上には鋼中の酸化物系介在物の量や大きさを低減することが重要であることは広く認知されており、SP鋼は開発当初には長寿命、信頼性向上が必要とされる軸受部品への適用が進められてきました。近年では、自動車関連部品にも適用され高い評価を得ています。

◇ SP鋼の特徴

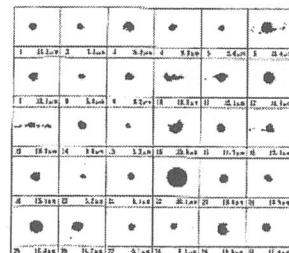
SP鋼は一般的な特殊鋼製造工程である「電気炉 - 取鍋精錬炉 - RH脱ガス - 垂直型大断面ブルーム連鉄」という量産プロセスの中で、徹底的な精錬の強化や溶鋼の汚染防止を図ったSNRP操業 (Sanyo New Refining Process) と呼ぶ当社独自の製鋼技術により製造しています。SP鋼の非金属介在物は、航空機や新幹線用の軸受など高い清浄度を要求される部品に使用される特殊溶解材 (VAR材、ESR材) に匹敵するレベルにあります。更にSP鋼では、統計学の極値統計理論を適用して、鋼の中に存在する非金属介在物の大きさを定量的に評価する介在物評価方法を採用しています。この極値統計法は従来から用いられているASTM E45 A法やJIS G0555などに規定された介在物評価方法に比べて、評価面積が大きくなるために、より精度の高い清浄度評価が可能となります。図1にSP鋼と一般鋼との極値統計法による

介在物評価結果を示します。SP鋼では一般鋼に比べて単位面積中に観察される介在物の大きさが小さくなると共に、大きな面積中に存在する最も大きな介在物を予測した場合にも、その大きさが低位にかつ安定してコントロールされていることがわかります。このことが部品の強度や疲労寿命への信頼性を高めています。

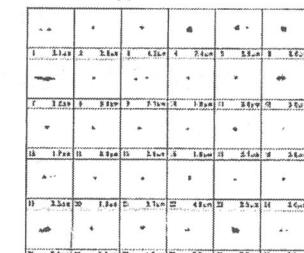
むすび

SP鋼は高炭素クロム軸受鋼において開発、生産を開始し、その後肌焼き鋼、中炭素鋼のSCM420H SP鋼、SCM435H SP鋼を開発しました。現在では各種軸受に加えて自動車のエンジン・駆動系部品、産業機械部品など各種分野に適用されています。また特殊溶解材からの切替えによるお客様での大幅なコストダウンにも貢献しています。今後も更なる適用拡大を図ると共にお客様の商品開発や競争力強化に貢献出来ればと考えております。

<一般鋼 0.5ppm>



<SP鋼 0.5ppm>



各視野の最大介在物写真(100mm²、30 視野を測定)

30,000mm² 中にある最大介在物径の予測値

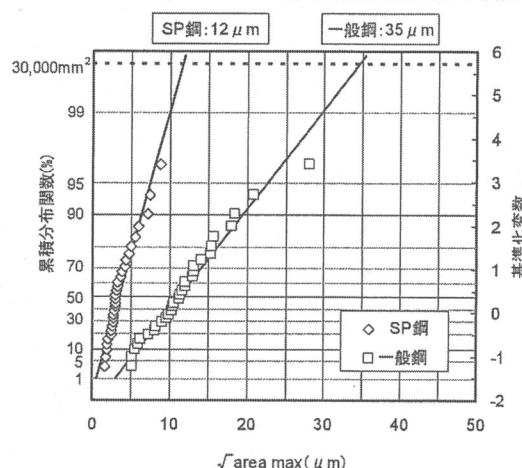


図 1 極値統計法を用いたSP鋼と一般鋼の介在物評価結果の一例 (鋼種SCr420)

[山陽特殊製鋼(株) 研究・開発センター
軸受・構造用鋼グループ 橋本 和弥]

JFEスチールの軸受鋼

まえがき

品質要求の厳しい軸受鋼では、お客様での加工および検査工程の省略のための造り込みレベルアップ、品質向上や、製品サイズの細分化および寸法精度の向上がますます重要度を増しています。これに対し、JFEスチールでは種々の品質保証および作り込みをするための機器および設備を導入して軸受鋼の製造を行ってきました。これら設備で開発した技術を要求品質仕様に応じて組み合わせて適用することで、熱処理材、アズロール材とも幅広いサイズで高品質、高付加価値の軸受鋼の製造を可能としております。本稿では、その内容についてご紹介いたします。

◇ 製品の特長

1. 素材の表面品質造り込みと検査体制

鋼片圧延時のホットスカーフと丸ビレット化による表面疵、表皮下介在物、脱炭層の均一除去、特に厳格材に対しては、ビレットピーリング加工を行うことにより高レベルの欠陥除去を実施しております。ビレット表面の疵保証は、自動渦流探傷装置および磁粉探傷により、一方、内部については丸ビレット用の全断面超音波探傷装置を導入し、内部の空孔欠陥や介在物欠陥を検出できるようにしております。

2. 製品造り込みと品質保証

線材・棒鋼工場は、棒鋼圧延ラインに線材圧延ラインを増設したコンバインドミルです。棒鋼、線材製品とも仕上げ圧延ミルに4ロールミルを採用しており、棒鋼では寸法精度を0.10mm以下にすることでお客様でのピーリングや引抜き加工省略も可能となります。一方線材ミルでも、高寸法

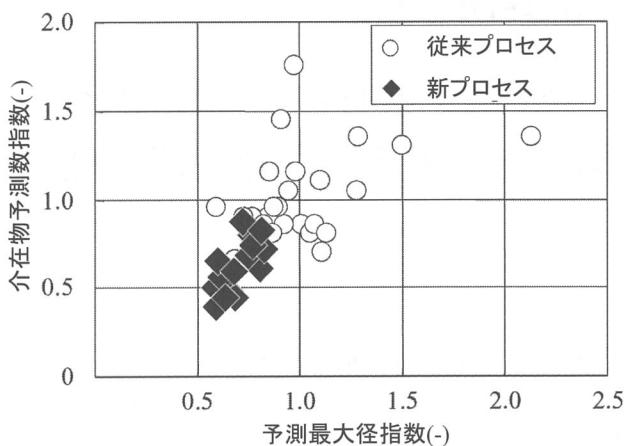


図 非金属介在物の極値統計法による評価

精度でのサイズフリー圧延および、4.2mmΦの細径線材が圧延可能となり、線材を鍛造加工前サイズに圧延して供給できるので、お客様での伸線加工や熱処理、表面処理の省略が可能となっております。

3. 清浄度向上

当社では近年、清浄度向上対策としてPERM(加減圧精錬)、LF(炉外精錬炉)導入等のプロセス改善を図ってまいりました。PERMは、主に転炉工程にて窒素や水素などのガスを溶鋼中に溶解させた上で、RH(真空脱ガス)工程で急速に減圧することで溶鋼中にガスを発生させ、このガスにより溶鋼中の介在物を捕捉し、除去する精錬手法です。

また2008年1月にLFを新設導入し、介在物除去能力を大幅に改善いたしました。その結果、従来プロセス比で介在物個数予測指数が34%、介在物最大径指数は29%減少し、また介在物最大径指数のばらつきも標準偏差で73%減少いたしました。

むすび

以上の特徴ある製造技術の最適選択により、お客様の要求品質仕様に対応した高品質軸受鋼の提供を今後とも行ってまいります。

大同特殊鋼(株)

高硬度・冷鍛用ステンレス鋼

：DSR7

高硬度・高耐食・高窒素

ステンレス鋼：HNS-M

まえがき

軸受用途等において高硬度かつ耐食性が要求される材料には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います。しかしながら、SUS440Cは凝固時に生成する共晶炭化物の影響で熱処理後においても粗大な炭化物が残存することから、冷間加工性や耐食性等が不十分であることが少なくありません。最近では材料に要求される加工性・転動疲労寿命・耐食性のレベルは厳しくなっており、それに対応する材料が求められています。

当社では焼入れ・焼戻し硬さがSUS440Cと同等で、共晶炭化物が少なく冷鍛性・転動疲労寿命が良好なマルテンサイト系ステンレス鋼DSR7 (13Cr-0.7C ; mass%)、および冷鍛性・転動疲労寿命・耐食性が良好な高窒素ステンレス鋼HNS-M (0.3C-16Cr-1Mo-0.4N-0.2V ; mass%)を開発しました。DSR7はCとCr量バランスを検討し、共晶炭化物を低減し炭化物の微細化を図りました。HNS-Mは高压の窒素雰囲気下で溶解・铸造を行い炭素の代わりに窒素を多量に添加することで粗大炭化物の生成を抑制し、かつ耐食性を向上させました。

◇ 特長

1. 冷間加工性

DSR7とHNS-Mはいずれも粗大な炭化物がないため、SUS440C

に比べて球状化焼鈍状態の冷間加工性、切削性が良好です。

写真1に球状化焼鈍材のミクロ組織を示します。いずれもSUS440Cと比べて粗大な炭化物が少ない組織となっています。冷間鍛造における変形抵抗はSUS440Cより低く、かつ高い変形能（限界加工率）を示します。また、切削加工性についても工具摩耗量はSUS440Cより少なく良好です。

2. 耐食性

HNS-Mは粗大炭化物の低減に加え窒素の添加効果により、良好な耐食性を示します。例えば塩水噴霧試験 (JIS Z2371)においてSUS440Cは1時間程度で発錆するのに対し、HNS-Mは96時間噴霧後においても発錆は認められません。DSR7はSUS440Cと同等の耐食性を有します。

3. 転動疲労寿命

DSR7とHNS-MはSUS440Cよりも良好な転動疲労寿命を有します。

◇ 用途例

- ・耐食用軸受
- ・直線軸受
- ・マイクロシャフト
- ・刃物など

むすび

産業の高度化に伴い、材料の加工性・耐食性に対する要求はますます高まりつつあります。高性能化や製造能率向上が進む機械部品の最適材料の一つとして用途展開が進むものと期待します。

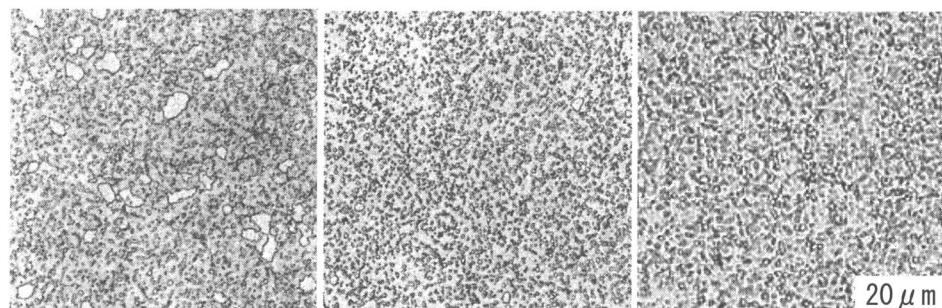


写真1 球状化焼鈍材のミクロ組織

〔大同特殊鋼(株) 研究開発本部
耐食・耐熱材料研究室 なりた しゅうじ
成田 修二〕

“特集”編集後記

軸受および軸受用鋼の特集は、1990年、1998年に続き、最近では2003年に紹介されております。以来6年が経過し、その間には地球温暖化をはじめとする環境の保護への意識が益々高まりました。様々な業界で低炭素社会化にむけた技術開発が進む中で、本誌7月号では「自動車の環境対応」を特集しております。

軸受は低摩擦によりエネルギーを効率的に伝達するという機能部品のため、自動車をはじめとするあらゆる輸送機、電機等の回転部分に組み込まれており、エネルギー消費の低減を介して環境の保護に大きく寄与しています。また、風力発電や鉄道といった地球環境に優しい産業においては信頼性の高い軸受が活躍しております。

一方、他の業界と同じくグローバル化の波が加速する中で、軸受メーカーでは現地生産を行うための様々な課題もあります。

本号では、このような環境下における軸受業界全般の最新動向について、軸受メーカー様を中心に執筆をお願いいたしました。この中では、各々の産業で使用される軸受について、その機能、変遷などをやさしく解説頂くとともに、軸受製造における最新技術を工程毎に詳しく紹介頂いております。また、軸受用鋼の最新技術動向とともに流通の観点からも解説頂きました。

今回の特集によって、一見シンプルな構造物に見える『軸受』が、高度な材料技術と製造技術により生まれたものであり、その結果、様々な産業界へ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) にしもり 西森 ひろし 博〕

業界のうごき

小山鋼材、尾道に新熱処理拠点 需要家対応を強化

小山鋼材はこのほど、中国地方の新たな事業拠点として、尾道熱処理センター（広島県尾道市美ノ郷町）を開設した。主に自動車部品や電動工具製造メーカー向けの金型材の熱処理加工を行い、ユーザーへの対応強化と販路拡充を図る。

新熱処理センターは名古屋、大阪に続く3カ所目の熱処理加工拠点。主な設備は各種熱処理炉6基で、5月に導入し、6月から稼働を開始している。

同センター内には、尾道営業所も併設しており、中国エリアの営業強化も図る。

同社は、大阪本社の他9営業所（東京、長野、北陸、浜松、名古屋、三重、兵庫、広島、尾道）、3センター（富田林、三重、大東）、2精機工場（大阪、三重）、3熱処理センターなどの事業拠点を持ち、熱間、冷間ダイス鋼やプラスチック金型用鋼、各種特殊鋼鋼材などを年間100億円規模で加工・販売している。（7月27日、産業新聞）

佐藤商事、工具鋼の在庫、切断拠点 八潮（埼玉）から東雲に移転

佐藤商事は、関東・静岡地区で工具鋼の納期短縮を進めるため、10月に工具鋼の在庫・切断拠点を埼玉県八潮市から東京都江東区東雲に移転する。東雲には構造用鋼主体の東雲倉庫があり、八潮で切断した工具鋼についても東雲経由で配送している。近接地に東雲第2倉庫を開設して配送効率を大幅に向上させ、納期短縮を進める。

06年4月から関連会社の三神精工の倉庫の一部（1,600m²弱）を活用して、山陽特殊製鋼の工具鋼の在庫・切断を行ってきた。ただ客先への配達拠点である東雲倉庫と離れている

ため、東雲倉庫の配送便とのタイミングが必ずしも合わず、工具鋼の短納期化には制約があった。東雲第2倉庫（約1,400m²）には八潮から帶鋸盤3台と工具鋼在庫約600トンを移し10月から新体制で業務を開始する。（8月24日、鉄鋼新聞）

清水鋼鉄・宇都宮、 都市ガス使用のガス溶断機導入

清水鋼鉄は、鍛造品製造の宇都宮製作所（所長・福地一美常務）に自動トレース型ガス溶断設備を増設し、7月から稼働開始した。東京ガスの協力を得て都市ガスを使用しており、プロパンガス使用の従来機に比べて切断スピード、切断板厚とも倍増し、鍛鋼品の極厚部分850ミリも切断可能になった。飛躍的な生産性向上、適用製品の拡大を見込んでいる。ガス溶断機で都市ガスを使用するのは国内初と見られる。

自動トレース型ガス溶断機（小池酸素工業製）と付帯設備を含む投資額は2,500万円。

宇都宮製作所は、05年2月から燃焼用ガスとして都市ガス供給を受けており、約半年にわたり東京ガスと検討や試験を重ねた結果、導入した。既存機も600ミリ厚を切断できるが、より大型化が図れるため、外注加工の取り込みに加えて製品レパートリーの拡大も期待できる。（7月10日、鉄鋼新聞）

住金物産、タイで鋼材・アルミ 精密加工部品事業

住金物産はジャパン、ミヤキ（本社・静岡県浜松市）と合弁で、タイで精密切削加工部品の製造に乗り出す、と発表した。住金物産にとって初となる事業で、すでに合弁会社を6月に設立した。タイ国アユタヤ県のロジャナ工業団地（住金物産も事業主体）内に、切削・研磨加工ラインを備えた工場を建設、鋼材やアル

ミを母体とする精密加工部品の製造を行い、日系自動車・二輪車・OA機器メーカーなどに供給する。

今後熱処理設備、表面処理設備の導入も検討する。新会社は、2010年4月の稼働を目指し、同国においてBOI（タイ国投資委員会）に投資奨励申請を行っていたが、このほど投資適合との承認を得た。

新会社はジャパン・ミヤキ社の技術力を生かし、住金物産並びに住金物産（泰国）の素材調達力、営業・販売力を駆使して、タイ国をはじめとするアセアン地域で販売を強化する方針。（8月7日、鉄鋼新聞）

大和特殊鋼・名古屋支店、 4特殊鋼種の在庫開始

大和特殊鋼・名古屋支店は、支店事務所・倉庫を移転、5月の連休明けから本格業務を開始しているが、隣接する稻沢商品センターで特殊鋼種4鋼種の在庫を開始するとともに、従来は径400ミリまでだったステンレス棒鋼の在庫を500ミリまで拡大した。

同支店は名古屋市港区に拠点を構えていたが、手狭になってきたことから稻沢市内に新拠点を開設、業務を開始している。

連休明けに移転を完了し、本格稼働に入っているが、設備面では最大径530ミリまで対応可能な全自動鋸盤2基と、60ミリまで対応できる全自动丸鋸盤1機を新規に導入している。

一方、在庫品種として新たにSUS304L、304N2、309S、310Sの4鋼種を追加した。従来は大阪地区で在庫していたが、大阪・名古屋間で住み分けを行うため稻沢商品センターに移管した。（7月9日、産業新聞）

白鷺特殊鋼、大型正面盤を導入 短納期ニーズに対応

白鷺特殊鋼は、このほど新たに正面盤を加西スチールセンター（兵庫

業界のうごき

県加西市網引町)に導入する。同社は、07年10月に加西スチールセンターを開設し、鍛造丸棒と大径長尺丸棒の在庫拡充を図った。加工設備としては大型切断機だけでなく大型旋盤3基、フライス盤1基を設置し、機械加工も手掛けってきた。

大型の旋盤加工に関しては、子会社でフリー鍛造のハクロフォージング大阪事業所(大阪市西淀川区)で行ってきた。今回加西に正面盤を導入することで、鍛造品及び大径丸棒の在庫一切断に加え幅広く機械加工も加西ができる体制が整った。これにより最近、一層強まるユーザーの短納期要請に対応できるのに加え、大阪との横持ち配達がなくなるためコスト削減にもつながる。

加西に導入する正面盤は、1,800ミリ径、1千ミリ厚までのリング形状素材の加工が可能。(7月9日、鉄鋼新聞)

日立金属アドメット、 磁性材料分野を開拓

日立金属アドメットは、需要全般にわたる構造変化に直面する中で、需要家の潜在的ニーズにいち早く対応し、日立金属と連携して磁性材料・応用製品など成長分野の開拓に注力する方針。既存の成長商品に加えて、アンテナ機能を生かして新規成長商品の開発促進を目指す。日立金属のグローバル戦略にも呼応して、国内外の情報共有化など商社機能強化を進める。

日立金属は事業分野別に7カンパニー制を敷くが、同社はうち5カンパニーの製品や関連会社の製品を主に販売している。

現在は売上高の6割を自動車関連が占め、磁性材料・応用製品の比率は約25%だが、日立金属・NEOMAXカンパニーが直接手がける自動車大手向けなどを除く装置関係、高性能モータ関係は同社が扱っ

ており、長期展望では磁性材料・応用製品比率は3~5割に高まる可能性もある。

(7月2日、鉄鋼新聞)

愛知、粗鋼累計 4,000万トン達成

愛知製鋼は09年6月に、40年3月の創業以来、69年目で粗鋼生産高累計4,000万トンを達成したと発表した。82年に先駆的に電炉、取鍋精錬炉、真空脱ガス装置、連続鋳造設備の複合製鋼プロセスを実現、さらに製鋼ラインすべてを複合プロセス化し、高品質な高清浄度鋼の生産体制を構築、現在は製鋼2ラインの生産体制をより効率化させるなど、各強化策が奏功した。

今後は11年春の稼働予定で新ブルーム連鋳設備の更新を実施、品質・コスト面で重要となる源流工程の刷新を進め、鋼材・鍛造全行程でのプロセス改革に取り組む。

さらに環境循環型企業として社会・地球貢献を念頭に、二酸化炭素(CO₂)排出削減、廃棄物ゼロ化につながる環境調和型プロセス技術も導入。今後もクルマ・クルマづくりでのリサイクルの貢献を指向し、環境技術の開発、導入を積極化する方針だ。

(7月8日、産業新聞)

山陽、電炉スラグの品質向上 月1.5トンの処理設備導入

山陽特殊製鋼は、電気炉スラグ製品の品質向上を主眼に「加圧式蒸気エージング(体積安定化処理)設備」を導入した。同設備は住友金属工業製で、わが国最大の高圧処理能力1.0MPa(メガパスカル)を持つ。月間処理能力は1万5千トン。自社で発生するスラグは全量同設備で処理し、高品質のスラグ製品として拡販していく方針。

電気炉スラグは古くから道路、土木用途などでリサイクルされてい

る。凝固、破碎、磁選などの後、エージング処理し品質検査を実施、製品として出荷。

同社は従来大気エージングで対応。この場合露天下で半年~1年間の処理時間が必要。これに対し今回の新設備は、処理時間が数時間、高度な品質安定化が可能。この他、短時間処理による製品ヤードの大幅圧縮、土地有効活用など副次的価値も生まれる。同社の昨年のスラグ発生量は月間1万トン。(7月21日、鉄鋼新聞)

JFES、ハイテンの新加工技術 自動車会社と共同研究

JFEスチールは、06年に開発した自動車用ハイテンの新プレス加工技術の実用化に向け国内自動車会社と共同研究に入った。新プレス加工技術は、従来は成型が難しかった高強度ハイテンでも正確に部品加工できるのが特徴。複数の自動車会社と骨格部品の試作などを進めており、早期実用化を目指す。

共同研究を進めるのは「ジム・フォーム」と呼ぶサーボプレス機を使った自動車用ハイテンの部品加工技術。06年にアイダエンジニアリングと共同開発していた。

例えば自動車のリヤサイドシルと呼ばれる骨格部品の場合、従来の加工技術では440MPa(メガパスカル)級ハイテンが使用限界だった。新技術では590MPa級まで適用できる。

実用化できれば鋼材の高強度化、板厚低減により、車の軽量化や衝突安全性向上などにつながると期待される。

(7月15日、鉄鋼新聞)

住金直江津の高疲労強度鋼板 マツダが採用

住友金属直江津の高疲労強度ステンレス鋼板「NAR-301L HS1」を使用したシリンドーヘッドガスケットが、マツダ車では初めて採用された。

業界のうごき

HS1は、材料の結晶粒径を微細化することにより、ばね特性と疲労強度を高い次元で両立させる独自材料。

「アテンザ」に初めて搭載され、ミニバン車種の「ビアンテ」と「アクセラ」にも採用された。

ヘッドガスケットは、自動車エンジンのシリンダーヘッドとエンジンブロックの間に挟んで使用される部品。ビードと呼ばれる山形の加工を施し、エンジンの振動や変形に追随して、燃焼ガスや冷却水が漏れることを防止する。

最近の燃費性能にすぐれたエンジンでは、軽量化に伴うエンジン剛性低下などにより、従来以上に高度なばね特性と長期間のエンジン振動に耐える疲労特性を持ったガスケットが要求されている。(8月14日、鉄鋼新聞)

大同、HV向金属磁性粉末を開発 新型プリウスの部品に採用

大同特殊鋼は、ハイブリッド車(HV)のバッテリー電圧を上げる部品(リアクトル)に使われる金属磁性粉末を開発、トヨタ自動車が5月に発売した新型「プリウス」に採用されたと発表した。

リアクトルは、バッテリーの直流電圧を上げる部品。鉄心にコイルを巻き、電流を流すことで鉄心を磁化させ、直流電流を断続的に供給して電圧を上昇させる(プリウスでは200ボルトから650ボルトに昇圧)。

これまでのプリウスは、この部分に電磁鋼板を加工して使用していたが、同社では、独自技術と新技術を組み合わせ、これまで両立しなかった部品性能向上と部品コスト低減という2つの課題を同時に克服。新型から採用された。

トヨタにとって効率的な部品製造が可能になり素材の使用量を削減。同時に粉末表面への絶縁被膜処理技術により鉄心でのエネルギー損失を

低減した。(7月24日、鉄鋼新聞)

東北特、電気自動車向け 部品開発強化

東北特殊鋼(株)は、電気自動車向け部品の開発を強化する。電気自動車の普及に備え、顧客の設計段階から早期に共同で取り組む。自動車の低生産が続く見込みから新製品の磁気測定装置の市場開拓を併せて進める考え。主力需要先である石化燃料車への鋼材・部品供給が減少する可能性があり、市場の変化に対応して新たな商品の柱を構築する。

5~10年の長期スパンで今後、世界的に電気自動車の開発が進展する見通し。同社は、耐熱鋼と電磁ステンレス鋼の国内最大手だが、電気自動車の普及によって石化燃料車のエンジンに使われる鋼材や部品の需要減少が予想される。「エンジンバルブの成長は鈍化し、一方で電気自動車の普及のテンポは早まるだろう」と見て、電気自動車関連の部品の開発を進める。

素材を大同特殊鋼から受け、特殊鋼鋼材の製造から冷温間鍛造、研削・切削加工による部品加工、熱処理まで一貫して行っている。

(8月5日、産業新聞)

日金工、独自の省Ni鋼で 米ASTM規格を取得

日本金属工業は独自の省ニッケル型ステンレス鋼「Dシリーズ」について、米国規格であるASTMを取得したと発表した。これにより「規格外の省ニッケル型ステンレス鋼(中国、インド材など)との差別化による拡販に加え、ASTM以外の規格化にも弾みがつく」と同社では期待している。

米国規格を取得したのは「NTKD-7S」「NTKD-10S」「NTKD-11」の3鋼種で。対象となる規格はASTMA

240(ステンレス鋼板・帶鋼の圧力容器と一般用途向け材料規格)およびASTMA480(ステンレス鋼及び耐熱鋼の鋼板・鋼帯の一般的な要求事項)。「D-7S」はSUS304と比べ強度が高く耐食性と冷間加工性は同等に近い。磁性は低い。「D-10S」はSUS304に近い加工性、耐食性を持つ。「D-11」はSUS304より、やや強度が高く、同等に近い溶接性、耐食性を持つ。

(8月11日、鉄鋼新聞)

日立金属グループ自動車部品向け 新コーティング技術開発

日立金属グループは日立製作所の協力を得て、密着性に優れる自動車部品用DLCコーティング技術と、コーティング被膜の特性を高める新鋼種を開発したと発表した。

日立ツールが自動車部品用でDLCコーティングを実用化するのは初めて。従来の自社のDLCコーティングに対して、基材(母材)との密着性を50%以上高めた。

日立ツールは、自動車部品用DLCコーティング「L-Frex」をビックアース硬さ2千HV、3千HV、4千HVの3種類揃えて、10月から松江表面改質センター(島根県松江市)でサービスを開始する。

日立金属の新鋼種「ASL555」は、高クロム系マルテンサイト鋼をベースに添加元素を最適化し、疲労強度と耐食性を高水準でバランスさせた線材。コーティング時の昇温でも硬さが低下せず、高硬度(約60HRC)を維持でき、DLC以外でもコーティングの密着性を向上できる。

(8月21日、鉄鋼新聞)

おことわり:この欄の記事は、最近月における業界のおよその動向を読者に知らせる目的をもって、本誌編集部において鉄鋼新聞ほか主な業界紙の記事を抜粋して収録したものです。

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	工具鋼	構造用鋼		計	特殊用途鋼						計	合計	
		機械構造用炭素鋼	構造用合金鋼		ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高張力鋼	その他			
'07 暦年	277,935	5,099,889	4,102,711	9,202,600	504,131	923,983	3,492,210	987,711	5,278,383	831,286	12,017,704	21,498,239	
'08 暦年	278,962	5,152,106	4,192,382	9,344,488	509,061	1,047,806	3,209,876	919,300	5,580,765	891,875	12,158,683	21,782,133	
'07 年度	284,120	5,198,139	4,187,223	9,385,362	520,413	968,273	3,389,620	972,770	5,362,422	869,309	12,082,807	21,752,289	
'08 年度	229,637	4,231,269	3,570,745	7,802,014	409,750	869,298	2,724,499	748,715	4,821,881	780,684	10,354,827	18,386,478	
'08. 7-9月	70,955	1,307,300	1,069,784	2,377,084	132,828	264,421	855,672	229,187	1,414,024	231,091	3,127,223	5,575,262	
10-12月	61,960	1,145,390	949,492	2,094,882	105,439	256,432	611,427	200,150	1,280,427	206,776	2,660,651	4,817,493	
'09. 1-3月	24,346	442,438	467,234	909,672	39,249	86,245	371,723	76,373	732,922	126,561	1,433,073	2,367,091	
4-6月	17,262	544,697	474,365	1,019,062	58,453	97,382	486,799	109,624	718,177	125,973	1,596,408	2,632,732	
'08年	5月	22,781	440,992	364,867	805,859	45,017	90,098	298,611	80,485	472,374	73,592	1,060,177	1,888,817
	6月	25,024	454,477	353,891	808,368	41,943	88,427	288,635	85,968	468,748	64,000	1,037,721	1,871,113
	7月	23,751	454,823	379,836	834,659	45,052	86,854	292,850	82,817	489,251	80,499	1,077,323	1,935,733
	8月	23,634	400,695	325,814	726,509	43,540	80,782	288,393	67,145	452,418	65,129	997,407	1,747,550
	9月	23,570	451,782	364,134	815,916	44,236	96,785	274,429	79,225	472,355	85,463	1,052,493	1,891,979
	10月	24,910	461,306	366,098	827,404	39,360	93,683	268,509	75,338	482,751	79,226	1,038,867	1,891,181
	11月	19,655	388,191	340,881	729,072	36,563	93,295	192,741	67,307	424,641	61,602	876,149	1,624,876
	12月	17,395	295,893	242,513	538,406	29,516	69,454	150,177	57,505	373,035	65,948	745,635	1,301,436
'09年	1月	10,656	192,686	181,807	374,493	19,248	42,365	131,377	31,485	298,046	51,893	574,414	959,563
	2月	7,468	131,754	138,152	269,906	10,159	25,631	116,542	22,054	207,311	38,247	419,944	697,318
	3月	6,222	117,998	147,275	265,273	9,842	18,249	123,804	22,834	227,565	36,421	438,715	710,210
	4月	5,565	130,151	146,488	276,639	14,896	18,487	139,498	25,728	226,904	43,486	468,999	751,203
	5月	5,574	185,103	158,761	343,864	21,482	32,025	158,516	36,565	229,310	35,911	513,809	863,247
	6月	6,123	229,443	169,116	398,559	22,075	46,870	188,785	47,331	261,963	46,576	613,600	1,018,282
前月比		109.8	124.0	106.5	115.9	102.8	146.4	119.1	129.4	114.2	129.7	119.4	118.0
前年同月比		24.5	50.5	47.8	49.3	52.6	53.0	65.4	55.1	55.9	72.8	59.1	54.4

※平成19年1月(2007年1月)の調査区分改正によるステンレス鋼及び他の計上区分変更に伴い、

経済産業省調査統計部調べ

以前の値と比較することはできない。

形状別

(単位: t)

年月	形鋼	棒鋼	管材	線材	鋼板	鋼帶	合計	
'07 暦年	381,911	6,724,149	1,662,975	4,394,559	2,240,897	6,093,748	21,498,239	
'08 暦年	397,569	6,883,261	1,685,010	4,446,064	2,303,024	6,067,205	21,782,133	
'07 年度	393,934	6,904,242	1,626,872	4,463,129	2,220,519	6,143,593	21,752,289	
'08 年度	316,004	5,631,520	1,588,152	3,692,415	2,174,173	4,984,214	18,386,478	
'08. 7-9月	114,383	1,756,562	434,037	1,125,035	596,020	1,549,225	5,575,262	
10-12月	64,921	1,542,290	420,545	974,914	532,446	1,282,377	4,817,493	
'09. 1-3月	21,312	553,771	320,387	435,456	453,005	583,160	2,367,091	
4-6月	30,612	686,396	224,216	575,452	290,698	825,358	2,632,732	
'08年	5月	40,636	586,940	145,995	394,476	199,913	520,857	1,888,817
	6月	43,026	612,669	117,457	379,549	205,097	513,315	1,871,113
	7月	40,839	606,766	153,760	398,417	204,473	531,478	1,935,733
	8月	28,392	534,604	144,776	337,601	192,727	509,450	1,747,550
	9月	45,152	615,192	135,501	389,017	198,820	508,297	1,891,979
	10月	27,524	614,156	151,364	377,127	195,195	525,815	1,891,181
	11月	26,415	536,776	146,437	324,178	168,711	422,359	1,624,876
	12月	10,982	391,358	122,744	273,609	168,540	334,203	1,301,436
'09年	1月	8,185	230,872	114,326	194,612	181,990	229,578	959,563
	2月	6,754	164,327	101,286	125,890	136,318	162,743	697,318
	3月	6,373	158,572	104,775	114,954	134,697	190,839	710,210
	4月	15,774	163,150	97,641	143,322	120,634	210,682	751,203
	5月	6,917	231,863	72,853	193,131	95,455	263,028	863,247
	6月	7,921	291,383	53,722	238,999	74,609	351,648	1,018,282
前月比		114.5	125.7	73.7	123.7	78.2	133.7	118.0
前年同月比		18.4	47.6	45.7	63.0	36.4	68.5	54.4

経済産業省調査統計部調べ

特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別販売(商社+問屋)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	構造用合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高抗張力鋼	その他			
'07 暦年	329,657	4,443,784	6,031,829	10,475,613	233,771	356,537	2,363,281	265,934	68,706	19,797	3,308,026	14,113,296	
'08 暦年	301,143	4,784,138	7,539,250	12,323,388	249,969	387,676	1,996,132	255,561	70,477	20,039	2,979,854	15,604,385	
'07 年度	327,547	4,408,766	6,522,433	10,931,199	233,623	359,758	2,355,364	266,340	69,005	20,256	3,304,346	14,563,092	
'08 年度	267,145	4,194,948	7,311,248	11,506,196	224,166	363,475	1,793,103	216,964	60,324	18,002	2,676,034	14,449,375	
'08年 10月	25,199	421,256	713,725	1,134,981	20,059	33,619	▲345,677	20,613	5,647	1,841	▲263,898	896,282	
11月	21,807	485,939	632,929	1,118,868	17,413	29,543	119,948	17,556	3,656	1,698	189,814	1,330,489	
12月	18,930	290,631	514,461	805,092	18,941	26,163	110,378	14,642	4,314	1,404	175,842	999,864	
'09年 1月	14,810	211,801	556,727	768,528	11,363	33,195	143,210	11,324	3,348	1,040	203,480	986,818	
2月	13,875	167,712	543,699	711,411	9,018	14,775	88,740	10,358	3,272	929	127,092	852,378	
3月	16,058	180,375	439,309	619,684	6,807	16,745	150,840	10,757	2,441	1,313	188,903	824,645	
4月	14,661	170,714	369,789	540,503	6,339	16,839	119,091	11,342	2,511	860	156,982	712,146	
5月	15,558	183,616	386,486	570,102	7,637	19,564	129,425	11,806	2,423	1,158	172,013	757,673	
6月	17,599	197,938	262,081	460,019	15,131	25,240	128,322	12,427	2,348	1,203	184,671	662,289	
前月比	113.1	107.8	67.8	80.7	198.1	129.0	99.1	105.3	96.9	103.9	107.4	87.4	
前年同月比	64.6	48.6	40.4	43.6	71.2	72.6	37.4	57.7	35.3	63.8	43.0	43.8	

経済産業省調査統計部調べ

特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別在庫の推移

メーカー在庫

(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	構造用合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高抗張力鋼	その他			
'07 暦年	7,654	159,314	86,474	245,788	25,311	27,623	165,130	37,346	145,944	30,951	432,305	685,747	
'08 暦年	8,093	158,724	97,363	256,087	20,118	33,335	117,440	34,460	143,757	35,022	384,132	648,312	
'07 年度	7,597	135,358	81,623	216,981	23,037	28,377	150,577	34,013	163,443	28,440	427,887	652,465	
'08 年度	6,194	115,083	66,501	181,584	15,277	24,709	97,968	25,398	109,997	26,736	300,085	487,863	
'08年 10月	7,550	157,787	89,072	246,859	18,640	28,410	131,857	33,339	150,618	32,784	395,648	650,057	
11月	7,504	161,768	98,890	260,658	23,497	33,985	135,781	32,450	149,164	28,464	403,341	671,503	
12月	8,093	158,724	97,363	256,087	20,118	33,335	117,440	34,460	143,757	35,022	384,132	648,312	
'09年 1月	7,528	150,951	89,831	240,782	18,677	32,429	99,956	26,759	133,227	37,080	348,128	596,438	
2月	7,199	141,098	83,346	224,444	17,072	29,484	96,532	26,767	105,134	35,978	310,967	542,610	
3月	6,194	115,083	66,501	181,584	15,277	24,709	97,968	25,398	109,997	26,736	300,085	487,863	
4月	5,325	116,343	60,196	176,539	15,541	22,887	99,873	27,910	113,137	26,511	305,859	487,723	
5月	5,163	120,551	60,751	181,302	18,745	21,025	96,848	28,656	98,548	21,485	285,307	471,772	
6月	4,827	127,431	71,458	198,889	15,972	22,774	94,564	32,317	110,833	22,767	299,227	502,943	
前月比	93.5	105.7	117.6	109.7	85.2	108.3	97.6	112.8	112.5	106.0	104.9	106.6	
前年同月比	70.8	88.3	75.0	83.0	60.3	75.9	66.8	86.0	78.8	68.7	73.1	76.7	

経済産業省調査統計部調べ

流通在庫

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	構造用合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高抗張力鋼	その他			
'07 暦年	47,333	176,205	99,901	276,106	9,143	27,190	156,460	22,819	8,268	2,650	226,530	549,969	
'08 暦年	56,844	205,637	128,710	334,347	14,722	35,480	156,850	24,409	9,735	3,107	244,303	635,494	
'07 年度	46,713	168,377	100,739	269,116	8,207	26,966	156,277	20,133	7,705	2,439	221,727	537,556	
'08 年度	54,951	214,370	128,586	342,956	13,027	39,411	149,570	23,308	10,923	3,054	239,293	637,200	
'08年 10月	53,328	170,661	108,064	278,725	12,298	27,369	156,417	22,025	8,214	2,694	229,017	561,070	
11月	55,369	187,513	122,184	309,697	13,780	32,178	155,517	24,235	8,967	3,029	237,706	602,772	
12月	56,844	205,637	128,710	334,347	14,722	35,480	156,850	24,409	9,735	3,107	244,303	635,494	
'09年 1月	60,000	213,266	130,925	344,191	15,185	37,937	153,094	25,443	10,609	3,321	245,589	649,780	
2月	56,160	215,345	131,003	346,348	13,838	40,354	153,332	23,519	10,632	3,287	244,962	647,470	
3月	54,951	214,370	128,586	342,956	13,027	39,411	149,570	23,308	10,923	3,054	239,293	637,200	
4月	53,800	199,044	130,779	329,823	12,890	36,542	142,808	22,226	10,181	2,903	227,550	611,173	
5月	52,533	199,650	131,643	331,293	13,130	51,291	135,713	21,388	10,055	2,723	234,300	618,126	
6月	57,658	194,738	133,024	327,762	12,712	50,677	132,536	23,977	9,318	2,889	232,109	617,529	
前月比	109.8	97.5	101.0	98.9	96.8	98.8	97.7	112.1	92.7	106.1	99.1	99.9	
前年同月比	117.2	128.5	135.2	131.1	124.5	192.1	86.8	137.7	128.9	129.4	107.4	119.8	

※平成19年1月(2007年1月)の調査区分改正によるステンレス鋼及びその他の計上区分変更に伴い、

経済産業省調査統計部調べ

以前の値と比較することはできない。▲はマイナス

特殊鋼熱間圧延鋼材の輸出入推移

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		
'07 暦年	27,789	382,147	365,320	747,467	144,701	1,284,215	126,273	1,555,189	15,168	3,443,229	3,458,397	5,788,841
'08 暦年	32,843	379,948	390,630	770,578	165,106	1,343,517	151,537	1,660,160	15,521	3,429,596	3,445,117	5,908,698
'07 年度	29,193	396,994	385,052	782,046	157,513	1,302,721	145,326	1,605,560	15,357	3,504,345	3,519,702	5,936,502
'08 年度	28,901	304,491	342,106	646,597	139,784	1,171,557	121,168	1,432,508	15,941	3,138,743	3,154,684	5,262,690
'08年 10月	3,538	30,477	30,175	60,652	13,792	111,204	9,263	134,259	1,479	298,289	299,768	498,217
11月	2,368	23,311	29,141	52,453	9,166	72,818	6,706	88,690	1,530	217,498	219,028	362,538
12月	2,070	25,818	22,466	48,284	16,070	71,207	9,951	97,227	1,160	243,359	244,520	392,101
'09年 1月	1,371	12,874	20,065	32,939	9,263	54,943	5,767	69,972	832	194,685	195,517	299,799
2月	1,175	10,360	18,942	29,302	5,517	54,915	3,531	63,963	1,175	174,902	176,076	270,517
3月	1,227	11,483	13,880	25,363	2,409	78,822	10,281	91,513	1,102	234,064	235,167	353,269
4月	1,383	12,065	11,665	23,729	3,629	74,626	5,226	83,481	993	182,819	183,812	292,406
5月	787	8,805	10,968	19,773	4,169	64,860	8,286	77,315	807	153,091	153,898	251,773
6月	693	15,864	17,386	33,250	7,586	86,944	6,418	100,948	1,068	263,399	264,467	399,359
前月比	88.2	180.2	158.5	168.2	182.0	134.0	77.5	130.6	132.4	172.1	171.8	158.6
前年同月比	25.6	55.6	54.7	55.1	57.4	69.2	102.1	69.6	67.2	98.8	98.6	83.9

財務省通関統計

輸入

年月	工具鋼	ばね鋼	ステンレス鋼					快削鋼	その他の鋼			合計	
			形鋼	棒鋼	線材	鋼板類	鋼管		高炭素鋼	合金鋼	計		
'07 暦年	3,460	1,112	635	6,182	11,308	192,988	7,980	219,094	40	27,359	35,380	62,739	286,445
'08 暦年	4,473	1,090	257	6,633	10,173	112,107	6,170	135,341	10	7,874	55,741	63,614	204,527
'07 年度	3,978	1,107	532	5,489	9,694	151,995	6,473	174,183	19	21,849	38,052	59,900	239,187
'08 年度	4,085	997	337	6,429	10,403	104,680	6,463	128,312	12	6,784	61,678	68,462	201,869
'08年 10月	294	77	16	715	1,358	10,555	676	13,320	-	823	4,751	5,573	19,265
11月	210	60	13	436	435	6,647	583	8,113	-	610	3,217	3,826	12,210
12月	523	52	15	464	1,094	8,620	535	10,728	-	2,221	4,966	7,187	18,490
'09年 1月	366	52	55	608	969	8,927	627	11,186	2	383	6,124	6,507	18,113
2月	177	94	50	299	610	5,005	316	6,280	-	214	5,147	5,360	11,911
3月	259	58	45	496	572	5,149	565	6,826	-	158	5,282	5,439	12,582
4月	222	22	25	723	913	6,890	591	9,142	-	158	3,198	3,357	12,742
5月	210	54	53	780	344	6,218	255	7,649	-	169	4,554	4,724	12,638
6月	325	43	24	1,032	667	6,909	443	9,075	-	140	2,007	2,147	11,589
前月比	154.7	79.1	45.2	132.3	193.7	111.1	174.2	118.6	-	82.6	44.1	45.4	91.7
前年同月比	100.0	62.6	73.3	237.2	46.0	40.9	132.7	47.4	-	35.6	54.4	52.6	49.1

財務省通関統計

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		建設機械生産		産業車両生産		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	ブルドーザー	パワーショベル	フォークリフト	ショベルトラック			
'07 暦年	11,596,327	1,538,020	6,549,940	616,450	5,353,648	937,732	9,120	180,425	171,128	18,752	123,366	65,118	15,900
'08 暦年	r11,575,644	r1,508,399	6,727,091	658,218	5,082,235	839,259	9,249	149,228	174,025	17,501	116,022	65,866	13,011
'07 年度	11,790,059	1,559,205	6,769,851	641,168	5,319,620	913,961	9,515	181,945	177,864	18,965	123,640	66,918	15,939
'08 年度	r10,005,771	r1,329,877	5,602,813	557,515	4,700,778	776,925	7,300	115,902	145,424	14,381	106,168	56,201	9,690
'08年 10月	r1,014,403	139,037	575,391	57,884	379,364	63,415	735	11,739	14,428	1,838	8,934	3,274	815
11月	r855,333	106,170	491,990	51,536	368,883	72,241	695	8,465	11,442	1,511	7,840	2,859	517
12月	r725,825	89,023	422,077	43,158	306,319	52,898	417	6,396	9,347	1,080	7,625	6,189	369
'09年 1月	576,539	73,458	233,859	24,382	301,702	44,607	294	4,198	6,016	573	7,332	2,639	190
2月	481,396	71,693	212,107	19,338	380,582	54,784	232	3,346	5,659	449	7,373	3,207	204
3月	552,071	77,856	228,201	23,464	546,092	80,056	202	3,007	5,858	440	7,279	5,575	209
4月	485,405	64,616	206,456	16,201	r284,034	r47,047	162	2,399	4,321	365	6,888	2,322	252
5月	542,282	67,180	231,610	15,489	292,043	46,925	147	2,278	4,341	398	6,682	3,810	276
6月	683,958	79,425	321,255	22,939	382,285	62,085	133	2,930	5,820	543	7,328	3,769	350
前月比	126.1	118.2	138.7	148.1	130.9	132.3	90.5	128.6	134.1	136.4	109.7	98.9	126.9
前年同月比	66.0	58.1	54.0	39.1	85.5	75.9	15.2	20.8	34.3	37.3	70.2	65.0	27.2

出所：日本自動車工業会、経済産業省、総務省、産業機械工業会、工作機械工業会

特殊鋼流通統計総括表

2009年 6月分

鋼種別	月別 項目	実数 (t)	前月比 (%)	前年同 月比(%)	1995年基準 指 数(%)	1987~2009年随時			
						年月	ピーク時	年月	ボトム時
工具鋼	生産高	6,123	109.8	24.5	27.5	91.3	29,286	09.4	5,565
	輸出船積実績	693	88.2	25.6	19.4	87.3	10,368	09.6	693
	販売業者受入高計	22,724	159.0	82.0	110.5	07.1	31,631	09.2	10,035
	販売高計	17,599	113.1	64.6	86.4	07.1	30,175	09.2	13,875
	消費者向	9,769	114.6	64.4	104.1	07.10	17,272	09.2	6,438
	在庫高計	57,658	109.8	117.2	160.0	09.6	57,658	87.10	31,813
	生産者工場在庫高	4,827	93.5	70.8	43.1	91.10	17,876	09.6	4,827
	総在庫高	62,485	108.3	111.5	132.2	08.12	64,937	88.1	41,105
構造用鋼	生産高	398,559	115.9	49.3	73.4	08.10	827,404	09.2	269,906
	輸出船積実績	33,250	168.2	55.1	196.4	08.2	79,915	92.1	10,222
	販売業者受入高計	456,488	79.9	43.5	138.2	08.10	1,157,330	98.8	257,445
	販売高計	460,019	80.7	43.6	140.3	08.10	1,134,981	99.8	253,971
	消費者向	267,375	65.6	44.9	125.1	08.10	670,656	98.8	166,732
	在庫高計	327,762	98.9	131.1	136.4	09.2	346,348	87.10	169,822
	生産者工場在庫高	198,889	109.7	83.0	66.4	97.11	320,394	09.4	176,539
	総在庫高	526,651	102.7	107.6	97.6	08.12	590,665	87.12	427,189
ばね鋼	生産高	22,075	102.8	52.6	51.9	89.3	60,673	09.2	10,159
	輸出船積実績	7,586	182.0	57.4	59.9	06.5	27,829	09.4	3,629
	販売業者受入高計	14,713	186.8	67.6	98.6	08.4	26,487	09.4	6,202
	販売高計	15,131	198.1	71.2	101.6	08.4	25,355	09.4	6,339
	消費者向	3,956	182.1	86.8	31.9	90.10	23,876	09.4	2,550
	在庫高計	12,712	96.8	124.5	400.0	08.12	14,722	03.9	1,534
	生産者工場在庫高	15,972	85.2	60.3	49.7	95.12	41,374	09.4	15,541
	総在庫高	28,684	90.0	78.2	81.2	96.3	45,219	02.9	23,836
ステンレス鋼	生産高	188,785	119.1	65.4	69.9	07.3	330,543	09.2	116,542
	輸出船積実績	86,944	134.0	69.2	85.5	05.3	152,476	90.1	27,286
	販売業者受入高計	125,145	102.3	36.4	83.3	06.5	587,740	09.2	88,978
	販売高計	128,322	99.1	37.4	85.9	06.5	587,941	09.2	88,740
	消費者向	46,352	112.0	18.0	81.3	06.1	292,191	87.1	34,263
	在庫高計	132,536	97.7	86.8	119.9	01.10	169,096	87.3	51,419
	生産者工場在庫高	94,564	97.6	66.8	64.2	02.4	188,988	09.6	94,564
	総在庫高	227,100	97.7	77.2	88.1	01.10	352,013	88.4	191,203
快削鋼	生産高	47,331	129.4	55.1	53.4	88.3	116,819	09.2	22,054
	販売業者受入高計	15,016	136.9	67.7	89.3	06.9	25,874	04.9	7,949
	販売高計	12,427	105.3	57.7	75.1	08.4	26,351	09.2	10,358
	消費者向	12,235	118.9	59.1	86.0	08.4	23,235	04.9	9,649
	在庫高計	23,977	112.1	137.7	104.7	07.8	27,861	87.1	9,364
	生産者工場在庫高	32,317	112.8	86.0	143.8	87.1	43,166	01.12	17,975
	総在庫高	56,294	112.5	102.4	124.1	06.5	69,020	02.3	31,448
高抗張力鋼	生産高	261,963	114.2	55.9	111.9	07.3	513,596	87.2	151,890
	販売業者受入高計	1,611	70.1	25.5	13.0	90.2	18,841	09.6	1,611
	販売高計	2,348	96.9	35.3	19.0	90.10	18,863	09.6	2,348
	消費者向	1,984	96.9	37.1	36.9	90.10	9,573	09.6	1,984
	在庫高計	9,318	92.7	128.9	70.3	99.12	20,289	02.12	5,895
	生産者工場在庫高	110,833	112.5	78.8	66.1	87.6	204,893	99.11	99,475
	総在庫高	120,151	110.6	81.3	66.4	01.5	217,711	06.3	110,555
その他	生産高	93,446	137.6	61.3	39.9	-	-	-	-
	販売業者受入高計	25,995	73.7	72.3	209.9	-	-	-	-
	販売高計	26,443	127.6	72.1	214.2	-	-	-	-
	消費者向	23,324	122.9	86.5	433.3	-	-	-	-
	在庫高計	53,566	99.2	187.2	404.3	-	-	-	-
	生産者工場在庫高	45,541	107.1	72.1	27.2	-	-	-	-
	総在庫高	99,107	102.7	108.0	54.8	-	-	-	-
特殊鋼材合計	熱延鋼材生産高合計	1,018,282	118.0	54.4	75.6	07.3	1,942,468	09.2	697,318
	鋼材輸出船積実績計	399,359	158.6	83.9	119.0	07.12	543,431	87.1	153,788
	販売業者受入高計	661,692	86.5	43.9	115.5	06.5	1,516,366	87.1	435,213
	販売高計	662,289	87.4	43.8	116.4	08.6	1,512,463	87.5	442,211
	消費者向	364,995	74.4	39.4	108.4	08.6	926,258	98.8	267,392
	在庫高計	617,529	99.9	119.8	139.6	09.2	647,470	87.10	290,674
	生産者工場在庫高	502,943	106.6	76.7	66.0	98.1	839,861	97.3	425,932
	総在庫高	1,120,472	102.8	95.7	93.0	01.5	1,355,516	97.1	873,633

出所: 経済産業省 大臣官房調査統計部

- 注 1. 総在庫高とは販売業者在庫高に生産者工場在庫高を加算したもの。生産者工場在庫高は熱延鋼材のみで、冷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を含まない。
2. 1987~2009年のピーク時とボトム時とは、最近の景気循環期間中の景気変動の大きさの指標を示す。
3. 「その他」のピーク時、ボトム時は掲載せず
4. 平成19年1月(2007年1月)の調査区分改正によるステンレス鋼及びその他の計上区分変更に伴い、以前の値と比較することはできない。

俱楽部だより

(平成21年6月21日～8月20日)

市場開拓調査委員会

- ・第1回調査WG（7月2日）
「クリーンエネルギー車の動向（仮題）」の
調査内容の検討
- ・説明会（7月31日）
「平成20年度特殊鋼の最終用途別需要実態
調査」結果報告書の解説
講 師：(株)日鉄技術情報センター 市場
調査部長 松尾 悟氏
参加者：70名

編集委員会

- ・小委員会（7月17日）
11月号特集「磁性材料（仮題）」の編集内
容の検討
- ・本委員会（7月27日）
11月号特集「磁性材料（仮題）」の編集方針、
内容の確認

流通委員会

- ・説明会（6月29日）
「平成21年度第2・四半期の特殊鋼需要見
通し」
講 師：経済産業省製造産業局鉄鋼課
桑原課長補佐
参加者：60名
- ・工具鋼分科会（7月10日）

【大阪支部】

運営委員会（8月11日）

【名古屋支部】

- 部会
- ・工具鋼部会（7月15日）
 - ・構造用鋼部会（7月17日）
- 部会
- ・ステンレス鋼部会（7月24日）

社団法人特殊鋼俱楽部 会員会社一覧

(社名は50音順)

[会員数]		【販売業者会員】		
(正会員)		愛 鋼 (株)	清 水 鋼 鐵 (株)	長 谷 川 ハ ガ ネ 店
製造業者	28社	青 山 特 殊 鋼 (株)	神 鋼 商 事 (株)	(株)ハヤカワカンパニー
販売業者	111社	浅 井 産 業 (株)	ス チ 一 ル	林 田 特 殊 鋼 材 (株)
合 計	139社	東 金 属 (株)	住 金 物 产 (株)	阪 神 特 殊 鋼 (株)
(賛助会員) 0社		吾 妻 金 属 (株)	住 金 物 产 特 殊 鋼 (株)	阪 和 興 業 (株)
【製造業者会員】		新 井 ハ ガ ネ (株)	住 商 特 殊 鋼 (株)	日立金属アドメット(株)
		栗 井 鋼 商 事 (株)	住 友 商 事 (株)	日立金属工具鋼(株)
		石 原 鋼 鐵 (株)	大 同 興 業 (株)	(株)日立ハイテクノロジーズ
		伊 藤 忠 丸 紅 鉄 鋼 (株)	大 同 マ テ ッ ク ス (株)	(株) 平 井
		伊 藤 忠 丸 紅 特 殊 鋼 (株)	大 洋 商 事 (株)	(株) 福 岡 ハ ガ ネ 商 店
		井 上 特 殊 鋼 (株)	大 和 興 業 (株)	藤 田 商 事 (株)
		植 田 興 業 (株)	大 和 特 殊 鋼 (株)	古 池 鋼 業 (株)
		(株) U E X	(株) 竹 内 ハ ガ ネ 商 行	(株) プ ル 一 タ ス
		確 井 鋼 材 (株)	孟 鋼 鐵 (株)	(株) 堀 田 ハ ガ ネ
		ウ メ ト ク (株)	田 島 ス チ ー ル (株)	(株)マクシスコーポレーション
		扇 鋼 材 (株)	辰 巳 屋 興 業 (株)	松 井 鋼 材 (株)
		岡 谷 鋼 機 (株)	中 部 ス テン レ 斯 (株)	三 沢 興 産 (株)
		カ ネ ヒ ラ 鉄 鋼 (株)	千 曲 鋼 材 (株)	三 井 物 产 (株)
		ス テン レ 斯 パイ プ 工業 (株)	(株) テ ク ノ タ ジ マ	三 井 物 产 ス チ ー ル (株)
		兼 松 金 属 工 業 (株)	(株) 鐵 鋼 社	三 菱 商 事 ユ ニ メタルズ (株)
		大 同 特 殊 鋼 (株)	(株) カ ム ス	宮 田 ス テン レ 斯 (株)
		高 砂 鐵 工 (株)	(株) カ ワ イ ス チ ー ル	(株) メ タ ル ワ ン
		中 部 鋼 鋟 (株)	東 京 貿 易 金 属 (株)	(株) メ タ ル ワ ン チ ピ ブ ラ
		東 北 特 殊 鋼 (株)	川 本 鋼 材 (株)	(株) メ タ ル ワ ン 特 殊 鋼
		日 鉱 金 属 (株)	北 島 鋼 材 (株)	森 寅 鋼 業 (株)
		日 新 製 鋼 (株)	ク マ ガ イ 特 殊 鋼 (株)	(株) 山 一 ハ ガ ネ
		日 本 金 属 (株)	ケ ー ア ン ド ア イ 特 殊 管 販 売 (株)	山 進 产 業 (株)
		日 本 金 属 工 業 (株)	小 山 鋼 材 (株)	ヤ マ ト 特 殊 鋼 (株)
		日 本 高 周 波 鋼 業 (株)	佐 久 間 特 殊 鋼 (株)	山 野 鋼 材 (株)
		日 本 精 線 (株)	櫻 井 鋼 鐵 (株)	陽 鋼 物 产 (株)
		日 本 冶 金 工 業 (株)	佐 藤 商 事 (株)	菱 光 特 殊 鋼 (株)
		日 立 金 属 (株)	サ ハ シ 特 殊 鋼 (株)	(株) リ ン タ ツ
		(株) 不 二 越	日 協 鋼 鐵 (株)	渡 辺 ハ ガ ネ (株)
		三 菱 製 鋼 (株)	三 京 物 产 (株)	日 鐵 商 事 (株)
		ヤ マ シ ン ス チ ー ル (株)	三 興 鋼 材 (株)	日 本 金 型 材 (株)
		理 研 製 鋼 (株)	三 和 特 殊 鋼 (株)	ノ ボ ル 鋼 鐵 (株)
			J F E 商 事 (株)	野 村 鋼 機 (株)
			芝 本 产 業 (株)	白 鷺 特 殊 鋼 (株)
			清 水 金 属 (株)	橋 本 鋼 (株)

特 集／やさしい磁性材料

I. はじめに

II. 磁性材料各論

III. 磁性材料の応用

IV. 会員メーカーの磁性材料

1月号特集予定…オンリーワン、No.1商品の紹介

特 殊 鋼

第 58 卷 第 5 号

© 2009 年 9 月

平成21年8月25日 印 刷

平成21年9月1日 発 行

定 価 1,200円 送 料 100円

1年 国内7,200円（送料共）

外国7,860円（〃、船便）

発 行 所

社団法人 特 殊 鋼 俱 樂 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

ホーメページURL <http://www.tokushuko.or.jp>
振替口座 00110-1-22086

編集発行人 秋 山 芳 夫
印 刷 人 猪 俣 公
印 刷 所 日 本 印 刷 株 式 会 社

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