

特殊鋼

2015
Vol.64 No.3

5

The Special Steel

特集 / よくわかる特殊鋼の製造プロセス



特殊鋼

5

目次

2015

【編集委員】

委員長	井上幸一郎 (大同特殊鋼)
副委員長	甘利 圭右 (平井)
委員	杉本 淳 (愛知製鋼)
〃	永濱 睦久 (神戸製鋼所)
〃	西森 博 (山陽特殊製鋼)
〃	川添 健一 (新日鐵住金)
〃	松村 康志 (大同特殊鋼)
〃	内藤 靖 (日新製鋼)
〃	石川流一郎 (日本金属)
〃	宮川 利宏 (日本高周波鋼業)
〃	佐藤 昌男 (日本冶金工業)
〃	田村 庸 (日立金属)
〃	山岡 拓也 (三菱製鋼室蘭特殊鋼)
〃	中村 哲二 (青山特殊鋼)
〃	池田 正秋 (伊藤忠丸紅特殊鋼)
〃	岡崎誠一郎 (UEX)
〃	池田 祐司 (三興鋼材)
〃	金原 茂 (竹内ハガネ商行)
〃	渡辺 豊文 (中川特殊鋼)

【特集／よくわかる特殊鋼の製造プロセス】

I. 特殊鋼の製造技術の歴史と基本プロセス

.....	大同特殊鋼株	木村 利光	2
-------	--------	-------	---

II. 特殊鋼の製造プロセス

1. 構造用鋼.....	愛知製鋼株	杉本 淳	7
2. 工具鋼.....	日立金属株	恩田 靖久	11
3. ばね鋼.....	三菱製鋼室蘭特殊鋼株	山岡 拓也	14
4. 軸受鋼.....	山陽特殊製鋼株	桂 隆之	18
5. ステンレス鋼.....	日本冶金工業株	佐藤 昌男	22
6. 耐熱鋼・耐熱合金.....	大同特殊鋼株	成田 修二	26
7. 快削鋼.....	新日鐵住金株	青山 敦司	30
8. ピアノ線材.....	株神戸製鋼所	南田 高明	33

III. 会員会社の最新設備

新連続铸造機による品質向上の取り組み

.....	愛知製鋼株	八明 輝修	36
-------	-------	-------	----

ビレットピーリング設備の増強

表面品質に優れた棒鋼・線材製造

.....	JFEスチール株	丸川 邦彦	37
-------	----------	-------	----

VARの新規導入.....	日本高周波鋼業株	矢後 信弥	38
---------------	----------	-------	----

ロシア・東欧の特殊鋼需給動向調査について

.....	(一社)特殊鋼倶楽部	藤井 孝志	42
-------	------------	-------	----

“特集”編集後記.....	日本冶金工業株	佐藤 昌男	59
---------------	---------	-------	----

●一人一題：「映画とスポーツと仕事」

..... 佐藤商事(株) 永瀬 哲郎 1

■業界の動き	39
▲特殊鋼統計資料	51
★倶楽部だより（平成27年2月1日～3月31日）.....	55
☆特殊鋼倶楽部の動き	57
☆一般社団法人特殊鋼倶楽部 会員会社一覧	58

特集／「よくわかる特殊鋼の製造プロセス」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	佐藤 昌男	日本冶金工業(株)	ソリューション営業部長
委員	杉本 淳	愛知製鋼(株)	品質保証部お客様品質・技術室 主査
〃	永濱 陸久	(株)神戸製鋼所	鉄鋼事業部門 線材条鋼商品技術部 次長
〃	西森 博	山陽特殊製鋼(株)	軸受営業部 軸受CS室長
〃	青山 敦司	新日鐵住金(株)	棒線事業部 棒線技術部 棒線技術室
〃	内藤 靖	日新製鋼(株)	商品開発部 特殊鋼開発チーム 主任部員
〃	宮川 利宏	日本高周波鋼業(株)	営業本部 条鋼営業部 担当次長
〃	遠山 文夫	日立金属(株)	高級金属カンパニー 技術部 主任技師
〃	渡辺 豊文	中川特殊鋼(株)	鉄鋼事業部 技術部長

一人一題

「映画とスポーツと仕事」

佐藤商事(株) なが せ てつ ろう
代表取締役社長 永 瀬 哲 郎



特殊鋼倶楽部会員の皆様はじめまして。2014年4月1日に社長に就任いたしました永瀬でございます。ご挨拶を兼ね自己紹介の気持ちで一文を寄せたいと思います。

私が映画の魅力に引き込まれたのは、中学生の頃に姉に連れられ「ローマの休日」を初めて観てからです。それ以来、特に大学生の頃は名画座に通いかなりの数の映画を観ました。池袋文芸座、飯田橋佳作座、銀座並木座、八重洲スター座、岩波ホール、日本近代フィルムセンター等、今となっては懐かしい名前の映画館もあります。こうした映画館で観た作品から、知らず知らずのうちにももの見方、考え方、人間の機微などを学んでいったような気がします。

また、学生時代、映画製作の現場にアルバイトで携わりました。1本の映画が作られるまでに色々な役割の方々が協力し、時にはケンカもあり、そうした時間と労力を掛けた工程を約2時間のフィルムに収める訳です。その間の現実には相当厳しいものがあります。笑いや涙や感動の裏には過酷な製作者達の葛藤があるということです。

私は佐藤商事に入社する際、仕事に映画作りをダブらせて仕事に向き合おうと考えていました。ある意味今でもそうです。

製作者・監督の意図＝企業理念、脚本＝事業戦略計画、それを実行する人材、撮影・照明その他多くのスタッフ＝営業・管理部門・工場現場とそれぞれが結集してはじめて一つの作品、一つの事業が成り立ち、そしてその作品及び会社決算を世の中にお見せすることができるのだと、私は考えています。

映画と共にテニスも長くやっております。暗闇で観る静の映画と野外で汗を流す動のテニス。仲間とテニスをしている時は仕事を忘れる時間です。仕事をする上でそのような時間を持つことは重要なことだと思いますし、何よりも楽しいひとときです。

最後に、私が好きな監督（作品）は、小津安二郎の「東京物語」「麦秋」「秋日和」「秋刀魚の味」「お早よう」など。黒澤明の「用心棒」「七人の侍」「椿三十郎」「赤ひげ」「天国と地獄」「隠し砦の三悪人」など。山田洋次は、なんと言っても「男はつらいよ」シリーズ48作。お決まりのパターンの中に奥深い人間愛があります。家内に言わせると、このワンパターンがつまらないという見解もあり。夫婦の平和を保つため反論は控えていますが、いずれこの48作のロケ地を訪ねるのが、私が楽しみにしていることの一つです（おそらく一人旅になると思いますが）。山田洋次はその他「学校」「遙かなる山の呼び声」「たそがれ清兵衛」。洋画はたくさんあり省略。

「読むべき100冊の本」といったようなものがありますが、「観るべき100本の映画」なんていうものも、いつか時間があるときにまとめて観るのも一案かと、ふと思いました。

最後に好きな言葉を2、3あげて終わりにしたいと思います。

「品行は悪くても 品性は失うな」小津安二郎

「天使のように大胆に 悪魔のように細心に」黒澤明

「男は厳しくなければ生きられない されど優しくなければ生きる資格がない」レイモンド・チャンドラー

よくわかる

特殊鋼の製造プロセス

I. 特殊鋼の製造技術の歴史と 基本プロセス

大同特殊鋼(株) 研究開発本部 木村利光
プロセス技術開発センター

まえがき

日本は1900年初頭までの50年間で、欧米が約400年に渡って築いた鉄鋼の製造技術を精力的に学び、吸収し、官営製鉄所で普通圧延鋼材や鉄道用鑄造レールの生産を始めました。当時、「特殊鋼」については、ほとんどを輸入に依存しており、1914年に勃発した第一次世界大戦で欧州の特殊鋼需給が逼迫したことから、自国での生産を迫られることとなります。

それから100年。国内の特殊鋼は、性能、品質、製造技術で世界トップレベルに至り、今後もグローバルで進行する新しい産業の興隆と新興国を含めた社会の工業化を支える重要な役割を担うまでになりました。

本特集「よくわかる特殊鋼の製造プロセス」のⅡ章では、特殊鋼の鋼種ごとに、材料の性能と品質を際立たせる製造技術を解説します。本Ⅰ章では、各解説を読み解く一助となるよう、製造技術の歴史と基本プロセスを概括していきます。

◇ 特殊鋼の用途と製造技術の歴史

高度に工業化された社会においては、自動車、鉄道、船舶、航空機などの移動手段によって人や物が“動く”所、資源をエネルギーへ、そのエネルギーを動力へと“変え”、その動力を利用して素材をより機能的な物へと“変える”所、情報通信

や電子機器を活用して人や物が“繋がる”所、いわば日常生活と生産活動の至る所で、特殊鋼製の部品が使用されています。

特殊鋼製部品群と、それらを先進の機構、機械、設備に組み入れ利用する産業との関係を図1に俯瞰しました。歯車、ばね、ボルト、軸受のように機械の要素を構成する基盤部品から、資源採掘や発電用部品、モノづくりに欠かせない金型のような重要部材、さらには燃料を燃焼させ動力を発生させるエンジン用の高機能部品まで、各産業を支える様々な機能部品に特殊鋼が適用されていることがわかります。

本誌「特殊鋼」は、産業・機構・部品・特殊鋼鋼材・性能、との関連性を他の特集号で数多く紹介していますので、ここでは特殊鋼鋼材と製造技術の関連性を中心に述べていきます。図1の下端に3つの枠で囲ったプロセスの流れを示します。まずは特殊鋼製造技術の原点と言える中央枠に示すプロセスの歴史を辿りましょう。

国内特殊鋼製造の黎明期にあたる1930年代にはすでに、成分調整用の合金鉄や工具鋼を溶解する電気炉（電気加熱で原料を溶解する炉）、鉄道レール用マンガン鋼の特殊型を用いた鑄造（溶鋼を型に流し込み製品形状に凝固させるプロセス）設備、航空機用バルブやプロペラ軸を鍛造（凝固した鋼材を、大きな力で変形させて組織と形を整えるプロセス）する1～2トンのハンマー鍛造機などが、

各産業の要となる基盤部品から高機能部品までを支える特殊鋼

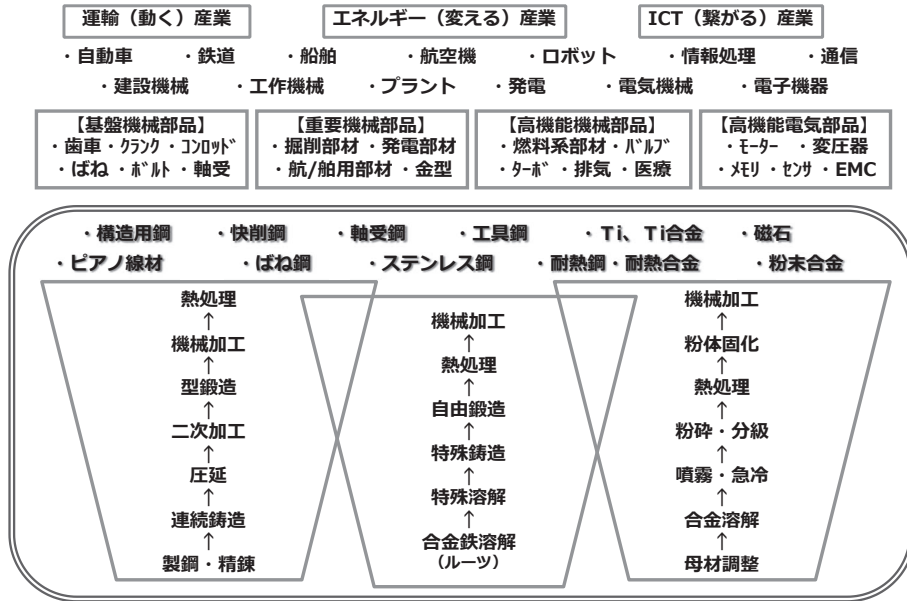


図 1 各産業の要となる基盤部品から高機能部品までを支える特殊鋼

製造に用いられていました。

その後わずか数年で、1～2トンレベルだった電気炉の溶解能力は10トンに達し、大容量高周波誘導炉（電磁力で原料を溶解し、溶鋼の攪拌により成分の均一化が図れ、大気中ガス成分の吸収が少ないことからステンレス鋼、耐熱鋼、工具鋼の製造に適した炉）、圧延機（加熱された鋼材にロールで繰り返し圧縮と延伸の加工を加えて、鋼材の形状と内部の組織を整える設備）の導入によって、ばね鋼、ボルト用鋼、バルブ用耐熱鋼、自動車用構造用鋼が製造されるようになりました。

戦後、多様な民需向け製品へと製造対象が切り替り、特殊鋼のプロセス技術は大きく前進しました。現在では、発電機や船舶・航空機エンジン向けの、サイズが1メートルを超えるような耐熱鋼製大型部材の製造にあたり、雰囲気からの汚染を防止できる20トンクラスの真空溶解炉や1,000トン～1万トン超クラスの加圧力を有する鍛造機が用いられています。小型部品の例では、自動車用ターボ向けに、曲面形状でわずか厚さ1mm以下の翼部を有する耐熱合金製ホイールが精密鋳造されています。

図1の特殊鋼製造のルーツとも言える中央枠の

プロセスは、より高度な技術へと進化を続けており、特殊鋼部品が使用される過酷な環境を考慮した部品設計のための材料評価技術と合わせて、日欧米の鉄鋼メーカーが開発と実用化で先行しています。ただし、先行メーカー間の材料性能、コスト、最近ではデリバリーも含めた国際競争の激しいビジネス領域になっています。

◇ 自動車向け特殊鋼製品と製造技術
～量と効率を求めて～

図1下段の左枠で示すプロセスは、自動車に使用される機械要素部品や高機能部品の需要と性能ニーズを満たすべく、製造技術が進歩してきました。特殊鋼の国内生産量（Ⅱ章で解説する八鋼種の合計）の推移を図2の上段に示します。参考として、自動車のエンジン部品であるクランクやコネクティングロッド（コンロッド）、動力伝達部品の歯車やシャフト、部品締結用のボルト、などに使用される構造用鋼の生産量を内数で記しました。特殊鋼生産量の推移は、自動車向けに多用される構造用鋼の推移と同調していることがよくわかります。

高度経済成長期と呼ばれる1960年代、自家用自

特殊鋼生産量の推移、景況と主要なプロセス技術の系譜

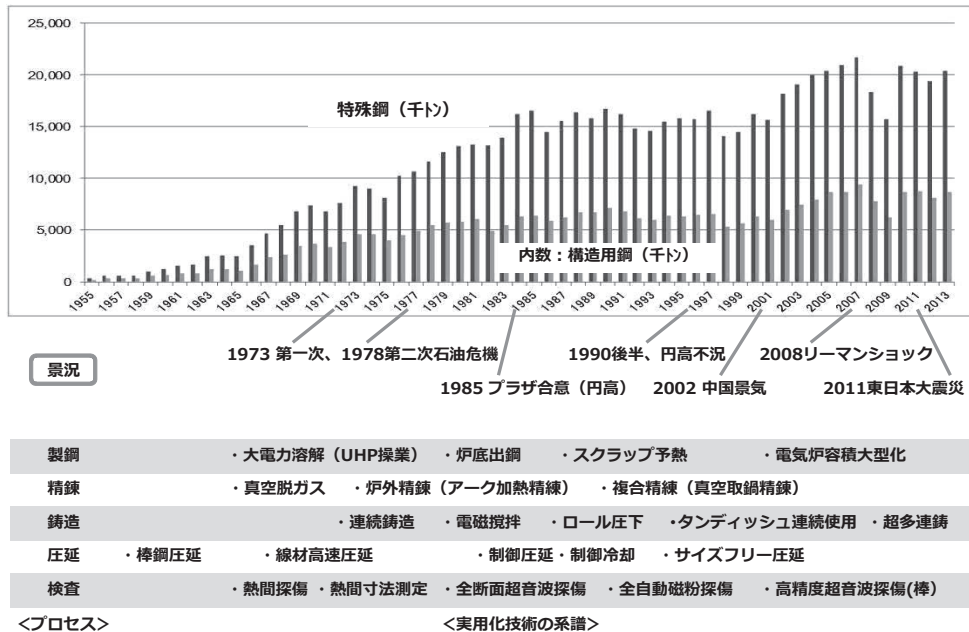


図 2 特殊鋼生産量の推移、景況と主要なプロセス技術の系譜

動車の普及とともに特殊鋼の需要が増大しました。電炉メーカー（原料のスクラップを電気炉で溶解して成分を調整する）とともに、高炉メーカー（原料の鉄鉱石を高炉で高い炭素量を含む溶鉄とし、溶鉄中の炭素と外部から吹き込んだ酸素との反応熱を利用した転炉を用いて成分を調整する）でも需要に応じて大規模な設備投資を行い、4～5年で2倍強の生産量となるペースで大量の特殊鋼を製造しました。

しかし、1970年代、二度の石油危機により経済成長にブレーキがかかり、原料・燃料の高騰も相まって製造の効率化を主眼とした省エネルギー対策が課題になります。一方で石油危機を背景に、日本の小型自動車は燃費の良さが海外で評価され、品質の高さも認められて輸出が増加していきます。国内自動車メーカーが、低燃費・高品質を訴求し海外展開を推し進める中、特殊鋼メーカーは自動車の機械要素や高機能部品に使用される特殊鋼の品質向上で応えました。

まとめると、国内モータリゼーションの幕開けから現在まで、景況に応じて製造課題は変化してきたものの、「高品質の特殊鋼を効率よく大量に製造す

る」ことが自動車向け特殊鋼製造プロセスの主たるテーマだったのです。

図2の下段に、プロセス技術の変遷を示します。原料を溶解し成分を調整する製鋼プロセスでは、電気炉を用いた溶解時に電力を利用します。短時間にスクラップ原料を最大の効率で溶解するために、大電力での操業や溶解炉規模の大型化が図られてきました。ここで生まれた大量の溶鋼は、次の工程で効率的に凝固させなければなりません。

1960年代以前に主流であった造塊法（溶鋼を移送用容器である取鍋に受け、そこから数トン分の容積を持つ複数の金属製鑄型に溶鋼を分注して凝固させ、インゴットと呼ばれる鑄片を製造する方法）では生産が追いつきません。連続鑄造技術の実用化によって、効率的に溶鋼を凝固させることが可能になりました。連続鑄造は、取鍋の溶鋼をタンディッシュ（耐火物を内張りした大型容器。後述する介在物を浮上分離して溶鋼の清浄度を高める機能を持つ）に受けさせ、タンディッシュ底部の穴（湯口）から溶鋼を、文字通り連続的に固めて引き抜く技術です。

引き抜かれ固まった後に適当な長さに切断され

た鑄片は、分塊工程（プレスや大型圧延機で凝固組織を細かくし、形状を整えて鋼片にするプロセス）の後に、板、帯、棒、線の形状に圧延されていきます。圧延機、モーター、制御システム、鋼片・圧延材加熱炉などの開発と、設備配置や前後工程との物流の最適化で高速の圧延プロセスが確立され、溶解プロセスの製造タクトタイムとマッチングできたことで、生産効率の大幅な向上に貢献しました。

このように大型電気炉製鋼、連続鑄造、高速圧延などの革新的な製造技術は、効率的に大量の特殊鋼を製造するプロセスとして定着していきます。近年は、省エネ・省資源と環境負荷低減をテーマとしたプロセス開発が積極的に進められています。

◇ 自動車向け特殊鋼製品と製造技術 ～品質を追求して～

量の拡大と効率向上と並び、品質を改善するためのプロセス開発も進められました。自動車部品に使用される特殊鋼には、鋼材内部の不良や欠陥が部品機能を低下させることが無いよう高い品質が求められます。鋼材内部の不良や欠陥には、リン、イオウ、酸素、窒素、水素など不純物の残留、特に酸素と金属元素の反応で生成した介在物、成分元素の著しい局在化による偏析、内在する割れがあります。

製鋼プロセスでは、不純物成分の混入を最小限にするべく原料となるスクラップの品質を厳選した上で、スラグ（組成を調整した酸化物層で溶鋼上部の湯面に形成される）を使い溶鋼中の残留不純物を徹底的に吸着・除去していきます。溶解炉から溶鋼を取鍋に注ぐ際には、溶鋼上部の不純物を含むスラグを巻込まないよう電気炉の底から出鋼する技術が実用化されています。

溶鋼の品質は次工程の精練プロセスでさらに高められます。1970年代前後に導入された真空脱ガス法は、溶鋼で満たされた取鍋を真空槽に繋ぎ、溶鋼を循環させることで窒素や水素などのガス成分を除去していきます。脱ガス処理により溶鋼の清浄化が進む一方で、溶鋼温度は徐々に低下して行きますので、処理時間の延長や移送時間の遅滞が起こると、タンディッシュに受ける際の溶鋼温度は極端に下がります。こうなると、連続鑄造時

にタンディッシュ底の下部から凝固を始める組織と偏析の様子が変わってしまい、安定した鋼材品質が得られません。この解決策として、1970年半ば、取鍋にアーク加熱機構を持った炉蓋をかぶせ、取鍋内の溶鋼を加熱して温度を制御できる炉外精練法が開発されました。同法では、取鍋内で成分調整のためのスラグ精練も行えます。これによって、電気炉で原料の大量溶解と成分の粗調整を、炉外精練炉では成分微調整と温度制御をと、炉の能力に適した工程を役割分担させることが可能になり、製鋼・精練プロセスの生産効率向上にも寄与しました。

鑄造プロセスにおいて、連続鑄造時にタンディッシュの湯口からモールド（水冷された鑄型）を通過する溶鋼は、モールドと接して冷やされた外側から凝固を始めていきます。内側はまだまだ溶融状態であり、その溶鋼を外部から印加した電磁力で攪拌し、介在物の浮上を促して清浄度を高めます。さらに凝固が進んだ状態で、鑄片の外からロールを押し当てて、鑄片中央部の偏析と割れの発生を防止します。

製品形状に近づけていく圧延プロセスの進歩も、鋼材の高品質化に欠かすことはできません。鋼種ごとに圧延前の加熱温度と圧延中の鋼材温度を適正に管理し、加工量をコントロールすることで形状と内部の組織を整えていきます。高温で加工された圧延材では、冷やされ方も品質管理の重要ポイントになります。材料の冷え方にばらつきがあると、内部の組織が冷却速度の緩急に応じて変化し、これが材料強度のばらつきの原因になります。そこで、加熱、保温、風量や水量調整などにより冷やし方の安定化に工夫を凝らした、制御冷却と呼ばれる再現性の高い冷却方法が採用されることがあります。

製造プロセスによる鋼材品質の作り込みと保証に欠かせない重要な技術が、第Ⅱ章で一部紹介される分析と検査です。製鋼・精練プロセスでは、迅速かつ高精度な分析技術に支えられて溶鋼の組成制御と清浄化が図られ、鑄造・圧延プロセスでは、検出能力の優れた検査技術を駆使することで形状・寸法、きず、内質（組織、偏析）の改善が進められています。今後はICT技術の普及により、製造現場から得られるビッグデータを用いた、さ

らなる高品質化に向けた取り組みがテーマになるでしょう。

◇ 特殊鋼の基本プロセス

前節までに特殊鋼プロセス技術の変遷をまとめました。聞き慣れない用語ばかりでしたので、基本プロセスとして図3のように要点を整理しました。

特殊鋼メーカーからユーザーまでを通した、溶かす、固める、鍛える、延ばす、加工する、熱処理する、仕上げる、というプロセスの流れ。各プロセスで付加価値が加えられていく溶鋼、鋳片、鋼片、半製品、製品、調質品、部品、という特殊鋼のモノの流れ。上工程から追って、成分、組織、寸法・表面性状、強度・形状精度という品質管理ポイントの流れ。

第II章で紹介される技術を図3の「流れ」の中に置いて見ると、各鋼種の性能と品質を特徴付けるプロセスの肝がどこにあるのか、読み取り頂けるでしょう。なお、図3中の半製品を製品にまで「加工する」プロセス（二次加工と呼ばれる）は、特殊鋼製品を「熱処理する」（本プロセスで特殊鋼は本来の性能を発揮します。まさに魂を入れるプロセスです）前の工程として大切な役割を担いま

す。二次加工の内容は多岐に渡るため紙幅の関係で紹介できませんが、次章の各解説を参照ください。

むすび

一世紀を経て特殊鋼プロセスの骨格は出来上がりました。そこで生まれ、育ち、魂が入った特殊鋼製品は、その使命を終えスクラップとして回収された後、貴重な鉄鋼原料に生まれ変わります。国内特殊鋼メーカーは、この有価資源の循環という流れを基軸とし、得意としている特長ある新技術の開発と経済合理性のあくなき追求との両輪を回すことで、プロセス、モノ、品質の流れを極め、これからも各産業の発展を支えて行きます。

現在、ICT技術の発達によって新しい産業の勃興と、既存産業との融合が起きはじめています。すなわち、図1の右枠にあるように、ICT関連産業で必要とされる機構・部品から、そこに適用が期待される材料と製造プロセスまでの「新しい流れ」ができてつつあります。切磋琢磨し成長を続ける国内特殊鋼メーカーが、ダイナミックに拡大しているこの市場においてもプロセス開発の先陣をきり、イノベティブな商品を国内外に提供していく、新たな時代の牽引役になることを確信しています。

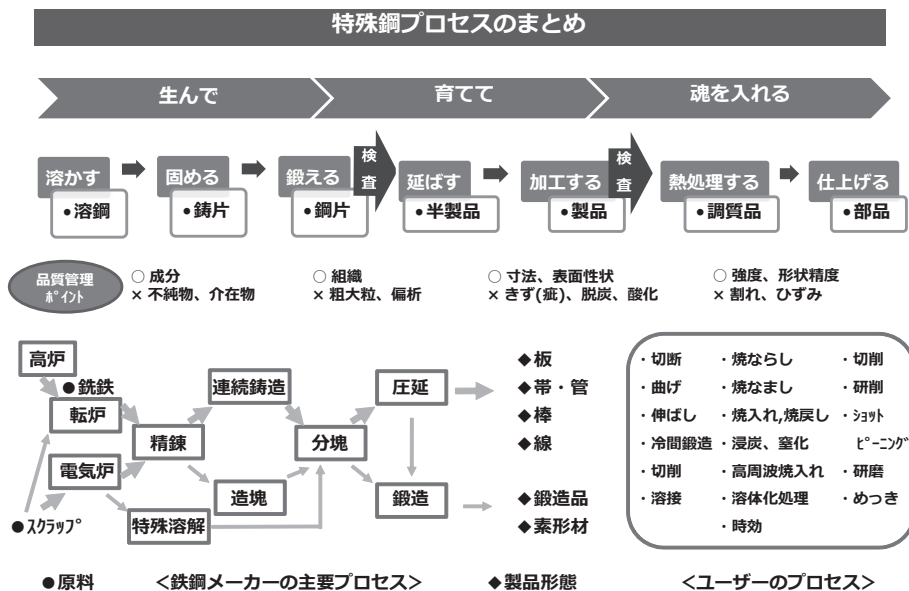


図 3 特殊鋼プロセスのまとめ

Ⅱ．特殊鋼の製造プロセス

1．構造用鋼

愛知製鋼(株) 品質保証部 すぎもと あつし
 お客様品質・技術室 杉本 淳

まえがき

構造用鋼は、JIS規格においては、JIS G 4051（機械構造用炭素鋼）、JIS G 4052（焼入性を保証した機械構造用合金鋼）、JIS G 4053（機械構造用合金鋼）などが規定されている。自動車や建設機

械などの産業機械を中心として広く使用されており、特殊鋼の中で最も代表的な鋼種である（図1）¹⁾。したがって、その製造プロセスは、第I章にて説明されている特殊鋼の製造プロセスと基本的には同じと言える。そこで、前章との重複を避けるために、本稿では主として構造用鋼に要求される鋼材品質に関連する部分を中心に紹介する。

◇ 構造用鋼に要求される品質特性

表1に構造用鋼の特徴と適用部品の要求特性および鋼材品質との関係を示す。

◇ 構造用鋼の製造プロセス

1．製鋼工程

構造用鋼は、電気炉もしくは転炉で溶製され、成分調整、脱ガスなどの精錬工程の後、100%近くが連続铸造で製造されている。構造用鋼の製鋼工程について、以下に焼入性保証鋼における焼入性の狭幅管理、非金属介在物の低減、連続铸造における铸片品質向上について述べる。

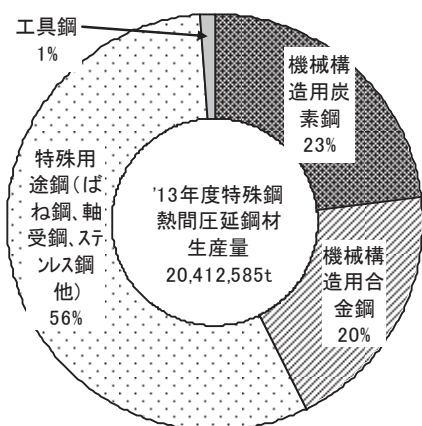


図 1 特殊鋼熱間圧延鋼材生産量（2013年度）¹⁾

表 1 構造用鋼の特徴と適用部品の要求特性および鋼材品質との関係

鋼種	特徴	適用部品の要求特性など	鋼材に要求される品質項目												
			製鋼					圧延				精整			
			主成分	J値	不純物	介在物	偏析	内部欠陥	表面きず	寸法	組織	脱炭	曲がり	表面きず	内部欠陥
機械構造用炭素鋼	・鋼材に鍛造・切削・引抜等の加工や熱処理を施し、所定の特性を得る	静的強度	○								○				
		疲労強度	○			○				○	○		○		
		冷間成形性	○		○	○	○	○	○	○		○	○	○	
		被削性	○			○					○				
機械構造用合金鋼(強靱鋼)(肌焼鋼)	・Cr、Ni、Mo等を添加・強靱鋼…焼入焼もどしにより強靱性を得る ・肌焼鋼…浸炭焼入による高疲労強度	静的強度	○	○							○				
		疲労強度	○	○		○				○	○		○		
		浸炭特性	○	○			○				○				
		冷間成形性	○		○	○	○	○	○	○		○	○	○	
		被削性	○			○				○					

i) 焼入性の狭幅管理

自動車のトランスミッション、ディファレンシャルユニットのギヤなどに使用されるSCM420やSCr420といった浸炭用鋼や、シャフト部品などに使用されるSCM435などの強靱鋼では、焼入性の規格が設定されることが多い。JIS規格では、JIS G 4052（焼入性を保証した機械構造用合金鋼）において鋼種毎に焼入性規格が設定されており、SCM420H、SCM435H等というように、鋼種名にHを付けて焼入性保証鋼として規定されている。浸炭ギヤにおける浸炭歪低減や浸炭品質の安定化などをねらいとして、JIS規格より狭い管理幅での焼入性コントロールを求められる場合がある。鋼の焼入性（ジョミニ値）には、C、Mn、Cr、Moなどの合金元素の影響が大きく、それら成分の狭幅コントロールが必要となるが、二次精錬技術（取鋼製錬、脱ガスなど）の進歩によって成分の狭幅コントロールが可能となり、ジョミニ予測技術の高度化などとあわせて、JIS規格に規定されているジョミニ規格よりも狭幅での管理が可能となっている。

ii) 非金属介在物の低減

特殊鋼において非金属介在物低減が強く要求される鋼種として軸受鋼や弁ばね用線材などがあげられるが、構造用鋼においても、適用される部品の用途・加工工程によって高纯净度が要求される場合がある。自動車用ハブにおいては、第2世代、第3世代ユニットにおいて軸受鋼の代替として高周波焼入した中炭素鋼が使用されている。このため、ハブ用炭素鋼においては軸受鋼並の高纯净度鋼が要求されるようになり、高纯净化が図られている。また、冷間鍛造用途に使用される炭素鋼などにおいても高纯净度が要求されるものがある。

iii) 連続鍛造工程における鑄片品質向上

現在、構造用鋼はほとんどが連続鍛造で製造されているが、鑄片品質を向上させる様々な取組が行われている。鋼材の表面きずに対する要求もますます高まっており、鑄片段階での表面品質レベルの向上も望まれている。鑄片の表面きずは鑄型内や2次冷却帯での不均一冷却や熱履歴の不具合によって起こることから、鑄型内振動の油圧制御化、2次冷却帯の細分化による制御性向上、計装化による冷却状態の詳細把握により表面品質改善

が図られている。また、ミスト冷却による鑄片の均一冷却によって表面きずを低減、構造用鋼のハイサイクル操業に対応した新規モールドパウダーの開発、操業安定化を目的とした二次冷却帯レイアウト改造によるショートストローク・ハイサイクル操業による鑄片表面品質の改善がはかられている²⁾。

2. 圧延工程

製鋼工程で製造された鑄片は、分塊・大形圧延によって製品圧延の母材となる鋼片に圧延され、鋼片検査の後に丸鋼、平鋼、線材などに製品圧延される。ここでは、丸鋼製品圧延における寸法精度向上、制御圧延による組織制御について述べる。

i) 寸法精度向上

熱間圧延丸鋼の寸法許容差は、JISやAISIなどに規格が設定されている。JIS G 4051、4052、4053などに規定されている熱間圧延丸鋼の寸法許容差は、直径の $\pm 1.5\%$ （最小値 $\pm 0.4\text{mm}$ ）とされているが、客先加工工程での歩留向上（切削しる低減など）や、ピーリング・引き抜き加工などの省略によるコストダウンをはかるため、より厳しい寸法精度を要求されるものがある。そこで、加熱炉における均一加熱、スタンド間無張力制御圧延、適正形状の仕上ロール孔型の適用、自動寸法測定器の採用による全長寸法保証などによって、JIS規格より厳しい寸法精度を保証した精密圧延材³⁾、超精密圧延材が製造され、客先のコストダウンに寄与している。

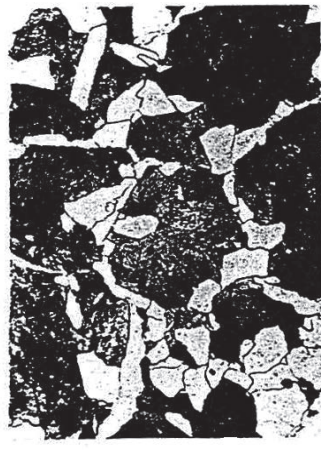
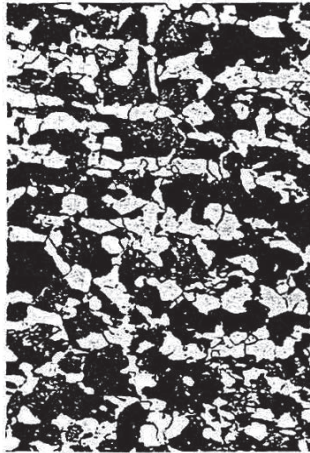
ii) 制御圧延による組織制御

加熱炉での抽出温度、圧延パススケジュール、圧延ライン各箇所における水冷帯での冷却コントロールなどによって仕上圧延温度を制御することにより圧延組織を微細化して、従来圧延後に焼ならしを実施していた炭素鋼、合金鋼などの焼ならし省略を図ったり、強度と靱性バランスを確保した直接切削用非調質鋼などが製造されている。写真1には、直接切削用非調質鋼の圧延材ミクロ組織を示すが、制御圧延により組織が微細化され、衝撃値が向上している⁴⁾。

また、仕上圧延機の後に設置された製品水冷装置で直接焼入れし、水冷装置通過後に鋼材内部の保有熱で自己焼もどしして、表層部は焼もどしマルテンサイト、内部は微細なフェライト-パーライ

鋼種：S45C+0.15%V

50 μ m



制御圧延 衝撃値8.5kgf/cm²

通常圧延 衝撃値4.5kgf/cm²

写真1 直接切削用非調質鋼圧延材のミクロ組織および衝撃値⁴⁾

ト組織とした棒鋼製品が商品化されている⁵⁾。

3. 精整・検査工程

一般的な丸鋼圧延材の精整・検査工程は、定尺切断→結束→矯正→表面きず探傷検査→超音波探傷検査の順で行なわれる。近年、ますます鋼材に対して高品質かつ低コスト要求が高まっており、高性能・高生産性の精整・検査工程が導入されている。

i) 矯正工程

顧客の用途、製造工程によっては、鋼材に高い真直性が要求されるため、高剛性矯正機が導入され⁶⁾、また従来オペレータースキルの領域が多かった矯正条件の自動設定化が行なわれている^{6)、7)}。

ii) 表面きず探傷検査・超音波探傷検査

鋼材の表面きず検査には、漏洩磁束探傷機(MLFT)、磁粉探傷機(MT)、内部欠陥に対しては超音波探傷機(UT)が採用されているが、近年、検出能力の向上、生産性向上が図られている。

4. 熱処理

構造用鋼の熱間圧延鋼材は圧延ままで出荷される場合が多いが、客先での加工性(切削加工、冷間鍛造など)向上を目的とした焼なましや、圧延組織を細かく整粒化するための焼ならしなどの熱処理が施される場合がある。焼なましには完全焼なまし、恒温焼なまし、低温焼なまし、球状化焼なましなどがあり、顧客と取り交わした仕様、目

的に応じて選定される。焼ならしは硬さの調整、被削性の改善、組織の微細化などが目的であるが、制御圧延の項で述べたように、コスト低減のため、制御圧延によって組織を微細化して焼ならしを省略することも行なわれている。

5. 試験

鋼材製品が仕様を満足するかどうかを確認するため、各種検査・試験が行なわれる。構造用鋼においては、化学成分、外観・寸法形状の他、顧客と取り交わした仕様等に基づいて、機械的性質、焼入性、結晶粒度、硬さ、脱炭、非金属介在物、地きず、マクロ組織などの試験が行なわれる。以下に機械的性質試験、焼入性試験について述べる。

i) 機械的性質試験

機械的性質試験としては、引張試験、衝撃試験があり、JIS Z 2241(金属材料引張試験方法)、JIS Z 2242(金属材料のシャルピー衝撃試験方法)に試験方法が規定されている。また、JISハンドブックには構造用鋼各鋼種の機械的性質が参考値として記載されている⁸⁾。なお、この構造用鋼の機械的性質の参考値は、鋼材から軸方向に鍛伸または切削によって作製した径25mmの標準供試材に所定の熱処理を施した後、所定の試験片を削りだして試験した場合の数値であり⁸⁾、異なる寸法の鋼材に熱処理を施した場合の機械的性質については質量効果等を考慮する必要がある⁹⁾。

ii) 焼入性試験

焼入性は、鋼材を焼入した際にどのくらいの深さまで硬くなるかを示す特性であり、JIS G 0561（鋼の焼入性試験方法（一端焼入方法））に試験方法が規定されている。JIS G 4052（焼入性を保証した機械構造用合金鋼）には、いわゆるH鋼として鋼種毎に焼入性曲線が規定されているが、製鋼工程の項で述べたように、JIS規格よりも狭幅管理の要求に対応した鋼材も製造されている。

むすび

特殊鋼の代表的な鋼種である構造用鋼の製造プロセスについて、構造用鋼に要求される鋼材品質に関連する部分を中心に述べた。近年、ますます高まる鋼材品質向上や低コスト化への要求に対応するため、鋼材メーカーはたゆまぬ取組を続けている。日本の特殊鋼鋼材の競争力を確保していく

には、革新的な材料開発・プロセス開発とともに地道な改善活動を継続していくことが重要と考える。

参考文献

- 1) 特殊鋼倶楽部：特殊鋼、Vol. 64、No. 2 (2015)、p. 70
- 2) 白鳥雅之、菰田頼忠、山口智則：電気製鋼、Vol. 81、No. 2 (2010)、p. 157
- 3) 武田了、金堂秀範、井野清治、山本義治：川崎製鉄技報、Vol. 23、No. 2 (1991)、p. 121
- 4) 脇門恵洋、野村一衛：自動車技術、Vol. 39、No. 8 (1985)、p. 927
- 5) 小川隆生、白神哲夫：JFE技報、No. 23 (2009)、p. 1
- 6) 林田幸一郎、西田良一、藤井伊佐夫、安永直弘、高作一宏、木原一馬、村瀬圭弘：愛知製鋼技報、Vol. 24、No. 1 (2007)、p. 6
- 7) 安達正人、小野稔弘：山陽特殊製鋼技報、Vol. 20、No. 1 (2013)、p. 63
- 8) 日本規格協会：JISハンドブック鉄鋼 I (2015)、p. 2293
- 9) 特殊鋼倶楽部：特殊鋼ガイド初級、(1992)、p. 82



2. 工具鋼

日立金属(株) おん だ やす ひさ
高級金属カンパニー 恩 田 靖 久

◇ VIM法

VIM (Vacuum Induction Melting) 法は、高真空下で電磁誘導を利用して金属を溶解、精錬、鋳造を行うプロセスである¹⁾。図1に一般的なVIMの基本構造を示す²⁾。構造としては、真空水冷チャンバー、誘導炉、真空排気装置、原料添加装置、測温装置、電源などから構成される。溶解は、水冷された誘導コイル内に、耐火材ライニングまたはルツボを入れた炉体で行われるが、炉体自体は水冷チャンバーで密閉されており、チャンバーは一連の真空ポンプで真空排気されるので、真空下もしくは不活性ガス雰囲気中で溶解、精錬、鋳造が行われる。このプロセスは大気による汚染がないこと、活性な金属元素の正確な添加と調整が

可能なこと、真空精錬による非金属介在物の除去効果などの利点を有する。以上の利点から、一般的には、高度な品質の信頼性を要求される航空機エンジンおよび発電用タービンに使用される耐熱材料をはじめとして、スーパーアロイ、マルエージング鋼、ステンレス鋼などの溶解に適用されている。これらの用途へは、後述するVAR法またはESR法と組み合わせて適用されるケースが多く、高度な信頼性が求められる材料の一次溶解プロセスとして、標準的に採用されている。

工具鋼に適用される事例は少ないが、前述の通り、活性な金属元素の正確な調整が可能であり、非金属介在物の高い除去効果などの利点から、特殊な金型用鋼、切削工具用鋼、軸受鋼などに適用されることがある。

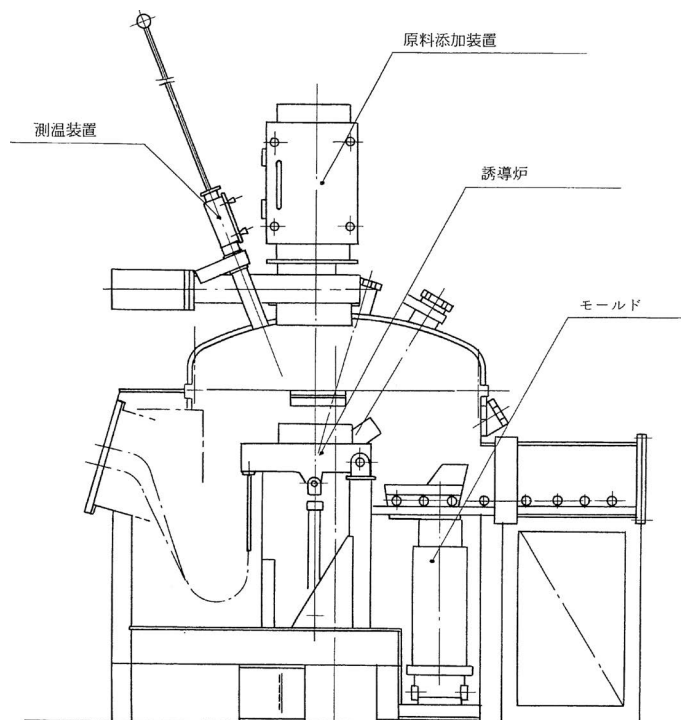


図 1 VIM基本構造図²⁾

◇ 二次溶解

1. VAR法

VAR (Vacuum Arc Remelting) 法は、高真空下で消耗電極をアーク熱によって再溶解して、滴下した溶鋼を水冷Cuモールド内で積層凝固させるプロセスである³⁾。図2に一般的なVARの基本構造を示す。構造としては、真空チャンバー、真空排気装置、水冷Cuモールド、電源などから構成される。VAR法は大気や耐火物による汚染がないこと、真空精錬および浮上分離による非金属介在物の除去効果と、脱ガス効果が大きいこと、一定方向の均質な凝固組織が得られる積層凝固が出来るなどの利点を有する。以上の利点から、一般的には、高度な品質の信頼性を要求される航空機エンジンおよび発電用タービンに使用される耐熱材料をはじめとして、スーパーアロイ、マルエージング鋼、ステンレス鋼などの溶解に適用されている。

工具鋼に適用される事例としては、前述の利点を活かし、高い清浄度と微細な組織が要求されるダイカスト金型用鋼、プラスチック金型用鋼、特殊軸受鋼などに適用されている。また、後述するESR法と比較して、特に、非金属介在物の除去効果と脱ガス効果が大きいことから、ESR法よりも高級用途の工具鋼に適用される事例が多い。例えば、ESR材と比較して酸化物系介在物の量が著

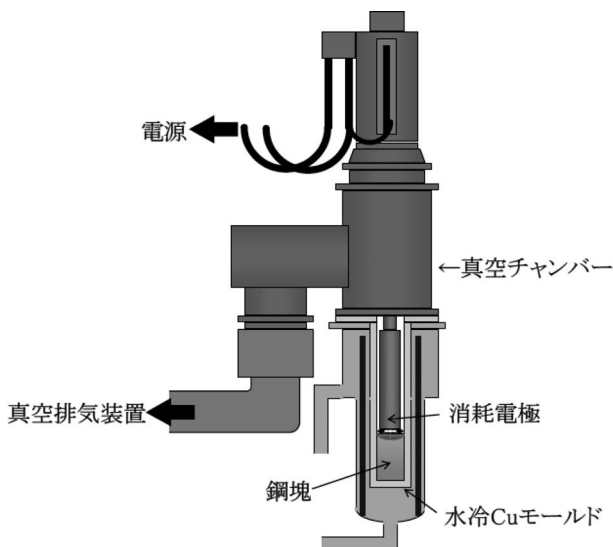


図 2 VAR基本構造図

しく減少し、高い転動寿命が得られることから、航空機用エンジンの軸受などに適用される。

2. ESR法

ESR (Electro Slag Remelting) 法は、大気中または不活性ガス雰囲気中において、消耗電極を溶融スラグのジュール熱によって再溶解し、滴下した溶鋼を水冷Cuモールド内で積層凝固させるプロセスである⁴⁾。図3に一般的なESRの基本構造を示す。構造としては、水冷Cuモールド、電源などから構成される。なお、水冷Cuモールドの型式として、モールド固定方式、モールド移動方式、鋼塊引き抜き方式の3種があるが、図3は一般的に適用事例が多いモールド固定方式である。ESRプロセスは、高い塩基度を有する溶融スラグで脱硫および脱酸が促進されること、介在物が溶融スラグに吸着されて除去されること、VAR法と同様に一定方向の均質な凝固組織が得られる積層凝固が出来るなどの利点を有する。以上の利点から、工具鋼、耐熱鋼、ステンレス鋼、スーパーアロイなどの溶解に幅広く適用されている。

工具鋼に適用される事例としては、前述の利点を活かし、高い清浄度と微細な組織が要求されるダイカスト金型用鋼、プラスチック金型用鋼などに適用されている。また、前述のVAR法と比較して、相対的には製造コストが低いこと、容易に脱硫効果が得られることから、金型用鋼、切削工具用鋼などにも適用される場合が多い。これらに

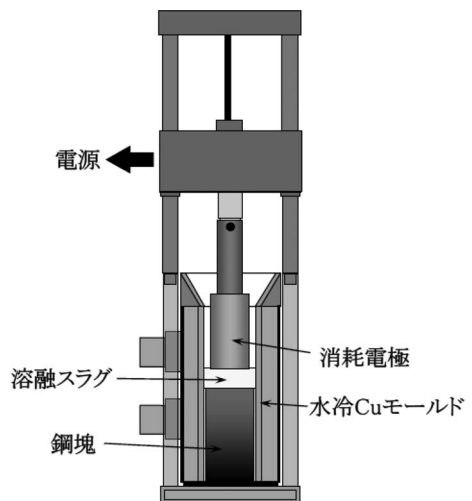


図 3 ESR基本構造図

適用された場合、普通鑄造鋼塊よりも炭化物偏析が少ない均一微細組織となり、高寿命化が得られ、熱処理変形が小さくなる。また、非金属介在物が微細化し、均一に分布することから、疲労破壊の起点となる確率が低くなり、結果として金型の寿命向上、切削工具の刃欠け、チッピング防止に繋がる。

◇ アトマイズ法

金属粉末を製造するには多くの工業的方法があるが、代表的なものとしては、水アトマイズ法とガスアトマイズ法がある⁵⁾。工具鋼のように球形の粉末が求められる、なおかつ極めて低い不純物レベルが要求される場合は、一般的には、ガスアトマイズ法が適用される。化学組成によりガスアトマイズ法に組合せる溶解方法は異なるが、代表的なものは、大気誘導溶解炉または真空誘導溶解炉と、不活性ガスアトマイズを組合わせた方法である。図4に真空誘導溶解炉と組み合わせたガスアトマイズ設備の基本構造を示す⁶⁾。溶解した金属はタンディッシュに移され、そこからノズルを通してアトマイズタワー内に流下し、高压不活性ガス流の運動エネルギーによりアトマイズされる。

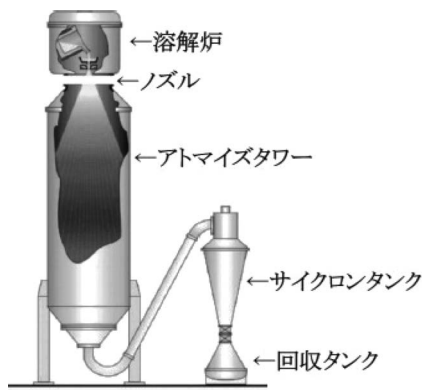


図 4 ガスアトマイズ基本構造図⁶⁾

アトマイズにより形成された微細な金属流滴は、アトマイズタワー内で凝固して球状の粉末となる。金属粉末とガスの混合物は移送管を通してサイクロンに運ばれ分離された後、金属粉末はサイクロンの直下にある不活性ガスでシールされた回収タンクに収集される。出来た粉末は用途に応じていくつかの粒度に分級され、その後、HIP (Hot Isostatic Press) プロセスを経て、塑性加工を施された後に製品化される。

溶湯はセラミックノズルを通して流下するために、ノズル直径およびタンディッシュ内の溶鋼の高さによって流量が決定される。また、粉末粒径に影響する大きな因子は、ガスノズル設計とアトマイズ方式であり、微細な粉末の製造には、主にコンファインドノズルシステムが使用され、比較的粗い粉末の製造には、フリーフォールノズルシステムが適用される。

ガスアトマイズ法は、普通鑄造鋼塊はもとより二次溶解材と比較しても、結晶粒が非常に細かく、炭化物も極めて微細である利点を有しており、巨大炭化物を形成しないことが最大の特徴である。その特徴を活かして、工具鋼に適用される事例としては粉末ハイスがあり、炭化物形成元素のVやWを多く含む高合金ハイスでも、巨大炭化物を形成することなく、高硬度や耐摩耗性を得ることが出来る。

参考文献

- 1) (社) 日本鉄鋼協会：第5版 鉄鋼便覧、第1巻 (2014)、P. 349
- 2) 盾野正雄：最近の電気炉操業技術の進歩、日本鉄鋼協会 (1986)、P. 222
- 3) (社) 日本鉄鋼協会：第5版 鉄鋼便覧、第1巻 (2014)、P. 351
- 4) (社) 日本鉄鋼協会：第5版 鉄鋼便覧、第1巻 (2014)、P. 353
- 5) (社) 特殊鋼倶楽部：特殊鋼、第57巻、5号 (2008)、P. 8
- 6) ALD社：ALD社カタログ (2014)

3. ばね鋼

三菱製鋼室蘭特殊鋼(株) 技 術 部 山 岡 拓 也

まえがき

「この敗戦をばねに…」、「あの選手は全身がばねのようだ」などのように日常的に会話で使用される“ばね”、その語源は“跳ね”が転じてできたようです。漢字では“発条”、ちょっと難しいですね。日常会話では、エネルギーを蓄えての反発力や弾力性を意味するのですが、その特性を利用して衝撃を吸収緩和する役割を果たします。

自動車や産業用機械のエンジン部品（クランクシャフト、コンロッド）、あるいはトランスミッション部品（各種ギヤ、シャフト）など目に見えない部分でその機能を発揮することが多い特殊鋼製品。その中で、ばねは比較的身近な部分に存在します。自動車やトラックの足回りを覗いて見て下さい。巻ばねや重ね板ばねを目にすることができます。ただし安全を十分に確保することは忘れないで下さい。

ここでは代表的なばねを熱間成形の巻きばねとして、自動車懸架用ばねと建設機械用ばねの製造プロセスについて、できるだけ平易に記載します。鉄鋼メーカーから素材として出荷するまでのプロセスになります。それ以降のばね製造プロセスは別の機会で触れることができるでしょう。

◇自動車懸架用ばね

自動車懸架用ばねは自動車サスペンションの構成要素で路面の凹凸による衝撃を緩和し、操縦安定性や乗り心地を向上させる役割があります。図1にばねの取付位置を、写真1に外観を示します。

鉄鋼メーカーからは、素材としてφ10～φ20程度の線材（コイル）として出荷されます。その主な製造プロセスを図2に示します。ばねに限りませんが、特殊鋼製品は外部（表面）からも内部からも壊れてはいけません。つまり外面も内面も良いものが求められるのです。外面の敵は表面きずや脱炭、内面の敵は非金属介在物や成分偏析があげ

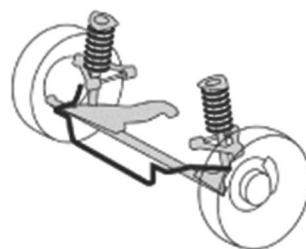
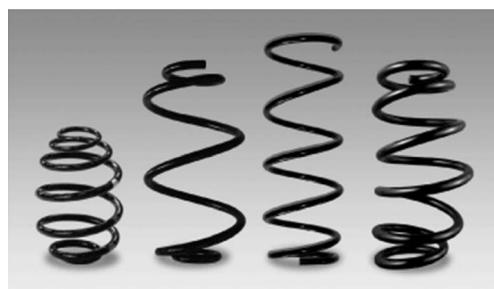


図 1 自動車懸架用ばねの位置
三菱製鋼ホームページより



たる型巻ばね
軽量化ばね
V型ばね（荷重制御ばね）

写真 1 自動車懸架用ばねの外観
三菱製鋼ホームページより

られます。ばね製造という観点からみて重要な製造プロセスをいくつか取り上げて紹介します。

1. 取鋼精錬

取鋼精錬には3つの大きな役割があります。（1）化学成分の調整、（2）溶鋼温度のコントロール、（3）溶鋼の高清浄度化です。それぞれについて見ていきましょう。

（1）化学成分の調整

熱間成形ばねは圧延ままの素材を用いて熱間でばねに成形し、その後焼入れ焼戻しの熱処理を行い所定の強度を付与します。化学成分が規格内に入っていれば良いというものではありません。成分のばらつきは、ばね特性のばらつきにつながります。この特性を揃えるため熱処理条件をいくつも持つことは非効率的です。同一熱処理条件で同

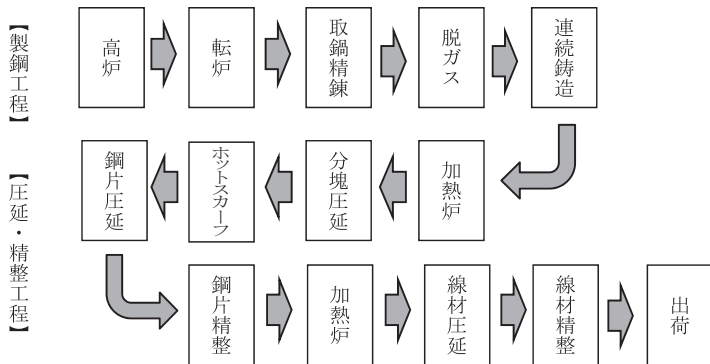


図 2 自動車懸架用ばねの製造プロセス例

一の特性を得るためには、狭い幅の成分管理を行う必要があります。取鍋精錬ではスラグを造り込み、化学成分を安定化させ、非常に狭い成分範囲にコントロールします。この成分コントロールは、後工程の連続鋳造での歩留向上にも寄与します。

(2) 溶鋼温度のコントロール

溶鋼温度を一定範囲内にコントロールすることは、表面品位、内部品位の安定化につながります。表面の割れ、内部の偏析防止のため、鋼種毎に理想的な温度で鋳造が開始されるよう溶鋼温度のコントロールを行います。

(3) 溶鋼の高清浄度化

内面の敵である非金属介在物を低減し溶鋼を高清浄度化させます。一例をあげますと酸化物系介在物である脱酸生成物を浮上分離しスラグに吸収させます。スラグの造り込みと溶鋼の攪拌がポイントになります。介在物には再酸化生成物やスラグ、パウダーの巻込みも関与してくるため、高清浄度化は取鍋精錬～脱ガス～連続鋳造のトータルプロセスで行われます。介在物の量、大きさのみならず、組成、形態を制御して無害化する方策も行われています。

2. 脱ガス

溶鋼を減圧下におくことで平衡分圧を下げ、有害な水素などのガス成分を取り除きます。水素は遅れ破壊という恐ろしい現象を引き起こします。しかも高強度化されたばねは遅れ破壊に対してより敏感で、感受性が高くなります。水素は使用される環境下の影響もありますが、素材段階で低減しておく必要があります。

3. 連続鋳造

表面きず（割れ）、介在物、中心偏析に影響する重要なプロセスです。ここでもそれぞれについて見ていきましょう。

(1) 表面きず（割れ）対策

連続鋳造は、溶鋼をタンディッシュから浸漬ノズルを介して水冷した鋳型に注入し、連続的に引抜く方法です。鋳型後の冷却は鋳片表面にスプレー水を噴霧させることで行います。この冷却を二次冷却と言いま

す。二次冷却は鋼種により適切な条件で均一に行われます。この条件が適切でない場合、あるいはスプレーノズルや鋳片支持ロールに異常がある場合は、表面きず（割れ）のみではなく、内部割れなどが発生することがあり、条件設定、設備管理は非常に重要となります。

(2) 非金属介在物対策

前述したように非金属介在物は取鍋精錬～脱ガス～連続鋳造のトータルプロセスで行われます。連続鋳造では完全断気による再酸化防止、スラグ、パウダーの巻込み防止、浸漬ノズル付着物の流入防止などの対策が取られています。

(3) 中心偏析対策

ばね鋼のような高炭素鋼は固相線－液相線の温度範囲が広く、中心部に偏析が発生しやすい鋼種になります。中心偏析は未凝固の濃化溶鋼が最終凝固部に集積されることにより発生します。中心偏析が存在すると、線材の引抜加工時に内部破断の危険性が増します。中心偏析対策として、凝固末期の軽圧下処理を実施しています。

4. ホットスカーフ

分塊圧延後の鋳片の表面4面（上下面、両側面）にプロパンと酸素の高圧ガスを吹き付けることによって、均一かつ連続的に表面層を溶解し削り取ります。これにより外面の敵である表面きず、脱炭層の表面欠陥の除去に大きな効果を発揮します。

5. 線材圧延

高い寸法精度を維持することはもちろんのこと、制御圧延、制御冷却によるフェライト脱炭の防止が図られています。フェライト脱炭は合金元素の添加量制御により回避する手法もありますが、

フェライトとオーステナイトの二相域温度の保持を回避する方法が取られます。冷却速度を制御することによりフェライト脱炭を防止しています。

◇建設機械用巻ばね

建設機械用ばねは、ブルドーザ、パワーショベルなどの履帯に加わる衝撃を吸収する役割があります。路面の凹凸や土砂噛み込みにより、履帯にかかる異常な張りの力を緩和します。図3にばねの取付位置を、写真2に外観を示します。

鉄鋼メーカーからは、素材としてφ40～φ60程度の棒鋼として出荷されます。大きいものでは素材径がφ70を超え、長さは10M以上になるものもあります。その製造工程は基本的に通常の構造用鋼と同じになりますが、主な製造プロセスを図4に示します。

前述した1～4項の重要製造プロセスは共通し

ます。ここでは棒鋼圧延についてのみ記載します。

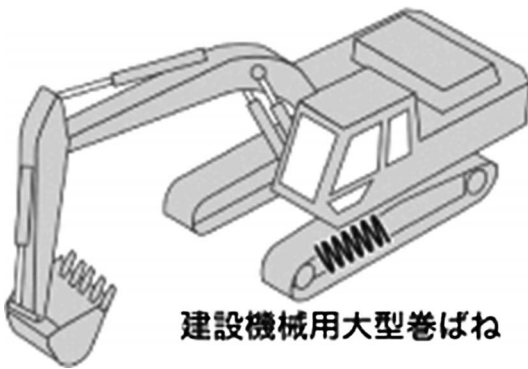
1. 棒鋼圧延

製鋼段階のみではなく、熱間での塑性加工である圧延段階でも表面きずは生じます。適正な孔型設計やロール管理、搬送設備管理が求められます。またばね鋼は棒鋼のままでも素材硬さが高いため、所定の長さに切断するシャー切断では注意が必要です。硬さが高い材料の低温での切断はシャー割れの危険性があります。このため冷却床で冷却速度管理を行う場合もあります。

◇代表的な出荷試験

1. 脱炭層深さ測定

脱炭は加熱などにより雰囲気ガスと鋼中の炭素が反応し、表面の炭素濃度が低下する（抜ける）



建設機械用大型巻ばね

図 3 建設機械用ばねの位置
三菱製鋼ホームページより

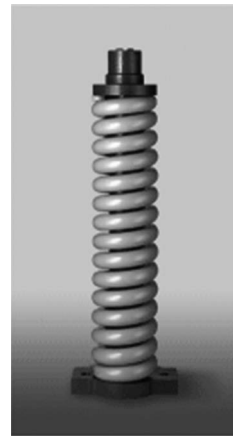


写真 2 建設機械用ばねの外観
三菱製鋼ホームページより

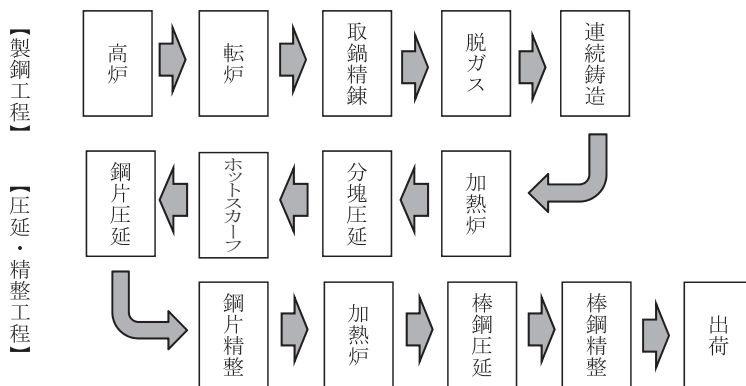


図 4 建設機械用ばねの製造プロセス例

現象です。脱炭が生じると材料の硬さが低下し、強度、疲労特性を低下させます。部分的な脱炭であっても、材料は最も脆弱な部分が破壊の起点となるため、疲労特性が重要とされるばねでは、脱炭を厳しく管理する必要があります。

(1) 全脱炭層深さ

表面から脱炭層と生地との組織差が判別できない位置までの距離を測定します。硬さを測定し判定する場合があります。写真3に全脱炭の例を示します。ばね鋼では素材の寸法にもよりますが、全脱炭層深さ $\leq 0.3\text{mm}$ or $\leq 0.2\text{mm}$ などの規定があります。

(2) フェライト脱炭層深さ

部分的な炭素の抜けが生じている全脱炭とは異なり、フェライト単独組織となったものをフェライト脱炭といいます。写真4にフェライト脱炭の例を示します。硬さが大きく低下するため、ばね鋼ではフェライト脱炭なきことと規定されます。

2. 非金属介在物

非金属介在物は鋼中に存在する酸化物、硫化物

などの非金属物質で疲労破壊の起点になる場合があります。一方で硫化物(MnS)のように介在物を利用して切削性を付与する場合もあり、一概に有害と決めつけることはできません。介在物の種類、形態、大きさをコントロールする技術が進められています。高速回転部などに使用される軸受鋼では酸化物系介在物と転動疲労寿命との間に密接な関係があり、介在物の小径化が行われています。

介在物の測定には、標準図による比較法と点算法による面積率測定法があります。清浄度測定とも言われます。いずれも介在物の種類、形態別に測定します。採取位置、標準図等は詳細には触れませんが、JISハンドブックに分かりやすく解説されておりますので、確認して頂ければと思います。写真5に酸化物系介在物(アルミナ系)の例を示します。

むすび

自動車の燃費向上のための軽量化、あるいは室内空間確保のための取付けスペースの減少から、ばね鋼の高強度化は永遠のニーズと言えます。一方でグローバル展開から、どこでも調達可能な材料が求められています。これらのニーズに対応しつつ、今後も(いろいろな意味で)より良いばね鋼を製造していく必要があります。

製造されるばね鋼はその鋼種名こそ同じでも、中身である品質は大きく進歩しています。この進歩は製造プロセスの進歩、最適化によるところが大きいと考えます。成熟したようで進歩しているばね鋼、まだまだその先の進化は続いているようです。

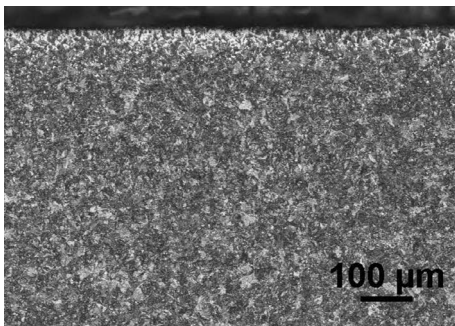


写真3 全脱炭の例

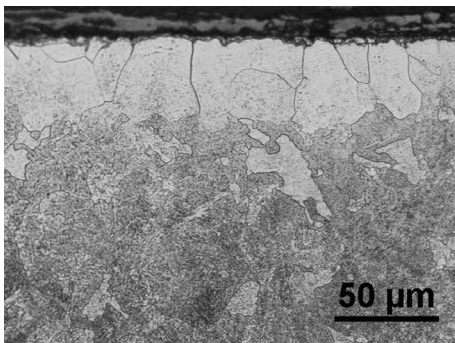


写真4 フェライト脱炭の例

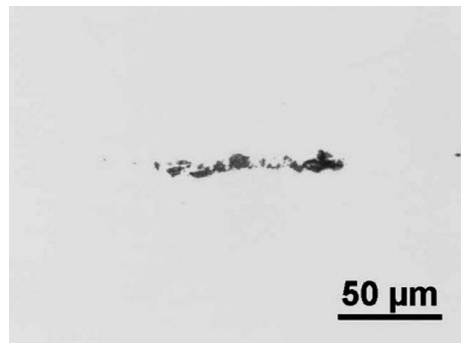


写真5 非金属介在物例

4. 軸受鋼

山陽特殊製鋼(株) かつら たか ゆき
研究・開発センター 桂 隆之

まえがき

軸受は、荷重を受けながらも円滑な回転運動や往復運動をすることにより伝達損失を抑えることができる機械部品であり、その用途は自動車、家電製品などの身近なものから、産業機械、鉄道、航空、半導体などあらゆる分野に広がっている。

軸受は、十分な潤滑環境で使用された場合にその寿命性能を最大限発揮するが、清浄潤滑下でも鋼の中にある「非金属介在物」と呼ばれる異物が高応力の転がり疲れを受ける領域に存在すると、それを起点としてき裂が生成・伝ばし、「はく離」と呼ばれる破壊をもたらすため、特に鋼材の清浄度（非金属介在物が少なく、かつ小さいこと）が重要視される。本稿ではJIS G 4805に規定された「高炭素クロム軸受鋼（SUJ2～5）」の製造プロセスや評価方法について、特に非金属介在物と熱処理に関連する部分を重点的に紹介する。

◇ 軸受鋼の製造プロセス

軸受鋼では、上述のように非金属介在物、特に酸化物系介在物が転がり疲労寿命に悪影響を及ぼすことが知られており、その生成起源である酸素を低減させる取組みが行われてきた。当社でも様々な取組みを実施し、現在では「電気炉溶解（EF）－取鍋精錬（LF）－RH脱ガス－連続 casting（CC）」という工程で軸受鋼を製造している。

まず、電気炉を用いてスクラップなどの主原料を溶解し、汚染防止のために偏心炉底出鋼（EBT）により取鍋に移される。EBT炉は炉底の中心から外れた位置に出鋼口があるためスラグの巻き込みを防止した出鋼が可能となり、高純度鋼を安定して製造できるようになった。取鍋に移された溶鋼は、まず次の取鍋精錬工程で酸素や硫黄などの不純物の除去、および合金元素の添加による成分調整を行い、さらにRH脱ガス工程では溶鋼を真空槽中へと引き込んで還元させ、水素や酸素などの

不要なガス成分を除去している。その後、清浄に保たれた溶鋼を外気と遮断した状態で連続 casting 設備に casting する。連続 casting 設備の型式には、大きく分けて「垂直型」と「湾曲型」の2種類があり、最後まで casting を曲げることなく固める垂直型に対し、湾曲型は casting が中心まで凝固する前に水平に曲げて固める。

当社が採用している「完全垂直型」は大掛かりな建設工事が必要となるが、鋼中に残存するごく微量の介在物の浮上除去が casting 中にも促進されるため、高純度鋼の製造に適しているという特長がある。これらの技術の導入により、図1¹⁾に示すように鋼中の酸素量は飛躍的に低減され、現在では5ppm程度となり、脱ガス工程の導入以前と比べると軸受の寿命は数十倍に向上している。

軸受はレース（軌道輪）がリング形状をしていることから、丸棒から鍛造加工により製造されるだけでなく、鋼管を切断して部品加工されることも少なくない。当社の鋼管の製造方法としては、熱間圧延（アッセルミル）と熱間押し出し（ユージ

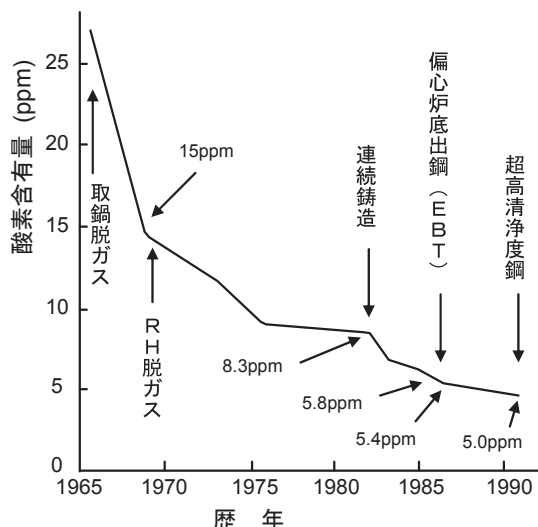


図 1 軸受鋼の酸素含有量の推移

ン)があり、ユーザーからの要求に応じてコールドピルガーによる冷間圧延も施される²⁾。

熱間圧延では、まずピレットを加熱後にピアシングミルで穿孔し、次のトランスバルエロンゲーター(アッセルミル)で肉厚を決める。再加熱後、シンキングミルで外径寸法を決め、最終のロータリーサイザーで真円度を出す。

一方、ユージン・セジュールネ法による熱間押し出しは、予め機械加工により中心部を穿孔したピレットを使用し、加熱後に後方から押し出す方式であり、潤滑材としてガラスを使用するという特徴がある。鋼管の外径はダイスによって、内径はマンドレルによって正確な寸法に加工される。

熱間圧延は大量生産に適しており、熱間押し出しは難加工性材料も加工できるなどの特長がある。コールドピルガーは熱間圧延や熱間押し出しで加工された材料を用い、冷間圧伸で寸法精度の高い鋼管を製造することができるため、ユーザーでの削り代を減らすことが可能である。なお、軸受鋼管の寸法精度を向上させる方法として、冷間引拔が実施される場合もある。

◇ 軸受鋼の熱処理

高炭素クロム軸受鋼は1% C-1.5% Crをベース組成とする過共析鋼であるため、 casting時に巨大な炭化物が析出する。この巨大炭化物を固溶させ、かつ偏析を軽減する目的で、均熱拡散処理(通称ソーキング)が行われる。ソーキング時は1150℃以上の高温で保持され、巨大炭化物を固溶させるにはなるべく高温での処理が望ましいが、温度を上げすぎると部分的に再溶解してしまうため、注意が必要である。

また、軸受鋼は熱間圧延や鍛造後は図2(a)の

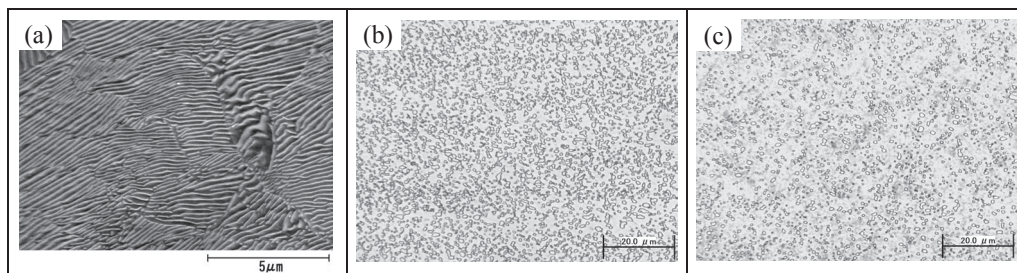
ようなパーライト主体の組織となる。この状態では35~40HRC程度の硬さを有し、このままでは切削などの加工が困難なため、球状化焼なましが行われる。SUJ2の場合、球状化焼なましの方法は、780~810℃程度(SUJ3、SUJ5では760~790℃程度)まで加熱保持後、650℃程度まで徐冷する方法が一般的であり、処理後は図2(b)のようにフェライト中に球状化炭化物が分散した組織となる。

この際、最高点温度が低すぎるとパーライトが残存し、高すぎても徐冷中にパーライトが生成して、いずれの場合も球状化組織不良となる。炭化物を球状化させるのは良好な加工性を確保するだけでなく、その後の焼入れ加熱時に炭化物の急速溶解が抑制され、マトリクス中に炭素が過剰に溶け込むことを防ぐためでもある。

球状化焼なまし後に所定の加工が施された後、焼入れ焼戻し処理が行われる。SUJ2の標準的な焼入れ温度は800~840℃(SUJ3、SUJ5では790~830℃)であり、一般的には加熱保持後に油冷される。加熱温度が低すぎるとマトリクス中への炭素の溶け込みが不十分となり、高すぎると炭素が過剰に溶け込んで焼入れ後に残留オーステナイトが多くなるため、いずれの場合も十分な硬さが得られなくなる。

なお、軸受鋼のマトリクスの固溶C量は0.5%程度が寿命に最適とされている³⁾。焼入れ後は120~200℃で1~2時間程度の焼戻し処理が行われ、60HRCを超える高硬度で、かつ図2(c)のように球状化炭化物がマルテンサイト中に分散した組織とすることで、所望の転がり疲れ特性や耐磨耗性が備わる。

炭化物は球状化焼なまし状態に比べると量が少なく、粒径が微細であり、これは焼入れ時の加熱



(a) 圧延材 (SEM写真)、(b) 球状化焼なまし材 (光学顕微鏡写真)、(c) 焼入れ焼戻し材 (光学顕微鏡写真)

図 2 軸受鋼 (SUJ2) のマイクロ組織

保持中に一部が固溶するためである。1.5%程度のCr含有は、焼入性への寄与以外に球状化焼なまし後の炭化物を微細、かつ安定にして焼入れ作業を容易にする意味合いがある。なお、SUJ2は焼入性が高くないため、大形の軸受にはMnやMoなどを高めて焼入性を向上させたSUJ3やSUJ5、あるいは浸炭鋼などが用いられる。

◇ 軸受鋼の非金属介在物試験方法

上述の通り、軸受鋼では有害な非金属介在物を含有しないことが求められることから、その判定方法も多岐にわたる。最も一般的なものは、JIS G 0555に規定されている顕微鏡試験方法であり、その方法には、「ISO4967を元にしたもの」と、「点算法」とがある。

まず、ISO4967を元にした顕微鏡試験方法は、製品の圧延方向または鍛錬軸に平行で、外面と中心の中間位置から採取した約200mm² (20mm×10mm) の試験片を研磨し、顕微鏡観察により種類(グループA～D、DS)と厚さ(薄いシリーズ、厚いシリーズ)で介在物を類別し、それぞれについて最悪視野における大きさ、あるいは個数を格付けすることによって判定される。

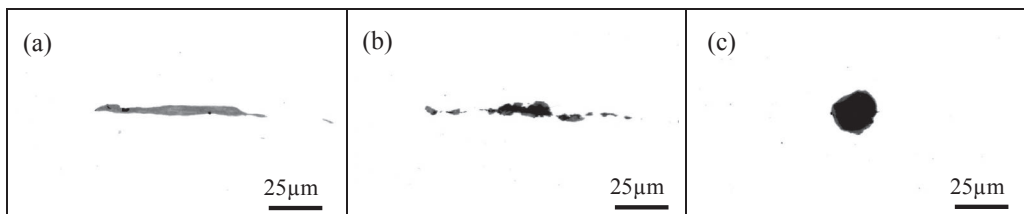
介在物のグループ分けとしては、「グループA(硫化物系)：一般的に端が丸く、高延伸性で、アスペクト比(長さ/厚さ)が広い範囲をとる灰色の個別の粒子(MnSに代表される)」、「グループB(アルミナ系)：多数の変形をしないで、角があり、低アスペクト比(一般的に3未満)をとる黒か青みがかった変形方向に整列した(3以上の)粒子群(連続した酸化物に代表される)」、「グループC(シリケート系)：一般的に端が鋭く、高延伸性で、アスペクト比は広い範囲(一般的に3以上)をとり、黒か濃い灰色の個別の粒子」、「グループD

(粒状酸化物系)：変形しないで、角張っているか又は低アスペクト比(一般的に3未満)をとる黒又は青みがかったランダムに分布する粒子(13μm未満の酸化物に代表される)」、「グループDS(個別粒状酸化物系)：円形又は円形に近く、直径が13μm以上の単独の粒子」の5種類に分類され、グループDは介在物の個数、グループDSは直径、それ以外は長さによってそれぞれ0～3.0の0.5刻みで格付けされる。

なお、グループDSが規定されていないなどの違いがあるものの、ASTM E45のA法も同様の評価方法であり、通称ASTM法として国内でも広く使用されている。非金属介在物の代表例を図3に示す。

一方、点算法はJIS G 0555の附属書1に記載されており、高炭素クロム軸受鋼鋼材を規定したJIS G 4805では、この点算法の規格値が明記されている。点算法の被検面積は通常は300mm² (20mm×15mm)とISO4967の1.5倍であり、「A系介在物：加工によって粘性変形したもの(硫化物、けい酸塩など)」、「B系介在物：加工方向に集団をなして不連続的に粒状の介在物が並んだもの(アルミナなど)」、「C系介在物：粘性変形をしないで不規則に分散するもの(粒状酸化物など)」の3種類に分類される。

判定は顕微鏡の接眼レンズに縦、横各々20本の格子線を持つガラス板を挿入して被検面を400倍で検鏡し、介在物によって占められた格子点中心の数(n)を測定し、視野内のガラス板上の総格子点数(p、通常は400)と視野数(f、通常は60)によって、 $d = n / (p \times f) \times 100$ で算出された清浄度d(%)によって評価する。なお、JIS G 4805では、 $dA \leq 0.15\%$ 、 $d(B+C) \leq 0.05\%$ 、 $d(A+B+C) \leq 0.18\%$ と規定されている。



(a) 硫化物 (グループA)、(b) 酸化物 (グループB)、(c) 酸化物 (グループDS相当)

図 3 非金属介在物の光学顕微鏡写真

ISO4967や点算法は軸受鋼の非金属介在物評価法として広く利用されているが、近年の清浄度の高い鋼材を評価するためには、さらに異なる手法を用いた調査も必要となっている。例えば、極値統計法により所定の体積中に存在する最大介在物径を予測する方法⁴⁾や、超音波探傷を利用して鋼材の大体積中に存在する介在物個数を評価する方法⁵⁾などが考案されており、より詳細に清浄度を評価する際に使用されている。

むすび

近年、二酸化炭素による地球温暖化問題を背景に、自動車や産業機械などの燃費向上やそれを目的とした部品小型化のニーズが益々高まっている。中でも軸受の小型化は周辺部品にも波及するため、1台あたり100個以上の軸受が使用される自動車な

どの軽量化に大きく役立つと考えられる。高炭素クロム軸受鋼は1900年代初頭に欧州で登場し、その基本成分系は一世紀以上にわたって変化していないが、酸素含有量の低減や介在物の小径化方策などにより、その性能は飛躍的に向上している。今後も、長寿命化や信頼性向上の市場ニーズに応えるため、さらなる清浄度向上技術の開発が期待される。

参考文献

- 1) 瀬戸浩蔵：軸受用鋼、日本鉄鋼協会（1999）、37
- 2) 瀬戸浩蔵：山陽特殊製鋼技報、5（1998）、126
- 3) 矢島悦次郎、宮崎亨、杉山敏彦、寺島博夫：日本金属学会誌、36（1972）7、711
- 4) 村上敬宣：金属疲労 微小欠陥と介在物の影響、養賢堂（1993）
- 5) 青山陽亮：山陽特殊製鋼技報、21（2014）、54



5. ステンレス鋼

日本冶金工業(株) さとうまさお
ソリューション営業部 佐藤昌男

まえがき

ステンレス鋼の製造プロセスの特徴としては、クロムを含有することによる脱炭反応の難しさを克服した製鋼工程、普通鋼に比較して小さい生産規模に対応した熱間圧延工程、SUS304のように加工硬化が大きいステンレス鋼を冷間圧延する工程、クロム酸化物が主体のスケールを除去する焼鈍・酸洗工程が挙げられる。

◇ 製鋼・連続 casting (CC)

ステンレス鋼の製造は、ステンレス屑、鉄屑、フェロクロム、フェロニッケル等の原料を電気炉で溶解する工程から始まる。日本ではクロム、ニッケルをほとんど産出しないため輸入に頼っている。特に、ニッケルの価格変動（投機筋の資金流入で価格変動が大きくなっている）がステンレス鋼の価格変動の大きな要因となっている。

溶解は電気炉で行われるのが主流であるが、高炉で作られた溶銑にクロム鉱石を直接投入する溶融還元炉を用いる方法もある。図1に溶解から連続 casting までの概略のフローを示す。

ステンレス鋼の製造で大きなポイントになるのが精錬工程である。

精錬では、ステンレス鋼の主成分であるクロムがあるために脱炭が難しく、特に低炭素域でクロ

ムの優先酸化により脱炭反応が阻害される。炭素は強度アップに有効な元素であるが、一方で耐食性が劣化する原因にもなる。特にオーステナイト系では耐粒界腐食性が劣化する。また、高純度フェライト系では炭素を低下させることが耐食性、製造性、加工性等の特性を向上させる上で不可欠である。

そのため、クロムの酸化を抑制しつつ効率的に脱炭する技術開発が行われてきた。酸素を吹き込むことによる脱炭反応で炭素濃度を下げていくが、クロムの酸化を抑制し脱炭反応を進行させるためには、脱炭反応によって生じるCOガスの圧力(CO分圧)を下げる必要がある。AOD法とVOD法、又はこれらを組み合わせた方法がある。

図2にこれらの設備略図を示す。

AODはArgon Oxygen Decarburizationの略語で、Arガスと酸素ガスの混合ガスを溶鋼に吹き込んで攪拌させるとともに脱炭を行うものである。AOD法では、高炭素域からの脱炭可能であり、安価原料の使用が可能、生産性が高いという特徴がある。

VOD法は、Vacuum Oxygen Decarburizationの略語で、真空下でArガス攪拌しながら溶鋼に酸素ガスを吹き付けて脱炭反応をさせるものである。AOD法に比較して低いレベルの炭素領域からスタートさせるために予備脱炭処理を行う場合もあ

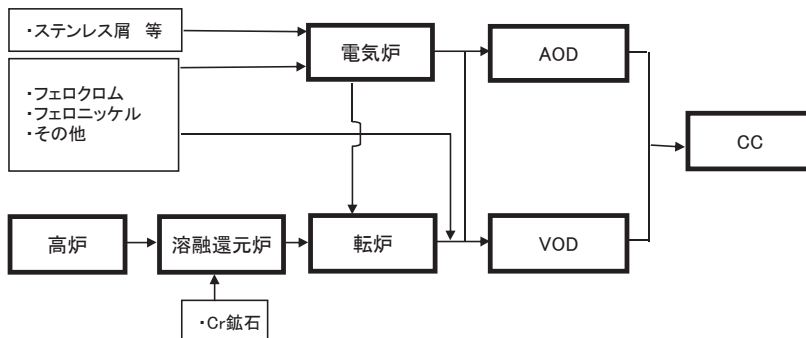


図 1 製鋼プロセス概要

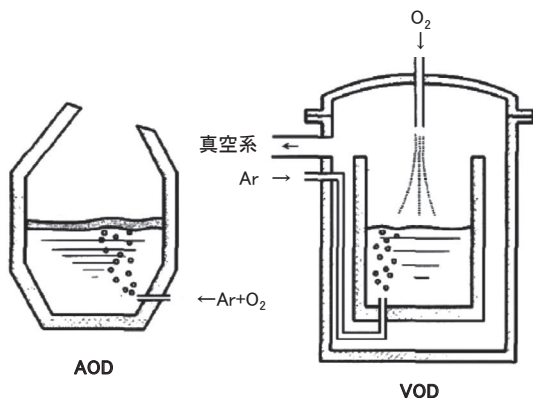


図 2 AODとVODの概略図

るが、到達炭素濃度がAOD法に比較して低い領域まで可能という特徴がある。

いずれの方法においても、脱炭の他、脱窒、脱酸、脱硫、介在物制御も行われている。

現在では、AOD、VOD両方の長所を有するV-AOD法（VCR）も開発されている。

精錬の後、連続铸造によりスラブ（薄板・厚板）、ブルーム・ビレット（棒・線・シームレス鋼管）と最終製品形状に応じて製造されるのが一般的である。

◇ 熱間圧延

ステンレス鋼のコイルの熱間圧延で特徴的な設備は仕上げ圧延機としてのステッセルミルである。

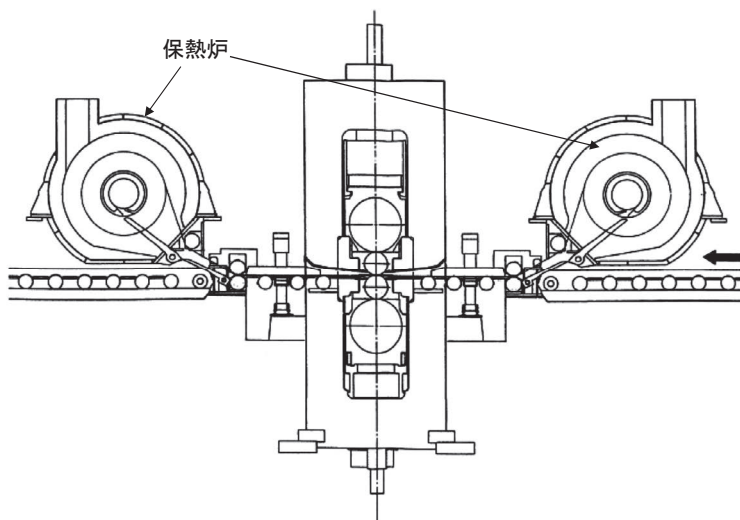


図 3 ステッセルミルの概略図¹⁾

普通鋼と兼用する場合には生産性の高いタンデムミルで圧延するが、ステンレス鋼専用の場合には初期投資の少ないステッセルミルを有する会社が多い。この圧延機は、図3に示すように圧延機の両側にコイルの温度低下を防ぐ保熱炉を有しているのが特徴であり、リバース圧延によりパス回数を任意に設定できる等の圧延自由度が高い。形状制御機能が付加され、クラウン制御が行われる。

ステッセルミルはコイルを製造する場合に使用されるが、その前に粗圧延機である程度厚みを薄くすること、また、厚板を製造するために粗圧延機を用いている。

◇ 冷間圧延

加工硬化が大きいSUS304等のオーステナイト系ステンレス鋼を効率よく圧延するために、小径のワークロールにより大圧下で圧延可能としたのがゼンジミア20段圧延機である。図4に示すが、小径ワークロールが圧延でたわむの防止するために中間ロール等で支えているのが特徴である。

現在では、形状制御機能に優れた12段クラスターミルも普及している。また、ゼンジミア20段圧延機のタンデム化による生産性の向上も図られている。

フェライト系ステンレス鋼では、普通鋼で用いられるタンデム圧延機による冷間圧延もあり、美しい光沢を要求されない場合、表面粗さが適当な

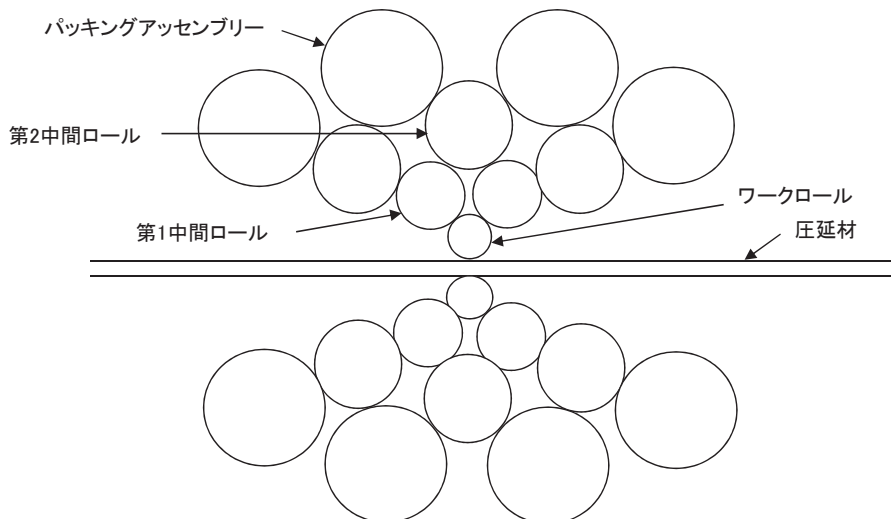


図 4 ゼンジミア20段圧延機の概略図

ため塗装を施す場合等には適用されている。生産性、コストの点で有利なためである。

◇ 熱処理・酸洗

熱間圧延後、または冷間圧延後に熱処理が施される。ステンレス鋼の熱処理は高温が要求され、表面に形成されるスケールをその後に除去する必要がある。熱処理・酸洗は連続したラインで実施される。

熱間圧延帯の焼鈍・酸洗は、一般にHot AP (Annealing and Pickling of Hot coil) と呼ばれ、熱処理炉、酸洗槽、水洗槽が連続した構成になっており、溶接により連結したコイルが連続的に流れる。

加熱炉の炉内雰囲気は、中性か、これに近い酸化性雰囲気に調整されている。生じたスケールの除去では、ショットブラスト、研削ブラシにより機械的にスケールを破壊し、その後の溶液による酸洗を容易にさせている。酸洗は、硝酸とフッ酸による混酸を通して完全に脱スケールさせることで行われる。その後、水洗、乾燥させた状態の表面肌をNo.1仕上げと呼ぶ。

冷間圧延帯の焼鈍・酸洗は、Cold AP (Annealing and Pickling of Cold coil) と呼ばれる。圧延により加工硬化したステンレス鋼は、焼鈍により軟化、再結晶する。

ステンレス鋼の酸洗は硝酸とフッ酸の混酸が基

本であるが、硫酸電解、中性塩電解、硝酸電解、ソルトバス等目的により種々の手段が用いられている。

Cold APでは酸洗を経るため、表面が酸に侵され乳白色のダル仕上げ（2D仕上げ）となっている。光沢を高めるため、及びフェライト系ステンレス鋼特有のストレッチャーストレイン（わずかにくぼんだ模様）を防止するため、Cold AP後にスキンプラス圧延といって軽く圧延することがある。この場合を2B仕上げという。

さらに、装飾用等非常に光沢のある用途の場合にはBA (Bright Annealing) 仕上げが好まれる。光輝焼鈍ともいう。これは、焼鈍を不活性ガス（アンモニア分解ガスが一般的）雰囲気で行うため、スケールが生成せず酸洗が不要になり圧延ままの光沢が得られる。

フェライト系ステンレス鋼やマルテンサイト系ステンレス鋼の熱間圧延帯の場合には、炭化物、窒化物の均一分散化による品質向上のため、長時間熱処理（及び徐冷）を必要とするためボックス炉が使用される。この場合には、還元性ガスを使用してスケールの成長を抑えることが行われている。

板厚が薄い場合には、冷間圧延、熱処理・酸洗を複数回繰り返すことがある。また、製造途中の表面欠陥除去のため、コイル疵取りを行う場合もある。

◇ 厚板工程

熱間圧延の仕上げ圧延時に、オーステナイト系ステンレス鋼ではTMCP（Thermo Mechanical Control Process）と呼ばれる加工熱処理技術による高強度化を行う場合がある。

◇ 棒、線、シームレス鋼管の製造工程

CCで製造されたブルーム、ビレットを出発点とするが、熱間圧延、焼鈍・酸洗する点では板帯と変わりはない。熱間圧延材はさらに所定の径まで冷間圧延、冷間引抜きを行った後、焼鈍を経て各種用途に供される。

◇ 検査・試験

ステンレス鋼は、一般にお客様の外観要求レベルが高い。メーカーでは外観検査を行っているが、外観は基準があいまいになりやすいためお客様と

メーカーの間で「限度見本」の取り交わしを行うこともある。

化学成分、機械的性質等はメーカーの発行するいわゆるミルシートに記載されるが、腐食試験（孔食試験等）、成形性試験（エリクセン試験等）等、用途によりお客様と取り交わした仕様の試験を行うこともある、

むすび

ステンレス鋼の製造プロセスを概説したが、限られた紙面で網羅することは難しい。各メーカーそれぞれで特徴があるので、各社のカタログ（HPからダウンロード可能なことが多い）に掲載された製造工程も参考にされたい。

参考文献

- 1) 宇田勇之助、久保田鐵也、栗原国勝、岡本芳雄、戸塚勝美：日本冶金技報、5（1996）、36



6. 耐熱鋼・耐熱合金

大同特殊鋼(株) 成田修二
澁川工場 生産技術室

まえがき

世界的な人口増加や経済成長に伴い、今後エネルギー需要はますます増加していくものと予想される。世界のエネルギー消費量の割合をみると、大半は石油、石炭、天然ガスなどの火力エネルギーであり、熱エネルギーの利用には耐熱材料が不可欠であることから、耐熱性に優れた材料の開発は各種エネルギー産業の進化を支えてきたといえる。

JISによると耐熱鋼は、高温における各種環境で耐酸化性、対高温腐食性又は高温強度を保持する合金鋼と定義されている。また、数%以上のクロムのほか、ニッケル、コバルト、タンゲステン、及び/又はその他の合金元素を含むことが多い。なお、合金元素の含有率の合計が約50%を超える場合は、一般に超合金、耐熱合金又は超耐熱合金と呼ばれる。

本稿では耐熱鋼・耐熱合金の製造プロセスについて、主要プロセスである特殊溶解をメインに概説する。耐熱鋼・耐熱合金の詳しい成分、特性、合金元素の効果などについては、過去の特集などを参照頂きたい。

◇ 耐熱鋼・耐熱合金の製造プロセス

図1に耐熱鋼・耐熱合金の主な製造プロセスを示す。

耐熱鋼の多くやAl、Tiなどをほとんど含まない一部の耐熱合金においては、ステンレス鋼と同様

の電気炉溶解—AOD精錬プロセスが採用されている。一方、Al、Tiなどの活性元素を多量に含む耐熱合金の一次溶解には、真空誘導溶解（VIM）が広く用いられている。タービン動翼やガスタービンディスクなどの高温で作動する回転体用途などでは、使用環境が厳しいため材料により高い信頼性が求められる。そのような場合には、真空アーク再溶解（VAR）、エレクトロスラグ再溶解（ESR）などの二次溶解プロセスが組合わされ製造される。

一次溶解、又は二次溶解で製造されたインゴット（あるいは、連続铸造後の铸片など）は、熱間圧延機や熱間プレス鍛造機により分塊圧延、又は分塊鍛造され、ピレットなどの半製品に加工後、熱間圧延や熱間鍛造などにより仕上加工される。それ以降の工程については、他の特殊鋼と同様に熱処理後、機械加工などにより所望の形状に加工される。

耐熱合金の大型ディスク製品の中には10,000トンを超える大型プレス鍛造機を用いて、型打鍛造などにより製造されているものもある。これは、型打鍛造による高価な材料歩留の改善と、変形抵抗の高い耐熱合金においても、結晶粒微細化のために比較的低温の鍛造加熱温度が要求されるためである。

一方、自由鍛造品においては、高速四面鍛造機の大容量化に伴い、プレスによる分塊鍛造工程抜きで、二次溶解インゴットを直接分塊鍛伸、製品鍛造することも可能になってきており、耐熱鋼・

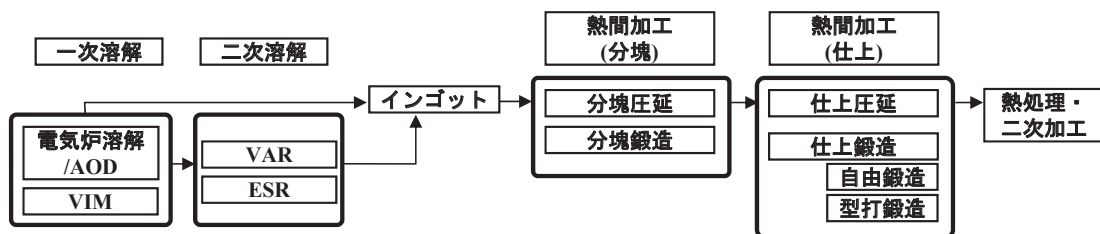


図 1 耐熱鋼・耐熱合金の製造工程の概略図

耐熱合金の製造コスト低減に寄与している。

◇ 特殊溶解設備

耐熱鋼・耐熱合金は高温強度などを向上させるため、AlやTi等、酸素との親和力が強い活性元素を多量に含有しており、大気中で溶解すると、大気中に含まれる酸素や窒素と反応して介在物を生成する。特にタービン回転体などに使用される部品においては、高い疲労特性、靱性が要求されるため、素材の信頼性を損なう可能性がある。そこで、Al、Tiの酸化損失を防ぎ、溶解材の品質変動を抑止する目的でVIMが開発された。

また、耐熱材料は高い清浄度やインゴットの均質性が求められるため、VAR、ESRなどの再溶解法が適用されることが多い。再溶解法は、VIMやアーク炉などの一次溶解で製造したインゴットや鋳片を消耗電極（再溶解用の溶解母材）として使用し、連続的に溶解・水冷モールド内凝固をさせ、均質なインゴットを得るものである。

再溶解法により、普通鋼塊に見られるような種々の欠陥（パイプ、キャビティ、偏析、地きずなど）の少ない緻密なインゴットが得られ、介在物の少ない鋼または合金が得られる。

1. VIM (Vacuum Induction Melting furnace : 真空誘導溶解炉)

図2にVIMの概略図を示す。

VIMは原料を真空チャンバー内でコイルの電磁誘導作用により、金属材料に高い電流密度の渦電

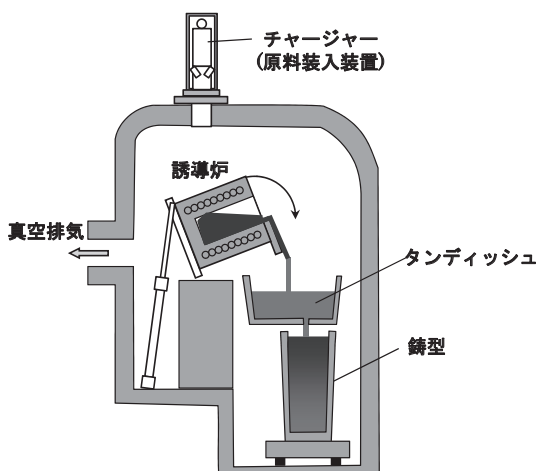


図 2 VIMの概略図

流を誘起させ、その電流によって発生するジュール熱により溶解を行う。溶解を真空中で行うことにより、ガス不純物（酸素、窒素、水素）を低減させることが可能となる。誘導加熱の際発生する攪拌力により精錬反応を促進させることで、効果的に溶鋼中のガス成分を低減できる。また、真空中で原料の追装を行うことができるチャージャーも装備している。VIMは鋳込造塊も密閉容器内で行えるので大気との接触による酸素、窒素等のピックアップも抑制できる。

その他、VIMは以下の特徴を有する。

- (1) 添加元素、特に活性金属元素であるAl、Tiなどの酸化損失が少ないため、多量に合金化でき、また歩留も高位に安定するため、成分管理が容易となる。
- (2) クリープ特性などを低下させると考えられるPb、Bi、Teなどの不純物を真空溶解により蒸発・低減できる。
- (3) 誘導加熱の際の攪拌効果により、溶鋼の温度と成分の調整が精密にできる。
- (4) 耐熱合金などの比較的小ロット品の溶解に適する。
- (5) 粉塵の発生が少なくクリーンな溶解環境を維持できる。
- (6) 脱酸剤の使用量を最小限にでき、かつ外部からの不純物混入もないため被溶解材を清浄に保てる。

2. VAR (Vacuum Arc Remelting furnace : 真空アーク再溶解炉)

図3にVARの概略図を示す。

一次溶解で製造したインゴットはグラインダーなどで黒皮を除去、インゴット頭部を切断・除去した後、スタブと呼ばれる固定治具を溶接し、電極昇降用装置と結束する。VARは真空チャンバー内で、消耗電極先端にアークを発生させ、そのアーク熱により消耗電極を溶解し水冷モールド内で凝固させてインゴットを得る方法である。一方、モールド内の溶融金属は、抜熱冷却され、モールド底部から順次積層状に凝固し、マクロ偏析ならびにミクロ偏析が軽減され、均質な組織が得られる。

その他、VARは以下の特徴を有する。

- (1) VARは高真空下での溶解であるため、酸

素、窒素、水素などのガス不純物を有効に除去する他、活性元素の含有率の高い材料を溶解しても化学成分が安定である。

- (2) 揮発しやすい微量不純物元素の減少
- (3) 酸化物や窒化物の浮上分離による清浄度の改善

Inconel718、Inconel706、WaspaloyなどはTi、Al、Nbなどを多量に含むため、主な二次溶解方法としてVARが行われる。しかしながら、VAR等の再溶解を行った場合においても、合金元素が凝固中に偏析し、ストリーク状に発達する”フレックセル欠陥 (Freckles)” と呼ばれる欠陥や、凝固中

に電極の一部や水冷モールド壁に生成した初期凝固部 (シェルフ) などが溶鋼に落下することで生成する”ホワイトスポット欠陥 (White spots)” などが発生する場合があります。合金組成やモールド径に応じた再溶解条件が長年検討されている。

最近のVAR設備では水冷モールドの冷却水量、Heガス冷却、消耗電極の位置、溶解速度などがコンピュータで制御・管理されている。

3. ESR (Electro-Slag Remelting furnace : エレクトロスラグ再溶解炉)

図4 (a) にESRの概略図を示す。

ESRは、溶融スラグに消耗電極を浸漬して通電

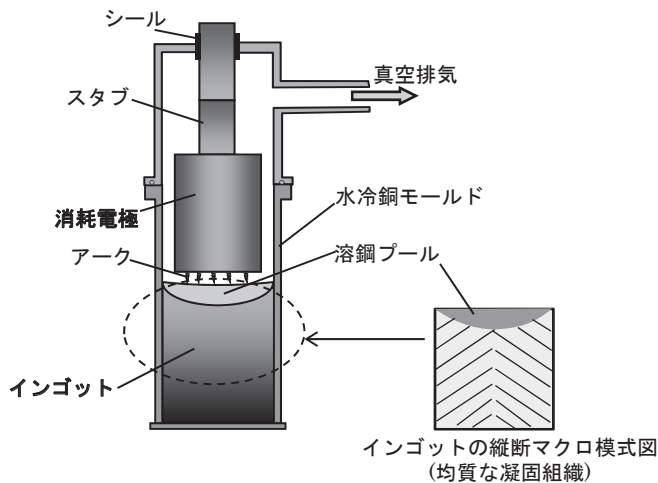


図 3 VARの概略図

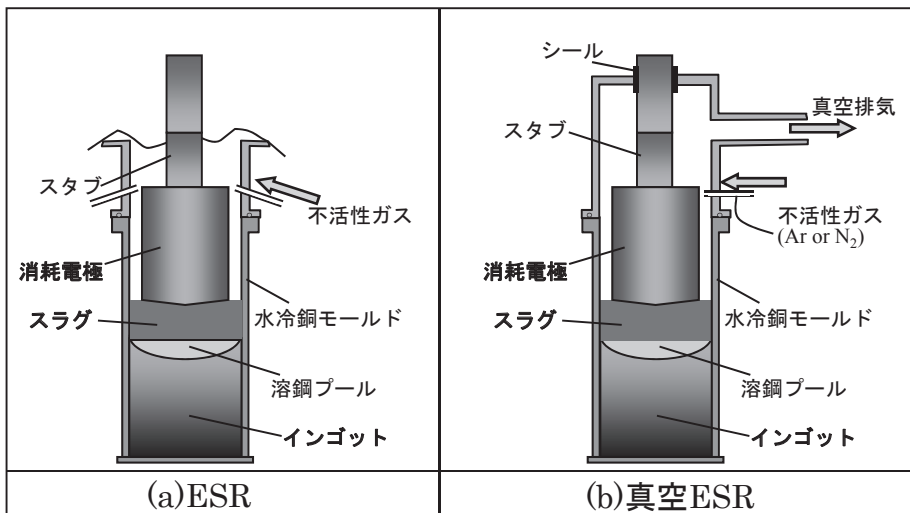


図 4 ESRの概略図

し、スラグの電気抵抗熱（ジュール熱）を利用して電極を再溶解し、VARと同様に水冷モールド内で積層凝固させることによってインゴットを得る方法である。溶けた合金は、溶融スラグを通過する際、スラグと溶鋼の反応により脱酸・脱硫精錬が進行し、スラグ精錬が行われ、高い清浄度が得られる。また、電極中の非金属介在物は、再溶解時に浮上分離し溶融スラグに吸収される。VARと異なり、モールドとインゴットの間にはスラグスキンと呼ばれる薄いスラグの層が生成するので、得られるインゴットの表面性状は良好である。したがって熱間加工などの後続工程に進める際、VARよりもキズの発生や皮削り量が少ないといった点で有利である。

通常のESRは、大気中またはArなどの不活性ガスを流した雰囲気下で行われるが、大気中の精錬であるため、溶鋼酸化の影響を受けるといった課題がある。そこで、最近では、ESRのスラグ精錬機能を最大限に引き出すべく、ESRに真空排気機能を付加した真空ESRが開発・実用化されている。

図4 (b) に真空ESRの概略図を示す。

真空ESRは真空下または不活性ガス雰囲気下で消耗電極を溶解するため、VARと同様に密閉容器の中で溶解を行う構造となっている。通常のESRと比べ、溶鋼酸化が少なく、低酸素化が可能である。また、密閉容器内で溶解を行うため、粉塵が飛散することも無く、ESRと比較して作業環境面でも良好である。

真空ESRは、介在物低減のためにAl、Ti、Siな

ど脱酸素の添加を抑えた上で、低酸素化が可能である。タービン部材などの中には低Si、低酸素化による高純度の確保と、かつ、クリープ特性を向上させるB添加量のコントロールを行う必要がある鋼種がある。そのような鋼種においては大気中ESRによる酸素の影響を最小化するため、一次溶解をVIM、二次溶解を真空ESRで行うといった方法が採用されている。

近年ではVARとESRの特徴を生かし、ESRで脱硫と電極の健全化を図り、その後VARによって均一凝固組織を得る、いわゆるトリプルメルト工程が、航空機用、発電用ガスタービンディスク材で採用されている。Inconel706やInconel718の耐熱合金についても、VIM-ESR-VARを行うトリプルメルトが適用されており、ガスタービンの信頼性向上に寄与している。

むすび

VIMやVAR/ESRの特殊溶解以降の工程については、近年では製造条件の最適化により、一般的な特殊鋼と同様の工程・設備で製造されることが多くなってきており、耐熱鋼・耐熱合金の信頼性向上のみならず、コストダウンに各社は注力している。

耐熱鋼・耐熱合金は特性の向上はもとより、より信頼性の高いバラツキの少ない材料が要求されるようになってきており、今後も溶解技術、精錬技術が、不純物低減・クリーンかつ均質なインゴット製造に重要な役割を果たすと考えられる。

7. 快削鋼

新日鐵住金(株) あお やま あつ し
棒線技術部 青 山 敦 司

◇ 快削鋼の特徴

鉄鋼材料を自動車や産業機械、家電製品の部品として用いる際、熱間鍛造、冷間鍛造、伸線加工のように鋼材を塑性加工させて形状を得る方法と、切削加工によって部品形状を得る方法がある。前者では、熱間及び冷間鍛造において鋼材の変形能が重要な要素であるため、介在物や偏析といった塑性加工を阻害する元素であるりんや硫黄を極力減らすことが求められる。逆に切削加工においては、鉛や硫黄を添加し、工作機械による切削性を高めた鋼材が用いられている。一般的な鋼材の一つである、JIS G 4051機械構造用鋼に含有される硫黄の量は、最大0.035%であるが、硫黄快削鋼では約10倍の0.1~0.4%もの硫黄を添加し、鋼中に多量の硫化マンガンを微細に分散させた鋼材となっている。硫黄はフェライト相には殆ど溶解しないことが知られており、鉄鋼材料中には硫化物の形で存在している。この硫化物を切削加工性の向上に活用したのが快削鋼であり、更に鋼中に0.1~0.35%の鉛を添加した鋼材を硫黄複合快削鋼鋼材

(通称、鉛快削鋼)と呼んでいる(表1)。これらの鋼材は、機械加工において非常に切削性に優れた鋼材として無くてはならないものであり、国内では年間69万t(2013年度)生産されている。

◇ 快削鋼に求められる特性

工作機械で連続的に自動加工する際の製造上の課題は、切削粉が加工物や切削バイトに絡みつくような状態になることである。このような状態になると頻繁にマシンを止めて切削屑の除去、清掃をする必要がある。一方、硫黄快削鋼や鉛快削鋼のように鋼中に介在物を微細分散させると、発生する切削片が短く破断するようになり、自動加工機による連続切削が可能になると同時に、切削バイトを損傷させない効果も得られる。また、何よりも切削面が美麗であることが評価されており、精密部品用や、プリンターシャフト用鋼材として世界中で使用されている。

硫黄や鉛は切削加工には必要不可欠な元素であるが、硫黄やりん含有量が高い鋼材は、機械構造用鋼のレベルにコントロールされた鋼材に比べ

表 1 JIS G4804 硫黄及び硫黄複合快削鋼鋼材 (単位%)

種類の記号	C	Mn	P	S	Pb
SUM21	≤0.13	0.70~1.00	0.07~0.12	0.16~0.23	
SUM22	≤0.13	0.70~1.00	0.07~0.12	0.24~0.33	
SUM22L	≤0.13	0.70~1.00	0.07~0.12	0.24~0.33	0.10~0.35
SUM23	≤0.09	0.75~1.05	0.04~0.09	0.26~0.35	
SUM23L	≤0.09	0.75~1.05	0.04~0.09	0.26~0.35	0.10~0.35
SUM24L	≤0.15	0.85~1.15	0.04~0.09	0.26~0.35	0.10~0.35
SUM25	≤0.15	0.90~1.40	0.07~0.12	0.30~0.40	
SUM31	0.14~0.20	1.00~1.30	<0.040	0.08~0.13	
SUM31L	0.14~0.20	1.00~1.30	<0.040	0.08~0.13	0.10~0.35
SUM32	0.12~0.20	0.60~1.10	<0.040	0.10~0.20	
SUM41	0.32~0.39	1.35~1.65	<0.040	0.08~0.13	
SUM42	0.37~0.45	1.35~1.65	<0.040	0.08~0.13	
SUM43	0.40~0.48	1.35~1.65	<0.040	0.24~0.33	

て表面疵が発生し易いことが知られており、圧延や鍛造等の塑性加工においては忌諱される元素である。また、鉛は欧州を中心に世界的に環境負荷物質として規制される方向にある。代表的な規制としてRoHS規制があり、2016年の適用除外用途改正に向けて、鉛快削鋼の適用除外の延長が必要であるか各業界団体で議論されている。

以上が、快削鋼の製造を取り巻く足元の状況であるが、先にも述べた通り、快削鋼は産業上、必要不可欠な鋼材であることから、各鉄鋼メーカーでは操業条件の最適化により快削鋼の表面疵の低減を進めたり、代替元素を用い添加鋼と同等以上の特性が得られる鉛フリー鋼の開発を進めている。本稿では、快削鋼に求められる特性と、特性を発揮する為に行われる特徴的な製造方法について紹介する。

◇ 特徴的な製造方法

1. 快削鋼の代表的な製造方法と他鋼種との違い

日本における一般的な快削鋼の製造工程は下記(図1)の通りであり、メーカー毎に若干の差はあるものの、構造用鋼等と大きな差は無い。

しかし、鉛快削鋼では、鉛の物性及び有害性の観点から、製造工程に環境対応設備を付与しなくてはならない。鉛の融点は327℃と金属としては非常に低く、蒸気圧が750℃(1atm)である為、製造過程で、鉛が蒸発するという課題がある。労働安全衛生法でも、作業者の健康課題に対応する為、製造時の環境対策が規定されている(参考)。この為、鉛快削鋼を製造している事業所では、鉛を添加する設備の周辺や連続铸造設備には、局所排気設備が設置され、作業者の健康被害防止や外部への飛散防止対策を取っている。

参考：[鉛中毒予防規則 第二章 設備 第九条 鉛

合金の製造等に係る設備]

事業者は鉛業務に労働者を従事させるときは、次の措置を講じなければならない。

- ・鉛若しくは鉛合金の溶融、铸造、溶接、溶断若しくは動力による切断若しくは加工（鉛又は鉛合金の粉じんが飛散するおそれのない切断及び加工を除く。）又は鉛快削鋼の铸造を行なう屋内の作業場所に、局所排気装置又はプッシュプル型換気装置を設けること。
- ・鉛又は鉛合金の切りくずを一時ためておくときは、そのための場所を設け、又はこれらを入れるための容器を備えること。
- ・鉛等又は焼結鉛等の溶融又は铸造を行なう作業場所に、浮渣（さ）を入れるための容器を備えること。
- ・溶融した鉛又は鉛合金が飛散するおそれのある自動铸造機には、溶融した鉛又は鉛合金が飛散しないように覆（おお）い等を設けること。

2. 介在物の微細分散による切削性改善

一般的に快削鋼は油圧部品やプリンターシャフトなどに使用されている為、その重要な評価基準は表面仕上げ面粗さである。前者では勘合部の密着性に差が生じると、油漏れ等の不具合に直結し、後者ではプリンター動作の円滑性や故障頻度に影響する。この仕上面粗さに影響を及ぼす要因は、「構成刃先」であるが、構成刃先とは、機械加工中に切削バイトの刃に付着し、その付着物があたかも刃先のように振る舞う現象である。加工中に構成刃先が成長すると、本来の刃先が構成刃先に包まれる為、見掛け上の捲い角が変化したりすることにより、巻れるように鋼材を切削する為、仕上面粗さの低下に繋がる(図2)。一方、メリットとしては、本来の刃先が保護される為、工具寿命が

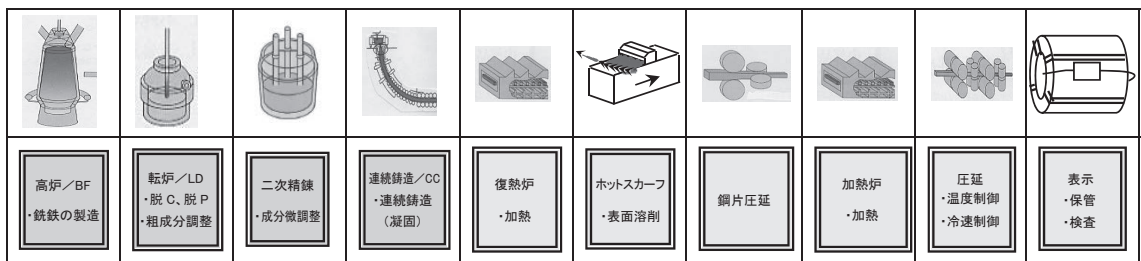


図 1 代表的な製造工程

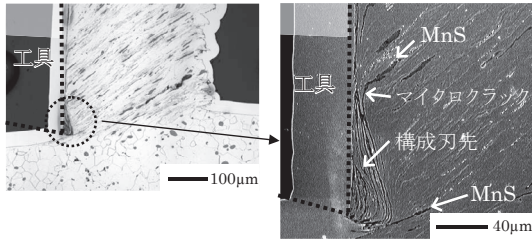


図 2 工具と構成刃先の断面組織

長くなるメリットがある。現在では、この特徴を生かして、小さな構成刃先が切削バイトの表面に生成するように介在物を微細に分散させるように制御し、逆に構成刃先を利用し生産性を上げるような手法も報告されている。以上より、快削鋼の特徴的な製造方法の一つとして、切削性を向上させる為の介在物を微細分散させることが挙げられる。

3. 連続鋳造、熱間圧延

快削鋼では被削性を改善する目的で、塑性加工で忌諱される硫黄を多量に添加している為、連続鋳造、熱間圧延工程における表面疵の改善が重要なポイントとなる。

一般的に、連続鋳造では鋳片表面欠陥の改善には、パウダー潤滑、鋳型振動の改善、鋳片冷却の最適化が重要である。特に快削鋼は割れ感受性が高く内部割れや表面疵を発生し易い。このため、従来から被削性を劣化させない範囲内で「マンガ／硫黄濃度比」を高め、割れ感受性を低減する工夫や、低速鋳造や緩冷鋳造により鋳片に加わる歪を低下させ、内部割れや表面疵の発生を防止している。

また、鋳型周りではパウダー潤滑剤は一般的な鋼材用に比べて保温性を高めた成分に調整したり、疵が発生しにくい鋳型振動条件を設定する等、各社毎に細かく製造条件が設定されている。

また、圧延でも同様に、表面割れを抑制することが課題となる。快削鋼の圧延工程で発生し易い不具合として、コーナー部のへげ疵と圧延鋼材の先端割れが挙げられる。線材、棒鋼の熱間圧延では、圧延ロールは連続的に水冷されている為、一

番先に接触する圧延鋼材先端や、コーナー部が最も冷え易い。また、先端部はガイドでしっかりと固定されない状態でロールに噛み込む為、形状も不均一になり易いという課題がある。冷間圧造鋼材のように、リンや硫黄等の割れ感受性を高める元素を低くコントロールしている鋼種でも、先端部が過度に冷却されることにより、割れ、欠けを誘発し、最悪の場合ミスロールになったり、コーナー部の不均一冷却部はしわ疵となることがあるが、快削鋼の場合はその傾向が更に顕著になる。そこで、製造メーカーでは、ミスロールのようなトラブルを防止する為、一般的な材料に比べて圧延温度を高くコントロールしたり、先端を細く加工し割れ難くするなどの工夫を行っている。

4. 出荷検査

一般的に快削鋼に求められる特性は、被削性と表面性状である。被削性に関わる項目としては、非金属介在物の量が管理されている。快削鋼と同様に介在物指標が課題となる軸受鋼やばね鋼では、一定の被検面の介在物の大きさと個数をカウントする方法があるが、快削鋼の場合は個数で評価することが困難であることから、総介在物量の指標となる酸素量で管理される。また、機械部品として使用されることから、鋼材の形状や、表面疵も重要な管理項目であり、コイル外観の目視観察を行ったり、厳格材になると触診検査を行うことも多い。

その他、炭素、マンガ成分値が高いSUM41、SUM42、SUM43等は、S45C等の機械構造用鋼と同等の使い方をするケースもあり、お客様の使用目的、ニーズをしっかり把握して品質設計を行う必要がある。

むすび

快削鋼は1920年代に実用化された鋼種でありながら、現在も新たな技術開発が進められている。この技術開発の視点は鋼材開発だけに留まらず、切削工具、潤滑手法にも及び、より高い生産性、より美しい表面性状への挑戦が続けられている。

8. ピアノ線材

株式会社 神戸製鋼所 線材条鋼商品技術部
みなみ たか あき
南 田 高 明

ピアノ線材は、JIS G 3502にて規定される高炭素鋼線材（SWRS）で、炭素含有量の違いによって、0.62%から0.92%までの9種類、またそれぞれの炭素含有量について、低マンガン（0.30～0.60%）のA種と高マンガン（0.60～0.90%）のB種があるため、計18鋼種が存在し、最終製品での要求特性に応じて最適鋼種が選択される。

類似規格にJIS G 3506で規定される硬鋼線材（SWRH）もあるが、ピアノ線材は炭素の規格幅が狭く、P、S等不純物の許容値も低い。また、脱炭、表面疵、寸法も厳しく管理されている。

ピアノ線材は、その名の通り、ピアノ等の楽器の弦にも使用されるが、工業的には、主にワイヤーロープ、コンクリート補強用のPC鋼線・PC鋼より線、橋梁用鋼線、スチールコード、弁ばね用オイルテンパー線等の素材として幅広く使用されている。

ピアノ線材は、基本的には、パテンティングと呼ばれる熱処理によって得られたパーライト組織を伸線加工することによって最終製品として供される。

パテンティングとは、19世紀のイギリスにて、特許（パテント）の第1号として認められた技術で、900℃～1000℃のオーステナイト（ γ 相）領域に加熱後、鉛、流動層、水等の冷却媒体中に浸漬することで恒温変態させ、微細なパーライト組織を得る熱処理のことである。

パーライト組織とは、**写真1**に示すように、鉄と炭素の化合物である硬質なセメンタイト（ Fe_3C ）と、純鉄に近く柔らかいフェライト（ α 相）が交互に並んだ層状（ラメラ）組織を呈し、真珠（パール）に似た光沢を有することから名付けられた。

この組織に伸線加工を施すと、ラメラ組織は伸線方向に配向した繊維状組織になるとともに、加工によってラメラ間隔は狭くなり、高強度が得られる。

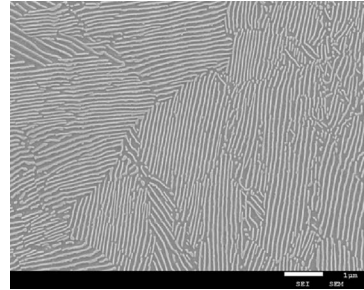


写真1 パーライト組織

パーライト鋼の強度は、ラメラ間隔が狭くなる程高くなり、ラメラ間隔の $-1/2$ 乗に比例することが知られている。

線材の段階で微細なパーライト組織を得るため、過去は熱間圧延された線材を一旦巻き取った後、伸線加工メーカーにてオフラインでパテンティング処理が施されていたが、現在では熱間圧延直後にインラインでパテンティング処理を施す、いわゆる直接パテンティング法が適用されている。

インラインパテンティングの最も一般的な方法としては、1960年代にカナダのStelco社とアメリカのMorgan社によって開発された、ステルモア（Stelmor）冷却法と呼ばれるプロセスで、巻取機から出た線材は、コンベアで搬送中に衝風冷却され、目標とする金属組織と機械的性質に制御される。また、風以外の冷却媒体として、熔融塩や沸騰水を用いる方法も開発されている。

ピアノ線材は、パテンティング処理とその後に伸線加工を施すことによって、高強度のワイヤーを得ることができるが、一方、高強度化にともなってワイヤーの脆化が始まる。

特に、ワイヤーロープやスチールコードの様に、最後に撚線（ねじり）加工が加わると、**写真2**に示すような縦割れ（デラミネーション）と呼ばれる、ワイヤーが長手方向に裂ける現象が発生する。そのため、ピアノ線材を用いて製造されるピアノ線（JIS G 3522）の規格には、ワイヤーサイズ毎



写真 2 捻回試験で見られる縦割れ

に、引張り強さの上限値が規定されている。

以下に、ピアノ線材から製造される特徴的な製品の例を紹介する。

◇ スチールコード

タイヤの補強材として使用されるスチールコードは、レーヨン、ナイロン等の化学繊維系補強材に比べて剛性率が高く、また、熱伝導性にも優れるため、タイヤ寿命を向上させるだけでなく、自動車に高い走行性と操縦安定性を与えている。

スチールコードの量産化が始まった1970年代初めは、主に0.7%の炭素鋼が用いられ、その引張強さは2,800MPa程度であったが、タイヤの軽量化を目的に高強度化が進み、1980年代からは0.8%炭素鋼の使用比率が拡大し、3,000MPaを越える強度に達した。現在では、4,000MPaのスチールコードも実用化され、大量生産されている鉄鋼製品の中でも最高強度を有している。

更に近年では、1.0%を越える炭素鋼と合金添加の組合せにより、4,000MPaを超える鋼の極限強度への追及がなされている。

スチールコードの製造工程は、まず熱間圧延工程によって生成したスケールを、酸洗あるいはメカニカルデスケーリングによって除去した後、適切な被膜処理が施され、伸線、パテンティングが繰り返される。

最終パテンティングの後、ゴムとの密着性とその後の湿式伸線での潤滑被膜としても作用するブラスめっき処理が施され、所定の最終線径まで伸線される。

スチールコードを構成する素線（フィラメント）は $\phi 0.15\sim 0.40\text{mm}$ と非常に細いため、線材全長に亘って、厳しい品質が要求される。

特に、鋼中に不可避的に存在する非金属介在物については、数十 μm の大きさでも、伸線、撚線工程での断線の起点となり、生産性を阻害させるだけでなく、タイヤに組み込まれた後の疲労特性にも影響を及ぼすため、鋼の清浄度はスチールコー

ド用線材としての品質を大きく左右する。

断線の原因となる非金属介在物は、熱間圧延や冷間加工時に延び難い硬質の Al_2O_3 系の介在物が主体であり、その起源は、溶鋼から晶出する場合と、耐火物から混入する場合とに大別される。

前者の場合は、生成する介在物を伸び易い組成にコントロールし、後者の場合は、適正な耐火物材質を選択することで、介在物による断線低減が可能となる。

◇ ソーワイヤー

ソーワイヤーとは、スチールコードとほぼ同じ工程を経て製造される極細鋼線で、単線のまま切断用の工具として使用される。

近年、再生可能エネルギーへの関心が高まる中、その代表格である太陽光発電の市場が急伸していることは周知の事実であるが、太陽電池パネルに用いられるシリコンウエハは、ソーワイヤーを用いてシリコンインゴットからスライス切断して製造される。

被切断物の歩留りを向上させるため、ソーワイヤーの細径化が求められており、そのサイズは髪の毛ほどの0.10mm前後と非常に細く、スチールコードよりも更に厳しい清浄度が求められている。

◇ 橋梁用鋼線

橋には種々な構造があるが、吊橋や斜張橋のメインケーブルには、高強度の橋梁用鋼線が使用され、他の構造に比べて主塔間距離を長くとれることから美しい景観を呈し、人々を魅了している。

そのメインケーブル用ワイヤーは、海上での腐食環境下で使用されることも多いことから、伸線加工の後、防食の目的で溶融亜鉛めっき処理が施される。

この溶融亜鉛めっき処理時、ワイヤーは400℃以上の高温に晒されるため、伸線加工で歪を受けたパーライト中のセメントイトは分断し、強度低下を招いてしまう。

これを抑制するには、Siの添加が有効であり、1998年に完成した世界最長の明石海峡大橋には、それまで半世紀以上に亘って使用され続けてきた強度レベルよりも約200MPa高い溶融亜鉛めっき鋼線が初めて採用された。

添加されたSiは、層状に並ぶセメンタイトとフェライトの界面に濃化し、高温に晒された際にセメンタイトの分断を抑制する。

また、その後のナノオーダーレベルでの組織観察から、これまで板状と考えられてきたセメンタイトは、高温に晒されることで、実は**写真3**に示す様なナノサイズの粒子となっており、Siはそのナノ粒子の周りにも濃化することで、高温下での粒子粗大化を抑制し、強度低下を防止していることも分かった。

吊橋としては世界最長の明石海峡大橋は、当初、片側2本計4本のメインケーブルによる設計であったが、この様な高強度ワイヤーの採用によって、片側1本のシングルケーブル化と、それに付随する主塔高さの低減や使用する鋼材重量の減少が可能となり、大幅なコスト削減、工期短縮を可能とした。

むすび

ピアノ線材およびそれを加工して製造されるワイヤーの歴史は非常に古く、基本的には前述した通り、硬いセメンタイトと柔らかいフェライトか

らなるパーライト組織を伸線加工することによって、高強度でかつしなやかなワイヤーの製造を可能としている。

然しながら、近年、評価技術の飛躍的な進歩に伴って、そのメカニズムの解析と今後の更なる高強度化の可能性が見出されようとしている。

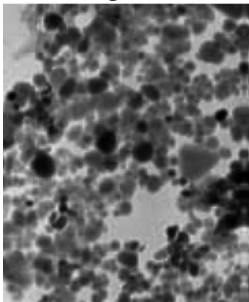
例えば、試料中の原子配列を再現できる3次元アトムローブ顕微鏡やSEMとTEMの長所を併せ持ったSTEMなどの最新機器を利用することで、原子レベルの組織解析が可能となりつつある。一例として、**写真4**にCs-STEM（球面収差補正型STEM）で捉えた伸線材のフェライト-セメンタイト界面の原子配列を示す。

ピアノ線材は建設、自動車、太陽光エネルギーなど、幅広い産業分野で活用されており、この様な最新技術を駆使することで更なる高強度化を実現できれば、産業界全体に大きく貢献することが期待される。

参考文献

- 1) 隠岐他、神戸製鋼技報Vol. 49 No.2 p 8 (1999)
- 2) 諸永他、特殊鋼62巻5号 p 33 (2013)

160kgf/mm²級



180kgf/mm²級

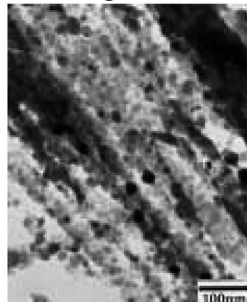


写真3 Si添加によるセメンタイト粒状化の抑制効果¹⁾

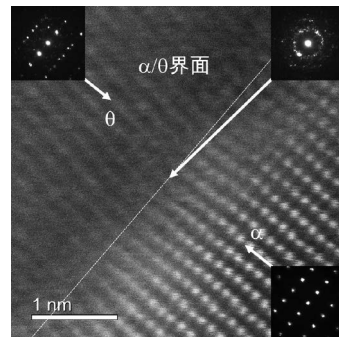


写真4 伸線材セメンタイト界面の原子配列²⁾

Ⅲ. 会員会社の最新設備

愛知製鋼株

新連続铸造機による 品質向上の取り組み

まえがき

1982年に当社が世界に先駆けて開発した複合製鋼プロセスは高品質と高効率・高生産性を達成し、それ以降の特殊鋼製鋼プロセスの主流となった。この度、老朽化した連続铸造機（Continuous Casting Machine：以下CCMとする）の更新を期に、飛躍的な品質向上を狙い最新技術と開発アイテムを盛り込んだ新CCMを建設した。既設CCMで30年間培った自動車用鋼に最適なノウハウを活かすと共に、能力・機能・制御性の向上や独自技術開発により更なる進化を狙った設備仕様とした。（省エネルギー技術導入などによりCO₂排出量削減にも寄与しており、本誌2014年3月号に取り組み内容を掲載。）

◇ 品質向上の取り組み内容

1. 清浄度向上

CCMのタンディッシュは最終的な溶鋼清浄度を左右する重要な設備である。このタンディッシュを設計するにあたり、コンピューターシミュレーションや水モデル実験を繰り返し形状を最適化した。また3つのストランドを有する新CCMにおいて、全ストランドの品質を均等にするため、溶鋼流動を考慮した内部構造（堰の配置など）とした。その結果、微細介在物の浮上除去を促進するための上昇流や滞留時間を確保すると共に、偏流やショートカット流を防止する事ができ、清浄度を大幅に向上させた。

2. 中心偏析低減

中心偏析低減の為には铸造条件（溶鋼温度、铸造速度など）の安定化や未凝固軽圧下工法といった技術が有効であり、既設CCMにおいても溶鋼加熱装置や未凝固軽圧下装置を導入し偏析改善を図ってきた。新CCMではこれら設備の能力・機能を向上させる事により、多様な鋼種や操業条件の変化に対応した理想的な铸造条件を作る事を可能とした。その結果、CCM材の適用が難しいとされていた鋼種の製造などに寄与している。

3. センターポロシティ低減

センターポロシティは通常、後工程である圧延工程にて消滅するが、鍛圧比が小さい場合などに残存し超音波探傷（UT）で不良判定される事がある。新CCMでは鑄片大圧下技術を導入する事により不良低減を図った。

この技術は新CCMでの実用化に向け既設CCMにて開発したもので、鑄造途中で鑄片を適切な形状に加工する事によりセンターポロシティ低減を狙ったものである。

4. 表面欠陥低減

CCMにおける表面欠陥は主に、鑄型内や2次冷却帯での不均一冷却、強冷却など熱履歴の不具合によって起こる。新CCMでは鑄型振動の油圧駆動化、2次冷却帯の細分化といった制御性向上と、冷却水圧力センサーや温度計増設等による冷却状態の詳細把握で、熱履歴を最適化し鑄片表面性状の改善を図った。

むすび

以上の取組みにより検査不良率を大幅に低減させた（図1）。今後、開発アイテムの戦力化、良品製造条件レベルアップで更なる品質向上と安定供給に努めていく所存である。

〔愛知製鋼株 第1生産技術部 技術企画室 八明 輝修〕

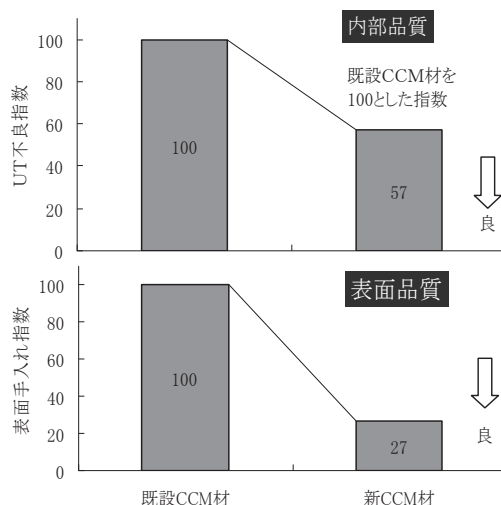


図1 既設/新CCM材の品質結果

ビレットピーリング設備の増強 表面品質に優れた棒鋼・線材製造

まえがき

自動車や産業機械用部品の素材として、種々の棒鋼・線材製品が使用されています。特に、冷間鍛造用鋼や軸受鋼においては、表面疵や脱炭などの表面品質に優れた棒鋼・線材が求められています。JFEスチールではこのようなご要求に応えるべく、棒鋼・線材製造の中間工程でビレットの表面ピーリング（切削による皮むき）設備を導入しています。

◇ 製造フロー

JFEスチールのビレット製造フローを以下に示します。

- ・角ビレット（角断面）：ブルーム→角ビレット
圧延→グラインダー・磁粉探傷（MT）
- ・丸ビレット（丸断面）：ブルーム→丸ビレット
圧延→ピーリング・渦流探傷（ET）

丸ビレットは、ピーリング設備により全周表面を均一に切削（皮むき）したのち、全自動渦流探傷機で残存表面疵の有無を検査し、中間素材として高い表面品質レベルを達成しています。

◇ ピーリング設備

ピーリング機は、西日本製鉄所（倉敷）鋼片工場に、1号機を1992年に、さらに2014年5月に2号機を導入して、お客様のご要望に答えるべく処

理能力の拡大を図りました。

ピーリング設備は、1台の給材テーブルから素材ビレットを供給し、2つのピーリング機でピーリングしたのち、1台の集材テーブルに集めて、渦流探傷機で表面疵検査する構成となっています。この間、ビレットはコンピューター制御で自動搬送・トラッキングされ、効率的に運用されています。

ピーリング機の切削機構の模式図を図1に示します。複数の超硬バイトをビレット周方向に高速回転させながら丸ビレットを送り込むことで、ビレット表面の切削を行います。丸ビレットの径はφ175mm、切削量は最大7mmで調整可能、切削精度は±0.1mmとなっており、設備出側に設置した太さ計で切削量を保証しています。ピーリングは、速度等の切削条件をビレット材質により最適化し、軟鋼材から硬鋼材まで、幅広い範囲の製品に対応可能です。

ピーリング後のビレットを写真1に示します。ビレットは、最適切削量のピーリングを実施することで、疵や脱炭のない高品質な表面性状となっています。

むすび

棒鋼・線材製品の表面品質へのご要求は年々厳格化しています。これに対応するため、JFEスチールでは棒鋼・線材製品の製造工程に丸ビレットピーリングを積極的に適用しています。今後も優れた表面品質を有する棒鋼・線材製品を提供してまいります。

JFEスチール(株) 丸川 邦彦
棒線セクター部

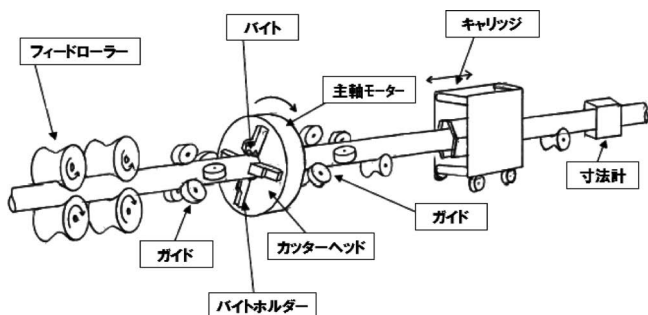


図 1 ピーリング機の切削機構（模式図）

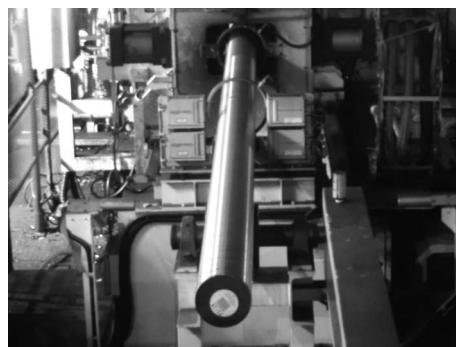


写真1 ピーリング後の丸ビレット

VARの新規導入

まえがき

導入したVAR（真空アーク再溶解炉：Vacuum Arc Remelting）設備を使用し、SUS420相当鋼を対象としてこれまで溶解実績があった電気炉材と今回新規導入したVAR材について品質比較調査を行ったのでその結果を報告する。

◇ VAR概要

図1にVARの概要を示す。

VARは電気炉や真空誘導炉で製造した消耗電極を、約1Pa以下の高真空雰囲気中でアーク放電させ、発生したアーク熱により消耗電極を溶解し、水冷銅るつぼ内で積層凝固させる溶解方法である。

高真空雰囲気溶解の特徴から、酸素、窒素、水素等のガス成分の大幅な低減や Al_2O_3 の分解反応による Al_2O_3 系介在物の大幅な低減が可能である。また、水冷銅るつぼ内で凝固させることから、製造された鋼塊は偏析が少なく、緻密な組織となる。さらに、電気炉で鋼塊を製造する場合と異なり、溶解時に耐火物やスラグと接触することが無いことから、高纯净度鋼を製造するプロセスとしては最適である。

◇ 導入したVARの特徴

導入したVARは、同軸構造となっており非同軸

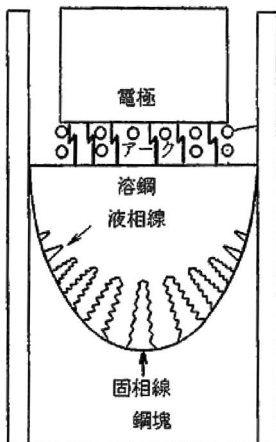


図 1 VAR概要

構造と比較して磁場が発生しないため、溶鋼は磁場の影響を受けることなく凝固することが可能であり、水冷銅るつぼを使用することから、製造した鋼塊は不均一凝固や成分偏析が発生しない。

また、溶解は事前に設定されるプログラムにより進行し、リアルタイムで計量される鋼塊重量をもとに電圧や電流等の操業パラメータを自動で修正し、溶解速度が一定となるように制御される。

◇ VAR適用材の品質確認

SUS420鋼のVAR溶解を行い、従来の電気炉材比較した結果を示す。

1. 成分分析調査

VARの適用により酸素は70%減、窒素は50%減と大きく低減できた。

マンガンはVAR後に低下が見られ、歩留は56%となったがVARの高真空溶解によってMnが蒸発している結果であり、VAR中の操業真空度が大きく影響していると推定する。

その他の主要成分についてはVAR適用による成分変動が無いことを確認した。

2. 非金属介在物測定調査

電気炉材、VAR材ともに鋼塊のボトム位置からテストピースを採取し、ASTM法にて介在物評価を行った。

電気炉材はB系及びD系の介在物が多い結果となり、VAR材は電気炉材と比較してB系及びD系が大幅に改善している結果となった。

3. 顕微鏡観察調査

電気炉材に見られた綫状偏析はVAR適用によって偏析バンド幅が軽微になっており、改善していることを確認した。

むすび

今回導入したVAR設備を導入したことにより、電気炉溶解プロセスでは困難であった高纯净度鋼を製造できる体制を整えることができた。今後はお客様の更なる要求にも応えられるよう、操業改善及び品質向上を図る所存である。

〔日本高周波鋼業(株) 富山製造所 製造部 矢後 信弥〕

業界のうごき

愛鋼、 条鋼加工体制を再構築

愛鋼は、加工設備の増強と拠点間での移設を進め、条鋼の加工体制を再構築する。向け先や品目ごとに担当する工場を仕分けして、生産効率の向上と受注拡大を目指す。衣浦工場は生産能力を引き上げた上で自動車部品関連の量産工場とし、本社工場は設備をリニューアルして切断精度や生産性の向上を図り、小ロット・多品種製品の加工工場とする。

本社工場では老朽化した帯鋸切断機2台を廃却し、1台を導入する。新型機は3月中の本稼働開始をめざす。衣浦工場から丸鋸切断機を移設し、切断機12台体制は変わらない。設備レイアウトも見直し、労働生産性向上や不良率低減を図り、短納期対応と合わせて競争力を強化する。

衣浦工場では加工数量増に対応して、穴あけ機を4基増設する。1基は間もなく設置が完了し、今夏までに残る3基を導入する予定。目標とする衣浦工場の「条鋼のスチールセンター」化に一步前進する。

(2月18日)

井上特殊鋼、 製造設備メンテ事業拡大

井上特殊鋼は、新規需要分野を開拓し利益率の向上に努めている。その一つが製造設備のメンテナンス事業で年々顧客数が増加している。また木造トラス構造の構築物にも進出している。井上寿一社長は「当社の加工品に対する情報や知識を活用し、顧客の裾野を広げていきたい」とする。

メンテ事業は、リーマンショックの影響が大きく出た09年から本格的に開始。ラインを止められないため補修部品の手配は一括して頼みたいというユーザーニーズにマッチし顧客が増加。08年まで100~200社だっ

た年間の新規顧客が09年に300社、14年に442社となっている。そのうちの多くはメンテ事業の顧客が占める。

木造トラス構造の構築物では、躯体に採用されている間伐材の接合部の金属の球状の部品（ノード）を供給。グループ会社の山崎機械製作所が鍛造し、井上マシナリーが穴開けなどの精密加工をする。(2月19日)

佐久間特殊鋼とマイクロテクノ、 ベトナムで車部品製造合弁

自動車部品製造のマイクロテクノは、佐久間特殊鋼との合弁により、ベトナムに初の生産拠点を設けた。マツダがタイに開設した自動変速機工場向けのバルブ類を生産し、4月から稼働する予定。マツダ向け部品の供給を足掛かりに、将来はASEAN諸国の自動車関連企業への拡販も狙う。

現地生産子会社のマイクロテクノベトナムは佐久間特殊鋼が15%、同社が85%を出資。棒材をNC旋盤加工で削り出し、アルマイト表面処理、研磨、検査と出荷に至る一貫生産体制を構築した。

マツダのタイ新工場進出や、海外拠点開設による国内外へのアピール、現地人件費の安さを加味してベトナム進出に踏み切った。佐久間特殊鋼は鋼材以外に自動車用精密加工部品も扱っており、同社製品が佐久間を経由してユーザーに納入される商社機能との関係や、佐久間がタイに合弁会社を持ち、車部品の日系向け供給を強化していることから、資本参加を呼び掛けた。(3月20日)

サハシ特殊鋼、 三次元加工事業を強化

サハシ特殊鋼は、三次元レーザ加工機による加工事業を強化、受注拡大に取り組んでいる。このほど同型機を保有する石川県の金属加工業者と業務提携し、三次元加工の相互補

完を実現。実質的な能力拡大を図り、更なる受注増を目指す。

国内需要が漸減する中、産業機械関連などの既存ユーザーや建築といった新規分野の開拓を狙い、昨年11月に三次元レーザ加工機を設置した。積極的な営業活動が功を奏し、引き合い件数は段階的に増加。建築関連などで数百トンといったまとまった数量の受注も出る中、業務の集中でユーザーの短納期要求に充分応えられないケースも出ていた。

昨年末、石川県で各種機械加工を手掛け、同型の加工機2台を保有する金属加工業者と業務提携関係を構築。相互の加工能力を活用することで、受注が集中した際でもより柔軟な納期対応が可能な体制を作り上げた。(3月11日)

JFE商事、 2子会社の棒線事業を譲受け

JFE商事は、グループの棒線事業を4月1日付で統合する。JFE商事鉄鋼建材（J鉄建）とJFE商事線材販売（J線販）から事業を譲り受け、JFE商事の棒線・鉄粉部に集約する。専門知識や知見に富む人材を揃えて、国内外で効率的な人員配置を行い、顧客ニーズの高度化やグローバルな安定供給ニーズに対応する。

統合対象は特殊鋼・普通鋼の棒鋼・線材・パーインコイル（異形棒鋼は含まない）。J鉄建の線材部とJ線販から事業を譲り受ける。J線販は事業譲渡後に清算する。13年度売上高はJ鉄建の当該事業が100億円超、J線販が85億円と見られる。

棒線、鉄粉事業は高い専門性や、多岐にわたる製品全般できめ細かいサービスが求められ、顧客の海外生産拡大に伴い、国内同様の安定した供給体制が求められている。特に棒線は加工深度が大きく、用途も多岐にわたり、加工分野に踏み込んだサービス提供の必要

業界のうごき

性が高まっている。(2月26日)

清水鋼鉄・宇都宮、 マニプレータと熱処理炉を増強

清水鋼鉄は、鍛造品生産拠点の宇都宮製作所で最新鋭の50TMマニプレータを導入し、今週から本稼働を開始した。2,400トン自由鍛造プレスに連動する40TMマニプレータを更新した。長尺の型込め鍛造品などを把持するロングアームの装着も可能にして、大幅な生産性向上や製品大型化を実現し、高付加価値の小型品への対応力も高めた。

独自の型込め鍛造品の生産効率化や、自由鍛造品の大型化、生産効率化が進むため、産機部品、重電機主軸、船用大型エンジン部品の拡販強化、防潮堤水門部品などの新規開拓を加速する。

高合金などの熱処理を目的とする最新鋭熱処理炉も導入した。防衛関連の船体金物に活用するほか、高精度の温度制御機能や高い省エネ特性を生かし、高合金、非鉄部品の受注強化を図る。構造用鋼など特殊鋼棒鋼の販売事業でも、宇都宮の熱処理、切断・機械加工体制を生かして、熱処理、加工品の付加価値販売を展開する。(2月13日)

大洋商事が健康経営、 「ウォーキングマイル運動」実施

大洋商事は、1月末に第1回「ウォーキングマイル」運動を終了した。“健康経営”の一環で、14年8月から半年がかりで実施した。2月から1年間にわたる第2回ウォーキングマイル運動を始めている。

健康経営は、会社が社員の健康管理を積極的に支援し、生活習慣病による休業を予防し、社員の働く意欲を引き出そうとする取り組み。健保組合財政の赤字を解消し、社会保障費の抑制に貢献する点も社会的に期

待されている。

第1回は東海道57次(東京・日本橋～大阪・高麗橋、往復1,092・6キロ)をシミュレートした。大阪支店から「メタボ解消のため」と発案があり、関連会社の大洋商運を含めて実施した。参加者は128人で、28人が往復踏破を達成し、81人が片道以上を歩いた。往復分あるいは片道分の達成にわずかに及ばなかった参加者も多数いた。(2月6日)

千曲鋼材・茨城、 溶断加工を増強、効率化

千曲鋼材は、茨城事業所で工場レイアウト改善、切断機更新など最適生産体制の構築を進める。乾式プラズマ切断機2台のうち1台を水位調整タイプ水テーブル仕様の最新鋭のプラズマに更新し、既存1台を同仕様のプラズマに改造するとともに第一工場内に移設し、溶断加工設備を同工場に集約。第二工場ではプラズマ移設跡にマシニングセンターなど機械加工設備を増設する。茨城事業所内で大型製缶加工を手掛ける子会社の茨城チクマとも連携し、より効率的な加工・物流体制を整える。

更新は3月までに実施し、改造は4、5月をめどに実施する。水テーブルはプラズマ切断時の粉じんの飛散を防止し、水を排出せずにスラッジを撤去できる。第一工場内の溶断加工スペースには現在、NCガス切断機4台、レーザ切断機4台があり、更新、改造に合わせてプラズマを同じスペースに移設する。その後、今夏までに機械加工設備を増設する。(2月18日)

ハヤカワカンパニー、 アメリカに新会社

ハヤカワカンパニーは、米国に現地法人を設立し、業務をスタートした。従来から行っていた日米間の輸出入業務を一段と円滑化し、価格や納期・

品質などサービスの向上を目指し、鍛造部品などの拡販につなげる。

日米間の輸出入業務は約10年前からスタート。近年では、現地連絡事務所を設けて、日系機械メーカー向け貿易を行っていた。顧客に対するサービス機能をさらに高めると同時に、将来的な販路拡大を狙い、事務所を格上げする形で現地法人を設立した。

2月に立ち上げた新会社は「HAYAKAWA USA CORPORATION」。資本金は30万ドル(約3,600万円)で、早川元章社長が社長を兼務。拠点はカリフォルニア州・アーバインに置き、日系機械メーカー向けロスワークス用原料、鍛造部品の輸出入業務を手掛ける計画だ。(3月24日)

山陽特殊製鋼、 連々100トンを達成

山陽特殊製鋼は、第二製鋼工場(150トン電気炉)の大断面完全垂直型連続鍛造設備で16日に世界記録となる「100トンを連々鍛造」を達成した。同社は85年に68トンを、97年に73トンを連々鍛造の世界記録を達成。18年ぶりに自社が持つ世界記録を更新した。

電気炉からの溶鋼は、取鍋で成分調整や不純物除去を行い連鎖設備のタンディッシュに注がれ、浸漬ノズルを通して連鎖ストランドで鍛込まれる。一般的な連続作業では鋼中不純物による浸漬ノズルの閉塞が発生するため、ノズル交換が必要になる。

山陽は「単一タンディッシュ・浸漬ノズル交換なし」で成功した。鋼の清浄度が高いことでノズルの閉塞が発生しにくいことと、高度な操業技術、生産計画の立案、設備保全の充実、品質保証体制などを背景に、前後工程との連携(マッチング)など総合的な生産技術の集積が達成につながった。(2月18日)

業界のうごき

新日鉄住金、小倉の高炉休止 戸畑から溶銑輸送

新日鉄住金は、鉄源工程の最適化で、15年度末に予定している君津第3高炉休止に続き、18年度末をめどに八幡製鉄所の小倉第2高炉を休止する。戸畑地区にある戸畑第4高炉の出銑を増やして小倉地区に輸送するほか、社内の他製鉄所から特殊鋼棒線用鋼片を供給する。小倉地区製鋼効率化も同時に行い、棒線品種の最適生産と競争力強化を図る。

小倉地区では、特殊鋼棒線製品の生産は現状水準を維持する。製鋼効率化として、品質対応力・生産性で優位性のある第4連铸機系列を活用。第3連铸機系列は18年度末をめどに休止する。溶銑の輸送線は私鉄道とトンネルによるもので18年度中に設置する。

進藤孝生社長は中期計画発表の記者会見で「戸畑の出銑量を10%アップするし、室蘭などから鋼片を供給する。今はそれほど強くない小倉の競争力を、飛躍的に高める狙いがある」と語った。(3月4日)

大同特殊鋼、 ニッケル合金合弁解消

大同特殊鋼は、世界的なニッケル合金メーカーの米国スペシャル・メタルズ・コーポレーション(SMC)と事業展開してきた合弁会社・大同スペシャルメタルを9月30日までに解散することを決めた。事業は両社に別々に継承され、大同は今後の事業を本体で継続する。

大同スペシャルメタルは、74年にニッケルメーカーのインコとの合弁により大同スペシャルアロイとして設立。以後、インコの合金事業を継承したSMCを新たなパートナーとし、耐熱・耐食合金、電子材料など高機能材料を自動車、造船、電力向

けなどに販売してきた。14年12月期の売上高は161億円。

事業を取り巻く環境が変化し、大同とSMCが今後の方向性について検討した結果、両社が独自に成長戦略を推進することとなり、大同スペシャルメタルを発展的に解散し、合弁を解消する。事業は別々に継承され、既存顧客に対し引き続き製品供給を継続する。(3月26日)

東北特殊鋼、 タイで熱処理事業を本格化

東北特殊鋼は、自動車向け特殊鋼加工製品を製造するトウホクマニュファクチャリングタイランドにおいて、15年度から熱処理事業を本格化する方針だ。主に自動車の燃料装置に用いる部品の受託加工を行う。すでに二室真空炉や洗浄機など主要設備の設置工事を完了、ユーザーに対して品質確認を行う最終段階に入っており、順調に行けば4月から量産体制に入る見通し。

タイ工場は、日系自動車メーカーの海外進出と部品の現地調達化の進展に伴い、11年5月に全額出資で設立した。主に自動車向けのエンジンポンプ部品をはじめとする精密加工部品を製造し、14年度から量産化している。

設備増強も進めており、精密加工ラインでは、冷間鍛造機3台、NC旋盤約30台が稼働中。人員は約80人で、今後もNC旋盤の増設や増員を計画している。山口桂一郎社長は「早期戦力化を期待している」と話している。(2月23日)

日本冶金工業・川崎 高機能材精密スリッター新設

日本冶金工業は、川崎製造所に「高機能材精密スリッターライン」を新設し、3月から稼働開始した。現行中期計画で高機能材(高ニッケル合金、高付加価値ステンレス)の

事業強化を柱に据えており、精整切断まで含めた品質管理体制を強化する狙いで、独自のノウハウを織り込んだ最新鋭ラインを導入した。高度化する顧客の品質要求に対応できる体制を整え、グローバル市場での拡販強化に弾みを付ける。

新ラインは最大素材幅600ミリ、加工板厚0.3~2ミリ、製品幅12~50ミリで、最大20条まで切断できる。月産能力は約1千トン。加工難度の高い高機能材に適した設備仕様で、自動梱包設備も付帯しており、通常のステンレス用スリッターラインに比べて生産性は1.5~2倍と高い。加工委託による横持ちが減ることも含めて、リードタイムは7~10日間短縮できる。(3月27日)

「日立金属商事」、 4月に2社統合で発足

日立金属はグループの国内中核商社2社を経営統合する。100%子会社である日立金属アドメットと日立電線商事が4月1日付で合併する。存続会社は日立金属アドメットで、社名を「日立金属商事」に変更する。日立金属の電子材料、高機能材料や応用製品の中核商社である日立金属アドメットと、電線事業の中核商社である日立電線商事が統合することで、より効率的で強力な国内営業体制を構築する。

日立金属は旧日立電線と14年7月に合併した。主力販社の統合による効率化、営業強化は合併当初からの課題で、15年度から日立金属商事として新たなスタートを切る。新会社の年商規模は13年度実績の単純合算で約1,350億円になる。日立金属アドメットは05年4月、日立金属工具鋼への工具鋼事業分離後の同社(直前は日立金属商事)、日栄鋼材、日吉鋼材が合併して発足した。(2月9日)

文責：㈱鉄鋼新聞社

ロシア・東欧の特殊鋼需給動向調査について

(一社)特殊鋼倶楽部 業務部次長 **藤井孝志**

まえがき

当倶楽部では、海外調査事業として各国及び地域の特殊鋼需給動向について調査を実施してきた。25年度については、近年日系自動車メーカー・部品メーカーや欧米系自動車メーカー等の海外企業が進出しており、今後の特殊鋼需要が期待されるロシア及び東欧諸国について、自動車、自動車部品、機械等の主要な特殊鋼需要産業の動向並びに主要特殊鋼メーカーの概要を調査・分析し、「ロシア・東欧の特殊鋼需給動向」として取り纏めた。

当倶楽部の海外調査については、特殊鋼倶楽部会員限定で報告書を配布しているが、今回その概要を報告する。

◇ ロシア、東欧の経済の概要—市場経済移行後の経緯と現状

ロシア・東欧地域は、旧社会主義圏に属していた国々である。旧社会主義圏は1989年のベルリンの壁の崩壊、東欧革命、1990年のソ連解体によって政治経済体制が変わり、中央集権的な社会主義計画経済から資本主義経済に移行した。ロシアや東欧諸国はいずれも一定の生産・技術基盤を有していたが、体制移行の過程で原料調達や製品販路の断裂、価格統制の撤廃、ハイパーインフレが発生し生産活動や経済活動に大きな混乱が生じた。

図1に1985年以降のロシアと東欧の経済成長率を示した。ロシアはソ連が解体した1990年からマイナス成長が拡大し、1999年には経済規模が旧ソ連のピークだった1985年の約6割まで縮小した。製造業は大きな打撃を受け、工作機械生産は約1/10以下、造船は約1/7まで生産量が縮小した。粗鋼見掛消費量は約70～80%もの大幅な減少となっている。1990年代にはロシアの製造業、特に特殊鋼の需要分野である機械産業は壊滅的と言っても過言ではないような状況に陥ったものと考えられる。その後、ロシアは2000年代に入ると原油価格上昇を追い風に資源主導によって5～10%の高い経済成長を達成し、BRICsの一角に数えられるようになった。現在のロシアは製造業の競争力が弱く、資源依存度が強い経済になっている。2009年にはリーマンショックなどによる世界的景気後退による原油価格の下落で▲7.8%もの大幅なマイナス成長を記録した。2010年にはロシア経済は再びプラス成長に回復したが、2014年に入ると原

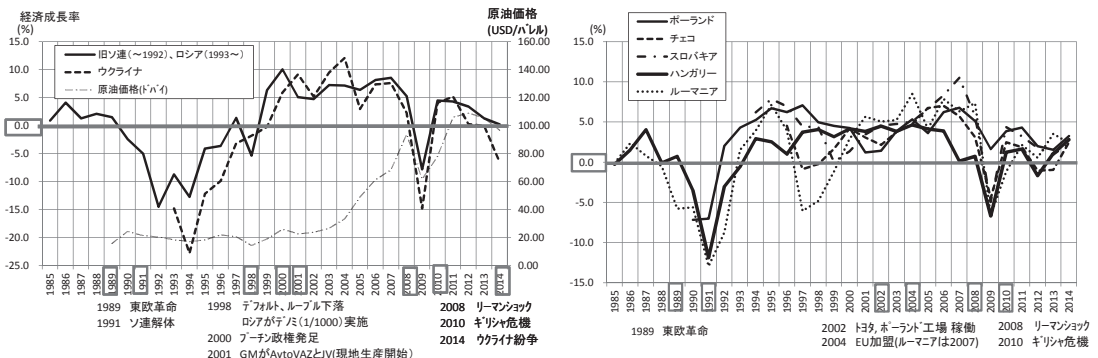


図 1 ロシア、ウクライナ、東欧主要国の経済成長率推移

油価格の急落やクリミア紛争を契機とした経済制裁の影響も加わって経済成長が減速している。

一方、東欧諸国とバルト3国は西欧との関係を深める方向に進んだ。1990年代からVWやスズキ、トヨタなど西側企業の進出が進み、ロシアより早く経済再建が進んだ。こうした結果、東欧主要国の多くはロシアより早く1993年にはマイナス成長を脱しプラス成長を実現した。2004年にバルト3国、ポーランド、チェコ、スロバキア、ハンガリーおよびユーゴ紛争の影響が軽微で工業基盤が比較的整っていたスロベニアの8か国がEU加盟し西欧との経済的な結びつきが強まっている。さらに2007年にルーマニア、ブルガリアが、2013年にクロアチアがEUに加盟した。

◇ ロシア、東欧の特殊鋼需要

1. ロシアの自動車産業

ロシアは2000年代に自動車販売台数が拡大し、2012年の販売台数は294万台に達し世界第7位の市場に成長した。2014年は経済低迷の影響で249万台にとどまり世界第8位に後退したが、なお世界有数の大規模市場のひとつである。一方、自動車生産台数は、2012年は224万台で世界11位である（表1参照）。

ロシアは高品質な輸入品選好の強い国で自動車も海外有力ブランド車志向が強く、外資系のシェアが74%を占める。外資系自動車メーカーの現地生産の展開状況を表2および図2に示したが、VW、GM、ルノー、日産、三菱自工、現代・起亜、トヨタなどが現地生産を行っている。それに対し、品質面で劣るロシア系車の販売は年々減少している。そのため、ロシア最大の自動車メーカーであるAvtoVAZ（アフトワズ）は経営不振に陥り、2012年にルノー・日産が過半数を出資して、その傘下で近代化と経営再建を進めることとなった。

ロシア政府はロシアで現地生産を行う外資系自動車メーカーに対して2005年に工業アセンブリ措置を設け一定期間後に一定の調達現地化（ローカルコンテンツ）義務を課すことで、部品の輸入関税の優遇を行う制度を開始した。ロシアの自動車部品メーカーは技術力が弱く、日本や欧米自動車メーカーが現地進出しても部品現地調達が難しいが、完成車への輸入関税が高い状況の中で工業アセンブリ措置により部品の輸入が優遇されたことで完成車組立の現地化が進むこととなった。2011年にはロシア政府は工業アセンブリ措置を新制度に改訂し、新たな工業アセンブリ制度の適用のための自動車生産台数を年

表 1 ロシア自動車生産台数推移

(千台)

国	年		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
ロシア	乗用車	外資系	AvtoVAZ	780.5	799.8	757.8	822.5	299.7	551.2	626.1	607.4
			その他	124.4	91.9	75.9	54.3	17.2	30.1	30.9	32.8
			合計	904.9	891.7	833.7	876.7	316.9	581.3	657.0	640.2
			不明	18.7	10.4	24.4	44.0	5.5	25.2	57.8	53.6
		合計	1,068.1	1,173.6	1,288.7	1,468.6	595.8	1,208.4	1,738.2	1,968.8	
	トラック	外資系	0.0	0.4	0.5	16.5	6.7	13.7	20.1	27.3	
		ロシア系	199.0	234.9	268.6	231.8	82.2	132.9	177.5	172.5	
		不明	11.0	15.5	25.0	18.8	4.0	6.6	11.6	13.7	
	合計	210.0	250.8	294.1	267.1	92.9	153.2	209.3	213.5		
	バス	外資系	0.2	0.4	0.4	0.1	2.1	3.0	7.3	8.0	
		ロシア系	76.1	76.6	80.4	59.4	29.0	37.4	38.5	44.0	
		不明	2.2	2.7	8.1	7.7	4.4	4.7	1.0	5.2	
	合計	78.5	79.7	88.8	67.2	35.5	45.1	46.8	57.2		
合計	総計	1,356.6	1,504.1	1,671.6	1,802.8	724.2	1,406.6	1,994.3	2,239.5		

表 2 外資系自動車メーカーのロシア現地生産の展開状況

年	～2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014～(計画)
トヨタ			◎ 5						○2.5	+ 5 (2016年)
日産					◎ 5				AvtoVAZ買収 (生産能力112) (2012年)	+ 5 (2014年)
ルノー	○17.5									AvtoVAZ + 18 (2016年)
マツダ								○ 5		
三菱自工						◎ 4				
GM	○ 7.5				◎20					+ 7.5 (時期不明)
Ford	○12.5						○17			+ 2.5 (時期不明)
VW			◎15			○10				+ 15 (時期不明)
PSA						◎ 8				
Fiat										+ 12 (2014年)
現代・起亜	○?					◎22				

◎は単独での現地工場進出、○は現地とのJVによる工場建設または委託生産を示す。
数字は生産能力(万台/年)。下線のメーカーは新工業アセンブリ措置適用。

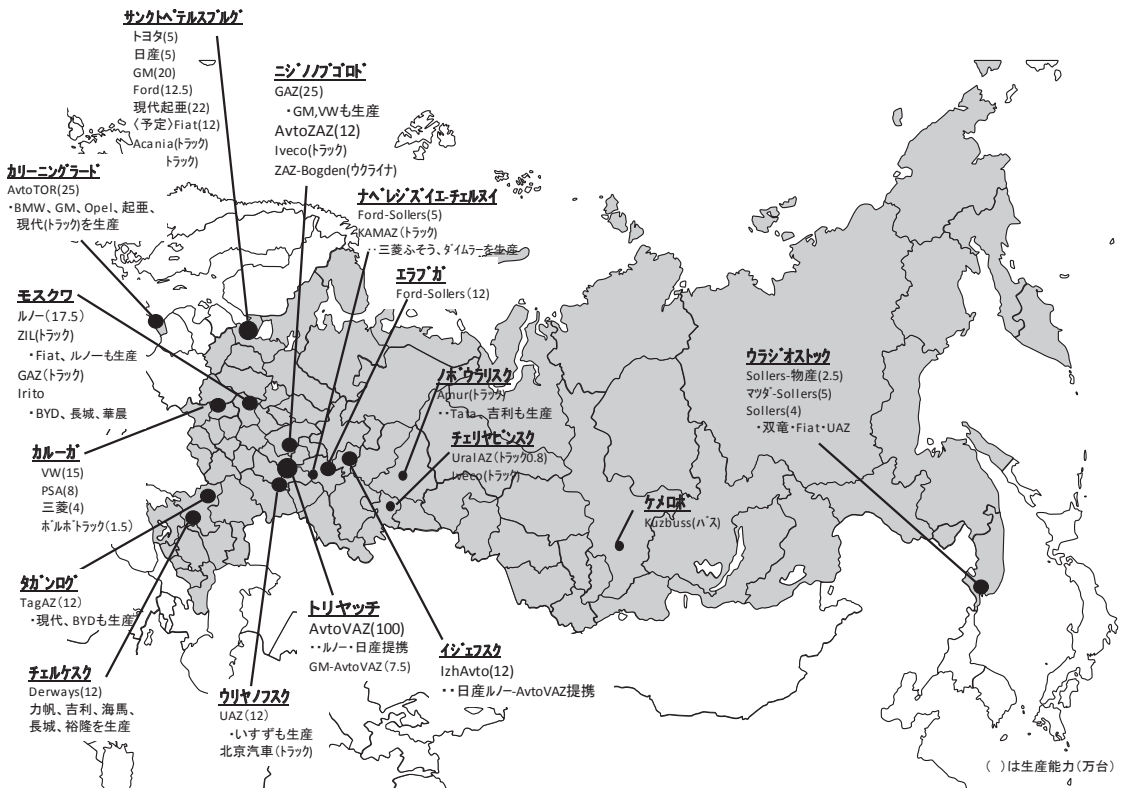


図 2 ロシアの自動車製造拠点

間30万台以上(ブラウンフィールドの場合は35万台以上)に引き上げるとともに、部品の現地化義務を強化してロシア製自動車部品の需要増を図ることとなった。現在、ルノー・日産・アフトワズ連合、フォード(ソルレス(現地メーカー)と連合)、GM、VWの4社(グループ)が新工業アセンブリ措置の優遇を受けて現地生産体制の増強を進めている。

しかし、現地化（ローカルコンテンツ）率の上昇は、現実にはうまくいっていない。その理由は、ロシアの自動車部品メーカーや素材メーカーの技術力が弱く、外資系自動車メーカーが現実に部品や素材を現地調達できなかったからである。2010年時点ではVWのローカルコンテンツはPoloで39%を超えるものの、FabiaやOctaviaでは9%にとどまっている。GMの現地購買関係者によると「ロシア製部品を使用した場合は、輸入品に比べ部品輸送コストが低いにもかかわらず品質が劣るためにかえってコストアップになる」との状況であり、PSAの現地関係者も「現時点（2012年）まで純ロシアメーカーからの部品調達は全くない」とインタビューに答えているなど、現地調達は困難な状況である。

ロシア系自動車部品メーカーの技術力の弱さもあるが、特殊鋼をはじめとする素材の品質の低いことも問題になっている。新工業アセンブリ措置ではエンジン、トランスミッションの現地化が義務付けられており（生産車の30%以上に搭載）、それに対応するため上記4社はそれぞれ現地にエンジン工場やトランスミッション工場を建設しているが、そのための鍛造部品や切削部品の調達が必要になる。こうした事情もあって自動車メーカーは現地での部品調達先や素材調達先の確保に力を入れており、VWが現地自社工場に隣接してサプライヤーパークを整備するなど、日系や欧米系の自動車部品メーカーの進出を促す動きも出ている。表3に現地への自動車部品メーカーの進出状況を示した。日系メーカーでは、大同メタル、矢崎総業、三菱工業などが進出している。欧米系では、デルファイ、ZFなどが現地生産を開始している。

こうした現地での自動車部品生産や調達が増えれば、高品質高精度な特殊鋼の現地調達が大きな課題になってくるものと考えられる。

2. その他の産業

ロシアの機械生産は1990年代に大きく縮小し、国際競争力も低い状態にとどまっている。2005年以降の特殊鋼需要分野の活動水準を表4に示した。主要需要分野の動向は以下の通りである。

①建設機械、農業機械

ロシアの建設機械の需要規模は油圧ショベルで年間約7～8千台程度と言われている。それ以外に鉱山用に超大型ショベルや鉱山トラック等の需要もある。もともと戦車を生産していた工場の民生転換などでロシアにも製造メーカーがあるが海外ブランドに押されており、ショベルについてはロシアメーカー

表 3 ロシアへの自動車部品メーカー進出状況

メーカー	製品	主要動向	メーカー	製品	主要動向
大同メタル	自動車エンジン用すべり軸受	2007年にロシアのZMZベアリングズを買収。買収後は材料の改善から着手し、その後軸受製造設備への設備投資に移行。生産能力は2014年に250万台→300万台に増強。	Magna（独系）	シャーシー、電装部品、シートなど	2008年にロシアの内・外装樹脂部品メーカーTechnoplastを買収。ロシアに5製造拠点を持つ。AvtoTORとカリニングラードで自動車産業クラスターの設立を行うと発表。
三菱工業	車両配管（ブレーキ、燃料）	2013年にトリヤッチ工場稼働。2013年末にエブラガに第2工場開設。2014年日産サントペテルブルグ工場に自社生産ライン設置。	GKN Driveline（英系）	等速ジョイント	2014年1月にトリヤッチに工場建設を発表。2015年から等速ジョイントサイドシャフトを生産する予定
アツミテック/豊田通商	トランスミッション変速機構	2013年2月製造・販売会社を共同で設立。シフター、ケーブルなどを2014年7月から本格生産しAvtoVAZに納入の計画。	Schaeffler（仏系）	エンジン、トランスミッション用精密部品	ウリヤノフスクに工場建設。2014年から生産開始。（自動車エンジン、トランスミッション、シャーシー用精密部品を生産する精密部品メーカー）
エクセディー	MTクラッチ	2012年11月ロシアのVAZ Inter ServiceとJV設立（出資比率33%）。AvtoVAZへの納入狙う。	ZF（仏系）	ギアボックス	2005年にKAMAZとJVを立ち上げた
ハイレックス	コントロールケーブル	2012年12月トリヤッチに子会社設立。2015年5月にコントロールケーブル、窓昇降装置の生産開始。AvtoVAZへ納入。	Autoliv（スウェーデン系）	シートベルト	サントペテルブルグに生産拠点設置
タカタ	シートベルト	ウリヤノフスクにシートベルト、エアバッグ、ステアリングホイールの製造工場を建設。2013年に開所式。AvtoVAZ、Sollers、GAZに納入。外資系にも納入見込み。	Continental（独系）	エンジン部品、パワーステアリング、エアコンなど	カールガに生産拠点を持つ。2011年以前からエンジンコントロールユニット、燃料供給・噴射システム用品の製造を開始。2013年10月にタイヤ工場が量産開始。また、エアコン及びパワーステアリング部品の生産を行う新工場も完成間近となっており、ルーノ、AvtoVAZへの納入を計画。
矢崎総業	ワイヤーハーネス	2012年にロシアのワイヤーハーネスメーカーIndustrial Volga Companyを買収。	Mubea（独系）	懸架ばね	2012年12月にトリヤッチでの工場建設計画を発表。懸架ばねの製造を計画。その後、スタビライザー、スプリングクランプなど製品目拡大を図る
IHI	プレス部品	ロシアの自動車メーカーZILとのJV（IHI49%）。プレス部品を製造。ルーノ、日産、PSA、AvtoVAZ、ZILに納入。	Delphi（米系）	電装部品	サマラで電装部品と樹脂成型部品を製造している。AvtoVAZ、GM-AvtoVAZ、GM、Sollers、GAZなどに納入している。

表 4 ロシアの特殊鋼需要分野の活動水準推移

年			2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
鉱工業指数 (対前年比)			105.1			100.6	90.7	108.2	104.7	102.6
鉄道	貨車	台	35,160	33,656	38,575	42,681	23,584	50,472	62,856	71,199
	客車	台	1,221	1,557	1,823	2,143	1,384	1,234	1,205	891
農機具	農業用トラクター	台	4,464	5,529	7,680	11,180	6,204	6,889	13,234	12,530
	収穫機	台	7,479	6,885	7,270	8,059	6,806	4,925	6,515	5,812
産機建機	ブルドーザー	台	1,774	2,219	3,349	3,139	737	911	1,807	1,381
	トラクター	台	4,148	5,407	6,302	3,145	1,506	759	1,735	1,209
	金属加工機	千台	4.9	5.1	5.1	4.8	1.8	2.0	3.3	3.3
	鍛造・圧造器	台	1,533	2,106	2,700	2,747	1,094	2,154	2,492	1,951
電機	洗濯機	千台	1,582	2,016	2,713	2,696	2,244	2,758	3,031	3,336
	冷蔵庫	千台	2,777	2,996	3,539	3,727	2,815	3,557	4,099	4,316
	テレビジョン	千台	6,278	4,601	6,823	7,029	4,730	11,876	14,613	16,077
建設	住宅建設戸数	戸	42,942	50,713	60,204	64,009	58,502	59,510	65,463	69,836
	住宅建設床面積	千m ²	3,630	4,213	5,102	5,338	4,992	4,843	5,489	5,480
鉱業	石炭	百万t	299	310	314	329	298	322	334	354
	石油	百万t	453	462	473	472	478	486	489	495
	天然ガス	十億m ³	641	656	653	664	584	649	669	653

※貨物車、農業用トラクター、ブルドーザー、テレビジョン、天然ガスは2010年に統計方法が変更されており連続性が途切れている。

資料：Rosstat（ロシア統計局）ほか、建設は国連統計

の市場シェアは10%を切っている。海外ブランドではコマツ、日立建機、現代重工が有力だが、近年は韓国系が取り組み強化を進め2012年10-12月期は市場シェアが53%を超えた。外資系メーカーの工場進出も進んでおり、1997年にキャタピラ、2010年にコマツ、2013年に日立建機が現地生産を開始している。

農業機械については、ロシアは耕地1,000haあたりのトラクター数が3台と少なく（米国は25台、ブラジル15台）潜在的な需要が多い。建設機械同様にロシア企業の比重は下がっており生産の57%がJohn Deereなど海外ブランドのKD生産であると言われている。

②造船

商船建造能力は低く、ロシア政府は国営企業のOSK傘下に国内造船所を集約し、造船業の再建を図っている。極東ウラジオストックに韓国大宇の技術協力で新造船所を整備中で、2017年～2021年に13隻のLNGタンカーの建造が計画されている。

③工作機械

ソ連時代には工作機械の生産大国であったが、現在の工作機械産業は大きく縮小しており、生産台数は鍛造機については日本の数%、金属加工機については日本の10%以下程度の生産規模にとどまっている。ロシア政府は国内工作機械生産の再建を図る計画で、そのため軍需を中心に今後数年間の工作機械需要を確保していると言われている。

3. 東欧の自動車産業

2005年からの東欧各国の自動車生産の推移を表5に示した。旧ソ連圏のウクライナでは生産台数が減少しているが、旧ソ連以外の東欧諸国は自動車生産が増加している。また、ベラルーシでは乗用車生産はほとんどないが、旧ソ連時代からの伝統を持つミンスク自動車工場（MAZ）やベラルーシ自動車工場（BelAZ）が大型トラックやバス、建設機械、農業機械を製造しており、旧ソ連圏を中心に輸出もされている。

表 5 東欧の自動車生産台数推移

(千台)

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
ウクライナ	乗用車	192	267	380	402	66	75	98	70
	トラック	36	36	42	45	26	26	29	25
	バス	5	8	9	10	2	3	4	4
	合計	232	310	431	457	93	104	131	98
ベラルーシ	乗用車	0	0	0	0	0	0	0	0
	トラック	22	23	26	26	12	14	23	26
	バス	1	2	2	3	2	2	2	2
	合計	24	25	28	29	13	16	26	29
ポーランド	乗用車	540	632	698	842	819	785	741	540
	トラック	26	22	32	23	24	19	29	35
	バス	5	6	4	5	5	5	5	4
	合計	572	661	733	870	848	808	775	579
チェコ	乗用車	599	849	925	934	976	1,070	1,192	1,172
	商用車	5	6	14	13	7	7	8	7
	合計	605	855	939	947	983	1,076	1,200	1,179
スロバキア	乗用車	218	295	571	576	460	562	640	900
	商用車	0	0	0	0	0	0	0	0
	合計	218	295	571	576	460	562	640	900
ハンガリー	乗用車	149	188	288	342	213	209	211	215
	商用車	3	3	4	4	2	3	2	2
	合計	152	191	292	346	215	211	214	218
ルーマニア	乗用車	175	202	234	231	279	324	310	327
	商用車	21	12	8	14	17	27	25	11
	合計	195	214	242	245	296	351	335	338
スロベニア	乗用車	138	115	174	180	203	201	169	127
	商用車	40	35	24	18	10	0	5	4
	合計	178	150	198	198	213	201	174	131

(各国の政府統計機関のデータより作成)

ポーランド、チェコ、スロバキア、ハンガリー、ルーマニア、スロベニアにはVW、フィアット、オペル、ルノー、スズキ、現代・起亜、フォードの外資系自動車メーカーが進出し自動車現地生産を行っている(図3参照)。現地系の自動車メーカーは競争力がなく、一部のトラック・バスメーカーを除き外資系自動車メーカーに買収されるなど傘下に入っている。各国とも国内需要に比べて生産台数が大きいのが特徴で、低労務費など低い製造コストを活用した輸出車の生産が中心になっており、ドイツやフランス、スペインなどの工場と生産車種を分担させているメーカーもあり、欧州全体の生産体制の中に位置付けられている。また、トヨタはチェコでPSAとJVで完成車生産を行っているが、ポーランドにエンジンやトランスミッションの工場を設置し、西欧やトルコの自社完成車工場への供給拠点としている。このように、サプライチェーンも西欧やトルコとの統合度が高い。

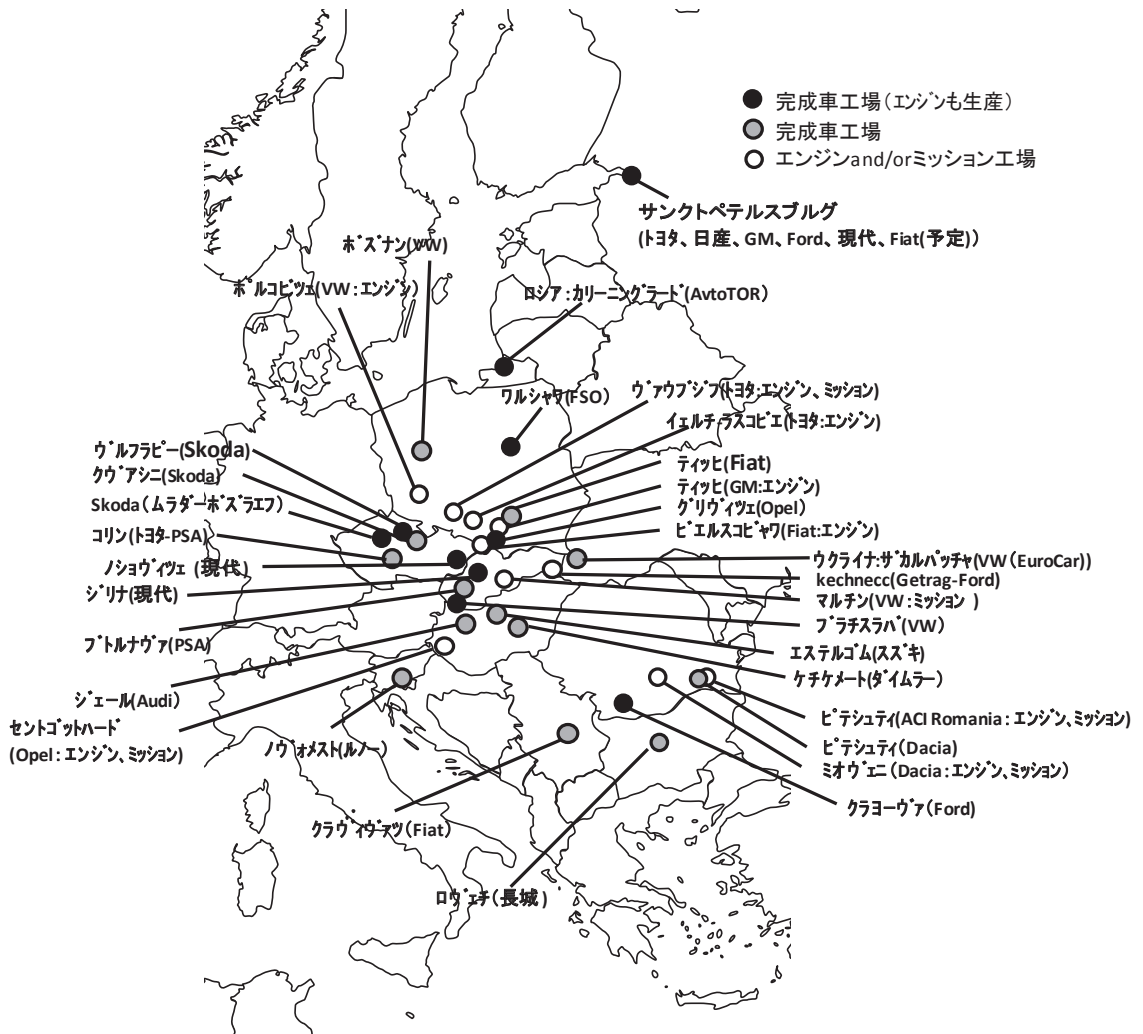


図 3 東欧の自動車製造拠点

◇ ロシアの鉄鋼、特殊鋼生産

1. ロシア

ロシアは粗鋼生産量が約7,000万tでソ連時代からの世界的な製鉄国である。ソ連時代には鉄鋼需給はほぼ均衡していたが、ソ連解体後の産業・経済の混乱で1990年代に鉄鋼需要が大幅に減少し、現在は輸出比率は約35~40%で輸出依存度が高い。鉄鋼業自体もまだ平炉生産が残存しているなど近代化が遅れている。特殊鋼については1990年代以降機械産業が衰退したことで大幅な需要減に見舞われたことや、設備の近代化の遅れによる国際競争力の低さからソ連時代から生産量が減少している。ソ連のステンレス生産量は1989年には約120万tであったが、現在のロシアのステンレス生産は約10万t/年のレベルにとどまっている。表6にロシアの合金鋼、ステンレスの生産量を示した。ロシアでは寒冷地のため建設構造物にも合金鋼が用いられる場合が多く、機械部品用以外の合金鋼が表6には大量に含まれているものとみられ、主要な特殊鋼メーカーの生産能力などから考えて、特殊鋼生産は少ないものとみられる。

ロシアの主な特殊鋼メーカーを図4に示した。

表 6 ロシアの合金鋼、ステンレス生産量（推計）

(千t)

年	合金鋼		ステンレス	
	2011	2012	2011	2012
半製品	2,360	2,574	7	8
線材	407	400	3	8
棒鋼	2,371	1,988	49	36
形鋼	148	152	12	8
ワイヤー	306	308	6	6
熱延	2,043	2,228	38	32
冷延	767 (内、ケイ素 鋼板366)	887 (内、ケイ素 鋼板453)	22	12
合計	8,402	8,537	137	110

表 7 東欧諸国の合金鋼、ステンレス生産量（推計）

(千t)

	合金鋼	ステンレス
ウクライナ	900	50
ベラルーシ	100	0
モルドバ	0	0
ポーランド	400	5
チェコ	800	5
ルーマニア	100	0
スロベニア	200	10

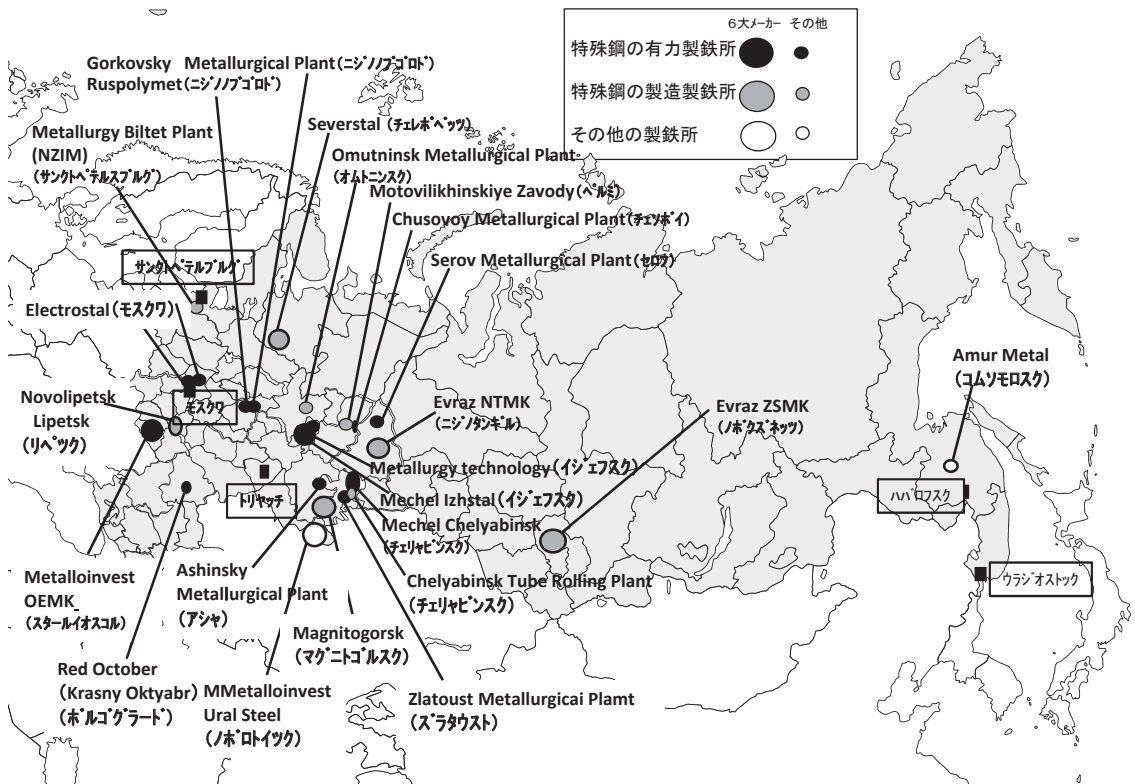


図 4 ロシア特殊鋼メーカーの分布

Mechel（メチェル）は特殊鋼メーカーとしてロシアで最大規模の有力メーカーである。Flat系鋼材主体でLong系鋼材も生産するChelyabinsk（チェリャピンスク）製鉄所が主力で、他にLong系製鉄所のIzhstal（イズスタール）がある。ステンレスの生産シェアは約36%（2013年：生産量約4.1万t）でロシア最大で、特にステンレス鋼板では62%（2013年：生産量約3.2万t）のシェアを持つ。同社は財務状況が悪く、将来的な不透明感が強い企業でもある。

OEMKはソ連末期に建設された比較的新しい製鉄所で、当初から特殊鋼専用工場を意識して建設され

た。鉄鉱石資源地帯に立地するにもかかわらず高炉はなく、直接還元法で製鉄し電炉製鋼を行っている。軸受鋼やばね鋼も含め自動車用特殊鋼はほとんどの鋼種が製造できる。

Red October（クラーズヌイオクチャープリ：ロシア語読み）はステンレスの生産シェアは約33%（2013年：生産量約3.7万t）でMechelに次ぐ。鍛造ラインと圧延ラインの両方もち、鍛造部品の製造も行っている。

高合金やニッケル基合金も含め特殊鋼を製造しているメーカーとしては、モスクワ近郊にあるElectrostal（エレクトロスタール）が最も有力である。Electrostalはステンレスメーカーとしても有力で2013年の生産量は1.4万tでMechel、Red Octoberに次ぎ3位である。

2. ウクライナ、ベラルーシ

ウクライナは粗鋼生産量約3,300万tの世界的な製鉄国であるが、ロシアよりさらに近代化が遅れている。特殊鋼メーカーとしてはソ連時代に特殊鋼重点工場とされてきたDneprospetsstal（ドネプロスベツツスタール）が有力である。生産能力年間90万tに対して現状の生産量は30万t程度で稼働率は低い。ロシア向け輸出が多く、ステンレス棒鋼・線材ではロシア市場シェアの約20%を占めている。

ベラルーシにはタイヤコードなどの高級線材を製造するBeylorussian Steel Works（ベラルーシ製鉄工場）があり、構造用炭素鋼、合金鋼、軸受鋼の生産も行われている可能性が高いと考えられる。

ロシア以外の国の特殊鋼生産量は、特殊鋼メーカーの生産能力等から表7の通り推計している。

3. ポーランド

ポーランドはウクライナを除けば東欧最大の製鉄国である。特殊鋼メーカーとしては、社会主義体制下で軍需工場だったHuta Stali Jakościowych（フタ・スターリ・ヤコスタープ）が有力で、太径棒鋼（50mm～120mm）を中心に250鋼種以上の特殊鋼を生産している。他には、ArcelorMittal Warszawa（アルセロールミタルワルシャワ）で特殊鋼の生産が行われている模様であるが、ポーランド鉄鋼協会の資料でみると数量的には少ないものとみられる。

4. チェコ

特殊鋼ではTrinecke Zelezarny（トリネツカ・セラザルニ）が有力である。高炉一貫製鉄所であるが小型電炉もあり各種特殊鋼やステンレスの製造が行われている。自動車向けにも納入されており、東欧では有力メーカーと考えられる。

ステンレスや工具鋼を小ロット生産するPoldi（ポルディ）（旧Poldi Hütte）がある。生産能力は400t程度の特小ロットメーカーで、詳細不明ながら2013年にロシア系企業に買収された模様である。

5. その他

ブルガリアの建設用鋼主体の電炉メーカーのStomana（ストマナ）が取鋼精錬設備の設置など設備近代化を進め、特殊鋼分野への進出を図っている。生産能力は年間140万t程度だが、将来的に有力な特殊鋼メーカーになる可能性が高い。

また、スロベニアは小規模ながらSlovenian SteelのAroni（アロニ）（Flat鋼材を生産）、Metal Ravne（メタルラブネ）（Long系鋼材を生産）及びStore Steel（ストレステール）（Long系鋼材を生産）の3社が立地し特殊鋼を生産している。いずれも電炉メーカーで、有力な特殊鋼、ステンレスメーカーとみられる。

むすび

日本製造業の海外進出などにより、特殊鋼産業にも国際化が求められている。今号ではロシア・東欧の特殊鋼需給動向調査の概要を紹介したが、今後も海外市場調査にも取り組んでいきたいと考えている。

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			特殊用途鋼						合計	
		機械構造用炭素鋼	合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高抗張力鋼	その他		
'13 暦年	246,149	4,572,676	3,871,149	8,443,825	430,297	936,673	2,857,369	692,010	5,705,091	648,243	11,269,683	19,959,657
'14 暦年	264,684	4,822,532	3,996,710	8,819,242	438,207	1,027,943	2,995,628	695,384	5,969,185	688,579	11,814,926	20,898,852
'12 年度	227,588	4,388,544	3,747,493	8,136,037	417,525	883,781	2,807,953	691,323	5,636,639	597,540	11,034,761	19,398,386
'13 年度	253,463	4,732,925	3,985,769	8,718,694	435,711	995,693	2,922,735	691,101	5,702,462	692,726	11,440,428	20,412,585
'14. 1-3月	64,477	1,202,227	1,005,334	2,207,561	109,566	249,787	754,003	176,332	1,412,434	183,307	2,885,429	5,157,467
4-6月	69,923	1,194,168	976,948	2,171,116	107,233	261,911	757,776	181,351	1,479,933	174,472	2,962,676	5,203,715
7-9月	63,908	1,240,034	1,021,050	2,261,084	115,322	250,954	774,956	171,523	1,596,466	171,903	3,081,119	5,406,111
10-12月	66,376	1,186,103	993,378	2,179,481	106,086	265,291	708,893	166,178	1,480,357	158,897	2,885,702	5,131,559
'14 年 1月	21,885	408,332	335,530	743,862	37,612	77,780	254,372	54,972	484,915	55,282	964,933	1,730,680
2月	19,960	374,301	315,210	689,511	35,642	83,376	231,552	55,609	439,496	52,600	898,275	1,607,746
3月	22,632	419,594	354,594	774,188	36,312	88,631	268,079	65,751	488,023	75,425	1,022,221	1,819,041
4月	23,678	399,403	329,085	728,488	37,896	87,167	262,335	58,079	470,308	58,803	974,588	1,726,754
5月	22,563	396,599	338,432	735,031	38,490	85,086	240,370	65,509	524,192	58,369	1,012,016	1,769,610
6月	23,682	398,166	309,431	707,597	30,847	89,658	255,071	57,763	485,433	57,300	976,072	1,707,351
7月	21,163	422,683	357,113	779,796	39,529	79,100	258,672	55,658	528,319	64,550	1,025,828	1,826,787
8月	21,297	398,992	318,937	717,929	38,294	82,873	255,772	56,752	540,741	49,800	1,024,232	1,763,458
9月	21,448	418,359	345,000	763,359	37,499	88,981	260,512	59,113	527,401	57,553	1,031,059	1,815,866
10月	24,495	412,311	339,268	751,579	36,929	89,825	264,134	54,151	519,979	60,503	1,025,521	1,801,595
11月	20,658	390,164	335,915	726,079	34,257	89,685	219,621	59,516	516,090	49,036	968,205	1,714,942
12月	21,223	383,628	318,195	701,823	34,900	85,781	225,138	52,511	444,288	49,358	891,976	1,615,022
'15 年 1月	20,750	390,644	327,844	718,488	35,806	82,891	246,921	49,837	489,660	54,202	959,317	1,698,555
2月	22,767	372,226	297,464	669,690	35,395	83,471	231,566	52,053	356,241	53,109	811,835	1,504,292
前月比	109.7	95.3	90.7	93.2	98.9	100.7	93.8	104.4	72.8	98.0	84.6	88.6
前年同月比	114.1	99.4	94.4	97.1	99.3	100.1	100.0	93.6	81.1	101.0	90.4	93.6

出所：2013年12月まで『経済産業省生産動態統計』、2014年1月より経済産業省『鉄鋼生産内訳月報』から作成。

(注) 2014年1月より上記のとおり統計調査が変更されたため、それ以前の数値との連続性はない。

また、鋼種別合計と形状別合計は、出所が異なることから一致しない。

形状別

(単位：t)

年月	形鋼	棒鋼	管材	線材	鋼板	鋼帯	合計
'13 暦年	420,716	5,782,384	1,413,921	4,143,965	2,122,894	6,075,777	19,959,657
'14 暦年	299,735	6,103,782	1,442,497	4,313,948	2,290,346	6,460,443	20,910,751
'12 年度	430,247	5,607,651	1,378,459	3,913,109	1,928,292	6,140,628	19,398,386
'13 年度	386,674	5,959,248	1,469,820	4,289,571	2,106,686	6,203,452	20,415,451
'14. 1-3月	78,667	1,499,072	374,571	1,093,054	499,997	1,614,972	5,160,333
4-6月	73,505	1,537,017	348,788	1,073,277	593,462	1,580,993	5,207,042
7-9月	65,640	1,540,959	371,564	1,095,637	625,824	1,709,164	5,408,788
10-12月	81,923	1,526,734	347,574	1,051,980	571,063	1,555,314	5,134,588
'14 年 1月	19,728	481,603	133,351	360,361	180,168	556,535	1,731,746
2月	32,626	487,382	119,051	328,043	154,840	486,745	1,608,687
3月	26,313	530,087	122,169	404,650	164,989	571,692	1,819,900
4月	28,267	502,741	126,649	366,939	192,927	510,270	1,727,793
5月	21,394	512,985	121,668	362,459	214,207	537,986	1,770,699
6月	23,844	521,291	100,471	343,879	186,328	532,737	1,708,550
7月	22,636	521,374	136,662	372,895	203,055	571,044	1,827,666
8月	14,389	479,151	120,652	358,675	207,647	583,763	1,764,277
9月	28,615	540,434	114,250	364,067	215,122	554,357	1,816,845
10月	25,803	524,926	123,270	370,346	220,355	538,024	1,802,724
11月	31,696	510,673	113,544	347,670	187,076	524,933	1,715,592
12月	24,424	491,135	110,760	333,964	163,632	492,357	1,616,272
'15 年 1月	31,833	496,980	126,601	332,434	137,593	574,846	1,700,287
2月	26,286	481,854	101,321	325,532	107,039	463,521	1,505,553
前月比	82.6	97.0	80.0	97.9	77.8	80.6	88.5
前年同月比	80.6	98.9	85.1	99.2	69.1	95.2	93.6

出所：『経済産業省生産動態統計』から作成。

(注) 2014年1月以降の形状別合計と鋼種別合計は、出所が異なることから一致しない。

特殊鋼材の鋼種別販売(商社+問屋)の推移 (同業者+消費者向け)

(単位：t)

年 月	工具鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼							計	合 計
		機械構造用炭素鋼	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 鋼	そ の 他			
'13 暦年	321,646	3,825,120	4,018,791	7,843,911	249,017	500,921	2,984,291	195,198	109,018	39,134	4,077,579	12,243,136	
'14 暦年	317,333	3,825,877	4,085,067	7,910,944	266,107	471,325	3,031,187	190,197	120,507	39,810	4,119,133	12,347,410	
'12 年度	323,248	3,808,430	3,982,157	7,790,587	229,346	510,796	2,970,787	175,402	95,939	25,102	4,007,372	12,121,207	
'13 年度	324,404	3,879,315	4,061,105	7,940,420	267,951	513,723	3,002,125	199,622	111,431	51,971	4,146,823	12,411,647	
14年 6月	27,323	313,303	338,463	651,766	20,651	38,460	258,491	17,096	9,899	2,333	346,930	1,026,019	
7月	28,186	329,923	347,148	677,071	23,468	39,682	256,784	16,228	11,052	2,291	349,505	1,054,762	
8月	23,457	293,157	324,129	617,286	17,601	34,988	240,869	12,533	8,749	2,045	316,785	957,528	
9月	27,803	321,793	343,381	665,174	20,722	38,461	259,056	15,912	11,454	1,981	347,586	1,040,563	
10月	28,046	327,185	350,871	678,056	20,818	39,094	256,308	15,022	11,864	2,255	345,361	1,051,463	
11月	25,457	319,849	342,138	661,987	20,269	38,343	248,042	15,034	11,150	2,197	335,035	1,022,479	
12月	25,797	319,890	337,715	657,605	19,918	38,191	250,414	14,789	8,306	1,900	333,518	1,016,920	
15年 1月	24,637	312,804	339,772	652,576	20,190	38,368	252,568	13,762	10,468	2,576	337,932	1,015,145	
2月	25,501	306,969	332,833	639,802	21,394	37,921	254,297	15,053	12,146	3,022	343,833	1,009,136	
前 月 比	103.5	98.1	98.0	98.0	106.0	98.8	100.7	109.4	116.0	117.3	101.7	99.4	
前年同月比	97.7	95.5	98.2	96.9	100.7	88.5	100.4	87.3	132.8	49.2	98.2	97.4	

出所：経済産業省『鉄鋼需給動態統計調査』から作成。

特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別メーカー在庫の推移

(単位：t)

年 月	工具鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼							計	合 計
		機械構造用炭素鋼	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 鋼	そ の 他			
'13 暦年	7,642	219,565	133,431	352,996	28,659	47,340	119,544	30,274	178,768	34,745	439,330	799,968	
'14 暦年	10,503	226,316	135,782	362,098	22,297	37,890	120,070	31,045	186,664	33,489	431,455	804,056	
'12 年度	7,695	180,446	124,271	304,717	23,748	37,634	112,706	26,790	150,073	30,459	381,410	693,822	
'13 年度	7,603	207,387	127,934	335,321	24,576	43,066	121,920	30,864	163,913	40,196	424,535	767,459	
14年 6月	9,370	203,805	132,342	336,147	18,280	43,716	125,142	27,556	180,752	30,777	426,223	771,740	
7月	8,070	210,551	131,941	342,492	18,522	37,389	120,118	29,740	178,611	33,153	417,533	768,095	
8月	11,003	231,842	137,774	369,616	25,218	39,123	128,678	32,041	243,573	36,923	505,556	886,175	
9月	9,667	222,174	133,615	355,789	20,069	37,018	117,297	28,395	186,744	29,456	418,979	784,435	
10月	10,148	226,423	133,740	360,163	21,715	35,207	130,245	31,123	210,639	38,649	467,578	837,889	
11月	11,336	227,145	133,532	360,677	21,210	38,516	114,951	32,890	203,545	32,969	444,081	816,094	
12月	10,503	226,316	135,782	362,098	22,297	37,890	120,070	31,045	186,664	33,489	431,455	804,056	
15年 1月	8,931	230,093	140,262	370,355	24,568	33,296	119,236	28,248	247,230	37,055	489,633	868,919	
2月	9,794	223,152	131,238	354,390	22,466	34,255	120,062	29,639	173,342	36,053	415,817	780,001	
前 月 比	109.7	97.0	93.6	95.7	91.4	102.9	100.7	104.9	70.1	97.3	84.9	89.8	
前年同月比	132.3	105.8	101.3	104.1	81.8	77.9	96.5	91.5	107.3	106.3	98.1	101.1	

出所：2013年12月まで『経済産業省生産動態統計』、2014年1月より経済産業省『鉄鋼生産内訳月報』から作成。

(注) 2014年1月より上記のとおり統計調査が変更されたため、それ以前の数値との連続性はない。

特殊鋼材の流通在庫の推移 (商社+問屋)

(単位：t)

年 月	工具鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼							計	合 計
		機械構造用炭素鋼	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 鋼	そ の 他			
'13 暦年	51,532	192,784	137,555	330,339	14,228	50,702	128,745	14,252	9,314	1,464	218,705	600,576	
'14 暦年	53,199	201,643	148,119	349,762	11,009	52,983	140,388	14,860	10,308	1,767	231,315	634,276	
'12 年度	58,473	255,755	170,930	426,685	22,021	64,747	146,230	21,457	8,269	2,393	265,117	750,275	
'13 年度	49,581	204,598	144,165	348,763	10,367	52,471	132,506	15,762	9,305	1,588	221,999	620,343	
14年 6月	47,405	201,720	144,773	346,493	10,366	49,215	137,025	17,002	9,067	1,555	224,800	618,698	
7月	48,199	198,056	139,836	337,892	10,381	49,701	134,808	14,148	8,834	1,607	219,479	605,570	
8月	49,871	205,984	142,390	348,374	10,871	50,580	137,164	14,493	9,051	1,657	223,816	622,061	
9月	51,105	206,390	147,808	354,198	11,757	51,202	142,549	15,183	9,834	1,716	232,241	637,544	
10月	50,758	204,220	140,920	345,140	11,171	50,506	139,934	14,399	9,988	1,851	227,849	623,747	
11月	52,397	199,694	143,858	343,552	11,075	51,663	141,472	15,134	10,145	1,746	231,235	627,184	
12月	53,199	201,643	148,119	349,762	11,009	52,983	140,388	14,860	10,308	1,767	231,315	634,276	
15年 1月	54,070	202,948	144,616	347,564	10,801	52,111	139,033	15,625	10,457	1,579	229,606	631,240	
2月	55,516	203,904	145,750	349,654	11,979	49,660	139,111	13,810	10,198	1,643	226,401	631,571	
前 月 比	102.7	100.5	100.8	100.6	110.9	95.3	100.1	88.4	97.5	104.1	98.6	100.1	
前年同月比	107.5	106.5	104.7	105.7	88.5	95.4	105.7	95.2	109.1	112.8	101.8	104.4	

出所：経済産業省『鉄鋼需給動態統計調査』から作成。

特殊鋼鋼材の輸出入推移

輸出

(単位：t)

年 月	工具鋼	構造用鋼			特殊用途鋼				その他の鋼			特殊鋼鋼材合計
		機械構造用炭素鋼	構造用合金鋼	計	ばね鋼	ステンレス鋼	ピアノ線	計	高炭素鋼	その他合金鋼	計	
'13 暦年	46,815	467,652	559,899	1,027,551	187,205	1,118,549	120,628	1,426,381	13,176	5,145,102	5,158,277	7,659,025
'14 暦年	52,560	499,166	590,992	1,089,258	191,603	1,152,252	151,020	1,494,875	13,742	6,190,509	6,204,251	8,840,944
'12 年度	33,787	463,315	528,913	992,228	181,940	1,135,905	117,144	1,434,990	13,212	5,324,302	5,337,515	7,798,519
'13 年度	49,234	474,018	580,043	1,054,061	191,652	1,130,329	135,718	1,457,698	13,215	5,402,773	5,415,988	7,976,982
14年 5月	3,411	43,953	50,205	94,158	17,886	98,271	17,187	133,344	1,072	478,192	479,265	710,177
6月	9,644	48,255	53,242	101,497	17,683	94,488	13,771	125,942	1,552	517,442	518,994	756,077
7月	5,021	37,684	42,204	79,888	11,940	104,687	11,076	127,703	1,024	488,665	489,690	702,302
8月	3,359	41,696	43,306	85,002	13,719	103,273	11,366	128,358	865	520,994	521,858	738,576
9月	4,685	43,338	52,153	95,491	18,812	101,502	10,729	131,043	1,141	587,071	588,212	819,431
10月	4,076	45,415	44,307	89,722	14,047	97,175	10,628	121,849	1,412	588,126	589,538	805,185
11月	3,513	38,276	47,893	86,169	14,503	91,646	8,969	115,118	1,248	426,987	428,235	633,036
12月	5,422	41,567	51,622	93,190	12,543	84,082	12,496	109,121	905	601,169	602,074	809,806
15年 1月	14,971	41,958	46,686	88,643	12,308	86,504	9,721	108,532	1,027	463,001	464,028	676,174
2月	6,722	38,366	41,103	79,469	13,677	89,087	10,960	113,724	851	435,933	436,784	636,698
前 月 比	44.9	91.4	88.0	89.7	111.1	103.0	112.7	104.8	82.8	94.2	94.1	94.2
前年同月比	206.5	91.2	83.6	87.1	96.7	94.7	120.2	96.9	94.0	82.9	82.9	86.2

出所：財務省関税局『貿易統計』から作成。

輸入

(単位：t)

年 月	工具鋼	ばね鋼	ステンレス鋼						快削鋼	その他の鋼			特殊鋼鋼材合計
			形鋼	棒鋼	線材	鋼板類	鋼管	計		高炭素鋼	合金鋼	計	
'13 暦年	5,376	1,497	493	12,079	12,970	170,751	13,387	209,681	310	19,977	396,968	416,044	632,909
'14 暦年	6,417	3,475	596	12,390	14,954	164,225	15,702	207,868	84	20,344	835,935	856,279	1,074,123
'12 年度	5,679	1,077	781	14,359	11,151	139,237	11,910	177,438	452	26,907	342,039	368,946	553,591
'13 年度	5,725	2,913	504	12,330	13,654	180,931	13,839	221,258	118	21,920	582,545	604,465	834,478
14年 5月	515	215	25	1,051	1,221	15,037	1,193	18,527	19	419	55,544	55,963	75,239
6月	362	122	102	1,027	1,362	12,734	1,466	16,691	1	2,683	64,132	66,814	83,991
7月	518	375	58	1,296	1,105	13,003	1,413	16,704	18	1,359	66,717	68,076	85,691
8月	405	166	29	964	1,341	8,972	1,298	12,434	-	1,417	64,890	66,307	79,312
9月	787	274	43	971	1,331	13,180	1,411	16,937	-	1,723	55,900	57,623	75,621
10月	623	206	32	899	1,072	14,210	1,525	17,737	-	207	76,458	76,665	95,231
11月	617	169	53	834	1,090	12,934	1,242	14,453	4	3,436	47,071	50,507	65,751
12月	434	231	49	1,035	955	7,321	1,262	10,623	23	1,163	98,132	99,295	110,605
15年 1月	363	267	58	1,174	1,151	10,422	1,183	13,988	5	1,120	80,112	81,232	95,855
p2月	305	156	43	1,056	745	9,348	839	12,030	6	1,107	52,508	53,615	66,113
前 月 比	84.1	58.4	73.6	90.0	64.7	89.7	70.9	86.0	120.0	98.9	65.5	66.0	69.0
前年同月比	67.4	13.5	110.2	113.5	73.2	55.1	82.7	60.3	299.1	478.9	80.1	81.5	75.7

出所：財務省関税局『貿易統計』から作成。

(注) p：速報値

関連産業指標推移

(単位：台)

(単位：億円)

年 月	四輪自動車生産		四輪完成車輸出		新車登録・軽自動車販売		建設機械生産		産業車輛生産		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	パワーショベル	フォークリフト	ショベルトラック			
'13 暦年	9,630,181	1,308,177	4,674,633	472,179	5,375,513	801,975	6,236	148,161	107,777	13,538	93,232	47,742	11,170
'14 暦年	9,774,558	1,357,654	4,465,635	488,484	5,562,887	851,314	7,340	169,987	114,705	14,722	96,920	56,974	15,094
'12 年度	9,550,883	1,237,262	4,658,649	475,364	5,210,290	759,973	6,185	140,130	111,426	11,937	87,026	45,932	11,398
'13 年度	9,912,403	1,333,945	4,632,178	468,925	5,692,162	843,644	6,648	158,109	110,214	14,181	97,030	47,753	12,049
14年 5月	774,141	108,845	321,711	35,413	363,369	58,486	577	12,683	9,377	963	6,853	4,464	1,205
6月	857,415	117,606	390,915	40,689	452,555	72,516	535	14,166	10,198	1,152	7,458	5,133	1,276
7月	894,846	123,258	414,273	43,315	460,263	67,861	609	15,666	10,768	1,308	7,717	8,174	1,278
8月	634,833	91,179	322,838	35,260	333,470	51,165	526	11,818	7,815	1,126	8,078	3,282	1,282
9月	851,177	123,787	410,181	47,257	518,772	85,609	675	15,834	10,610	1,503	8,316	6,339	1,355
10月	817,080	119,872	401,250	44,881	396,505	67,232	672	16,561	10,475	1,645	7,780	3,004	1,337
11月	743,401	114,728	368,109	43,039	416,153	75,521	727	13,919	9,267	1,230	7,880	3,011	1,391
12月	766,945	107,170	381,113	43,395	431,918	70,743	746	14,214	8,844	1,343	8,536	4,828	1,442
15年 1月	r777,756	r110,120	341,872	35,327	401,366	56,590	654	13,869	8,576	968	8,389	5,520	1,211
2月	817,390	113,807	365,855	41,414	482,103	67,920	625	14,145	9,062	983	8,356	3,793	1,315
前 月 比	105.1	103.3	107.0	117.2	120.1	120.0	95.6	102.0	105.7	101.5	99.6	68.7	108.6
前年同月比	94.7	103.4	99.7	103.6	85.3	92.3	111.4	104.6	101.8	86.3	106.3	89.0	128.9

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

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

軽自動車販売は(一社)全国軽自動車協会連合会『軽四輪車新車販売確報』、

建設機械生産、産業車輛生産は『経済産業省生産動態統計』、

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

工作機械受注額は(一社)日本工作機械工業会『受注実績調査』

(注) r：訂正値

特殊鋼需給統計総括表

2 0 1 5 年 2 月 分

鋼種別	月 別		実数 (t)	前月比 (%)	前年同 月比(%)	1995年基準 指数(%)	
	項 目						
工 具 鋼	熟間圧延鋼材生産		22,767	109.7	114.1	102.4	
	鋼材輸入実績		305	84.1	67.4	207.7	
	販売業者	受入計	26,947	105.6	109.0	131.0	
		販売計	25,501	103.5	97.7	125.2	
		うち消費者向	18,259	102.6	93.2	194.5	
		在庫計	55,516	102.7	107.5	154.0	
	鋼材輸出船積実績		6,722	44.9	206.4	187.7	
	生産者工場在庫		9,794	109.7	132.3	87.4	
	総在庫		65,310	103.7	110.7	138.5	
	構 造 用 鋼	熟間圧延鋼材生産		669,690	93.2	97.1	123.4
鋼材輸入実績		23,297	100.0	61.0	1528.8		
販売業者		受入計	641,892	98.7	96.6	194.3	
		販売計	639,802	98.0	96.9	195.1	
		うち消費者向	425,201	96.1	98.3	199.0	
		在庫計	349,654	100.6	105.7	145.5	
鋼材輸出船積実績		79,469	89.7	87.1	469.5		
生産者工場在庫		354,390	95.7	104.1	118.4		
総在庫		704,044	98.1	104.9	130.5		
ば ね 鋼		熟間圧延鋼材生産		35,395	98.9	99.3	83.2
	鋼材輸入実績		156	58.4	13.5	-	
	販売業者	受入計	22,572	113.0	88.3	151.3	
		販売計	21,394	106.0	100.7	143.6	
		うち消費者向	5,152	89.3	84.1	41.5	
		在庫計	11,979	110.9	88.5	376.9	
	鋼材輸出船積実績		13,677	111.1	96.7	108.1	
	生産者工場在庫		22,466	91.4	81.8	69.9	
	総在庫		34,445	97.4	84.0	97.6	
	ス テ ン レ ス 鋼	熟間圧延鋼材生産		231,566	93.8	100.0	85.7
鋼材輸入実績		12,030	86.0	60.3	308.6		
販売業者		受入計	254,375	101.3	99.1	169.4	
		販売計	254,297	100.7	100.4	170.2	
		うち消費者向	54,362	95.0	95.3	95.4	
		在庫計	139,111	100.1	105.7	125.8	
鋼材輸出船積実績		89,087	103.0	94.7	87.6		
生産者工場在庫		120,062	100.7	96.5	81.6		
総在庫		259,173	100.4	101.3	100.5		
快 削 鋼		熟間圧延鋼材生産		52,053	104.4	93.6	58.8
	販売業者	受入計	13,238	91.1	79.4	78.7	
		販売計	15,053	109.4	87.3	90.9	
		うち消費者向	14,581	107.8	86.7	102.5	
		在庫計	13,810	88.4	95.2	60.3	
	生産者工場在庫		29,639	104.9	91.5	131.8	
	総在庫		43,449	99.0	92.6	95.8	
	高 抗 張 力 鋼	熟間圧延鋼材生産		356,241	72.8	81.1	152.1
		販売業者	受入計	11,887	112.0	127.6	96.0
			販売計	12,146	116.0	132.8	98.4
うち消費者向			8,867	139.0	150.6	164.7	
在庫計			10,198	97.5	109.1	77.0	
生産者工場在庫		173,342	70.1	107.3	103.4		
総在庫		183,540	71.2	107.4	101.5		
そ の 他		熟間圧延鋼材生産		136,580	99.6	100.4	58.3
		販売業者	受入計	38,556	96.7	77.4	311.3
			販売計	40,943	100.0	83.6	331.6
	うち消費者向		43,488	115.3	124.6	807.9	
	在庫計		51,303	95.6	95.8	387.2	
	生産者工場在庫		70,308	99.9	90.2	42.0	
	総在庫		121,611	98.0	92.5	67.3	
	特 殊 鋼 鋼 材 合 計	熟間圧延鋼材生産合計		1,504,292	88.6	93.6	111.6
		鋼材輸入実績		66,113	69.0	75.7	835.9
		販売業者	受入計	1,009,467	99.7	96.4	176.6
販売計			1,009,136	99.4	97.4	177.4	
うち消費者向			569,910	98.1	99.5	169.3	
在庫計			631,571	100.1	104.4	142.8	
鋼材輸出船積実績		636,698	94.2	86.2	189.7		
生産者工場在庫		780,001	89.8	101.1	102.3		
総在庫		1,411,572	94.1	102.6	117.2		

出所: 鋼材輸入実績及び鋼材輸出船積実績は財務省関税局『貿易統計』、

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

(注) 1. 熟間圧延鋼材生産、生産者工場在庫及び総在庫は、2014年1月より『経済産業省生産動態統計』から『鉄鋼生産内訳月報』に変更されたため、それ以前の数値との連続性はない。

2. 鋼材輸入実績は速報値を掲載。構造用鋼の鋼材輸入実績とは高炭素鋼の棒鋼及び合金鋼の棒鋼、線材を加算したもの。

3. 総在庫とは販売業者在庫に生産者工場在庫を加算したもの。生産者工場在庫は熟間圧延鋼材のみで、冷間圧延鋼材及び鋼管を含まない。また、工場以外の置場にあるものは、生産者所有品であってもこれを含めない。

倶楽部だより

(平成27年2月1日～3月31日)

理事会 (3月13日)

- ①平成26年度事業報告 (案)
- ②平成26年度決算見込み (案)
- ③平成27年度事業計画 (案)
- ④平成27年度予算 (案)
- ⑤平成27年度貿易一般保険包括保険特約の締結
- ⑥報告事項

運営委員会 (3月10日)

- ①平成26年度事業報告 (案)
- ②平成26年度決算見込み (案)
- ③平成27年度事業計画 (案)
- ④平成27年度予算 (案)
- ⑤平成27年度貿易一般保険包括保険特約の締結
- ⑥報告事項

海外委員会

- ・本委員会 (3月6日)
 - ①平成26年度事業報告及び決算報告 (案)
 - ②平成27年度事業計画 (案) 及び収支予算 (案)
 - ③平成27年度賦課金徴収方法 (案)
 - ④平成27年度貿易一般保険包括保険特約の締結
- ・専門部会 (2月20日)

「メキシコ・中南米の特殊鋼受給動向」調査の最終報告書 (案) について
- ・専門部会 (3月2日)
 - ①平成26年度事業報告・決算報告 (案)
 - ②平成27年度事業計画 (案) 及び収支予算 (案)
 - ③平成27年度賦課金徴収方法 (案)
- ・商社分科会 (3月12日)
 - ①最近の貿易保険を巡る情勢について
 - ②平成27年度貿易一般保険包括保険特約の締結

市場開拓調査委員会・調査WG (3月23日)

「海外日系自動車メーカーの自動車部品に係る特殊鋼調達動向調査」の最終報告書 (案) の検討

編集委員会

- ・小委員会 (2月26日)

7月号特集「熱処理」(仮題)の編集内容の検討
- ・本委員会 (3月16日)

7月号特集「熱処理」(仮題)の編集方針、内容の確認

人材確保育成委員会

- ・「平成26年度ビジネスパーソン研修講座」(2月18日、19日)

テーマ:「営業マンのための儲かる視点の会計講座～10問のExerciseで計数力を磨く～」

講師:日鐵住金総研(株) 森 達哉 氏

参加者:46名
- ・第3回新入社員向け教材作成WG (2月6日)
- ・第4回新入社員向け教材作成WG (3月4日)

流通委員会

- ・工具鋼分科会 (2月18日)

[大阪支部]

- 運営委員会 (2月27日)
 - ①平成26年度事業実績・収支見込み
 - ②平成27年度事業・収支計画、他
- 二団体共催工場見学会 (3月4日)

見学先: (株)神戸製鋼所 神戸製鉄所

参加者:69名

[名古屋支部]

- 部会
 - ・構造用鋼部会 (2月5日)
 - ・ステンレス鋼部会 (2月10日)

三団体共催技術講演会 (2月18日)

- テーマ:「JFEスチールの自動車用ステンレス鋼」
- 講師: JFEスチール(株) 商品技術部

ステンレス室 副部長
宮崎 淳氏
参加者：104名

二団体共催中堅社員研修（フォローアップ研修）
（2月20日）

テーマ：「仕事の基礎徹底講座」
講師：(株)名南経営コンサルティング
山田 亮太 氏
参加者：35名

二団体共催 若手及び女子社員研修（2月26日）

テーマ：「スマートフォン・タブレットの活用
法」

講師：(株)ドコモCS 東海法人営業部
真柴 智宏 氏

参加者：49名

三団体共催ものづくり補助金説明会（3月2日）

テーマ：「中小企業支援施策について」
講師：中部経済産業局 産業部
製造産業課 課長代理
今野 直明 氏

参加者：45名



特殊鋼倶楽部の動き

「平成26年度ビジネスパーソン研修講座」開催

一般社団法人特殊鋼倶楽部は、一般社団法人全日本特殊鋼流通協会と共催で「平成26年度ビジネスパーソン研修講座」を東京・鉄鋼会館701号室にて2月18日午後1時より、19日午後5時30分まで開催しました。

講師は、日鉄住金総研(株)・森 達哉氏、参加者数は男性43名、女性3名、計46名でした。

今回の研修テーマは、「営業マンのための儲かる視点の会計講座～10問のExerciseで計数力を磨く～」と題し、演習を通じて会計に重要な3つのポイントの習得と、ビジネスで計数力を伴った「考動」ができることを目指す内容でした。

受講者の皆さんは、森講師の説明に熱心に聞き入り、演習、グループディスカッション等では積極的に取り組んでいる様子でした。また第1日目の研修終了後には、簡単な懇親会が催され有意義なひと時を過ごしておりました。

受講後、回収したアンケート結果では、詳しく丁寧な説明で満足度が高いとの評価が多くみられました。

最後に受講された皆さんにおかれましては、一日半大変お疲れ様でした。

以下に、研修講座の写真を掲載します。



一般社団法人特殊鋼倶楽部 会員会社一覽

(社名は50音順)

<p>[会 員 数]</p> <p>(正 会 員)</p> <p>製造業者 24社</p> <p>販売業者 101社</p> <p>合 計 125社</p>	【販売業者会員】		
<p>【製造業者会員】</p> <p>愛 知 製 鋼 (株)</p> <p>秋 山 精 鋼 (株)</p> <p>(株)川口金属加工</p> <p>(株)神戸製鋼所</p> <p>合 同 製 鐵 (株)</p> <p>山 陽 特 殊 製 鋼 (株)</p> <p>J F E ス チ ー ル (株)</p> <p>J X 日 鋳 日 石 金 属 (株)</p> <p>下 村 特 殊 精 工 (株)</p> <p>新 日 鐵 住 金 (株)</p> <p>ス テ ン レ ス パ イ プ 工 業 (株)</p> <p>大 同 特 殊 鋼 (株)</p> <p>高 砂 鐵 工 (株)</p> <p>東 北 特 殊 鋼 (株)</p> <p>日 新 製 鋼 (株)</p> <p>日 本 金 属 (株)</p> <p>日 本 高 周 波 鋼 業 (株)</p> <p>日 本 精 線 (株)</p> <p>日 本 冶 金 工 業 (株)</p> <p>日 立 金 属 (株)</p> <p>(株)不 二 越</p> <p>三 菱 製 鋼 (株)</p> <p>ヤ マ シ ン ス チ ー ル (株)</p> <p>理 研 製 鋼 (株)</p>	<p>愛 鋼 (株)</p> <p>青 山 特 殊 鋼 (株)</p> <p>浅 井 産 業 (株)</p> <p>東 金 属 (株)</p> <p>新 井 ハ ガ ネ (株)</p> <p>粟 井 鋼 商 事 (株)</p> <p>伊 藤 忠 丸 紅 鉄 鋼 (株)</p> <p>伊 藤 忠 丸 紅 特 殊 鋼 (株)</p> <p>井 上 特 殊 鋼 (株)</p> <p>(株) U E X</p> <p>確 井 鋼 材 (株)</p> <p>ウ メ ト ク (株)</p> <p>扇 鋼 材 (株)</p> <p>岡 谷 鋼 機 (株)</p> <p>カ ネ ヒ ラ 鉄 鋼 (株)</p> <p>兼 松 (株)</p> <p>兼 松 ト レ ー デ ィ ン グ (株)</p> <p>(株) カ ム ス</p> <p>(株) カ ワ イ ス チ ー ル</p> <p>川 本 鋼 材 (株)</p> <p>北 島 鋼 材 (株)</p> <p>ク マ ガ イ 特 殊 鋼 (株)</p> <p>ケ ー ・ ア ン ド ・ アイ 特 殊 管 販 売 (株)</p> <p>小 山 鋼 材 (株)</p> <p>佐 久 間 特 殊 鋼 (株)</p> <p>櫻 井 鋼 鐵 (株)</p> <p>佐 藤 商 事 (株)</p> <p>サ ハ シ 特 殊 鋼 (株)</p> <p>(株) 三 悦</p> <p>三 協 鋼 鐵 (株)</p> <p>三 京 物 産 (株)</p> <p>三 興 鋼 材 (株)</p> <p>三 和 特 殊 鋼 (株)</p> <p>J F E 商 事 (株)</p> <p>芝 本 産 業 (株)</p> <p>清 水 金 属 (株)</p> <p>清 水 鋼 鐵 (株)</p> <p>神 鋼 商 事 (株)</p> <p>住 友 商 事 (株)</p>	<p>大 同 興 業 (株)</p> <p>大 同 D M ソ リ ュ ー シ ョ ン (株)</p> <p>大 洋 商 事 (株)</p> <p>大 和 興 業 (株)</p> <p>大 和 特 殊 鋼 (株)</p> <p>(株)竹内ハガネ商行</p> <p>孟 鋼 鉄 (株)</p> <p>田 島 ス チ ー ル (株)</p> <p>辰 巳 屋 興 業 (株)</p> <p>中 部 ス テ ン レ ス (株)</p> <p>千 曲 鋼 材 (株)</p> <p>(株)テクノタジマ</p> <p>(株)鐵 鋼 社</p> <p>デ ル タ ス テ ー ル (株)</p> <p>東 京 貿 易 金 属 (株)</p> <p>(株)東 信 鋼 鉄</p> <p>特 殊 鋼 機 (株)</p> <p>豊 田 通 商 (株)</p> <p>中 川 特 殊 鋼 (株)</p> <p>中 野 ハ ガ ネ (株)</p> <p>永 田 鋼 材 (株)</p> <p>名 古 屋 特 殊 鋼 (株)</p> <p>ナ ス 物 産 (株)</p> <p>南 海 鋼 材 (株)</p> <p>日 輪 鋼 業 (株)</p> <p>日 金 ス チ ー ル (株)</p> <p>日 鉄 住 金 物 産 (株)</p> <p>日 鉄 住 金 物 産 特 殊 鋼 西 日 本 (株)</p> <p>日 本 金 型 材 (株)</p> <p>ノ ボ ル 鋼 鉄 (株)</p> <p>野 村 鋼 機 (株)</p> <p>白 鷺 特 殊 鋼 (株)</p> <p>橋 本 鋼 (株)</p> <p>(株)長谷川ハガネ店</p> <p>(株)ハヤカワカンパニー</p> <p>林 田 特 殊 鋼 材 (株)</p> <p>阪 神 特 殊 鋼 (株)</p> <p>阪 和 興 業 (株)</p> <p>日 立 金 属 ア ド メ ッ ト (株)</p>	<p>日 立 金 属 工 具 鋼 (株)</p> <p>(株)日立ハイテクノロジーズ</p> <p>(株)平 井</p> <p>(株)フ ク オ カ</p> <p>藤 田 商 事 (株)</p> <p>古 池 鋼 業 (株)</p> <p>(株)プ ル ー タ ス</p> <p>(株)堀 田 ハ ガ ネ</p> <p>(株)マクスコーポレーション</p> <p>三 沢 興 産 (株)</p> <p>三 井 物 産 (株)</p> <p>三 井 物 産 ス チ ー ル (株)</p> <p>(株)メ タ ル ワ ン</p> <p>(株)メ タ ル ワ ン チ ュ ー ブ ラ ー</p> <p>(株)メ タ ル ワ ン 特 殊 鋼</p> <p>森 寅 鋼 業 (株)</p> <p>(株)山 一 ハ ガ ネ</p> <p>山 進 産 業 (株)</p> <p>ヤ マ ト 特 殊 鋼 (株)</p> <p>山 野 鋼 材 (株)</p> <p>陽 鋼 物 産 (株)</p> <p>菱 光 特 殊 鋼 (株)</p> <p>渡 辺 ハ ガ ネ (株)</p>

“特集” 編集後記

今回の特集「よくわかる特殊鋼の製造プロセス」はいかがでしたでしょうか？複雑なことをわかりやすく記述することはなかなか難しいものです。執筆者の方もご苦労されたと思います。特殊鋼と一口に言っても多岐（今回は8分野を取り上げました）に渡りますので、全ての特殊鋼の製造プロセスを理解することは難しいところがあります。執筆に際しては、各特殊鋼の特徴を意識して内容を執筆いただくようお願いしました。読者、特に特殊鋼業界に最近携わるようになった方々に「よくわかる」内容になっていれば幸いです。

特集冒頭の「特殊鋼の製造技術の歴史と基本プロセス」の記事で、大同特殊鋼の木村センター長様が「生んで、育てて、魂を入れる」（図3参照）と、大変適切な表現をされておられます。各々の特殊鋼の大事な勘所は共通する部分と異なる部分

とありますが、最適な製品を製造するために、その製造プロセス各々に先人の汗と涙の結晶である技術が詰まって今日の製造プロセスが成り立っています。そして、さらにこの先も品質改善、生産性向上、コストダウン等を目指して多くの研究者、技術者の努力により進歩していくものと確信しています。

限られた紙面ですので十分に解説できたか不安ですが、今回特集を入り口として特殊鋼の製造プロセスの理解を深めていただければ、と思います。

最後にご多忙の中、今回特集記事に寄稿頂いた執筆者の皆様、編集にご協力頂いた編集委員、事務局の皆様には厚く御礼申し上げます。

〔日本冶金工業(株) 営業部 佐藤 昌男〕

特 集 / やさしく知る特殊鋼の熱処理

- I. 概論
- II. 熱処理の種類
- III. 鋼類別熱処理の基礎知識
- IV. 会員メーカーの特徴ある熱処理技術

9月号特集予定…分析技術

特 殊 鋼

第 64 卷 第 3 号
© 2 0 1 5 年 5 月
平成27年4月25日 印刷
平成27年5月1日 発行

定 価 1,230円 送 料 100円
1年 国内7,300円 (送料共)

発 行 所
一般社団法人 特殊鋼倶楽部
Special Steel Association of Japan

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

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

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