

特殊鋼

2016
Vol.65 No.3

5

The Special Steel

特集／線材・棒鋼の2次加工技術動向



特殊鋼

5

目次

2016

【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)
〃	田代 龍次 (新日鐵住金)
〃	宮崎 貴大 (大同特殊鋼)
〃	赤見 大樹 (日新製鋼)
〃	石川流一郎 (日本金属)
〃	宮川 利宏 (日本高周波鋼業)
〃	戸塚 覚 (日本冶金工業)
〃	井上 謙一 (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／線材・棒鋼の2次加工技術動向】

I. 総論

2次加工技術の概論……………	(株)神戸製鋼所	中野 聡志	2
----------------	----------	-------	---

II. 2次加工プロセス

1. 特殊鋼棒線の熱処理……………	大同特殊鋼(株)	中條屋 真	6
2. 伸線加工用皮膜……………	日本パーカラライジング(株)	小見山 忍	11
3. 2次加工機械……………	宮崎機械システム(株)	豊田 尊敏	16
4. 2次加工製品の渦電流探傷 ……………	日本フェルスター(株)	吉川 仁	20

III. 各製品における2次加工技術

1. 冷間圧造用鋼線……………	新日鐵住金(株)	本田 英二	24
2. ばね用鋼線……………	サンコール(株)	安部 聡	28
3. ピアノ線・硬鋼線の伸線技術 ……………	日鉄住金SGワイヤ(株)	越智 達朗	31
4. 軸受用鋼線の伸線加工性の改善について ……………	理研製鋼(株)	定光 秀弥	34
5. ステンレス鋼線の二次加工技術 ……………	日本高周波鋼業(株)	高嶋 敏昭	36
6. 磨き棒鋼……………	小木曾工業(株)	永井 太郎	40
7. 難加工材・異形鋼線……………	大阪精工(株)	古賀 浩介	44

IV. わが社の2次加工製品

大阪精工(株)のグローバル展開……………	大阪精工(株)	古賀 浩介	48
----------------------	---------	-------	----

高耐熱・高強度・高耐食ステンレス鋼線

『タフステン [TouPH Stainless]』

..... 日本精線(株) 高橋 薫 49

“特集”編集後記..... (株)神戸製鋼所 永濱 睦久 67

●一人一題：「東京散歩」..... 碓井鋼材(株) 永藪 二郎 1

■業界の動き	50
▲特殊鋼統計資料	53
★倶楽部だより (平成28年2月1日～3月31日)	57
☆特殊鋼倶楽部の動き	59
☆一般社団法人特殊鋼倶楽部 会員会社一覧	66

特集／「特殊鋼の二次加工技術」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	永濱 睦久	(株)神戸製鋼所	鉄鋼事業部門 線材条鋼商品技術部 次長
委員	西森 博	山陽特殊製鋼(株)	軸受営業部 軸受CS室長
〃	宮崎 貴大	大同特殊鋼(株)	特殊鋼ソリューション部 副主席部員
〃	赤見 大樹	日新製鋼(株)	品質保証・技術サービス部 普通鋼・特殊鋼品質保証チーム チームリーダー
〃	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
〃	田村 庸	日立金属(株)	高級金属カンパニー 技術部長
〃	渡辺 豊文	中川特殊鋼(株)	鉄鋼事業部 技術部長
〃	甘利 圭右	(株)平井	常務取締役

「東京散歩」

碓井鋼材(株) なが やぶ じ ろう
専務取締役 永 敷 二 郎

東京での単身赴任生活（住金物産時代の平成7年から14年の7年間と平成23年から現在まで碓井鋼材での5年間、通算12年）で、元々名所旧跡めぐりが好きなのと、日頃の運動不足解消の為、休日は出来るだけ歩くようにしようというのが『東京散歩』を始めたきっかけです。

住金物産時代は、草加と北習志野の単身赴任寮に入っていた為、草加の町（旧日光街道）や新京成線沿いをよく散歩していました。現在は墨田区に住み、本所深川という江戸期の情緒漂う下町散歩を主体に楽しんでいます。

（本所深川という地区は、木場に代表される木材問屋が多かったのですが、昭和、特に終戦後は鉄鋼関係の問屋も多く、現在でも本所鉄交會等に名を残しています。）

ところで、その下町散歩ですが、『東京散歩』という本を片手に、いろいろな散歩コースを歩きました。歩き出すと寄り道をしたり、本に記載の史跡案内を見つかるまでうろうろするので、平均3～4時間かけて歩きます。

地元、本所深川地区では、住まいから徒歩4、5分のところに、遠山金四郎・長谷川平蔵屋敷跡があったり、両国・森下方面には、勝海舟生誕の地（両国公園内）、芥川龍之介関連の碑、忠臣蔵の吉良上野介の屋敷跡、松尾芭蕉の庵、清澄白河には、その松尾芭蕉が奥の細道に旅立った弟子の庵が有ります（現在は、その庵を模したところの縁側に芭蕉が座っている像が有ります）。芭蕉ゆかりの場所は東京近辺には本当に多く残っています。先述した、草加の旧日光街道にも芭蕉像があるし、千住大橋を渡ったところには江戸を旅立つ芭蕉像があります。また驚いたのは早稲田の北側、神田川沿いにも芭蕉庵があり、その活動範囲の広さに驚きます。その他、本郷地区を歩いた時は、樋口一葉の旧家を探すのに行ったり来たり。不審人物と間違われるのではと思いつながらも、何とか見つけたり。この本郷地区は東京大学が近いからか、明治の文豪ゆかりの場所が点在します。また、雑司ヶ谷霊園にはその明治の文豪のお墓が多く、夏目漱石や竹久夢二のお墓はすぐに見つけたのですが、小泉八雲、泉鏡花のお墓がなかなか見つからず、一時間くらいお墓の間をうろうろして、あきらめて帰ろうとした時、偶然見つけたこともあります。

東京スカイツリー周辺（向島百花園・墨田公園等）、浅草から鶯谷（正岡子規旧家）等々も、歴史好きには格好の散策場所と思います。私は、歩き出すと夢中になって目的地を目指すので、夏でも歩きながらお茶を飲むくらいですが、最近は、たまには食べ歩きもしてみたいと思っています。

2年前に心筋梗塞になり、その3か月後、富士山にも登ったのですが、さすがに足腰の衰え（心肺機能よりも）を痛切に感じました。これからも無理をせず、のんびりと歴史散歩に食べ歩きを加えて、心身のリフレッシュを心がけたいと思っています。

〔(一社)特殊鋼倶楽部 構造用鋼分科会長〕



線材・棒鋼の2次加工技術動向

I. 総論

2次加工技術の概論

(株)神戸製鋼所 鉄鋼事業部門 技術開発センター 線材条鋼開発部 線材加工技術開発室 なかのさとし 中野 聡 志

まえがき

鉄鋼メーカーにて熱間圧延により製造される線材・棒鋼は、熱処理、表面処理（デスケーリング・皮膜）、引抜き、探傷などの2次加工工程を経て鋼線やみがき棒鋼になり、ボルト、ばね、各種ケーブルなどの3次加工製品に使用される（図1）。すなわち2次加工は特殊鋼線材・棒鋼に付加価値を与え、鋼線やみがき棒鋼の性能と品質を決定する重要な工程である。本稿では、2次加工の各工程について概説する。

◇ 熱処理

熱処理は、鋼材を2次加工・部品加工する際の加工性を向上することや、最終製品の要求特性を満たすことを目的に、鋼材の硬さや組織などを所定の範囲に調整する工程である。その種類は焼なまし、焼ならし、焼入れ焼戻し、パテンティング、固溶化処理などに大別される。また熱処理炉には、コイル姿ままの線材を処理するバッチ炉・連続炉と、線材を巻き出した状態で処理するストランド炉がある。例えば冷間圧造用鋼線には、素材割れの防止やダイス・圧造金型寿命の向上を目的として、バッチ炉や連続炉を用いた球状化焼なましが施される。硬鋼線の場合、微細パーライト組織を得ることによる高い伸線加工性と伸線後の高強度・高靱性の達成を目的に、熔融鉛などを用いたストランド炉によるパテンティングが実施される。

熱処理では鋼材を長時間にわたり高温に保持するため、他の工程に比べてエネルギーコストが高い。この課題に対して、熱間圧延後の直接熱処理や鋼材成分の最適化により、熱処理時間を短縮するか、熱処理工程そのものを省略する技術開発が従来から進められている^{1), 2)}。また熱処理工程中に使用するエネルギーを低減させる取り組みとして、ラジアントチューブへの高熱放射材の適用に

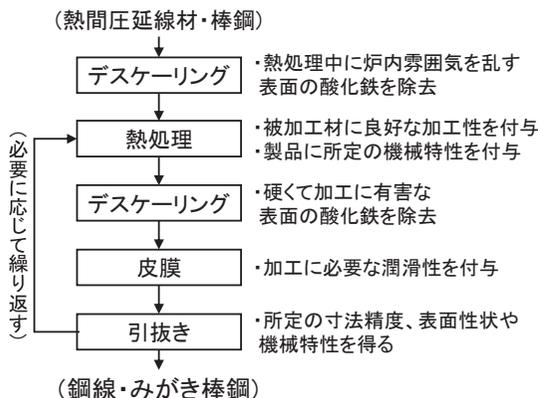


図 1 2次加工工程の例

よる燃焼効率の向上や、リジェネバーナによる廃熱利用、雰囲気ガス発生装置レス化³⁾などの取り組みもみられる。

◇ デスケーリング、皮膜

線材は引抜き加工する前に、熱間圧延や熱処理で生じた鋼材表面の酸化鉄（スケール）を除去（デスケーリング）したのち、表面を皮膜処理する必要がある。デスケーリング後の鋼材表面にスケールが残存すると、引抜き・圧造加工時に焼付きなど加工不良の起点になる可能性がある。また表面の皮膜処理が不完全な場合、同様に加工不良の原因になるだけでなく線材保管時の発錆にも繋がるため、線間を含め均一かつ完全に処理することが求められる。

デスケーリングには、酸洗いに代表される化学的デスケーリング法と、ショットブラストやリバースベンディングなどの機械的デスケーリング法がある（図2）。また線材をコイル姿まま処理するバッチ式と、線材を巻き出した状態で処理するインライン式に大別される。

酸洗いには主に硫酸、塩酸、硝酸が用いられる。酸は、所定の品質が得られるよう、処理する鋼種や線径などに応じて濃度、温度、浸漬時間などが制御される。バッチ式の場合、浸漬時間を一定にコントロールし品質を安定させるため、線材コイルを自動クレーンで搬送・浸漬する自動酸洗設備が適用されることもある。酸洗設備における処理能力向上のため、最適な処理槽レイアウトやコイル搬送順序のシミュレーション技術が開発されている⁴⁾。使用済みの廃酸は一般に産廃処理されるが、環境問題への対応やコストダウンのため、イオン交換樹脂等によりリサイクルする取り組みが従来から続けられている⁵⁾。またインライン式の酸洗いには、線材に電流を流して反応を促進し、処理を短時間化する電解酸洗が適用される例もある。

機械的デスケーリング法の一つであるショットブラストは、インペラで加速したスチールボールを線材表面に投射・衝突させ、その衝撃力でスケールを剥離させて除去する技術である。線材用ショットブラストとして省エネ型装置の開発例⁶⁾がみられるなど、広く普及している。リバースベンディングは線材に曲げを加え、地鉄とスケールとの延性の差を利用してスケールを破壊し、剥離させる技術である。いずれも酸を使わないことが大きなメリットだが、その除去原理から、地鉄とスケールの密着性が低く剥離しやすい熱間圧延まま材を中心に適用されている。

皮膜処理は、線材表面での化学反応により生成する化成皮膜と、線材に物理的に付着する物理型皮膜とに大別される。皮膜処理の効果として、皮膜自体がもつ潤滑性により後工程の加工がしやすくなる潤滑効果、引抜き加工時に潤滑剤をダイスに持ち込みやすくするキャリア効果、材料の輸送・保管中に発錆しにくくする防錆効果がある。皮膜の種類によってこれらの特性が異なり、引抜き材の用途に応じて使い分けられる。

化成皮膜の代表例にリン酸塩皮膜がある。これはリン酸により鋼材表面を化学的に溶解させ、リン酸塩の結晶を生成・成長させるものであり、素地に強固に密着して高い加工性と防錆性を有するとともに、皮膜結晶表面の微細な凹凸により潤滑剤のキャリア効果に優れることが特徴である。このリン酸塩皮膜にステアリン酸ナトリウムを塗布・反応させることにより金属石けん層が生成し、更に高い皮膜性能が得られる（反応型石けん処理皮膜、図3）。なおステンレスにはリン酸塩が反応しないため、代わりにシュウ酸塩皮膜が用いられる。

物理型皮膜の例に石灰石けんやボラックスがある。石灰石けんは消石灰（水酸化カルシウム）を

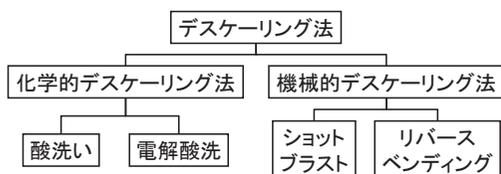


図 2 デスケーリング法の種類

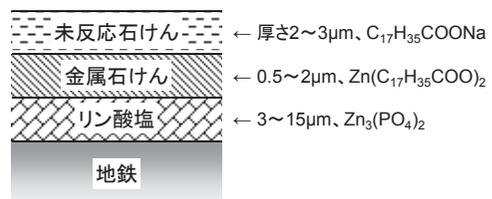


図 3 反応型石けん処理皮膜の模式図

主成分とする皮膜であり、リン酸塩皮膜より性能は劣るものの、処理の容易さやコストの低廉さなどにより広く用いられている。ボラックスは潤滑剤のキャリア効果に優れ、主に硬鋼線の連続伸線前処理に用いられている。

リン酸塩皮膜には高強度ボルトにおける浸リンによる遅れ破壊の課題が、PRTR法や欧州REACH規制の対象であるボラックスには環境面の課題があり、非リン皮膜、ホウ素フリー皮膜の開発が進められている^{7)、8)}。

◇ 引抜き

デスクーリング・皮膜処理された後の線材には、寸法の調整や強度の向上、表面の平滑化、後工程の熱処理での組織調整を目的として、引抜き加工が施される。引抜き前後の断面積から減面率が定義されるが、一般に1パスあたりの減面率は30%以下であり、目的の線径によっては引抜きを繰り返すことで狙いの線径を得る。例えば硬鋼線の場合、母材径から製品径まで90%以上の減面が必要な場合もあるため、数パスに分けて引抜き加工(連続伸線)が施される。このとき、引抜き加工の途中で熱処理(中間熱処理)が加えられることもある。

引抜き加工には一般に孔ダイスが用いられる。引抜き加工中、ダイスと線材との接触面は数百℃まで上昇することが、実測およびシミュレーションから示されている⁹⁾。引抜き中の温度上昇による線材の時効脆化を防ぐため、ダイス冷却や巻取りドラムの冷却、更には線材を直接冷却する冷却伸線技術なども用いられる。

ダイスと線材との焼付きを防ぎつつ、引抜き速度や減面率を増大させ生産性を向上させるため、引抜き用潤滑剤が使用される。潤滑剤には乾式、湿式、油性があり、用途や線径に応じて使い分けられている。乾式潤滑剤のダイスへの持ち込みを良くするため、潤滑剤ボックス内への圧着ローラーの適用や、圧力ダイスの使用が図られている。また従来、油性潤滑剤には塩素系極圧添加剤が用いられてきたが、焼却による廃棄時にダイオキシン類生成のおそれがあることから、潤滑剤の非塩素化が進められている¹⁰⁾。

ダイスの材質は超硬合金とダイヤモンドの2種

類が主流であり、一部にはセラミックも用いられる。ダイヤモンドは超硬合金より硬く耐摩耗性に優れるが、高価であるため適用は極細線の引抜きに限定される。ダイスの耐摩耗性を向上させるため、超硬合金にTiN等のコーティングが施されることもある¹¹⁾。

一方、通常の孔ダイスを使わず、ローラーダイスやマイクロミルを用いて引抜き(冷間圧延)加工することもある。これらは孔ダイスに比べて1パスあたりの減面率が高くとれる、引抜き抵抗が小さい、引抜き時の発熱が低いなどのメリットがある一方、ダイス構造が複雑である、孔ダイスに比べて真円度の制御が難しいなどの課題がある。細径の軸受用鋼線に冷間圧延を適用することで、中間加工工程を省略した例が報告されている¹²⁾。

◇ 探傷

引抜き材の表面疵は、後工程の加工時に割れや断線などの原因となるため、ユーザが非常に重要視する品質の一つである。加えて近年のニアネットシェイプ化や素材の高強度化に伴い、表面疵に対する品質要求はますます厳格化している。これらの背景のもと、2次加工工程において表面疵を安定して検出可能な探傷技術が求められている。

引抜き材全長の疵検査には、渦流探傷法(Eddy Current Testing: ET)が広く用いられる。渦流探傷法は、鋼材表面に与えた渦電流が疵により乱れることを利用し、疵の深さや形態を検出する技術であり、引抜き材の周りを複数の探傷コイルが回転する回転式と、引抜き材が探傷コイルの中心を貫通する貫通式がある。回転式は長い線状疵を得意とし、貫通式はピットやへげ疵など短い疵に強い。これらの方式を検出したい疵の形態に応じて使い分けるか、もしくは両方を組合せて用いる場合もある。

渦流探傷により検出された疵は、検出部位をマーキングして後工程で切断・除去するか、引抜き中のラインを停止して目視や磁粉探傷により検出部位の特定を行い、グラインダー等で手入れし除去する。後者の場合、ライン停止による生産性低下が課題となる。このため渦流探傷機と部分疵取り装置を組合せた、ライン停止が不要な自動疵見・疵取りシステムが実用化されている^{13)、14)}。

むすび

2次加工の各工程について最近の技術動向も含めて紹介した。特殊鋼線材・棒鋼へのユーザの品質要求は、近年ますます高度化している。鉄鋼メーカーにおける原線品質向上の取り組みはもちろんのこと、冒頭述べた通り2次加工は鋼線やみがき棒鋼の性能を左右するプロセスであり、その技術開発および操業改善へのアプローチも合わせて、ユーザからの高い要求に応じていく必要があると考えている。私どもも微力ながら、2次加工分野の技術発展に貢献していく所存である。

引用文献

- 1) 百崎寛ら：神戸製鋼技報、50-1 (2000)、45-48
- 2) 土田喜一郎ら：新日鉄技報、386 (2007)、28-31
- 3) 伊藤英樹：電気製鋼、84-2 (2013)、149-153
- 4) Wynn, H. K. et al: Wire J. Int., June (2012)、56-60
- 5) Jared, C. et al: Wire J. Int., Feb. (2015)、62-67
- 6) 鉄鋼新聞：2011年10月28日
- 7) 堤信明ら：日本パーカライジング技報、19 (2007)、3-13
- 8) Nathalie, V: Wire Cable Technol. Int., Jan. (2014)、48-49
- 9) Joakim, L. et al: Wire J. Int., Feb. (2014)、128-133
- 10) 山本安儀：塑性と加工、52-602 (2011)、351-354
- 11) Maria, N. et al: Wear, 273 (2011)、55-59
- 12) 小野訓正ら：塑性と加工、51-599 (2010)、1135-1139
- 13) 川上平次郎ら：神戸製鋼技報、41-4 (1991)、71-74
- 14) 瀬津行雄：電気製鋼、60-1 (1989)、40-45



Ⅱ． 2次加工プロセス

1． 特殊鋼棒線の熱処理

大同特殊鋼(株) ちゅうじょうや まこと
生産技術部 中條屋 真

まえがき

特殊鋼は、軸受、機械部品、歯車、シャフト、金型など適切な強度、硬さ、機械加工性が必要とされる製品の素材として使用されている。その特殊鋼鋼材に、製品として必要な特性や中間加工工程に適した特性を付与することが特殊鋼棒線の製造工程における熱処理の役割りである。ここでは、基本的熱処理法とその役割り、設備・装置及び技術動向について述べる。

◇ 熱処理の種類と方法¹⁾

熱処理は「加熱」と「冷却」の組み合わせである。鋼種や製品特性に応じて様々な方法がある。ここでは特殊鋼棒線に適用される代表的な熱処理法について述べる。

1. 焼なまし

焼なましは、主として鋼を軟化させるための熱処理で、主に以下の目的で適用される。

- (1) 軟化させて、次工程以降の冷間加工性を改善する。
- (2) 次の熱処理に先立って、組織を均一化させる。
- (3) 機械的性質、物理的性質を向上させる。

焼なましは適用範囲が広く主に以下の3つの処理に分類できる。

(1) 完全焼なまし

亜共析鋼はA3変態点以上、共析鋼と過共析鋼はA1変態点以上まで加熱し、オーステナイト状態で結晶粒度を整えた後、徐冷し塑性加工や焼入れ等の影響のない均一な安定組織を得る。

(2) 低温焼なまし

再結晶温度以上且つA1変態点以下の500~600℃程度の低温域で加熱し内部歪の除去、結晶粒の整

粒化を行う。

(3) 球状化焼なまし

A1変態点以上、A3変態点またはAcm変態点以下の温度に加熱保持した後、A1変態点以下の温度まで徐冷することにより、鋼材中の炭化物を微細な球状形態でフェライト素地に分散分布させ軟化させる。(炭化物は微細且つ均一な分布状態が望まれることが多く、処理条件の厳密な管理が必要である。)

2. 焼ならし

A3変態点またはAcm変態点以上の温度に加熱後空冷することで、粗大化組織の微細化、あるいは組織の均一化を行う。標準組織が得られるので、焼入れ・焼戻しの前処理として用いられる。その他、焼なましでは軟らかくなり過ぎ被削性が悪化する場合に、焼なましより硬度が高くなる焼ならしを適用する場合がある。

3. 焼入れ

鋼の硬さを増加するために、亜共析鋼はA3変態点以上、共析鋼と過共析鋼はA1変態点以上で均一なオーステナイト組織が得られるまで加熱後、臨界冷却速度以上で急冷し、マルテンサイト組織に変態させる。そのまま放置すると割れが発生することがあるので、焼入れ後はできるだけ速やかに焼戻し処理を行う。

4. 焼戻し

焼入れ状態の鋼は極めて硬いが、反面脆くなっている。A1変態点以下の温度に加熱後空冷することで、焼入れ組織の安定化や内部応力の除去を行い、延性・韌性を回復させる。

完全焼なまし、焼ならし、焼入れ・焼戻しについて熱処理法の例を図1に示す。

5. 固溶化熱処理

固溶化熱処理はオーステナイト系ステンレス鋼に適用する。固溶化熱処理前のオーステナイト系

ステンレス鋼は、圧延、鍛造等熱間加工後の冷却時にクロム炭化物の粒界析出とそれに伴うクロム欠乏層を生じているので、粒界腐食が起こり易い状態である。

固溶化熱処理はオーステナイト領域まで加熱し、クロム炭化物などの化合物をオーステナイト中に固溶消失させたのち急冷し、均一なオーステナイト組織にして、耐食性を向上させると共に靱性・耐熱性を向上させる。

6. 析出硬化処理（時効処理）

析出硬化型のステンレス鋼や耐熱鋼などは固溶化熱処理で加工しやすい状態にして所定の形状に加工後、炭化物や金属間化合物などを析出させて硬化させる。析出物によって加熱する温度は異なるがSUS630の場合は500℃前後となる。

◇ 炉内雰囲気制御

熱処理では被処理品の周囲に存在する気体を、雰囲気と呼んでいる²⁾。特殊鋼棒線において表面酸化や脱炭の防止は最終製品の特性を担保するための必須条件である。そのため、炉内に雰囲気ガスを導入することにより、無酸化雰囲気に制御している。こ

こでは雰囲気ガスの種類と目的について述べる。

1. 雰囲気ガスの種類

表1に特殊鋼の熱処理に用いる代表的な雰囲気ガスを示す。

2. 雰囲気ガスをを用いる目的

(1) 表面酸化の防止

大気雰囲気下で熱処理を行うと、鋼材表面が大気中の酸素と反応して酸化スケールが生成する。酸化スケールは二次加工の酸洗で除去する際の障害になったり（スケール落ちが悪い場合は複数回酸洗を繰り返す）、スケールロスとして歩留を悪化させたり、酸化が著しい場合は表面肌を劣化させたりする等、弊害となる。発熱形ガス、窒素形ガス、アンモニア分解ガス、水素ガス、アルゴンガス等の保護ガス雰囲気を用いることで鋼材表面の酸化を防止する。

(2) 脱炭の防止

大気中で熱処理を行うと鋼材表面部の炭素が酸化し大気中に放出して抜けてしまう現象が発生する（脱炭）。脱炭部が二次加工、顧客での加工を経た後も残存する場合、脱炭部が部品や製品に必要とされる所定の特性（硬さなど機械的性質）を得られなく

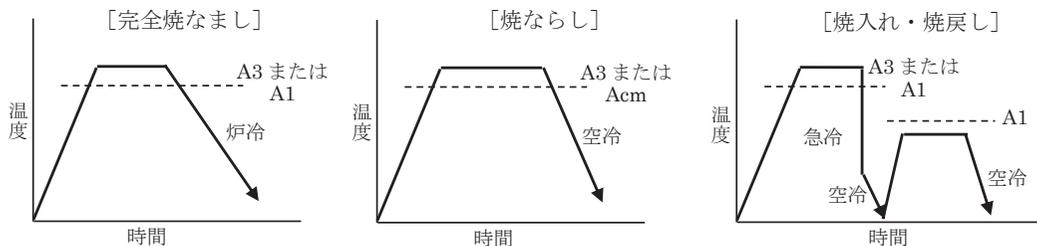


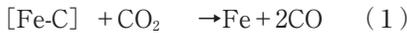
図 1 熱処理法の例

表 1 代表的な雰囲気ガスの概要

ガスの種類	通称	ガスの組成例	主な用途例
発熱形ガス	DX	CO: 10.5%、CO ₂ : 5.0%、H ₂ : 12.5% N ₂ : 71.5%、CH ₄ : 0.5% [102]	低炭素鋼の焼なまし、焼ならし
窒素形ガス	NX	CO: 1.7%、H ₂ : 1.2、N ₂ : 97.1% [201]	低・中炭素鋼の焼なまし、焼ならし ステンレス鋼の焼なまし
吸熱形ガス	RX	CO: 20.7%、H ₂ : 38.7%、N ₂ : 39.8% CH ₄ : 0.8% [302]	中・高炭素鋼の焼なまし、焼入れ
アンモニア分解ガス	AX	H ₂ : 75%、N ₂ : 25% [601]	ステンレス鋼の焼なまし
水素ガス	-	H ₂ : 100%	
アルゴンガス	-	Ar: 100%	

[] 内の数値はアメリカガス協会の分類番号 (American Gas Association)

なる。鋼材炭素量と加熱温度に応じて平衡状態を保つことができる吸熱形ガス雰囲気を用いることで脱炭をコントロールすることが可能となる。二次加工工程で切削、研磨等、表層部を除去する工程がある場合は除去する範囲内で熱処理時の脱炭層の深さをコントロールすればよく、顧客にて切削、研磨加工を行う場合は、予め顧客と許容される脱炭層の深さを取り決めておき、その管理内で鋼材の脱炭層の深さをコントロールする場合もある。参考として吸熱形ガスの反応式を以下に示す。

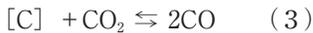


脱炭反応…鋼材表層の [C] が放出される



浸炭反応…鋼材表層に [C] が侵入する

即ち鋼材表層部の炭素と雰囲気の間にはブドワ (Boudouard) 反応 (3) が発生する。



$$K = \frac{P_{[\text{CO}]^2}}{A_c \cdot P_{[\text{CO}_2]}} \quad (4) \quad \left(\begin{array}{l} K: \text{平衡定数} \\ A_c: \text{鋼中Cの活量} \\ P: \text{圧力} \end{array} \right)$$

◇ 棒線製造プロセスにおける熱処理の役割

特殊鋼棒線の2次加工工程例を図2に示す。それぞれの製造工程において熱処理の役割りは「製品特性の付与」「後工程の加工性担保」である。

1. 棒鋼製造工程

工程例①は、オーステナイト系ステンレス切削

[棒鋼] ①圧延—固溶化熱処理—矯正—表面切削 ————— 部品メーカーなど

②圧延—焼入れ—焼戻し—矯正

[線材] ③圧延—焼なまし—酸洗・被膜—伸線 ————— 精線、部品メーカーなど

図 2 棒鋼、線材二次加工プロセス例

表 2 熱処理設備において考慮すべきポイント

分類	項目	考慮すべきポイント
安全	安全性能	爆発／火災／感電防止対策、酸欠対策、高温物取扱対策
品質	加熱、冷却性能	加熱方式、加熱装置能力、冷却方式、冷却装置能力
	炉内温度分布の均一性	加熱装置配置状態、炉内雰囲気攪拌状態
	炉内雰囲気ガスのコントロール性能	雰囲気ガス分析頻度と精度、ガス濃度制御性能 雰囲気ガスサンプリング点～分析装置間の距離
コスト	生産能力 (処理能率)	炉容量、炉形式 (連続式／バッチ式) 条件切替時のロス発生状態
	操業コスト	燃料原単位、雰囲気ガス原単位、操業生産性
	省エネルギー性能	加熱方式、加熱装置熱効率 (燃焼効率)、排熱回収効率 炉体断熱性能、装入／抽出口の外気遮断状態

棒鋼の例で熱処理法は固溶化熱処理である。ここでの熱処理は、製品特性である耐食性、機械的性質、結晶粒度の造り込みだけでなく、後工程である切削工程や部品メーカーでの鍛造性も担保する役割りを担っている。

工程例②は、工具鋼の例で熱処理法は焼入れ、焼戻し処理である。ここでの熱処理は製品特性である機械的性質 (硬さ、靱性、均一性等) の造り込みを行っている。工具に加工された後の工具性能、工具寿命に大きな影響を与える。

2. 線材製造工程

工程例③は軸受線材の例で熱処理法は球状化焼なましである。ここでの熱処理は後工程である伸線工程や部品メーカーでの鍛造性を担保する役割りを担っている。

◇ 熱処理設備

熱処理工程においては、鋼種、寸法形状、必要生産量、満足すべき品質特性、操業コストなどを十分に考慮して、設備や装置を導入していく必要がある。ここでは特殊鋼棒線の熱処理設備において考慮すべきポイントと、代表的な炉形式について述べる。

1. 熱処理設備で考慮すべきポイント

熱処理設備で考慮すべきポイントを表2に示す。

2. 熱処理炉の形式と特徴

熱処理炉は加熱方式 (電気式、燃焼式等)、炉形

表 3 代表的な炉形式と適用例

分類	炉形式	特徴	対象材	処理例
連続式	ローラーハース型 ウオーキングビーム型 回転炉床型	対象物を連続的に一端から装入、他端から抽出する方式で同一処理条件での大量生産に適する。	棒鋼、線材	焼なまし 焼ならし 固溶化熱処理
	線材			
連続式	ストランド型	線材を直線状に引き伸ばし炉内に通線する方式で長時間処理や大量生産は不可能であるが1本ずつ引き伸ばすため加熱ムラが少ない。	線材	焼なまし 固溶化熱処理
バッチ式	箱型 ローラーハース型	対象物を炉内に静置されたまま炉内が時間と共に設定された温度カーブ通りに推移するため複雑な温度カーブにも個別に対応が可能であり、多品種小ロット生産に適する。台車型、エレベーター型、ポット型、ベル型は構造上対象物を急冷することは難しい。	棒鋼、線材	全ての処理
	台車型 エレベーター型		棒鋼、線材	焼入れ、固溶化熱処理を除く全ての処理
	ポット型 ベル型		線材	

式（詳細は表3）、冷却方式（空冷、油冷、水冷等）など、その組合せや種類は多岐に及ぶが、ここでは特殊鋼棒線熱処理設備の代表的な炉形式と適用例を表3で紹介する。参考として対象材（棒鋼、線材）を記載するが、鋼材と炉体形状のマッチング、炉への装入性及び抽出性に問題がなければ適用する対象材は限定されない。また、参考として処理例も記載するが、設備構造上適する処理例である。

代表例としてバッチ式ローラーハース型炉の詳細を紹介する。

本炉は棒鋼、線材ともに適用可能で、保護ガス雰囲気制御が適用可能な汎用炉である。炉体側面構造を図3に、炉体断面構造を図4に示す。

(1) 炉体構成

炉体は1室で構成され加熱、均熱、冷却までの一連の処理を完結させる。装入、抽出用の扉は片端のみに配置して装入、抽出を兼用させ材料を往復移動させてもよいし、炉体両端に配置して材料を片端から他端へ通過移動させてもよい。扉は外気遮断可能な密閉構造となっており、保護ガス雰囲気制御が可能である。

(2) 搬送装置

複数本の搬送ローラーで構成され、耐熱鋳鋼が採用される。棒鋼の場合は束に結束した状態でそのままローラー上を移動、コイルの場合はトレイと呼ばれる搬送板に載せてローラー上を移動する。熱処理中はローラーが対象物の荷重で変形しないようローラーは半回転程度正転、逆転動作を繰り返してオシレーションし、対象物の荷重が一方

のみに集中しないようにしている。

(3) 加熱装置

炉内雰囲気汚染せずに加熱するためバーナーはラジアントチューブ内で燃焼させチューブ外面からの熱伝導で対象物を加熱する。チューブは耐熱鋳鋼で熱伝導性、耐熱性に優れた材質が要求される。バーナーの火炎に偏りが生じるとラジアントチューブに局部加熱が生じ孔あき、変形、劣化を引き起こす。熱処理中にラジアントチューブに孔あきが発生すると炉内雰囲気が汚染されるため、定期的にバーナーの燃焼状態とラジアントチューブの管理が必要である。炉頂部にファンが設置されており炉内雰囲気を攪拌することで熱伝達の向上と部位による温度差を低減している。

(4) 温度、雰囲気制御

温度、保護ガス雰囲気濃度は計装装置とコンピュータで自動制御される。処理条件毎に処理パターンを入力しておけば複数条件を容易に使い分けることが可能である。

◇ 技術動向

1. 高熱効率熱処理技術

近年の省エネルギー化のニーズが高まりつつあることから、ここでは省エネルギー化の技術動向を紹介する。リジェネバーナーは小型化に伴うユニシャルコスト低減、設置スペース制約緩和、熱効率の高いバーナーの登場により、適用拡大の動きがある。また最近では、特殊形状で排熱回収効率の高い高効率熱交換機（レキュベレーター）や

高放射材をラジエントチューブ内に挿入する手法の採用（図5）、表面に凹凸をつけて表面積を増やした熱伝達率の高いラジエントチューブの採用などの動きがある。最新技術の導入以前に既設燃焼設備、排熱回収設備が正常に機能しているか維持管理することが最も重要であり、排ガス組成を定期的に監視する燃焼状態診断システムを備えた設

備も登場している。また、熱伝達効率の高い水素ガスを雰囲気ガスに用いることで加熱時間の短縮を実現している事例もある。

2. 圧延との擦り合わせ技術

一方、特殊鋼棒線の熱処理としては圧延直後に熱処理を行うことで圧延残熱を活用する手法や、圧延温度、圧延後冷却状態をコントロールすることで圧延段階で熱処理に適した組織を造り込んで熱処理時間を短縮する手法などが従来から継続適用されている。

むすび

特殊鋼棒線の熱処理について、その役割りと技術動向を述べた。特殊鋼棒線の熱処理は製品特性、後工程の加工性に大きな影響を与える極めて重要なプロセスである。圧延工程、2次加工工程、顧客での加工工程、部品や製品の特性まで、一貫プロセスを俯瞰した上で熱処理工程のあるべき姿を追求していくことが望まれる。

また、熱処理技術は金属組織学、冶金物理化学、伝熱工学、機械工学、制御工学など裾野の広い要素技術の集合体である。熱処理に関係する技術者は、不断の技術研鑽を通じて我が国の熱処理技術並びに産業界の発展に貢献することを願って止まない。

参考文献

- 1) (社)日本熱処理技術協会編：はじめて学ぶ熱処理技術、日刊工業新聞社、2007、206
中原修二：特殊鋼、55（2006）、2、8

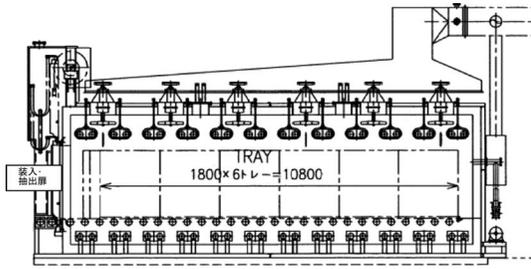


図 3 炉体側面構造

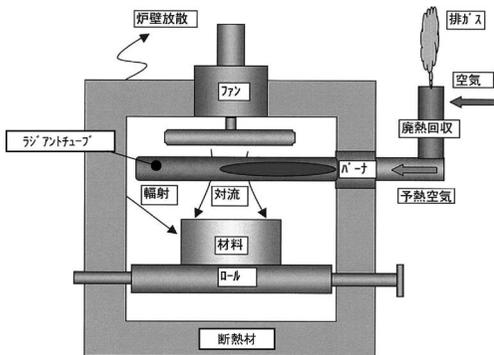


図 4 炉体断面構造

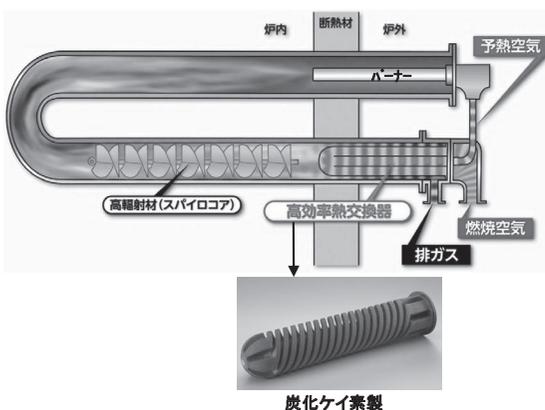
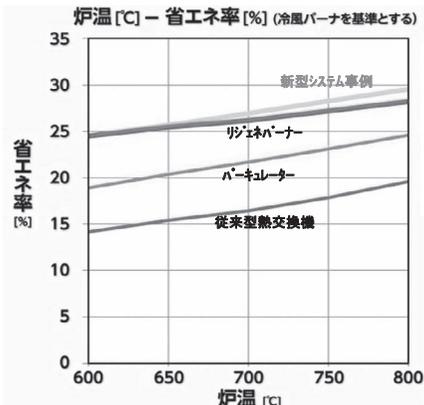


図 5 排熱回収効率改善事例 [大同特殊鋼(株)提供]



2. 伸線加工用皮膜

まえがき

伸線加工では、鋼線材とダイス内面との直接接触を防ぐ目的で伸線に前もって鋼線材表面への皮膜形成処理を行うことが一般的である。さらに伸線時にはその皮膜とダイスとの間に摩擦を減ずるための潤滑剤を付与している。これらの伸線加工用皮膜と潤滑剤によって安定的な伸線が成り立っているのであって、その良し悪しは生産性やかかわるダイスの消耗に大きな影響を及ぼす。本稿では各種伸線加工用皮膜の紹介、および近年の話題として冷間圧造用鋼線向け非リン皮膜について触れる。

◇ 伸線加工用皮膜

図1に伸線ダイス加工部周辺のイメージを示す。伸線加工では潤滑剤として石けんを多く含む粉末状の乾式潤滑剤を用いることが一般的である。潤滑剤は鋼線材表面に付着した状態でダイス内に導入され、加工面の摩擦力を低減させる重要な役割を持つ。潤滑剤が十分に加工面に導入されない部分があると、その摩擦は急激に高まりダイスの摩耗や焼付きなどの不具合が生じるため、安定的に高い生産性を確保するためには加工面への潤滑剤の導入効率を高めることが求められる。ここで使用されるのが伸線加工用皮膜である。伸線加工用皮膜はキャリア皮膜とも呼ばれ、加工面への潤

滑剤の導入促進と加工面での潤滑保持が目的である。また、伸線加工用皮膜があることで加工面に十分な潤滑剤が得られなかった場合にも鋼線材表面とダイス表面が直接的に接触しないため直ちには焼付きに至らない。伸線加工は、鋼線材表面に形成される皮膜とその上層に付与される十分量の潤滑剤によって成り立っているのである。

表1に鋼線材の伸線加工に用いられる皮膜を分類する。大雑把には塗布型処理と化成型処理に分けられる。塗布型処理は鋼線材表面にそれぞれの処理液を塗布し、乾燥により水などの媒体を揮発させることで形成する皮膜形成手法をいい、処理液中の皮膜成分としては消石灰と石けんの混合体であったり、ホウ砂（ホウ酸ナトリウム）、合成樹脂などが用いられる。また近年では、ダイス寿命のさらなる向上や冷間圧造用途を目的として、皮膜層にも優れた潤滑能を付与した一液型潤滑剤など新たな開発皮膜も登場している。

一方、リン酸塩処理（通称ボンデ処理）に代表される化成型処理は鋼線材表面に酸性処理液を接液することにより行われる。主にリン酸と亜鉛などの金属が溶け込んでいる酸性処理液により鋼線材表面が溶解され、その反応界面pHの上昇により処理液中の溶解成分からリン酸塩結晶が晶出する。その後の水洗工程で処理液を洗い流して皮膜処理工程は完了する。塑性加工用リン酸塩皮膜としては、主にHopeite ($Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$) とPhospho-

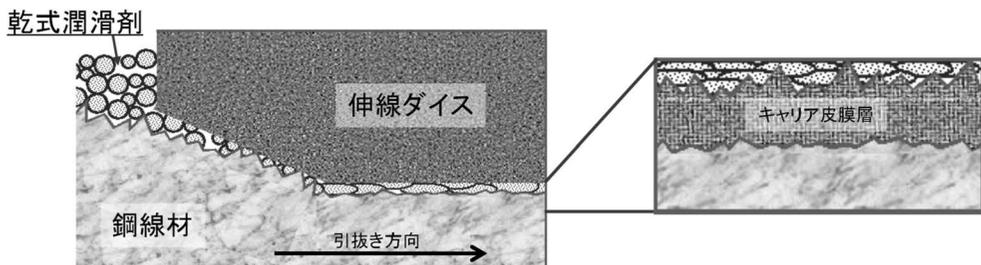


図 1 伸線ダイス加工部での潤滑剤とキャリア皮膜層の模式図

表 1 各種伸線加工用皮膜処理

皮膜処理		特 徴	用 途
塗布型処理	石灰石けん処理	中和力が高い。残留皮膜の除去が容易。 高速伸線や強加工度には適さない。 作業環境が悪い。防錆力が低い。	軟鋼線材 メッキ線
	ホウ砂皮膜処理	石灰石けんよりも伸線性能が高い。残留皮膜の除去が容易。 吸湿による性能劣化から使用方法が制限される。 防錆力が低い。ホウ素の廃水規制。	高速伸線 メッキ線
	樹脂皮膜処理	密着性が高く、潤滑性が良好。 脱膜性が悪い。溶剤規制対象。	ステンレス鋼線
	一液潤滑皮膜処理	自己潤滑性を有す。主に高張力ボルトの非浸リン皮膜として 冷間圧造用鋼線向けに使用される。	冷間圧造用鋼線 硬鋼線高速伸線
化成型処理	リン酸塩処理	鋼との反応により晶出する強密着性の結晶性皮膜。 皮膜表面の粗さにより伸線潤滑剤の持ち込みが良好。 脱膜性に劣る。浸リン現象の原因。廃水、スラッジが発生。	硬鋼線高速伸線 冷間圧造用鋼線 鋼管
	シュウ酸塩処理	素材との反応により晶出する強密着性の結晶性皮膜。 皮膜表面の粗さにより伸線潤滑剤の持ち込みが良好。 脱膜性が劣る。廃水・スラッジが発生。	ステンレス鋼線 ステンレス鋼管
その他	電解リン酸塩処理	電解によりリン酸塩を晶出するためスラッジが発生しない。 難化成材にも適用可能。電気量で皮膜量を調整。	硬鋼線高速伸線

組み合わせ潤滑剤：

粉状乾式潤滑剤、塗布型石けん処理剤、油、二硫化モリブデン、グラファイトなど…（皮膜処理全般に適用）

反応型石けん処理剤…（化成型処理に適用）

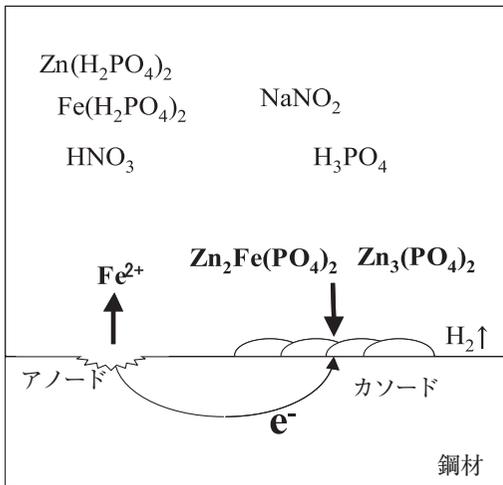


図 2 リン酸亜鉛皮膜の晶出機構

phylite ($Zn_2Fe(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$) を基本組成とする亜鉛系皮膜と、耐熱性が高いScholzite ($Zn_2Ca(PO_4)_2 \cdot 2H_2O$) を混在させて用いるカルシウム系皮膜が一般的である。図2にリン酸塩処理の晶出機構¹⁾、図3に塑性加工用リン酸塩皮膜のSEM像をしめす。鋼材表面には酸でのエッチングによる多数のピットが形成され、それらに強固に付着するリン酸塩結晶は層状に積層するように成長して

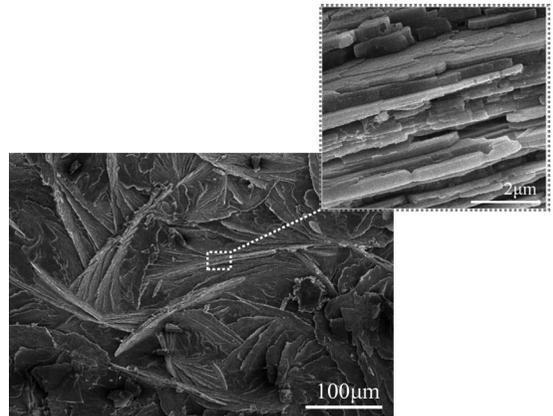


図 3 塑性加工用リン酸塩皮膜のSEM写真像

いる。なお、ステンレス鋼線など腐食し難い表面にはリン酸塩皮膜の形成が困難であることから、シュウ酸、酸化剤、フッ素系のエッチング剤などからなるシュウ酸塩皮膜処理（シュウ酸第一鉄： $FeC_2O_4 \cdot 2H_2O$ ）が用いられている。

その他には、電解を利用したリン酸塩皮膜処理方法も実施されており、主に大量生産型伸線設備に使用される。図4に電解リン酸塩の皮膜晶出機構を示す²⁾。一般に、メカニカルデスケーリングと電解酸洗による熱処理スケールの除去、必要に

応じて表面調整工程を経て電解によるリン酸塩処理が行われる。晶出させる皮膜量は素材種を問わず電気量によってコントロールでき十数秒の短時間処理も可能となる。電解法では鋼線材表面を溶解しないため副生成物であるリン酸鉄スラッジなどの産業廃棄物を大幅に低減することができる。

◇ 塑性加工におけるリン酸塩の機能

ここで鋼線材の皮膜処理として特に多く使用されているリン酸塩の機能についてももう少し紹介する。リン酸塩皮膜は、伸線加工分野に限らず塑性

加工全般の潤滑下地皮膜として、さらには鉄鋼や亜鉛めっき鋼板上への塗装の防錆下地皮膜としては世界中の自動車ボディーに用いられているなど古くから大変幅広く使用されている技術である。

リン酸塩皮膜が塑性加工用下地皮膜として有用とされる理由は、鋼材と金型とが接触する加工面での結晶のへき開による摩擦低減と展延的に加工面を被覆保護することによる優れた焼付き抑制能にある³⁾。平面金型による加圧前後のリン酸亜鉛皮膜について結晶面の配向状態をX線回折で比較した結果を図5に示す⁴⁾。Hopeiteのへき開面ピーク(020)とそれ以外の特徴ピーク(311)との強度比(020)/(311)が加圧後に顕著に増大しており、リン酸亜鉛結晶がへき開して特定面(020)の面配向が強まったことと解釈できる。図6に塑性加工を模擬したしごき加工によりリン酸塩皮膜の焼付き抑制能を評価した結果を示す。球状圧子で写真上方から下方に向けてしごき加工を行ったもので、加工長さにより加工面の表面拡大が増大する。鍛造油では加工開始から間もなく、石灰皮膜では中域ぐらいから明確な焼付きが発生しているのに対して、リン酸塩皮膜でのしごき加工面は最下方に僅かな疵が見られるだけの優れた焼付き抑制能を発現している。

その他、リン酸塩皮膜は結晶状であることから

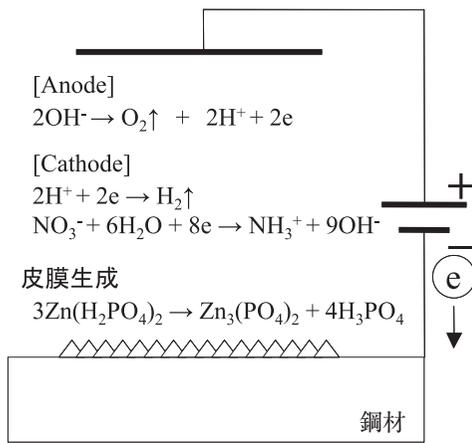


図 4 電解リン酸亜鉛皮膜の晶出機構

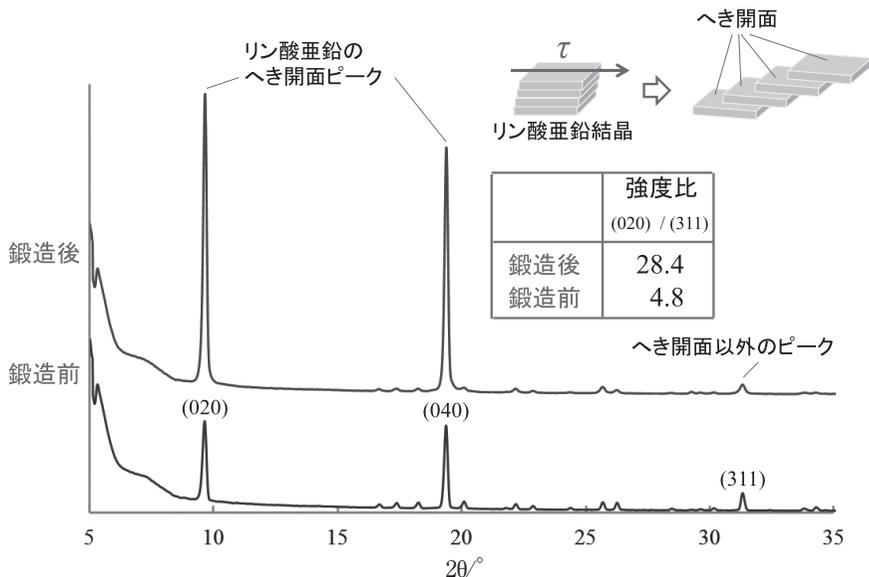


図 5 加工前後でのリン酸亜鉛皮膜の結晶面配向の変化

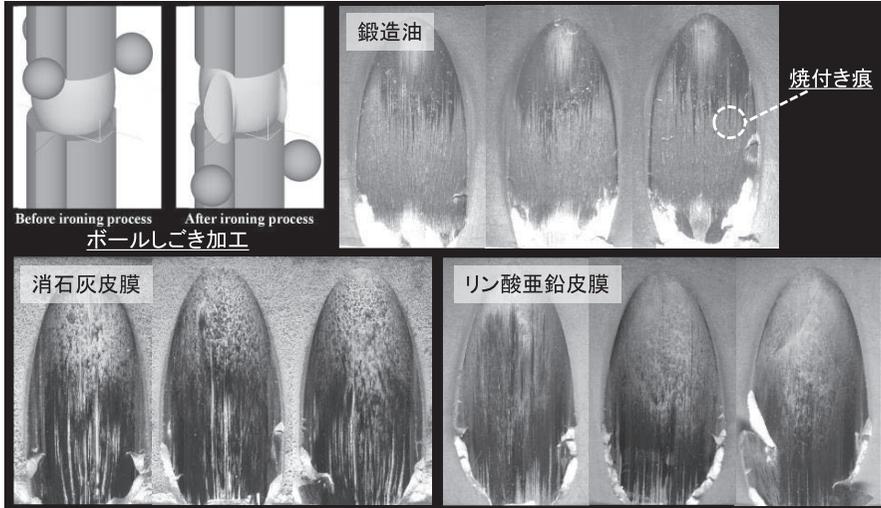


図 6 リン酸亜鉛皮膜の焼付き抑制能評価

皮膜表面に微細な粗さを有する。その粗さに保持される形で石けんなどの潤滑剤は加工面に導入され、伸線時の第一伸目で皮膜結晶と混在した状態で圧縮された潤滑膜となり低い摩擦係数と焼付き抑制能を併せ持つ優れた潤滑皮膜となる。この出来栄は、第二伸目以降や冷間圧造などの性能に影響し、安定な加工性を提供するためには多くの潤滑剤を導入・保持できることが重要である。

◇ 冷間圧造用皮膜

冷間圧造向け鋼線でもリン酸塩皮膜は標準的に使用されている。一方、高強度ボルトの製造プロセスでは、焼入れ加熱時にリン酸塩由来のリンが鋼中に浸入することが、高い応力状態で使用するボルトの遅れ破壊現象の原因となることが指摘されており、強度区分12.9級以上のボルトを製造する際には熱処理前に脱リン処理をしなければならないことがJISで規定されている。現実的には成型後のボルト表面の脱リン処理での品質保証には難しさがあるため、高強度ボルト製造では非リン潤滑剤を用いることが一般的である。

高強度ボルト圧造加工向けの非リン潤滑剤は15年程前から実用化されており⁵⁾、既存の石灰石けん処理に前もって無機酸塩系塗布型下地処理を施す二工程型処理と、一工程塗布型処理が代表的である。近年では、高性能下地処理や新石灰系皮膜の開発(図7)や、一工程型皮膜の改良などによ

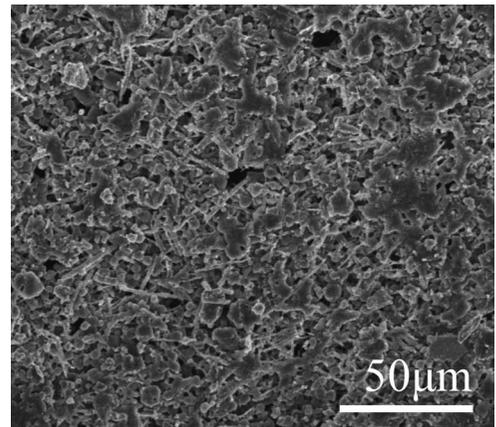


図 7 緻密な結晶からなる新型非リン潤滑皮膜のSEM写真像

り非リン潤滑剤の性能レベルは高まりつつある(図8)⁶⁾。

むすび

伸線加工において、乾式粉末潤滑剤を安定的に加工面へ導入・保持するために必要とされる伸線加工用皮膜について紹介した。また、近年の話題として冷間圧造用鋼線向け非リン皮膜の現状についても触れた。伸線加工用については古くからの各種皮膜がまだまだ現役として使用されているが、化成処理における廃水や廃棄物問題の対策としての低温・低スラッジ型化成処理や電解型化成処理、一液潤滑剤などの比較的新しい技術による、環境

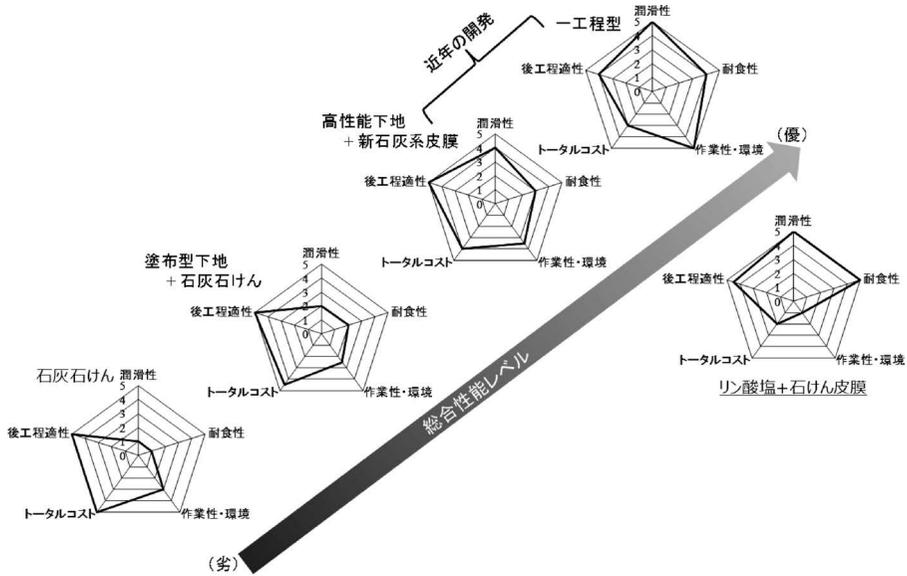


図 8 冷間圧造用非リン潤滑皮膜の開発状況

保全性向上、省スペース化、高生産性化、高品質化などの実現効果もあがっている。

冷間圧造用鋼線分野では、自動車軽量化アイテムとしての高強度ボルト用鋼線向けに開発された非リン潤滑皮膜の実用性能も近年では改善が進んでおり、今後、化成処理の代替アイテムとしてより広範囲に適用されていくことが期待される。冷間鍛造分野では一液型潤滑剤に代表される塗布型潤滑剤の採用が世界的に進んでおり⁷⁾、塑性加工分野で潤滑の改革がはじまっている。

参考文献

- 1) 山本昇：塑性と加工、46-536 (2005)、828-831
- 2) 若原仁志、小林直行、森山敦志、吉田昌之：日本塑性加工学会第55回伸線技術分科会資料、(2003)
- 3) 盛屋喜夫：日本パーカライジング技報、16 (2004)、3-8
- 4) 小見山忍：素形材、54-7 (2013)、35-41
- 5) 上田孝行、河添健一、平田幸四郎、小見山忍：日本塑性加工学会第54回伸線技術分科会資料、(2002)
- 6) 小見山忍：日本塑性加工学会第79回伸線技術分科会資料、(2015)
- 7) 小見山忍：日本塑性加工学会第43回鍛造実務講座テキスト、(2016)、95-110

3. 2次加工機械

宮崎機械システム(株) 豊田 尊敏
技 術 部

当社は大正11年（1922年）に発足し、昭和20年（1945年）に株式会社を設立以来、伸線機、撚線機、抽伸機のワイヤーフォーミングマシンの総合メーカーとして現在に至っています。最近、線材の2次加工を行う機械動向として、特に磨棒鋼、冷間圧造用鋼線（CHワイヤー）関連の業界においては太物 $\phi 20\sim\phi 50\text{mm}$ に対する要求が増加している事より、今回は太物をターゲットにした大型伸線ラインについてご紹介させていただきます。

従来、太物伸線機と言えば、横型ブロックの先端にガイドバーを設けて、先付された線材先端に引出しトンスを装着して、そのまま線材を巻取りブロックからガイドバーへ巻き上げ、1コイルすべてを巻き取ってしまう巻上げ式（写真1）が主流でした。

同時期には巻き落し式の伸線機もありましたが、当時のものでは太物に対しては巻取りブロック上において線のすべりが発生するため、伸線が非常に困難である、という問題があり、巻上げ式が主流となっていたと考えられます。

伸線後は、線材の熱処理設備により巻取りコイル径に制約があり、巻取りブロックの直径が1,000～1,100mmを上限とするため、引抜後の線材線径に対し巻取りブロックは設計上、小さくする必要があります。



写真1 巻上げ式横型伸線機

あります。

巻上げ式伸線機は、伸線開始時、重いトンス掛け作業を手作業で行うため重労働を伴い、さらに、巻き上げ後もトンスを外す必要があります。そのため、線材を引き抜いた後、ブロックを逆転させて線材自身の巻付け張力（スプリングバック）を緩めなくてはトンスが外せません。この逆転操作には伸線に要した時間の半分から2/3ほどの時間が必要となり、作業効率が良いとはいえません。また、逆転によるスプリングバックを開放させることが中途半端であると、引出しトンス取外しの際、線が反発し作業者の危険を伴うことにもなります。

トンスを外した後は巻き上げた伸線コイルを取り出すため、ガイドバーを傾斜させてコイルを線受キャリアに落下させますが、ガイドバーとコイルの摩擦抵抗によりスムーズに落ちない場合もあり、作業者が手作業でコイルを押し出す事も発生します。

また、巻き上げたコイルが線受キャリアに落下する際、スプリングが階段を落ちるように滑り落ちますが、その時の線材の落下音（騒音）は非常に大きく、工場作業環境を害するばかりでなく、周囲にも危険を伴う作業となっていました。

最近では、太物を対象とした横型伸線設備に関しまして、従来の巻上げ式ではなく、生産性・作業性・騒音対策を考慮した設備要求が増加しています。それらに応える設備として、伸線しながら巻落しができる、新型巻落し式横型伸線機（写真2）への移行が進んでいます。

新型巻落し式横型伸線機は、太物線材を連続的に伸線、巻落しを可能にし、先に述べた巻上げ式での問題点を解消するため、次の3つの特徴が挙げられます。

- ①油圧作動アームトンスをブロックに内蔵し、作業者が押しボタン操作で線材を口出しトンスに装着脱が出来る。（遠隔操作により作業者が線材に触れることなく作業が出来る）



写真 2 新型巻落し式横型伸線機

②従来は太い線材を口出しする場合、その口出しトンスの位置がダイスと一直線上にならないため、斜めに口出ししていたが、伸線機自身を油圧シリンダーでトラバースすることでスムーズかつ無理なく口出しが出来る。(遠隔操作により作業者が線材に触れることなく作業が出来る)

③巻落し式の最大の問題であるブロック上での線のすべりを抑えるため、ブロックは線の巻数を十分確保できる長さを持ち、送り出しローラー装置をブロック外周に設置した。このローラーで線を押える事で線は張り気味にブロックから送り出され連続的に線受キャリアへと送る事が出来るようになった。(落下音「騒音」対策、逆転作業不要によるロス時間の削減)

次に、この新型巻落し式横型伸線機を使用した一連の設備事例についてご説明させていただきます。

①ハンガー式サプライ兼送込み矯正ローラー装置 (写真3)

これは、サプライと予備矯正を一体型とし、省スペースを考慮した構造となっています。供給材はφ20mm以上が適用線径となります。ハンガー式サプライは、コイル重量が最大3,000kgまで積載可能でコイルは横向きに搭載します。太物線材の先端をピンチローラーに挿入すれば、その後は押しボタン操作で線材を伸線機まで送ることが可能です。

ローラー構成は、ハンガーローラー、2対のピンチローラー、5ヶの矯正ローラーより構成され、各ローラーはモーター駆動にて線材を伸線機まで



写真 3 ハンガー式サプライ



写真 4 切削バイト式先付け装置

送り、伸線機とのライン運転時はフリーとなるようにクラッチ機構を備えています。ピンチローラーおよび矯正ローラーの開閉は油圧シリンダーを採用しています。曲がったコイルの先端は、先端伸ばし装置で曲がり方を修正します。また、一旦引き出した線材を逆転にて戻す場合は、装備しているベンディングローラーを使用する事でコイルのふくらみを制限し、再コイル化する事も可能です。

②先付け装置 (スエーピングマシンまたは切削先付け装置)

本機ではダイスホルダーからブロック上の油圧作動アーム式チャック装置までの距離に相当する線材の先付け長さが必要となり、表面傷に対する探傷装置をインラインされるケースの場合、インラインでの長尺(約2~3m)の先付け作業が必要となります。長尺先付けをする装置として、スエーピングマシンや、の切削バイト式先付け装置(写真4)があります。

切削バイト式先付け装置は貫通式ですが、作業線径がφ18mm以上と限定されます。また、スエー

ジグマシンはφ18mm以下でも先付け作業は可能ですが、貫通式は高価になるため、非貫通式エージングマシンをレール台車の上に載せ、先付け位置と伸線時の待機位置間を移動させる方式が多く採用されています。

③ダイスホルダー装置 (写真5)

ダイスホルダーはダイス偏磨耗、潤滑材の攪拌に対応できる回転式が多く採用されています。表面傷検出用として探傷装置を搭載することも可能です。その場合は、探傷装置の前後にダイスホルダーを二箇所配置し、探傷装置はインライン・オフラインの切り替えが出来るように移動方式を採用しています。また、ダイスホルダーはその下に電動式スクリュージャッキを設け、ダイスホルダー出口でのパスラインを上下に振ることができ、仕上りコイル径を微調整することが出来ます。

④巻落し式横型伸線機 (ボックストラバース方式)

太物線材の引抜きの場合、ダイスホルダーから口出しされた線材の先端をチャッキングしますが、そのチャッキング装置 (口出しトンス) (写真6) は巻取りブロックの引抜き部分に装着することが物

理的に困難なためブロックの先端部に取り付くことになり、どうしてもダイスホルダーから出た線材を無理やり斜めに曲げてチャッキング装置に掴ませる必要があったのですが、新型伸線機では、本体は床面 (FL) に固定されているという概念をなくし、チャッキング位置から伸線運転位置に横移動を可能にすることで太物の線材を曲げることなく、口出しをスムーズに行うことができるボックストラバース方式としています。これは、伸線機本体をレール上に設け、巻始め動作開始から巻きながらブロック (伸線機) がスライドすることで線材がブロック引抜き部分まで無理なく巻き付けられます。チャッキング装置はブロック先端に設けられ、アーム形状にしてその先端にチャック部を持ち、すべて油圧作動で押しボタン操作で線材の掴み放しを行えますので、作業者の労力が軽減でき、安全の確保ができます。

巻落し式の最大の課題であるブロックに線材を巻きつけることで引抜きを可能にする線材の巻きつけ力をどう保つか、という点については、ブロック外周に送出しローラー装置を設け、ブロック上の線材をある一定の巻数を確保させ、線材を押えながら強制的にコイルを送り出すことで巻落しが実現しています。したがって、送出しローラーはモーターで駆動をかけて引張り気味に線をブロックから送出しを行う事で、ブロック上にて線材がスリップすることなく巻落し作業が可能となります。(写真7) (軽減面率作業の場合や、ボンデ処理線材の場合は石灰被膜線材に比べてスリップしやすくなる傾向がありますが、送出しローラー以外の押えローラーやダイスホルダーで

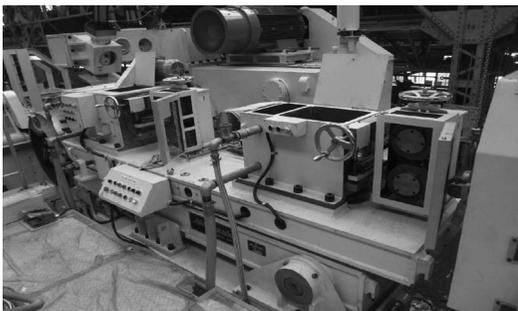


写真5 ダイスホルダー装置

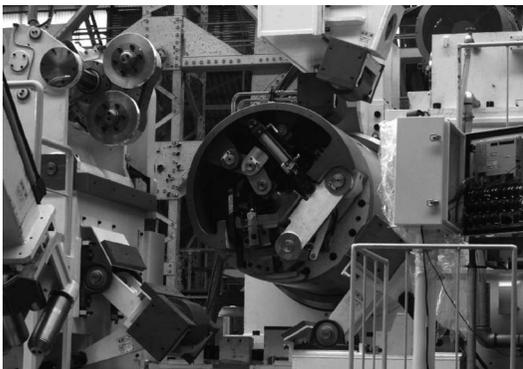


写真6 チャッキング装置



写真7 巻落し作業

コイル径を小さくする方向で調整することで回避できます)

また、丸線作業以外に異形線（六角材、四角材）作業もある場合には、ブロック引抜き部に線寄せリング（プッシュリング）を装備する事で可能となります。丸線作業だけであれば、ブロック引抜き部分はその線径に適したR形状で十分巻きつけられた線材（コイル）は順次ブロックの外側に押し寄せられます、六角などの異形を引き抜く場合は、引抜き部分がR形状では線材に捻じれが生じたり、角部が潰れる等により、線材がブロック上をスムーズに滑らず、押し寄せることが無理な場合があります。そこで、特殊なベアリングを採用してブロック引抜き部外周に若干の角度を付けた線寄せリングを設けることで、異形線でも強制的にブロック上を線が外側へスムーズに押し寄せられることができます。

⑤コイルガイドアーム（写真8）

巻取りブロックで巻き上げられた線材はコイルガイドアーム（コイル誘導装置）にて線受台にうまく落下するようになります。アーム先端には、可動式井桁ロールを設け、仕上り線のすくい上げ、落下位置への誘導は関節動作により行います。ガイドアームの関節動作は油圧シリンダーによる遠隔操作で行います。この装置がないとブロックか

ら線受台車上のキャリアに仕上りコイルはうまく落下しません。コイル先端のキャリアーへの誘導にも欠かせない装置です。

⑥V字レール式線受台

線受台は、V字に配置したレール上に2台の線受台車を設け、仕上りコイルをキャリアにすべて取り出した後、線受台を入れ替えることで、作業効率の向上が図れます。線受台は、巻取りブロックの回転に連動して駆動し、ブロックとの回転比率も任意に設定が可能です。

⑦結束用加圧装置

仕上がったコイルをキャリアに積んだ状態で、加圧装置下部に移動させた後、コイルだけを上から全体に油圧で押えて加圧し、作業者がコイル結束用フープにて結束することが容易になります。

この装置は転倒移動可能な台車と上下昇降する加圧装置からなり、作業者は一箇所にいながら常に加圧されたコイルを回転させることで、4箇所結束できるよう加圧を保つことができます。結束後、キャリアからコイルを取り出すには台車を取り出し位置に移動及び、転倒させることで可能となります。この時は、キャリアは残し、コイルのみが取り出せる仕組みとしています。

むすび

当社は機械本体の計画時に、油圧切断装置やダイスなど太物であるがゆえに大型化した周辺機器のハンドリングが容易になるように付属機器も提案することも可能です。

例えば、伸線ダイスもケースがφ200mm近いものでは作業者も片手で容易に持てない重量となりますが、ダイスホルダーの傍らにジブクレーンを設置する等、負担軽減に繋がるご提案。

また、現在使用されている機械に対し、省エネルギー化の取り組みとして、巻線型モーター、DCモーターから、高効率モーター（インバータ制御）へ移行する改造提案も行っています。



写真8 コイルガイドアーム

4. 2次加工製品の渦電流探傷

日本フェルスター(株) よし かわ ひとし
事業企画・開発ユニット 吉 川 仁

まえがき

非破壊試験とは被検査材を壊さずに有害きずの有無、そのきずの程度などを評価する検査の方法である。非破壊試験には被検査材の表面を探傷する渦電流探傷試験、磁粉探傷試験、浸透探傷試験や内部を探傷する超音波探傷試験、放射線透過試験などがある。その中でも表面を探傷する渦電流探傷試験は電磁誘導を原理とし、電気的な信号として取り出すことが出来るので自動化が図れ、定量的で能率のよい探傷を行うことが出来る。しかも、非接触で且つ、液体などの媒体は不要である。この利点を生かし、線材・棒鋼の1次製品の探傷や、伸線・抽伸・引き抜き工程などを経た2次製品の探傷を、さらに鍛造・切削などにより製造された3次加工製品の探傷まで幅広く利用されている。

◇ 渦電流探傷の原理

渦電流とは電磁誘導作用により生じる電流である。この原理を利用しているのが電気モーターや発電機で、身近な物に電磁調理器がある。電磁調理器の内部には銅線がコイル状に巻かれており、そのコイルに交流の電流を流すことにより生じた磁束がお鍋に影響し、お鍋そのものにも渦電流が流れてジュール熱が発生するという仕組みである。もう少し具体的に説明すると、図1のようにコイルに永久磁石を出し入れしたとする。コイルに磁石が近づき磁束が増える時はその磁束を弱める方向にコイルには逆の磁束が生じる、また磁石が遠ざかる時はその磁束を強めようとする方向の磁束がコイルに生じる。コイルに磁束が生じたときに起電力が発生し電流が流れる。これを電磁誘導と言い、コイルが一つ場合は自己誘導作用と言う。図2のように2個のコイルが隣り合う場合、コイルAに交流の電流を流したとすると、コイルAで発生した磁束はコイルBに作用し、コイルB側の回路にも電流が流れる。これを相互誘導と言う。こ

の関係を図3のようにコイルBを導電体に置き換えてみる。導電体はコイルの集合体とみなすとコイルAの磁束により導電体に電流が流れる。これが渦電流である。

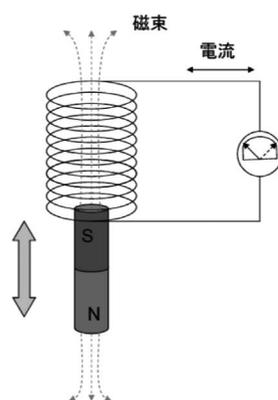


図 1

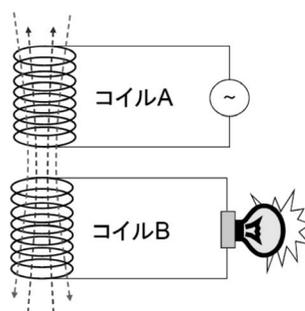


図 2

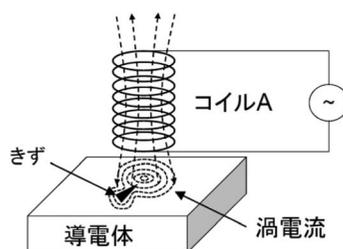


図 3

もし導電体の表面にきずがあれば、渦電流は流れにくくなる。そうするとコイルAはそれに反発して電流をもっと流そうとする。その変化をきず信号として検出している。これが渦電流探傷の原理である。渦電流の変化はきずがあることによる導電率の変化と導電体の透磁率にも影響を受ける。導電率は電気の流れやすさを示し、透磁率は磁気的特性を示すもので磁石が吸引しやすいものほど透磁率は高いと言える。

◇ 渦電流探傷機

2次加工製品の渦電流探傷として主に貫通型渦電流探傷と回転型渦電流探傷の2種類の探傷方法がある。図4が貫通型渦電流探傷のセンサー部分の簡単な構造で、図5が回転型渦電流探傷の簡単なセンサー部分の構造である。構造は貫通、回転ともに1次側コイルと2次側コイルに分かれ、1次側コイルに決められた周波数の電流を流し、2次側コイルで被検査材の渦電流の変化を取り出す。2次側コイルは差動接続されており、2個のコイルの差分を取り出す。どの探傷方法を選択するかは被検査材に発生するきずの形態、探傷の処理能力、きずの検出能、探傷ラインの方式などを総合的に見て判断される。

1. 貫通型渦電流探傷

対象とするきずの形態はへげ、穴、へこみのような被検査材の軸方向に長さの無い短い欠陥である。逆に軸方向に発生するダイスマークのような一定の深さで連続的に続くきずは不得意とする。探傷の時間的な処理能力は回転型渦電流探傷機に比して高い。なぜならば、貫通試験コイルの中に被検査材を通して探傷するために、速度を上げても未探傷部分が発生することは無いからである。熱間圧延ラインでは120m/秒の通材速度でも抜けなく探傷ができる。きずの検出能は被検査材の材質、外径、管ならば肉厚、肌性状、どのような工程のラインで探傷するか、貫通試験コイルの充填率などにより変わってくるので確定的なことは言えないが、目安として一般的に $\phi 10$ 以下は0.1mm

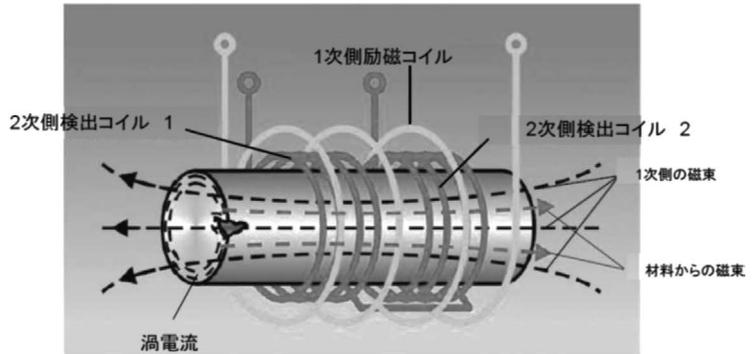


図 4

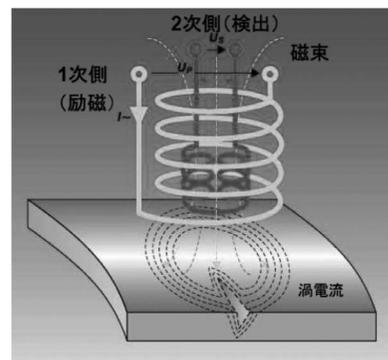


図 5

深さ、 $\phi 10$ 以上は外径の1%深さである。充填率とは通材する被検査材の断面積と貫通試験コイルの平均径の断面積の比率を言うが、充填率が低いと検出したいきずは検出できないが、逆に高すぎると貫通試験コイルと被検査材が干渉することになるので、この両方を鑑みて貫通試験コイルは通材する被検査材の外径に最適なサイズを使用して探傷を行う。探傷する被検査材の外径サイズが多ければ、そのサイズをカバーできる貫通試験コイルが必要となる。また被検査材がアルミニウム、銅、真鍮、チタンなど磁石が吸引しない非鉄金属の場合は、貫通試験コイルに通せば探傷を行えるが、鋼のような磁石が吸引する強磁性材の場合は、磁気飽和装置を併用し、直流磁界の中で探傷を行う必要がある。非鉄金属の比透磁率は空気と同じほぼ1であるが、炭素鋼の比透磁率はおよそ100から2,000と非常に高く、1本の材料でも細かく見ていくと一様ではない。その透磁率の不均一さが磁気的な変化として渦電流の変化に影響し、ノイズ

の原因となる。ところが磁気飽和をすると、比透磁率が約1となり透磁率の変化の影響を受けなくなる。もし磁気飽和をしないならば、健全品でも非常に高いノイズにより探傷は不可能となる。但し、磁気飽和をして探傷した被検査材は残留磁気が残っており、脱磁装置を通して脱磁してやる必要がある。

2. 回転型渦電流探傷

対象とするきずの形態は、軸方向に発生した長く続くきずである。逆に短いきずの検出は不得意とする。探傷能力は貫通型渦電流探傷器と違い、ある一定の制限がある。なぜならば、図6でも分かるように、きずを検出するプローブがある回転数で回転をし、その中を被検査材は直進し、被検査材の表面をスパイラル状になぞるように探傷を行っていく。したがって、被検査材の通材速度がある速度以上に上がると未探傷域が発生することになる。もしその未探傷域に短いきずがあったならば、検出は不可能となる。これが、長手方向きずは得意で、短欠陥は不得意となる理由である。しかし、短欠陥でもプローブの有効幅の2倍の長さであるならば、通材速度を調整することにより確実に検出可能となる。プローブの有効幅は0.8mm、1.5mm、2.5mm、5mm、10mmなどいくつかの種類がある。きずの検出能は被検査材の材質、外径、肌性状、どのような工程のラインで探傷するかなどにより変わってくるので確定的なことは言えないが、目安として一般的に0.05mm～0.1mm深さ×0.1mm幅である。回転型は貫通型とは違い、被検査材の外径に応じてプローブを拡張させる機構部があり、被検査材とプローブの隙間距離を調整して探傷を行う。隙間距離は貫通型と比較して非常に狭く0.3mm～0.7mmである。プローブが被検査材に近いことや、非常に狭い範囲

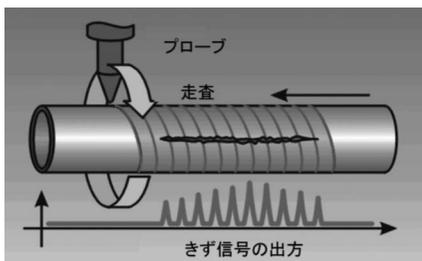


図 6

をみているので、貫通型と比較してより浅く小さいきずを検出することが出来る。プローブの前後には保護ガイドがあり、通材芯を精度良く出さないと、被検査材が保護ガイドと接触してきずが入ったり、回転体を痛める原因になるので注意を要する。なお、貫通型のように強磁性材を探傷する場合も、磁気飽和をする必要はない。

3. 探傷方法

被検査材に発生するきずが短欠陥と長手方向きずの両方ならば、回転型渦電流探傷機と貫通型渦電流探傷器の2台をタンデムに並べて探傷する必要がある。強磁性材を探傷するならば、その流れ方向は回転型渦電流探傷機、貫通型渦電流探傷器、脱磁装置の順番となる。この逆の順番だと、磁化された被検査材を回転型で探傷することになり、残留磁気によるノイズや回転型渦電流探傷機そのものが着磁してしまう。

伸線ラインでの探傷の場合、探傷機は伸線ダイスと伸線ダイスの間に設置する。そうすることにより、ダイス間では線材にテンションがかかり、通り芯が安定する。コイル材の場合、きずを検出してもその部分のみの切除が出来ないのでマーキングをし、後の鍛造工程できず部分のみを除去する処理をするか、その場できずの手入れをするということになる。このきずの手入れはオペレーターが手作業で行う場合と、探傷機に信号処理装置を接続し、伸線ラインにきず取り機構部を設置し、伸線を停止させることなく自動できず取りを行うシステムもある。

コイル材の探傷の場合はコイルの巻き初めと巻き終わり以外の全長の探傷評価が行え、伸線作業と同時に行えるメリットがあるが、再探傷が出来ないデメリットもある。

抽伸ラインなどの定尺材のラインでは供給テーブル、搬送ライン、前ピンチローラー、探傷機用架台、後ろピンチローラー、搬送ライン、振り分けテーブルというライン構成になる。通材される被検査材の外径により探傷機の高さ調整を必要とする。被検査材の先端と後端部分は不感帯という未探傷域が発生する。これは先・後端部の突入・突出の際に出る大きなノイズ信号を強制的に消す必要があるためである。定尺材の場合、良品と不良品を1本ずつ振り分けることが出来るので、き

ずの箇所を特定する場合や手入れをする場合を除き、マーキングすることは少ない。

探傷機がバッジラインなのかどうかにもよるが、オンライン処理から切り離されているならば、探傷後の再探傷が可能となり、きず信号の特定や評価解析がしやすいというメリットがある。

4. 探傷の注意点

はじめに述べたように、渦電流探傷は導電率の変化と透磁率の変化により、きずを検出している。このふたつの要素に影響を与える被検査材側の要因は全て何らかの信号として探傷機に出てくる。探傷の対象となる鋼はいわゆる特殊鋼と呼ばれ、高炭素鋼や合金鋼などがほとんどである。渦電流探傷は被検査材に電流を流してその変化をとらえている。より多くの電流が流れてくれるほど貫通試験コイルやプローブで検出できる利得は上がり、その分、探傷機側のアンプでの増幅度を上げる必要が無い。増幅度を上げるということは、きず信号以外の不要な信号も大きく上げることになる。しかし、炭素の含有比率が上がるほど、また他の添加元素の含有比率が上がるほど、被検査材の導電率は下がり、探傷には不利に働く。この状況下で効率の良い、高精度の探傷を行うには、まず被検査材が振動なく安定して搬送できる良い探傷ラインであること。もちろん外来の電気ノイズが無いことである。言うまでもないが、重要なのは探傷機器側の適正な探傷条件の設定である。

また被検査材の応力的な要因による局所的な透磁率の変化、表面の脱炭により導電率の変化による虚報がでる可能性がある。とりわけ、SUS304の探傷には注意を要する。SUS304は塑性加工の程度が増していくほど、加工誘起マルテンサイトの発生により透磁率が上がる特性をもつ。外観目視上、目立ったきずが無いのにしきい値を超える信号が出る場合は、この誘起マルテンサイトに関する虚報の可能性が高い。被検査材全体の透磁率が一律に上がっておれば、磁気飽和装置を入れて解決する場合もあるが、局所的に透磁率の変化がある場合は解決しない。まずその場合は、局所的に透磁率が変わる原因を突き止めて、対策をする必要がある。虚報が発生した場合は、まず被検査材そのものの材料要因なのか、搬送系の機械的な振動や電気ノイズなどの外的要因なのかを見極める必要がある。

5. 新しい探傷方法（クリアランス補正機能付き貫通型渦電流探傷）

貫通型渦電流探傷の場合、通材芯と貫通試験コイルの中心が合っていないと、同じきず深さであっても同じ信号振幅にはならない。きずが貫通試験コイルに近ければ大きく、遠ければ小さくなり、正しい探傷評価が出来なくなる特性を持っている。これを解決するためにきずを検出する巻き線と被検査材との距離（クリアランス）を監視する巻き線を1組とする2次側センサーを円周方向に8組配置した試験コイルを開発した。図7にそのイメージを示す。通材芯が合っていないくとも同じきず深さならば、リアルタイムに自動的に補正をして、同じ信号振幅にしてくれる。従来の貫通型渦電流探傷よりも品質基準や検査基準が厳しい要求のある被検査材や、きずの位置情報を距離軸のみではなく、円周方向も必要とする場合などに最適である。

むすび

探傷機はアナログ型からデジタル型に移行し、さらに、昔はハード的に電気処理されていた機能が今はソフト的に処理されている。従って、機器メーカー側は探傷機の機能アップがすぐに行うことが出来るようになり、昔と比較してその進化は早くなっている。また、探傷機に不慣れな者であっても使えるようにカラーグラフィック表示でビジュアル化され、自動化できる機能は自動化をして、簡単に操作できるようになった。今後も世の中の技術の進歩と共に探傷機器も発展していくだろうが、それを使いこなすのは人間であることは今しばらく続きそうだ。その意味で、良い探傷をするには使う人間側が探傷の原理はもとより、探傷技術、探傷する材料の知識、設備的な知識など幅広い知識を持ち合わせた上でやっていく必要がある。

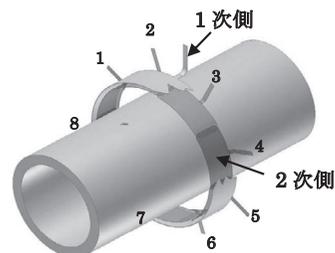


図 7

Ⅲ. 各製品における2次加工技術

1. 冷間圧造用鋼線

新日鐵住金(株) 棒線事業部 ほんだえいじ
 室蘭製鐵所 棒線圧延部 加工室 本 田 英 二

まえがき

冷間圧造用鋼線は用途として、ボルト、ナットなどの締結部品用途と主に自動車など向けの機械部品用途に分けられる。ここでは図1に示すよう



図 1 冷間圧造用鋼線より製造される各種締結部品

なボルトを中心とした締結部品について解説するが、一言でボルト用冷間圧造用鋼線と言っても、表1のように、その強度区分により炭素鋼、ボロン鋼、低合金鋼が使い分けられている。

冷間圧造用鋼線の2次加工工程は、おもに熱処理、脱スケール・皮膜処理、引き抜き（伸線）の組み合わせで行われ、素材材質の特性やボルトの用途、冷間鍛造メーカーの要求仕様を考慮した上で、これら工程の組み合わせにより2次加工工程は決定される。図2に代表的な冷間圧造用鋼線の2次加工工程例を示すが、このように複雑で足の長い製造工程となっているのが特徴である。

◇ 冷間圧造用鋼線に求められる品質と2次加工技術

1. 脱浸炭

冷間圧造用鋼線では、脱炭がある場合には冷間

表 1 ボルト強度区分と適用材質例

強度区分	低炭素鋼	中炭素鋼			ボロン鋼	高強度ボロン鋼	低合金鋼	耐遅れ破壊用鋼	
		非調質			調質				
4.8級	△								
5.8級	△	△							
6.8級		△	○						
7T				○	○	○			
8.8級				○	○	○			
9T						(○)	○	○	
10T						(○)	○	○	
10.9級							(○)	○	
11T							○		
12T							(○)	○	
12.9級							(○)	○	
材質例	リム下鋼 S15C S25C	S33C S35C	S43C S45C	NHF540 NHF590	S43C S45C	10B21 10B33 15B27	10B35 15B36 SB25	SCR430H SCR440H SCM435H SCM440H	ADS2 MB12

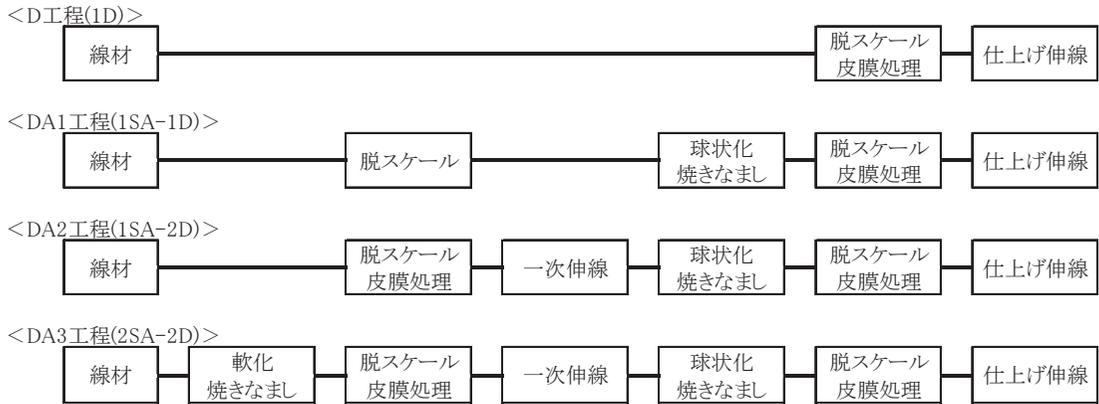


図 2 代表的な冷間圧造用鋼線の2次加工工程例

鍛造によるボルト成形後に所定の強度が得られない、また、浸炭がある場合には表面の強度が上がり冷間鍛造時に有害な割れが発生することから、脱浸炭の厳しい品質管理が求められている。鋼材メーカーでは圧延時の加熱温度管理等により脱炭防止を、また、2次加工工程では熱処理時の炉内雰囲気の厳格管理による脱浸炭コントロールを行っている。各製品毎に引き抜き時の引き抜き量、熱処理の有無を考慮した上で素材仕様を決定しており、素材メーカーから2次加工まで一貫した脱浸炭管理により厳しい脱炭管理の要求に応えている。

2. 硬 度

冷間鍛造時の成型性、鍛造ダイスの寿命、また成型加工後の切削性の観点より、硬度に対する細かい仕様の要求がある。また、鍛造時の成型性やダイス寿命に関しては、鍛造機とのマッチングも重要で、鍛造メーカー各社ノウハウを有するため、同じ材質、鋼線径のものであっても鍛造メーカーの要求する硬度仕様は多岐に渡っている。一般的には、2次加工での熱処理段階での素材軟化と引き抜き加工時の引き抜き量の調整（引き抜き前素材線径のコントロール）により硬度の細かい仕様に応えている。

また、機械部品用途では大型部品の冷間鍛造化が進んでおり、冷間圧造用鋼線の太径化が進んできている。今後更なる太径化による冷間鍛造化のニーズも高まる可能性があることから、太径素材の熱処理時における硬度ばらつきの解消など克服すべき課題は多い。

3. 潤滑皮膜

潤滑性と防錆性に優れるボンダ・リユーベ処理（りん酸亜鉛溶液処理+金属石鹼処理）が広く浸透している。ただし、耐遅れ破壊用鋼を代表とする高強度ボルトには、JIS B 1051: 2000（炭素鋼及び合金鋼製締結部品の機械的性質）に「強度区分12.9のものは、引張応力が働く表面に、光学顕微鏡で確認できる白色のりん濃化層があってはならない。」¹⁾と規定されているため、ボルト成形後の焼入れ工程での浸りん防止を目的に、2次加工における引き抜き前の潤滑皮膜には、りんを含まない潤滑材の採用が進められてきた。一般的には石灰石鹼処理が主流ではあるが、強加工に適さないこと、また、引き抜き後の表面潤滑部の吸湿による発錆、潤滑性低下の懸念があり、長期間の保管に耐えられないという課題がある。そのため、2次加工各社とも非りん系潤滑剤を模索しており、一部適用も進められている。

4. 表面きず

冷間鍛造時に有害となる表面きずは特に厳格に管理されている。近年はツバ付ボルトの成型など加工度の大きなものへの冷間鍛造化が進んでいることもあり、極微小な表面きずであっても許容が難しくなっている。表面きずに対する要求は今後も高くなると推測しており、一貫した表面きず減少取組みを絶えず続けている。

前述の通り多岐にわたる2次加工工程を経る特性上、各工程間の輸送がネックとなり、コイルの運搬工程で発生する表面きず対策が重要な要素となっている。コイル置場等でコイルと直接接触す

る箇所に樹脂を採用する等の取組みに加えて、フォークリフトでのコイル輸送時のコイル同士の接触回避のため、図3のような無人搬送車（AGV、Automatic Guided Vehicle）を採用するケースに加え、コイル保管時の配置換え回数を削減し、表面きず発生の可能性を減らすために図4のような自動立体倉庫の採用も進んでいる。

また、素材メーカーからの出荷時には輸送中のきず発生防止の観点から、コイルのフル梱包化が進んでおり、図5のような樹脂製織布でのゲート



図 3 コイル輸送用AGV

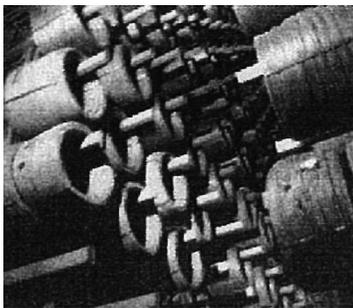


図 4 コイル自動立体倉庫

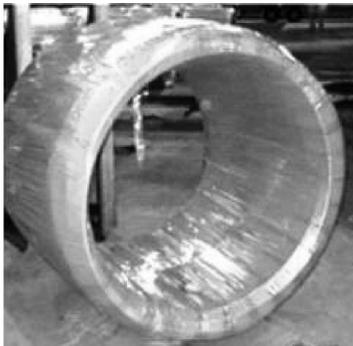


図 5 梱包コイル外観

ル巻き梱包の実用化、および、図6のようなコイルの中継地へのキャリア輸送も行われている。

2次加工でも、引き抜き加工時に渦流探傷を行うことでコイル全長のきず保証のニーズが高まっており、有害疵の流出防止の観点から各社対応を図っている。このとき、渦流探傷で検出された表面きず部をトリミング（切り捨て）することは歩留低下に繋がることから、引き抜きライン内での表面きず手入れも実用化されているものの、最終の引き抜き工程では手入れにより鋼材表面に付与した潤滑皮膜を剥がすことになり、冷間鍛造時の焼付きの原因となることから、引き抜きライン内での表面きず手入れは中間引き抜き時のみに適用される場合が多い。

足元では、冷間鍛造時にコイルの不良部をリジェクトしようという試みもなされている。たとえば、次工程の引き抜き加工時に渦流探傷にて検出された表面疵部をマーキングし、鍛造時にそのマーキング部を検出して、鍛造機で自動リジェクトする技術の採用がその一例に当たる。重要保安部品に使用されるボルト類は、目視による全数検査を実施している場合もあることから、この技術は2次加工側での表面疵部のトリミングの手間が省けるという利点に加え、ボルトでの全数検査の簡略化も期待できる。また、鍛造メーカーとしても引き抜き時の歩留ロス分のコストがワイヤー価格に転嫁されない等のメリットも期待できることから今後適用拡大が進んでいくものと考えられる。

5. 工程省略

前述の通り、熱処理、脱スケール・皮膜処理、引き抜き工程の組み合わせにより複雑化している2次加工の特性上、コスト削減の観点から工程省略のニーズが高いことが、冷間圧造用鋼線への品



図 6 コイルのキャリア輸送

<焼鈍省略型(2SA-2Dの例)>



図 7 熱処理省略型の工程省略材

<焼鈍省略型(1SA-2Dの例)>

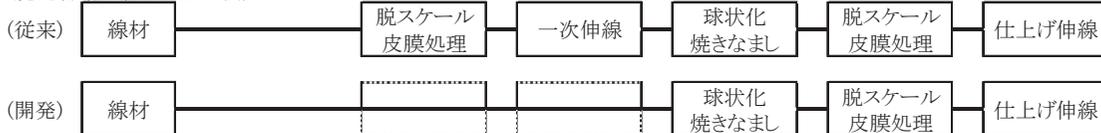


図 8 伸線省略型の工程省略材

質要求の特徴として挙げられる。例えば、ボロン鋼による工程省略材は既に広く浸透している。これは炭素含有量を減らすと同時にボロン添加により、ボルト成形後の焼入れ工程での焼入れ性を向上させることで、伸線加工前の熱処理を省略し、ボルト強度確保を図ったものである。

素材メーカー各社とも、工程省略材の開発に力を入れており、素材圧延時の制御圧延と制御冷却技術の組み合わせと微量元素の添加等により、素材コストが上昇しても2次加工までの一貫工程において熱処理コスト削減等のトータルコスト削減に繋がるよう、2次加工メーカーを巻き込んだの取組みを継続している。

以下に現在開発が進んでいる工程省略型商品の特徴を示す。

①熱処理省略（簡略化）

素材圧延時の制御圧延と制御冷却技術の組み合わせ、および微量元素の添加等により素材を軟質化することで、図7のように一次伸線前の熱処理工程を省略、もしくは熱処理時間の短時間化によるコスト削減を可能としている。

当社の線材高機能商品のうち、圧延後軟質化タイプのDS (Direct Softening) 線材がこれにあたり、制御圧延と制御冷却の組み合わせによる素材軟質化技術を採用し、圧延まま素材で従来焼鈍 (LA/低温焼鈍、RA/普通焼鈍) 相当レベルを達成している。

②伸線省略型

熱処理時の軟質化促進のため、熱処理前にひずみを付与する目的で引き抜き加工（中間伸線）を実施している場合がある。この場合、前述の熱処理省略型と同様に素材の組織制御により、図8のように、ひずみ付与目的の引き抜き工程を不要にでき、コスト削減が可能となる。

当社の線材高機能商品のうち、焼鈍後軟質化タイプのEC (EDC (Easy Drawing Conveyor) + Controlled Rolling) 線材がこれにあたり、制御圧延と制御冷却の組み合わせによる焼鈍後組織の均一微細化技術を採用し、焼鈍後硬度を低減することで中間伸線工程の省略に寄与している。

むすび

我々日系メーカーは、個社の技術力もさることながら、素材メーカーと2次加工メーカーが一体となり、2次加工の条件にあわせた素材特性となるよう、素材メーカーが鋼材のカスタマイズを行うなどのきめ細かな対応ができることが特徴と言える。この特徴を最大限に活かし、特殊鋼棒線分野での日系メーカーの存在価値を示していくことが、今後も重要である。

参考文献

- 1) 日本工業規格：JIS B 1051: 2000 炭素鋼及び合金鋼製締結用部品の機械的性質

2. ばね用鋼線

サンコール(株) 精密機能材料部門 あべ 聡
精密機能品質技術部 安部

まえがき

ばね用鋼線は、主として2次加工工程の伸線加工で加工硬化した状態で使用される硬引き線と、その後、焼き入れ焼き戻しにより調質して使用されるオイルテンパー線がある。

表1にJISに規定されているばね用鋼線を示す。ばね用鋼線の用途としては、自動車などの駆動系、サスペンション系に使用されるコイルばねとしてエンジン用弁ばね、トランスミッション用クラッチばね、懸架ばね、スタビライザー、トーションなどがある。その他、家電製品や情報機器に使用される精密ばねなどがある。

一部は、ばねを成形後に調質される場合もあるが、大分部のばねは、2次加工工程で材質が決まることもあり、2次加工で製品で必要な強度および信頼性が求められる。

ここでは、ばね用鋼線のなかでも高い強度で使

用されている弁ばね用鋼線を中心に最近の動向を述べる。

◇ 加工工程

図1は、高品質が必要な場合の2次加工工程の事例であり、熱間圧延線材の表面疵や脱炭などの表面欠陥を取り除くために皮削り行がわたることが多い¹⁾。

◇ 技術動向

1. ニーズ

ばねは各産業分野で高機能化、高性能化が進み、その材料であるばね用鋼線には高強度化、高精度化、高信頼性が求められている^{2)、3)}。ばね用材料の高強度化のニーズは、自動車の性能、燃費に関係することから弁ばね用材料や懸架ばね用材料で顕著であり、1980年代ごろから高強度材の採用、使用量の拡大が進んでいる。例えば懸架ばね用鋼

表 1 JISに規定されているばね用鋼線

硬引き線	炭素鋼線	ピアノ線	SWP-A、SWP-B
		弁ばね用ピアノ線	SWP-V
	硬鋼線	SW-A、SW-B、SW-C	
	合金鋼線	ばね用ステンレス鋼線	SUS302-WPA、SUS302-WPB、SUS304-WPA、SUS304-WPB、SUS304N1-WPA、SUS304-WPBS、SUS316-WPA、SUS304N1-WPB、SUS631J1-WPC、SUS304-WPDS
オイルテンパー線	炭素鋼線	ばね用炭素鋼オイルテンパー線	SWO-A、SWO-B
		弁ばね用炭素鋼オイルテンパー線	SWO-V
	合金鋼線	弁ばね用合金鋼オイルテンパー線	SWOCV-V (弁ばね用クロムバナジウム鋼オイルテンパー線)、SWOSC-V (弁ばね用シリコンクロム鋼オイルテンパー線)
			SWOSC-B (ばね用シリコンクロム鋼オイルテンパー線)
		ばね用合金鋼オイルテンパー線	SWOSM-A (ばね用シリコンマンガン鋼オイルテンパー線 A種) SWOSM-B (ばね用シリコンマンガン鋼オイルテンパー線 B種) SWOSM-C (ばね用シリコンマンガン鋼オイルテンパー線 C種)
	ばね鋼	SUP6、SUP7、SUP9、SUP9A、SUP10、SUP11A、SUP12、SUP13	

硬引き線 : 線材—(熱処理)—皮削り—焼鈍—酸洗—伸線—検査—製品

オイルテンパー線 : 線材—(熱処理)—皮削り—焼鈍—酸洗—伸線—オイルテンパー—検査—製品

図 1 2次加工工程の事例

線の引張り強さは1,700Mpaから1,900～2,000Mpa程度⁴⁾、弁ばね用鋼線は1,900Mpaから2,050～2,200Mpa程度⁵⁾に変わってきている。このため、ばね用鋼線に求められる品質も向上してきている。図2は、材料の強度が高強度になると欠陥（鋼材中の非金属介在物、表面疵など）による疲労強度低下の影響が大きくなることを示している。

欠陥としては、2次加工に供する熱間圧延線材の表面疵や脱炭あるいは非金属介在物などおよび2次加工工程での取扱い疵や熱処理時の脱炭などがある。それを起点にしてばね成型時の折損やばね使用時の疲労破壊の起点になり得ため、鋼材では非金属介在物の低減など、2次加工では、表面疵や脱炭のない鋼線を製造できるように努力されている。

2. 各加工工程の動向

(1) 皮削り

皮削りは、主に弁ばね用材料で使われており、表層の脱炭、疵の除去を目的に表層を削り取る加工工程である。鋼線用として神戸製鋼所が開発した線材の皮削り技術が表面品質の向上が求められる状況で普及した¹⁾。

例えば、弁ばね用オイルテンパー線のJISでの規定では、端末によるきずの検査で線径の0.5%以下（線径：2.00を超え6.00以下）まで、全脱炭層深さ

は、線径の1.5%、最大で50 μ mまでと規定されており、2次加工の初期段階で、それらを取り除き、その後の2次加工工程で新たな欠陥を生じないようにする。

線材での表面欠陥は、鋼材メーカーの取り組み⁶⁾で改善してきているものの、いまだ必要な工程である。特に高強度、高負荷、高サイクル疲労寿命が必要であり、2次加工工程内で発生する表面微細疵の防止の取り組みがされてきている。

この処理後は次工程まで、表面の酸化膜を除去して、かつ化成皮膜もついてない状態であるので、取扱い疵がつかないように搬送、保管時に接触疵がつかないように、キャリアーや床面間の緩衝材や軟質材のカバーをつけるなどの工夫がされている。

(2) 伸線前の熱処理、脱スケール

ばね用鋼線は一般的に0.5%C以上の炭素が多い鋼線であり、高加工度の伸線ができる微細な層状の共析組織（パーライト組織）を得るため恒温変態熱処理（パテンチング）が使用されることが多い。方法としては、溶融鉛、溶融塩槽を用いるソルトパテンチング、微細な砂を流動状にして熱媒体とする流動層を用いた流動層パテンチングがある。一般的に弁ばね用鋼線など高品質鋼線に、従来は鉛炉が使用されていたが、環境問題もあり、

近年は、ジルコンサンドを使用した流動層パテンチングや高周波加熱による焼鈍などが行われている⁷⁾。熱処理後の材料は軟化しているうえに、表面には潤滑剤がない状態であるので、ガイドなどとの接触疵の防止に注意が払われている。

(3) 酸洗

バッチ式が従来から行われてきたが、工程の簡略化などの目的で熱処理から連続してインラインでの酸洗・潤滑処理がされるようになってきている。最近では、化成皮膜もインラインで処理されている⁸⁾。生産性向上に加えて、中間工程材の移動、保管が少なくなることにより、取扱い疵を防ぐことによる品質向上の効果も期待できる。

材 料	折損起因		化 学 成 分 (wt%)				
	介在物	表面	C	Si	Mn	Cr	V
Si-Cr 鋼	●	○	0.55	1.40	0.70	0.70	—
Cr-V 鋼	▲	△	0.67	0.25	0.75	0.50	0.20
炭素鋼	—	□	0.82	0.25	0.45	—	—

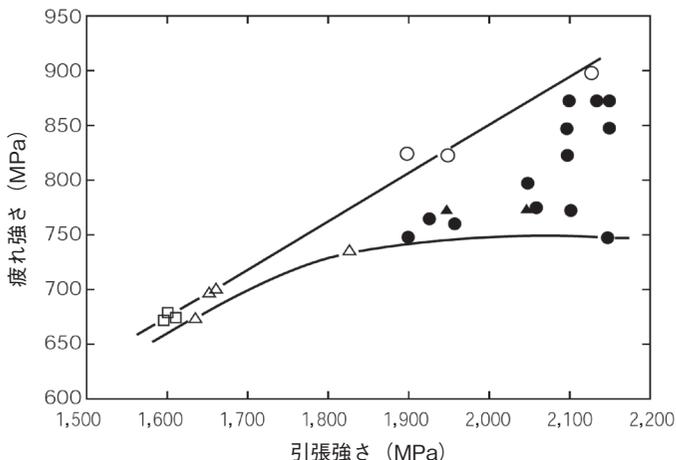


図 2 疲労強度に及ぼす弁ばね用鋼線の引張強度の影響⁵⁾

(4) 伸線

伸線時に鋼線がねじれるとばねのコイリング時にの形状のばらつきの原因になることがあるので弁ばねなど精度が要求される用途ではストレート式の伸線機が使用されている。

伸線では冷間で大きな変形をさせるため、表面疵や断線を防ぐために潤滑が重要であり適切な潤滑剤が選定されるとともに伸線ダイスへの潤滑剤の持ち込みを促進するために圧着ローラーやダイスホルダーの中に2個の超硬ニブを挿入し、中間に潤滑剤を貯める機構のプレッシャーダイスなどが使われのような工夫がされている。

伸線速度は生産性に直結するので可能な範囲で速くされるが、伸線時の加工発熱で200℃程度以上になるとひずみ時効が進み、稀に折損に至ることがある。

そのため鋼線自体を直接水冷する伸線方法も普及している。

(5) オイルテンパー

オイルテンパーの熱処理炉は、並列で多本の鋼線を熱処理する多ストランド方式が一般的であるが、1本ずつ高周波加熱で熱処理する方式も採用されている⁹⁾。

焼き入れ前の加熱では、脱炭しないように雰囲気制御された炉や高周波短時間加熱した後に焼き入れされる。焼き戻しは、従来、熔融塩浴炉が多く使用されていたが、流動層炉も使用されるようになってきている。

この熱処理でばねの特性を左右する材質がつくり込まれるため、適正な熱処理条件で処理することが重要になる。

(6) 検査・探傷

探傷は疵の流出防止に重要な工程である。手段としては、渦流探傷、画像解析¹⁰⁾、顕微鏡などによる目視検査などがある。それぞれの特徴により使い分けられている。例えば、弁ばね用鋼線では、回転型の渦流探傷機にて鋼線の長手方向の疵を検査し、打痕、すり疵のような長さが短い疵は貫通

型の渦流探傷機により検査される。被探傷材の速度や表面状態にもよるが、一般的に40μmくらいの深さの疵が検出できるとされている。

より小さな疵が保証できれば、より高強度化が進むが、課題は、疵信号の検出精度の向上のためのノイズ対策である。特に高強度材は、合金元素量が多いこともあり、組織の不均一に起因するノイズが影響することもある。その他、ノイズの鋼線側からの要因としては母地の表面粗さ、オイルテンパー線ではスケールの均一性などがあり、2次加工時には考慮することが必要になる。

むすび

ばねは機能部品であり、今後も高性能、高機能化が求められ、その材料であるばね用鋼線についても高強度化、高信頼性についても引き続き求められると考えられる。そのために2次加工では、ばねの段階で材料本来の性能を発揮できるように、さらに高品質の製品づくりをしていくことが求められる。

一方で近年、海外の拠点で2次加工されることも増えてきている。製造設備、工場レイアウトは、国内での経験から最新の設計になるが、高品質を維持するためには、作業員の品質に対する意識向上が必要であり、そのための品質管理方法が大切になる。

参考文献

- 1) 山根茂洋：神戸製鋼所技報、Vol. 61、No. 1 (2011)、93-97
- 2) 斎藤忠：特殊鋼、Vol. (2005)
- 3) 寺床圭一郎：特殊鋼、Vol. 62、No. 5 (2013)、28-30
- 4) 丹後公一：特殊鋼、Vol.62、No. 4 (2013)、20-22
- 5) 須田澄江、茨木信彦：戸製鋼所技報、Vol. 55、No. 2 (2005)、22-25
- 6) 櫛田ら：神戸製鋼所技報、Vol. 61、No. 1 (2011)、22-25
- 7) 吉田茂次、勝部好三、黒田高幸、植松義明、外直樹、柳原隆：第50回伸線分科会資料 (2000)
- 8) 小宮山忍：塑性と加工、Vol. 52、No. 602 (2011)、41-46
- 9) 神保鉄夫、藤原忠義、須田澄江、茨木信彦：神戸製鋼所技報、Vol. 57、No. 1 (2007) 32-35
- 10) 川西邦仁、中原修二：電気製鋼、Vol. 80、No. 1 (2009)、41-53

3. ピアノ線・硬鋼線の伸線技術

日鉄住金SGワイヤ(株) おお ち たつ ろう
生産技術本部 研究開発部 越 智 達 朗

まえがき

ピアノ線・硬鋼線は代表的な高炭素鋼線である。ピアノ線は、自動車の弁ばね、クラッチばね、ブレーキばねなどの各種精密ばねに、硬鋼線はベッドのばね、シャッターの巻き上げばねなどに使用される。ピアノ線は硬鋼線と比較して、厳しい加工性や耐疲労性が要求される用途に用いられる。そのため、P、S、Cuなどの不純物が少なく、きず、脱炭などの表面欠陥を厳しく規定した線材を素材とし、鋼線製品の線径、脱炭、捻回値なども厳しく管理されている。ここでは、ピアノ線・硬鋼線の伸線技術の基本と技術動向について紹介する。

◇ 伸線技術の基本

1. パテンチング

ピアノ線・硬鋼線の製造工程の一例を図1に示す。仕上げの線径寸法が細かい場合は、「パテンチング-酸洗-造膜-伸線」の工程を繰り返す。弁ばね用ピアノ線は、最終パテンチングの前に線材表面を剥ぎ取り表面きずおよび脱炭を除去する工程が追加される。

伸線加工において、塑性不安定現象による局部くびれ破断を防止するためには、鋼材が優れた延性および適切な加工硬化特性を有することが必要である。ここで、ピアノ線・硬鋼線として最も一般的に用いられるのは、C量が約0.8%の共析組成のパーライト組織からなる鋼材である。パーライト組織は、「素晴らしい天然の複合材料であり、鉄鋼材料の貴重な財産」¹⁾とされているように、フェライトとセメンタイト2相でできた層状組織である。セメンタイトラメラ間隔が細かいほど延性と強度(加工

硬化特性)のバランスが改善し、伸線加工性は向上する。そのため、伸線加工前の組織としては、微細パーライト組織とすることが重要である。

微細パーライト組織を得るために、ピアノ線・硬鋼線の伸線加工前に、「パテンチング」と呼ばれる熱処理を施すのが一般的である。この技術は、19世紀にイギリスで特許法が成立した際、第一号の特許として申請されたことから、「パテンチング」と名付けられたと言われている。この熱処理工程は、線材をオーステナイト温度域まで加熱した後、熱伝導の良い冷却媒体中に急冷保持する工程である。冷却は、通常、鉛あるいは流動媒体が使われる。微細なパーライト組織を得るために冷却媒体の温度は、TTT曲線のノーズに相当する温度に制御される。ピアノ線・硬鋼線のパテンチングは、長手方向で均一な品質を得るために、ストランド式熱処理が一般的に行われている。

2. 酸洗・造膜

線材およびパテンチング材の表層にはスケールが生成しているため、伸線前にスケール除去が必要である。脱スケールには酸洗法とショットブラスト法がある。酸洗法は塩酸処理が一般的である。ショットブラスト法は直径0.2~0.4mmのショットメディアを高速で線材に噴射しスケールを除去する方法である。

造膜処理は、次工程の伸線性を確保するための皮膜処理であり、化学的方法と物理的方法がある。前者としては、リン酸亜鉛化成皮膜などが、後者としては、ボラックス皮膜、石灰石鹼皮膜などが用いられている。

3. 伸線

最終パテンチング前までの伸線(中間伸線)は、

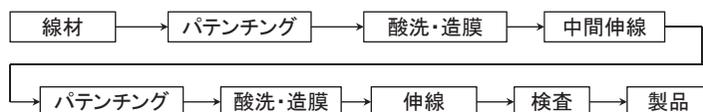


図 1 ピアノ線・硬鋼線の製造工程の一例

線材または鋼線の線径を所定の寸法まで減面することを目的としている。これに対して、最終パテンチング以降の最終伸線工程では、製品線径の寸法出しと同時に、製品強度の造り込みという重要な役割を担っている。

伸線時の潤滑剤は乾式と湿式がある。乾式は粉末状の金属石鹸に極圧添加剤を加えたものが用いられる。湿式は脂肪酸を添加した鉱物油系潤滑油および水溶性油が用いられる。製品の表面肌は、湿式の方が光沢が得られる。

ピアノ線・硬鋼線製品の主な強化機構は、最終パテンチングで得られる微細ラメラ状セメントイトによる分散強化（伸線加工にともなうラメラ間隔微細化の効果も強度増加に寄与する）と伸線加工による転位強化である。最終製品の微妙な強度の調整は、伸線加工にともなう強度の増加代の調整により可能であり、そのような場合には、製品の求められる強度に応じて減面率が設定され、最終パテンチング時の線径が選定される。ここで、ピアノ線・硬鋼線の伸線加工では、セメントイトが分解することが明らかにされており、伸線加工中に加工発熱により固溶Cによるひずみ時効現象を起こす場合がある。図2²⁾は伸線加工後の静的時効処理による降伏強度の変化を示すが、時効硬化は250℃でピークを示す。時効硬化は最終製品の延性に悪影響をおよぼすため、伸線加工中の鋼線温度を上昇させないように、伸線ダイス通過直後の線を直接に水冷する方法などが考案されている³⁾。また、ひずみ時効による延性劣化の抑制方法とし

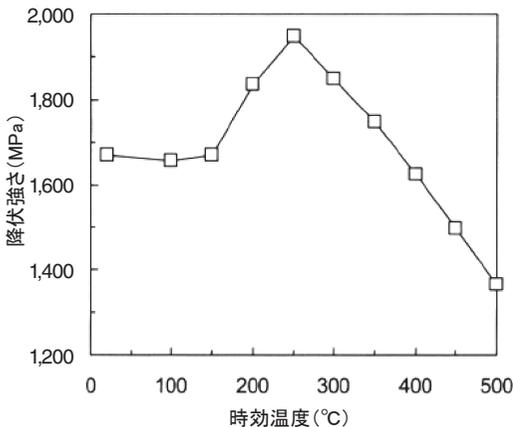


図 2 時効処理による降伏強度の変化 (0.82C鋼伸線ひずみ $\epsilon=1.58$)

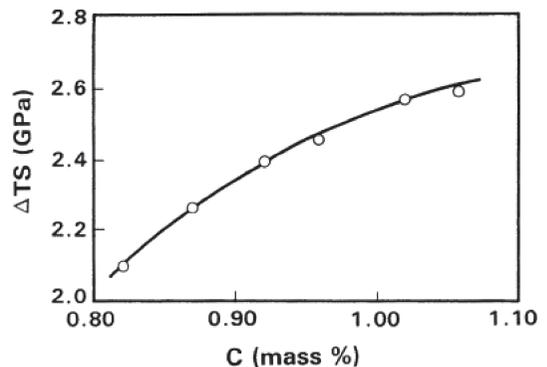
て、①摩擦係数の小さい潤滑皮膜の採用、②低アプローチ角度ダイスの採用、③最終ダイスの低減面率伸線（スキンプラス伸線）が有効である⁴⁾。

◇ 技術動向

1. 高強度化・細絛化

現在、JIS G 3522 ピアノ線にはA種、B種およびV種があり引張強さや線径範囲などが細かく規定されている。また同様に硬鋼線でも、JIS G 3521で規定されており、引張強さでA種、B種、C種と区分されている。ばねメーカーでは、ばねの疲れ強さ向上のためや、耐へたり性の向上のために、JIS規格で規定されている引張強さよりも高い製品の要求がある。このため更に引張強さを向上させる研究が製鋼メーカーや2次加工メーカーで行われている。

高強度化の具体的な手段として、①パテンチング材強度の増加、②伸線加工ひずみ量の絶対値の増加、③伸線加工硬化率（応力-ひずみ曲線の傾き）の増加が挙げられるが、製品の高強度と延性を両立させる手段としては、②は有効ではなく、①と③を指向すべきであることが知られている⁵⁾。具体的な方法として、C量の増加によりパテンチング強度が増加すること、さらに図3に示したように、同一伸線加工ひずみ量においてC量の増加により加工硬化量が増加すること、つまり伸線加工硬化率が増加することが明らかにされている⁶⁾。従来のピアノ線・硬鋼線は0.8% Cの共析鋼が一般的であったが、上記の考え方から、C量を増加させた過共析鋼



ΔTS=伸線材の引張強さ(φ0.30mm)
-パテンチング材の引張強さ(φ1.80mm)

図 3 伸線加工硬化量におよぼすC量の影響 (φ1.8→0.30)

の適用が進んでいる。図4に過共析鋼線（0.96% C）の線径と到達強度の関係を示す。線径0.06mmで5,200MPa、線径0.04mmで5,700MPaの高強度化が達成されている⁶⁾。これらは、破線で示した共析鋼の強度と比較して約1,000MPa高い。なお、過共析鋼適用の最大の課題は、パテンチング時の初析セメンタイトの抑制である。初析セメンタイトが旧オーステナイト粒界上にフィルム状に析出すると、延性が劣化し断線の原因となる。そのため、過共析鋼の適用に際しては、初析セメンタイトを抑制できるパテンチング条件の設定が重要である。

2. 高強度化を支える解析技術

ピアノ線・硬鋼線の高強度化を支える周辺技術の進歩として特筆すべきは、電子線後方散乱回折分析装置（以下、EBSD）、アトムプローブ電界イオン顕微鏡（以下、AP-FIM）といった新しい解析機器の進歩・普及と鋼線開発への展開である。ピアノ線・硬鋼線の延性支配要因の一つにパーライトブロックサイズが上げられる。フェライト組織の現出に比べて、パーライトブロック組織の現出は困難であり、パーライトブロックサイズの定量的な評価は容易ではなかったが、EBSDの登場により、一気にこの問題が解決し、高炭素鋼線の延性・伸線加工性改善の取り組みが一層加速した。また、AP-FIMの登場により、原子単位でマイクロ組織の解析が可能になり、上記のように、強伸線加工によりセメンタイトが分解することが推論で

はなく実測データとして検証できるようになってきた²⁾。このことにより、ピアノ線・硬鋼線の強化機構として、時効硬化の弊害が証明されたと言える。さらに、強伸線加工によりあるレベル以上に高強度化を図っていくと、セメンタイト分解が一層進み、強化機構がセメンタイトの分散強化から、マトリックスのC偏析をとまなう再結晶ナノ結晶粒による細粒化強化に遷移するという新しい知見が報告されている⁷⁾。

3. 環境対応

伸線加工前に、パテンチング処理時の恒温変態炉として、従来は溶融鉛炉が一般的であった。これは、鉛の高い冷却能力により、伸線加工性に優れた微細パーライト組織が容易に得られるためである。一方で、環境対応として、流動砂による流動層炉の適用が進んできている³⁾。流動層炉は空気で浮遊攪拌した砂を直接ワイヤに接触させることで抜熱し、所定の温度まで冷却する。冷却能力との関係で、流動層は通常溶融鉛より低い温度を選定し、鉛パテンチング処理と同等な冷却条件、そして微細パーライト組織を得る取り組みがなされている。

むすび

当社は1938年（昭和13年）、当時輸入だけに依存していたピアノ線の国産化を目的に創業したが、以来この約80年で、ピアノ線・硬鋼線の製造技術は着実な進歩を遂げてきた。今後も、現状に満足することなく、鉄鋼メーカーと2次加工メーカー間の連携を一層強化し、一貫での最適化を推進することにより、さらなる品質の向上を図るとともに、鋼線の持っている特性を最大限に引き出していくことで、顧客の期待に応えていきたい。

参考文献

- 1) 牧正志：「鉄鋼の組織制御 その原理と方法」、内田老鶴圃（2015）
- 2) 樽井敏三、ほか：鉄と鋼、91（2005）、265
- 3) 本間達：特殊鋼、55（2006）、No. 2、29
- 4) 田代均、ほか：新日鐵技報、370（1999）、39
- 5) 樽井敏三：西山記念技術講座（188、189回）、日本鉄鋼協会（2006）、20
- 6) 落合征雄、ほか：鉄と鋼、79（1993）、1101.
- 7) Yujiao Li et. al: Physical Review Letters, (2014), 5 September, 106104

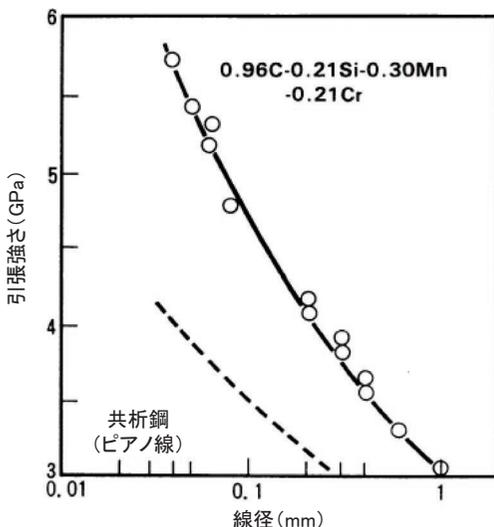


図 4 過共析鋼線の線径と到達強度の関係

4. 軸受用鋼線の伸線加工性の改善について

理研製鋼(株) さだ みつ ひで や
鉄 鋼 部 **定 光 秀 弥**

まえがき

当社の特殊鋼鋼材は、長年にわたる高級鋼製造技術と経験に支えられ、最新の技術と徹底した品質管理のもとで製造されている。当社が製造する特殊鋼の主要製品は、軸受用鋼の冷間伸線コイル材である。

今回は、当社が最近進めている軸受用鋼の伸線加工性の改善の取り組み内容について紹介する。

◇ 温故知新の取り組み

伸線加工の品質や生産性に影響を及ぼす主な因子を表1に示した。それぞれ重要な因子であり、また各因子が影響しあい伸線加工時の品質や生産性に影響を及ぼしている。伸線加工性の改善については、ダイスの冷却技術や逆張力の付加、潤滑方法など様々な改善が報告されている。

当社の主要製品である高炭素クロム軸受鋼は、この数年の間に線径が細くなる傾向にあり、伸線加工性の改善に当社も取り組んできた。線径が細くなると伸線速度も上げていかなければ生産性に大きな影響を及ぼすことになる。[例えば、φ1mmとφ2mmでは、同じ質量ならばその長さは4対1

の比になる。] また、線径が細くなると酸洗・化成処理時の線密度が高くなり太線よりも安定した酸洗・化成処理が難しくなる。世の中には、ストランド式で処理する方法もあるが、当社では生産性に優れるバッチ式(写真1)を採用しているため、上記の通り、細線化する程、安定した酸洗・化成処理が難しくなる。

この課題に対しては、線密度を下げることに、これまで取り組んできた。その方法は、酸洗・化成処理前に実施する伸線加工時に巻取径を大きくすることである。図1にイメージ図を示すが、伸

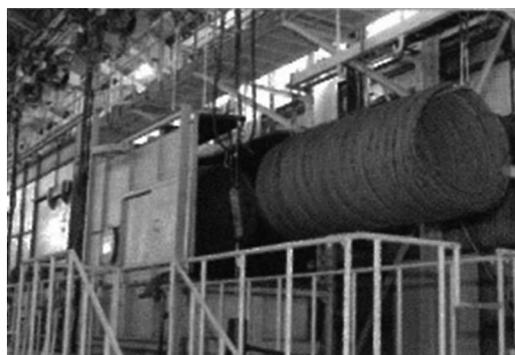


写真1 弊社 酸洗・化成ライン

表 1 伸線加工時の品質や生産性に影響を及ぼす主な因子

区 分	因 子
材料	変形抵抗、表面状態 (表面粗さ・潤滑剤付着状況)、線径
ダイス	ダイス形状、材質、加工面粗さ
加工条件	加工速度、ダイス冷却、潤滑剤供給法、逆張力

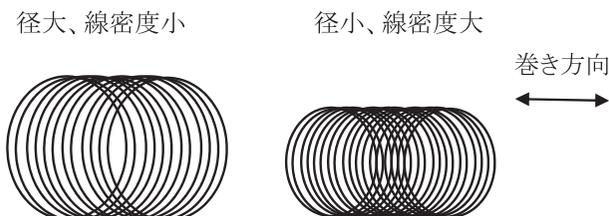


図 1 線材コイル径と線密度のイメージ図

線加工後の線材コイルの外径を大きくすることは、巻き方向1m当りの巻き数を低減できるので線密度は低減する。当社の酸洗・化成処理ラインに投入できる最大径で処理できる様に伸線加工機の巻取り機構を改良し、線密度を低減させ、より細線まで安定した酸洗・化成処理ができるようになった。

現在は、酸洗・化成ラインでの改善に注力している。特に着目しているのが化成処理プロセスの改善である。皮膜を材料表面に生成し伸線加工性を改善することは古くから実施されている技術であり、当社でも30年以上の歴史がある。皮膜をより安定的に材料表面に生成させるために当社では昨年、化成処理液の自動分析および自動補給を開始した。自動化の目的は、当然ながら人による分析時間や液補給工数の削減もあったが、細線化すると材料の表面積も増大することから、処理液の安定化は細線化が進む中で、より重要な管理項目となってきたからでもある。

自動化することにより測定頻度を上げかつ液補給頻度も上げた。この結果、処理液組成を安定化できた。例えば、全酸度のバラツキを大きく低減できた。化成処理液の自動分析および自動補給開始により、全酸度を安定化させることができた事で、当たり前だが、もう一つの管理指標となる酸比（全酸度／遊離酸度）も安定させることができた。化成処理液の酸比と処理液の最適温度の間には密接な関係があることが知られている。酸比を

安定させることができたことから、化成処理液の温度についても最適な温度域を半減することができた。最適温度範囲を半減できたことにより、到達させるべき材料温度をより明確にできた。その温度域に早く到達させ、より長時間その温度域で線材を処理液に浸すことで、今まで以上に安定した皮膜を生成できるようになった。

これまで述べてきた改善により、伸線加工性も向上し、加工速度を向上させることができた。線材の伸線加工性が向上してくると、今まで見えなかった伸線機側の課題も見えてくるようになった。

むすび

以上、当社の温故知新の取り組み状況の一端を紹介した。今回紹介した化成処理そのものは古くからある技術である。しかし、新しい発想と古くからある技術を融合させると、当初考えていた測定・液補給の工数削減と単なる化成処理液組成の安定化だけではなく、化成処理プロセス全体を見直し最適化を図る切掛けになった。

伸線加工そのものも、17世紀頃には工業的な体制が整った歴史ある加工方法であるといわれている。しかしながら、まだまだ新しい発想と融合させていく事で、未開の境地を開拓していけるものと考えている。

これからも温故知新の改善を進め、今後共お客様にご満足頂ける製品をご提供して行きたい。

5. ステンレス鋼線の二次加工技術

日本高周波銅業(株) たか しま とし あき
技術部 条鋼技術室 **高 嶋 敏 昭**

まえがき

ステンレス鋼は不銹鋼（ふしゅうこう）とも呼ばれていたが、厳密には「錆びにくい」合金鋼である。鉄 [Fe] を主成分（50%以上）とし、一般的にはクロム [Cr] を11%以上含むことにより、表面が酸化されて不動態皮膜をつくり、耐食性や耐酸化性を維持できる合金がステンレス鋼と呼ばれている。不動態皮膜に疵がついても、大気中で周囲に酸素があれば不動態皮膜は再生するが、再生できない環境下ではステンレス鋼といえども錆が発生する場合がある。

含有成分としてクロム [Cr] に加え、ニッケル [Ni] やモリブデン [Mo]、その他の元素を添加することにより、耐食性や耐酸化性だけでなく、耐熱性や強度、硬さを向上させたステンレス鋼が開発されている。含有する成分元素によりステンレス鋼は物理的性質や機械的性質が変化するため、冷間加工時は適した熱処理や伸線条件を選ぶ必要がある。

◇ ステンレス鋼の種類

ステンレス鋼は、その金属組織により、①オーステナイト系ステンレス鋼、②フェライト系ステンレス鋼、③マルテンサイト系ステンレス鋼、④オーステナイト・フェライト二相系ステンレス鋼、⑤析出硬化ステンレス鋼の5つに分類される。

①オーステナイト系ステンレス鋼

18Cr-8Ni鋼で代表されるオーステナイト系ステンレス鋼は、低温から高温まで安定した機械的性質を有しており、耐食性はもとより加工性も優れているため、化学機械や食品機械等の産業用機械・器具に広く使用されている。

オーステナイト系ステンレス鋼は加工硬化性が大きく、冷間加工による高強度化が容易である（図1）。この現象は加工誘起変態によるもので、冷間加工により γ 相（面心立方格子）が α' 相（体

心立方格子）にマルテンサイト変態するものである。加工誘起変態は伸線速度や加工温度の影響を強く受け、冷間加工条件によって硬化性が変化する。

②フェライト系ステンレス鋼

フェライト系ステンレス鋼は鉄基にクロム [Cr] が含有した合金（例として18Cr鋼）で、高温でも常温でも α 相（フェライト相）が安定しており、熱処理時に急冷しても硬化しない。フェライト系ステンレス鋼の熱処理の目的は加工歪みの除去であり、硬さを下げ、かつ韌性を得ることである。焼なまし時の冷却は、500℃以下を徐冷すると脆化を助長するので、650℃付近から空冷することが望ましい。

フェライト系ステンレス鋼の加工硬化性（図1）はオーステナイト系ステンレス鋼ほど顕著ではなく、冷間加工性は良好であるが、さらに加工性を向上させるために炭素 [C] や窒素 [N] の含有量を低減し、チタン [Ti] やニオブ [Nb] を少量添加したステンレス鋼も開発されている。

③マルテンサイト系ステンレス鋼

マルテンサイト系ステンレス鋼は、他のステンレス鋼に比べ耐食性は劣るが、焼入硬化性が高く、強度と耐摩耗性が要求される用途に使用される。炭素 [C] 含有量が多いほど硬化性に優れるが、反面耐食性が劣化する。

冷間加工の前に焼なましを行い、内部応力の除去と組織の調整が必要である。炭素量の多い材料は一次および二次炭化物を有するため、冷間での加工が困難となり、温間や熱間で加工される場合もある。

④オーステナイト・フェライト二相系ステンレス鋼

オーステナイトとフェライトの二つの組織を持つステンレス鋼である。オーステナイト系とフェライト系の中間の性質を持ち、オーステナイト相とフェライト相の量比によって諸特性が変化する。

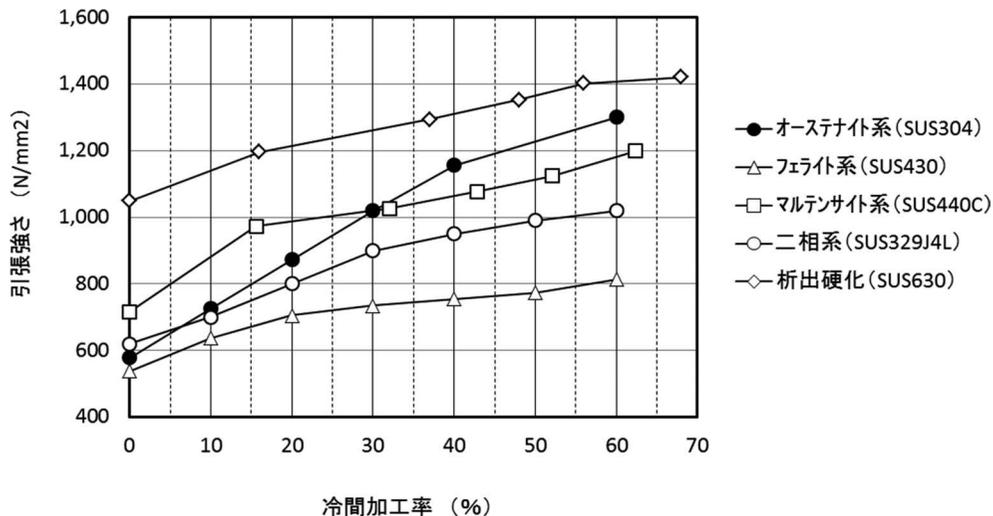


図 1 各種ステンレスの冷間加工硬化

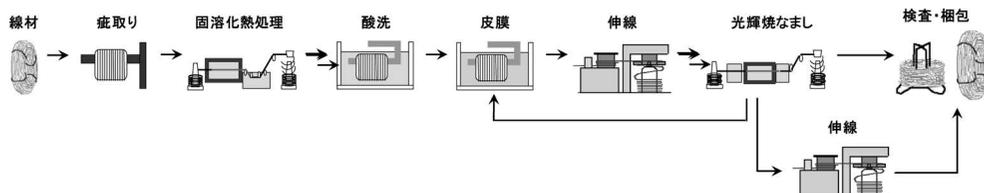


図 2 オーステナイト系ステンレス鋼線の製造工程

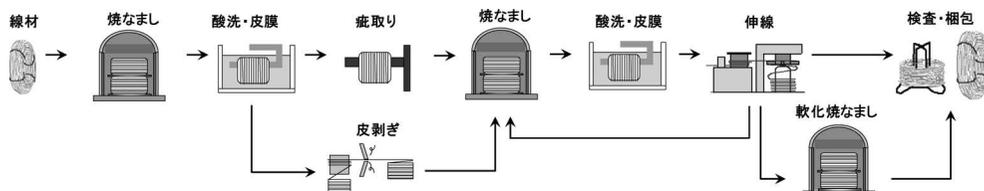


図 3 マルテンサイト系ステンレス鋼線・フェライト系ステンレス鋼線の製造工程

引張強さ・耐力が大きいいため、冷間加工時は高い加工応力を要求され、コイル矯正の線癖が付きにくい。加工硬化性(図1)は通常のオーステナイト系ステンレス鋼よりも小さい。

⑤析出硬化ステンレス鋼

アルミニウム [Al] やチタン [Ti]、銅 [Cu] 等の元素による析出硬化現象の特性を利用し、固溶化熱処理後に析出硬化処理を行うことでステンレスの基地に化合物を析出させて硬化する。マルテンサイト系ステンレス鋼に比べ硬化熱処理温度が低いので、熱処理中の変形やスケールの問題が少なく、さらにマルテンサイト系ステンレス鋼よ

りも耐食性に優れており、シャフトやタービン部品、ばね材に利用されている。

SUS630は固溶化熱処理状態でマルテンサイト組織であるため、冷間加工条件が制約されるが、SUS631は固溶化熱処理状態では柔らかく、オーステナイト組織であるため容易に加工できる。

◇ 代表的なステンレス鋼線の製造工程

図2にオーステナイト系ステンレス鋼線の製造工程を、図3にマルテンサイト系ステンレス鋼線・フェライト系ステンレス鋼線の製造工程を示す。各工程の目的について以下に述べる。

1. 熱処理

①固溶化熱処理

オーステナイト系ステンレス線材は、熱間加工時に析出したCr炭化物や σ 相などをオーステナイト相に固溶させて均一な組織（図4）にするために固溶化熱処理が行われ、再結晶による軟化や内部応力の除去により、延性・韌性・耐食性・耐熱性が回復する。熱処理後の結晶粒界にCr炭化物が析出する（図5）と、その近傍はクロム[Cr]が欠乏し粒界腐食の原因となるだけでなく、鋼材の耐食性および韌性が著しく低下し、加工性にも悪影響を与える。

②光輝焼なまし

冷間加工で生じた加工誘起マルテンサイトは鋼材を硬化させ、韌性を低下させるとともに耐食性を悪化させる。さらに内部応力が残留すると、時効割れや応力腐食割れ、残留応力の解放による変形等、種々の障害の原因となる。そのため加工誘起マルテンサイトをオーステナイトに戻して応力

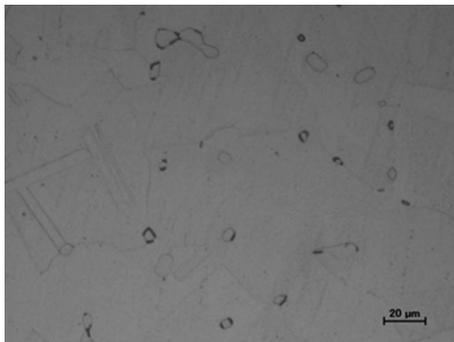
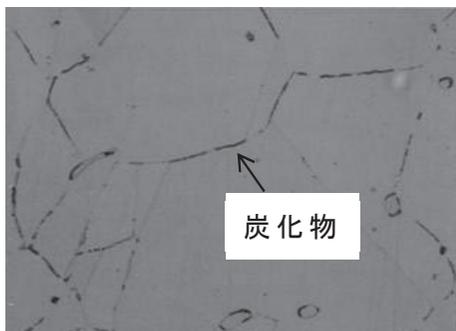


図 4 固溶化熱処理したオーステナイト系ステンレス鋼のマイクロ組織



を除去する必要がある、熱処理によって金属光沢を失わないように水素や不活性ガス雰囲気中で処理される焼なましを光輝焼なましという。

③焼なまし

マルテンサイト系ステンレス線材を冷間加工するには焼なましを行って軟化させる必要がある。焼なましには完全焼なましと低温焼なまし（歪取り焼なまし）がある。完全焼なましは変態点よりも50℃～100℃高い温度で十分均熱し、その後ゆっくりと冷却することによって、組織内に炭化物を球状に均一に析出させる。炭化物の球状化が不十分であると十分に軟化せず、また後工程での冷間加工時の割れや、焼入れ焼もどし後の硬さのばらつき等種々の不具合の原因となる。

完全焼なましは高温で長時間の保持を必要とするが、これに対して低温焼なましは加熱温度が低く、焼なましに要する時間も短い。冷間加工を行うために材料を軟化させることが目的であり、大きな組織の変化はない。

一方、フェライト系ステンレス線材は熱処理によってほとんど硬化しないので、行われる熱処理は殆ど焼なましのみである。その目的は組織の均一化と完全軟化、耐食性、韌性の向上である。フェライト系ステンレス線材は適正な焼なまし温度よりも高温に加熱されると結晶粒が粗大化し著しく脆化する。この材質にとって結晶粒度は重要な性質の一つである。

2. 酸洗（脱スケール）

ステンレス鋼のスケールは緻密で強固であり、複雑な化学組成のため、化学的脱スケール方法として塩酸、硫酸、硝酸、弗酸および塩浴処理を組

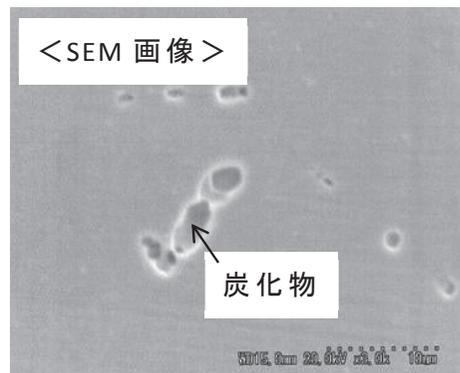


図 5 結晶粒界にCr炭化物が析出したオーステナイト系ステンレス鋼のマイクロ組織

み合せた工程が一般的である。中でもオーステナイト系ステンレス鋼は耐酸性に優れており、弗硝酸が用いられる。

機械的脱スケール方法としてはショットブラストやベンディングローラ、研磨などがある。廃酸処理等の設備が不要であり、熱処理や伸線ラインに取り付けることで能率よく作業することができるため、環境影響への配慮からも採用実例が増えることが予想される。

3. 皮膜（コーティング）

伸線ダイスとの摩擦抵抗を小さくし、表面疵やダイス摩耗を防止するために皮膜処理が必要である。皮膜としては樹脂皮膜や水溶性皮膜、蔞酸皮膜等がある。従来、テトラクロロエチレンを溶媒とする塩素系樹脂皮膜が多用されてきたが、揮発性有機化合物の排出量を抑制する取り組みが行われ、代替として水溶性皮膜が使用されている。蔞酸皮膜は加工率の高い場合に採用され、高強度の鋼線を絞り・膨らまし加工する際の高圧力、加工発熱にも耐え、焼き付きを防止する。

4. 伸線（冷間引抜加工）

ステンレス鋼などの高強度材を伸線すると、ダイスの耐久性不足による荒れや摩耗が生じ、伸線材の肌が荒れたり、疵が発生したりするため、ステンレス鋼の伸線にはダイヤモンドダイスを使用することが多い。

冷間引抜加工においては、ダイスの材質だけでなく、ダイス孔の形状、アプローチ角度、さらには潤滑の影響を考慮する必要があり、引抜加工中に生じるフレークやリジェクションの発生状況および引抜材の表面状態を観察して、適正な潤滑剤を選定することが望ましい。判断基準としては①引抜材の肌が荒れていないか、②潤滑皮膜が覆われているか（金属光沢がないか）、③フレークの

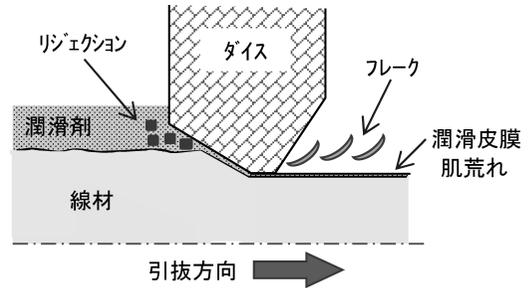


図 6 ダイス近傍の潤滑メカニズム

形、大きさ、色に変化がないか、④リジェクションの発生量が増えているか、が挙げられる（図 6）。

フレークはダイス出口から紙片状に細長く連続的に発生していることが望ましく、連続伸線の場合は次第に小さく粉状になっていく。潤滑状態が悪化すると潤滑剤が炭化して黒色になる。リジェクションは潤滑剤が一度溶融して固まったものであり、ダイス入口付近に大量に残留すると、潤滑剤の引き込みを邪魔し、潤滑能を大きく低下させる。

むすび

今後のステンレス鋼線の製造においては、さらに効率的で低コストであることが求められる。能率の向上には伸線速度アップが有効であるが、ステンレス鋼線の靱性を損なわないために、冷却を強化したり、皮膜や潤滑剤の潤滑性能を向上させたりする必要がある。

また環境対応としては、産業廃棄物としての廃酸やスラッジの量を減らすために、酸の回収やスラッジの有効利用化が検討されている。さらに酸を用いた洗浄や脱スケールからの脱却が望まれ、先述した機械的脱スケール方法が普及すると考えられる。

6. 磨き棒鋼

小木曾工業(株) なが い た ろう
品質技術部 永井太郎

◇ 磨き棒鋼とは

磨き棒鋼とは、圧延棒鋼又はコイルを素材とし、ダイスと呼ばれる穴の空いた金型を通し引抜加工をした塑性加工製品である。材料ロスが少ないことに加え加工速度が速く、またダイスの穴形状によって様々な寸法・形状を安定的に得ることができる為、OA機器用精密シャフトや、自動車やバイク、フォークリフトなどの機械部品、電気配線の細かい線材に至るまで幅広い分野で利用されている。

◇ 引抜加工の歴史

引抜加工の歴史は古く、A.D.200ごろのローマ植民地に遡る。当時、金型であるダイスは、板に穴をあけたものが用いられており、その動力は人力であった。この板状のダイスはdrawplateと呼ばれ様々な発展を遂げながら近世まで使用されて来た。1100年ごろの記録には板ダイスの材料として鋳鉄が利用されていたという記録が残っている。20世紀に入ると、現在使われている単一円形のダイスが開発され、その材質も鉄-クロム合金が使用されるようになる。1930年代にはドイツOsram社が超硬ダイスを開発し、ダイス寿命が著しく延びた。これに伴い、直径1mm程度の細かい材料が主流であった引抜加工は、直径10mmを超える材料にも適用され、現在のドローベンチ式引抜設備の開発に至ったのである。

一方、引抜に使用される動力も他産業の発展と共に開発が進んだ。14世紀に入ると、英国の羊毛紡績工業で水車が動力として利用され始めたことに伴い、引抜加工でも水車動力が利用されるようになる。1700年中期には蒸気機関を利用した設備が開発された。(第一次産業革命)その後、1800年後半には内燃機関が、1900年代に入ると電動機が利用されるようになり、現在とほぼ同じ形式の設備となった。

◇ 引抜加工の原理

引抜加工はダイスの穴に穴径よりも大きい径の材料(被加工材)を通し、反対側から引き抜くことでダイス穴径と同じ寸法の製品を得る加工である。引抜加工の概念図を図1に示す。被加工材が金属である場合、図からもイメージできるように、ダイスに拘束された被加工材を引き抜く際には非常に大きな動力が必要となる。また、被加工材のもつ強度(引張強度)を超える引抜力が加わると、被加工材が破断してしまう。この引抜力は、被加工材の径と目的とする製品径の面積比率により計算される。この面積比率は減面率と呼ばれ、引抜加工製品の性能を特徴付ける重要な要素である。減面率が大きいほど大きな引抜力が必要となるが、引き抜かれた製品表面には硬い加工硬化層が生成され、耐摩耗性や疲労強度に優れた製品となる。

引抜加工を加えた製品には、残留応力と呼ばれる内部応力が発生する。これはダイスのアプローチ部分に直接拘束され圧縮される被加工材表面と、引抜力が直接加わり引き伸ばされる被加工材内部で金属結晶の変形が異なる為が発生する。引抜加工の金属結晶の変形を網目状のメッシュで表現したイメージ図を図2、図3に示す。

引抜加工後ダイスから開放されると、圧縮された製品表面には元に戻ろうとする「引張応力」が発生し、引き伸ばされた製品内部には「圧縮応力」

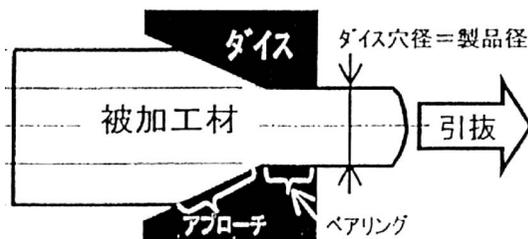


図 1 引抜加工の概念図

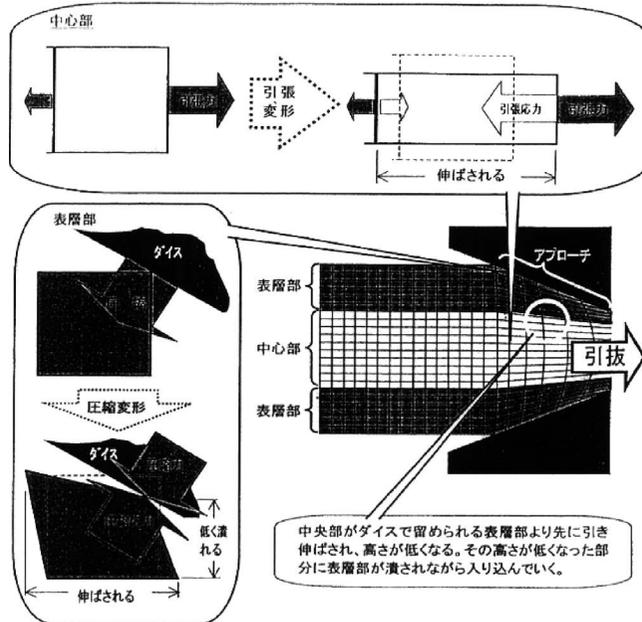


図 2 引抜加工中の金属組織

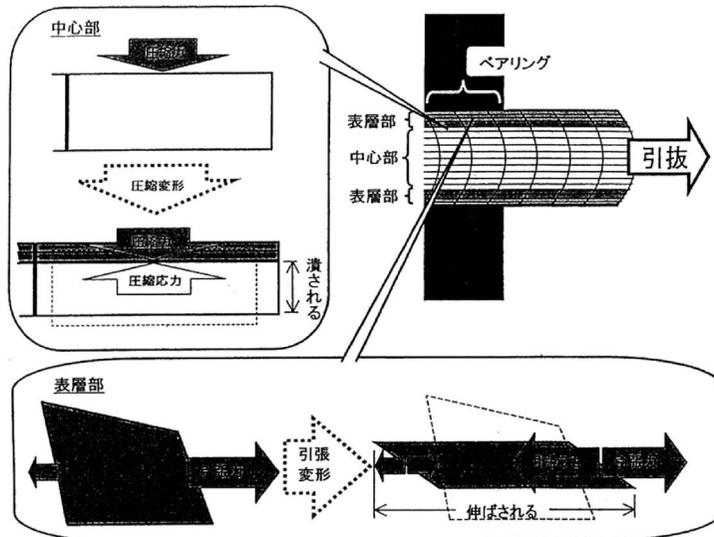


図 3 引抜加工後の金属組織

が発生する。この逆方向の応力が釣り合うと、変形が押し留められ、残留応力となる。この残留応力は、切削加工や研削加工など、引抜製品に対して加えられる加工によりバランスが崩れると、開放され製品に意図しない変形が発生するなど、精度に悪影響を及ぼすことが知られている。残留応力を緩和する為、引抜加工メーカーでは様々な取

組が行われている。小木曽工業では、ダイスの形状や、ロール矯正の条件をコントロールすることで、残留応力を「0」にまで抑える工法を確立している。

◇ 引抜加工設備と加工方法

ここまで引抜加工の原理を説明してきたが、実

際の引抜製品を製造するには、様々な工程が必要になる。小木曽工業の標準的な加工設備では、「材料スケール除去」→「引抜加工」→「定寸切断」→「製品矯正」→「検査」という工程をライン化し生産を行っている。

先にも説明したように、鋼に代表される高硬度金属材では、表面硬化層ゆえに加工には大きな力が必要である。従って引抜加工を行うには大型の専用特殊設備が必要となる。

また、引抜加工は、その製品の使用用途に応じて「棒鋼引抜加工」と「線材引抜加工」の2種類の加工方法がある。被加工材として圧延棒鋼材を使用する棒鋼引抜加工は、加工サイズの幅が広く真直度（曲がり精度）に優れている為、少量で高い精度が求められる製品に多く使われている。圧延コイル材を使用する線材引抜加工は、材料ロスが非常に少なく加工速度が非常に速い為、細径の大量加工製品に多く使われている。しかしコイル状に巻き取られた材料を棒状に伸ばしながら引抜加工を行うため、製品にもコイルの巻き癖が残留しやすい。線材引抜では特に真直度を確保する製品矯正技術が重要となる。小木曽工業の引抜加工設備には引抜加工の前後にそれぞれ特徴の異なる精密矯正設備が配置されており、真直度の良い引抜製品を生産している。

これまで紹介してきたように、引抜加工は被加工材を削ることなく塑性加工で成型する加工方法である。従って、被加工材である圧延鋼材の表面状態がそのまま製品表面に影響を及ぼす。傷のある被加工材を引抜加工した場合、製品表面にも同様に傷が残留することになる。また、金型であるダイスに傷が発生すれば製品にもその傷が転写されてしまう。加工速度の速い引抜加工ラインでは、ライン上で傷を発見する為に光学検査や磁気検査といった様々な高速探傷法が開発されている。小木曽工業では傷を検出するため、磁気探傷である渦流探傷設備をライン化し、全数・全長の傷検査を行っている。

◇引抜加工の新技术開発～ウェット ブラスト引抜シャフトの開発～

小木曽工業で生産している棒鋼引抜製品は、自動車部品用のシャフトとして多く使用されている。

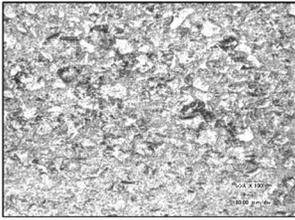
その多くの製品は、引抜加工の表面粗さを改善する為、センタレスグラインダーによる研削加工が必要であった。当社で開発した「ウェットブラスト引抜シャフト」は、引抜加工後の表面粗さを研削加工製品と同等の品質にまで改善した新たな引抜製品である。

冷間引抜加工における製品表面粗さは、加工点である「引抜ダイス」より後の工程で決定付けられていると思われるが、実際にはダイスより前の材料表面状態が最も重要である。前述の通り、引抜加工では、引抜加工前に圧延鋼材の酸化スケールを除去する為、ショットブラストによるスケール除去処理を行っている。圧延鋼材の酸化スケールは引抜加工では必ず除去しなければならない。当社では、ブラスト材として直径 $\phi 0.2\text{mm}$ ～ 0.5mm 程度の鉄球を使用しているが、ショットブラスト後の材料にはこのブラスト材が衝突した打痕が無数に存在している。この打痕は引抜加工にとって潤滑油を保持する役割も果たすが、必要以上に大きな打痕は被加工材の傷と同様に引抜加工後も残留し、製品の表面粗さを悪化させる要因となる。ブラスト材のサイズを小さくすれば打痕も小さくなるが、スケール除去が不十分となり引抜加工時にダイスに焼き付きを発生させるなどの不具合を引き起こす。

そこで注目した技術が「ウェットブラスト技術」である。ウェットブラストは水にブラスト材を混ぜ、対象物に投射する新しいブラスト技術である。水を使わないショットブラストに比べ、サイズの小さなブラスト材でも強い切削力を発揮させることができる特徴がある。また、球形のブラスト材しか使用できないショットブラストに対し、ウェットブラストでは多角形のブラスト材を使用できる。この多角形ブラスト材は硬い酸化スケールを破壊して除去するのに非常に適している。

引抜加工前の酸化スケール除去処理として、直径 $\phi 0.05\text{mm}$ ～ 0.10mm の多角形ブラスト材を使用したウェットブラスト処理を行った。ブラスト材のサイズが小さくても、従来のショットブラストと同等のスケール除去能力があることが分かった。また、ウェットブラスト後の材料表面は、大きな打痕が見られず、緻密で微細な凹凸表面となった。この材料に対し引抜加工を行った結果、製品表面

ショットブラスト・引抜きみがき棒鋼の表面粗さ：1.06 μ mRa



ウェットブラスト・引抜きみがき棒鋼の表面粗さ：0.22 μ mRa

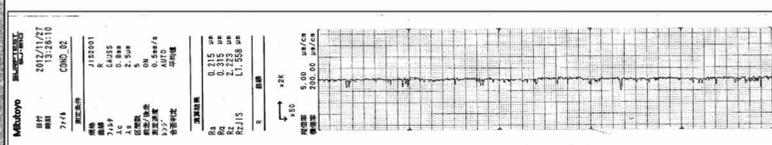
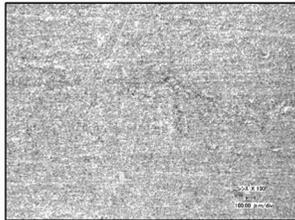


図 4 ショットブラスト引抜き製品とウェットブラスト引抜き製品の表面粗さ比較

粗さは研削製品と同等の品質を確保することができた。

従来のショットブラスト引抜き製品と今回新たに開発したウェットブラスト引抜き製品の表面粗さ評価結果を図4に示す。

この新製品は研削加工レスの引抜き製品として既に自動車部品として採用が始まっている。ウェットブラスト加工は水を使用しているため粉塵の発生が非常に少なく大型の集塵機を設置する必要がない。エネルギー削減、作業環境の向上、粉塵火災の防止など、今回の開発では多数の副効果も生まれている。

むすび

引抜き加工は、長い歴史の中で様々な研究の元に築き上げられてきた加工技術である。最近では解析技術の向上により、これまで明らかにならなかった加工原理も解明されてきている。一方で今回紹介したように、新技術との組み合わせにより、従来の引抜き製品では開拓できなかった新たな市場への進出も実現した。

長年培ってきた引抜き技術と、それを支える新たな周辺技術開発の相乗効果により、今後更なる発展を期待したい。

7. 難加工材・異形鋼線

大阪精工(株) こ が こう せい
CS推進部 **古賀浩介**

まえがき

線材の二次加工の主な工程は、酸洗などによるスケール除去、冷間圧造性を向上させるための軟化焼鈍、伸線や冷間圧造のための防錆を兼ねた潤滑剤のコーティングおよび次工程に適した寸法を供給するための伸線である。近年、冷間圧造の進歩により二次加工メーカーに求められる役割も多様化してきている。二次加工メーカーもこれに対応すべく、かつニーズの先取りを目指し、従来の二次加工技術をベースに様々な材料、形状や高機能を有した製品の開発を進めている。例えば、高強度鋼、非調質鋼（焼入焼戻し省略）やチタン、アルミなどの非鉄材料などである。サイズにおいてもφ1mmからφ50mmを超えるものまで拡大しているし、設備においても各種ダイス伸線のみならずロール伸線機、熱間や冷間圧延機を活用するに至っている。

これらの材料のなかには、いわゆる難加工材と言われるものも少なくはなく、高強度に属するものは過去にもいろいろ紹介されているので、ここでは難加工材として、内部組織の改質による高強度化を狙った結晶粒超微細化鋼（超微細粒鋼）と異形鋼線についての事例を紹介する。

◇ 結晶粒超微細化鋼

再結晶を利用した大ひずみ加工による超微細粒鋼の紹介については、本誌の2013年9月号の特集／ナノテクノロジーと分析技術に「鋼の結晶粒微細化と実用化展開」として、旧（独）物質・材料研究機構にて研究された成果を主に紹介されている。ここではこの量産化に主眼を置いて難加工材の位置づけとして紹介したい。実験的に達成できる技術でも量産化になるとそれなりの難しさを伴うのが常であり、超微細粒鋼もその例外ではない。

1. 結晶粒超微細化の方法

ホールペッチの関係式に示されるように、降伏

点や引張強さは結晶粒が細くなるほど高くなる。結晶粒を超微細域の1μmまでに達成できれば1,000MPa程度の高強度が得られることは知られていた。この点については様々な方法があり基礎研究もなされているが、弊社では量産化に当たり旧（独）物質・材料研究機構の協力を受け、温間域でフェライト相に高ひずみを与え変態を経ず再結晶させて超微細フェライト粒を得る方法を採用した。

2. 結晶粒超微細化鋼の特徴

図1に超微細粒鋼と調質鋼（SCM435）の応力歪み曲線を示すが、調質鋼に比べ同等以上であり非調質鋼として十分な特性を示している。従来型非調質鋼は、強度を確保するために炭化物成形合金元素を添加する析出硬化型であった。一方、超微細粒鋼は、通常の炭素鋼が使用できる利点がある。また、従来型は強度確保のため伸線減面率を上げ強度を補っているため、強度が高くなるほど絞りが低下するという問題があった。超微細粒鋼では強度が上がっても絞りの低下が少なく、いわゆる強度靱性バランスが良い。このため冷間圧造性に優れるという利点も備えている。

3. 結晶粒超微細化鋼量産目標

1,000MPa以上の強度および15%以上の伸びを得るために、結晶粒度1μm以下を連続的に生産できる設備とした。素材には丸線を使用し、フェライト相の温間領域に加熱かつ強加工によって高歪みを与え変態を経ずに再結晶させ超微細粒を得る方法をとった。適用部品はねじ、ボルト類とした。

4. 量産化における課題

上記の目標を達成するための、連続した大ひずみを付与できる圧延による多方向加工が必要であった。このため圧延機とロールカリバー（孔型）の設計、連続加熱装置および温度、速度の制御が重要であった。

5. 圧延機の導入

圧延機導入にあたって既存設備で予備試験を実

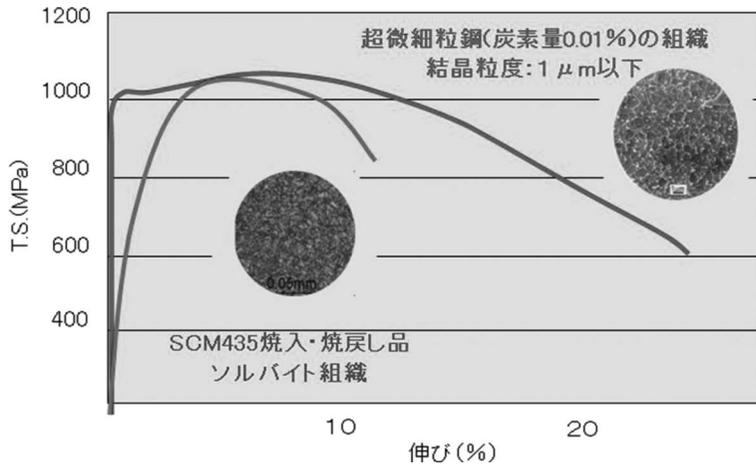


図 1 超微細粒鋼と調質鋼の応力歪み曲線比較



図 2 温間制御圧延装置

施。これを基に導入圧延機の仕様を決定した。圧延機は加熱に高周波加熱装置を設置し、ロール配列はV-H（縦横）タイプのカリバー付ロールの4段圧延機とした。供給線材サイズは $\phi 8\text{mm}$ 程度とし細径の製品をターゲットとした。図2に圧延装置の外観を示す。設備の導入に当たっては近畿経済産業局による平成18年度戦略的基盤技術高度化支援事業の受託事業として応募し、採択され設置に至った。

6. ロールカリバー（孔型）設計

材料を加熱しながら高ひずみを連続的に多方向に加えるためには、ロールカリバーの設計は重要な製造技術のひとつである。トータルの減面率で75%以上の高ひずみを多方向に与えるため、いろいろな形状をトライしたが最終的にはオーバル（楕円）-角の組み合わせを採用するに至った。目標のワイヤー特性を得るためには温度、加工率、圧延速度が重要な要素であるが、数多くの実験から最適条件を見出した。

7. ねじの製造工程

超微細粒鋼と従来調質鋼によるねじ・ボルトの製造工程の違いを図3に示す。省略できる工程は従来型非調質鋼の適用と同じであるが材料費、高強度域における複雑形状への適用に効果が期待される。特にマイクロねじでは浸炭焼入れを行うため靱性が不足するという問題があったが、超微細粒鋼を採用することによりこの問題が解決できた。図4は頭部厚さ0.2mmのマイクロねじに冷間圧造した事例である。

◇ 異形鋼線

1. 異形鋼線のメリット

異形鋼線といえば円以外の断面形状でコイルの状態を指している。異形鋼線が伸びてきた理由としては、異形断面を使用して部品を製造する場合、冷間鍛造を省略（段数の減少）できる、切削工程を省略できるなどのメリットが評価されているためである。このため、形状において更なる精度の

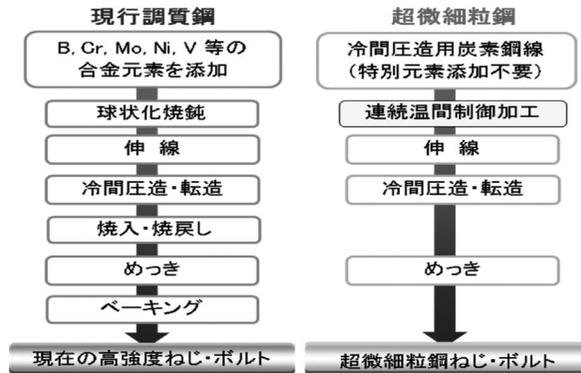


図 3 従来ねじ製造工程と超微細粒鋼を使用した工程との比較

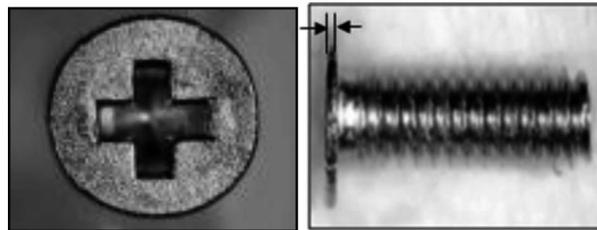


図 4 頭部厚さ0.2mmのマイクロねじ冷間圧造事例

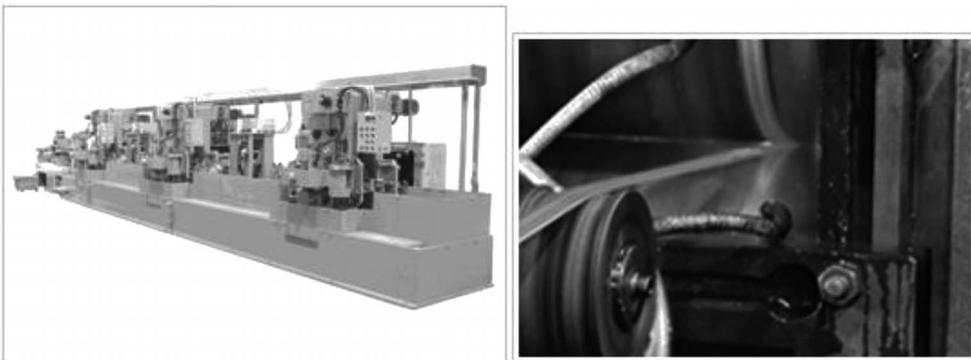


図 5 冷間圧延機および熱間圧延機

向上や複雑形状が要求されるようになって来ている。また、従来の棒鋼をコイル化することによる歩留まりの向上や生産性の向上が期待できることが挙げられる。

2. 異形鋼線の製造

以前は矩形などの異形の母材を使って二次加工では伸線によって成形するという方法が主流であったが、最近では丸線を使い二次加工で異形鋼線に仕上げるケースが増えている。もちろん異形の母材を使うことは二次加工の負荷の観点からは

メリットが大きいことには違いないが、丸線を使用して異形コイルを製造する二次加工の技術が進展、拡大したことは事実である。

製品の精度を客先の厳しい仕様に合致させるためには伸線法で仕上げるのが有効であるが、中間工程の段階では大減面率を達成するために圧延技術を併用することになる。図5に冷間圧延と熱間圧延設備の外観を示す。冷間圧延はロールが縦横に配列されたもので、丸線から矩形形状を製造するのに適している。冷間にて加工するため、ス

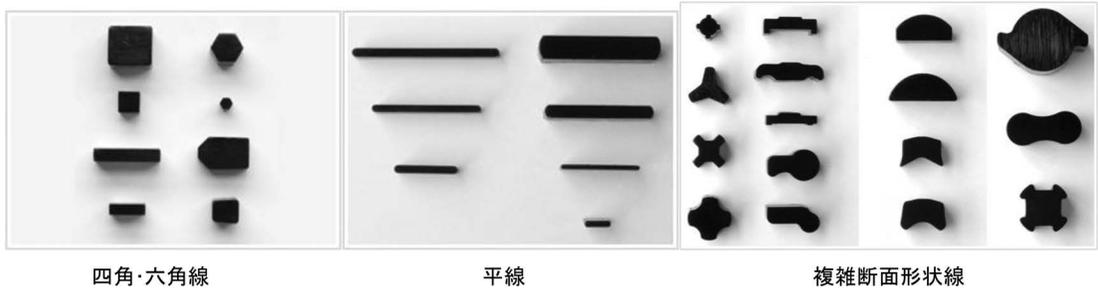


図 6 様々な断面の异形鋼線

ケールの発生がなく製品表面の粗度と寸法精度に優れる。材質や加工の度合によっては焼鈍を入れる必要があるし、材料の皮膜処理にも配慮しなければならない。

一方、熱間圧延の場合は1パス当たり大きな減面をとることができるため冷間に比べ工程を短縮でき、厚さが薄い平線状の製造に適している。当社の場合上下方向のみの圧延であり、幅方向の寸法はフリーとなる。圧延温度により材料の幅広がりが変わるので、材料や加工度合に応じて温度をコントロールする必要がある。加熱方法には抵抗加熱や高周波加熱がある。

3. 异形鋼線によるコストダウン事例

従来棒鋼の使用からコイル化した事例としては、自動車のスターターリングギアがある。生産性の向上とともに、冷間圧延と伸線の組み合わせで製品の精度が上がって切削工程の省略化に貢献している。他の事例としては、従来パイプから冷間圧造していた筒状の部品を、异形鋼線に変更し円筒状に巻いて成形することによりコストダウンを達成したものなどがある。

最近ではより複雑な形状、非対称形、小さなコーナーRなどが求められている。异形鋼線の使用においては一般的に過酷な冷間圧造はない代わりに、鋼線での高い寸法精度を求められることが多い。形状によっては曲がりや捻じれが出易いなど、製造技術もさることながら検査においても高度な技術が要求される。また、皮膜や荷姿などにも独特なものがあり、表面品質においても厳しさを増している。このような背景のもと、丸鋼線に対し不具合が出易い傾向は否めず、製造に関しても特別な管理を必要としている。

4. 异形鋼線の断面形状

図6に示すのは現状、当社で製造可能な异形鋼線の断面形状である。但し、寸法精度や断面の大きさなど現設備では制限があり、必ずしも全て製造が可能という訳ではない。この意味では、まだ発展段階であり、製造設備の進歩や技術の高度化がより求められている分野であると考えられる。

むすび

超微細粒鋼の鋼線での量産化はまだ緒についたばかりであり、現状量産化できる寸法は細径に限られる。ねじ、ボルト類で最も量産化されている寸法域については、まだ設備的なものを含め多くの課題が残されているが、省エネ、省資源の観点からも今後発展させていかねばならない技術であることは他言を要しない。

丸鋼線については海外の伸線メーカーでも比較的容易にできる技術であり、品質もそれなりに向上してきていると考えられる。また、国内メーカーの生産拠点の海外移転も活発になってきている。异形鋼線についても同じ道を歩むことになるだろうことは想像に難くないが、高度な技術、品質に至っては海外の追従を許さないものを確立できるものと考えられる。

参考文献

- 1) 鳥塚史郎：まてりあ、45 (2006)、438-443
- 2) 鳥塚史郎：特殊鋼、Vol. 62、No. 5、(2003-9)、22-24
- 3) 森川勉他：モノ作り中小企業全国フォーラム、6-19、(2007)、1-14
- 4) 鳥塚史郎、村松榮次郎：塑性と加工、第56巻、第657号、(2015-10)、28-31

IV. わが社の2次加工製品

大阪精工(株)

大阪精工(株)のグローバル展開

まえがき

弊社は鋼線の二次加工からスタートしましたが、その後部品の冷間圧造の分野に進出、多段フォーマーを有し、現在は冷間圧造用鋼線ならびに自動車メーカー向けの冷間圧造部品を主に製造しています。鋼線では、φ1mmからφ50mmの丸鋼線に加え異形鋼線も得意とし、鋼種は低炭素鋼から軸受鋼、チタンまで幅広く製造しています。冷間圧造では大型フォーマーを用いて、複雑な形状で寸法精度の高い部品の製造技術に優位性を持っています。また、冷間圧造用鋼線から冷間圧造部品まで一貫して製造することが弊社の特徴の一つであり、冷間圧造部品に応じた鋼線の品質を提供できることを強みとしています。

◇ グローバル展開

国内は本社工場（東大阪市）、奈良工場（磯城郡）、九州工場（北九州市）の3工場を有しています。グローバル展開においては、関連企業との合弁で海外進出を推進しております。生産拠点を図1に示します。米国2拠点、中国2拠点および立ち上がって間もないメキシコ1拠点の、合計5拠点をしています。このうち、米国サウスカロライナに工場を持つAiken Precision Technologiesと中国江蘇省南通市の神商大阪精工有限公司は冷間圧造の拠点となっており、他の3拠点は冷間圧造用鋼線を製造しています。Grand Blanc

Processing社を除き各拠点では、弊社は製造部門を担当しており、常時1～2名の技術者を派遣し技術の指導、品質の向上に取り組んでいます。

個々の拠点について設立年順に概要を以下に紹介します。（）内は通称。

- (1) Grand Blanc Processing社 (GBP) 米国 ミシガン州 1995年設立
7,000トン/月 自動車向けボルト、パーツ用冷間圧造用鋼線
- (2) Aiken Precision Technologies社 (APT) 米国 サウスカロライナ州 2002年設立
自動車用冷間圧造部品
- (3) 神鋼特殊鋼線有限公司 (KSP) 中国 浙江省 平湖市 2007年設立
3,000トン/月 自動車向けボルト、パーツ用冷間圧造用鋼線
- (4) 神商大阪精工有限公司 (SONC) 中国 江蘇省 南通市 2013年設立
自動車用冷間圧造部品および棒鋼の切断
- (5) Kobelco CH Wire Mexicana社 (KCHM) メキシコ グアナファト州 2014年設立
3,300トン/月 自動車向けボルト、パーツ用冷間圧造用鋼線

むすび

これらの海外生産拠点は日系部品メーカーの需要拡大に対応してきた結果です。弊社としてはパートナーとしての役割を果たし製造面、品質面において改善を進め、より良い製品を供給できるよう努力して参ります。

〔大阪精工(株) かが こうすけ〕
CS 推進部 古賀 浩介

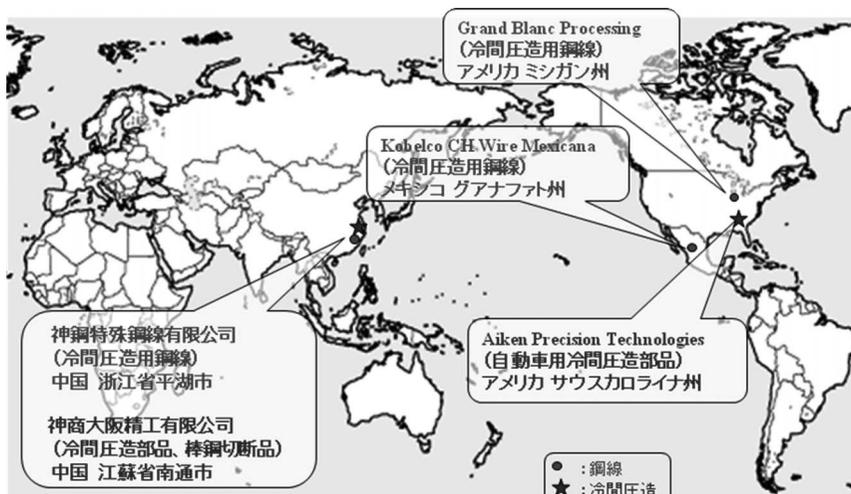


図 1 海外生産拠点

まえがき

ばね用ステンレス鋼線において高強度・高耐熱鋼種ではSUS631J1が汎用鋼種として使用されているが、SUS631J1は一般的には約350℃前後が耐熱温度の限界とされている。それ以上の高温域ではNi基合金線を使用せざるを得ない状況だが、Ni基合金線は高価であり且つ強度はあまり望めない材料である。

本稿では優れた成分設計と伸線・熱処理技術の融合により、従来のステンレス鋼のコストでは対応できなかった『高耐熱・高強度・高耐食』を実現したステンレス鋼線『タフステン [TouPH Stainless]』を紹介する。

◇ 特徴

1. 耐熱性

InconelX750に迫る耐熱性を有する (図1参照)。

2. 強度

析出硬化処理により、SUS631J1を凌駕する高強度を有する (図2参照)。

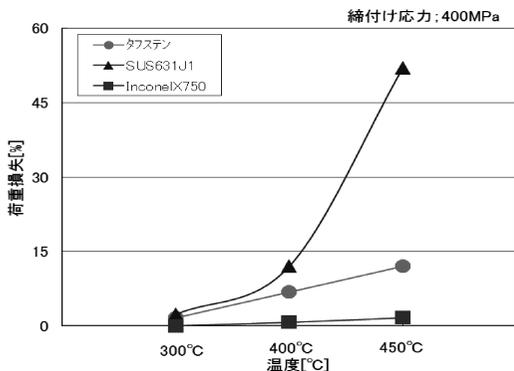


図 1 ばねの耐熱性評価 (φ1.0mm)

3. 耐食性

SUS316に匹敵する耐食性を有する (図2参照)。

◇ 適応線径

φ0.1mm～φ6.0mm。(ばね用ステンレス鋼線 JISG4314WPC規格)

その他の線径については、別途ご相談。

◇ 用途例

1. 耐熱ヘタリ性が重要視されるばね。
……中高温域での使用。特にコスト面でNi基合金 (InconelX750等) の代替。
2. 耐食性を重要視し、ピアノ線・硬鋼線の代替。

むすび

タフステン [TouPH Stainless] はばね用ステンレス鋼線では、最上位の耐熱性を有する材料であり、SUS631J1の強度を大幅に凌駕している。

SUS631J1のグレードUP及びNi基合金線の強度UPやVA提案材として期待されており、自動車関連の電装部品などのほか、更なる高強度化が要求される家電機器や医療工具用材料など多種多様な用途で注目されている。

〔日本精線(株) たかはし かおる〕
顧客サービス部 高橋 薫

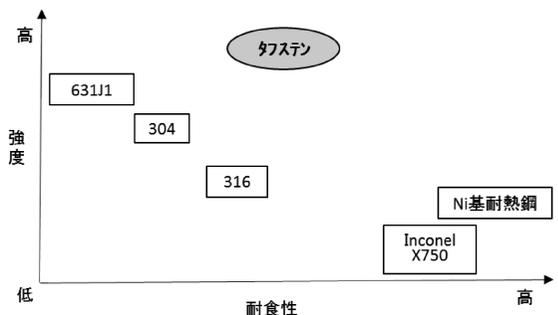


図 2 タフステンの位置付け

業界のうごき

佐久間特殊鋼、幼児教育に参入 英語によるプリスクール開校へ

佐久間特殊鋼は幼児教育分野に参入する。10月に英語によるコミュニケーションを行うプリスクールを本社倉庫跡地に開校。企画運営を手掛けるほか、今後プリスクールの複数開設や事業所内保育（企業内保育）・学童保育などの展開も視野に入れ、早期の事業本格化を目指す。

同社は中部地区物流機能の基幹拠点を西尾支店に移し、本社倉庫建屋を解体。遊休地を活用して昨年春、待機児童解消を狙って名古屋市の認可保育園を開設するなどCSR活動に力を入れている。

新設するプリスクールは系列会社の「あんじゅ」が企画運営する。2～5歳児を対象に、各年齢定員14人の少人数制、1日5時間・週5日の全日制を採用。

同敷地内に事業所内保育施設、学童保育所を設置し、来春をめどに運営をスタートする。0歳児から就学児童まで幅広い年齢の子どもを受け入れる体制を築く。（3月3日）

三和特殊鋼、豊田市に新在庫拠点 機械加工設備も導入

三和特殊鋼は、愛知県豊田市に在庫拠点を開設する。工具鋼を中心に特殊鋼を在庫するほか、NC旋盤2台、切断機3台を設置し、加工品を供給していく。名古屋営業所（愛知県東海市）は新拠点に移し、名古屋支店に改称する。3月に賃貸契約を結び、設備の設置や事務所の改装後、夏場ごろに本格稼働に入る予定。当面は現在の2倍弱の売上げを目指す。

中部地区では2007年頃から営業活動を開始し、14年3月に名古屋営業所を開設した。加工品や鋼材は大阪の本社から供給していたが「ユーザーの要望にきめ細かく対応し販売

力を強化するには、より近くでの在庫が必要」と判断し、適切な在庫拠点を探していた。

倉庫面積は587平方メートル、事務所面積は63平方メートル。クレーンは2.8トンが2基。人員は、名古屋営業所の3人に4人を加え7人体制でスタートする。（2月5日）

住友商事、金属事業の移管を検討 住商スチールに17年7月

住友商事は、金属事業の一部（売上高約1兆4,000億円）を完全子会社の住商スチール（4月1日に住友商事グローバルメタルズに社名変更）へ移管する検討を開始する。住商スチールは現在、委託代行取引（住友商事名義による取引）をしているが、住商スチールが独自にビジネス判断を行うことができるよう権限移譲を行う。

「今まで以上にスピード感を持った経営体制とし、グローバル化への対応を深化させる。金属事業を取り巻く環境変化に柔軟に対応できる機動的な組織をつくる」（同社）。

移管事業は薄板（一部の国内向け電磁鋼板除く）、自動車用鋼管、線材・特殊鋼、軽金属（アルミ地金やアルミ投資案件除く）、厚板、建材、メカニカル鋼管・国内一般管・特殊管。油井管やラインパイプは住商本体で扱う。移管時期は2017年7月を予定する。

住商スチールの社員数は出向者含めて約580人。（2月1日）

大同DMソリューション 金型プレート事業を強化

大同DMソリューションは国内の金型プレート事業を強化する。二次加工推進による高付加価値化、流通との互恵関係強化、弱点地域戦略、価格競争力強化を進めていく。二次加工では高付加価値化を狙いに各拠点で設備を増設する。3月には名古屋加工工場にマシニングセンターを

1基導入する。

互恵関係強化では、大同特殊鋼の工具鋼を扱う流通各社とお互いの強みを認識し合い、弱みを補完しあう生産、営業協業を推進していく。金型メーカーおよび金型部品メーカーとの連携も深め、素材から金型までの供給体制を整える。

地域戦略では1月にプレート加工の吉永ハイメタル（北九州市小倉区）を子会社の越智製作所と共同で買収し、グループに加えた。両頭フライス盤2基を増設するなど加工設備を増強。越智製作所が中心になって九州と広島以西の中国地方で販路を広げ、3年後には2倍の扱い量を目指す。（3月8日）

テクノタジマ、加工機能を強化 本社工場に3設備を導入

テクノタジマは、本社工場の熔断・製缶・特殊鋼部門で加工機能を強化する。今月3設備をリプレースし、近く稼働を開始する。生産性向上などを通じてQCD（品質・価格・納期）競争力を高め、将来的な加工数量拡大を狙う。

同社は本社工場に熔断など3種の加工を、江南工場（愛知県江南市）で機械加工や塗装・組立などを行い、一貫生産体制を生かした業容拡大に取り組んでいる。

熔断部門では開先ロボットを導入した。段取り時間を縮めることにより生産性、作業効率向上を図り、リードタイムを短縮する。製缶部門は精度アップも目的に大組み、仮組み用の定盤を導入した。特殊鋼部門ではバンドソーを更新。新鋭化で加工スピード、精度が一段と高まる。

設備更新によりQCD（品質・価格・納期）競争力を一段と強化、ニーズ対応力を高め顧客満足度の最大化を図り、段階的な加工数量増を実現したい考え。（3月30日）

業界のうごき

辰巳屋興業の自動車部品部門 東京、静岡の建屋を改築

辰巳屋興業は、自動車部品部門東京支店（東京都葛飾区）、静岡営業所（静岡市葵区）の建屋を建て替える。耐震性能強化、環境対応を進めるほか、各拠点とも延べ床面積を拡張して機能強化を図る。

同社は現在、名古屋市昭和区白金の本社社屋建て替え工事を行っており、年末をめぐって完工する予定。6月末予定で建屋が完成し、事務部門は順次新本社へ移動する計画。1960年建設の静岡営業所、築30年以上が経過する東京支店も老朽化が進行。耐震性が不十分だったため建て替えを決め、両所とも今月着工した。

東京支店は隣地を購入した上で新設する。3階建て・延床面積3,214平方メートルの社屋内に自社自動車部品ブランド「Racing Gear」の開発を行うピットも設営、完成は来夏の見通し。11月完成予定の静岡営業所は3階建てで、延べ床面積を従来よりも広い742平方メートルとする。（3月9日）

白鷺特殊鋼、切断機10基更新 能力増、短納期、高品質化

白鷺特殊鋼は、老朽化している切断機を更新し、加工速度と精度の向上を図っていく。グループ会社を含む各拠点合わせて10基を5月までに更新する。総投資額は約1億7千万円。切断加工の能力アップを随時進め、短納期で高品質な切断品の供給力を高める。

同社は、室蘭から福岡まで全国に拠点を置き、子会社として切断加工のハクロスチール、鍛造のハクロフォージング、機械加工のハクロマシナリーも持つ。

更新する10基のうち7基はパルスカッピング帯鋸盤に入れ替える。パルスカッピング帯鋸盤は、切断刃にパルス振動を与え切削抵抗を低

減することで、歯先の摩耗を抑えて高速、高精度な切断ができる。また切削時のびびり振動が小さく、騒音が低減される。

パルスカッピング機は、大阪の大正倉庫、岡山・広島・九州の各支店、ハクロマシナリー加西事業所に各1基、ハクロスチールに2基導入。それ以外では、中国支店に帯鋸盤、超硬丸鋸盤を各1基、岡山支店に帯鋸盤を1基新設する。（3月28日）

ハヤカワカンパニー 大阪に営業拠点を開設

ハヤカワカンパニーは関西以西の営業を強化する。大阪（吹田市）に営業部を開設して、既存顧客のサービス強化を図ると同時に新規開拓を推進する。東名阪3極体制でさらなる業容拡大を目指す。

ハヤカワカンパニーは名古屋、東京に営業拠点をもち、関西地区の営業はこれまで両拠点がカバーしていた。関西には同社子会社で精密 casting 品を製造する東京ロストワックス工業（新潟県長岡市）の有力ユーザーがあり、より迅速な対応が可能な体制構築が必要と判断。新規需要家の拡大も狙い、拠点新設を決めた。

開設するのは大阪営業部。新大阪駅に近いオフィスビルを拠点として4月1日に営業を始める。2人体制でスタートし、将来の増員も視野に入れる。

名古屋、東京拠点とは異なり、鋼材や部品、レアメタルなど全商品を一元的に取り扱う。中四国、九州地区など幅広い販路拡大に努め、関西以西での初年度売上高を従来比2割増まで高めたい考えだ。（3月25日）

愛知製鋼、第2棒線圧延工場復旧 再発防止策を徹底、2週間前倒し

愛知製鋼は、1月8日夜に知多工場で起きた第2棒線圧延工場での加熱炉爆発事故の復旧工事を完了し、21日か

ら圧延工場の本格稼働を開始する。当初は3月29日の復旧を目指していたが、約2週間早く改修工事が完了する。

知多工場の第2棒線圧延ラインは、ベースサイズ主体の特殊鋼棒鋼を月間7万トン程度生産。事故は、昨年末に定期補修を行い年明け後に操業準備をしている際に発生した。

安全教育の強化など人的対策のほか、フェールセーフシステム（エア・パージしなければ着火しないシステム）を持たせるためのインターロック機能（安全装置）導入など、徹底した再発防止策を講じる。

東日本大震災以降、事業継続に向けた危機管理対策を強化してきたが、今回の事故発生からこれまでの在庫・代替生産対応の実態を検証するなど、安定供給体制構築への改善、強化を図る。（3月18日）

神戸製鋼所、タイで線材圧延合弁 17年5月から特殊鋼も生産

神戸製鋼所は、タイに線材圧延合弁を設立する。タイ鉄鋼メーカーのミルコン・スチールが持つ線材メーカーの新株発行を引き受け、折半出資とする。近日中に正式契約を締結し、今月内に設立する予定だ。

年産能力は48万トン。当面は普通線材だけ生産するが、新たに仕上げ圧延ミルを導入して、2017年5月から特殊鋼線材も生産する。その後は特殊鋼比率を5割以上に高めつつ、2020年までにフル生産化を目指す。特殊鋼線材のビレットは日本から供給する。

ミルコン傘下のMSSに神鋼が資本参加し、コバルコ・ミルコン・スチール（KMS）に社名変更する。KMSの資本金は28億3,000万バーツ（約100億円）。ミルコンは14年にTSSIの資産を買収し、MSSの事業活動を開始した。TSSI資産の買収費用を含む総投資額は67億9,000万バーツ（約241億円）。（2月3日）

業界のうごき

山陽特殊製鋼、ダイカスト金型用鋼 北米規格で最高強度認定を取得

山陽特殊製鋼の高信頼性ダイカスト用鋼が、ダイカスト金型材料の世界標準規格とされる北米ダイカスト協会(NADCA)から最高強度タイプの「高強度グレードダイカスト金型用鋼・グレードC」の認定を取得した。1月にNADCAの鋼種リストに登録された。

認定取得した製品は「QDX-HAMOTEX」。材料設計と製造プロセスの最適化で、靱性・高温強度・耐ヒートチェック性・耐アルミ溶損性などの特性を高めた。2013年11月に開発して以来、自動車部品や機械部品の製作用ダイカスト金型向けに採用が進んでいる。

山特では今回の認定取得について「NADCAが定める厳しい品質基準を満たす高品位鋼の証しになり、当社の材料設計や製造技術の高さが認められた」として、国内外で同鋼の採用拡大を図っていく。

ダイカスト金型は、製作に多くの工数・コストがかかるため、安定した金型寿命が求められ、材料に要求される品質基準も厳しい。海外ではNADCA鋼種リスト登録が採用条件になる場合もある。(2月19日)

新日鉄住金、日新製鋼を子会社化 日新、呉の第2高炉休止へ

新日鉄住金は日新製鋼を2017年3月に子会社化する。出資比率は現在の8.3%から51%~66%の範囲に拡大する方針で、5月中旬に正式決定する。日新製鋼は、国内薄板事業の重点化・強化策と呉製鉄所第2高炉休止を伴う鉄源工程の合理化策を検討するとともに、その代替鉄源として新日鉄住金に対し継続的な半製品(スラブ)供給についての検討を申し入れていた。日新製鋼は新日鉄住金の子会社となった後も上場を維持する。

日新は呉製鉄所の第1高炉を19年度

末までに拡大改修する。呉製鉄所の高炉2基は他社に比べて小型で、コスト競争力が発揮しにくい。製鉄所内にコークス炉を持たないハンディもある。

両社は今後、5月中旬をめどに正式契約を締結。17年3月をめどに子会社化し、19年度内に新日鉄住金による日新製鋼へのスラブ供給を開始する。(2月2日)

新日鉄住金、小倉高炉休止2年延期 製鋼も休止、戸畑に新連铸

新日鉄住金は、八幡製鉄所における戸畑地区への高炉集約計画で、新たに製鋼設備も戸畑に一本化する。旧住金拠点の小倉地区は棒線の下工程に特化する。コスト、品質競争力の強化を徹底するため、当初計画を大幅に見直した。

今回の計画見直しにより海底トンネルを含む「溶銑輸送線」の敷設計画は中止する。小倉の第2高炉の休止時期は2年延期し、20年度末とする。

2018年度末までに戸畑に新たに最新鋭のブルーム連続铸造機(月産能力14万トン)を新設する。投資額は400億~500億円規模の見込み。新連铸機で小倉の棒線向け、戸畑の軌条向けの半製品を集中生産し、生産効率を高める。

20年度の小倉の高炉休止までに自動車会社などの認証取得を進める。20年度末に小倉の製鋼設備、第3連铸機、第4連铸機、戸畑の既存連铸機も休止する。(3月31日)

大同特殊鋼が開発 プレミアムSTC炉

大同特殊鋼は、独自の差別化商品であるSTC炉に、省エネ効率が高くCO₂排出削減、処理品質向上にもつなげる新機種「プレミアムSTC」を開発し、今月から販売を開始する。独自の新省エネ燃焼システム「DINCS」を標準搭載した初のモデルとなる。炭化ケイ素製高効率熱交換器の採用

などにより耐久力が高くメンテナンス性にも優れる。顧客へのPR強化を通じ、今後販売する同炉でのプレミアム型普及を促進する。

STC炉は、自動車のボルトやシャフトに使う特殊鋼の線材コイルや冷間鍛造品などを、多品種小ロットで多様に熱処理できる設備。1980年に1号機を納入して以来、累計300基の販売実績がある。

今後、プレミアム型を主力商品に位置づけ、「グローバル・リーディング商品」(差別化した得意商品。代替生産が困難で、将来にわたって持続供給可能な戦略商品)として実績拡大を図る。(3月10日)

東北特殊鋼、IoTセンサー開発 電池や電線から給電不要

東北特殊鋼は、宮城県産業技術総合センターと共同で、電池や電線からの給電が不要なIoTセンサーシステムを開発した。同社が開発した磁歪振動発電素子に同センターが開発したIoTシステムを組み合わせ、開発に成功した。

センサーモジュールに組み込んだ振動発電素子が生産設備などの振動を電力に変換し、電源として作動。生産設備に付随する膨大な数のセンサーで、電池交換などの保守管理が不要になる。東北特殊鋼は自社工場の監視システムとして運用試験を行っており、工場のIoT化の一環として開発を進めながら、システムまたは発電素子やセンサーモジュールの商品化も検討する。

工場設備だけでなく、鉄道、橋梁、トンネルなどインフラの老朽化を監視する無給電ワイヤレス監視システム、自動車や人の歩行など移動体の振動を利用するセンサーシステムへの応用も期待される。(2月25日)

文責：(株)鉄鋼新聞社

特殊鋼統計資料

特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別生産の推移

鋼種別

(単位：t)

年月	工具鋼	構造用鋼			特殊用途鋼						計	合計
		機械構造用炭素鋼	合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高抗張鋼	その他		
'14 暦年	264,684	4,822,532	3,996,687	8,819,219	438,207	1,027,943	3,000,538	695,384	5,969,185	688,579	11,819,836	20,903,739
'15 暦年	247,346	4,645,724	3,564,630	8,210,354	431,529	986,169	2,755,748	615,811	4,953,652	674,565	10,417,474	18,875,174
'13 年度	253,463	4,732,925	3,985,769	8,718,694	435,711	995,693	2,923,675	691,101	5,702,462	692,726	11,441,368	20,413,525
'14 年度	267,588	4,796,279	3,938,090	8,734,369	436,613	1,028,923	2,973,816	680,990	5,806,585	669,583	11,596,510	20,598,467
'15. 1-3月	67,381	1,175,974	946,737	2,122,711	107,972	250,767	728,221	161,938	1,249,834	164,311	2,663,043	4,853,135
4-6月	60,525	1,173,819	896,254	2,070,073	111,707	261,081	649,693	159,815	1,200,756	161,156	2,544,208	4,674,806
7-9月	59,635	1,133,855	831,969	1,965,824	107,590	240,666	708,543	150,821	1,239,829	180,294	2,627,743	4,653,202
10-12月	59,805	1,162,076	889,670	2,051,746	104,260	233,655	669,291	143,237	1,263,233	168,804	2,582,480	4,694,031
'15年 1月	20,750	390,644	327,844	718,488	35,806	82,891	247,681	49,837	489,660	54,202	960,077	1,699,315
2月	22,767	372,226	297,464	669,690	35,395	83,471	231,856	52,053	356,241	53,109	812,125	1,504,582
3月	23,864	413,104	321,429	734,533	36,771	84,405	248,684	60,048	403,933	57,000	890,841	1,649,238
4月	20,346	387,610	305,813	693,423	34,040	82,033	204,655	48,023	408,292	57,378	834,421	1,548,190
5月	20,087	397,436	298,168	695,604	40,148	85,194	220,406	55,855	422,368	52,270	876,241	1,591,932
6月	20,092	388,773	292,273	681,046	37,519	93,854	224,632	55,937	370,096	51,508	833,546	1,534,684
7月	19,899	377,911	287,163	665,074	39,689	81,302	231,194	46,716	418,894	58,592	876,387	1,561,360
8月	19,958	371,851	275,582	647,433	32,407	74,792	231,656	51,008	380,222	57,956	828,041	1,495,432
9月	19,778	384,093	269,224	653,317	35,494	84,572	245,693	53,097	440,713	63,746	923,315	1,596,410
10月	20,394	402,461	299,964	702,425	37,564	83,798	218,605	49,508	437,902	59,017	886,394	1,609,213
11月	19,260	390,478	300,827	691,305	31,554	77,314	208,399	49,438	427,479	57,804	851,988	1,562,553
12月	20,151	369,137	288,879	658,016	35,142	72,543	242,287	44,291	397,852	51,983	844,098	1,522,265
'16年 1月	19,652	384,132	272,319	656,451	31,459	68,014	236,824	40,581	476,198	60,238	913,314	1,589,417
2月	20,714	381,932	292,531	674,463	31,851	77,302	234,331	50,867	419,546	54,824	868,721	1,563,898
前月比	105.4	99.4	107.4	102.7	101.2	113.7	98.9	125.3	88.1	91.0	95.1	98.4
前年同月比	91.0	102.6	98.3	100.7	90.0	92.6	101.1	97.7	117.8	103.2	107.0	103.9

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
'14 暦年	299,735	6,106,683	1,442,497	4,313,948	2,290,323	6,460,443	20,913,629
'15 暦年	270,761	5,828,923	1,081,718	4,123,192	1,508,876	6,073,343	18,886,813
'13 年度	386,674	5,959,957	1,469,820	4,289,571	2,106,686	6,203,452	20,416,160
'14 年度	304,098	6,106,807	1,393,173	4,234,850	2,176,351	6,393,357	20,608,636
'15. 1-3月	83,030	1,499,905	325,247	1,013,956	386,025	1,547,886	4,856,049
4-6月	62,075	1,483,772	242,195	1,058,712	405,789	1,425,162	4,677,705
7-9月	56,400	1,411,432	249,211	1,023,200	354,025	1,561,847	4,656,115
10-12月	69,256	1,433,814	265,065	1,027,324	363,037	1,538,448	4,696,944
'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
3月	24,911	521,071	97,325	355,990	141,393	509,519	1,650,209
4月	13,460	478,005	94,543	341,915	146,619	474,619	1,549,161
5月	28,741	504,118	70,930	358,140	118,648	512,326	1,592,903
6月	19,874	501,649	76,722	358,657	140,522	438,217	1,535,641
7月	13,941	469,357	87,732	348,822	151,881	490,598	1,562,331
8月	14,788	457,999	88,253	328,539	103,581	503,243	1,496,403
9月	27,671	484,076	73,226	345,839	98,563	568,006	1,597,381
10月	31,802	490,424	90,332	352,020	118,758	526,848	1,610,184
11月	16,188	495,654	80,439	345,923	101,009	524,311	1,563,524
12月	21,266	447,736	94,294	329,381	143,270	487,289	1,523,236
'16年 1月	17,173	408,955	94,828	347,752	177,400	544,280	1,590,388
2月	34,629	463,368	83,439	341,773	142,082	499,578	1,564,869
前月比	201.6	113.3	88.0	98.3	80.1	91.8	98.4
前年同月比	131.7	96.2	82.4	105.0	132.7	107.8	103.9

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。

特殊鋼鋼材の鋼種別販売(商社+問屋)の推移 (同業者+消費者向け)

(単位:t)

年月	工具鋼	構造用鋼			特殊用途鋼							計	合計
		機械構造用炭素鋼	合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高抗張力鋼	その他			
'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	
'15 暦年	315,222	3,799,665	4,044,736	7,844,401	251,940	451,168	3,015,291	172,597	122,078	35,288	4,048,362	12,207,985	
'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 年度	315,143	3,796,580	4,075,391	7,871,971	241,867	459,359	3,036,399	185,102	126,093	28,652	4,077,472	12,264,586	
'15年 6月	27,689	327,148	340,534	667,682	21,222	39,561	250,855	13,623	10,859	3,042	339,162	1,034,533	
7月	27,694	328,631	348,405	677,036	26,029	40,759	255,216	14,040	9,285	2,841	348,170	1,052,900	
8月	23,573	290,661	325,257	615,918	24,342	32,818	238,406	13,075	8,847	2,611	320,099	959,590	
9月	27,576	316,124	333,382	649,506	23,336	37,054	250,983	16,366	10,196	2,938	340,873	1,017,955	
10月	28,059	323,886	343,500	667,386	21,719	36,836	257,220	14,408	10,502	3,419	344,104	1,039,549	
11月	27,356	320,940	336,537	657,477	20,522	36,278	251,142	14,763	8,811	3,241	334,757	1,019,590	
12月	25,926	316,011	330,174	646,185	19,968	35,926	249,879	15,009	8,608	2,921	332,311	1,004,422	
'16年 1月	26,085	305,692	331,670	637,362	17,528	34,783	245,768	11,422	8,718	2,930	321,149	984,596	
2月	26,623	316,755	339,371	656,126	22,885	36,233	254,888	14,153	9,173	2,368	339,700	1,022,449	
前月比	102.1	103.6	102.3	102.9	130.6	104.2	103.7	123.9	105.2	80.8	105.8	103.8	
前年同月比	104.4	103.2	102.0	102.6	107.0	95.5	100.2	94.0	75.5	78.4	98.8	101.3	

出所: 経済産業省『鉄鋼需給動態統計調査』から作成。

特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別メーカー在庫の推移

(単位:t)

年月	工具鋼	構造用鋼			特殊用途鋼							計	合計
		機械構造用炭素鋼	合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高抗張力鋼	その他			
'14 暦年	10,503	226,316	135,782	362,098	22,297	37,890	122,870	31,045	186,664	33,489	434,255	806,856	
'15 暦年	8,514	219,348	126,553	345,901	26,641	37,142	126,895	26,973	173,408	26,569	417,628	772,043	
'13 年度	7,603	207,387	127,934	335,321	24,576	43,066	124,560	30,864	163,913	40,196	427,175	770,099	
'14 年度	8,552	212,735	120,601	333,336	24,229	35,151	116,398	25,803	181,594	33,355	416,530	758,418	
'15年 6月	8,477	224,486	126,561	351,047	28,111	38,727	100,122	26,224	200,817	27,442	421,443	780,967	
7月	7,828	209,065	127,378	336,443	32,515	33,342	107,094	24,926	202,484	27,706	428,067	772,338	
8月	7,459	229,677	137,164	366,841	27,642	35,589	115,943	29,603	193,178	33,021	434,976	809,276	
9月	7,097	221,675	124,068	345,743	24,333	38,201	122,128	29,968	213,900	40,904	469,434	822,274	
10月	8,191	209,341	122,260	331,601	27,619	40,153	112,254	26,221	179,107	34,112	419,466	759,258	
11月	8,801	229,466	128,195	357,661	24,247	39,018	121,157	29,776	174,174	36,335	424,707	791,169	
12月	8,514	219,348	126,553	345,901	26,641	37,142	126,895	26,973	173,408	26,569	417,628	772,043	
'16年 1月	8,899	237,378	137,557	374,935	26,768	36,930	123,303	28,254	193,991	31,746	440,992	824,826	
2月	8,035	238,579	147,509	386,088	24,796	38,452	123,844	31,722	188,488	38,181	445,483	839,606	
前月比	90.3	100.5	107.2	103.0	92.6	104.1	100.4	112.3	97.2	120.3	101.0	101.8	
前年同月比	82.0	106.9	112.4	108.9	110.4	112.3	100.7	107.0	108.7	105.9	106.4	107.2	

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。

特殊鋼鋼材の流通在庫の推移 (商社+問屋)

(単位:t)

年月	工具鋼	構造用鋼			特殊用途鋼							計	合計
		機械構造用炭素鋼	合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高抗張力鋼	その他			
'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	
'15 暦年	61,896	202,211	146,758	348,969	13,423	52,972	134,135	11,968	11,624	1,683	225,805	636,670	
'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 年度	58,240	210,206	147,346	357,552	12,927	49,435	140,051	13,509	10,900	1,581	228,403	644,195	
'15年 6月	61,349	213,586	147,433	361,019	12,714	51,680	135,945	13,086	11,041	1,631	226,097	648,465	
7月	60,166	201,225	139,743	340,968	10,901	52,063	132,880	12,906	10,877	1,496	221,123	622,257	
8月	59,942	205,556	141,265	346,821	11,467	52,669	133,509	13,365	10,879	1,440	223,329	630,092	
9月	59,548	206,860	141,705	348,565	12,376	54,281	139,417	13,910	10,921	1,508	232,413	640,526	
10月	58,944	206,238	141,042	347,280	12,450	52,892	136,494	14,323	11,396	1,677	229,232	635,456	
11月	59,920	206,589	140,426	347,015	12,510	52,179	132,827	12,431	11,388	1,686	223,021	629,956	
12月	61,896	202,211	146,758	348,969	13,423	52,972	134,135	11,968	11,624	1,683	225,805	636,670	
'16年 1月	64,189	204,161	142,374	346,535	12,863	51,280	135,861	14,213	11,475	1,723	227,415	638,139	
2月	64,109	200,964	139,898	340,862	13,069	51,051	135,133	13,986	11,545	1,666	226,450	631,421	
前月比	99.9	98.4	98.3	98.4	101.6	99.6	99.5	98.4	100.6	96.7	99.6	98.9	
前年同月比	115.5	98.6	96.0	97.5	109.1	102.8	97.1	101.3	113.2	101.4	100.0	100.0	

出所: 経済産業省『鉄鋼需給動態統計調査』から作成。

特殊鋼鋼材の輸出入推移

輸出

(単位：t)

年月	工具鋼	構造用鋼			特殊用途鋼				その他の鋼			特殊鋼鋼材合計
		機械構造用炭素鋼	構造用合金鋼	計	ばね鋼	ステンレス鋼	ピアノ線材	計	高炭素鋼	その他合金鋼	計	
'14 暦年	52,548	499,166	590,092	1,089,258	191,603	r1,152,226	151,020	r1,494,889	13,742	r6,189,852	r6,203,594	r8,840,290
'15 暦年	r57,172	r445,437	r540,719	r986,156	r188,707	r1,052,266	r129,239	r1,370,172	r11,388	r5,291,875	r5,303,263	r7,716,762
'13 年度	49,233	474,018	580,043	1,054,061	191,652	1,130,330	135,718	1,457,700	13,215	5,402,234	5,415,449	7,976,443
'14 年度	69,904	r507,842	583,116	r1,090,958	184,341	r1,157,029	142,126	r1,483,496	13,457	r6,085,408	r6,098,865	r8,743,223
'15年 5月	r3,252	r34,220	44,403	r78,623	15,908	83,841	10,685	110,434	838	r471,720	r472,558	664,866
6月	r3,901	r37,369	55,179	r92,548	15,816	84,546	12,172	112,534	1,462	r406,758	r408,220	617,203
7月	r3,380	r36,450	39,906	r76,357	18,360	r98,095	8,028	r124,483	715	r438,241	r438,956	r643,176
8月	r2,870	31,803	37,619	69,422	18,319	r84,737	11,395	r114,451	782	r458,715	r459,497	r646,241
9月	3,280	32,412	41,495	73,907	17,718	r86,003	8,414	r112,135	946	r377,277	r378,223	567,545
10月	3,802	38,841	42,835	81,676	14,710	r85,711	15,126	r115,547	1,180	r443,638	r444,818	r645,842
11月	r3,022	32,900	41,949	74,849	14,656	88,364	6,727	89,747	871	415,945	416,816	584,433
12月	3,110	36,123	44,304	80,427	13,618	83,654	9,698	106,970	666	r435,155	435,822	626,329
'16年 1月	3,142	31,332	30,060	61,392	10,436	79,237	17,041	106,714	454	449,853	450,308	621,555
2月	2,913	28,856	43,150	72,005	16,122	75,645	9,246	101,013	865	444,536	445,401	621,333
前月比	92.7	92.1	143.5	117.3	154.5	95.5	54.3	94.7	190.4	98.8	98.9	100.0
前年同月比	43.3	75.5	105.0	90.8	117.9	84.9	84.4	88.8	101.7	101.9	101.9	97.6

出所：財務省関税局「貿易統計」から作成。

輸入

(単位：t)

年月	工具鋼	ばね鋼	ステンレス鋼					計	快削鋼	その他の鋼			特殊鋼鋼材合計
			形鋼	棒鋼	線材	鋼板類	鋼管			高炭素鋼	合金鋼	計	
'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	r1,074,124
'15 暦年	3,699	r4,890	524	13,359	10,752	r135,755	r13,244	173,634	r64	18,660	r774,060	r792,720	975,009
'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 年度	6,053	2,369	625	12,085	13,268	r145,697	15,267	186,942	77	18,717	758,538	777,255	972,696
'15年 5月	185	178	34	993	938	r10,652	r1,059	13,676	-	1,061	65,435	66,496	80,534
6月	337	849	35	1,220	975	9,891	1,019	13,140	-	2,560	55,598	58,158	72,484
7月	303	238	50	1,129	858	11,479	r1,249	14,764	16	2,176	63,628	65,804	81,124
8月	r238	381	53	1,199	653	12,548	1,009	15,461	2	822	58,234	59,056	75,137
9月	246	947	40	1,187	583	9,807	1,077	12,694	18	2,913	83,621	86,534	100,439
10月	217	201	36	1,467	1,153	14,210	1,303	18,170	-	1,326	64,259	r65,584	84,172
11月	299	153	53	1,031	676	10,506	r1,380	13,647	-	998	71,619	72,617	86,715
12月	358	1,120	44	1,092	1,125	13,375	816	16,452	17	1,932	76,535	78,467	96,413
'16年 1月	293	209	56	878	902	13,384	1,002	16,222	-	921	84,547	85,468	102,192
p 2月	306	252	41	760	798	15,010	1,131	17,739	-	79	92,495	92,574	110,871
前月比	104.5	120.6	73.0	86.5	88.5	112.1	112.9	109.4	-	8.6	109.4	108.3	108.5
前年同月比	100.3	161.8	95.6	71.9	107.1	160.6	134.8	147.5	-	7.1	176.2	172.7	167.7

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	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					
'14 暦年	9,774,665	1,357,761	4,465,624	488,473	5,562,888	851,314	7,340	169,987	114,705	14,722	96,920	56,976	15,094
'15 暦年	9,278,321	1,309,749	4,578,078	466,776	r5,046,510	r817,234	-	164,167	115,470	12,776	100,891	54,189	14,806
'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 年度	9,590,733	1,364,318	4,490,724	498,961	5,297,111	831,464	7,589	171,426	114,372	14,384	97,805	60,752	16,847
'15年 5月	645,539	95,558	289,477	34,435	335,643	55,585	503	12,277	8,616	950	r8,997	3,954	1,385
6月	811,992	115,613	403,730	40,836	442,631	76,745	551	15,766	11,442	1,272	r8,407	4,698	1,361
7月	841,928	121,217	415,735	39,801	425,093	68,141	396	15,985	11,540	1,383	r8,155	3,509	1,299
8月	605,070	86,321	322,494	35,054	327,048	54,622	-	11,732	8,323	835	r7,916	4,539	1,070
9月	828,932	114,029	419,005	41,204	479,373	78,226	-	13,606	10,428	1,159	r8,384	4,253	1,097
10月	813,216	111,598	416,472	38,911	380,087	63,875	-	13,464	9,544	1,154	r8,918	4,209	1,031
11月	788,431	108,110	414,870	34,956	388,816	73,815	-	12,126	9,193	982	r8,050	3,096	1,144
12月	r749,776	r98,297	411,865	35,326	r369,459	r60,484	-	11,871	8,904	894	r8,130	3,815	1,072
'16年 1月	732,982	94,004	335,556	26,230	382,875	52,908	-	11,032	8,172	816	9,347	3,884	1,003
2月	766,804	105,578	369,410	35,278	451,330	67,852	-	12,148	8,962	850	8,487	4,574	1,019
前月比	104.6	112.3	110.1	134.5	117.9	128.2	-	110.1	109.7	104.2	90.8	117.7	101.6
前年同月比	93.1	92.7	101.0	85.2	93.6	99.9	-	85.9	98.9	86.5	100.7	120.6	77.5

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:訂正值

特殊鋼需給統計総括表

2 0 1 6 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	熱間圧延鋼材生産		20,714	105.4	91.0	93.2		
	鋼材輸入実績		306	104.5	100.3	208.4		
	販売業者	受入計		26,543	93.5	98.5	129.0	
		販売計		26,623	102.1	104.4	130.7	
		うち消費者向		19,524	102.6	106.9	208.0	
		在庫計		64,109	99.9	115.5	177.9	
	鋼材輸出船積実績		2,913	92.7	43.3	81.3		
	生産者工場在庫		8,035	90.3	82.0	71.7		
	総在庫		72,144	98.7	110.5	153.0		
	構 造 用 鋼	熱間圧延鋼材生産		674,463	102.7	100.7	124.2	
鋼材輸入実績			42,735	126.0	183.4	2804.3		
販売業者		受入計		650,453	102.4	101.3	196.9	
		販売計		656,126	102.9	102.6	200.1	
		うち消費者向		442,189	103.2	104.0	206.9	
		在庫計		340,862	98.4	97.5	141.8	
鋼材輸出船積実績			72,005	117.3	90.8	425.4		
生産者工場在庫			386,088	103.0	108.9	129.0		
総在庫			726,950	100.8	103.3	134.7		
ば ね 鋼		熱間圧延鋼材生産		31,851	101.2	90.0	74.8	
	鋼材輸入実績		252	120.6	161.8	-		
	販売業者	受入計		23,091	136.1	102.3	154.7	
		販売計		22,885	130.6	107.0	153.6	
		うち消費者向		3,969	97.6	77.0	32.0	
		在庫計		13,069	101.6	109.1	411.2	
	鋼材輸出船積実績		16,122	154.5	117.9	127.4		
	生産者工場在庫		24,796	92.6	110.4	77.2		
	総在庫		37,865	95.5	109.9	107.2		
	ス テ ン レ ス 鋼	熱間圧延鋼材生産		234,331	98.9	101.1	86.7	
鋼材輸入実績			17,739	109.4	147.5	455.1		
販売業者		受入計		254,160	102.7	99.9	169.2	
		販売計		254,888	103.7	100.2	170.6	
		うち消費者向		54,602	102.6	100.4	95.8	
		在庫計		135,133	99.5	97.1	122.2	
鋼材輸出船積実績			75,645	95.5	84.9	74.4		
生産者工場在庫			123,844	100.4	100.7	84.2		
総在庫			258,977	99.9	98.8	100.5		
快 削 鋼		熱間圧延鋼材生産		50,867	125.3	97.7	57.4	
	販売業者	受入計		13,926	101.9	105.2	82.8	
		販売計		14,153	123.9	94.0	85.5	
		うち消費者向		13,671	123.6	93.8	96.1	
		在庫計		13,986	98.4	101.3	61.1	
	生産者工場在庫		31,722	112.3	107.0	141.1		
	総在庫		45,708	107.6	105.2	100.7		
	高 抗 張 力 鋼	熱間圧延鋼材生産		419,546	88.1	117.8	179.2	
		販売業者	受入計		9,243	107.9	77.8	74.6
			販売計		9,173	105.2	75.5	74.3
うち消費者向				6,039	110.6	68.1	112.2	
在庫計				11,545	100.6	113.2	87.1	
生産者工場在庫			188,488	97.2	108.7	112.5		
総在庫			200,033	97.4	109.0	110.6		
そ の 他		熱間圧延鋼材生産		132,126	103.0	96.7	56.4	
		販売業者	受入計		38,315	106.3	99.4	309.3
			販売計		38,601	102.4	94.3	312.6
	うち消費者向			35,520	104.3	95.7	659.9	
	在庫計			52,717	99.5	102.8	397.9	
	生産者工場在庫		76,633	111.6	109.0	45.7		
	総在庫		129,350	106.3	106.4	71.5		
	特 殊 鋼 鋼 材 合 計	熱間圧延鋼材生産合計		1,563,898	98.4	103.9	116.1	
		鋼材輸入実績計		110,871	108.5	167.7	1401.8	
		販売業者	受入計		1,015,731	103.0	100.6	177.7
販売計				1,022,449	103.8	101.3	179.7	
うち消費者向				575,514	103.6	102.1	170.9	
在庫計				631,421	98.9	100.0	142.7	
鋼材輸出船積実績計			621,333	100.0	97.6	185.1		
生産者工場在庫			839,606	101.8	107.2	110.1		
総在庫			1,471,027	100.6	104.0	122.1		

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.熱間圧延鋼材生産、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。生産者工場在庫は熱間圧延鋼材のみで、冷間圧延鋼材及び鋼管を含まない。また、工場以外の置場にあるものは、生産者所有品であってもこれを含まない。

倶楽部だより

(平成28年2月1日～3月31日)

理事会 (3月29日)

- ①平成27年度事業報告 (案)
- ②平成27年度決算見込み (案)
- ③平成28年度事業計画 (案)
- ④平成28年度予算 (案)
- ⑤委員会の組織変更
- ⑥平成28年度貿易一般保険包括保険特約の締結
- ⑦新規入会承認
- ⑧連絡事項

締結について

市場開拓調査委員会

- ・講演会 (2月12日)
テーマ：自動車とメタル
講師：(一社)日本メタル経済研究所
統括主任研究員 新井 憲一 氏
主任研究員 大山 好正 氏
主任研究員 江崎 慎二 氏
参加者：51名

運営委員会 (3月23日)

- ①平成27年度事業報告 (案)
- ②平成27年度決算見込み (案)
- ③平成28年度事業計画 (案)
- ④平成28年度予算 (案)
- ⑤委員会の組織変更
- ⑥平成28年度貿易一般保険包括保険特約の締結
- ⑦連絡事項

- ・調査WG (3月2日)
「自動車の技術変化に伴う特殊鋼使用実態調査第5回電気自動車編」の最終報告書 (案) について

編集委員会

- ・特殊鋼ガイド編集委員会 (2月10日)
特殊鋼ガイド見直しの今後の進め方について

海外委員会

- ・専門部会 (2月24日)
「海外特殊鋼メーカーの現状」調査最終報告書 (案) について
- ・専門部会 (3月3日)
 - ①平成27年度事業報告・決算報告 (案)
 - ②平成28年度事業計画・予算計画 (案)
 - ③分科会の組織変更
 - ④平成28年度賦課金徴収方法
 - ⑤特殊鋼貿易問題対応負担金の積立 (案)
- ・商社分科会 (3月10日)
 - ①最近の貿易保険を巡る情勢について
 - ②平成28年度貿易一般保険包括保険特約の締結について
- ・本委員会 (3月10日)
 - ①平成27年度事業報告・決算報告 (案)
 - ②平成28年度事業計画・予算計画 (案)
 - ③分科会の組織変更
 - ④平成28年度賦課金徴収方法
 - ⑤特殊鋼貿易問題対応負担金の積立 (案)
 - ⑥平成28年度貿易一般保険包括保険特約の

- ・小委員会 (2月23日)
7月号特集「粉末」(仮題)の編集内容の検討及び執筆分担について

- ・本委員会 (3月11日)
7月号特集「粉末」(仮題)の編集方針、内容の確認について

人材確保育成委員会

- ・「平成28年度ビジネスパーソン研修」(2月9日、10日)
テーマ：「楽しむ営業活動養成講座」
講師：日鉄住金総研(株) 小島 主 氏
参加者：32名

- ・工場見学会 (2月29日)
見学先：大同特殊鋼(株) 君津工場
新日鐵住金(株) 君津製鐵所
参加者：45名

流通委員会

- ・工具鋼分科会 (2月17日)

[大阪支部]

運営委員会（2月15日）

- ①平成27年度事業実績
- ②平成28年度事業計画・予算他

二団体共催工場見学会（3月8日）

見学先：大塚製薬(株) 徳島板野工場
大塚国際美術館

参加者：49名

[名古屋支部]

部会

- ・ステンレス鋼部会（2月4日）
- ・構造用鋼部会（2月5日）
- ・工具鋼部会（2月12日）

三団体共催技術講演会（2月23日）

テーマ：最近のステンレス鋼について（主に

二相ステンレス鋼）

講師：新日鉄住金ステンレス(株)
常務執行役員 商品開発部長
竹下 哲郎 氏

参加者：150名

二団体共催中堅社員研修（フォローアップ研修）
（2月23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25日）

テーマ：大人のワインの楽しみ方
講師：(一社)日本ソムリエ協会
ワインアドバイザー 秋葉 良子 氏

参加者：39名

平成28年経済センサス - 活動調査

を実施します。

ビルくんとケイちゃん



経済センサスキャラクター

経済センサス - 活動調査は、我が国における産業構造を包括的に明らかにすることを目的とする政府の重要な調査で、「統計法」という法律に基づいた報告義務のある基幹統計調査です。

平成28年6月1日現在で、全国すべての事業所・企業を対象に経済センサス - 活動調査を実施いたしますので、ご回答よろしくお願いいたします。

総務省・経済産業省

特殊鋼倶楽部の動き

「平成27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27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9日（火）午後1時より10日午後5時まで開催致しました。

講師は、日鉄住金総研（株）・小島 主氏、参加者数は男性30名、女性2名、計32名でした。

今回の研修テーマは、「楽しむ営業活動養成講座」と題し、普段の研修とは異なるエッセンス（最初に感覚的に理解する）を盛り込み、多くの問い掛けをすることで、より考えさせる研修内容でした。

受講者の皆さんは、小島講師の説明に熱心に聞き入り、グループディスカッション、実演などを盛り込んだ体験型で積極的に取り組んでいる様子でした。また、1日目の研修終了後には、恒例となりました懇親会が催され、色々と相互に情報交換をしながら有意義なひとときを過ごしておられました。

受講後、提出してもらったアンケートでは、声のトーンや切り替えがとても上手く、丁寧な説明で満足度の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いたします。





ビジネスパーソン研修講座の様子

「自動車とメタル」講演会開催

去る2月12日（金）に午後3時30分より東京都中央区日本橋茅場町・鉄鋼会館701号室において「自動車とメタル」の講演会を開催しました。

本講演会は、当倶楽部・市場開拓調査委員会の2015年度事業として、委員よりテーマを選出して実施しました。まず初めに市場開拓調査委員会 講演会WG主査 中川有一郎氏より開会のご挨拶があり、講師は一般社団法人日本メタル経済研究所より統括主任研究員 新井 憲一氏、主任研究員 大山 好正氏、主任研究員 江崎 慎二 氏の3名で、参加者は51名でした。

「日本メタル経済研究所のビジョンと各事業」を統括主任研究員 新井 憲一氏、「自動車とメタル 第Ⅰ部 自動車市場」を主任研究員 大山 好正氏、「自動車とメタル 第Ⅱ部 メタルの自動車使用割合」を主任研究員 江崎 慎二 氏にご説明頂きました。

「自動車とメタル 第Ⅰ部 自動車市場」については、1. 自動車市場の構造変化と見通し、2. 世界各地の自動車市場、3. 自動車を取り巻く外部環境変化、4. 自動車企業のメタルに関する関心事項・懸念事項とその対策、5. まとめ、「需給見通しと使用割合」については、1. 鉄、2. アルミニウム、3. 銅、4. 亜鉛、5. 白金族 PGM、6. ニッケル、7. コバルトについて配布資料に沿いそれぞれ詳細にご説明頂きました。

講師の詳細かつ分かり易い約2時間の説明会で、説明後には参加者から多くの質問があり、盛会の内に終了いたしました。

また、説明会参加された方々にはアンケートを実施させていただき、貴重なご意見をありがとうございました。次回説明会に是非とも生かしたいと思っております。

多数のご参加をいただき、ありがとうございました。

以下に、会場写真を掲載いたします。



「自動車とメタル」講演会の様子

「平成27年度第3回一般社団法人特殊鋼倶楽部工場見学会」開催

去る2月29日（月）に平成27年度第3回工場見学会を開催しました。

見学先は、午前中が大同特殊鋼(株)君津工場殿（新日鐵住金(株)君津製鐵所構内）、午後が新日鐵住金(株)君津製鐵所殿（千葉県君津市）、で、鉄鋼会館前より大型バスにて両所を訪問するコースで、会員企業から45名が参加しました。

大同特殊鋼(株)君津工場到着後、食堂にて同社君津工場長 高橋様よりご挨拶があり次いで長次長より工場概況説明を受けた後、3グループに分かれ見学に入りました。CFR（冷間ローリング加工）工程、焼鈍炉、SB（ショットブラスト）、製品入庫、ゲストルーム、鍛造機（4基）の順に見学後、質疑応答を行い同社工場の見学を終了しました。

午後の新日鐵住金(株)君津製鐵所では、木村線材部長のご挨拶に続きDVDによる工場概況説明を受けた後、2グループに分かれ見学に入りました。

CC（連続鋳造設備）、転炉、第4高炉、熱延工場、線材工場の順に見学し最後に本館ゲストホールに戻り質疑応答を行い同工場の見学を終了しました。

見学後参加者の感想は、ほぼ全員が工場見学の成果に満足し、次回の工場見学会にも参加したいとの回答を頂きました。

見学先別の感想では大同特殊鋼(株)君津工場殿については、「ハテバー（横型鍛造機）」、「CRF工程」、「工場内の3Sが素晴らしかった。」等の感想を頂きました。

一方、新日鐵住金(株)君津製鐵所殿については、「転炉でスクラップと銑鉄を装入するところが見られたこと」、「全長1km以上の圧延工程は圧巻であった」「第4高炉」、「君津製鐵所の大きさと生産量（1,000万トン／年）に驚きました」等の感想を頂きました。

両工場の見学終了後、君津IC付近の会場にて懇親会を開催しました。参加者は大同特殊鋼(株)より高橋工場長、長次長、新日鐵住金(株)より木村線材部長、永井線材工程室長にご出席頂き約1時間当日の見学会参加者（一部の方を除く）の方々と懇談いたしました。

最後に、特殊鋼倶楽部会員企業のために貴重な機会を与えていただいた大同特殊鋼(株)君津工場殿と新日鐵住金(株)君津製鐵所殿の関係者の方々に感謝を申し上げて、工場見学会の報告といたします。

以下に、写真を掲載します。



工場見学会の様子 大同特殊鋼（株）君津工場殿





工場見学会の様子 新日鐵住金（株）君津製鐵所殿



工場見学会の様子 懇親会会場風景

「第3回高機能金属展」に参加

当倶楽部は、去る4月6日～8日、東京ビッグサイトにて開催の「第3回高機能金属展」の協賛団体となるとともに以下のように参加しました。

①藤岡会長の高機能素材展合同開会式（テープカット）参列及び会員企業展示ブース訪問

・初日となる6日、午前9時30分開始の高機能素材分野の有力企業、業界団体トップ総勢50名が参列する合同開会式（テープカット）に当倶楽部の藤岡会長が参列し、その後、当倶楽部展示ブース及び会員企業展示ブース（東北特殊鋼(株)・佐久間特殊鋼(株)・中川特殊鋼(株)、(株)神戸製鋼所、山陽特殊製鋼(株)、JFEスチール(株)、新日鐵住金(株)、大同特殊鋼(株)、日本精線(株)、大和特殊鋼(株)、クマガイ特殊鋼(株)・大洋商事(株)・千曲鋼材(株)）を訪問しました。業界紙で報道される等良いPRとなったと思います。

②専門技術セミナーでの講演

・特殊鋼倶楽部から主催者に提案し、今年の高機能金属展では専門技術セミナーが開催されました（以下のURL参照）。特殊鋼関係では、「自動車用特殊鋼の技術動向」（愛知製鋼(株)杉本淳講師）、「特殊鋼の熱処理技術動向」（大同特殊鋼(株)宮崎貴大講師）、「粉末工法と高機能粉末の現状」（山陽特殊製鋼(株)澤田俊之講師）、「ホットスタンピング用金型鋼材と表面処理の動向」（日本高周波鋼業(株)殿村剛志講師）、「特殊鋼流通業の役割について」（中川特殊鋼(株)中川有一郎講師）の講演を行いました。関心が高く立ち見も含め多くの聴講者で、業界団体である特殊鋼倶楽部の活動として大変良かったと思っています。

<http://www.metal-japan.jp/Conference/Technical-Conference-Program/>

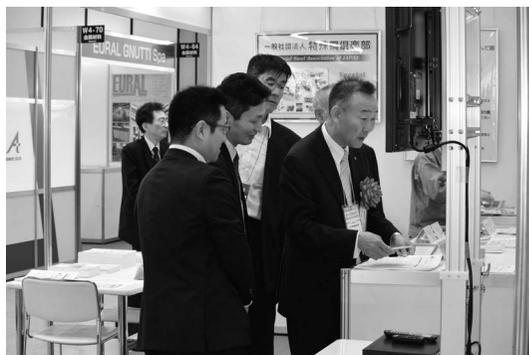
③特殊鋼倶楽部ブースの展示

・内外の色々な業種の方に立ち寄って頂きました。会員企業からも、富永副会長（山陽特殊製鋼(株)常務取締役東京支社長）、佐久間副会長（佐久間特殊鋼(株)代表取締役執行役員社長）、日本冶金工業(株)木村社長、山陽特殊製鋼(株)樋口次期社長等沢山の方々に訪問頂きました。特殊鋼PRの意義がありましたが、まだまだ改善の余地があると思っています。

以下に会場の写真を掲載します。



合同開会式参列する藤岡会長



当倶楽部展示ブースを訪問する藤岡会長



当倶楽部展示ブースにて藤岡会長を囲んで



専門技術セミナーでの講演風景（愛知製鋼（株）杉本講師）



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</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 金 属 (株)</p> <p>下 村 特 殊 精 工 (株)</p> <p>新 日 鐵 住 金 (株)</p> <p>新 日 鐵 住 金 ス テ ン レ ス (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 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 商 事 (株)</p> <p>日 立 金 属 工 具 鋼 (株)</p>	<p>(株)日 立 ハ イ テ ク ノ ロ ジ ー ス</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 シ ス コ ー ポ レ ー シ ョ ン</p> <p>松 井 鋼 材 (株)</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

自動車や産業機械をはじめとする各分野では、2次加工製品から造られた多くの重要部品が使用されており、更なる高付加価値化や原価低減要望に対して2次加工製品の品質厳格化や生産効率向上に関する技術の高度化が益々重要になっています。

このような背景を踏まえ、本号では2次加工技術に興味を持つ読者や流通の若手を対象に「線材・棒鋼の2次加工技術動向」特集を10年ぶりに組みました。(前回は2006年3月号)

まずI章「2次加工技術の概論」から始まり、II章では2次加工プロセスに不可欠な熱処理、潤滑皮膜、2次加工機械と検査装置の役割やトピッ

クスについて紹介、さらにIII章では各製品が何を重視して2次加工を行っているか、冷間圧造用鋼線など代表製品別に2次加工技術動向を解説しています。

読者の皆様が本特集をご覧になり、線材・棒鋼の2次加工技術の奥深さ、重要性を再認識頂ければ幸いです。

最後に、本紙発行にあたり、投稿いただきました執筆者の方々および編集にご尽力いただきました編集委員各位に厚く御礼申し上げます。

〔株〕神戸製鋼所 ながはま むつひさ
線材条鋼商品技術部 **永濱 睦久**〕

特 集／アトマイズ金属粉末「3Dプリンタおよび最近の成形技術」

- I. 総論
- II. 粉末製造技術と特長
- III. 粉末成形技術と用途展開
- IV. わが社の製品紹介

9月号特集予定…特殊鋼評価試験のやさしい解説

特 殊 鋼

第 65 卷 第 3 号
© 2 0 1 6 年 5 月
平成28年4月25日 印 刷
平成28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 澤 純 夫
印刷人 増 田 達 朗
印刷所 レタープレス株式会社

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