

2009

# 特殊鋼

The Special Steel ————— Vol.58 No.3

5

特集／最近の熱処理技術



# 特殊鋼

5

## 目次 2009

### 【編集委員】

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

### 【特集／最近の熱処理技術】

#### I. 動向と展望

熱処理技術の世界の動向と直面する課題

.....IMST INSTITUE 鮎谷 清司 2

#### II. 最近の熱処理技術と課題

- |                     |             |       |    |
|---------------------|-------------|-------|----|
| 1. 自動車部品            | 日産自動車㈱      | 浅野 俊英 | 7  |
| 2. 産業機械部品           | コマツ 浜坂 直治   | 大石 真之 | 11 |
| 3. 金型               | トヨタ自動車㈱     | 柏原 芳郎 | 14 |
| 4. 特殊部品の最近の熱処理技術と課題 | (株)上島熱処理工業所 | 鶴見 州宏 | 18 |

#### III. 热処理関連技術の開発動向

- |                   |                 |                   |    |
|-------------------|-----------------|-------------------|----|
| 1. 素材・部品材         | 大同特殊鋼㈱          | 中島 智之             | 21 |
| 2. 素材・金型材         | 日立金属㈱           | 田村 庸              | 24 |
| 3. 热処理炉・真空焼入れ炉    | (株)IHI          | 勝俣 和彦             | 26 |
| 4. 热処理炉・浸炭炉       | オリエンタルエンヂニアリング㈱ | 河田 一喜             | 29 |
| 5. 热処理炉・高周波焼入れ    | 高周波熱鍊(株)        | 川崎 一博 生田 文昭 三阪 佳孝 | 32 |
| 6. 制御装置           | (株)チノー          | 栗原 一              | 36 |
| 7. 冷却媒体           | 日本グリース㈱         | 富田 美浩             | 38 |
| 8. 表面硬化鋼部品の热処理CAE | 宮城工業高等専門学校      | 渡邊 陽一             | 40 |

金属の力。人間の情熱。

# Maxis

株式会社マクシスコーポレーション

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

### 大同特殊鋼の金型用材料

### 高韌性マトリックス型ハイス

DRM  
ドリームシリーズ

#### IV. 会員会社の熱処理・素材技術

低歪み歯車用鋼 ..... (株)神戸製鋼所 43

高温真空浸炭時の異常粒成長について

..... 住友金属工業(株) (株)住友金属小倉 44

モジュール式真空浸炭炉「Modul Therm」... 大同特殊鋼(株) 45

日立金属工具鋼の熱処理技術 ..... 日立金属工具鋼(株) 47

“特集” 編集後記 ..... 日立金属(株) 加田 善裕 49

#### ●一人一題：「北米大陸横断ドライブ1万1,000キロ」

(70歳のセンチメンタルジャーニー)

.....(株)プルータス 佐藤 徹 1

■業界の動き ..... 50

▲特殊鋼統計資料 ..... 53

★俱楽部だより (平成21年2月21日～平成21年4月20日) ..... 57

☆社団法人特殊鋼俱楽部 会員会社一覧 ..... 58

#### 特集／「最近の熱処理技術」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	加田 善裕	日立金属(株)	特殊鋼カンパニー技術部長
委員	戒田 收	(株)神戸製鋼所	鉄鋼部門 線材条鋼商品技術部課長
〃	内藤 靖	日新製鋼(株)	商品開発部特殊鋼開発チーム
〃	山崎 浩郎	日本高周波鋼業(株)	工具鋼本部 技術部 技術室担当次長
〃	金原 茂	(株)竹内ハガネ商行	技術部長
〃	甘利 圭右	(株)平井	常務取締役

TA/YO STEEL MATERIALS

大洋商事株式会社  
<http://www.taiyoshoji.co.jp>

ISO 14001 認証取得

特殊鋼 鋳造品 鍛造品 加工 組立 電子材料  
ITデバイス

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

マッコウくんが  
お客様のご要望に  
お応えします!

## 一人一題

### 「北米大陸横断ドライブ1万1,000キロ」 (70歳のセンチメンタルジャーニー)

（株）ブルータス 代表取締役 佐藤 とおる



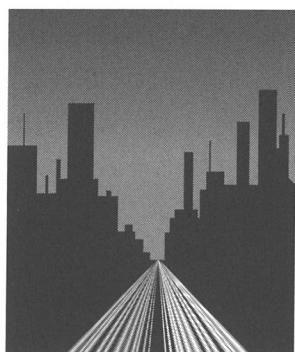
高校卒業50年の記念同窓会の席上、久し振りに会った何人かが「オイもうすぐ70ダゼ」「古稀か」「イヤダネ」「記念に旅行でもするか」「アメリカ横断ドライブと云うのはどうかネ」「ヨシ、ソレダ」と云う訳で意気投合したのが、アメリカで駐在員生活経験のあるA君とO君、そして留学経験のあるN君と小生の4人。それぞれの想い出の場所、是非訪ねてみたかった場所をコースに織り込んで準備期間1年余り。小生も70歳になつたら年に1ヶ月連続休暇を取る事を社内外に宣言。

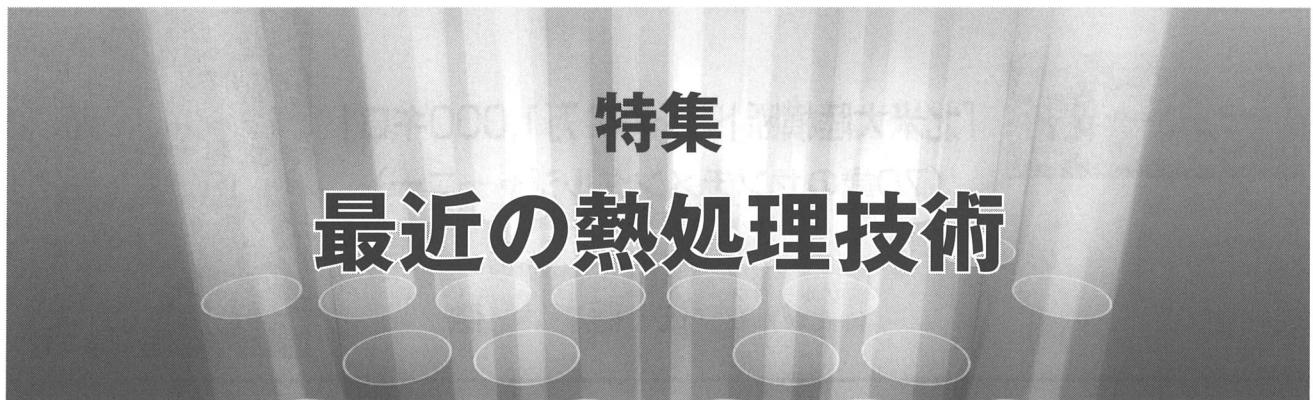
全員が70歳を迎えた2006年4月、いよいよ出発！ルールは安全第一（運転は1時間交替、時速60マイル厳守。3日走行、1日休養）家族に心配をかけない（最新ケイタイに依る定時連絡）無駄な金はかけない（昼は自家製のオニギリ。ホテルには泊まらず、モーテル利用）と云うわけで朝は7時に出発、午後4時前にはその日のネグラを探して泊まると云うさすらいの旅。

まずはロスアンゼルスに集結（小生は緊急の用事のため約1週間後に合流）予約しておいたフォードのフォーレスター（トヨタのエスティマ級ワンボックスタイプ最大8人乗り）をハーツで確保。炊飯器、米、日本の食品等々を買いこんでいよいよ出発!! まずはラスベガスを走り抜けてユタ州からアメリカ中西部アリゾナ、コロラド、ニューメキシコをゆっくり見物。エル・パソまで南下してテキサスに入り一路東へ、サンアントニオ、ヒューストンを経てニューオリンズへ。ここからはミシシッピーの川に沿って北上、テネシー州ナッシュビルからは東へ進路をとり、ノースカロライナ、ナックスヘッドで大西洋の海に到達、後は一路北上、ワシントンDC、ニューヨークを通り越してボストンの先、ポーツマス（日露戦争平和条約締結の地）で引き返しニューヨークで解散という21州にまたがる28日間7,011マイル（11,227km）のドライブでした。

360°空と草原の直線ハイウェイ、コロンブスのアメリカ発見前からあったといいうインディアン達の交易の道を整備した700kmに亘る美しい森の中のナチェス・トレース・パークウェイ。ルイジアナ州で訪ねた映画「風と共に去りぬ」に出て来た広大なプランテーションハウス。開拓初期の町をそのまま残しているウィリアムスバーグ。一切の文明を拒絶し、自動車・電気を使わず、宗教の規律を厳格に守っているアーミッシュの町ランカスター。未だに日没時、魔女が飛ぶと云われている魔女狩りの町セイレム等々。

なかなか普通の旅では行けない所を訪ね、またそれぞれが青春の想い出の場所を立ち寄る事が出来た旅でした。ニューヨークでは完走を祝し、昔のガールフレンド？を呼んで盛大に打ち上げのパーティを催しました。ちなみにこの旅行中に支払った高速料金（通行料）は7ドルでした。





# 特集

## 最近の熱処理技術

### I. 動向と展望

#### 熱処理技術の世界の動向と直面する課題

IMST INSTITUE 鮎谷清司

##### まえがき

世界トップクラスの熱処理技術力を維持し、さらに向上をはかるには、日進月歩する世界の技術動向の把握が必要である。しかし現在、世界の先端技術から取り残されている分野がある。減圧浸炭加圧ガス焼入れはともかく、窒化技術ならびに画期的な生産技術の早急な吸収による技術競争力の向上が必要である。

自動車や機械製品類の性能・耐久性などを造り込むプロセスとして熱処理技術は極めて重要であるが、この重要な技術への関心が低く将来の国際競争力の低下が憂慮される。

自動車用鉄鋼材料の分野では、自動車技術会と鉄鋼協会の共同調査研究会で、ハイテン系の薄板WGと条鋼WGが調査研究を継続している。条鋼WGは平成12年以来、「表面硬化技術の新しい特性と鋼材」の調査を三期にわたり調査研究し報告書と資料集をまとめ、さらに今期は、データのCD化と、今後の条鋼分野の課題とりまとめを計画している。

一方、自動車部品熱処理の分野は、品質の造り込み面では世界をリードしているが自動車生産拠点の拡大にともない、科学的基礎に裏付けられた技術開発力の低下が憂慮される。さらに、重要部品の信頼性・品質を左右する熱処理は、大企

業内の内製に依存して来たが、近年の車種や仕様の多様化と海外生産の拡大に伴って、国内生産で適用してきた、材料発注や、部品適用の手法等、海外展開の障害の解決が必要で、内外製の再検討も含め、海外生産で品質・性能を確保できる広域生産体制の確立が緊急の課題である。

さらに、新技術の採用は大企業が先行しても、中小専業社は技術の導入には人的・資本的に過大な負担となる。この点、欧米ではファンディング会社が中心となる熱処理工場のグループ化の動きが顕著であるが、国内の産業界も世界的な競争力確保のための経営施策を真剣に考える必要がある。

ここでは緊急に対応が必要な材料・熱処理・表面技術の技術開発トピックスをとりあげる。

##### ◇ 材料・熱処理・表面改質技術の動向

高抗張力鋼板を頂点にした鉄鋼材料の研究開発では一日の長があり、熱処理、表面改質技術の面でも、ものづくり技術としては確立されている。しかし、科学的基盤に基づいた研究面では欧州が歴史的に強く、EUの研究開発プログラム等による国境を越えた研究開発の実績は日米のレベルを超えており、

例えば、プラズマによる表面改質や熱処理技術、真空（減圧）浸炭・加圧ガス焼入れ、ガス窒化等

の実用化面で、欧州から吸収すべき技術が多い。特に、材料・熱処理に関する学術誌では、アメリカも日本も学術的な研究論文発表誌が無くなるという悲しまれる状態である。現在、ドイツ熱処理協会（AWT）が発行しているHTM（Journal of Heat Treatment and Materials）のみが隔月の発刊で毎号数件の研究論文を掲載している。極めて貴重な学術誌でドイツ語がベースであるが、アブストラクトや図表の説明は英文を併記し、英文での投稿も出来るので、アメリカやフランスからの投稿も掲載されている。また、後述のプロジェクトに関する論文も全て掲載されているので、見逃してはならない。近年、外国紙購読を断念するケースが多いが、日本熱処理技術協会にはHTMが保存されているので参考にしていただきたい。

### ◇ 軽量化努力と熱処理技術

自動車部品は極めて多様な材料を用い、かつ耐久性や性能向上・省エネ・安全対策・省エネルギー化、軽量化のために高度な熱処理技術を必要としている。しかし、例えば高強度抗張力鋼板の強度レベルも既に限界に来ており、ホットフォーミングによる成形と強度レベルが必要になっている。今後要求される燃費・安全性、耐久性の向上を図るには、エンジン自体の効率化のみならず、パワートレインなど各備品のさらなる軽量化・効率化、また、一体化など、徹底的な設計改良と、新部品に性能を造りこむ材料・熱処理・表面改質などの技術の強化が必要とされている。そこで、自動車技術会と鉄鋼協会が共同調査研究会の活動として、ハイテン系薄板WGと条鋼WGが調査研究をすすめてきた。条鋼WGは平成12年以来継続して「表面硬化技術の新しい特性と鋼材」の調査を三期に亘って調査研究しており、その一期、二期の調査報告書がまとめられ、現・第三期では、三期にわたる調査文献のCD化と、今後の条鋼の課題をまとめる予定である<sup>1), 2)</sup>。

重要な燃費向上目標の達成は、単なる部品の軽量化のみで達成できるレベルでは無く、エンジン・パワートレインなどあらゆる面での効率向上のための新機構やシステムが必要で、そのためには追加装備された各部品の増加により、図1に示すように車重と構造用条鋼の増加を生じている。今

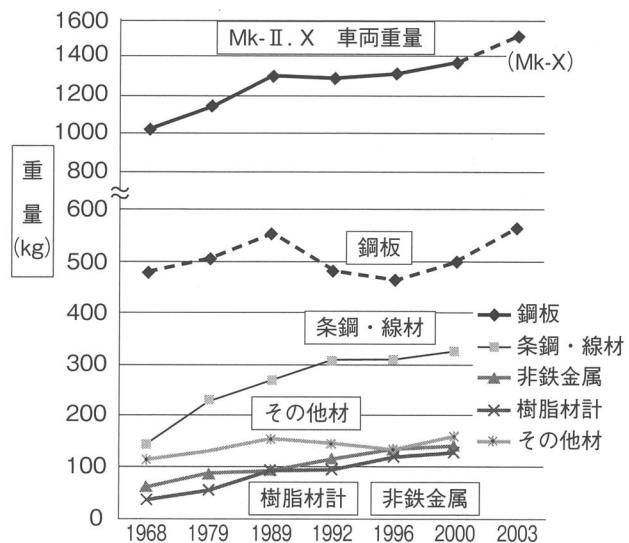


図1 Mk-IIの自動車用材料の材料別使用重量の推移  
(トヨタ資料より算出、2003年データはMK-Xの車両重量)

後も車の性能向上には、この種の高比強度材への要求はさらに高まると考えられ、高性能化を実現するための強度部材の増加は避けられず、さらなる鋼材の改良と熱処理・表面改質技術の強化が必要である。

### ◇ 最近の熱処理技術のトピックス

10年間の材料熱処理技術の進歩をみると、減圧浸炭（真空浸炭）・加圧ガス焼き入れに関するプロセス技術と制御システムの進化が顕著である。しかし、自動車をはじめとする機械産業への展開は遅々としている。これは浸炭条件の的確な制御システムが未完成であり、さらに、加圧ガス焼入れの冷却能力不足が原因で、種々の改良が加えられているものの、さらなる研究が必要な段階である。一方、ガス雰囲気の低温度窒化技術は格段の進歩が見られる。

#### 1. ガス窒化技術

ガス窒化は歴史の古さにもかかわらず低迷していたが、近年、顕著な発展が見られた。ポーランドやロシアなど東欧の長年の研究・蓄積技術を基にした、ガス窒化雰囲気の制御技術の確立により、従来、最終的に研磨除去を必要としてきた、 $\epsilon$ 相( $Fe_2N$ )の生成を抑制し、かつ完全自動処理出来るシステムが普及しつつある。

ナンシー大学のプラズマや熱処理シミュレーションに関する研究の歴史には一目置く必要がある。ま

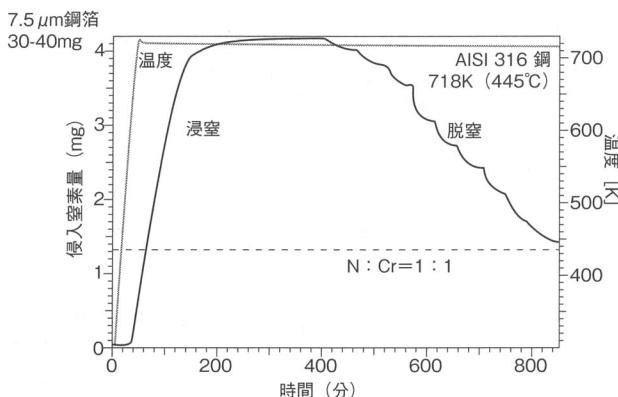


図 2 窒化ポテンシャル  $K_N = \infty$  のガス雰囲気中・445°Cで飽和するまで浸窒後、雰囲気中の水素量を増やして脱窒が泊まるまで保った後、さらに水素量を増して脱窒現象の限界を確認した実験結果

た、デルフト大学における軟窒化・窒化の基礎研究で軟窒化の化合物層の解明がなされ、さらに、ステンレス鋼の拡張オーステナイト研究<sup>4), 5)</sup>につながっている。その研究力を指導した、Mittemeijer教授はマックスプランク研究所で新しい窒化・炭化、軟窒化の研究を始めている。

#### (1) ステンレスの拡張オーステナイト

窒化ガス雰囲気の窒素ポテンシャルを制御する事により、図2に示すように、SUS316系のステンレス鋼箔に36.8%という高濃度な窒素を侵入させた拡張オーステナイト相を生成する技術が確立された<sup>4), 5)</sup>。同様に低温度で浸炭することにより、炭素拡張オーステナイトの生成も可能である。

#### (2) 鋼の窒化系処理の新分野

ガス雰囲気の窒素、炭素ポテンシャルを分圧から制御、あるいは、プラズマ窒化の条件を調節することにより、高性能な  $\varepsilon$  化合物 ( $Fe_3N_{1-y}$ )、あるいは、低窒素濃度の窒化物である  $\gamma'$  相の混在する化合物層の生成する、いわゆる窒化・軟窒化処理に加えて、窒化物、炭窒化物を生成しない浸窒法とも云うべき処理法が確立されるに至っている。図3にその例をしめす。

さらに、図4に示したようにガス軟窒化系の雰囲気でも、ガス成分比を調節することにより、鋼の表面にセメンタイト層を生成できることが発表されている<sup>6)</sup>。

この鉄-窒素あるいは炭素系の低温度表面硬化技術における我が国の理解レベルは極めて低いが、早急に科学的な理解に基づいた産業技術面へ

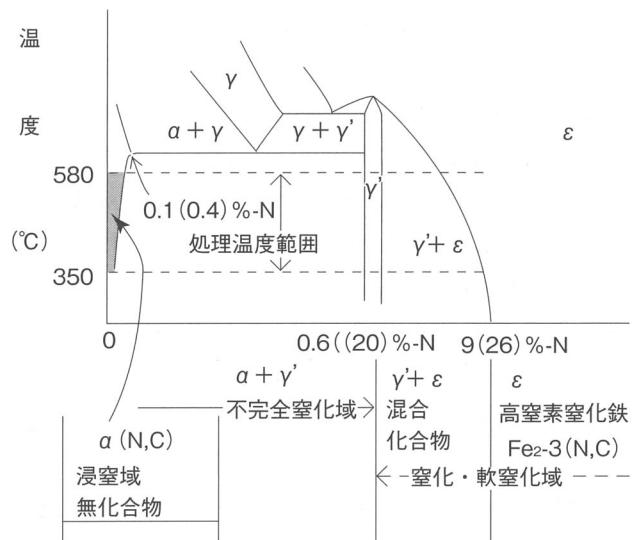


図 3 鉄-窒素系状態図と浸窒、窒化 ( $\gamma$ 、  $\varepsilon$ ) 域までの各処理範囲の関係

左端はフェライト域で窒化相を生成しない範囲で窒素を浸入させる浸窒処理  
真ん中は窒素量の低い窒化鉄 ( $\gamma'$ 、 ' $\gamma'$  +  $\varepsilon$ ) を生成する窒化処理  
右端は高濃度窒素の  $\varepsilon$  (炭素を含む炭窒化物まで含む) を生成する窒化・軟窒化処理

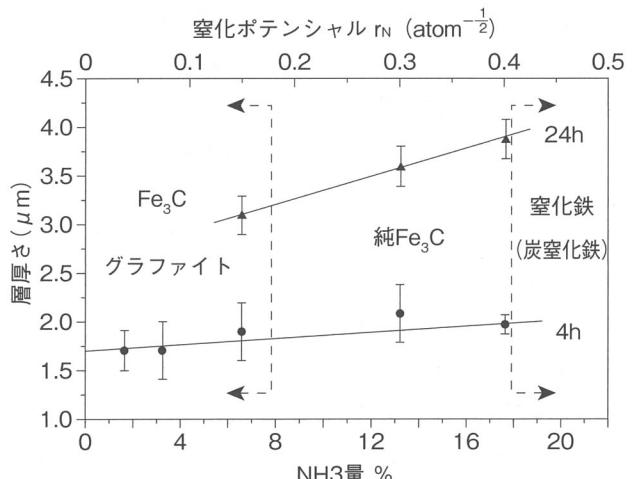


図 4 混合ガス ( $CO : 20$ 、  $H_2 : 58$ 、  $NH_3 : 22+n$ 、  $N_2 : n\%$ ) 中 550°Cで 4、 24時間処理したときの  $NH_3$  %により鉄表面のセメンタイト層厚さとの関係。低  $NH_3$  範囲ではグラファイトを生成し、ダステイング現象を起こすが、 $NH_3$  8 %以上域では窒化鉄あるいは炭窒化鉄が生成される

の展開が望まれる。

## 2. 熱処理歪みの研究とシミュレーションの動向

我が国では、熱処理に必要な冷却技術に関連して、世界に30年先行した、JIS-K-2242焼入油の冷却能測定法があり、冷却能評価に基づいた変態過程の研究が進み、熱処理硬さや、硬化深さ、熱処理ヒズミの制御面では欧米を越える実力が養成さ

れてきた。しかし、欧米は焼入れ油の管理が不完全で、しかも熱処理歪みや変形に対する対策が不十分で、熱処理品質では日本の製品が群を抜いてきたといえる。

### (1) 热処理歪みに関する国際会議

1992年にアメリカで、第一回焼入れと歪み制御国際会議 (Quenching and Control of Distortion - QCD) が開催され、第二回の国際会議では、故田村教授の記念シンポジュームが開かれた。その後この国際会議は、国際連盟 (IFHTSE) が引き継ぎ、第三回は中国の上海で、第四回はハンガリーのブダペスト、そして昨年は第五回の国際会議をベルリンで開催され、このように熱処理歪みに関する国際的な関心が高まってきた。そして、ドイツでは熱処理品質についての国際比較調査の結果をもとに2001年から新しいプロジェクト (SFB 570) が進められている。

### (2) ドイツの熱処理歪み制御プロジェクト

ドイツブレーメン大学内に設立された、IWT - 材料生産技術研究所 (Stiftung Institut fuer Werkstofftechnik - Bremen) では800万ユーロ (33億円) を投じる10年プロジェクト - SFB 570が第三期の活動に入っている<sup>7), 8)</sup>。このプロジェクトの特徴は、軸受ベアリングのリングおよび各種自動車用歯車などについて根本的な歪み・変形対策の実現を目指す研究で、製鋼・鋼材の段階から製品までの全工程の要因を取り上げ、各工程の要因効果を統計的に評価、関連づけて整理し、最終的には、「その場測定→その場矯正」を図る、という、従来の発送を越えた画期的な熱処理歪み・変形対策が進められている。このプロジェクトの研究結果は各地の国際会議を始め、IWT - Bremenが主催したIDE 2005ならびにIDE 2008でも発表されている<sup>7), 8)</sup>。図5はその典型的な一例で、処理中に変形を測定し、連客条件にフィードバックして、変形をなくそうとする研究の装置の例である<sup>9)</sup>。

## 3. 热処理歪み国際会議における我が国の立場

アメリカにおける第一回の国際会議以来、各国で開催される国際会議には、熱処理技術協会の研究部会のメンバーが必ず参加し、熱処理歪み制御例とシミュレーションとの関係、関連するデータベースの重要性、シミュレーション技術の有用性などについてリーダシップをとつた発表を続けて

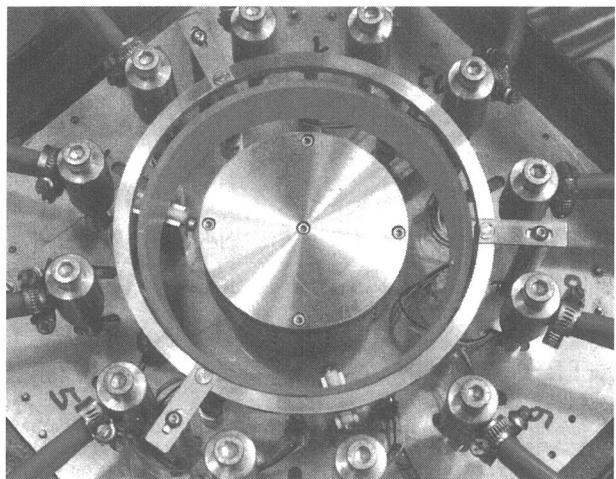


図 5 IWT - BremenのSFB 570プロジェクトの中で研究されている、その場歪み測定 - その場冷却制御による歪み矯正システムのガスノズル焼き入れ装置

いる。

会議のテーマは単純な焼き入れ問題から、計算機シミュレーションによる歪み予測へと進歩し、そのモデル開発から、計算予測に必要な材料（日本材料学）および焼入れ時の熱伝達率等のデータベース (JSHT研究部会) の構築、さらにシミュレーションの精度を向上するための各種技術改良を継続した結果、実用面への展開では我が国が一步リードしている。

### ◇ 欧米の熱処理研究所

アメリカでは、CHTE (Centre for Heat Treatment Excellence) が今世紀に設立されているが、実力的にまだ見るべき物はない。スエーデンではかつてIVF研究所が活動していたが、現在は研究陣容も縮小されている。ドイツの歪み対策技術プログラムの中心で研究しているブレーメン大学の中に独立したIWT (Institute fur Werkstoffprüfung und Technik) は、現在国際的に最も傑出した活動をしており、国際的に、前述の材料熱処理関係論文の発刊でも大きな貢献をしている。材料試験・技術研究所では70名強の研究陣を持ち、欧州における材料熱処理の実用的な研究では最も中心的な活動をしている。減圧浸炭・加圧ガス焼き入れではいち早くEUのプログラムの共同研究の中心になる等、十分な実績をあげ、現在は前述の歪み制御技術プログラムの中心にあり、ブレーメン

ン州のみならず関係する欧州企業とタイアップした幅広い研究開発を進めている。ドイツ熱処理協会のジャーナルもIWTが編集し、世界的にも注目されている。ドイツ内ではブレーメン以外にもカールスルーエ大学、マックスプランクなどで視点を変えた研究が進められている。

窒化に関しては、我が国の現状に比べて格段に優れている窒化処理技術について私の、NITRUVID社の先端技術、および、その技術の源になっているナンシー(Nancy)大学ならびに国立研究所ENCIを訪ねて表面技術や、プラズマ窒化の科学的な反応機構研究面での基礎的な研究力には感銘を受けた。

同様にガス窒化系の技術では、東欧のワルシャワ(Warsaw)やモスクワ(Moscow)大学に古くからの研究歴があり、その成果がNITREXのシステムで実用化されている。

オランダで伝統あるデルフト(Delft)大学で軟窒化の進行過程を解明したソマーズ教授(現デンマーク工科大学)をたずねて、ステンレス鋼の低温度表面硬化の研究における最先端の知見を伺い、日本における基礎科学的な研究力の不足に気付かされた。

### ◇ 热処理事業の国際競争力

我が国においても、技術革新も視野に入れた経営強化策を進める上で、欧米には非常に参考にすべき点が多いことを感じている。10年、20年先を考えた、産業経営の進むべき道についても研鑽を積む必要がある。

熱処理・表面硬化専業の形態も中小の個人経営では、顧客の望む技術革新について行くことは容易ではない。この点についてはBodcoteのグループ化のように、技術革新への対応力の有る資本形態を確立していくことが大切であると考えられる。

### むすび

国際的な資源、エネルギー問題を解決するために必要な技術の進展に伴い、性能、強度・寿命を支える部品に用いられている鋼材ならびに表面強化技術の果たすべき役割はますます厳しいものに

なっている。自動車でも、軽量化努力にも関わらず増大する車両重量の増加を抑制するには、今まで以上に材料・表面硬化技術の最適化が必要である。

我が国の学術研究分野で鉄鋼材料の研究は、世界のトップクラスとされているが、産業製品に必要な強度性能を付与するために必要な熱処理技術の研究開発については大学や国立研究所で要になるところがなく、浸炭や窒化技術の基礎的研究が非常に少なく、欧州の研究開発力に比べて極めて弱体である。機械、自動車部品の表面硬化に必要とされる減圧浸炭・加圧ガス焼入れの将来性を進歩させる技術開発が必要であり、それ以上に、欧州に比べて遅れているガスならびにプラズマ窒化・炭窒化系技術の強化に取り組む必要がある。

一方、技術革新が進む表面硬化技術を扱う熱処理・表面技術分野が新しい技術に過大な負担なく取り組める様な資本、経営体制をつくるために経営体质の強化を図る必要がある。

このような背景を考え、世界的な競争を勝ち抜いていくためには、ユーザーニーズを十分に満たすため、産官学がともに世界の技術動向に目を配って基盤技術の強化を図るべきである。特に自動車等のサイドと鋼材メーカー間がともに未来への技術展望を共有してより緊密な情報交換と研究開発面での協力関係の確立が望まれる。

### 参考文献

- 1) 自動車用材料共同調査研究会 条鋼WG第一期報告書；平成15年2月
- 2) 自動車用材料共同調査研究会 条鋼WG第二期報告書；平成18年12月
- 3) 鮎谷清司：自動車技術会 H21年5月予定
- 4) T. Christiansen and M.A. Somers : PHD Thesis IPL. DTU 2003
- 5) T. Christiansen and M.A. Somers : DTU Mekanik/IMT.
- 6) A. Leineweber and E.J. Mittemeijer : HTM, V63 (2008) 1, p.305.
- 7) Proc. IDE 2005 ; IWT Bremen. Nov. 2005. Eds. Zoch & Lubben.
- 8) Proc. IDE 2008 ; IWT Bremen. Sept. 2008. Eds. Zoch & Lubben.
- 9) F. Frerichs, Th. Luebben, F. Hoffmann and H.-W. Zoch : Proc. of IDE2008, p.255.

## II. 最近の熱処理技術と課題

### 1. 自動車部品

日産自動車(株) パワートレイン生産技術本部  
成形技術部 塑性加工技術グループ あさ の とし ひで  
浅野俊英

#### まえがき

リーマンショック以降、自動車産業は、大幅な減産を余儀なくされ、非常に厳しい経営環境となっている。装置産業といわれている熱処理業界は、この急激な生産変動に如何に対応していくかが、大きな課題となっている。また、最近では、地球環境保全として、2008年の洞爺湖サミットで2050年CO<sub>2</sub>排出量▲50%削減が提示され、より一層の熱処理技術の革新が求められている。

当社における熱処理は、鍛造粗材、鋳造粗材の粗材熱処理と浸炭焼入れ、高周波焼入れに代表される表面改質を行っており、昨今の様々な環境変化に応じた改善活動に取組んでいる。本章では、鍛造粗材の熱処理と浸炭焼入れを取り上げ、当社での課題・取組みについて紹介する。

#### ◇ 鍛造粗材の熱処理技術と課題

当社では、鍛造後の機械的性質を向上させる粗材熱処理として、焼きならし(焼準)、球状化焼き鈍しを実施している。なお、調質については、1980年代前半から析出強化型非調質鋼(バナジウム鋼)を採用し、現在までにほぼ100%廃止している(図1)。焼きならしは、トランスマッショ

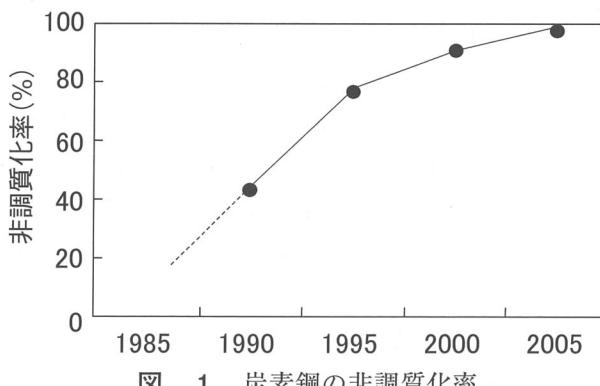


図 1 炭素鋼の非調質化率

ン、ファイナルドライブ等のギヤ部品の被削性向上を目的に実施しているが、1980年前半に、熱間鍛造時のワーク熱を利用した自熱焼鈍を採用しており、焼きならしを廃止しつつあるが、浸炭熱処理による結晶粒粗大化、歪バラツキにより、廃止出来ていない部品も多い。

今後は、材料や鍛造、加工、浸炭熱処理等の工法軸との融合により、焼きならし省略を進めることができると考える。その一方、加工工程では、環境負荷軽減を目的にドライ切削やMQL (Minimum Quantity Lubrication)への工法転換しつつあり、熱処理省略や材料変更に対して、より一層の注意が必要である<sup>1)</sup>。

#### ◇ 浸炭熱処理技術と課題

##### 1. 低歪焼入れ技術

トランスマッション歯車に採用してすでに21年経過したが、浸炭焼入れ歪み低減効果に優れた溶融ソルト二段焼入れ法について簡単に紹介する<sup>2)</sup>。

溶融ソルトは、沸点が約950°Cと高いことから、部材表面で蒸気膜や沸騰段階が存在しないため高温での冷却が安定しており、その冷却速度も比較的速いということである。ヘリカルギアの浸炭焼入れ変形を100°Cの油焼入れと220°Cのソルト(50% KNO<sub>3</sub>、50% NaNO<sub>3</sub>)焼入れで比較した結果、ソルト焼入れは、油焼入れ(JIS 2種1号)に比べ、隣接ピッチ誤差変化量で40~60%の低減、また歯筋誤差変化量でも平均変化量は約半減し、バラツキ幅も小さくなる。

しかし、部位による肉厚差や表面積の大きい部品では、十分な効果が得られない場合も経験している。そこで、220°Cのソルト浴から引き出した後の冷却を制御する目的で、さらに低温(150~170°C)のソルト浴にも浸漬させ、二段階に冷却

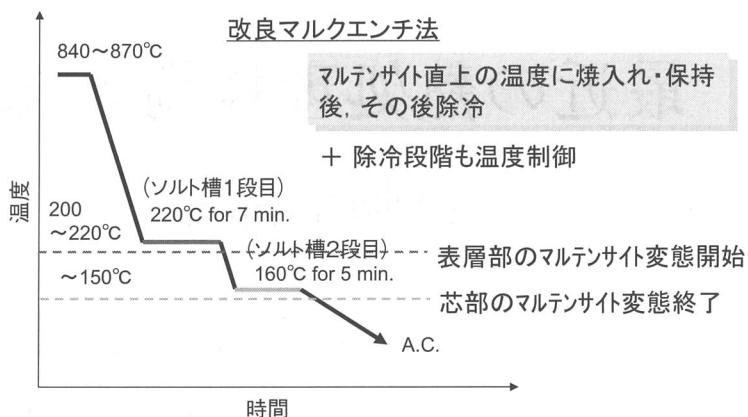


図 2 溶融ソルト二段焼入れの考え方

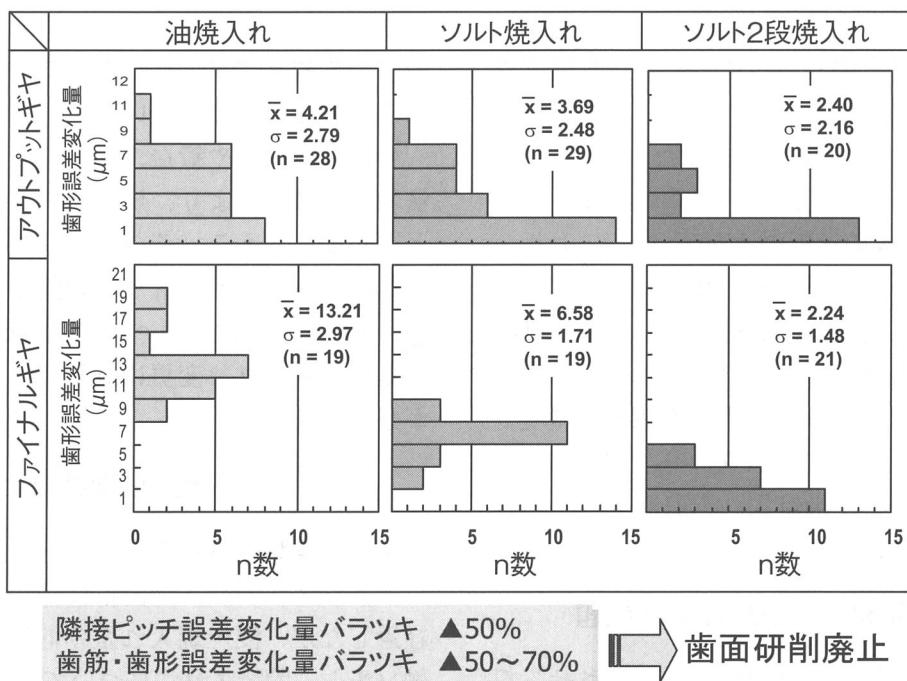


図 3 溶融ソルト二段焼入れによる焼入れ変形低減効果

する改良型マルクエンチ法を考案した(図2)。

本技術は、ソルト槽内処理品配置、揺動・攪拌条件、および熱処理ジグの最適化を図り、連続ガス浸炭ソルト二段焼入れ工程として、1988年より日産自動車(株)吉原工場(現:ジャトコ(株))で実用化された。隣接ピッチ誤差変化量のバラツキは、従来の油焼入れに比較し約50%低減、特に歯筋・歯形誤差変化量のバラツキはいずれも50%~75%低減され、歯面研削工程を廃止することができた(図3)。

しかしながら、この溶融ソルト二段焼入れ法は、設備へのダメージや環境面での課題も多い。最近では、低成本で環境に優しい低歪焼入れ技術も

開発されてきており、ユーザー側の期待も大きい。例えば、マイルド浸炭(浸炭徐冷+高周波焼入れ)やH<sub>2</sub>やN<sub>2</sub>を使用したガス焼入れ、急速冷却技術(Intensive Quenching)等が実用化され、低歪焼入れに大きく貢献している<sup>3)</sup>。

特に、Intensive Quenching(以下IQ法)は、かなりの急速で焼入れすることにより、焼割れを生じない、焼入れ歪みバラツキが少ない等、従来の焼入れ考え方を覆す工法である。IQ法は、冷媒に水系を使用するが、冷却速度は、一般の熱処理油と比較して、3~4倍(550~600°C/sec)である。その冷却速度域では、Mass effectの影響を受けず、表層部均一に冷却され、且つ高い圧縮残

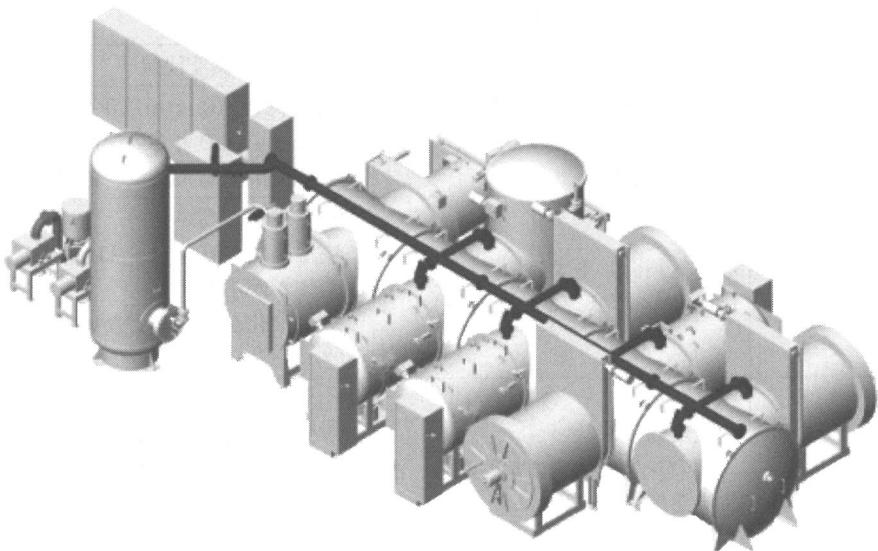


図 4 セル式真空浸炭炉

留応力が生じ、焼割れを防止する。また、熱処理歪みバラツキの主要因である、冷却速度バラツキを少なくすることになり、結果的に熱処理歪みバラツキが少なくなる。現在、アメリカ、インドで実用化されており、注目すべき技術である。

## 2. 真空浸炭技術

真空浸炭は、1970年代に開発された技術で、ワークを酸素分圧の低い真空中で加熱してワーク表面を活性化した後、プロパンガスなどの浸炭ガスを導入して、5～10ミリバールの減圧下で浸炭を行い、さらに真空中で加熱して表面炭素を拡散させる工法である。主な特徴としては、

- ① $\text{CO}_2$ 排出量が少ない
- ②高温浸炭処理が可能（リードタイム短縮）
- ③粒界酸化が無く、不完全焼き入れ層が生じない
- ④細穴等の複雑形状の浸炭が容易

である。また、生ガスを炉内に直接送ることによるカーボンポテンシャルの「Boost Defuse」により、更なる短時間浸炭が可能である。しかし、当時は、プロパンガスを使用することによる煤の発生を抑えることが出来ず、余り普及しなかった<sup>4)</sup>。

その後、1997年頃から不飽和ガスであるアセチレンやエチレンを使用した真空浸炭法が相次いで発表され、煤問題がかなり改善された。また、欧州ではプロパンガスの噴射条件を最適化し、煤問題を改善した真空浸炭炉が発表され、欧州を中心に真空浸炭炉の第二次ブームとなっている。

当社では、1998年から次世代浸炭炉を検討してきた。その中で、品質、コスト、リードタイム、安全、環境で最も優れていたのが、セル式真空浸炭炉であり、2004年に6セル式の真空浸炭炉を導入し、関係会社を含めて、拡大採用した（図4）。

このセル式真空浸炭炉は、セル処理、コールドウォール、フレームレスといった特徴を有し、生産のフレキシビリティー、機械加工ラインへのインライン化などの点で優れており、何ら機械加工設備と変わり無い。特に、夏場等は、炉体からの放熱により、周辺温度が40℃を超えることが多いが、非常に過ごし易い。また、炉の操作が、工作機械並みである為、連続ガス浸炭炉の様な熟練技能が必要無い（表1）。

その一方、メンテナンスについては、連続ガス浸炭炉よりも気を使わなければならない。課題であったタールは、ガス導入条件の改善により大幅に削減することが出来たが、真空ポンプ、ヒーター等のメンテナンスは、非常に工数が掛かっていた。そこで我々は、ガス導入条件の更なる改善とメンテナンス周期の最適化等による改善を加え、総メンテナンス時間を半減することが出来た。

今後の真空浸炭への期待は、更なる地球環境に優しいプロセスへの追求と浸炭技術の革新である。ガス浸炭から真空浸炭へ工法置換し、 $\text{CO}_2$ 排出量を▲51%削減することが出来たが、まだまだ改善する余地がある（図5）。プロパンガスの浸炭効率は、13.3%前後であり、非常に低い。更に

表 1  $\text{CO}_2$ 排出量削減効果

	ガス浸炭（従来）	真空浸炭
原 理	炉内を大気圧で、浸炭性の変性ガスを常時流しつづける浸炭（平衡浸炭法）	炉内を低圧（0.1atm以下）にし、希薄な浸炭性の生ガスを直接添加させる浸炭（飽和浸炭・拡散法）
メ リ ッ ト	雰囲気制御しやすい (カーボンポテンシャル管理)	①浸炭効率が高い ②高温浸炭が容易（～1100°C） ③変性炉が不要 ④表面酸化がほとんどない ⑤クリーン
デ メ リ ッ ト	①浸炭効率が低い ②炉のレンガ構造の制約から、浸炭温度を上げにくい	①sooting, tarring 発生しやすい ②雰囲気制御が難しい ③炭素濃度の不均一性 ④設備コスト ⑤ランニングコスト

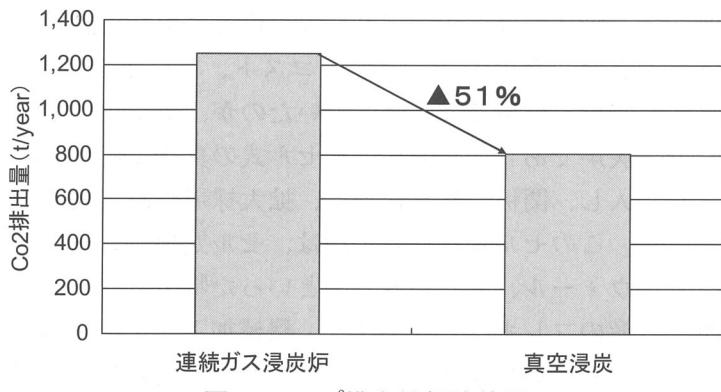


図 5  $\text{CO}_2$ 排出量削減効果

噴射条件（パターンや圧力）等を最適化し、 $\text{CO}_2$ 排出量を削減して行くことが必要である。

#### ◇ 海外における熱処理の現状と課題

自動車メーカーは、欧州、北米からBRICs地域へ展開し始めている。このBRICs地域は、約30億人の人々が、欧米並みに経済成長すれば、巨大なマーケットになることが予測され、一部のメーカーでは、車両組立を始め、パワートレイン部品等の生産を開始している。

熱処理工程についても、今後BRICs地域への海外展開も考えなければならないが、熱処理工程は、見えない品質を保証する上で、温度、雰囲気等の条件管理が非常に重要であり、卓越した現場技能も必要である。よって、日系企業の技術支援や提携が無ければ、安定した生産や品質確保が困難であると考えており、実際に技術提携したメー

カーもある。また、ISO等の認証を鵜呑みにせず、3ゲン主義（原理、原則、現場）に基づいた監査や改善指導も必要である。

また、現地材を採用する場合は、更に注意が必要である。日本の製鋼技術は、世界一であるが、BRICs地域は、造り込みや管理体制等のレベルはかなり低い。日本では、当前品質としている管理項目でさえ、守れない状況であり、日系企業の技術支援や提携による改善活動が必要である。

#### むすび

世界的な経済不況の中ではあるが、熱処理の技術革新は、着実に進んでいる。日本のモノ作りや位置付けの転換期でもあり、日本の競争力向上をより一層加速させなければならない。その為には、熱処理業界だけでなく、材料や鍛造、加工等のコラボレーションが必要だと考える。

#### 参考文献

- 1) Youichi MURAKAMI : 特殊鋼57巻3号 (2009)
- 2) Youichi WATANABE, Shinji ASANO : 平成16年度第三回熱処理技術セミナー「最近の浸炭技術」(2004)
- 3) Ryozo KIMURA, Yoshiyuki SEKIYA, Takeshi NAITO, Michael AROOV, Nikolai I. KOBASKO, Joseph A. POWELL : 热处理49巻1号 (2009)
- 4) Kiyoshi FUNATANI : 热处理46巻6号 (2006)

## 2. 産業機械部品

コマツ 生産技術開発センタ はま  
材 料 G r 浜 坂 直 治  
コマツ 生産技術開発センタ おお  
コンポーネント G r 大 石 真 ゆき  
コンポーネント G r 大 石 真 ゆき  
之

### まえがき

建設機械業界も2008年までの増産基調が大きく変化し、2009年以降は導入した各種の生産設備をいかに効率よく稼働させるかが大きな課題になっている。熱処理工法においても同様であるが、今後も予想される生産変動にフレキブルに対応できる熱処理工法が求められている。また環境面での対応も課題であり、たとえばCO<sub>2</sub>の排出が少ない、熱処理工法への変更が求められている。従来より建設機械部品には高い信頼性が要求されるため、熱処理品質の向上が常に求められるが、その品質をいかに安価、効率よく確保できるかが課題である。今回は弊社で最近実施しているフレキシブルな熱処理工法や、環境への負担が少ないとされている工法について紹介する。

### ◇ 高周波焼入れ技術の高度化について

建設機械の動力伝達系の部品や足回り部品はその疲労強度や耐摩耗性を確保するために表面硬化処理を適用しているものが多く、そのなかでも、浸炭焼入れ処理、高周波焼入れ処理が実用的にはもっとも多く採用されている工法である。特にそのなかで高周波焼入れ処理は炉を使用しないため、雰囲気の調整が不要で立ち上がりが早く、フレキシブルな生産対応が容易である工法といえる。また機械加工ラインと組み合わせたインライン化にも対応しやすい熱処理工法であるため、今後とも高周波焼入れ技術の高度化が求められていくものと考えられる。ここでは、足回りの履帯ブッシュに開発した高周波加熱を利用したタイムシフト（時間差）焼入れによる硬化深さの制御技術とやはり高周波加熱を利用したギヤの短時間熱処理技術について紹介する。

### ◇ 履帯ブッシュの高周波時間差焼入れ法

履帯ブッシュはパイプ形状した足回り部品のひとつで、直接土砂と接触するため内外径の耐摩耗性が要求されると同時に、稼動時に高い曲げ応力が負荷されるため曲げ疲労強度が要求される。これらの強度を確保するために内外径表面には硬化層を生成するとともに‘アンコ’と称する非硬化部を中心部に設けることが求められている。従来は長時間の浸炭処理で内外に均一な硬化層（2mm以上）を生成していたが、それを高周波焼入れを内外層に2工程に分けて処理するものに変更され、さらに今回、1回の高周波加熱で内外径表面硬化層と内部にアンコを生成する技術を開発した。図1はその装置構成の概要を示すが、高周波加熱によりブッシュ全体を900°C超まで加熱後、内径側を外径に先んじて冷却を行い、硬化層を先に内径側に生成させるとともに中心部にアンコを生成させる。その後、時間差を設けて外径側の噴射冷却を開始するが、内径冷却によりすでにブッシュ全体としては保有熱が少なくなっている

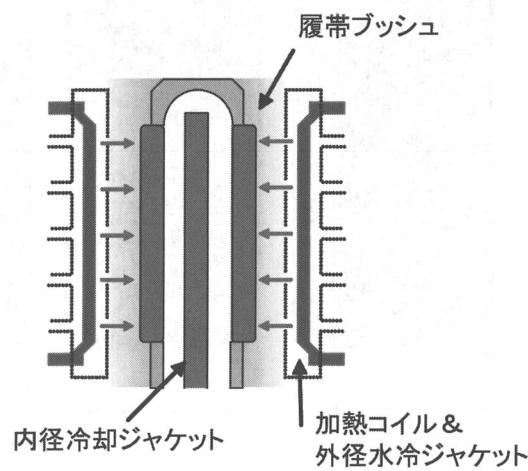


図 1 履帯ブッシュの高周波時間差焼入れ装置の概要

ため、外径側にはその時間差量によって、硬化層深さを制御することができる。図2は代表的な履帶ブッシュ（材質 炭素鋼 肉厚8.4mm）で時間差量を変えた場合の断面硬化パターンの変化を示すが、内外同時に冷却した場合にはアンコが残らずいわゆるスルハードになってしまふが、時間差を設けることによりアンコと硬化層の厚みを変えることができることを示している。特に外径側は耐土砂磨耗のため、深い硬化層をえることが理想であるが、時間差量によっては外径硬化深さを浸炭品よりも深くすることが容易にできるメリットがある。加熱の再現性がよい高周波加熱の特長を生かした工法である。

#### ◇ ギヤの短時間高周波加熱焼き入れ法

高周波焼入れはパワーラインの歯車にも適用されているが、加熱部位が局所的であるため、全体加熱する浸炭などと比較して歪が少ない特長がある。近年、特に高出力を瞬間に印加できる電源が高周波焼入れ装置メーカーで開発され、極短時間で加熱することが可能となった。写真1にこの高速加熱電源を利用して短時間加熱焼入れしている減速機のリングギヤの外観を示す。（材質 炭素鋼、重量約100Kg/ヶ）ギヤとハブを一体化した形状になっているが、必要な硬化部位は歯部のみであり全体処理である浸炭法では生産効率が悪い部品で

ある。リングギヤは写真に示すように、薄肉で歪易いため、従来は浸炭後に再加熱して型で拘束しながら焼入れを行ってきたが、内径の歯部のみの短時間加熱焼入れ（予備加熱34秒+本加熱2.4秒）で、しかも比較的温度が低い外径側が型拘束の役割を果たすため型レスで歯車精度が確保できた。この極短時間高周波焼入れ技術により歯部の輪郭に沿った硬化層を得ることが可能であり、外歯の高負荷ギヤにも浸炭法の代替技術として適用が期待されている。また、このような短時間での加熱の立ち上がり特性を生かして、2つの異なる電源

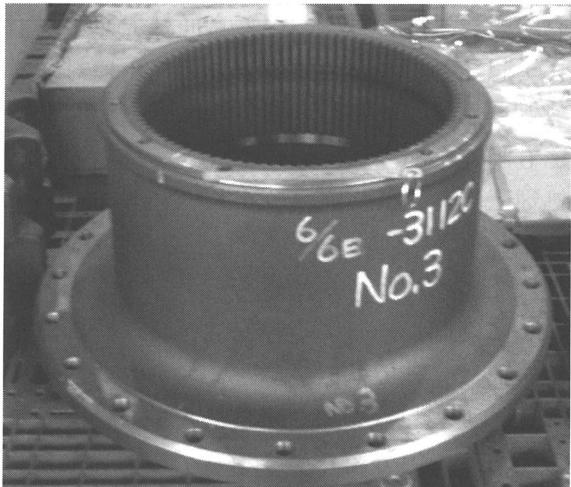


写真1 高周波短時間加熱焼入れ品の例  
(中型油圧ショベル用リングギヤハブ)

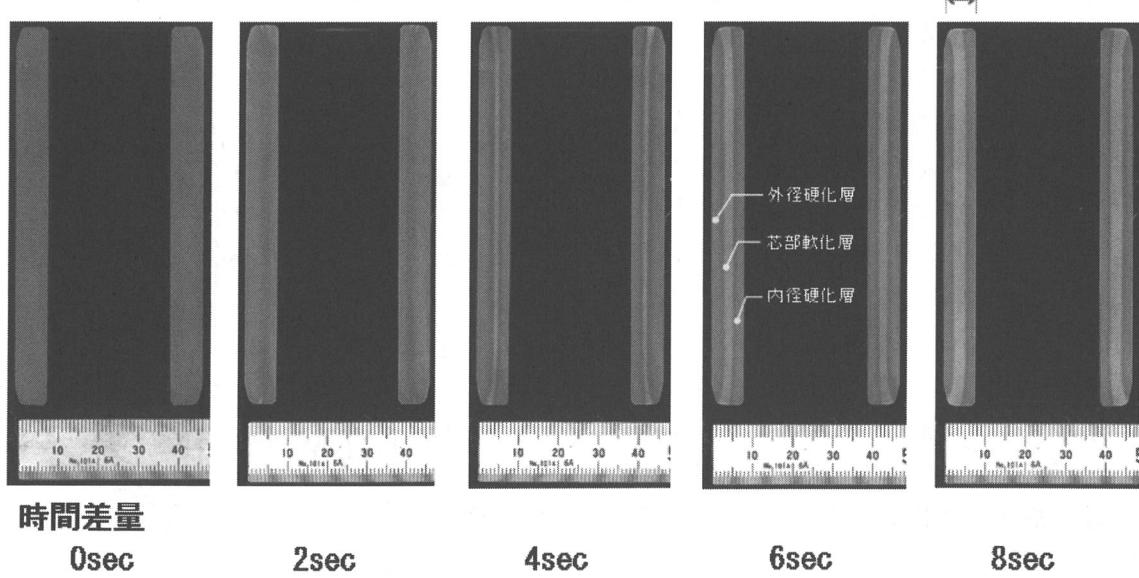


図2 履帯ブッシュの内外径時間差焼入れによる硬化パターンの変化

を極短時間で切り替えることも可能で、たとえば周波数の異なる電源をひとつのワークに交互にスイッチングすることにより、軸物の硬化深さを連続的に変更することも可能である。

以上のように電源などいわゆるハード面が大きく進歩してきており、それを有効に活用するソフト面の開発が期待される。

#### ◇ 真空浸炭技術による浸炭品質の向上とCO<sub>2</sub>低減化

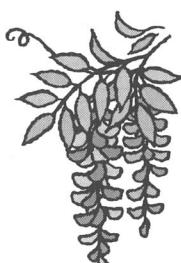
真空浸炭法（低圧浸炭ともいう）としては數十年前に一度、プロパンやメタンなどの炭化水素ガスを直接炉内に導入してその分解ガスで浸炭する方式が開発されたが、ステイング（すす）の発生により品質の確保が困難なケースがあり、大きくは普及しなかった。近年、浸炭ガスとして不飽和炭化水素系のアセチレンを使用し、極低圧操業することで、ステイングの発生が抑制されてきたため、かなり市場において普及してきている。建設機械部品は硬化深さがもともと深いこともあり、ガス浸炭に伴い発生する浸炭異常層が厚く、ギヤやシャフトの曲げ疲労強度やねじり疲労強度が低下する問題を抱えていたが、真空浸炭により炉内に酸化性ガスがなくなるため、異常層レスの清浄度の高い浸炭品質が得られ、浸炭品の強度アップにも寄与している。また近年、浸炭品の

疲労強度向上策として広く普及したショットピーニングも、真空浸炭法との組み合わせにより軟質の浸炭異常層がない硬い表面をピーニングすることができるため、ピーニング効果が増加して疲労強度もさらに上昇するということが確認されている。また従来のガス浸炭法は炉内の雰囲気にCO<sub>2</sub>があり、それは炉外に排出されるが、真空浸炭ではCO<sub>2</sub>の発生がなく、CO<sub>2</sub>排出を低減する方策としても真空浸炭法がメリットがある。

以上のように環境負荷が少なく、高品質な浸炭が得られるメリットがあるが、課題としてはアセチレンガスは反応性がよいため、比較的容易にワーク表面の角部などに片状や粗大な炭化物を生成しやすいというデメリットがある。このような片状の炭化物は応力の集中部になりやすく、疲労強度を弱める場合もあるので、現在はアセチレンガスの導入サイクルの最適化により炭化物の生成抑制を図っているが、低圧下での炉気の分析、制御技術のいっそうの高度化が求められている。

#### むすび

表面硬化処理として、高周波焼入れ技術、浸炭技術の最近新技術について紹介した。建設機械の耐久性をいっそう向上させる熱処理の工法開発とともに、今後もフレキブル生産性や環境にやさしい工法の研究開発に取り組んでいく。



### 3. 金型

トヨタ自動車(株) 第1要素生技部鋳造技術室  
柘原芳郎

#### まえがき

自動車部品の軽量化のために、多くの部品が鉄からアルミへの転換が図られてきた。また、その製造技術としては、低コストで生産性の高いダイカスト法が多く採用されている。ダイカスト生産を安定させ効率を上げるには、その最重要ツールの一つである金型の信頼性が高く、故障が少ないと必要である。そのため、金型の品質を向上させるための取り組みが過去から、継続的かつ精力的に実施してきた。その一環として、金型の材料品質の向上が図られた。

ダイカスト金型の材料としては、熱間工具鋼の代表鋼種であるSKD61とその改良鋼が主に使用されている。金型の材料品質を上げるために、素材そのものの品質向上を図ることは当然であり、特殊鋼メーカー各社による改善が実施され、効果を上げてきた。一方、その素材の品質・性能を十分に発揮させるには、良い熱処理を施行することが必須であり、熱処理の良否によって素材の品質が左右されるといつても過言でない。そのため、熱処理技術の開発も同様に進められた。本報では、

現状のダイカスト金型の熱処理技術と課題について解説する。

#### ◇ ダイカスト金型入子材料の必要特性

ダイカスト金型入子材料として必要な特性は、①型としての基本性能を有すること、②品質が良いこと、③市場流通性があること、の3項目である。①の型としての基本性能とは、表1に示した、型として使用できるための機械的性質の確保と、型としての形状が加工できるための機械加工性の良いことが挙げられる。②の品質が良いとは、①の基本的性能がどの金型のどの部分でも均一であるということである。即ち、同一素材内および素材間の基本的性能のばらつきが少ないことである。③の市場流通性とは、型材として必要な時に、必要な量を、合理的な価格で市場から容易に調達できることである。

#### ◇ ダイカスト金型入子の熱処理の基本的考え方

ダイカスト金型入子の熱処理は、金型の基本性能の1つである素材の機械的性質を最大化するこ

表1 ダイカスト金型入子材料に必要な機械的特性

要求特性	機械的性質	要求項目
剛性・耐磨耗性	引張り強度・硬度	摺動面のある構造物として成立すること
塑性変形能力	延性	型締め力による塑性変形が可能であること
耐脆性	衝撃特性・韌性	型締め力による衝撃的な荷重に耐えること
疲労特性	疲労強度	鋳造時の種々の繰返し応力に耐えること
高温耐久性	高温強度	上記の項目が鋳造時の温度で可能であること

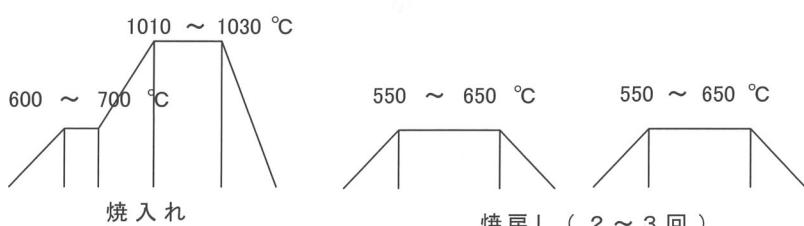


図1 ダイカスト金型入子の熱処理パターン

とを目的に実施される。その典型的な熱処理パターンを図1に示した。焼入れ工程と焼戻し工程がある。

金型材料は通常、焼きなまし状態で納入され、ミクロ組織はフェライト+球状炭化物である。硬度は230HB以下と柔らかく強度も低い。この柔らかい状態で荒加工を実施し、焼入れ時の歪みを考慮した取り代（仕上げ加工時の切削量）を残した形状まで切削する。この荒加工後の金型素材を、1020～1030°C程度の高温に加熱保持することによって、ミクロ組織をオーステナイト化させ、その状態から冷却することによってマルテンサイト変態させる。ミクロ組織は、マルテンサイトとなるが元のオーステナイトが一部残留する。硬度は55HRC程度と硬くなり強度は上がるが、韌性がなく脆いため、金型入子としての使用には耐えない。そこで次工程の焼戻しにより、ミクロ組織の安定化を図る。焼入れ後の金型素材を、600°C前後の温度で加熱保持することで、ミクロ組織を安定化させ、所定の硬度に調整し、強度と韌性のバランスのとれた素材とする。ダイカスト金型の入子では、焼戻しが通常2～3回実施される。

最後に仕上げ加工を実施し、入子単体として完成する。

#### ◇ ダイカスト金型入子の熱処理の現状

実際のダイカスト金型入子の熱処理においては、焼入れ時の冷却速度の遅速が問題となる。この冷却速度を検討する場合、次の2つの観点から考えることが必要である。1つは、冷却方法（冷却媒体）による冷却能力そのものの違いである。2つ目は、金型が冷却される場合、外表面から冷却されることによる、金型の表面と内部の冷却速度の違いによる温度分布の発生である。

冷却方法の違いによる冷却速度の例をSKD61のCCT曲線上にプロットし、図2<sup>1)</sup>に示す。油冷、加圧ガス冷、衝風の3種類の冷却方法で、大きさ300×300×300mmの鋼塊を冷却した時の、鋼塊の中央部（冷却速度の最も遅い部位）の温度変化を計測したものである。いずれの冷却方法でも粒界炭化物とベイナイトの発生がある。その

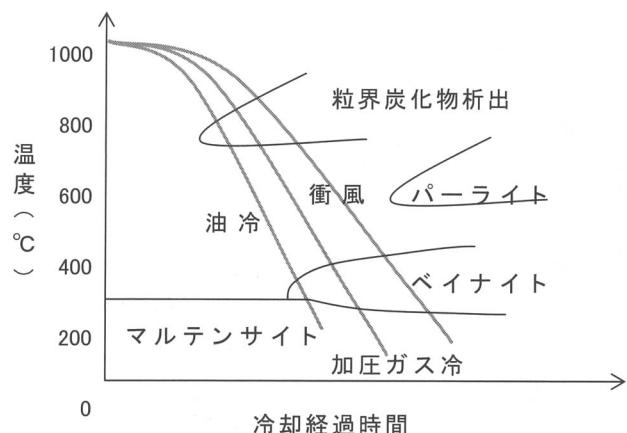


図2 3種類の冷却方法による冷却速度

粒界炭化物とベイナイトのシャルピー衝撃値に及ぼす影響を図3<sup>1)</sup>に示す。図3から分かるように、冷却速度が速い（半冷時間が短い）ほど、シャルピー衝撃値が高いことが分かる。

一方、冷却速度が速くなると、金型素材内部には大きな温度勾配が発生する。この温度勾配によって発生する熱応力と、内外部の変態時期がずれるために発生する変態応力が大きくなる。そのため、金型素材には大きな変形が発生し、焼き割れが発生する危険性が大きくなる。冷却速度に関するこの背反する事象を解決するために、図4に示すような冷却方法が開発された。高温域では、衝風冷却で緩やかに冷却することで、変形を低減する。その後の低温域では油焼入れを実施し、ベイナイトの発生を抑制する。こうすることによって、歪みが少なく、韌性を確保した金型素材を得ることができる。

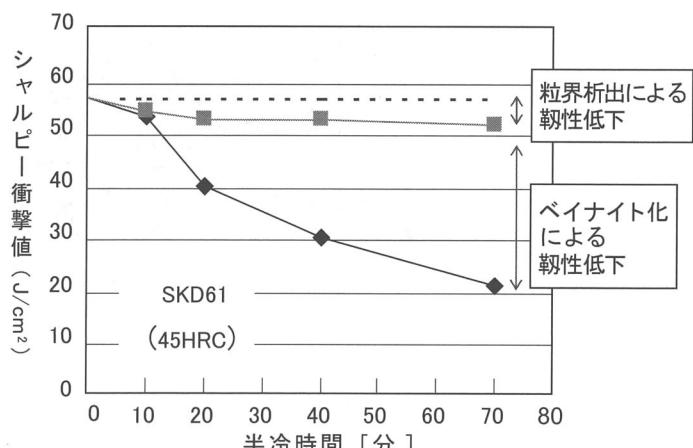


図3 冷却速度とシャルピー衝撃値の関係

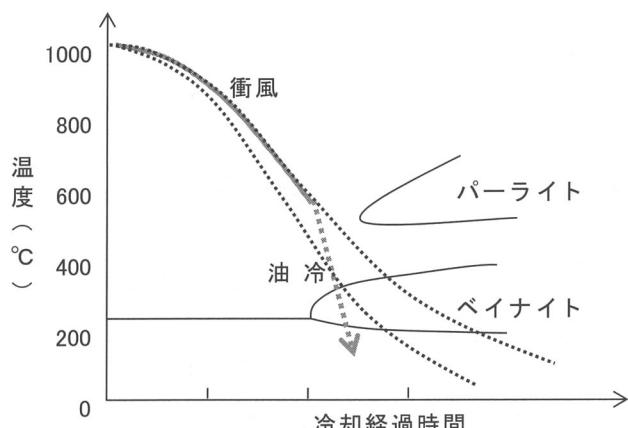


図 4 新冷却法の冷却パターン

#### ◇ 実金型の品質について

今まで述べてきたように、熱処理技術の向上と素材品質自体の向上により、金型素材の品質は、かなりのレベルまで向上したが、まだ、ユーザーとして満足の行くものではない。図5に、型締め力が1,650Tクラス以上の大 quarters の実金型入子から採取した35個の試料による、「シャルピー衝撃値と硬度の関係」を示した。これらの入子は、材料はESR材、熱処理は前述の新冷却法で実施した現状の技術では最高品質とされるものである。

この結果から、2つの課題が挙げられる。1つは、焼入れ速度の遅い金型の中央部から採取した試料に、ダイカスト業界で一般的に言われている、「大割れの危険性が発生する20J/cm<sup>2</sup>以下のシャルピー衝撃値を下回るもの」が散見することである。一方、焼入れ速度の速い金型の外表面付近

から採取した試料ではこの基準は満足している。ユーザーとしては、金型全体がこの基準を満足させることを希望している。2つ目は、同一硬度においてもシャルピー衝撃値に大きなバラツキがあることである。一般に硬度と韌性には反比例の関係があると言われている。確かにその関係は認められるが、同一硬度内でばらつきの大きさを考えると、もっと影響のある別の要因があると推定される。このシャルピー衝撃値の底上げとバラツキの低減により、安定的に高い衝撃特性が得られる技術開発が熱処理・素材の両面から望まれる。

次に、衝撃特性と大割れの関係について述べる。硬度43HRCの6個の入子について、実型から採取した試料を用いて、シャルピー衝撃試験と回転曲げ疲労試験を実施した結果を図6に示す。同図に、SKD61の最強素材として想定した焼入れ速度の速いJIS標準試験片のS-N曲線と、最弱素材として想定した鉄鋼(SKD61)のS-N曲線を破線で示した。実型から採取した試料の疲労特性はこの2本の破線に挟まれる範囲に存在することがわかる。

衝撃特性と疲労特性の相関を確認するために、標準試験片の疲労強度(700MPa程度)より若干高い800MPaの応力振幅を負荷したときの、破壊までの繰返し数とシャルピー衝撃値の関係を図6より求め、図7に示した。同図にはJIS標準試験片で焼入れ速度を変えることによってシャルピー衝撃値を調整したものの結果もあわせて示した。衝撃値が低くなるにつれて疲労特性も悪くなることが分かる。特に低シャルピー値になるほど悪化の

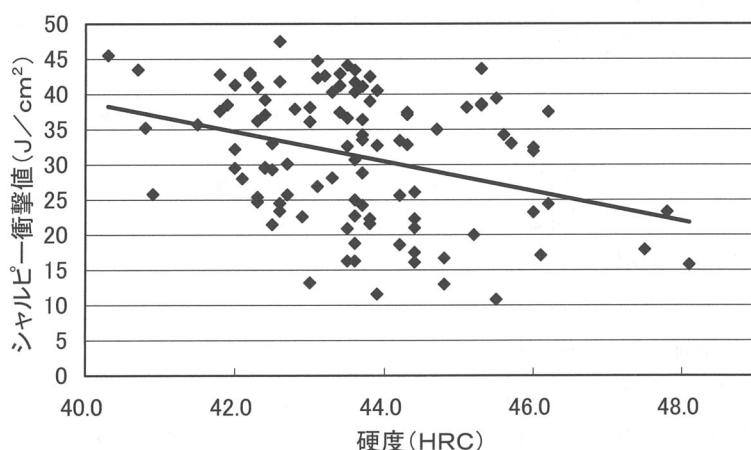


図 5 実金型入子の硬度とシャルピー衝撃値の関係

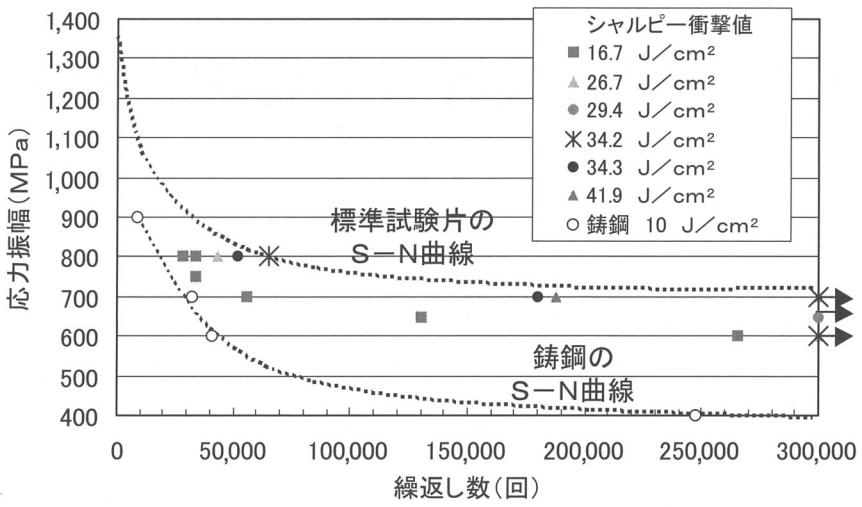


図 6 シャルピー衝撃値と回転曲げ疲労強度の関係

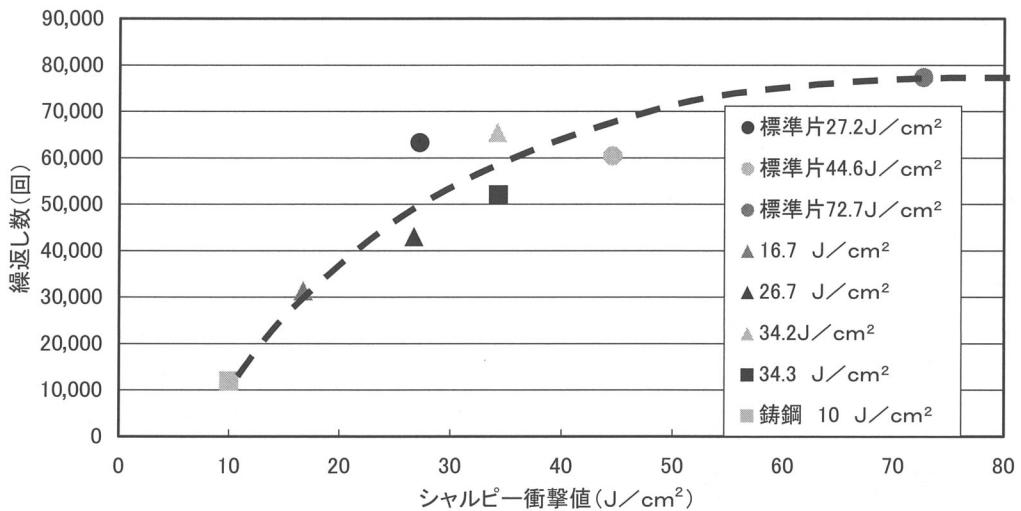


図 7 各シャルピー衝撃値における800MPaでの繰返し数

度合いが悪くなる傾向が認められ、衝撃特性の確保が金型の疲労寿命の確保、即ち大割れの防止に必要なことが確認できる。

生産のグローバル化が進む中、多くの日系メーカーの海外拠点でダイカスト生産が実施されている。そこで使用されている金型の多くが、前述した金型素材としての品質を確保するために、現在は日本で調達されている。将来的な現地調達を推

進するためには、日本国内と同等の金型品質を達成することが必要であり、現地の地元メーカーまたは日系進出メーカーと協力して、品質確保と品質保証の体制を確立することが必要であろう。

#### 参考文献

- 1) 日立金属(株)：社内資料

## 4. 特殊部品の最近の熱処理技術と課題

(株)上島熱処理工業所 つるみくにひろ間 鶴見州宏

近年、自動車や家電製品をはじめとしてすべての分野で軽量化、小型化、高性能化ならびに省エネルギー化が急速に進んでおり、これらに関係する金型や切削工具に対しても高性能化や長寿命化が厳しく求められている。素材である金型用や切削用の工具鋼もESR法や粉末冶金などの製造技術の進歩により、炭化物分布や清浄度がかなり改善されてきている。しかし、金型や工具は素材の品質のみではこれらの要求に応えられるわけではない。最終的にはいかに適切な熱処理がなされるかによって品質がきまるので熱処理の重要性が一段と強まっているといえる。残念ながら昨年末からの世界的な大不況による熱処理需要の急速な落ち込みは目を覆うほどで当社も例外ではない。執筆依頼の思惑とは若干ずれるかもしれないが、ここ数年間の傾向を顧みて当社がかかわっている比較的量の少ない特殊部品の熱処理について考えてみることにした。

### ◇ 塩浴熱処理の利点

当社は今では少なくなった塩浴熱処理を主体とした熱処理をおこなっているが、塩浴熱処理は作業環境、効率、炉や計器の寿命、周辺住民への配慮など熱処理業者にとって不利な面が多いため世界的に縮小されてきた。しかし、相変わらず

ユーザーからの塩浴熱処理への期待は大きく、一部の部品ではむしろ増加傾向にある。たとえばSKD11、SKD61、8Cr-2Mo-V鋼などのダイス鋼は焼入性からいえば通常の真空炉でほとんど対応できると考えられるが、現実には一部の部品ではいったん真空熱処理に変更されたものが再び塩浴処理に戻ってきている。真空熱処理から塩浴熱処理に戻ってきた一例を拾ってみると表1のようになる。

これらをみると主原因はほとんどが靭性、硬さおよび寿命となっているが、共通していることは表面の硬さだけではなく内部品質が重要な要因になっているものと考えられる。

塩浴熱処理に期待されるところがどこにあるのか。まず、加熱時を考えると、昇温速度が大気炉の約4倍であることが知られており<sup>1)</sup>、熱伝達もよいので熱処理品は短時間で均一に加熱されることがわかる。これは部分的に過熱されることは少なくなることを意味しており、必要以上に炭化物を溶かす必要がなくなるので結晶粒の粗大化防止にきわめて有利である。

次に冷却について検討するため冷却速度を調べてみた。図1に油冷却と塩浴冷却を比較した一例を示す。これをみると冷却剤の塩浴温度は油温度より高いにもかかわらず浴温（本実験では150°C）

まで冷却能力はつねに油冷却より塩浴冷却のほうが勝っていることがわかる。塩浴では表面はほとんど瞬間に冷却用塩浴温度まで下がり、Φ50の丸棒鋼（SKS93）では約2分で内外の温度差がなくなる。これに対し油焼入れでは約4分かかる。冷却速度が速くなることはより大きなものまで焼入れが可能となり、同一太さなら内部まで硬さが確保できることにな

表 1 塩浴熱処理に戻ってきた事例

品名	鋼種	主要部概略形状	主な理由
ダイカットロール	8Cr-2Mo-Vダイス鋼	Φ220×580	硬さ、靭性、寿命
金型	8Cr-2Mo-Vダイス鋼	46×310×340	靭性、寿命
ダイカスト型	SKD61	Φ190×40	靭性、寿命
転造平ダイス	SKD10	25×41×105	靭性
下型丸パンチ	SKD11	Φ82×69	靭性、寿命
パンチ	SKH51	Φ22×110	寿命
ダイ	SKH51	Φ75×50	硬さ
転造丸ダイス	マトリックスハイス	Φ206×60	硬さ、寿命
転造平ダイス	SKH55	43×80×280	靭性、寿命
金型入れ子	粉末ハイス	40×90×156	靭性
ブッシュ	SUJ2	Φ64×77	硬さ、

る。また、焼入性に不安がなくなれば低めの焼入温度で焼入れることができる。さらに塩浴熱処理は焼入れ冷却時に油や水と違って蒸気膜ができず、対流のみで冷却されるのでスムーズな冷却曲線が得られる。このように冷却能力も塩浴は優れている。このあたりが塩浴焼入れは歪が少なく、寿命も長くなるおもな原因とおもわれる。

次に塩浴熱処理をもっとも要求される高速度工具鋼について考えてみる。高速度工具鋼の焼入れで重要なことは初析炭化物の析出温度が1000～600°Cであるので、この範囲をできるだけ速く通過し、初析炭化物の析出をおさえることである。この点、図1からもわかるように塩浴冷却は油冷却より内外部とも冷却速度は優れているが、とくに600°C以上の高温域において塩浴熱処理は油冷却やガス冷却より大きく勝ることが高速度工具鋼の焼入れには有利になっていることがわかる。

#### ◇ 最近の塩浴熱処理に対する要求内容

ニアネットシェイプ化が進み金型への負荷は増大傾向にあるが、これに加えて被加工材の高強度化によって金型はますます厳しい条件下にあり、割れ、欠けの抑制が大きな課題となってきている。ダイカスト金型や熱間加工用金型に用いられるSKD61系統の鋼は硬さが出ていても金型寿命が大きく変わることが多い。この主原因は金型内部にパーライトやベイナイト組織が存在すること

によりいちじるしく寿命が損なわれることにあるが、SKD61系鋼は冷却速度が少し遅くなるとベイナイトがでやすいので焼入れ時の冷却速度をいかに確保するかが重要となる。このためさらに冷却速度を上げる必要が生じてきている。塩浴焼入れの冷却速度を改善するおもな方法としてソルトの攪拌と水の添加が考えられる。一例として攪拌の程度を変えた場合の塩浴の冷却曲線を図2に示す。

明らかに攪拌を大きくするほど冷却速度が上昇することがわかる。このテストにおける試料は $\phi 50 \times 50$ のSKS93であるが無攪拌状態では芯部は完全にAr'変態が生じており、不完全焼入れとなっている。これに対し塩浴の攪拌を強めると次第にAr'は冷温側にずれるとともに消滅してゆくことがわかる。

#### 1. マルテンパ処理

塩浴熱処理が要求される主な原因は歪みの少ないマルテンパ（マルクエンチ）が容易なことにあるが、マルテンパ処理は不適切な冷却温度や保持時間が長くなるとベイナイトが生成しやすくなる。それによって硬さがあまりなく、靭性が低下するのでマルテンパ処理においても温度や時間のコントロール技術が重要である。

新材料の開発にともなってMs点の低下した材料も現れてきている。このため従来は200～180°Cにしていた冷却槽の温度をさらに下げる必

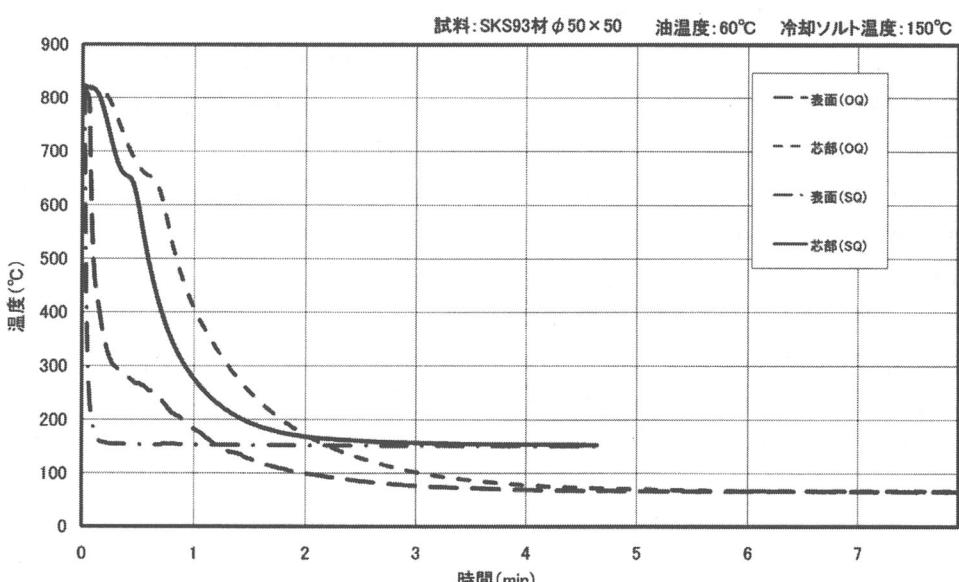


図 1 油冷却と塩浴冷却の比較

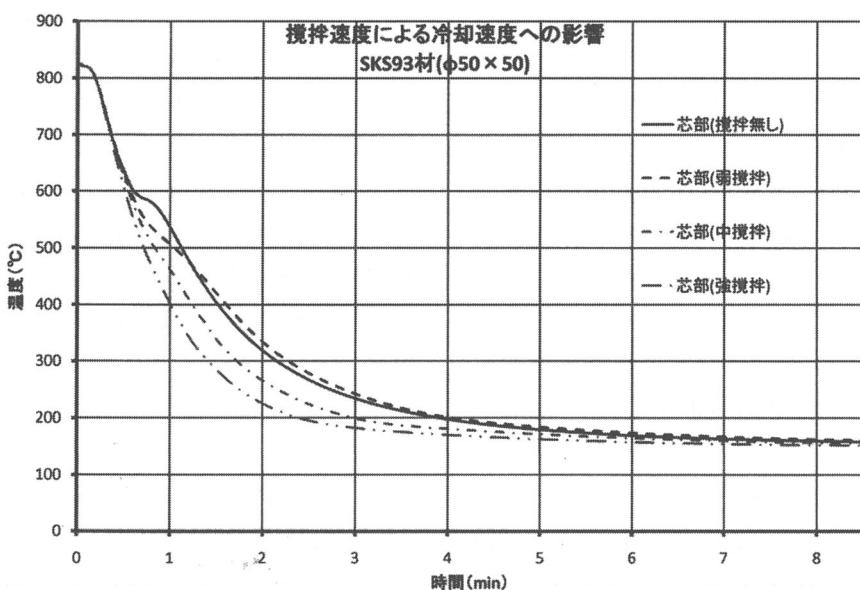


図 2 冷却速度に及ぼす攪拌速度の影響

要が生じている。冷却用に用いる塩浴は種々の塩の融点が単独では180°C以上なので冷却槽の低温化は容易ではないが、2種類以上のソルトで共晶反応を起こさせることによりある程度は下げることが可能になっている。現在150°Cまでは日常的に使用しているが、必要があればさらに低温も可能である。

また、一部の製品では残留オーステナイトの制御も求められており、この対応も新しい熱処理技術となっている。残留オーステナイトは冷却剤の温度が高いほど多くなることが知られているので、このことからも冷却剤温度をさらに低めることが今後の課題となる。

## 2. オーステンパ処理

自動車業界においては燃費改善のための軽量化と衝突時の安全性確保の両面から高張力鋼板（ハイテン）の使用が急速に進んでいる。このことは金型などの性能向上の要求にも大いに関係するが、一方、素材メーカーでも新材料開発や熱処理をともなう製造技術確立のための確認実験が重要な課題になってきている。このことはばね業界も同様で、ばね製造にも特殊熱処理は欠かせない技

術である。その一つがオーステンパ処理であるが、最近では高速ならびに精密な製造設備に対応するため加熱・冷却時間もほとんど秒単位の制御が求められている。この点、塩浴熱処理は瞬間に温度変更が可能なため、オーステンパ処理のこのような試験に最も適しているといえる。

球状黒鉛鋳鉄ではすでに2段オーステンパ処理が一部では実用化されているが<sup>2)</sup>、他の材料でもこれに類する2、3段のオーステンパ試験がおこなわれている。このように塩浴熱処理を利用した新たな試験は多岐にわたっておこなわれつつあり、まだこれからという感もある。

もちろん安定した金型や切削工具の性能を得るために熱処理技術ならびにこれに付随する現場ノウハウの蓄積が重要であることはいうまでもない。この意味では塩浴熱処理は古いが新しい熱処理といえよう。

## 参考文献

- 1) 渡辺照男：鋼の熱処理 改定5版、日本鉄鋼協会、丸善、p.239 (1969)
- 2) 滝田光晴：熱処理、32、2、p.89 (1992)

# III. 熱処理関連技術の開発動向

## 1. 素材・部品材

大同特殊鋼(株) 研究開発本部 中島智之

### まえがき

歯車は機械構造部品のなかでも性能や製造コストに対する要求が厳しい部品の1つである。特に自動車など輸送機器の動力伝達歯車には高い耐久性・生産性・低い製造コストが求められ、そのほとんどは浸炭焼入れにより製造されている。浸炭炉は、従来広く使われていた連続式ガス浸炭炉から、生産フレキシビリティ、作業環境、立上げ時間、CO<sub>2</sub>排出量、そして強度的に優位なバッチ式真空浸炭炉への移管が進みつつあるが、真空浸炭固有の問題も発生してきており、その対策が求められている。

一方、近年の自動車の燃費向上・高出力化の要求から、歯車は一層の高疲労強度化・小型軽量化が強く求められている。歯車への要求特性としては、歯元の曲げ疲労特性・衝撃特性、および歯面の耐ピッティング特性・耐摩耗性がある。トランスミッション用歯車の主なる要求特性は歯元曲げ疲労と歯面耐ピッティング特性である。歯元曲げ疲労に関しては粒界酸化とそれにともなう不完全焼入れ組織を抑制する高強度歯車用鋼の適用、あるいはショットピーニングによる最表層部の高硬度化および高压縮残留応力付与により高強度化が実現されてきており、破損モードは歯元曲げ疲労から相対的に弱い歯面ピッティングへと移行してきている。

本章では、真空浸炭処理固有問題への材料設計による対策と、耐ピッティング特性を向上させる熱処理工法として真空浸炭炉を用いることが実用上適している高濃度浸炭処理と高濃度浸炭用鋼について紹介する。

### ◇ 真空浸炭の機構と課題

真空浸炭の処理技術自体は20年以上前に開発さ

れたものであるが、近年の設備技術の大幅な進歩によって急速に導入・適用が拡大してきている。真空浸炭処理は1/100気圧程度の減圧下で、プロパンやアセチレンなど炭化水素ガスを使用して浸炭処理が行われる。減圧下で行われるため部品強度に影響を及ぼす粒界酸化や不完全焼入れ組織の生成を防止することができる反面、真空浸炭機構に起因した固有問題もあり、直ちに真空浸炭処理を適用するのみで高強度部品が得られていないのが現状である。

従来のガス浸炭処理は、浸炭期においても拡散期においても炉内のCO、CO<sub>2</sub>濃度を制御(C<sub>p</sub>制御)することによる平衡反応で浸炭を行う表面処理方法である。それに対し、真空浸炭は、浸炭期はプロパンやアセチレンなど炭化水素ガスを用い処理品表面に極薄い黒鉛膜を生成させ、一般のJIS肌焼鋼の場合は黒鉛-セメンタイト-オーステナイトの3相平衡反応で表面炭素濃度を高め、拡散期は炭素の内部への拡散のみを行う表面処理方法である。つまり、拡散期はガス浸炭で起こっている表面での平衡反応(脱炭反応)は起こらないため、処理品において角度を有する部分(歯車の歯先、歯端など)では炭素拡散場の衝突が起こり、炭素濃度が平面部対比高位になり、いわゆる過剰浸炭、ネット状炭化物を生成させやすい。そして、この炭化物は部品強度低下を招きやすいということが真空浸炭処理の最大の課題である。

### ◇ 真空浸炭用鋼

真空浸炭用鋼(大同特殊鋼ブランド名:DEG鋼)は、鋼成分の適正化により黒鉛-セメンタイト-オーステナイトの3相平衡領域を狭くする、あるいは全くなくすることによって上述のネット状炭化物の生成抑制を図った開発鋼である。図1にJIS-SCr420およびDEG鋼の、種々の角度を有する

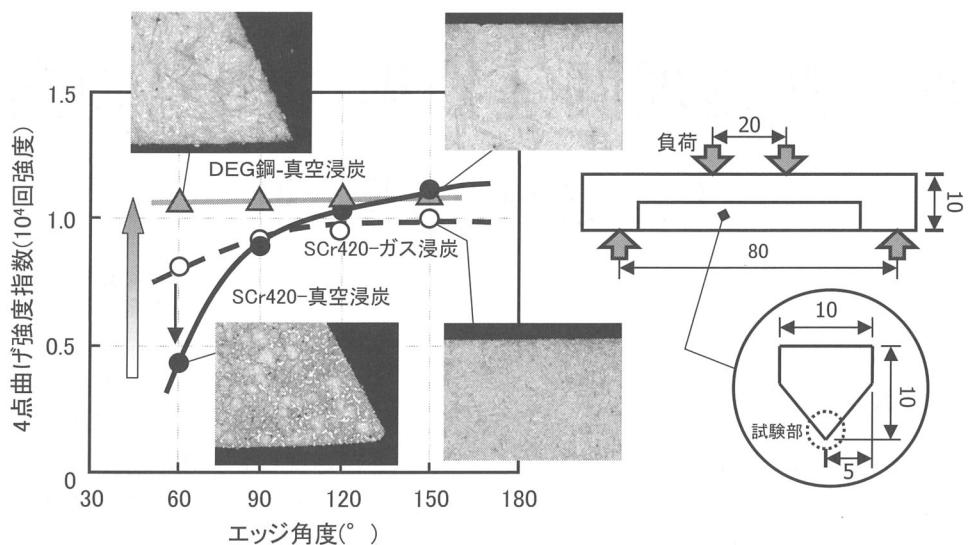


図 1 SCr420 (ガス浸炭、真空浸炭) とDEG鋼 (真空浸炭) の4点曲げ疲労強度

ホームベース型試験片での4点曲げ疲労試験結果を示す。SCr420の真空浸炭品は平面状態に近い角度150°ではガス浸炭品対比約10%強度が向上しているが、90°より鋭角の場合は急激に曲げ疲労強度は低下する。角度150°では炭化物生成がなく粒界酸化もないためガス浸炭品よりも高強度になっているが、角度60°ではネット状炭化物が大量に生成し疲労強度が急激に低下することが確認されている。それに対し、DEG鋼は、90°より鋭角であっても炭化物の生成はなく高疲労強度を維持できている。なお、DEG鋼は真空浸炭での過剰浸炭・ネット状炭化物生成を抑制するために設計された鋼ではあるが、ガス浸炭処理への適用も可能である。

#### ◇ 高濃度浸炭処理と高濃度浸炭用鋼

高濃度浸炭は、微細な炭化物を分散させることで浸炭層の強度や耐摩耗性を工具鋼や高炭素軸受鋼同等以上に向上させることができる技術である。また、最近の真空浸炭技術の進歩とともにあって、適用の拡大が期待されている技術である。

表1に高濃度浸炭用開発鋼の化学成分組成例を

示す。一般的な歯車用鋼であるJIS-SCr420Hの化学成分組成も表1に併記している。開発鋼は、炭化物析出を促進させるためにCrを增量、炭化物の球状化促進とマトリクスの強度向上を目的にSiを增量させている。また、Moは炭化物周辺のCr減少にともなう焼入性補完を目的に添加されたものである。後述する処理パターンの特徴から高濃度浸炭は真空浸炭炉での処理が実用上適しており、真空浸炭炉を適用すれば高Si、Crに起因する粒界酸化問題を気にする必要はない。

図2に高濃度浸炭処理パターンを示す。高濃度浸炭処理は、 $A_{cm}$ 線を越える領域まで浸炭を行い、表層部に炭化物（主にセメンタイト）を析出させる処理である。炭化物を旧オーステナイト粒界に析出させることなく、微細に分散させることが重要であり、そのために浸炭処理途中で一旦降温させる2段の浸炭処理を行うのが一般的である。1次浸炭はオーステナイト単相域で行い、 $A_1$ 線以下に急冷後、オーステナイト+炭化物の領域で2次浸炭を行う。1次浸炭後の降温過程では強度低下の原因となる粒界炭化物を生成させないようにするために急冷することが重要である。急冷によ

表 1 高濃度浸炭用鋼の化学成分例

	C	Si	Mn	Cr	Mo
高濃度浸炭用鋼	0.2	0.5	0.3	2.5	0.4
(参考) JIS SCr420H	0.17/0.23	0.15/0.35	0.55/0.95	0.85/1.25	-

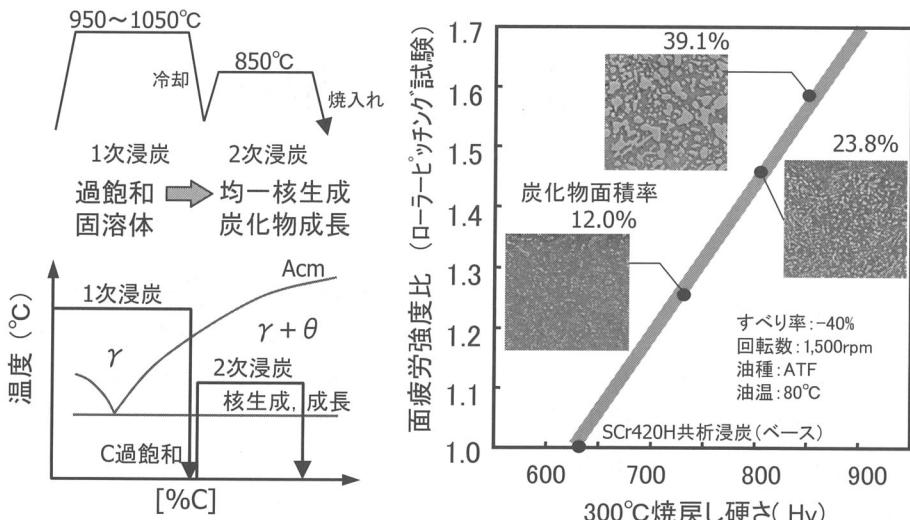


図 2 高濃度浸炭処理パターンと面疲労強度

り炭素の過飽和状態を作ることができれば、2次浸炭時に均一な炭化物生成と成長により微細な炭化物を得ることができる。以上のような2段の浸炭処理を行った開発鋼の組織例も図2に示した。

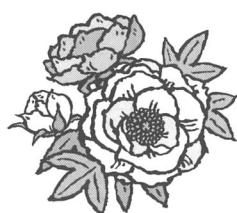
### ◇ 高濃度浸炭材の強度特性

歯車の歯面ピッティング強度は、300°C焼戻し硬さと良い相関があることが知られている。これは、歯面でのすべりによる温度上昇で歯車材料が軟化することが、ピッティング強度に影響していると考えられるためである。図2に高濃度浸炭材の炭化物面積率、300°C焼戻し硬さと、面疲労特

性の関係を示す。炭化物面積率が高いほど300°C焼戻し硬さは高く、面疲労強度も高位になっていることが分かる。

### むすび

本章では真空浸炭に関連した材料技術、熱処理技術の一端をご紹介した。地球環境問題から更なる部品小型・軽量化、CO<sub>2</sub>排出削減が求められる今後においては、一層の熱処理技術・その他の表面改質技術と材料技術との融合が求められることになると思われる。



## 2. 素材・金型材

日立金属(株) 安来工場 田村 やすし  
たむら たむら やすし

### まえがき

米国発世界金融不安による実体経済の縮小、為替不安定化は製造業の新興国への現地生産化をいっそう進めるものとみられている。家電・電機業界ではすでに新興国での現地生産がかなり進んでおり、金型の現地化や逆輸入はふつうの有り様となってきたが、自動車業界においても、エンジン、足回り、ボディといった基幹部品の現地生産が加速するのだろう。世界をリードしてきた日本の素形材技術、それと密接な関係を保ちながら発達してきた金型技術にはいっそうの変革がもとめられる。現地化する技術と日本に残す技術の峻別がいっそう進むということになろう。このような視点から、日本の高張力鋼板などの素形材技術あるいは、高速、高送りによる高効率切削技術などの金型製作技術と金型材の開発との密接な関係に着目して、熱処理技術に関連した金型材の最近の開発動向を紹介する。

#### ◇ 冷間プレス用金型材の開発動向：高張力鋼板の使用比率増大が生み出すニーズ

1980年代は自動車の車体軽量化による燃費改善のため、ハイテンの使用率が30%にまで高まった。1995年以降は衝突安全性向上のため使用率が40%に増えた。高加工性を有する新しいハイテンが開発され、比較的成形の難しい部分への適用が可能になり、直近では使用比率は50%以上となっていると推測されている。

ハイテンの使用にあたっての課題は成形性である。降伏強度が高く弾性回復量が大きいため、スプリングバック現象による寸法不良が問題となっており、これ

は成形技術側の解決課題である。難加工であるため、金型にとってもかじりや焼付などの問題が以前にも増して注目されている。プレス金型材としては、鋳物、フレームハード鋼、冷間工具鋼などが使い分けされるが、ハイテンの使用比率の増大、または車型の統合による1金型当たりの生産数が増大することを背景として、冷間工具鋼の使用比率が今後ますます増大すると予想される。鋳物、フレームハード鋼の場合は、熱処理による寸法変化を想定する必要がなかったので、冷間工具鋼に移行する場合は、熱処理による寸法変化が小さいこと、寸法変化が安定していることが望まれる。図1に新冷間工具鋼SLD-MAGIC®の焼戻し

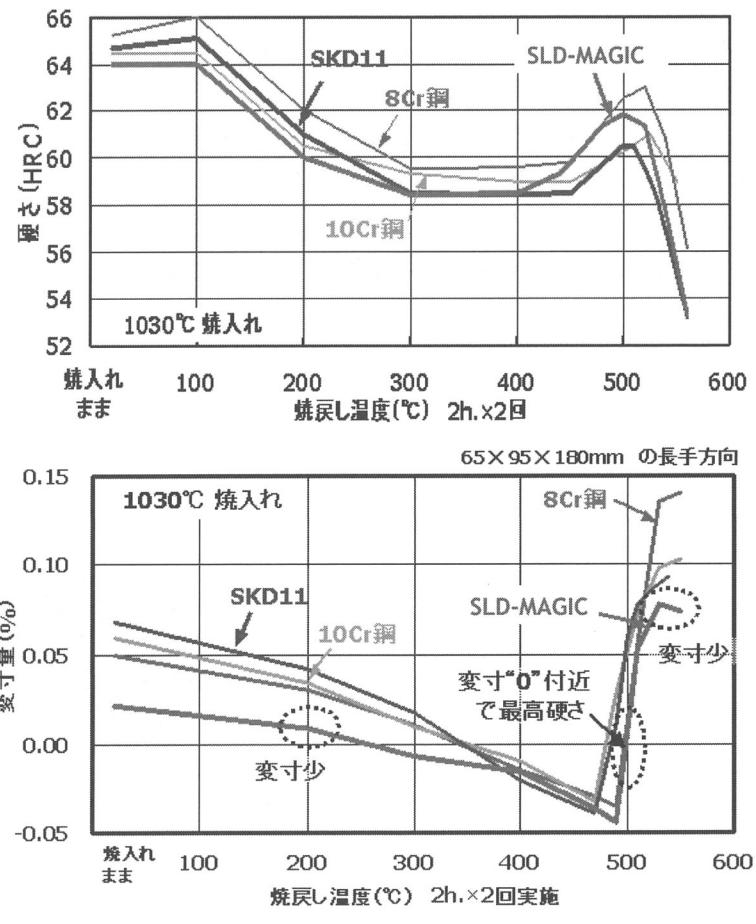


図 1 冷間プレス用金型材の焼入れ焼戻し硬さ曲線と熱処理変寸曲線

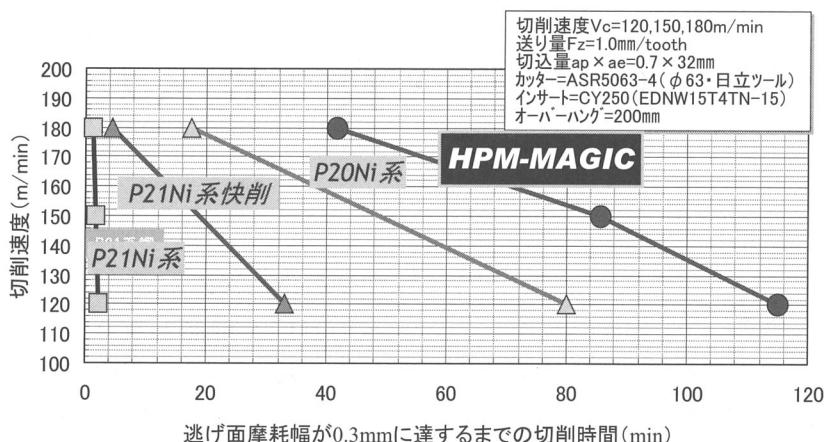


図 2 プラスチック金型材の被削性の一例

温度に対する焼入れ焼戻し硬さ曲線と寸法変化曲線を示す。SLD-MAGIC<sup>®</sup>では、最高硬さが得られる490～510°C焼戻しでの変寸がゼロに近いため、高硬度と低変寸の両立が可能である。SLD-MAGIC<sup>®</sup>は熱処理特性に加え、ハイテン成形時に焼付きが起こりにくいといった特性や、被削性とともに高速、高送りによる高能率切削条件で従来鋼に比べて工具寿命が長いといった特徴も兼ね備えている<sup>1)</sup>。

#### ◇ ダイカスト、プラスチック金型材の開発動向：高能率切削加工技術の普及が生み出すニーズ

自動車の軽量化はアルミ部品の採用増の面からも進められており、大物の自動車部品までダイカスト化が進められている。自動車部品の大物製品の代表例としてはシリンダーブロックが挙げられるが、シリンダーブロックは鋳込み重量が大きく、金型への熱負荷も大きくなるため、金型の寿命が短い傾向にある。一方で生産性向上によるコストダウンのために、内部冷却を強化する取組みが行われている。このような場合、ヒートクラック寿命を向上させる高性能材でかつ韌性の高いダイカスト金型材のニーズが高まっている。大物製品用の比較的大寸法の金型で高い韌性が得られる金型材や焼入方法が開発され、実用化が始まっている<sup>2)</sup>。

国内の鏡面磨きプラスチック金型材としては、40HRC前後に調質されるAISI P21系析出硬化鋼が主流であった。硬質の介在物の脱落による磨き不良を防ぐため、介在物を極力除去する特殊溶解法が採用されており、#8000磨きまでが推奨され

ている。被削性も良好であるが、韌性が低いため溶接のときの割れへの対策や薄肉部をもつ金型の成形中の欠けなどが唯一の課題であった。新興国での現地生産が進んだ家電・電機業界でもっとも多く使用される金型材はプラスチック金型材であるが、新興国における大量生産用の金型には韌性が高く、薄肉部をもつ金型でも安定して成形できる金型材が求められた。HPM-MAGIC<sup>®</sup>は析出硬化成分のひとつであるAlを含まない40HRC予備調質鋼で、#3000磨きに#5000艶出し磨き処理を加えることで鏡面仕様にも対応できる新しい金型材である<sup>3)</sup>。

これらの新しい金型材に共通する被削性は、高速、高送りによる高能率切削条件で従来鋼に比べて工具寿命が長いことである。一例として図2に HPM-MAGIC<sup>®</sup>の切削速度と工具寿命の関係を示しておく。

#### むすび

新興国での金型技術の進展、それを迎え撃つ国内の金型技術の高度化は、金型材およびそれを取り巻く周辺技術に新たな技術需要を喚起している。このような視点からの解説を試みた。

#### 参考文献

- 1) 久保田邦親・小松原周吾・扇原孝志・鳴海雅稔・山岡美樹：日立金属技報、21（2005）、45-52
- 2) 長澤政幸・山口基・山下泰宏：型技術、23（2008）8、100-101
- 3) 遠山文夫・井上義之・細田康弘・田村庸・中津英司・菅野隆一朗：日立金属技報、24（2008）、14-21

### 3. 熱処理炉・真空焼入れ炉

(株) I H I かつ また かず ひこ  
産業機械プロジェクト部 勝 俣 和 彦

#### まえがき

真空雰囲気がもつ種々な特性を利用した熱処理プロセスは、生産設備の開発に伴い近年金属材料、非金属材料を問わず多岐にわたり工業炉界に適用されるに至った。その中で焼入れ炉も様々な変遷を辿り、今の技術に至っている。

#### ◇ 近代真空熱処理炉の推移

世界で初めて工業的に真空炉が金属材料の熱処理に利用されたのはアメリカにおいて1949年であったと言われている。

初期の真空炉は、ホットウォール（非水冷炉壁）型であったためにレトルト材料の強度に限界があるために小型であり、かつ、冷却機能が無かったため加熱後の冷却速度をあまり問題としない分野、すなわち、真空焼鈍、真空脱ガス、時効処理などにしか利用できなかった。

1958年にアメリカのIPSEN社が真空シールされたモータによってファンを高速回転させて不活性ガスを循環させる強制対流と熱交換器によって不活性ガスを冷却して、被処理品を速く冷却させるガスファン冷却式真空炉を開発した。これによつて、空冷鋼の焼入れが可能となり、真空熱処理技術が大きく進歩した。

1960年に日本へも初めて真空炉が導入され、航空機エンジン部品の真空熱処理が行われたが、これは我国における近代的コールドウォール（水冷炉壁）型真空炉の第一号機であった。

1965年に入って、真空熱処理用の焼入れ油の開発に伴つて、油焼入れ用の油槽を有する二室型炉が開発されて被処理品は油冷鋼まで鋼種が広がり、また、肉厚部品の熱処理も可能となつた。

1966年に日本で初めて国産化された。

1974年にはガスファン冷却式真空炉の冷却速度を更に速めるため、冷却ガスの圧力を170kPa(1.7bar)まで加圧出来る大型炉が開発された。真

空炉の冷却機能が改善され、幅広い鋼種の熱処理への対応が可能となり、用途が急速に拡大された。これに伴つて、炉に要求される性能も一段と厳しくなり、特に均一急速冷却が要求されるようになってきた。

1976年には、更に圧力を増加して、500kPaまで加圧して中小物の高速度鋼も十分に焼入れ可能な高速ガス冷却式真空炉が開発された。

1982年には炉内の全周から冷却ガスが噴射するガス冷却式真空炉や、多室型真空熱処理炉も開発され、連続的大量生産可能な真空炉の新分野が開拓された。

1990年代に入るとガス冷却でソルトバスに近い冷却能力を持たせるため、更に冷却速度の向上を図った900kPa～2MPa仕様の超高速ガス冷却焼入れ炉や、一般的に冷却ガスに使用される窒素(N<sub>2</sub>)ガスよりも更に熱伝達率(冷却能力を決定するパラメータ)の大きいヘリウム(He)ガスを使用した焼入れ炉も開発された。これらの技術は特にドイツ、フランスで研究開発が行われていた。

1990年代半ばには欧州を中心に量産技術として実用化されていた。

日本国内では高圧ガス保安法による1MPaを超える基準が障害となり、基礎研究が遅れていた。しかし、2003年頃から国内でも当該技術に関して環境面の後押しもあり、油冷却に替わる技術としてニーズが高まった。そこで登場したのが世界最高冷却ガス圧の3MPa高圧ガス冷却真空熱処理炉が開発され、自動車メーカ及び自動車部品メーカ等が中心となり検証試験が行われた。しかし、高圧ガス冷却は対流伝熱による冷却で、蒸発潜熱による冷却領域を持つ油冷却に比べ冷却能力が劣る点(図1)と景気の影響もあり実用化には至っていない。

#### ◇ 真空焼入れ炉の形態(図2)

真空熱処理の必須プロセスは加熱と冷却である。その加熱は一般的に抵抗加熱式のヒータによ

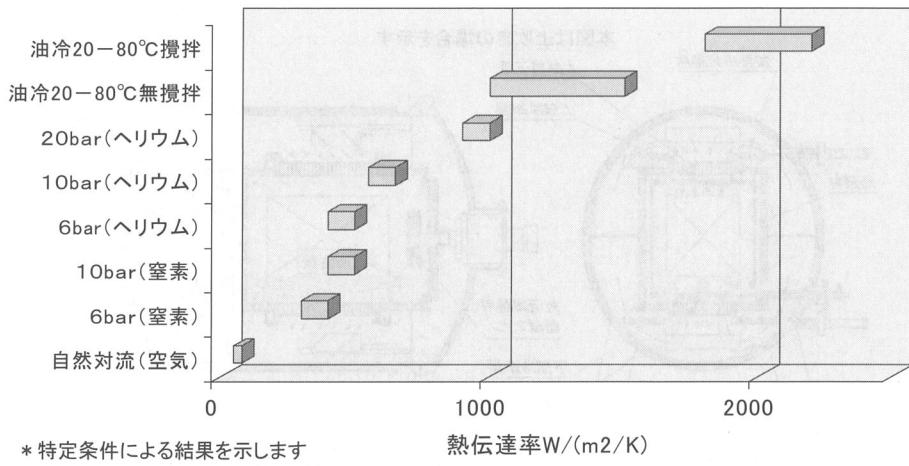


図 1 各冷却の熱伝達率比較

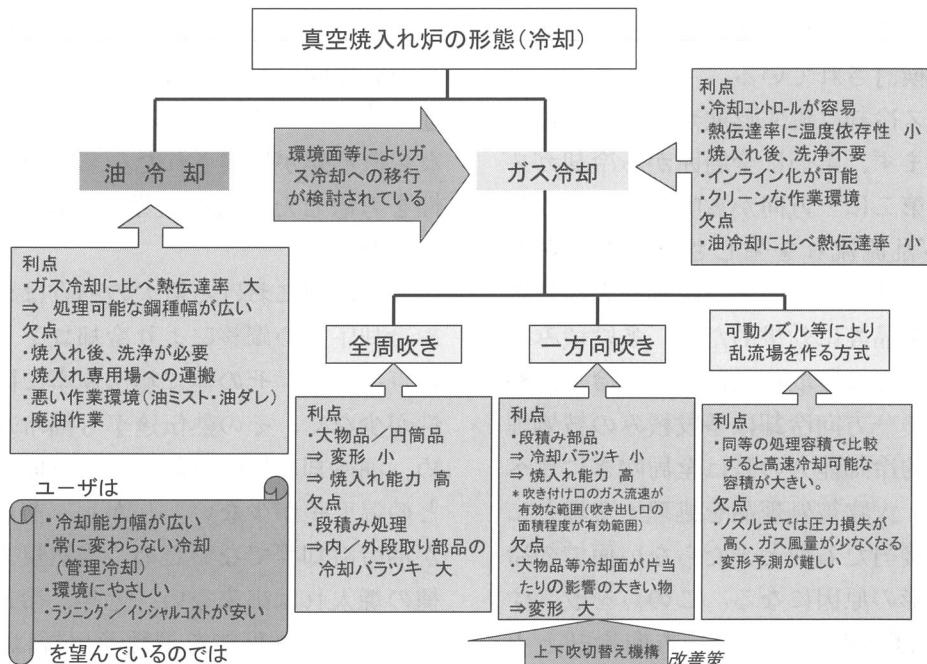


図 2 真空焼入れ炉の形態 (冷却)

る輻射加熱が一般的であるが、1990年代半ばから不活性ガスを容器内に封入し、加熱室内のガスを攪拌することでガスの対流伝熱効果が複合的に得られることで、特に低温域のサイクルタイム短縮に効果的な装置として開発された。

一方、真空熱処理の冷却には大きく分けて2種類、油冷却とガス冷却である。

油冷却については、これまで焼入れ条件に応じて、油の選定が可能な油の特性（特に沸点、粘度等）を考慮した焼入れ油の品種を油メーカーは開発した。装置メーカーは生産を考慮した二室型（加熱室と油冷室との二室ではあるが加熱室側から被処理品を装入し冷却室側から被処理品を抽出する）や三

室型（脱気室、加熱室、油冷室）を開発した。又、油冷却の冷却能力に変化を付けるために油の対流速度を変更させるために攪拌器の攪拌速度をインバータなどにより可変にした。その他に油の沸点調整を行うことで冷却能力に変化を設ける等が実用化されている。ユーザ側でも上記点を考慮し、更に運転方法を工夫することでいろいろな問題に対応している。しかし、油冷却の問題点としては、油の冷却メカニズムとして蒸気膜段階、沸騰段階、対流段階と三つの熱伝達率の異なるフェイズを持つことの弊害やそもそも冷却能力に関する可変の幅が狭い点、そして充填密度が高い場合は特に油の流れや粘性の影響により被処理品間の冷却バラ

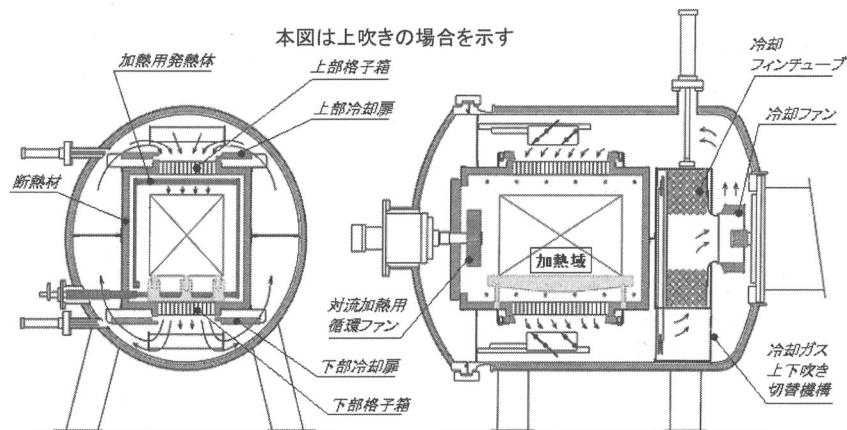


図 3 冷却ガス上・下流切り替え式炉の構造説明図

ツキだけでなく、一つの被処理品中でも冷却バラツキが発生してしまい易い。又、環境面等で油冷却からの脱却が検討されている。

もう一方のガス冷却は流す形態が大きく三種類に分けられる。まず、第一に全周囲から冷却ガスを吹き付ける。第二に一方向から吹き付ける。第三にはわざわざ乱流流れを生じさせる方法がある。各々特徴があり、第一の全周冷却は大物被処理品や円筒形状部品等に効果的だが、多段積み等の被処理品は内外面に段取った部品間に冷却差が生じ易い。第二の一方向冷却は多段積みの被処理品に対して比較的冷却能力の差は全周吹きに比べ少ない。しかし、大物被処理品を処理する場合には冷却ガスが直接当たる面と当たらない面での冷却差が発生し変形の原因になる。この点を改善するために、例えば下から上への一方向冷却と上から下への流れを切替えて行える機能を附加した(図3)。これにより片当たりによる変形を緩和させることができた。この応用で、前後方向のガス流切替え装置も考案された。しかし、一方向流れは急速に冷やせる領域が狭く限定される。第三の乱流流れを発生させる方法としては、ノズルから冷却ガスを噴出し、そのノズルを更に動かすことによって流れを乱す。この方式はかなり広い空間に冷却ガスを供給することが出来、乱流係数により前記の二種類の方法と同じ流速で被処理品に当たる場合には熱伝達率が若干高い値になる。しかし、段取った場所により冷却ガスの当たり方が異なるため、どの方向に変形が生じるかの見極めが難しい。以上の三種類の冷却ガスの流し方は特定形状を除き、現在一方向流れが多く選定されてい

る。この主な理由は生産性が他の方式より高く、例え変形しても予想がし易い点と変形量が比較的小ない傾向にあるため、ユーザのノウハウにより運用でカバーされている。又、ガス冷却式は様々な装置形態が提案された。二室炉や三室炉の生産性を考慮した形式や縦型炉(長物に有効)も開発された。

ガス冷却における最大の利点はガス流量の調整や冷却圧力の調整により冷却コントロール幅が広い点にある。その他に熱伝達率に関して温度依存性が少なく、その熱伝達率も油冷却程高くないため、油冷却に比べ流れの当たる面と当たらない面との温度差が少ない。しかし、前記した熱伝達率が油冷却程でないため、当然焼入れ性の低い鋼種の焼入れは出来ない。近年、冷却ガスの高压化により焼入れ可能な鋼種適用幅は改善されたが、実用化には道程が厳しく、普及させるために被処理品の成分改良等による焼入れ性の改善が必要となる。

### むすび

現在、焼入れ設備に求められている能力は、油冷却の利点とガス冷却の利点を併せ持ち、又低歪み焼入れの観点からソルトバスによる等温冷却のような冷却法が望ましいのではと考える。

- ・冷却能力は油冷却の沸騰段階程度は欲しい。
- ・冷却能力を自由にコントロールすることが可能
- ・冷却ムラを極小にする。
- ・管理冷却が可能システム(冷却品質の向上)

冷却手法も既存のものに捕らわれず、上記項目を満足させる装置が近日中に提案される。

## 4. 热処理炉・浸炭炉

オリエンタルエンヂニアリング(株) かわ た かず き  
取締役 研究開発部 河田一喜

### まえがき

現在、自動車部品に適用されている熱処理のなかで最も多いのは浸炭処理で、そのほとんどがガス浸炭処理である。ただ、最近では、環境上の観点から真空浸炭処理も徐々に適用されてきている。

そこで、弊社における環境対策、省エネルギー化を図り高速浸炭できる新しいガス浸炭炉と品質保証のできる真空浸炭炉の新しい取り組みについて報告する。

#### ◇ 環境配慮型ガス浸炭炉

##### 1. 長尺物・大物対応バッチ型ガス浸炭炉

従来、長尺物の浸炭処理に関しては、ピット型ガス浸炭炉が使用されていた。しかし、ピット型設備では、加熱（浸炭）炉、油槽が独立した設備であり、焼入れのために処理品を一度大気中に吊り上げ油槽へ焼入れしなければならず、高温のものをホイスト操作するため危険であり、油槽へ入れたときに炎・黒煙が立ち上がるなど、作業環境の悪化や大気汚染の問題があった。そこで、このような長尺物についても処理可能で、環境に優しく、省資源・省エネルギー対策をとった新しいバッチ型ガス浸炭炉を開発した。図1にその環境

配慮型バッチ型ガス浸炭炉の概略図を示す。この炉の特徴は以下のようになる。  
①有効寸法はW760×H1,200×L1,200で、処理重量が1,000kg/grossである。そのため、長尺物についてもピット炉の代替として処理できる。  
②ピット炉と違つて雰囲気ガス中で焼入れするため炎・黒煙が発生しなく、処理品の仕上り肌も光輝である。  
③前室は真空パージ後窒素腹圧できるためフレームカーテンレスで安全で環境にも優しい。  
④炉停止中も炉内に空気が入らないため、シーズニング時間が極めて短く、断続操業も容易にできる。  
⑤気密性に優れているため、炉内供給ガスも少なく、CO<sub>2</sub>排出量も大幅に削減できる。  
⑥真空パージ式のため油の酸化劣化が少なく、しかも、真空炉と違って通常のコールド油からホット油まで使えるという焼入れ油の選択幅が広い。

以上のような環境配慮型バッチ型ガス浸炭炉は、長尺物だけでなく大型ギヤ等の大型重量物にも対応できるものもあり、ユーザーに既に納入され実稼働している。納入実績のなかで最も大きい炉は、有効寸法がW1,200×H1,010×L1,800で、最大処理重量：5,000kg/grossである。

##### 2. 高速ガス浸炭法

ガス浸炭炉の雰囲気については、最近は高速短

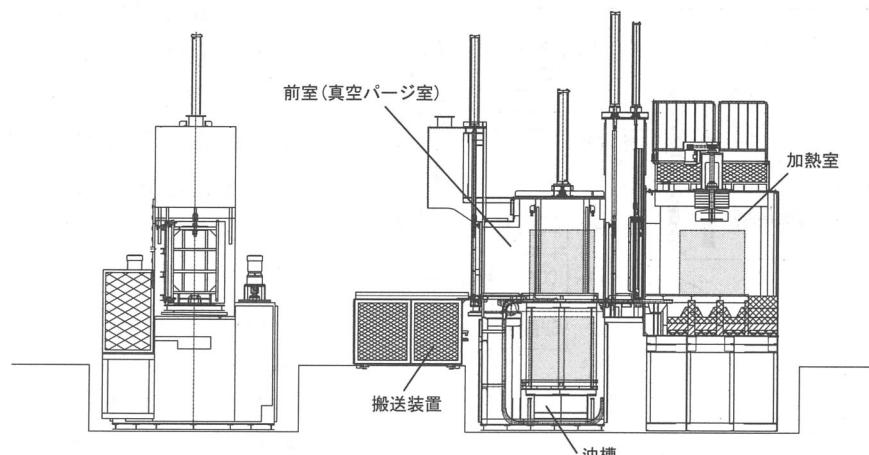


図 1 環境配慮型バッチ型ガス浸炭炉の概略図

時間浸炭ができるということで雰囲気ガス中のCO濃度とH<sub>2</sub>濃度が高いガスが使われることが多くなっている。その場合、変成炉を使用しなくても、CO濃度の高いキャリヤーガスが簡単に安定して生成できる滴注式ガス浸炭法は省資源・省エネルギーの観点から最近再び注目されている。CH<sub>3</sub>OHを使う滴注式ガス浸炭法はCO:33%、H<sub>2</sub>:67%とCO濃度およびH<sub>2</sub>濃度が高いため変成炉式ガス浸炭法（プロパン変成の場合、CO:24%、H<sub>2</sub>:31%）に比べて炭素移行係数（ $\beta$ ）が約2.5倍大きい<sup>1)</sup>ため短時間で処理ができ、しかもキャリヤーガス使用量も変成炉式ガス浸炭法に比べて約1/4以下と少ない。このような滴注式ガス浸炭法に、C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>とCO<sub>2</sub>を添加してさらにCO濃度を上げたり、N<sub>2</sub>を添加してCO濃度を下げたりすることにより、用途に応じてフレキシブルに雰囲気ガスを調整できる。また、NH<sub>3</sub>を添加すれば浸炭窒化処理も容易に行うことができる。

以上のような各種のガスを浸炭炉内に供給して処理する場合、炉内CO濃度が一定に保たれる条件であれば、カーボンポテンシャル（CP）の制御は酸素センサーによるO<sub>2</sub>濃度だけの制御か、赤外線CO<sub>2</sub>分析計によるCO<sub>2</sub>濃度だけの制御を行えばよい。もしも、キャリヤーガス量が極めて少ないとか密閉式で炉内容積分しか使わないときのように、炉内CO濃度が一定にならない場合はCO濃度とO<sub>2</sub>濃度あるいはCO濃度とCO<sub>2</sub>濃度の2つの成分ガスを分析しCPの演算制御を行えばよい。図2にそのようなフレキシブルガス浸炭法のカーボンポテンシャル制御システム構成図を示す。こ

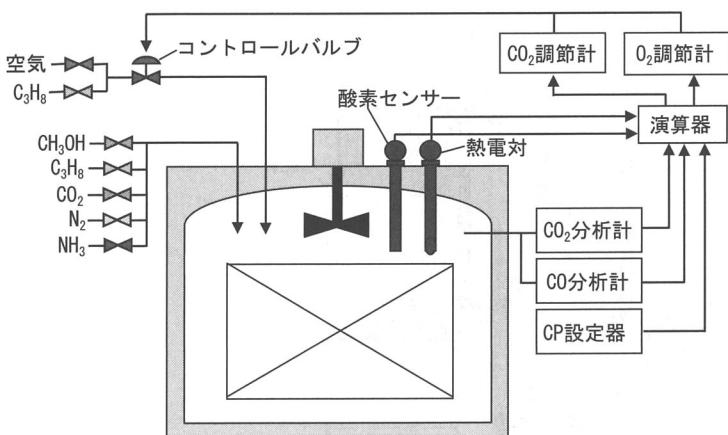


図 2 フレキシブルガス浸炭法のカーボンポテンシャル制御システム構成図

の図において、全ての分析計を使うのではなく、用途に応じて分析計を使い分けるという意味であるため、酸素センサーのみによる雰囲気制御も多くの場合可能である。以上のように滴注式ガス浸炭法を発展させたCH<sub>3</sub>OH、C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>、CO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、空気、NH<sub>3</sub>等を浸炭炉に直接添加する直接ガス浸炭法（フレキシブルガス浸炭法）は、無理なく浸炭炉内で希望するガス組成を生成できるため各種の用途にフレキシブルに対応でき、しかも環境に優しく省エネルギーである。

### ◇ 品質保証できる真空浸炭炉

ガス浸炭に代わって環境に優しいプロセスである真空浸炭が徐々に普及するにつれて、その処理中の品質保証が重要な問題になってきている。特に自動車部品のような精密機械部品については、処理の品質保証は避けて通ることができない。真空浸炭は欧米および国内においても浸炭中における炉内雰囲気を分析制御していないため、ガス浸炭で行われている処理中の品質保証ができていない。弊社は熱伝導度センサーにより真空浸炭の雰囲気制御を実現し、処理の品質保証ができる真空浸炭炉を世界に先駆けて開発・量産化してきた<sup>2)</sup>。図3に雰囲気制御付き真空浸炭炉の概略図<sup>2)</sup>を示す。

熱伝導度センサーを使えば、真空浸炭だけでなく、真空浸炭窒化、真空窒化もその原理から制御が可能である。真空浸炭窒化処理において、浸炭時はC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>等の炭化水素ガスが分解して大量の水素ガスが発生し、また窒化時はNH<sub>3</sub>が分解し大量の水素ガスが発生するため熱伝導度センサーが敏感に反応する。

熱伝導度センサーは標準ガスと測定ガスとの熱伝導度の違いを利用してしたもので、あらかじめ電気的に加熱した白金線コイルに測定ガスが触れると、その気体の熱伝導度によって熱が奪われ、白金線コイルの温度が変化する。この変化はガスの濃度にほぼ比例するので、白金線の抵抗値変化をホイートストーンブリッジ回路の偏差電圧として取り出すのがその原理である。図4に各種ガスの熱伝導率<sup>3)</sup>を示す。この図より水素ガスが最も

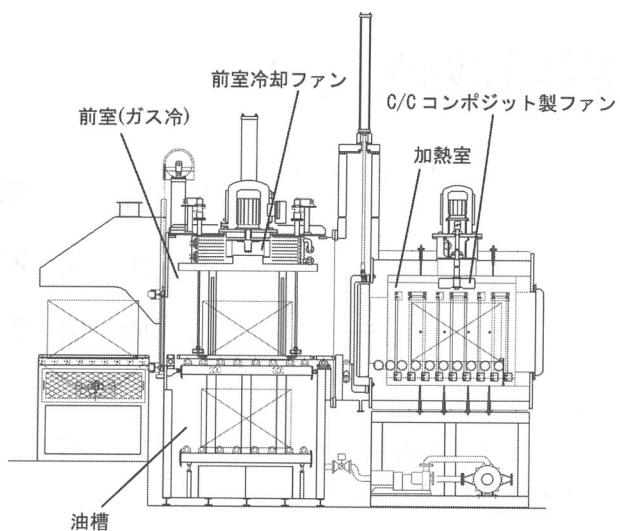


図 3 霧囲気制御付き真空浸炭炉概略図<sup>2)</sup>

熱伝導率が高いことがわかる。グロス処理重量600kgのバッチタイプの量産型真空浸炭炉によりSCM415材( $\phi 16 \times L20\text{mm}$ )に真空浸炭窒化処理を行った。この場合、浸炭処理は950°C、1,067PaでC<sub>2</sub>H<sub>2</sub>を用いて行い、連続してその後の窒化処理はNH<sub>3</sub>を用いて、処理温度、処理時間、圧力、NH<sub>3</sub>流量、処理品表面積を変化させて行った。

図5に820°Cで圧力:8,000Pa、処理品表面積:5 m<sup>2</sup>一定でNH<sub>3</sub>流量だけを変化させた場合の熱伝導度センサー値と表面窒素濃度の変化<sup>4)</sup>を示す。NH<sub>3</sub>流量が増加するほど表面窒素濃度は高くなり、逆に熱伝導度センサー値は低くなっている。これは、NH<sub>3</sub>流量が増加すると、炉内の残留NH<sub>3</sub>量が増加し、逆にH<sub>2</sub>量は減少するため窒化ポテンシャルが上がるためである。

その他、処理品表面積、処理温度、処理圧力、処理時間と熱伝導度センサー値との関係も精度良く捉えることができた<sup>4)</sup>。

以上のように、熱伝導度センサーを使えば、真空浸炭窒化処理における浸炭サイクル中の浸炭ポテンシャルを、窒化サイクル中の窒化ポテンシャルを測定できるため、霧囲気のフィードバック制御が可能で、目的の炭素・窒素濃度、深さを精度良く得ることができる。

## むすび

ガス浸炭炉に関しては、環境対策、省エネルギー

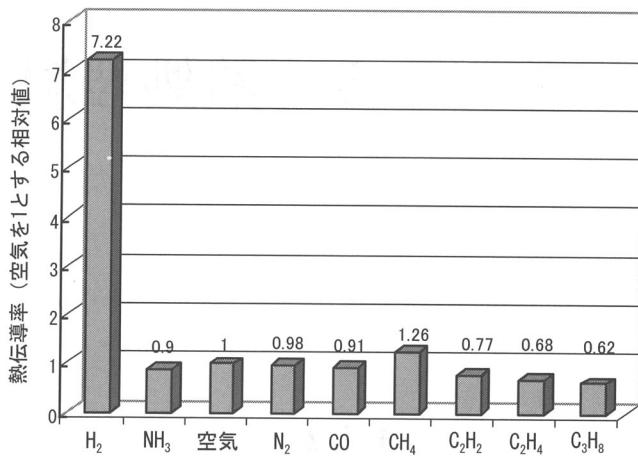


図 4 各種ガスの熱伝導率<sup>3)</sup>

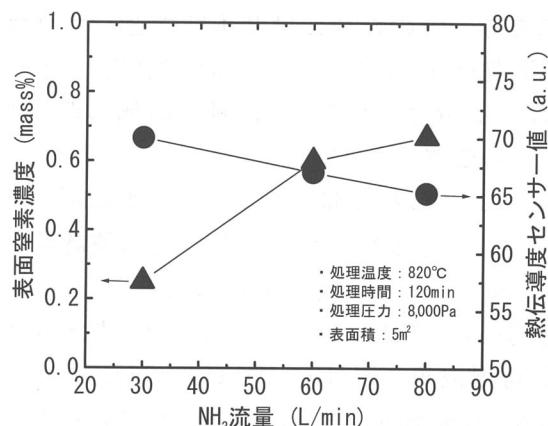


図 5 NH<sub>3</sub>流量と表面窒素濃度および熱伝導度センサー値との関係<sup>4)</sup>

ギー、高速処理化を今後ますます向上させていくことが重要である。その場合、真空パージ機構を有する気密性に優れたガス浸炭炉により、变成炉を必要としない滴注式ガス浸炭法をベースにした高速ガス浸炭法を採用すれば効果が期待できる。また、真空浸炭炉もただ環境に優しいだけでなく、処理の品質保証ができる真に品質に優れた製品を安定して処理できる装置が今後の主流になっていくものと思われる。

## 参考文献

- 1) B. Edenhofer : Heat Treatment of Metals, 3 (1995) 55
- 2) 河田一喜 : 热处理, 44, 5 (2004) 289
- 3) 河田一喜 : 日本热处理技术协会サーモ・スタディ2006講演概要集, (2006) 4-2
- 4) 河田一喜, 浅井茂太 : 日本热处理技术协会第65回講演大会講演概要集, 10月 (2007) 61

## 5. 热処理炉・高周波焼入れ

高周波热鍊(株) かわ川 善一 博  
常務取締役 さき 一  
高周波热鍊(株) いく生 田 文 昭  
技術本部 ふみ あき  
高周波热鍊(株) み 三 阪 佳 孝  
IH事業部FTCセンター さか よし たか

### まえがき

近年、鉄鋼製機械部品にとって、省資源・省エネルギーを目指した小型・軽量化は益々重要な課題になり、そのためには基本特性として高硬さ化・高強度化（高疲労強度、高耐摩耗性、高硬さと高韌性の両立等）が必要で、種々の熱処理・表面処理への要望がより厳しくなっている。

さらに、CO<sub>2</sub>排出量の低減など、地球環境への優しさも強く求められており、高周波誘導加熱（IH : Induction Heating）の特徴である（1）急速短時間加熱、（2）表面加熱、（3）部分加熱を生かした高周波焼入れIHQ（IH Quenching）<sup>1)</sup>は、W-Eco（Ecological and Economical）熱処理として適用が拡大しつつある。

また、昨今、IHは家庭用の電磁調理器や炊飯器でも利用が進んでおり、高周波焼入れ用装置とは出力レベルが大きく違うものの、使用環境の良さ・安全性を含めたW-Ecoが評価された証と考

えられる。

本章では、限られた情報ながら、最近の弊社での高周波熱処理の話題<sup>1)</sup>を紹介する。

#### ◇ “W-Eco” と “W-テイ® (定・低) 変形”

高周波熱処理はクリーンな電気エネルギーを用いた直接加熱であるため、CO<sub>2</sub>排出量は他の表面熱処理より少なくEcologicalである。また一般的な間接加熱方式の炉と比べてインライン化・単品処理が容易で生産性が優れEconomicalであり、W-Eco熱処理を考えることができる。

さらに素材－前加工・前熱処理－高周波熱処理－後加工・後熱処理－製品使用を一気通貫で見渡した“工程間コラボレーション”が実行できて高周波熱処理の前状態が安定化すればバラツキが低減して「定まる」変形が実現する。

そしてこの変化量を前寸法にフィードバックして加工すれば熱処理後に狙いの寸法精度が得られ「低い」変形となり、図1に示す“W-テイ® (定・

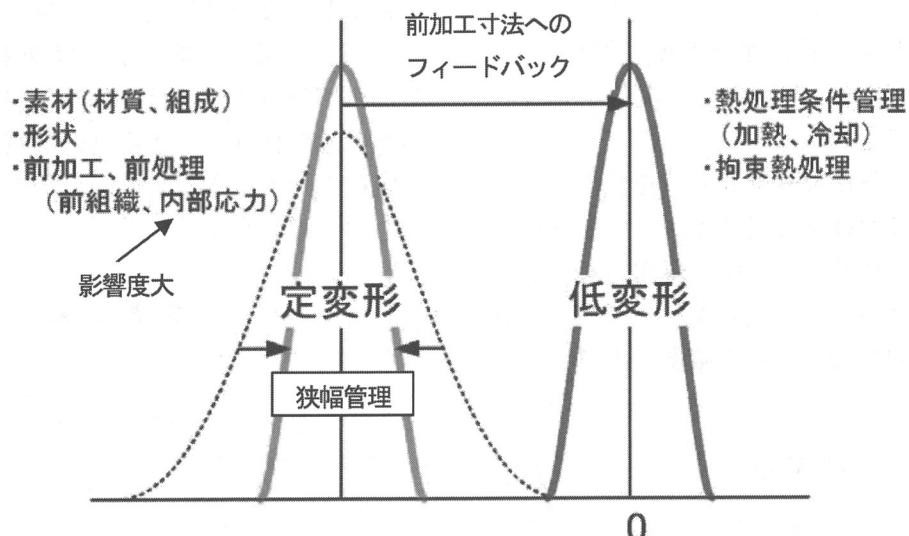


図 1 W-テイ® (定・低) 変形の概念図

低) 変形 “が実現する。高精度が得られれば商品の付加価値が向上するし、後の仕上加工工程を減らせるか省略できればコスト削減だけでなく省エネルギーによりCO<sub>2</sub>排出量が低減するため、さらに大きなW-Eco効果が期待される。もちろん、高周波熱処理と前後工程との工程間コラボレーションがポイントである。

### ◇ 高周波焼入れの話題

#### 1. 大型部品

IHQには、加熱コイルとワークピースの位置関係が一定の一発焼入れと、一方が移動する移動焼入れがあり、移動焼入れは超大型部品の熱処理に効果的である。

紙圧延時に表面を均整化するための製紙用中空大型ヒートロール（たとえば、SUJ2鍛造品、長さ9,050mm、直径1,350mm、肉厚195mm、重量約50t）は3kHz、1,200kWの電源を用いて深めの表面硬化層が得られるようくり返し移動加熱後、IHQする。また直径2～7mの建設土木機械用のリング状大型ベアリングや大型歯車は回転移動させながらIHQする。

#### 2. 量産部品

写真1は油圧パワーステアリング用の中空ラックバーで、金型設計を含む歯型成形加工および歯部と軸部のIHQ・IHT (IH Tempering) を組合わせて“加工+熱処理”が一貫した開発試作・生産体制を確立し量産している。

#### 3. 超急速短時間加熱焼入れ “SRIQ® (Super Rapid Induction heating and Quenching)”<sup>2)</sup>

高めの周波数 (50～200kHz) と大出力 (400～1,000kW) の精密制御により、たとえば自動車トランスマッision用の小型歯車であれば0.5秒以内に1000°C程度まで超急速加熱して焼入れる方法で、表面部の高い圧縮残留応力による高疲労強度や“W-ティ変形”という特長を發揮し、エンジン用歯車や、0.5秒以内の超急速短時間加熱では無いものの大型リング状歯車の部分焼入れに実用化している。

また、日本パーカライジング(株)と協働で、軟窒化処理+独自の酸化防止剤コーティングの後にSRIQすれば、均一な窒化化合物層と表面近傍のIHQ硬化層の確保が両立できることを見出し、複合処理の新たな提案として試作開発を進めている。

#### 4. 直接通電加熱 (DH : Direct Heating)

表面焼入れでは無いが、DH技術・装置も実用化しており、鋼線材の焼入れや、自動車用のプレス加工品の焼入れ、さらに連続薄鋼板の加熱処理等に適用している。

#### 5. 適用材料

IHQの対象は炭素鋼、低合金鋼が大半であるが、マルテンサイト系ステンレス鋼、ハイス鋼 (SKH51)、工具鋼 (SKD11、SKD61)、軸受鋼 (SUJ2系)、球状黒鉛鋳鉄 (FCD450～700) や焼結合金にも広く適用されている。

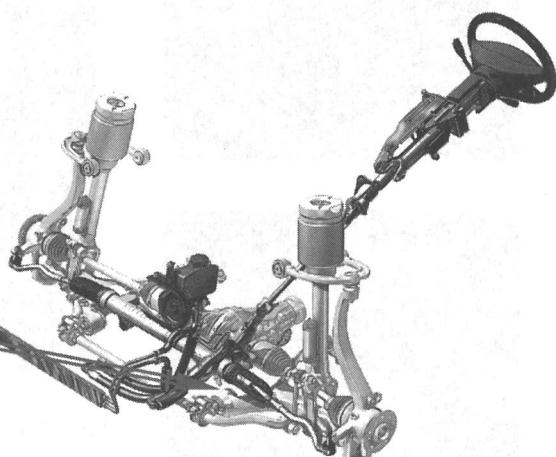


写真1 冷間歯型成形加工 + IHQ した中空ラックバー

## ◇ 急速短時間加熱による 焼入・焼戻時の組織制御<sup>3)</sup>

1. 高周波焼入れ(IHQ)による組織微細化  
結晶粒微細化は、延性(延び、絞り)、靱性(衝撃値)や遅れ破壊特性、疲労強度の向上に有効とされている。IHQでの結晶粒は、鋼種や熱処理条件にもよるが、5～20μmと炉加熱のような長時間加熱材に比べて微細で、総加熱時間0.18秒のSRIQでは、S45C鋼で平均粒径が約5μm、炭化物生成元素含有鋼の場合は2～3μmが実現している。

2. 高周波焼戻(IHT)時の炭化物微細分散析出  
高周波表面焼入後の焼戻しとしては、一般に炉加熱を用いた低温焼戻し(200℃程度)が行われ、耐力上昇による疲労強度の向上、若干ながら、硬さ低下による靱性向上、残留応力の減少と分布バランス化が実現し、高周波加熱を用いた低温焼戻しも増加している。

一方、弊社の特徴であるIHQTした高強度鋼線のPC鋼棒やITW<sup>®</sup>では、所定の引張強さTSを得るために、短時間全体加熱の高温IHT(500℃程度)が行われ、IHT材では、同硬さ(TS)の長時間炉加熱焼戻(FHT: Furnace Heating & Tempering)材に比べて、焼戻時の析出炭化物が微細分散し、

より優れた延性、靱性、破壊靱性、遅れ破壊特性、疲労特性が得られることを系統的に明らかにしている。

## ◇ 高周波熱処理装置・CAEシステム

### 1. 高周波熱処理装置

一般に装置は高周波誘導加熱電源(弊社では周波数0.1～400kHz、出力5～2000kWのトランジスタインバータ式)と部品搬送機構を含む熱処理機、および加熱コイルと冷却ジャケットで構成される。

また環境に優しい高調波抑制機能を持つPWM(パルス幅制御)式電源や、低周波に高周波を重畠発振させるOLP<sup>®</sup>(Over LaP)および低周波と高周波を交互発振させるHSW<sup>®</sup>(Hot SWitching)方式の2周波電源も開発し、写真2に示すように、SRIQに加えて本方法でも歯車の輪郭焼入れを可能にし、さらに新しい加熱・焼入方法へ適用拡大を図っている。

### 2. CAEシステム<sup>4)</sup>

独自開発した高周波熱処理シミュレーション技術により、磁束分布、うず電流分布から加熱温度を算出し、冷却条件を加えて焼入状況を計算して金属組織、硬さ分布や、さらに寸法変化や応力・ひずみ分布を求めることができ、マクロパターン

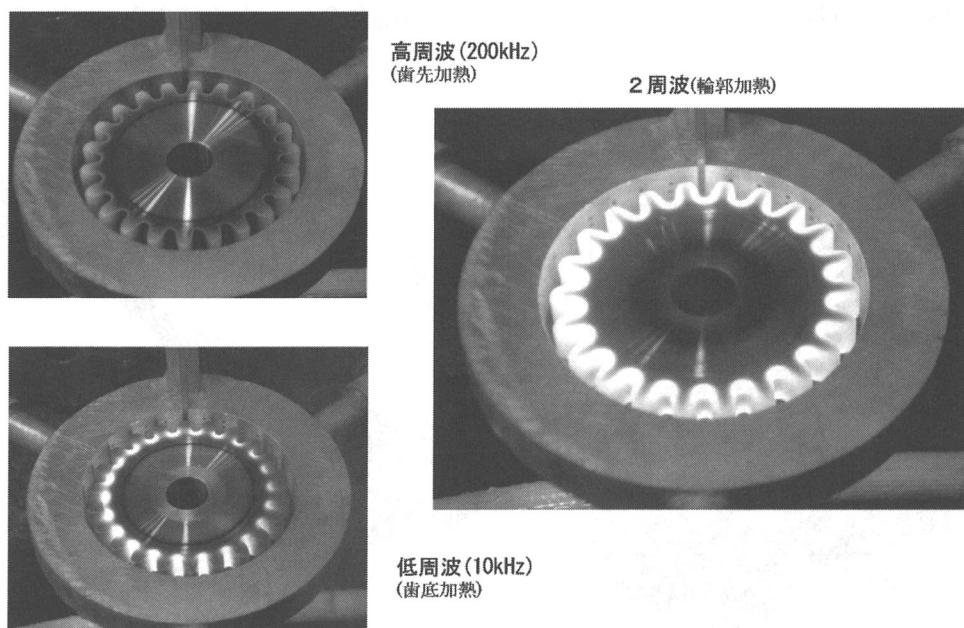


写真2 高周波+低周波の2周波合成(OLP<sup>®</sup>方式)による歯車の輪郭加熱

や変形、残留応力の推定も可能である。

実部品での実測データと計算結果を照合して微修正しながら、計算精度向上を図っており、加熱コイル設計での技術技能の伝承にも役立てている。

## むすび

環境に優しい電気加熱が注目される中、高周波熱処理の課題＝面白さ、適用拡大の可能性に興味を持っていただき、特殊鋼はじめ鋼材と前加工、および高周波熱処理のコラボレーションにより、さらなる高性能高機能化・コスト低減が図れれば幸いである。

## 〈問い合わせ先〉

☆弊社HP = <http://www.k-neturen.co.jp>

川崎一博 = kawasakk@k-neturen.co.jp

## 参考文献

- 1) たとえば、川崎一博：「資源環境問題と最近の熱処理技術(2)」  
講習会・テキスト/日本熱処理技術協会・西部支部 (2009-2)
- 2) たとえば、三阪佳孝、清澤裕、川崎一博：工業加熱、39-1、  
54、(2002)
- 3) たとえば、川崎一博：ふえらむ、“浅田賞受賞記念講演・解  
説” 10-7、27、(2005)
- 4) たとえば、堀野孝、生田文昭：エレクトロヒート、141、  
47、(2005)



## 6. 制御装置

(株)チノ一  
ソリューション営業部  
くり  
栗 原

はじめ  
—

### まえがき

熱処理に求められているのは品質の安定性と省エネルギー、生産効率の向上である。当然、制御装置はこの一翼を担っている。熱処理炉の制御・監視・管理は図1のような階層を取ることが多い。本稿では各階層における現状と今後の開発事項について述べる。

### ◇ センサ、操作端

最下層は操作端である。加熱用としてバーナ制御用弁、補器類、電磁開閉器、他、と流量制御用としてバルブ、ガス流量コントローラがある。センサには温度センサ、ガス流量計、炉内の炭素濃度計、ガス分析計、油膜センサ等である。センサの種類、求められる機能はさほど変化していない。しかしセンサの性能、耐久性は進歩している。例えば、K熱電対はシーズ材質に特殊超耐熱合金を使用し、高温・酸化、還元雰囲気での耐久性を飛躍的に向上させている。操作端はより小型化が進んでいる。

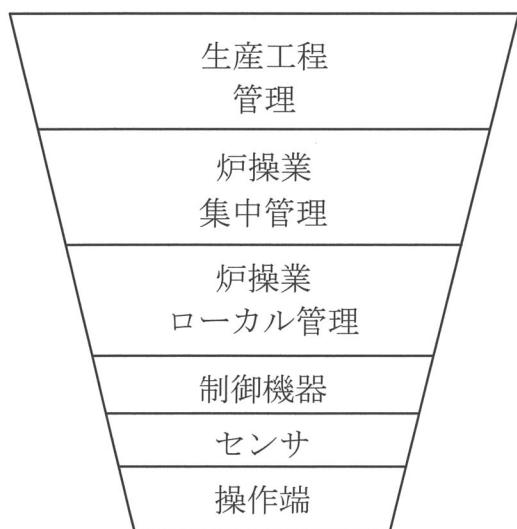


図 1 階層

### ◇ 制御機器

炉制御の主体は温度制御とガス置換制御である。ガスの投入量と時間、温度パターン（投入熱量）により所定の結晶粒度、硬さを作り出す。温度制御に求められるのはオーバーシュート<sup>1)</sup>の低減と安定性そして省エネ制御である。炉操業においては省エネルギーと生産効率の向上が重要である。温度追従性、精度、オーバーシュートが少なく整定時間<sup>2)</sup>が短いことは当然である。さらにきめ細かい工夫として、ワークの量に応じて熱処理条件を変更したり、滞留時の保温・再加熱、ガス投入量・タイミングを変更したりする。この機能を実行するのは温度調節計、シーケンサ<sup>3)</sup>等である。大型になると専用の制御装置や調節計の演算機能を有するシーケンサ、演算ユニットになるが、多くのバッチ型、連続型の炉は温度調節計、シーケンサの組み合わせになる。ガス投入量、タイミングはシーケンサが処理する。温度調節計のタイミング信号を受信、発信する。従来はケーブルで結線していたが、通信でやり取りする例が増えていている。盤内はすっきりし、保守・メンテナンスもやり易くなる。

監視記録は多くの場合、記録を保存する必要性から記録計が設置されている。近年、記録計のペーパレス化への移行が進んでいる。記録自身も大画面化、画面の多様化、入力点数の増加が進み、より使い易くなっている。

### 1. 新技術

調節計の演算は基本的にPID<sup>4)</sup>である。PIDは視覚的にも優れている。PID定数をうまく調整することにより目的の熱処理が実現できる。機器製造メーカーとしては、さらに省エネ化を含めたニーズに対応する制御装置を開発するべく努力している。例えば、PID以外で、より省エネを実現できる演算式を開発する。複数の温度を取り込み温度分布が最小になるように制御する。連続炉の場

合、複数の操作端を調和的に制御し、燃料・電気を最適化させる等、ソフト・演算機能をよりきめ細かくした制御方式である。同時に炉の構造・加熱方式に合わせた制御演算も求められている。これらを実用化するには計器メーカーのみでは困難なため、炉メーカー、ユーザと実証試験を含め協働作業が重要となる。

### ◇ 炉操業・ローカル管理

熱処理条件の変更時、以前は炉側盤にスイッチ（カムスイッチ、ディップスイッチ等）を付け、所定の条件を選択していた。近年はタッチパネル入力、指示書のバーコード読み取りが主流であるが、最近はバーコードが主となっている。読み取りの情報量が多く、タッチパネル上にそれらを表示させることで、工程進捗が監視出来る。生産管理システムが構築されていれば、上位のコンピュータから自動的に指示することができる。

指示事項は熱処理パターン、ガス投入量とタイミングが主である。管理項目としては投入時刻、取り出時刻、各工程ごとの時刻等がある。材料の投入後は、監視画面で、温度、ガス量、時間等を表示する。連続炉の場合は、トラッキング<sup>5)</sup>機能により、品番と炉内の位置を表示させる。品番変更時、前品番、空き空間、後品番が移動していく状況が判る。

#### 1. 新技術

滞留時の温度管理である。次工程の待ち時間により温度降下を何度もするか、どのタイミングで昇温させるかを自動演算させる。次工程の炉が複数ある場合、滞留している炉が複数ある場合等、複雑なシーケンスを解くソフトの開発が望まれている。かなり優れたソフトは在るが、ほとんどがユーザカスタマイズされている。

### ◇ 炉操業・集中管理

熱処理工程の管理である。材料が工程に投入されてから（立体倉庫へ置かれてから）各工程で熱処

理され、工程排出（立体倉庫へ置かれる）までを管理する。通常はPCで処理する。パソコンは立体倉庫、搬送装置（搬送車）、炉体と通信される。パソコンでは入／出庫の状況、炉操業の監視結果から、最適な工程（炉の選択、ルート、熱処理条件）を指示する。指示は多くの場合、シーケンサである。シーケンサをマスター（トラッキングとルート指令）とスレーブ（立体倉庫、搬送車、炉側）に分け機能を分担させて制御する。マスター／スレーブ方式は炉の増設、工程内容の変更時ソフトの改造がやり易い。

集中管理の機能として、工程スケジュールの変更が容易に出来ることが重要である。炉側、搬送系のトラブル時、在炉データの書き換え、ルートの変更が迅速にかつ容易に出来ることが評価となる。

### ◇ 生産工程管理

生産管理が主である。伝票発行、指示書の発行（炉操業パソコンへの転送）、工程進捗管理、生産量管理である。

### むすび

炉操業、熱処理工程は操業の自動化が進み、省力化、省エネ化の効果は出ている。しかし、現在の景気状況から、更なる省力、省エネは必須の状況である。制御装置メーカーとしては既成の概念に捕らわれずに、新時代の機器・装置を開発する所存である。顧客のご指導、御鞭撻をお願いしたい。

### 語句の説明

- 1) 制御時、設定値を超える量を示す。
- 2) 制御が安定するまでの時間を示す。
- 3) 動作順序をソフト的に演算する装置。接点の入出力を多く有し、複雑な動作順序を組める。最近はアナログ信号を有するタイプもある。
- 4) 比例、積分、微分演算により制御させる。調節計の多くはPID演算を採用している。
- 5) 热処理物がどの工程にあるか、どの炉、炉内のどの位置にあるかを常に監視する機能。

# 7. 冷却媒体

日本グリース(株) とみたよし ひろ  
技術研究所 富田 美浩

## まえがき

鋼の焼入れの目的は、焼き割れや変形を起こさないで硬化させることであるが、冷却剤を選定するに当たっては、処理物の硬化能、材質、形状、大きさ、要求規格、熱処理設備等について十分に考慮する必要がある。焼入れ冷却剤として、水、水溶性冷却剤、油、ソルト等が使用されているが、近年は焼入れ歪低減に重点が置かれるケースが増加しており、それに伴い、冷却剤に対する要求も高くなっている。本稿では代表的な冷却剤の特徴と、現在多業種において広く用いられている鉱物油を主成分とする焼入れ油に関する歪低減について最近の動向を紹介する。

## ◇ 冷却剤の種類

### 1. 水

水は冷却速度が速いため、硬化能の小さい鋼の冷却剤として用いられるが、その温度や水中に含まれる不純物等により冷却能が変化するので適切な管理が必要になる<sup>1)</sup>。

### 2. 水溶性冷却剤

水と油の中間の冷却能を有する。PAG (ポリアルキレンジリコール) 等の高分子ポリマーを主成分とするもので、高周波焼入れには不可欠な冷却剤で、濃度をコントロールすることで、目的とする冷却能を得ることができる。

### 3. 焼入れ油

鋼の焼入れが始められたころ（昭和初期）は鯨油や菜種油といった動植物油が広く用いられていたが、これらの油は高価で大量入手が困難であり、しかも寿命が短いなどの欠点があったため、現在ではほとんど使用されなくなった。その後、鉱物油が主体となり、1965年にJIS K 2526に熱処理油冷却性能試験方法が制定された。

### 4. ソルト（溶融塩）

焼入れ冷却剤としては、硝酸カリウムや亜硝酸

ソーダ等の金属塩を200°C前後に加熱溶解して使用する。低歪処理には有効な冷却剤であるが、作業環境の悪化や廃液処理などの問題もある。

## ◇ 最近の焼入れ油の動向

### 1. 焼入れ油の種類

焼入れ油には多くの種類があり、JIS K 2242（熱処理油）では、その用途に応じて、1、2、3種に分類され、そのそれぞれが1号、2号に分けられているが、一般的にはコールド油、セミホット油、ホット油と区別され使用されている。コールド油は粘度が低く冷却能が高く、ホット油は粘度が高く高温で使用する冷却能の緩やかな焼入れ油である。図1にJIS K 2242に規定された銀棒式冷却曲線を示す。焼入れ油は蒸気膜段階、沸騰段階、対流段階をへて冷却される。

### 2. 焼入れ油による歪低減方法

前述のように、近年、熱処理部品の精度特に焼入れ歪の低減に重点が置かれるケースが増加している。焼入れ油の歪に及ぼす影響については、多くの文献に掲載されているが、一般的にコールド油よりセミホット油、ホット油を使用することで、その効果が認められる。それに加えて、焼入れ時の油温上昇や攪拌の抑制によっても歪低減効果が

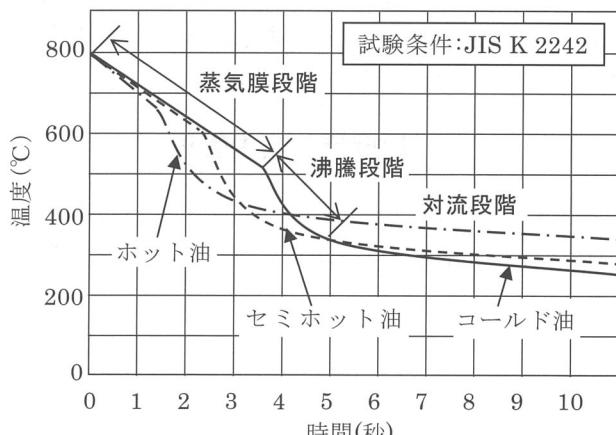


図 1 各種焼入れ油の冷却曲線と冷却の3段階

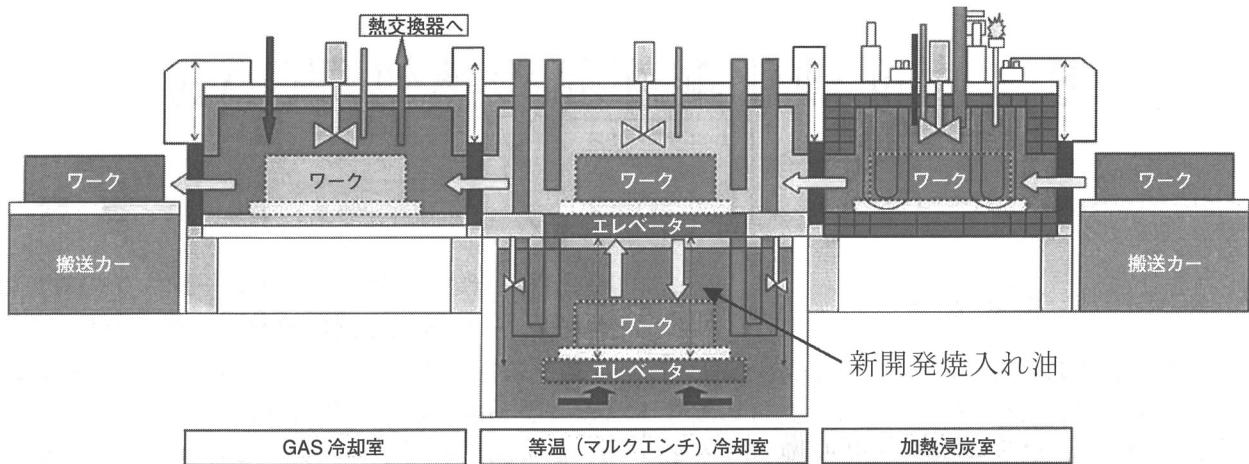


図 2 ソルト代替焼入れ油使用装置概略<sup>3)</sup>

ある。また、特殊な方法として、油面圧制御焼入れ方法も取り入れられている。これは油の沸点が圧力によって変化することを利用した方法で、焼入れ時の減圧度を変化させれば焼入れ油の冷却性能を変化させることができる。この方法を利用すれば、処理材料の大きさや形状によって減圧度を変化させ、適切な冷却性能を得ることができれば歪低減が可能となる<sup>2)</sup>。

### 3. ソルト代替焼入れ油

浸炭部品の焼入れ歪低減には、マルクエンチ処理が有効な方法であるが、そのためには冷却剤をMs点付近（約200°C）に加熱保持する必要があり、一般的にはソルトが使用される。

従来の焼入れ油では高温で使用した場合、ソルトと同等の冷却性能を確保できず、熱劣化によって性能が維持できない問題があった。今回、焼入れ油を使用した浸炭マルクエンチ方法を開発する機会を得ることができ、装置およびソフトを含めたソルト代替焼入れ油の開発を行った。図2にそ

の装置概略を示す。開発した焼入れ油は熱安定性に優れた基油に特殊な冷却能向上剤を使用し、常用200°C以上での使用が可能である。冷却方法は焼入れ油で冷却した後、窒素ガスで冷却する新方式を採用している。この方法により、ソルトと同等の硬さおよび歪低減を実現した。

### むすび

熱処理工程における焼入れ歪低減は最大の課題であり、冷却剤に対する要求が増加する傾向にある。また、焼入れ油を使用する現場においては、油煙、臭気等の作業環境が問題になっており、今後はそれらの環境に配慮した焼入れ油の開発も課題と考えている。

### 参考文献

- 1) 鮎谷清司：トライボロジスト、44、9 (1999) 701
- 2) 朝田繁：熱処理、43、4、(2003) 269～274
- 3) 株谷口金属熱処理工業所ホームページ

# 8. 表面硬化鋼部品の熱処理CAE

宮城工業高等専門学校  
材料工学科 教授 渡邊 一

## まえがき

産業界が求める熱処理CAE (Computer Aided Engineering) の目的は、ものづくりにおける開発期間の短縮化、あるいは品質安定化や製造コスト低減のための熱処理工程（実際は、材料から鍛造や機械加工の影響を考慮した工程）の最適化であろう。鋼の熱処理では、相変態を伴うため、熱処理プロセスで起こる現象を把握するには、時間と共に変化する組織、温度、応力・ひずみ場の相互作用を時間の関数として正確に評価しなければならない。このような変態・熱・力学理論は、井上ら<sup>1)</sup>が1980年代に提唱したもので、現在に至る熱処理CAEの原理となっている。

### ◇ 热処理CAEの研究開発活動の現状

昨年10月、神戸で開催された第17回熱処理国際会議 (The 17th IFHTSE Congress) では294件の発表中CAE関連は46件であった。この内、熱処理CAEに関わるもののが18件あった。決して多いとは言えないが、1990年代後半から、飛躍的に進歩し、かつての理論追求型から、最近では実部品を対象とするなど、かなり実用化を意識した報告が増えてきた。

熱処理CAE動向のまとめたものとしては、2002年財形材センターが「2001年度一産業技術基盤強化調査研究—熱処理CAE」の調査報告書<sup>2)</sup>を発行している。熱処理CAEは、熱処理プロセスの数値（計算機）シミュレーションだけでなく、CAD、各種データベースおよび周辺の支援ITを含む必要がある。

(社)日本熱処理技術協会<sup>3)</sup>の研究部会でも、「焼入れとシミュレーション研究部会」(2001年4月～2004年3月)、「焼入冷却剤の冷却能データベース研究部会」(2006年4月～活動中) および「窒化研究部会」(2006年4月～2009年3月)などの場が核となって、計算機シミュレーションの調査研究活

動が行われてきた。シミュレーションの対象は、全体焼入れ、浸炭や高周波焼入れが主であったが、「窒化研究部会」では有本による窒化のシミュレーションの調査結果が報告されている。

最近の最も進んでいるとされるプロジェクト研究開発としては、2002年9月から2005年3月まで活動したIMS (Intelligent Manufacturing System)<sup>4)</sup> 国際共同研究VHT (Virtual heat treatment tool for monitoring and optimizing HT process) プロジェクト<sup>5)</sup> が挙げられる。IMSでは、現在もアイデアファクトリー（略称IF）と称する事業で熱処理シミュレーション関連の調査研究活動も精力的に続けられている。一方、ドイツでは、IWT (材料熱処理研究所)<sup>6)</sup>、ブレーメン大学が中心となり焼入歪みの低減を目指としたCAEのプロジェクトDistortion Engineering SFB570<sup>7)</sup> (2001年～) やCASH (Computer Aided Simulation of Heat treatment) プロジェクト (2004年～) が大規模に進められている。

また、欧州で広く採用されている加圧ガス焼入れ（多くは真空浸炭との組み合わせ）の国内独自技術として実用化を目指したNEDOの研究開発プロジェクト「高精度真空浸炭加圧ガス冷却システムおよびその制御技術開発」<sup>8)</sup> (2005年7月～2007年3月) も熱処理CAEを応用した活動として成果を上げている。

### ◇ 実用域に入りつつある 熱処理シミュレーションソフト

最新の熱処理シミュレーションソフトは、先のVHTプロジェクトで井上、巨らによって開発された“COSMAP (Computer Simulation of Manufacturing Process)<sup>9)</sup>”である。図1にCOSMAPの基本構成図を示す。解析機能の充実に主眼を置き、浸炭に加え浸炭窒化及び局部加熱の機能が追加されている。更に、マルチソルバ機能や、プリポストとしてFEMAPやGiDのサポートも可能となっている。これにより、既存の熱処理シミュレーションソフ

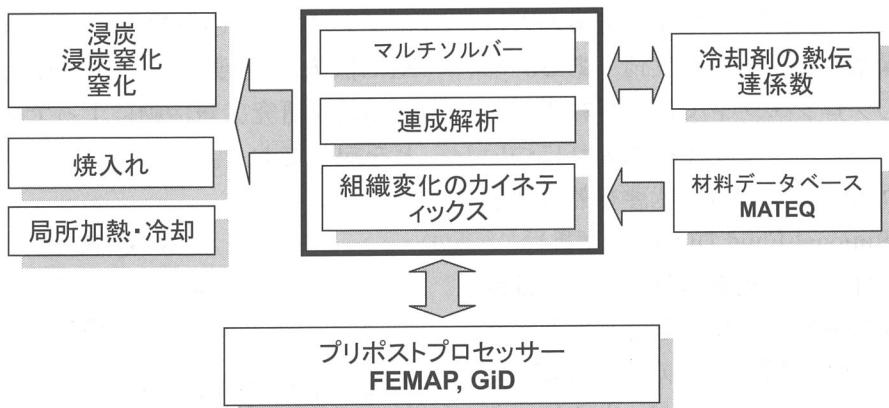


図 1 COSMAPの基本構成

トより高速で柔軟性に富むシミュレーションが可能となった。

一方、シミュレーションの実行に不可欠な入力データである各種材料物性値については、(社)日本材料学会「材料データベース研究分科会」<sup>10)</sup>が、2001年、各種構造用鋼、工具鋼および耐熱鋼などのデータベース“MATEQ”を開発している。現在もデータの追加・更新が図られており、熱処理シミュレーションに必要なほぼすべての材料特性値が整備されている。焼入れ油など冷却剤の熱伝達係数も、シミュレーションの際の境界条件として必要となるため、宇都宮大奈良崎や油剤メーカーが中心となって、各種冷却剤（水、熱処理油、食塩水、ポリマー水溶液、溶融ソルト、溶融金属）の熱伝達率特性に及ぼす液温、濃度、攪拌速度、圧力などの影響を調査し、エクセル・データシートの形でのデータベース化が鋭意進められている。近い将来、日本熱処理技術協会を通じてデータベースが公開されることである。

#### ◇ 热処理変形（歪み）予測および プロセス最適化のための热処理CAE

計算機シミュレーション開発の目的の一つは、品質予測・課題解決のためのツールとして実用可能なものにすることである。浸炭焼入れ歪みの対策では、熱処理変形を支配している主要因を絞り込み、その寄与度を明確にすることが必要である。その手法として、製造現場で積み上げられた操業データを客観的な電子データとしてデータベース（熱処理品質データベース）化し、解析（例えばデータマイニング法）することによって熱処理品質を

支配する主要因を絞込むことが有効である。絞り込まれた主要因は、熱処理プロセスシミュレーションに最適化ソフト（例えばiSight<sup>®</sup>）を組み合わせて最適化を行うことができる。このシステムは生産上のトラブル・課題が発生した場合、その対象となる熱処理品質について、熱処理データベースからデータマイニングし主要因を抽出する。次に、抽出された主要因について、最適化ソフトとソルバーである熱処理シミュレーションを連動させて繰り返し計算による最適化を図る。これら計算の流れをシームレスに行いシミュレーションの初心者にも容易に行えるようなシステムの開発が期待されている。

#### ◇ 環境に優しくクリーンな 加圧ガス冷却最適化のためのCAE

歪みおよびそのバラツキの低減には、焼入れ時の冷却速度の均一化が効果的である。油焼入れ工法でも優れた冷却剤に加え、一槽三段油焼入れ法や減圧焼入れ法など、冷却を制御する手法がそれなりの効果を上げてきた。欧州では1990年代初頭より、主に環境負荷低減の観点から真空浸炭とのセットで加圧ガス焼入れが採用され始めた。しかし、国内では、高圧ガス保安法による1.0MPa以上の認可・運用基準が厳しいこともあり、あまり基礎応用両面とも研究が進んでいなかった。ガスは、蒸気膜形成及び沸騰段階が無いため熱伝達率の温度依存性が極めて小さいが、油より冷却能が低い。このため、荷姿、ガス種、ガス圧力、ガス流速、場合によっては鋼材の焼入性をもすべて考慮された最適化を図らねばならない。これは極め

て難しく、先に述べた欧州でも必ずしも最適とは言えない条件で操業しているのが実情である。

前述したNEDOプロジェクトでは、自動車用アウトプットギアやハイポイドギヤの焼入れについて、焼入れ時のガス流れ及び冷却状態を熱流体解析（CFD；Computational Fluid Dynamics解析）し、窒素ガス焼入れ条件の最適化を試みている。乱流モデルを用い、ガス温度の変化を考慮して非定常解析を行った。冷却用窒素ガスの圧力3.0MPaで焼入れた場合、1.5MPa（ガス流速はより高速）の場合に比し、冷却速度のバラツキが小さいことや、同圧でも縦置きでは横置きに比し冷却速度が低く冷却速度バラツキが大きくなることなどが予測され、実験結果とも一致した。この手法を用い、窒素ガスを用いた改良マルクエンチ法が研究されている<sup>11)</sup>。油焼入れでは、蒸気膜形成、沸騰段階が存在するため正確な評価は困難であるが、油槽内流れの最適化に活用されている。油焼入れ部品の更なる品質安定化や加圧ガス焼入れ技術の実用化に向けた一層の応用が期待される。

## むすび

熱処理CAEは、以上述べてきた従来の熱処理歪み低減・安定化に加え、複雑形状、一体部品など新部品の熱処理プロセス設計などへの応用・発展が期待されている。最後に、最新シミュレー

ションソフト“COSMAP”は、先のIF活動のほか、NPO法人「変態・熱・力学研究協会（MTM）」<sup>12)</sup>での調査研究広報活動によって発展しつつあることを記しておく。

## 参考文献

- 1) T. Inoue, K. Arimoto and D.Y. Ju, Proc. Int. Conf. on Quenching and Control of Distortion, ASM, Vol.1, (1992), p.205
- 2) 素形材センター研究調査報告書569、2001年度一産業技術基盤強化調査研究—熱処理CAEの調査報告書、(材)素形材センター、(2002)、p.69
- 3) (社)日本熱処理技術協会ホームページ、<http://wwwsoc.nii.ac.jp/jsht/index.htm>
- 4) IMS Japan website : <http://www.ims.mstc.or.jp/english/index3.html>
- 5) Y. Watanabe, D.Y. Ju, H. Shichino, K. Okamura, M. Narazaki, H. Kanamori, K. Ichitani and T. Inoue : Solid State Phenomena 118 (2006), p.349
- 6) IWT website, <http://www.iwt-bremen.de/>
- 7) Distortion Engineering SFB570 website : <http://www.sfb570.uni-bremen.de>
- 8) 平成20年度IMS研究成果講演論文集、p.35
- 9) D.Y. Ju and T. Inoue, Key Engineering Materials, Vols. 345, 346 (2007), p.955 (CD-Published)
- 10) (社)日本材料学会ホームページ ; <http://www.jsms.jp/>
- 11) Q. Ming, T. Sugimoto and Y. Watanabe, Proc. 17th IFHTSE Congress, Kobe (2008), p.171
- 12) NPO-MTMホームページ ; <http://homepage3.nifty.com/npo-mtm/>



# IV. 会員会社の熱処理・素材技術

（株）神戸製鋼所

## 低歪み歯車用鋼

### まえがき

自動車搭乗時の静肃性向上の観点から、騒音発生源のひとつであるドライブトレーンを構成する歯車の音、振動低減が強く望まれています。歯車の多くは、機械構造用鋼を歯車のかたちに加工した後、浸炭焼入れによって製作していますが、歯車精度を高めるため軟窒化や高周波焼入れと言った表面硬化処理を用いたり、最後に機械加工を追加しています。

しかしながら一般に普及しているのはガス浸炭炉であり、油焼入れをしても寸法や形状変化の少ない鋼材が求められています。また最近では真空浸炭－ガス冷却焼入れの導入も増えており、弊社ではこのようなニーズに答える2種類の低歪み歯車用鋼を開発しました。

### ◇ 特長

歯車が歪む要因の一つに、非浸炭部組織が焼入れ前後でオーステナイトからマルテンサイトへ変

態する時に生じる変態膨張が挙げられます。この現象を改善するため、弊社では2種類のアプローチをおこないました。

一つは、一般的な浸炭焼入れ開始温度でも非浸炭部組織がフェライト+オーステナイトの二相組織になるように合金成分を調整し、焼入れ後非浸炭部組織のフェライト面積率を高めることでマルテンサイト変態による膨張量を抑制した鋼材です。

もう一つは、真空浸炭－ガス冷却焼入れの緩冷却を利用すべく、鋼材のマルテンサイト変態に対する冷却速度依存性を鈍くするように合金設計をおこない、歯車各部位を均一にマルテンサイト変態させることで変形を抑制した鋼材です。

図1に上記2種の低歪み歯車用鋼を各々油焼入れ、ガス冷却焼入れした結果を示しますが、JIS肌焼き鋼に比べて歯車の変形が80%以上抑制できています。

### むすび

ガス浸炭炉、真空浸炭炉、油焼入れ、ガス冷却焼入れのいずれの組み合わせにも対応した低歪み歯車用鋼をメニューとして有しており、大幅な歪み低減が見込まれます。

〔（株）神戸製鋼所 鉄鋼部門  
神戸製鉄所 条鋼開発部 ながはま 永濱 むひさ 瞳久〕

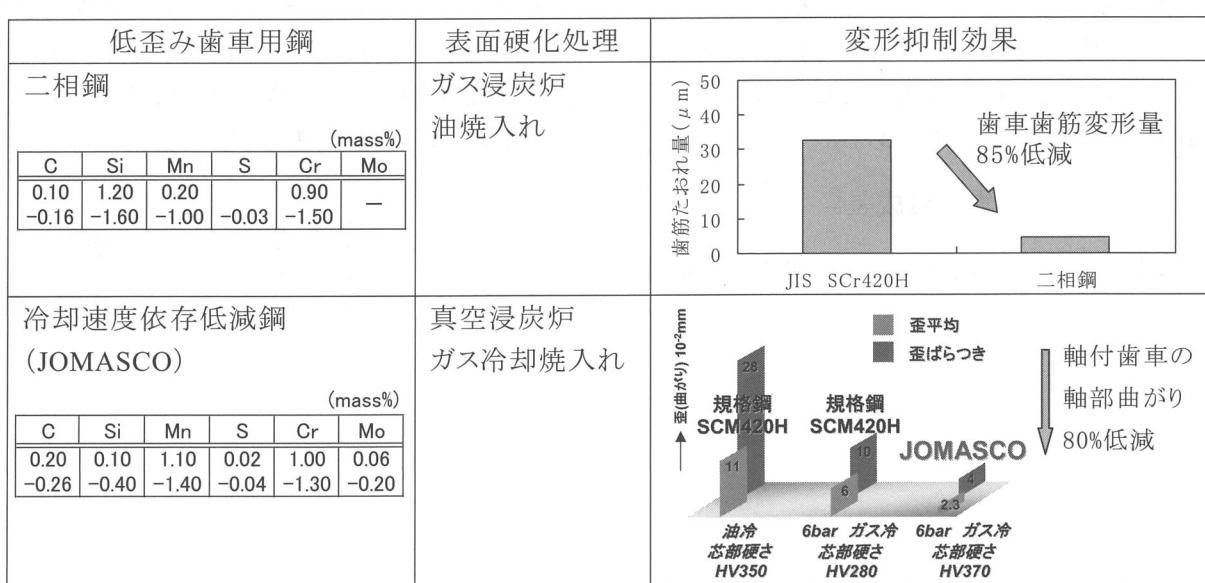


図 1 歯車の歪み抑制効果

## 高温真空浸炭時の異常粒成長について

### まえがき

鋼の代表的な表面硬化方法である浸炭焼き入れは、高温・長時間処理であるため、結晶粒の粗大化が起こりやすい。そこで、浸炭用鋼にはNbCに代表されるようなピン止め粒子を形成する元素を添加し、粗粒の発生を防止している。しかし、真空浸炭では、Nbを添加した鋼においても、表層で異常粒が発生することが問題となつておる、その原因究明が求められていた。当社では、真空浸炭では浸炭期に高炭素濃度になるという特徴に注目し、粒成長とNbCの挙動を解明した。

### ◇ 考え方

有効なピン止め粒子とは、高温でも溶けにくく析出物である。Nbは炭素と結合しやすい元素で、高温でも安定なNbCを形成する。しかし、真空浸炭表層のように鋼中の炭素濃度が非常に高くなる場合、炭素と結合しているNb原子が、鋼中の炭素に引き寄せられ、NbCが溶け易くなってしまう。このことはNbと炭素の相互作用を考慮した熱力学計算で定量化することが出来る。Nb以外にも炭素と結合しやすいTi、Vも同様に高炭素濃度になると溶解しやすい。このように、真空浸炭では炭素との相互作用を考慮してピンニング粒子を活用することがポイントである。

### ◇ 異常粒成長

真空浸炭において、浸炭期に表層炭素濃度が非

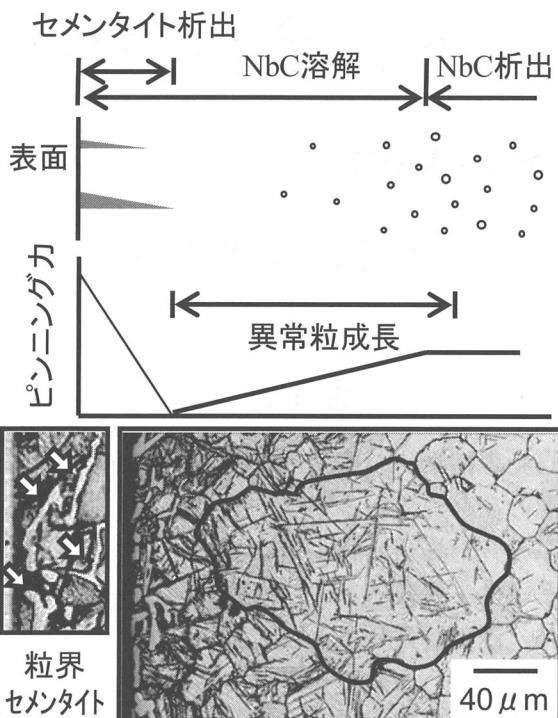


図 1 真空浸炭表層における粒成長挙動

常に高くなることは、NbCの溶解だけでなく、セメントサイトの析出をも引起す。図1に見られるように、粒界にセメントサイトが析出している領域では整粒を保っているが、NbCが溶解した少し内部のところでは異常粒成長が起こっている。

### むすび

真空浸炭は高温での処理が可能で、浸炭時間を短縮できるという長所がある反面、表層で異常粒成長が起こりやすいという短所がある。当社では真空浸炭特有の現象を熱力学的に考察して、真空浸炭用耐粗粒化鋼の開発に取り組んでいる。

住友金属工業(株)  
厚板・条鋼研究開発部  
(株)住友金属小倉商品開発部  
藤堂 尚二  
末野 秀和

大同特殊鋼株式会社

## モジュール式真空浸炭炉 「Modul Therm」

ガス浸炭に代わる技術である真空浸炭の特徴は高温短時間処理が可能であること、作業環境に優れていること等が挙げられる。しかし、問題点は処理時に発生する煤・タールに伴う品質上、保全上の影響が大きいことであり、あまり広く普及していない。大同特殊鋼株式会社（以下、当社という）は、鋼材を主力製品として製造・販売する一方で、高強度鋼材の開発や環境問題へ対応するため真空浸炭処理に着目し、煤の発生を低減した真空浸炭炉を製品化した。

本稿では、モジュール式真空浸炭炉「Modul Therm」の特徴について紹介する。

### ◇ Modul Thermの特徴

図1にModul Therm標準レイアウトを示す。Modul Thermは必要生産能力に応じて4種類のモジュールの基数が決定される。Modul Therm

の特徴には、

- ①対流加熱機能や保温モジュールを活用することでバッチ炉対比処理時間を短縮でき、必要生産能力に対する基数を最少化できる。
- ②浸炭モジュール、油冷モジュールは独立しており、それぞれの雰囲気が混ざらないため、浸炭雰囲気が安定する。
- ③浸炭モジュールを増設するだけで増産に対応できる。
- ④浸炭ガスに使用するアセチレンガスは、浸炭効率が高く、煤・タール分の発生が抑えられ、メンテナンスが容易になる。
- ⑤浸炭モジュールは一基毎に休止・再立ち上げが可能である。

等が挙げられる。また、Modul Therm専用の浸炭条件計算ソフトを独自に開発した。

### ◇ 浸炭条件計算ソフト

真空浸炭では炭素濃度分布を処理時間とガス導入パターンの無数の組合せから試行錯誤して決めなければならず、浸炭条件の作成が非常に困難であるという課題があった。しかし、当社は、「鋼材表面に炭化水素から生成した黒鉛が付着し、鋼に吸収される」という真空浸炭の機構を独自に解

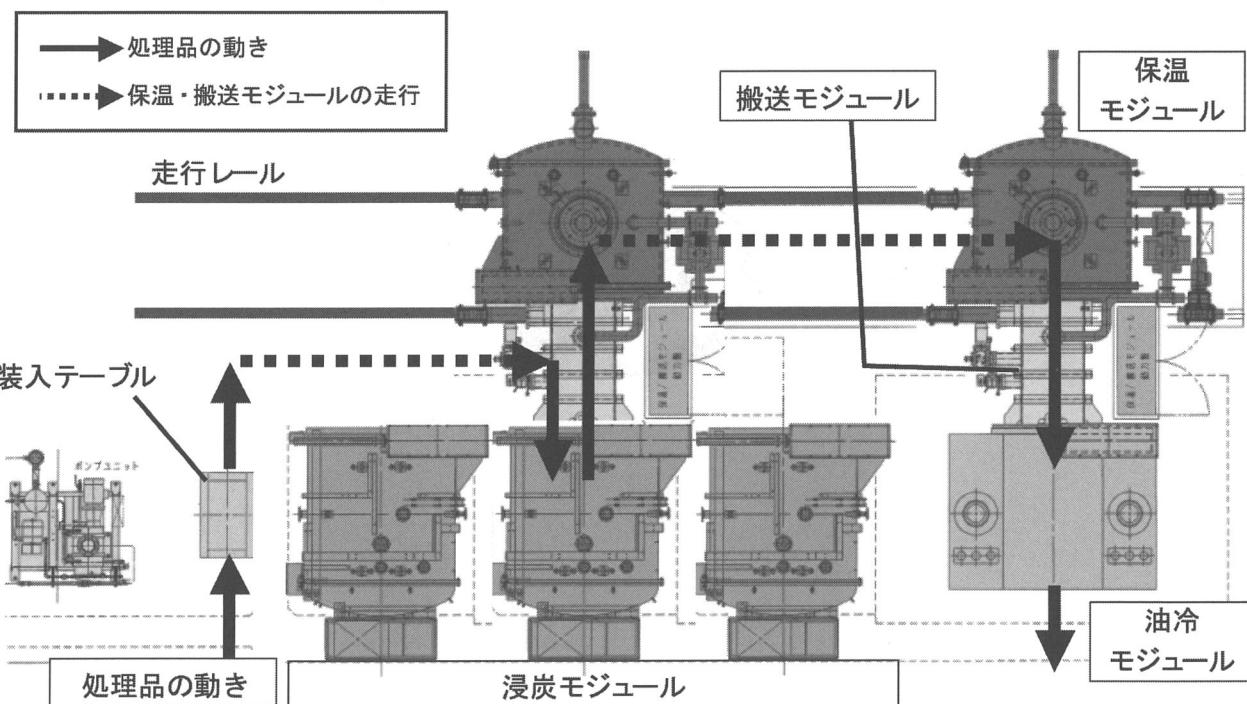


図 1 Modul Thermのレイアウト

表 テスト炉主仕様

浸炭モジュール	有効寸法 幅600mm×高さ750mm×長さ1,000mm（トレー含む） 処理重量 グロス max. 1,000kg 浸炭温度 最高 1100°C
保温モジュール	焼入温度までの徐冷・保持機能 最高 150kPaの簡易ガス冷機能付
油冷モジュール	油温 最高 180°C 油攪拌プログラム制御機能付

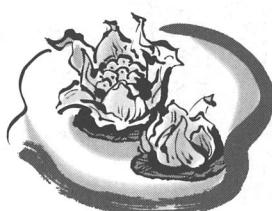
明し、浸炭条件を自動的に計算するソフトを開発した。このソフトは、炭素濃度分布から浸炭条件を計算することと、その逆に浸炭条件から炭素濃度分布を計算することが可能である。また、計算には、鋼材成分や浸炭温度だけでなく、浸炭圧力、ガス流量、装入量等も考慮している。計算から得られる適正ガス流量で処理することで、煤の発生が抑えられ、メンテナンス周期も長くなる。

JIS鋼を含む多種の鋼材に対応し、エッジ部の過剰浸炭の有無の確認や高濃度浸炭の計算にも対応している。

### ◇ テスト炉

当社は実機と同サイズのテスト炉を設置し、お客様からの試作依頼を受入れている。下表にテスト炉の主仕様を示す。テスト炉での処理は実機処理と同等のため、試作結果はModul Thermの見積仕様の検討材料や、客先での実機の垂直立上げに活用できる。当社が得意とする鋼材技術、評価技術を組合せて、お客様のニーズに適かつ迅速に応える体制は大変ご好評を頂いている。

〔大同特殊鋼(株) まつばら 機械事業部 松原 寛和〕



## 日立金属工具鋼の熱処理技術

### まえがき

金型の熱処理は素材の性能を最大限に発揮するように改質処理を行うが、さらに付加価値を高めるために、「低歪み」「低成本」「短納期」への対応が求められている。弊社では日立金属グループ会社として素材から熱処理まで一貫した品質保証を行っており、また工具鋼専門流通会社として全国6ヶ所の熱処理工場を拠点に顧客サービスの向上に努めています。

### ◇ 低歪み熱処理技術

低歪み化は顧客ニーズも大きく、後工程の簡素化にメリットが大きい。弊社では焼入技術の制御高度化により低歪み熱処理技術を開発してきた。

#### 1. 冷間プレス金型用高精度熱処理ヒズマン<sup>(1)2)</sup>

冷間プレス金型で熱処理後の金型調整工数低減のために、変寸、変形ともに少ない熱処理が要求されている。鋼種別の最適熱処理条件の採用、製品形状に対応した炉内セット、カバー材の応用、冷却ガス圧力・流れ制御により高度熱処理技術“ヒズマン<sup>®</sup>”を確立した。

適用実績は好評で、日立金属の高性能冷間ダイス鋼SLD-MAGICを用いた例では、従来材SKD11の標準熱処理品に対して、基準面の歪みが0.02mm以上のものが0.01mm以下となり（図1）、基準面

出し工数や組付け調整工数をゼロにできた事例もある。

#### 2. 大型熱間ダイカスト型用低歪み高韌性熱処理メガニス<sup>(3)</sup>

ダイカスト金型は、使用中の大割れ対策として急冷焼入れの必要があり、高韌性化と低歪み化を同時に実現するために、弊社では高温域を緩冷、低温のベイナイト域を急冷する2段冷却技術を開発した。油焼入れを応用したNIS（ニス）法、及び加圧窒素ガス冷却のNES（ネス）法は、長年に渡ってその実績を評価されている<sup>4)</sup>。近年、金型の大型化に対応するため、関東熱処理工場に大型設備（有効加熱帯  $\phi 1,500 \times 1,700\text{mm}$ ）を導入し、NIS法をベースに焼入技術確立を行った。大型では高温域の冷却速度が著しく遅く、脱炭リスクもあるために、高温域の冷却を加圧ガス冷却としたメガニス<sup>®</sup>を開発した。図2にメガニス<sup>®</sup>と各種熱処理方法の衝撃値比較を、図3に変形実績の比較を示す。

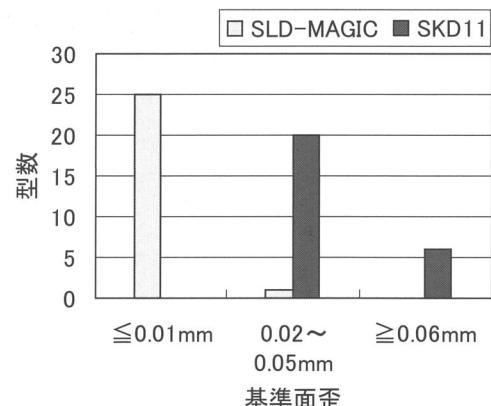


図 1 SLD-MAGICとSKD11の基準面歪状況比較

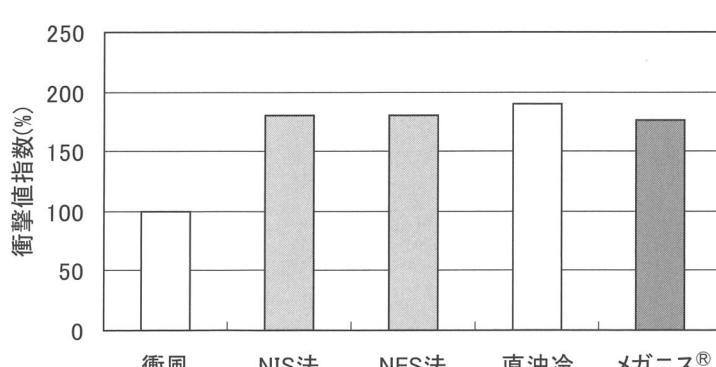


図 2 各種熱処理方法の衝撃値比較（供試材:SKD61改善鋼  $160 \times 400 \times 500$ ）

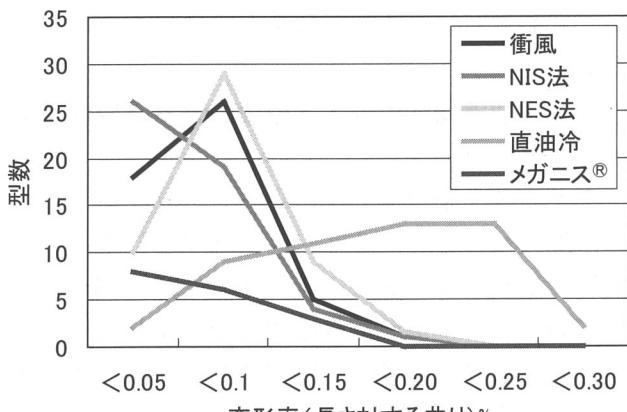


図 3 各種熱処理方法の熱処理変形比較

### 3. 今後の開発技術

焼入変形を低減するためには、如何に表面温度ムラ、表面－中心温度ムラを無くして均一に冷却するかが課題で、弊社では、新たに特殊冷却パターンを開発している。複雑形状品などに適用を開始しており、NIS法よりもさらに変形を低減できる。熱処理歪みについてはシミュレーション技術も活用して歪み予測技術に取り組んでいきたいと考えている。焼入冷却方法やセット方法による熱伝達

係数や、材料物性データベースの構築が課題である。これらの技術を総合的に組み合わせて、さらに変形、歪みの少ない熱処理技術を提供していきたい。

### むすび

金型への要求は、寿命・製作コストの両面から、今後さらに高まっていくと予想される。弊社はこれらの動向に合わせて、さらに熱処理技術開発を進めるとともに、設備・配達面での増強も進めて行きたいと考えている。

### 参考文献

- 1) 峰岸公大、金子雄治、山口敏郎、小松原周吾；型技術者会議2006講演論文集、(2006)、214
- 2) 小松原周吾、峰岸公大、庄司覚；型技術ワークショップ2007講演論文集、(2007)、54
- 3) 高橋透、宮嶋豊、山口敏郎、赤池成一、加田善裕；型技術者会議2007講演論文集、(2007)、146
- 4) 熱間金型の寿命改善委員会；熱間金型の寿命対策（日刊工業新聞社）、初版（2001）、76

〔日立金属工具鋼(株) 生産性本部 西田 純一〕





## “特集”編集後記

熱処理の新技術関係の紹介は、'01年9月号以来行っておらず、本号では、その後の技術の変化・最近の動向を特集しました。前回の特集号以降、日本の製造業・熱処理メーカーは中国・東南アジアを始めとする海外進出を進め、世界最大の熱処理メーカー Bodycoat社が日本へ進出するなど、熱処理も日本スタンダードに従っていればよい時代は終わり、グローバルな視点が必要になってきたと言えます。

熱処理の面白い点は、例えば、熱処理歪を例に取った場合、どのような熱処理をしても変形しない材料や、どのような材料をも変形させない熱処理炉はあり得なく、材料の品質・熱処理炉・制御装置・冷媒・材料の配置方法・熱処理条件(冷却パターンを含む)など、あらゆる要因が絡み合って、変寸・変形が変化することです。また、その最適解を求めるのにCAEが利用されるなど、技術・技能の総合力で熱処理品質が決まってくることです。

グローバルな視点で、日本の熱処理メーカーを見た時、日本のストロングポイントの1つに、高レベルの日本メーカー群の総合力と作業者のレベルの高さに支えられた“高品質”が挙げられます。“価格・納期”は、もちろん熱処理に関しても重要なポイントですが、低価格・短納期を阻害する要因が、品質に直結していないかをよく事前確認する必要があります。この点では、熱処理を依頼するメーカー担当者の方も熱処理品質に影響を与えていると言えるでしょう。

これらの視点で、本号の各章を振り返って頂けると、“熱処理”を、新たな視点で、身近に感じて頂けるのではないかと存じます。

最後になりましたが、本特集号にご寄稿頂きました方々、ご協力頂きました編集委員の方々および事務局各位に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

〔日立金属(株) 加田 善裕〕  
〔特殊鋼カンパニー技術部〕

# 業界のうごき

## カネヒラ鉄鋼、 営業組織改編

カネヒラ鉄鋼は、機動性を高め、貿易部門を強化するため営業組織を改編した。従来一部体制だった営業部を、構造用鋼を扱う第1営業部とステンレス・チタン・鋼板・磨棒鋼などを扱う第2営業部に細分化。2部体制にすることで専門性を高めて営業の機動力を強化する。

タイに現地法人を持つ貿易部門は、これまでの貿易グループを貿易部に昇格。専任の部長を配属するとともに要員も1名増員した。今後は売上高に占める割合を現在の9%から15%まで引き上げていく。

(4月23日、鉄鋼新聞)

## クマガイ特殊鋼、 プラズマ切断機導入

クマガイ特殊鋼は、このほどコマツ製のプラズマ切断機「ツイスターTFPL6082」を導入、試運転を開始した。現在、CAD対応を進めており、3月初旬には本格稼働を開始する予定。同社は高張力鋼板、耐摩耗鋼板、構造用鋼などの切削加工を得意としており、産業機械や建設機械向けにユーザーに納入している。ここ10年ほどは鋼板加工へのシフトを特に強めている状況だ。

従来、加工設備としてはレーザー切断機、ガスプレーナー、バンドソーなどで対応していたが、自社内で付加価値を高めるのを目的に加工製品や小ロット対応を強化、さらに歩留まりの向上を目的にプラズマ切断機を新たに導入したもの。新設備は切削能力としては厚さ36ミリまで対応が可能。火口が一個所でスピードもアップしており、月間ベース50トン程度の加工ができる。すでに本社工場内に設置を完了し、早期の本格稼働を目指す考えだ。(3月5日、産業新聞)

## 佐藤商事、 バイオ燃料事業に参入

佐藤商事は、バイオ燃料事業に本格参入した。非食用植物のジャトロファ油や廃食油などを機械的方法で改質し、軽油・重油の代替燃料を製造できる精成装置(商品名「ECOPRO」、開発メーカーはアンクス)の総販売元として販売を開始した。ジャトロファ栽培事業や、同装置で製造したバイオ燃料(商標「エコール」)の販売も視野に入れている。「エコール」は漁船、発電機、農業用器具、ボイラーなどの燃料として使用できる。

神戸大学、アンクス、NPO法人「なでしこふあみりー」との産学連携で、事業化を推進する。同社営業開発部を中心とした環境・省エネ分野の商品開拓の一環で、専任部署の環境ソリューション部も開設した。

同社が販売する「ECOPRO」はエステル化法と異なり、薬品などを一切使用しないため、装置価格やランニングコストが安く、能力も大きいため低価格のバイオ燃料を製造できる。(3月19日、鉄鋼新聞)

## 三和特殊鋼、 在庫管理を一元化

三和特殊鋼は、今期(09年12月期)事業計画の主軸として進めている新システムが3月23日から本格稼働を開始する。現在従来システムと併用しながら完全移行に向け取り組んでおり、社内業務の効率改善やユーザーとの電子商取引による事業基盤の強化を図る。

在庫は全てバーコード化し、入庫から検品、切削など加工、出荷までの全工程を一元管理できる。すでに大口ユーザー1社と受発注システムの連携を行い、年度内をめどに他のユーザー2社とも同様の体制を構築。今後は対象ユーザーの拡大を進

める。

新システムへの完全移行に併せて、増加する加工ニーズに迅速対応できる機能構築をはじめ業務全般の効率化とコスト低減、在庫管理強化によるキャッシュフロー改善などを目指す。これらの取り組みに併行して1月には環境マネジメントシステムのKESの認証を取得。2~3年後のISO(品質・環境)の認証取得につなげる。(3月11日、産業新聞)

## 清水鋼鉄、小棒を ロシアに積極輸出

清水鋼鉄は、09年内に苦小牧製鋼所の小形棒鋼でロシア向け輸出を開始する方針だ。ロシア規格に適合する成分調整について、すでに対応準備を整えた。北海道内の小棒需要は将来的にも伸びが期待できない見通しで、同社は10年前からビレット輸出に乗り出すなど海外市場にも目を向けてきた。小棒は香港向け、ビレットはベトナム、韓国、台湾向けが中心で、新たな小棒輸出先としてロシアをターゲットにする。

一方で、輸出に活路を拓けない市場環境でも競争力を保つため異形鉄筋を機械的にプレートに定着させる「FRIP(フリップ)定着工法」を伊藤製鉄所から技術導入して、生産ラインを立ち上げるなど、独自商品による道内市場の開拓にも注力する。

08年11月期の苦小牧製鋼所の年産量は粗鋼が前期比14%減の20万3千トン、棒鋼が同23%減の12万5千トン。(3月9日、鉄鋼新聞)

## 住金物産特殊鋼、 機械加工分野に進出

住金物産特殊鋼は、本社倉庫に900ミリ径まで加工可能な大型旋盤を設置し、機械加工分野に進出した。300ミリ径以上の機械加工を自社で行うことで、既存ユーザーのニーズ

# 業界のうごき

を深掘りするとともに、新規の需要開拓にも努めていく。

同社の特徴でもある太丸の機械加工ができる外注先が限られるので、自社で設備を設置した。300ミリ径以下の機械加工についても、これまでの外注先とより連携を深め、トータルで粗加工の充実を図っていきたいとしている。07年8月から本社倉庫の整備に着手。老朽化した切断機を新鋭機にリプレースするなどし、加工能力の拡充を図ってきた。

導入したのは、森精機製作所製のSL-603B/2000。CNC制御で、長さは最大200ミリまで対応している。新しい事業展開をすることで、営業と現場が一緒になって取り組む課題ができチーム力のアップにつながるとしている。

(4月9日、鉄鋼新聞)

## 大和特殊鋼、 縦型帯鋸切断機を新設

大和特殊鋼は、春日工場に鋼板用の縦型帯鋸切断機を1基新設し、本格的稼働に入った。これまでのプラズマによる切断に比べ精度が高まるため、歩留まりが向上しユーザーのコスト低減に貢献できる。特寸平鋼の代用品の製作も可能となる。今井社長は「高精度化でユーザーにVA提案ができ、これまで取り逃がしていた需要の受注につなげたい。新設機の加工量がどの程度になるかはわからないが、販売促進の手段として活用していきたい」としている。

新設したのは、アマダ製のVM2500。切断可能サイズは、厚み500ミリ、幅1,080ミリ、長さ2,500ミリ。これまで同社では長さ500ミリ以上の切断品は他社から手当してきたが、新設機の導入で自社での加工が可能となった。

春日工場では、比較的精度が得られる30ミリ厚までの直線の切断加工はプラズマで、50ミリ厚以上は新設

の縦型鋸切断機で行っていく。

(4月2日、鉄鋼新聞)

## メタルワン、SUS流通2社統合 ステンレスワンに集約

メタルワンは、4月1日付で関東のステンレス流通子会社2社を事業統合する。日新製鋼と共同出資のステンレスコイルセンター。ステンレスワンがメタルワン100%出資のリテール販売会社、エムシー・ムサシから営業譲渡を受ける。

同時にエムシー・ムサシの3営業拠点と人員30人強を引き継ぎ、リテール事業に進出する。事業統合により、在庫体制などの効率向上を図る。

エムシー・ムサシは、02年3月、三菱商事が設立した。「ステンレスのコンビニ」をコンセプトに地域限定で多頻度配送を行い、末端ユーザーに対して薄板などステンレス全般やアルミ、伸銅品などをバラ売りする業態で事業展開してきた。

ステンレスワンは、メタルワン66.6%、日新製鋼33.4%、出資のステンレスコイルセンター。千葉工場は精密加工で定評がある。新たに営業第3部を設置し、配下に太田店、川口店、八潮店を置く。

(3月10日、鉄鋼新聞)

## 秋山精鋼、快削ステンレス鋼、 「セレン」フリー鋼開発

秋山精鋼は、製鋼メーカーのセレン(Se)鋼製造中止に伴い、高耐食性を有する快削ステンレス鋼の新鋼種「ASK-3000T」を大同特殊鋼とともに開発、本格販売を開始した。初年度の販売目標は従来の「ASK3000」並みの約100トン。

新鋼種の「ASK-3000T」は、SUS304をベース鋼に硫黄(S)を高め、テルル(Te)を添加することで切削性をSUS303以上に向上させた快削ステンレス鋼。

主に分析装置などの検査機器関連、医療用器具、半導体製造装置、釣具向けなどに使用される新鋼種は、①SUS304と同等の耐食性を有する、②SUS303以上の切削性を実現、③ニッケルの增量で冷間加工後の透磁率の劣化を抑止することができる、などの特徴を有する。グリーン調達化の傾向が強まる中、製鋼メーカーの協力のもと環境対応型鋼種群の量産体制を構築している。

(3月23日、鉄鋼新聞)

## 新日鐵室蘭・松菱金属、 トヨタ北海道と連携

新日本製鐵、松菱金属工業、トヨタ自動車北海道の3社は自動車用のギアを北海道内で一貫生産する体制を確立した。他地域を経由しないため納期が短く、物流コストを削減できる。3社で品質管理などの情報共有が深まれば自動車向け新鋼材の共同開発にもつながりそうだ。

トヨタ北海道は08年苫小牧の製造拠点で自動変速機に組み込むギアの鍛造工場を稼働させた。これに合わせて3社が連携し、自動車の自動変速機に使うギアの道内一貫生産を開始。新日鐵の室蘭製鉄所で製造した棒鋼を同所構内に工場を持つ松菱金属工業が素形材に二次加工し、トヨタ北海道は素形材からギアを鍛造する。トヨタ北海道は従来、名古屋地区で鍛造していたギアを調達していた。

自動車の需要減退に歯止めがかかる中、現状では低生産を余儀なくされている。足もとの生産は、落ち込んでいるものの、二次加工が必要な特殊鋼棒鋼分野で各製造拠点が近接するメリットは大きい。

(3月4日、鉄鋼新聞)

## 大同、ノイズ抑制シート “ハロゲンフリー”実現

大同特殊鋼は、ハロゲンフリーで

# 業界のうごき

難燃性を確保した高磁気特性ノイズ抑制シート「DPR-MEQ1」を開発、4月から販売を開始した、と発表した。合金粉末製造技術や粉末扁平化・ゴムシート加工技術を改善することで、同社の従来品に比べ2.8倍の透磁率(磁気の通りやすさ)を確保した。携帯電話やデジタルカメラ、パソコン向けに拡販し同シリーズ全体で10年度に年商20億円を目指す。携帯電話やデジタルカメラは、機器の小型化・高機能化に伴って電気基盤などが高密度化し、誤動作の原因となるノイズの発生が問題になっている。

対策には、難燃性を高めるハロゲンを含む合成ゴムと軟磁性粉末を混合したシートを用いるのが一般的だが、ハロゲンは環境負荷物質(燃焼するとダイオキシンが発生)であるため、ハロゲンを使わないシートの開発が求められている。

(4月9日、鉄鋼新聞)

## 日本金属、Mg合金薄板自動車向け本格販売

日本金属は、自動車部材向けにマグネシウム合金薄板の本格販売を開始する。現在主流のAZ31合金に比べて高強度で耐食性に優れる合金「AM60、AZ61」の販売を今春から開始するほか、課題となっていた価格面についても最適な原料ソースの確保と過剰品質の見直しなどにより今春から引き下げていく方針で、今後1~2年以内には量産効果と生産工程の改善などでもう一段の引き下げも可能と見込む。

今後は添加材を用いずに常温成形性を飛躍的に向上する「集合組織制御技術」による板材の多段ロール成形の試作や、高強度合金「AZ80」の実用化に向けた開発などを進め、軽量化ニーズの高まる自動車のドアビームやブレースバーなどこれまでマグネシウムが使用されていなかっ

た用途で拡販を図る。

(3月25日、鉄鋼新聞)

## 日金工、省Ni鋼種「D-7S」ばね材分野で拡販

日本金属工業は、オーステナイト系省ニッケル鋼種の「D-7S」をステンレスばね材分野で拡販すると発表した。07年にはばね材分野の市場開拓に乗り出し、08年夏以降は電子部品用ばね材で本格採用が始まっている。SUS304に類似した機械的性質をもつ上に、高強度・非磁性も特徴で、電子部品以外では建築金物、自動車部品などの適用拡大を図る。

完全非磁性の要求に対しては、同じくマンガン含有鋼種の「S-4」を提案営業していく。

D-7Sは、省ニッケル系マンガン含有鋼種であるDシリーズの一つ。17Cr-2.5Ni-6Mn-2.5Cu系で、ニッケル含有量が少ないため、ニッケル価格変動の影響を受けにくい。

ステンレスばね材ではSUS304、同301が主に使われるがD-7Sは現状ではSUS304ばね材に対して10~15%のコスト低減が可能になる。

(3月16日、鉄鋼新聞)

## 高周波、新冷間ダイス鋼ハイテン成形用に照準

日本高周波鋼業は、新冷間ダイス鋼「NOGA」(ノーガ)の在庫体制を整え、本格販売を開始すると発表した。NOGAはハイテン成形用金型材に最適な開発鋼種。子会社のカムスが中部テクノセンターで手がける表面処理(マカオンコート)と組み合わせることで、従来のハイテン成形用金型材に比べて数倍の高寿命化や非削性向上を実現できる。昨秋から一部ユーザーに納入してきたが、富山製造所で250ミリ厚までの在庫体制を整えたため、4月から本格販売を開始する。

NOGAは、金型製作コストを低減する被削性、金型精度を高める熱処理変形の最小化と等方化、金型設計変更や補修を容易にする溶接性など従来の冷間プレス金型よりも飛躍的に向上。表面皮膜と金型母材の密着性を向上させて耐かじり性(耐焼付き性)も大幅に改善し、微細組織制御で欠けチッピングも大幅に低減した。

(4月3日、鉄鋼新聞)

## 日立、精密樹脂成形向け新プラ型材を開発

日立金属は、高級樹脂精密製品の量産精密成形に適したプラスチック用金型材「HPM-PRO」を開発した。鏡面仕上げ性や放電加工性に優れる上に、韌性を大幅に高めて、被削性も改善した独自鋼種で、ロックウェル硬さ40HRC級のP21系鋼(析出硬化系)の代替鋼種として拡販を図る。

40HRC級プリハードン鋼の独自鋼種ではHPM-MAGIC等があるが、新鋼種はP21系鋼と同等の鏡面性、放電加工性、シボ加工性、窒化特性を持ちつつ、韌性を大幅に高めて、被削性も改善した。

意匠加工性では、特殊溶解の採用により#8000の高級磨きに対応するほか、良好な放電加工性を持ち、放電加工溶融層が硬化しにくいため後加工も容易になる。

韌性に優れ、素材寸法による差も少ないと想定され、金型の破損の心配が少なく、大型にも適している。

被削性では、エンドミル加工性やドリル加工性はP21系鋼と同等で、高送りラジアスミル加工性はP21系鋼を上回る。

(4月8日、鉄鋼新聞)

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

## 特殊鋼統計資料

### 特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別生産の推移

#### 鋼種別

(単位: t)

年月	工具鋼	構造用鋼			特殊用途鋼							合計
		機械構造用炭素鋼	構造用合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高抗張力鋼	その他	計	
'07暦年	277,935	5,099,889	4,102,711	9,202,600	504,131	923,983	3,492,210	987,711	5,278,383	831,286	12,017,704	21,498,239
'08暦年	278,962	5,152,106	4,192,382	9,344,488	509,061	1,047,806	3,209,876	919,300	r5,580,765	891,875	r12,158,683	r21,782,133
'06年度	258,425	4,895,024	3,905,821	8,800,845	487,448	889,270	3,514,766	1,039,998	5,308,355	989,937	12,229,774	21,289,044
'07年度	284,120	5,198,139	4,187,223	9,385,362	520,413	968,273	3,389,620	972,770	r5,362,422	869,309	r12,082,807	r21,752,289
'08. 1-3月	73,671	1,363,275	1,088,871	2,452,146	138,560	264,753	857,100	246,958	r1,491,806	237,752	r3,236,929	r5,762,746
4-6月	72,376	1,336,141	1,084,235	2,420,376	132,234	262,200	885,677	243,005	r1,394,508	216,256	r3,133,880	r5,626,632
7-9月	70,955	1,307,300	1,069,784	2,377,084	132,828	264,421	855,672	229,187	r1,414,024	231,091	r3,127,223	r5,575,262
10-12月	61,960	1,145,390	949,492	2,094,882	105,439	256,432	611,427	200,150	1,280,427	206,776	2,660,651	4,817,493
'08年 1月	23,421	448,393	353,200	801,593	45,526	79,781	294,517	78,613	r495,256	72,902	r1,066,595	r1,891,609
2月	25,072	446,277	360,712	806,989	44,537	88,323	272,117	80,015	r471,611	74,542	r1,031,145	r1,863,206
3月	25,178	468,605	374,959	843,564	48,497	96,649	290,466	88,330	r524,939	90,308	r1,139,189	r2,007,931
4月	24,571	440,672	365,477	806,149	45,274	83,675	298,431	76,552	r453,386	78,664	r1,035,982	r1,866,702
5月	22,781	440,992	364,867	805,859	45,017	90,098	298,611	80,485	r472,374	73,592	r1,060,177	r1,888,817
6月	25,024	454,477	353,891	808,368	41,943	88,427	288,635	85,968	r468,748	64,000	r1,037,721	r1,871,113
7月	23,751	454,823	379,836	834,659	45,052	86,854	292,850	82,817	r489,251	80,499	r1,077,323	r1,935,733
8月	23,634	400,695	325,814	726,509	43,540	80,782	288,393	67,145	r482,418	65,129	r997,407	r1,747,550
9月	23,570	451,782	364,134	815,916	44,236	96,785	274,429	79,225	r472,355	85,463	r1,052,493	r1,891,979
10月	24,910	461,306	366,098	827,404	39,360	93,683	268,509	75,338	482,751	79,226	1,038,867	1,891,181
11月	19,655	388,191	340,881	729,072	36,563	93,295	192,741	67,307	424,641	61,602	876,149	1,624,876
12月	17,395	295,893	242,513	538,406	29,516	69,454	150,177	57,505	373,035	65,948	745,635	1,301,436
'09年 1月	10,656	192,686	181,807	374,493	19,248	42,365	131,377	31,485	298,046	51,893	574,414	959,563
2月	7,468	131,754	138,152	269,906	10,159	25,631	116,542	22,054	207,311	38,247	419,944	697,318
前月比	70.1	68.4	76.0	72.1	52.8	60.5	88.7	70.0	69.6	73.7	73.1	72.7
前年同月比	29.8	29.5	38.3	33.4	22.8	29.0	42.8	27.6	44.0	51.3	40.7	37.4

※平成19年1月(2007年1月)の調査区分改正によるステンレス鋼及びその他の計上区分変更に伴い、以前の値と比較することはできない。

経済産業省調査統計部調べ

#### 形状別

(単位: t)

年月	形鋼	棒鋼	管材	線材	鋼板	鋼帶	合計
'07暦年	381,911	6,724,149	1,662,975	4,394,559	2,240,897	6,093,748	21,498,239
'08暦年	r397,569	6,883,261	r1,685,010	4,446,064	2,303,024	6,067,205	r21,782,133
'06年度	351,023	6,480,691	1,744,846	4,296,807	2,319,440	6,096,237	21,289,044
'07年度	393,934	6,904,242	r1,626,872	4,463,129	2,220,519	6,143,593	r21,752,289
'08. 1-3月	102,877	1,805,512	r417,245	1,189,105	581,856	1,666,151	r5,762,746
4-6月	115,388	1,778,897	r413,183	1,157,010	592,702	1,569,452	r5,626,632
7-9月	r114,383	1,756,562	r434,037	1,125,035	596,020	1,549,225	r5,575,262
10-12月	64,921	1,542,290	420,545	974,914	532,446	1,282,377	4,817,493
'08年 1月	29,550	578,425	r145,207	378,721	201,439	558,267	r1,891,609
2月	32,557	600,221	r130,537	385,314	176,496	538,081	r1,863,206
3月	40,770	626,866	r141,501	425,070	203,921	569,803	r2,007,931
4月	31,726	579,288	r149,731	382,985	187,692	535,280	r1,866,702
5月	40,636	586,940	r145,995	394,476	199,913	520,857	r1,888,817
6月	43,026	612,669	r117,457	379,549	205,097	513,315	r1,871,113
7月	40,839	606,766	r153,760	398,417	204,473	531,478	r1,935,733
8月	28,392	534,604	r144,776	337,601	192,727	509,450	r1,747,550
9月	r45,152	615,192	r135,501	389,017	198,820	508,297	r1,891,979
10月	27,524	614,156	151,364	377,127	195,195	525,815	1,891,181
11月	26,415	536,776	146,437	324,178	168,711	422,359	1,624,876
12月	10,982	391,358	122,744	273,609	168,540	334,203	1,301,436
'09年 1月	8,185	230,872	114,326	194,612	181,990	229,578	959,563
2月	6,754	164,327	101,286	125,890	136,318	162,743	697,318
前月比	82.5	71.2	88.6	64.7	74.9	70.9	72.7
前年同月比	20.7	27.4	77.6	32.7	77.2	30.2	37.4

経済産業省調査統計部調べ

## 特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別販売(商社+問屋)の推移

(単位: t)

年月	工具鋼	構造用鋼			特殊用途鋼							合計	
		機械構造用炭素鋼	構造用合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高張力鋼	その他	計		
'07暦年	329,657	4,443,784	6,031,829	10,475,613	233,771	356,537	2,363,281	265,934	68,706	19,797	3,308,026	14,113,296	
'08暦年	301,143	4,784,138	7,539,250	12,323,388	249,969	387,676	1,996,132	255,561	70,477	20,039	2,979,854	15,604,385	
'06年度	299,601	5,053,474	4,414,140	9,467,614	147,940	338,204	-	277,738	68,729	3,262,139	4,094,750	13,861,965	
'07年度	327,547	4,408,766	6,522,433	10,931,199	233,623	359,758	2,355,364	266,340	69,005	20,256	3,304,346	14,563,092	
'08年	6月	27,261	407,318	648,712	1,056,030	21,243	34,777	343,089	21,524	6,653	1,886	429,172	1,512,463
	7月	27,105	434,113	720,236	1,154,349	25,066	35,855	▲23,825	22,657	6,435	1,839	68,027	1,249,481
	8月	22,811	359,696	652,770	1,012,466	19,039	31,284	373,043	18,123	5,170	1,282	447,941	1,483,218
	9月	26,172	454,859	690,885	1,145,744	25,694	33,981	423,653	21,039	7,242	1,506	513,115	1,685,031
	10月	25,199	421,256	713,725	1,134,981	20,059	33,619	▲345,677	20,613	5,647	1,841	▲263,898	896,282
	11月	21,807	485,939	632,929	1,118,868	17,413	29,543	119,948	17,556	3,656	1,698	189,814	1,330,489
	12月	18,930	290,631	514,461	805,092	18,941	26,163	110,378	14,642	4,314	1,404	175,842	999,864
'09年	1月	14,810	211,801	556,727	768,528	11,363	33,195	143,210	11,324	3,348	1,040	203,480	986,818
	2月	13,875	167,712	543,699	711,411	9,018	14,775	88,740	10,358	3,272	929	127,092	852,378
前月比		93.7	79.2	97.7	92.6	79.4	44.5	62.0	91.5	97.7	89.3	62.5	86.4
前年同月比		51.0	42.3	89.1	70.6	39.4	47.4	39.6	44.2	55.2	49.6	41.0	63.4

経済産業省調査統計部調べ

## 特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別在庫の推移

メーカー在庫

(単位: t)

年月	工具鋼	構造用鋼			特殊用途鋼							合計	
		機械構造用炭素鋼	構造用合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高張力鋼	その他	計		
'07暦年	7,654	159,314	86,474	245,788	25,311	27,623	165,130	37,346	145,944	30,951	432,305	685,747	
'08暦年	8,093	r158,724	r97,363	r256,087	20,118	33,335	r117,440	r34,460	r143,757	35,022	r384,132	r648,312	
'06年度	6,975	134,026	74,208	208,234	23,324	22,866	r156,861	31,498	138,673	r35,347	408,569	623,778	
'07年度	7,597	135,358	81,623	216,981	23,037	28,377	r150,577	34,013	r163,443	28,440	r427,887	r652,465	
'08年	6月	6,816	144,309	95,262	239,571	26,473	29,995	r141,548	37,586	r140,630	33,149	r409,381	r655,768
	7月	5,995	136,515	91,658	228,173	24,157	26,443	r131,067	33,734	r143,535	37,748	r396,684	r630,852
	8月	7,264	142,548	86,312	228,860	27,615	30,053	r143,538	34,316	r141,786	32,221	r409,529	r645,653
	9月	7,125	147,953	83,369	231,322	22,978	28,477	r139,925	34,214	r133,674	30,485	r389,753	r628,200
	10月	7,550	157,787	89,072	246,859	18,640	28,410	r131,857	33,339	150,618	32,784	r395,648	r650,057
	11月	7,504	161,768	98,890	260,658	23,497	33,985	135,781	32,450	149,164	28,464	403,341	671,503
	12月	8,093	r158,724	r97,363	r256,087	20,118	33,335	r117,440	r34,460	r143,757	35,022	r384,132	r648,312
'09年	1月	7,528	150,951	89,831	240,782	18,677	32,429	99,956	26,759	133,227	37,080	348,128	596,438
	2月	7,199	141,098	83,346	224,444	17,072	29,484	96,532	26,767	105,134	35,978	310,967	542,610
前月比		95.6	93.5	92.8	93.2	91.4	90.9	96.6	100.0	78.9	97.0	89.3	91.0
前年同月比		89.6	96.5	96.2	96.4	68.8	102.8	66.2	81.0	64.0	105.9	72.2	80.8

経済産業省調査統計部調べ

## 流通在庫

年月	工具鋼	構造用鋼			特殊用途鋼							合計	
		機械構造用炭素鋼	構造用合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高張力鋼	その他	計		
'07暦年	47,333	176,205	99,901	276,106	9,143	27,190	156,460	22,819	8,268	2,650	226,530	549,969	
'08暦年	56,844	205,637	128,710	334,347	14,722	35,480	156,850	24,409	9,735	3,107	244,303	635,494	
'06年度	48,369	187,193	120,511	307,704	8,036	31,881	-	26,995	7,394	143,770	218,076	574,149	
'07年度	46,713	168,377	100,739	269,116	8,207	26,966	156,277	20,133	7,705	2,439	221,727	537,556	
'08年	6月	49,217	151,604	98,361	249,965	10,207	26,387	152,738	17,412	7,227	2,233	216,204	515,386
	7月	49,455	150,234	97,801	248,035	9,631	25,225	153,017	18,071	7,569	2,412	215,925	513,415
	8月	50,461	149,467	99,510	248,977	10,717	24,787	155,408	21,206	7,686	2,470	222,274	521,712
	9月	51,427	153,420	102,956	256,376	11,757	25,406	158,248	20,979	7,654	2,536	226,580	534,383
	10月	53,328	170,661	108,064	278,725	12,298	27,369	156,417	22,025	8,214	2,694	229,017	561,070
	11月	55,369	187,513	122,184	309,697	13,780	32,178	155,517	24,235	8,967	3,029	237,706	602,772
	12月	56,844	205,637	128,710	334,347	14,722	35,480	156,850	24,409	9,735	3,107	244,303	635,494
'09年	1月	60,000	213,266	130,925	344,191	15,185	37,937	153,094	25,443	10,609	3,321	245,589	649,780
	2月	56,160	215,345	131,003	346,348	13,838	40,354	153,332	23,519	10,632	3,287	244,962	647,470
前月比		93.6	101.0	100.1	100.6	91.1	106.4	100.2	92.4	100.2	99.0	99.7	99.6
前年同月比		116.5	125.5	132.2	127.9	168.6	150.1	98.0	110.4	126.6	137.7	109.5	119.3

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

経済産業省調査統計部調べ

以前の値と比較することはできない。▲はマイナス

## 特殊鋼熱間圧延鋼材の輸出入推移

### 輸出

(単位: t)

年月	工具鋼	構造用鋼			特殊用途鋼			その他の鋼			特殊鋼 鋼材合計	
		機械構造 用炭素鋼	構造用 合金鋼	計	ばね鋼	ステンレス鋼	ピアノ 線材	計	高炭素鋼	その他 合金鋼		
'07 暦年	27,789	382,147	365,320	747,467	144,701	1,284,215	126,273	1,555,189	15,168	3,443,229	3,458,397	5,788,841
'08 暦年	r32,843	r379,948	r390,630	r770,578	r165,106	r1,343,517	151,537	r1,660,160	r15,521	r3,429,596	r3,445,117	r5,908,698
'06 年度	26,441	331,605	290,303	621,908	145,238	1,464,263	85,692	1,695,193	11,762	3,256,039	3,267,802	5,611,344
'07 年度	29,193	396,994	385,052	782,046	157,513	r1,302,721	145,326	r1,605,560	15,357	3,504,345	3,519,702	r5,936,502
'08年 6月	2,709	28,552	31,801	60,353	13,212	125,551	6,283	145,046	1,589	266,519	268,108	476,216
7月	2,826	33,408	42,953	76,362	14,746	r135,515	10,722	r160,983	1,601	r307,809	r309,409	r549,580
8月	2,818	29,156	34,468	63,623	14,711	r103,753	17,727	r136,191	1,611	r313,010	r314,621	r517,253
9月	2,475	r32,551	r34,515	r67,065	15,501	r126,753	16,725	r158,978	r1,878	329,831	r331,710	r560,229
10月	r3,538	r30,477	r30,175	r60,652	13,792	r111,204	9,263	r134,259	1,479	298,289	299,768	r498,217
11月	2,368	r23,311	r29,141	r52,453	9,166	r72,818	6,706	r88,690	1,530	217,498	219,028	r362,538
12月	2,070	25,818	22,466	48,284	r16,070	r71,207	9,951	r97,227	1,160	r243,359	r244,520	r392,101
'09年 1月	1,371	12,874	20,065	32,939	9,263	54,943	5,767	69,972	832	194,685	195,517	299,799
2月	1,175	10,360	18,942	29,302	5,517	54,915	3,531	63,963	1,175	174,902	176,076	270,517
前月比	85.7	80.5	94.4	89.0	59.6	100.0	61.2	91.4	141.2	89.8	90.1	90.2
前年同月比	43.1	25.1	48.9	36.7	38.9	47.0	25.1	44.0	238.1	56.2	56.4	50.1

財務省通関統計

### 輸入

年月	工具鋼	ばね鋼	ステンレス鋼					快削鋼	その他の鋼			合計	
			形鋼	棒鋼	線材	鋼板類	钢管		高炭素鋼	合金鋼	計		
'07 暦年	3,460	1,112	635	6,182	11,308	192,988	7,980	219,094	40	27,359	35,380	62,739	286,445
'08 暦年	4,473	1,090	257	6,633	10,173	112,107	6,170	135,341	10	7,874	55,741	63,614	204,527
'06 年度	3,142	978	711	9,282	12,492	186,814	10,953	220,252	31	17,084	33,281	50,365	274,767
'07 年度	3,978	1,107	532	5,489	9,694	151,995	6,473	174,183	19	21,849	38,052	59,900	239,187
'08年 6月	325	69	33	435	1,451	16,887	334	19,139	10	393	3,691	4,084	23,627
7月	388	143	32	644	972	10,420	454	12,522	-	242	5,692	5,934	18,986
8月	515	86	26	577	749	10,092	628	12,072	*	195	3,991	4,187	16,860
9月	296	98	*	474	953	8,461	751	10,638	-	373	8,524	8,897	19,930
10月	294	77	16	715	1,358	10,555	676	13,320	-	823	4,751	5,573	19,265
11月	210	60	13	436	435	6,647	583	8,113	-	610	3,217	3,826	12,210
12月	523	52	15	464	1,094	8,620	535	10,728	-	2,221	4,966	7,187	18,490
'09年 1月	366	52	55	608	969	8,927	627	11,186	2	383	6,124	6,507	18,113
2月	177	94	50	299	610	5,005	316	6,280	*	214	5,147	5,360	11,911
前月比	48.3	181.1	92.1	49.1	63.0	56.1	50.4	56.1	0.5	55.8	84.0	82.4	65.8
前年同月比	46.4	107.8	200.8	73.0	78.8	51.7	71.1	55.4	-	133.3	135.8	135.7	75.6

財務省通関統計

## 関連産業指標推移

(単位: 台)

(単位: 億円)

年月	四輪自動車生産		四輪完成車輸出		新車登録		建設機械生産		産業車両生産		機械受注額	産業機械受注額	工作機械受注額
		うちトラック		うちトラック		うちトラック	ブルドーザ	パワー・ショベル	フォーク・リフト	ショベル・トラック			
'07 暦年	11,596,327	1,538,020	6,549,940	616,450	5,353,648	937,732	9,120	180,425	171,128	18,752	123,366	65,118	15,900
'08 暦年	11,563,629	1,508,378	6,727,091	658,218	5,082,235	839,259	9,249	149,228	174,025	r17,501	116,022	65,866	13,011
'06 年度	11,501,208	1,621,093	6,130,421	587,900	5,618,545	1,044,171	8,971	167,457	157,292	18,921	127,413	62,094	14,746
'07 年度	11,790,059	1,559,205	6,769,851	641,168	5,319,620	913,961	9,515	181,945	177,864	18,965	123,640	66,918	15,939
'08年 6月	1,034,277	136,763	594,684	58,694	446,989	81,825	877	14,115	16,966	r1,455	10,851	5,800	1,284
7月	1,087,454	144,581	619,174	64,304	454,593	70,107	738	14,310	17,200	1,433	10,428	4,494	1,239
8月	769,829	106,911	496,732	54,363	310,091	53,730	529	10,348	12,045	1,135	8,917	4,637	1,118
9月	1,056,556	142,385	615,922	59,997	476,817	78,044	793	13,134	16,337	1,739	9,407	6,511	1,135
10月	1,013,063	139,037	575,391	57,884	379,364	63,415	735	11,739	14,428	1,838	8,997	3,274	815
11月	854,171	106,170	491,990	51,536	368,883	72,241	695	8,465	11,442	1,511	7,542	2,859	517
12月	725,552	89,023	422,077	43,158	306,319	52,898	417	6,396	9,347	1,080	7,416	6,189	369
'09年 1月	576,539	73,458	233,859	24,382	301,702	44,607	294	4,198	6,016	573	7,183	2,639	190
2月	481,396	71,693	212,107	19,338	380,582	54,784	232	3,346	5,659	449	7,281	3,207	204
前月比	83.5	97.6	90.7	79.3	126.1	122.8	78.9	79.7	94.1	78.4	101.4	121.5	107.2
前年同月比	43.8	52.1	36.1	34.9	75.7	75.8	26.5	22.2	35.9	30.5	69.8	64.3	15.6

出所：日本自動車工業会、経済産業省、総務省、産業機械工業会、工作機械工業会

2009年5月

55

## 特殊鋼流通統計総括表

2009年2月分

鋼種別	月別 項目	実数 (t)	前月比 (%)	前年同 月比(%)	1995年基準 指 数(%)	1987~2009年随時			
						年月	ピーク時	年月	ボトム時
工	生産高	7,468	70.1	29.8	33.6	91.3	29,286	09.2	7,468
	輸出船積実績	1,175	85.7	43.1	32.8	87.3	10,368	09.2	1,175
工具	販売業者受入高計	10,035	55.9	36.8	48.8	07.1	31,631	09.2	10,035
	販売高計	13,875	93.7	51.0	68.1	07.1	30,175	09.2	13,875
鋼	消費者向在庫高計	6,438	100.0	40.5	68.6	07.10	17,272	09.2	6,438
	在庫高計	56,160	93.6	116.5	155.8	08.12	56,844	87.10	31,813
	生産者工場在庫高	7,199	95.6	89.6	64.2	91.10	17,876	07.8	6,042
	総在庫高	63,359	93.8	112.7	134.1	08.12	64,937	88.1	41,105
構造用	生産高	269,906	72.1	33.4	49.7	08.10	827,404	09.2	269,906
	輸出船積実績	29,302	89.0	36.7	173.1	08.2	79,915	92.1	10,222
鋼	販売業者受入高計	713,568	91.7	71.8	216.0	08.10	1,157,330	98.8	257,445
	販売高計	711,411	92.6	70.6	216.9	08.10	1,134,981	99.8	253,971
	消費者向	366,143	100.0	67.2	171.3	08.10	670,656	98.8	166,732
	在庫高計	346,348	100.6	127.9	144.1	09.2	346,348	87.10	169,822
	生産者工場在庫高	224,444	93.2	96.4	75.0	97.11	320,394	05.6	204,523
	総在庫高	570,792	97.6	113.4	105.8	08.12	590,665	87.12	427,189
ばね	生産高	10,159	52.8	22.8	23.9	89.3	60,673	09.2	10,159
	輸出船積実績	5,517	59.6	38.9	43.6	06.5	27,829	00.6	4,975
鋼	販売業者受入高計	7,671	64.9	32.9	51.4	08.4	26,487	03.4	6,747
	販売高計	9,018	79.4	39.4	60.5	08.4	25,355	03.4	6,701
	消費者向	2,567	110.7	54.0	20.7	90.10	23,876	09.2	2,567
	在庫高計	13,838	91.1	168.6	435.4	08.12	14,722	03.9	1,534
	生産者工場在庫高	17,072	91.4	68.8	53.1	95.12	41,374	09.2	17,072
	総在庫高	30,910	91.3	93.6	87.5	96.3	45,219	02.9	23,836
ステンレス鋼	生産高	116,542	88.7	42.8	43.1	07.3	330,543	09.2	116,542
	輸出船積実績	54,915	100.0	47.0	54.0	05.3	152,476	90.1	27,286
	販売業者受入高計	88,978	63.8	39.6	59.2	06.5	587,740	09.2	88,978
	販売高計	88,740	62.0	39.6	59.4	06.5	587,941	09.2	88,740
	消費者向	35,493	87.7	51.7	62.3	06.1	292,191	87.1	34,263
	在庫高計	153,332	100.2	98.0	138.7	01.10	169,096	87.3	51,419
	生産者工場在庫高	96,532	96.6	66.2	65.6	02.4	188,988	09.2	96,532
	総在庫高	249,864	98.7	82.6	96.9	01.10	352,013	88.4	191,203
快削鋼	生産高	22,054	70.0	27.6	24.9	88.3	116,819	09.2	22,054
	販売業者受入高計	8,434	68.2	39.4	50.1	06.9	25,874	04.9	7,949
	販売高計	10,358	91.5	44.2	62.6	08.4	26,351	09.2	10,358
	消費者向	10,120	97.0	46.5	71.1	08.4	23,235	04.9	9,649
	在庫高計	23,519	92.4	110.4	102.7	07.8	27,861	87.1	9,364
	生産者工場在庫高	26,767	100.0	81.0	119.1	87.1	43,166	01.12	17,975
	総在庫高	50,286	96.3	92.5	110.8	06.5	69,020	02.3	31,448
高抗張力鋼	生産高	207,311	69.6	44.0	88.5	07.3	513,596	87.2	151,890
	販売業者受入高計	3,295	78.0	57.4	26.6	90.2	18,841	09.2	3,295
	販売高計	3,272	97.7	55.2	26.5	90.10	18,863	09.2	3,272
	消費者向	2,638	118.5	61.0	49.0	90.10	9,573	02.5	2,387
	在庫高計	10,632	100.2	126.6	80.2	99.12	20,289	02.12	5,895
	生産者工場在庫高	105,134	78.9	64.0	62.7	87.6	204,893	99.11	99,475
	総在庫高	115,766	80.5	67.0	64.0	01.5	217,711	06.3	110,555
その他	生産高	63,878	67.8	39.2	27.3	-	-	-	-
	販売業者受入高計	18,087	49.0	52.6	146.0	-	-	-	-
	販売高計	15,704	45.9	47.5	127.2	-	-	-	-
	消費者向	12,638	11.1	48.1	234.8	-	-	-	-
	在庫高計	43,641	105.8	149.1	329.4	-	-	-	-
	生産者工場在庫高	65,462	94.2	104.5	39.1	-	-	-	-
	総在庫高	109,103	98.5	118.7	60.3	-	-	-	-
特殊鋼材合計	熱延鋼材生産高合計	697,318	72.7	37.4	51.7	07.3	1,942,468	09.2	697,318
	鋼材輸出船積実績計	270,517	90.2	50.1	80.6	07.12	543,431	87.1	153,788
	販売業者受入高計	850,068	84.9	63.9	148.4	06.5	1,516,366	87.1	435,213
	販売高計	852,378	86.4	63.4	149.8	08.6	1,512,463	87.5	442,211
	消費者向	436,037	80.5	63.5	129.5	08.6	926,258	98.8	267,392
	在庫高計	647,470	99.6	119.3	146.4	09.2	647,470	87.10	290,674
	生産者工場在庫高	542,610	91.0	80.8	71.2	98.1	839,861	97.3	425,932
	総在庫高	1,190,080	95.5	98.0	98.8	01.5	1,355,516	97.1	873,633

出所:経済産業省 大臣官房調査統計部

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

# 俱楽部だより

(平成21年2月21日～平成21年4月20日)

## 臨時理事会（3月30日）

「平成21年度貿易一般保険包括保険特約の締結」の件

## 運営委員会

### ・総務分科会・財務分科会（4月7日）

- ①平成20年度事業報告・決算報告（案）
- ②平成21年度事業計画・収支予算（案）
- ③平成21年度入会金及び会費・賦課金徴収方法（案）
- ④役員改選（案）

参加者：48名

## 海外委員会

### ・専門部会（3月3日）

- ①平成20年度事業報告・決算報告
- ②平成21年度事業計画（案）・収支予算（案）
- ③平成21年度賦課金徴収方法（案）

### ・商社分科会（3月17日）

平成21年度貿易一般保険包括保険特約の締結

### ・本委員会（3月23日）

- ①平成20年度事業報告・決算報告（案）
- ②平成21年度事業計画・収支予算（案）
- ③平成21年度賦課金徴収方法（案）
- ④平成21年度貿易一般保険包括保険特約の締結（案）

## 市場開拓調査委員会

### ・第1回調査WG（3月26日）

「特殊鋼の最終用途別需要実態調査」の中間報告

## 流通委員会

### ・説明会（3月27日）

「平成21年度第1・四半期の特殊鋼需要見通し」

講 師：経済産業省製造産業局鉄鋼課

桑原課長補佐

参加者：40名

## 定例講演会（4月6日）

「平成21年度の自動車工業の見通し」

講 師：(社)日本自動車工業会

大上 広報室長兼参事

参加者：90名

## 工場見学会（4月9日）

見学先：日本発条(株)横浜事業所

参加者：29名

## 【大阪支部】

工場見学会（3月12日、(社)全日本特殊鋼流通協会  
大阪支部と共に催）

見学先：(株)島津製作所（京都）、島津創業記念館

参加者：60名

説明会（4月9日）

「平成21年度第1・四半期の特殊鋼需要見通し」

講 師：経済産業省製造産業局鉄鋼課

讃岐係長

出席者：60名

## 編集委員会

### ・小委員会（3月10日）

7月号特集「自動車の環境対応技術と特殊  
鋼（仮題）」の編集内容の検討

### ・本委員会（3月30日）

7月号特集「自動車の環境対応技術と特殊  
鋼（仮題）」の編集内容の確認

## 人材確保育成委員会

「平成20年度ビジネスマン能力向上研修講座」  
(2月23日、24日)

テーマ：「営業プロセスで実際に使える基本  
知識とスキル研修」

講 師：(株)神鋼ヒューマン・クリエイト  
コンサルティング室長 新垣 司氏

## 【名古屋支部】

2団体共催「新入社員研修」（4月8日）

①愛知製鋼(株)知多工場見学

②講 義

「特殊鋼の基礎知識」

講 師：愛知製鋼(株) 岸 信隆氏

「社会人としての基礎マナー」

講 師：JALアカデミー(株) 近藤ゆり子氏

参加者：45名

## 委員会

・運営委員会（4月16日）

部会

・工具鋼部会（4月16日）

・構造用鋼部会（4月17日）

# 社団法人特殊鋼倶楽部 会員会社一覧

(社名は50音順)

[会員数]		【販売業者会員】		
(正会員)		愛 鋼 (株)	清 水 鋼 鐵 (株)	(株)長谷川ハガネ店
製造業者	28社	青 山 特 殊 鋼 (株)	神 鋼 商 事 (株)	(株)ハヤカワカンパニー
販売業者	112社	浅 井 産 業 (株)	ス チ 一 ル	林 田 特 殊 鋼 材 (株)
合 計	140社	東 金 属 (株)	住 金 物 产 (株)	阪 神 特 殊 鋼 (株)
(賛助会員)	0社	吾 妻 金 属 (株)	住 金 物 产 特 殊 鋼 (株)	阪 和 興 業 (株)
<b>【製造業者会員】</b>		新 井 ハ ガ ネ (株)	住 商 特 殊 鋼 (株)	日立金属アドメット(株)
		栗 井 鋼 商 事 (株)	住 友 商 事 (株)	日立金属工具鋼(株)
		石 原 鋼 鉄 (株)	大 同 興 業 (株)	(株)日立ハイテクノロジーズ
		伊 藤 忠 丸 紅 鉄 鋼 (株)	大 同 マ テ ッ ク ス (株)	(株) 平 井
		伊 藤 忠 丸 紅 特 殊 鋼 (株)	大 洋 商 事 (株)	(株) 福 岡 ハ ガ ネ 商 店
		井 上 特 殊 鋼 (株)	大 和 興 業 (株)	藤 田 商 事 (株)
		植 田 興 業 (株)	大 和 特 殊 鋼 (株)	古 池 鋼 業 (株)
		(株) U E X	(株) 竹 内 ハ ガ ネ 商 行	(株) プ ル 一 タ ス
		確 井 鋼 材 (株)	孟 鋼 鉄 (株)	(株) 堀 田 ハ ガ ネ
		ウ メ ト ク (株)	田 島 ス チ ー ル (株)	(株) ホンダトレーディング
		扇 鋼 材 (株)	辰 巳 屋 興 業 (株)	(株) マクシスコーコーポレーション
		岡 谷 鋼 機 (株)	中 部 ス テ ン レ 斯 (株)	松 井 鋼 材 (株)
		力 ネ ヒ ラ 鉄 鋼 (株)	千 曲 鋼 材 (株)	三 沢 興 産 (株)
		兼 松 (株)	(株) テ ク ノ タ ジ マ	三 井 物 产 (株)
		兼 松 ト レ ー デ ィ ン グ (株)	(株) 鐵 鋼 社	三 井 物 产 ス チ ー ル (株)
		大 同 特 殊 鋼 (株)	デ ル タ ス テ ィ ー ル (株)	三 菱 商 事 ユ ニ メタルズ (株)
		(株) カ ム ス	東 京 貿 易 金 属 (株)	宮 田 ス テ ン レ 斯 (株)
		高 砂 鐵 工 (株)	(株) 東 信 鋼 鐵	(株) メ タ ル ワ ナ
		中 部 鋼 鋸 (株)	特 殊 鋼 機 (株)	(株) メ タ ル ワ ナ チ ュ ー ブ ラ ー
		東 北 特 殊 鋼 (株)	北 島 鋼 材 (株)	(株) メ タ ル ワ ナ 特 殊 鋼
		日 鉱 金 属 (株)	ク マ ガ イ 特 殊 鋼 (株)	森 寅 鋼 業 (株)
		日 新 製 鋼 (株)	ケ ー ア ン ド アイ 特 殊 管 販 売 (株)	山 一 ハ ガ ネ (株)
		日 本 金 属 (株)	小 山 鋼 材 (株)	山 進 特 殊 鋼 (株)
		日 本 金 属 工 業 (株)	佐 久 間 特 殊 鋼 (株)	ヤ マ ト 特 殊 鋼 (株)
		日 本 高 周 波 鋼 業 (株)	櫻 井 鋼 鐵 (株)	山 野 鋼 物 产 (株)
		日 本 精 線 (株)	佐 藤 商 事 (株)	南 海 鋼 材 (株)
		日 本 治 金 工 業 (株)	サ ハ シ 特 殊 鋼 (株)	日 陽 鋼 物 产 (株)
		日 立 金 属 (株)	(株) 三 悅	菱 光 特 殊 鋼 (株)
		(株) 不 二 越	三 協 鋼 鐵 (株)	リ ン タ ツ (株)
		三 菱 製 鋼 (株)	三 京 物 产 (株)	渡 辺 ハ ガ ネ (株)
		ヤ マ シ ン ス チ ー ル (株)	三 興 鋼 材 (株)	日 鐵 商 事 (株)
		理 研 製 鋼 (株)	三 和 特 殊 鋼 (株)	日 本 金 型 材 (株)
			J F E 商 事 (株)	ノ ボ ル 鋼 鐵 (株)
			芝 本 產 業 (株)	野 村 鋼 機 (株)
			清 水 金 属 (株)	白 鷺 特 殊 鋼 (株)
				橋 本 鋼 (株)

.....お知らせ .....

## 平成21年経済産業省企業活動基本調査にご協力ください

経済産業省 経済産業政策局 調査統計部

経済産業省では、我が国企業における経済活動の実態を明らかにし、経済産業政策等各種行政施策の基礎資料を得ることを目的として、平成4年以降「経済産業省企業活動基本調査」（基幹統計調査）を実施しており、平成21年も実施いたします。調査に対するご協力をお願いいたします。

- 実施期間：平成21年5月16日～7月15日まで
- 根拠法令：統計法（平成19年法律第53号）
- 調査目的：我が国企業における経済活動の実態を明らかにし、経済産業政策等各種行政施策の基礎資料とする。
- 調査対象：別表に属する事業所を有する従業者50人以上かつ資本金3,000万円以上の企業で、企業全体の数値。
- 調査結果：平成22年1月に速報を公表予定。調査協力企業については、当省で作成した統計情報を送付。

※調査票の提出は、紙調査票によるほか、インターネットからオンラインで提出することもできます。

※調査票に記入していただいた内容につきましては、統計法に基づき秘密を厳守いたしますので、調査に対するご協力をお願いいたします。

(別表)

この調査は、鉱業・採石業・砂利採取業、製造業、電気・ガス業、卸売業、小売業、クレジットカード業・割賦金融業のほか、下記の産業の括弧内の業種が対象となります。

- 飲食サービス業（一般飲食店、持ち帰り・配達飲食サービス業）
- 情報通信業（ソフトウェア業、情報処理・提供サービス業、インターネット附随サービス業、映画・ビデオ制作業、アニメーション制作業、新聞業、出版業）
- 物品賃貸業（産業用機械器具賃貸業（レンタルを含む）、事務用機械器具賃貸業（レンタルを含む）、自動車賃貸業（レンタルを除く）、スポーツ・娯楽用品賃貸業（レンタルを含む）、その他の物品賃貸業（レンタルを含む））
- 学術研究、専門・技術サービス業（学術・開発研究機関、デザイン業、エンジニアリング業、広告業、機械設計業、商品・非破壊検査業、計量証明業、写真業）
- 生活関連サービス業、娯楽業（洗濯業、他の洗濯・理容・美容業・浴場業、冠婚葬祭業（冠婚葬祭互助会を含む）、写真現像・焼付け業、他の生活関連サービス業、映画館、ゴルフ場、スポーツ施設提供業（フィットネスクラブなど）、公園、遊園地・テーマパーク、ボウリング場）
- 教育、学習支援業（外国語会話教室、カルチャー教室（総合的なもの））
- サービス業（廃棄物処理業、機械等修理業、職業紹介業、労働者派遣業、ディスプレイ業、テレマーケティング業、他の事業サービス業）

## 特 集／自動車の環境対応

- I. 自動車産業の環境への取り組み
- II. 自動車メーカーにおける環境対応
- III. 自動車部品メーカーにおける環境対応
- IV. 自動車の環境対応へ貢献する特殊鋼

9月号特集予定…軸 受

## 特 殊 鋼

第 58 卷 第 3 号

© 2009 年 5 月

平成21年4月25日 印 刷

平成21年5月1日 発 行

定 価 1,200円 送 料 100円

1年 国内7,200円 (送料共)

外国7,860円 (〃、船便)

発 行 所

社団法人 特 殊 鋼 俱 樂 部

Special Steel Association of Japan

〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町3丁目2番10号 鉄鋼会館

電 話 03(3669)2081・2082

ホームページURL <http://www.tokushuko.or.jp>

振替口座 00110-1-22086

編集発行人 秋 山 芳 夫

印 刷 人 猪 俣 公 雄

印 刷 所 日 本 印 刷 株 式 会 社

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