

特殊鋼

2012
Vol.61 No.3

5

The Special Steel

特集／熱処理を支える設備の進歩



特殊鋼

| 5 |

目次

2012

【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)
〃	小椋 大輔	(神戸製鋼所)
〃	西森 博	(山陽特殊製鋼)
〃	出町 仁	(新日本製鐵)
〃	鎌田 芳彦	(住友金属工業)
〃	本田 正寿	(大同特殊鋼)
〃	上田 博之	(日新製鋼)
〃	縄田 隆男	(日本金属)
〃	加藤 方隆	(日本金属工業)
〃	宮川 利宏	(日本高周波鋼業)
〃	佐藤 昌男	(日本冶金工業)
〃	加田 善裕	(日立金属)
〃	柴野 芳郎	(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)
〃	池田 祐司	(三興鋼材)
〃	金原 茂	(竹内ハガネ商行)
〃	甘利 圭右	(平井)

【特集／熱処理を支える設備の進歩】

I. 総論—熱処理設備の変遷と今後の動向—

..... オリエンタルエンジニアリング(株) 大竹 保男 2

II. 熱処理設備の実際

1. 塩浴熱処理の特徴と最近の技術動向

..... (株)上島熱処理工業所 鶴見 州宏 7

2. 浸炭炉

(1) ガス浸炭炉

..... 中外炉工業(株) 藤野 智彦 10

(2) 真空浸炭炉..... 大同特殊鋼(株) 堀 哲 14

3. 窒化・軟窒化炉..... (株)日本テクノ 桃澤 均 17

4. 高周波焼入焼戻装置..... 電気興業(株) 片沼 秀明 20

5. 表面改質 (CVD、PVD)

..... オリエンタルエンジニアリング(株) 河田 一喜 23

6. 新しい熱処理レーザ焼入れ

..... 富士高周波工業(株) 後藤 光宏 27

III. 熱処理設備を支える要素技術

1. 加熱源と加熱方式..... 日本ファーンズ(株) 栗太 清文 30

2. 耐火物..... イソライト工業(株) 前田 六郎 34
林 和宏

3. 冷却媒体..... 出光興産(株) 小別所 匡寛 39
有田 裕司

4. 燃焼炉のエネルギー管理と

安全制御..... アズビル(株) 大浦 肇 41
日比野 知久

5. 熱回収システム

—廃熱回収ボイラによる“活エネルギー”の実践—

..... 三浦工業(株) 石崎 信行 44

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

高靱性マトリックス型ハイス

DRM

ドリームシリーズ

〒105-0012 東京都港区芝大門1-10-11 芝大門センタービル5階 ☎ 03-5403-7060 (代表) FAX. 03-5403-2761

IV. 会員メーカー及び関連会社の熱処理・素材技術

真空浸炭シミュレーション技術の開発……………	愛知製鋼(株)	48
ダイカスト金型用新熱処理法・表面処理法…	小山鋼材(株)	49
棒線の熱処理簡省略技術と商品……………	新日本製鐵(株)	50
焼きならしを省略できる		
高強度軟窒化クランクシャフト用鋼…………	住友金属工業(株)	51
冷間ダイス鋼の熱処理、表面処理時の		
寸法変化最小化技術……………	日本高周波鋼業(株)	52

“特集”編集後記……………	大同特殊鋼(株)	本田 正寿	53
---------------	----------	-------	----

●一人一題：「ことば」……………	大同特殊鋼(株)	安田 保馬	1
------------------	----------	-------	---

■業界の動き……………	54
-------------	----

▲特殊鋼統計資料……………	57
---------------	----

★倶楽部だより（平成24年2月21日～4月20日）……………	61
--------------------------------	----

☆社団法人特殊鋼倶楽部 会員会社一覧……………	62
-------------------------	----

☆お知らせ……………	63
------------	----

特集／「熱処理を支える設備の進歩」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	本田 正寿	大同特殊鋼(株)	特殊鋼製品本部 自動車材料ソリューション部 主任部員
委 員	金須 貴之	新日本製鐵(株)	棒線事業部 棒線営業部 棒線商品技術 Gr マネジャー
〃	宮川 利宏	日本高周波鋼業(株)	営業本部 条鋼営業部 担当次長
〃	加田 善裕	日立金属(株)	高級金属カンパニー 特殊鋼事業部 技術部長
〃	柴野 芳郎	三菱製鋼(株)	技術管理部
〃	金原 茂	(株)竹内ハガネ商行	技術部長

TA/YO STEEL MATERIALS

お客様

VE提案

大洋商事株式会社

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

「ことば」

大同特殊鋼(株)
常務取締役

やす だ やす ま
安 田 保 馬



20年前、椎間板ヘルニアで入院し手術を受けました。その時、盲腸も併発して裏表の手術です。椎間板ヘルニア手術の2日前に盲腸が発覚し翌日手術をしたのですが、既に盲腸は破裂し腹膜炎を起し掛けていました。

「これは、もっと以前から盲腸が痛かったはずなのに…」と、外科医師に言われましたが、整形外科での腰痛の治療によって麻痺していたからのようです。

椎間板ヘルニアを先に手術していたら、当時は1ヶ月間は動けないので命に関ることになっていたかも知れません。これは、痛みを“ことばに出来なかった”のですが、“運”に救われたようです。

結果、3ヶ月間の入院生活とリハビリ。その中で、心に残るふたつの“ことば”に出会いました。

ひとつは、椎間板ヘルニア手術の執刀医の「言葉にしないと伝わらない。」です。

ご存知の方も多いと思いますが、椎間板ヘルニアは、腰椎の軟骨が飛び出して脊髄の神経を刺激して下半身に激痛を走らせます。余りの痛さに吐き気を催すこともあります。

当然、整形外科医の皆さんは分かっていると思い込んでいましたが、執刀医に「痛いであろうと想定は出来るが、どの様に痛いかは“ことば”にして言ってもらえないと医者も分からない。」と言われ、ハッとしました。今まで、自分が仕事や生活の中で、“分かってくれている”はずという甘えや、逆に、“分かったつもり”で、やり過ごしてきたことが多かったのではないかと。

ふたつめは、会社の上司の「痛みの分かる人になった。」です。

手術・リハビリを終えて出社すると欠勤10日間の通知が手元に。そこで、上司が「ボーナスは半分になるかも知れんが、“他人の痛みが分かるヒト”になれたことは宝だ。」と言われました。(余談ですが、ボーナスは単純に110日/120日分を支給して頂けましたので安心しました。)

「椎間板ヘルニアで手術」と言えば、我も我もと腰痛持ちの人が集まって来る。“痛み”が共有できるから、“言わなくても分かる”から…同じ釜の飯を食った仲間のような…の同僚意識なんでしょう。

確かに、同じ病室で椎間板ヘルニア手術をした若い男女から、退院3～4年後に「結婚しました!」の連絡が届いたのは自然の流れだったのでしょうか。労わり合える安心感かな。

痛みは見えない。だから、「痛みを知っているよ。」「痛みを和らげることが出来るかも。」の、“ことば”を掛けなければ、打ち解け合って話すこともなく、お互いが通じ合えることもない。

相手に分かってもらえる言葉で話をして、相手の痛みを正しく聞き出すことが大切だと思います。

著名人の言語録などからも、心打たれる“ことば”に出会えます。

しかし、身近な人との会話からは決して有名な“ことば”ではありませんが、“分かり合えた”と感じれる素敵な“ことば”に出会えると思います。

コミュニケーションを大切に。



特 集

熱処理を支える設備の進歩

I. 総論

—熱処理設備の変遷と今後の動向—

オリエンタルエンジニアリング(株) おお たけ やす お
設備事業部 取締役統括担当部長 大 竹 保 男

まえがき

金属材料を加熱、冷却あるいは金属表面に特定の元素を付加する事により、金属の内部構造又は表面組織に変化がおこって、耐久性、耐摩耗性、耐疲労性、さらに耐食性、耐熱性といった種々の機械的性質が著しく改良される。これを利用して工業材料の特性向上を図る技術を熱処理という。

熱処理は自動車、船舶、航空機、建設機械、工作機械、電気機器、工具等の工業製品に深く関与しており、これらの製品は熱処理をする事により最終商品としての価値を向上させており、我が国を代表する産業の品質は、熱処理技術の向上と共に歩んできたと言っても過言ではなく、素材産業分野で、ものづくりの重要な技術として広く認められている。

一口に熱処理と言っても、鉄鋼材料の熱処理だけでも図1に示すように多岐にわたり、非鉄材料の熱処理を合わせると数百種類以上の熱処理方法がある。熱処理設備もまた、ユーザーニーズに合わせた受注生産がほとんどであり、熱処理の種類、目的、操業方式（バッチ式、連続式等）、材料の搬送方式、形状（縦型、横型等）や加熱源の種類（重油、天然ガス、電気加熱等）で分類すると千種類以上にもなる。熱処理技術の進展は、設備技術の進歩とともに歩んできおり、熱処理技術の発展は設備技術の発展にかかっていると言っても言い過ぎ

ではなく、日本を代表する産業製品の品質の向上、価格の低減、生産性の向上に尽くした熱処理及び熱処理設備の功績は大きい。

ここでは、我が国を代表する産業である自動車の発展に深く関与してきた、鉄鋼材料の金属熱処理の一つである浸炭等の雰囲気熱処理設備の変遷と周辺技術及び今後の動向について紹介する。

◇ 熱処理設備の変遷と今後の動向

1. 作業環境と自動化技術

熱処理の現場は、1950年代に入り自動車産業が本格的に立ち上がるに伴い、固形浸炭や塩浴浸炭のような手作業で行っていた作業を、天然ガスや石油ガスを原料に専用の設備で浸炭ガスを発生させる変成式ガス浸炭法を米国から技術導入し、その後実用化されるアルコールを炉内に滴注させ浸炭させる滴注式ガス浸炭法とあいまって、機械化する技術をはじめとする近代化が図られた。

1970年代に入ると自動車の生産増に伴い、大量生産に適した連続型設備の開発や設備操作の自動化により、省人化が図られ作業現場の改善が進んだが、急速な近代化は、同時に公害問題も引き起こし、作業環境がクローズアップされた。写真1のようなソルトバスを使った熱処理は、変成炉式や滴注式と言ったガス雰囲気設備にとって変わってきたが、まだまだ3K（汚い、きつい、危険）職場の域を脱しえなかった。自動車の大量生産の

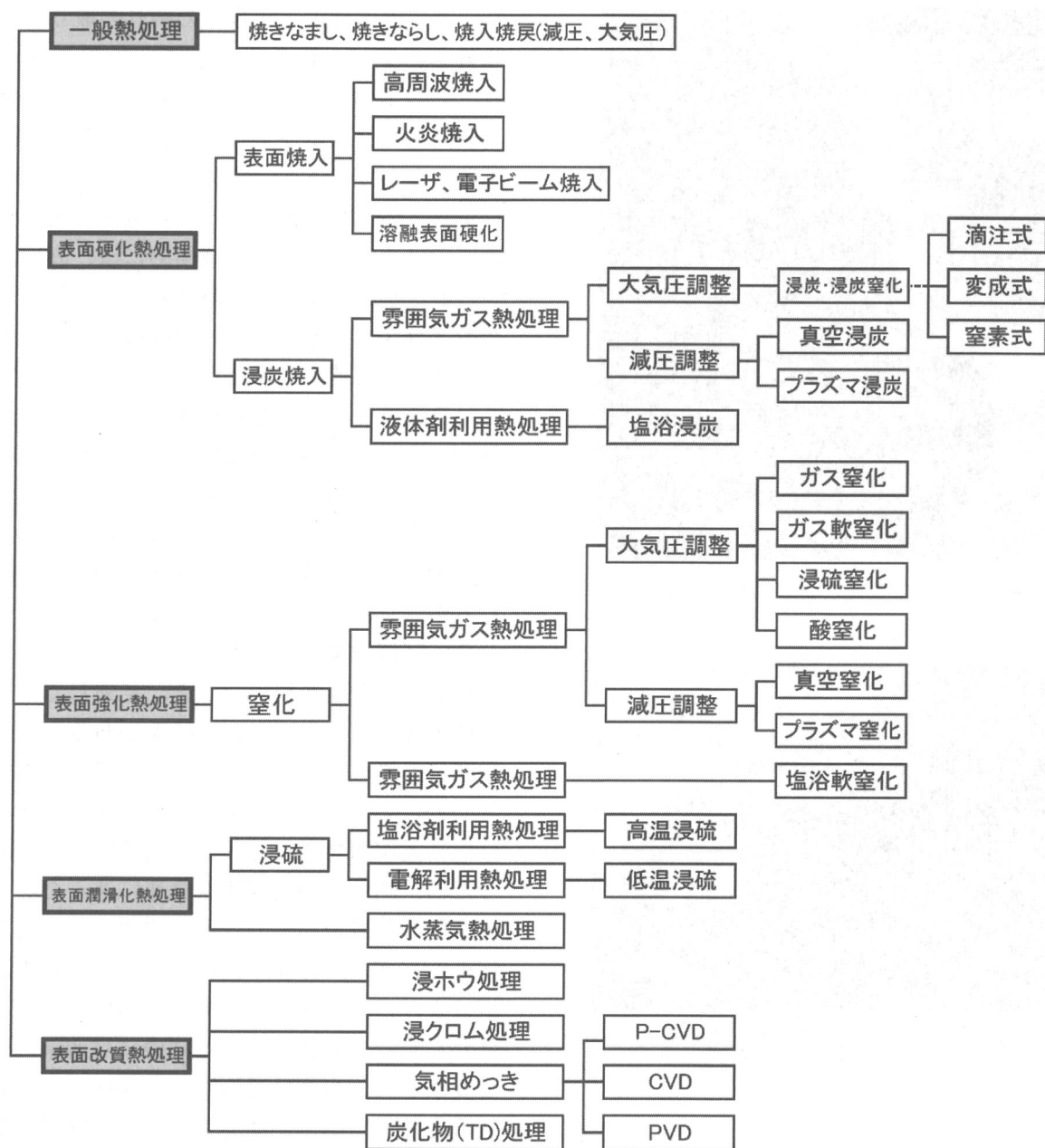


図 1 熱処理の分類¹⁾

時代の到来は、電気電子機器の発展を生み、まず搬送及び温度制御技術が進歩した。特に“焼なまし”や“焼ならし”のような可燃性ガスや油等の液体を使用しない熱処理設備は自動化、省人化が進んできたが浸炭、焼入、窒化等の雰囲気熱処理は材料の搬出入の際、フレームカーテンにより雰囲気遮断をしなければならず、又炉内に可燃性ガスや冷却剤として油を使うので、安全面の関係で自動化は一部のみであった。

1990年代以降になると、従来フレームカーテンで雰囲気保護を行っていた設備が、真空技術を利用したより安全なフレームレス設備が開発、普及した事や、コンピュータの小型化等により急速に自動化が進み、バブル崩壊後低迷する日本経済は更なるコストダウンの要求もあり、写真2のような自動倉庫及びAGV（無人搬送車）を利用し、処理品の搬入から搬出まで全自動で行うシステムが実用化され普及していった。しかし、省人化はす

すんだが、炉内に可燃性ガスがあり、冷却材として大量の油を使う関係上無人化は出来ない。近年、従来の雰囲気熱処理ではなく、次世代の熱処理設備の模索が始まり、真空及びプラズマを使っ

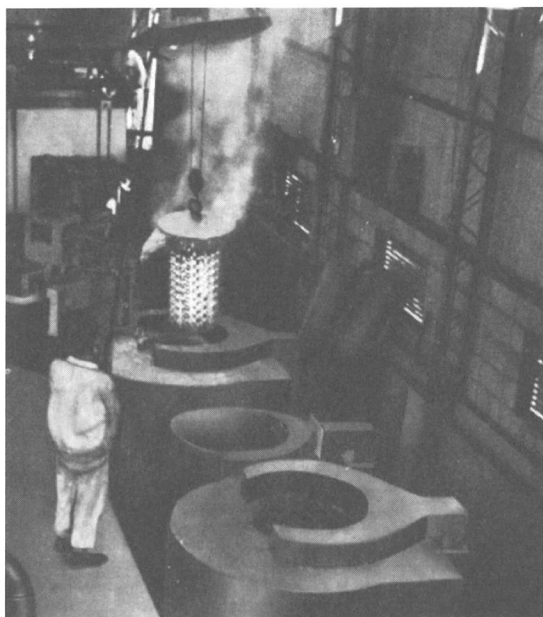


写真 1 ソルトバス炉の焼入作業

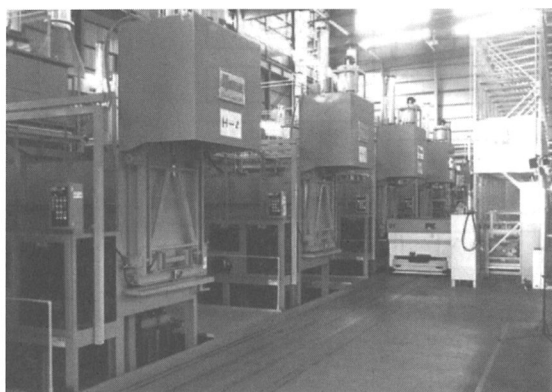


写真 2 AGVと自動倉庫を連結した全自動バッチ型浸炭炉

た浸炭設備特に真空浸炭に於いては、新しい技術の確立と共にここに来て脚光を浴びている。真空やプラズマ技術を利用して安定した品質を確保できる設備が実現し、油以外の冷却材、例えば高圧ガス冷却、水又は水溶性冷却剤のシステムが完成すれば、最近のコンピュータやインターネットを始めとする情報技術の発展・普及は、無人化が容易に可能となっている。

このような設備の普及は、熱処理現場の環境も5S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）運動の広まりと共に大幅に改善された。しかし、加熱炉本体からの放熱もあり作業環境は決して良好とは言えない。炉体からの放熱を減らす事が出来れば空調も可能な環境となり、より一層作業環境の改善は進

む。又、熱処理加工現場での治具の取り付けと取り外し作業は、作業者へきつい負担を強いている。この手作業を軽減する為の安価な補助機械器具の開発や、ロボットへの代替の実現が今後の課題となってくるし、治具の取り付け取り外しがロボットへ代替出来れば、熱処理工場の無人化は夢ではなくなる。又、技術的には、高周波加熱等の直接加熱を使えば短時間昇温も可能だし、真空やプラズマ技術を利用した高温浸炭等による短時間処理も可能な技術となっているので、安定した品質を確保でき、冷却技術の問題さえ解決できれば、浸炭等の熱処理設備も加工設備と直結したインライン型熱処理設備も近い将来に実用化される。将来の雰囲気熱処理設備は、目的別にインライン用設備と大量生産用設備とに分かれる時代がくるかもしれない²⁾。

2. 制御技術

熱処理の発展過程のなかで、見逃してはいけない技術として、雰囲気制御技術がある。浸炭等の雰囲気熱処理は以前、測定が手動であり熟練技能者の勘による作業であった。しかし、CO₂赤外線分析装置が開発され雰囲気の自動管理が可能となった為、熱処理の自動化が急速に進んだ。この制御技術は熱処理品質の管理に重要な転換となった技術と言える。1990年代に入ると、赤外線制御技術はより操業が簡便なO₂センサ制御方式にとって変わられた。窒化も浸炭と同様に雰囲気の自動化が要求され、当初は浸炭制御と同様に赤外線分析装置を使った制御が開発されたが、軟窒化制御に

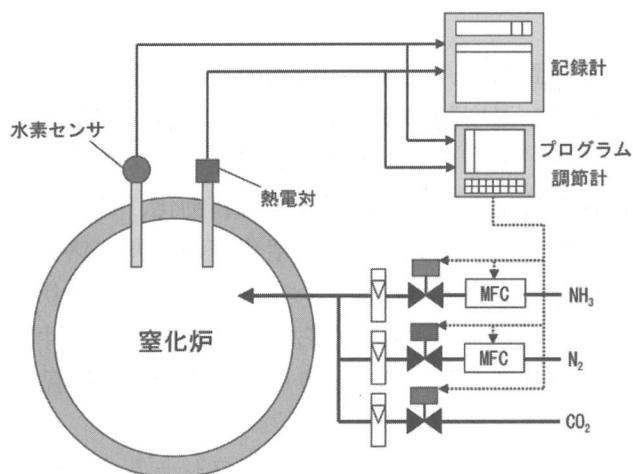


図 2 軟窒化制御装置のシステム

は炭酸アンモニウムが析出しメンテナンスが煩雑の為、一部を除き実用的には不向きで、普及までには至らなかった。しかし、近年は図2のようなH₂センサを使った制御が開発され注目をあび、ヨーロッパと同様に我が国でも実用化されており、ガス窒化でも品質管理で重要な役割を担うと期待されている。

真空浸炭技術も新しいシステムが開発され、次世代の浸炭技術として見直されているが、この技術の最大の欠点は、安定した操業をする為に、従来のガス浸炭炉と同等な雰囲気管理技術が確立されていない事であり、今後の課題となっている。

雰囲気制御技術以外でも、熱処理設備を無人で安全に操業させる為には、センサを使用して設備を自己診断出来るシステムの開発も不可欠な技術であり、今後の課題として開発に着手する必要がある。

3. CO₂排出抑制技術（省エネ技術）

1970年代に発生したオイルショックは、熱処理設備に省エネルギー対策が求められ、セラミックファイバで築炉し軽量化を図った設備や、重油加熱方式からクリーンな燃料としてのガス加熱方式への転換が進み、レキュペレータ（空気予熱器）等により省エネ化をした設備の普及が進んだ。この時はエネルギーの安全保障の面からの要求であったが、1990年代になると、「気候サミット」が開催され世界規模で地球環境の改善が討議され、温室効果ガスの削減目標が設定された。熱処理設備は大量に電気、ガス、油などの熱エネルギーを消費する設備でありこの社会的制約に新しい技術が求められた。図3のようなリジェネバーナシステムもこの技術の一つで、排ガスをセラミックハニカムに蓄熱し、再利用する事で従来のバーナより30%以上熱効率が向上した。セラミックによる築炉技術も、耐熱鋼のスタッドボルトにて施行するペーパライニング工法より、施行が簡便で、表面に取り付け金具が露出しないブロック工法が実用化された。又、新しい断熱材としてシリカ（SiO₂）を主成分とした従来品より数倍効果を発揮する高機能断熱材の開発や、セラミック製の炉内構成材料の実用化も進み、サイリスタ（SCR）等を使った精密制御管理技術の発展により、省エネが大幅に進んだ。

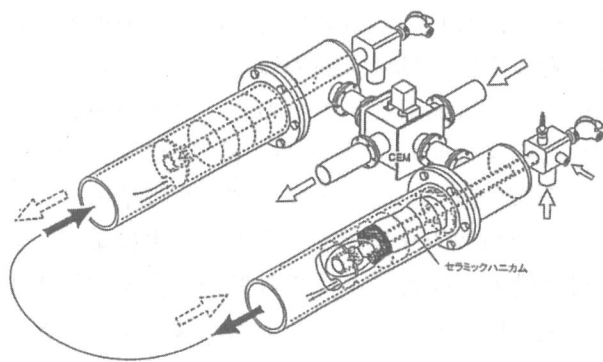


図 3 リジェネバーナのシステム³⁾

熱処理は油を使用する関係上、洗浄機が付帯する。従来は有機溶剤を使用した設備であったが、炭化水素系及び水系の洗浄機が開発され、環境への配慮も進んできた。しかし、ここに至り温室効果ガス25%削減計画が宣言され、更なる省エネが求められている。この要求に応えるためには、高温で使用でき、築炉も容易な新しい高機能断熱材や炉内構築材の開発と共に、例えば真空断熱とか炉体構造の見直しも必要であり、炉体からの放散や排ガス等の熱エネルギーの再利用技術の開発が課題となる。

むすび

3. 11東日本大震災により、福島原発が壊滅的なダメージを受け、エネルギーをめぐる事情は一変し、電力使用量の削減が急務となっており、エネルギー多消費型産業の一つである工業炉にも早急に対策が求められている。この問題に対処すべく各メーカーの模索が続いていると思うが、早急に回答を出すためには、画期的な技術でなく、既存技術の改善・改良技術が早道となる。既に連続炉タイプでは実用化されているが、例えば、材料の昇温工程は大出力加熱が出来るガス燃焼加熱で、均熱保持工程では精密制御が出来る電気加熱により最大電力使用量を抑え、シナジー効果も期待出来るハイブリッド型の熱処理炉の開発も考えられる技術だし、又、最近のエネルギー価格の高騰は、燃焼ガス量の削減にも配慮しなければならない。決して新しい技術ではないが酸素富化燃焼技術も考えられる技術の一つである。

いずれにしても、CO₂排出抑制技術（省エネ技術）の開発は不変の課題であり、設備だけで出来るも

のでなく、新しい熱処理技術の開発も不可欠となる。省エネには処理時間の短縮が上げられ、この技術の一つは高温浸炭であろう。真空技術を利用すれば容易に可能であるが、材料の問題がある。又、冷却技術の開発も重要な省エネ技術の一つである。冷却性能を飛躍的に向上する事により、表面炭素濃度を大幅に下げられ処理時間を短縮出来る。更に低歪みの冷却システムが確立すれば後工程の削減にも繋がる。熱処理の目的は表面改質であり、川中産業である熱処理業界は、川上産業の素材メーカーや川下産業である完成品メーカーの動向に大きな影響を受けている。熱処理方法も両業界の協力が不可欠であり、目的にあった熱処理方法及び複合処理を見つけ、省エネの実現の為、定期的に素材メーカーや完成品メーカーとの議論の場を持つべきであろう。

近年、熱処理設備、表面改質の新技术として真

空浸炭、PVD、CVD、DLC、プラズマ、レーザー熱処理など高度な表面処理技術が生まれてきている。又、中国、インドといった新興国の目覚ましい経済発展は、現在の日本の優位性がいつまで維持できるか分からない。こうした中で熱処理設備の取り組むべき課題は、先に述べた技術開発の他に材料、部品の仕様、熱処理目的を入力する事による熱処理品質のシミュレーション技術、品質管理の為の非破壊検査方法が確立すれば、受け入れから、完成まで完全に全自動化でき、諸外国に対し大きな差別化となる。

参考文献

- 1) 山方三郎：「熱処理技術の基本と仕組み」秀和システム、2009
- 2) 工業炉協会：“工業炉業界ビジョン追補版（後編）”、工業加熱、Vol.48、No.3 P3~5
- 3) 日本ファーンネス工業㈱カタログ



Ⅱ．熱処理設備の実際

1．塩浴熱処理の特徴と最近の技術動向

(株)上島熱処理工業所 顧問 鶴見 州 宏

まえがき

塩浴（ソルトバス）熱処理はすでに数十年の歴史があり、それ自体は新しいものではない。高能率生産が優先される今日では、大量生産ならびに自動化が容易な真空熱処理や雰囲気熱処理などが増加し、作業環境、廃水处理、炉寿命、生産効率、コストなどに難点のある塩浴熱処理は減りつつあることは否めない。しかし、真空熱処理などでは得られない高品質を要求される分野では相変わらず塩浴熱処理の信頼度は高い。この特集にあたり、塩浴熱処理の特徴と最近の技術動向について若い人向けに簡単に書いてみることにした。なお、広義の塩浴熱処理には浸炭窒化、軟窒化、浸硫処理などの表面処理も含まれるが、本文ではこれらは割愛し、中性塩による塩浴熱処理のみを取り上げた。

◇ 塩浴炉とその種類

金属熱処理用の塩浴は一般に高温用（約1000～1350℃）、中温用（約570～950℃）、低温用（約140～550℃）の3種類に分けられている。全体として、おおよそ140～1350℃が使用可能温度範囲になっている。

高温用塩浴は主に高速度工具鋼やダイス鋼の焼入加熱用に、中温用塩浴は低合金工具鋼、構造用鋼、軸受鋼、ばね鋼などの焼入加熱、高速度工具鋼の予熱、中間保持用、ならびに種々の高温焼戻し、等温焼なましなどに、また、低温用はマルテンパ、オーステンパ、焼入時の冷却、低温焼戻しなどに使われている。使用する塩の種類はそれぞれ異なっており、高温用はほぼ BaCl_2 のみ、中温用は BaCl_2 、 NaCl 、 CaCl_2 などの塩化物の混合浴である。これに対し、低温用は NaNO_3 、 KNO_3 、 NaNO_2 などの硝酸塩および亜硝酸塩の混合浴が用いられている。

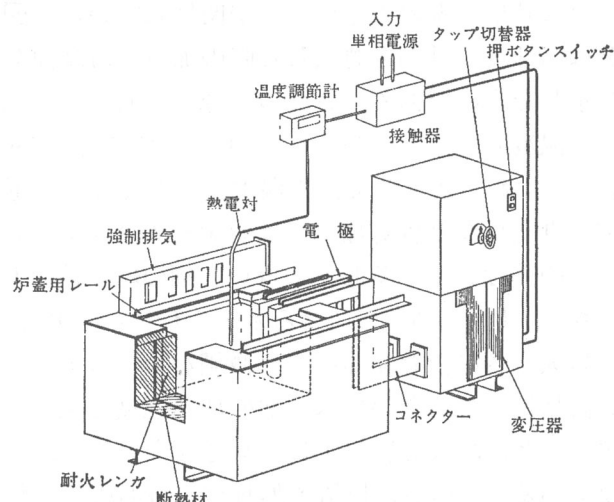


図 1 電極式塩浴炉の構造¹⁾

塩浴の加熱方法としては直熱（電極）式と外熱式がある。高温用は塩浴に直接電気を通し加熱する電極式が用いられている。直熱式塩浴炉の一般的な構造を図1¹⁾に示す。中温用および低温用では外熱式も用いられている。外熱式は鋼製のポットに塩を装入し、そのポットを加熱している。温度コントロールはやや難しくなるが、電気のほかガス、油などエネルギー源を多様化できる利点がある。現在、当社は高温、中温、低温用など合わせて20基あまりの塩浴炉を保有しており、その最大寸法は450×450×1500（mm）となっている。

◇ 塩浴熱処理の特長

塩浴熱処理の優れているところを整理すると以下ようになる。

- (1) 焼入加熱時間が短い → 結晶粒が粗大化しないのでじん性に富み、歪みにも有利
- (2) 炉の温度分布が良い → 歪みが少なくなる
- (3) 高温域の冷却が速く、低温域では比較的ゆるやかに冷却される → 焼きが入りやすく、しかも歪みが小さくなる

- (4) 広範囲の熱処理条件（マルテンパ、オーステンパ、部分熱処理、短時間加熱・冷却、複雑な温度変更など）に対応できる
- (5) 酸化、脱炭が少ない
- (6) 熱処理温度、時間の調整が短時間にできる
→ 多品種、小ロットに対応できる
- (7) 設備費が比較的安い

加熱時間を短くできる原因は、塩浴は熱容量ならびに熱伝導度の大きいことが関係している。図2は高速度工具鋼を焼入時の加熱・冷却曲線を示したものである。φ25の場合、表面と中心部との温度差は予熱（900℃）で3分、本加熱（1180℃）ではわずか2分で内外温度差はなくなる。通常、真空炉など放射加熱では約20～30分要するのでこの差はいちじるしく大きい。鋼の結晶粒の大きさは、変態点直上でできるオーステナイトの結晶粒の大きさに依存するので、微細なオーステナイト結晶粒にするためには、鋼の加熱速度を大きくすることと焼入温度以上に上昇させないことが肝要である。この点、塩浴熱処理は、浴温の均一性も高いので短時間で均一に加熱することができる。

真空炉など放射加熱の場合、加熱時に処理品の不均一加熱が生じやすいので、より時間をかけるか、あるいは焼入温度を高めにとる傾向がある。このことがオーステナイト結晶粒の粗大化を起し、ひいてはじん性低下を招くことになる。

真空炉および塩浴炉のオーステナイト化時間を比較したもの²⁾によると、真空炉は塩浴炉に比較し、1000℃では4～5倍、1200℃では約9倍のオーステナイト化時間を要することがわかる。

次に冷却について述べる。最近の真空炉は高压

ガス冷却の進歩などにより、かなりの材質まで焼入可能になってきている。しかし、それでもガス冷却は油冷や塩浴冷却に比べると熱伝達率が悪く、冷却面でも塩浴より劣っている。

塩浴のとくに優れているところは、高温域において大きな冷却能を有することである。高速度工具鋼は熱処理にきわめて敏感な材料であるが、その原因は初析炭化物の析出温度が1000～600℃にあり、この炭化物が生じると材料のじん性が低下し、硬さも低下することにある。したがって高速度工具鋼の熱処理はいかにこの温度範囲を急速に冷却するかにかかっている。塩浴冷却の場合は700℃以上の冷却速度が大きいので炭化物の析出が避けられる。また、マルテンサイトが生成する低温域では速く冷却すると歪みが大きくなるのでこれは避けたい。塩浴は約450℃以下では油焼入より冷却能は低下するので、結果としてこれも望ましいことになる。このような性質から塩浴熱処理は高速度工具鋼の焼入には最も適した方法といっても過言ではない。

塩浴における焼入時の冷却過程は油焼入の場合と異なり、蒸気膜段階や沸騰段階がなく、対流段階のみである。したがって蒸気膜段階の冷却の遅い時間帯や沸騰段階の激しい冷却現象がない。このことは部位による変態開始のずれが少なくなり、結果として歪みが少なくなる。さらに冷却能を高める方法として、塩浴の攪拌、水の添加などを実施しているが、冷却能を上昇させることは、焼入性の悪い鋼種ならびに焼入性の良い鋼種でもより大型品の熱処理硬さが確保できるので、材料の適用範囲が広がることになる。

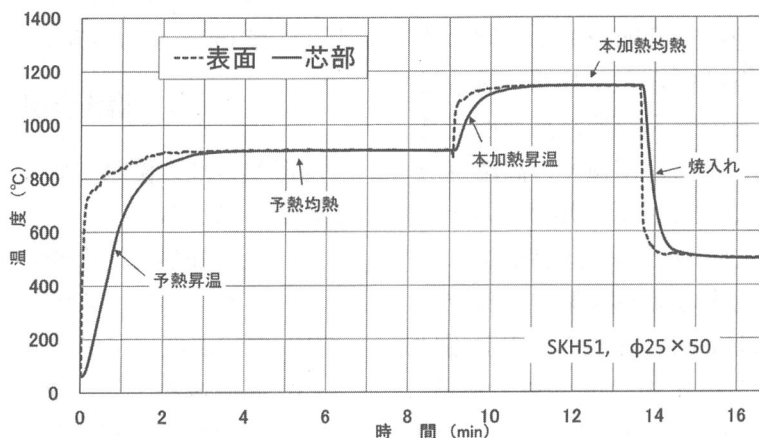


図 2 塩浴熱処理における加熱・冷却曲線の一例

以上のような利点から、真空熱処理に移行したものの一部は再び塩浴熱処理に戻ってきている³⁾。

◇ 塩浴熱処理の新技术

部分熱処理について少しふれると、切削工具では刃先とシャンク部では硬さが異なるのが一般的で、部品によっては3段以上の硬さ分布が求められることもある。マンドレル、たがね、ロールなどもこのような硬さ分布を求められることが多い。さらにダイカスト金型ではダイの表裏で硬さを変えるため片面のみを塩浴に浸漬する焼戻しも採用されている^{4)、5)}。この種の操作はいずれも塩浴熱処理の独壇場といえるであろう。

客先のニーズに対処するため新たな熱処理方法も開発している。2段マルテンパ処理、2段オーステンパなどがこれである。ここではオーステンパの改善について一例を紹介する。周知のとおり、オーステンパはオーステナイト化した鋼をTTT曲線の鼻にかからないように冷却し（つまりパーライト変態をさせずに）、ベイナイト変態させるものである。肉厚になると内部の冷却が遅くなり、パーライト変態を防ぐことができなくなるので一般的には細い物、または薄い物にしか適用できない。この適用寸法を拡大する技術として2段オーステンパ処理がある。これに関してテストした一例を図3に示す。これによれば400℃のオーステンパの際、その前に200℃に30秒間浸漬することにより、φ50の中心部が400℃に達する時間は約5分の1になることがわかる。

最近では、硬さ、歪みのほか、残留オーステナ

イトの調整など高度な技術を求められる場合も増えてきている。これらに対応するため低温塩浴槽ならびに測定機器などを中心に設備増強を行い、精密な試験も実施している。設備増強と裏付けデータによって焼入加熱短時間化の限界把握や複雑な熱処理など高度な技術対応が可能になってきた。その結果が理想的な硬さ分布や歪み対策にも結びついている。

むすび

現在、塩浴熱処理は製品のみならず研究開発的な用途も増加しており、工具鋼、ばね鋼、軸受鋼、高抗張力鋼の新鋼種開発や熱処理条件改善にも寄与している。最近では航空機材料の熱処理でも寄与している。最近では航空機材料の熱処理で新たな注目を浴びており、塩浴熱処理に期待されるところが増大している。このように塩浴熱処理は古いが新しい熱処理設備ともいえるであろう。勿論、これらに対応するには設備、計器、技術、管理などの強化のみでは不十分である。塩浴熱処理は塩浴管理、段取り、予熱、焼入、焼戻し、後工程など、いずれも品質に大きく影響するので現場技能者の能力に依存するところが大きい。このためには技能伝承がきわめて重要であるので、今後人も人材育成にも力を入れたいと考えている。

参考文献

- 1) 日本鉄鋼協会：鋼の熱処理 改訂5版、丸善、p.241 (1969)
- 2) ㈱不二越：SPECIAL STEELS マテリアル総合カタログ
- 3) 鶴見州宏：特殊鋼、58、3、p.18 (2009)
- 4) 鈴木育夫：電気製鋼、64、p.202 (1993)
- 5) 金川淳、柏原芳郎、岡島琢磨：型技術、20、15、p.86 (2005)

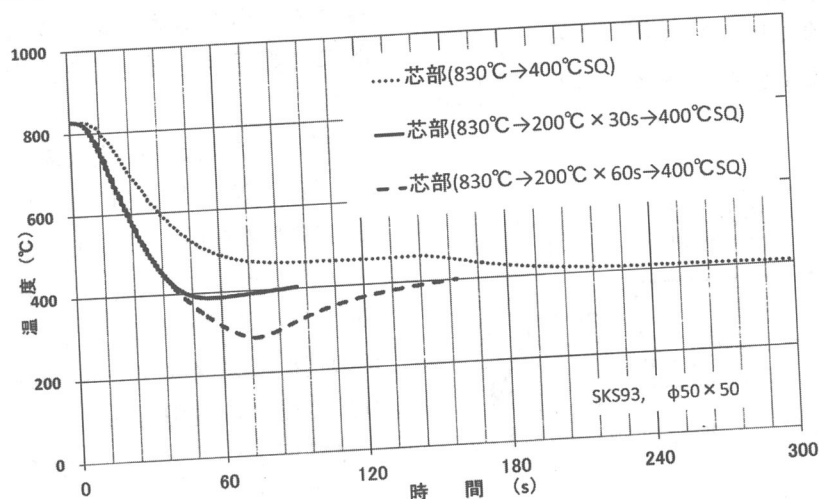


図 3 2段オーステンパによる処理品中心部の温度変化例

たバーンオフ炉による脱脂を1室目の予熱兼用室に設けることにより、従来のバーンオフ炉から浸炭設備への搬送時の熱ロスを防ぐことができる上、省スペースでより安全な設備にもなっている。図の設備では脱脂予熱室／昇温均熱・浸炭・拡散室／降温保持室の3室と分割している。このため、効率的で均一な昇温及び降温が可能となり、処理時間の短縮、トレイ内品質ばらつきの低減といった効果が得られる。

ローラハース型連続炉では、各室を自由に仕切ることができる上、条件変更や停炉時にトレイプッシャ型炉では必要なダミートレイの装入が不要である。トレイプッシャ型連続炉では条件を変更する場合には全トレイを追い出した後にサイクル時間の設定変更をおこなうが、ローラハース型連続炉ではローラの駆動をセクション分割し、各セクションを独立した異なる速度にて搬送することで、設備内で2種類のサイクル時間の処理も可能である。これにより省エネルギーは勿論、条件変更時の待ち時間低減により生産効率や多品種へのフレキシビリティ性が向上する。

◇ ガス浸炭設備の機能

1. 変成ガス発生機

変成ガスは、プロパン、ブタン、都市ガスなどの炭化水素系ガスに適量の空気を混合させた後、ガス発生機中の高温の触媒中で分解反応させて生成させる。生成したガスをクーラーで急冷却させ、各ガス成分を固定し、複数の設備へ供給する。

ブタン変成における反応式を式(5)に示す。



変成ガス発生機には、炉内設置型のものもある。放熱が設備の熱源に有効利用され、生成したガスの急冷・再昇温がないため、変成ガス発生消費エネルギーは別置型に比べて大幅に低減される¹⁾。

2. 雰囲気ガス制御

CPは温度および雰囲気ガス各成分の濃度に依存するため、目標のCPを維持するためにはこれらの因子を制御する必要がある。

反応式(1)、(2)のCO、CO₂あるいはH₂、H₂Oのガス濃度を目標のCPに制御する方法として、露点法、CO₂分圧測定法、O₂分圧測定法があるが、現在はCO₂およびO₂法が用いられている。いずれも微量存在するCO₂、O₂分圧を測定、CO、H₂濃度を固定値とし、それらの比を演算して制御している。

センサーは、赤外式CO₂分析計および酸素センサーをそれぞれ用いて行われる。

3. 加熱装置

加熱源は、バーナおよび電熱が用いられている。連続炉では、省エネルギーのため変成ガスの排ガスの燃焼熱を利用したバーンダウンバーナを予熱帯に使用することもある。

4. 冷却

冷却機構はガス浸炭設備の抽出部に設けられ、油、水、ソルトなどの冷媒へ処理品を浸漬して焼入れを行う。

◇ ガス浸炭設備の技術動向

昨今、ガス浸炭設備への要求は、品質面、コスト面、環境面など、より高度なものとなっている。

1. 低ひずみ化

浸炭処理において、ひずみを抑えることは重要な課題である。ひずみは冷却時の影響が最も大きく、必要な熱処理精度に応じてプレスクエンチ、引上げ焼入れ、減圧焼入れなど色々な冷却方法が適用されている。通常の浸漬冷却でも、油槽構造の改良が進み、均一な流速分布が得られるようになってきている。また、浸炭処理品に応じて高压ガス冷却が適用されている例もある²⁾。

2. 品質のばらつき低減

トレイ内、トレイ間、設備間ばらつきの全てにおいて、昇温、均熱温度の均一化、雰囲気ガスの均一化、炉圧変動の抑制、焼入油流速の均一化などの改善が行われている。ローラハース型連続炉においては、浸炭室と拡散室にも仕切り扉を設けて温度、CPをより高精度に制御することで品質ばらつきの低減が図られている。

3. 処理時間の短縮

処理時間の短縮には、処理温度の高温化、高CP化、高CO濃度化が有効³⁾である。高COガス

発生装置⁴⁾などが開発されている。

4. 省エネルギー、低CO₂排出

省エネルギーについてはレキュペレータ、リジエネバーナ、断熱強化、治具の軽量化などさまざまな改善が行われてきた。最近では、設備のフレームレス化や、変成ガスの再生再利用により排出を減らす方法⁵⁾が提案されている。

5. 安全性

2008年11月に設備の危険性評価のための法改正⁶⁾があり、設備に対する安全への配慮が強く求められている。今後はガス浸炭装置においても、作業者の熟練度に頼らない簡単な操作で安全な装置が求められてゆく。

むすび

近年、ガス浸炭熱処理に対するニーズは、高品質化と低コスト化とに二極化してきているが、いずれも熱処理工程だけではなく素材・鍛造・切削

加工・後加工など全工程を通しての改善が必要であり、材料メーカー、設備メーカー、熱処理加工メーカー、エンドユーザなど関わる全てが協力して高品質化に取り組んでいくべきである。それに加え、今後さらなる低コスト化と低環境負荷への要求がある中で、業界の発展に貢献できれば幸いである。

参考文献

- 1) 尾崎：工業加熱、22 (1985) No.4、p18
- 2) 藤田 大下：熱処理 51巻 (2011) 3号 P122-127
- 3) F. Neumann and U Wyss：Aufkohlungswirkung von Gasgemischen., Harterei-Techn. Mitt., 25, Heft 4, 253-266 (1970)
- 4) 中津 下里 紙谷：第55回日本熱処理技術協会講演大会概要集 (2002)
- 5) 中津 藤野 武田：第70回日本熱処理技術協会講演大会概要集 (2011)
- 6) 改正労働安全衛生法 (平成18年4月1日施行)



(2) 真空浸炭炉

大同特殊鋼(株) 堀
機械事業部 名古屋機械営業室

さとし
哲

まえがき

鋼（はがね）は強度や加工性においてコストパフォーマンスに優れ、社会基盤の形成にはかけがえのない素材である。様々な新素材が開発される現代においても、その優位性が揺らぐことはない。そして、このような鋼の特性を引き出すために大きな役割を果たすのが、熱処理である。形状が比較的複雑な鋼製の構造部材は、その成形工程、すなわち塑性加工や切削加工を行うときには加工効率を高めるために軟らかい方が都合がよく、一方で組立時あるいは使用時には耐久性を高めるために特に表層付近の十分な硬さが求められる。すなわち、成形後かつ組立前に表面硬化処理を行う必要があり、浸炭（浸炭焼入）はその手段として広く一般的に用いられている。

浸炭焼入処理とは、高温（800～1000℃程度）に加熱された鋼材部品に外部から炭素を浸入させて表層付近の炭素濃度を高めた上で、油中などに浸

漬して急冷（焼入）する熱処理方法で、急冷時に生成するマルテンサイト組織の圧縮応力によって部品の表面は硬化する。

一方、減圧下で熱処理を行う真空炉は、表面酸化による品質の低下あるいは外観の毀損を防止する目的から、ステンレス・工具鋼・希土類合金をはじめとする鋼材や、アルミ・銅・チタンなどの非鉄金属の熱処理には欠かせない設備である。そして減圧下で浸炭処理を行うように設計された設備が真空浸炭炉である。

わが国では大同特殊鋼(株)（以下、当社という）を初めとする複数のメーカーが真空浸炭炉を商品化し販売している。

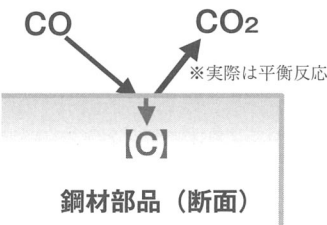
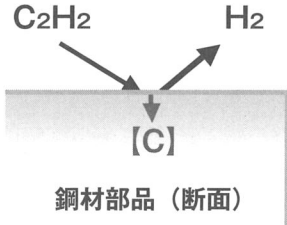
本稿では、モジュールサーモを例に、真空浸炭炉の特長とその導入効果について解説する。

◇ 真空浸炭法

表1に真空浸炭とガス浸炭のちがいを示す。

特徴的なのは両者の雰囲気のちがいである。ガ

表 1 ガス浸炭と真空浸炭の比較

	ガス浸炭	真空浸炭
使用エネルギー	燃料・電力	電力
使用ガス（炭素供給源）	変成ガス（ $\text{CO} + \text{H}_2 + \text{N}_2$ ）＋ エンリッチガス（e.g. プタン）	アセチレン（ C_2H_2 ）、 プロパン（ C_3H_8 ）など
浸炭効率（炭素収率）	～数%	～70%
処理圧力	大気圧	約1/10～1/100気圧
浸炭制御方法	CP制御（ CO 、 CO_2 濃度調整）	適時適量供給（パルス浸炭） *) 当社の場合
浸炭機構	$\text{Fe} + 2\text{CO} \rightleftharpoons [\text{Fe} + \text{C}] + \text{CO}_2$  鋼材部品（断面）	$2\text{Fe} + \text{C}_2\text{H}_2 \rightleftharpoons 2[\text{Fe} + \text{C}] + \text{H}_2$  鋼材部品（断面）
製品表面酸化	あり（～30μm） 雰囲気中にO（酸素）あり	なし（＜5μm） 雰囲気中にO（酸素）なし

ス浸炭の場合、雰囲気中でCO、CO₂およびO₂が平衡状態を保っており、すなわち微量ではあるが常に一定量のO₂が存在している（供給される）ため、製品表面には酸化層が生じる。また供給されるガスは、カーボンポテンシャル（CP、雰囲気の浸炭し易さを表す指標）の制御だけでなく、炉圧を正圧（大気圧+ α ）に保持するという役割も持っているため、常時一定量のガスを供給し続ける必要があり、結果として浸炭効率（炭素の反応収率）は低くなる。一方で真空浸炭の場合、製品は装入時に真空パージされた後は、減圧下で空気に触れることなく熱処理が行われるため表面酸化もほとんどなく、また炉体は減圧状態での密閉性が確保されているため、ガスは浸炭に必要な分だけ供給すればよく、浸炭効率は高い。

また真空浸炭では、製品形状によって品質（深さ方向の炭素濃度分布）が影響を受けることを考慮する必要がある。すなわち、ギヤの歯先など深さ方向への拡散場の少ない形状の表面炭素濃度は、平面部と比べて高くなるため、表層付近にセメンタイトが析出したり、残留オーステナイトが増加して強度低下をきたす場合があり、特にそれらの部分に高い強度が求められる場合は、レシピ（熱処理条件）を決定する際に考慮する必要があるし、製品の検査位置を決定する際にも十分注意を払う必要がある。

◇ 真空浸炭炉の特長

1. 設備の構成

現在わが国で普及している真空浸炭炉は、いわ

ゆるバッチ式に分類されるものが大多数を占める。一例として図1に当社真空浸炭炉（モジュールサーモ）の標準的なレイアウトを示す。

モジュールサーモは複数のバッチ炉から構成されているが、使用する側から見れば、製品を投入してから熱処理が完了するまですべて自動運転のため、連続炉と同等の生産能力が得られる。また各モジュールの構成は、所要の熱処理条件および生産能力から適宜最適に組み合わせることが可能で、設置後の増設・改造などにも柔軟に対応できる。

そして、すべてのモジュールには炉外から直接アクセスできるため、メンテナンス性が高く、また浸炭モジュールは室単位で休止できるため、生産量変動時のフレキシビリティも高い。

真空炉は外気とのシール性を確保するため、炉の内部と外部を貫通する機構が多く、また炉内容積の大きいトンネル形の連続炉は、性能・品質を維持するための保守に手間を要する。そのため真空浸炭炉は、今後も連続式よりもバッチ式の普及が進むものと予想される。

2. 真空浸炭機構の解明

従来、真空浸炭炉はレシピを導出するために多くの時間が必要とされ、その理由は真空浸炭のメカニズム（雰囲気中から鋼材に浸炭する原理）が不明確で、過去の経験に依存してトライ＆エラーを強いられる点にあった。

当社は真空浸炭における炭素浸入機構について研究を行った結果、浸炭処理中の鋼材表面においてオーステナイト、セメンタイトおよび黒鉛の3

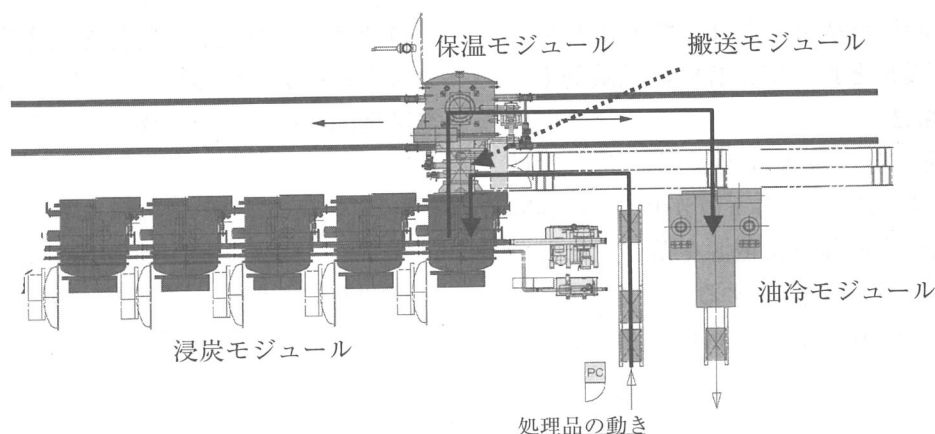


図 1 モジュールサーモの標準レイアウト

相が平衡していることを解明し¹⁾、すなわち浸炭中の鋼材表面の炭素濃度をその化学成分と浸炭温度から熱力学的に求めることが可能となった。

真空浸炭機構の解明は2つの効果をもたらした。

1つは個人の熟練に頼ることなく、安定した製品品質が得られる仕組み、すなわちスキルフリー化を実現したことである。レシピは浸炭機構（理論）に基づくソフトウェアによって計算されるため、いつでも誰でも同じ条件で熱処理を行うことができる。また真空炉は構造上、炉の個体差が少ないため、ガス浸炭炉のように炉ごとの「くせ」を熟練作業者が微調整して品質を作り込むといった作業が不要となり、未経験者でも習熟期間で現場に入れるようになった。

もう1つは炭素の収率（供給される炭素に対する製品に浸炭される炭素の比率）が向上したことである。もともとガス浸炭と比べて炭素の収率が高かったものが、機構解明により、製品が必要とするタイミングと量を正確に捉えることができ、最小限のガス量で所定の浸炭品質が得られるようになった。このことはガスの原単位が改善する以上に、炉内のスス・タールの減少による炉内清掃（メンテナンス）の頻度軽減に大きな効果をもたらした。

3. 省エネルギー

真空浸炭炉は変成ガスを使用しないため、ガスの変成に必要なエネルギーや排ガスの強制燃焼が不要で、ガス浸炭炉よりもエネルギー原単位に優れている。当社納入先における製品重量あたりのCO₂原単位を測定した結果、それまで使用していた連続式ガス浸炭炉と比べて、47%の低減効果が確認された。（図2）

また、真空浸炭炉は焼入油の昇温時間を除けば、短時間で立ち上げ・立ち下げが可能のため、週末など短期間の生産休日に電源を落とすことで無駄な待機エネルギーを削減することができる。ガス浸炭炉は設備の立ち上げ・立ち下げにかかる

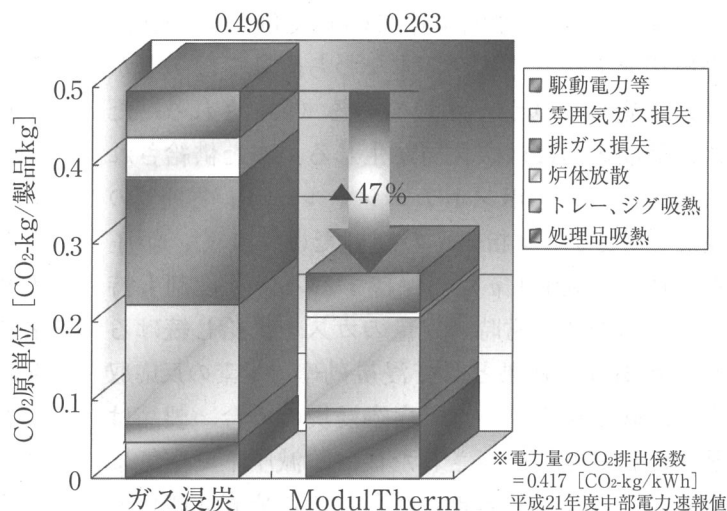


図2 モジュールサーモのCO₂原単位

時間とエネルギーのロスが大きいため、長期間の連続操業が常識とされるが、一方で連続操業に対応する変則勤務シフトが労務コストの上昇を招く場合がある。すなわち、真空浸炭炉は省エネと省人化を両立する工法として注目を集めている。

むすび

“熱処理”はわが国の自動車を初めとするものづくりを支える基盤技術・基盤産業であるが、一方で大量のエネルギーを消費するCO₂排出源でもある。また生産現場におけるいわゆる2007年問題（2012年問題）やそれに伴う技能伝承といったわが国の産業に共通の問題も抱えながら、今後は台頭する新興国との競争に勝ち抜いていかなければならない。低炭素社会の実現という社会的要請に応えつつ、生産現場の効率化・省人化を達成しようとするとき、真空浸炭技術は1つの解答を与えているのではないかと考える。

当社は、真空浸炭の特性を引き出す専用鋼や低コスト化を実現するプロセスの開発を通して、真空浸炭の一層の普及を図っていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 森田敏之、羽生田智紀:電気製鋼、77 (2006)、5

3. 窒化・軟窒化炉

(株)日本テクノ 社 長 梶 澤 ひとし 均

まえがき

急激な国際化・グローバル化により、我が国の製造業に陰りが見えている。我が国の製造業が世界で生き残れるかどうかは、高付加価値製品の生産が続けられるかどうかにかかっている。そのため、地味ではあるがノウハウの固まりである熱処理・表面改質・表面処理がキーテクノロジーになると思われる。

そこで、ガス窒化、ガス軟窒化を中心に最新技術と設備について概説する。

◇ 窒化・軟窒化技術

1. 窒化の種類

現在実用化されている窒化処理は、古くから行われてきたガス窒化の他に、塩浴窒化、ガス軟窒化、プラズマ（イオン）窒化、浸硫窒化、酸窒化などがある。窒化処理はフェライト領域で行うため、前工程で十分に応力を除去しておけば処理に伴う歪みの発生が小さく、且つ、規則的である。そのため、精度を必要とする機械部品や工具類の耐久性改善に有効である。なお、表面に形成される緻密な化合物層（白層）は、耐摩耗性、耐焼付き性、耐食性の向上に効果がある。

2. ガス窒化とガス軟窒化

一般に、ガス窒化（純窒化とも言われる）とガス軟窒化は別の処理との捉え方が一般的である。ガス窒化は、浸炭に替わってより強度・精度を必要とする部品に施され、窒化鋼（SACM645）やダイス鋼（SKD61）などの高級材料が使用される。一方、ガス軟窒化はプラスアルファ的な処理として炭素鋼など低級材料に施されるという捉え方である。しかし、ガス窒化とガス軟窒化の違いは主に被処理材にあり、設備や処理プロセスから見ると差異はない。

表1は、一般的に言われているガス窒化とガス軟窒化の特徴を比較したものである。金型類で、

表 1 ガス窒化とガス軟窒化の比較

	ガス窒化	ガス軟窒化
材 料	〈高級鋼〉 SACM、SKH、SKD、SCM、SUS、SUP	〈低級鋼〉 SPC、SS、炭素鋼、 鋳鉄、STKM
目 的 の 組 織	〈拡散層〉 主にAl、CrとNの化合物 (Fe-Al-N、Fe-Cr-N)	〈化合物層〉 FeとNの化合物 (Fe ₃ N、Fe ₄ N)
硬化深さ	〈深い〉 0.1～0.6mm	〈浅い〉 8～15μm
表面硬度	〈高い〉 700～1200Hv	〈低い〉 450～700Hv
処理時間	〈長い〉 3～100Hr	〈短い〉 60～150min
用 途	〈単品部品〉 金属類、ドライブシャフト、 シーリング、エジェクターピン、 シャフト類、カム	〈量産部分〉 OA部品、自動車部品、 電動工具、ミシン部品

化合物層（白層）レス（無し）の窒化が注目されている。化合物レス窒化は、精度、面粗度、耐ヒートチェックに有効であるが、耐摩耗性、耐食性に多少難がある。

3. アンモニアガスによる窒化のメカニズム

アンモニアガスによる窒化は、図1の概念図のごとく鋼表面に吸着されたアンモニアガスが分解し、活性な窒素（発生期の窒素とも言う：N）を鋼中に侵入・拡散させ、焼入れを伴わずに表面を硬化させる処理である。

つまり、活性な窒素原子はアンモニアガスが鋼と接触してきたときに（1）式で表される反応によって供給される。

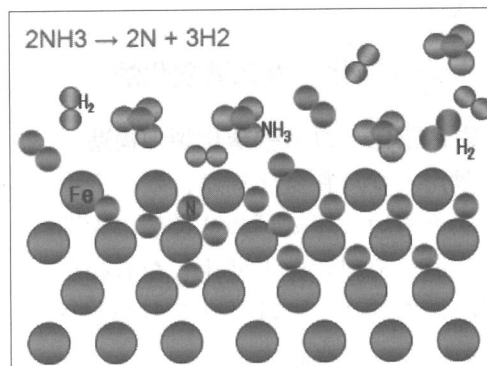


図 1 アンモニアガスによる窒化のメカニズム

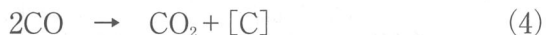


但し、アンモニアガスが被処理品以外で (2) 式の反応で窒素分子と水素分子に分解されると、窒化に寄与せず無駄に消費されてしまう。

ところで、雰囲気中のアンモニアガスに炭酸ガス (CO_2) を 3～5% 添加すると、鋼表面の窒素濃度の上昇することが経験的に知られている。それは、鋼表面に吸着している水素分子と炭酸ガス分子が (3) 式の水性ガス反応によって水と一酸化炭素分子 (CO) に変わることにより、雰囲気中の露点を上げ、鋼表面に良好な触媒を形成するからである。



しかも (3) 式の反応で発生した一酸化炭素は、(4) 式のブルドア反応により鋼表面に炭素を供給する。



少量の炭酸ガスの供給により、ガス窒化に比べ、アンモニアガスの使用量を 1/2～1/3 に減らすことができ、且つ、ガス軟窒化で必要な一酸化炭素を改めて供給する必要がない。

4. ガス窒化、ガス軟窒化の管理項目

ガス浸炭に比べ、ガス窒化やガス軟窒化は処理温度が 300℃～500℃ も低いので、品質に及ぼす要因が多く細かい管理が欠かせない。

(1) 窒化ポテンシャル (残留アンモニア)

使用ガスの種類、ガス流量、炉内酸化、被処理品の表面積、処理温度、シーズニングの具合、発熱体の表面温度、炉内攪拌、露点、炉の気密性等

(2) 被処理品の表面状態

表面酸化、前洗浄、素材メーカー (圧延油)、部品メーカー (加工油)、表面粗さ等

(3) 材質

SPCC、炭素鋼、合金鋼、ステンレス鋼、快削鋼、非鉄等

◇ ガス窒化・ガス軟窒化炉

1. ガス窒化・ガス軟窒化炉の構造

ガス窒化・ガス軟窒化炉は、ピット型炉、バッチ型炉、連続炉の 3 種類に大別される。バッチ型炉を大型化したものが連続炉なので、ここではピット型炉とバッチ型炉について概説する。

なお、炉メーカーにより窒化炉のシス

テムが異なるので、ここでは真空パージ式フレームレス構造の炉に絞ることにする。

(1) ピット型炉

図 2 はピット型炉のシステム構成図で、減圧 CVD と同様に真空気密構造になっており、被処理品の搬入・搬出時には付帯する真空ポンプで真空パージを行っている。また、処理中有毒なアンモニアガスが漏れないように、炉体はもとより配管や機器類を含めシステム全体が加圧にも真空にも対応できるようになっている。

なお、排ガス中の残留アンモニアガスは分解炉で、 $\text{NH}_3 \rightarrow 1/2\text{N}_2 + 3/2\text{H}_2$ の反応により窒素ガスと水素ガスに分解し、さらに燃焼塔で燃焼してからダクトで屋外に排気している。

このように、最新のガス窒化・ガス軟窒化炉は二重三重の安全対策を講じているので、有毒なアンモニアガスを使用するにもかかわらず、安全に処理することができる。しかも、炉内圧力を大気圧プラスに制御する事により、アンモニアガスを零まで絞れるので、処理ガスの削減と窒化精度の向上が可能になった。

(2) バッチ型炉

システム構成図は、バッチ型炉もピット型炉もほぼ同じで、主な違いはピット型炉は被処理品の炉内への搬入・搬出が垂直方向であるのに対し、バッチ型炉は水平方向であるという点である。そこで、ここではバッチ型炉のシステム構成図は割愛し、1 室型と 2 室 IN-OUT 型について図 3 で紹

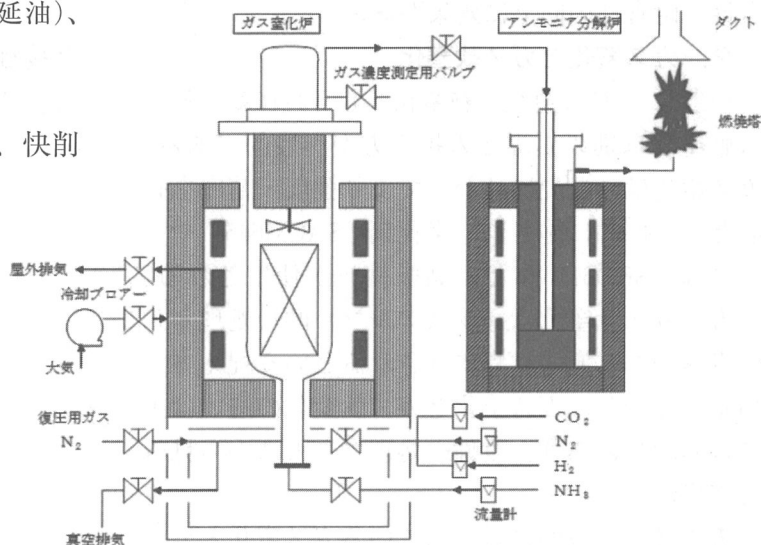


図 2 ピット型炉のシステム構成図

介するにとどめる。

◇ ガス窒化・ガス軟窒化炉の雰囲気制御

最近、ガス窒化・ガス軟窒化の雰囲気制御が注目を集めている。それは、真空気密構造の窒化炉、真空パージ方式、水素センサーの組合せにより、制御精度、システムの耐久性が向上し、処理ガスの使用量が大幅に削減されるからである。

1. ガス窒化・ガス軟窒化の雰囲気制御理論

前述のごとく、アンモニアガスの熱分解反応は(1)、(2)式で表される。ところで、窒化力を示す窒化ポテンシャルKnが(5)式で表されることは古くから知られている。

$$Kn = P_{NH_3} / P_{H_2}^{3/2} \quad (5)$$

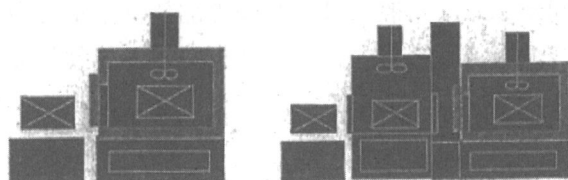
ここで、 P_{NH_3} : NH_3 の分圧

P_{H_2} : H_2 の分圧

窒化に際し、処理温度と水素分圧(P_{H_2})が決まれば、図4のLehler(レーラー)状態図により窒化ポテンシャルKnが求められる。逆に、処理温度と窒化ポテンシャルKnが決まれば、Lehler状態図から制御すべき水素分圧が決まる。

写真1はピット型窒化炉(600φ×1200H、500kg/charge)と水素センサーの外観である。

ところで、ガス窒化・ガス軟窒化は雰囲気気の非定常状態を利用する処理なので、平衡状態図の



(a) 1室型 (b) 2室IN-OUT型

図3 バッチ型炉の種類

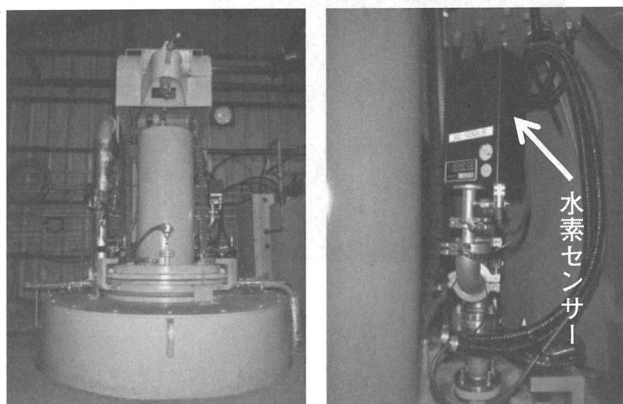


写真1 ピット型ガス窒化炉と水素センサーの外観

Lehler図を使用する場合は、時間を考慮する必要がある。因みに、10μmの箔のポテンシャルが、雰囲気気の窒化ポテンシャルと平衡するのに約3時間かかると言われている。

2. ガス窒化の処理結果

ガス窒化・ガス軟窒化は、鋼種により用途により処理サイクルが異なる。写真2に代表的な低濃度窒化の処理結果を示す。

むすび

ドイツでは歯車に150時間を超えるガス窒化が行われていると聞く。これは、窒化の低ひずみと焼戻し軟化抵抗特性を生かし、浸炭代替を狙ったものである。我が国では、窒化は高価な処理という先入観からこのような発想がなかなかできない。この機会に、窒化を生かして製造工程をスルーで見直すことをお勧めしたい。本資料がガス窒化・ガス軟窒化の普及に役立つことを願っている。

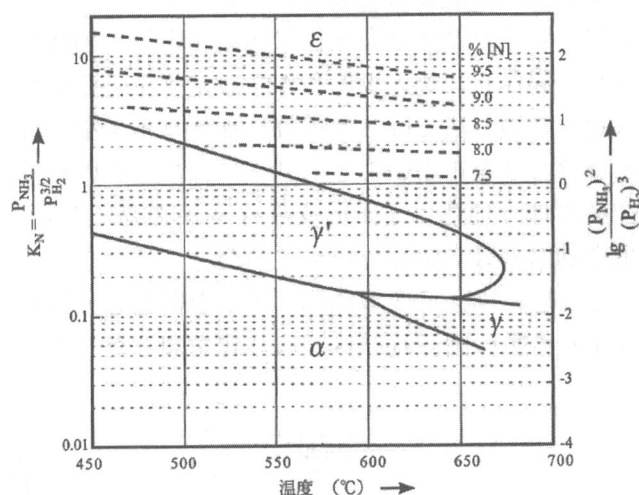


図4 濃度等値線を持つLehler図

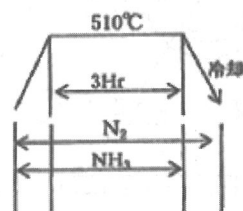


図14 <材質:SKD61>

- 【特徴】・低歪み、低寸法変化
・薄い化合物層
・薄い拡散硬化層
- 【結果】・表面硬度:HV1180
・化合物層:0μm
・硬化深さ:60μm
・内部硬度:HV475

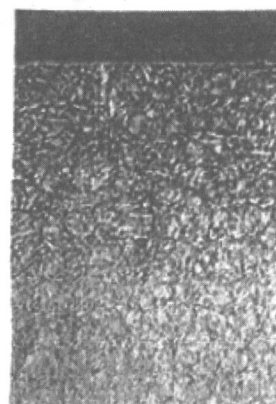


写真2 ×625

写真2 低濃度窒化の検査結果

4. 高周波焼入焼戻装置

電気興業(株) 高周波統括部 片沼秀明

まえがき

高周波発振機は、電動発電機、電子管発振機からサイリスタやトランジスタインバータに置換わり、制御回路もアナログからデジタルに移行している。高周波熱処理は、直接加熱、部分加熱、急熱・急冷の特徴があり、高周波発振機の変化とともに新しい焼入法が開発されている。本章では、弊社で実施されている高周波焼入焼戻設備を紹介する。

◇ コイル内径可変型焼入焼戻設備¹⁾

従来の高周波焼入焼戻設備においては、ワーク形状、寸法及び熱処理仕様に応じて専用の加熱コイルを製作し、焼入焼戻条件を設定する必要があった。この方法では、機種毎に加熱コイルを保有しなければならないこと、さらに、ワークの機種切替に伴う加熱コイルの交換作業が必要となり、生産効率の低下をもたらしていた。

この度、内径可変型加熱コイルを開発し、加熱コイル台数の削減及び無段取り化を図った。この

方式の特徴は、2種類の加熱コイルとフレキシブルリード（電源とコイルを繋いで電力を供給する導体）を用いて、直径の異なる軸部品を加熱コイル交換無しで加熱コイルの内径を変化させながら熱処理することが可能で、段取り時間の短縮やコイル在庫の削減効果が得られている（写真1）。

◇ 2周波合成焼入設備²⁾

歯車などの複雑な形状の表面硬化法の高周波誘導加熱による焼入れは、浸炭、窒化に比べてひずみが小さく、安価な材料を使用できる利点があるが、品質の安定性や信頼性の面からあまり評価されず、採用例は多くない。普及しない原因の1つは、歯車にとがった部分（歯先）とへこんだ部分（歯底）があり、電磁誘導作用を利用した高周波焼入れでは、歯先と歯底を均一に焼入れすることが困難であったからである。電磁誘導作用では、周波数が低いと歯底が強調されて加熱される傾向があり、また、周波数が高いと歯先が強調される傾向がある。一般には、2つの加熱コイルと高低2つの周波数を使い、ワークを定置に移動して加

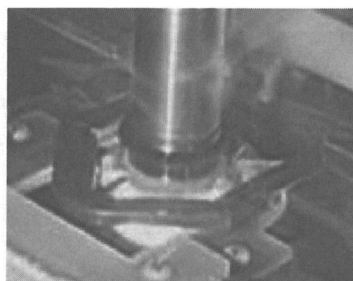
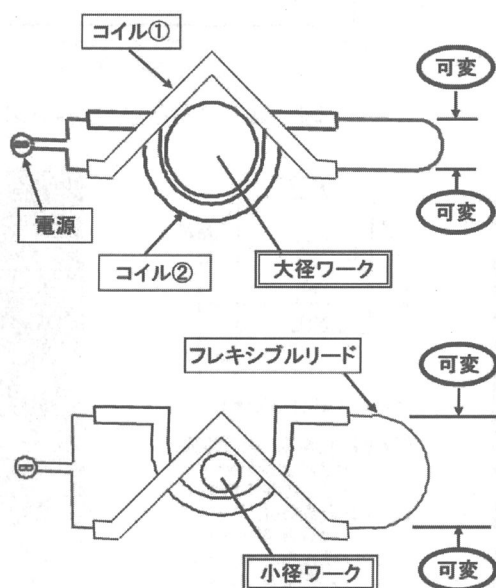


写真1 コイル可変動作の模式図と加熱状態

熱する方法がある。弊社では、1つの加熱コイルに高低2種の高周波電力を同時に印加、かつ各々の電源は独立して制御することができるシステムを開発した。これにより、設備費の低減と幅広い加熱プログラム対応が可能となった。歯車の輪郭焼入れ以外にも使用され、その一例としてはラックシャフトの移動焼入れがある。各々品質要求の異なるラックの歯面部、ボールネジ部、シャフト部を1工程で焼入れをおこない、連続した硬化層パターンを実現した。

◇ MHz帯の焼入設備³⁾

薄肉小孔部を有する機械部品の一つとして自動車のミッション部品があり、エンジンの回転を伝達するため勘合部の耐摩耗が要求される。従来の高周波焼入れに用いられるkHz帯の周波数では、薄肉小孔部を高周波焼入れした場合、表面硬さ、硬化層等の規格値を得ることは可能ではあるが、位置度が大きくなり、勘合部品であるシャフトを挿入出来ないという問題があった。薄肉小孔部の焼入歪みは、マルテンサイト変態に伴う体積膨張により発生し、薄肉小孔部は変形して小さくなる。また焼入硬化層が深いほど体積膨張が大きくなり、内径の変化量が増え、歪み易い傾向となる。MHz帯の周波数を使用した高周波焼入れと短時間加熱に伴う条件監視技術の開発により、母材強度の低い材料に対して薄肉小孔部の位置度を確保するとともに、耐摩耗性を向上させた。

◇ ツインコイル方式による クランクシャフトの焼入設備⁴⁾

クランクウェイブ部の薄いクランクシャフト

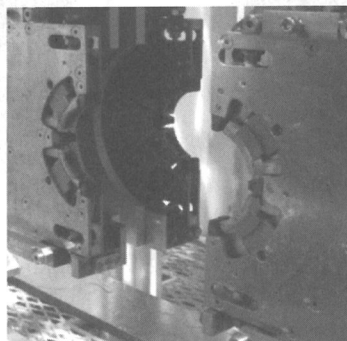
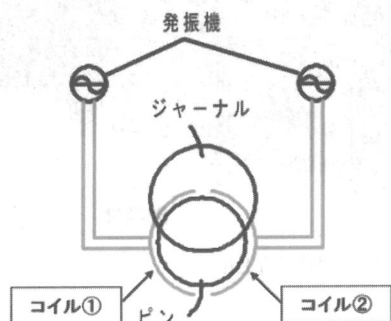


写真2 ツインコイルの模式図と加熱OFF、ON

は、焼入れによる変形が問題となる。このため、加熱時間を短縮し、変形を抑制する必要がある。クランクシャフトの回転追従焼入設備において、1台の追従機構に2台の加熱コイルを対向に配置して1箇所ピン部或いはジャーナル部を焼入れするツインコイル方式を開発した(写真2)。

- (1) 加熱表面積が約2倍となり加熱時間の短縮。
- (2) 加熱コイル1台における加熱負担が約1/2となり加熱コイル耐久性の向上。
- (3) 回転数に関係なく均一加熱が可能となる。これにより、ワーク回転数の増大と加熱コイル投入電力の増大をせずに短い加熱時間での回転追従焼入れが可能となり、安定した熱処理品質を確保した。

◇ 省スペース低コスト焼入設備⁵⁾

弊社で販売する標準的な高周波誘導焼入設備は、希望のレイアウトに納まる範囲で機械・制御盤・発振機・水槽などを個別に設計・製作し、完成させるオーダーメイドである。この手法では、構成ユニットの大型化とコストアップの傾向が強い。低コストと省スペースを目的に機械・制御盤・発振機・水槽を一体型にして一つの筐体に収納した焼入設備を開発した。汎用縦型焼入機(DENKO CUBO)は、設置面積が従来比率1/3、汎用低損失整合回路の採用により、変換効率向上、メンテナンス容易化等を実現した。

◇ 大型リング部品のシームレス焼入設備

従来の設備では1個の加熱コイルでワークの円周を移動焼入れし、焼入れの終了点付近に硬度の

不連続の切れ目（ソフトゾーン）が生じていた。これは、焼入開始点が再加熱により焼戻しされて硬度が下がらないように開始点と終了点に距離を設けているためである。シームレス焼入設備は同時に2個の加熱コイルを円周に沿って各々反対方向に移動焼入れし、焼入れの開始点と終了点では2個のコイルを接近させて焼入層の切れ目をなくす。この方式の特徴は、全周面を加熱コイルで囲み全周を同時に焼入れする方法に比べて小容量の高周波発振機の設備で焼入れすることができる。

◇ 次世代型高周波焼戻設備⁶⁾ (Denko-CARRIER HEATER)

自動車部品の等速ジョイントやハブユニットの焼戻方法には、高周波による一発（定置）焼戻し、連続焼戻しおよびバッチ式炉等による焼戻しがある。高周波一発焼戻しの場合は、インラインに構成されて焼入サイクルタイムで焼戻しができる反面、加熱時間が短く焼戻し効果が完全とはいえない。バッチ式炉と同等の焼戻効果を追求し、高周波一発焼戻しのインライン構成を備えた次世代型高周波焼戻設備（Denko-CARRIER HEATER）を開発した（写真3）。ワーク搬送はコンベアを使用し、炉体コイル内を移動する。コンベアの送り速度はインバータにて制御するため、対象ワークにより変更が可能である。焼戻コイルは、ワーク全体を加熱するための炉体コイルと質量の多い部

分を加熱する直線コイルの2種で構成されている。焼戻後の硬度分布は、ワークの表面だけでなく、内部にかけても硬度は低下しており、バッチ式炉と同様の焼戻効果を確認した。Denko-CARRIER HEATERはバッチ式電気炉の約38%の電力量で焼戻しが可能であり、省エネルギーの焼戻法である。

むすび

高周波焼入焼戻設備は発振機や制御機器の性能向上により短時間加熱に対応した熱処理工程のプログラム化や熱処理条件の監視等の精度が向上し、熱処理品質の安定性や信頼性が高まってきている。イーサーネットコンバータを使用した遠隔操作やメンテナンス対応も可能であり、ユーザーにとって扱いやすい設備になってきている。

問い合わせ先

☆ 弊社HP = <http://www.denkikogyo.co.jp/>
高周波営業部 TEL : 03-3216-9433

参考文献

- 1) 佐々木寛、片沼秀明、他:工業加熱 Vo44、6、(2007)、P18
- 2) 富里哲夫、木村文俊、他:電興技報 No.39、(2005)、P35
- 3) 片沼秀明、木藤清明、他:電興技報 No.36、(2002)、P19
- 4) 小宮誠、片沼秀明、他:電興技報 No.39、(2005)、P14
- 5) 大橋要介、甲斐浩之、他:電興技報 No.43、(2009)、P60
- 6) 山口俊夫、山田義博、他:電興技報 No.43、(2009)、P38

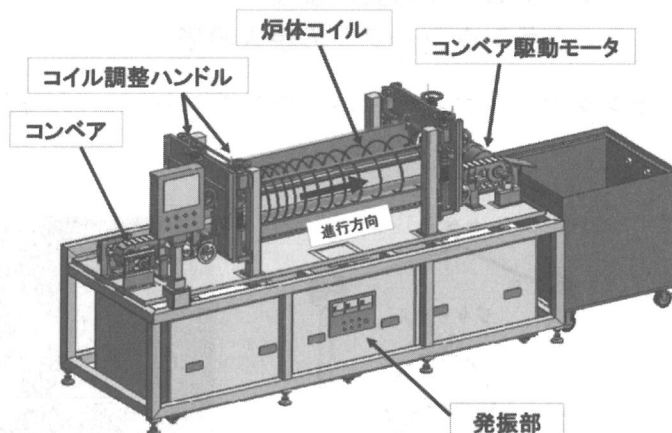
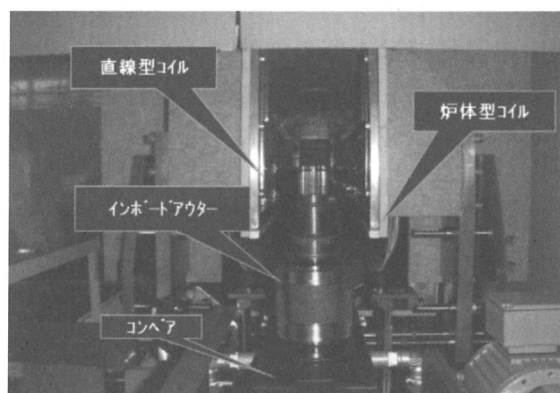


写真3 次世代型高周波焼戻設備（Denko-CARRIER HEATER）

5. 表面改質 (CVD、PVD)

オリエンタルエンジニアリング(株) かわ た かず き
取締役 研究開発部 部長 河 田 一 喜

まえがき

従来の浸炭や窒化に代表される鋼の表面硬化熱処理で得られる表面硬さは、1,000HV程度が限界である。それに対してCVD (Chemical Vapor Deposition) やPVD (Physical Vapor Deposition) に代表される表面改質では、セラミックスやダイヤモンド膜まで鋼表面に被覆できるため、2,000HV以上の硬さを得ることができる。そのため、従来の熱処理技術以上の耐摩耗性、耐食性、耐熱性などが要求される工具、金型や自動車部品をはじめとした機械部品にもその応用が拡大してきている。

また、そのようなCVDやPVDに代表される表面改質を行う装置と膜種も進歩が著しいため、表面改質の現状と最新技術について紹介する。

◇ 表面改質の目的と種類

工具、金型のなかには従来の熱処理や窒化に代表される表面硬化熱処理では、耐摩耗性、耐焼付き性、耐熱性などの特性において満足できないものも多くある。そこで、工具、金型の耐久性向上の目的で、鋼あるいは超合金表面にCVDやPVDに代表される表面改質を施すことが多くなっている。また、最近では摩擦係数を下げ、耐摩耗性、耐焼付き性、耐熱性などを改善する目的で、自動車をはじめ各種の機械部品にセラミックスコーティングやDLC (Diamond-Like Carbon) 膜などの応用が拡大している。

1. CVD

化学蒸着 (CVD) 法は、主にヨーロッパから導入された技術で、図1に示すように約1000℃に加熱された金属容器中にTiやAl等のハロゲン化物の蒸気、炭化水素、窒素および水素ガスなどを流し、常圧または減圧下でTiC、TiN、TiCN、 Al_2O_3 などのセラミックスを被覆する技術である。この方法では、被覆後の冷却速度が遅く、鋼などでは焼入れが不十分なため、再度真空炉等で再加熱焼入れ

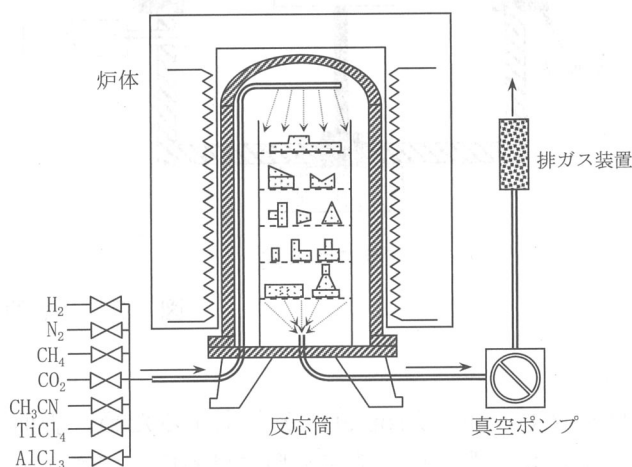


図 1 CVD装置概略図

を行う必要がある。また、装置的には排ガス処理装置が必要であり、品物を入れて出すまでの時間が長い。この方法は処理温度が高いため金型の変形、変寸には注意が必要である。ただ、膜の密着性につき回り性は優れているため高面圧のかかる金型には向いている。

2. PVD

PVD法もヨーロッパをはじめ海外から導入された技術である。PVD法は真空蒸着、スパッタリング (Sputtering)、イオンプレーティング (Ion Plating) という3つの物理蒸着法の総称で、金型用には主にイオンプレーティングが使われている。このイオンプレーティングの中で代表的な真空アーク蒸着 (CVAD, Cathodic Vacuum Arc Deposition) 装置と中空陰極放電 (ホロカソード放電、HCD, Hollow Cathode Discharge) 式イオンプレーティング装置の概略図¹⁾を図2に示す。

まず、真空アーク蒸着法の特徴はつぎのようになる。①処理温度が250℃程度と低い温度でもコーティングできる。②合金ターゲットを使えばTiAlN膜などの金属元素を2つ以上含む膜を作製できる。③ターゲットが壁にあるため中心に被処理物をセットでき、大物から小物まで処理できる。一方、他の方式に比べてアーク放電によるド

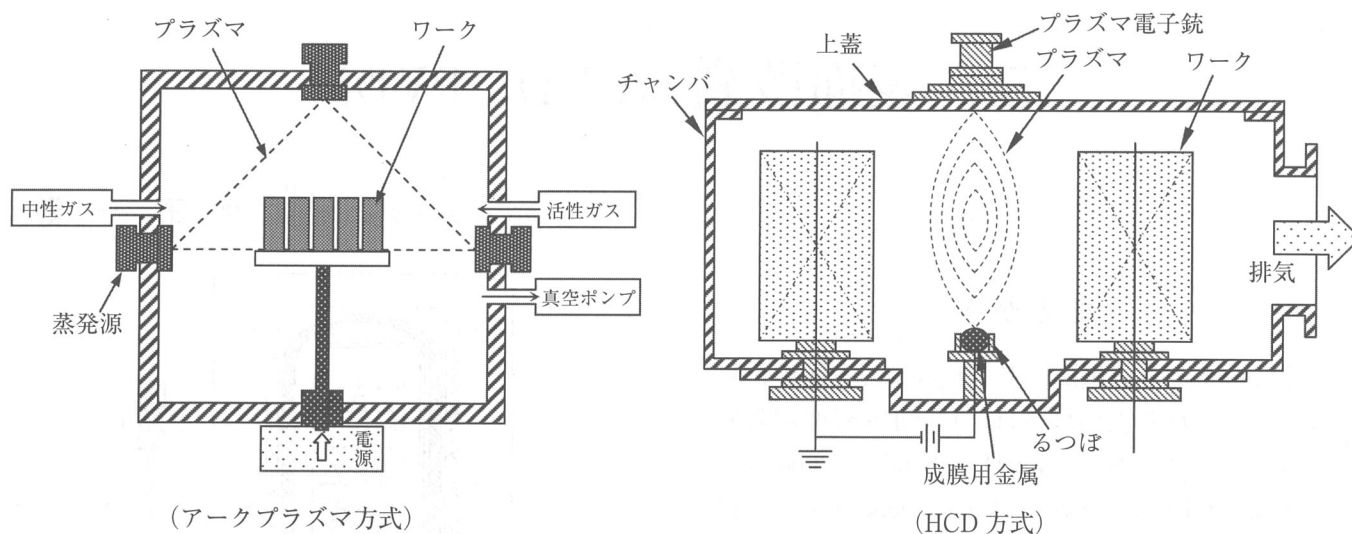


図 2 代表的なPVD装置概略図¹⁾

ロップレット (Droplet) が発生するため、表面欠陥の多い膜になり精密金型には不向きであるという短所がある。

HCD式イオンプレーティングは、アーク式イオンプレーティングに比べて、表面欠陥が少なく、表面粗さの小さいスムーズな膜ができる長所がある。一方、処理温度がアーク式に比べて400～600℃と比較的高く、また、TiAlN膜のような金属元素を2つ以上含む膜は作製困難である。さらに、装置中心にるつぼがあるため、一般的には小物の処理にしか使えない。

また、マグネトロンスパッタリング (MS、Magnetron Sputtering) 装置も、真空アーク蒸着法と同様に合金化合物膜が被覆でき、真空アーク蒸着法に比べて表面が比較的スムーズな膜が形成できるため、応用が広がってきている。ただ、真空アーク蒸着法に比べて、蒸着速度が遅く、膜の密着性も劣る。

◇ 最新のCVDおよびPVD装置と膜種

1. 最新のCVD

ガスを流し熱化学反応のみで処理するCVDは、装置も膜種も大きな進歩は見られない。CVDのなかでは、プラズマ化学反応を使い低温処理できるPCVD (Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition) が、装置も膜種も進歩し続けている。

PCVD法は、原料は全てガスを使い、プラズマ化学反応により膜を形成させるため、低温で密着

性および緻密性に優れた皮膜を複雑形状品につき回り良く被覆できる。また、PCVD法は真空を破らずに1回の工程で1つの装置の中で窒化等の拡散硬化処理+硬質皮膜という複合処理が簡単にできる。そのため、PCVD法は三次元立体形状物である各種金型や部品の処理に向いている。図3に量産型パルスDC-PCVD装置概略図²⁾を示す。このようなパルスDC-PCVD法は、各種の高機能セラミックス膜やDLC膜を形成できる。表1にパルスDC-PCVD法により作製した各種硬質皮膜の特性²⁾を示す。また、一例として図4にパルスDC-PCVD法により作製した窒化拡散硬化層+TiN/TiAlN/TiAlBN膜の断面TEM像³⁾を示す。最上

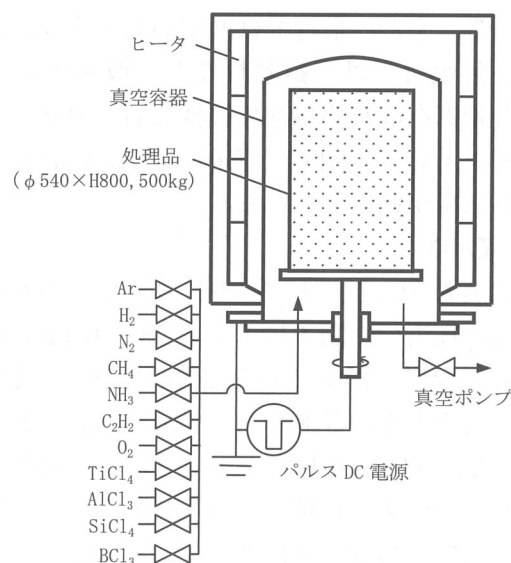


図 3 量産型パルスDC-PCVD装置概略図²⁾

表 1 パルスDC-PCVD法による各種硬質皮膜の特性²⁾

	TiN	TiCN	TiAlN	TiAlCN	TiAlON	TiAlSiCNO	TiAlSiBCNO	DLC
コーティング温度 (°C)	450-550	450-550	450-550	450-550	450-550	450-550	450-550	≤200
硬さ (HV)	2,000-2,300	2,300-3,500	2,300-3,500	2,300-4,000	1,400-2,300	1,500-5,000	1,000-6,000	1,000-5,000
色	ゴールド	ピンク～シルバー グレイ	バイオレット～グレイ	バイオレット～グレイ	ブラック	バイオレット～ブラック	バイオレット～ブラック	ブラック
膜構造	単層	多層、傾斜組成層	多層、傾斜組成層	多層、傾斜組成層	多層、傾斜組成層	多層、傾斜組成層 (ナノコンポジット)	多層、傾斜組成層 (ナノコンポジット)	(非晶質)
最高使用温度 (°C)	600	500	800	750-800	850	750-1000	750-1200	500
膜厚 (μm)	1-5	1-5	1-5	1-5	1-5	1-5	1-10	0.1-10
摩擦係数	0.1-0.5	0.1-0.2	0.1-0.5	0.1-0.5	0.1-0.5	0.1-0.5	0.05-0.5	0.02-0.2

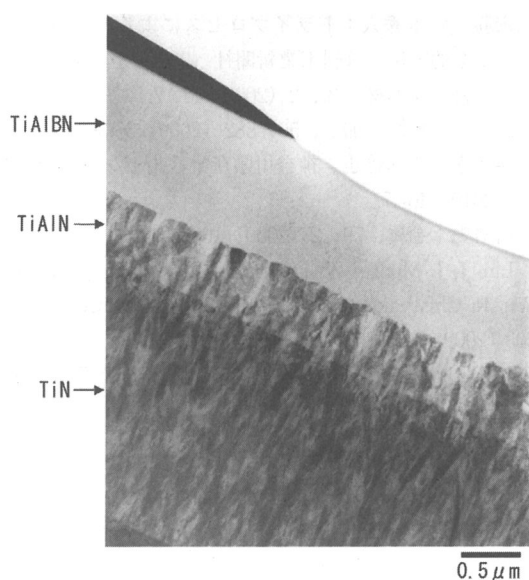


図 4 PCVD法により作製した窒化拡散硬化層+TiN/TiAlN/TiAlBN多層膜の断面TEM像³⁾

層のTiAlBN膜は緻密な組織になっていることがわかる。このTiAlBN膜はナノオーダーで結晶相と非晶質相がコンポジット化されたナノコンポジット構造膜である。この膜の硬さは4,000HV以上で摩擦係数が低く、耐熱性、アルミ合金溶湯中における耐溶損性などに優れている。

また、PCVDのなかには、真空を使わずに低温で高速成膜できる大気圧プラズマCVDによりDLC膜を形成させる装置も開発されている⁴⁾。このような大気圧プラズマCVDの実用化が進めば、

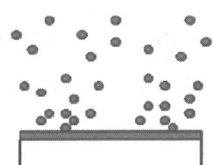
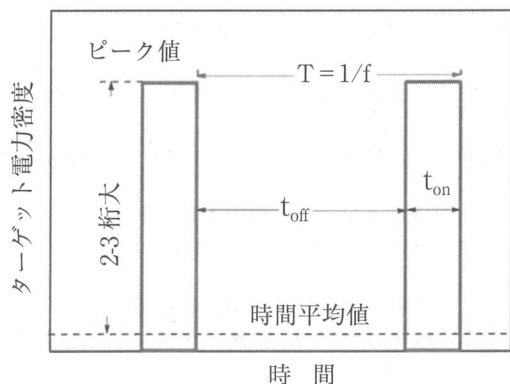
低コストで高機能表面改質が可能になるものと思われる。

2. 最新のPVD

最近では、真空アーク蒸着法の欠点であるドロップレットを減少できるフィルタード真空アーク蒸着 (FCVAD、Filtered Cathodic Vacuum Arc Deposition) 装置⁵⁾も開発されている。FCVADにより5,000HVを超す水素フリーのDLC膜であるta-C (Tetrahedral Amorphous Carbon) 膜作製も報告されている。ただ、このFCVADは蒸着速度が遅く、大面積へのコーティングに難点がある。また、ヨーロッパでは、スムーズな表面の水素フリーta-C膜を高速で形成できるレーザーアーク蒸着 (Laser Arc Deposition) 装置や、高出力パルスマグネトロンスパッタリング (HIPIMS、High Power Impulsed Magnetron Sputtering)⁶⁾装置が開発されている。HIPIMSは、従来のMSに比べてイオン化率を高めることで蒸着速度や膜の密着性を改善し、しかもCVADと違ってスムーズな表面が得られるという特徴を有する。図5にHIPIMSの原理図⁷⁾を示す。

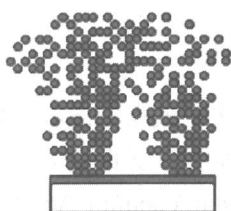
その他、PVDに関しては、HCD+CVAD、CVAD+MS、MS+PCVDという複合装置も開発されている。また、膜種に関しては、従来の膜に比べて耐摩耗性、耐熱性に優れるTiSiN、TiAlSiN、TiCrN、TiCrAlN、CrAlN膜なども開発されている。

(HIPIMSのターゲット電力密度と時間との関係)



連続スパッタリング

(MS スパッタリング)



パルスオン時



パルスオフ時

パルスオン時のみ
スパッタリング

(HIPIMS スパッタリング)

図 5 HIPIMSの原理図⁷⁾

むすび

CVD、PVDに代表される表面改質は新しい装置、膜種が開発され、従来の熱処理に比べて、工具、金型、機械部品の耐摩耗性、耐焼付き性、耐熱性などを向上させることができるが、現状では装置価格や処理コストが高いという問題点がある。そのため、CVD、PVDによる表面改質が全ての熱処理の代替にはなりえない。しかも、このような表面改質は、その処理前に適切な熱処理が行われていることが重要である。また、表面改質は熱処理に比べて処理および処理品の品質保証が遅れているため、今後表面改質品の品質保証の確立が急務である。

参考文献

- 1) 池永勝、鈴木秀人：ドライプロセスによる超硬質皮膜の原理と工業的応用、日刊工業新聞社 (2000) 14-30.
- 2) 河田一喜：素形材、49、2 (2008) 11-17.
- 3) 河田一喜：塑性と加工、50、582 (2009) 35-39.
- 4) 渡邊敏幸、鈴木哲也：神奈川県産業技術センター研究報告、16 (2010) 46-47.
- 5) 滝川浩史：金属、79、2 (2009) 106-111.
- 6) J. Lin, J. J. Moore, W. D. Sproul, B. Mishra, J. A. Rees, Z. Wu, R. Chistyakov and B. Abraham : Surf. Coat. Technol., 203 (2009) 3679-3688.
- 7) INI Coatings Company presentation & HIPIMS at a glance.

6. 新しい熱処理レーザー焼入れ

富士高周波工業(株) 専務取締役 後藤 光 宏

まえがき

熱処理は、特殊工程と位置付けられるほど重要な工程になります。熱処理後、表面硬度測定で表面の硬さは判断できますが、有効硬化層深さ、金属組織状態を確認する事は破壊検査でもない限り分かりません。仮に熱処理に不具合があっても製品は組みあがってしまいます。よって、熱処理の不具合は最終ユーザーで発見されることが多くなり、市場クレームという最悪のケースを常に意識しなければなりません。それだけ熱処理は重要な工程で、高い品質管理意識を持っていなければなりません。

現在、一般的に利用されている技術でもっともレーザー焼入れ(写真1)に近いのは、高周波焼入れです。高周波焼入れはコイルを用いて、金属を部分的に加熱し、表面を硬化させる技術です。金属の部分焼入れの多くに、高周波焼入れが利用されています。しかし、高周波焼入れも他の熱処理と同じく万能な技術ではありません。高周波焼入れではコイルが必要なため、精密部品や複雑形状部品などには適用できません。そのため、そのような部品の焼入れには浸炭焼入れなどの炉を用いて全体を加熱する手法が用いられています。一

方、レーザー焼入れは硬化が必要な部分のみをピンポイントで熱処理ができる技術で、従来の熱処理では出来なかった局部加熱が可能です。その上、高周波焼入れや炉を用いた焼入れよりも消費エネルギーの少ない熱処理です。さらに加熱後の冷却に水・油を使わないので、クリーンな熱処理です。しかし、焼入れ性の良い材料でも表面状態(面粗さ・光沢具合)やワークの前熱処理によって焼入れ結果が変わってきます。また、ワークの形状にも影響を受けます。このようなレーザー焼入れの特徴を把握した上でレーザー焼入れに取り組む必要性があります。

現在、高出力半導体レーザーによるレーザー焼入れのジョブショップは日本国内でも数件しかありません。弊社は、高周波焼入れの受託加工を50年以上行っており、その技術を活かしたレーザー焼入れ加工の事例をご紹介します。

◇ レーザ焼入れの特徴

1. なぜレーザー焼入れが注目されるのか

レーザー焼入れは1970年頃から実用化が検討されはじめ、GM社で铸铁製エンジン部品摺動部の耐磨耗性向上などに適用した例のほか、工作機械のベッドやギア、ピストンリングなど、数多く試みられていますが、十分利用されているとは言えません。その原因のひとつは1970年から2000年位にかけて、焼入れに利用できるkw級の高いパワーを実現できるレーザーは炭酸ガスレーザーとYAGレーザーしかなかったことにあります。これらの高出力レーザーは装置コストが高く、さらに炭酸ガスレーザーの場合、鉄鋼材料のレーザー光吸収率が小さく、レーザー焼入れを行うためにはワークへの吸収剤の塗布が必要でした。そのため、吸収剤を安定的に均一に塗布する工程が必要となり、焼入れ品質の安定性の欠如やコストの増大を招いていました。しかし近年、半導体レーザーやファイバーレーザーといったレーザーがkw級の出力を持つようにな

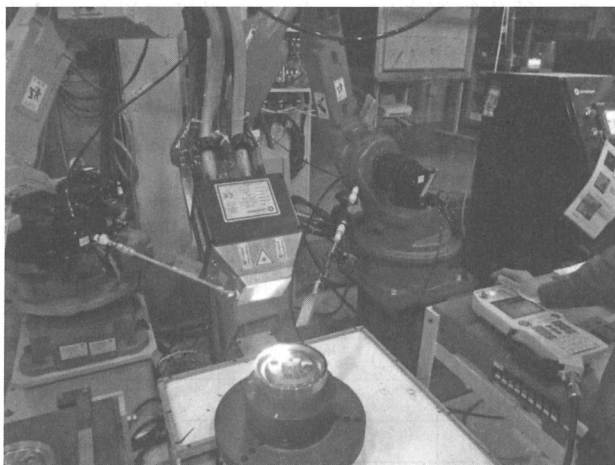


写真1 レーザ焼入れ

り、安価で使いやすい設備になってきました（表1）。これらのレーザは吸収剤の塗布の必要性もなく、レーザ焼入れのコストを安価にできることから、今後レーザ焼入れが急速に広まっていくものと考えられます。

2. レーザ焼入れの基本原理

レーザ光をワークに照射した場合、ワーク表面はレーザ光を吸収して急速に加熱されます。レーザ光を移動させながら照射すると、ワークはレーザ光が通り過ぎた後、内部への熱伝導により急速に冷却され、焼きが入って硬化します。この内部への熱伝導による冷却を自己冷却といいます。ワークが十分に大きい場合、自己冷却で硬化させることができ、水や油といった冷却剤は必要ありません。ワークが小さい場合やレーザ照射によってワーク内部まで高温になる場合は、自己冷却では十分に冷却されなくなるため、水や油を用いて冷却します。硬化する領域は温度がある時間、ある温度以上になった領域で、一般的にはレーザ光照射部近傍の表面のみが硬化します。

3. レーザ焼入れの利点

ここでレーザ焼入れを導入する場合の利点を説明します。ワークに無駄な熱影響が加わらないことや複雑形状部品、精密部品に部分焼入れが出来る事で①熱処理ひずみを最小限に抑えることが出来る、②熱処理後の後加工（仕上切削・研磨）を削減できる、③従来の熱処理では硬化不可能だった部位まで硬化できる、④安価な材料の適用ができるなど、が挙げられコストダウン、納期短縮、品質向上につながります。

また、他の熱処理に比べて圧倒的に電気代が安く、また冷却に水・油を使わないので①作業環境がクリーン、②インライン化が容易、③廃液処理が不要、④冷却条件の管理が不必要なので品質が安定する、⑤装置がコンパクト。以上のような利点があります。

◇ レーザ焼入れ加工事例 （台座軌道部 写真2）

台座の軌道部にボールが転がる事で摩耗が発生します。そのためボールが転がる軌道部を硬化させる必要性がありました。熱処理の選択肢としては高周波焼入れ、窒化処理、真空焼入れが挙げら

表 1 レーザ焼入れに関する話題¹⁾

1960年	Maiman社がレーザ発振に成功
1970年頃～	レーザ焼入れの検討が本格化
1974年	Avco Everett研究所にてギアの焼入れ
1975年	Ford社でエンジン部品の焼入れ
1976年	GM社でエンジン部品の焼入れ
1998年頃	kw級高出力半導体レーザの商品化
2003年頃	kw級ファイバーレーザの商品化



写真 2 台座軌道部レーザ焼入れ

れます。また、「熱処理後の後加工は省略したい」「軌道部に負荷が掛かるので、硬化層は0.5mm必要」「材料は安価材を利用したい」「単品での対応を願いたい」などのユーザーからの要望があり、従来の熱処理技術では、要望をすべて満足する事が出来ませんでした。高周波焼入れは、周りに与える無駄な熱影響が大きいため、焼入れ後にひずみが発生し、仕上げ加工が必要になります。窒化処理は、一般的に硬化層深さは0.1mmまでになるので、硬化層深さ0.5mm以上の規格に対し、硬化層深さが足りません。真空焼入れは、高硬度を得るために高級材（SKD11等）を使う必要性があり、コストアップの要因となります。よって、ユーザ

表 2 各種硬化処理法の比較

ニーズ	レーザ 焼入れ	高周波 焼入れ	窒化 処理	真空 焼入れ
後加工の省略	○	×	○	○
硬化層0.5mm	○	○	×	○
低級材の利用	○	○	△	×
単品対応	○	○	△	△

ニーズのすべてを満足するレーザー焼入れが最も適した熱処理方法であることがわかります（表2）。

むすび

今回、加工事例として挙げたものは弊社で実際加工したレーザー焼入れ加工のほんの一部にしか過ぎません。現存する機械部品には、レーザー焼入れ技術を利用すれば、熱処理ひずみの低減によるコストダウン・工程短縮の可能性があります。ひとつひとつの部品の製造工程について「この部品にとって最適な熱処理方法を選択できているか？」「熱処理ひずみでコストアップの原因になっていないか？」見直すきっかけになればと思います。

レーザー焼入れ技術が日本に広がり出しはじめたのもここ最近になります。弊社も2008年12月にレーザー焼入れ設備の1号機を導入してから、丸3年になります。展示会やホームページの問い合わせ

状況から判断しても、レーザー焼入れという技術が注目されていることは間違いないと断言できます。それは、消費電力が他の熱処理と比較して圧倒的に少ないので、環境に優しい熱処理方法であること。熱処理の永遠の課題である熱処理歪みに対して一定の効果があることが挙げられます。しかし、特殊工程である熱処理工程を変更するには、耐久試験などの品質確認が必要になるため、手間と時間が掛かってしまいます。そのような時にはジョブショップでの試作品の製作が必須条件であり、弊社は高周波焼入れのノウハウを活かしたレーザーによる表面改質専門のジョブショップです。レーザー焼入れを検討する際に各種レーザー設備を用いて、様々なご提案をさせていただきます。

参考文献

- 1) レーザプラットフォーム協議会編：レーザーものづくり入門Ⅱ、(2011)、91



Ⅲ. 熱処理設備を支える要素技術

1. 加熱源と加熱方式

日本ファース(株) くり た きよ ぶみ
取 締 役 栗 太 清 文

まえがき

加熱源は操業におけるコスト因子の決定的なものである。歴史的には固形燃料（石炭等）→液体燃料（重油・灯油等）→気体燃料（LPG・LNG）の変遷があり、近年は特に地球温暖化防止の為、炭酸ガス排出量抑制の面から、LNGへの燃料転換が進んでいる。

また電気エネルギーを使用する抵抗式加熱炉もランニングコストのデメリットはあるが、小型炉の場合ユーティリティを含めた設備費用が、比較的燃焼炉よりも低く、また1000℃を越える雰囲気炉では、その存在価値を否定できない。

しかし設備末端でのCO₂排出は無いが、発電及び送電効率を考慮すると、CO₂排出量は、実効値の3倍弱になることを把握しておくことが、重要である。

◇ 加熱源と加熱方式の分類

加熱源と加熱方式で、主な熱処理を分類したも

のが表1である。

◇ 熱源の特徴について

熱源は、大別すると人類が有史以来使用している各種燃料による燃焼と電気加熱がある。

1. 燃焼加熱

工業炉における燃焼加熱は、広く使用されており、その利点と考慮すべき課題を次に述べる。

(1) 利点

- ①エネルギーコストが電気と比較して安価
- ②廃熱回収方法技術が多く確立しており、効率の改善が容易
- ③燃焼ガスの炉内循環による、製品の加熱・均熱効果が期待できる
- ④各種燃料設備は電気に比べて、選択肢がある
- ⑤発電ベースの電気に比べて、CO₂の発生が少ない。

(2) 考慮すべき課題

- ①燃料の漏洩による引火・爆発の問題は、対策が必要

表 1 加熱源と加熱方式による熱処理の分類

	燃 料			電 気				
直接加熱	固 体	液 体	気 体	抵抗加熱		誘 導 加熱		アーク加熱
	石炭・ コークス等	重油・灯油等	LNG・LPG・ COG等	直接通電		高周波	低周波	製鋼・アルミ電解
	精 錬 製 鋼	圧延、鍛造 焼入れ、焼戻し 焼ならし、焼もどし 焼成、焼付け、乾燥 熱風発生		圧延、鍛造 硝子溶解 塩浴処理		急速加熱 表面焼入 ろう付け 圧延 鍛造	溶 解 精 錬 圧 延 鍛 造	カーバイド製造 フェロアロイ製造
間接加熱		ラジアントチューブ、マッフル、 レトルト等を使用して無酸化・ 光輝熱処理、浸炭、窒化、焼結、 塩浴熱処理、ろう付け、脱ガス、 乾留、熱風発生、溶解等	金属発熱体	非金属発熱体		高純度 シリコン製造 超硬工具鋼 の焼結		非鉄金属溶解
			左項と同様及び 真空熱処理、赤外線加熱					

- ②排気ガス中のNO_x・SO_x・煤塵の処理対策
- ③バーナのターンダウン（最大燃焼量と最小燃焼量の比）の限界
- ④火炎形状（火炎径・火炎長）を考慮した炉断面寸法の検討
- ⑤バーナと製品の位置関係

2. 電気加熱

電気加熱も工業炉の加熱源として、抵抗加熱の場合比較的小型で高温炉に採用され、非鉄金属の溶解等エネルギーの集中を目的とした、熱源、また誘導加熱の様な局所加熱設備として利用されている。ただし電気エネルギーを熱源として使用することは、電気の多様性から見た場合最適では無いことを考慮すべきである。

（1）利点

- ①ユーティリティーを含め設備の小型化が可能
- ②排気が無く、大気汚染対応が不要
- ③自動昇温・消火の設備化が容易
- ④炉内圧の変動がない

（2）考慮すべき課題

- ①絶縁不良による漏電対策
- ②設備容量の決定は、バーナの様に無理焚きが出来ず、十分な検討を要す
- ③工場全体の受電設備容量・契約容量の検討
- ④発電ベースで、燃料に比べて、CO₂の発生が多い
- ⑤工場の消防施設（スプリンクラー）の設置検討

◇ 加熱方式について

主にバーナを使用し、燃料を燃焼する加熱方式において燃焼ガスが、直接製造物質に接触する直接加熱方式と、金属またはセラミック等のチューブ内部又はマッフル外部で燃焼を行い、輻射を主体とした間接加熱に分類される。

電気加熱の場合は、金属または非金属発熱体を使用する加熱方式を抵抗加熱と呼び、この場合も直接加熱と間接加熱が存在する。

その他の電気加熱方式として、誘導加熱（高周波、低周波）、アーク加熱、電子ビーム加熱、プラズマ加熱等がある。

◇ 加熱方式の特徴

加熱方式には、直接加熱と間接加熱があり、

各々利点と考慮すべき課題があり、炉の処理目的により選択される。

1. 燃焼直接加熱

バーナによる加熱の場合、製品に直接燃焼ガスが接触し、火炎の輻射熱量も直接製品に与えられる。

（1）利点

- ①直接加熱のため、加熱効率が高い
- ②廃熱回収の方式が多種存在する
- ③炉への設置に制約が少ない
- ④基本的には、大気雰囲気加熱

（2）考慮すべき課題

- ①バーナの配置と製品のオーバーヒート
- ②製品の酸化、ヒータの場合でも酸化は発生する。
- ③制御熱電対の設置位置
- ④空気不足燃焼となった場合、炉内にCOが発生する

2. 燃焼間接加熱

間接加熱は、一般的に炉内に保護雰囲気を使用する炉に採用される。保護雰囲気とは、H₂・CO・N₂等のガスまたそれらの混合気体で、製品の酸化防止・還元・浸炭等の表面改質を目的として、炉内に送気されるガスで形成される。従って直火バーナ及びヒータ単体が直接炉内雰囲気に触れることは、引火・爆発又は雰囲気の汚染の問題となる。

従ってチューブ内でバーナを燃焼させ、チューブを赤熱させて輻射管として使用する、ラジアントチューブが採用される。

チューブの材質として、一般的には耐熱鋳鋼があるが、セラミックチューブも開発されつつある。セラミックの特徴としては、低線膨張率・熱間強度等があるが、加工性・耐衝撃性及び製造コストの問題が存在する。

また他の間接加熱方法として、レトルト・マッフルと呼ぶ耐熱鋳鋼の容器の中に製品を装入又は搬送させ、その外側から直火バーナ加熱する方法がある。

石油精製工程での管式加熱炉、ボイラ等は管内に被加熱流体が流れ、管外部から加熱する方式で、これらも間接加熱の特殊な一例である。

（1）利点

- ①保護雰囲気処理（例：浸炭炉、光輝焼鈍炉等）

が可能

②チューブ内燃焼のため、直火加熱に比べて安全

③電気加熱の代替えとして、ガス燃料が使用できる。

④被加熱物に燃焼ガスが接触しない

(2) 考慮すべき課題

①直接加熱に比べて、加熱速度・加熱効率は劣る

②設備費が高価

③ラジアントチューブの炉内配置が加熱性能を決定する

④炉への配備制限がある

⑤チューブ・レトルト・マッフル等は材料の最高使用温度に制限が有り、またその寿命がランニングコストに影響する

⑥輻射加熱が主体となるため、対流加熱が必要な場合は循環ファン等が必要となる

⑦ラジアントチューブの容量は直火バーナに比べて小さく (max150,000kcal/hr程度) 設置本数が多くなる

⑧マッフルは耐熱鋼が主体で、その製造限界・熱間強度・熱膨張の問題から、寸法上の制約があり大型設備には使用できない。

間接加熱の代表例としてラジアントチューブ方式とマッフル方式の比較を図1及び表2に示す。

3. 電気加熱

電気加熱も直接加熱と間接加熱があるが、熱源は違ってもその加熱方式は燃焼加熱とほぼ同様な形態である。

現状、我が国の発電方式の比較を図2に示す。

このように、原子力は増加の傾向にあるが、運転における安全性の問題が有り、火力発電への依存度は高いまま推移している。このため熱源としての電気は、燃焼エネルギーと比較してコストが割高となる。

しかし以下に述べるような、燃焼方式では得られない電気エネルギー特有の性質を利用した工業炉がある。

1. 電気加熱の利点

①2000℃を越える高温領域を実現できる。

②小型ラジアントチューブの製作が可能

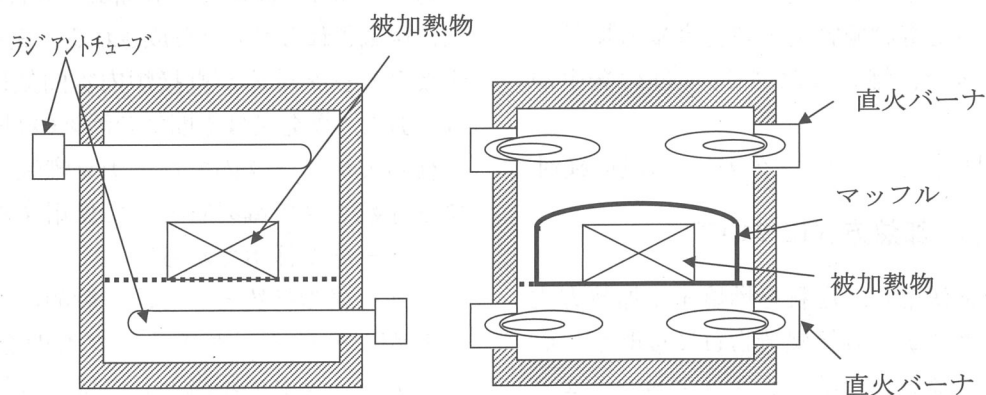


図 1 ラジアントチューブ方式とマッフル方式概念図

表 2 ラジアントチューブ方式とマッフル方式比較表

	ラジアントチューブ方式	マッフル方式
燃 焼 方 式	チューブ内燃焼	炉内直火燃焼
搬 送 方 式	ローラ又はプッシャ方式	メッシュベルト又はプッシャ方式
雰 囲 気 ガス 使用 量	多い	少ない
炉 長 制 限	ローラ方式は制限は無いが、プッシャ方式はパイリングの問題で制限あり	マッフルの熱膨張の問題で、制限あり
生 産 量	大	小
炉内循環ファンの設置	可能	困難

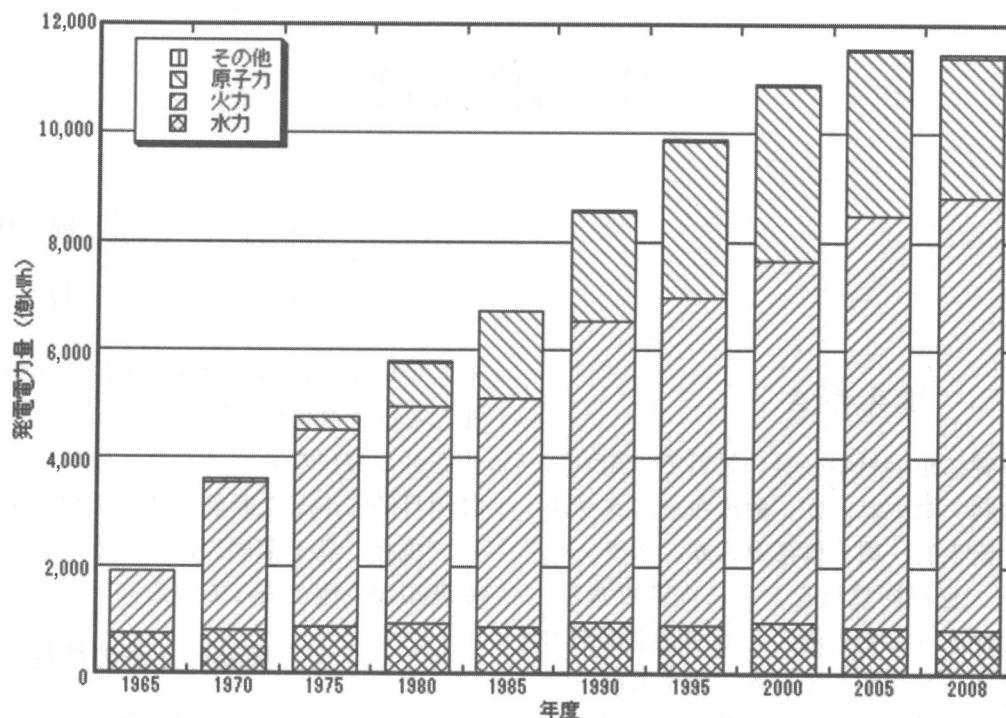


図 2 我が国の発電方式

③排ガスが存在せず、設備としては高効率化できる

④微細な温度制御が可能

⑤製品の内部からの加熱が可能

⑥局部加熱が可能

2. 電気加熱の考慮すべき課題

①熱源としてのエネルギーコストが高価

②受電設備の設置・管理が必要

③絶縁低下による漏電対策

④消火設備の選択が必要

⑤作業者の感電対策が必要

3. 電気加熱の種類

①抵抗加熱

電気加熱で一番利用されている方式で、Ni-Cr、Mo等の金属及びSiCなどの非金属に電流を流し、ヒータとして使用する方式が有り各々のヒータ素材によって、加熱温度の限界が決定する。実際にはヒータの表面負荷 (W/cm^2) の設計で、ヒータと炉温との関係によりヒータ自体の温度が決定され、これがヒータの最高仕様温度以下であることを確認する。

またヒータに直接触れる雰囲気ガスの種類によっては、ヒータ素材の寿命に影響するためその選択には、十分な注意が必要となる。

②誘導加熱

磁界の中に製品を設置し、電磁誘導効果により製品内部に発生するジュール熱により、加熱する方法である。

使用する周波数によって、加熱層の深さを決定でき局所加熱が可能となる。

加熱方式としては、非常に効率は良くまた急速加熱も可能である。

設備としては、燃焼炉と比べてコンパクトには成るが、設備費用及びランニングコストは高価となる。

③アーク加熱

プラズマガス内部での恒温解離現象を利用した加熱方法で、約5000℃以上の温度を実現できるため、鉄鋼等の溶解及び製錬に利用されている。

むすび

昨年発生した東北地方での原子力発電所の災害を機に、日本のエネルギー問題は日本全体の問題となっており、エネルギーを生産・製造に使用する我々の仕事においても、省エネルギーだけではなくもう一度エネルギーの適材適所の選択を検討し、提案することが使命と考える。

2. 耐火物

イソライト工業(株) まえ だ ろく ろう
技術開発本部 技術部 前 田 六 郎
イソライト工業(株) はやし かず ひろ
技術開発本部 技術部 林 和 宏

まえがき

耐火物を単純に重い材料、軽い材料で分類すれば「重い耐火物：耐火れんが、耐火キャスタブルなど」、「軽い耐火物：耐火断熱れんが、セラミックファイバー、保温断熱材など」に大別できる。前者は強度面が大きく構造物としての安定性や雰囲気やワークから発生する不純物に対する抵抗性を有し、後者は炉壁重量低減及び熱損失低減に寄与する。近年話題とされている省エネルギーやCO₂排出削減は工業炉設計、使用の両面において必須の課題であり、この方面における「軽い耐火物」の位置づけは非常に重要である。本稿では軽い耐火物の代表的材料である「耐火断熱れんが」と「セラミックファイバー、保温断熱材、高性能断熱材」に関して記述する。

◇ 耐火断熱れんが¹⁾ (以下、断熱れんが)

耐火物手帳(1981年版)に記載される「耐火物の形態」に従って分類すると、断熱れんがは「熱伝導率の低い耐火れんが」と定義される。

標準的な断熱れんがの品質は「JIS R 2611 耐火断熱れんが」に従ったA類(A1~A7)、B類(B1~B7)、C類(C1~C3)の3類7(3)種の17の品質に分類され、類を示すアルファベットは断熱れんがの重量の目安、また種を示す数字は最高使用温度として標記されている。各断熱れんがの基本的な性質としてA類断熱れんがは低熱伝導率を重視、C類断熱れんがは高強度を重視、B類断熱れんがは両者の中間性質の特長を

有している。近年では各工業炉の性能向上はめざましく、それに伴い断熱れんがもより高性能が要求される様になり、メーカーは独自の技術により使用目的に応じた断熱れんがを製造する様になった。現在、各工業炉にはこの手の高性能断熱れんが使用が主流となっている。

◇ 断熱れんがの特長²⁾

断熱れんがを材質別に分類すると①珪藻土質断熱れんが、②粘土質断熱れんが、③高アルミナ断熱れんが、④アルミナ質断熱れんがの4種となる。以下にその特長を記述する。

1. 珪藻土質断熱れんが：表1

天然原料である珪藻土を主原料とし、製造される断熱れんがである。安価でかつ低熱伝導率を有することを特長とするが、反面不純物も多く温度的に高温炉の内張りには使用できないためその裏張りや低温炉への使用が主流となる。また還元ガ

表 1 珪藻土質耐火断熱れんがの品質規格

品質	A1	A2	B1	B2
残存線変化率が2%を超えない温度(℃)	900	1000	900	1000
かさ比重	≤0.50	≤0.50	≤0.70	≤0.70
熱伝導率(JIS R2616) at 600℃ (W/mK)	≤0.23	≤0.24	≤0.26	≤0.28

表 2 粘土質耐火断熱れんがの品質規格

品質	A5	B4	B5	C1	C2	LBK-23	LBK-26
残存線変化率または再加熱収縮率が()%を超えない温度(℃)	(2) 1300	(2) 1200	(2) 1300	(2) 1300	(2) 1400	(0.5) 1300	(0.5) 1400
かさ比重	≤0.60	≤0.80	≤0.80	≤1.10	≤1.20	≤0.55	≤0.75
熱伝導率(JIS R2616) at ()℃ (W/mK)	(600) ≤0.34	(600) ≤0.37	(600) ≤0.39	(600) ≤0.50	(600) ≤0.60	(350) ≤0.19	(350) ≤0.24
Fe ₂ O ₃ 含有率(%)	—	—	—	—	—	≤1.5	≤1.5

スに対する抵抗性は極めて小さいためその使用においては予め注意する必要がある。

(代表品質：A1、A2、B1、B2)

2. 粘土質断熱れんが：表2

主原料である耐火粘土と可燃物を使用し製造される断熱れんががある。珪藻土質断熱れんがとは異なり、焼成温度、可燃物や副資材の使用量を調整することで各種の断熱れんがの製造が可能となる。代表的な工業炉に幅広く使用され炉内温度1000℃程度の場合は内張りとして、1300℃程度の場合は裏張りとして使用される。

(代表品質：A5、B4、B5、C1、C2やLBK-23、LBK-26等が該当)

3. 高アルミナ質断熱れんが：表3

粘土質断熱れんがの主原料にアルミナ粉末を添加することで高温仕様化し、より高温用工業炉への使用を目的とし製造される断熱れんがである。粘土質断熱れんが同様、代表的な工業炉に幅広く使用されており炉内温度1300℃程度の場合は内張りとして、1500℃程度の場合は裏張りとして使用される。

(代表品質：LBK-28、LBK-30、LBK-3000、LAP-165等が該当)

4. アルミナ質断熱れんが：表4

主原料にアルミナ中空球とアルミナ粉末を使用し、プレス成形後に超高温焼成により製造される断熱れんがである。前記した3種の断熱れんがとは異なり重量が大きいいため熱伝導率は大きくなるが、強度面、炉内雰囲気や不純物に対して優れた抵抗性を有する特長がある。専ら超高温炉や高還

元雰囲気炉をはじめとする特殊条件の工業炉の内張りに使用される。

(代表品質：ISO-COR、BAL-99、BAL-99M等が該当)

※斜字記述の品質は当社オリジナル品質である

◇ 断熱れんが品質選定における注意事項

1. 操業温度

断熱れんが品質項目に記載される残存線変化率が2%をこえない温度または再加熱収縮率が0.5%をこえない基準とし、内張りの場合は炉内温度に対し①JIS分類については200～300℃安全をみた品質、②高性能品質について100～150℃安全をみた品質を選定目安とする。一方裏張りの場合はその内側表面温度に対し③JIS分類については約100℃安全をみた品質、④高性能品質については少し安全をみた品質を選定目安とする。

2. アルカリの存在

アルカリの存在下ではその存在量にも影響するが、800～900℃よりアルカリと断熱れんがは熱的反応を起こし、収縮や熔融等の障害が発生する。このためアルミナ含有率の大きい断熱れんがや気孔率の小さい断熱れんがを選定する。

3. 水素雰囲気

高温かつ低露点の水素雰囲気下では断熱れんが中の酸化物が還元されることで、組成崩壊が発生する。このため不純物（特に鉄酸化物やチタン酸化物）の少ない断熱れんがを選定する。

4. 軽量ガス雰囲気

水素やヘリウムなどの軽量ガス雰囲気下における断熱れんがの熱伝導率は、大気雰囲気下に比べ大きくなる。工業炉外壁温度に制約がある場合はこのことを考慮に入れて、より熱伝導率の小さい断熱れんがを選定する。

表 3 高アルミナ質耐火断熱れんがの品質規格

品質	LBK-28	LBK-30	LBK-3000	LAP-165
再加熱収縮率が0.5%を超えない温度(℃)	1500	1550	1600	1650
かさ比重	≤0.80	≤0.90	≤0.90	≤0.90
熱伝導率 (JIS R2616) at 350℃ (W/mK)	≤0.27	≤0.30	≤0.37	≤0.37
Fe ₂ O ₃ 含有率 (%)	≤1.0	≤1.0	≤1.0	≤1.0

表 4 アルミナ質耐火断熱れんがの品質規格

品質	ISO-COR	BAL-99	BAL-99M
最高使用温度(℃)	1800	1800	1800
かさ比重	≤1.30	≤1.60	≤1.60
熱伝導率 (JIS R2616) at 350℃ (W/mK)	≤0.70	≤1.22	≤1.45
Al ₂ O ₃ 含有率 (%)	—	≥99.0	≥99.0

◇ セラミックファイバー（以下CF）、 断熱保温材、高性能断熱材

1. CFライニングの種類

CFライニングは、従来の耐火物ライニングに比較して軽量で蓄熱量、放散熱量が少なく工業炉ライニングの主役となっている。

工法は、大きく分けてペーパー（レイヤー）ライニングとブロックライニングがある。

（1）ペーパーライニング

炉内面にCFブランケット又はボード等を使用、裏張りにはCFブランケット、炉殻側最外層は断熱保温材という具合に高温域から低温域まで層状に材料を組み合わせスタッドボルトでそれらを固定する工法。

（2）ブロックライニング

CFブランケットを短冊状に重ねたり折り畳んだりした後、圧縮加工した直方体のCFブロックを炉殻に取り付ける工法。取付け金具が、炉殻近くの低温域に位置する。また高温用材料を炉殻近くまで使用している為、高温安定性を有した工法である。

2. CFの種類

広く使用されているリフラクトリーセラミックファイバー（以下RCF）、さらに高温で安定して使用可能なアルミナファイバー（以下AF）、より安全面に考慮した生体溶解性ファイバー（以下BSF）に関して記述する。

（1）RCF（Refractory Ceramic Fiber）

アルミナ・シリカの組成物を熔融して細流として取り出し、これをブローイングまたはスピニングによって繊維化したもので、この方法は熔融繊維化法といわれる³⁾。この方法で非晶質繊維のRCFが生まれる。また、原料にジルコニア、クロミアを加えた組成の製品もある。

RCFは、大別して1260℃グレード品、1400℃グレード品、1500℃グレード品がある。

グレード分類は、RCFを加熱することにより非晶質から結晶相の析出を経て結晶粒成長に伴う加熱線収縮率を基に大枠で決められている。

（2）AF（Alumina Fiber）

ゾル・ゲル法と呼ばれる製法で製造される。RCFとは異なり常温で繊維化し、1000℃を超える

温度で加熱処理し微細な結晶質の繊維となる。この為、AFは多結晶質ファイバーとも呼ばれる⁴⁾。

RCFの様に加熱に伴い非晶質繊維が結晶化するというような組成変化が生じない為、より高温で安定して使用できる。

（3）BSF（Bio Soluble Fiber）

BSFは、RCFと同じく熔融繊維化法で製造され、その組成はアルカリ土類金属とシリカを主成分とする。RCFに比較して人体内で溶解しやすく蓄積されにくい。BSF製品は、法規制の厳しい欧州で、RCFの一部を代替しているが、日本での利用はごく僅かである³⁾。

（4）CFの各種製品と用途

①バルク…繊維化後集綿したもの。用途は、工業炉の充填材、二次製品原料。

②ブランケット…集綿した繊維を積層して得たマットに、ニードルパンチを施してファイバー同士を絡み合わせた毛布状製品。用途は、ペーパーライニングの内張り材、バックアップ材、シール材等広範囲に使用される。

③ブロック…ブランケットを切断し短冊状又は、折りたたみ積層圧縮した製品で、標準サイズは300×300×厚みの直方体。ブロックライニングは、近年CFライニングの主流。

④ボード…バルク、水、バインダーを使用しボード状にした製品。ペーパーライニングの表面材等に使用。ローラー孔、ヒーター孔、等をNCマシーンでかなり精密な精度で加工出来る。

⑤成形品…製法はボードと同様で、様々な形状が可能。覗き窓部分などに使用する

⑥ペーパー、ロープ、クロス、テープ…シールパッキン、断熱カーテンなどに使用する。

⑦その他の製品…ウェットフェルト、接着材、コート材、CF入りキャストブル等がある。

3. 断熱保温材

断熱保温材は、ロックウール製品や珪酸カルシウム製品で断熱性能が優れており比較的安価なため、工業炉では、主としてCFや耐火断熱レンガのバックアップ材に使用される。

また、各種ダクトなどの外部保温材としても使用される。

4. 高性能断熱材

微細なヒュームドシリカを母材とし、静止空気

より低い熱伝導率を有した製品で、その値は既述の低熱伝導率材料のCFや断熱保温材のそれよりも更に低い。

工業炉では、主としてCFや耐火断熱レンガのバックアップ材料として使用される。

バックアップ材料としては、高価であるがその低熱伝導率の特性を生かしてより省エネを図る事が出来る。または、ライニング厚みを薄く出来るなどのメリットがある。

◇ CFライニングの注意点 (CF、断熱保温材、高性能断熱材)

ライニング材の選定、ライニング厚みの決定

(1) 熱計算を行い、ライニング材料選定と厚みを決定するのだが、各ライニング層の炉内側(高温面)の温度がその材料の耐熱温度以下に設定する事。

注意点は、カタログに記載されている製品の最高使用温度は長期間炉壁に使用する場合の耐熱温度を現しているとは限らない。メーカーに温度条

件を提示して確認する事。

(2) メーカーカタログに記載されている熱伝導率は、大気雰囲気条件である為、水素雰囲気など気体分子が小さい場合、熱伝導率はカタログ値より大きくなるので補正值を使用して熱計算を行わなければならない。メーカーに問い合わせ、夫々の雰囲気に即した熱伝導率を確認すると良い。

(3) 強還元雰囲気、処理物からアルカリ、酸、ハロゲン等の化学物質蒸気が発生する場合、また水蒸気等が大量に発生する場合など、ライニング材料もしくは、留め金具等にダメージを与える可能性があるため、夫々の条件を提示して、メーカーと打合せ最適な材料を選択する必要がある。

(4) その他、炉内風速が高い、粉塵の発生、振動が激しい、等の条件がある場合、ライニング材、及びライニング工法の選定をメーカーと十分打合せをして決める事を薦める。

表5にCF(RCF、AF、BSF)、保温断熱材、高性能断熱材の代表製品の一般特性値を記載する^{5)、6)}。

表 5 セラミックファイバー、保温断熱材、高性能断熱材の代表製品一般特性値^{5)、6)}

商品名	RCF ブランケット			AF ブランケット
	イソウール1260	イソウール1400	イソウール1500	イソウール1600
化学組成 %				
Al ₂ O ₃	47	35	4.0	72
SiO ₂	53	50	58	28
Zr ₂ O ₃		15		
Cr ₂ O ₃			1.8	
かさ密度 kg/m ³	128	128	160	130
加熱収縮率 %				
1000℃×24hr	1.3			
1100℃×24hr	1.8			
1200℃×24hr		1.5	1.6	0.0
1300℃×24hr		2.5	2.0	0.3
1400℃×24hr				0.5
1500℃×24hr				0.7
熱伝導率 W/mK				
400℃	0.07	0.07		
600℃	0.12	0.12	0.09	0.13
800℃	0.16	0.16	0.14	0.18
1000℃	0.23	0.23	0.19	0.28
1200℃				0.36

BSF ブランケット					
商品名	インサル フラックスS	イソフラックス	スーパーウール 607	スーパーウール 607HT	ファイン フレックス-E
分類温度 ℃	1100	1260	1100	1300	1260
化学組成 %					
SiO ₂	61～67	70～80	60～70	70～80	76
MgO	2～7	18～27			
CaO	27～33				
CaO+MgO			25～40	18～25	22
その他	<1	0～4	Trace	<3	2
JIS A 9504 人造鉱物繊維保温材（ロックウール）					
	保温板 1 号		保温板 2 号		保温板 3 号
かさ密度 kg/m ³	40～100		101～160		161～300
熱伝導率 W/mK (平均温度70℃±5℃)	<0.044		<0.043		<0.044
※熱間収縮温度℃	>600		>600		>600
珪酸カルシウム断熱ボード					
商品名	シリカボード	スーパーボードL	スーパーボード	スーパーボードH	
最高使用温度℃	650	1000	1000	1000	
かさ密度kg/m ³	≥0.17	≥0.15	≥0.22	≥0.35	
熱伝導率 W/mK	≥0.055 at 70±5℃	≥0.049 at 70±5℃	≥0.096 at 350±10℃	≥0.10 at 350±10℃	
高性能断熱材					
商品名	マイクロサーム		ポーレックスサーム WDS		
熱伝導率 W/mK	0.024 (200℃) 0.025 (400℃)		0.021 (200℃) 0.030 (600℃)		
	標準仕様品		ハードパネル ULTRA		ハードパネル HIGH
化学組成 %	SiO ₂ 60～70 TiO ₂ 30～40 Al ₂ O ₃ 0～3 Other <1		SiO ₂ 80 SiC 15 ZrSiO ₄ - Other 5		SiO ₂ 80 SiC - ZrSiO ₄ 15 Other 5
最高使用温度℃	950、1025		950		1050

むすび

工業炉ライニングに耐火断熱煉瓦、セラミックファイバー、保温断熱材、高性能断熱材が用途に応じて組み合わせられ更なる省エネルギー、CO₂排出削減に貢献していくことを願ってやまない。

参考文献

- 1) 「耐火物手帳」1981年版
- 2) 鈴木信一、中島幸次「品川技報」No.48 2005（イソライト工業㈱製品紹介）
- 3) 財団法人 省エネルギーセンター「新版 セラミックファイバーと断熱施工」2007年
- 4) 藤井幹也「繊維と工業」Vol.64、No.10（2008）（断熱材としてのセラミックファイバー製品紹介と最近の動向）
- 5) 各社カタログ
- 6) ロックウール工業会ホームページ

3. 冷却媒体

出 光 興 産 (株) こべっしょ まさ ひろ
潤滑油部 潤滑技術二課 小別所 匡 寛
出 光 興 産 (株) あり た ゆう じ
潤滑油部 潤滑技術二課 有 田 裕 司

まえがき

工業分野における鋼の焼入れにおいて、現在最も広く用いられている冷却媒体は熱処理油である。熱処理油に第一に求められるのは処理物に適した冷却性である。本稿では熱処理油の冷却性を、組成と冷却性を左右する条件の観点から解説する。併せて最近の動向として熱処理工程のコストダウンに寄与する高機能型熱処理油を紹介する。

◇ 冷却性と組成¹⁾

熱処理油の冷却性はJIS K2242で規定されている冷却性能試験で評価される。これは加熱したφ10×30の銀棒を供試油に浸漬し、800℃以降の温度の経時変化を記録するものである。その結果得られるデータが「冷却曲線」である。また冷却曲線から求められる焼入れ強烈度(H値)が熱処理油の冷却性の指標として用いられている。

冷却曲線は三段階の冷却過程に分けられる。第一段階は処理物が油蒸気の膜で覆われる「蒸気膜段階」である。これは処理物の温度が熱処理油の沸点を大きく超えるために、処理物近傍の熱処理油が液体として存在し得ないために起こる。次に少し温度が下がると第二段階の「沸騰段階」になる。この温度領域では熱処理油が液体として処理物と接するようになり処理物表面で激しく沸騰する。このため蒸発潜熱により急激に冷却される。そして第三段階では処理物温度が熱処理油の沸点以下になり、流体としての冷却だけになる「対流段階」となる。ここで蒸気膜段階と沸騰段階の境界温度を「特性温度」、沸騰段階と対流段階の境界温度を「対流段階開始温度」と呼んでいる。

熱処理油の主原料である基油は原油を精製して得られる。原油は様々な化学構造と分子量を有する炭化水素の混合物であり、硫化物や窒化物など

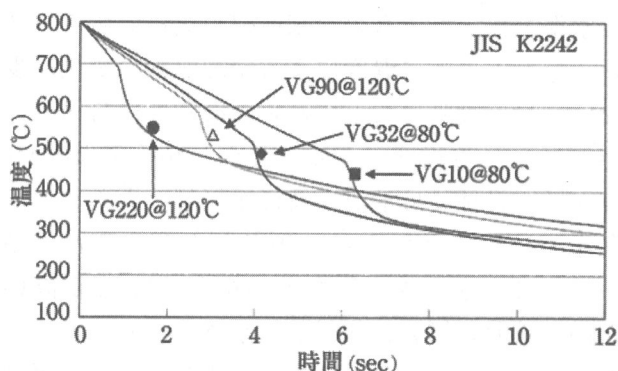


図 1 各種基油の冷却曲線

の不純物も含む。精製工程では原油中の炭化水素を蒸留により沸点ごとに分け、さらに各種化学反応を用いて不純物を取り除く。沸点の低いものは引火性が強く粘度が低い。引火性が強いものは主に燃料油として用いられ、引火性が低く粘度が高いものが潤滑油や熱処理油などの基油として利用される。

図1は各種動粘度の基油の冷却曲線を比較したものである。最も高粘度のISO VG220基油は蒸気膜段階の長さが最も短く、特性温度が最も高い。低粘度になるほど蒸気膜が伸びて特性温度が下がる。また対流段階開始温度も粘度とともに上下する。これは精製工程において、どの温度範囲で分留されたか、すなわちどのような留分であるか、による。言うなれば熱処理油の冷却性調整は沸騰段階を制御することであり、特に基油の生まれ(分留性状)が極めて重要である。

実際の熱処理油は粘度(沸点範囲)の異なる基油を組み合わせたり、蒸気膜を強制的に破断させる蒸気膜破断剤などの添加剤を用いたりして冷却性が調整されている。

◇ 冷却性と条件²⁾

流速を上げることで冷却性は上がる。特に蒸気

膜段階と対流段階の冷却性への影響が大きい。図2は流速の水準を振ったときの冷却曲線の比較である。沸騰段階は蒸発潜熱による冷却が支配的なため、流速の影響は小さい。

一方、油温の場合は油温を下げることで冷却性が上がるとは必ずしも言えない。結論としては処理物の材種によって影響が異なり、油温を上げた方が冷却性が上がる場合もありえる。図3は油温の水準を振ったときの冷却曲線の比較である。図から分かるように温度による冷却曲線の変化は少ない。対流段階になってからの冷却性に若干の違いが見られる程度である。しかし軸受鋼などMs点が高い材種では油温が及ぼす影響は大きく、油温を下げることによって硬さが上がることは多い。ところが肌焼き鋼などの場合はMs点が高いため、油温の影響は相対的に小さくなる。逆に油温を上げることによって硬さが増したという事例もある。これは油温が上がると粘度が下がる、粘度が下がると流動性が良好になって流速が上がり、結果として冷却性が向上して硬さが増す、というメカニズムと考えられる。

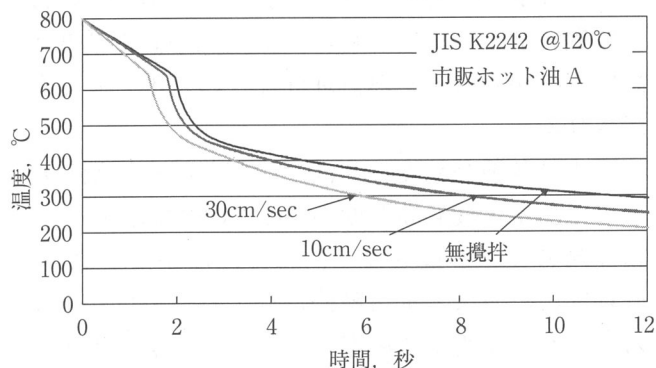


図 2 流速による冷却曲線の違い

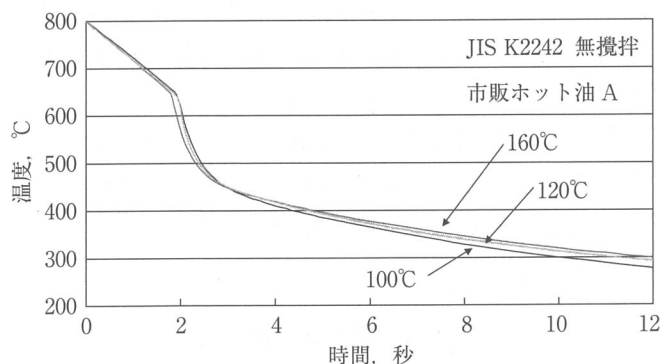


図 3 油温による冷却曲線の違い

◇ 熱処理工程のコストダウンに寄与する 高機能型熱処理油³⁾

従来、構造用鋼に焼入れ性向上を目的として添加されてきたマンガン、ニッケル、クロム、モリブデンなどの合金元素は産出地が偏在していること、あるいは政治的な背景により供給不安が現実化しており、価格は高騰傾向にある。このため材料の調達安定性強化およびコストダウンの観点から合金元素の添加量低減が検討されている。このため熱処理油の冷却性を向上することで低下した鋼の焼入れ性を補いたいというニーズがある。

こうした要望に応えるため熱処理油の冷却性向上が図られている。初期性能だけなら従来技術でも高いH値を付与することは可能であったが、酸化などにより動粘度や冷却性が変化してしまうことが課題であった。しかし最近では新しい処方技術により高いH値を維持できるコールド油が開発されている。

またコールド油を使用している場合、生産規模拡大の際に消防法対応のために莫大な設備投資が必要となる場合がある。こうした課題に応えるために、引火点が高く指定可燃物でありながらコールド油並みの冷却性を有するセミホット油が開発されている。本油も酸化による性能変化が少なく、油温による冷却性の変化も少ない。このため歪みの抑制効果も期待できる。

むすび

熱処理油は形がなく、定量的に示される動粘度や密度などの一般性状だけでは実用性能を把握することが難しいことから、油剤メーカー以外の方々にとっては捉え所のないもののようなのである。しかし熱処理油は機械部品の強度向上に欠かすことができない。さらには熱処理油を上手に使いこなすことが出来れば処理部品の品質向上やコストダウンが可能である。本稿が読者諸兄の熱処理油の理解の一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 小別所 匡寛：潤滑経済、No.494 (2007)、50
- 2) 小別所 匡寛：第33回熱処理研究会資料 (2010)
- 3) 野口 賢郎：第34回熱処理研究会資料 (2011)

4. 燃烧炉のエネルギー管理と安全制御

まえがき

ものづくりに欠かせない工業炉（以下、燃烧炉）は、素形材加工に必須の熱利用設備である。燃烧炉では、処理プロセスに応じた温度、圧力、流量などのプロセス量を複合的に制御することが要求される。また近年、CO₂削減の取組などから高効率なエネルギー使用に向けた最適制御を含む高度な制御が要求されている。

また燃烧炉においては、可燃性燃料を取り扱うことから、正しい知識と適切な計装、維持管理が要求される。安全面の考慮を怠ると、爆発、火災のリスクを増大させることになりかねない。エネルギー使用の最適化と燃烧機器部の安全構築が、使用者、設計者双方においての重要なテーマとなっている。

◇ 工業炉の省エネルギー

1. 省エネ法

エネルギーの使用の合理化に関する法律（改正省エネ法）第5条に、エネルギーの使用の合理化の目標を達成するために事業者が取り組むべき措置に関して、判断基準が6つの分野について示されている¹⁾。

イ. 燃料の燃焼の合理化

ロ. 加熱及び冷却並びに伝熱の合理化

ハ. 廃熱の回収利用

二. 熱の動力等への変換の合理化

ホ. 放射、伝導、抵抗等によるエネルギーの損失防止

ヘ. 電気の動力、熱等への変換の合理化

また事業者は、判断基準に基づき管理標準を作成して、エネルギーの使用の合理化に取り組むことが求められている。また、その管理標準は、以下4項目の内容を設備毎に詳細に設定する必要があることとなっている。

ア ズ ビ ル (株) おお うら はじめ
アドバンスオートメーションカンパニー 大 浦 肇
ア ズ ビ ル (株) ひ び の のり ひさ
アドバンスオートメーションカンパニー 白比野 知 久

あることとなっている。

1. 管理
2. 計測・記録
3. 保守・点検
4. 新設にあたっての措置

燃烧炉において上記6分野において関連するのは、イ、ロ、ハ、ホであり、事業者はそれぞれについて、4項目を詳細に規定した管理標準を作成し、その標準に沿ってエネルギーの使用の合理化に取り組まなければならない。

2. 工業用燃烧炉におけるエネルギー使用の可視化計測・記録

工業炉においては、判断基準の4分野、イ、ロ、ハ、ホについて計測、記録、及び結果の可視化をおこなうことが管理標準の作成と、エネルギー使用の合理化を行うために必要である。このためには以下に掲げる機能項目を備えた計測、記録、管理を行うシステムが必要である。

- ・ 空気比の演算、記録
- ・ 燃料流量、空気流量、燃焼量の瞬時値の計測、記録
- ・ 炉内温度、炉圧の計測、記録
- ・ 廃熱回収率の演算、記録
- ・ 炉壁からの放射・対流伝熱による熱損失の演算、記録
- ・ 熱勘定の演算、記録

弊社では、管理標準に沿った管理を支援するパッケージソフトENEOPTfurnaceを開発し提供している。

全体監視用に用意した画面例を図1に示す。本画面では、ゾーン毎の空気比、燃料流量瞬時値、空気流量瞬時値、燃焼量瞬時値、炉内温度、炉圧のモニタと記録を行う。省エネ監視用に用意した画面例を図2に示す。本画面では、炉壁からの放散熱量、熱回収率、二酸化炭素排出量（積算値）、



図 1 ENEOPTfurnace 全体監視画面例

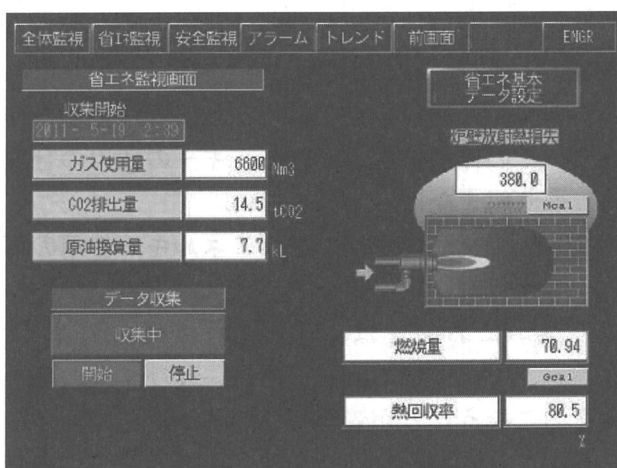


図 2 ENEOPTfurnace 省エネ監視画面例

燃料の原油換算量（積算値）の演算を行い、記録する。

改正省エネ法では、空気比の低減が求められており、今後はより低空気比での運転が必要となる。これまで空気比 m は、廃ガス中の残存酸素濃度を測定して、

$$m = (21 - O_2\%) / 21$$

上記逆算式から簡易的に求める方法が一般的であった。本パッケージの活用により、燃料、燃焼空気流量を計測することにより、入熱部での定常的な空気比管理が可能になり、低空気比での操業を安心して行なえる環境が実現できる。

ENEOPTは、アズビル株式会社の商標です。

◇ 工業用燃焼炉の安全上のガイドライン

1. 工業用燃焼炉のJIS規格

燃焼炉の安全技術の改善を促進するため、昭和57

年3月に「工業用燃焼炉の安全通則 JIS B 8415^{:1982}」が制定され運用されてきた²⁾。その後、高性能工業炉の開発と急速な普及に伴う新しい燃焼技術の安全面における基準化の必要性が生じたことや、リスクアセスメントによる安全手法がJIS B 9700として制定されたこと、又欧米での同等規格（欧州 EN746/米国 NFPA86）などとも整合を図る必要性が生じていることなどから、2008年11月に「工業用燃焼炉の安全通則 JIS B 8415^{:2008}」として改正されている³⁾。

2. 燃焼炉の安全を構築するためのポイント

燃焼炉の安全を構築するために考慮すべきポイントを図3に示す。設備の導入に際しては、本質安全設計の追及とリスクアセスメントを実施して適切な対策を講ずることが必要となる。JIS B 8415^{:2008}では、燃焼炉に対する安全要求事項が記載されている⁴⁾。実施面では、設計上の大きな負担や設備のコストアップとなるケースも少なくない。

例えば、マルチバーナシステムにおいて、燃焼空気圧インターロックの接点を、複数バーナの安全遮断弁の保持回路に直列に設置することが求められるが、現実的にはできない。このような場合には、安全防護策を講じた上でインターロックの接点を何らかの方法で各バーナ分に分配する方法が必要となる。さらに、インターロック作動状態管理のためPLC (Programmable Logic Controller) などの制御機器への伝達にも対応を要求される。これに対応するには、制御設計を実施する段階で、安全制御領域と汎用制御領域を分離、独立させ、構成することに他ならない。

3. 燃焼炉の安全を確保するバーナコントローラ⁵⁾

図3⁶⁾において、燃焼炉の安全の中心となるのが、燃焼安全制御部に示されるバーナコントローラである。バーナコントローラは、燃焼設備に特化した安全機器であり、JIS B 8415^{:2008}の安全要求事項への対応だけではなく、同様の国際規格にも対応が要求される。主な機能として、パージ機能やインターロック監視、点火制御や火災監視、燃料遮断など、燃焼炉の安全に係わる制御機能が対象となる。更に先の事例で要求されるインターロック情報の分配、増幅など多様なアプリケーション

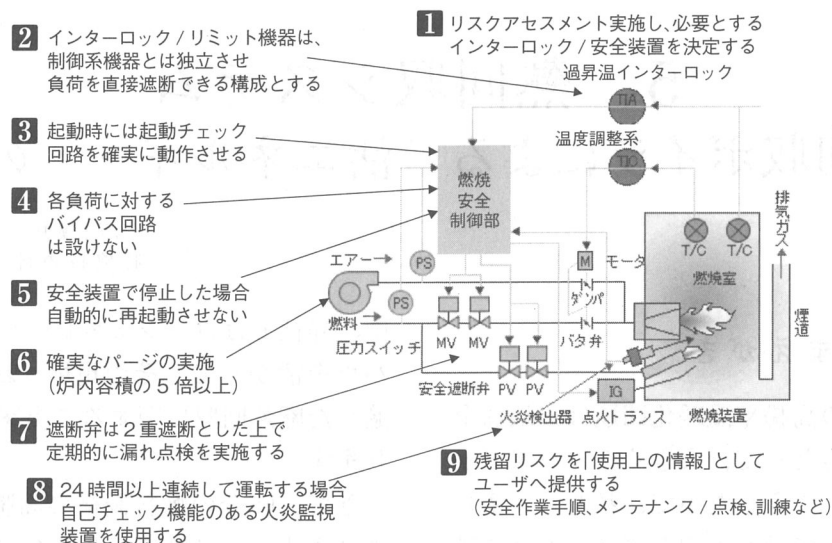


図 3 燃焼炉における安全のポイント

ョンに対応する周辺機能も必要になる。

これらの安全要求事項に適合し、且つ各種アプリケーションに対応するには、確実な火炎監視に加え、各種安全機器（安全リレー、安全PLCなど）を組み合わせた安全回路構築を行なう必要が生じる。また、このように構成した回路は、設計、製作段階での負担や使用する機器の入手性、コスト、及び、保守性など、工業炉メーカ、ユーザ、双方において負担の大きなものとなる。

JIS改正に伴い、このような課題を安全性の確保と適切なコストを両立させて実現できる安全機器が要望されている。弊社では、これらの課題を解決するバーナコントローラRXシリーズを開発し提供している（写真1）。RXシリーズは、あらかじめ用意された検証済の安全機能を組み合わせ

ることで、多様な炉種に対応し、且つ、一定の安全機能が提供可能な燃焼安全制御機器である。

本器の開発においては、バーナ制御システムの欧州規格EN298やEN13611のマイコンおよびそのソフトウェアの障害対策に適合することと独自のアーキテクチャにより、SIL (Safety Integrity Level) で規定される安全度水準と同等の安全性を実現している。本器をバーナコントローラとして組み込むことで、特別な安全機器を組み合わせずにJIS B 8415²⁰⁰⁸における安全要求事項に適合することができる。RXシリーズの開発は、燃焼炉ユーザへの安全機能の提供や計装面でのトータルコストの低減に寄与するものと考えている。

参考文献

- 1) 経済産業省資源エネルギー庁：省エネ法の概要2010/2011 P.11 (2010)
- 2) 工業用燃焼炉の安全通則 JIS B 8415¹⁹⁸²
- 3) 工業用燃焼炉の安全通則 JIS B 8415²⁰⁰⁸
- 4) 山田哲也：JISB8415改定と安全計装、工業加熱、vol.46 NO.4、P.10～16 (2009)
- 5) 山田晃、落合耕一、中田知也：JISB8415対応燃焼安全機器の開発・導入、工業加熱、vol.47 NO.5、P.5～14 (2010)
- 6) 桑原万亀、門屋聡：バーナコントローラRXシリーズとその適用事例、工業加熱、vol.49 NO.2、P.16～20 (2012)

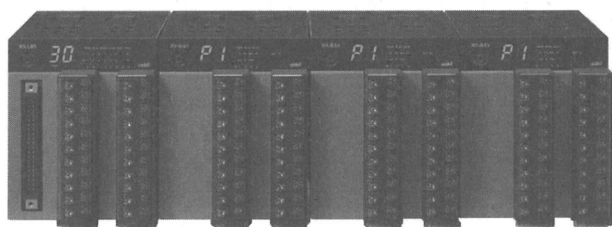


写真 1 バーナコントローラRXシリーズの外観

5. 熱回収システム

— 廃熱回収ボイラによる“活エネルギー”の実践 —

三浦工業(株)¹⁾ いし ざき のぶ ゆき
特機技術部 石 崎 信 行

まえがき

近年の燃料価格の高騰や温暖化問題は、地球全体規模で抱える課題として、大きくクローズアップされております。こうした中で、私たちエネルギーの消費者にとって最も大切な事は、ムダを排除しそのエネルギー効率を最大限に向上させることとあります。これまで提唱されてきた、“省エネルギー”を更に進化させて、未利用・未回収エネルギーを活かす“活エネルギー”を推進し、実行していく事こそが、私たちエネルギー消費者に課せられた義務であると考えています。

廃熱を回収して、「お客様の“活エネルギー”に貢献する。」という命題を持って、三浦工業株式会社ではこれまでに4,000台を超える廃(排)熱回収ボイラを市場に提供させていただきました。最近の特徴としては、東日本大震災以降、電力の供給不安から、コージェネレーション用途の排熱ボイラの納入が再び活発化してきた事に加えて、工場廃熱を利用した蒸気回収ボイラの需要も伸びてきております。工場廃熱には、熱処理炉、焼却炉、乾燥炉、溶融炉、脱臭炉…様々な廃熱の形態が存在し、廃ガスの性状も一様ではありません。こうした

中、弊社ではコージェネレーションで培ったノウハウを活かして、その現場(お客様)各々に最も適した廃熱回収に関するご提案をさせて頂いております。

さて、昨今の燃料価格の高騰とCO₂削減、改正省エネ法への対処等、企業を取り巻く環境の変化に併せて、お客様各位では工業炉などから廃棄されている「熱」を有効に活かす為の手段として、

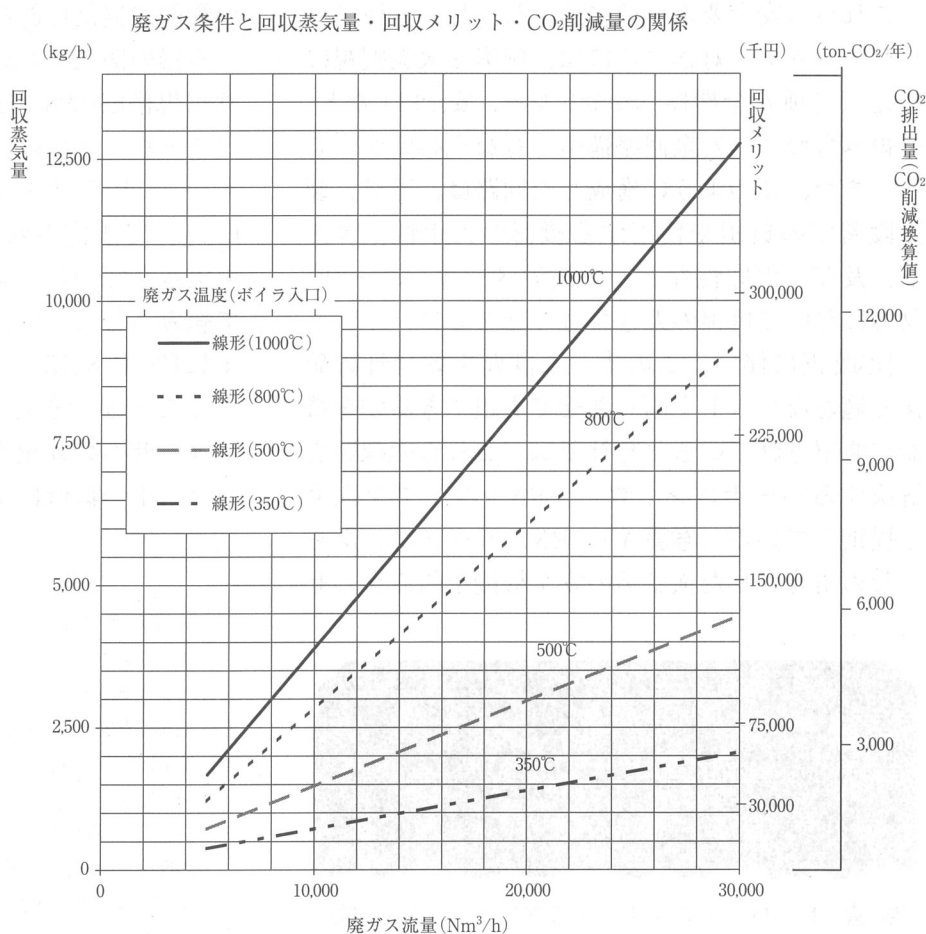


図 1 廃熱回収によるメリットとCO₂削減量

注記)

1. 回収蒸気量は、蒸気圧力0.8MPaG、給水温度60℃の条件にて計算しております。
2. 回収メリットとは、年間運転時間6,000時間、燃料A重油焚きボイラにて蒸気供給を行った場合に想定される燃料代を示します。(A重油単価≒¥65/L⇒蒸気単価=¥5,000/tとして計算)
3. CO₂排出量(CO₂削減換算値)とは、年間運転時間を6,000時間として燃料A重油焚きボイラにて蒸気供給を行った場合に想定される重油消費量から計算しております。(2.8kg-CO₂/L)

廃熱回収ボイラの設置をご検討頂いております。
例えば、10,000Nm³、500℃の廃ガスがあれば、おおよそ1,500kg/hの蒸気回収が可能です。年間稼働時間6,000時間では9,000tonの蒸気供給量となり、約4,500万円の燃料費の削減、活エネルギーが実現できます。もちろん、CO₂排出量も約2,100 ton/yの削減（A重油換算）が可能です（図1参照）。

◇ 中小型工業炉における廃熱回収

被熱処理材料の品質確保が最重要項目とされる中小型工業炉の熱効率は一般的に30～40%と言われており、大部分が排ガスとして高温のまま大気に放散されていると考えられます。図2及び図3に示すように、廃熱回収ボイラを設置することで20～25%程度の熱効率の向上が期待されます。

小型熱処理炉における実際の熱勘定表の変化を図4に示します。

当該ケースでは、575MJ/hのインプットに対して、熱効率（有効利用熱）が36.8%から59.5%に22.7%向上し、蒸気として130MJ/h相当量（年間8,000

時間稼働で蒸気量384ton/y）の活エネルギーが実践できます。

◇ 大型熱処理炉における廃熱回収の事例紹介

当社では、2010年に大手表面処理鋼板製造会社様の溶融亜鉛めっきラインの焼鈍設備に廃熱回収ボイラを納入いたしました（写真1）。この廃熱ボイラはNEDO「エネルギー使用合理化事業者支援事業」にも採択されたもので、それまでまだ多くの熱量を残したまま大気放散させていた焼鈍設備直火帯からの燃焼排ガスの廃熱を蒸気として回収し、既存ボイラの燃料費を大幅に削減すると共に、活エネルギー及びCO₂排出量削減の効果をめました。

本設備における蒸気の用途としては、

- ①アルカリ洗浄槽・リンス槽の加温用に常時約3 ton/h
 - ②圧延工程の酸洗槽の加温用途に常時約6 ton/h
- これら必要蒸気量の大部分を廃熱回収ボイラから供給することが可能となりました。

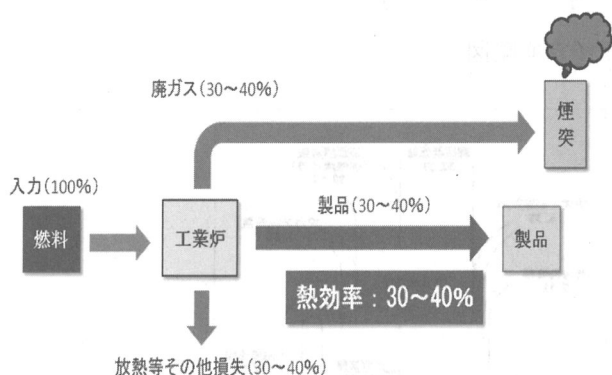


図 2 熱収支フロー図（廃熱回収設置前）

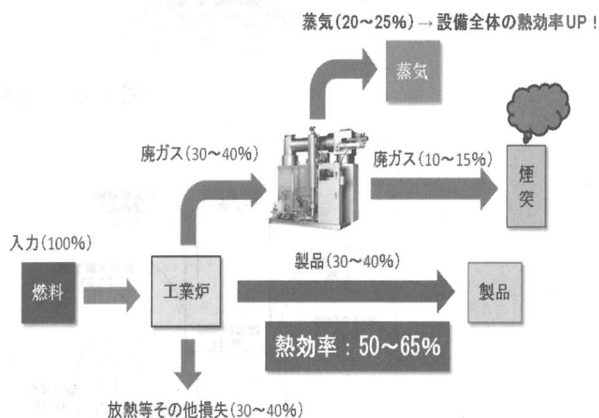


図 3 熱収支フロー図（廃熱回収時）

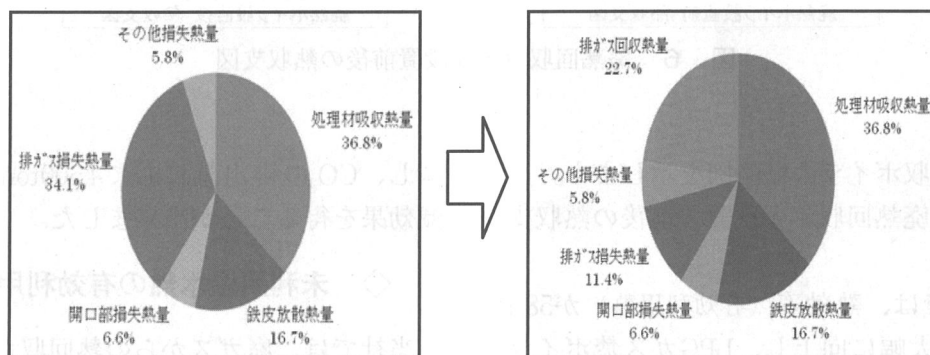


図 4 出熱勘定表（%）廃熱回収による熱バランスの変化

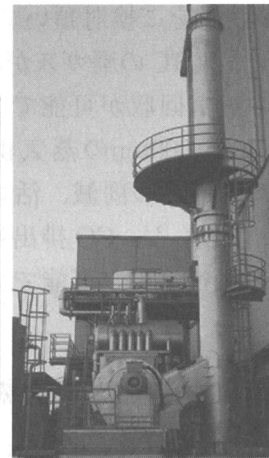


写真 1 廃熱ボイラの外観（正面・側面）

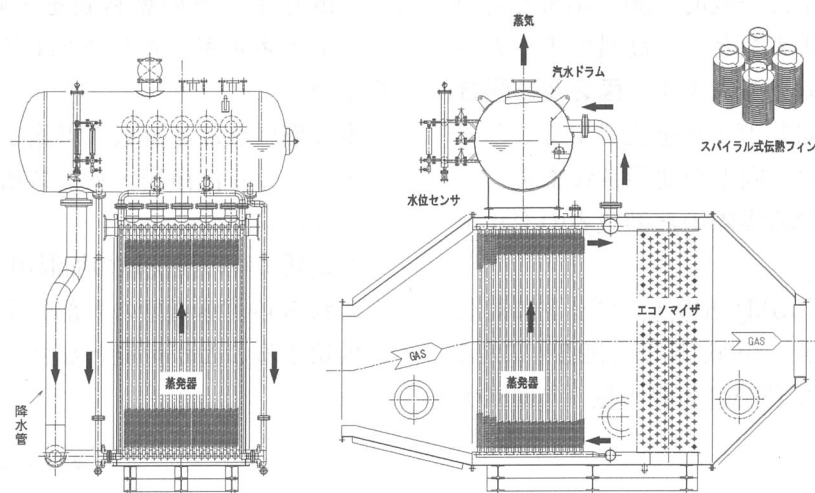


図 5 廃熱回収ボイラ概略図

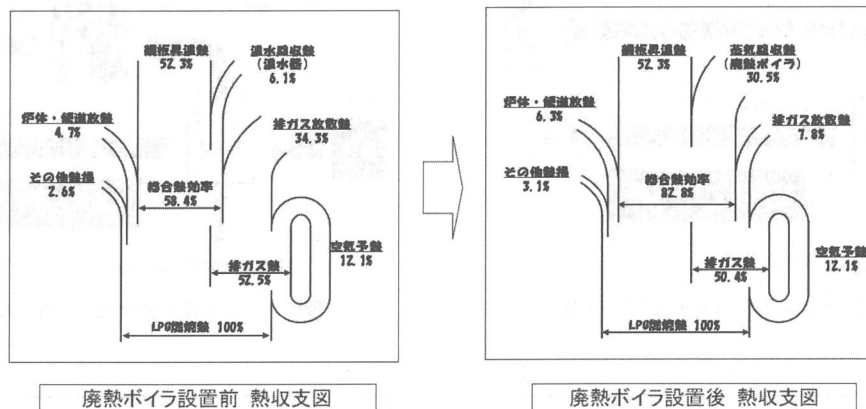


図 6 廃熱回収ボイラ設置前後の熱収支図

図5に廃熱回収ボイラの概略図を示します。

また、図6に廃熱回収ボイラ設置前後の熱収支図を示します。

当該ケースでは、熱効率（有効利用熱）が58.4%から82.8%へ大幅に向上し、LPGガス焚ボイラの燃料費を45.2%（2010年9月～年換算実績値）低

減し、CO₂の排出量にして4,500ton-CO₂/年の削減効果を得ることが出来ました。

◇ 未利用温水熱の有効利用について

当社では、廃ガスからの熱回収だけでなく、未利用のまま廃棄される温水熱を付加価値の高い蒸

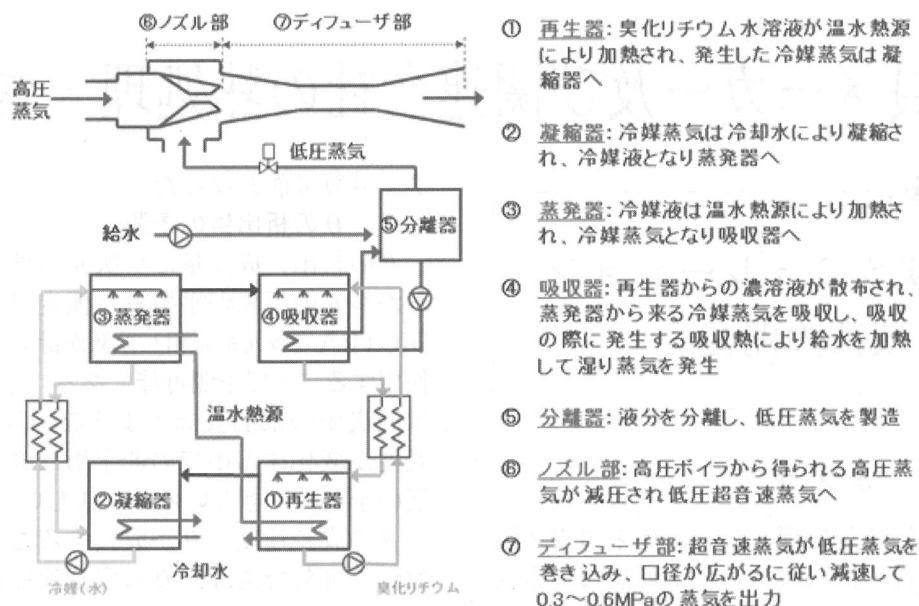


図 7 スチームリンクシステム原理

気として回収し有効に利用する目的で、スチームリンク²⁾を開発いたしました。

システムの原理としては、温水熱(80℃~95℃)を二種ヒートポンプにて汲み上げ、0.1~0.2MPaの低圧蒸気へ変換し、エゼクタと呼ばれる昇圧器により、高圧の蒸気を駆動源として昇圧して0.5MPa程度の圧力でプロセスに供給するというものです。図7に本システムの原理を示します。

また、図8には、蒸気としての回収が困難な200℃前後の低温廃ガスから、本システムに供給可能な温水として熱回収し、それを熱源として0.4MPaの蒸気へ変換するといった低温廃ガスからの熱回収と本システムを組み合わせるケースについてご紹介します。

この条件の場合の導入メリットは、年間6,000時間の稼働で、約1,260万円の燃料費の削減メリットが得られ、これまであきらめていた低温廃ガスの熱回収といった領域でも利用価値が高い蒸気として回収することが可能となり、活エネルギーの実践ができるようになりました。

むすび

弊社では、コーポレートステートメントであ

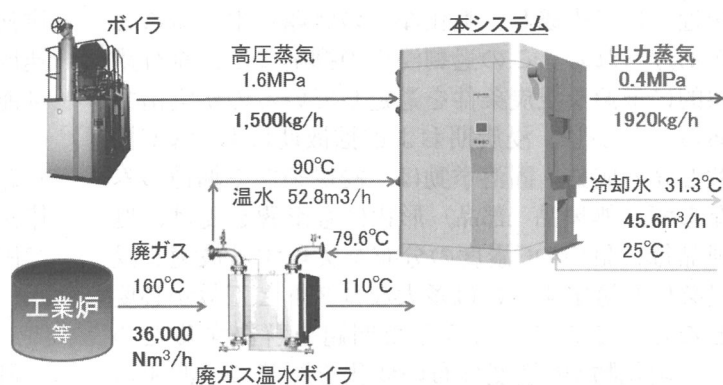


図 8 低温廃ガスからの熱回収と組み合わせるケース

る、「熱・水・環境のベストパートナー」を実現する為、「活エネルギー」による熱の有効利用、低炭素社会の実現、環境にやさしい商品の開発活動など、環境経営に積極的に取り組んでいます。本稿でご紹介させていただいた事例はその一部ですが、貴社における「活エネルギー」の取組みの一助にでも資することを期待しております。

1) 〒799-2696 愛媛県松山市堀江町7番地

2) スチームリンクは、東京ガス株式会社、荏原冷熱システム株式会社、三浦工業株式会社の3社共同開発商品です。また、「スチームリンク」は東京ガス株式会社様の登録商標です。

IV. 会員メーカー及び関連会社の熱処理・素材技術

愛知製鋼株

真空浸炭シミュレーション 技術の開発

まえがき

近年、鋼の表層硬化処理として、従来のガス浸炭に対し処理条件の高温短時間化が可能な真空浸炭法が注目されている。真空浸炭の課題として、炭化物（主にセメンタイト： θ ）がオーステナイト（ γ ）粒界に析出する過剰浸炭組織が処理品の表層近傍にて生成し、脆化などの問題が生じることがあげられる。この過剰浸炭の抑制には、試行錯誤的に最適な浸炭条件を選定しているのが実情である。しかし、浸炭期および拡散期におけるC拡散と θ の成長・固溶挙動は、浸炭条件や鋼種のみならず、処理品（部品）形状にも影響を受け、処理品毎に狙いのC濃度の分布を実現する最適な浸炭条件を選定するには多大なコストと工数が必要となる。そこで、こうした問題を解決するために、炭化物やC濃度分布の変化を正確に予測するシミュレーション技術を、(株)豊田中央研究所殿と共同で開発した。

◇ 真空浸炭シミュレーションの概要

浸炭層のC濃度の計算は、 γ 中のC濃度と θ の析出量（ θ 中のCは一定値）の計算により可能となる。

1. γ 中のC濃度予測

γ 中のC濃度については、①浸炭中の部品表面のC濃度（境界条件）、および② γ 中のCの拡散速度の2つの計算が必要である。このうち②については従来の拡散方程式を使用することで計算可能であるが、①については鋼材の化学組成に大きく依存することが知られている。

本開発では、真空浸炭中の部品表面は非平衡状態（Cは γ 中に過飽和する）と仮定し、境界条件を検討した。つまり、 θ の成長速度が遅く、平衡状態に至らない短時間の浸炭では、 γ 中のC濃度は $\gamma/(\gamma + \text{Gr[黒鉛]})$ 準安定平衡境界まで上昇可能であるとして拡散方程式を解くこととした。その結果、平衡論モデルに比べ γ 中のC濃度が精度

よく計算可能となった。

2. θ の析出量の予測

θ の析出、成長量は一次元の単一拡散場で、なおかつ θ の析出が平衡量と仮定できるのであればDICTRA（多元系の相互拡散が計算可能なソフト）を使用することで予測可能である。しかし、DICTRAは浸炭中の部品表面のような、時間経過と共にC濃度が変化する中での非平衡な θ の成長・固溶速度の予測はできないため、新しい手法を考案した。

θ の成長速度… θ が成長するためには元素の拡散が不可欠であり、 θ の成長速度は最も拡散しにくい元素の拡散速度に律速される。単純モデルにおけるDICTRAの計算結果と近い値をとる単一の元素拡散を検討した結果、 θ の生成はSiの拡散に律速され、浸炭中の γ/θ 界面におけるSiの拡散速度を計算することで θ の生成を予測することが可能であることが分かった。

θ の固溶速度…上述と同様の考え方にて検討した結果、拡散時の θ 固溶は θ 内へのCrの拡散に律速されるため、Crの拡散速度を計算することで固溶速度を予測できることが分かった。

◇ 計算結果

計算結果の一例を図1に示す。C濃度分布および粒界 θ 量の分布は、従来の平衡論モデルの計算よりも予測精度が大幅に向上しており、今後の真空浸炭技術の進展に貢献できるものと考えられる。

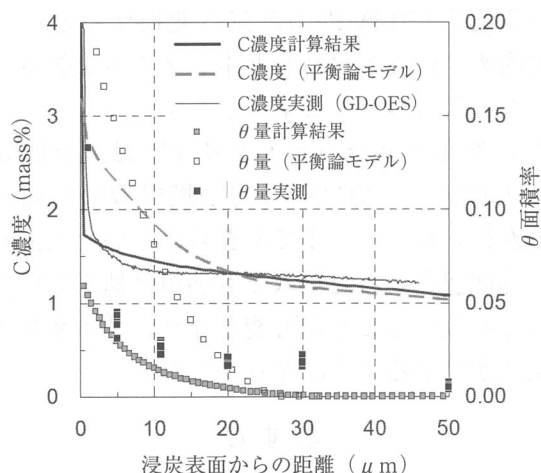


図 1 計算結果例 (SCR420、240s浸炭後)

〔愛知製鋼株 技術本部 技術開発部 安達 裕司〕

ダイカスト金型用新熱処理法・ 表面処理法

当社は日立金属(株)の特約店であり、素材販売から熱処理(焼入れ、表面処理)までの一貫供給体制を活かして、ダイカスト金型に適した熱処理方法の確立に取り組んでいます。今回確立しました、急冷でありながら低歪となる特殊多段冷却による熱処理方法と、ダイカスト金型専用表面処理についてご紹介します。

◇ 急冷・低歪熱処理KS3、KS-R (特許出願中2010-294349)

当社はDAC (SKD61) に代表されるダイカスト金型用鋼の焼入れ冷却においては、マルテンサイト(ベイナイト)変態温度域の重点管理による2段階冷却(KS2処理)を適用し、従来の全域急冷や衝風冷却と同等以下の歪と高靱性を実現してきました。しかしながら近年のダイカスト金型の大型化の傾向により一層顕著になり、高温域(粒界炭化物析出域)に対しても十分な冷却速度が求められるようになってきました。

そこで当社では、マルクエンチ法を改良し、油冷の急速冷却と、準安定オーステナイト域での制御冷却を利用し、製品内外及び金型表面部位の温度差を極力押さえる多段階特殊冷却方法(KS3、KS-R処理)を開発しました。

これにより、靱性値は衝風冷却の2倍でありながら衝風と同程度の熱処理変形量を実現しました(図1)。また、油冷の急速冷却の採用により、従来の加圧ガス冷却では金型表面の熱籠りのために緩慢な冷却となる部位についても急冷が可能となりました。

◇ ダイカスト金型用表面処理 KOSUMO Process

ダイカスト金型の寿命の最大要因は熱疲労によるヒートクラックであり、次いでアルミによる溶損性が挙げられます。

ヒートクラックの発生及び進展を抑制する窒化

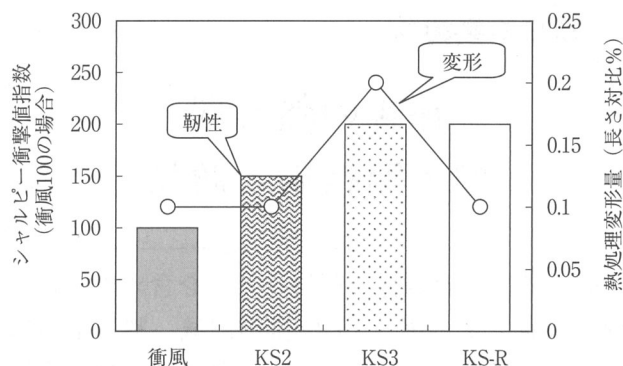


図 1 KS3、KS-R 処理による、靱性と熱処理変形改善事例

は化合物層(白層)がなく窒化拡散層が浅めであることが重要です。また、金型表面の昇温と冷却の繰返しによる熱疲労が原因であるため、窒化層の高温耐力と、常温引張り強さが無処理と比べて極端に低くならないことが重要ですが、かえって耐溶損性能が低下することとなり、両立することは窒化層のみでは困難でした。

溶融アルミと鉄の反応を抑制するためには中間に何らかの膜が必要であり、当社のKOSUMO V1-P、V2-P処理は、窒化層の上に四三酸化鉄皮膜を形成することにより、汎用ガス軟窒化の耐溶損性向上と拡散層のみの窒化に耐溶損性を付与しています。

四三酸化鉄皮膜は昨今の環境保護の観点からも危険なガス等を全く使用しないクリーンな表面処理です。また、金型単体の中で、必要な部位ごとに異なる窒化層生成についてもテストしています。

ダイカスト金型の寿命を左右するものには多くの複合要因が考えられます。

鋼材選択から金型設計、鑄造条件、熱処理条件や表面処理選択等多岐に亘る影響の中で当社では鋼材選択から熱処理(焼入れ+表面処理)までの総合的なサポートにより、万一短寿命品が発生した場合でもトレーサビリティが可能な体制を取っています。

また、近年更なるコストダウンが叫ばれていますが、金型高寿命化は当然のこととして、更に低歪焼入れによる加工コスト低減、加工時間短縮や環境に易しく価格を抑えた表面処理の開発に取り組んでいます。

棒線の熱処理 簡省略技術と商品

弊社では、お客様の製造ラインを含めた一貫工程での省エネルギー、CO₂排出削減、製造工期短縮、省コストなどを目的に、各種の熱処理工程簡省略鋼を開発・製造しております。ここでは特に棒鋼・線材の熱処理簡省略技術と商品について紹介致します。

一般的に、棒鋼・線材は焼鈍・伸線・切断などの2次加工、鍛造・切削・浸炭・焼入れなどの3次加工を経て、ようやく完成部品になります。完成部品には機械構造用として「高い強度」が要求されますが、一方製造段階では「軟らかく加工し易い

こと」や「工程省略によるコストや工期の削減」が求められます。このように相反する要求に対し、弊社では足の長い加工工程全体を見渡し、下表1に示す熱処理簡省略型の商品群を開発してまいりました。これらは、最適な材料開発、成分や内質の緻密な造り込み、組織や結晶粒の微細化、圧延・冷却時の適切な熱履歴コントロールなど、新日鐵の技術を結集したオリジナル商品です。

インライン熱処理に関しては、目的の鋼種に最適な冷却速度を自在に選択できる制御冷却設備を開発・実機化しています。様々な冷却媒体（空気、水、ソルト）を用いて超徐冷から急冷、保定など幅広い冷却速度で熱間圧延された棒線を冷却し、焼鈍簡省略やQT省略、直接パテンティングなど各種の工程省略商品を製造しております。

〔新日本製鐵(株) 棒線営業部 金須 貴之〕

表 1 棒鋼・線材の熱処理簡省略技術と商品

鋼種	目的	適用技術	当社の独自商品	適用部品例
鍛造用鋼	焼鈍簡省略	インライン熱処理	軟質冷鍛鋼 Mild-Alloy Super Mild Alloy	ギア、CVJ ギア、シャフト
			軟質線材 DS、SCS	ボルト
	QT省略	インライン熱処理	冷鍛非調質線材 NHF	ボルト
		衝風冷却	熱鍛非調質鋼	クランク、コンロッド
	浸炭時間短縮	高温浸炭	粗大粒防止鋼 NSACE	ギア、シャフト
	焼準省略	制御圧延・冷却	焼準省略鋼 FG	シャフト
硬鋼線 PC鋼線	直接パテンティング	インライン熱処理	直接パテンティング線材 DLP、DP	PC鋼線、 ワイヤロープ
PC鋼棒	直接焼入れ	インライン熱処理	直接焼入れ線材 NHQ	コンクリート補強線

焼きならしを省略できる 高強度軟窒化クランクシャフト用鋼

自動車用エンジンのクランクシャフトには高い疲労強度が求められるので、表面硬化のための熱処理が施される。ガス軟窒化はその一方法で、若干の浸炭性を持たせながら窒化を行う熱処理であり、保持温度は500～600℃、保持時間は数時間である。保持温度はオーステナイトが生成し始めるA₁点よりも低いので、熱処理に伴う部品のゆがみを小さく抑えることができる。軟窒化における強化機構は、侵入した窒素による固溶強化と、合金元素と窒素が結びついて形成される窒化物による析出強化によるものである。

部品のゆがみが小さいとはいえ、高速で回転するクランクシャフトには高い真直性が求められるので、軟窒化後には、真直性を回復させる「曲げ矯正」という作業が必要になる。軟窒化後の部品は、表面の硬さが非常に大きくなっているため、曲げ矯正の際には表面き裂が入りやすい。表面き裂は圧縮残留応力を解放し、疲労き裂の起点ともなり、部品性能を大きく低下させるので、高強度化と曲げ矯正性の両立は非常に重要である。

強度を上げるには、素材の硬度を高めるのが効果的であり、そのためには鋼材の炭素濃度を高めればよく、その結果、組織はパーライト主体となる。クランクシャフトは、通常、熱間鍛造で製造するが、鍛造ままの微細組織ではパーライトコロニーは粗大で、そのまま軟窒化して、曲げ矯正を行うと表面き裂が容易に発生する。これを回避するためには、パーライトコロニーを微細化してやる必要があり、軟窒化前に、焼きならし(焼準)と呼ばれる熱処理を行う必要がある(図1参照)。

炭素濃度を低目に抑えて、フェライトの比率を高めておけば、鍛造ままの状態でも軟窒化しても、曲げ矯正を行うことができるが、今度は、高強度が達成できなくなる。VやCrといった合金元素の窒化物でフェライトを析出強化する場合には、フェライトの延性が著しく低下するので、フェライト粒の微細化を図るために、やはり焼きならしは必須であった。

我々が開発した高強度軟窒化クランク用鋼は、鍛造ままで軟窒化しても、高い疲労強度と優れた曲げ矯正性を両立させることのできる鋼材である。開発のポイントは、フェライト分率の最適化と、適量のモリブデンの添加である。開発鋼は、炭素濃度を0.4%未満とし、0.2%程度のMoを含有している。このMoが焼入れ性を適度に促進するために、ベイナイト組織が混在し、粗大なパーライトコロニーはベイニティックフェライトで分断、微細化され(図1参照)、表面き裂や疲労き裂の進展に対して高い抵抗を示す。また、Moは0.2%程度であればフェライト中に固溶しているが、500～600℃で数時間時効すると数原子ずつが凝集してMoのナノクラスターを形成する。その結果、引張り破断強度は変化しないまま、降伏強度だけが数十MPa増大するという効果をもたらす。析出強化とは異なるので、曲げ矯正は殆ど劣化せず、また、降伏比が上がることで、疲労強度が向上する。

住友金属工業(株) 総合技術研究所 さの 佐野 なおゆき 直幸

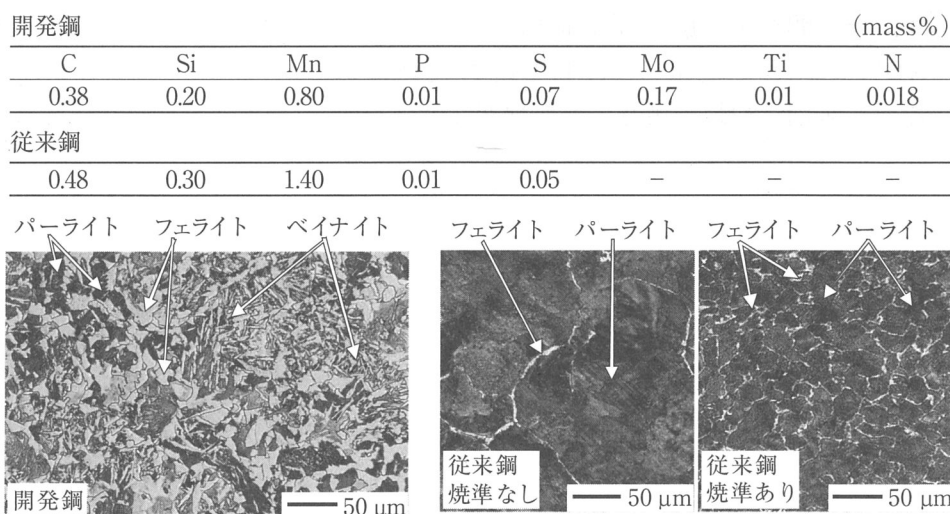


図1 開発鋼と従来鋼の微細組織の比較

冷間ダイス鋼の熱処理、表面処理時の寸法変化最小化技術

◇ 金型の熱処理、表面処理時の課題

プレス成形部品を製造する冷間プレス金型は、ダイス鋼に熱処理や表面処理を実施して使われる。しかし、これまでの金型作りは、熱処理や高温拡散系表面処理時に、ダイス鋼に焼入れ焼もどしを実施する為、膨張収縮が発生し、ダイス鋼の鍛造方向で0.05%程度の寸法変化を起こしてしまうという問題があった。この場合、ダイス鋼が鋳物に入らない為、修正加工を実施しなければならず、加工工数増加（コストアップ）になってしまう。また、最近増加している低温系表面処理（PVD）であっても、約500℃の処理温度の為、表面処理前の熱処理条件によっては寸法変化が起ってしまう事があった。このように、表面処理時の寸法変化発生メカニズムは非常に複雑であり、これを制御するのは容易ではない。

◇ 当社の技術

上述した課題を解決する為、当社および当社の鋼材流通・熱処理を提供する(株)カムスやPVD装置メーカーである(株)神戸製鋼所の力を結集し、鋼材及び表面処理法に関して、寸法変化が最小化となる技術を開発した。

1. 新冷間ダイス鋼 KD11MAX

KD11MAXは、従来のSKD11と耐磨耗性は同等ながら被削性や最高硬さ、熱処理変寸特性を改

善した新鋼種である。また500℃の焼戻しで寸法変化量が最小となる設計とした。熱処理変寸量と方向性のバラツキはSKD11に対して50%改善している。

2. 新冷間ダイス鋼 NOGA

NOGAは、従来のSKD11系では得られなかった高い疲労強度、靱性値を得た。表面処理との相性も良く、特に表面処理を実施する金型で従来よりも大幅な寿命改善効果を得る事ができる鋼種である。併せて、SKD11よりも大幅に熱処理変寸特性を改善しており、熱処理や表面処理時に高精度な寸法管理をする事が可能となった。

3. 新表面処理皮膜 KS-G

KS-Gは、高温拡散系表面処理皮膜と同等以上の金型寿命を有しながら、処理温度が従来PVDよりも50～70℃低温化させている。その為、他の表面処理に比べ処理前の熱処理条件によらず、処理時の寸法変化がほとんど発生しない。これまで処理温度を下げると皮膜特性が低下するといわれていたが、KS-Gは皮膜構造を新規開発することにより、皮膜特性をより向上させる事が出来た。

むすび

今回ご紹介したKD11MAX、NOGA、KS-Gは既に上市しており、優れた寿命特性や寸法変化が起こらない事からユーザー様からご好評を頂いている。また、本素材と表面処理を組み合わせる事で、より金型の性能が向上する。今後ともユーザー各位様のお役に立つことが出来れば幸いである。

〔日本高周波鋼業(株) かし たくはる〕
商品開発部 菓子 貴晴

“特集” 編集後記

今月号の特集は、熱処理設備に焦点を当てました。特殊鋼は適切な熱処理を施すことによって、初めて目的とする特性を得ることができます。そのため、熱処理技術の重要性は言うに及びませんが、その熱処理技術を支える「縁の下の力持ち」が熱処理設備という事になります。今回はその思いから特集を組んでみました。ただ、熱処理設備と一口に言っても数多くの種類があるため、主だった熱処理炉とそれを構成する要素技術という構成にしました。

まずⅠ章では総論として、熱処理設備の変遷と今後の課題について述べて頂きました。本文では作業環境、自動化、制御技術、省エネをキーワードに解説頂きましたが、いずれもユーザーの関心のあるところであり、今後も挑戦し解決していくべきテーマと思われます。Ⅱ章の熱処理設備の実

際には、改めて各熱処理炉の目的、操業などについて概略を執筆頂き、その中で新しい技術動向について解説頂きました。Ⅲ章の熱処理設備を支える要素技術では、加熱源、耐火物、冷却媒体、制御、熱回収の各要素技術について述べて頂きました。この要素技術の進歩がそのまま熱処理技術の向上につながっている事を改めて感じました。

また今後も熱処理技術の高度化に伴い、設備へのニーズは増えていくものと考えられます。それに対応するには、今まで以上に材料、熱処理、最終ユーザーの連携が重要となると思われます。

最後になりましたが、本誌へご寄稿頂きました方々、ご協力頂きました編集委員および事務局の皆様には、この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

〔大同特殊鋼(株) 特殊鋼製品本部 自動車材料ソリューション部 ほんだ まさとし 本田 正寿〕

業界のうごき

愛鋼、衣浦工場の用地取得へ 隣接地も視野、自社化

愛鋼は、衣浦工場（愛知県半田市潮干町）の工場建屋を愛知製鋼から購入したのに続き、土地部分約2万2,900m²についても購入する方針を固めた。資産の確保とともに、将来的には隣接部分も購入し、機械加工強化に向けた新たな展開を進めるための一大拠点とする方針だ。

衣浦工場は条鋼製品の切断、孔明加工や冷間圧延などを行っているが、昨年夏には工場建屋約6,800m²と事務所棟220m²を、持ち主である愛知製鋼から購入した。今回はこれに続き土地部分についても、購入する方向で交渉に入ったもの。

用地の購入によって資産形成が進むが、同社は衣浦工場に隣接している用地約2万8,000m²についても購入し、自社化したい考え。今後は引き抜き加工部門の同工場の移設や、新たな鋼材加工分野への進出など、次に向けた展開が開けるとしている。

（4月10日、産業新聞、）

伊藤忠丸紅特殊鋼、関東の拠点集約 浦安・高崎移転、前橋に新工場

伊藤忠丸紅特殊鋼は、12月をめぐりに浦安工場と高崎支店・工場を全面移転し群馬県前橋市・朝倉工業団地内に新工場を建設すると発表した。構造用鋼、工具鋼など特殊鋼加工販売に関わる関東拠点を集約する。東日本大震災による液状化現象で浦安工場の操業が制限されており、手狭な高崎支店・工場を含めて再配置を検討していた。

同社は、特殊鋼、ステンレス、線材が3本柱。特殊鋼部門では、自動車・建産機関連需要の集積地であり、配送頻度の高い神奈川地区にも効率的に配送できる前橋市に新工場

を建設し、加工・配送・在庫の効率化を進める。

切断・機械加工設備は浦安と高崎から移設し、現行の加工能力を維持する。

なお、特殊鋼部門の新潟支店や、ステンレスコイルセンターであるステンレスセンターなどは今回の拠点再編に含まない。（4月3日、鉄鋼新聞）

川本鋼材、三河営業所が業務開始 在庫1,000トン、商圈を拡大

川本鋼材は三河営業所（愛知県西尾市平原町前山22-11）を開設、業務を開始した。当面は構造用鋼と一部工具鋼で1,000トン程度を在庫、三河地区の産業機械、工作機械メーカー向けなどに販売・供給を行う。

同社の拠点としてはこれまで本社特殊鋼センター、浜松営業所、安城営業所の3か所を構えていた。このうち安城営業所はやや手狭となり、本社や浜松が一部を受け持つなどサポートを続けてきたが、安城を拡大する形で新たな拠点として三河営業所を開設することになった。

三河営業所は、敷地面積が3,977m²、工場棟は2,211m²、事務所は3階建てで延べ305m²規模。今後は、地元である豊川市や蒲郡市、さらに豊橋市までエリアを拡大し、ユーザーサービスの強化を図る。

（4月5日、産業新聞）

佐藤商事、 兵庫に大型物流拠点

佐藤商事は、兵庫県三田市に関西地区の基幹物流拠点となる「大阪鋼材センター」（仮称）を建設する。「北摂三田第二テクノパーク（開発造成は大和ハウス工業）内に、12年夏の着工、12年度内の完成予定で、敷地約2万m²、建屋延べ8千m²の大型倉庫を建設する。現在の大阪支店

倉庫に比べて敷地は約3.6倍、建屋は約2.5倍に拡大する。特殊鋼棒鋼をメインに在庫する予定で、滋賀支店、兵庫支店の倉庫機能の一部を集約することも検討する。基幹物流センターの開設は、今回の関西地区で一段落する。

大和ハウスにとって最大の産業団地開発であり、同パーク進出を決めたのは佐藤商事が初めて。大阪市内から約50km、神戸市内から約40kmに位置し、舞鶴若狭自動車道・三田西ICから600mと近く近畿圏での交通利便性が高い。（4月17日、鉄鋼新聞）

三悦、バンドソーを更新 切断速度3倍に向上

三悦は、老朽化が進んでいたバンドソー1基をパルスカッティングバンドソーにリプレースし、3月から稼働を開始した。切断速度が従来比3倍にアップするほか、ブレードの長寿命化により、ランニングコストの低減が可能となった。同社は、工作機械、建機、産業用設備関連のユーザーが多く、本社工場にバンドソーを20基保有し棒材をメインに切断加工を行っている。

今回導入したのはアマダ製パルスカッティングバンドソー「PCSAW430」で対応サイズは30～430ミリ。切断スピードが旧機比2.5～3倍に向上することから、加工効率が大幅に改善される。また、ブレードの厚みが増したことから刃持ちが良くなり、部品交換による費用を圧縮可能となった。

これに加え、従来機に比べ低騒音・低振動化するため、周辺地域への環境負荷にもいっそう配慮した。

（4月12日、鉄鋼新聞）

大洋商事、超鋼丸鋸切断機を導入 大阪支店・大径向け全自動

大洋商事は、大阪支店福町倉庫に

業界のうごき

津根精機製の太径向け全自動式超硬丸鋸切断機を導入した。現在試運転を行っており、本格稼働を開始する。160mm径までの鋼材を短時間で高精度に切断できるため、建設機械関連などをはじめとした、太径の量産品向けユーザーニーズに対応し、需要獲得につなげる。

新たに導入した超硬丸鋸切断機「TK5C-160GL」。帯鋸盤で対応していた100～160mm径程度の大径鋼材切断について、大幅なスピード短縮が可能のため、建設機械向けなどの量産品の対応に寄与。今回の新鋭機導入により、同所の切断機は丸鋸切断機3基、帯鋸切断機の計6基体制となった。

同社では、太径向けの量産切断が可能な設備の導入で、長期的スパンで需要が増加している大径鋼材のニーズに対応し、一層の販売増を目指すとしている。（3月1日、産業新聞）

千曲鋼材、新浦安倉庫が完成 在庫・配送機能を拡充

千曲鋼材の新浦安倉庫が東日本大震災で被災した浦安工場の跡地に完成した。既存の浦安第1・第2・第3倉庫と合わせた浦安の在庫体制は現在の4千トンから7千トンに拡大する。

2012年度中に第2・第3倉庫で一部の改修を実施した上で、営業倉庫に預けている在庫の大半も集約して、新たな物流体制を整える。浦安工場にあった溶断機は茨城事業所（茨城県常陸大宮市）に移管しており、茨城で加工の効率化を図りつつ、浦安で店売りの在庫・配送機能を拡充して、顧客の利便性を高めていく。

浦安の倉庫群は全て隣接しており、総敷地面積は約6,600m²。新倉庫は1,552m²で、5トン天井クレーン4基を設置し、自然採光やLED照明灯な

どで明るい内部空間を確保した。耐震・液状化対策で65m杭を25本打っているほか、茨城や浦安の既存倉庫でもクレーン落下防止装置を完備した。

（4月6日、鉄鋼新聞）

メタルワン特殊鋼、 マクススコポと業務提携

メタルワン特殊鋼とマクススコポレーションは、関東以北における特殊鋼棒鋼の販売分野で、物流や在庫、加工等の営業基盤の相互活用を開始した。対象鋼種は、SC（機械構造用炭素鋼）、SCM（クロム・モリブデン鋼）で、北関東地域から手がけ、順次地域を拡大。経営資源の稼働率向上で、顧客への対応強化を進め、国内市場でのプレゼンス強化につなげる。

販売活動については両社とも従来どおりとしており、仕入れ方針も変更はない。両社は以前から取引関係にあるが、事業領域では重複する部分が少ないため、相互補完する分野が多く、業務提携による効果が高いと判断。昨年後半から取組を開始した。

マクススコポレーションは、小口ユーザー向けのきめ細かな対応を得意としており、お互いの関東以北の事業拠点を生かして、融通し合える部分を補完しながら、独自のビジネスモデルを構築する方針。

（3月8日、産業新聞）

秋山精鋼、足立工場、石岡に集約 生産性効率化を推進

秋山精鋼は、2013年3月末で細径研磨メーンの足立工場（東京都足立区）を生産停止し、13年4月に主力生産拠点の石岡工場（茨城県石岡市）に生産を集約する。

国内需要が縮小する中、経営資源を有効活用し生産効率化を図るのが狙い。石岡工場敷地内に増築する建

屋は約4,500m²で建築費用は約4億円。7月に着工を開始し、年内には建設が完了する。今回の集約で国内生産拠点は引き抜きメーンの埼玉工場（埼玉県八潮市）と石岡工場の2拠点となり、石岡工場の月間生産量は現在の900トンから1千トンとなる。

足立工場は同社初の製造拠点として75年以上の歴史を持つ。現在は時計材向けなど細径研磨加工を手掛け、加工量は月間100トン。約2年前から石岡工場への生産集約を検討していた。

（4月10日、鉄鋼新聞）

神鋼が大型投資、 チタン合金生産能力増強

神戸製鋼所は、航空機向けチタン合金の生産能力を増強すると発表した。高砂製作所に12年11月稼働予定で新リングミル工場を建設し、13年4月稼働予定で大型鍛造製品用の熱処理・検査設備を導入する。一般産業分野向け純チタンでは、11年8月に神鋼特殊鋼管がチタン溶接管専用ラインを増強しており、一連の投資総額は60億円に達する。熱処理・検査設備の増強は日立金属などと共同出資する日本エアロフォージ（Jフォージ）の稼働に合わせるもので、能力は約3倍に増える。

神鋼が40.53%（払込資本15億円）を出資し、世界最大級の5万トン型打鍛造プレスを導入するJフォージの設立も、日本の航空機産業が将来を切り拓く上で不可欠な一手だ。神鋼は従来得意とするエンジンファンケースなどリング製品の競争力を高めるとともに、Jフォージの大型鍛造製品に対応した熱処理・検査体制も整える。

（3月9日、鉄鋼新聞）

山陽、自動車用ホイール軸受 中国子会社の能力増強

山陽特殊製鋼は、中国の素材材製

業界のうごき

造・販売子会社、寧波山陽特殊鋼製品(NSSP)に2千トン縦型熱間鍛造プレス1基を増設したと発表した。投資額は約7億円で、自動車専用ホイール軸受の月産能力を約37万個増の約100万個に拡大した。中国における自動車生産の拡大を背景に、ホイール軸受(ハブ)の需要増に対応できる体制を整え、事業拡大を図る。

NSSPは、01年8月設立で、軸受リングや自動車・産機部品など素形材を製造販売。自動車用ホイール軸受を生産する縦型熱間鍛造プレスは従来2基体制(2千トン、2,300トン)で、生産性の向上などで上方弾力性を高めてきたが月産約60万個とほぼフル稼働状態に達していた。プレス増設は08年10月に2千トンプレスを増設して以来となる。

(4月12日、鉄鋼新聞)

住金・住商、 米クランク軸加工会社 11年、通期黒字化

住友金属工業と住友商事が共同出資する米国のクランクシャフト機械加工メーカー、SMIクランクシャフト(オハイオ州フォストリア市)は、11年12月期で通期黒字化を果たした。08年10月に現地会社の買収を完了してスタートして以降、リーマンショック後の需要低下で苦戦したが、大型トラックの生産の回復、石油・ガス掘削用プレッシャーポンプ需要の増加や拡販努力により11年は通期黒字化した。13年は大型トラック生産が高水準と見込まれることで、同社の生産も今後は約4割へのシェア拡大も視野に入る。

11年の生産販売は、7万7千本で売上高は前期比約6割増の5千万ドル。12年は9万5千本で売上高7千万ドルを見込む。鍛造材は製鋼

所(大阪市此花区)が供給し、大型トラック用は1万6千トン鍛造プレス、掘削ポンプ用は50トンハンマーで生産している。(3月12日、鉄鋼新聞)

大同・渋川工場、 原子力材料のASME認証

大同特殊鋼は、渋川工場がASME(米国機械学会)から原子力発電用材料供給に関する品質システム認証を取得し、MO(マテリアル・オーガナ伊ゼーション)として登録されたと発表した。渋川工場で製造・出荷する鋼材・鍛造品を、ASME原子力規格に基づき品質保証された原子力材料として供給できるようになった。

星崎工場で圧延する鋼材を渋川で品質保証して出荷するケースも含んでいる。なお、神戸製鋼所の鋳鍛鋼工場(高砂製作所内)も大同渋川と同時期にMO認証を取得した。

大同渋川が供給する原子力材料は圧力容器用CRD(制御棒駆動機構)ハウジングや冷却水ポンプシャフト、ポンプ用スタッドボルトなど。日本では住友金属工業・特殊管事業所と竹中製作所がASMEのMO認証をすでに取得。また、鉄鋼関係では日本製鋼所が機器まで対象とする認証(NPT、U、U2)をすでに取得している。

(3月2日、鉄鋼新聞)

理研製鋼、熱処理の合理化完了 STC炉3基体制に

理研製鋼は、熱処理工程の合理化を完了、4月から新体制に移行した。柿崎工場(新潟県)の連続焼鈍炉をSTC炉(大同特殊鋼製のショート・タイム・サイクル炉)2基にリプレースすることで、主力製品である軸受鋼線生産の能力増、省力化を図った。

熱処理は連続焼鈍炉(月間能力1,100トン)とSTC炉(同500トン)の2基で行っていたが、連続焼鈍炉が

老朽化したため、STC炉2基にリプレースした。新STC炉の月間処理能力は2基で1,700トン。既存のSTC炉を合わせたトータル熱処理能力は2,200トンに増強された。

軸受鋼線需要は海外での自動車生産増を受け着実に伸びており、将来をにらんで生産能力に上方弾力性を持たせたものだ。新STC炉は昨年11月に試運転を開始、年明けから本格稼働に入っている。

(4月6日、鉄鋼新聞)

日立、サプライチェーン構築加速 安来に新加工工場

日立金属は、国内外の特殊鋼事業で、素材と熱処理・機械加工や流通サービスなどを組み合わせたサプライチェーンの構築を加速する。鋼材の価値だけでなく、トータルソリューション提供力を生かして総合的に付加価値を高める方針だ。航空機・エネルギー部材では、来春に予定する日本エアロフォージ(Jフォージ)の本格稼働に合わせて、今年9月完成予定で安来工場内に新工場を増設し、機械加工体制や検査体制を拡充・効率化する。

新工場は建屋約3千m²で、日立金属安来製作所の機械加工設備を集約し、新鋭大型加工設備も導入する。また日立金属安来製作所の現機械加工工場(約1,500m²)を賃借し、主に検査部門を集約する。ニッケル合金など素材生産と鍛造品の機械加工を安来に集中して、高価原料のリサイクル率向上を含めた総合的な付加価値向上策を進める。(4月13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要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							計	合 計
		機械構造用炭素鋼	構 造 用 合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高抗張力鋼	そ の 他			
'10 暦 年	264,305	4,709,973	3,765,411	8,475,384	433,942	990,566	3,084,123	808,875	5,613,907	833,938	11,765,351	20,505,040	
'11 暦 年	249,273	r4,616,659	r4,039,110	r8,655,769	r427,775	r1,117,301	r2,931,487	r744,318	r5,380,181	r833,755	r11,434,817	r20,339,859	
'09 年 度	153,577	3,505,715	2,746,229	6,251,944	356,793	687,413	2,717,181	654,708	4,225,196	678,039	9,319,330	15,724,851	
'10 年 度	268,456	r4,789,705	r3,919,752	r8,709,457	r433,475	1,036,426	3,112,544	r808,958	r5,697,455	r857,115	r11,945,973	r20,923,886	
'11. 1- 3月	63,236	r1,184,566	r1,006,048	r2,190,614	r105,380	273,415	771,323	r205,091	r1,411,652	r220,685	r2,987,546	r5,241,396	
4- 6月	64,735	1,020,892	931,971	1,952,863	85,422	283,099	745,033	146,367	1,165,149	220,871	2,645,941	4,663,539	
7- 9月	63,550	1,136,405	996,818	2,133,223	116,440	r265,916	r759,343	195,018	1,327,638	215,241	2,879,596	5,076,369	
10-12月	57,752	r1,274,796	1,104,273	r2,379,069	120,533	294,871	655,788	197,842	1,475,742	176,958	2,921,734	r5,358,555	
'11年 1月	22,283	417,734	339,187	756,921	31,395	86,645	270,224	67,302	513,614	83,309	1,052,489	1,831,693	
2月	19,620	r383,467	r339,750	r723,217	r39,637	89,670	258,076	r73,560	r439,373	r73,436	r973,752	r1,716,589	
3月	21,333	383,365	327,111	710,476	34,348	97,100	243,023	64,229	458,665	63,940	961,305	1,693,114	
4月	22,741	337,058	312,323	649,381	28,366	87,597	239,079	40,384	362,056	74,579	832,061	1,504,183	
5月	19,179	325,136	303,691	628,827	27,328	98,484	244,836	44,204	358,433	78,098	851,383	1,499,389	
6月	22,815	358,698	315,957	674,655	29,728	97,018	261,118	61,779	444,660	68,194	962,497	1,659,967	
7月	22,281	355,331	348,247	703,578	35,487	92,094	255,413	65,285	393,823	75,509	917,611	1,643,470	
8月	20,271	382,506	321,949	704,455	39,289	r78,809	r252,148	64,145	468,032	65,085	967,508	1,692,234	
9月	20,998	398,568	326,622	725,190	41,664	95,013	251,782	65,588	465,783	74,647	994,477	1,740,665	
10月	20,889	r435,694	374,192	r809,886	40,259	94,470	248,790	69,019	508,407	64,445	1,025,390	r1,856,165	
11月	18,150	426,079	370,333	796,412	37,419	100,839	210,556	65,182	529,268	61,975	1,005,239	1,819,801	
12月	18,713	413,023	359,748	772,771	42,855	99,562	196,442	63,641	438,067	50,538	891,105	1,682,589	
'12年 1月	18,675	408,626	355,517	764,143	36,747	95,048	217,805	58,771	469,382	48,402	926,155	1,708,973	
2月	19,187	405,399	354,966	760,365	37,736	93,186	240,907	63,622	443,887	47,840	927,178	1,706,730	
前 月 比	102.7	99.2	99.8	99.5	102.7	98.0	110.6	108.3	94.6	98.8	100.1	99.9	
前年同月比	97.8	105.7	104.5	105.1	95.2	103.9	93.3	86.5	101.0	65.1	95.2	99.4	

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 帯	合 計
'10 暦年	393,638	6,029,672	1,355,012	4,382,009	2,074,482	6,270,227	20,505,040
'11 暦年	500,334	r6,256,373	1,498,992	r4,163,728	2,087,517	5,832,915	r20,339,859
'09 年度	244,335	4,265,765	1,060,842	3,544,893	1,496,432	5,112,584	15,724,851
'10 年度	436,149	r6,260,098	1,405,850	r4,383,582	2,105,357	6,332,850	r20,923,886
'11. 1-3月	129,310	r1,601,801	354,578	r1,065,843	504,600	1,585,264	r5,241,396
4-6月	112,882	1,430,918	378,062	908,179	464,461	1,369,037	4,663,539
7-9月	132,742	1,529,404	368,045	1,073,534	480,912	1,491,732	5,076,369
10-12月	125,400	r1,694,250	398,307	1,116,172	637,544	1,386,882	r5,358,555
'11年 1月	49,858	527,135	124,006	376,001	187,853	566,840	1,831,693
2月	34,802	r533,949	119,913	r360,103	152,552	515,270	r1,716,589
3月	44,650	540,717	110,659	329,739	164,195	503,154	1,693,114
4月	30,598	452,051	134,453	291,701	142,834	452,546	1,504,183
5月	38,424	455,733	125,802	308,820	141,321	429,289	1,499,389
6月	43,860	523,134	117,807	307,658	180,306	487,202	1,659,967
7月	60,678	511,399	131,676	338,217	127,379	474,121	1,643,470
8月	34,788	482,060	125,245	355,383	178,768	515,990	1,692,234
9月	37,276	535,945	111,124	379,934	174,765	501,621	1,740,665
10月	41,782	r562,994	147,857	389,358	216,410	497,764	r1,856,165
11月	31,881	573,197	127,228	369,966	237,030	480,499	1,819,801
12月	51,737	558,059	123,222	356,848	184,104	408,619	1,682,589
'12年 1月	41,754	532,998	136,362	342,774	170,803	484,282	1,708,973
2月	42,726	555,757	122,460	334,840	135,870	515,077	1,706,730
前 月 比	102.3	104.3	89.8	97.7	79.5	106.4	99.9
前年同月比	122.8	104.1	102.1	93.0	89.1	100.0	99.4

経済産業省調査統計部調べ

特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別販売(商社+問屋)の推移

(単位：t)

年 月	工 具 鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼							計	合 計
		機械構造用炭素鋼	構 造 用 合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ス テ ン レ ス 鋼	快 削 鋼	高 抗 張 鋼	そ の 他			
'10 暦 年	447,725	3,903,203	4,298,708	8,201,911	273,624	490,599	2,787,997	212,853	52,711	90,797	3,908,581	12,558,217	
'11 暦 年	441,844	3,966,807	4,653,986	8,620,793	273,757	547,952	3,626,549	200,660	82,191	79,046	4,810,155	13,872,792	
'09 年 度	321,270	3,015,334	3,932,857	6,948,191	212,180	330,580	1,871,810	188,055	29,854	25,038	2,657,517	9,926,978	
'10 年 度	462,905	4,084,266	4,338,870	8,423,136	276,543	532,229	3,438,657	207,684	61,239	109,308	4,625,660	13,511,701	
'11年 6月	33,762	300,332	380,244	680,576	23,083	43,429	331,472	18,258	5,882	7,742	429,866	1,144,204	
7月	33,828	353,756	392,669	746,425	22,042	41,367	270,611	19,817	6,476	5,269	365,582	1,145,835	
8月	36,907	328,183	412,240	740,423	24,077	58,593	276,139	18,202	6,852	5,673	389,536	1,166,866	
9月	52,655	348,151	565,503	913,654	33,727	45,227	367,023	20,886	6,462	4,400	477,725	1,444,034	
10月	36,529	355,978	352,512	708,490	25,770	40,215	249,993	16,793	7,182	11,672	351,625	1,096,644	
11月	38,231	372,504	359,938	732,442	24,292	48,830	252,091	17,030	7,991	1,715	351,949	1,122,622	
12月	35,445	345,305	349,292	694,597	24,479	43,065	247,766	15,720	5,916	1,999	338,945	1,068,987	
'12年 1月	36,205	324,263	349,619	673,882	23,739	42,316	242,879	15,545	6,655	2,121	333,255	1,043,342	
2月	39,675	354,984	356,489	711,473	24,164	49,093	249,918	15,305	7,404	3,087	348,971	1,100,119	
前 月 比	109.6	109.5	102.0	105.6	101.8	116.0	102.9	98.5	111.3	145.5	104.7	105.4	
前年同月比	92.1	99.9	93.1	96.4	102.4	106.9	76.2	97.3	137.7	13.5	79.1	90.0	

経済産業省調査統計部調べ

特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別在庫の推移

メーカー在庫

(単位：t)

年 月		工 具 鋼	構 造 用 鋼		特 殊 用 途 鋼							計	合 計
			機械構造用炭素鋼	構 造 用 合金鋼	ばね鋼	軸受鋼	ス テ ン ス 鋼	快 削 鋼	高 力 抗 張 鋼	そ の 他			
'10 暦 年		8,211	196,285	116,884	313,169	26,837	32,899	118,937	32,660	171,362	33,367	416,062	737,442
'11 暦 年		8,488	190,227	116,969	307,196	24,614	38,099	122,684	30,553	197,768	32,381	446,099	761,783
'09 年 度		4,885	150,279	87,694	237,973	24,585	31,484	114,320	30,093	130,480	23,679	354,641	597,499
'10 年 度		8,496	172,140	103,840	275,980	23,338	30,420	111,558	29,060	154,845	47,895	397,116	681,592
'11年	6月	8,778	172,482	113,860	286,342	20,615	35,518	117,125	27,365	188,379	41,488	430,490	725,610
	7月	8,824	170,723	124,705	295,428	21,464	32,868	119,375	28,363	168,398	42,677	413,145	717,397
	8月	9,257	178,275	123,853	302,128	20,730	32,792	127,633	28,452	179,893	41,328	430,828	742,213
	9月	8,411	180,445	112,533	292,978	20,818	36,238	124,066	31,404	160,814	38,480	411,820	713,209
	10月	8,614	189,750	116,580	306,330	21,217	34,333	127,351	29,436	179,309	32,155	423,801	738,745
	11月	7,989	181,260	122,728	303,988	23,129	36,414	127,725	27,721	179,446	39,692	434,127	746,104
	12月	8,488	190,227	116,969	307,196	24,614	38,099	122,684	30,553	197,768	32,381	446,099	761,783
'12年	1月	8,500	202,252	123,578	325,830	25,651	42,694	125,286	29,633	177,103	33,036	433,403	767,733
	2月	7,720	195,704	130,628	326,332	25,267	41,560	135,402	34,362	194,961	32,618	464,170	798,222
前 月 比		90.8	96.8	105.7	100.2	98.5	97.3	108.1	116.0	110.1	98.7	107.1	104.0
前年同月比		81.9	101.7	115.7	106.8	87.9	120.2	109.2	97.1	132.6	71.3	111.7	109.3

経済産業省調査統計部調べ

流通在庫

年 月	工 具 鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼							計	合 計
		機械構造用炭素鋼	構 造 用 合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高力抗張鋼	その他			
'10 暦年	58,676	233,045	154,142	387,187	20,594	53,478	143,960	17,731	7,227	2,142	245,132	690,995	
'11 暦年	59,145	253,243	174,301	427,544	21,518	57,780	173,543	17,188	8,031	2,218	280,278	766,967	
'09 年度	37,814	181,341	117,345	298,686	14,797	50,383	128,100	19,782	6,074	1,762	220,898	557,398	
'10 年度	58,255	257,087	161,527	418,614	21,846	54,551	152,234	22,431	7,125	2,218	260,405	737,274	
'11年	6月	61,781	261,118	163,101	424,219	20,538	55,037	161,466	17,812	7,330	2,243	264,426	750,426
	7月	59,181	244,231	159,136	403,367	19,154	52,364	156,780	16,393	7,252	2,126	254,069	716,617
	8月	61,287	242,415	158,912	401,327	20,226	50,752	160,999	18,214	7,672	2,201	260,064	722,678
	9月	59,878	236,720	138,624	375,344	22,442	51,730	164,335	18,609	7,912	2,089	267,117	702,339
	10月	58,070	226,366	156,531	382,897	21,018	51,589	162,016	17,204	8,127	2,143	262,097	703,064
	11月	58,446	238,577	163,501	402,078	20,368	53,320	163,552	17,104	8,012	2,235	264,591	725,115
	12月	59,145	253,243	174,301	427,544	21,518	57,780	173,543	17,188	8,031	2,218	280,278	766,967
'12年	1月	60,293	261,381	177,245	438,626	21,317	63,750	174,941	19,064	7,789	2,138	288,999	787,918
	2月	60,441	269,527	179,429	448,956	23,065	67,376	159,304	16,249	7,568	2,047	275,609	785,006
前 月 比	100.2	103.1	101.2	102.4	108.2	105.7	91.1	85.2	97.2	95.7	95.4	99.6	
前年同月比	101.7	110.2	114.7	111.9	118.3	124.7	109.0	86.0	104.9	98.0	111.2	110.8	

経済産業省調査統計部調べ

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	計	
'10 暦 年	29,076	526,073	515,148	1,041,222	178,652	1,245,293	178,065	1,602,010	16,986	5,092,548	5,109,534	7,781,841
'11 暦 年	34,103	424,408	540,217	964,625	183,369	1,245,945	211,120	1,640,433	15,635	5,054,857	5,070,493	7,709,654
'09 年 度	15,360	370,560	330,811	701,371	128,111	1,137,033	137,736	1,402,881	11,838	3,591,215	3,603,053	5,722,664
'10 年 度	32,088	518,301	537,548	1,055,849	186,550	1,312,140	188,479	1,687,169	17,707	5,342,919	5,360,626	8,135,732
'11年 6月	2,727	29,402	46,703	76,106	13,737	105,974	22,525	142,235	1,216	408,714	409,930	630,997
7月	3,009	26,572	38,012	64,584	13,855	107,352	18,830	140,036	1,611	437,652	439,264	646,893
8月	2,861	35,007	49,105	84,112	16,080	96,895	12,419	125,394	1,659	391,315	392,974	605,341
9月	2,754	34,242	45,924	80,165	17,590	107,297	15,053	139,940	1,144	393,048	394,192	617,051
10月	2,845	38,001	48,353	86,354	15,390	100,295	9,869	125,554	1,519	380,930	382,449	597,203
11月	2,649	33,600	39,305	72,905	14,135	85,743	10,807	110,685	1,119	376,736	377,854	564,093
12月	2,639	31,473	47,225	78,698	12,629	89,336	6,398	108,362	1,279	401,672	402,951	592,650
'12年 1月	2,407	32,548	32,298	64,847	15,786	77,120	8,497	101,403	993	379,422	380,415	549,072
2月	1,793	33,566	36,878	70,444	16,699	106,080	5,120	127,899	1,302	432,351	433,653	633,790
前 月 比	74.5	103.1	114.2	108.6	105.8	137.6	60.3	126.1	131.2	113.9	114.0	115.4
前年同月比	51.6	81.7	74.3	77.7	106.4	91.0	32.0	86.3	104.7	96.0	96.0	91.3

財務省通関統計

輸 入

年 月	工具鋼	ばね鋼	ス テ ン レ ス 鋼						快削鋼	その他の鋼			合 計
			形鋼	棒鋼	線材	鋼板類	鋼管	計		高炭素鋼	合金鋼	計	
'10 暦 年	4,549	1,084	975	10,871	9,624	137,703	8,327	167,499	3	8,967	110,481	119,449	292,583
'11 暦 年	5,781	881	665	11,941	9,319	156,308	11,030	189,263	85	29,045	174,950	203,995	400,005
'09 年 度	2,614	730	599	9,553	9,211	108,609	5,784	133,755	4	8,814	47,973	56,787	193,890
'10 年 度	5,439	1,157	866	11,315	9,305	142,188	8,720	172,393	2	13,278	118,915	132,193	311,184
'11年 6月	425	90	32	998	788	15,493	1,140	18,450	-	5,076	14,220	19,296	38,260
7月	324	77	71	1,267	674	11,267	1,125	14,404	1	961	12,266	13,227	28,033
8月	475	112	26	788	977	14,415	990	17,195	47	222	19,070	19,292	37,122
9月	244	37	64	822	709	14,011	847	16,453	-	821	12,027	12,847	29,582
10月	654	75	50	1,054	689	12,912	1,115	15,821	-	1,861	19,882	21,743	38,292
11月	714	17	36	1,274	1,012	11,627	930	14,880	-	3,043	12,238	15,281	30,892
12月	694	39	88	1,016	697	14,258	850	16,909	5	507	30,926	31,433	49,079
'12年 1月	655	56	124	1,770	715	11,780	882	15,272	24	631	13,201	13,832	29,840
2月	1,045	54	81	1,216	910	10,288	749	13,243	5	1,158	21,803	22,960	37,308
前 月 比	159.5	96.4	64.9	68.7	127.3	87.3	84.9	86.7	21.4	183.4	165.2	166.0	125.0
前年同月比	210.8	48.5	154.6	143.7	133.1	95.8	102.1	101.5	-	163.5	281.0	271.2	168.6

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		産業車輛生産		機 械 受注額	産業機械 受注額	工作機械 受注額
	うち トラック		うち トラック		うち トラック		ブル ドーザ	パワー ショベル	フォーク リフト	ショベル トラック			
'10 暦 年	9,628,920	1,209,224	4,841,460	450,312	4,956,136	731,094	4,354	101,788	104,767	9,726	82,555	47,731	9,786
'11 暦 年	8,398,705	1,136,071	4,464,413	423,767	4,210,219	674,780	6,887	135,303	114,789	12,043	88,961	52,656	13,262
'09 年 度	8,864,908	1,062,598	4,086,631	354,985	4,880,264	692,034	2,183	53,520	77,925	7,454	77,405	46,010	5,471
'10 年 度	8,993,897	1,146,862	4,806,058	437,594	4,601,135	709,410	4,938	111,973	106,058	10,066	84,480	47,463	11,136
'11年 6月	742,531	111,329	402,042	41,572	351,826	56,489	663	12,247	12,069	1,002	7,897	5,197	1,286
7月	790,325	109,607	410,380	42,644	373,058	59,297	517	11,303	10,867	866	7,252	3,263	1,134
8月	704,096	89,963	363,800	32,461	329,842	55,346	544	11,022	9,300	894	8,049	4,830	989
9月	883,602	115,855	477,911	45,773	462,191	69,296	669	13,341	11,004	1,247	7,386	6,033	1,105
10月	904,254	120,043	472,022	44,160	381,111	59,599	664	13,110	10,446	1,258	6,874	2,901	1,011
11月	838,135	122,435	442,672	47,130	395,567	71,035	724	14,314	10,540	1,363	7,889	3,598	1,120
12月	848,259	113,509	457,464	45,022	349,205	58,522	635	13,103	9,649	1,299	7,332	5,458	1,160
'12年 1月	837,197	107,532	380,295	32,292	415,924	56,498	542	12,120	8,514	972	7,578	6,845	974
2月	952,268	123,303	454,449	40,548	519,626	69,236	609	13,474	9,719	947	7,940	4,471	1,030
前 月 比	113.7	114.7	119.5	125.6	124.9	122.5	112.4	111.2	114.2	97.4	104.8	65.3	105.7
前年同月比	119.7	123.9	105.3	113.8	129.5	117.0	120.1	122.6	106.4	107.5	108.9	95.7	91.4

出所：日本自動車工業会、経済産業省、総務省、産業機械工業会、工作機械工業会

特殊鋼流通統計総括表

2 0 1 2 年 2 月 分

鋼種別	月 別		実 数 (t)	前月比 (%)	前 年 同 月 比 (%)	1995年基準 指 数 (%)	1987～2012年随時				
	項 目						年 月	ピーク時	年 月	ボトム時	
工 具 鋼	生 産 高		19,187	102.7	97.8	86.3	91. 3	29,286	09. 4	5,565	
	輸 出 船 積 実 績		1,793	74.5	51.6	50.1	87. 3	10,368	09. 6	693	
	販 売 業 者	受入高計	39,823	106.6	88.4	193.6	11. 9	51,246	09. 2	10,035	
		販売高計	39,675	109.6	92.1	194.7	11. 9	52,655	09. 2	13,875	
		消費者向	22,745	117.1	108.1	242.3	12. 2	22,745	09. 2	6,438	
		在庫高計	60,441	100.2	101.7	167.7	11. 4	66,956	87.10	31,813	
	生産者工場在庫高	7,720	90.8	81.9	68.9	91.10	17,876	09.12	4,601		
総 在 庫 高		68,161	99.1	99.0	144.2	11. 4	76,339	88. 1	41,105		
構 造 用 鋼	生 産 高		760,365	99.5	105.1	140.1	08.10	827,404	09. 2	269,906	
	輸 出 船 積 実 績		70,444	108.6	77.7	416.2	10. 6	92,070	92. 1	10,222	
	販 売 業 者	受入高計	721,803	105.4	97.8	218.5	08.10	1,157,330	98. 8	257,445	
		販売高計	711,473	105.6	96.4	217.0	08.10	1,134,981	99. 8	253,971	
		消費者向	435,982	105.2	102.7	204.0	08.10	670,656	98. 8	166,732	
		在庫高計	448,956	102.4	111.9	186.8	12. 2	448,956	87.10	169,822	
	生産者工場在庫高	326,332	100.2	106.8	109.0	12. 2	326,332	09. 4	176,539		
総 在 庫 高		775,288	101.4	109.7	143.7	12. 2	775,288	87.12	427,189		
ば ね 鋼	生 産 高		37,736	102.7	95.2	88.7	89. 3	60,673	09. 2	10,159	
	輸 出 船 積 実 績		16,699	105.8	106.4	132.0	06. 5	27,829	09. 4	3,629	
	販 売 業 者	受入高計	25,912	110.1	111.2	173.6	11. 9	35,943	09. 4	6,202	
		販売高計	24,164	101.8	102.4	162.2	11. 9	33,727	09. 4	6,339	
		消費者向	7,809	109.6	110.6	62.9	90.10	23,876	09. 4	2,550	
		在庫高計	23,065	108.2	118.3	725.7	12. 2	23,065	03. 9	1,534	
	生産者工場在庫高	25,267	98.5	87.9	78.6	95.12	41,374	09. 4	15,541		
総 在 庫 高		48,332	102.9	100.2	136.9	12. 2	48,332	02. 9	23,836		
ス テ ン レ ス 鋼	生 産 高		240,907	110.6	93.3	89.2	07. 3	330,543	09. 2	116,542	
	輸 出 船 積 実 績		106,080	137.6	91.0	104.3	05. 3	152,476	90. 1	27,286	
	販 売 業 者	受入高計	234,281	95.9	73.8	156.0	06. 5	587,740	09. 2	88,978	
		販売高計	249,918	102.9	76.2	167.3	06. 5	587,941	09. 2	88,740	
		消費者向	57,476	104.7	99.4	100.9	06. 1	292,191	87. 1	34,263	
		在庫高計	159,304	91.1	109.0	144.1	12. 1	174,941	87. 3	51,419	
	生産者工場在庫高	135,402	108.1	109.2	92.0	02. 4	188,988	09. 6	94,564		
総 在 庫 高		294,706	98.2	109.1	114.3	01.10	352,013	88. 4	191,203		
快 削 鋼	生 産 高		63,622	108.3	86.5	71.8	88. 3	116,819	09. 2	22,054	
	販 売 業 者	受入高計	12,490	71.7	72.7	74.3	06. 9	25,874	04. 9	7,949	
		販売高計	15,305	98.5	97.3	92.5	08. 4	26,351	09. 2	10,358	
		消費者向	14,972	99.0	98.3	105.3	08. 4	23,235	04. 9	9,649	
		在庫高計	16,249	85.2	86.0	71.0	07. 8	27,861	87. 1	9,364	
	生産者工場在庫高	34,362	116.0	97.1	152.9	87. 1	43,166	01.12	17,975		
	総 在 庫 高		50,611	103.9	93.2	111.5	06. 5	69,020	02. 3	31,448	
高 抗 張 力 鋼	生 産 高		443,887	94.6	101.0	189.5	11.11	529,268	87. 2	151,890	
	販 売 業 者	受入高計	7,183	112.0	132.0	58.0	90. 2	18,841	09. 8	1,572	
		販売高計	7,404	111.3	137.7	60.0	90.10	18,863	09. 8	2,035	
		消費者向	5,040	108.4	132.5	93.6	90.10	9,573	09. 8	1,711	
		在庫高計	7,568	97.2	104.9	57.1	99.12	20,289	02.12	5,895	
	生産者工場在庫高	194,961	110.1	132.6	116.3	87. 6	204,893	99.11	99,475		
	総 在 庫 高		202,529	109.5	131.3	112.0	01. 5	217,711	06. 3	110,555	
そ の 他	生 産 高		141,026	98.3	86.5	60.2	-	-	-	-	
	販 売 業 者	受入高計	55,715	110.7	80.8	449.8	-	-	-	-	-
		販売高計	52,180	117.4	75.8	422.6	-	-	-	-	-
		消費者向	33,136	102.5	96.5	615.6	-	-	-	-	-
		在庫高計	69,423	105.4	123.7	523.9	-	-	-	-	-
	生産者工場在庫高	74,178	98.0	92.4	44.3	-	-	-	-	-	
	総 在 庫 高		143,601	101.4	105.2	79.4	-	-	-	-	-
特 殊 鋼 鋼 材 合 計	熱延鋼材生産高合計		1,706,730	99.9	99.4	126.6	07. 3	1,942,468	09. 2	697,318	
	鋼材輸出船積実績計		633,790	115.4	91.3	188.9	11. 3	811,735	87. 1	153,788	
	販 売 業 者	受入高計	1,097,207	103.1	90.3	191.6	06. 5	1,516,366	87. 1	435,213	
		販売高計	1,100,119	105.4	90.0	193.4	08. 6	1,512,463	87. 5	442,211	
		消費者向	577,160	105.3	102.4	171.4	08. 6	926,258	98. 8	267,392	
		在庫高計	785,006	99.6	110.8	177.5	12. 1	787,918	87.10	290,674	
	生産者工場在庫高	798,222	104.0	109.3	104.7	98. 1	839,861	97. 3	425,932		
総 在 庫 高		1,583,228	101.8	110.0	131.4	12. 2	1,583,228	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. 1987～2012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

倶楽部だより

(平成24年2月21日～4月20日)

理事会 (3月26日)

- ①平成23年度事業報告 (案)・決算報告 (案)
- ②平成24年度事業計画 (案)・収支予算 (案)
- ③平成24年度入会金及び会費・賦課金徴収方法(案)
- ④平成24年度貿易一般保険包括保険特約の締結
- ⑤各種委員会委員長及び委員の変更
- ⑥平成24年4月～5月の会議開催日程
- ⑦報告事項

運営委員会

- ・総務分科会・財務分科会 (3月19日)
 - ①平成23年度事業報告 (案)・決算報告 (案)
 - ②平成24年度事業計画 (案)・収支予算 (案)
 - ③平成24年度入会金及び会費・賦課金徴収方法 (案)
- ・本委員会 (3月23日)
 - ①平成23年度事業報告 (案)・決算報告 (案)
 - ②平成24年度事業計画 (案)・収支予算 (案)
 - ③平成24年度入会金及び会費・賦課金徴収方法 (案)
 - ④報告事項

海外委員会

- ・専門部会 (3月2日)
 - ①平成23年度事業報告 (案)・決算報告 (案)
 - ②平成24年度事業計画 (案)・収支予算 (案)
 - ③平成24年度賦課金徴収方法 (案)
- ・商社分科会 (3月13日)
 - 平成24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23年度事業報告 (案)・決算報告 (案)
 - ②平成24年度事業計画 (案)・収支予算 (案)
 - ③平成24年度賦課金徴収方法 (案)
 - ④平成24年度貿易一般保険包括保険特約の締結

市場開拓調査委員会

- ・第3回調査WG (3月7日)
 - 「新エネルギー産業の動向と特殊鋼需要」調査の最終報告書 (案) について

編集委員会

- ・小委員会 (3月14日)
 - 7月号特集「自動車のHV・EV化に対する特殊鋼の応用」(仮題)の編集内容の検討

- ・本委員会 (4月4日)

7月号特集「自動車のHV・EV化に対する特殊鋼の応用」(仮題)の編集方針・内容の確認

第2回特殊鋼ガイド編集委員会 (4月4日)

流通委員会

- ・説明会 (3月30日)
 - 「平成24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課長補佐 田久保 憲彦氏
- 参加者：40名

【名古屋支部】

運営委員会 (4月20日)

- ①平成23年度事業報告・決算報告(案)について
- ②平成24年度事業計画・収支予算(案)について
- ③第43回名古屋支部総会について
- ④その他

部会

- ・工具鋼部会 (4月18日)

2団体共催中堅社員研修 (2月22日)

- テーマ：「コミュニケーション力を高める」～自分を
知り、他人を知り、良い関係を構築する～
- 講師：(株)名南経営 村野 文洋氏
- 参加者：26名

2団体共催若手及び女性社員研修 (2月24日)

- テーマ：「自分と人を幸せにするコミュニケーション」
- 講師：日本ハグ協会会長 高木 さと子氏
- 参加者：39名

2団体共催 新入社員研修 (4月16日)

- ①大同特殊鋼(株)知多工場見学
- ②講義：「特殊鋼の基礎知識」
講師：大同特殊鋼(株) 加藤 万規男氏
- ③講義：「社会人としての基礎マナー」
講師：キャプラン(株) 浅尾 京子氏
- 参加者：58名

【大阪支部】

説明会 (4月9日)

- 「平成24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
田久保課長補佐
- 参加者：49名

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)			
製造業者	27社	愛 鋼 (株)	神 鋼 商 事 (株)
販売業者	107社	青 山 特 殊 鋼 (株)	住 金 物 産 (株)
合 計	134社	浅 井 産 業 (株)	住 金 物 産 特 殊 鋼 (株)
		東 金 属 (株)	住 商 特 殊 鋼 (株)
		新 井 ハ ガ ネ (株)	住 友 商 事 (株)
(賛 助 会 員)	0 社	栗 井 鋼 商 事 (株)	大 同 興 業 (株)
		石 原 鋼 鉄 (株)	大 同 マ テ ッ ク ス (株)
【製造業者会員】		伊 藤 忠 丸 紅 鉄 鋼 (株)	大 洋 商 事 (株)
愛 知 製 鋼 (株)		伊 藤 忠 丸 紅 特 殊 鋼 (株)	大 和 興 業 (株)
秋 山 精 鋼 (株)		井 上 特 殊 鋼 (株)	大 和 特 殊 鋼 (株)
(株) 川 口 金 属 工 業		植 田 興 業 (株)	(株) 竹 内 ハ ガ ネ 商 行
(株) 神 戸 製 鋼 所		(株) U E X	孟 鋼 鉄 (株)
合 同 製 鐵 (株)		碓 井 鋼 材 (株)	田 島 ス チ ー ル (株)
山 陽 特 殊 製 鋼 (株)		ウ メ ト ク (株)	辰 巳 屋 興 業 (株)
J F E 条 鋼 (株)		扇 鋼 材 (株)	中 部 ス テ ン レ ス (株)
J F E ス チ ー ル (株)		岡 谷 鋼 機 (株)	千 曲 鋼 材 (株)
J X 日 鉦 日 石 金 属 (株)		カ ネ ヒ ラ 鉄 鋼 (株)	(株) テ ク ノ タ ジ マ
下 村 特 殊 精 工 (株)		兼 松 (株)	(株) 鐵 鋼 社
新 日 本 製 鐵 (株)		兼 松 ト レ ー デ ィ ン グ (株)	デ ル タ ス テ ー ル (株)
ス テ ン レ ス パ イ プ 工 業 (株)		(株) カ ム ス	東 京 貿 易 金 属 (株)
住 友 金 属 工 業 (株)		(株) カ ワ イ ス チ ー ル	(株) 東 信 鋼 鉄
大 同 特 殊 鋼 (株)		川 本 鋼 材 (株)	特 殊 鋼 機 (株)
高 砂 鐵 工 (株)		北 島 鋼 材 (株)	豊 田 通 商 (株)
東 北 特 殊 鋼 (株)		ク マ ガ イ 特 殊 鋼 (株)	中 川 特 殊 鋼 (株)
日 新 製 鋼 (株)		ケ ー ・ ア ン ド ・ アイ 特 殊 管 販 売 (株)	中 野 ハ ガ ネ (株)
日 本 金 属 (株)		小 山 鋼 材 (株)	永 田 鋼 材 (株)
日 本 金 属 工 業 (株)		佐 久 間 特 殊 鋼 (株)	名 古 屋 特 殊 鋼 (株)
日 本 高 周 波 鋼 業 (株)		櫻 井 鋼 鐵 (株)	ナ ス 物 産 (株)
日 本 精 線 (株)		佐 藤 商 事 (株)	南 海 鋼 材 (株)
日 本 冶 金 工 業 (株)		サ ハ シ 特 殊 鋼 (株)	日 輪 鋼 業 (株)
日 立 金 属 (株)		(株) 三 悦	日 金 ス チ ー ル (株)
(株) 不 二 越		三 協 鋼 鐵 (株)	日 鐵 商 事 (株)
三 菱 製 鋼 (株)		三 京 物 産 (株)	日 本 金 型 材 (株)
ヤ マ シ ン ス チ ー ル (株)		三 興 鋼 材 (株)	ノ ボ ル 鋼 鉄 (株)
理 研 製 鋼 (株)		三 和 特 殊 鋼 (株)	野 村 鋼 機 (株)
		J F E 商 事 (株)	白 鷺 特 殊 鋼 (株)
		芝 本 産 業 (株)	橋 本 鋼 (株)
		清 水 金 属 (株)	(株) 長 谷 川 ハ ガ ネ 店
		清 水 鋼 鐵 (株)	(株) ハ ヤ カ ワ カ ン パ ニ ー
			林 田 特 殊 鋼 材 (株)
			阪 神 特 殊 鋼 (株)
			阪 和 興 業 (株)
			日 立 金 属 ア ド メ ッ ト (株)
			日 立 金 属 工 具 鋼 (株)
			(株) 日 立 ハ イ テ ク ノ ロ ジ ー ス
			(株) 平 井
			(株) フ ク オ カ
			藤 田 商 事 (株)
			古 池 鋼 業 (株)
			(株) プ ル ー タ ス
			(株) 堀 田 ハ ガ ネ
			(株) マ ク シ ス コ ー ポ レ ー シ ョ ン
			松 井 鋼 材 (株)
			三 沢 興 産 (株)
			三 井 物 産 (株)
			三 井 物 産 ス チ ー ル (株)
			(株) メ タ ル ワ ン
			(株) メ タ ル ワ ン チ ュ ー ブ ラ ー
			(株) メ タ ル ワ ン 特 殊 鋼
			森 寅 鋼 業 (株)
			(株) 山 一 ハ ガ ネ
			山 進 産 業 (株)
			ヤ マ ト 特 殊 鋼 (株)
			山 野 鋼 材 (株)
			陽 鋼 物 産 (株)
			菱 光 特 殊 鋼 (株)
			リ ン タ ツ (株)
			渡 辺 ハ ガ ネ (株)

平成24年経済産業省企業活動基本調査にご協力ください

経済産業省大臣官房調査統計グループ

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24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24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25年1月に速報を公表予定。

※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、電気業・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、その他の洗濯・理容・美容・浴場業、冠婚葬祭業（冠婚葬祭互助会を含む）、写真現像・焼付業、その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、ボウリング場など）、公園、遊園地・テーマパーク）

○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、その他の事業サービス業）

問い合わせ先：経済産業省大臣官房調査統計グループ企業統計室 TEL：03-3501-1831

特 集／自動車のHV・EV化と特殊鋼

- I. 自動車のHV化・EV化の動向
- II. HV化・EV化の技術動向
- III. 軽量化・低フリクション化・低騒音化等に資する技術・商品
- IV. 会員メーカーの材料・技術紹介

9月号特集予定…鉄道と特殊鋼

特 殊 鋼

第 61 卷 第 3 号

© 2 0 1 2 年 5 月

平成24年4月25日 印 刷

平成24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 特殊鋼倶楽部

Special Steel Association of Japan

〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町3丁目2番10号 鉄鋼会館

電 話 03(3669)2081・2082

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

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 特殊鋼倶楽部の許可なく転載・複写することはできません。