

特殊鋼

2015
Vol.64 No.2

3

The Special Steel

特集／鍛造と特殊鋼



特殊鋼

3

目次

2015

【編集委員】

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

【特集／鍛造と特殊鋼】

I. 鍛造加工

1. 鍛造の概要…… 元(独)産業技術総合研究所 篠崎吉太郎 2
2. 型鍛造…… 愛知製鋼(株) 小出 洋二 8
3. 特殊鍛造
 - (1) 高速四面鍛造機…… 日立金属(株) 久保井 健 11
 - (2) 軸肥大拡張加工法
…… 高周波熱鍛(株) 生田文昭、桑原義孝、川崎一博 15
愛媛大学 岡部 永年
4. 鍛造産業の現状と展望
…… (一社)日本鍛造協会 鈴木 太 18

II. 鍛造に用いられる特殊鋼

1. 鍛造用素材としての特殊鋼鋼材
 - (1) 冷間圧造用鋼…… (株)神戸製鋼所 千葉 政道 24
 - (2) 軸受鋼…… 山陽特殊製鋼(株) 中溝 利尚 28
 - (3) ステンレス鋼・耐熱鋼… 大同特殊鋼(株) 小柳 禎彦 31
2. 鍛造に使われている金型用材料
 - (1) 冷間用型材…… 日本高周波鋼業(株) 吉田 潤二 35
 - (2) 熱間用型材…… 日本高周波鋼業(株) 吉田 潤二 38

III. 特殊鋼と鍛造製品

1. 鍛造クランクシャフト…… 新日鐵住金(株) 樋口 淳二 41
2. 産業機械、民生品に使用されている鍛造製品
…… 理研鍛造(株) 新藤 節夫 45

IV. 会員メーカーの鍛造関連の製品紹介

- 温熱間鍛造金型用皮膜“KS-H” … (株)カムス 山下 広 53
- 鍛造用金型材の紹介…… 日立金属(株) 兼近 領 54

“特集”編集後記…………… 日本高周波鋼業(株) 宮川 利宏 55

自動車用特殊鋼鋼材の使用実態調査について

…………… (一社)特殊鋼倶楽部 小島 彰 59

平成26年1-12月の特殊鋼貿易の概要

…………… (一社)特殊鋼倶楽部事務局 65

「ものづくり・商業・サービス革新補助金」

第一次公募が開始…………… (一社)特殊鋼倶楽部事務局 68

●一人一題：「86,400の使い方」…………… 大同特殊鋼(株) 秦野 敦臣 1

■業界の動き…………… 56

▲特殊鋼統計資料…………… 70

★倶楽部だより (平成26年12月1日～平成27年1月31日)…………… 74

☆一般社団法人特殊鋼倶楽部 会員会社一覧…………… 75

特集／「鍛造と特殊鋼」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	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
委員	永濱 睦久	(株)神戸製鋼所	鉄鋼事業部門 線材条鋼商品技術部
〃	西森 博	山陽特殊製鋼(株)	軸受営業部 軸受CS室長
〃	松村 康志	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 主席部員
〃	内藤 靖	日新製鋼(株)	商品開発部 特殊鋼開発チーム主任部員
〃	山岡 拓也	三菱製鋼室蘭特殊鋼(株)	技術部部長
〃	渡辺 豊文	中川特殊鋼(株)	鉄鋼事業部 技術部長

「86,400 の使い方」

大同特殊鋼(株)取締役
特殊鋼製品本部 特殊鋼棒線事業部長 秦野敦臣

時の経つのは早い。年齢を重ねると1年がどんどん短くなると感ずる。加齢により時間が短くなると感ずるのを説明するのに、よくジャンネの法則が取り立たされる。これは、19世紀のフランスの哲学者ポール・ジャンネが発案し、甥の心理学者ピエール・ジャンネの著書において紹介された法則である。主観的に記憶される年月の長さは年少者にはより長く、年長者にはより短く評価されるという現象を心理学的に説明したものである。簡単に言えば生涯のある時期における時間の心理的長さは年齢の逆数に比例する(年齢に反比例する)。例えば、50歳の人間にとって1年の長さは人生の50分の1ほどであるが、5歳の人間にとっては5分の1に相当する。よって、50歳の人間にとっての10年間は5歳の人間にとっての1年間に当たり、5歳の人間の1日が50歳の人間の10日に当たることになる。

現代社会は時間との勝負といわれて久しい。歴史が物語るように、移動手段をみても、人類は自動車、電車、飛行機などを発明発展させ移動時間の短縮を図ってきた。定刻どおりに新幹線が到着するのが当たり前になった今、わずかな遅れにイライラし、数分おきにくる山手線にも無理をして駆け込む人がいる時代であることを考えると、如何に現代社会は時間と戦っているかということになる。

2027年には中央リニア新幹線開業により、品川―名古屋間が40分となるようである。のぞみの1時間30分程度でも十分早くなり便利になったと感ずるのに、さらにそれを半減する時間短縮が見えつつある。これほど短くなってくると、単体の時間短縮の他にその移動時間の前後に要する時間が気になり始めるから人間はやっぱり疲れる。全体の移動時間に占める比率が高くなる主要駅からの移動時間や改札からホームまでの所用時間が、いたずらに長くなるようでは、リニア新幹線の時間短縮効果が薄まってしまう。同様のことが、私たちの扱う商品のリードタイムについても言えるため、肝に銘じつつ、その時々最適解を追求したいところである。

一方で物事に集中して取り組んでいる時は時間の経つのは早く感じられ、退屈な時間は長く感じられるのを経験された方も多いのではないだろうか。つまるところ、時間の感覚は充実度や満足度の指標ということにもなりそうだ。時間に追われる生活の対極にあるのは時間を気にしない生活ということになる。そう考えると時間に縛られることなくゆったりと過ごすことが現代社会では一番の贅沢ということになる。

毎日86,400秒がすべての人に平等に与えられ、有効に使わなかったからといって翌日に繰り越しもできないし、逆に前借もできないのが時間である。使い方次第でいかようにもなる大切な時間を、有意義かつ充実したものとして長く過ごせるよう意識したいものである。

〔(一社)特殊鋼倶楽部 海外委員会 委員長〕



「鍛造と特殊鋼」

I. 鍛造加工

1. 鍛造の概要

元(独)産業技術総合研究所 工学博士 篠崎 吉太郎

まえがき

鍛造は古代より金属を加工するための重要な加工法であった。鍛造の鍛とは鍛える意味、造とは作る意味で、鍛造により素材は鍛えられ、材質は改善されて強靱で高品質な一体の部品を加工することができる。日本の鍛造技術は8世紀のころには日本刀を、16世紀のころは種子島と呼ばれる火縄銃を、今日では自動車の足回り部品などの強度部品を加工する技術として世界的に誇れる水準に達し、貿易・経済に貢献してきた。

鍛造加工は鍛造する素材の温度によって熱間鍛造、温間鍛造、冷間鍛造、恒温鍛造などに、変形様式により自由鍛造、型鍛造、閉塞鍛造、据込み、押出し、回転鍛造などと分類される。アルミニウム鍛造、フォーマ鍛造など、素材や機械の種類を特定した名もある。これらの分類は体系的ではないが、それぞれの固有の知識や技術があるゆえ、そう呼ばれている。金属材料を精密に、経済的に鍛造するためには加工の特徴を少しでも正確に理解しておくことは望ましい。本稿においては代表的な鍛造法を取りあげ加工の概要及び特徴を述べる。また加工の方法に特徴がある閉塞鍛造、材料特性の基礎である変形抵抗、新しく開発された鍛造プレスなどを紹介する。最後に鍛造の将来について考えてみたい。

◇ 鍛造の種類

(a) 大型自由鍛造／タービンロータ

発電機は大容量化することにより効率を高められる。出力100万kW級の大容量発電機には数百トンの大型タービンロータが使われて、たとえば600tもの巨大な鋼塊を1200℃に加熱して押しつぶして軸状に成形される。加熱された鋼塊は表面から先に冷えて中心部は後で冷却するので、中心部が冷却し体積が収縮しようとしても、先に冷却した表層部は強固な殻となり、内部が自由に収縮することを阻み、中心部にザクと呼ばれる空隙が生じる。鍛造はザクを圧着させ、また緻密な組織になるように、端面が平面、V字型あるいはU字型などのいろいろな形状の金敷から適するものを選んで、素材を回転させて加工する向きを変えながら、伸ばし、つぶしなどの作業を繰り返して行われる。金敷の選択と使い方にノウハウがある。大型鍛造品は発電、製鉄、船舶、プラントなどの重厚長大分野の重要部品として使われ、欠陥のない絶対的信頼性が求められる。

(b) 熱間鍛造／クランクシャフト

自動車用クランクシャフトの鍛造は、棒状の素材を約1200℃程度に加熱し、予備成形、荒成形、仕上げ成形の、それぞれの形状が彫られた下型の上を順次移動させながら上型により打撃して行われる。材料を金型に彫られた形状どりに隅々ま

で充滿させなければならない。余分の材料はばりとして鍛造品の外周にのこり最終的には除去される。クランク軸は非軸対称のため、ばり取り作業においては非対称な荷重が作用し製品をゆがめることもあり、改めてコイニングという矯正加工が行われる。

エンジンの振動・騒音を低くするためには、クランクシャフトは高速度で回転しても軸が振れないように高剛性で、回転バランスのとれた形状であることが重要になる。素材には高炭素鋼に微量のバナジウム、ニオブ、チタンなどの合金成分を含ませた非調質鋼と呼ばれる材料を用いることもある。非調質鋼を用いれば熱間鍛造したままの熱い鍛造品の冷却温度を制御して、微細な炭化物などを析出させる加工熱処理が可能となり、改めて焼入れ焼戻しの熱処理をしなくても強度があり、鍛造のままでも回転バランスのよいクランクシャフトが鍛造できる。

素材を1200℃もの高温にする理由は、高温では加工圧力が低下し、材料の延性が増して大変形を与えても割れ難くなるためである。しかし、加熱することにより表面にはスケールと呼ばれる酸化皮膜が生じ、表面は平滑にはならず、また、金型は高温度にさらされ、摩耗して寿命が短いなどの課題はある。

(c) 冷間鍛造／歯車

大荷重を伝えるための歯車は、もう一つの別の歯車と組み合わせて使われるので、歯面のかみ合いを滑らかにするため、歯面の形状、平滑さ、歯の端面形状などには細かな仕様が求められる。歯車を鍛造して、切削による仕上げ加工を省略できる利点は著しく、そのため比較的小さい歯車は冷間鍛造されることが多い。閉塞鍛造によりベベルギアが、押し出し加工によりスプライン及びヘリカルギアなどが加工されている。

ヘリカルギアは平歯車に比べて、①歯が長く歯の根元の面積は広く大荷重を伝えられ、小型化できる、②歯面上の接触点は徐々に変化するため騒音が小さい、③ステアリング部品などに使用すれば、滑らかな回転となり操作性を高められる、などの利点がある。

押し出し加工することもできるが、据込み鍛造したヘリカルギアの例を紹介する(図1)¹⁾。本ヘリ



図 1 ヘリカルギア¹⁾ SCH420H
アイシンエイダプリー株式会社殿

カルギアはリング状のブランクSCM420Hを硬さ160HV以下に球状化焼鈍し、ボンダライトボンダリユーベ潤滑の上に二硫化モリブデンを塗布して、内面がヘリカルギア形状のダイインサートに挿入して据込んで加工されている。据込みパンチは2分割して、加工が進行して圧力が異常に上昇する前に一つのパンチを開放して、密閉据込みにならない工夫をしている。SCM420Hにはニオブを0.02～0.04%添加しており、鍛造後調質せず直接焼入れをしても、焼入れによる結晶粒の粗大化を防止できる。ただ、本ヘリカルギアはオートマチックトランスミッションに使用され、重要部品であるため仕上げ加工はしており、仕上げ加工費の削減は今後の課題である。

(d) アルミニウム鍛造／ピストン

アルミニウム合金製自動二輪車用エンジンピストン(図2)の鍛造例を紹介する²⁾。材料はアルミニウムに珪素を13%加えて、強度を高く、熱膨張係数を低く、耐磨耗性を高くした合金である。本合金は素材の棒を作る鑄造過程において液体金属から固体になるまで急速に冷却し、結晶粒子を細かくして延性を高めている。鍛造は潤滑剤を塗布した円盤状の素材を400℃に加熱して1打で行っている。鍛造後、熱処理、ショットピーニング、洗浄、仕上げ切削加工をする。本ピストンは切削する部分は端面、外周などのごく一部分で、主要部分は鍛造のまま使用できるネットシェイプ鍛造品と言える。金型設計は重要で、寸法形状の僅かな違いで材料流動欠陥であるオーバーラップやし

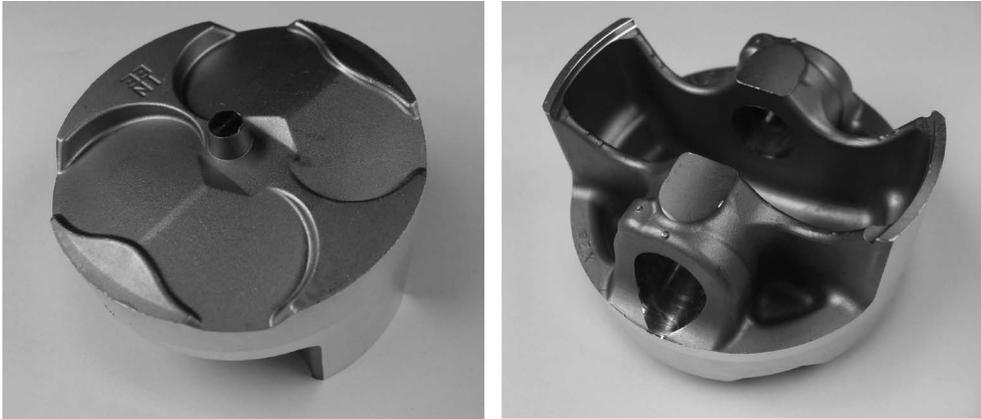


図 2 ピストン²⁾ A4032
宮本工業株式会社殿

わが生じる。

ピストンを铸造でなく鍛造するのがよい理由は、鍛造は高い圧縮力を加えて加工するため強度が強く、壁は薄く、寸法は小さく、軽量化でき、更に、ネットシェイプ加工であるため材料歩留まりは高く、また、プレスを用いる加工のため生産性が高いことにある。ピストンのように往復運動をする部品を軽量化すると、エネルギーの節約効果が著しい。また、サスペンションなどの車の部品をアルミニウム化して質量を小さくすると、運動制御が容易で応答性が高まり乗り心地が良くなるといわれる。

◇ 方法／閉塞鍛造／背圧付加鍛造

閉塞鍛造とは上下に分割された型（図3の2と3）を閉じて型空間をつくり、中に置かれた素材

（図3の1）を対向する2本のパンチ（図3の4と5）で押し、側方押し（横方向押し）変形をさせて行う鍛造法（図3）と定義する提案がなされた^{3), 4)}。密閉鍛造が閉じられた空間に素材を完全に充満させることに対して、閉塞鍛造は型内で側方押し変形をさせる意であることが違っている。閉塞鍛造を用いれば半径方向に突出した部分をもつ部品（図4）^{4), 5)}を容易に加工できる。過去には自動車用のスパイダーやベベルギアは、ばりを伴う熱間鍛造で加工されたが、閉塞鍛造法が提案されて以来ほとんどが室温において閉塞鍛造され、酸化皮膜のないニアネットシャエブ加工ができるようになった。

閉塞鍛造においては型を押付け、また、2本のパンチを駆動させる必要があり、これには複数のラムを必要とした。しかし、当初はダイセットにパ

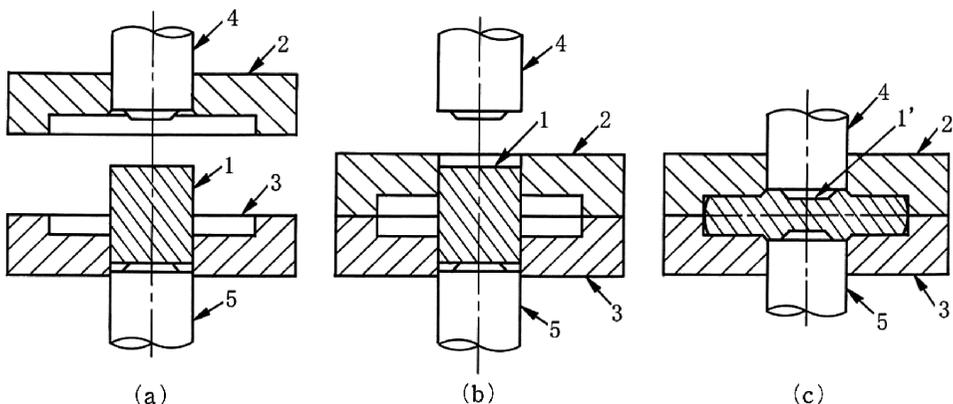


図 3 閉塞鍛造図^{3), 4)}

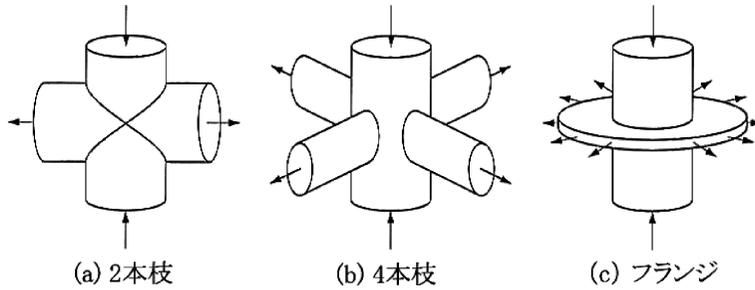


図 4 半径方向に突出した部分をもつ部品^{4), 5)}

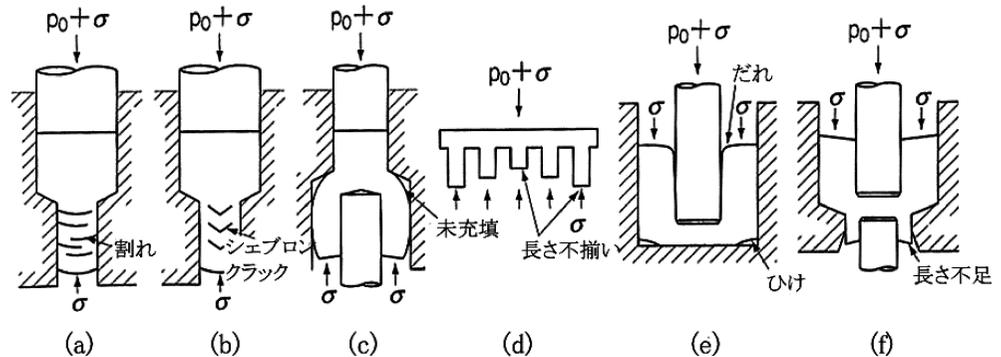


図 5 鍛造における背圧付加の効果⁴⁾

ンタグラフ、くさび、歯車などの機構を組み込み、2本のパンチを別々に駆動できる構造が提案されて、通常のプレスを利用する方法が普及した。最近では空・油圧機器を利用して複数の工具を駆動すること、また、上下に複数のラムを具備したプレスが開発され、使用できる装置は豊富になった。複数の工具を駆動して行う閉塞鍛造は、使用する装置の進歩と相俟って新しい鍛造法の開発に影響した。その代表例は背圧付加鍛造であろう。

背圧付加鍛造とは材料流出口に背圧を付加して行う鍛造を言う。背圧を付加することにより脆性材料の押し出しに生じる割れ(図5 (a))、シェブロンクラック(図5 (b))などの抑止、押し出し材端面形状の不整、高さの不揃い、材料未充填(図5 (c)、(d)、(e))などの修正、また、組合せ押し出しにおける材料流動量の調整(図5 (f))などが可能になる⁴⁾。

ヒートシンク及びスクロールなどの背圧付加鍛造をして、押し出し長さを均一にする効果をあげている。背圧付加鍛造は材料流出口にパンチを当てて、鍛造品全体を工具で囲っており、閉塞鍛造と

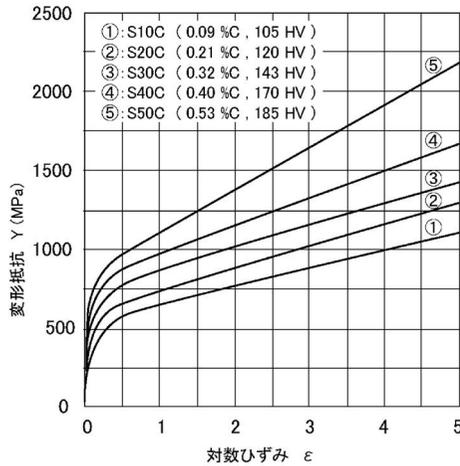
呼ぶのはふさわしいのかも知れない。

◇ 鍛造用素材に求められる特性／変形抵抗

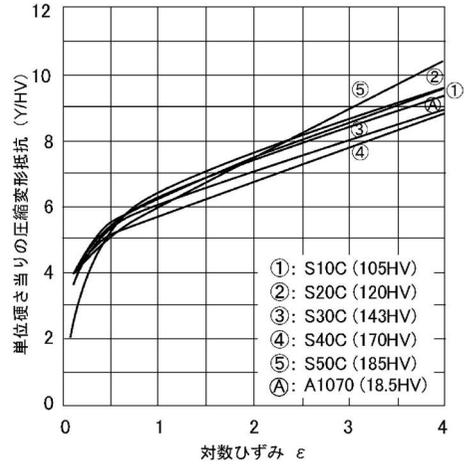
材料の鍛造性は加工圧力に影響する強度と、材料割れに影響する延性とで評価されることが多い。ふつう材料の強さは引張り試験をして、耐力や引張り強さを求めて評価する。しかし、通常の引張り試験で得られるひずみは僅か0.5程度以下であり、鍛造に必要なひずみ2～4を実現できない。

据込み試験では大ひずみまでの試験ができるが、応力は試験片端面の摩擦の影響を受ける。しかし、よく潤滑された高さが直径の1/2以上の円柱の据込みでは、圧力に及ぼす摩擦の影響は2～3%以下と小さい。そこで、試験片が据込まれて扁平になると、据込みを中断して試験片の外径を削り、高さ/直径比を0.5以上に修正し、また、端面を再潤滑しながら行う、繰り返り潤滑、形状修正据込み法が工藤らにより提唱された⁶⁾。

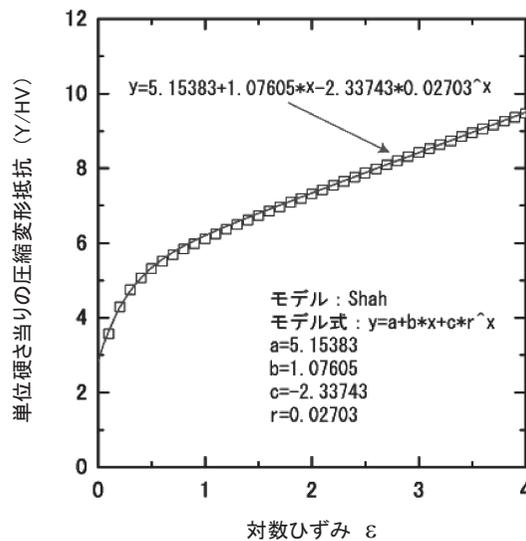
工藤らが求めた炭素鋼の変形抵抗曲線を図6 (a)に示す。変形抵抗はひずみ及び硬さと共に増大し、良く似た曲線になっている。そこで、著者



(a) 炭素鋼の変形抵抗



(b) 単位硬さあたりの変形抵抗
炭素鋼及び純アルミニウム



(c) 単位硬さあたりの変形抵抗回帰曲線

図 6 変形抵抗曲線⁴⁾

試験材料：炭素鋼及び純アルミニウム
試験温度及び装置：室温、油圧式万能材料試験機

らは変形抵抗をそれぞれの材料の初期のビッカース硬さで割った値は、別途実験で求めた純アルミニウムの結果と共に、一つの曲線群 (図 6 (b)) になることを示した。回帰式 (図 6 (c)) を求めておけば、変形抵抗が分からない材料に対して、回帰式にビッカース硬さを乗じて変形抵抗を推定できる。ただし、本方法は炭素鋼とアルミニウムを用いた室温及び低速度における実験結果から

導いた結論であり、どのような材料にまで拡張できるかは確認する必要がある。また、変形抵抗はひずみの他、温度及びひずみ速度の影響も考慮しなければならない。変形抵抗を用いて鍛造圧力を計算する方法は別紙を参照されたい^{4), 5)}。

◇ 周辺技術／プレス機械

日本にも 5 万トン油圧鍛造プレスが 2013 年に開



図 7 5,000t熱間鍛造サーボプレス⁸⁾
住友重機械工業株式会社殿

発され、チタンや12Cr鋼を素材として40インチほどの長尺タービンブレードなどの鍛造に供されている。鍛造は素材温度約1000℃、型温度400～500℃、型材SKD61、ガラス潤滑などにて行われている。プレス仕様は能力500～50,000トン、ラム速度0.01～80mm/s、デーライト4.5m、ストローク1.8mなどで、超塑性鍛造ができる仕様である。将来はチタン合金、ニッケル合金、高合金などを用いて、航空機、発電エネルギー分野の大型鍛造品の鍛造を加工するようである⁷⁾。大型プレスはロシアに7.5万トン水圧プレス、フランスに6.5万トン水圧プレス、アメリカに4.5万トン水圧プレスがある。中国には8万トンプレスがあるらしい。

また、最近大型プレスもサーボ化されて、低回転数、高トルクサーボモータを用いた5,000t熱間鍛造サーボプレス（図7）：能力5,000t、最大作業エネルギー60tfm、ストローク400mm、シャットハイト1,300mm、シャットハイト調整量8mm、毎分ストローク数最大40spmなどが製作されている⁸⁾。サーボプレスを用いれば、ラムモーションを鍛造材料及び加工様式に最もふさわしく設定できる。難加工材は最適加工温度範囲が狭い場合もあり、加工熱による鍛造温度の変化まで考慮する

場合など、サーボプレスは便利と思われる。

むすび

生産拠点はグローバル化して日本の国内で必要とされる自動車用の鍛造部品は激減し、自動車部品を生産してきた鍛造企業には深刻な衝撃を与えた。日本の鍛造業の将来については、企業の基本機能はイノベーションとマーケティングの他はコストしかないと主張するピーター・ドラッカーからの4つの質問①本業は何か、②顧客はだれか、③顧客にとっての価値は、④本業はどうあるべきか、に自問自答するしかないと思われる。

イノベーションへの最初の取り組みは①自社工場を観察し、固有技術は何かをよく認識する、②技術を成文化する、③たまには社外にでて交流し新しい視点を身につける、④インターナショナルなホームページを作る、などであろうかと思う。最近参加した鍛造企業人約20名による鍛造業の将来を考える討論会では、鍛造を国内に必ず残すという強い意思が感じられた。国内外において日本人による鍛造業が持続されることを祈る。末筆ながら写真掲載をご許可された関係各位に御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 中島将木、新井慎二、近藤一義：塑性と加工、Vol. 50、No. 587 (2009)、pp. 1086-1090
- 2) N.Miyamoto & K.Shinozaki: Proc. 44th ICFG Plenary Meeting (2011)、pp. 155-160
- 3) 篠崎吉太郎：塑性と加工、Vol. 33、No. 382 (1992)、pp. 1250-1255
- 4) 篠崎吉太郎：絵とき鍛造加工基礎にきそ (2009) 日刊工業新聞社
- 5) 篠崎吉太郎：トコトンやさしい鍛造加工の本 (2013) 日刊工業新聞社
- 6) 工藤英明、佐藤清、澤野岩吉：塑性と加工、Vol. 6、No. 56 (1965)、pp. 499-511
- 7) 石外伸也：第41回鍛造実務講座 (2014)、pp. 77
- 8) 住友重機械工業株式会社カタログFPS Series

2. 型鍛造

愛知製鋼(株) 小出洋二
第2生産技術部

まえがき

鍛造の分類には種々の分類がある。材料の変形形態による分類、加工温度・素材形態による分類、工具による拘束の程度による分類とがある。本稿の型鍛造とは自由鍛造と対比して分類され、前記の工具による拘束の程度による分類に属する。まず自由鍛造は表面形状が平面、あるいは単純曲面をした汎用金型を用い、素材または金型を移動、回転させて部分的に加圧する方法で、同一金型

セットにより種々の鍛造品を成形でき、多品種少量生産に適するが、生産性が劣っている。しかし、逐次成形のため、大きな鍛造品でも比較的小さな鍛造機で成形が可能という利点がある。一方型鍛造は鍛造品の表面形状・寸法に合わせた金型で素材表面の大部分を加圧あるいは拘束して成形する大量生産に適した鍛造の総称である。

型鍛造は紀元前からの古い技術だが、現在も自動車、建設機械、電気製品、日用品等あらゆるものづくりに無くてはならない技術であり、日本は世界屈指の型鍛造品生産国である。しかし近年中国、韓国、インド等の急成長に伴い、日本の型鍛造品はコスト面で苦境に立たされており、一層の付加価値向上した魅力ある型鍛造品の出現が期待されている。

部品完成品の概略のコスト内訳を図1に示す。図から判るように型鍛造品費は40~50%に過ぎず、従来から鍛造品の歩留り向上、切削切り粉の低減等の素材費低減に取り組んできているため、更なる鍛造品のコスト低減は並大抵ではない。そこで型鍛造品費の低減の枠から出て部品完成品のトータルコストに着目し、高度な精密型鍛造の開発により機械加工工程の一部軽減乃至は廃止、更には素材特性にも着目した鍛造技術開発が不可避となつた。

図2に型鍛造品形状の複雑形状化、高精度化による機械加工の省略の対応技術の例を示す。この

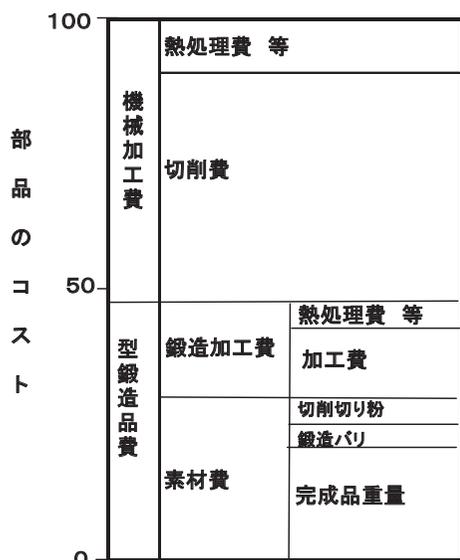


図 1 部品のコスト内訳 (例)

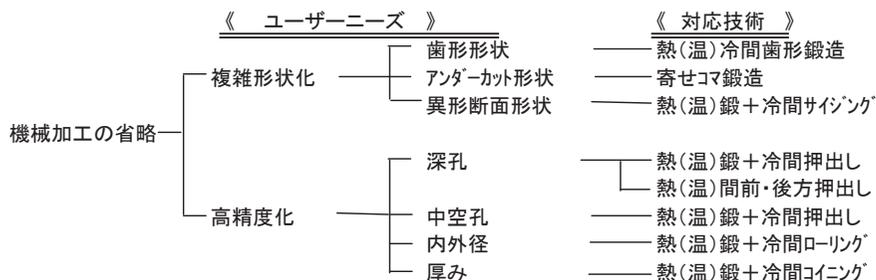


図 2 ユーザーニーズとその対応技術

ように熱間鍛造の技術開発のみでなく、押し出し、サイジング、コイニング、ローリング等の冷間鍛造を付加することによりユーザーニーズに応える技術開発が今後の生きる道の一つと考えている。

本稿では型鍛造の種々の方式を組み合わせることにより、部品のトータルコストを一層低減し、発展途上国の技術の先を行くことによって、競争力を確保できた事例を紹介する。

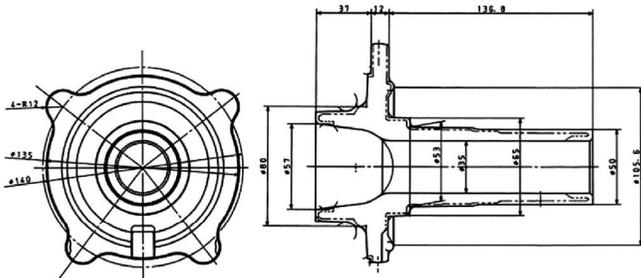


図 3 ハウジングエンドの型鍛造品形状（開発後）

表 1 高付加価値化のねらいと従来品との比較

【1】高付加価値化のねらい

ね ら い	効 果		
	ドリル加工廃止	素材費低減	熱処理費低減
①鍛造品の高精度深孔あけの実施	○	○	—
②鍛造焼入れによる素材の低級鋼化	—	○	○

【2】従来品と開発品との比較

	従 来 品	開 発 品
形 状		
材 質	Cr-Mo鋼	Cr-Mn鋼
熱処理	焼入れ焼戻し	鍛造焼入れ焼戻し
単 重	4.70 Kg/個	3.85 Kg/個

◇ 型鍛造の事例紹介

1. ハウジングエンドの深孔あけ成形

ハウジングエンドは図3のように孔が深いため、従来は両側から2工程掛けてドリル加工しており、顧客の機械加工の生産性のネックとなっていた。そこで高精度深孔成形技術と低級鋼化を図った鍛造焼入れ化を組み合わせ、表1に示す対応を図り、高付加価値の型鍛造品を開発した。

製造工程は図4に示すように、熱間鍛造で概略の深孔成形を行い、その後冷間サイジングで深孔内径精度を確保する工程とした。

技術のポイントの一つは低級鋼化して鍛造焼入れで強度を確保するには深孔のない従来品の場合肉厚大により、焼きが入らないため、強靱鋼で焼入れ焼き戻しを行って強度を確保せざるを得なかった。そこで円筒部の肉厚を薄くする深孔鍛造の開発に着手した。

次のポイントは円筒内面を切削レスにするためには内径公差、及び円筒度の確保が必要である。従来の熱間鍛造での深孔成形のポンチ先端はテーパ形状だったため偏肉精度の確保が難しかったが、図5のように冷間鍛造設計技術を適用し深孔成形ポンチの先端形状をフラット化し、また冷間サイジングの型設計上の工夫として円筒部の冷間サイジングで座屈しない加工度の限界値を見極め、且つ深孔成形ポンチに矯正ランドを付与することにより、偏肉、円筒度の規格を確保できた。また材質変更、熱処理変更および大幅な鍛造範囲拡大のため、自社で部品の耐久評価も実施し、客先に提案し採用していただいた。

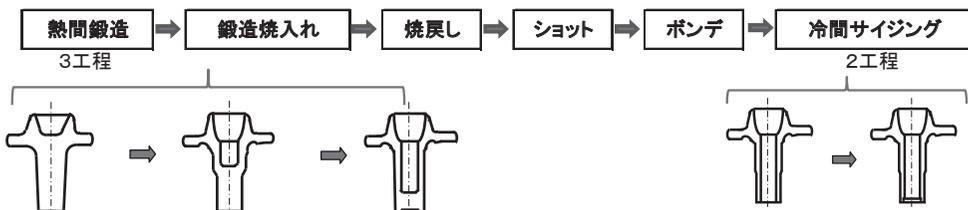


図 4 ハウジングエンドの製造工程

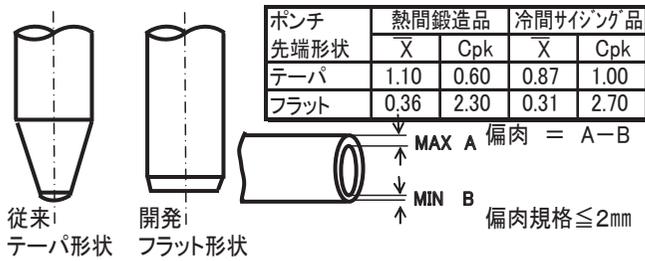


図 5 熱間鍛造での偏肉防止対策結果

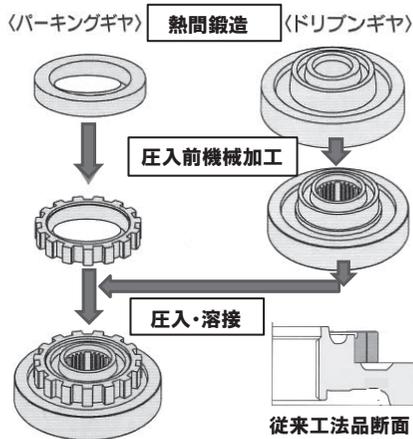


図 6 ドリブンギヤの従来工法

2. カウンタードリブンギヤの2部品一体化及び軽量化

本型鍛造品は自動車のA/Tミッション内で使用されており、エンジンの動力伝達部品であるドリブンギヤと駐車時のロック機能を有するパーキングロックギヤの2つの機能を持った部品である。従来は其々の機能を持った部品を其々に熱間鍛造、機械加工し、図6に示すようにその後圧入し、電子ビーム溶接を行い一つの部品にしていた。

そこで、熱間鍛造と冷間歯形コイニングとを合わせて、2部品の一体化の開発に着手した。従来品はパーキングロックギヤをドリブンギヤに圧入・溶接するため、強度確保と圧入による変形を防止するため接合部の肉厚を厚くせざるを得なかった。しかし鍛造で歯形形状を成形することにより接合部の肉は不要となるため、大幅な軽量化が期待できた。さらにパーキング歯の大径と小径との肉厚差が大きいため、歯先端の肉張りを確保

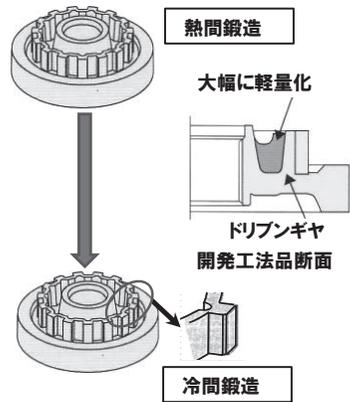


図 7 ドリブンギヤの開発工法

するため大きな成形荷重を掛けねばならず、金型へのダメージが懸念されたが、図7に示すように熱間鍛造の特性を生かして大径部の裏側にノスミ部を設け、歯形部の肉厚を極力均一にすることにより金型の寿命確保が可能となり、更なる軽量化を実現することができた。また、熱間鍛造での歯形部の肉のバラツキは次工程の冷間コイニングでの歯形精度に大きく影響を及ぼすが、このノスミを設けることにより、肉のバラツキをこのノスミ内で吸収するいわゆる分流法を適用することにより歯形精度を確保することができた。

むすび

型鍛造品の更なる競争力を向上させるには、本事例のように材料特性をも考慮し、省資源、省エネルギーおよび機械加工の一部廃止を織込んだ工程設計・型設計技術のレベルアップが不可欠である。更にお客様の部品設計部署と協業で部品の機能向上のため鍛造技術を生かした部品設計に取り組み、更には機械加工の領域に入り込み、加工の軽減または廃止可能な型鍛造品を開発して、コスト競争に打ち勝つことが我々の生きる道と考えている。

参考文献

- 1) 小出洋二、小沼智：日本塑性加工学会東海支部塑性加工懇談会、19 (1993) p. 1-6
- 2) 釜崎二三雄：特殊鋼、55 (2006) 4、p. 56

3. 特殊鍛造

(1) 高速四面鍛造機

日立金属(株) 安来工場技術部 くぼい たけし
久保井 健

まえがき

日立金属(株)安来工場では、SMS Meer GmbH (SMS社) 製高速四面鍛造機 (SMX) を導入している。これによって、棒鋼を従来のハンマーやプレスで製造する場合と比較して、生産性や品質などを大幅に革新することができた。また、高い信頼性が要求される航空機やエネルギー分野などで使用される素材の生産も行っている。高速四面鍛造機には、SMS社に代表される油圧式と、GFM GmbH (GFM社) に代表される機械式あるいは機械と油圧の組み合わせによるハイブリッド式がある。本稿においては、高速四面鍛造機の装置概要と特徴、鍛造品の事例について、当社に導入しているSMS社の油圧式を中心に解説する。

◇ 特徴

高速四面鍛造機の特徴の1つとしては、名前の通り4方向から同時に鍛造することがあげられる。一般的にプレスなどの自由鍛造で製造した場合、上下にある2個の金型によって鍛造するために、鍛造品の厚みは制御可能であるが、幅方向には金型などが無いので制御はできない。制御したい場合は、角形状の製品を製造するのであればV形状の金型を使用する方法もあるが、寸法ごとに専用の金型が必要となるなど種々の課題がある。一方で、高速四面鍛造機ではXの位置に金型が配置されているので、鍛造品の厚みと幅を同時に制御することが容易に可能である。また、ある程度の寸法範囲においては、同じ金型を使用して、金型を取り付けているラムのストロークを制御することで種々の寸法の製造に対応できるので、寸法ごとの金型を必要としない。これによって、厚みと幅方向の鍛造を繰り返すことなく、あるいは寸法ごとの金型を段取りすることなく、複数の寸法の棒

鋼を製造が可能であり、高い生産性が得られる。

高速四面鍛造機は、上述したラムのストロークの他に、マニプレータによって素材長さ方向の送り量・素材の回転量を非常に高精度で制御している。例えば、2方向からの鍛造を行うプレスなどで丸棒を製造する場合、素材が四角形であれば、平形状の金型で段々と多角形の棒鋼に加工し、最後に半円凹形状の金型2個で鍛造するなどして丸形状を得る。これに対して高速四面鍛造機では、四角形の素材に対して長さ方向の送り量・素材の回転量・素材への圧下量を高精度で制御しながら徐々に多角形に鍛造し、最終的には丸形状に加工することを可能にしている。この高い制御機構を利用することによって、製品内部の温度上昇を抑えながら鍛造するなどのコントロールも可能であり、品質向上にも顕著に貢献する。

さらに、プレスなどの機械では1分間に数十回程度しか鍛造できないが、高速四面鍛造機では5~10倍程度の高速で鍛造することが可能である。このことによって、鍛造工程内において、プレスなどでは複数回の再加熱が必要であった工程が1回の加熱になるなど、再加熱の回数を低減したり、加熱回数のバラツキを抑えることが可能となる。この鍛造の速さと、上述した高い制御機構は、製品特性の繰り返し再現性の高さにもつながっている。

一方で、高速四面鍛造機の問題点は、プレスなどの機械と比較して加圧力やストローク量が小さいことから、鍛造品の中心部まで歪を加えることが難しい点である。このために、高速四面鍛造機の前工程をプレスで鍛造する工程にしたり、高速四面鍛造機で使用する金型形状や鍛造パススケジュールを工夫する対策が必要となる。しかしながら、最新の高速四面鍛造機は非常に高い荷重で鍛造できる機械が開発されている。例えば、SMS

社が米国のカーペンター社に納入したSMXは、シリンダー1本当たりの最大荷重が2200tonとなっており、この弱点を改善している¹⁾。

高速四面鍛造機は、高い制御能力などにより高い繰り返し再現性を有している。この理由から、高い信頼性が要求される航空機やエネルギー関連の製品に使用される鍛造素材（ビレット）やシャフトの製造には必須の機械となっている。航空機エンジン用鍛造素材などでは、大型鍛造品で製造される部品も多いことからφ360mmといった大径ビレットの要求もあり、この要求にも高速四面鍛造機は応えている。さらに、後述するように、段付き鍛造や中空鍛造にも対応できるので、航空機エンジン用シャフトの鍛造においては、投入素材量を少なくして経済性を高めることができる。このように、高速四面鍛造機は、ハイエンド製品の素材製造に欠かせない装置の1つとなっている。

◇ 装置の概要と方法

図1に、SMXの装置全体のレイアウトと鍛造部の拡大写真を示す。図1(a)について説明すると、マニプレータの奥側に加熱炉があり、写真の右側に鍛造機があり、ルール上に設置されたマニプレータが鍛造機の前後に2台ある。写真には左側のマニプレータ1台のみが写っているが、加熱炉から取り出した素材を、2台のマニプレータで同時あるいは交互に掴みながら鍛造を繰り返す。この際に、マニプレータで素材を送りながら、必要に応じて素材を回転させる。一方で、鍛造機ではストロークを制御して素材を加工する。

図1(b)は鍛造部分を拡大した写真であり、丸

形状の棒鋼を製造している様子を示している。丸形状を製造するには、鍛造素材を長さ方向に送りながら少しずつ回転させて非常に小さい面積の多面体にして丸形状を得る。また、金型の配置が+の位置関係ではなく、Xの位置関係になっている。この配置によって、脱落したスケールが装置の下まで落下するので、金型面にスケールが残るリスクを低減している。この事は、製品の表面欠陥の発生の防止やメンテナンス性の向上に役立っている。

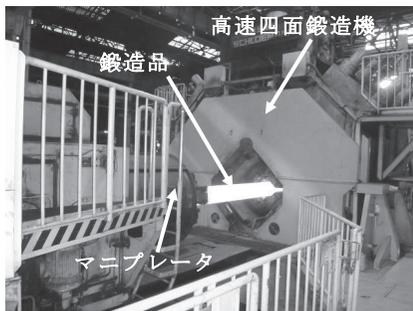
図2で、SMXにおけるラムのストロークを制御する油圧装置を説明する。SMXには図2の装置がXの配列で4台が設置されており、ラム部分の下側に金型を取り付ける構造となっているので、ラムを動かすことで金型を押し込んで加工したり、素材を送る時に金型を離したりする。ストロークの制御方法を以下で説明するが、矢印は油の流れを示している。

①サーボバルブを駆動させて、パイロットシリンダーを任意の位置に制御する。

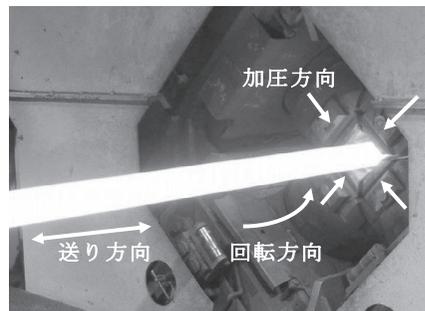
②パイロットシリンダー先端の弁が、ラムの上部にあるシート部に栓をすることにより、この穴を通して逃げていた油圧Psが堰き止められ、ラムが下側に動き、鍛造する。

③ラムが所定の位置まで下がると、サーボバルブによってパイロットシリンダーが上部に引き上げられ、油圧Psが矢印で示した方向にながれることにより、ラムを下方に押し出す圧力が掛からなくなり、かつ一定の油圧Pc (4MPa) によりラムは上側に戻される。

この①～③を高速かつ高精度で繰り返すことが



(a)



(b)

図 1 高速四面鍛造機 (SMX) の装置概要

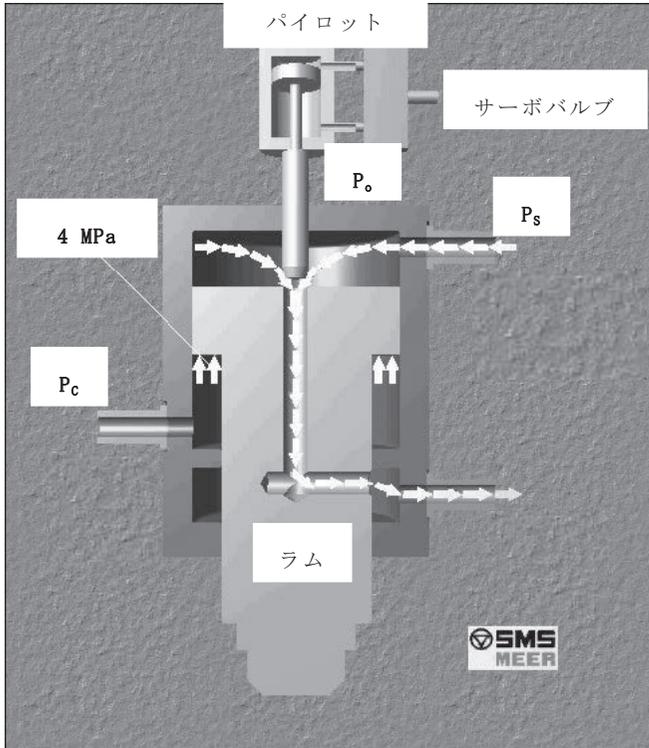


図 2 SMXにおける油圧装置

できるので、高い生産性と製品の高い品質を得ることができる。

このタイプ的高速四面鍛造機の利点として言われることは、高速四面鍛造機の中では中心部まで加工を加えやすいことである。すなわち、中心部まで塑性歪を導入することが可能になり、結晶粒の微細化など材料特性の制御が容易となる。

機械式的高速四面鍛造機の構造について、簡単に説明する。機械式においては、ラムの上部には、ラムに直結された円形の枠があり、この枠の中に偏心するシャフトが設置され、シャフトの偏心によってラムが上下できる構造になっている。すなわち、偏心シャフトが下側に移動する際にラムに直結している円形の枠の内側を下方向へ押すことになり、鍛造荷重を得る。一方、偏心シャフトが上側に移動すると、ラムを上方向へ引き上げることになる。この繰り返しによって鍛造が繰り返される。偏心シャフトの駆動に電気式のモータを使用しているタイプが機械式であり、偏心シャフトの駆動に油圧式モータを使用しているタイプが機械と油圧によるハイブリッド式である。

◇ 鍛造例

図3にSMXで製造した段付き鍛造品を示す。既に説明したように、高速四面鍛造機では、半円状の金型などを使用することなく、四角形状の素材から丸形状を製造することができる。また、図2を用いて詳しく説明したようにラムのストロークを制御することで、棒鋼の直径を設定できる。これを利用して、マニピレータにより製品の送りを制御し、部分的に鍛造する、あるいは鍛造しないことによって、図3のような段付き形状の鍛造品を1回の加熱で製造することが可能である。さらに複数の凹凸形状の鍛造品にも対応可能である。

また、このような段付き加工においては寸法精度が非常に重要である。製品の径バラツキは、長さ方向のバラツキにつながる。このために、径が高い精度で得られない場合、投入重量を最も径が大きくなった鍛造品を想定して設定することになる。航空機用エンジンのシャフトでは、Alloy718やマルエージング鋼などのNi、Co、Mo等々の高価な元素を多く含む合金が使用される。これらの製品を安価に製造するためには投入重量を最小に抑えられる技術が重要となり、高速四面鍛造機はこの要求を十分に満たしている。

図4 (a) はSMXで中空鍛造品を製造している時の写真であり、図4 (b) にこの時のマンドレル位置などを図示する²⁾。鍛造前に内径加工を

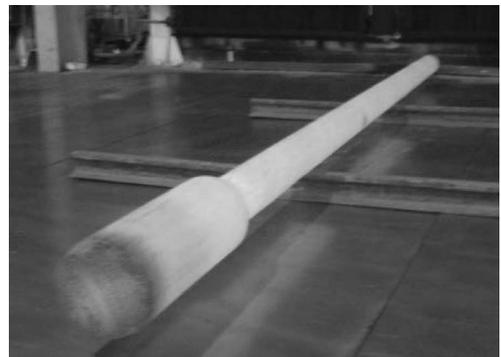


図 3 段付き鍛造品

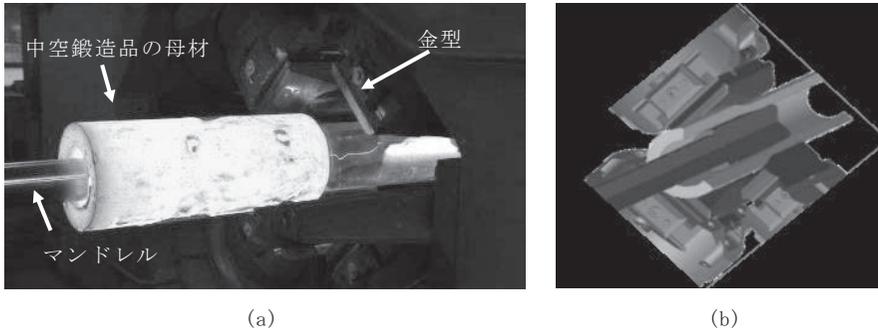


図 4 中空鍛造品の製造

行った母材を使用し、図4 (a) と (b) に示しているように、母材にマンドレルを差し込んで内径を確保しながら鍛造を実施する。この図では1台のマニプレータでマンドレルを持ち、もう1台のマニプレータで鍛造品を持っており、これらを移動させながら鍛造する。マンドレルは、高速四面鍛造機の金型の位置まで差し込み、内径がつぶれることを防いで鍛造する。このような中空鍛造を行うことによって、長さが短い母材で内径の機械加工を行ってから狙いの全長に鍛造するので、鍛造完了後に同じ径の機械加工を実施するよりも、歩留りよく製造することが可能になる。SMS社では、より長い中空鍛造品を製造するために、1台のマニプレータの後方からマンドレルを差し込めるシステムも用意されており、非常に長い製品に適用する場合などに有益である。

むすび

以前の高速四面鍛造機は、加えられる荷重も小さく、製品の直径中心部まで十分に鍛造によって組織を造り込むことが難しい場合があった。このために、高速四面鍛造機の前工程をプレスなどで行ってある程度組織を造り込んだ状態にして、最終的な組織制御と形状を得るために高速四面鍛造機を使用していた。しかし、最近の高速四面鍛造機は、加えられる荷重も大きくなっており、種々の棒材を鋼塊から高速四面鍛造機のみで熱間加工

を行って製造できるレベルに達しており、適用範囲が広がっている。この高性能化によって、超耐熱合金などの大径ピレットを製造することも可能になってきている。また、上述したように高速四面鍛造機は高い繰り返し再現性と高い加工精度を有しているので、航空機エンジンやガスタービンなどの高い信頼性が求められるディスク用などの鍛造素材やシャフトなどの鍛造品の製造には必須の機械となっている。すなわち、高速四面鍛造機の進歩は、航空機やエネルギー産業の発展にも非常に寄与している。今後、高性能化した高速四面鍛造機を駆使し、航空機やエネルギー産業などの発展に尽力したい。

謝 辞

本稿の執筆にあたって、SMS Meer GmbH殿から資料の提供を頂きましたことに感謝致します。

参考文献

- 1) Chris Simcik, Tom Zogas, Jim Seits, Paul Nieschwitz, Frederik Knauf and Wolfgang Schmitz: World's largest Hydraulic Radial Forging Machine starts production at Carpenter Technology in USA, Proceedings 19th International Forgemasters Meeting (IMF 2014)
- 2) Frederik Knauf, Paul-Josef Nieschwitz, Albrecht Holl, Hans Pelster and Rolf Vest: Latest Development in Railway Axle and Thick-Walled Tube forging on a Hydraulic Radial Forging Machine Type SMX, Proceedings 19th International Forgemasters Meeting (IMF 2014)

(2) 軸肥大拡張加工法

高周波熱錬(株) 生田文昭
 研究開発センター 桑原義孝
 高周波熱錬(株) 川崎ひろ博
 研究開発センター かわさきかずひろ博
 代表取締役専務取締役 川崎かずひろ博
 愛媛大学 教授 岡部永年

まえがき

軸肥大拡張加工法“軸肥大[®]”は、産業機械・工作機械などで使用される軸部品の中間部に冷間での局所的な肥大(拡張)部を成形できる加工技術で、ネツレンと愛媛大学が共同で開発実用化した新しい塑性加工方法である¹⁾。

一般に、このような拡張部を有する軸部品の製造には、切削や鍛造あるいは溶着などの加工方法が用いられているが、切削加工では切削屑が出るため省資源に問題があり、鍛造加工では大型の加工装置が必要となり騒音も大きくコストと環境に問題があり、溶着加工では接合部の品質管理が必要となる。

一方、“軸肥大”は、加工中の騒音が少なく、素材の無駄は無く、装置も比較的小型であるため、省資源・省エネルギーに役立つ加工方法として注目されている。加工対象としては鉄鋼材料(炭素鋼、合金鋼、工具鋼など)を主体に、Cu系、Ti系、Al系合金などの非鉄金属材料にも適用可能なことを確認している²⁾。

本報では“軸肥大”の原理、加工方法および適用例について紹介する。

◇ “軸肥大”の原理および加工方法

“軸肥大”は繰返し曲げ加工を行ったときに発生するメカニカルラチェット現象を原理とする加工法で、軸を回転させながら軸圧縮力を加え、その後、片側の軸を中心軸から数度(°)傾けながら軸圧縮を継続する加工方法で、繰返し回転曲げ中に、軸圧縮力を加えることで塑性流動(変形)が促進されることによって中間部を容易に

“軸肥大(拡張)”させる方法である。

図1に加工方法(手順)を詳しく示す。

- (1) ワークピース(ワーク)挿入：スリーブと呼ばれる金型にワークを挿入し、スリーブ間をあらかじめ設定された間隔Loとなるように片側スリーブを移動させる。その後、軸に定められた初期荷重(軸圧縮力)を加え、同時にワークをスリーブと一緒に回転させる。
- (2) 曲げ角度付加：ワークを回転させながら片側のスリーブの角度を数°曲げる。
- (3) 拡張進行：軸荷重を加工可能な加圧力まで上げると拡張が進行しスリーブ間隔が狭くなる。すなわち“軸肥大”が進行する。スリーブ間隔または拡張部の直径が設定値にまで達したら軸荷重を下げ、ワークの中心軸を最初に戻す(芯出し)ためワークを回転させながらスリーブ角度を0°に戻す。

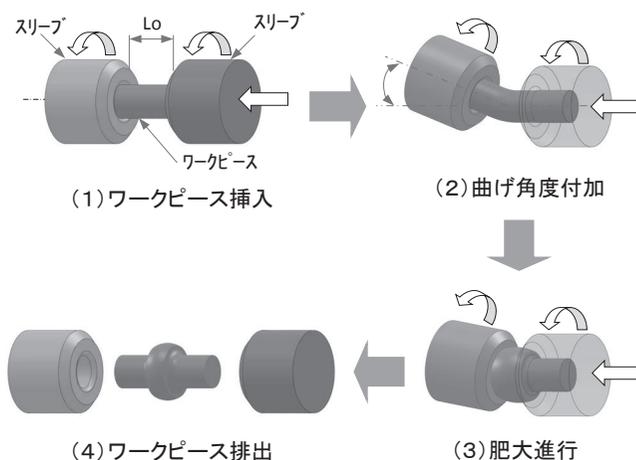


図1 “軸肥大”工程図

(4) ワーク取出し：軸荷重をゼロにして、回転を止め、スリーブを後退させ、ワークを取出す。

図2にこのように加工した“軸肥大”品を示す。

◇ “軸肥大” の特徴

まず“軸肥大”のメリットとしては、

- (1) 材料の大幅な節約が可能である。(省資源)
- (2) 冷間での大変形が可能である。(省エネ)
- (3) 鍛造などに比べて設備がコンパクトである。(低コスト)
- (4) 長尺部品の加工も可能である。
- (5) 少量・多品種にも対応が容易である。
- (6) 肥大(拡張)部のニアネットシェイプ化が可能である。
- (7) 加工時の騒音、振動が少ない。

一方、デメリットとしては、

- (1) 材質、寸法、拡張度にもよるが成形時間が数十秒～数分かかる。

ことが挙げられる。

したがって、切削加工に対する優位性は明確であるが、鍛造や溶着加工に対しては、上記メリットを活かせる加工対象の選定が重要となる。

◇ “軸肥大” 装置および加工範囲

図3に“軸肥大”装置の例を示す。本装置の最大軸加圧力は900kN、最大回転速度60rpm、最大曲げ角度5°で、素材直径35mmまで加工が可能である。本体の設置スペースは幅1.7m×長さ5m×高さ1.8mとコンパクトに収まっている。

図4に“軸肥大”の加工可能範囲を示す。肥大直径Dを素材直径 D_0 で割った肥大率 D/D_0 をパラメータにすると1.6まではたいていの金属材料について加工可能である。その時の肥大幅Lは素材直径で割った肥大幅率 L/D_0 をパラメータにすると1.0になる。Cu系、Al系合金などの延性の高い非鉄金属材料の場合はさらに肥大率を大きくすることができる。ただし、その時の最大肥大幅は、図中の体積一定のラインに沿って減少する。Ti合金や焼結金属(Mo、W)などの難加工材も加工

可能である²⁾が、その場合の最大肥大率は1.4程度まで減少する。



図 2 “軸肥大” 部品

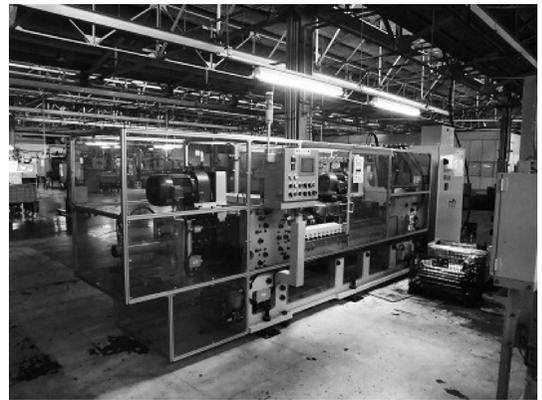


図 3 “軸肥大” 装置 (最大荷重：900kN)

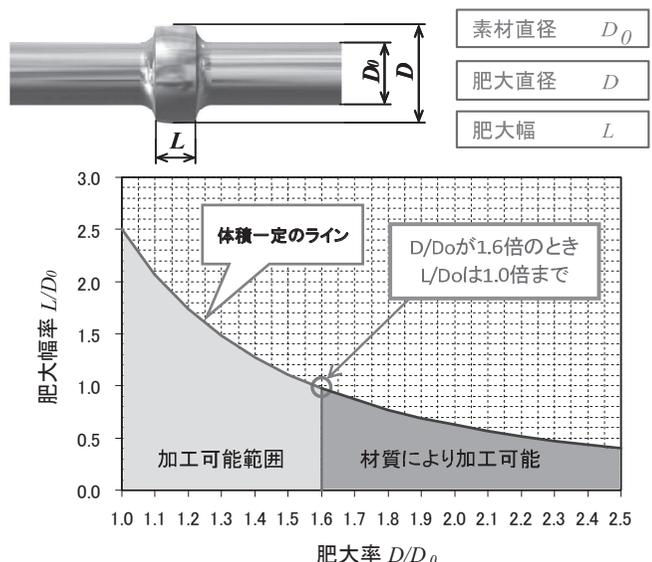


図 4 “軸肥大” 加工範囲

◇ 適用事例

図5に“軸肥大”の適用事例を示す。

(a)は建設機械分野での例で、ギヤポンプシャフトに適用され、素材径が30~60mmで、歯幅、歯丈および軸長さを含めてバリエーションが多く品種が数百種類という多品種少量生産部品であるが、“軸肥大”では素材径が一定であれば異なる拡張率でも簡単な段取りと加工条件設定の変更で加工可能なため、大幅な中間在庫の削減とリードタイムの短縮を実現している。

(b)は自動車分野での例で、駆動軸（中間軸）に適用されている。“軸肥大”後、切削加工、高周波焼入れを行い、仕上げ加工して製品化されている。

(c)は工作機械加工分野での例で、ボールねじ軸に適用されている。素材直径は20~70mm、長さ250~3,500mmまで対応している³⁾。特に3,000mmを越える長尺シャフトの場合、“軸肥大”により、従来の切削加工に比べて加工時間が1/9に減り、切削屑も最終加工時以外ほとんど無くなり、より細い径の素材から加工可能となり、大幅なコスト削減となっている。

(d)は“肥大嵌め”と呼ぶ加工方法で円板の中央穴に軸を嵌合させ両部材を固着する⁴⁾。焼嵌めとは違い、被加工材を加熱しないため組織、強度

の変化がなく、異材や熱処理済の部品の嵌合も可能である。

その他に金型を用いて拡張部の外径形状を拘束して六角形状に造形するニアネットシェイプ加工もできる。金型を工夫することにより歯車形状にも加工可能で、高精度への仕上げ加工が容易になる⁵⁾。

むすび

本稿では、新しい冷間塑性加工法である“軸肥大”拡張加工法についての原理と適用例について紹介した。適用例は、まだそれほど多くないが、ユニークな特徴を持っているので、本稿での紹介を機に新たな応用への提案を期待したい。

参考文献

- 1) 山脇崇、桑原義孝：第293回塑性加工シンポジウム資料、pp. 35-43、(2011年10月)
- 2) 生田文昭、桑原義孝、岡部永年：「チタン部品への軸肥大加工技術の応用」、チタン Vol. 58、No. 2、pp. 104-105、(2010年4月)
- 3) 桑原義孝、岡部永年、森一樹、生田文昭：「長尺間棒材に対する部分軸肥大加工法」、日本機械学論文集（A編）、75、760、pp. 1804-1809（2009年12月）
- 4) 桑原義孝、岡部永年、生田文昭：「軸肥大加工の応用による部品の嵌合加工方法」、塑性と加工、51、592、pp. 460-464、(2010年5月)
- 5) 桑原義孝、岡部永年、生田文昭：「外形拘束制御による軸肥大加工法」、塑性と加工、51、592、pp. 455-459、(2010年5月)



図 5 “軸肥大”加工例

4. 鍛造産業の現状と展望

(一社)日本鍛造協会 オサミ 鈴木 ふとし 太
事務局長

◇ 素形材産業における鍛工品製造業

素形材とは、素材（材料）を鍛造、鋳造、プレス、粉末冶金等の加工法で成形された部品や部材のことをいい、部品や部材のニーズに応じて加工法が選ばれる。素形材産業の分類及び規模は表1の通りであり、鍛造業は、日本標準産業分類で、鍛工品製造業、非鉄金属鍛造品製造業、鍛鋼製造業の3つに分類される。

素形材産業の生産額は4,463,128百万円（経済産業省工業統計2012年（最新））で、金属プレス製造業が全体の36.7%、鋳造業が28.0%、鍛造業は14.7%、ダイカスト製造業が14.2%、粉末冶金製造業が6.4%の割合である。鍛工品製造業をみると、素形材製品全体の10.9%である。

鍛工品製造業は、主として他から受け入れたピレットや棒鋼をハンマやプレスなどの鍛造機で鍛造している事業所で、これに対し鍛鋼品製造業は、主として鋼塊を製造し、その鋼塊を直接ハンマやプレスなどの鍛造機で鍛造する事業所をいい、本稿では主として鍛工品製造業に関する現況を執筆させていただいた。

◇ 鍛工品製造業の現状と生産動向

日本の鍛工品製造業は、職人的技能、蓄積された経験的知識に基づく秀でた現場技術をはじめ、優秀な材料品質、設備技術、金型技術等に支えられ、これまで世界的に優位性を保持してきた。しかしながら、多様なグローバル競争の時代に突入り、熾烈な価格競争、資材及び副資材の価格変動、

表 1 素形材産業の規模（2012年）

分 類	出荷額 (百万円)	対合計比率 (%)
鍛 造	657,713	14.7
鍛工品製造業	484,955	10.9
非鉄金属鍛造品製造業	77,895	1.7
鍛鋼製造業	94,863	2.1
鋳 造	1,249,114	28.0
銑鉄鋳物製造業	700,611	15.7
可鍛鋳鉄製造業	104,622	2.3
鋳鋼製造業	164,629	3.7
銅・同合金鋳物製造業	116,511	2.6
非鉄金属鋳物製造業	162,741	3.6
ダイカスト	635,072	14.2
アルミニウム・同合金ダイカスト製造業	606,091	13.6
非鉄金属ダイカスト製造業	28,981	0.6
金属プレス	1,637,112	36.7
アルミニウム・同合金プレス製品製造業	471,516	10.6
金属プレス製品製造業	1,165,596	26.1
粉末冶金	284,117	6.4
合 計	4,463,128	100.0

データ：経済産業省 工業統計「産業編」従業者4名以上の事業所

エネルギーコストの高騰などにより、人材育成、設備投資、技術研究開発等への再投資のための収益確保が厳しい環境にあるほか、ユーザー業界の海外展開及び部品の海外調達化の加速など、各社の経営を大きく左右する課題を多く抱え、業界を取り巻く環境は依然として厳しい状況におかれている。

鍛工品の最大ユーザーは自動車関連分野（トラック、二輪含む）であり、総生産量の71%を占め、10年前に比べてその依存度は高まっている。

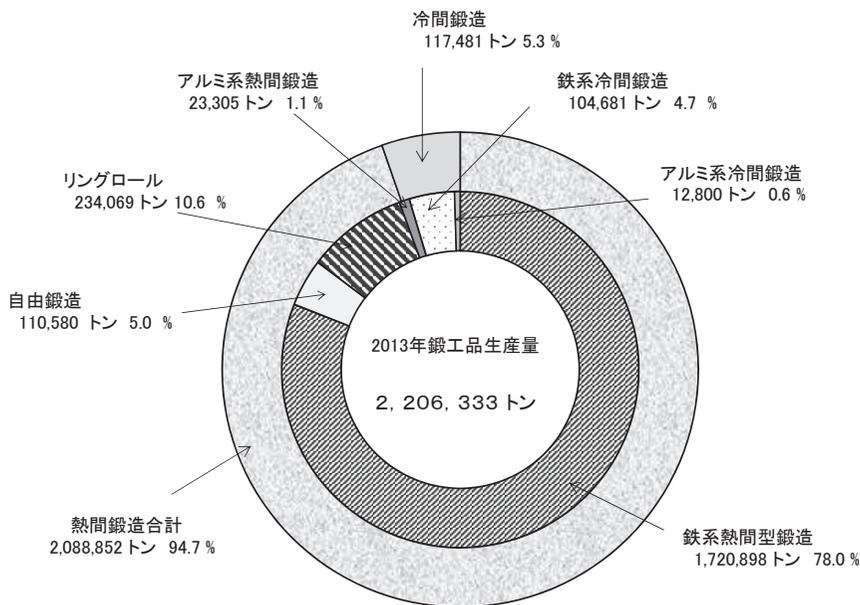
鍛造形態は、総生産量の78%が型鍛造で、次いでリング鍛造が10.6%、自由鍛造が5%で、この比率は10年前と比べて余り変化はない（図1）。

鍛工品の生産量は平成19年（2007年）に過去最高実績である265万トンに達した後、アメリカの金融危機に端を発した世界経済の急激な悪化に伴い、ユーザー産業の生産が落込み、平成21年（2009年）は149万トンまで激減した。

それ以降、鍛工品製造業は、東日本大震災、電力需給問題、タイ国の洪水被害、欧州金融危機、中国における金融引き締め、超円高、ユーザーの海外展開及び部品の現地調達化の加速、日本政府の金融緩和策、為替の改善効果、消費税率引き

上げに伴う経済対策及び減税等々、いろいろな経済変動の波を受けながらも220万トン前後を維持してきた。平成26年（2014年）の総生産量は、対前年比で1.8%増の225万トン前後の見込みで、リーマンショック前と比べると、約9割近く戻りつつある状況である（図2）。

今後の見通しに関しては、震災復興をはじめ国土強靱化、防災・減災への取り組み、社会インフラの老朽対策関連、日本政府が戦略的に取り組んでいる官民連携による社会インフラ輸出の強化等々は、需要増が期待できる要因である一方、新興市場国での国外資金調達状況悪化を起因とする景気減速懸念、金融ストレスを抱える欧州等、先行きの不透明感は強く、需要動向は予測し難い。グローバルなインフラ整備の拡充、開発事業の活発化、経済及び生活の高度化、機械の小型化・高出力化等が進展すれば、鍛造品の需要は世界的にみて増加傾向を辿ることは想像に難しくなく、各社においては、これらの様々な要因を視野に入れ、海外展開をはじめ既存技術の領域拡大、新工法の研究及び開発、使用材質の範囲拡大、新規需要分野開拓などに取り組み、今後の経営戦略の構築を進めている。



データ出所：経済産業省「鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計月報」

図 1 温度形態（外側）、素材及び鍛造形態別（内側）内訳

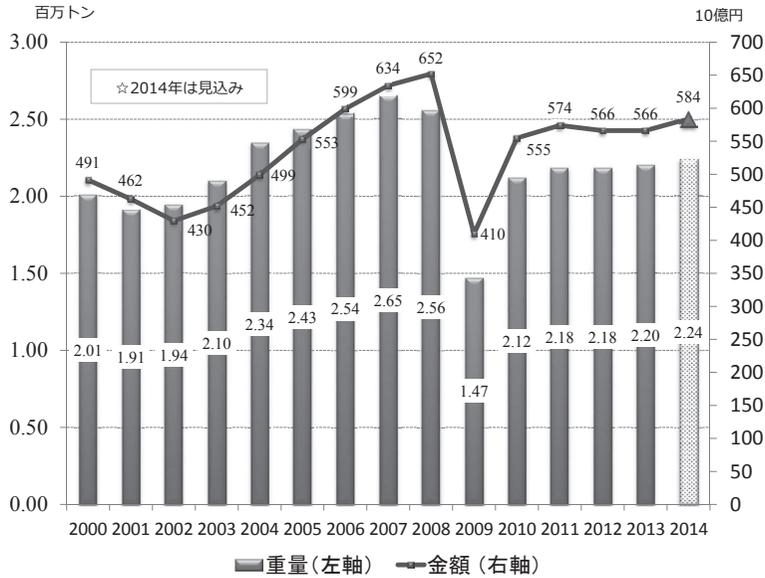


図 2 鍛工品生産高推移

◇ 世界における鍛工品製造業

2013年の主要各国における鍛工品生産量は、欧州12各国^{*1}で5,839千トン、アジア5カ国^{*2}で16,687千トン、北アメリカ2,328千トン、ロシア694千トンであり、世界の総生産量は25,548千トンであるが、この他に日本の鍛鋼品(61万トン/年)や日本を含めた諸外国が海外展開している工場の生産量、更には上記以外の諸国を加えれば、世界の鍛造品総生産量はこれにとどまらない。この25,548千トンの65%がアジア地域で生産されており、アジア地域は世界の鍛造品の重要な生産拠点になっている。アジア地域では中国の生産量が群を抜き、10,015千トンであり、全体の60%を占めている。(表2)

^{*1} 欧州12カ国：ドイツ、イタリア、フランス、スペイン、英国、ベルギー、スウェーデン、チェコ、ポーランド、スロヴェニア、フィンランド、トルコ

^{*2} アジア5カ国：日本、インド、韓国、中国、台湾

上述の通り、日本は総生産量の71%を自動車関連産業に供給しているが、各国によってこの状況は異なる。例えば、欧州で生産量第1位を誇るドイツでは、自動車関連は51%である。総じて欧州

表 2 世界主要国の鍛造品生産量(2013年)

国名	生産量(千トン)	国名	生産量(千トン)
中国	10,015	フランス	431
ドイツ	2,807	ブラジル	360
北米	2,328	オーストラリア	356
日本	2,206	スペイン	344
インド	2,104	チェコ	293
韓国	1,245	ポーランド	272
台湾	1,117	英国	246
イタリア	1,133	トルコ	173
ロシア	694	スウェーデン	74

データ出所：一般社団法人日本鍛造協会

諸国では輸出比率が生産量の30%~70%と高く、仕向先も同じ欧州域内がメインとなっている。北アメリカの型鍛造業界をみると、自動車関連産業への供給は41%であり、航空・宇宙産業が30%も占め、ローリング鍛造業界では実に55%が航空・宇宙産業向けである。このようにグローバルな視点から鍛造品の市場を捉えるとビジネスチャンスは幅広い。

次に、当協会会員企業の海外展開の状況を見ると、海外進出は1969年から始まり、2009年から2013年の5年間で16工場が設立され、現在では23

社（52工場）が進出（技術提携、技術指導は含まず）している。設立状況は、中国13工場、タイ11工場、インドネシア10工場、アメリカ9工場、インド2工場、韓国2工場、ポーランド2工場、ベトナム1工場、台湾1工場、フィリピン1工場である（図3）。

今、世界の注目を集めているのが乗用車の生産台数世界第8位、世界第4位の自動車輸出国のメキシコである。各国の自動車メーカーが挙って同国に進出し、その結果、メキシコ自動車産業のサプライチェーンにおけるビジネスチャンスは、メキシコ大使館の発表によると、鍛造分野の総需要は年間91億USドルと見込まれている。日本の鍛造品の生産金額が約5,700億円／年なので、これは倍近い数値である。ユーザー産業の海外展開の進展、日本国内での需要減少、国内の産業構造の変化、エネルギー問題、為替動向等によって、海外市場に活路を見出す企業も増加することが予想されるが、リスクも高くなかなか容易ではない。

◇ 鍛造技術の動向

鍛造業のみならず、ものづくり産業が直面する情勢は目まぐるしく変化し、従前にも増して迅速に経済情勢に対応できる供給体制が求められている。経済産業省が策定した「中小企業のものづくり基盤技術の高度化に関する指針」では、鍛造を含めた精密加工技術の川下製造業者等のニーズに

対する高度化目標、研究開発の方向性などを取り纏めており、以下に抜粋して紹介する。

□ 高度化の目標

① 医療・健康分野に関する事項

- ・ 精密・微細加工技術等の向上
- ・ 衝撃を吸収するために工夫された構造と素材に対応した加工技術の構築
- ・ 難加工材・新材料加工対応
- ・ 複雑形状加工対応
- ・ IT等を活用したフレキシブル生産技術の向上
- ・ 洗浄工程の削減及び潤滑剤使用の低減
- ・ ソフトウェアを利用したカスタムメイド対応
- ・ 多品種少量生産等に対応した低コスト化技術の向上

② 環境・エネルギー分野に関する事項

- ・ 複雑形状部品の加工性向上
- ・ 微細形状の加工技術の向上
- ・ 薄肉材料の加工技術の確立・高度化
- ・ 難加工材・新材料加工対応
- ・ 大型部品の少量生産技術の向上
- ・ 複合材料の加工技術の向上
- ・ 自然由来材料の活用技術の向上

③ 航空宇宙分野に関する事項

- ・ 一体部品・複雑形状部品加工対応
- ・ 薄肉形状・中空形状加工対応

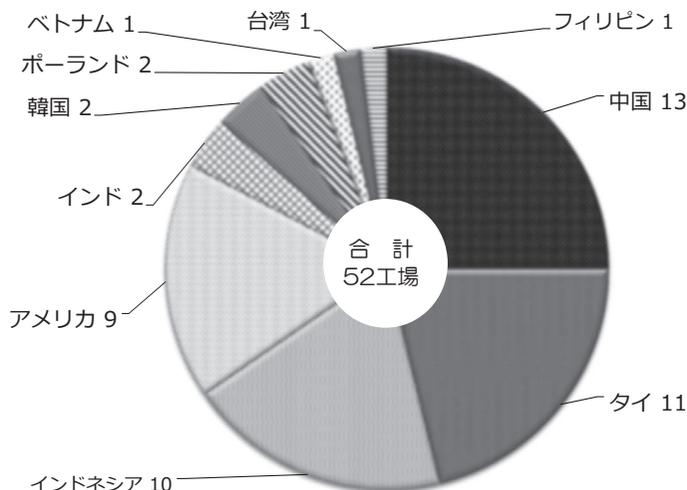


図 3 海外展開状況（JFA会員）

- ・難加工材（耐熱合金、チタン合金等）に対応した加工技術の向上
- ・新材料（CFRP等）加工対応

④自動車に関する事項

- ・衝撃を吸収するために工夫された構造と素材に対応した加工技術の構築
- ・複雑三次元形状等を創成する加工技術及び一体加工技術の構築
- ・難加工材・新材料加工対応
- ・IT等を活用したフレキシブル生産技術の向上
- ・複合加工、部品組立及び工程短縮等を可能とする技術の向上
- ・材料歩留まりの向上に寄与する技術の高度化

⑤情報通信機器分野に関する事項

- ・難加工材に対応した加工技術の向上
- ・精密・微細加工技術等の向上
- ・複雑三次元形状等を創成する加工技術の向上
- ・高い意匠性を付加する加工技術の向上
- ・中量・多品種生産に対応した加工技術の実現
- ・複合材加工、部品組立及び工程短縮等の実現
- ・材料歩留まりの向上に寄与する技術の高度化

⑥ロボット分野に関する事項

- ・精密・微細加工技術等の向上
- ・IT等を活用したフレキシブル生産技術の向上
- ・複合材加工、部品組立及び工程短縮等を可能とする技術の高度化
- ・中量・多品種生産に対応した加工技術の実現

⑦産業機械・農業機械分野に関する事項

- ・加工技術を組み合わせ・複合化した加工プロセスの高度化

□研究開発の方向性

①技術要素の高度化に対応した技術開発の方向性

- ・高精度化
- ・小型化・高剛性化

- ・工具・金型等の長寿命化
- ・高合金鋼・軽金属・難加工材・新素材への対応
- ・薄肉加工
- ・中空化
- ・中量・多品種生産
- ・複合一体化

②高効率化に対応した技術開発の方向性

- ・加工の高速化・自動化
- ・加工工程等の削減
- ・コストの削減
- ・材料歩留まり向上
- ・効率化・省人化
- ・仕上げ自動化
- ・検査の自動化
- ・測定方法の革新

③管理技術の高度化に対応した技術開発の方向性

- ・データベースの構築と活用
- ・工場の高高度化
- ・技術の複合化
- ・製造における安全・環境の向上
- ・製造における品質管理
- ・技術・技能のデジタル化
- ・シミュレーション技術の高度化

④環境配慮に向けた技術開発の方向性

- ・省エネルギー・省資源化
- ・周辺環境への配慮
- ・リサイクル
- ・潤滑材使用量等の低減化

□技術の発展に向けて配慮すべき事項

- ①産学官の連携
- ②人材確保・育成及び技術・技能の継承
- ③生産プロセスの革新
- ④技術体系・知的基盤の整備、現象の科学的解明
- ⑤知的財産

昨年6月末にドイツ・ベルリンで開催された国際鍛造会議及び昨年11月に台湾・高雄で開催されたASIAFORGE Meetingにおける技術講演では、従来工法を覆すような革新的な鍛造技術の開発案件は残念ながら見受けられなかったが、共通しているのが省資源、省エネルギー、効率化、コスト

削減に直結するような内容である。

特に、CO₂の排出規制が厳しい欧州企業の講演は、導入する設備、あるいは技術によって得られる効果に関して、ほとんどの発表でCO₂換算を併記しており、環境に対する意識が非常に高く、環境、省エネルギー、軽量化が世界共通のキーワードである。

先に述べた「中小企業のものづくり基盤技術の高度化に関する指針」に基づく経済産業省の委託事業である戦略的基盤技術高度化支援事業や、中小企業・小規模事業者ものづくり・商業・サービス革新事業に多くの鍛造技術関連の研究、開発が採択されている。採択された技術案件をみると、需要分野は「航空・宇宙」、「医療関連機器」、加工については、「難加工」、「薄肉成形」、が今後の方向性であることが読み取れる。これに併せ、環境

負荷低減、軽量化、省エネ効果を図ることでコスト低減を狙い、高付加価値化を目指すことで競争力を強化する取り組みが行われている。

むすび

日本の鍛造産業を支えているのは、まさしく人材である。経済情勢によって、若手人材の確保難、正規従業員の確保難を経験しながらも、各社は技能・技術の伝承及び人材育成に力を注ぎ、優秀な生産技術者と熟練技能者が、地道な創意工夫や研究、開発を重ね、自助努力によって今日の礎を築いてきた。少子・高齢化は若干の不安要素ではあるが、人材は日本の鍛造産業の強みであり、この強みを活かした攻めの経営で日本の鍛造産業の優位性を再び揺るぎないものになることを期待している。



Ⅱ．鍛造に用いられる特殊鋼

1．鍛造用素材としての特殊鋼鋼材

(1) 冷間圧造用鋼

(株)神戸製鋼所 ちば まさ みち
技術開発センター 千葉 政道

まえがき

冷間鍛造は、各種機械構造部品を高精度に、且つ大量生産することができ、部品の製造コスト低減に有望な加工方法である。また室温で鍛造するので、部品製造に伴うCO₂発生も少なく環境負荷が低い利点も有する。

冷間鍛造の普及初期は、鍛造技術と鋼材特性上の制約から、複雑形状の部品や極めて高い寸法精度が必要とされる部品では、熱間鍛造と切削加工の組合せや全てを切削で加工する必要があった。そのため、材料歩留りの悪化やサイクルタイムの長時間化を招き、部品製造コストの低減が困難となっていたが、近年では、冷間鍛造における要素技術の向上、とりわけ鍛造工程の設計技術、鍛造金型の製造技術、更には冷間鍛造用鋼の高品質化・高機能化によって、適用可能な範囲が拡大している。

冷間鍛造用鋼の採用で最大の効果を得るためには、その要素技術を最適条件下で組み合わせることが重要となる。特に、冷間鍛造用鋼材については、種々の鋼種、素材寸法の中から最適な材料を選定することで、最大効果を得ることができる。

本稿では、冷間鍛造用鋼材として使われる鋼種と必要な材料特性、および冷間鍛造性を改善した新商品事例について概説する。

◇ 鍛造用素材として使われる鋼種

冷間鍛造用鋼に求められる品質は、大別して、「当たり前品質」と「魅力的品質」に分類できる。当たり前品質とは、冷間鍛造の基本特性である「変形能が高く、割れにくいこと」および「変形抵

抗が低く、鍛造金型寿命が良いこと」である。一方、魅力的品質とは、当たり前品質を維持しつつ、鍛造工程前後の熱処理を省略・簡略化して製造コストを低減したり、最終的な部品特性を従来鋼に比べて向上・高機能化できることである。

冷間鍛造の適用領域は広く、使用される鋼材も炭素鋼から合金鋼まで多岐にわたる。鋼材の高品質化への具体的手段は、対象となる部品によって若干異なるものの、鍛造加工の基本特性と言える高変形能、低変形抵抗への要求は共通であり、これらは素材の作り込み技術に大きく左右される。更に、冷間鍛造全般に関わる技術、とりわけ鍛造加工前の処理条件等の最適化も図りながら、各種合金元素の選定・最適組合せにより、種々の高品質冷間鍛造用鋼が生み出される。

高品質冷間鍛造用鋼は、大きく次の3つのグループに分類できる。

- 1) 工程を合理化できる鋼
- 2) 資源を節約できる鋼
- 3) 新しい機能を持った鋼

高品質冷間鍛造用鋼には、上記グループ1)、2)のように、その鋼材を使用することで直ちに部品製造コストの低減に寄与できるものと、グループ3)のように、製造工程でのコスト低減には直接寄与できないが、高機能化を通して、ユニット全体としてのコスト低減を実現できるものがある。

前者の代表例としては、ボロン鋼や非調質ボルト用線材が挙げられる。B(ホウ素)は少量で焼入れ性を向上させる効果を有し、高価な合金元素(Ni、Cr、Mo等)を削減して素材コストを抑制するとともに、鍛造前の軟質化焼鈍を合金鋼に比べ

て簡略・省略できることから、部品製造コストを低減できる。また非調質線材では、部品製造過程での加工硬化を積極活用することで、合金元素の低減と焼入れ焼戻し処理の省略を実現し、低コスト化を達成できる。一方、後者の例としては、高強度ボルトでのユニットの小型・軽量化が挙げられる。ボルトの強度確保と耐遅れ破壊性向上を目的にNi、Cr、Mo等を増量添加するため材料コストは増加するが、従来材と比較してボルトのサイズダウンや使用本数の低減が実現でき、被締結材全体としての小型・軽量化を通して、トータルコスト低減が可能となる。

◇ 冷間鍛造性に及ぼす各種因子の影響

冷間鍛造で製造される部品の用途は多岐にわたるため、冷間鍛造用鋼にも様々な性質が要求される。先ず挙げられるのが、鍛造加工面の基本特性、すなわち高変形能、低変形抵抗である。更に、最終部品での寸法精度を確保する上で、切削加工を施すものについては、被削性（切削抵抗、切屑処理性、仕上げ面粗さ等）が合わせて要求される。そして、製品特性面からは、最終機能としての引張特性、衝撃特性、遅れ破壊特性等、種々の機械的性質を確保することが必要となる。最近では、電子・電磁制御部品の増加に伴い、機械的性質に加え、電磁特性を必要とする用途も増加している。

1. 化学成分の影響

冷間鍛造性と機械的性質への化学成分の影響を図1に示す。変形抵抗に対しては、主要元素を増加させると上昇する傾向にあり、特にCの悪影響

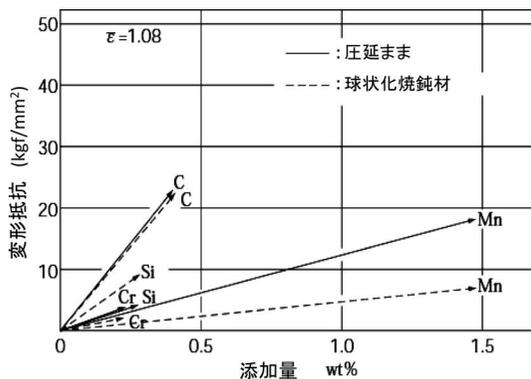


図 1 据え込み加工性（変形抵抗）に及ぼす合金元素の影響

が大きく、次いでSiの悪影響が大きい¹⁾。また変形能に顕著な影響を及ぼす主な成分としては、C、Si、Sまたガス成分としてのN、Oが挙げられる。よって、鋼材の加工性と機械特性等の製品特性を確保しつつ、冷間鍛造性を向上させる鋼材成分指針としては、Si、Sを低減し、且つN、O量を低く抑えることが効果的と考えられる。

Siは、鋼材製造過程で不可欠な脱酸処理に有用な元素であるが、現在では脱酸処理をAl添加で行い、Si量を0.10質量%以下とした冷間鍛造性に優れた低Si-Alキルド鋼が既に広く普及している。また、製鉄・製鋼技術の進歩により、現在では、極低硫鋼、極低酸素鋼、極低窒素鋼などの製造が可能となっている。

また前述した様にBの極微量添加は、冷間鍛造性を阻害することなく、高い焼入れ性を確保できる点で非常に有効である。最近では、鋼中Nの悪影響を無害化する技術にもB添加が活用され、鍛造ままで使用する非調質部品においても、金型寿命改善鋼などでの開発事例が報告されている（後述）。

一方Sは、鋼中でMnとの化合物MnSを形成し、鍛造加工時に応力集中源となって割れ発生を助長するため、冷間鍛造性には悪影響を齎す元素である。S量の低減とともに割れ発生限界圧縮率は向上傾向を示し、特に太径サイズでの改善効果が大きい。反面、被削性は低下するため、部品の加工プロセスを考慮した成分選定が必要となる。

2. 組織の影響

C量の増加に伴い、鋼中の硬質炭化物（セメントタイト： Fe_3C ）の含有率が増加する。通常の圧延材では、セメントタイトが板状に分散した組織を有しており、塑性変形に対するセメントタイトの抵抗が大きく、また変形時に割れ発生の起点となりやすい。このため、C量が0.25質量%を超える中炭素鋼では、板状炭化物を粒状に分散させる熱処理（球状化焼鈍）が一般に行われている。塑性変形への影響が少ない炭化物形態に変えることで、変形能と変形抵抗を大幅に改善できるが、一方で、長時間の熱処理を必要とするため、CO₂排出量やエネルギーコストの面では課題を有する。

◇ 最近の高品質冷間鍛造用鋼の品質概要

高品質冷間鍛造用鋼の代表例として、以下3鋼

種について、鋼材設計の考え方と、品質概要を報告する。

1. 10.9級ボルト用ボロン鋼

コストダウンなどの観点から、ボロン鋼の採用が広がっているが、一般のボロン鋼を10.9級以上の高強度ボルトに用いた場合、環境によっては耐遅れ破壊性や靱性の低下が問題となる。これを改善した新しい高強度ボルト用ボロン鋼が開発されている¹⁾。

従来ボロン鋼での問題点は、ボルト焼入れ時にオーステナイト結晶粒が粗大化し、耐遅れ破壊性や靱性が低下することである。そこで、結晶粒粗大化の抑制効果を持つTiを従来のボロン鋼に対して増量添加し、加えて、鋼材の熱間圧延時に制御圧延を行ってTiの化合物状態を調整することで、焼入れ時の結晶粒粗大化を防止することに成功した。さらに、耐遅れ破壊特性改善に有効な靱性を高めるため、不純物元素であるP、S量を低減し、かつC量も最適化した。

開発した新ボロン鋼は、SCM435と同等の優れた耐遅れ破壊性を有し(図2)、更に冷間鍛造性にも優れることから、球状化焼鈍の省略など、工程コスト削減にも寄与でき、近年採用事例が拡大している。

2. 工具寿命に優れた冷間鍛造用鋼

冷間鍛造時には、加工発熱によって部品の温度は300℃程度まで上昇する。この温度域では、鋼中の固溶C、Nと運動転位との相互作用による動的ひ

ずみ時効が生じ、冷間鍛造時の荷重が、室温で静的に測定できる素材の引張強さや硬さでは説明できないほど増大する場合がある。このような動的ひずみ時効には鋼中の固溶C、Nが影響していることが知られており、これまでCrやAl添加による固溶C、Nの低減が図られてきた。しかし、これらの対策を講じても軟化熱処理省略ができる鋼種は、C量が0.10%程度の低炭素鋼に限定されていた。

そこで、動的ひずみ時効を抑制するために固溶C、Nの析出挙動に着目し、圧延条件、化学成分の影響を詳細に検討した。その結果、低温圧延・徐冷処理を行う制御圧延を採用し、成分面ではCr添加によって固溶Cを、微量B添加によって固溶Nを、それぞれ化合物として析出させて低減することに成功した²⁾。室温および加工発熱領域である200~300℃での変形抵抗を従来炭素鋼の球状化焼鈍材と同等にすることができ、M12フランジボルトの圧造試験でも、同等の金型寿命を確認している(図3)。

3. 工具寿命に優れた非調質ボルト用線材

非調質ボルト用線材は、鍛造前の鋼線強度を高めた上でボルトへの冷間鍛造性を付与したもので、ボルト圧造前の軟化熱処理と圧造後の焼入れ・焼戻し処理を省略できる。ボルト強度は鋼線の強度で決まり、鋼線の強度は圧延線材強度と伸線による加工硬化により決定される。軟化熱処理を施した中炭素鋼鋼線と比べると、非調質ボルト用線材は圧造前の強度が高いため、フランジボルト等の

加工率の高い部品に使用されるのは、8.8級の強度までが殆どである。9.8級以上の強度では、工具寿命が著しく低下するので、主にスタッドボルトやUボルトなど簡単な形状の部品に限定されている。

非調質ボルト用線材の工具寿命改善は、8.8級強度でも課題であり、工具寿命改善を図った新しい非調質ボルト用線材も開発されている³⁾。開発鋼の化学成分としてはSiやN量を低減し、加工硬化や動的ひずみ時効による変形抵抗上昇を抑制することで、圧造時の変形抵抗を低減している。また、伸

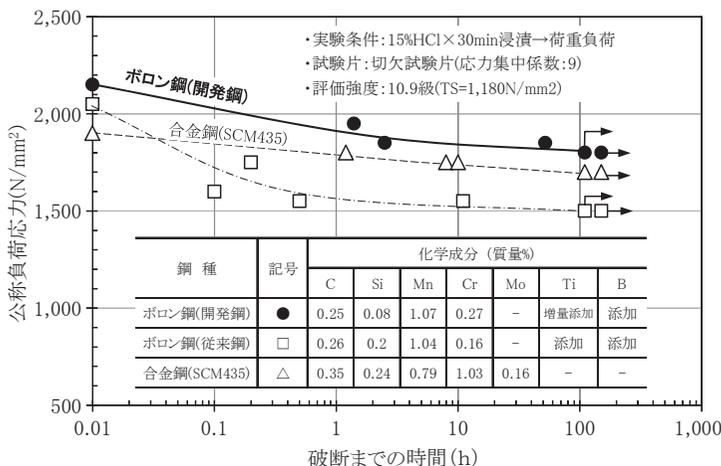


図 2 10.9級ボロン鋼の遅れ破壊試験結果

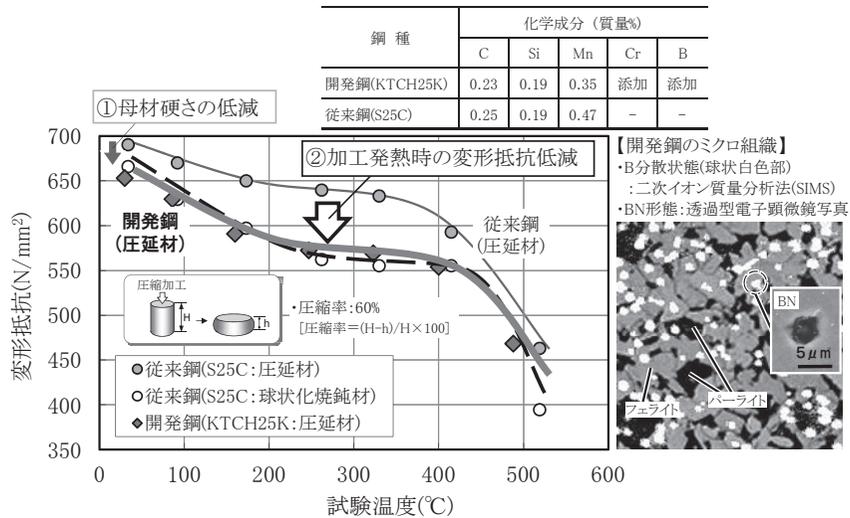


図 3 動的ひずみ時効の抑制による変形抵抗低減

線加工率を適正化する事により、一種のパウシंगाー効果を最大限に利用することで、変形抵抗の低減を実現した(図4)。従来型の非調質ボルト用線材に比べ、開発鋼は工具寿命が約2倍に向上しており、比較として用いたS45Cの球状化焼鈍材と同等の工具寿命が得られた。

非調質線材では、圧延後の線材の強度が最終製品の強度に直接影響をおよぼすので、圧延後の線材の強度バラツキを抑える必要がある。そこで化学成分変動の管理幅を小さくするとともに、圧延後の冷却条件をコントロールすることにより、線材の強度バラツキを抑えつつ所定の強度を確保している。

鋼種	記号	化学成分(質量%)							備考
		C	Si	Mn	Cr	Al	N	Al/N	
KNCH8S	●	0.29	0.02	1.45	0.1	0.045	0.0032	14.1	非調質線材(冷圧性重視型)
KNCH8	■	0.3	0.24	1.51	0.05	0.033	0.0045	7.3	非調質線材(従来型)
KCH45KT-W	△	0.45	0.18	0.72	0.15	0.021	0.0046	5.2	従来工程(焼入れ・焼き戻し)

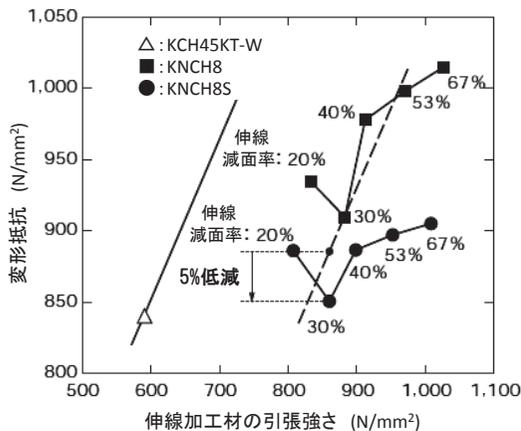


図 4 伸線材の引張強さと減面率の関係

むすび

冷間鍛造に適した材料について、材料が本来保有する加工性を最大限に発揮させるために、素材の化学成分、伸線加工条件等の全てで適正化が必要であることを述べた。各種冷間鍛造部品での製造コスト低減が進む中で、冷間鍛造用鋼に要求される品質は益々厳しさを増すと予想される。今後、更なる複雑形状部品への対応や、小型・軽量化に向けた高強度材での加工技術へのニーズも高まっていくと考えられ、これらに対応できる鋼材と冷間鍛造技術の充実を図って行く必要がある。

参考文献

- 1) 阿南ら: R&D神戸製鋼所技報, Vol. 48, No. 1 (1998), pp. 39
- 2) 百崎ら: R&D神戸製鋼所技報, Vol. 50, No. 1 (2000), pp. 45
- 3) 鹿磯ら: R&D神戸製鋼所技報, Vol. 52, No. 3 (2002), pp. 52

(2) 軸受鋼

山陽特殊製鋼(株) なか みぞ とし ふさ
研究・開発センター **中 溝 利 尚**

◇ 鍛造用素材として使用される鋼種

軸受用鋼では高炭素クロム鋼が代表的な鋼種であり、JISに規定された高炭素クロム軸受鋼の一覧を表1に示す。SUJ2を基本成分として、Cr、Si、MnまたはMoの含有量を調整し焼入性を変化させている。鍛造にはSUJ2が用いられることが最も多く、一部、焼入性が求められる大型軸受用にはSUJ3、SUJ4、SUJ5が用いられている。軸受用鋼としては高炭素クロム鋼以外の鋼も用いられており、はだ焼鋼はその代表であるが、ここでは割愛する。

軸受とは機械要素の1つで、回転あるいは直線運動する軸もしくは物体を支えつつ、作用する荷重を保持する役割を果たしている。回転部分がある機械には必ず存在しており過酷な作動条件下で用いられることが多いため、軸受用鋼には特に厳しい品質が要求される。特に、軸受に求められる最も重要な特性は、転がり疲れ寿命である。軸受は転がり接触面にて繰り返し応力を受けており、加わる応力が弾性範囲内であっても材料強度が低下し疲労破壊が生じる。この時の寿命を転がり疲れ寿命と呼ぶ。軸受として長期間の使用に耐えるためには、摩耗、焼付きが生じにくく、転がり疲れ寿命が長いことが求められる。これらの機能を果たすため、軸受鋼には高硬度、高い強度と靱性のバランス、疲労破壊の起点となる非金属介在物

が少ないことなど、多様な特性が求められる¹⁾。

◇ 鍛造で製造される部品の紹介

鍛造加工を用いて製造される部品のうち、軸受鋼が使用されているものを紹介する。その名のとおり軸受に最も多く用いられており、ここでは「転がり軸受」を採り上げる。「転がり軸受」は外輪、内輪、保持器、転動体によって構成されており、求められる軸受特性に応じて、深溝玉軸受、円錐コロ軸受など様々な形状のものが存在する。転動体以外の構成要素は一般的にリング形状をしており、鍛造により製造されている事例が多い。より厳密には、小径リングは「型鍛造」にて、大径リングは「型鍛造もしくは自由鍛造とリングローリング（ローリング鍛造）の組み合わせ」にて製造されている。大小様々なリング部品が鍛造にて加工されており（図1）、この後、旋削・熱処理・研磨を施されて完成品となる。

上記に挙げた鍛造の特徴の1つとして、鍛造品の形状・寸法に合致した工具（金型）を用いて、素材の大部分を拘束した状態で成形するという点が挙げられる。このことから、鍛造品は精度の高い形状化（ニアネットシェイプ、ネットシェイプ化）を図ることが可能で、後工程である旋削・研磨工程での負荷低減（歩留り、加工時間等）が実現できる。

表 1 高炭素クロム軸受鋼の化学成分（JIS G 4805 2008）

種類の記号	(mass%)						
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
SUJ2	0.95~1.10	0.15~0.35	0.50以下	0.025以下	0.025以下	1.30~1.60	—
SUJ3	0.95~1.10	0.40~0.70	0.90~1.15	0.025以下	0.025以下	0.90~1.20	—
SUJ4	0.95~1.10	0.15~0.35	0.50以下	0.025以下	0.025以下	1.30~1.60	0.10~0.25
SUJ5	0.95~1.10	0.40~0.70	0.90~1.15	0.025以下	0.025以下	0.90~1.20	0.10~0.25

注) 不純物としてのNiおよびCuは、それぞれ0.25%を超えてはならない。
ただし、線材のCuは0.20%以下とする。
不純物としてSUJ2及びSUJ3のMoは、0.08%を超えてはならない

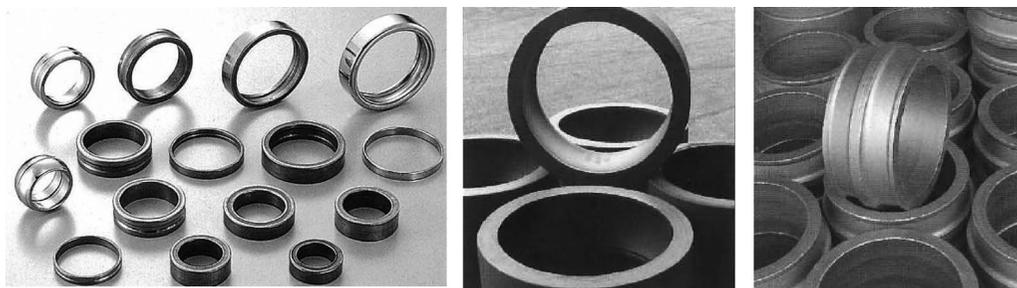


図 1 鍛造品の例

◇ 部品製造に使われる鍛造装置

軸受鋼の鍛造には、前述のように「型鍛造」、
「自由鍛造」、「リングローリング」が用いられる場
合が多い。製造プロセスの概略を図2に示す。棒
鋼や線材は所定の長さ切断された後、熱間・温
間鍛造では所定の温度まで加熱された後、鍛造加
工が行われる。冷間鍛造の場合は、潤滑処理を施
した後、室温のまま加工される。

「型鍛造」に用いられる鍛造機は、その加工方式
によって縦型鍛造機と横型鍛造機とに分けられる。
縦型鍛造機は、工具類が上下方向に動作して鋼材
を加工する装置で、構造上、加圧能力を大きくと
ることが可能である。作動方式により機械式プレ
スと液圧式プレス（通常、油圧式）に分けられる。
「自由鍛造」では縦型の液圧式プレスが良く用いら
れており、現在では数十万kN（数万tonf）もの加
圧能力を有するプレスが存在する。

一方、横型鍛造機は、工具類が水平方向に動作
して加工を行う装置で、縦型鍛造機ほど加圧能力
を大きくすることは出来ないが、生産性が非常に
良いという特徴がある。現在では、横型鍛造機で
も加圧能力20,000kN（2,000tonf）クラスのプレス
も存在している。

リングローリングは図2に示す通り、小径リン
グの外径と内径を2つのロールで挟み込み、リン
グを回転させながら肉厚を減じることで外径を拡
大する加工方法である。加工を行うのはリングの
一部分であるため、必要とされる加圧能力が小さ
いという利点がある。また、小径リングの径を拡
大させて大径リングとする加工方法であるため、
歩留りが非常に良いという利点もある²⁾。比較的
小径のリングは冷間リングローリング（CRF）で

加工されており、加工前素材は、鋼管を切断した
ものが使われる場合と、型鍛造にて製造される場
合がある。一方、直径数百mm～数mのリングは
熱間リングローリングにて製造される場合が多く、
大型のリングは風力発電機の主軸用軸受がその用
途の一例である。

◇ 鍛造に必要な材料特性およびそれを 得る方法

鍛造加工の特徴は、金型を用いて素材に大変形
を生じさせ所定の形状、寸法、精度を得る点であ
る。特に型鍛造の場合は、素材の大部分を金型に
て拘束するため、大きな成形荷重が必要となる場
合が多い。熱間鍛造の場合は、加熱により素材の
変形抵抗が低下するため、成形荷重は被加工材自
体のサイズに依るところが大きい。冷間鍛造の
場合は素材自体の硬度もしくは変形抵抗に大きく
依存する。

よって、鍛造用鋼材に求められる材料特性の1
つとして、変形抵抗が小さいということが挙げら
れる。また、大変形が伴う加工であるため、変形
能が高いことも材料特性として求められる。その
他、冷間鍛造で製造された製品は、旋削・研磨を
経て完成品となるため、素材段階で必要な熱処
理が施されている必要がある。

これらの材料特性を満足するため、一般的に軸
受鋼には「球状化焼きなまし」と呼ばれる熱処理
が行われている。これは鋼中の炭化物を球状化さ
せるために行う焼きなまし処理であり、材料の変
形能を向上させ、硬度を低下させる役割も果たし
ている。また、旋削加工時の旋削性や軸受として
使用する際の耐摩耗性にも影響を及ぼす。

また、鋼材中に非金属介在物が存在する場合、

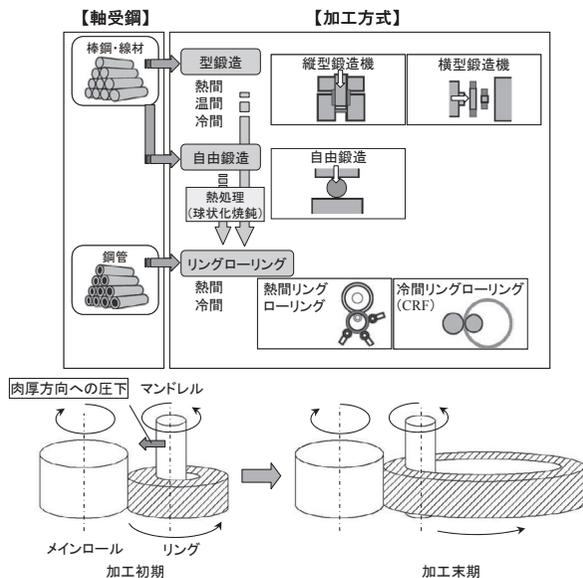


図 2 軸受鋼を用いた製造プロセスの概要とリングローリング

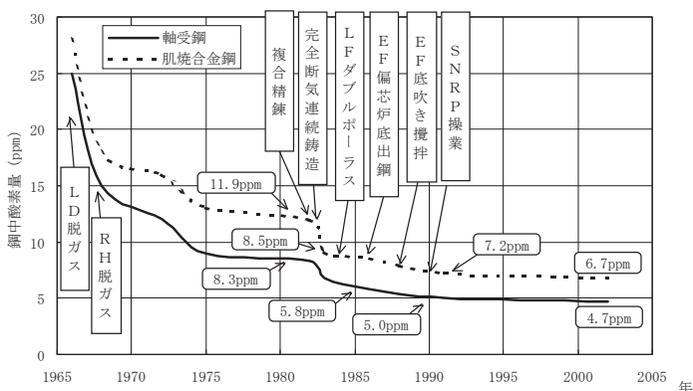


図 3 鋼中酸素量の推移

加工時の応力集中源となり得るため、この部分から割れが発生する場合がある。また、非金属介在物の存在は、前述の転がり疲れ寿命を低下させる一因ともなり得る。よって、軸受鋼には非金属介在物が少ないこと、つまり清浄度が高いことが求められる。特に、酸化物系介在物 (Al_2O_3 等)の低減には鋼中酸素量の低減が有効であり、脱ガス技術、連続铸造技術の開発などにより、現在では数ppmのオーダーまで鋼中酸素量は低減している (図3)³⁾。

むすび

軸受鋼は、機械構成要素の1つである軸受とし

て、様々な分野で幅広く用いられている。本稿では軸受鋼がどのような鍛造加工を経て、軸受として市場に供給されているかを重点的に解説した。今後も、鍛造用鋼材としての材料特性の向上はもとより、清浄度の向上など高品質・高信頼性の軸受鋼を市場に送り出していく所存である。

参考文献

- 1) 瀬戸浩造：日本鉄鋼協会監修 鉄鋼技術の流れ 第2シリーズ9 軸受用鋼、17
- 2) 中溝利尚、中崎盛彦、高須一郎：山陽特殊製鋼技報、17 (2010)、28
- 3) 川上潔：山陽特殊製鋼技報、14 (2007)、22

(3) ステンレス鋼・耐熱鋼

大同特殊鋼(株) 研究開発本部 小柳 禎彦
 特殊鋼研究所 耐食・耐熱材料研究室

まえがき

産業技術の発展とともに、材料の使用環境が過酷化しており、特殊鋼に要求される特性も高まっている。ステンレス鋼・耐熱鋼は、特に耐食性や耐熱性を要求される厳しい環境下で使用される。ステンレス鋼・耐熱鋼は内部組織の違いにより各種あるが、総じて加工性は炭素鋼や低合金鋼に比べて悪い。

本稿では、ステンレス鋼・耐熱鋼の特徴について述べるとともに、製造される部品や加工に影響を及ぼす因子について解説する。

◇ ステンレス鋼・耐熱鋼の加工性

代表的なステンレス鋼・耐熱鋼を表1に示す。ステンレス鋼・耐熱鋼は内部組織の違いにより

フェライト系、マルテンサイト系、オーステナイト系および析出硬化系に大別され、ステンレス鋼においては、フェライト・オーステナイトからなる2相ステンレス鋼も存在する。加工性は引張強度とおおよその相関があるため、各種ステンレス鋼の加工性の位置付けを比較するため、図1に各種ステンレス鋼の引張強度を示す。500℃程度まではマルテンサイト系ステンレス鋼が高い強度を示すが、500℃以上の温度ではオーステナイト系ステンレス鋼が高い引張強度を示し、加工性に比較的劣る。なお、フェライト系ステンレス鋼は、低温から高温まで引張強度が低く、ステンレス鋼では加工性は良好である。

1. ステンレス鋼

フェライト系ステンレス鋼はFe-Crを主成分とし、耐食性や冷間・熱間加工性に優れる。特に冷

表 1 代表的なステンレス鋼・耐熱鋼

分類	主なJIS鋼種名	組成 (mass%)
フェライト系	SUS430	17Cr
	FCH1	25Cr-5Al
マルテンサイト系	SUS410	13Cr-0.1C
	SUS440C	17Cr-1.0C
	SUH3	11Cr-1Mo-2Si-0.4C0.03P
	SUH11	9Cr-2Si-0.5C
(析出強化型)	SUS630	17Cr-4Ni-4Cu-0.3Nb
	SUS631	17Cr-7Ni-Al
オーステナイト系	SUS304	18Cr-8Ni
	SUS304	18Cr-12Ni-2.5Mo
	SUS310	25Cr-20Ni
	SUH35	21Cr-4Ni-9Mn-0.4N-0.5C
	(析出強化型)	SUH660
フェライト・オーステナイト系 (2相系)	SUS329J1	25Cr-4.5Ni-2Mo
	SUS329J4L	25Cr-7Ni-3Mo-N
Ni基超合金	Inconel800	32Ni-21Cr-0.4Al-0.4Ti
	Inconel600	Ni-16Cr
	InconelX750	Ni-16Cr-0.7Al-2.5Ti-1Nb
	Waspaloy	Ni-20Cr-14Co-4Mo-1.4Al-3Ti

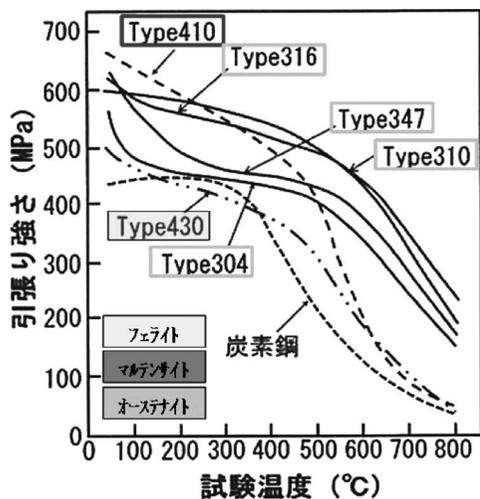


図 1 各種ステンレス鋼の引張強度

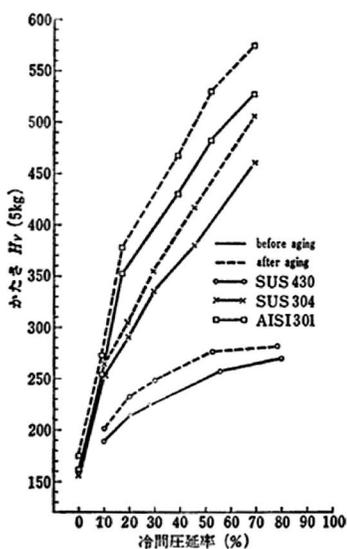


図 2 冷間加工後の加工硬化の例²⁾

間加工性に優れ、図2に示すように冷間加工時の加工硬化はオーステナイト系ステンレス鋼であるSUS304よりもフェライト系ステンレス鋼であるSUS430の方が低い²⁾ため、耐食性が要求される用途で、且つ複雑な形状の部品が冷鍛加工で製造されている。冷間加工品では表面品質が重要となるが、フェライト系ステンレス鋼は熱間加工などで高温 (>1000°C) に加熱されると急激に結晶粒径が粗大化し脆化の原因となるだけでなく、冷間加工時に不均一変形をもたらし表面のしわや割れを

発生するため、熱間加工時の温度管理や加熱時間には注意が必要である。

マルテンサイト系ステンレス鋼はFe-Cr-Cを主成分とし、耐食性と硬さを高めるためにCrとCを添加している。マルテンサイト系ステンレス鋼の熱間加工性は、フェライト系同様にそれほど悪くないが、鍛造後の冷却過程でマルテンサイトに変化し、鋼材に残留応力が発生して割れることがある。そのため、鍛造後はマルテンサイト化しない冷却速度に調整するか、速やかに焼鈍処理などを実施する必要がある。一方で、冷間加工には炭化物を球状化処理で球状化させて硬さを低下させる必要があり、軟化したマルテンサイト系ステンレス鋼の良好な冷間加工性を示す。

オーステナイト系ステンレス鋼はFe-Cr-Niを主成分とし、耐食性、耐熱性および冷間加工性に優れ、また非磁性であることから最も多く使用されているステンレス鋼である。その中でも代表的な鋼種であるSUS304はステンレス鋼全体の使用量の60%を占める。しかし、オーステナイト系ステンレスはフェライト系、マルテンサイト系ステンレス鋼と比較して熱間加工性が悪い。これは、高温変形能が劣るためであり、図3にFe-Cr-Ni系オーステナイト鋼の0.2%耐力に及ぼす合金元素固溶の影響¹⁾を示すが、合金元素が多く添加されるほど0.2%耐力は上昇する。また、素地であるオーステナイト相中に、高温で δ フェライト相が20%~30%程度形成されると熱間加工性が著しく低下¹⁾する。これはオーステナイト相と δ フェライト相との界面で割れが発生しやすいためであり、 δ フェライト相が形成しやすい鋼種では熱間加工前に均質化処理(ソーキング)などで δ フェライト相量を減少させることが有効である。なお、オーステナイト系ステンレス鋼は冷間加工性にも優れるが、図2に示すようにオーステナイト系ステンレス鋼はステンレス鋼のなかで加工硬化が大きい²⁾ため、加工率が大きくなる場合は注意が必要である。なお、冷間加工性改善にはCu添加が有効である。

2. 耐熱鋼

ステンレス鋼は耐熱用途でも使用されることがあるが、ここでは耐熱鋼とは耐熱用途に開発された材料とする。耐熱鋼もステンレス鋼同様に組織により大別され、12Cr系耐熱鋼に代表されるフェ

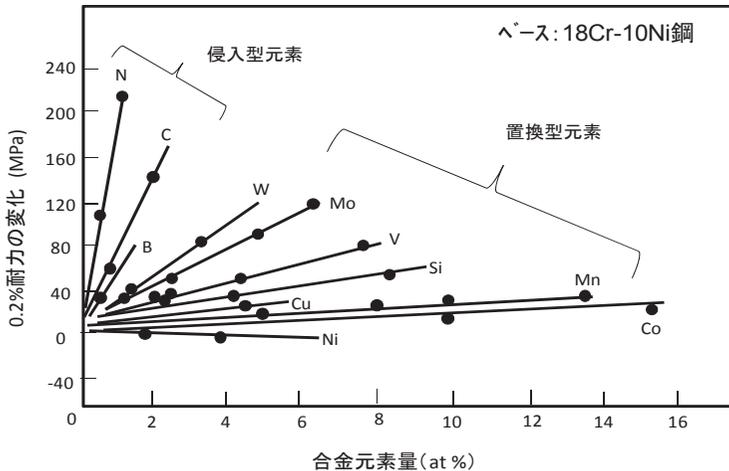


図 3 Fe-Cr-Niオーステナイトの0.2%耐力に及ぼす合金元素固溶の影響

ライト系、マルテンサイト系耐熱鋼で約600℃まで、SUS310、SUH35およびSUH660に代表されるオーステナイト系耐熱鋼で約900℃までの温度環境下で使用されている。更に高温ではNi基超合金が用いられ、1000℃以上で使用されることもある。これらは耐熱用途で開発された特殊鋼であり、特にオーステナイト系耐熱鋼とNi基超合金の熱間加工性はステンレス鋼より劣る。

Ni基超合金は固溶強化型 (Inconel600番台など) と析出強化型 (Inconel700番台など) に大別され、特に析出強化型の熱間加工性は悪い。Ni基超合金において強化に寄与する代表的な析出物は γ' 相 ($Ni_3(Al, Ti)$) であり、析出強化型Ni基超合金の熱間加工性は γ' 相量に大きく影響される。 γ' 相量はAl+Ti量によって決まり、Al+Ti量が多いほど γ' 相量が増加し固溶温度が上昇する。さらに、Al+Tiの添加によって再結晶温度が低下し合金の融点が低下する。そのため、 γ' 相量が40mol%以上になると熱間加工性が急激に劣化し実用上熱間加工性は困難である。

◇ 鍛造で製造されるステンレス・耐熱鋼の製品群

ステンレス鋼・耐熱鋼が鍛造品として使用される製品群は多岐にわたる。ステンレス鋼は冷間加工が可能のため、冷間鍛造で製造されることも多い。特に自動車などの生産性が要求される用途においては、冷間鍛造性は重要な特性となる。フェ

ライト系ステンレス鋼やマルテンサイト系ステンレス鋼は冷間加工性に優れるため、ねじやボルトなどの部品から、比較的複雑な自動車部品のハウジング (ケース) まで幅広く使用されている。一方で、ステンレス鋼・耐熱鋼の鍛造品は内質の均質性に優れるため、過酷な腐食環境であるプラントや海水ポンプ用シャフト、石油掘削用の非磁性ドリルカラー³⁾ (図4)、高温環境下で使用されるガスタービンや蒸気タービンのタービンプレード (図5) やディスク (図

6)、自動車や船舶用のエンジンバルブ (図7) などで使用されている。



図 4 石油掘削用非磁性ドリルカラー³⁾



図 5 タービンプレード



図 6 コンプレッサーディスク

2. 鍛造に使われている金型用材料

(1) 冷間用型材

日本高周波鋼業(株) よし だ じゅん じ
技 術 部 吉 田 潤 二

◇ 冷間鍛造金型とは

鍛造の中でも冷間鍛造は、被加工材を加熱することなく常温で加工するため、高精度な製品が製造できる。しかし、常温での被加工材の成形加工は、変形強度が高いので成形加工の金型への負荷が大きくなる。軟質の非鉄金属から高強度の鋼材の冷間鍛造が行なわれるようになり、金型にとって負荷が厳しくなっている。近年、東南アジアなどの新興国での鍛造部品の生産量が拡大している。さらに切削加工レス化のために高精度鍛造加工と複雑形状加工化が進んでいる。

◇ 冷間鍛造用金型の構造と使用事例

冷間鍛造における閉塞鍛造金型構造と使用材質

閉塞鍛造金型の主な使用材質〔例〕

名称	特殊鋼区分	材料
製品	構造用合金鋼	SCr420
上下ダイ	超 硬	WC
ダイプレート	合金工具鋼	SKD11
補強リング	合金工具鋼	SKD61
ダイプレート	合金工具鋼	SKD11
締付けフランジ	構造用合金鋼	SCM435
シリンダーカバー	合金工具鋼	SKD61
ハウジング	合金工具鋼	SKD61
ミドルプレート	構造用合金鋼	SCM435
上下パンチ	高速度工具鋼	SKH55
スペーサ	高速度工具鋼	SKH51
ピストン	合金工具鋼	SKD61
受圧板	高速度工具鋼	SKH51
ベースプレート	機械構造用炭素鋼	S55C
ガイド	(合金工具鋼)	セミハイス
シリンダ	合金工具鋼	SKD61
プレート	(合金工具鋼)	セミハイス

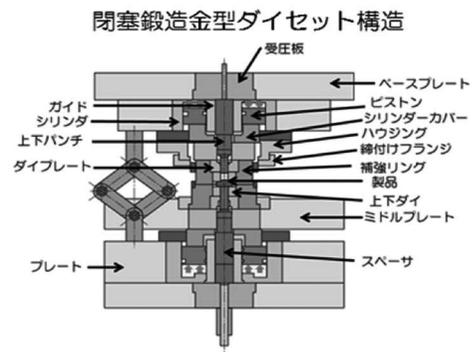
例を図1に示す。実際のダイセットには、構造用合金鋼や合金工具鋼、高速度鋼、超硬など多種多様の特殊鋼が使用されている。

◇ 冷間鍛造金型材料について

主に用いられるのは高速度工具鋼であり、冷間工具鋼や熱間工具鋼も用いられる。多量生産工具の主要部位金型などには超硬が使用される。工具付属部品に低合金工具鋼や炭素鋼が用いられる場合もある。

1. 冷間鍛造金型材料の特性比較

主な冷間鍛造用金型材料の耐摩耗性と靱性の位置付けについて図2に示す。超硬は、圧縮強度が高く耐摩耗性が高いが、引張強度や靱性がない欠点がある。逆に機械構造用炭素鋼は、靱性が高い



閉塞鍛造型の使用材質選定基準

ダイ・インサート型	材質選定
標準	SKD11、SKH51
強度重視	SKH55
靱性重視	セミハイス
難加工材	SKH40相当(粉末)、超硬

図 1 閉塞鍛造金型構造と主な使用材質例

以下の大まかな選択基準は、工具寿命実績から標準的な硬さで使用した場合の基準の目安として頂きたい²⁾。

(1) 耐摩耗性が要求される場合

耐摩耗性を向上させたい場合は、硬さと炭化物の保有量が多く硬度が高いほど良い。

工具寿命の実績から実質的な耐摩耗性の順位は次のようになる。

〔悪化〕SK5、4→SKS94、SKS3→SKD11、マトリックス高速度鋼→SKD1、SKH51→SKH55→SKH57→超硬〔良好〕

(2) 靱性が重視される場合

靱性を向上させたい場合は、基地の粘さほど良く、また炭化物が少ないほど良い。

工具寿命の実績から実質的な靱性の順位は次のようになる。

〔悪化〕超硬→SKH57→SKD1→SKD11→SKS3→SKH55→SKH51→マトリックス高速度鋼→SKD61〔良好〕

(3) 引張強さが要求される場合

引張強さを向上させたい場合は、硬度が高くなる鋼種を選択するのが良い。注意すべきことは引張強さと硬度はほぼ比例関係にあるが、硬度を上げすぎると引張強さが急激に低下する。この引張強さが低下する開始硬度は、鋼種毎に違うので注意が必要である。

工具寿命の実績から実質的な引張り強さの順位は次のようになる。

〔悪化〕超硬→SKD1→SKD11、SKS3→SKH51〔良好〕

(4) 耐圧縮強さが要求される場合

臨界座屈荷重を向上させたい場合は、ヤング率

が高い素材の方が良い。そのため炭化物が多量に含むものほど良い。

工具寿命の実績から実質的な耐圧縮強さの順位は次のようになる。

〔悪化〕SKS3→SKD11→SKH51→SKD1→SKH57→粉末高速度鋼→超硬〔良好〕

(5) 耐疲労特性を考慮する場合

耐疲労特性を向上させたい場合は、強度と靱性のバランスが良い材料が良い。

工具寿命の実績から実質的な耐疲労特性の順位は次のようになる。

〔悪化〕SKS3→SKD11→SKH51→マトリックス高速度鋼→粉末高速度鋼〔良好〕

(6) 金型寸法(質量効果)を考慮する場合

金型の大きさによって、使用可能な鋼材が制約され、使用材料を間違えると金型の大割れなどのトラブルが発生する。鋼種毎の限界寸法以上で使用すると、本来の鋼材特性より性能が低下するので注意が必要である。金型鋼材は、CrやMnが少ない低合金材料ほど使用可能な最大寸法が小さくなる。金型寸法によって使用可能な鋼種が決まり、油冷の場合を示す。

工具寿命の実績から実質的な質量効果の順位は次のようになる。

〔悪化〕SKS3(φ70)→SKD1(φ150)→粉末高速度鋼(φ180)→SKH51(φ180)→SKD12(φ250)→マトリックス高速度鋼、SKD11(φ550)〔良好〕

参考文献

- 1) 福元志保、小畑克洋、塑性と加工 Vol. 54、No. 630 (2013)、p. 570
- 2) 八十至雄、塑性と加工 Vol. 22、No. 22 (1981)、p. 125

(2) 熱間用型材

日本高周波鋼業(株) よし だ じゅん じ
技 術 部 吉 田 潤 二

◇ 熱間鍛造金型とは

熱間鍛造金型は、加熱された金属素材を叩いて高圧を加え塑性変形させる鍛造加工をするための型である。高温加熱された素材を成形するため、熱間鍛造金型の寿命が短くなる。冷間鍛造では、精度よく成形しにくい複雑な形状にできますが、熱間鍛造は、表面品質や寸法精度が良くありません。そのため複雑な形状製品にするには、バリがでにくい密閉鍛造や閉塞鍛造などの工法を採用したり、複数回の鍛造工程を実施することが行われている。

熱間鍛造金型の課題は、ますます精度の高い製品を安価に製造することを要求されているので、鍛造能率の向上や金型寿命を向上させるため最適な金型材料選択が重要になっている。

◇ 熱間鍛造型の構造と使用事例

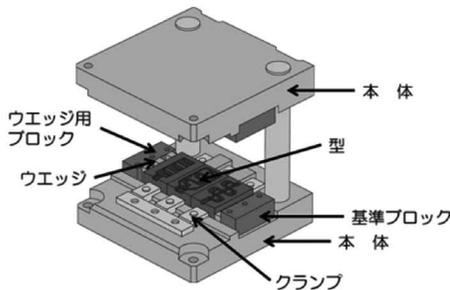
熱間ハンマ型鍛造は、数工程を必要とすることが多い。そのため素材配分が複雑になり、その工程中に余分な素材が生まれる。そのため余肉が逃げるバリ部を設けた上下金型の意匠面内で成形素材を塑性変形させる工法である。

閉塞鍛造は、型とパンチを用い、素材を上下の型内に閉じ込め、つづいてその中に多方向からパンチを押し込んで型の空間部分を満たす鍛造工法である。以下に熱間鍛造金型の代表的な構造例を図1に示す。

◇ 熱間鍛造金型材料について

温・熱間鍛造型用鋼に要求される特性は、①焼

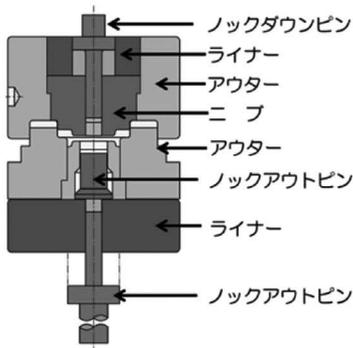
【熱間ハンマ型の構造】



金型部品と材質選定例

名称	特殊鋼区分	材質	硬度
ダイホルダー本体	合金工具鋼	SKT4	37~40HRC
ハードプレート	合金工具鋼	300MPa未満	SKT4
		300MPa以上	SKD61
ブロック	合金工具鋼	SKT4	40~44HRC

【閉塞熱間金型の構造】



金型部品と材質選定例

名称	特殊鋼区分	材質	硬度
ノックダウンピン	合金工具鋼	SKD61系	HRC50-54
ライナー	合金工具鋼	SKD61系	HRC50-54
アウター	合金工具鋼	SKT4系	HRC42-46
ニブ	合金工具鋼	SKD61系	HRC50-54

図 1 熱間金型のダイセット構造および主な使用材質選定例

戻し軟化抵抗が大きく、高温硬さが高い。②耐摩耗性が大きい。③クラックの発生と進展に対する抵抗性が大きい。④耐ヒートクラック性が大きく、熱衝撃に強い。⑤焼入れ性が良く、熱処理変形が少ない¹⁾。⑥適度の耐酸化性がある。⑦機械加工性が良好である。熱間鍛造型の材料選定は、用途や使用条件にあった材質を選定する必要がある。

1. 熱間鍛造金型材料の特性比較

韌性（延性）と高温強度、耐摩耗性の関係を図2に示す。温間鍛造型は韌性が低くても高温強度、熱衝撃性が高い材料が望まれる傾向にある。逆にハンマ鍛造型は耐摩耗性が低くても、韌性が高く割れにくい材料が必要である。

2. 温間鍛造型

温間鍛造型用は、耐摩耗性や韌性、耐熱性を有する高速度鋼SKH51が用いられることが多い。製品加工応力の増大や金型冷却を強化している場合は、韌性が良くて熱軟化特性が良いSKD61、62を用いることも多くなってきている。さらに高温強度より優れた耐ヒートチェック性を要求されるケースが増えてきており、SKD6、AISI規格のH19が使用される傾向にある。

3. 熱間鍛造用ハンマ型

一般にハンマ型は、高温に加熱された被加工材と金型との接触時間が短く、型の昇温は少ないため、衝撃は大きく、耐摩耗性が重視される。そのため韌性の高いSKT系（通常調質状態HB352～

表 1 ハンマ成形用金型の一般使用基準

最大型寸法	硬さ範囲(HB)	最高型彫り深さ(mm)
250×450×500	388～429	20
425×600×950	341～375	50
425×750×1200	302～331	130
制限なし	269～293	制限なし

415で供給)が使用され、その代表鋼種は、SKT4が使用されることが多い。このハンマ成形金型は、経験的に韌性を確保するための使用規準を表1に示す。大型品では韌性が不足して大割れとなることが多いので、金型寸法が大きくなるに従い、韌性を向上させるため硬度を下げる必要がある。早期割れ対策の経験的な目安として、シャルピー衝撃値が30J/cm²以上が好ましいとされている。また大型品などの早期割れは、5～10J/cm²程度以下で発生することが多くなる。

4. 熱間鍛造用プレス型

熱間鍛造用プレス型は、接触時間が長く、衝撃が小さく、高温硬さが重視される。そのために汎用金型は、適度の高温硬さ、耐クラック性、焼入れ性や熱処理変形が少ないSKD6、62、61などが使用されている。高寿命用金型には、SKD7が使用されており、特に強度、耐摩耗性を重視するような特殊用途には、AISI規格のSKD8、SKD4、5などを使用するケースが多い。また使用温度が高い場合は、高温高さが高い析出硬化型鋼が使用されている。

◇ 熱間鍛造金型材料の選び方^{1), 2)}

金型素材による寿命改善をするためには、金型が要求される特性を把握して、それにあった鋼種を選択しなければならない。大まかな選択基準は、工具寿命実績から標準的な硬さで使用した場合の基準の目安として頂きたい。

(1) 耐摩耗性が重要視される場合

耐摩耗性を向上させたい場合は、高硬度で高温強度（硬度）が高いほど良好である。

工具寿命の実績から実質的な耐摩耗性の順位は次のようになる。

[悪化] SKT3、4→SKD6 (H11)→SKD61 (H13)→SKD62 (H12)→SKD7 (H10)→SKD4、SKD5 (H21)→SKD8 (H19)→マトリックス高速度鋼→SKH51 (M2)→粉末高速度鋼〔良好〕

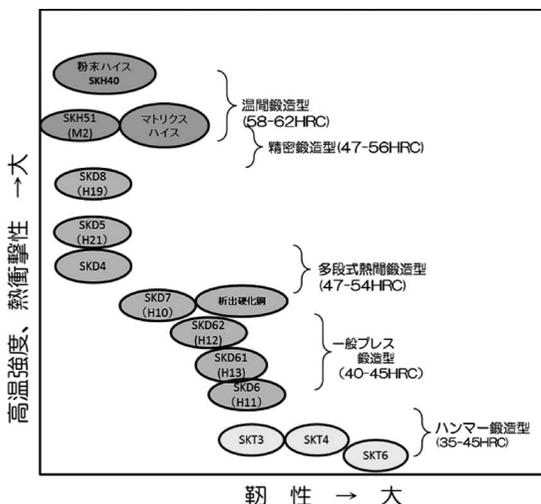


図 2 熱間鍛造金型材料と特性位置付け表

(2) 靱性を重要視する場合

靱性を向上させたい場合は、基地の粘さほど良く、また炭化物が少ないほど良い。工具寿命の実績から実質的な靱性の順位は次のようになる。

〔悪化〕粉末高速度鋼、SKH51、SKD8 (H19)、SKD5 (H21)、SKD4→SKD7 (H10)→SKD62 (H12)→SKD61 (H13)→SKD6 (H11)、SKT3→SKT4→SKT6〔良好〕

ハンマ鍛造用の金型は、衝撃荷重がかかって割れる心配があるので、靱性が高いSKT6、4の2鋼種が使用される。少しNiを減らし、靱性を下げたSKT3は小型用として使用している。SKT材の次に靱性が高い鋼種でありながら高温強度、耐摩耗性があるので、大きい金型にはSKD6、62、61を使用することが多い。

(3) 耐ヒートチェック性を重要視する場合

耐ヒートチェック性および欠けなどを向上させたい場合は、高硬度であり、靱性および高温強度が高い材料が良好である。工具寿命の実績から実質的な耐ヒートチェック性の順位は次のようになる。

〔悪化〕SKT3、4→SKD6 (H11)→SKD61 (H13)→SKD62 (H12)→SKD7 (H10)→SKD4→SKD5→SKD8 (H19)〔良好〕

しかし、厚さ230mmを超える大型品は、突発的に発生する大割れが頻発し、大きな問題となる。このような大割れは、靱性が高く、低硬度の材料が良好で焼入性の良い材料が良好である。工具寿命の実績から実質的な耐大割れ性の順位は次のよ

うになる。

〔悪化〕高速度鋼→粉末高速度鋼→マトリックス高速度鋼→SKD8→SKD7→SKT3、4→SKD62→SKD61→SKD6〔良好〕

(4) 高温強度を重要視する場合

工具寿命の実績から実質的な高温強度の順位は、耐ヒートチェック性対策と同様に鋼材改善をすれば良好になる。

〔悪化〕SKT3、4→SKD6 (H11)→SKD61 (H13)→SKD62 (H12)→SKD7 (H10)→SKD4→SKD5→SKD8 (H19)〔良好〕

SKD61より少し高温強度、耐摩耗性を上げたいときにSKD62を用いる。さらに向上させるには、SKD7、8を採用する。ただしSKD7、8は、焼入性が小さいため大型の場合には中心まで焼きが入らず、焼戻し後の靱性も低いので大型の鍛造型には用いられないので、高温強度、耐摩耗性により多段式高速熱間鍛造型や面圧の高い精密熱間鍛造型などの小型に使用される。また、面圧がより高くなる温間鍛造型には、高温強度、耐摩耗性の高いマトリックス高速度鋼、溶製高速度鋼、粉末高速度鋼などが使用されるが、この中でマトリックス高速度鋼は高温強度と靱性のバランスが良く、この用途に広く使用されている。

参考文献

- 1) 日本鉄鋼協会、第4版鉄鋼便覧、第5巻 第2編鍛造編、p. 408
- 2) 田部博輔、金型技術者のための型材入門、日刊工業新聞社、p. 57

Ⅲ. 特殊鋼と鍛造製品

1. 鍛造クランクシャフト

新日鐵住金(株) 製鋼所 樋口淳二
型鍛造品製造部

◇ 鍛造クランクシャフトの役割

鍛造とは、塊状の鋼材を打撃することによって成形する方法であり、このうち再結晶温度以上に加熱して鍛造する場合を熱間鍛造と呼んでいる。

熱間鍛造は材料を最終製品の形状に近い形にするとともに、機械的性質を向上させることを目的としている。

鍛造では鍛錬効果があるため casting よりも信頼性の高い材料特性が得られることが特徴であり、自動車用部品としては、高い強度や剛性が求められるクランクシャフト・コネクティングロッド・カムシャフト・スプロケットギア・プーリー等に熱間鍛造部品が用いられている。

本報ではこの中の代表的な部品として自動車用クランクシャフトについて紹介する。ここで、クランクシャフトとは、エンジン内で駆動するピストンの直線運動を回転運動に変換するための軸で

あり、エンジンに固定される主軸と、ピストンのコネクティングロッドと連結されるピン部と、回転運動時にバランスをとるための錘の役割を持つカウンターウェイトから構成される。クランクシャフトには自動車エンジンの型式や要求される用途に応じて直列3気筒、直列4気筒、直列6気筒、V型6気筒、V型8気筒、等の様々なタイプがあり、その形状は複雑多岐にわたる(図1)。

◇ 鍛造クランクシャフトの品質要求特性

1. 鍛造クランクシャフトの特性

自動車用クランクシャフトの量産工程としては、一般的には casting または熱間鍛造で最終のクランクシャフトの形状に近い形状まで成形した後、機械加工で最終仕上げを行う工程が採用されている。

特に近年は自動車用エンジンの高性能化指向の高まりから、機械的性質に優れる鍛造クランクシャフトが主流となり、その採用が増加している。

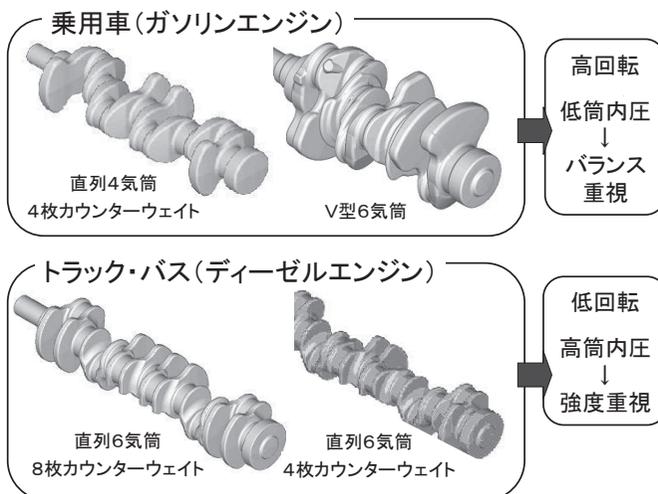


図 1 クランクシャフトの種類例

鍛造クランクシャフトに期待されるのはエンジンの高出力・静粛性・低燃費化を達成するための高強度・高剛性といった特性（表1）であるが、同時にクランクシャフトそのものの軽量化といった材料・設計両面でのニーズに応えることが求められている。

2. 鍛造クランクシャフトの材質と表面処理^{1)~3)}

従来の自動車用鍛造クランクシャフトの素材としては、一般に炭素鋼あるいはクロムモリブデン鋼の熱処理材（調質鋼）が用いられていた。1970年代以降、素材費削減の観点から急速に非調質鋼の開発が進み、現在はバナジウムを添加した炭素鋼（高疲労強度鋼）あるいはバナジウムフリー炭素鋼、等の非調質素材が主流となっている（表2）。

また、クランクシャフトは疲労強度向上のため機械加工後に表面処理を行い使用されることが多い。クランクシャフトの危険部位はピン部・主軸部の隅部であり、この部分の強化を目的とした高周波焼き入れ、軟窒化、フィレットロール加工等の処理が行われている（表3）。

表 1 鍛造クランクシャフトの特性

特性		鋳物	鍛造	影響要素
機能	強度	○	◎	信頼性・省燃費
	剛性	△	◎	低振動・低騒音

◇ クランクシャフトの製造工程

クランクシャフトを鍛造により成形する場合、小型のプレス設備を使って小さな荷重で精度よく成形するために、鋼材を約1200℃に加熱して熱間で型鍛造するのが一般的であり、各部の体積配分、成形、トリム、等の複数の塑性加工が順を追って施される（図2）。

また、鍛造クランクシャフトの製造に際しては、単に鍛造工程だけではなく、用途に応じた材質・形状の設計、鋼材溶製から鍛造に至る一連の工程に対して一貫して製造、品質管理することが重要である。

1. 製品サイズに応じた製造ライン

自動車用クランクシャフトには要求される用途・排気量によって様々な形状・寸法のものがある。小さなものは小型自動車やバイク用から、大きなものはトラック、バスまで様々なクランクシャフトを、その寸法に応じてプレスラインを選定し、効率的、経済的に製造する必要がある。一般的に乗用車向けのクランクシャフトは69MN（約7,000ton）以下のプレスで、トラック、バス向けは78MN（約8,000ton）以上のプレスで製造されている。

2. 製品用途に応じた材質・形状設計

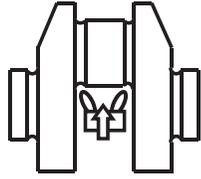
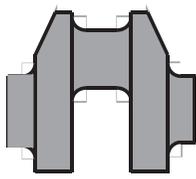
クランクシャフトの鍛造素材は、要求強度を確

表 2 鍛造クランクシャフトに使用される材料例^{1), 2)}

材質		化学成分								
		C	Si	Mn	S	Cr	Mo	V	Pb	Ca
炭素鋼 (S43C~S55C)	S45C ※	0.45~0.51	0.15~0.35	0.50~0.90	≤0.035	≤0.20	-	-	-	
マンガン鋼 (Mn鋼)	SAE1548 ※	0.44~0.52	〃	1.10~1.40	≤0.050	〃	-	-	-	
クロムモリブデン鋼 (CrMo鋼)	SCM440 ※	0.38~0.43	〃	〃	〃	〃	〃	-	-	
普通非調質鋼	S48CS1V	0.45~0.52	0.20~0.70	0.60~1.10	0.040~0.070	≤0.25	-	0.05~0.15	-	
	S48CVS1L2Ca	0.45~0.52	〃	〃	〃	〃	-	〃	0.10~0.25	添加
安価非調質鋼	38MnS6	0.35~0.42	〃	1.20~1.50	〃	〃	-	-	-	
高強度非調質鋼	SAE1538MV	〃	〃	〃	〃	〃	-	0.05~0.15	-	

※ 調質で用いられる

表 3 鍛造クランクシャフトの表面処理の特徴³⁾

表面強化機構	フィレットロール加工	軟窒化	フィレット高周波焼入
			
強化機構	・塑性加工による加工硬化 ・圧縮残留応力付加	・窒素による固溶強化 ・圧縮残留応力付加	・マルテンサイト変態による硬化 ・圧縮残留応力付加
処理温度	常温	550~600℃	900℃
長所	・処理時間短い ・低コスト	耐焼付き、耐摩耗性向上	・処理時間短い ・低コスト ・高い疲労強度が得られる
短所	他の表面処理と比べ疲労強度が劣る	・処理時間が長い ・高コスト	熱変形を伴う
鋼種例	SAE1538MV 38MnS6 S48CS1V SCM440 等	S50C (QT)	SAE1538MV 38MnS6 S48CS1V SCM440 等

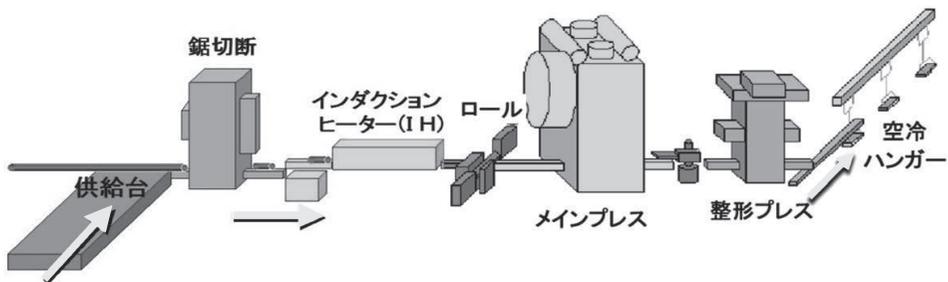
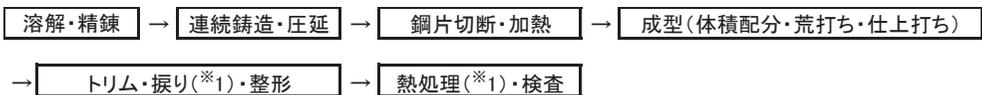


図 2 鍛造クランクシャフト製造プロセスの例 (※1 必要に応じて施工)

保するのはもちろんのこと、製造の後工程である切削加工、表面処理、研削でのトラブルや、使用中の焼付等のトラブルを防止、抑制することが必要である。

鍛造メーカーでは、これらのニーズに対応するべく、長年にわたる経験・実績と継続的な研究に基づき、個々のクランクシャフトに応じた材質・形状を設計している。近年はエンジンの高性能化ニーズに対応するためクランクシャフトそのものを軽量化しつつ、高強度、高剛性の材質・形状を提案する能力が求められている。

3. コンピュータによる鍛造シミュレーション

鍛造クランクシャフトには、製造原価低減のための高歩留化や後工程の負荷軽減のための加工代削減が求められる。このため、鍛造メーカーでは製造プロセスにおける高精度かつ安定した成形を目指し、コンピュータによる鍛造シミュレーション技術の開発、実用化に取り組んでいる。

実際の熱間鍛造では、鋼材温度、金型温度、金型潤滑状態、等の様々な条件により、寸法、充満度合い、等が変動する。従い、これらの条件を織込んだコンピュータ上でのシミュレーションが必

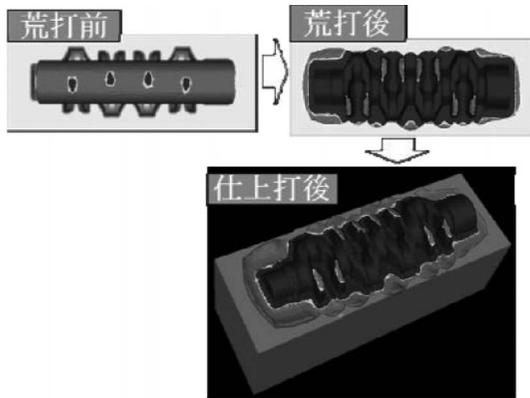


図 3 クランクシャフト鍛造シミュレーションの例

要である(図3)。

解析ソフト、コンピュータの性能が向上した現在、3次元モデルを使用したシミュレーションが用いられおり、これらの鍛造シミュレーションの活用により、クランクシャフト製造のプロセス、金型設計の最適化を図ることで、鍛造クランクシャフト製造ラインにおける生産性は飛躍的に向上している。

4. 金型設計、製造技術

鍛造では、金型の設計、製造が重要な役割を占める。当社では鍛造クランクシャフト用の金型についても形状設計は勿論、金型材料から型彫りまでの製造を一貫自給している。

金型の形状は、長年培ったノウハウに加え前述の鍛造シミュレーション等も活用して各成形段階の最適形状を設計し、型彫り加工データに展開する。

型彫り加工は、かつては木型等を用いた倣い加工が主体であったが、その後EDM(放電加工)化を経て、NC加工化、CAMによる直彫り化へと移行しており、精度向上と生産性改善が実現されている。

同時に、クランクシャフト形状の軽量化、型鍛造プロセスの高速化、等の使用条件の変化に対応し、各鍛造ラインの特性を踏まえた金型材質の最適化とともに、表面処理としてイオン窒化処理を導入する等、総合的な技術開発で金型寿命の向上に努めている。

むすび

本報では、自動車用の鍛造クランクシャフトの品質特性や製造プロセスについて紹介した。今後、世界の自動車産業の発展やエネルギー事情の変化とともに、鍛造クランクシャフトに求められるニーズもますます多様化してくることが予想される。

鍛造メーカーは、常に自動車メーカーのニーズに対応していくことが求められており、今後も最先端のクランクシャフト製造技術を追究していくことで応えていきたい。

参考文献

- 1) 濱崎 敦、小林 勇策：住友金属 Vol. 48 No. 4 p. 53 (1996)
- 2) 多比良 裕章、他：ASMハンドブック 250/Heat Treating Carbon and Low-Alloy Steels (2014)
- 3) 多比良 裕章：日本熱処理技術協会 熱間鍛造用クランクシャフトの材料・熱処理技術 p. 35 (2013)

2. 産業機械、民生品に使用されている鍛造製品

理研鍛造(株) しん どう せつ お
 常務取締役 **新藤節夫**

鍛造製品は、最も強度に優れ、機能部品として欠かせない機械工業の基礎部品で使用されており、あらゆる産業や身近な日常生活の中でも使用されています。鍛造製品の約65%は自動車部品として使われていますが、建設機械、鉄道、農業用機械、発電機等の強度が必要とされる部品はもとより、ボルト、作業工具なども鍛造製品です。

特殊鋼は添加する元素によって硬度、強度、粘り強さ、耐摩耗性、耐熱性、耐食性等の特性が増すので、鍛造製品の材料は用途に合わせて材質を選定しています。特殊鋼の鍛造は冷間で成形すると、成形中の加工硬化により、割れが発生する危険がありますので、熱間鍛造が主流です。

産業機械の鍛造製品を製造する鍛造設備には、ハンマ、プレス、アプセッタ、リングロールミル等があります。最も多く使用されている鍛造設備は、ハンマとプレスで、その使い分けは、生産個数によって決められています。ハンマ鍛造は、プレス鍛造と比較すると、材料歩留まり、生産性は悪いですが、金型が安価なので生産個数の少ない製品はハンマ鍛造が主流です。アプセッタは、材

料を軸の方向に圧縮する成形法で、材料の端部又は一部を太くする鍛造設備です。リングロールミルは、リング形状品の専用鍛造設備です。

ハンマ鍛造は、ハンマ上部に設置されたシリンダに圧縮空気を供給して、金型を取付けたラムを上昇、落下させて鍛造します。シリンダの上昇用の口から圧縮空気を入れてラムを上昇させ、シリンダ下降用の口から圧縮空気を入れて、ラムの落下する運動エネルギーを利用した加工方法です。

図1にエアドロップハンマの外観、図2にエアドロップハンマの概要を示します。金型は図3に示



図 1 エアドロップハンマの外観
 (提供：(株)エヌエスシー殿)

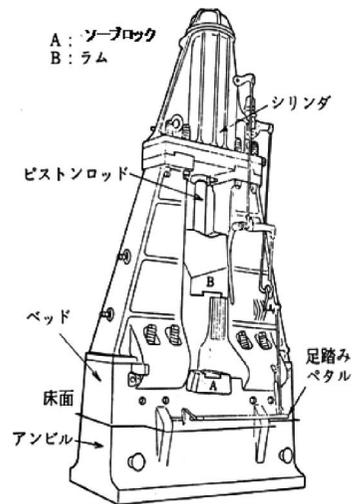


図 2 エアドロップハンマ概要図

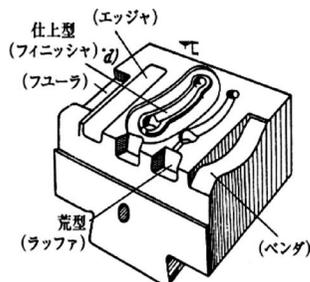


図 3 ハンマ金型概要図

す様に一つの金型に複数の工程を彫り込むのが一般的です。

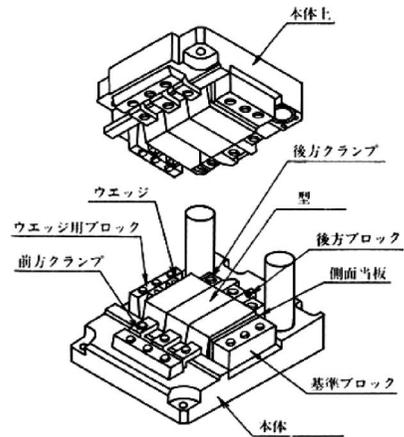
プレス鍛造で一番多く使われているのがクランクプレスです。クランクプレスはモーターでフライホイールを回転させ、蓄えられた回転エネルギーをクラッチによりクランク軸に伝達、回転させ、コンロッド、スライドを介して上下運動に変えて鍛造加工を行う設備です。ハンマと比べて生産性が高く、自動化が容易であることや、下死点付近でのスライド速度が速いため、素材と金型の接触時間が短く、加熱された素材の熱影響による金型寿命に対して有利なことから熱間鍛造の量産用の設備として広く使われています。図4にクランクプレスの外観、図5にクランクプレスの駆動部構造を示します。金型は図6に示す様に工程別に

各々の別々の型が、ダイホルダに組み込まれて、一組の完成型となり、プレスに取り付けられるのが一般的です。

アプセッタ鍛造は、クランクプレスを横に倒して、下型に相当する部分が二つ割りとなり、上下、又は左右に開くような構造としたもので、クランクプレスに2次元の動きを与えたような構造となっています。水平面上を往復するラムを有するクランク、ロッド機構の機械であり、グリップの開閉方式の違いにより、2種類(縦型、横型)の機械があります。この鍛造方法は材料を上下又は左右に開閉する一対のグリップと呼ばれる型でつかんだ後にラムが材料の軸方向に移動し、材料を軸方向に圧縮する成形法です。図7に縦型アプセッタの外観、図8にアプセッタの成形工程の略図を示します。



図 4 クランクプレスの外観
(提供：住友重機械工業(株)殿)



角型ダイホルダ
図 6 プレス金型概要図

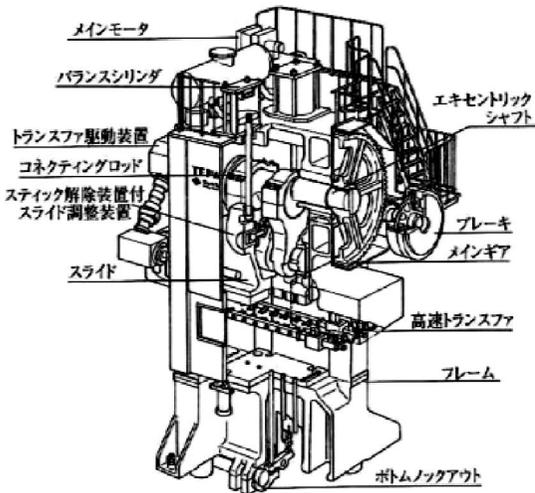


図 5 クランクプレスの駆動部構造
(提供：住友重機械工業(株)殿)

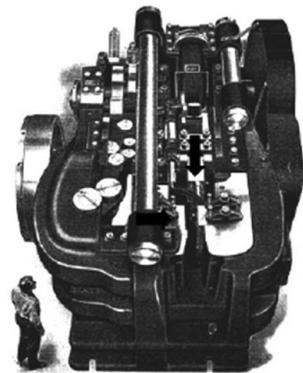


図 7 アプセッタの外観
(提供：National Machinery 殿)

リングローリングは図9に示す様に、鍛造プレスで成形された小さい径のリング状荒地を、外形形状を成形するプロヒールロールと、内径形状を成形するマンドレルロールで半径方向の厚みを潰し薄くしながら、アキシャルロールで幅を押さえて加工することで、幅方向の寸法をコントロールして、径方向に大きく伸ばし、内外径の大きいリングを成形する加工法で、内外径面に凹凸の溝も成形できるので、材料歩留まりが良いです。図10にリングロールミルの外観を示します。

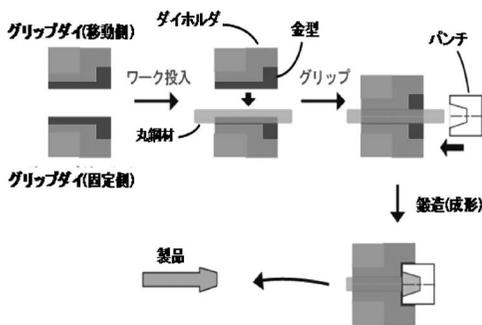


図 8 アプセッタの成形工程略図

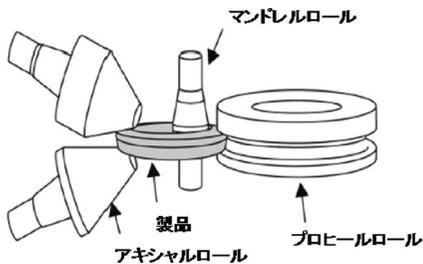


図 9 リングローリングの成形略図



図 10 リングロールミルの外観
(提供：三菱長崎機工(株)殿)

◇ 建設機械に使われている主な鍛造製品

建設機械には油圧ショベル、ブルドーザー等があり、都市部のほか鉱山や土地開発地域で使用され、どのような環境下で使用しても環境負荷が少なく確実に作動し、作業者を保護することが求められ、自動車の次に鍛造製品が多く使われています。

都市部の建設現場や道路補修の現場で見かける油圧ショベルに使われている鍛造製品を、図11に示します。足回り品のトラックリンク、ローラ、スプロケットやバケットのツース、サイドカッタは耐磨耗性が求められ、また、その他の多くの鍛造製品にも、強度、対磨耗性、耐食性が求められており、合金鋼が多く使われています。これらの鍛造製品は乗用車の鍛造製品と比較すると形状が大きく、生産数が少ないなどの特徴があり、ハンマを用いた熱間型鍛造で作られることが多いです。油圧ショベル部品の鍛造機械別生産比率は、ハンマ鍛造品約55%、リングロール鍛造品約20%、プレス鍛造品約15%、その他約10%です。

トラックリンク、ローラ、スプロケット、ドライブシャフト、ボス、サイドカッタはハンマで鍛造しています。トラックリンクは過酷な条件下で使用されるので、強度、脆性、耐磨耗性が要求される部品で、中型系はマンガンボロン鋼で鍛造焼入れ焼き戻しを行い、大型系はニッケルクロムモリブデン鋼やクロムモリブデン鋼で調質を行い、摺動面は高周波焼入れを施しています。スプロケット、ローラも耐磨耗性が要求される部品でマンガン鋼やクロムモリブデン鋼が多く使用されて、高周波焼入れが施されています。ドライブシャフトは、油圧モータの出力軸でクロムモリブデン鋼を使用しています。ハンマ鍛造の代表的なトラックリンク、スプロケットの金型を図12、図13に示します。

旋回用プロペラシャフト、ツース、クランクシャフト、コンロッドはプレスで鍛造しています。旋回用プロペラシャフトはギア部を鍛造で成形(ニアネットシェイプ)して、機械加工代と材料を削減しています。鋼材は歯切り後、浸炭焼入れを行いますので、クロムモリブデン肌焼鋼を使用しています。ツースはマンガンボロン鋼を使用して、鍛造型打ち後、ばり抜き工程で外ばり抜きと側面

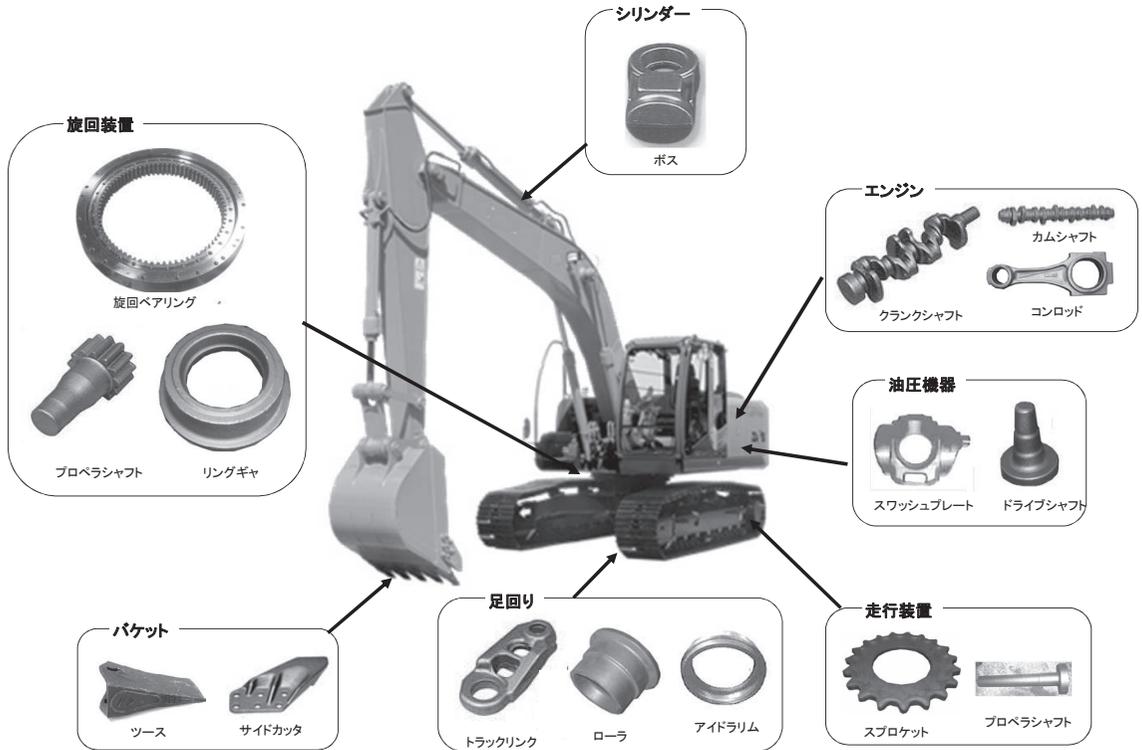


図 11 油圧ショベルに使われている主な鍛造製品
(提供：(株)アンテックス殿、理研鍛造(株))



図 12 トラックリンクのハンマ鍛造金型
(提供：理研鍛造(株))

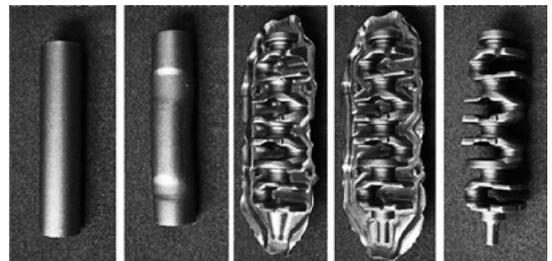


図 14 クランクシャフトの鍛造工程
(提供：トヨタ自動車(株)殿)



図 13 スプロケットのハンマ鍛造金型
(提供：理研鍛造(株))

のコッタ穴抜きを行っています。ボス、クランクシャフト、コンロッドは非調質鋼を採用しています。非調質鋼は、炭素鋼あるいはマンガン鋼に少量のバナジウムを添加した鋼で、熱間鍛造後の冷却過程においてフェライト部にバナジウムの炭化物や炭窒化物を析出させ、鍛造後冷却のまま高い強度が得られる鋼です。図14にクランクシャフトの鍛造工程を図15にコンロッドの鍛造工程を示します。

旋回ベアリング、リンクギヤ、アイドラリムはリングロールミルで鍛造しています。旋回ベアリングの内輪、外輪とも炭素鋼又はクロムモリブデン鋼を用いてギヤ部には高周波焼入れを施しています。

走向用プロペラシャフトはクロムモリブデン肌



フォーミングロール 荒打 仕上 製品

図 15 コンロッドの鍛造工程
(提供：理研鍛造株)



図 16 アプセッタ鍛造金型
(提供：理研鍛造株)

焼鋼を使用してアプセッタで鍛造しています。図16にダイホルダに組み込まれたアプセッタ鍛造金型、図17にアプセッタの鍛造工程を示します。

◇ フォークリフトに使われている主な鍛造製品

フォークリフトは物流現場の効率化に応える産業車両であり、物流センター、倉庫、空港等の荷役や搬送などの面から物流システムを支え、工場構内のモノづくりの現場では、高温になった鍛造品の移動等でも活躍しています。オフィス街で進む再開発ビルの建設現場では、建設資材を積んで走っています。フォークリフトに使われている鍛造製品を、図18に示します。



素材 据込 仕上 製品

図 17 アプセッタの鍛造工程
(提供：理研鍛造株)



図 18 フォークリフトに使われている主な鍛造製品
(提供：美陽工業(株)殿、理研鍛造株)

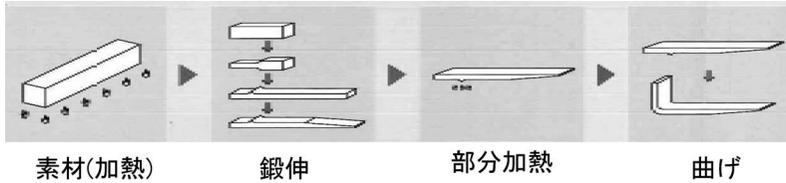
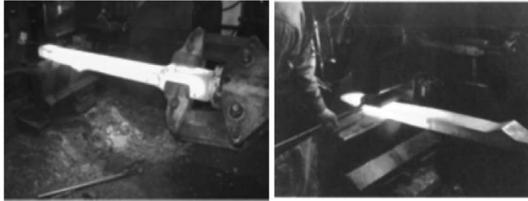


図 19 フォークの鍛造工程
(提供：美陽工業(株)殿)



鍛伸作業 先端勾配付け作業

図 20 フォークの鍛造作業
(提供：美陽工業(株)殿)

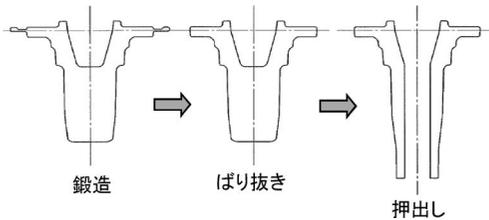


図 21 アクスルチューブの鍛造工程

ステアリングナックルはハンマ型鍛造で、フォークはハンマによる自由鍛造で作られています。フォークの鍛造工程は図19に示す様に角材を使用して鍛伸、先端勾配加工までは、荒地ハンマで専用金型を用いない自由鍛造で加工し、その後油圧プレスで曲げ加工を行っています。フォークは耐摩耗、強度、脆性が要求されるので、クロムモリブデン鋼が用いられ鍛造後に調質を行っています。図20に鍛伸、先端勾配加工の作業を示します。

アクスルシャフトは非調質鋼を使用して、アプセッタ鍛造後、シャフト部は高周波焼入れが施されています。

アクスルチューブは熱間複合鍛造で、フランジ部をクランクプレスで鍛造し、その後軸部は油圧プレスを用いて中穴の押し出し成形までを一焼で行っています。図21にアクスルチューブの鍛造工程を示します。

◇ 鉄道に使われている主な鍛造製品

鉄道に使用されている鍛造製品は強度が要求される車両走行装置と、レール締結部品に大別されます。図22に鉄道で使用されている鍛造製品を示します。

車輪はSTY80(タイヤ鋼)を用いて図23に示す様に、鋼材から油圧プレス等で荒地を作り、車輪圧延後、揺動プレスで外周をサイジングして仕上げ鍛造を行っています。車輪圧延で完成する車輪もありますが、揺動鍛造することにより、材料歩留まりが良く、軽量化された車輪が鍛造できます。揺動鍛造プレスは一方の金型中心軸が相手金型の中心軸に対して少し傾き、揺れ回りながら、材料を局部的に軸方向に圧縮、成形していく鍛造で鍛造加工荷重の軽減を目的とした設備です。図24に揺動鍛造の成形原理を示します。

電車のブレーキは電気ブレーキ(駆動用電動機を発電機として使用して、運動エネルギーを電気エネルギーとして消費または再利用することで発生する減速力を利用する)とディスクブレーキが装着されています。電車のディスクブレーキはベンチレート式铸铁ディスクを採用していますが、新幹線用のディスクは高速からの熱負荷に対する摺動面のヒートチェックや摩耗を考慮して、ニッケルクロムモリブデン鋼を用いた鍛造ディスクが使われています。表面はライニングと確実に接触するために平滑ですが、ブレーキ時の発熱を考慮して、裏面は放熱機能を有する凹凸のフィンが設けられています。

タイプレートは左右2本のレールを枕木に締着し、レール間の寸法を保持すると共に車両からレールに伝わる荷重や振動を和らげ、下部構造に伝達する装置です。タイプレートは屋外での使用が多いですが、地下水が湧き出ている環境下以外

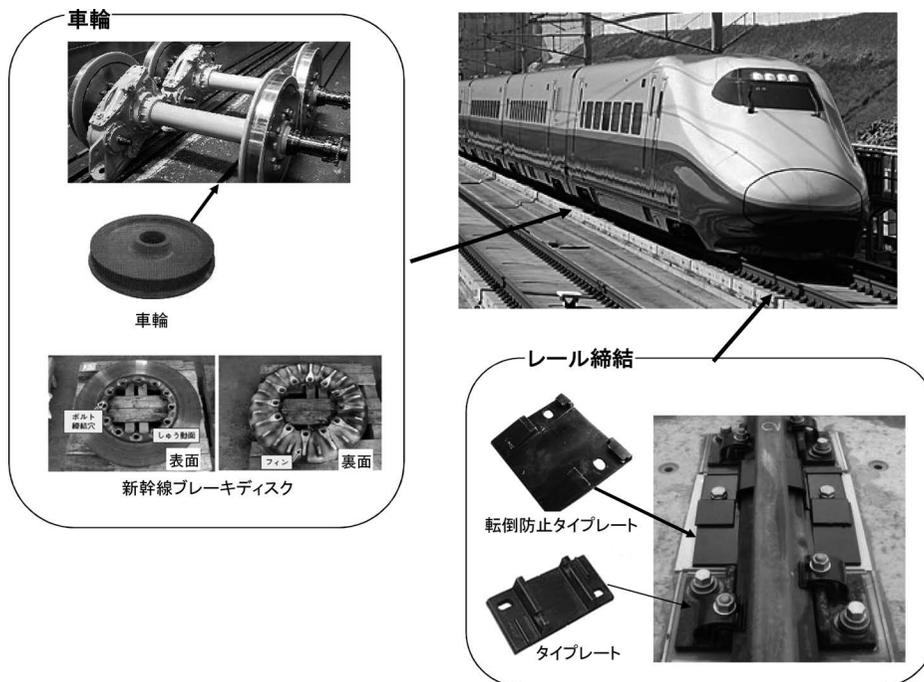


図 22 鉄道で使用されている主な鍛造製品
(提供：新日鐵住金(株)殿、(公)鉄道総研殿、理研鍛造(株))

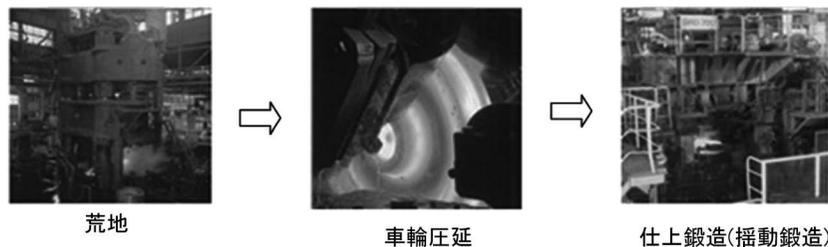


図 23 車輪の鍛造工程
(提供：新日鐵住金(株)殿)

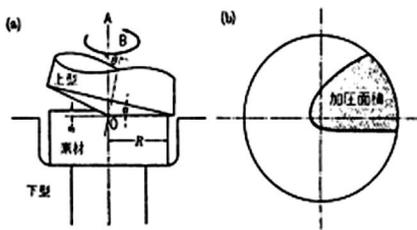


図 24 揺動鍛造の成形原理

レールの転倒と横移動を抑制し、新幹線車両に取付けられているL型車両ガイドと共に機能することで、脱線車両の大幅な逸脱を防止することを目的とした装置です。タイプレートは熱間ハンマ鍛造又は熱間プレス鍛造で作っています。ハンマ鍛造は設備的に偏芯荷重に弱いので帯鋼板を切断して、仕上工程での鍛造が多いです。プレス鍛造は丸又は角鋼材を用いて、潰し、荒打、仕上の三工程で鍛造しています。

◇ 民生品に使われている主な鍛造製品

図25に示す日常生活で多く見かけるボルト、ナット、作業工具も鍛造で作られています。

では、防錆として熱間鍛造で発生する酸化スケールが付着したまま敷設されます。転倒防止タイプレートは、レール締結タイプレートがすべて破壊された場合でも、レールの底部を押さえることで



図 25 民生品に使われている主な鍛造製品

ボルト、ナットの材料は炭素鋼、合金鋼、ステンレス鋼と用途により使い分けられています。ボルトはボルトフォーマで、ナットはナットフォーマで鍛造していますが、大型ボルト、ナットはスクリーブプレスや油圧プレスで鍛造しています。図26に六角ボルトの鍛造工程を示します。ボルトのねじ加工は、ねじ転造盤による塑性加工で行っていますが、ナットのねじ加工は、タッピングマシンで切削加工しています。

橋梁・建築鋼構造物の継手に広く利用されている高力ボルトにクロム鋼やクロムモリブデン鋼などの合金鋼を使用すると、鍛造後に調質を施しても水素脆性や応力腐食などに起因する遅れ破壊により、部材及び高力ボルトに外力が加わらなくてもボルトが脆性的に破損するので現在はマンガンボロン鋼が主流です。

作業工具はクロムバナジウム鋼でのハンマ鍛造が主流です。図27に作業工具の鍛造品を、図28に作業工具の鍛造金型を示します。



図 26 六角ボルトの鍛造工程
(提供：M.F.T.殿 Forging Handbook)



図 27 作業工具の鍛造品
(提供：(株)滝口製作所殿HPより)

参考文献

- 鍛造技術講座 生産技術編 (日本鍛造協会)
- 鍛造技術講座 製造技術編 (日本鍛造協会)
- 野本耕一 他：新幹線脱線対策用レール転倒防止装置の開発 (土木学会第64回年次学術講演会)
- 森久史、辻村太郎：プレーキディスクの熱疲労 (鉄道総研RRR-2008. 4)

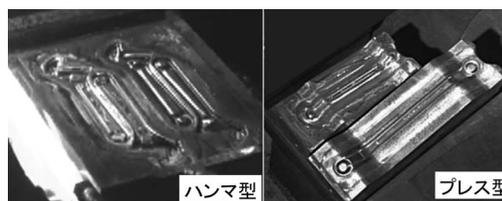


図 28 作業工具の鍛造金型

IV. 会員メーカーの鍛造関連の製品紹介

（株）カムス

温熱間鍛造金型用皮膜 “KS-H”

まえがき

当社は、日本高周波鋼業(株)の系列会社で、全国の11拠点にて、工具鋼の切断販売、加工品販売を行っており、素材～製品（金型）までの一貫した品質保証のため、3拠点で主に金型の熱処理を行っています。

近年、自動車の燃費向上のための軽量化による、骨格部品の高強度化、部品の高精度化が求められるため、従来より金型へ加わる負荷が増大し、金型の短寿命が問題となり、その対策として表面処理が用いられる事が多くなってきています。

当社では、中部テクノセンターにて、金型表面処理サービスを開始し、MACHAONコートの総称で、KS-G（ハイテン鋼板冷間プレス金型用皮膜）、KS-H（温熱間鍛造金型用皮膜）をご提供し

ております。

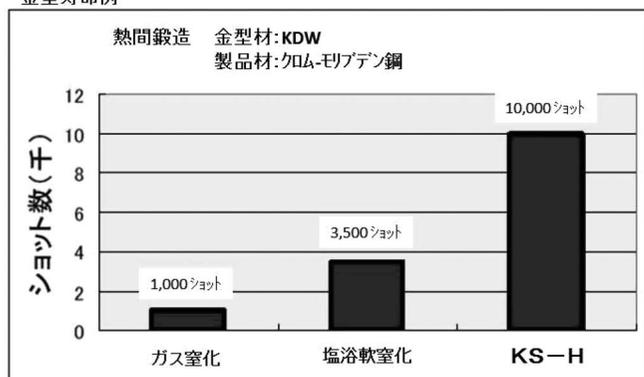
以下に、温熱間鍛造金型用皮膜“MACHAON COAT KS-H”（以下 KS-Hと言う）をご紹介致します。

◇ 特徴

KS-Hは、温熱間鍛造金型用皮膜として開発され、以下にあげる特徴を有しております。

- ・PVD（AIP）処理で成膜するため、熱による金型の変寸・変形が発生せず、表面処理後においての、金型精度維持が可能です。
 - ・KS-Hは、金型に窒化処理を施し、基材の強度・熱軟化特性を高めた上に、基材との密着性を高めるための下層皮膜と、耐熱性に優れた上層皮膜（特殊皮膜）からなる複合皮膜構造となっており、皮膜は約10μmと従来のPVD皮膜に比べ厚膜となっています。
 - ・耐熱性の高い上層皮膜は高温下での対磨耗性（高温摺動試験 PVD TiN対比 1/4の磨耗量）耐熱軟化性（600℃加熱後 PVD TiN対比 1.5倍の硬さ）耐酸化性（耐酸化温度 1000℃）に優れています。
 - ・KS-Hは、皮膜の熱伝導率が低く、加熱された被加工材の熱が金型基材に伝わり難く、（従来皮膜の1/3程度）金型表面の熱による軟化を抑制できる特徴があります。
 - ・当社が冷間プレス金型用表面処理で培った前処理技術を使用し、金型基材と皮膜の密着性を高め、従来のPVD皮膜の欠点を克服した皮膜となっています。
- 以上の特徴を持つKS-Hは、温熱間鍛造金型用皮膜として、貴社のご要望を満足できる品質をご提供致します（図1）。MACHAON COAT KS-Hのお問い合わせ先
株式会社カムス中部テクノセンター
〒489-0071 愛知県瀬戸市曉町9番地
TEL：0561-97-8431

金型寿命例



金型損傷状況

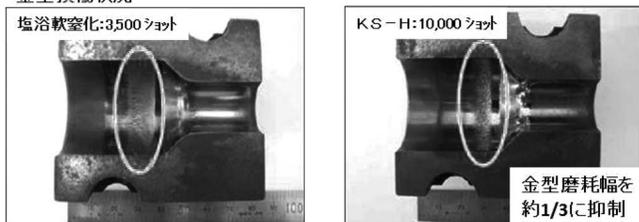


図 1 KS-H使用による金型寿命向上の一例

〔株）カムス 中部テクノセンター
技術室 山下 広

鍛造用金型材の紹介

鍛造加工は、被鍛材が再結晶温度以上で加工される熱間鍛造とそれ以下で加工される冷間鍛造、冷間鍛造の中でも常温以上に加熱し加工される温間鍛造とに区別される。ここでは温・熱間鍛造に限定して述べることにする。温・熱間鍛造の環境において、使用される金型材の弊社製品の特性による位置付けを図1に示す。

熱間鍛造においては、工具（金型）の損傷現象は摩耗、変形、割れ等であり、工具鋼には高温強度、軟化抵抗、靱性の向上が求められる。これらの工具鋼はSKD61をベースとし、靱性の向上を目的に低Si化、軟化抵抗の向上を目的に高Mo化の合金設計がなされてきた。一方で低Si化は切削加工性を低下させるため、快削成分の添加や加工プロセスの改良などが行われてきている。また、摩耗対策として金型表面を窒化して使用されることが多く、窒化特性も重視されてきた。さらに金型の大形化に伴い、焼入れ時の冷却速度が低下すると金型の靱性が低下することが知られており、加圧式真空炉や油冷を可能とした真空熱処理炉など、設備面の改良も進められている。

自動車部品のクランクシャフトの熱間鍛造金型においては、リップの薄肉化による倒れや折損、

エッジ部の摩耗への対策が必要となっており、靱性と硬さ、窒化特性の優れたDAC3などの5Cr系材が使用されている。ホットフォーマと呼ばれる多段式高速鍛造では、加工サイクルタイムが短く金型への熱影響が大きいいため高温強度に優れたYEM-K、DAC40等のSKD7をベースとした改良鋼が使用されている¹⁾。

温間鍛造においては、省資源、省エネルギー、後工程の除去加工の簡略化を目的としてニアネットシェイプ化がなされている。被鍛材の変形抵抗が熱間鍛造と比較して大きいため、金型は被鍛材との摺動発熱や高い面圧によって大きな熱影響を受ける環境となっている。以前はMDC-KなどのSKD8改良鋼が使用されていたが、現在はより高温強度の高いSKH51の基地成分をベースとし、高温強度と靱性をバランスさせたYXR33等のマトリックスハイスが使用されている。これらには、窒化処理による耐摩耗性、耐ヒートクラック性の向上に加え、PVD処理も実施され、金型寿命向上効果を発揮している。

注) DAC、DAC-MAGIC、FDAC、YEM、MDC、YXRは日立金属株の登録商標です。

参考文献

- 1) 長澤政幸：型技術 第28巻 第11号、(2013)、pp. 24-27

日立金属株 かねちか おさむ
安楽工場 技術部 兼近 領

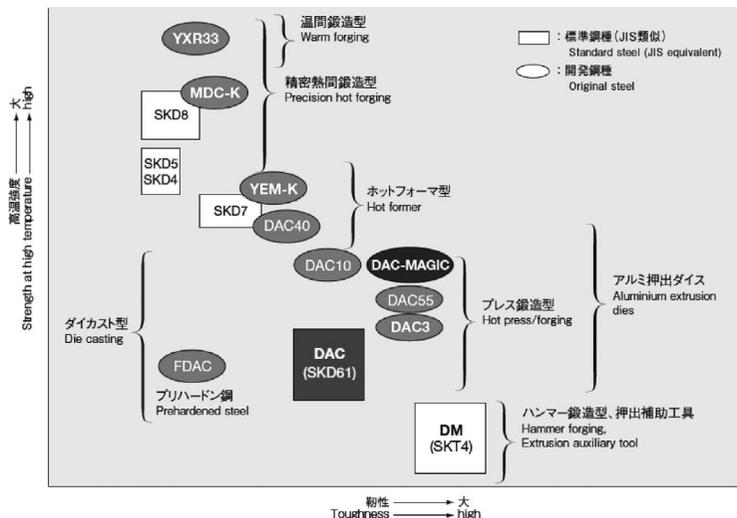


図 1 温・熱間鍛造用金型鋼の特性位置付け

“特集” 編集後記

鍛造は、形状としてはねじ等の小さい部品から船舶用クランクシャフトまで、方法としては手作りで作る包丁から大型の鍛造プレスで作る構造用部材まで、用途としては民生用金属製品から産業用部品までとその適用範囲は広く、「ものづくり」に大きく貢献しています。

編集内容の検討では、この多様性を本誌一冊のボリュームで、どのような編集で読者に伝えるかで悩みました。

鍛造については、過去10年で2回の特集が組まれており、2006年7月号では、鍛造の種類、方法、装置、鍛造製品、2010年7月号では2010年時点での最新技術が記載されています。

いずれも鍛造技術に視点を置いた内容となっていることから、今回の特集では、材料面から見た鍛造ということで鍛造と特殊鋼の関わりを主とした内容とし、タイトルも「鍛造と特殊鋼」としました。

上記タイトルであれば、特殊鋼製造の1プロセスである鍛造も記載対象となりますが、特殊鋼の製造工程における鍛造については、次号の特集「よくわかる特殊鋼の製造プロセス」に委ね、当該号では、鍛造に用いられる特殊鋼鋼材および特殊鋼鋼材から鍛造で作られる鍛造製品に主眼を置きました。

今回の特集では、最近の動向として鍛造の概要、特殊鍛造、鍛造産業にも触れており、過去2回の特集と併せて読んで頂ければ、鍛造に関する知識がさらに深まると考えます。

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

〔日本高周波鋼業(株) 宮川 利宏〕
営業本部 条鋼営業部

業界のうごき

サハシ特殊鋼、 3次元レーザを導入

サハシ特殊鋼はこのほど3次元レーザ加工機（ヤマザキマザック製）を導入、本格稼働を開始した。鋼管や形鋼などの長尺物を3次元加工することで後工程の省略化などに対応、新たなユーザー開拓に向けての効果も期待される。さらに肉盛溶接のロボット化も共同開発を進めており、3月初めには導入する計画だ。

従来の2次加工設備だと難しい加工が容易になり建築や土木、産業機械、建設機械向けで次工程の省略などが可能となることから、よりユーザーとの接点が高まるほか、これまで取り込めなかった新たな需要家の開拓も期待できる。また加工の深化に伴って付加価値の向上も見込めると判断した。

肉盛溶接のロボット化についてもメーカーとの間で共同研究を進めてきたが、約2,000万円を投じて実用化にめどを付け、3月初めにも導入することになった。（1月29日、産業新聞）

三悦、ブレードソーを更新 細径丸棒の切断加工強化

三悦は切断加工の生産性を一段と高める。小径サイズ用の超硬丸鋸切断機1台をリプレース、NC制御による操作性の改善や切断の高精度化を図ってさらなる品質向上につなげたい考え。

三悦は、φ50といった細物の棒材を切断するブレードソーを保有していたが、稼働から約15年が経過し老朽化していた。

導入したのはアマダ製の小型超硬丸鋸盤「CM-50CNC」、対応サイズは丸棒がφ10～50、角鋼は10～40ミリで、投資金額は付帯設備などを含めて約1千万円。リプレースを通じ

て生産効率や精度の向上を図るほか、操作性改善による従業員の多能工化も推進する。なお新型機設置により、同社本社工場と長野営業所合わせて19台の切断機がすべてアマダ製に切り替わった。機械メーカーが統一されることにより、メンテナンス時の費用低減効果も期待できる。

（12月3日、鉄鋼新聞）

大同DMソリューション、 インドに金型加工工場

大同DMソリューションは、海外事業を強化するため、インドで金型のプレート加工工場を5月に開設する。また、メキシコでは、日本の金型メーカーを支援し現地での金型製作を検討している。津田社長は「海外では、日系自動車メーカーの生産が増えるに従い金型の需要も増加している。相当なスピードを持ってこれに対応する体制を整えたい」としている。

インドでは、デリー近郊に工場を建設。工具鋼80トン在庫するほか、プレート加工用のフライス盤4基、切断機を2～3基設置する。スペースに余裕があるため事業展開によっては設備の増強や在庫の積み増しなども今後、検討していく。

メキシコには昨年5月に現地法人を設立し、事業化に向け調査。メキシコでは日系車メーカーの進出は相次いでいるが、金型メーカーが進出していないため「現地で工具鋼の素材ニーズが拡大するにはしばらく時間が必要」と判断。

（1月30日、鉄鋼新聞）

大和特殊鋼・名古屋支店 太陽光発電システム設置

大和特殊鋼は、名古屋支店（愛知県稲沢市、支店長・森学氏）に太陽光発電システムを設置した。パネルの据え付けを通じた建屋内の遮熱、

環境負荷低減を図り、来年初からは電力会社への売電もスタートする。

名古屋支店の工場棟は通風性が良好だが、夏季には工場棟内の室温が大幅に上昇、現場から作業環境の改善を求める声が上がっていた。そこで遮熱に加え、省エネ効果も狙って太陽光発電システムの導入を決断。今年初月から計画を練り、このほど設置に漕ぎ着けた。

太陽光パネルはシャープ製を採用、2,254枚を事務所棟と工場棟へ設置する。パネルの施工面積は3,685平方メートルで、発電容量は最大563キロワット。発電システムへの総投資額は約1億5千万円。今月中旬に取り付けを完了、試運転を経て来年1月中旬から中部電力への売電を開始する。

（12月9日、鉄鋼新聞）

辰巳屋興業、新本社ビル建設 16年末の完成目指す

辰巳屋興業は、現在の本社所在地に新社屋を建設する。建屋の老朽化に対応して建て替えを行い、16年12月の完成を目指す。現在の本社社屋は1977年に建てられ、建造から約40年が経過。耐震補強などを施していたものの老朽化が進行していた。

新社屋は現在の建屋西側に位置する駐車場部分のほか、東側の土地も取得した上で拡張する。2,156平方メートルの敷地に建屋面積656平方メートル、延べ床面積3,245平方メートルの地上5階建て、RC造の社屋を建設。16年12月の完成を目指す。

建屋には部品の倉庫スペースを設けるほか、グループ会社のタツミ商事本社も入居する予定。免震装置を取り付け、大型地震や水害などさまざまな自然災害に備える。

社屋建替えに伴い、辰巳屋興業は本社を仮移転する。所在地は、名古屋市中区栄2-10-19、名古屋商工会議所ビル9階。（12月18日、鉄鋼新聞）

業界のうごき

中部ステンレス、ニッチ部門を強化 営業増員、10%増益目標

中部ステンレスはこのほど営業担当者2人増員、需要を細かくフォローすることでニッチ部門の強化を図り、本営業年度（2015年1月～12月）では前年度比10%程度の増収増益を目指す。同社の前期業績は現在集計中だが、夏場までは比較的好調だったものの8月以降がやや低迷しほぼその前の期並みだった。

今期は売上高より収益率のアップに重点を置き、より付加価値の高い分野の強化を図る。一般に小口のステンレス需要はステンレス専業流通ではなく、一般鋼材流通へと流れるケースがあるが、このような小口ステンレス鋼需要などについても丹念に捕捉する。

またユーザーからのよりこまやかな注文に対しても対応することを目指して要員も増やしており、前期比で増収増益を見込んでいる。

（1月29日、産業新聞）

南海鋼材、金型メンテ事業強化 自動車用ダイカスト西日本でも開始

南海鋼材は、自動車用ダイカストの金型メンテナンス事業を強化する。静岡事業所（静岡県袋井市）内で行っている金型メンテナンス事業に加えて、来年度には自動車用ダイカストの金型部品製造を手掛ける関連会社のアマックス（広島県三原市）でも同事業を開始する。来年度にはベトナム人の専門担当者2人を同社に配置し、東西でメンテナンス事業が行える体制を構築する。

南海鋼材では主力の鋼材の加工販売以外に新たな軸となる各種事業育成を推進しており、その一環として、4月には鍛造金型プレス用ダイホルダーやダイカスト用金型のメンテナンス事業に続いて、産機のメン

テナンス事業会社、NKメンテック（本社＝堺市）を開設。縦型鍛造プレスや横型鍛造プレス、油圧プレス、切断機などの機械の改修や改造、移設、撤去など本格的な産業機械のメンテナンス事業を展開している。

（12月24日、鉄鋼新聞）

ノボル鋼鉄、金属加工会社を設立 小型精密部品を強化

ノボル鋼鉄は、金属部品加工業の明星精工から事業譲渡を受け、14年12月から新会社「ノボルエンジニアリング」の操業を開始した。ノボル鋼鉄の営業・調達力とのシナジーを生かして事業強化を図る。品質管理、社員教育などもノボル鋼鉄のノウハウを徐々に注ぎ込み、将来はノボル鋼鉄・テクニカルセンターやノボル精密との技術交流を進める。

主な設備はマシニングセンター24台、旋盤28台など。素材はアルミ、ダイカスト製品、構造用鋼、エンブラなど幅広く、丸材は長さ250ミリ前後で1～300ミリ径、角材は最大1千×610×460ミリを加工する。

2工場体制で、本社工場（延べ床面積902平方メートル）が埼玉県さいたま市西区、浦和工場（敷地335平方メートル、3階建て延べ763平方メートル）が同桜区にあり、主に浦和で前加工、本社で後加工を行う。

（1月28日、鉄鋼新聞）

堀田ハガネ、超硬丸鋸切断機を増設 高速化、歩留まりも向上

堀田ハガネは、切断加工の増加に対応するため超硬丸鋸切断機を1基増設した。総投資額は1,200万円。そのうち800万円は補助金（中小企業・小規模事業者ものづくり革新事業）を活用している。

景気の回復で建機部品や工作機械向けが好調で加工量が増加。さらに今後、鉄道車両部品向けの需要増が

見込めることから超硬丸鋸切断機を1基増設し、切断能力を強化した。

今回導入したのは、アマダ製のCM75CNC II。切断スピードは従来の1.3倍に高速化。また治具を用いることにより、最少残材長さが35ミリ（従来は100ミリ）に短縮され、歩留まりが向上している。切断最大径は丸棒で76.2ミリ。切断加工の部分がパネルでおおわれているため切断時に粉塵が外部に漏れることがなく、切り粉も自動で回収される。新設機は昨年10月初旬に設置し、同月下旬から本格稼働に入っている。

（1月22日、鉄鋼新聞）

マクス、北関東の特殊鋼物流拠点、 即納強化へ拡張移転

マクスコーポレーションは、2016年春までに北関東の特殊鋼の営業・物流拠点を移転・拡張する。即納強化、顧客サービスの向上や作業安全性の向上が狙い。将来は同じ敷地内に建機部品部門の倉庫も併設し、部品部門で東日本物流センター（茨城県土浦市）への一極集中を解消し、鋼材事業と部品事業のシナジーも高める。

同社北関東営業所（栃木県栃木市）は鋼材部門の中核在庫・切断拠点だが、業容拡大で手狭となり周辺の宅地化に伴い即納強化が難しくなっている。15年4月に栃木県佐野市の佐野田沼インター産業団地内の敷地1万4千平方メートル強を購入し、4千～5千平方メートルの建屋を建設。

現在は構造用鋼、工具鋼を3千～3,500トン在庫しているが、5千トン規模を在庫できるスペースを確保。切断機は現行16台を18台程度に増強する。

（12月19日、鉄鋼新聞）

神鋼の特殊チタン箔 燃料電池車に採用

神戸製鋼所は、トヨタ自動車の燃

業界のうごき

料電池車「ミライ」に特殊チタン箔が採用されたと発表した。燃料電池の主要部材であるセパレーター素材として使われる。燃料電池車の開発ではセパレーター素材にステンレスの利用が検討されてきたが、今回のトヨタの採用で今後はチタンも注目を集めそうだ。

神鋼の開発製品はチタン箔に安価な炭素系材料を表面処理でコーティングした。チタンは素材自体が耐食性に優れており、炭素材の表面処理で導電性も兼ね備えた。ステンレスと比べて素材コストは割高だが、表面処理の容易さなどから総コストを抑えられ、導電ロスも大幅抑制できる。生産拠点は加古川製鉄所（兵庫県加古川市）。

神鋼は2000年代前半にチタンセパレーターの実用化に向けた研究開発を本格化。セパレーターに必要な耐食性や表面導電性を最大限に引き出すチタン開発の継続が今回の採用につながった。（1月21日、鉄鋼新聞）

JFES、福山地区の新転炉稼働 高効率の溶銑処理方法導入

JFEスチールは、西日本製鉄所福山地区（広島県福山市）で増設していた転炉が本格稼働したと発表した。溶銑から不純物を除去する最新の溶銑予備処理法の導入を狙いに2013年度から工事を進めていた。新たな溶銑予備処理の導入により、予備処理で使う副原料の大幅な使用削減などが可能になる見込みで、JFEの基幹製鉄所である福山地区のコスト競争力が一段と強化されることになる。

新転炉は福山地区の第3製鋼工場です。3基目の「3号転炉」。スチールプラントック製で処理能力は既存の転炉2基と、同じ1チャージ当たり330トン。付帯設備の排ガス処理設備も建設した。投資額は200億円強。

経済産業省の補助金も一部活用した。今回の増設は建設プロジェクトを立ち上げた13年6月から約19カ月で完了。（1月16日、鉄鋼新聞）

日本金属、自動車部品用異形鋼 設備増強、能力6倍増

日本金属は自動車部品用高精度異形鋼の大増産に向け、福島工場の設備増強を進めている。11月に専用圧延機を導入したのに続き、2基目の専用焼鈍ラインも今月中に完成する。

新設備で生産する製品の品質承認を得るため、来年2月から部品メーカーへのサンプル出荷を始める一方、建屋増設・設備レイアウト改善にも着手、来年9月には一連の能力増強投資が完了する。これにより2016年度の自動車部品用高精度異形鋼の生産販売規模は13年度比6倍増の25億円に拡大する見通しだ。

この高精度異形鋼は自動車の無段変速機部品の材料として使用される。当初は受注量が小さかったため兼用設備で生産していたが、無段変速機搭載車の世界的需要増に対応して、昨年4月に専用焼鈍ラインを新設した。その後再び、先行きの能力不足が見えてきたため、専用圧延機と2基目の焼鈍ラインの導入を進めていた。（12月19日、鉄鋼新聞）

冶金、シーズヒーター用金属素管 新合金「H880」を開発

日本冶金工業は、シーズヒーター用金属パイプ素材として、新合金「NAS H880」（25Ni-24Cr-Mo、Al、Ti）を開発した。水質の悪い地域で使用される電気温水器用シーズヒーター向けで、価格上昇をできるだけ抑え、かつ十分な耐食性を持つ高合金を開発した。

金属パイプ素材にはニッケル系ステンレスもあるが、より高耐食のアロイ840（19Ni-20Cr系）、800（32Ni-

20Cr系）が最も使われ、日本冶金はその世界市場で3割以上のシェアを持つ。

海外の一部水質の悪い地域では、アロイ800でも腐食が発生するため、さらに高耐食のアロイ825（40Ni-23Cr-3Mo系）が主に使用される。ただしコストが高いのが問題点で、アロイ800よりも高耐食でアロイ825よりもコストを抑えた合金開発が求められていた。（12月10日、鉄鋼新聞）

日立、車載用ソフトフェライト コア材料で新製品

日立金属は、高温特性にすぐれる車載用ソフトフェライトコア材料「MB20D」を開発し、量産体制を整えたと発表した。高温環境（摂氏130度）での磁心損失を従来製品比20%改善し、飽和磁束密度を同25%向上しており、理論値ではコアの体積を同20%縮小できる。日立金属（香港）番禺工場及び日立フェライト電子で15年に量産開始する。

車載用電子部品に対する高効率化、高信頼性化や小型軽量化のニーズは強い。エンジンルーム近くに搭載される場合もあり、高温環境下での性能や信頼性に対するニーズも強い。

MB20Dは、同社独自の粉末配合技術と粉末加工・熱処理技術により、低い磁心損失と高い飽和磁束密度を両立。とくに高温環境下ですぐれた性能を発揮する。メタルパウダーコアに続いてMB20Dも軟磁性材料のラインアップに加えて、幅広いニーズに応える。

（12月2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、事務局において鉄鋼新聞及び産業新聞より記事を抜粋して収録したものです。

自動車用特殊鋼鋼材の 使用実態調査について

(一社)特殊鋼倶楽部 小島 彰
専務理事

◇ 背景とこれまでの経緯

特殊鋼の最大の需要分野は自動車産業である。特殊鋼倶楽部が25年度に行った最終消費需要推定調査によると、自動車分野の需要は56.3%と推定され、鉄鋼連盟が行っている受注統計調査の自動車向け需要35.0%に比べて21.3ポイントの差がある。この差は二次加工や流通を経由して自動車に向けられる特殊鋼部材、部品である。最終用途としての自動車はそのシェアを時系列的に見て高めている。過去の調査でみると、昭和58年度40.9% (21.3)、昭和63年度46.0% (25.2)、平成5年度49.5% (27.3)、平成10年度47.9% (27.1)、平成15年度51.2% (29.4)、平成20年度52.5% (31.8)、そして平成25年度56.3% (35.0) (カッコ内の数値は受注統計による自動車向け需要シェア：%)と増加しており、特殊鋼需要におけるその重要性を高めている。

最終消費需要推定調査がマクロ的な自動車用需要の推定であるとするれば、実際に特殊鋼が如何に利用されているかをミクロ的に調べたものが特殊鋼の使用実態調査と言える。

特殊鋼倶楽部では、平成3 (1991) 年度、平成8 (1996) 年度、平成13 (2001) 年度及び平成24 (2012) 年度において、自動車における特殊鋼の使用実態を把握するための使用原単位を調査してきた。このうち、平成3年度においては実際に自動車を解体し、また、平成13年度においてはエンジン、サスペンション部分を解体し、特殊鋼の使用原単位を調査した。最初の3回の調査ではガソリン・エンジン乗用車を取り上げたが平成24年度の特殊鋼使用実態調査では、HV車の普及が高まったこともあり、HV車を対象にして解体調査を実施した。

24年度調査結果については特殊鋼倶楽部会員限

定で報告書を配布しているが、今回その概要を報告する。

◇ 24年度の使用実態調査の対象車種

解体対象車種はハイブリッド乗用自動車での仕様である。

- (1) 車種 ハイブリッド乗用車 (2009 (平成21) 年9月登録)
- (2) 車両重量 1,360kg
- (3) 車両定員 5名
- (4) エンジン・モーター仕様 排気量 1,797cc
- (5) 蓄電池
- (6) トランスミッション CVT (無段変速車)
- (7) 駆動方式 FF

解体対象部位は特殊鋼の消費量が高い以下の部品を取り上げ、それ以外のホワイトボディ、モーター、蓄電池、タイヤ内部のスチールコードは除外した。これは過去の消費実態調査と同様である。

解体対象部位及び素材区分は以下の9部材ユニットとし、ユニット毎に構成部品を整理した。

- ①エンジン、②フロントサスペンション、③リアサスペンション、④フロントディスクブレーキ、⑤リアディスクブレーキ、⑥リアパーキングブレーキ、⑦トランスミッション、⑧ディファレンシャル、⑨ステアリング

材料区分は、①特殊鋼、②普通鋼、③鋳鉄、④鉄系焼結合金、⑤非鉄金属、⑥非金属の6区分とし、特殊鋼については鋼種毎に分類した。

さらに素材区分としては、①鍛造品、②プレス・板金、③鋳造品、④機械加工品、⑤焼結品、⑥その他に区分し、その形状についても①形鋼、②棒鋼、③線材・線、④厚・中板、⑤薄板、⑥鋼管、⑦制振鋼板、⑧粉末、⑨鋳物に整理している。構成部品はユニット毎に部品個数とその重量を整理した。

材料の判別は、目視とQ-Vac（一部化学分析）により行い、硬さ測定も一部実施した。

なお、材料組織の分析までは行っていない。

これまで実施した自動車の特殊鋼消費実態調査の概要をまとめると表1のとおりである。

◇ 24年度の使用実態調査の結果の概要

以下では概要のみを報告する。ユニット毎の部品点数、その重量は表2にまとめた。

調査対象とした8部材ユニット（サスペンションとディスクブレーキを統合した）の総重量は402.86kgで車両総重量の1,360kgの29.6%を占める。このうち、特殊鋼は142.2kgで35.3%を占める。以下、アルミ合金94.4kg、23.4%、プラスチック42.8kg、10.6%と続く。普通鋼はその次で29kg、7.2%を

占める。部品点数は合計で1,971個、この中でエンジンユニット659、その他515、駆動系312個と続く。

次にユニット別にみると、エンジンユニットでは、使用材料としてはアルミ合金が最も多く45.7kg（46.4%）、次に特殊鋼25.9kg（26.3%）、鋳鉄が14.5kg（14.8%）である。特殊鋼の内訳は快削鋼が12.6kg（12.9%）、機械構造用炭素鋼（以下炭素鋼）と構造用合金鋼（以下合金鋼）でそれぞれ7.4kg（7.5%）、3.8kg（3.8%）であり、それ以外の鋼種の使用量は少ない。

排気処理装置ユニットでは、特殊鋼が17.1kg、92.6%を占める。特殊鋼の中ではステンレス鋼が最も多く16.7kg、90.5%で、この値は車体全体ステンレス鋼の60%を占めている。

ブレーキユニットは50.0kgで、鋳鉄とアルミ合

表 1 これまでの自動車消費実態調査の比較

仕 様	平成3年度	平成8年度	平成13年度	平成24年度
(1) 車種	4ドア ハードトップ	4ドア ハードトップ	4ドア ハードトップ	5ドア ハッチバック
(2) 車両重量	1,360kg	1,338kg	1,440kg	1,360kg
(3) 車両定員	5名	5名	5名	5名
(4) 駆動エンジン	ガソリンエンジン	ガソリンエンジン	ガソリンエンジン	ガソリンエンジン＋ モーター
(5) 配列気筒数 弁型式	直列6気筒 DOHC	直列6気筒 DOHC	直列6気筒 DOHC	直列4気筒 DOHC
(6) 総排気量	24バルブ 1,988cc	24バルブ 1,988cc	24バルブ 2,491cc	16バルブ 1,797cc
(7) トランスミッ ション	2ウェイ OD付き 4速AT	2ウェイ OD付き 4速AT	電子制御 フレックス ロックアップ付き 4速AT	AT
(8) 駆動方式	FR	FR	FR	FF
(9) 調査ユニット、 部品	エンジン ターボチャージャー 排気処理装置 トランスミッション デファレンシャル プロペラシャフト 車軸・ホイール ステアリング サスペンション ブレーキ ボディ ボルト類 スチールワイヤ類 その他	エンジン ターボチャージャー 排気処理装置 トランスミッション デファレンシャル プロペラシャフト 車軸・ホイール ステアリング サスペンション ブレーキ ボディ ボルト類 スチールワイヤ類 その他	エンジン － － － － － ホイール － サスペンション ブレーキ － － － －	エンジン － 排気処理装置 トランスミッション デファレンシャル － 車軸・ホイール ステアリング サスペンション ブレーキ － ボルト類 － その他
(10) コメント			ターボチャージャなし	ターボチャージャなし

②プラットフォーム、床張り、ボディ、座席、タイヤ/チューブ、バッテリー、ウィンドーガラス、ジャッキ等搭載工具類、消化器、タイヤチェーン等の用品類、電子制御システム（センサーなど）、照明機器、エアコン、空気清浄器、オーディオ、ワイパー、サイドミラーは調査対象外。

表 2 平成24年度消費実態調査（解体調査）のまとめ（重量はkg、構成比は%）

使用材料区分	エンジン		排気処理装置		ブレーキ		サスペンション		ステアリング		駆動系		車軸・ホイール		その他		合計		
	個数	重量	個数	重量	個数	重量	個数	重量	個数	重量	個数	重量	個数	重量	個数	重量	個数	重量	
小計	552	25,905	15	17,142	87	7,673	81	27,684	56	10,101	250	20,901	100	25,01	495	7.75	1,636	142,166	35.29
工具鋼	0	0															0	0	0.00
機械構造用炭素鋼	314	7,387	8	0.26	67	7.153	69	18,432	29	6,941	187	3,403	38	20,884	485	7.191	1,197	71,651	17.79
構造用合金鋼	157	3,767	0				6	0.582	5	0.592	40	14,289	34	2,276			242	21,506	5.34
ばね鋼	31	0.612	4	0.132	6	0.085	4	8.5	3	0.082	6	0.125			6	0.25	60	9,786	2.43
軸受鋼	16	0.064	0		1	0.004	2	0.17	18	0.354	15	2,702	20	1,762	3	0.116	75	5,172	1.28
ステンレス鋼	4	0.581	3	16.75	8	0.08					2	0.382	8	0.088			25	17,881	4.44
耐熱鋼	21	0.832	0							2,132							21	2,964	0.74
快削鋼	9	12,662	0						1						1	0.193	11	12,855	3.19
ピアノ線材	0	0	0		5	0.351											5	0.351	0.09
高抗張力鋼	0	0	0														0	0	0.00
高マンガン鋼	0	0	0														0	0	0.00
普通鋼	19	2,735	1	0.416	16	2,706	22	12.71	4	1.67	25	3.15	2	0.136	1	5.5	90	29,023	7.20
鋳鉄	9	14.56	0		8	21.872					1	3.25					18	39,682	9.85
焼結合金	8	1,178	0					4	0.162		3	0.931					15	2,271	0.56
磁性材料	1	0.194	0							1	1.048	2	17.75			1	0.369	19,361	4.81
小計	19	45,743	0	0	7	12,906	4	6,526	3	2,697	26	39,318	0	0	8	8,854	67	116,044	28.81
アルミ	19	45,743	0	0	5	12,904	4	6,526	2	2,262	6	23,178			7	3,754	43	94,367	23.42
金鋼	0	0	0		2	0.002			1	0.435	20	16.14			1	5.1	24	21,677	5.38
その他	0	0	0														0	0	0.00
小計	51	8,201	2	0.954	24	4,852	20	1,854	4	2.91	5	0.032	24	1,109	10	34,401	140	54,313	13.48
プラスチック	25	4.67	0		3	0.889			2	2.83	3	0.01	12	0.048	9	34,391	54	42,838	10.63
ゴム	24	3,284	0		21	3,963	20	1,854	2	0.08	2	0.022	12	1.061	1	0.01	82	10,274	2.55
その他	2	0.247	2	0.954													4	1,201	0.30
合計	659	98,516	18	18,512	142	50,009	131	48,936	68	18,426	312	85,332	126	26,255	515	56,874	1,971	402,86	100.00

金の合計で34.78kg、69.6%を占める。特殊鋼は7.7kg、15.5%、うち炭素鋼が7.15kg、14.3%を占める。

サスペンションユニットは、特殊鋼が最も多く使われている個所で、特殊鋼27.68kg、56.6%を占める。鋼種は炭素鋼が18.4kg、37.7%、ばね鋼が8.5kg、17.4%と続く。

ステアリングユニットでは特殊鋼が10.1kg、ユニット全体の54.8%を占める。特殊鋼の内訳は炭素鋼6.9kg、次に多いのが快削鋼（ラックバー）2.1kg。合金鋼と軸受鋼がそれぞれ0.59kg、18部品、0.35kgを占める。

駆動系ユニット（トランスミッション・デファレンシャル）の機構については、調査対象車のオートマチックトランスミッションはECVTと言

われる2個の動力源と歯車機構を合わせたものである。1つのリングギヤの中に動力分割プラネタリーギヤとリダクションプラネタリーギヤにそれぞれ遊星歯車機構を採用したことで、部品数は大幅に削減し（平成3年度調査の部品数：トランスミッション455、デファレンシャル10、合計469、平成8年度調査：488、10、498に対して今回調査では181、29、210）、シンプルな構造となった。一方で部品重量（1個当たり最も大きい部品）は大型化している。材料区分では、合計85.332kgの中で最も多いのが非鉄金属、39.3kg（アルミ合金他）、次に特殊鋼、20.9kgである。

車軸・ホイールユニットは特殊鋼重量がエンジンユニット（25.9kg）に次いで多い25.0kgである。鋼種別では炭素鋼が83.5%、合金鋼（肌焼鋼+強

表 3 平成13年度消費実態調査（エンジン、サスペンション、ブレーキのみ解体調査）

使用材料区分	エンジン	サスペンション			ブレーキ	合 計	
	エンジン	フロント	リア	小計	ブレーキ	重量	重量%
小 計	45.4	35.7	22.3	58	5.1	108.5	36.29
特殊鋼							
工具鋼	0			0		0	
機械構造用炭素鋼	4.8	10.5	11.6	22.1	4.1	31	10.37
構造用合金鋼	4.2	2	1	3	0.5	7.7	2.58
ばね鋼	0.9	5	4.1	9.1	0.4	10.4	3.48
軸受鋼	0	1.6	2.4	4		4	1.34
ステンレス鋼	3.5				0.1	3.6	1.20
耐熱鋼	1.2					1.2	0.40
快削鋼	28					28	9.36
ピアノ線材	0					0	
高抗張力鋼	0	1.5	3.2	4.7		4.7	1.57
高マンガン鋼	2.8	15.1		15.1		17.9	5.99
普通鋼	6.7	3.6	2.3	5.9	5.3	17.9	5.99
鑄鉄	70.4	11.5	19.5	31	13.7	115.1	38.49
焼結合金	1.3	0.2		0.2		1.5	0.50
磁性材料	0					0	0.00
非鉄金属							
小 計	47.3	0	0		0.1	47.4	15.85
アルミ	47.3				0.1	47.4	15.85
銅	0				0	0	
その他	0					0	
非金属							
小 計	6.1	1.1	1.2	2.3	0.2	8.6	2.88
プラスチック						0	
ゴム						0	
その他	6.1	1.1	1.2	2.3	0.2	8.6	2.88
合 計	177.2	52.1	45.3	97.4	24.4	299	100.00

靱鋼) 9.1%となっている。

その他のユニットでは部品個数は515と多いが、重量は全体で56.9kgである。内訳はアルミ合金が3.7kgでトップ。特殊鋼は8.5kgでボルト類が多い。

これまでの調査との変化をみると、最も変化が大きいものは駆動ユニットの中のトランスミッションで部品点数が平成8年度の488から181へと63%減少している。次にサスペンション、ステアリングが電動化で変化している。平成8年度調査と比べて特殊鋼は44kg/台減少している。このうち減少重量は54.3kgで、その要因は、FRとFFの差異、6気筒と4気筒の違い、部品の軽量化及び構造変化の4要因合計で39.9kgとなっている。一方で普通鋼から特殊鋼への変化や部品重量の増加等で特殊鋼の重量が10.3kg増加し、差し引きで44kgの減少である。

◇ 13年度の使用実態調査の結果の概要

平成13年度については、エンジン部分とサスペンション及びその付属部分(ブレーキ)について解体調査を行った。その概要を表3に示す。また、13年度調査と24年度調査の比較を表4に示す。

これで見ると、エンジンの使用が異なるので正確な比較はできないが、数字だけ見るとエンジンユニットは総重量が177kgから98.5kgへと44%減少している。この中で铸铁重量が80%減少し、軽量化に寄与している。特殊鋼は43%、19.5kg減少している。

同様にサスペンションでは総重量が97.4kgから48.5kgへと50%減少している。内訳は铸铁の使用がなくなり特殊鋼も30%減少している。一方でアルミ合金の使用が現れ、構成比6.5%となっている。

表 4 13年度調査と24年度調査の比較

	13年度		24年度		差異	変化率
	重量kg	構成比%	重量kg	構成比%	重量kg	%
エンジン 特殊鋼	45.4	25.62	25.91	26.30	-19.49	-42.93
普通鋼	6.7	3.78	2.7	2.74	-4	-59.70
铸铁	70.4	39.73	14.6	14.82	-55.8	-79.26
アルミ合金	47.3	26.69	45.5	46.19	-1.8	-3.81
非金属	6.1	3.44	8.2	8.32	2.1	34.43
総重量	177.2	100	98.5	100.00	-78.7	-44.41

	13年度		24年度		差異	変化率
	重量kg	構成比%	重量kg	構成比%	重量kg	%
サスペンション 特殊鋼	58	59.55	27.7	56.65	-30.3	-52.24
普通鋼	5.9	6.06	12.7	25.97	6.8	115.25
铸铁	31	31.83	0	0.00	-31	-100.00
アルミ合金	0	0.00	6.5	13.29	6.5	-
非金属	2.3	2.36	1.8	3.68	-0.5	-21.74
総重量	97.4	100.00	48.9	100.00	-48.5	-49.79

	13年度		24年度		差異	変化率
	重量kg	構成比%	重量kg	構成比%	重量kg	%
ブレーキ 特殊鋼	5.1	20.90	7.7	15.40	2.6	50.98
普通鋼	5.3	21.72	2.7	5.40	-2.6	-49.06
铸铁	13.7	56.15	21.9	43.80	8.2	59.85
アルミ合金	0.1	0.41	12.9	25.80	12.8	12800.00
非金属	0.2	0.82	4.8	9.60	4.6	2300.00
総重量	24.4	100.00	50	100.00	25.6	104.92

ブレーキ部では総重量が24.4kgから50kgへと倍増している。この要因として、13年度調査と24年度調査の対象部品の差異が考えられる。必ずしも明確ではないが、13年度調査では24年度調査の対象とした部品が漏れており、この部分の重量を考慮すると13年度調査でのブレーキユニット重量は約55.5kgと推定され、10%程度の軽量化が進んだものと推定される。

むすび

自動車の材料原単位は、技術進歩とりわけ自動車の駆動システムの変化により大きな影響を受け

ながら変化している。

24年度調査ではハイブリッド車を取り上げて過去の調査との比較も行った。全般的に軽量化が進み、材料の構成、構造が変化している。ハイブリッド化により従来のガソリン・エンジン車とは駆動システムが変化しているが、引き続きガソリン・エンジンも搭載していることもあり、予想されていたほど大きな変化ではなかったと言える。しかしながら今後、電気自動車や燃料電池車の普及が進むと自動車材料の原単位も大きく変わってくることが予想される。従ってこれらの変化を引続きウォッチしていくことが必要であると考えられる。



平成26年 1 - 12月の特殊鋼貿易の概要

(一社)特殊鋼倶楽部事務局

◇ 輸出船積みの状況

この度、財務省関税局の貿易統計で平成26年1 - 12月の貿易統計(速報)が公表された。これに基づき26年の特殊鋼の貿易状況を簡単に整理した(数値出典はいずれも財務省貿易統計)。

特殊鋼輸出通関高(船積高)は、鋼材が8,840,944トン、鋼塊・半製品が310,087トン、線製品が159,617トンでこれらの総計は9,310,649トンで前年と比較すると鋼材が15.4%、鋼塊・半製品が16.9%、線製品が5.2%、全体では15.29%の増加であった(表1)。

鋼種別内訳は、数量シェア1位のその他合金鋼は6,029,264トンと前年比21.1%増の100万トンの大台を超える増加であった。2位のステンレス鋼は

1,152,252トンで前年比3.0%の増加、3位の構造用合金鋼、590,092トン、前年比5.4%の増加である。以下、機械構造用炭素鋼が499,166トン、対前年比6.7%増、鋼塊・半製品が310,087トン、前年比16.9%の増加、バネ鋼が191,603トン前年比2.3%の増、快削鋼161,244トン、前年比3.8%の減少、ピアノ線材151,020トン、前年比25.2%の増加、工具鋼が52,560トン前年比12.3%の増加であった。

仕向け国別順位(表2)は、シェア1位の中国は前年比6.0%増加の1,656,398トン、2位のタイは同9.3%増加して1,512,823トン、3位の韓国は同6.9%増加して1,339,460トンで上位3か国でシェア48.4%を占めた。

以下、アメリカ同25.6%増加の820,919トン、マレーシア同21.4%増加の519,573トン、インド同

表 1 特殊鋼鋼種別輸出量(暦年、トン)

	鋼塊 半製品	炭素 工具鋼	合金 工具鋼	高速 度鋼	中空鋼	工具鋼 小計	構造用 炭素鋼	構造用 合金鋼	バネ鋼	ステン レス鋼	快削鋼	ピアノ 線材	高炭 素鋼	その他 合金鋼	鋼材計	線製品	合 計
平成24年	242,824	772	27,399	3,311	986	32,468	464,300	511,422	182,974	1,176,513	160,393	117,801	13,140	5,192,997	7,852,008	138,714	8,233,546
平成25年	265,262	797	41,840	3,324	855	46,815	467,652	559,899	187,205	1,118,549	167,560	120,628	13,176	4,977,541	7,659,025	151,718	8,076,005
平成26年	310,087	1,104	45,167	4,317	1,972	52,560	499,166	590,092	191,603	1,152,252	161,244	151,020	13,742	6,029,264	8,840,944	159,617	9,310,649

表 2 特殊鋼向け先別輸出量

年 国	25暦年		26暦年	
	数量(トン)	シェア(%)	数量(トン)	シェア(%)
中国	1,562,853	19.4	1,656,398	17.8
タイ	1,384,372	17.1	1,512,823	16.2
韓国	1,252,665	15.5	1,339,460	14.4
アメリカ	653,490	8.1	820,919	8.8
マレーシア	428,152	5.3	519,573	5.6
インドネシア	445,142	5.5	455,206	4.9
インド	428,411	5.3	481,501	5.2
台湾	395,309	4.9	394,746	4.2
アラブ首長国	62,840	0.8	285,092	3.1
メキシコ	139,142	1.7	240,294	2.6
そ の 他	6,752,376	83.6	1,604,637	17.2
合 計	8,076,005	100.0	9,310,649	100.0

12.4%増加の481,501トン、インドネシア同2.3%増加の455,206トン、台湾同0.1%減の394,746トン、アラブ首長国連邦同353.6%と大幅増の285,092トン、メキシコ同72.7%増の240,294トンとなっている。全般的に見て東南アジアの新興国や自動車生産の著しい国への特殊鋼の輸出が活発であった。ロシア向けも359.1%増の87,218トンであった。

輸出船積み実績のこれまでの推移を図1にまとめた。特殊鋼全体の輸出量は平成12年の445万トンから26年の931万トンへと486万トン拡大しているが、その内訳をみると、その他合金鋼が232万トンから603万トンへ増加し、特殊鋼全体を押し上げていることが分る。その他合金鋼の太宗は国内統計区分では高抗張力鋼でその輸出が増加しているものと考えられる。

それ以外の特殊鋼では全体で300万トン程度であり、安定的に推移していることが見て取れる。

◇ 輸入通関の状況

平成26年の特殊鋼輸入実績は、特殊鋼鋼材が1,074,123トン、鋼塊・半製品が8,596トン、線製品が86,541トンで合計1,169,261トンで前年比441,319トン、60.6%の大幅増加で100万トンの大台を超えた。最近の輸入状況は、25年が727,942トン、前年

比13.8%増、24年が639,307トン、前年比26.9%増で一貫して増大してきている。

鋼材の内訳の状況は図2に示すが、その他合金鋼が835,935トン、ステンレス鋼が207,868トンでこの2鋼種で89.3%を占めた。

ステンレス鋼は21年、121,801千トン、22年167,499トン、23年189,263トンと増加し、24年は173,454トンと一時減少したが、25年は209,681トンと増加に転じた。26年は前年と同レベルの207,868トンと高水準を維持している。

その他合金鋼の急増ぶりは大きく、21年47,544トン、22年110,481トン、23年は174,950トン、24年333,226トン、25年396,068トンと増加が続き、26年は835,935トンと前年比111.1%増と倍増した。この太宗は中国からのものであり、実質的には普通鋼用途であるにもかかわらず微量(0.0008%以上)のボロンを混入させたボロン鋼が実質的には普通鋼であるものの特殊鋼として輸入通関されているものと考えられる。このボロン鋼の問題は東南アジア各国でも問題となっており(合金鋼の関税が低い場合は低い関税で輸入される)、輸入検査の強化など通商問題に発展している。

我が国でも輸入通関統計が27年1月から改正され、ボロン鋼の線材と鋼板のコードが新設され、

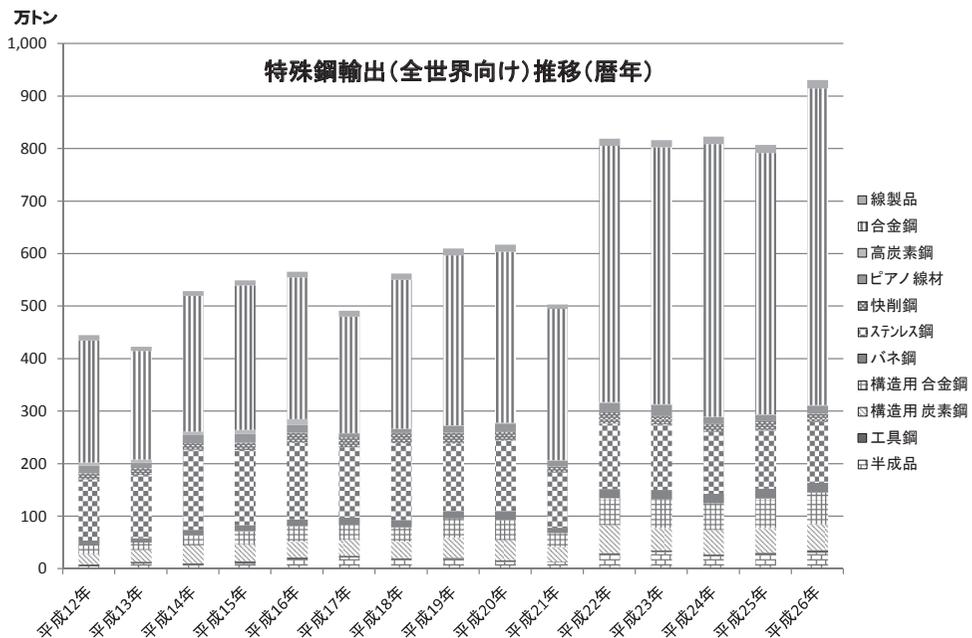


図 1 特殊鋼輸出推移

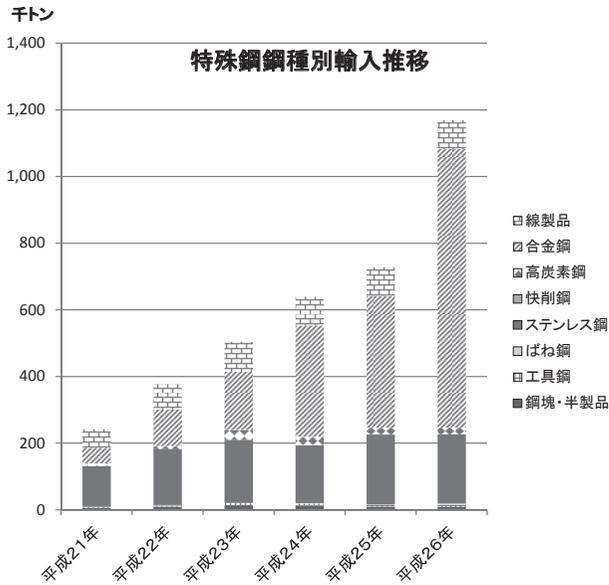


図 2 特殊鋼種別輸入推移

区分統計されることとなった。このため、今後その統計結果が注目されている。

輸入先国別順位は、その他合金鋼の輸入が急増している中国が1位で前年比120.4%増の818,863トン、シェアは70.0%となった。2位の韓国は同6.1%減の253,714トン、シェア21.7%、3位の台湾は同29.9%増の47,319トン、シェアは4.0%となった。以下は4位スウェーデン2.3%増の17,027トン、5位タイは同16.9%増の9,619トン、6位ドイツ20.4%増の3,900トン、7位アメリカ28.2%減の2,672トン、8位オーストリア59.8%増の2,515トン、9位イギリス7.0%減の2,233トン、10位インド13.8%増の2,090トンと続いている。上位3カ国の状況は一定で、3カ国のシェアは25年が93.1%、26年が95.7%とその比率を高めている。

表 3 特殊鋼国別輸入数量

平成25年					平成26年 (速報値)				
順位	輸出国	数量 (トン)	構成比 (%)	対前年比 (%)	順位	輸出国	数量 (トン)	構成比 (%)	対前年比 (%)
1	中華人民共和国	371,457	51.0	117.2	1	中華人民共和国	818,863	70.0	220.4
2	大韓民国	270,304	37.1	117.7	2	大韓民国	253,714	21.7	93.9
3	台湾	36,440	5.0	106.6	3	台湾	47,319	4.0	129.9
4	スウェーデン	16,640	2.3	127.9	4	スウェーデン	17,027	1.5	102.3
5	タイ	8,231	1.1	94.1	5	タイ	9,619	0.8	116.9
6	アメリカ	3,719	0.5	81.4	6	ドイツ	3,900	0.3	120.4
7	ドイツ	3,240	0.4	28.1	7	アメリカ	2,672	0.2	71.8
8	フランス	3,015	0.4	84.4	8	オーストリア	2,515	0.2	159.8
9	イギリス	2,401	0.3	69.1	9	イギリス	2,233	0.2	93.0
10	イタリア	1,968	0.3	177.2	10	インド	2,090	0.2	113.8
小 計		717,413	98.6	114.2	小 計		1,159,952	99.2	161.7
その他の国		10,529	1.4	92.8	その他の国		9,309	0.8	88.4
合 計		727,942	100.0	113.9	合 計		1,169,261	100.0	160.6

「ものづくり・商業・サービス革新補助金」

第一次公募が開始

(一社)特殊鋼倶楽部事務局

平成26年度補正予算の目玉施策である「ものづくり・商業・サービス革新補助金」の第一次公募が開始された。この補助金は革新的なサービスの

創出、ものづくりの革新に取り組む中小企業に対して2/3の補助率、補助金上限額1,000万円の補助金を助成するもので、2月13日から5月8日まで

表 1 25年度補正予算によるものづくり補助金鉄鋼関連企業の獲得状況 (数字は企業数)

県 別	1次分	2次分
北海道		1
宮 城	1	1
山 形	1	1
茨 城	1	2
埼 玉		4
東 京	1	
千 葉		1
神奈川		1
長 野	2	
石 川		1
福 井		1
静 岡	2	2
愛 知		5
岐 阜		1
三 重	1	
大 阪	6	18
兵 庫	1	4
和歌山	1	1
奈 良		1
岡 山	1	3
広 島	1	1
山 口	1	
高 知		1
福 岡		1
熊 本		1
宮 崎	2	
沖 縄	2	1
合 計	24	53

の期間、公募が行われている。

申請は都道府県の中小企業団体中央会で行われている。申請に際しては所定の申請書とともに認定支援機関の確認書が必要である。認定支援機関とは中小企業庁に登録された中小企業の支援機関であり、金融機関（都市銀行、地方銀行、信用金庫、信用組合、商工中金）、各地の商工会議所、税理士事務所、会計士事務所、コンサルティング企業等23,367機関が登録されている。

昨年度のものづくり補助金交付決定企業リストによると、第一次助成では全国で2,916件のうち、24件が鉄鋼関係企業、第2次分では6,697件のうち53件が鉄鋼関係企業と考えられる（特殊鋼倶楽部事務局調べ）。県別の分布状況は表1のとおりで近

畿地区、中部地区の鉄鋼関係企業の補助金獲得が多い。また、支援機関別に調べてみると、表2のとおりで地方銀行や商工中金等金融機関の割合が多い。これは、日頃付き合い合っている機関に相談してその結果が補助金獲得に結び付いたものと考えられる。

詳細な情報は以下の中小企業団体中央会のホームページアドレスから入手が可能で、特殊鋼関係企業及び特殊鋼の需要企業が積極的に補助金を活用され、企業及び業界の発展が図られることを願っております。

中小企業団体中央会ホームページ：<http://www.chuokai.or.jp/josei/26mh/koubo20150213.html>

表 2 認定支援機関別補助金獲得状況（数字は企業数）

支援機関別	1次分	2次分
地銀	12	21
都銀		4
信用金庫	2	2
信用組合		3
商工中金	3	6
商工会議所	1	6
県公社等	2	1
会計・税理事務所	2	4
その他	2	6
合計	24	53

特殊鋼統計資料

特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別生産の推移

鋼種別

(単位：t)

年月	工具鋼	構造用鋼			特殊用途鋼						合計	
		機械構造用炭素鋼	合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高抗張鋼	その他		
'13 暦年	246,149	4,572,676	3,871,149	8,443,825	430,297	936,673	2,857,369	692,010	5,705,091	648,243	11,269,683	19,959,657
'14 暦年	264,684	4,822,532	3,996,710	8,819,242	438,207	1,027,943	2,995,628	695,384	5,969,185	688,579	11,814,926	20,898,852
'12 年度	227,588	4,388,544	3,747,493	8,136,037	417,525	883,781	2,807,953	691,323	5,636,639	597,540	11,034,761	19,398,386
'13 年度	253,463	4,732,925	3,985,769	8,718,694	435,711	995,693	2,922,735	691,101	5,702,462	692,726	11,440,428	20,412,585
'14. 1-3月	64,477	1,202,227	1,005,334	2,207,561	109,566	249,787	754,003	176,332	1,412,434	183,307	2,885,429	5,157,467
4-6月	69,923	1,194,168	976,948	2,171,116	107,233	261,911	757,776	181,351	1,479,933	174,472	2,962,676	5,203,715
7-9月	63,908	1,240,034	1,021,050	2,261,084	115,322	250,954	774,956	171,523	1,596,466	171,903	3,081,119	5,406,111
10-12月	66,376	1,186,103	993,378	2,179,481	106,086	265,291	708,893	166,178	1,480,357	158,897	2,885,702	5,131,559
'13年 11月	20,032	399,367	329,440	728,807	35,506	87,086	230,097	59,836	503,607	52,261	968,393	1,717,232
12月	20,912	401,406	320,205	721,611	35,494	79,018	252,829	56,151	437,570	55,104	916,166	1,658,689
'14年 1月	21,885	408,332	335,530	743,862	37,612	77,780	254,372	54,972	484,915	55,282	964,933	1,730,680
2月	19,960	374,301	315,210	689,511	35,642	83,376	231,552	55,609	439,496	52,600	898,275	1,607,746
3月	22,632	419,594	354,594	774,188	36,312	88,631	268,079	65,751	488,023	75,425	1,022,221	1,819,041
4月	23,678	399,403	329,085	728,488	37,896	87,167	262,335	58,079	470,308	58,803	974,588	1,726,754
5月	22,563	396,599	338,432	735,031	38,490	85,086	240,370	65,509	524,192	58,369	1,012,016	1,769,610
6月	23,682	398,166	309,431	707,597	30,847	89,658	255,071	57,763	485,433	57,300	976,072	1,707,351
7月	21,163	422,683	357,113	779,796	39,529	79,100	258,672	55,658	528,319	64,550	1,025,828	1,826,787
8月	21,297	398,992	318,937	717,929	38,294	82,873	255,772	56,752	540,741	49,800	1,024,232	1,763,458
9月	21,448	418,359	345,000	763,359	37,499	88,981	260,512	59,113	527,401	57,553	1,031,059	1,815,866
10月	24,495	412,311	339,268	751,579	36,929	89,825	264,134	54,151	519,979	60,503	1,025,521	1,801,595
11月	20,658	390,164	335,915	726,079	34,257	89,685	219,621	59,516	516,090	49,036	968,205	1,714,942
12月	21,223	383,628	318,195	701,823	34,900	85,781	225,138	52,511	444,288	49,358	891,976	1,615,022
前月比	102.7	98.3	94.7	96.7	101.9	95.6	102.5	88.2	86.1	100.7	92.1	94.2
前年同月比	101.5	95.6	99.4	97.3	98.3	108.6	89.0	93.5	101.5	89.6	97.4	97.4

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

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

また、鋼種別合計と形状別合計は、出所が異なることから一致しない。

形状別

(単位：t)

年月	形鋼	棒鋼	管材	線材	鋼板	鋼帯	合計
'13 暦年	420,716	5,782,384	1,413,921	4,143,965	2,122,894	6,075,777	19,959,657
'14 暦年	299,735	6,103,782	1,442,497	4,313,948	2,290,346	6,460,443	20,910,751
'12 年度	430,247	5,607,651	1,378,459	3,913,109	1,928,292	6,140,628	19,398,386
'13 年度	386,674	5,959,248	1,469,820	4,289,571	2,106,686	6,203,452	20,415,451
'14. 1-3月	78,667	1,499,072	374,571	1,093,054	499,997	1,614,972	5,160,333
4-6月	73,505	1,537,017	348,788	1,073,277	593,462	1,580,993	5,207,042
7-9月	65,640	1,540,959	371,564	1,095,637	625,824	1,709,164	5,408,788
10-12月	81,923	1,526,734	347,574	1,051,980	571,063	1,555,314	5,134,588
'13年 11月	24,844	498,522	123,997	349,328	190,672	529,869	1,717,232
12月	25,596	487,402	114,183	359,982	172,174	499,352	1,658,689
'14年 1月	19,728	481,603	133,351	360,361	180,168	556,535	1,731,746
2月	32,626	487,382	119,051	328,043	154,840	486,745	1,608,687
3月	26,313	530,087	122,169	404,650	164,989	571,692	1,819,900
4月	28,267	502,741	126,649	366,939	192,927	510,270	1,727,793
5月	21,394	512,985	121,668	362,459	214,207	537,986	1,770,699
6月	23,844	521,291	100,471	343,879	186,328	532,737	1,708,550
7月	22,636	521,374	136,662	372,895	203,055	571,044	1,827,666
8月	14,389	479,151	120,652	358,675	207,647	583,763	1,764,277
9月	28,615	540,434	114,250	364,067	215,122	554,357	1,816,845
10月	25,803	524,926	123,270	370,346	220,355	538,024	1,802,724
11月	31,696	510,673	113,544	347,670	187,076	524,933	1,715,592
12月	24,424	491,135	110,760	333,964	163,632	492,357	1,616,272
前月比	77.1	96.2	97.5	96.1	87.5	93.8	94.2
前年同月比	95.4	100.8	97.0	92.8	95.0	98.6	97.4

出所：『経済産業省生産動態統計』から作成。

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

特殊鋼鋼材の鋼種別販売(商社+問屋)の推移 (同業者+消費者向け)

(単位：t)

年 月	工具鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼							計	合 計
		機械構造用炭素鋼	構 造 用 金 鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ス テ ン ス 鋼	快 削 鋼	高 抗 張 鋼	そ の 他			
'13 暦年	321,646	3,825,120	4,018,791	7,843,911	249,017	500,921	2,984,291	195,198	109,018	39,134	4,077,579	12,243,136	
'14 暦年	317,333	3,825,877	4,085,067	7,910,944	266,107	471,325	3,031,187	190,197	120,507	39,810	4,119,133	12,347,410	
'12 年度	323,248	3,808,430	3,982,157	7,790,587	229,346	510,796	2,970,787	175,402	95,939	25,102	4,007,372	12,121,207	
'13 年度	324,404	3,879,315	4,061,105	7,940,420	267,951	513,723	3,002,125	199,622	111,431	51,971	4,146,823	12,411,647	
14年 4月	26,122	318,908	341,416	660,324	24,679	38,251	247,023	15,969	10,078	2,268	338,268	1,024,714	
5月	25,440	312,939	337,386	650,325	25,416	36,943	247,491	16,732	9,339	2,594	338,515	1,014,280	
6月	27,323	313,303	338,463	651,766	20,651	38,460	258,491	17,096	9,899	2,333	346,930	1,026,019	
7月	28,186	329,923	347,148	677,071	23,468	39,682	256,784	16,228	11,052	2,291	349,505	1,054,762	
8月	23,457	293,157	324,129	617,286	17,601	34,988	240,869	12,533	8,749	2,045	316,785	957,528	
9月	27,803	321,793	343,381	665,174	20,722	38,461	259,056	15,912	11,454	1,981	347,586	1,040,563	
10月	28,046	327,185	350,871	678,056	20,818	39,094	256,308	15,022	11,864	2,255	345,361	1,051,463	
11月	25,457	319,849	342,138	661,987	20,269	38,343	248,042	15,034	11,150	2,197	335,035	1,022,479	
12月	25,797	319,890	337,715	657,605	19,918	38,191	250,414	14,789	8,306	1,900	333,518	1,016,920	
前 月 比	101.3	100.0	98.7	99.3	98.3	99.6	101.0	98.4	74.5	86.5	99.5	99.5	
前年同月比	103.2	101.1	101.1	101.1	97.2	94.1	101.5	86.8	82.6	82.9	98.9	100.4	

出所：経済産業省『鉄鋼需給動態統計調査』から作成。

特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別メーカー在庫の推移

(単位：t)

年 月	工具鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼							計	合 計
		機械構造用炭素鋼	構 造 用 金 鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ス テ ン ス 鋼	快 削 鋼	高 抗 張 鋼	そ の 他			
'13 暦年	7,642	219,565	133,431	352,996	28,659	47,340	119,544	30,274	178,768	34,745	439,330	799,968	
'14 暦年	10,503	226,316	135,782	362,098	22,297	37,890	120,070	31,045	186,664	33,489	431,455	804,056	
'12 年度	7,695	180,446	124,271	304,717	23,748	37,634	112,706	26,790	150,073	30,459	381,410	693,822	
'13 年度	7,603	207,387	127,934	335,321	24,576	43,068	121,920	30,864	163,913	40,196	424,535	767,459	
14年 4月	10,299	212,734	123,533	336,267	23,700	43,019	135,945	28,878	161,546	35,140	428,228	774,794	
5月	8,427	208,554	130,658	339,212	25,262	43,096	117,506	30,439	179,235	30,745	426,283	773,922	
6月	9,370	203,805	132,342	336,147	18,280	43,716	125,142	27,556	180,752	30,777	426,223	771,740	
7月	8,070	210,551	131,941	342,492	18,522	37,389	120,118	29,740	178,611	33,153	417,533	768,095	
8月	11,003	231,842	137,774	369,616	25,218	39,123	128,678	32,041	243,573	36,923	505,556	886,175	
9月	9,667	222,174	133,615	355,789	20,069	37,018	117,297	28,395	186,744	29,456	418,979	784,435	
10月	10,148	226,423	133,740	360,163	21,715	35,207	130,245	31,123	210,639	38,649	467,578	837,889	
11月	11,336	227,145	133,532	360,677	21,210	38,516	114,951	32,890	203,545	32,969	444,081	816,094	
12月	10,503	226,316	135,782	362,098	22,297	37,890	120,070	31,045	186,664	33,489	431,455	804,056	
前 月 比	92.7	99.6	101.7	100.4	105.1	98.4	104.5	94.4	91.7	101.6	97.2	98.5	
前年同月比	137.4	103.1	101.8	102.6	77.8	80.0	100.4	102.5	104.4	96.4	98.2	100.5	

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

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

特殊鋼鋼材の流通在庫の推移 (商社+問屋)

(単位：t)

年 月	工具鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼							計	合 計
		機械構造用炭素鋼	構 造 用 金 鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ス テ ン ス 鋼	快 削 鋼	高 抗 張 鋼	そ の 他			
'13 暦年	51,532	192,784	137,555	330,339	14,228	50,702	128,745	14,252	9,314	1,464	218,705	600,576	
'14 暦年	53,199	201,643	148,119	349,762	11,009	52,983	140,388	14,860	10,308	1,767	231,315	634,276	
'12 年度	58,473	255,755	170,930	426,685	22,021	64,747	146,230	21,457	8,269	2,393	265,117	750,275	
'13 年度	49,581	204,598	144,165	348,763	10,367	52,471	132,506	15,762	9,305	1,588	221,999	620,343	
14年 4月	48,979	200,698	139,286	339,984	11,393	51,170	134,780	16,788	8,642	1,373	224,146	613,109	
5月	49,477	205,015	142,398	347,413	11,333	50,883	139,424	17,965	9,410	1,461	230,476	627,366	
6月	47,405	201,720	144,773	346,493	10,936	49,215	137,025	17,002	9,067	1,555	224,800	618,698	
7月	48,199	198,056	139,836	337,892	10,381	49,701	134,808	14,148	8,834	1,607	219,479	605,570	
8月	49,871	205,984	142,390	348,374	10,871	50,580	137,164	14,493	9,051	1,657	223,816	622,061	
9月	51,105	206,390	147,808	354,198	11,757	51,202	142,549	15,183	9,834	1,716	232,241	637,544	
10月	50,758	204,220	140,920	345,140	11,171	50,506	139,934	14,399	9,988	1,851	227,849	623,747	
11月	52,397	199,694	143,858	343,552	11,075	51,663	141,472	15,134	10,145	1,746	231,235	627,184	
12月	53,199	201,643	148,119	349,762	11,009	52,983	140,388	14,860	10,308	1,767	231,315	634,276	
前 月 比	101.5	101.0	103.0	101.8	99.4	102.6	99.2	98.2	101.6	101.2	100.0	101.1	
前年同月比	103.2	104.6	107.7	105.9	77.4	104.5	109.0	104.3	110.7	120.7	105.8	105.6	

出所：経済産業省『鉄鋼需給動態統計調査』から作成。

特殊鋼鋼材の輸出入推移

輸出

(単位：t)

年 月	工具鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼				そ の 他 の 鋼			特 殊 鋼 鋼材合計
		機械構造 用炭素鋼	構造用 合金鋼	計	ばね鋼	ステンレス鋼	ピアノ 線 材	計	高炭素鋼	その他 合金鋼	計	
'13 暦年	46,815	467,652	559,899	1,027,551	187,205	1,118,549	120,628	1,426,381	13,176	5,145,102	5,158,277	7,659,025
'14 暦年	52,560	499,166	590,092	1,089,258	191,603	1,152,252	151,020	1,494,875	13,742	6,190,509	6,204,251	8,840,944
'12 年度	33,787	463,315	528,913	992,228	181,940	1,135,905	117,144	1,434,990	13,212	5,324,302	5,337,515	7,798,519
'13 年度	49,234	474,018	580,043	1,054,061	191,652	1,130,329	135,718	1,457,698	13,215	5,402,773	5,415,988	7,976,982
14年 3月	3,526	36,833	54,311	91,144	18,679	104,957	16,683	140,319	1,489	565,681	567,170	802,159
4月	3,604	43,650	53,521	97,171	19,180	95,205	16,142	130,527	1,229	464,267	465,496	696,798
5月	3,411	43,953	50,205	94,158	17,886	98,271	17,187	133,344	1,072	478,192	479,265	710,177
6月	9,644	48,255	53,242	101,497	17,683	94,488	13,771	125,942	1,552	517,442	518,994	756,077
7月	5,021	37,684	42,204	79,888	11,940	104,687	11,076	127,703	1,024	488,665	489,690	702,302
8月	3,359	41,696	43,306	85,002	13,719	103,273	11,366	128,358	865	520,994	521,858	738,576
9月	4,685	43,338	52,153	95,491	18,812	101,502	10,729	131,043	1,141	587,071	588,212	819,431
10月	4,076	45,415	44,307	89,722	14,047	97,175	10,628	121,849	1,412	588,126	589,538	805,185
11月	3,513	38,276	47,893	86,169	14,503	91,646	8,969	115,118	1,248	426,987	428,235	633,036
12月	5,422	41,567	51,622	93,190	12,543	84,082	12,496	109,121	905	601,169	602,074	809,806
前 月 比	154.3	108.6	107.8	108.1	86.5	91.7	139.3	94.8	72.5	140.8	140.6	127.9
前年同月比	84.3	97.3	112.0	104.9	89.7	82.3	223.0	89.6	74.3	126.1	126.0	116.5

出所：財務省関税局『貿易統計』から作成。

輸入

(単位：t)

年 月	工具鋼	ばね鋼	ス テ ン レ ス 鋼					計	快削鋼	そ の 他 の 鋼			特 殊 鋼 鋼材合計
			形鋼	棒鋼	線材	鋼板類	鋼管			高炭素鋼	合金鋼	計	
'13 暦年	5,376	1,497	493	12,079	12,970	170,751	13,387	209,681	310	19,977	396,068	416,044	632,909
'14 暦年	6,417	3,475	596	12,390	14,954	164,225	15,702	193,868	84	20,344	835,935	856,279	1,074,123
'12 年度	5,679	1,077	781	14,359	11,151	139,237	11,910	177,438	452	26,907	342,039	368,946	553,591
'13 年度	5,725	2,913	504	12,330	13,654	180,931	13,839	221,258	118	21,920	582,545	604,465	834,478
14年 3月	496	126	32	1,109	1,633	18,829	1,190	22,793	-	3,058	87,813	90,871	114,285
4月	707	69	86	1,130	992	17,950	1,556	21,715	-	1,599	52,161	53,760	76,251
5月	515	215	25	1,051	1,221	15,037	1,193	18,527	19	419	55,544	55,963	75,239
6月	362	122	102	1,027	1,362	12,734	1,466	16,691	1	2,683	64,132	66,814	83,991
7月	518	375	58	1,126	1,105	13,003	1,413	16,704	18	1,359	66,717	68,076	85,691
8月	405	166	29	964	1,341	8,972	1,128	12,434	-	1,417	64,890	66,307	79,312
9月	787	274	43	971	1,331	13,180	1,411	16,937	-	1,723	55,900	57,623	75,621
10月	623	206	32	899	1,072	14,210	1,525	17,737	-	207	76,458	76,665	95,231
11月	617	169	53	834	1,090	11,234	1,242	14,453	4	3,436	47,071	50,507	65,751
p12月	434	231	49	1,035	955	7,321	1,262	10,623	23	1,163	98,132	99,295	110,605
前 月 比	70.3	136.5	93.2	124.1	87.6	65.2	101.6	73.5	565.3	33.9	208.5	196.6	168.2
前年同月比	73.9	44.8	111.5	126.6	116.2	41.0	123.0	51.6	274.0	52.6	172.2	167.7	136.7

出所：財務省関税局『貿易統計』から作成。

(注) p：速報値

関連産業指標推移

(単位：台)

(単位：億円)

年 月	四輪自動車生産		四輪完成車輸出		新車登録・ 軽自動車販売		建設機械生産		産業車輛生産		機 械 受注額	産業機械 受注額	工作機械 受注額
	うち トラック	うち トラック	うち トラック	うち トラック	うち トラック	うち トラック	ブル ドーザ	パワー ショベル	フォーク リフト	ショベル トラック			
'13 暦年	9,630,181	1,308,177	4,674,633	472,179	5,375,513	801,975	6,236	148,161	107,777	13,538	93,232	47,742	11,170
'14 暦年	9,774,558	1,357,654	4,465,635	488,484	5,562,887	851,314	7,340	169,987	114,705	14,722	96,920	56,974	15,094
'12 年度	9,550,883	1,237,262	4,658,649	475,364	5,210,290	759,973	6,215	140,130	111,426	11,937	87,026	45,932	11,398
'13 年度	9,912,403	1,333,945	4,632,178	468,925	5,692,162	843,644	6,648	158,109	110,214	14,181	97,030	47,753	12,049
14年 3月	939,823	123,161	385,948	43,680	783,384	114,933	538	14,885	10,337	1,091	9,367	8,105	1,283
4月	770,591	107,670	r375,822	r41,592	345,225	51,757	615	13,377	9,007	1,070	8,513	2,919	1,219
5月	774,141	108,845	321,711	35,413	363,369	58,486	577	12,683	9,377	963	6,853	4,464	1,205
6月	857,415	117,606	390,915	40,689	452,555	72,516	535	14,166	10,198	1,152	7,458	5,133	1,276
7月	894,846	123,258	414,273	43,315	460,263	67,861	609	15,666	10,768	1,308	7,717	8,174	1,278
8月	634,833	91,179	322,838	35,260	333,470	51,165	526	11,818	7,815	1,126	8,078	3,282	1,282
9月	851,177	123,787	410,181	47,257	518,772	85,609	675	15,834	10,610	1,503	8,316	6,339	1,355
10月	817,080	119,872	401,250	44,881	396,505	67,232	672	16,561	10,475	1,645	7,780	3,004	1,337
11月	r743,401	r114,728	r368,109	43,039	r416,153	r75,521	727	13,919	9,267	1,230	7,880	3,011	1,391
12月	766,945	107,170	381,113	43,395	431,918	70,743	746	14,214	8,844	1,343	8,536	4,828	1,442
前 月 比	103.2	93.4	103.5	100.8	103.8	93.7	102.6	102.1	95.4	109.2	108.3	160.3	103.7
前年同月比	97.5	98.6	100.5	103.0	102.1	112.0	127.7	107.2	99.9	126.3	112.0	121.8	133.9

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

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

軽自動車販売は(一社)全国軽自動車協会連合会『軽四輪車新車販売確報』、

建設機械生産、産業車輛生産は『経済産業省生産動態統計』、

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

工作機械受注額は(一社)日本工作機械工業会『受注実績調査』

(注) r：訂正値

特殊鋼需給統計総括表

2014年12月分

鋼種別	月別		実数 (t)	前月比 (%)	前年同 月比(%)	1995年基準 指数(%)		
	項目							
工 具 鋼	熟間圧延鋼材生産		21,223	102.7	101.5	95.5		
	鋼材輸入実績		434	70.3	73.9	295.4		
	販売業者	受入計		26,599	98.2	94.5	129.3	
		販売計		25,797	101.3	103.2	126.6	
		うち消費者向		19,167	100.8	104.0	204.2	
		在庫計		53,199	101.5	103.2	147.6	
	鋼材輸出船積実績		5,422	154.3	84.3	151.4		
	生産者工場在庫		10,503	92.7	137.4	93.7		
	総在庫		63,702	100.0	107.7	135.1		
	構 造 用 鋼	熟間圧延鋼材生産		701,823	96.7	97.3	129.3	
鋼材輸入実績			49,778	141.7	138.4	3266.5		
販売業者		受入計		663,815	100.5	100.8	201.0	
		販売計		657,605	99.3	101.1	200.5	
		うち消費者向		446,701	99.0	104.8	209.0	
		在庫計		349,762	101.8	105.9	145.5	
鋼材輸出船積実績			93,190	108.1	104.9	550.5		
生産者工場在庫			362,098	100.4	102.6	121.0		
総在庫			711,860	101.1	104.2	131.9		
ば ね 鋼		熟間圧延鋼材生産		34,900	101.9	98.3	82.0	
	鋼材輸入実績		231	136.5	44.8	-		
	販売業者	受入計		19,852	98.4	92.9	133.0	
		販売計		19,918	98.3	97.2	133.7	
		うち消費者向		5,598	96.7	92.9	45.1	
		在庫計		11,009	99.4	77.4	346.4	
	鋼材輸出船積実績		12,543	86.5	89.7	99.1		
	生産者工場在庫		22,297	105.1	77.8	69.4		
	総在庫		33,306	103.2	77.7	94.3		
	ス テ ン レ ス 鋼	熟間圧延鋼材生産		225,138	102.5	89.0	83.3	
鋼材輸入実績			10,623	73.5	51.6	272.5		
販売業者		受入計		249,330	99.9	98.8	166.0	
		販売計		250,414	101.0	101.5	167.6	
		うち消費者向		57,881	101.0	99.9	101.6	
		在庫計		140,388	99.2	109.0	127.0	
鋼材輸出船積実績			84,082	91.7	82.3	82.7		
生産者工場在庫			120,070	104.5	100.4	81.6		
総在庫			260,458	101.6	104.9	101.0		
快 削 鋼		熟間圧延鋼材生産		52,511	88.2	93.5	59.3	
	販売業者	受入計		14,515	92.0	88.1	86.3	
		販売計		14,789	98.4	86.8	89.3	
		うち消費者向		14,352	97.4	86.4	100.9	
		在庫計		14,860	98.2	104.3	64.9	
	生産者工場在庫		31,045	94.4	102.5	138.1		
	総在庫		45,905	95.6	103.1	101.2		
	高 抗 張 力 鋼	熟間圧延鋼材生産		444,288	86.1	101.5	189.7	
		販売業者	受入計		8,469	74.9	82.3	68.4
			販売計		8,306	74.5	82.6	67.3
うち消費者向				5,374	69.9	84.7	99.8	
在庫計				10,308	101.6	110.7	77.8	
生産者工場在庫			186,664	91.7	104.4	111.4		
総在庫			196,972	92.2	104.7	108.9		
そ の 他		熟間圧延鋼材生産		135,139	97.4	100.8	57.7	
		販売業者	受入計		41,432	99.6	92.6	334.5
			販売計		40,091	98.9	93.5	324.7
	うち消費者向			36,497	98.8	104.3	678.0	
	在庫計			54,750	102.5	105.0	413.2	
	生産者工場在庫		71,379	99.9	87.0	42.6		
	総在庫		126,129	101.0	94.0	69.8		
	特 殊 鋼 材 合 計	熟間圧延鋼材生産合計		1,615,022	94.2	97.4	119.8	
		鋼材輸入実績		110,605	168.2	136.7	1398.5	
		販売業者	受入計		1,024,012	99.8	99.2	179.1
販売計				1,016,920	99.5	100.4	178.8	
うち消費者向				585,570	98.8	103.4	173.9	
在庫計				634,276	101.1	105.6	143.4	
鋼材輸出船積実績			809,806	127.9	116.5	241.3		
生産者工場在庫			804,056	98.5	100.5	105.5		
総在庫			1,438,332	99.7	102.7	119.4		

出所: 鋼材輸入実績及び鋼材輸出船積実績は財務省関税局『貿易統計』、それ以外は経済産業省『経済産業省生産動態統計』、『鉄鋼生産内訳月報』、但し総在庫は特殊鋼倶楽部で計算
 (注) 1. 熟間圧延鋼材生産、生産者工場在庫及び総在庫は、2014年1月より『経済産業省生産動態統計』から『鉄鋼生産内訳月報』に変更されたため、それ以前の数値との連続性はない。
 2. 鋼材輸入実績は速報値を掲載。構造用鋼の鋼材輸入実績とは高炭素鋼の棒鋼及び合金鋼の棒鋼、線材を加算したもの。
 3. 総在庫とは販売業者在庫に生産者工場在庫を加算したもの。生産者工場在庫は熟間圧延鋼材のみで、冷間圧延鋼材及び鋼管を含まない。また、工場以外の置場にあるものは、生産者所有品であってもこれを含まない。

倶楽部だより

(平成26年12月1日～平成27年1月31日)

平成27年新年賀詞交換会 (1月6日)

場 所：東京・ホテルニューオータニ

参加者：約700名

(12月16日)

見学先：①日産自動車(株)追浜工場

②東邦チタニウム(株)茅ヶ崎工場

参加者：38名

市場開拓調査委員会 (1月15日)

「海外日系自動車メーカーの自動車部品に係る特殊鋼調達動向調査」中間報告書の検討

[大阪支部]

平成27年新年賀詞交換会 (三団体共催、1月5日)

場 所：リーガロイヤルホテル

参加者：約740名

編集委員会

・小委員会 (12月18日)

5月号特集「製造工程、検査工程」(仮題)の編集内容の検討

三団体共催講演会 (12月8日)

演 題：「可能性への挑戦～決してあきらめない～」

・本委員会 (1月13日)

5月号特集「製造工程、検査工程」(仮題)の編集方針、内容の確認

講 師：舞の海秀平氏

参加者：107名

流通委員会

・工具鋼分科会 (12月10日)

三団体責任者会議 (12月8日)

賀詞交換会他、本年度下期共催事業検討他

・説明会 (12月24日)

「平成26年度第4・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 成瀬 輝男 氏

参加者：45名

[名古屋支部]

平成27年新年賀詞交換会 (三団体共催、1月7日)

場 所：名古屋観光ホテル

参加者：417名

特殊鋼関連記号集編集委員会 (1月23日)

平成26年度版特殊鋼関連記号集のまとめかた最終原稿(案)について

部会

・企画部会 (1月22日)

①定時総会開催日程

②定時総会後の講演会、講演テーマの選定

・工具鋼部会 (1月29日)

工場見学会

(12月9日)

見学先：①日本発条(株)横浜工場

②日本冶金工業(株)川崎製造所

参加者：49名

一般社団法人特殊鋼倶楽部 会員会社一覽

(社名は50音順)

[会 員 数] (正 会 員) 製造業者 24社 販売業者 101社 合 計 125社	【販売業者会員】		
【製造業者会員】 愛 知 製 鋼 (株) 秋 山 精 鋼 (株) (株)川 口 金 属 加 工 (株)神 戸 製 鋼 所 合 同 製 鐵 (株) 山 陽 特 殊 製 鋼 (株) J F E ス チ ー ル (株) J X 日 鋳 日 石 金 属 (株) 下 村 特 殊 精 工 (株) 新 日 鐵 住 金 (株) ス テ ン レ ス パ イ プ 工 業 (株) 大 同 特 殊 鋼 (株) 高 砂 鐵 工 (株) 東 北 特 殊 鋼 (株) 日 新 製 鋼 (株) 日 本 金 属 (株) 日 本 高 周 波 鋼 業 (株) 日 本 精 線 (株) 日 本 冶 金 工 業 (株) 日 立 金 属 (株) (株)不 二 越 三 菱 製 鋼 (株) ヤ マ シ ン ス チ ー ル (株) 理 研 製 鋼 (株)	愛 鋼 (株) 青 山 特 殊 鋼 (株) 浅 井 産 業 (株) 東 金 属 (株) 新 井 ハ ガ ネ (株) 粟 井 鋼 商 事 (株) 伊 藤 忠 丸 紅 鉄 鋼 (株) 伊 藤 忠 丸 紅 特 殊 鋼 (株) 井 上 特 殊 鋼 (株) (株)U E X 確 井 鋼 材 (株) ウ メ ト ク (株) 扇 鋼 材 (株) 岡 谷 鋼 機 (株) カ ネ ヒ ラ 鉄 鋼 (株) 兼 松 (株) 兼 松 ト レ ー デ ィ ン グ (株) (株)カ ム ス (株)カ ワ イ ス チ ー ル 川 本 鋼 材 (株) 北 島 鋼 材 (株) ク マ ガ イ 特 殊 鋼 (株) ケ ー ・ ア ン ド ・ アイ 特 殊 管 販 売 (株) 小 山 鋼 材 (株) 佐 久 間 特 殊 鋼 (株) 櫻 井 鋼 鐵 (株) 佐 藤 商 事 (株) サ ハ シ 特 殊 鋼 (株) (株)三 悦 三 協 鋼 鐵 (株) 三 京 物 産 (株) 三 興 鋼 材 (株) 三 和 特 殊 鋼 (株) J F E 商 事 (株) 芝 本 産 業 (株) 清 水 金 属 (株) 清 水 鋼 鐵 (株) 神 鋼 商 事 (株) 住 友 商 事 (株)	大 同 興 業 (株) 大 同 D M ソ リ ュ ー シ ョ ン (株) 大 洋 商 事 (株) 大 和 興 業 (株) 大 和 特 殊 鋼 (株) (株)竹 内 ハ ガ ネ 商 行 孟 鋼 鉄 (株) 田 島 ス チ ー ル (株) 辰 巳 屋 興 業 (株) 中 部 ス テ ン レ ス (株) 千 曲 鋼 材 (株) (株)テ ク ノ タ ジ マ (株)鐵 鋼 社 デ ル タ ス テ ー ル (株) 東 京 貿 易 金 属 (株) (株)東 信 鋼 鉄 特 殊 鋼 機 (株) 豊 田 通 商 (株) 中 川 特 殊 鋼 (株) 中 野 ハ ガ ネ (株) 永 田 鋼 材 (株) 名 古 屋 特 殊 鋼 (株) ナ ス 物 産 (株) 南 海 鋼 材 (株) 日 輪 鋼 業 (株) 日 金 ス チ ー ル (株) 日 鉄 住 金 物 産 (株) 日 鉄 住 金 物 産 特 殊 鋼 西 日 本 (株) 日 本 金 型 材 (株) ノ ボ ル 鋼 鉄 (株) 野 村 鋼 機 (株) 白 鷺 特 殊 鋼 (株) 橋 本 鋼 (株) (株)長 谷 川 ハ ガ ネ 店 (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 ズ (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 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) 渡 辺 ハ ガ ネ (株)

特 集 / よくわかる特殊鋼の製造プロセス

- I. 特殊鋼の製造技術の歴史と基本プロセス
- II. 特殊鋼の製造プロセス
- III. 会員会社の最新設備

7月号特集予定…熱処理（表面処理を含む）

特 殊 鋼

第 64 卷 第 2 号
© 2 0 1 5 年 3 月
平成27年2月25日 印 刷
平成27年3月1日 発 行

定 価 1,230円 送 料 100円
1年 国内7,300円（送料共）

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

〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町3丁目2番10号 鉄鋼会館
電 話 03(3669)2081・2082
ホームページURL <http://www.tokushuko.or.jp>
振替口座 00110-1-22086

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

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