

特殊鋼

2010

7

The Special Steel ————— *Vol.59 No.4*

特集 / 最近の鍛造技術



特殊鋼

7

目次

2010

【編集委員】

委員長	並木 邦夫 (大同特殊鋼)
副委員長	久松 定興 (中川特殊鋼)
委員	福井 康二 (愛知製鋼)
〃	小椋 大輔 (神戸製鋼所)
〃	西森 博 (山陽特殊製鋼)
〃	出町 仁 (新日本製鐵)
〃	村井 暢宏 (住友金属小倉)
〃	本田 正寿 (大同特殊鋼)
〃	内藤 靖 (日新製鋼)
〃	大和田哲也 (日本金属)
〃	小野 寛 (日本金属工業)
〃	山崎 浩郎 (日本高周波鋼業)
〃	足達 哲男 (日本冶金工業)
〃	加田 善裕 (日立金属)
〃	岡本 裕 (三菱製鋼)
〃	中村 哲二 (青山特殊鋼)
〃	池田 正秋 (伊藤忠丸紅特殊鋼)
〃	岡崎誠一郎 (UEX)
〃	石黒 賢一 (三興鋼材)
〃	金原 茂 (竹内ハガネ商行)
〃	甘利 圭右 (平井)

【特集／最近の鍛造技術】

I. 総論

1. 塑性加工概論	大阪大学	小坂田宏造	2
2. 鍛造技術ロードマップ	名古屋大学大学院	石川 孝司	7
3. 鍛造業界の現状と展望	(社)日本鍛造協会	鈴木 太	11
4. 最近の自動車部品の鍛造	トヨタ自動車(株)	森下 弘一	15

II. 鋼材の鍛造方法

1. 型鍛造

(1) 熱間鍛造の現状	(株)ゴーシュー	西郡 榮	19
(2) 温・冷間鍛造	(株)ニチダイ	濱家 信一	23

2. 自由鍛造、他

(1) 最近の難加工材加工事例	大同特殊鋼(株)	益永 敦郎	26
(2) 大型自由鍛造の製造事例			
—エネルギー産業を支える大型鍛鋼品—			
	(株)日本製鋼所	小野 信市	29
(3) ローリング鍛造	富士鍛工(株)	山川 隆久	33

III. 最新の鍛造技術

1. 鍛造機械の動向 (サーボプレス)

	コマツ産機(株)	安藤 弘行	37
	(株)イフカム	堀 泰輔	

2. フォーマーにおける大型鍛造品成形

	(株)阪村機械製作所	中野 孝之	40
--	------------	-------	----

3. 鍛造潤滑剤の最近の動向

	大同化学工業(株)	池田 修啓	43
--	-----------	-------	----

4. 鍛造シミュレーションの活用

		久保田 智	
	(株)ヤマナカゴーキン	金 秀 英	45
		江藤 洋介	

5. 制御鍛造技術の開発動向

	大同特殊鋼(株)	五十川幸宏	47
--	----------	-------	----



あらゆる素材を次世代に向けて



ISO 9001 (全事業所)

ISO 14001 (特殊鋼部門)

JCSS
0088

は計量法に基づくトレーサ
ビリティ制度のロゴです。

流量—小流量国家認定事業者



特殊鋼・高合金・半導体装置

株式会社平井

http://www.kk-hirai.co.jp/

本社：〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町2丁目17番9号

TEL.03-3667-7311(大代表) FAX.03-3667-7341~4

営業所：所沢・北関東・名古屋・静岡 加工センター：所沢・北関東

システム事業部(半導体) システム事業部技術研究所

IV. 会員メーカーの材料・技術・製品の紹介

熱間縦型リングローリングの紹介……………山陽特殊製鋼(株) 50

塑性加工用デジタル・エンジニアリングシステム

DAINUS® …………… 大同特殊鋼(株) 51

“特集”編集後記 ……………日本高周波鋼業(株) 山崎 浩郎 52

●一人一題：「上海万博」に想う事」…山陽特殊製鋼(株) 黒石 忍 1

■業界の動き …………… 53

▲特殊鋼統計資料 …………… 56

★倶楽部だより（平成22年4月21日～6月20日）…………… 60

☆社団法人特殊鋼倶楽部 会員会社一覧 …………… 61

特集／「最近の鍛造技術」編集小委員会構成メンバー

役名	氏名	会社名	役職名
小委員長	山崎 浩郎	日本高周波鋼業(株)	富山製造所 技術部 担当次長 (東京駐在)
委員	福井 康二	愛知製鋼(株)	技術企画部 企画調査室 主査
〃	戒田 收	(株)神戸製鋼所	鉄鋼部門 線材条鋼商品技術部 課長
〃	西森 博	山陽特殊製鋼(株)	軸受営業部 軸受CS室長
〃	宮本 裕嗣	新日本製鐵(株)	棒線営業部 棒線商品技術 Gr. マネジャー
〃	本田 正寿	大同特殊鋼(株)	特殊鋼事業部 特殊鋼商品開発 部 副主任部員
〃	加田 善裕	日立金属(株)	特殊鋼カンパニー 技術部長
〃	甘利 圭右	(株)平井	常務取締役



ばね用・精密機器用
特殊鋼二次製品

いかに より お役に立つか

株式会社 **プルータス**

本社 〒101-0032 東京都千代田区岩本町3-11-11
 ☎ 03-3861-0101 FAX 03-3863-6153
 東京営業所 ☎ 03-3766-6301 FAX 03-3762-8130
 北関東支店 ☎ 0282-86-6613 FAX 0282-86-6513
 前橋支店 ☎ 027-266-8361 FAX 027-266-8363
 仙台支店 ☎ 0224-55-1184 FAX 0224-57-1587
 新潟プルータス ☎ 025-260-7701 FAX 025-260-7812
 諏訪プルータス ☎ 0266-53-0775 FAX 0266-58-0104

「上海万博」に想う事

山陽特殊製鋼(株)
軸受営業部長

くろ いし
黒 石

しのぶ
忍



今年のトピックスの1つに「上海万博」がある。

4月中旬に上海を訪問した。訪問する度に相次いで新しい高速道路・鉄道・高層ビルが建設されているが、中国の国家政策の意思決定や高速道路・鉄道など建設のスピードには驚かされる。万博開会前にPRソングの盗作騒ぎもあったが、中国で初めて開催される万国博覧会であり、大阪万博を上回る7,000万人の入場者を目標とし、国を挙げて取組み、“中国の発展”を世界にアピールしようとしている。

さて、世界経済は、2008年9月のリーマンショックに端を発する景気減退の後、徐々に回復傾向にある。但し、回復の足取りは一様ではなく、中国やインドを中心とした新興国の回復は顕著となっているが、ギリシャ発の金融危機に伴う金融市場の混乱や日本政局の混迷もあり、欧米・日本などの先進国は緩やかな回復に止まり、経済は“グローバル化・多極化”している。

中でも中国は、経済の好調さを世界に見せつけている。従来の沿岸部だけでなく、内陸部の経済振興が始まり、インフラ関連を含めて、「人」・「物」・「金」が中国全土に拡がりを見せ、輸出主導から内需依存へ構造変化を遂げようとしている。それに伴い、富裕層だけでなく中間層の所得水準・購買力の向上、高品質商品シフトなど内需の質は変化しつつある。万博を訪れる中国人の興味も、環境、先進技術などに注目が集まっている。

昨今、経済のグローバル化進展に伴い、日本メーカー各社も中国シフトを強めており、こういった構造変化に対応した企業戦略が求められる。従来型の安かろう悪かろうに対応した商品戦略では対応できず、独自技術を活かした1ランク上のゾーンを狙う戦略が求められ、このゾーンは日本の技術が活かされる分野である。中国の技術進歩、追いついてくるスピードは速い。現時点では、わが国は技術優位性があるが、その先進性を追及し、維持して行かなければならない。

上海万博の後に（一時的な調整局面が予想されているが）、どんな世界が拡がっているのか？日本国内は大きな成長が見込めない中、我々特殊鋼業界を含めた日本企業は「高い品質」と「きめ細かなサービス」を活かして、品質・技術力を活かした得意分野である、自動車、インフラ、環境・エネルギー分野など、拡大する海外需要の取込みを目的とした成長戦略が必要である。加えて将来的には、環境問題（但し、地球温暖化の科学的な根拠・信頼性は大きく揺らいでいる。現在日本政府が進めている温暖化対策は、企業や個人の多大な負担が避けられない）に端を発する小型車化や電気自動車など技術革新に伴う、特殊鋼原単位の減少などが課題となってくる。



特 集

最近の鍛造技術

I. 総論

1. 塑性加工概論

大阪大学 名誉教授 おさかだ こうぞう 小坂田 宏 造

◇ 塑性加工の特色

「塑性加工」とは、金属素材に力を加えて永久(塑性)変形させ、工具に沿った形状の製品に加工することである。塑性加工方法は多岐にわたるが、製品の形状から大きく分けると、板や棒線材などを連続的に製造する素材製造(圧延など)、塊状物の加工(鍛造など)、板やパイプの加工(深絞りなど)になる。塑性加工は、通常、生産能率が高く、素材から製品になるまでの材料歩留り(ぶどまり)が高い。こうしたことから、塑性加工は精度や材質が均一な製品を経済的に生産するために使用されることが多い。

一方、塑性加工には高圧力、大荷重を必要とするため加工機械や工具が高価となり、少量生産ではコスト高になることが多い。また、複雑な型の細部に材料を充填するのが困難であるため製品形状には制約が大きい。

圧延や板加工は他の加工法と競合しないが、塊状製品の加工には塑性加工のほか、鋳造、粉末焼結、切削などがある。鋳造と比較すると鍛造の生産性や製品材質は良いが、複雑な製品形状では及ばない。切削と比較しても生産性は良いが、製品精度では劣る。こうしたことから、複雑な製品形状、高い製品精度を目指して塑性加工の開発がなされている。

◇ 塑性加工方法

図1に主な塑性加工方法を、素材製造、塊状素

材加工、板パイプの加工に分けて示す。各々の加工法は、この分類以外の用途にも使用されることも多く、また、ここに示す以外にも多数の加工方法が存在する。

1. 素材製造

圧延：圧延は回転する一組のロール間で素材を長く引き延ばす方法であり、単純な円筒型のロールで圧延する平圧延と、ロールに溝をつけて棒、線材、形鋼を製造する型圧延とがある。また、一台の圧延機で往復しながら圧下する可逆圧延と、5～6台の圧延機を並べて連続的に圧延する連続圧延がある。均一な板厚の板の製造には、各種の板厚制御方法が適用されている。

特殊な圧延方法としては、棒の中心に穴を開けながら管を製造するマンネスマン圧延や、高強度材料薄板を室温で製造するために多くのロールでバックアップしたゼンジミア圧延などもある。

押し出し：太い棒状の素材をコンテナに閉じ込め、一方から押して他方の穴から連続的に流出させる方法が「押し出し」であり、アルミ窓枠などの製造で用いられる。生産量の少ない材料の棒材の棒材製造では、連続圧延に比べて設備投資が大幅に少ない押し出しが用いられる。

引抜き：ダイス(工具)穴に線材を通して出口から引張り、線の径を小さくする方法を「引抜き」と言う。一般に直径5.5mm以上の鋼線は圧延で作成されるが、それ以下の径の線材は引抜きにより作成する。引抜きでは一段あたり10%程度の直径減少であるので、10 μ m以下の細線では非常に多

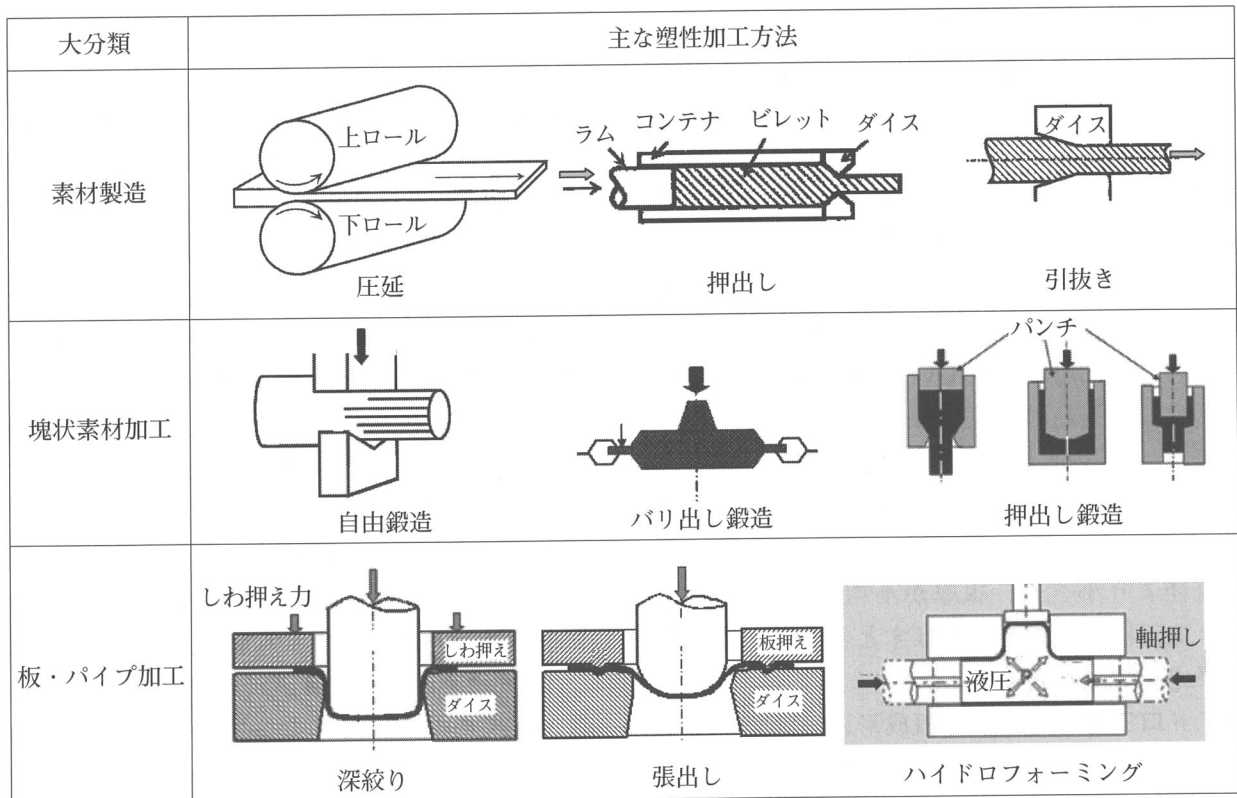


図 1 主な塑性加工方法

くの引抜き回数を必要とする。

2. 塊状素材加工

自由鍛造：簡単な形状の工具で繰り返し打撃して、逐次形状を成形していく方法を「自由鍛造」と言う。熱間自由鍛造では鑄造組織や粗大結晶をつぶしたり介在物を細かくしたりして、材質を向上することができる。自由鍛造にはハンマ鍛造機が用いられることが多いが、船舶用の大型クランクシャフト、発電機のロータ、原子炉用の圧力容器などの大形製品の自由鍛造には10,000トンクラスの大形油圧プレスが利用されている。自由鍛造品は重量が大きく取扱いが容易でないため、素材を掴んで移動したり、回転したりするマニプレータと呼ばれる一種のロボット装置が用いられる。

バリ出し鍛造：金型形状に沿わせるような鍛造を「型鍛造」と言うが、その中で最も多い形式は、素材を金型の中で圧縮し、一部を薄いバリとして逃がす「バリ出し（半密閉）鍛造」である。バリは体積の調整だけでなく、バリ部の圧縮により型内の圧力を高めて細部へ素材を流し込む役割を持つ。熱間型鍛造品は材質が良いため、自動車エンジンのクランクシャフトなどの信頼性の求められ

る部材に使用されている。

押し鍛造：冷温間鍛造では精度保証と歩留まり向上のため、型鍛造のうち前方押し、後方押しなど押し形式の加工方法が多用される。冷温間鍛造では製品精度や表面状態が良いため、切削仕上げ加工を省略でき、経済的な大量生産に適している。重量が数kg以下の自転車、オートバイ、自動車、建設機械の小型部品のほか、ボルト、ナットのほとんどが冷間鍛造で製造されている。

回転鍛造：工具または素材を回転させて、塊状素材を加工する方法を「回転鍛造」と総称する。ボルトなどのねじは「転造」で加工されている。その他、圧延形式の「ロール鍛造」、棒材の一部をロールで細くする「クロスローリング」、コマ状工具の円錐面を軸対称素材に押し当てて回転しながら圧下する「揺動鍛造」などがある。

3. 板・パイプ加工

深絞り：板素材をパンチによりダイス穴内に押し込み、素板の外径を縮めて容器状の製品を成形する方法が「深絞り」であり、自動車のガソリタンクなど容器が製造されている。深絞りでは「しわ」と「破断」によって加工限界が定まる。しわ

押さえ力を加えることによりしわ発生を防ぐことができる。加工力は製品底部に引張り応力として伝えられるため、パンチ底付近で破断を生じやすい。

張出し：円板の外周をビードと呼ばれる突起で拘束した状態でパンチを押し込むと、板はしわを生じることなく張った面になるが、このような成形を「張出し加工」と言う。張出し加工は自動車の外板の成形に用いられているが、破断しやすいので、容器状製品の加工には利用できない。

しごき：板厚より小さい隙間（クリアランス）のダイスの中を押し通して材料を伸ばす方法を「しごき加工」と言う。深絞り製品は、容器の深さが直径より小さく、板厚が不均一であるので、しごき加工により長さを伸ばすとともに、薄い壁厚で平坦な製品表面にする。

ハイドロフォーミング：板成形において金属工具の代わりに液圧で力を加える方法をハイドロフォーミングと言う。最近では自動車用のパイプの塑性加工にハイドロフォーミングが使用されるようになった。このとき、内圧付加と同時にパイプを両端から押すことにより、膨張部分の肉厚が薄くなりすぎないようにしている。

◇ 塑性加工の材料特性

摩擦がない均一圧縮試験において圧板に加わる面圧を「変形抵抗」として素材の変形強度を代表する基礎データとして用いる。塑性加工工具に加わる面圧は変形抵抗に比例し、通常、変形抵抗の1～5倍程度である。図2に各種金属材料の室温での変形抵抗とひずみの関係を示す。金属を室温（冷間）で塑性変形させるときに次第に硬くなる現象を「加工硬化」と言う。加工硬化により材料は高強度になるため、製品強度を高めるために塑性加工が利用されることもある。

塑性変形中に生じる割れを「延性破壊」と呼ぶが、加工中に大きな引張り応力を生じると割れやすくなり、逆に、圧縮応力を加えると割れを抑えることができる。これは塑性変形により微小な欠陥（微小クラック、ポイドなど）が生じ、引張り応力のもとで成長しやすいためである。材料面からは介在物（鋼ではMnSなど）が破壊の起点になるため、製鋼において介在物量を少なくし、またその細長く伸びた形状を球に近づけて破壊を防いでいる。さらに、表面疵も延性破壊を促進するため、圧延時の疵除去も重要である。

◇ 塑性加工温度

図3に加工温度による塑性加工の分類を示す。低温で塑性変形を受けて硬化した金属の温度を上

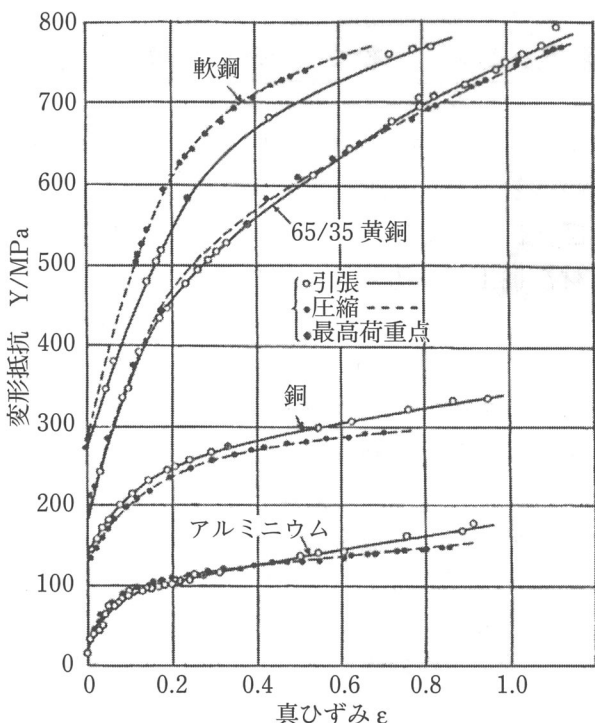


図 2 各種金属材料の変形抵抗のひずみ依存性

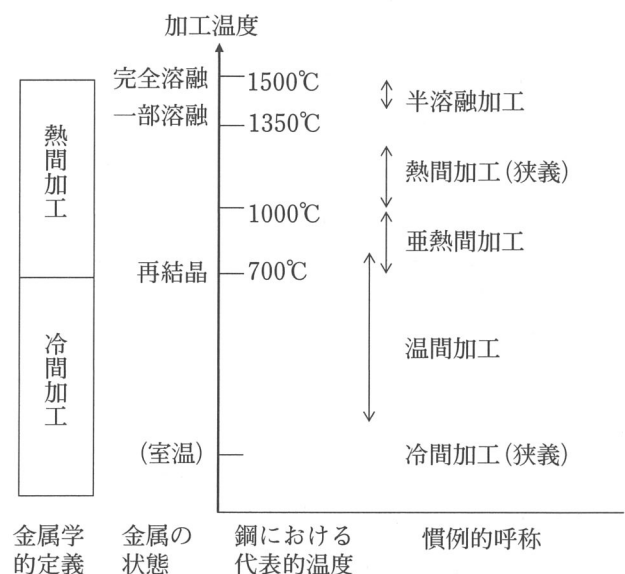


図 3 塑性加工の温度による分類

げ行くと軟化（回復）を生じ、溶融温度（絶対温度）の約1/2の温度で再結晶する。鉄鋼では600～700℃に再結晶温度がある。再結晶のために加工後に加工硬化が残らない温度での塑性加工を「熱間加工」と言う。熱間加工のうち通常より低い加工温度の場合を亜熱間加工と言うこともある。また、再結晶温度以下での加工を金属学的には冷間加工と定義するが、実際には再結晶温度以下の温度に加熱した加工を「温間加工」、室温で行う加工を「冷間加工」と言っている。金属の溶融開始（固相）温度と完全溶融（液相）温度との間の固液共存状態での加工を半溶融加工またはチクソ加工と言う。多くの鉄鋼材料では1350～1500℃の温度範囲で半溶融である。

図4に中炭素鋼の変形抵抗の温度依存性を示す。冷間加工の室温では700～900MPaの変形抵抗であるが、熱間加工が多く行われる1100℃では変形抵抗は100～200MPaと室温での値の1/5程度になり、加工が容易であることが分かる。炭素鋼では300～600℃に変形抵抗の山が生じるが、この温度を「青熱脆性」温度と言ひ、この温度範囲での加工を避けるようにしている。

熱間塑性加工では再結晶により材質が変化するが、鑄造インゴットの分塊圧延は鑄造組織を壊して再結晶組織の材質にするために実施される。最近の高張力鋼板は、高温（1000℃程度）の圧延と、より低い温度（例えば800℃）での圧延とを組み合わせ、微細再結晶粒を実現し、冷却温度も管理し

ながら製造している。熱間加工と熱履歴を組み合わせ、材料特性を向上させる加工熱処理（TMP）は鋼材を高強度にして有効に利用する方法として、今後の発展が期待されている。

鉄鋼材料を約900℃に加熱すると表面が急速に酸化して酸化膜（スケール）がつくが、鋼中の炭素も酸化されて酸化表面層近傍で炭素が少なくなる「脱炭」を生じる。

塑性加工エネルギーの90%程度は熱に変換され、変形後の材料の温度を上げる。冷間鍛造では加工後に200～300℃になるのが普通である。加工発熱のために変形抵抗が低下し、加工が容易になることもあるが、溶融温度に近い温度で加工をすると一部溶融して割れの原因になることもある。

◇ 塑性加工の周辺技術

1. 加工機械

鍛造や板成形には1kgf（10N）程度の力から7万tonf（700MN）の力を発生できる各種の機械が必要である。図5(a)の機械プレスは、フライホイールに連結されたクランクを回転することによりスライド/ラムを往復運動させるものである。スライド移動量は加工力によらず一定であるため、「変位規定」の加工機械である。

図(b)の油圧プレスは、高い油の圧力でスライドを駆動する。油圧プレスは作動油の流速を制御することにより任意の速度に制御でき、どの位

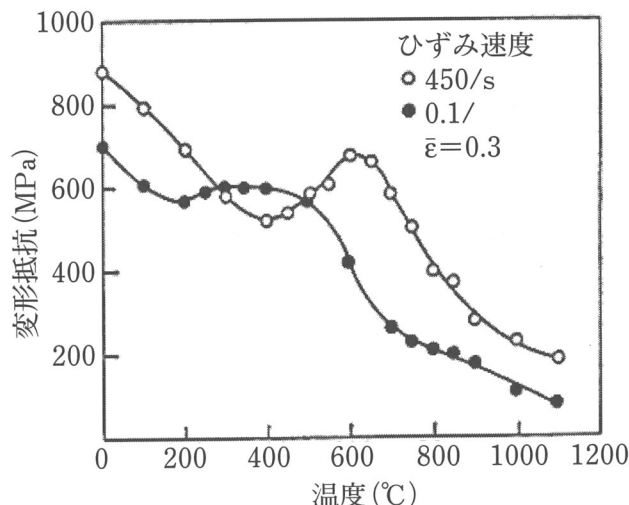


図4 中炭素鋼（S35C）の変形抵抗の温度依存性

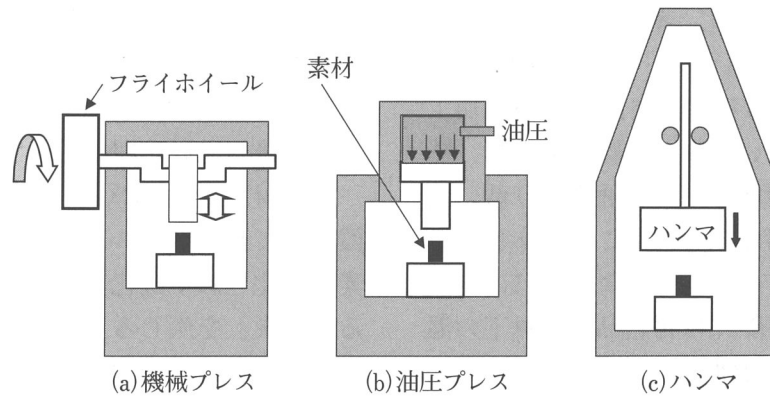


図 5 塑性加工機械

置でも最大の加工力を発生することができる。最大加工力が油の圧力によって定まるため、「荷重規定」の加工機械である。

図(c)のハンマは重力や空気圧などで加速され、加工物に衝突すると加工力により減速され、ハンマの運動エネルギーを消費し停止する「エネルギー規定」の加工機械である。

2000年頃からACサーボを用いた機械プレスが製造され始めた。ACサーボプレスでは、クラッチブレーキおよびフライホイールがない簡単な機構になっている。スライドの動きが自由に設定できるため、新しい加工方法の実現が期待される。

2. 工具

塑性加工用の工具には被加工材よりも硬く、摩耗しにくい材料が用いられる。冷間加工用の工具材料には炭素工具鋼、合金工具鋼、高速度鋼、超硬合金などがあり、超硬合金が最も硬い材料として用いられている。硬さが高くなるとともに靱性や耐衝撃性が低くなる。最近ではこれらの工具材料の表面に物理蒸着(PVD)や化学蒸着(CVD)などでTiCやTiCNなどの高硬度の被膜を生成して、母材で靱性を保ちながら表面の摩耗特性を上げることが多い。

鋼工具を焼戻し温度以上に加熱すると硬さが極

端に低下するため、高温加工では接触時間をできるだけ短くし、水溶性の潤滑で工具を冷却する。熱間鍛造金型では窒化処理により表面の高温硬さを向上させている。空气中で高温に長時間曝される工具にはセラミックス材料が用いられることもあるが、セラミックスは電気を通さず放電加工が使用できないため工具に加工しにくいのが難点である。

3. 潤滑

塑性加工には潤滑が不可欠と考えられ、水溶性や油性潤滑剤のほか、グラファイトや二硫化モリブデンなどの固体潤滑剤も使用されてきた。潤滑剤自体の成分や潤滑処理廃液には環境に好ましくない成分(例えば塩素)が含まれていることが多いが、最近では塩素フリー潤滑剤など環境に配慮した潤滑に移行している。冷間鍛造用潤滑のリン酸塩処理の廃液も処理に問題があり、一液潤滑と呼ばれる簡易な方法が広がっている。冷間加工では潤滑剤なしのドライ加工が目標であるが、これには新しい工具表面処理が不可欠である。

熱間、温間鍛造ではグラファイトが潤滑剤として使用されてきたが、作業環境を汚すため高分子系の白色潤滑剤が多くなっている。熱間加工では、冷却のための水だけの潤滑が最終目標である。

2. 鍛造技術ロードマップ

名古屋大学大学院 工学研究科マテリアル理工学専攻 教授 石川 孝 司

まえがき

経済産業省は、2008年版「素形材技術戦略」¹⁾をまとめ、公開した。それは、素形材産業の将来目標、その目標達成に向けた戦略シナリオ、日本のものづくり基盤を支える素形材技術である鑄造技術、鍛造技術、金属プレス加工技術、粉末冶金技術、金型技術、熱処理技術の6分野から構成される重点技術開発事項及び重要技術のロードマップから構成されている。重点技術開発事項の検討では、6分野全体で、総計344の要素技術について俯瞰を行い、すべての要素技術について技術競争力優位性、市場インパクト、省エネ・省資源等8指標で重要度の評価を行い、141の重要技術を指摘している。

今後、これらの成果をもとに、日本のものづくり基盤を支える素形材産業の技術開発に携わる方々のコミュニケーション・ツールとして活用されるよう、幅広く産学官に提供し、効率的・効果的な技術開発を促進するとともに、新たな研究開発プロジェクトの企画・立案に活用されることが期待されている。ここでは鍛造分野のロードマップとしてあげられた重要技術を抜き出して紹介し、今後の動向を述べる。

◇ ロードマップの重要技術

1. 新機能を実現するための新材料技術

鍛造性が良好な高強度高靱性鋼材：鍛造後の熱処理省略が可能で鍛造性を確保した高強度高靱性鋼材を開発する。鍛造では、面圧が高く金型への負荷が大きいため、鍛造時にはなるべく変形抵抗の低い材料が好ましい。この観点から軟質鋼や黒鉛鋼が開発されている。この鋼種は鍛造後の熱処理で強化する。

制御鍛造による材料の作りこみ：鍛造のまま鍛造品の必要なところに必要な特性（高強度部位、良機械加工性部位など）を造り込む技術を、材料面

とプロセス面から開発する。このような同一部材内で特性を変化させる機能傾斜部材のニーズは、部材の軽量化、高機能化の要求から増加するものと考えられる。平成19年よりNEDOプロジェクト「鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発」²⁾の中で、その実現のための研究が進められている。

アルミ、マグネシウム、チタンなど軽量化対応の鍛造用材料の開発：Alについては耐熱性、耐SCC（応力腐食割れ）性を、Mgは耐熱性、耐食性、低廉化、高品質化を、Tiにおいては低廉材の材料技術開発を推進する。いずれも鉄鋼材料に比してコスト面で不利であるが、素材作りから機械加工までの一貫プロセスとして勝負できる技術開発が必要である。写真1はアルミフロントハイマウントナックルの鍛造工程である³⁾。機械加工まで含めたコスト低減がなされている。

2. 高度な生産を可能とする技術

熱間鍛造用新工具材料の開発：通常熱間鍛造ばかりでなく、今後増加すると見られる密閉鍛造やNi基合金などの特殊材料の鍛造のためにも、高温、高面圧に耐える工具材料を開発する。セラミックス工具も対象となる。

高機能金型表面皮膜処理技術：型寿命を延ばすために、摩擦が低く母材との密着性が向上した皮膜の開発、膜厚の制御技術、局部摩耗が発生した場合の再皮膜処理などの技術が望まれる。DLC膜の有効性がAl合金の成形金型で確認されているが、その拡大利用やCN_x皮膜⁴⁾など新しい皮膜

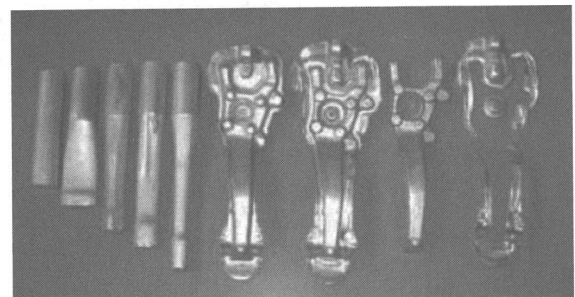


写真1 アルミ鍛造工程³⁾

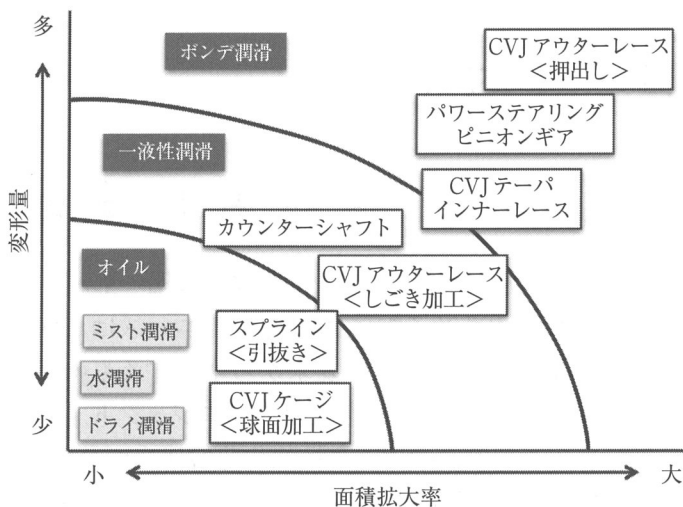


図 1 冷間鍛造における潤滑剤の適用⁵⁾

の鍛造金型への適用が期待される。一方、ボンデ処理にかわる潤滑剤の開発も必須である。図1⁵⁾は冷間鍛造における潤滑剤の適用範囲を示したもので、一液性潤滑剤やオイルの適用範囲拡大が今後の課題である。

3. 高品質・高付加価値を実現するための新プロセス

高精度ヘリカル歯車用複合プロセス（熱処理歪みの小さい鍛造プロセス）：高精度ヘリカル製品の鍛造は金型への負荷が高く、また、両歯面のひずみが不均一になること、また、成形後の熱処理で大きなひずみが生じる。そこで、成形荷重を大幅に低減できる成形法や変形抵抗が低く熱処理歪みの小さい材料の開発が必要である。写真2のように、鍛造ヘリカルギアは一部実用化されており、その疲労強度は機械加工歯車よりも高いことが示されている⁶⁾。鍛造プロセスの開発、最適化を進め適用部品の拡大を図りたい。

軽量化（板・中空・薄肉）鍛造：薄肉化、中空化であるが、その鍛造技術の開発が望まれる。写真3⁷⁾に中空鍛造部品の例を示す。大幅な軽量化が期待できる。また、管材の表面の一部にギアを鍛造で成

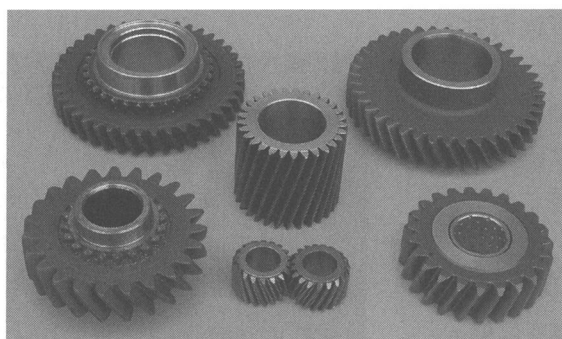


写真 2 鍛造ヘリカルギアの例⁶⁾

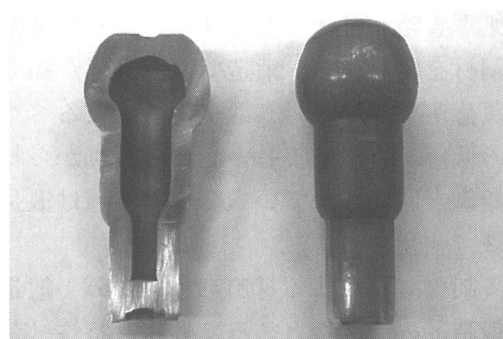


写真 3 中空鍛造部品⁷⁾

形する中空ラックバーは、中実バーと比較し軽量化率50%を実現している⁸⁾。また、素材に板材を用いる板鍛造により薄肉化が容易となる。車体、部品の軽量化を格段と進める技術として期待される。

材料ロスの少ない高精度美肌棒材切断法：変形の少ないシャー切断、高速度で切粉が極小となる鋸切断またはプラズマやレーザー等の技術を組み合わせた複合的な切断機の開発が必要である。

4. 新規ユーザ分野に対応する新素材形製品

燃料電池、電気自動車部品用鍛造品：モータからホイールまでの駆動部品の軽量化などによる付加価値向上が急務となる。また、今までにない電池やモータの部材への鍛造の適用に期待がかかる。

航空機用鍛造品：複合材の増加により機体構造にも変化が生じており、エンジン品も含めて設計と連携した軽量化、低コスト化技術の開発が必要である。ジェット旅客機の国産化にともない、航空機用の鍛造品の増加が期待される。

5. 設計プロセス最適化のための知能化・情報化技術

鍛造金型の寿命予測評価システム（データベース含む）：金型の寿命要因である、摩耗や割れの発現時期と量を予測するシステムを構築し、製品設計・工程設計にフィードバックして金型の長寿命化を実現する。

鍛造工程エキスパートシステムによる工程設計：過去の技術知識を蓄え、製品パラメータ変更による工程作成機能、新規工程の提案機能、技術者ミスを知らせる機能などを持つ鍛造工程設計技術者を支援するシステムの構築が急務である。

6. 製造プロセス最適化のための知能化・情報化技術

インテリジェント鍛造プロセス：鍛造品の高精

度化と低コスト化に必要な条件として、素材温度・金型温度制御、そして金型冷却と潤滑条件の確立がある。これら要素を一元化したインテリジェントな鍛造プロセス制御システムを構築する。

7. 設計データの即時製品化技術

設計データの即時製品化：IT技術を活用して、製品設計データを製造プロセス設計、金型設計・製作へ展開し、工程設計期間や金型製作期間の短縮を図り、超短納期での製品化を実現する。CAE技術の利用も今まで以上に一般的になり、それをいかにうまく利用するかが高精度化、高品質化、低コスト化の鍵となる。

8. 省エネ・温暖化ガス削減のための素形材技術

高熱効率の加熱・鍛造システム：熱間鍛造成形におけるエネルギー消費の大半を占める加熱システムには省エネ・温暖化ガス削減の見地から更なる高熱効率化やシステム効率の向上が望まれている。写真4⁸⁾のような高周波加熱は有効です。導入が始まっているが、その展開に期待がかかる。

金型寿命の向上：金型の早期破損や、それに伴う鍛造設備の稼働率低下によるコストアップやエネルギーの損失につながっている。金型の寿命を延長するために新しい型材の開発はもとより、熱処理、加工方法、表面処理技術の開発と共に材料の歪速度依存性などの特性を活用した「新しいもの造り」が必要である。

9. 省資源のための素形材技術

鍛造バリレス化：原材料からスクラップなしで製品が出来るのが理想である。素材取り、鍛造、後加工においてスクラップをいかに少なくするかが問われる。熱間閉塞鍛造により複雑形状の部品を密閉化して製造する技術に期待がかかる。図2にドイツで試みられている例⁹⁾を示す。荒地形状の最適化が必要である。

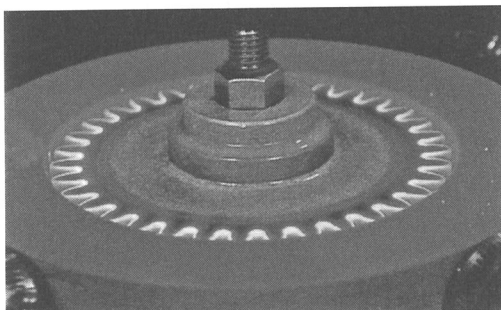


写真4 ギア表面の高周波焼入れ⁸⁾

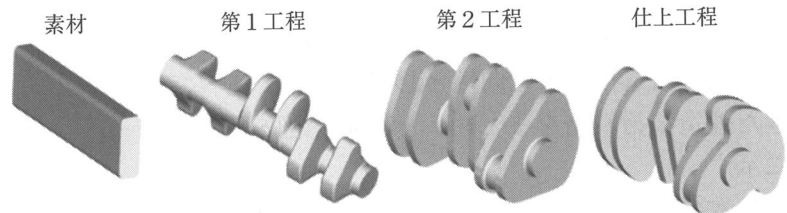


図2 3気筒エンジン用クランクシャフトの密閉鍛造⁹⁾

ネットシェイブ鍛造：省資源、省エネルギーのため、切削、研削などの後加工を行うことなく最終製品形状（ネットシェイブ）に鍛造加工する技術。現在の精度数十 μm の製品精度から、数 μm の精度へと高品質化を行う必要がある。その実現には金型製造技術等の各種の周辺技術を統合した技術協業体制でのもの作りが必要である。サーボプレスを利用して、スライドモーションの製品精度への影響も検討されている¹⁰⁾。

非鉄材料リサイクル技術の高度化：鍛造ばりなどを有効に再利用するため、レオキャスト法などの鑄造と塑性加工との融合した成形システムの開発を行う。一貫プロセスとして品質を維持したままコスト低減を図る必要がある。

10. 安全・安心・快適な生活のための素形材技術

低騒音低振動のための鍛造プロセスの開発：発生した振動と騒音を低減するためアクティブノイズ、アクティブバイブレーション技術の開発が求められている。ハード面では振動や騒音を発生させない設備面での技術開発が求められている。

11. 素形材技術の支援技術・周辺技術の構築

鍛造用知能ロボットシステム：視覚センサー等により情報（素材重量・鍛造温度・加工荷重・加工トルク・消費エネルギー・製品の厚み寸法・型潤滑剤の量）を収集して加工条件（プレス加工速度・アジャスト調整・型潤滑量・素材加熱温度）などをリアルタイムに判断・制御するインテリジェンス機能を併せ持った熟練作業者に替わるシステムが望まれている。

12. グローバル化への対応

金型・鍛造設備のコンパクト化：小ロット、少量生産でも利益が確保できるシンプル・スリムな金型・設備・鍛造ラインを実現し、世界のどこでも同一品質の鍛造品を供給できる体制を構築する。

◇ 鍛造技術の問題点と将来像

日本の鍛造業の抱える問題点は平成18年にまとめられた「我が国重要産業の国際競争力強化に向けた鍛造技術の高度化の方向性に関する調査」¹¹⁾に詳しく述べられている。ここで抽出されている日本の鍛造の弱みは次のようなものである。

- ・設計などを経験に頼って、独自のIT利用技術が少ないため、生産準備に時間がかかる。
- ・航空機部品など高付加価値品が少なく、付加価値の低い鍛造品が多い。
- ・常にコストダウンが求められ、資金不足が経営を圧迫している。
- ・優秀な人材が集まり難く、人材不足に陥っている。

これらの我が国独自の問題点以外に、世界の鍛造業全体が抱える共通の問題点として

- ・作業騒音、エネルギー消費、潤滑の環境負荷が大きい
- が挙げられる。

これらの問題点を解決し、日本の鍛造業を活性化するため、本ロードマップでは日本の鍛造技術が目指すべき将来像を次のように設定した。

- ・IT支援技術の活用による設計、生産の高効率化
- ・独自の環境技術による地球環境、作業環境の改善
- ・精密鍛造による軽量複雑形状品など高付加価値品の製造
- ・経済的生産技術による国際競争力の強化

将来の鍛造技術の方向性として、今まで述べてきた鍛造技術戦略をまとめ、その概念図を図3¹⁾に示す。

日本の鍛造製品の70%以上が自動車関連部品で

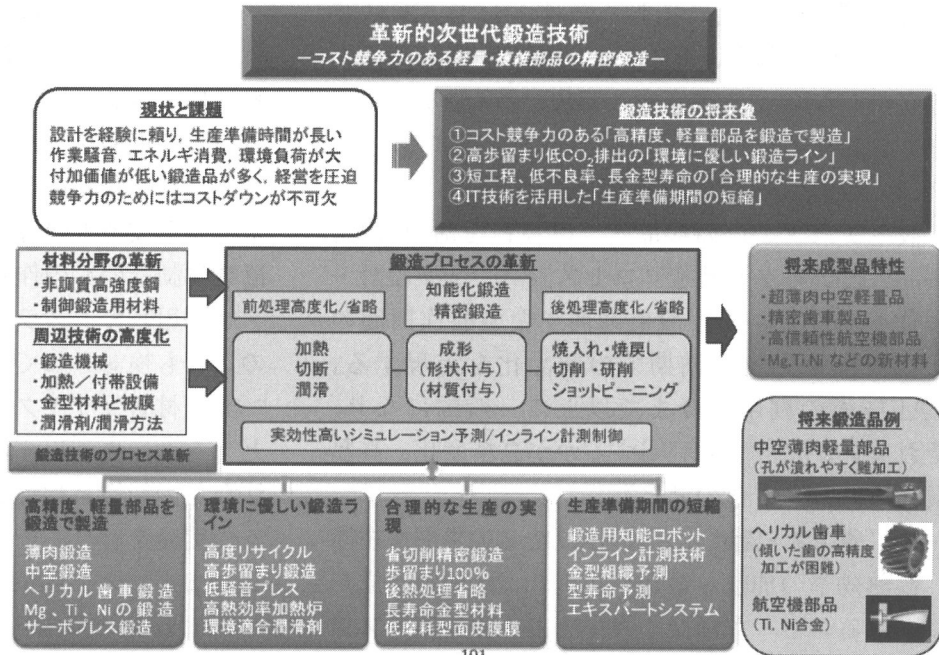


図 3 次世代鍛造技術の概要¹⁾

ある。今後次世代自動車として、エンジン車にかわり電気自動車が増加してくると鍛造品の多くがなくなり、鍛造業界に大きな変化が起きると考えられる。ロードマップ等を参考にして今からその対応を考えていく必要がある。

参考文献

- 1) 素形材技術戦略2008：経済産業省、(2009)
<http://www.sokezai.or.jp/japanese/topics/topics/090417.html>
- 2) 「鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発」第1回シンポジウム、(2009-4)
- 3) H. Morishita : Proc. of 41st ICFG Plenary Meeting, (2008), 25-32
- 4) N. Umehara, et al : Proc. Int. Conf. Metallurgical Coatings and Thin Films, (1998), 151-156
- 5) 石川克彦：第18回国際鍛造会議論文集、(2005)、94-97
- 6) 川崎芳樹：ICFG鍛造製品特性サブグループ第1回ワークショップテキスト、(2007)、31-47
- 7) 西尾真之：塑性と加工、47-550 (2006)、1069-1073
- 8) 川崎一博：第271回塑性加工シンポジウムテキスト、(2008)、28-38
- 9) B.A. Behrens et al. : Journal of Materials Processing Technology, 185 (2007), 139-146
- 10) 石黒太浩ほか：平成22年度塑性加工春季講演会講演論文集、(2010)、328
- 11) 中小企業庁（委託先：日本鍛造協会）：我が国重要産業の国際競争力強化に向けた鍛造技術の高度化の方向性に関する調査、(2006)

3. 鍛造業界の現状と展望

社団法人 日本鍛造協会 事務局長 鈴木 太

◇ 鍛工品の生産動向

鍛工品の生産量は、1990年に当時では過去最高の240万tに達し、1997年まで緩やかに下降及び横這い傾向を辿ってきた。1997年後半より、公共投資の抑制、消費税引き上げに伴う駆け込み需要の反動、特別減税の廃止、医療保険の自己負担増等々の不安材料が顕現化し、景気が急速に後退局面に入った。更には金融不安、対米輸出の自粛、対アジア向け輸出の不振から鍛造業界の主要な需要先である自動車、建設機械も国内需要が急激に落ち込み、鍛造各社は極めて厳しい減産体制を強いられることとなった。その後、情報技術の急速な高まりや各種の政策効果等によって、多少明るい兆しが見え、2000年には鍛工品生産量も上向きをみせたものの、相変わらず景気の低迷が続く中、2002年9月11日の事件は世界経済全体に暗い影を落とした。2003年は、環境・公害問題によるトラック

の排ガス規制に伴う新型トラックへの切り替え需要の影響で、長く不振が続いていたトラック業界が活況を呈したこと及びアジア諸国を中心とした輸出関連の好調に支えられ、生産量、金額ともに漸く回復傾向の兆しがみられた。2004年は、排ガス規制に伴う新型トラックへの切り替え需要が落ち着き、依然として中国をはじめとするアジア諸国、米国及び欧州向けの輸出関連に起因した著しい需要増に恵まれ、過去最高であったバブル期に迫る235万tに達した。その後、産油国における投資意欲の拡大や経済成長をはじめ、アジア諸国における公共投資に伴うプラント及び受電産業の旺盛な需要、活発な設備投資、そして、自動車産業における輸出の拡大及び海外生産の増強、土木建設機械産業における資源開発関連等を背景とした需要の増加を背景に、鍛工品の生産量は2005年より3年連続して過去最高実績を記録し、2007年は265万tに達した。2008年第二四半期までは需要増に恵まれていたが、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う輸出急減を受けて、前例のないペースでユーザー産業の生産が落ち込み、鍛造業界も大幅な需要減

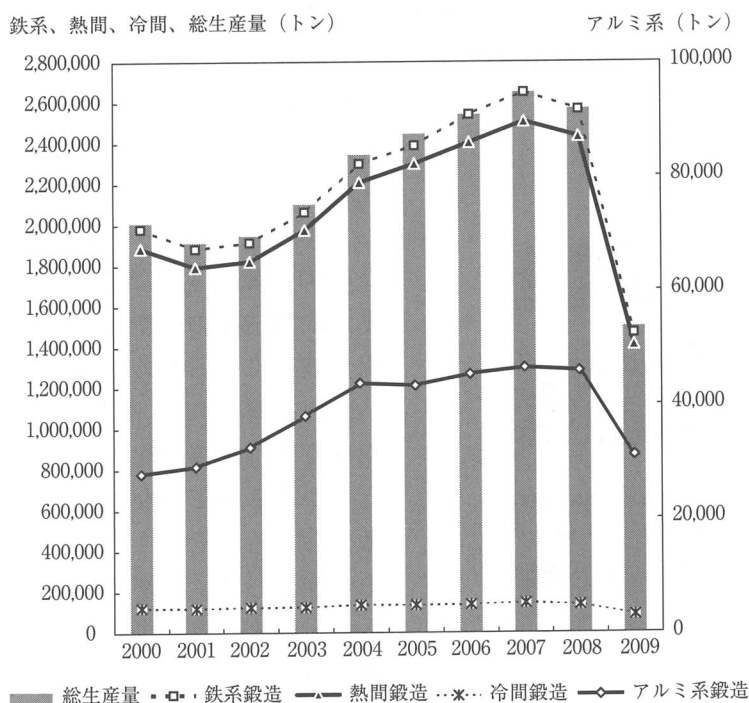


図 1 鍛工品生産量推移

データ出所：経済産業省「鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計月報」

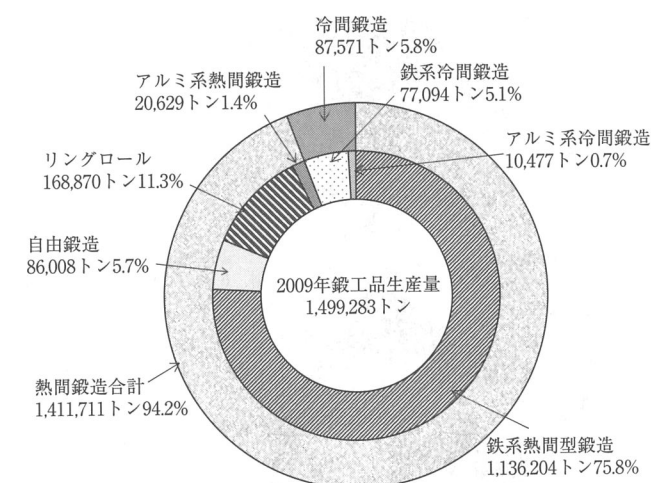


図 2 温度形態 (外側)、素材及び鍛造形態別 (内側) 内訳

データ出所：経済産業省「鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計月報」統計月報

の影響を受け、2009年は149万tまで激減した（図1、2）。

◇ 世界における日本の鍛造業

日本の鍛造業は、優秀な材料品質、設備技術、金型技術をはじめ、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に支えられ、世界的に優位性を保持してきた。しかしながら、世界市場を視野に入れた経営戦略のもとで、国の垣根を越えた企業買収が果敢に行われ、多様なグローバル競争の時代に突入し、今後更に競争力を維持、向上を図るためには継続的な人材育成、鍛造プロセス全体の改善、技術力や創造力の向上が必要不可欠である。

世界における主要各国の生産量は図3の通りであり、特に中国の躍進は目覚ましく全体の約3割近くの生産量を占めている。一方、1人あたりの生産性をみると、やはり日本が168.7t/yと群を抜いている。因みに、イタリア…116.0t/y、ドイツ…95.7t/y、スペイン…93.3t/y、チェコ…72.4t/y、ポーランド…69.6t/y、イギリス…59.1t/y、フランス…52.9t/y、中国…40t/y、インド…6t/yとなっている。

（社）日本鍛造協会会員の鍛造専業者における海外展開状況（合弁及び単独、技術指導含む）は、インド1社、インドネシア5社、韓国1社、タイ10社、中国9社、ベトナム1社、アメリカ3社、欧州2

社、計32社（重複有）である。近年、熱処理、機械加工、潤滑処理等、鍛造周辺技術メーカの海外展開も増え、更には鋼材及び金型材料の調達面をみても、以前に比べて鍛造会社が海外進出しやすい環境にはなってきた。ユーザーよりの要請も含め、グローバル競争の観点からも、海外展開は鍛造業にとって経営戦略の一つであるものの、周辺諸国や先行している進出企業及び力をつけてきたローカル企業との価格競争、販路の確保、オペレーターの確保・育成、品質管理等々の問題が山積し、投資リスクは決して小さくなく、結果としてなかなか積極的な海外展開に至らない背景もある。

◇ 自動車産業とのかかわり

鍛工品生産量の約70%が自動車関連産業向けであり、鍛造業界は自動車産業の動向に大きく左右される。表1の通り、2000年から四輪車の生産台数は着実に実績を伸ばす中、国内生産と海外生産は2009年では逆転し、とりわけ現地調達がもっとも遅いと言われている鍛造品も何らかの形で影響を受けることは想像に難くない。

表1に自動車向けの鍛工品生産量も併記し、単純に四輪車1台あたりの鍛造品の重量を試算した。2000年では79.9kg/台が2009年には58.9kg/台となり、実に26%も鍛造品が減少しているのがわかる。2009年における四輪車の生産台数は2000年に比べ約10%増加している状況下で、鍛造品が減少している要因として考え

られるのが、鍛造品の軽量化である。

アルミ合金、チタン合金などの非鉄鍛造品の増加、また、鍛造品の中空化や薄肉化技術によるものではないかと推察される。そして、やはり現地調達が徐々に増えつつあるのではないかと考えられる。そこで、今後の動向として、極端ではあるが、従来の自動車から次世代自動車に切り替わることによる鍛造業界への影響はどの程度かを試算してみ

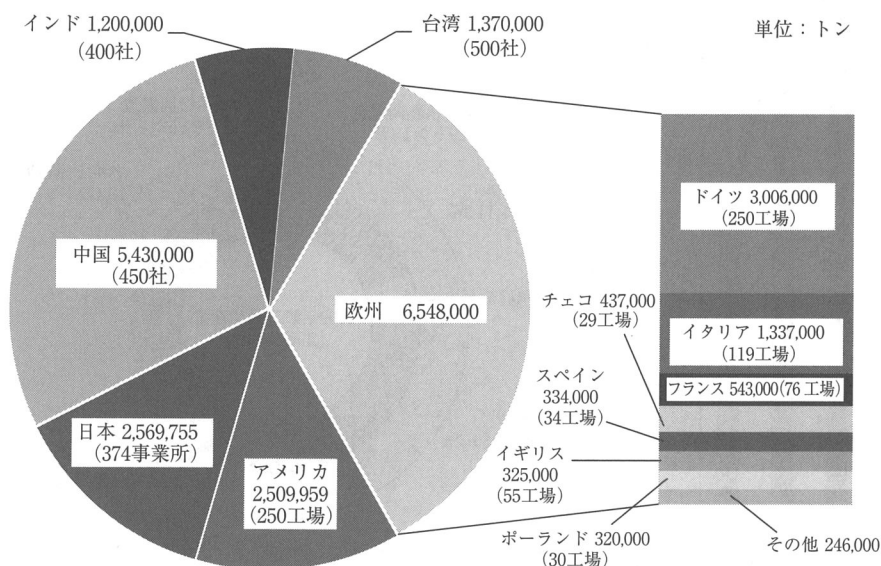


図3 主要各国の鍛工品生産量 (2008年)
データ出所：（社）日本鍛造協会調査

表 1 四輪車生産台数及び自動車向け鍛工品生産量推移

	四輪車生産台数 (台)				自動車向け 鍛工品生産量 (トン) B	B/A (kg/台)
	国内	海外	計 A	前年比 (%)		
2000年	10,140,796	6,288,192	16,428,988	104.8	1,313,449	79.9
2001年	9,777,191	6,679,593	16,456,784	100.2	1,278,716	77.7
2002年	10,257,315	7,652,466	17,909,781	108.8	1,343,675	75.0
2003年	10,286,318	8,607,563	18,893,881	105.5	1,422,087	75.3
2004年	10,511,518	9,797,551	20,309,069	107.5	1,561,542	76.9
2005年	10,799,659	10,606,157	21,405,816	105.4	1,648,267	77.0
2006年	11,484,233	10,972,243	22,456,476	104.9	1,703,503	75.9
2007年	11,596,327	11,859,761	23,456,088	104.5	1,763,916	75.2
2008年	11,575,644	11,651,554	23,227,198	99.0	1,669,371	71.9
2009年	7,934,516	10,117,552	18,052,068	77.7	1,062,836	58.9

データ出所：(社)日本自動車工業会、経済産業省「鉄鋼・非鉄金属・金属製品生産月報」

たい。

1) 鍛工品総生産量を2008年実績の257万t (経済産業省統計) から推測する。

- ①四輪車向け鍛造品 167万t (257万tの65%)
- ②乗用車向け鍛造品 147万t (167万tの85%)

2) 普通乗用車 (重量1.5tクラス) 向けの鍛造品の用途はおおよそ次の通りとする。

- ①エンジン部品 20%
- ②トランスミッション部品 20%
- ③足回り部品 30%
- ④等速ジョイント 20%
- ⑤ステアリング 10%

3) 次世代自動車 (電気自動車) に切り替わることにより、既存の構成部品の軽量化や要求スペックの変化、他の素形材部品への代替が予想されるのが、上記2) の①、②、③ (計70%) が対象になるのではないかと考えられる。しかし、電池のケース類をはじめ機能の向上且つ軽量・小型化が求められれば、その他の部品として新たに鍛造品が使用される可能性もあると考え、これらを総合的に勘案してみると、結果として、乗用車向け鍛造品の60%程度需要が減少する恐れがある。

*乗用車向け鍛造品：147万t⇒59万t (▲88万t)

*総生産量：257万t⇒169万t (▲88万t)

以上により、鍛造業界全体として量的に▲34%

の影響を被るのではないかとと思われるが、自動車部品を生産している企業ベースで考えれば、影響は更に拡大する。但し、これはあくまでも世の中の自動車が100%電気自動車に置き換わった場合を想定した一試算にすぎない。

◇ 鍛造技術の現状と動向

日本の鍛造業界は、市場経済へ参加した中国、その他アジア諸国が技術水準を高め、更には、新たな国際競争力の構築が問われている他、ますます多様化する世の中のニーズ、環境・エネルギーによる制約、少子化、燃料電池自動車の普及等々の環境変化への急速な対応が求められ、各鍛造会社は、①高機能化、②軽量化、③コスト削減、④短納期化、⑤環境対応型工法、製品の開発に向けた技術開発に取り組んでいる。

平成21年度の「ものづくり製品開発等支援補助金 (試作開発等支援事業)」で採択された鍛造技術開発 (鍛造周辺技術を含む) に関するテーマをみると鍛造業界の方向性が分かり易い (なお、以下の分類に関しては、公表された採択結果の事業計画名のみで判断 (推測) したものであり、各テーマの計画書から判断して分類したものではない。また、計画名だけでは鍛造技術関連と判断できなかったテーマは以下に掲載していない。)

- 1) 高機能化に対応した技術開発の方向性
 - ・超高精度金型装置の開発
 - ・洗濯機動力伝達用回転軸における高精度一

体成型鍛造の試作開発

- ・位相が自由に設定できる冷間鍛造製ダブルヨークの試作開発
- ・段付シャフト部品に対する据込みと軸伸ばし複合鍛造工法の開発
- ・超精密熱間ヘリカル鍛造と歯車研削による組合せ工法の試作開発
- ・自動車用等速ジョイント外輪LJ (VL) タイプ (ニア) ネットシェイプ成形試作開発
- ・自動車動力伝達用歯車部品における冷間鍛造の一体成形品の試作開発
- ・中ツバ形状製品の鍛造 (冷間圧造) による一括成形
- ・鍛造加工の高精度化によるネットシェイプと100%良品保証

2) 軽量化に対応した技術開発の方向性

- ・ステライト (コバルト基合金) の鍛造品及びチタン合金の複雑形状な鍛造品の試作開発
- ・鍛造・熱処理のプロセス・コントロールによる高強度なアルミニウム鍛造品の実現
- ・船用ディーゼルエンジン用耐食耐熱超合金製弁棒の製造法の開発
- ・自動車操舵系部品における鍛造での深穴成形品の試作開発
- ・ハイブリッド車用部品における中空鍛造品の試作開発
- ・切削レス冷間鍛造による異形状中空部品の試作開発
- ・大型アルミニウム角形ケースの複合加工法 (鍛造・しぼり・しごき) の開発
- ・高強度ステンレス鋼の冷間鍛造によるニアネット化
- ・自動車エンジン用中空ノコ歯ねじ部品の鍛造化による切削レス成形品の試作開発
- ・誘導加熱炉と電気抵抗加熱炉を連結した複合加熱炉による特殊合金の鍛造

3) コスト削減に対応した技術開発の方向性

- ・異型鍛造品の閉塞鍛造技術の開発
- ・焼結冷間鍛造におけるヘリカルギヤの開発
- ・作業工程短縮化を狙う「同時2個打ち」冷

間鍛造技術の開発

- ・一体成形によるコスト削減と歩留まり向上による冷間鍛造技術の高度化
- ・熱間鍛造 (エアハンマー) ロボット用周辺機器の試作開発
- ・ニアネットシェイプ鍛造による材料コスト削減計画
- ・ロール鍛造圧延による低コスト耐震用補強材の開発
- ・自動車搭載小型モーターシャフトを切削機械加工より冷間鍛造化する試作開発
- ・自動車部品における鍛造でのニアネットシェイプ化開発
- ・締結部材 (ボルト) における鍛造の試作開発
- ・ヘリカルギヤの鍛造工法開発
- ・六角ボルト成形における材料低減の新規鍛造技術の開発

- ・自動車部品における焼結鍛造工法での高強度、高精度部品の試作開発
 - ・鍛造におけるニアネットシェイプ成形 (最終製品に近い形状を得る) 加工技術の高度化
- ### 4) 開発・生産のリードタイムの短縮、短納期化に対応した技術開発の方向性

- ・素材製造から鍛造までの一貫製造ラインによる防振ゴムマウントとりチウムイオン電池ケースの鍛造試作と事業化

5) 品質を具備した安定供給に対応した技術開発の方向性

- ・鍛造成型品欠肉自動検査機
- ・ボルト・小物部品の鍛造で量産開始時から良品の生産ができる横型多段鍛造機械の開発

6) 環境対応型工法、製品の技術開発の方向性

- ・新規焼き戻し炉の開発による省エネルギー化と高品質熱処理部品への展開
- ・高性能鍛造炉の開発

これらの成果が日本の鍛造技術の揺るぎない優位性に結びつき、国際競争力の更なる強化に繋がれることを期待したい。

4. 最近の自動車部品の鍛造

トヨタ自動車(株) もり した ひろ かず
鍛圧・表改生技部 森 下 弘 一

まえがき

近年の自動車産業においては、地球環境対応技術の必要性がますますクローズアップされ、車両の走行段階、製造段階各々での環境負荷低減が自動車製造業の使命になってきている。当社での主な取り組みとして、車両の開発段階においては「ハイブリッド車のモデル拡大」「超-低排出ガス車の拡大」「燃料電池車の限定販売」などを、生産・物流面では「生産時のCO₂排出量低減」「PRTR対象物質の低減」「埋め立て廃棄物ゼロ達成」などが揚げられる。

そのような環境の下、自動車部品の鍛造技術には以下のような取り組みが期待されている。即ち、部品の軽量化による車両走行段階での走行エネルギー低減、部品の製造段階における製造エネルギー低減、省材料化による素材製造段階での製造エネルギー低減などである。

本稿では、上記課題に対して当社が取り組んでいる、部品の軽量化に貢献する鍛造技術、製造段階でのCO₂排出量低減技術、鍛造工程での廃棄物低減技術を紹介する。

◇ 部品の軽量化に貢献する技術

車両の燃費向上のためには、まず要求される車両走行仕事量を減らし、さらに無駄なエネルギー消費をできるだけ少なくすることで効率を向上させることが必要である。そのためには、部品の軽量化が重要な課題である。

1. コンロッドの軽量化

部品を強化し、軽量・コンパクトにすることは、その部品だけに限らずユニットや車両にも相乗効果をもたらす。軽量化、小型化を進めていくためには、素材、鍛造、熱処理、表面処理の改良による強化、及びそれらの組み合わせによる総合的なレベルアップが必要である。

コンロッドを軽量化するには、疲労強度を向上

させる必要がある。その手法として、高疲労強度型非調質鋼を用い、さらに鍛造後に、強力ショットピーニングによって表面に残留圧縮応力を付与して、疲労強度を向上させる手法がある。

従来、コンロッドの素材は高炭素鋼（炭素量：0.55%）を用いていたが、熱間鍛造時に1200℃近傍まで加熱するので表面が脱炭しやすい上、鍛造後に粗粒化しやすい。その結果、疲労強度は約200Mpa程度でしかなかった。

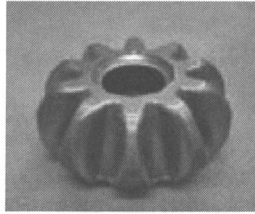
そこで、被加工材の炭素量を低減して加熱時の脱炭深さを小さくするとともに、バナジウムを添加して、組織を緻密にすることを狙った非調質鋼に変更した。さらに、鍛造後にショットピーニングを付与することによって、疲労強度を300Mpaまで向上させた。その結果、従来のコンロッドに対し、約20%の軽量化を実現した。

2. 歯車部品の軽量化

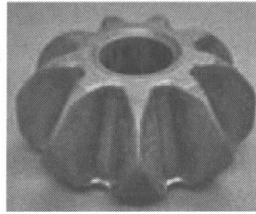
歯車部品の軽量化にあたっては、歯車自体の高強度化だけでなく、ユニットを構成する軸受け、軸部品の強化、ケースの強度、剛性向上なども必要で、振動伝達や周波数特性などNV性能を考慮した総合的な取り組みが重要である。低サイクル疲労強度を向上させ、ユニット構造を簡素化して軽量化を図った事例として、ディファレンシャルユニットの差動ギヤ強化による使用ピニオン数の削減がある。

当社では、差動ギヤの歯形部を「熱間鍛造+冷間サイジング」による組み合わせ加工や冷間鍛造だけで仕上げている。低サイクル疲労強度を向上させるために新たに開発した材料は、従来の合金鋼に対し、ボロンを添加して内部硬度を最適化し、鍛造性、浸炭時の粗粒化防止、浸炭硬化能や歪に配慮して、材料成分やプロセス条件を適正化したものである。

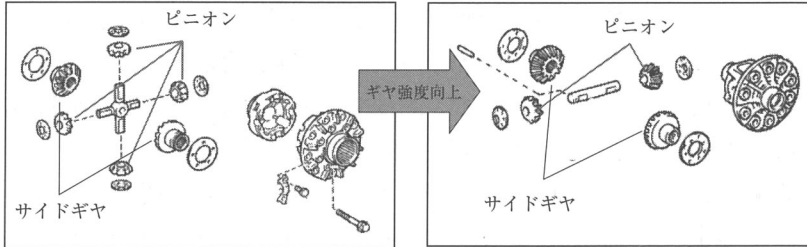
また、ピニオン数を削減するための製品設計要件として、歯車の噛合い率を確保するための大モジュール化を行なった。この大モジュール化によ



<4ピニオン>



<2ピニオン>



軽量化：△8%

図 1 ギヤ強化による軽量化

り、歯形形状が尖端になったため、歯形部を鍛造成形するには寸法精度、金型寿命の確保に対し、金型構造や金型材質などに特別な工夫を織り込んだ。

以上の取り組みの結果、低サイクル疲労強度が9%向上し、ピニオン数を4から2に削減することができ、8%の軽量化を達成した。図1に、差動ギヤとユニット構造の比較を示す。

3. シャシー部品の軽量化

シャシー部品の軽量化は、燃費の向上効果はもちろんのこと、車両走行安定性、乗り心地などにも大きな影響を与える。シャシー部品の軽量化するには、要求機能、要求要件と製法をうまく組み合わせることが重要である。

シャシー部品では、まず必要強度を確認し、その後に配置スペースを検討する。省スペースで成立させなければならない部品や、比較的スペース自由度のあるもの等、機能に応じて、鍛造、鋳造などの製法をうまく選択しながら、要件と製法を両立させることが必要になる。

シャシー部品を必要強度で層別すると、タイヤの直ぐ内側にあるもの、タイヤから少し離れて曝されているもの、そして骨格を形成するものと、大きく三つに大別できる。ホイールの直ぐ内側にあるものは、それほど必要強度は高くはないが、曝されているものについては、飛び石が跳ねたりすることがあるので高強度が必要である。

中でもナックルステアリングは、高強度が必要

で、スペース的には狭い領域で成立することが要求されている。また、衝突した時に折損してしまうと走行不能になるので、曲げ変形のみで留まってほしいなどの機能も要求されている。それらの要件を満足するには鍛造品でなければならず、さらに、軽量化といった観点まで加味すると、アルミニウム合金の鍛造品が有用になる。

当社では、SUVと高級FR車に鍛造製のナックルステアリングを採用している。SUVは強度を重視して鉄鍛造品を採用し、高級FR車は軽量化を重視してアルミニウム鍛造品

を採用している

◇ 製造段階におけるCO₂排出量削減

自動車部品の製造段階におけるエネルギー低減の具体的手法として、鍛造分野では、

- 1) ネットシェイプ化、ニヤネットシェイプ化による切削加工エネルギーの低減
- 2) 省材料による素材製造エネルギーの低減に取り組んでいる。

1. ネットシェイプ化

ネットシェイプ化とは、製品を鍛造加工で成形した部位を切削加工なしで製品として使用する技術で、切削加工エネルギーの低減によるCO₂削減に大きく貢献する技術である。

自動車の動力を伝達するために、多くの歯車やスプライン部品が使用されているが、歯車部は切削加工時に多大なエネルギーが必要なので、切削加工を廃止できるよう、ネットシェイプ化技術開発に取り組んでいる。

ただ、同じ歯車部品でも、形状によって鍛造のし易さが大きく異なる。図2は、形状難易度と要求精度に対するネットシェイプ化の実用化状況をまとめたものである。鍛造加工が容易で、要求精度がそれほど高くないものは実用化できているが、ヘリカルギヤのように形状が複雑で要求精度が高いものは量産化レベルには至っていない。その中で、実用化に成功したトランスファー用リングギヤのネットシェイプ化技術を紹介する。

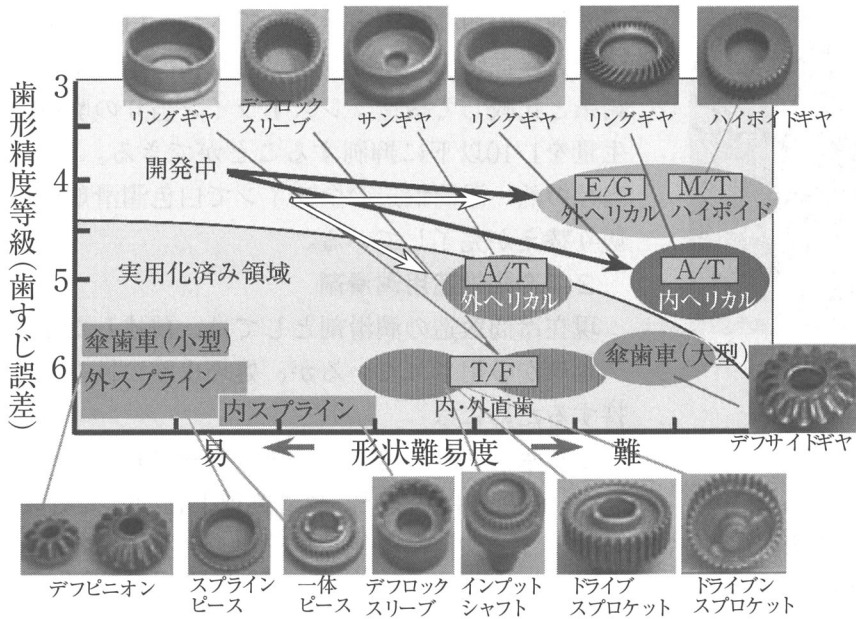


図 2 歯車・スプライン部品のネットシェイプ化

トランスファーとは、四輪駆動車において、エンジンからの出力を前輪と後輪の間に動力配分をする装置である。このトランスファーは、数多くの歯車やスプライン部品で構成されている。

リングギヤは内径にスプラインがあるが、元々、カップ形状だと内径スプラインは切削加工が容易ではないので、スプライン部位とカップ底面部位は、別の部品を各々切削加工し、スナップリングで留めていた。そこで、切削加工工程を極力削減するために、鍛造加工によって部品を一体化すると同時に、内径スプライン部のネットシェイプ化に取り組んだ。

ポイントは二つあり、一つは金型構造を工夫した冷間鍛造技術で、もう一つは材料と熱処理の工夫である。金型構造の工夫点としては、冷間鍛造する際に、スプライン形状を有している金型に素材を流動させて精度良く転写する条件を見つけることである。そのためには、鍛造時の断面減少率と素材流動を制御するための最適な圧力（背圧）付与が大きなポイントである。

一方、材料・熱処理の工夫点は以下の通りである。一般的な熱処理手法としては、高周波焼き入れや浸炭

焼き入れが考えられるが、それらの方法では強度は十分であるが、歪みが発生しやすく精度確保が困難であった。そこで、精度を確保するために、窒化処理の採用を検討した。ガス軟窒化という比較的マイルドな処理にすることで精度が確保できた。

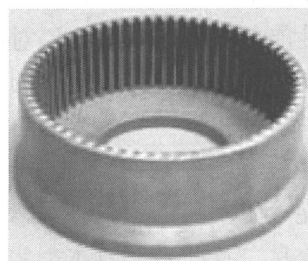
しかし、通常ガス軟窒化をすると、従来工法に比べて40%程度の強度しか確保できないという問題があった。そこで、精度も良く、強度も確保できるような材料を新たに開発し、ガス軟窒化処理を施すことで、強度と精度を両立させることができた。図3に、実用化したリングギヤの鍛造品と冷間鍛造における金型構造を示す。

図3に、実用化したリングギヤの鍛造品と冷間鍛造における金型構造を示す。

ネットシェイプ化による切削加工エネルギーの低減は従来から積極的に実施されているが、特に近年は、素材、製造プロセス技術の進歩、高精度金型加工技術、FEM解析の高度化などにより、従来以上の高精度なネットシェイプ化技術が実現可能になってきている。製造段階でのエネルギー低減技術として、ネットシェイプ化技術はますます重要性が高まっていくと思われる。

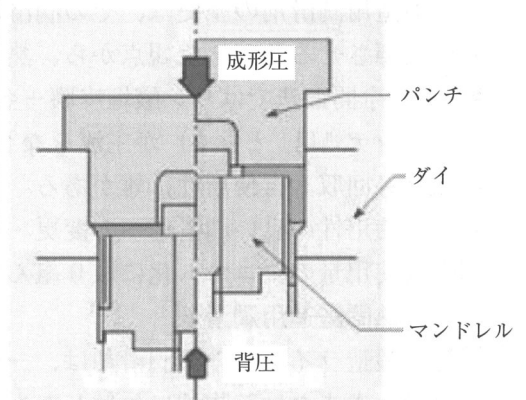
2. 省材料

素材製造段階でのエネルギーを低減するために



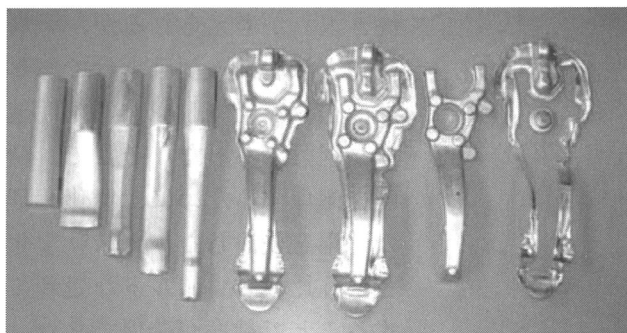
インボリュートスプライン諸元	
歯数	66
圧力角	20°
大径	146.0
小径	141.9
B.B.D.	138.6

鍛造品



金型構造

図 3 リングギヤの冷間鍛造技術



ロール成形
荒地 仕上げ バリ抜き
鍛造加工

写真 1 ナックルステアリング

は、鍛造、切削加工工程での素材ロスを極力低減しなければならない。ネットシェイプ化、ニヤネットシェイプ化によって切削加工取代を少なくすることはもちろんのこと、鍛造歩留まりを向上させることも重要な取り組み事項である。

コンロッドやナックルステアリングの鍛造では、ロール成形による予備成形での鍛造歩留まり向上を施している。写真1にアルミニウム製ナックルステアリングの鍛造工程を示す。ロール成形工程を採用することにより、鍛造歩留まり75%以上を実現している。最近では、より高い鍛造歩留まりの実現を目指し、ロール成形以外の逐次加工を活用した予備成形技術開発が進んでおり、省材料化の流れは今後ますます加速していくと思われる。

◇ 廃棄物低減技術

鍛造分野で発生する廃棄物の一つに潤滑剤がある。鍛造用潤滑剤の歴史は、その潤滑性能を最大限に発揮させるといった観点から、熱間鍛造では黒鉛が、冷間鍛造ではリン酸塩皮膜+金属石鹼(以下、「ボンデ処理」と称す)が主流をなしてきたが、いずれも回収・再使用性に難がある。従って、回収・再使用性の良い潤滑剤への変更・改良、及び潤滑剤使用量のミニマム化に取り組んでいる。

1. 熱間鍛造用潤滑剤

熱間鍛造ラインでの型潤滑剤は、一般的には主に黒鉛を水または鉱物油に分散したものを使用していたが、作業環境改善、或いは通電性があるための漏電や配管の腐食、油分離性が悪いことによる回収率の低さなどの問題があり、積極的に白色

潤滑剤への切り替えを行ってきた。白色潤滑剤は油分離性に優れ、回収率が非常に高いので、黒鉛系と比較して鍛造プレス1ライン当りの廃液発生量を1/10以下に抑制することができる。現在、当社の熱・温間鍛造の全ラインで白色潤滑剤への切り替えが完了している。

2. 冷間鍛造用潤滑剤

現在冷間鍛造の潤滑剤としては、前述したボンデ処理が多用されているが、処理皮膜の性能を維持するためには

- 1) 水洗工程の常時水のオーバーフロー
- 2) 脱脂・中和・酸洗・潤滑処理工程の定期更液
- 3) リン酸塩皮膜処理工程から発生するスラッジの除去

などが必要であり、廃棄物発生など環境面での問題が指摘されている。とりわけスラッジの発生が大きな問題点としてクローズアップされている。

当社では、化学反応型のボンデ処理に代わり、廃棄物が少なく、処理工程の簡便な塗布型潤滑法(一液潤滑)へのシフトを積極的に行っており、切り替えをほぼ完了した。

むすび

今後、日本の自動車産業がグローバルに発展していくためには、生産台数が拡大していく前提での世界同質の車造りから、地域のお客様に根ざした品揃えへと、車造りを変革していく必要がある。

そのために、鍛造技術は従来の「地球環境に優しい鍛造部品、鍛造ライン造り」を実践しながら、「大規模生産から小規模生産への移行」「理想の品揃えに対応できる多種混流生産の実現」を目指していかなければならない。

求められる車の姿も様変わりしていくと考えられる。それぞれの地域特性によって車に対するニーズは異なってくる。たとえば、動力源では、日本や北米ではハイブリッドが、南米ではバイオ燃料車が、欧州ではディーゼルが求められている。また、電気自動車や燃料電池車といった新しい動力源も実用化されつつある。

そのような新商品開発に対応できるよう、素材から製品までの一貫プロセスを考えながら、鍛造技術と他技術との融合・複合化プロセスの開発が大切になってくるであろう。

Ⅱ. 鋼材の鍛造方法

1. 型鍛造

(1) 熱間鍛造の現状

(株)ゴースュー にし ごおり しげる
技術顧問 **西 郡** **榮**

まえがき

日本の熱間鍛造技術は4世紀の弥生時代に百済(今の韓国)より技術が入り、年間400kgでスタートしたと言われている。その後、海外からの先端技術の導入、塑性工学の積極的な教育、鍛造各社の自己技術の開発等で1990年代後半には品質、生産性で世界のトップクラスに成長した。しかし、今日に於いては中国、韓国、台湾、インド等の急成長で鍛造各社は厳しい環境におかれている。

この解決策の1つとして考えられるのが、より高い精密鍛造技術の開発、材料である特殊鋼の特性と熱間鍛造技術の組み合わせによる省資源、省エネルギー鍛造品の創出と考えている。この様な考えを事例として、現状の熱間鍛造を紹介する。

◇ 熱間鍛造の技術的要素

熱間鍛造の技術的要素は色々と考えられるが、一般的には

- ①使用材(特殊鋼)の特性と鍛造加工条件における材料強度
- ②鍛造加工に必要な設備とその加工速度より決定される変形抵抗
- ③鍛造品の形状、工法より考えられる拘束係数
- ④鍛造加工に必要な金型、金型潤滑剤そして塗布方法や装置

等であり、この概要を図1、図2、図3で示す。

これらをもとに、鍛造加工の大切な要素である鍛造能力P [N] が決定される。

$$P = F \times \sigma k \times C$$

(F: 接触投影面積 [mm²] σk : 変形抵抗(平均値) [MPa] C: 拘束係数)

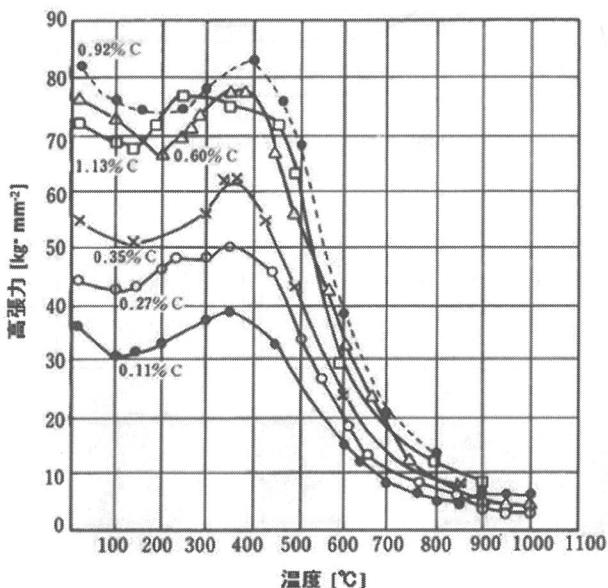


図 1 炭素鋼の高温引張強さ¹⁾

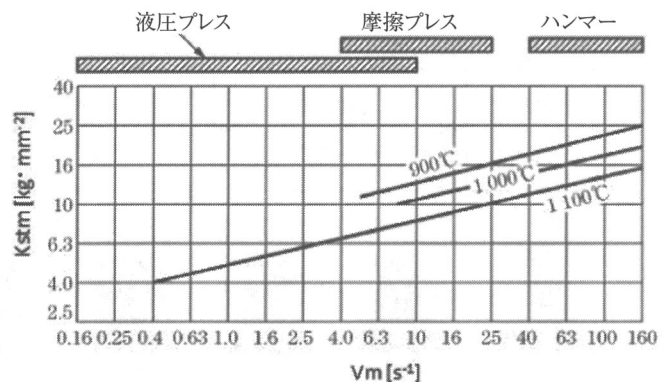


図 2 平均据込み抵抗と平均加工速度の関係²⁾
(ばらつき範囲12%)

分類	h/e	形状	拘束係数
極めて簡単な部品			3.6
簡単に近い部品	≤ 1.0		3.9
少し複雑な部品	1.0~2.5		4.2
複雑な部品	2.5~4.4		4.4
極めて複雑な部品	4.5~6.0		4.7

$h \geq D$ ならば $C \approx 1.2$	$h \geq D$ ならば $C \approx 2.4$	$S \leq 0.8D$ ならば $C \approx 4 \sim 7$
$h \leq 0.8D$ ならば $C \approx 1.5 \sim 2.7$	$h \leq 0.8D$ ならば $C \approx 3 \sim 5$	$h \leq 0.4D$ ならば $C \approx 6 \sim 9$

図 3 拘束係数の例³⁾

そして金型や金型潤滑剤等は、鍛造品のコスト低減、品質欠陥防止、生産環境改善に大きな要素である。金型における最近の技術動向は表面改質、潤滑剤は油性黒鉛系より水溶性白色系、塗布方法は定量塗布へと進化してきている。

◇ 熱間鍛造事例

前述のごとく、特殊鋼の特性と熱間鍛造の特長を組合せ、省資源、省エネルギーを目的とした熱間鍛造品の事例を示す。

1. 精密鍛造ギヤー

ギヤーの精密鍛造は難加工部位の黒皮化、2~3部品の1体化と黒皮使用のネットシェイプ化、熱処理方案の変更による機械加工性の向上等により、大幅なる省資源、省エネルギー化でのコストの低減、部品の小型化を目的としたもので、このプロセスの事例を図4に表す。

この工程での熱間鍛造は密閉鍛造により歩留向上を狙い、熱処理FIA (Forged Isothermal

Annealing) は鍛造恒温焼なまし処理と呼び、鍛造品の保有熱を活用し、機械加工性の向上を目的とした鍛造加工熱処理である。この熱処理プロセスを図5に示す。このFIAで得られた金属組織は粗なるフェライト+パーライトでドライカットと称されている歯車の高速ホブ加工において大きな効果を得ている。FIA品と焼ならし品の差異を図6に示す。

図6のごとく、高速ホブ加工の場合ではFIA

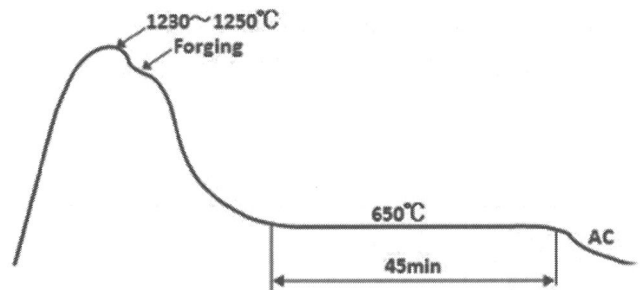


図 5 FIAプロセス

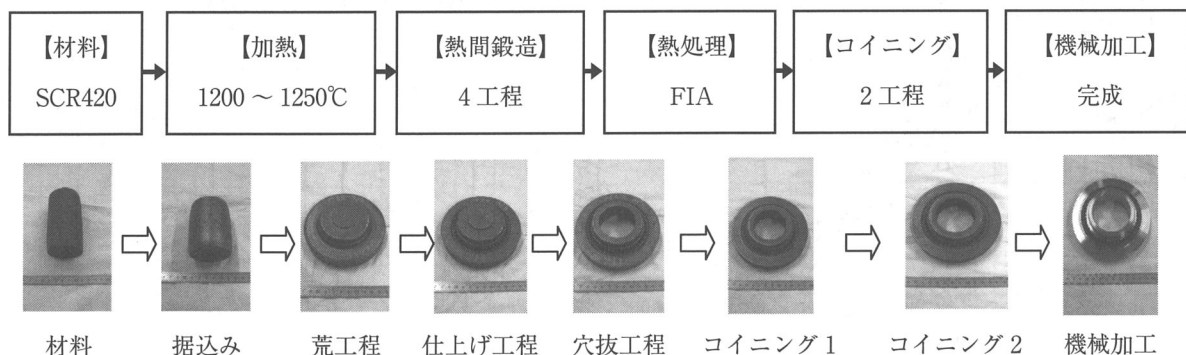

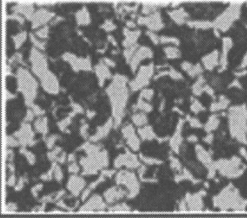


図 4 精密鍛造ギヤーの加工プロセスとその写真

熱処理	FIA	焼ならし
硬さ	HB156	HB163
粒度	6~7	9~10
ミクロ	F+P	F+P+B
顕微鏡写真 (SCR420)		

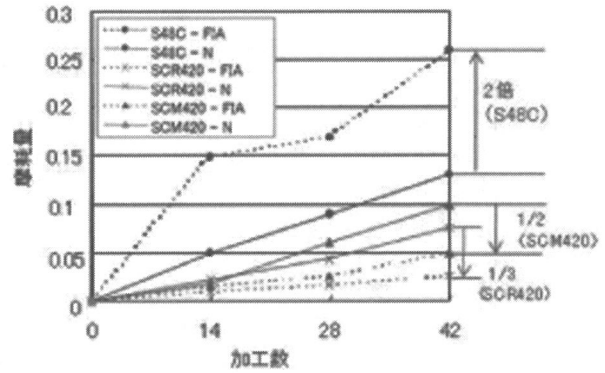


図 6 FIA品と焼ならし品の差異

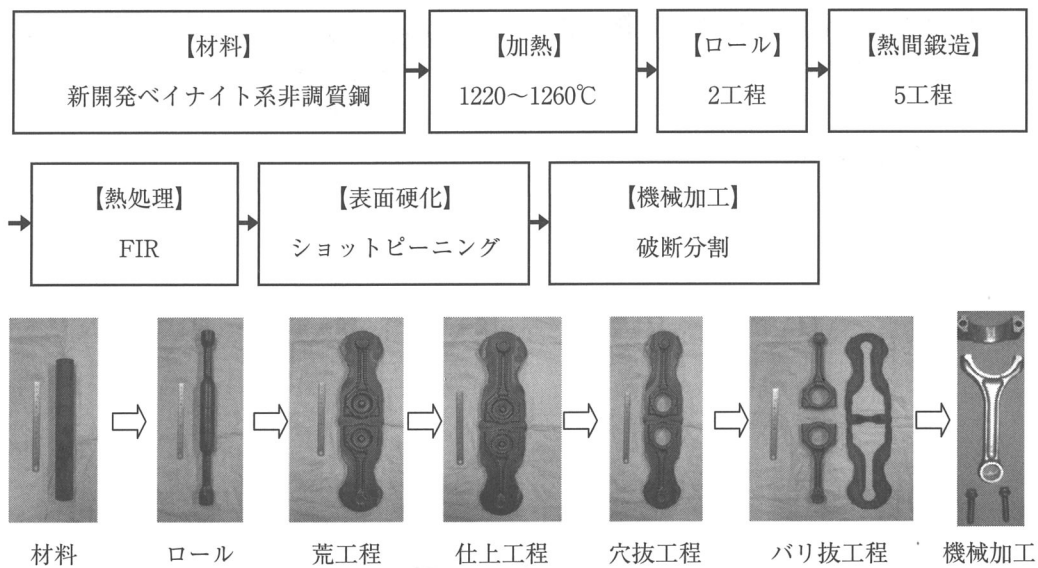


図 7 コネクティングロッドの加工プロセスとその写真

処理したSCR420、SCM420のごとき肌焼き鋼ではツール摩耗が焼きならし処理(N)品に比べて1/3~1/2と大幅に低下している。この理由は強度の低いフェライトが大きく分散し、ベイナイトの発生がないためと考えている。また、中炭素鋼のS48C材では逆の結果となっている。

2. 破断分割コネクティングロッド

コネクティングロッドは高強度、高疲労はもちろん、機械加工工数の低減が課題である。このような想いで開発した事例を図7に表す。

この工程でのロール加工は使用材料の歩留まり向上を狙ったものであり、熱処理FIR(Forged Isothermal Refining)は鍛造恒温微細析出処理と呼び、鍛造加工熱処理の1つで、微細なフェライト、パーライトにナノサイズの炭窒化物を析出さ

せた金属組織を得ることができた。結果、表1のごとく、高強度が得られ、逆に伸びは小さい。この特性を活かし、新機械加工法である大端部の「破断分割加工法」を実用化し、このFIRプロセスもFIAプロセスと同じであり、トータルでのコスト低減を可能とした。また、微細な金属組織、炭窒化物の析出による転移の防止、加えてショットピーニングによる表面改質等により疲労強度を約25%向上、高強度と相まってコネクティングロッドの軽量化を達成した。

むすび

熱間鍛造の今後の技術展開は、省資源を目的とした高精度な精密鍛造化、省エネルギーをベースとした鍛造温度の低温化、鍛造加工熱処理の拡大、

表 1 各熱処理方案の機械的性質

項目	鍛造恒温微細析出	非調質鋼	鍛造焼入焼戻	焼入焼戻(油焼入)
材質	S30VF	S45CV	S48C	S48C
引張強さ [MPa]	1040	1050	1030	1060
降伏点 [MPa]	840	705	855	775
降伏比 [%]	0.81	0.67	0.83	0.73
伸び [%]	13.5	22.3	23.8	25.1
組織と粒度	フェライト+ パーライト #11	フェライト+ ベイナイト #7	ソルバイト #5~6	初析フェライト+ ソルバイト #8~10

機械加工性の向上等によるトータルコストの低減と考えている。このためには特殊鋼メーカーの新材料開発なくしては考えられず、私共への新材料情報の早い提案を期待している。

- 技術研究所
- 2) 日本塑性加工学会編：塑性加工便覧（2006）、270、コロナ社
 - 3) 鍛造技術研究所：鍛造技術講座 型設計、(1982)、45、573、鍛造技術研究所
- ※鍛造技術研究所は現在の日本鍛造協会

参考文献

- 1) 鍛造技術研究所：鍛造技術講座 型設計（1982）、39、鍛造



(2) 温・冷間鍛造

(株) ニチダイ はまや しんいち
開発室マネージャー 濱 家 信 一

まえがき

最近では自動車産業のグローバル化の進展、競争の激化とともに、部品の軽量化、高精度化、コスト低減などの技術課題に対応するため、温間や冷間鍛造などの高精度な鍛造技術が必要となる。加工温度から見て温間鍛造は、600℃から850℃付近の温度領域で鍛造されるため、熱間鍛造と比較し寸法精度が高く、脱炭層の発生も少なく、抜け勾配が無いいため鍛造品の形状、寸法精度は冷間鍛造品とほぼ近いものとなる。また室温で鍛造する冷間鍛造では、金型に対し高負荷となるが温間鍛造品よりさらに高精度な寸法が得られる。

温・冷間の型鍛造では、ニアネットシェイブ鍛造またはネットシェイブ鍛造により高精度品を狙うため、単純な押し鍛造だけでなく複数の工具を駆動させる閉そく鍛造、素材の流れを制御する分流鍛造、背圧工具を一定圧力で制御する背圧付加鍛造が用いられる。

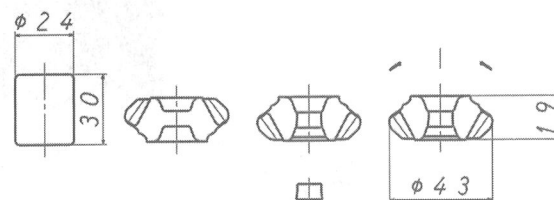
本稿ではこれらの鍛造を用いた、プレス鍛造とフォーマー鍛造の事例を取上げる。

◇ プレス鍛造事例

1. 閉そく鍛造

閉そく鍛造は、上下金型を締め付けて作った空間にパンチにより素材を押し込み充填させる製造方法である。塑性流動制御が可能であることから、1工程で複雑な形状製品を加工可能であり、使用要求の高まっている歯形部品などの精密鍛造品加工に用いられている。

歯形鍛造品のネットシェイブ化の代表例であるベベルギアは、歯形のネットシェイブを狙うため、歯形の弾性変形量を見込んだ金型の歯形補正を行う。ピニオン・ベベルギアでは、図1に鍛造工程例を示すように工程1はアイドル、工程2で冷間の片側閉そく成形、工程3で穴抜き、工程4のトリミングの順で成形される。素材にはSCM420が



1. アイドル 2. 閉塞成形 3. 穴抜き 4. トリミング

図 1 ベベルギアの工程

用いられ、この切断した後に球状化焼なまし処理、コーティングにりん酸塩皮膜+二硫化モリブデン処理が施される。

2. 背圧付加鍛造

背圧付加鍛造は、押し出し加工において、パンチで加圧したときに生じる材料の流れに対して反対方向から圧力を加え、押し出される材料の流れを拘束して鍛造品の先端形状を成形したり、押し出し長さの均一化を図ったりする鍛造である。図2は、内外に異形部品である冷間アルミ合金の2個取り部品である背圧付加による組合せ押し出し部品である。材質はA6061材を用い、冷間の背圧付加鍛造で、成形機には複動油圧プレスが用いられる。この切断したアルミ連铸素材をアルボンド処理した後、図2に示すような複動制御で前後方の背圧付加成形、その後2部品に切断分割、サイジング、T6処理を実施する。

3. 分流鍛造

平歯車やはずば歯車の精密鍛造では、歯形の充填度合い、歯形精度を向上させるため、型内に材料を完全充填させようとする。しかし形状、材料流動のバランス、型強度上、歯形精度上の問題から十分に充填させることができない。解決方法としては、押し出しの捨て軸を設けることや素材に逃がし穴を設けることで加工荷重、加工圧力を高めず、歯形を充填させる鍛造法として用いられている。

分流鍛造が適用されるはずば歯車は、第1段階で密閉成形、第2段階で捨て軸あるいは逃がし穴

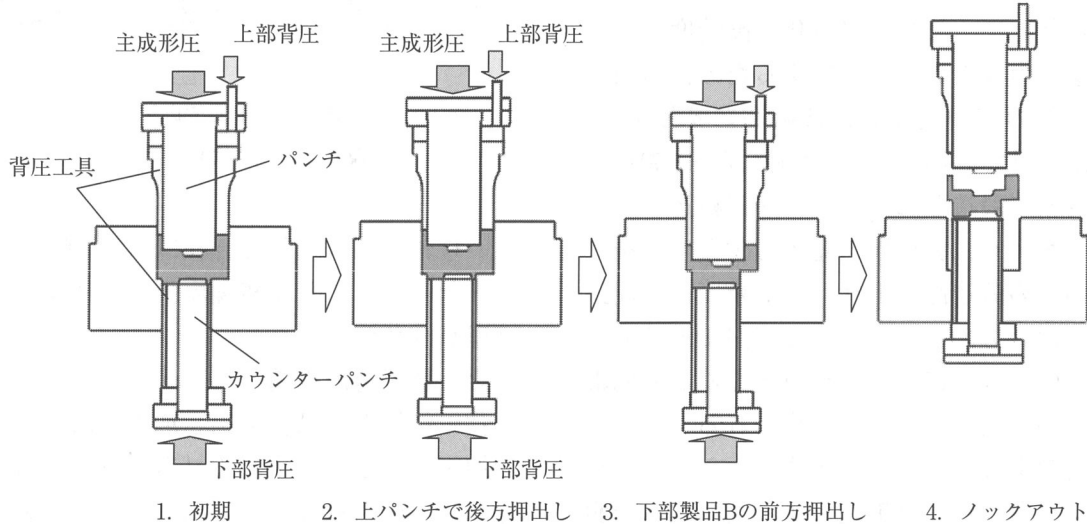
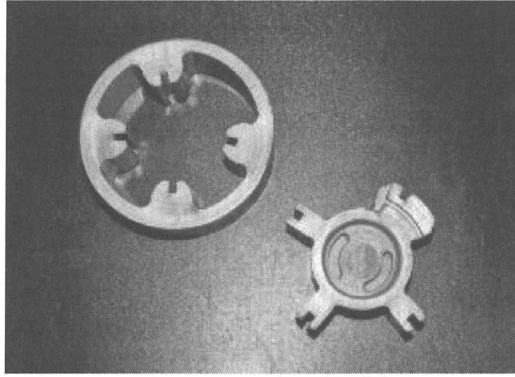


図 2 冷間アルミ合金の2個取り部品と成形モーション

の原理を用いた、2段階方式が採用されている¹⁾。最近では、この鍛造を利用して多軸複動油圧プレスで実用化した事例も報告されている²⁾。

図3に2段階方式を用いた中空素材による分流鍛造の金型構造を示す。工程2で据込み、工程3でパンチスリーブを逃がし、捨て軸を設けることで面圧を小さくしている。これらの成形は、1段モーションで加工力、許容加工圧力まで密閉鍛造を行い、2段モーションで金型を動かすことで分流成形を行う。

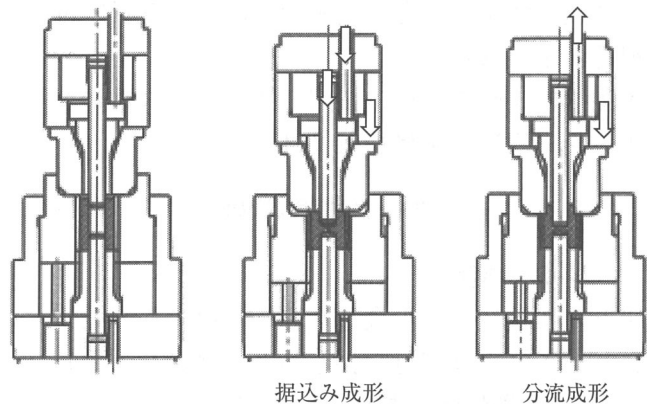


図 3 分流鍛造の中空素材の金型構造

4. 弾性変形を利用した成形³⁾

本事例は、成形時の金型の弾性変形量を制御し、軸部のバリレス化と真円度の高精度化によるネットシェイプを目指した軸付き鍛造部品である。従来では、上下対称に金型を分割しているため分割面に小さなバリが発生する。また閉そく時は、軸部の金型内面が楕円形状に変形するため、後処理として機械加工が必要となっている。

そこで図4に示すような4分割の金型構造で4

方向から軸部を閉そくしながら成形する構造を用いた。この構造では、分割した金型の穴に軸部が押出されることで、素材から施される内圧により穴の内面はX方向に扁平した形状に変形することが確認できた。そのX方向への変形を、4分割した金型の4方向から閉塞力を負荷し弾性変形内で金型の穴内面の変形量を調整することで、押し出された軸の真円度を向上させることが可能になった。

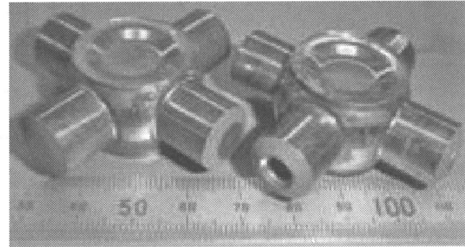
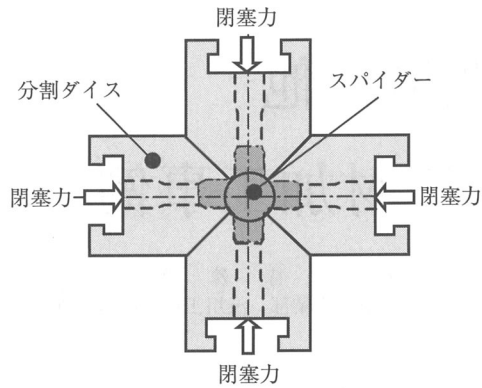


図 4 4分割構造と鍛造品

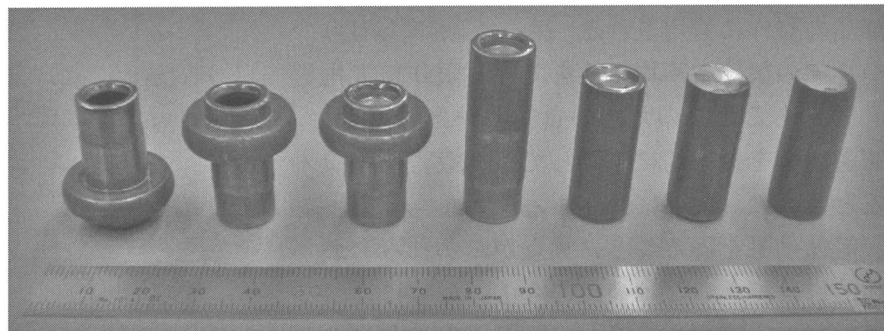
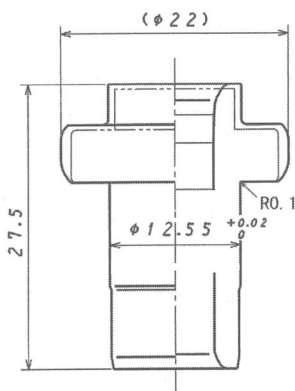


図 5 つば付鍛造品の工程

◇ フォーマー鍛造事例

図5に示すつば付鍛造品は、つば下軸部を高精度で鍛造化することで後加工の研磨工程が省け、コスト低減になったフォーマー鍛造事例である。一般にこの大きさの鍛造品は、軸部公差が $30\mu\text{m}$ 以上であるが、本鍛造品の許容公差は $20\mu\text{m}$ 以下の厳しい要求精度であった。量産時では、軸部寸法精度を $10\mu\text{m}$ 以下で生産を行っている。素材材質はS35Cで、使用機械はBPF-530（圧造能力1,100kN、生産数60～110SPM）のボルト・パーツフォーマー5段、生産速度は70SPMである。この鍛造品精度を確保するために、鍛造品精度をばらつかせない金型構造と金型精度を $5\mu\text{m}$ 以下で管理している。

◇ これからの特殊鋼への期待

温・冷間鍛造の高精度品を追及するには、金型の弾性変形、素材発熱、金型の熱変形などを予測した寸法制御が必要となる。また鍛造品のコスト低減には、金型寿命向上が重要な課題となる。したがって表面処理などの最適型材を含め、これらの課題を解決できる金型材料の開発が期待される。

参考文献

- 1) 近藤一義：鍛造分科会・第35回実務講座、(2008)、17-26
- 2) 中島将木、新井慎二、近藤一義：塑性と加工、50-587 (2009)、20-24
- 3) 株式会社ニチダイ：JFA社団法人日本鍛造協会、30-APRIL (2010)、44-45

2. 自由鍛造、他

(1) 最近の難加工材加工事例

大 同 特 殊 鋼 (株) ます なが あつ お
素形材事業部 洪川工場鍛圧室 益 永 敦 郎

まえがき

自由鍛造は、エンジン、タービン、重電機械、産業機械、化工機、原子力用部品等の非量産大型重要部品の製作に適用される。従って、鋼塊(鋼片)のもつ様々の欠陥や不均一性をできる限り無害化する必要がある。このための質的改善としては、粗大鑄造組織を機械的に破碎して微細緻密な組織とするとともに、内部に介在する微小な空隙を圧着し、鍛錬効果を得ることに重点がおかれる。かつ外観的にはできるだけ製品の寸法・形状に近づけるニアネット成形を行う¹⁾。近年、高合金化や高品質化をはじめとして難加工材の需要が増加していることから、優れた基盤技術の構築、お客様のニーズを満たす製品開発を今後も絶えず続けていく必要がある。本稿では、最近の難加工材(オーステナイト鋼：高[N]SUS304N2)の製造事例について紹介する。

◇ 熱間鍛造

材料を加熱し、再結晶温度以上、固相線温度未満の温度範囲で行う鍛造を熱間鍛造という。鍛造は塑性加工であるため、材料の変形抵抗の低い高温側で行うほうが作業性が良い。

熱間加工性は主に変形抵抗と変形能にて表される。実際の鍛造における鍛造荷重は変形抵抗と相関があり、変形抵抗は図1に示すように鍛造温度の上昇に伴い、低くなる傾向があるが、一般的にはC量の高い鋼種あるいは合金含有量の高い鋼種ほど変形抵抗が高くなり、鍛造する上でも難しさは増す。変形能については変形抵抗が高い程、すなわちC量あるいは合金量が多い鋼種程、低下する傾向がある²⁾。実際の鍛造では、求められる要求品質、生産性などにより加工条件が選択され、プレス能力を駆使しながら製造される。

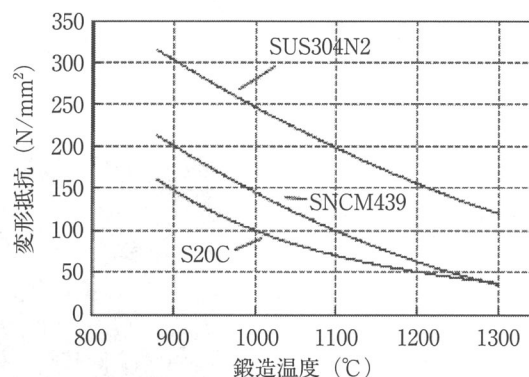


図 1 各種鋼種の鍛造温度と変形抵抗の関係

◇ 難加工材の加工事例

1. オーステナイト鋼の鍛造

ステンレス鋼やスーパーアロイなどのオーステナイト系合金は、熱処理による結晶粒の微細化ができないため、一般的に熱間加工工程で再結晶を利用して細粒化を図らなければならない。特に難加工材で大型品になると、中心部にひずみ加わりにくいため、組織の造り込みには注意が必要である。

結晶粒の制御を考慮した熱間加工方法の基本的なプロセスとして、高温での強加工による内部性状の改善、動的再結晶を活用した中細整粒化および低温でのひずみ付与の後の静的再結晶による微細化があげられる³⁾。

2. 事例①：大型品の整細粒化

従来、細粒化のためには粒成長を抑制するための低温加熱が一般的な概念とされていたが、温度を高め、圧下率(歪)を増加させると再結晶が生じ易くなることを利用して(図2)^{4) 5)}、難加工材である高[N]SUS304N2などの大型鍛造品に活用している。具体的には変形抵抗を下げ、変形能が改善される温度を精度よく狙う加熱と1ヒート

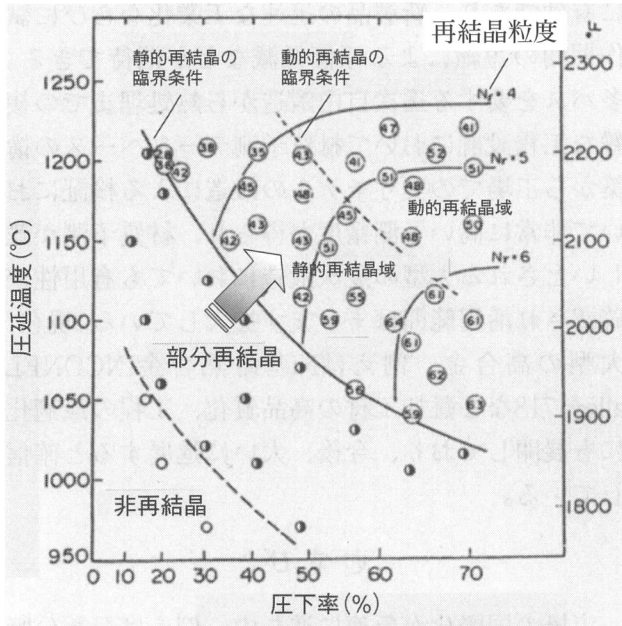


図 2 オーステナイト鋼の再結晶（粒度）に及ぼす圧延温度と圧下率の関係の例（1パス圧延後→水冷）

内の累積加工量を増加させる高歪化による再結晶促進（動的+静的再結晶）を組み合わせることで、従来の軽圧下・複数リヒート加熱の繰返しが低減され中心部の粗粒問題が解消した。図3には高[N]SUS304N2大型鍛造品の品質改善事例を示す。

3. 事例②：高加圧力を活用した新プロセス

近年、高品質化をはじめとする難加工材の市場ニーズの高まりや、顧客の更なる高品質化要求により、自由鍛造プレス「高加圧力」を利用し、従来から鍛造している材料の作り方を変化させることで新たな付加価値を創出している。

図4に高[N] SUS304N2大型ディスクの「低温強圧下鍛造」による内部品質の造り込みの事例を示す。2008年4月の新7,000トンプレス導入に伴い圧下量と送りを増大させ、既存3,500トンプレスではできなかった品質と生産性を考慮したパススケジュールの設計が可能となった。同時に、低温加熱で歪みを増大させることで静的再結晶の促進による結晶粒の微細化、ならびに機械特性向上やヒート数削減による生産性向上効果も認められた。

4. プロセスモデリング技術

近年、FE解析を用いた塑性加工の工程設計などの実用的な取組みが盛んに行われるようになり、多くの実績が報告されるようになってきた。その背景に、近年のコンピューターの発達、特に汎用解析コードの進歩が挙げられ、FE解析を使ったプロセスモデリングは、自由鍛造品の高品質化を図るための最適な工程をデザインする上で非常

	従来工程	改善工程
鍛造工程	<p>鋼塊 据込 鍛伸 据込 鍛伸 <math>< 2.0s</math> <math>\phi 568<="" math><="" p=""> <p>加工量：30~50mm/ブロー</p> </math>\phi></p>	<p>鋼塊 据込 鍛伸 >math>> 2.5s</math> <math>\phi 512<="" math><="" p=""> <p>加工量：>100mm/ブロー</p> </math>\phi></p>
ヒート数	6	2
マクロ組織		
結晶粒度	表層：1.0 ~ 3.0 中心：-2.0 ~ 0.0	表層：3.0 ~ 7.0 中心：0.0 ~ 3.0

図 3 高[N]SUS304N2丸棒の粗粒改善事例

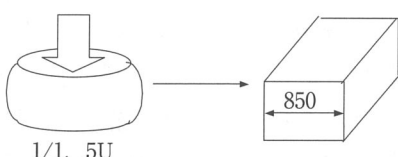
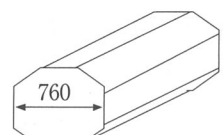
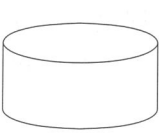
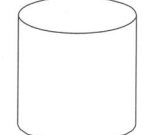
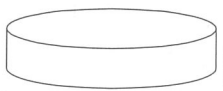


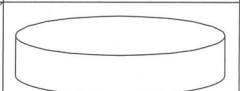
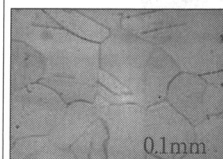
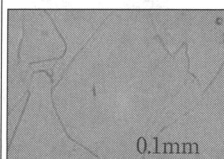
ヒート数 工程	新プレスの工程 7000 t	旧プレスの工程 3500 t
加熱	≤1250℃	≤1250℃
据込 ↓ 鍛伸		
加熱	≤1250℃	≤1250℃
鍛伸		
加熱	≤1250℃	≤1250℃
据込	 φ1,720×H390	 φ1,200×H800 ⇒キズ取り
加熱	≤1150℃	≤1250℃
据込	 φ2,100×H260 (仕上)	 φ1,250×H750 ⇒キズ取り
加熱	-	≤1250℃
据込		 φ1,380×H600
加熱	-	≤1250℃
据込		 φ2,200×H240 (仕上)
ヒート数	4	6
熱処理	溶体化処理	
結晶粒度	 粒度 #4.6	 粒度 #2.2

図 4 高[N]SUS304N2ディスクの鍛造工程

に有効であり、新製品の迅速な工業化ならびに試作期間の短縮による原価低減などが期待できる。多パスを要する逐次自由鍛造から熱処理までの複雑な工程設計において材質予測データベースの構築から工場での実寸モデルの鍛造による検証において非常に高い予測精度が得られ、材質予測が難しいとされる大型の逐次鍛造においても有用性が確認され活用範囲はますます拡大している。現在、大型の高合金、例えばNi基耐熱合金INCONEL alloy 718など難加工材の高品質化、工程の最適化にも展開しており、今後、大いに進展すると確信している。

むすび

市場の国際化が急速に進む中、例えば発電分野での高温・高圧・高効率に対応した超合金の普及など、難加工材の需要増加・生産拡大が今後も期待されている。当社渋川工場では、これまでに培った鍛造技術・技能および周辺設備を活かした上で、近年導入した7,000トンプレスや4面高速鍛造機などを駆使し、今後もユーザーの要求を満足させる高級自由鍛造品を世界に供給してゆく所存である。更なる素形材事業の基盤構築・高収益体質への革新に向けて、将来にも通用する技術を確認たるものとすべく、一層精進したいと考えている。

参考文献

- 1) 鍛造技術講座(生産技術編)-鍛造技術研究(H3.3)-P19
- 2) 鍛造加工技術・技能マニュアル(H11.5)-P11、12
- 3) 鍛造と熱処理に関する基礎技術-鍛鋼研究部会-P13
- 4) 鉄鋼基礎共同研究会高温変形部会編:鉄鋼の高温変形挙動-進歩総説-シンポジウムテキスト(1979.2.14)、41
- 5) 稲守宏夫、市田 豊:鉄鋼技術の流れ①棒鋼・線材圧(日本式棒線ミルの誕生と発展)日本鉄鋼協会発行183

(2) 大型自由鍛造の製造事例 —エネルギー産業を支える大型鍛鋼品—

（株）日本製鋼所 おのしんいち
室蘭製作所 小野信市

まえがき

近年、地球温暖化防止のため炭酸ガスの排出規制や具体的な抑制策の実施が世界的急務と叫ばれている。このような時代にあって、伝統的な鍛造技術の役割の重要さはむしろ増加していると言える。世界的に高まる電力需要にあって温暖化防止の重要な鍵を握る発電所においても環境保全と鍛造技術、特に大型鍛鋼品との関わりは深い。すなわち、これまでの発電機の単機出力増大によるスケールメリットの追求による発電効率の改善は、発電機用鍛鋼品の自由鍛造品の超大型化技術に支えられているところが大きい。

自由鍛造品のなかでも重量が50トン以上から250トンにもおよぶ超大型の鍛鋼品は、その約15%と比較的少ないが、これらの大型鍛鋼品の6割以上が重厚長大分野と呼ばれる発電、鉄鋼生産、造船、重化学工業、大型土木建設などに代表される、いわゆる基幹産業に関わる製品である。

これらの超大型の鍛鋼品はいずれも機器システムや構造物の心臓部に用いられ、いろいろな産業分野において重要な役割を担っていることから、使用中の安全性や信頼性は絶対的に高いものでなければならない。しかし、これらの製造工程では超大型製品特有の課題も多い。まず、鋼塊が大型化すると内部の偏析、非金属介在物、および微小空隙が著しく増加するため、性状のよい鋼塊の製造は非常に難しくなる。そして、鍛造工程では、数百トンにもおよぶ巨大な鋼塊を限られた設備で迅速にハンドリングし、所望の形状を造り上げ、しかも内部まで十分な鍛造効果をおよぼさせることは容易なことではない。したがって、このような品質の高い大型鍛鋼品の安定供給のために、製鋼、鍛造、および熱処理にわたりユニークな技術開発が行われてきた。ここでは、前述のような超大型鍛鋼品の自由鍛造による製造工程に的を絞っ

て、その具体的な方法を紹介したい。

◇ 大型鍛鋼品の巨大化の変遷

大型の鍛鋼品が巨大化していった歴史的な背景は、火力や原子力発電所における単機出力の大型化の歩みとよく一致する。この30年間に火力および原子力発電プラントの単機出力は、発電効率におけるスケールメリットを追求して著しく大型化した。それとともに使用される圧力容器をはじめとした機器類は加速的に大型化し、当然のことながら、発電機や蒸気タービンのロータ軸材の胴径も増大した。とくに、1969年には、出力が1,100メガワットを突破し、そのタービンロータ軸の構造が、これまでのディスク焼きばめ型から一体型へ変更されたため、その鍛造重量は飛躍的に増加した。この要求に応じて400トン大型鋼塊から完成重量120トンの一体型ロータ軸材が開発された（写真1）。以来、ほとんどが一体型に移行し、1973年には、さらに出力1,300メガワット向けの重量200トンにも及ぶタービン軸材の完成へと至った。そして、最近の出力1,350メガワットの改良型沸騰水型原子力発電プラントで用いられている一体型の低圧タービンロータ軸材は、ついに鍛造打上げ胴径が約2.9m、重量約340トンも

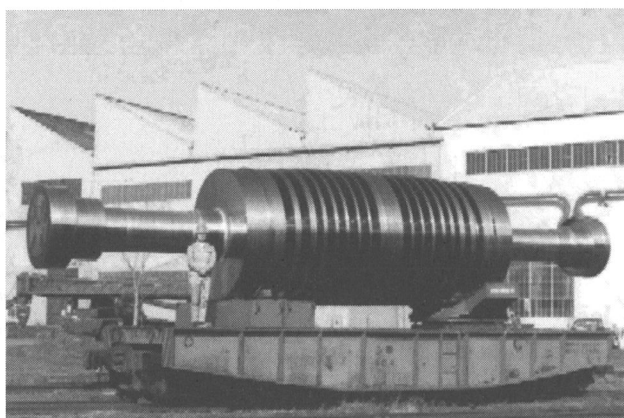


写真1 一体型低圧タービンロータ軸材(φ2.6m、144t)

の巨大な鍛鋼品となっている。これに使用する鋼塊は総重量600トンを超える超大型の鋼塊であり、これまですでに200本以上の超大型低圧タービンロータ軸材が製造され、世界中の大型火力・原子力発電所へ供給されている。

◇ 超大型鋼塊の製造技術

自由鍛造業界において先ず重要な製鋼技術の進歩と動向について以下に述べる。エネルギー産業や鉄鋼業などの分野で用いられる大型鍛鋼品では、その品質が厳しく追求されるが、その大部分は大型鋼塊を製造する製鋼工程で決まると言っても過言ではない。P、Sなどの不純物元素の除去、介在物の低減、成分偏析の軽減、水素系欠陥の回避などに関わる技術開発が挙げられる。その甲斐あって、最近では600トンにおよぶ超大型鋼塊に至るまで安定した品質の確保が可能となっている。図1に現在の大型鋼塊の製造工程を示すが、特に、精錬工程での取鍋精錬法(LF; Ladle Refining、VLF; Vacuum Ladle Refining)の確立により不純物元素、介在物、水素系欠陥の課題が大幅に改善されている。現在、500トンを超える超大型鋼塊の製造能力は、韓国の追上げもあるが、世界的に日本が圧倒的に優位であり、一体型低圧タービンロータや原子炉圧力容器の製造をほぼ独占している。

また、近年、LFやVLF技術が確実に定着し、水素の迅速分析法(ハイドリス法)が開発され、導入されたことで、長年の課題であった水素系欠陥問題の解決は大きく前進した。さらに、造塊工程では流滴脱ガス法を採用した真空鑄造技術が広く用いられているが、最近では中間鍋を使用しな

いダイレクト真空鑄造法が開発され、鋼塊表層付近の氧化物系介在物の減少や製造コストの低減に効果を上げている。

◇ 超大型鋼塊の基本的な鍛造技術

原子力発電所向けの一体型低圧ロータ軸材のような大型鍛造品の内部品質を確保するためには、多くの据込みと鍛伸を繰返し、鋼塊に十分な鍛錬比を与えなければならない。したがって、一般的な鍛造工程では鍛伸するまえに数百トンもの巨大鋼塊を、1万トン級の巨大プレスで直接据込む工程を入れる必要がある。写真2は、1260℃に加熱した超大型鋼塊で、1万トン水圧プレスで据込む直前の状況である。超大型鋼塊の据込みでは、鋼塊の温度低下による変形抵抗の増加と断面積増大により圧下所要荷重は徐々に増加するので、一定のプレス力を負荷する条件下では、圧下速度は著しく減少せざるを得ない。しかし、巨大な鋼塊では出炉後、1時間以上経過しても冷却による温度勾配が生じているのは表層から約600mm深さまでで、軸心部は1200℃以上の高温のままである。したがって、圧下速度が低下すると、それに対応してひずみ速度も極めて小さくなることから、鋼塊全体の平均的な変形抵抗は、それに依存して非常に小さくなり、この値にプレス力が釣合うように圧縮変形が、まさに‘クリープ的’な速度で進

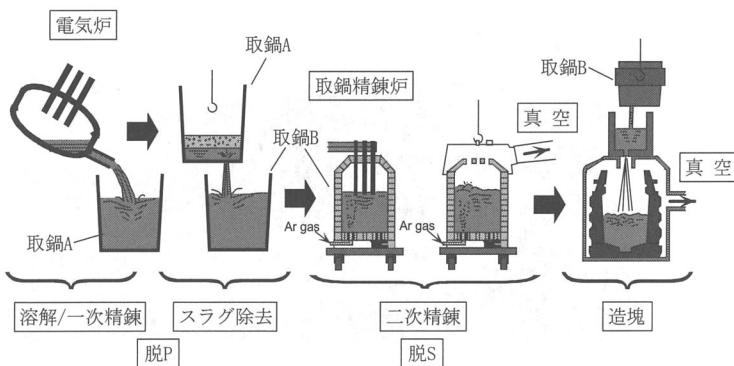


図 1 大型鋼塊の製造方法



写真 2 加熱された超大型鋼塊と鍛造作業状況

行する。このようにして巨大な鋼塊は長時間をかけても所望の高さまで据込めるのである。

一方で、大型の鋼塊の軸心部には凝固時の収縮に伴う多数の微小な空隙（以下、ザクと称す）が回避的に発生する。発電用ローター軸材は高速で回転し中心部に大きな応力が作用することから、このザクが製品に残留すると使用中に致命的な破壊事故をひき起こす原因となる。そのため図2に示すような軸材の鍛造工程においては、単にその形状を造り上げるだけでなく、超大型鋼塊の中心部まで十分なひずみや圧縮応力を付与することにより、粗大な鑄造組織を緻密化するとともに、この空隙状欠陥を確実に圧着させ、健全な内部性状とすることが必須の命題である。

超大型鋼塊の鋼塊内部の空隙欠陥を鍛造によって閉鎖し、圧着するには大きな圧縮静水圧応力条件下で十分な加工ひずみを与えることが肝要である。この条件を実現するために各自由鍛造メーカーでは製品の大きさやプレス設備の容量をかんがみて、効果的なザク圧着鍛造方法をいろいろと開発し、実施してきた。その一つである「温間鍛錬法」は、出炉した鋼塊を直ちに圧下せず、空中放冷することで表層部に冷却層を形成させた後、比較的小さな金敷で鍛造する方法で、実験やFEM解析

により冷却シェルによる軸心部の静水圧増大効果が定量的に明らかにされている。また、「FM鍛造法」「強圧下広幅拘束鍛錬法」では、1万トン級の大きなプレスを用い、鋼塊に大きな圧下量を与えてザクを圧着する。これらの鍛造法が、超大型軸材の鍛造に実用化されている典型的な方法であるが、圧延用ロールなどの比較的小径の製品にはV字型金敷を用いた鍛造法なども用いられている。

◇ 超大型鍛鋼品の形状創成

1. 超大径シェル材の鍛造技術

原子力発電プラントや石油精製プラントでは、信頼性向上のため周継手のない一体型の鍛造シェルがよく用いられる。これらのシェル材は100トンから600トンの大型鋼塊を据込んで穴開けをした素材を、マンドレル鍛造によって伸長して丈定め作業を行った後、孔広げ作業により所定の外径寸法に仕上げる。また、このような大型のシェル鍛造においては、材料歩留りを高くするため真円度や肉厚精度を確保する必要があるが、素材加熱温度ムラ、鍛造中の金敷と素材との不均一接触、素材の芯振れなどにより真円に打上げるのはプレス作業者の熟練度によるところが大きい。さらに、冷材での外径精度へおよぼす熱収縮の影響を最小限にするために、鍛造仕上がり温度が特に厳しく管理されている。

ABWR原子炉容器のように直径が7.4m以上の場合はプレス機内での鍛造は不可能なため、プレス機外に特殊な装置を装着して孔広げ鍛造を行なうことも行われている。

2. 超大型ドーム部材の一体鍛造

原子力発電所用各種圧力容器などのドーム部材は、出力増大や供用期間中の検査工程の低減に対応するため、大型一体鍛造部材化の方策が一貫して採用されてきた。図3に示すような加圧水型原子炉(PWR)の圧力容器の超大型ドーム部材では、図示するように溶接線を減らした一体型鍛造部材が開発されている。このような大型の一体型ドーム部材の鍛造は、直径が約5m以下であれば8千トンや1万トン級の大型プレスの機内で実施可能であるが、部材の肉厚が厚い場合や、ノズルが一体であるなど成形難度の高い形状の場合は、図3

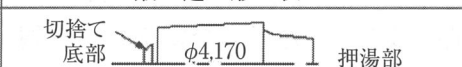


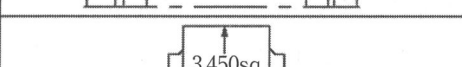
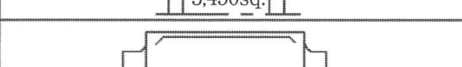
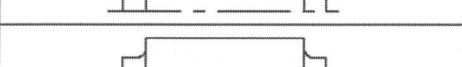

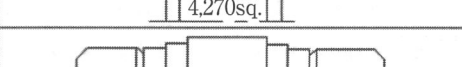
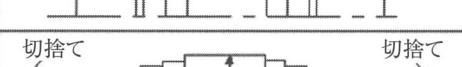
工 程	鍛 造 形 状
鋼 塊	
空隙圧着鍛錬	
鍛 伸	
すえ込み	
空隙圧着鍛錬	
鍛 伸	
すえ込み	
胴部仕上	
軸部仕上	

図 2 大型タービンローター軸材の典型的な鍛造工程

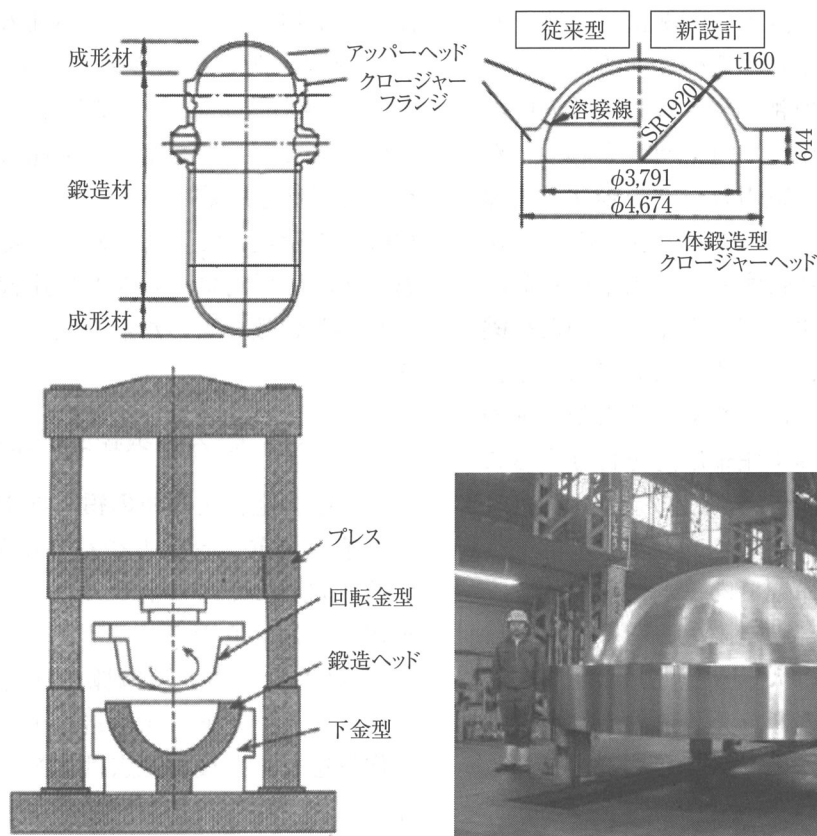


図 3 PWR超大型ドーム部材概要

に示すように回転する部分金型の採用により荷重低減をはかることが必要である。

◇ 自由鍛造業界の課題と展望

近年の日本の人口構成は少子化とともに、高齢化が加速的に進んでいることは周知の情勢であるが、それにもなう労働人口の減少が産業界、特に「物作り」職場において熟練工の不足をもたらすことから、技術・技能伝承が将来にわたる大きな課題として顕在化している。自由鍛造業界においても、かつては3K職場の典型例とも言われたことや、長年にわたり幾度の合理化を繰り返したことから、就労者の年齢構成は若年層が少なく、50才代が多い、いわゆる「ワイングラス」型の極端な分布形態となっている事が多い。このような状況を乗り切るべく業界各社は、いろいろな技術・技能伝承対策を実施している。現在、各社は社内セミナーなどの座学教育や、定年到達者の再雇用による若手技能者の指導制度など、いろいろな工夫をこらした技術・技能の伝承活動を積極的に実施し、その成果も徐々に現れている。

最近の日本国内の鍛鋼品生産高は、急激な世界的不況の影響で減産傾向を余儀なくさせられているが、社会的インフラやエネルギー分野関連の製品需要は、長期的な世界経済の拡大基調のなかで継続していくものと予想されている。その主な製品は火力・原子力発電部材や鉄鋼産業関連部材と言った、いわゆる従来型の製品が多いのが実情である。しかし、このような製品構成状況にあっても、地球温暖化防止の観点から高効率発電機器材料の開発は積極的に推進されている。超臨界圧タービン用新12Crローター、Ni基合金ガスタービンディスク、および次世代型の大型原子炉圧力容器用部材などの開発である。特に欧州は蒸気温度が700℃を超える次世代型石炭火力発電機器の開発に精力的である。

このように自由鍛造業界の将来は、これまでの大型化指向に機能性を加え、より付加価値の高い製品群の取り込みを目指した開発を推進する趨勢である。

今後、わが国の自由鍛造業界が世界のリーダーとして活躍することを期待したい。

(3) ローリング鍛造

富士鍛工(株) やま かわ たか ひさ
副工場長 山 川 隆 久

まえがき

当社は昭和23年大阪市港区に創業以来、60年におよび鍛造製品の供給に努めて参りました。井上特殊鋼グループの中のローリング鍛造専門工場として井上特殊鋼の創業者の出身地である高知県室戸市に昭和44年工場を建設し、フリーの鍛造品を通じて蓄積しました鍛造技術を基に昭和50年に初めてリングローリングミルを導入し、その後、品質の向上と量産への対応を図るべく全自動のリングローリングミルを600型、1100型、1500型、2500型と導入しました。さらに昨年6月には大型鍛造品をターゲットに国内では最大級の160トンの押力を要する2700型を導入し、現在5基体制で操業しております。

◇ ローリング鍛造品の強みと弱み

リング形状の製品であればローリング鍛造の他にも溶断、溶接リング等さまざまな製造方法がありますが、リングローリングミルで製造されるローリング鍛造品がなぜ支持されるのか、以下にその強みを列記します。

①内径の大きなリング形状品では、他の製造方法と比較してローリング鍛造のほうが材料歩留まりが格段に優れています。溶断では内径部分をそのまま不要な部分として切り出さなければなりませんし、型打鍛造でも内径部分を内バリとして取り除かなければなりません。対してローリング鍛造では小径の孔をポンチで開けた後、内径を拡げていきますから捨てるのはほんのわずかなポンチクズのみとなります。逆に内径の小さなリング形状品であれば上述のメリットをほとんど発揮することができません。リングローリングミルで内径を拡大していく余地がほとんどないものについてはローリング鍛造ができないケースもあります。

②ローリング鍛造では所定の寸法に仕上げるのに、リングローリングミルの操作盤の寸法設定を変更するだけで多種多様なリング形状品の製造が可能です。型や治具等が不要で、イニシャルコストがかからないため単品の製作からロットの大きいものまで低コストで対応が可能です。

③②で記しましたとおり準備物が不要で、製造上すぐに取り掛かれるため短納期の対応が可能です。

④鍛造した成形品の材料の組織の流れは常に連続しているといわれますが、このファイバフロー（鍛流線）はローリング鍛造品におきましても円周方向に均一に流れます。このため円周方向の機械的性質は他の製法と比較してローリング鍛造が最も優れています。

⑤一般的に鋼材は最後に凝固する中心部分に小さな収縮孔が残り、またその周囲に微小な成分偏析が生じるため中心部分が品質的に最も悪いとされています。しかしローリング鍛造ではリングローリングミルにかける前の粗地成形の際、鋼材の中心部をポンチクズとして取り除くため、鍛造母材としての鋼材の良質な部分だけを使用して製造できるというメリットがあります。

以上、価格、納期、品質共にローリング鍛造が他の製法と比較して優れている点を述べました。

それでは逆にローリング鍛造の弱みをいいますと製造可能寸法にさまざまな制約があるということです。機械加工の仕上り寸法の肉厚（外径と内径の差）が極端に薄いリング形状品の場合、ローリング鍛造で製造しようとするのと鍛造の取り代を相当とらなければ製造ができません。そういったケースでは、機械的性質を無視すれば、むしろ板材をベンダーで曲げて溶接をする溶接リング等のほうが取り代を軽減でき機械加工までトータルにみても歩留まりが良く、経済的と考えられます。

また逆に肉厚が極端に厚く内径の小さなリング形状品の場合、先にも述べましたとおりローリング鍛造の歩留まりの有利性を発揮することができず、見積もりをしても溶断等とコスト的に変わらないケースが多くあります。このような点からリング形状品であってもローリング鍛造の強みを発揮できるか見積もり段階でしっかりと見極める必要があるといえます。

◇ ローリング鍛造の製造工程

ローリング鍛造の生産設備はその生産ロットにより単品製作型と大量生産型に分けられます。単品製作は金型や治具をほとんど使わずフリー鍛造で粗地を成形します。大量生産の場合は逆にプレスによる型鍛造で製品を流して粗地を作ります。製造設備は違ってその製造工程の基本は同じですから、今回は単品製作の代表的な部品として大型プレスに使用される重量2,000kgの大型歯車用素材を例にとり、製造工程をご紹介します（ローリング鍛造前粗地工程を図1に示す）。歯車の材質は100kg以下の小型であればSCM415、SCM420といった肌焼鋼が多いのですが、約1,000kg以上になるとSCM440が一般的です。また鍛造母材は400kg以下であれば通常の圧延丸棒を使用しますが、それ以上の大型鍛造品には400mm角以上のブルームを使用します。

① 鋸切断

（材質）SCM440（鋼材）500mm角ブルームを大型バンドソーにて切断します。鍛造母材の投入重量は、孔開けの際に取り除かれるポンチクズ、及び、材料を加熱するとき酸化によって材料の表面に付着する酸化皮膜（スケール）による焼きペリ量を鍛造品の製品重量に加算して算出します。一般的には8～10%を鍛造品の製品重量に加算して、投入重量とします。

② 加熱

バッチ式加熱炉により、約1250℃まで材料を加熱します。

③ 据え込み前

マニプレーターで材料をつかみ、角材の角を取ってできるだけ丸材になるようプレスします。

④ 据え込み

丸材になった面を1500トン油圧プレスで圧縮し

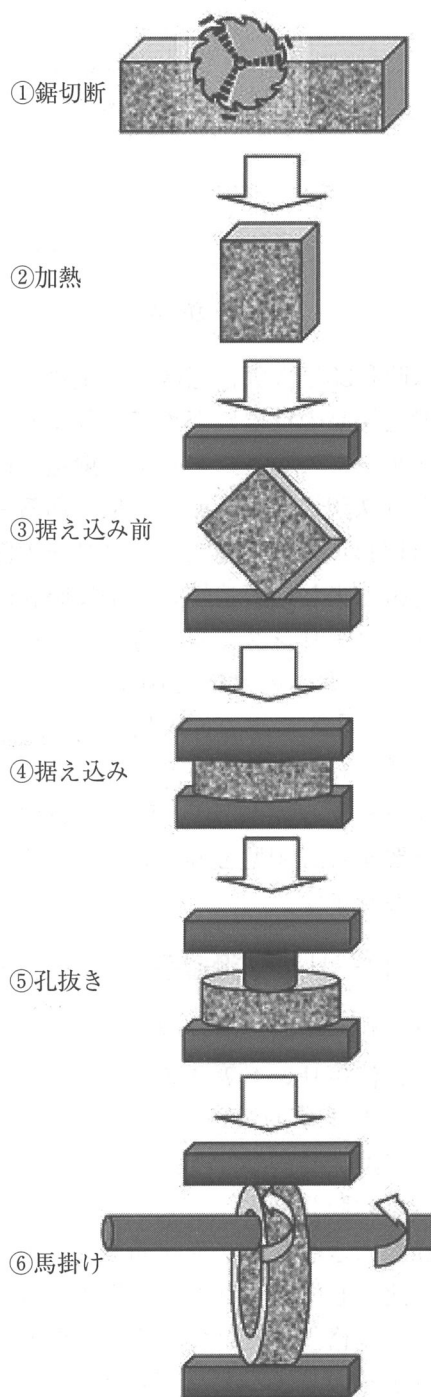


図 1 ローリング鍛造前粗地工程

て直径を太くします。なお、直径に対してあまり長さの長い材料は、据え込みが困難です。一般に据え込みの可能な材料の長さは、その直径の3倍以内です。

⑤ 孔抜き

据え込みした端面の中心に250マルのポンチをのせます。ポンチ径はローリング鍛造で使用される中ロールの径で決まります。まずプレスで材料の厚さの2/3～3/4までポンチを押し込みます。

つぎに材料を裏返し、ふくれた部分をプレスで平らにしてから、中心部を再度ポンチで押し、孔をあけます。裏返して孔抜きする際、孔にくい違いが生じないように注意を要します。くい違った状態でローリング鍛造工程に進むと、内径面をそのまま中ロールで押しますから内径にキズが残ります。

⑥馬掛け

孔抜きされたリングは肉厚が薄ければローリング鍛造工程にそのまま進みますが、大型リング品ではたいていポンチで孔抜きされたままでは肉厚が厚すぎるため馬掛けを行います。馬掛けとは孔抜きされた孔に心棒を通し、心棒を操作レーターでつかんで回転させることで品物を回し、プレスで肉厚を圧縮していく工程です。できるだけ生産を早め、生産個数を多くしたいときにこの馬掛け工程を省こうと考えます。しかし肉厚の厚すぎる状態でローリング鍛造をおこないますと端面に溝やシワキズが残ります。この原因は後のローリング鍛造の工程で説明します。

以上がローリング鍛造前におこなう粗地工程です。ローリング鍛造品の品質クレームは内径と端面のシワキズがほとんどですが、これは全て粗地工程の良し悪しによるものです。このことからローリング鍛造品の品質はこの粗地工程で決まるといっても過言ではありません。

◇ ローリング鍛造

粗地工程が終わりますと品物は約950℃まで温度を下げるため、バッチ式加熱炉により再び約1250℃まで加熱します。そしてリングローリングミルに品物を移動させ圧延を開始します。リングローリングミルによる圧延を一般的にローリング

鍛造と呼びます（ローリング鍛造を図2に示す）。リングローリングミルの各ロール名称はさまざまな呼び名があるでしょうがここでは一般的な呼び名で図2に記入しました。

圧延方法は粗地リングの孔に中ロールを通し、その中ロールと駆動している主ロールの間で品物の肉厚を減少させながらリング径を拡大し、所定の寸法に外径と内径を仕上げていきます。またエッジロールはリングの高さを所定の寸法に決めます。左右抱きロールはリングの中心を保ち、真円を維持する働きをします。

ローリング鍛造で最も難しいのは主ロールの回転速度とエッジロールの回転速度をどのように同期させるかということですが、定寸ロールが拡大していく外径の寸法を計測して、各制御系に現在寸法を伝えることで同期を可能にしています。もし回転速度が狂ってしまうとリングがねじれて全く品物になりません。

また先に肉厚の厚すぎる粗地状態でローリング鍛造を行うと端面にシワキズが残ると述べましたことについて説明します。圧延中はリングの外径面と内径面は主ロールと中ロールにそれぞれ接触して押されるため、リングの外側と内側の肉が一番先に上下にまわります。

すなわちリングの端面は最外側と最内側が先にふくらもうとします。すると肉厚中心部が凹んだような状態で圧延が進行します。この凹んだ状態で端面をエッジロールが押すため端面に溝が残ります。もし溝がふさがったとしても端面にシワキズが残るといえるわけです。

◇ ローリング鍛造品の使用用途

ローリング鍛造品が評価されるようになった近

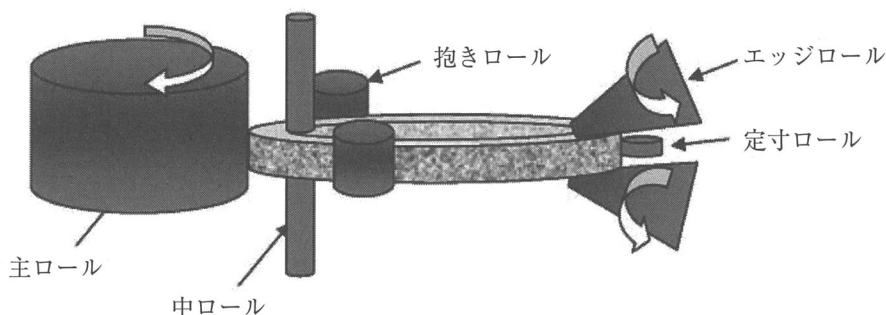


図 2 ローリング鍛造

年では、ありとあらゆる部品の素材としてローリング鍛造品が使用されるようになりましたが、もしそのなかで代表的な部品を選ぶとすれば軸受と歯車と継手類があげられます。

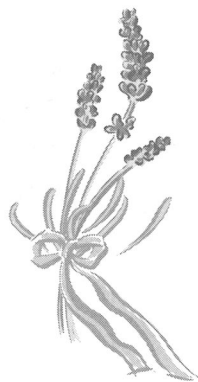
軸受部品として使用するのには、建設機械の旋回ベアリングが最も代表的です。径の大きさは建設機械の大きさによりますが、材質は焼入れ焼戻しや高周波焼入れを鍛造後の工程のなかでおこなうため炭素量の多い炭素鋼、合金鋼を使うのが一般的です。

また歯車として使用するのには、建設機械や風力発電用風車の減速機用が最も代表的ですが、プレス、工作機械、産業ロボット、射出成形機、ウインチ用ドラム等にも多くのローリング鍛造品が使われており、業界が多岐にわたっています。材質は一般的には前述したとおり浸炭焼入れをおこなうため肌焼鋼が多いのですが大型では合金鋼が多く使われます。

次に継手類として使用するのには、プラント関連設備、一般産業機械用としてのフランジがその代表的な部品といえます。材質は低炭素鋼とステンレス鋼が多く使われます。また土木建築用等としてパイプをつなぐケーシングジョイントにも多くのローリング鍛造品が使われています。材質は合金鋼が多く使われます。

◇ 今後の展望

リングローリングミルの技術的進歩と粗地成形の経験的蓄積により量産品に関しては矩形から異形へローリング鍛造は進歩しています。また扱う鋼種におきましても炭素鋼、合金鋼からさらに耐熱鋼、ニッケル合金等の特殊鋼が製造できれば、ローリング鍛造品の用途は更なる拡がりをみせるでしょう。私たちも今後新たなニーズの開拓に取り組んでいきたいと思えます。



Ⅲ. 最新の鍛造技術

1. 鍛造機械の動向 (サーボプレス)

コマツ産機(株) あん どう ひろ ゆき
技術顧問 安 藤 弘 行
(株)イフカム ほり たい すけ
堀 泰 輔

まえがき

鍛造用サーボプレスに大きな変化は無いが、サーボプレスを使った新しい加工技術が開発されており、その動向について紹介する。

国内の自動車生産量に回復の傾向が見られる。その中で、鍛造部品においても一層のコストダウンが要求されており、サーボプレスを使うことによって、どのように「もの造り」を変えることができるかが検討され、工程数の削減や荷重の低減による生産性と製品精度の向上を狙いながら、大幅なコストダウンへの挑戦が行われている。

◇ 流動制御による鍛造工程の削減

図1(i)のミッションシャフトは、切断された丸棒から3工程(軸絞り加工2回、据込み加工1回)で加工しており、多工程用のトランスファプレスで連続生産をするか、単発加工用プレスで金型を交換しながら生産されているのが現状である。

新しい技術では、油圧シリンダ内蔵の特殊なダイセットとサーボプレスを使い、本来の下死点とは異なるもう一つ仮想の下死点を設けて材料の流れを制御しながら加工(流動制御鍛造)するため、スライドが1サイクルする中で3工程分の加工を行い、1工程で全ての加工を完了している。これによって多工程のプレス機械は不要になり、型交換しながらの生産も必要が無くなり、生産性が大幅に向上するのをはじめ、中間仕掛品を無くしたり工程数を削減することによる型費の低減で、鍛造加工に必要なコストを30~40%程度低減することができる。

この加工は、汎用の鍛造プレスでも可能である

が、長さ方向の寸法バラツキをコントロールすることが難しいなどの問題が生じるため、サーボプレスの特徴の一つであるステップモーションと特殊ダイセットを組合せ、安定した寸法精度の製品を得ている。

ここで行った流動制御鍛造は、類似形状のシャフトへの展開はもとより、ギヤブランクのような円筒状の部品に応用して工程を削減することが可能であり、加工機械のコンパクト化と設備投資額の大幅な低減を実現できる面白い技術である。

◇ 加工速度制御と製品精度

サーボプレスを使った後方押出しでは、加工中の速度を色々と変化させることによって製品内・外径の寸法精度を制御することが可能であると報告されている。

図1(ii)は、ステアリングピニオンの冷間鍛造品で、加工速度を色々と変化させることによって歯筋誤差などの精度を向上させた事例である。サーボプレスを使った鍛造でも単に速度を遅くするだけでも精度は向上するが、1分間当りの生産量が数個では油圧プレスと変わらず、設備コストの安価な油圧プレスで十分である。サーボプレスでは加工途中の速度を色々と変化させることによって、油圧プレスよりも製品精度が良く、生産性を向上させることを目指した。

図2(i)は、サーボプレスでのトライ結果をまとめたものである。単純に加工速度を遅くした2.5spmでの生産では、油圧プレスと同等の精度であった。加工速度を色々と変化させた複合モーションでは、油圧プレスの10倍程度(25~30pcs/min)の生産性で、製品精度も向上させることが

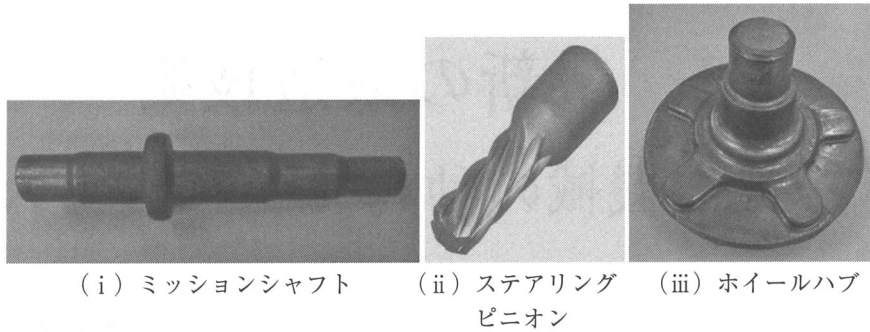
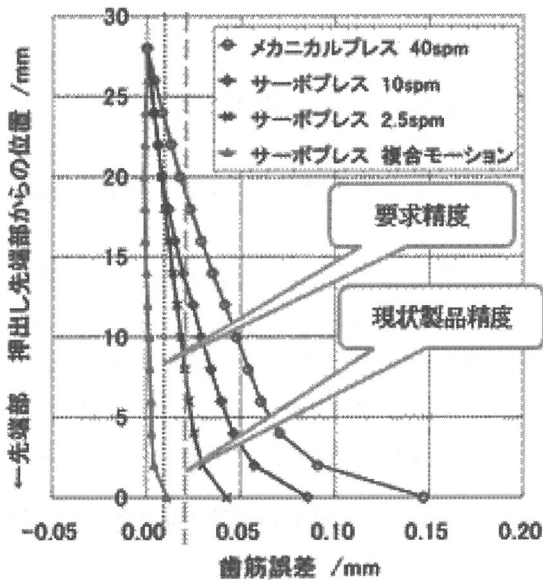
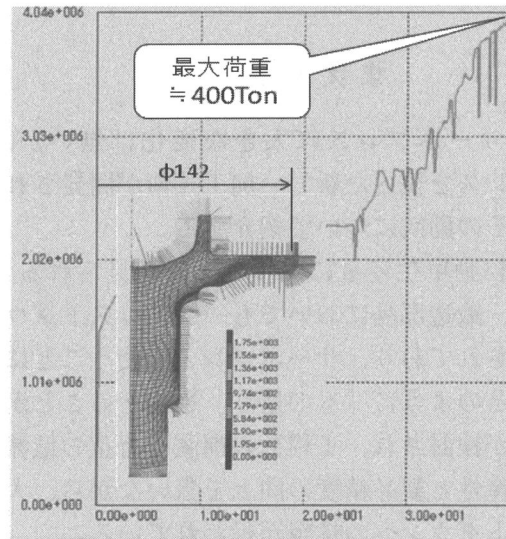


図 1 流動制御鍛造による鍛造加工品



(i) ステアリングピニオンの精度



(ii) ホイールハブの加工荷重

図 2 流動制御鍛造による歯形精度の向上とホイールハブ加工荷重の低減

できた。

◇ 加工荷重の大幅な低減

温・熱間鍛造でも、上型を複雑に動かすことで、面白い「もの造り」への挑戦が行われている。

図 1 (iii) は、複合鍛造したホイールのハブである。これらのハブは、現在 25,000kN クラスの鍛造プレスを使って 4～5 工程で生産されているが、ここでは 8,000kN クラスのプレス機械を使い 2 工程で温間鍛造することができた。

図 2 (ii) は、このホイールハブの鍛造において、さらに加工荷重を低減することを狙って油圧シリンダ内蔵のダイセットを使用し、流動制御鍛造を行ったときのシミュレーション結果である。加工荷重は更に低減し、6,000kN クラスのサーボプレスで十分に加工可能な結果が得られた。

このような部品は、単に設備さえ購入すれば容易に量産できることから、今後海外の部品メーカーとの競争も激化し、従来のみではコスト競争に勝つことが難しくなるため、国内の生産を維持するためにも工程の削減や、加工荷重の低減を可能にした新しい加工技術の開発が必要と考える。

◇ 型材の開発

今まで求められてきた型材に対する要求特性は、冷間用では高靱性や高強度・対焼付き性、温・熱間鍛造用では高温強度や耐ヒートクラック性などであるが、加工技術が進むにつれて、型材への要求特性も変わってきた。

その一つの特性が型材の熱伝導率である。冷間鍛造で加工が厳しく局部的に高い温度になって焼付きを発生するような場合には、超硬材料のよう

な熱伝導率が大きな型材が良いと考えられる。

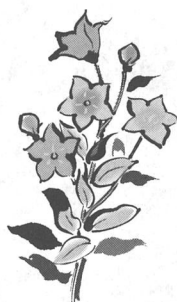
小物や薄物部品の温・熱間鍛造では、冷間とは異なり金型によって鍛造品が冷却されると荷重が上昇し、型が破損するなどの問題が生じるため、鍛造品を冷やさない型材の選定が必要となる。従来、型材の熱伝導についてはあまり考慮されていなかったが、新しい型材を使った耐熱鋼（Ni基合金）の据込み加工では、30%程度の荷重低減が確認されており、今後このような型材の利用も増えてゆくことが考えられる。

この新しい型材は、500℃程度の高温で保持しても軟化するなどの変化が無いことから、型温度を高い状態に維持しながらの加工も可能である。現在、この特性を利用してサーボプレスを超低速

（通常の1/100～1/1,000の加工速度）で動かしながら材料の歪速度依存性を利用して加工荷重を低減するなどの検討も行われており、この面でもサーボプレスの活用が広がるであろう。

むすび

鍛造加工に使われているサーボプレスは、国内で40台程度とまだ少ないのが現状であるが、その特徴であるスライドの速度制御などを行うことによって、従来のプレス機械では発想できなかった色々な加工法が提案・実施されており、速度制御による大径歯車の高精度鍛造化、温・熱間鍛造での工程削減と荷重の低減など、今後もサーボプレスの活用が進むものとする。



2. フォーマーにおける大型鍛造品成形

(株)阪村機械製作所 なか の たか ゆき
代表取締役社長 **中 野 孝 之**

フォーマーは鍛圧機械に属し、ボルト・ナットなど鈎螺部品を生産するヘッダー、ナットフォーマーから始まった。30年程前よりは、自動車部品業界において重要な生産設備となった。当社ではその過程において、ロングパーツフォーマーと称する、多種多様な製品に対応できるフォーマーを開発してきた。圧造能力10,000kNを超えるフォーマーも製作している（写真1）。

単なる相似形として大型化する設計製作では、成形品の品質保持、操作性、段取り替えに大きな問題が生じるのは明らかである。大型機が普及してきた背景にある重要な機能を紹介する。

まず、大型フォーマーとして重要な機能を大別すると、

1) 段取り替えと作業性

2) 高精度成形と品質の維持
がある。それら機能別に必要とされた装置をこれより説明する。

◇ 段取り替えと作業性

1. フォーマー用金型の段取り替え

フォーマー用金型（ダイ・パンチなど）の段取り替えシステムには、

- ①ダイブロック・パンチブロックの全体交換システム
- ②ダイ・パンチのみを脱着する個別金型交換システム

の2種類がある。

- ①ダイブロック・パンチブロック全体交換
ブロック全体交換システムでは、ダイブロッ



写真1 BPF-1200SSL型冷間パーツフォーマー
(切断径：φ51mm 圧造能力：12,000kN)

ク・パンチブロックの固定は油圧を採用し、ロック／開放はボタン操作のみで行える。

油圧ロックの構造であるが、大きなロックアウト力を支えるダイブロック側は、矢板を介して強固にロックされているのが大きな特長である。

これら双方のブロックは、通常工場内クレーン、及び設備専用クレーン、ロボットにて交換される。

②AMTC：個別金型交換装置

全自動の金型交換システムAMTC (Automatic Multi Tool Changer) は、1工程の金型でも全工程の金型でも、交換及び取り出しを自由に選択できるのが大きな特長である。

2. ダイブロックリフター

大型機では、全工程のダイをセットしたダイブロックは2トンを超える。ダイブロックをフレーム内で吊り上げたり吊り下げるには、フレームへの打痕防止への配慮にて、慎重かつ難作業が強いられていたがダイブロックを一定位置に昇降させる自動リフター装置により、その難作業が不要になった。

3. パンチ前死点位置の自動調整

フォーマーでは、段取り替え時、製品形状出しに各工程パンチの前後位置の設定に大変な労力と時間を費やす。

また、金型及び機内の温度変化などによる製品寸法の経時変化を補正するためにも、パンチ前後位置の自動調整装置が有効である。

従来、この作業は、フォーマーを停止させ、作業者が機内に入って作業していた。時間の消費、また大型機では多大な労力と危険を伴う作業であった。

自動調整システムの開発により、労力、危険性が軽減され、また時間短縮にも繋がった。

さらに機械稼働中の調整も可能で、運転初期の熱的影響による寸法変化にも対応でき、稼働率向上・初期不良品廃棄数の低減に大きな効果を発揮した。

4. ナイフ・クイルのクリアランスの自動調整

フォーマーは、機内に素材の切断機構を持つ。最適な切断ブランクを得るには、固定刃(クイル)と移動刃(ナイフ)のクリアランス調整が重要であるが、その調整部位は作業員から離れており特に大型機では危険も伴う作業であった。

操作盤でのボタン操作によって、クイルとナイフのクリアランスを自動調整できるようになった。

5. チャック開閉タイミングの自動調整

粗から精の工程にブランクを順次搬送するトランスファーにおいて、ダイよりロックアウトされたブランクを正確にチャッキングする、あるいはパンチが突入時にブランクを放す為のタイミング調整がある。通常このタイミングは回転カムにより得られ、調整はカムの位相調整の作業となる。カムは一工程にオープン、クローズの2枚がある。6工程であれば、アウトオブトランスファーを含め14枚のカムの位相調整が必要となる。自動調整により、機内での調整作業は無くなった。

6. トランスファーハウジングのターンと機内芯出し

トランスファーハウジングが運転位置より上昇後、作業員側に回転することで、トランスファーのユニットが作業員に対峙する。トランスファーのフィンガー交換や芯の調整作業が大きく改善された。

◇ 高精度成形と品質の維持

1. ブランクリフィード装置

フォーマーに供給する素材は一般的には、コイル状に巻き取られたワイヤーであり、材料径及び形状には限界がある。太径及び異形のブランクは、リフィード装置によって、機内に投入される。

2. 打痕傷防止のSPコンベア

フォーマーは横型(スライドが水平方向)成形機である。そのため、最終成形工程にてダイからロックアウトにて排出されるブランクは、圧造部下部のシュート上に自由落下する。その自重ゆえに、落下時の打痕傷が品質に影響を与えていた。高精度なギヤー成形を行っても、落下時に歯面が損傷し不良品となっていた。

当社ではフレームを貫通し、最終工程の下方まで延長させたSPコンベアを開発した。SPコンベア上にソフトランディングさせることでブランクへの打痕傷を無くした。

むすび

大型機の開発、普及においては単なる相似形で

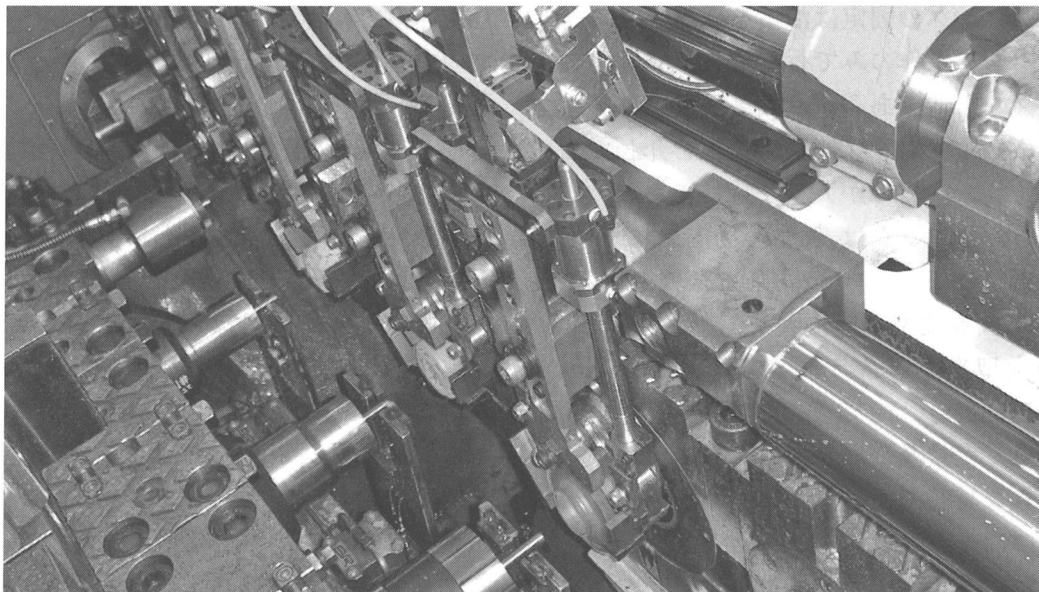


写真2 HF-2100E型熱間フォーマー
(切断径：85mm 圧造能力：21,000kN)

大型化が図れたのではなく、今までの開発・改善の積み重ねにより、作業者の大きな負担、危険性を排除してきたことが、大きな要因である。

最近では、複数作業者によるシングル段取りへの挑戦も10,000kN超級フォーマーで取り組まれている。

また、当社では熱間フォーマーの製作も行っているが、18,000kN、写真2の21,000kNの圧造能力を持つフォーマーをそれぞれ製作した。これらは、

ベヤリング、自動車のハブなど、単重が数kgに及ぶ部品を毎分70～90個のスピードで生産することができる。

これらはラムスライドを分割して、各々の位相を変えるとといった独創的な圧造工法などにより安定生産が可能となっている。

今後も鍛造業界、並びに鍛造作業者の視点に立った機械造りに励んでいきたい。



3. 鍛造潤滑剤の最近の動向

大同化学工業(株) いけだのぶひろ
技術研究所 第3研究室 池田修啓

鋼・アルミの鍛造加工では、被加工材の成形性を向上し、また貼り付き防止や金型寿命向上を目的として潤滑剤が使用される。

これまで、これら性能を満足させる潤滑として、温間・熱間鍛造では黒鉛系潤滑剤、冷間鍛造では化成処理（ボンデ処理）による潤滑が行われてきた。

近年では、作業環境の改善、廃液処理の問題、工程短縮による省エネルギー、のような環境負荷低減に対する取り組みから、温間・熱間鍛造では白色系潤滑剤、冷間鍛造では一液型潤滑剤（非ボンデ処理）の適用が求められるようになってきた。

◇ 温間・熱間鍛造用潤滑剤

温間・熱間鍛造用潤滑剤は金型に塗布し、金型表面に潤滑皮膜を形成する。

一般的に、黒鉛系潤滑剤に対して非黒鉛系の潤滑剤を白色系と呼んでいる。

初期の白色系潤滑剤はカルボン酸塩を水に溶解させて使用していたが、現在はそれに水溶性高分子を添加して、高温での付着性、潤滑性を向上させたものが主流となっている。

熱間鍛造用潤滑剤には、濡れ、付着保持、皮膜形成、残渣生成、の働きが必要であり（図1）、水溶性高分子は潤滑剤にそのような働きを持たせるため使用される。

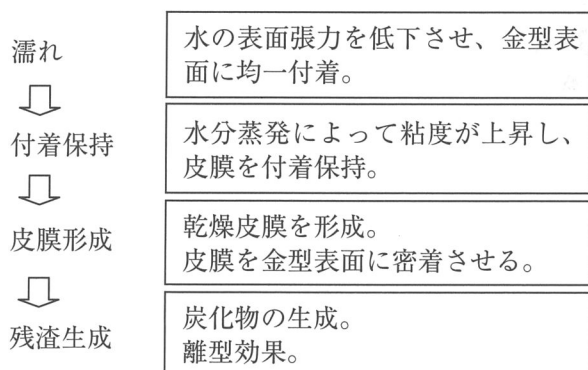


図 1 熱間鍛造用潤滑剤の必要性能

白色系潤滑剤は黒鉛系に比べ作業環境が改善することはもちろんのこと、油水分離性に優れることから、静置しておくことで混入油分が分離し浮上する。

よって循環使用の際はオイルスキマーなどで継続的に浮上油分を除去すれば、廃液量の低減が可能であり、それに伴って使用量の削減にもつながる。

逆に黒鉛系潤滑剤を使用する現場では、作業環境が良いとは言えず、また油水分離性に劣るため混入油分の除去が困難である。

そのために循環使用の際は廃油として廃棄しなければならない分が多く、結果として白色系に比べ液寿命が短く、使用量は多くなる。

実際に黒鉛系潤滑剤から白色系に切り替えることによって、使用量および廃液量が1/4になった例もある。

また白色系潤滑剤を適用した場合、黒鉛系に比べ鍛造後に発生するワーク表面スケールが多くなる傾向がある。

これは白色系潤滑剤に使用されるアルカリ金属が鉄の酸化に対して触媒の効果をしてしまうことや、白色系潤滑剤が有機物主体であるために、鍛造時に酸化雰囲気を作り出してしまうことによると考えられる。

鍛造後のワーク表面スケールが多いと、表面品質の低下をまねくとともに、スケール除去に多くのエネルギーが必要になり、環境面への悪影響にもつながる。

鍛造後に発生するワーク表面スケールの低減のために、アルカリ金属の添加を少なくし、また熱分解性を向上させて、水蒸気などの酸化性ガスを速やかに系外に排出できるような、潤滑剤組成の検討も行っている。

◇ 冷間鍛造用潤滑剤

冷間鍛造用潤滑剤は被加工材（ワーク）に塗布

し、被加工材表面に潤滑皮膜を形成する。

冷間鍛造加工では、熱間鍛造に比べ熱影響が少ないながら、塑性変形と摩擦熱によって、加工界面は局部的に500℃に達するといわれており、よって潤滑皮膜には優れた耐熱性が要求される。

また面積拡大率が大きく、高荷重の加工にも対応するため、ワーク表面に形成させた潤滑皮膜には、密着性、追従性、そして高い皮膜強度が要求される。

これまで冷間鍛造加工での潤滑として行われてきた化成処理皮膜は、複雑な工程を伴う化学反応によって潤滑皮膜を形成するのに対し、一液型潤滑剤は潤滑液をワークに塗布・乾燥させるだけで潤滑皮膜を形成し、加工に供することができる(図2)。

よって大幅な工程短縮が可能となり、コスト面、環境面でも大きなメリットが期待できる。

一液型潤滑剤の中でも、水溶性乾燥皮膜タイプと呼ばれるものは、水をベースとしてワックスや極圧添加剤、固体潤滑剤、等からなる潤滑剤で、固形皮膜を形成し、皮膜切れを起こしにくく、高負荷の加工にも対応できる。

現在では、自動車部品の鍛造やサイジングをはじめ、線材の引き抜き加工、深絞り加工、打ち抜

化成処理

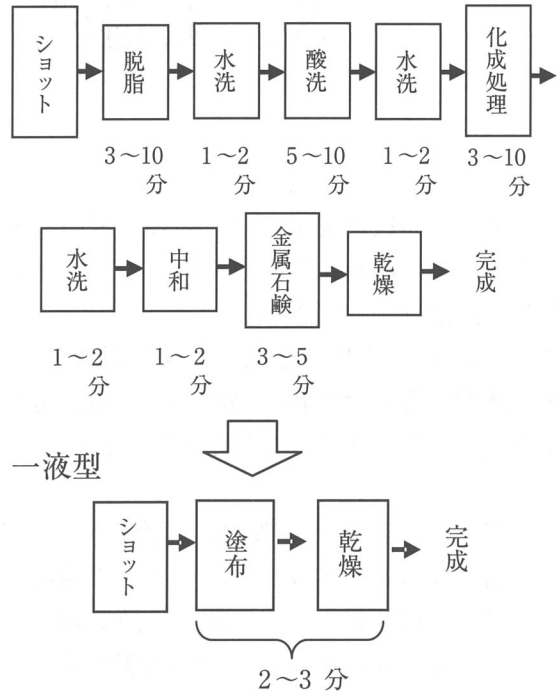


図 2 皮膜の生成工程 (数字は所要時間)

き加工、などにも一液型潤滑剤が適用されており、今後もその適用範囲は拡大していくものと考えられる。



4. 鍛造シミュレーションの活用

(株) ヤ マ ナ カ ゴ ー キ ン く ほ た さ と し
技術部ソリューションエンジニアリンググループ 久保田 智
同 き む す う よ ん
同 金 秀 英
え と う よ う す け
江 藤 洋 介

まえがき

コンピュータシミュレーション技術の鍛造分野への適用は、設計者が使用する支援ツールとして定着が進み、近年では、金型負荷状態の評価や金型寿命の改善検討¹⁾などにも用いられるようになってきている。最近の傾向としては、自動車メーカーの燃費向上、環境に対する負荷低減の取組みの中で、自動車部品の設計に対して小型かつ軽量、複合機能化や高性能化を実現する部品の開発要求が高まっており、また、鍛造加工による製品の生産においても、納期短縮やコスト削減といった課題への対応が望まれている²⁾。今回、鍛造部品の開発を進めるにあたって、コンピュータシミュレーション技術が担う役割と適用事例について紹介すると共に、今後進むと考えられるコンピュータシミュレーション技術の方向性について述べる。

◇ 鍛造シミュレーションの活用

まず、開発におけるシミュレーションの役割について開発の流れを追いながら紹介する。図1は鍛造品の開発を進めていく際に想定される状況を図式化したものである。開発の初期段階では、過去の類似品の開発経緯やノウハウといった情報を元に設計が進められるが、事前検討や初期不具合を回避する目的で、設計案の①「妥当性検討」をシミュレーションで実施する。実際に金型を製作する前に問題の発見と明確化を行ない、不具合の対処をすることで、完成度の高い金型の製作が期待できるといえる。次に、実機

未達となった場合、現状の設計案に対しての②「(不具合)原因の究明」を目的として、シミュレーションによる実態確認を行う。実機トライから得られる情報(成形荷重、金型の表面状態、鍛造品寸法など)もあるが、特に金型内における素材の変形過程や金型に対する応力負荷状態の表現は、シミュレーションが得意とするところである。

不具合原因を特定した後は、その対策として設計変更を施すための改善案を考えることとなるが、一つの改善案にとどまるとは限らず、また、どの案が適しているかを判断しなければならなくなる。そこで、複数の設計変更案を対象にシミュレーションの評価をすることで、③「最適案の選定」を行なうこととなる。

ここで挙げた①「妥当性検討」、②「原因の究明」、③「最適案の選定」は、開発を進める上でシミュレーションを適用するポイントであり、トライ&エラーの低減と目標達成までの開発期間の短縮に大きく寄与すると考える。

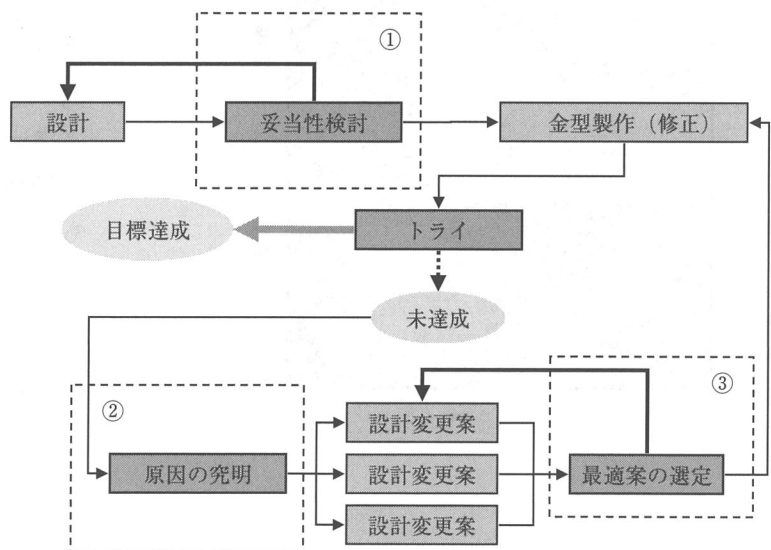


図 1 開発の流れ

◇ 鍛造シミュレーションの適用事例

鍛造部品の生産においては、金型の時間的な変化に着目されることが多い。ここでは、冷間鍛造の後方押し成形のパンチ温度変化を取扱ったシミュレーションについて紹介する。

鍛造加工のエネルギーのほとんどは素材の変形に費やされ、最終的には熱エネルギーとなって熱が伝わっていく。つまり、加工を受けて発熱した素材は、伝熱によってパンチやダイスの温度上昇を引起すといえる。さらに量産時には素材だけが入替ってこの伝熱過程が繰返されることから、パンチやダイスについては生産開始の時点から温度は上昇する一方であると予想される。もし、パンチやダイスが焼戻し温度やコーティングの耐熱温度、潤滑特性の低下する温度を超えるところにまで達すると、急速な摩耗や塑性流動といった問題が発生する可能性があり、使用中のパンチやダイスの温度推移は金型寿命改善のための関心事でもあるといえる。

そこで、素材の加工発熱とパンチ、ダイスへの熱伝達および大気への放熱を考慮して、20℃の初期温度から100ショット後の金型の温度状態を確認することを目的として、後方押し解析を実施した。図2は100ショット後のパンチおよびダイ

100ショット目 (成形開始: 244秒後)

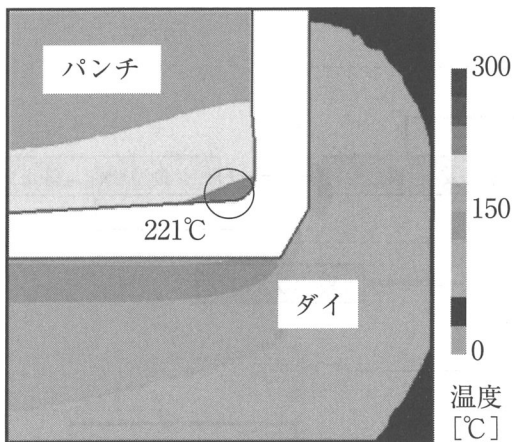


図 2 金型の温度分布

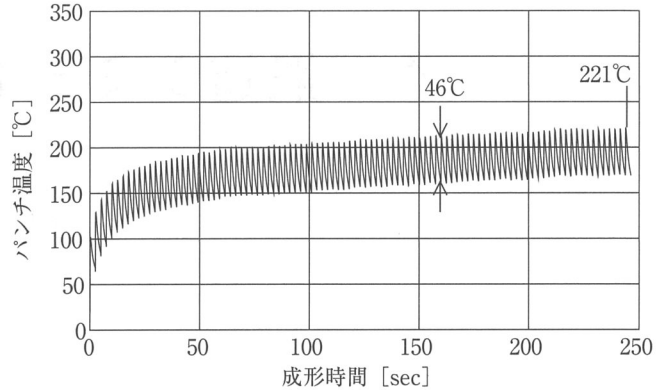


図 3 パンチの温度変化

スの温度分布を表わしたものである。100ショット後の温度分布からは、ダイスよりもパンチのエッジ付近で温度が高くなり、221℃まで上昇することがわかる。また図3は、100ショットに至るまでにパンチがどのような温度変化を推移するかグラフに示したもので、鍛造中のパンチは約46℃の温度差をもって上下に振動しながら徐々に温度が上昇していく様子が示されている。

100ショットまでの評価であるが、空冷の状態ではパンチ温度はなだらかに上昇する傾向がある。温度上昇を抑止する冷却タイミングや必要な冷却時間は、シミュレーションの実施による比較評価によって検討できるといえる。

◇ 今後のシミュレーション技術

今回、鍛造部品開発の中でのシミュレーションの役割と適用事例を紹介したが、鍛造加工のメリットは高い量産性であり、それを支える金型の役割は重要であるといえる。金型を設計する点においても使用する点においても金型寿命の向上は考慮すべき課題であり、シミュレーションによる評価技術の発展が、課題解決に大きく貢献できるものと考えられる。

参考文献

- 1) 金 秀英 他: 特殊鋼56 (2007) No.6, P39
- 2) 金 秀英: 塑性と加工, 51-589 (2010), 106-110

5. 制御鍛造技術の開発動向

大同特殊鋼(株) 五十川 幸 宏
研究開発本部

◇ 先端的な制御鍛造技術の考え方

世界的な資源確保やCO₂抑制などの環境保護・改善のために、自動車などの軽量化・燃費改善のための鍛造部品の更なる高強度化が求められている。自動車用特殊鋼部材は、部材の高強度化の余地は大きいが被削性などの製造性の低下が高強度化に対する課題である。

鉄鋼材料の組織を制御して強度を出す有効な手法の一つとして、焼入れ・焼戻しによる方法以外に、VC析出制御が考えられるが、F+P組織で1,000MPaを超える強度を達成するためには、従来の知見では十分ではなく、新たな析出制御指導原理が求められている。他の方法として、結晶粒の微細化が考えられるが、熱間鍛造の工程において細粒化を図り1,000MPaを超える高強度を付与するような技術は見あたらない。

そこで、鍛造部材の軽量化と加工性（成形加工性と切削性）を両立させるために、化学成分の最適化（合金設計）と加工熱処理条件の最適化（プロセス開発）を行い、同一部品内において高強度部と軟質部を部位ごとに作り分ける傾斜機能（表面強化、局部強化、部分強化）付与技術を確立して、鍛造部材の軽量化と加工性の両立を図る先端的制御鍛造技術の開発プロジェクト^{1), 2)}が進められている。図1に、傾斜機能部材の適用イメージ例を示す。

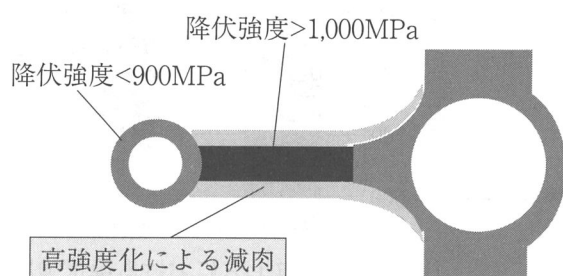


図 1 傾斜機能付与部品例

◇ 析出強化最大化方案及び強度制御可能な指導原理の提示

低炭素の析出強化鋼の析出挙動については既に多くの研究がなされているが、中炭素鋼で析出物形成元素を大量に添加した鋼の析出挙動については十分な研究がなされていない。析出強化最大化によりF+P組織で1,000MPa級の高強度化を実現するには相界面析出を含む中炭素鋼で析出メカニズムを明確にし、定量的にその挙動を把握することが必要不可欠である。

図2は、S45Cをベースに、Vを0.3mass%添加した材料を973Kおよび923Kで恒温変態させた初析 α 中のVC相界面析出組織のTEM写真³⁾を示す。変態の低温化によりVCのシート間隔および粒子径は小さくなり、硬さも上昇している。組織観察によるフェライト中のVC析出形態および析出量の定量評価も可能となっている。中炭素鋼ではパーライト組織の占める割合が大きいことから、パーライト中でのVC析出強化の寄与も大きいと考えられる。そこで、共析炭素鋼をベースに、V微量添加した合金を作製し、種々の熱処理条件での硬度およびVC分布を実験的に調べ、効果的な析出強化のための熱処理温度の解明が進められている。

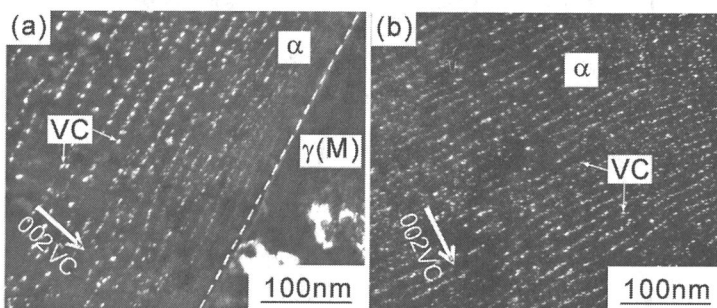


図 2 (a) 973Kで120秒保持、(b) 923Kで60秒保持により変態させた0.3% V添加鋼の初析 α 中に析出したVCの暗視野像、 α ：フェライト、 γ (M)：オーステナイトから変態したマルテンサイト

◇ 高強度化・傾斜機能付与のための合金設計・プロセス開発

VCの相界面析出による強化機構の活用ルートとして、(1) 大型部品想定として、低温での加工(+保持)を加える強化・軟化ルート⁴⁾、(2) 中型部品想定として、加熱温度差を利用した強化・軟化ルート⁵⁾、(3) 小型部品想定として、低温保持による強化・軟化ルート⁶⁾、の3ルートの強化機構の開発が行われ、実験室規模では、それぞれの想定部品に対する降伏強度が1,000MPaを越える高強度化と900MPa以下の軟質部を得ている。

(1)のルートの研究では、図3(a)に示す強化したい部位のみを低温で加工付与することにより、VC析出の核を多量に作り、その結果変態が促進され、同時に生じる相界面に超微細なVCを析出させて強化することを狙いとする。大型部品の傾斜機能化の方法として、軟質部は、高温にて成形後徐冷を行い、高温で変態させることで、粗大なVCを析出させ、析出強化量を抑えて強度上昇を抑制し、機械加工性を確保する。

鍛造用非調質鋼として用いられるS40VCのV添加量を0.45wt%とした材料を用いて、図3(a)に従うプロセスを模擬した横打ち圧縮試験を行い、引張試験で得られた降伏強度を図3(b)に示す。高強度部位で1,100MPa弱、軟質部位で900MPa以下の強度が得られている。

(2)、(3)のプロセスでは、加熱温度差付与技術により同一部材での高強度化部位と軟質部を

作り分けることに特徴がある。(2)では、V添加量が0.15wt%を超えると強化の程度が飽和するという課題に対して、VCの析出温度と変態を同期させるような冷却条件を見出すことにより、V添加量に比例したVCの相界面析出を最大化させ、降伏強度が1,000MPaを越える高強度化レベルを達成している。(3)のプロセスでは、中炭素鋼の主要な組織であるパーライトのラメラ間隔を狭めることによる強化とラメラ間隔中のフェライトへのVC相界面析出強化法により、1,000MPaを大幅に越える降伏強度を達成している。

◇ 材質予測FEM鍛造システム⁷⁾

制御鍛造では、加熱温度、加工温度、ひずみ、冷却速度などの因子を制御して、目標とする強度分布を得る必要がある。とくに傾斜機能部材を開発するに当たり、目標とする部品の特定部位の強度を得るための最適工程設計を可能とするシミュレーションシステム基盤技術の開発が行われている。これにより、さまざまな鍛造部品に対して、目標とする強度分布を得るための工程設計を簡便に行うことが可能となる。

シミュレーションシステムの構築に際し、基本プログラムは市販の汎用有限要素法プログラムとし、本研究にて新たに開発する6つの基本モジュール、(1) VC固溶・析出モジュール、(2) 逆変態モジュール、(3) 再結晶・粒成長モジュール、(4) 相変態モジュール、(5) 組織-特性予測モジュール、(6) 変形抵抗モジュールをユーザサブルーチンを介して使用可能とする。

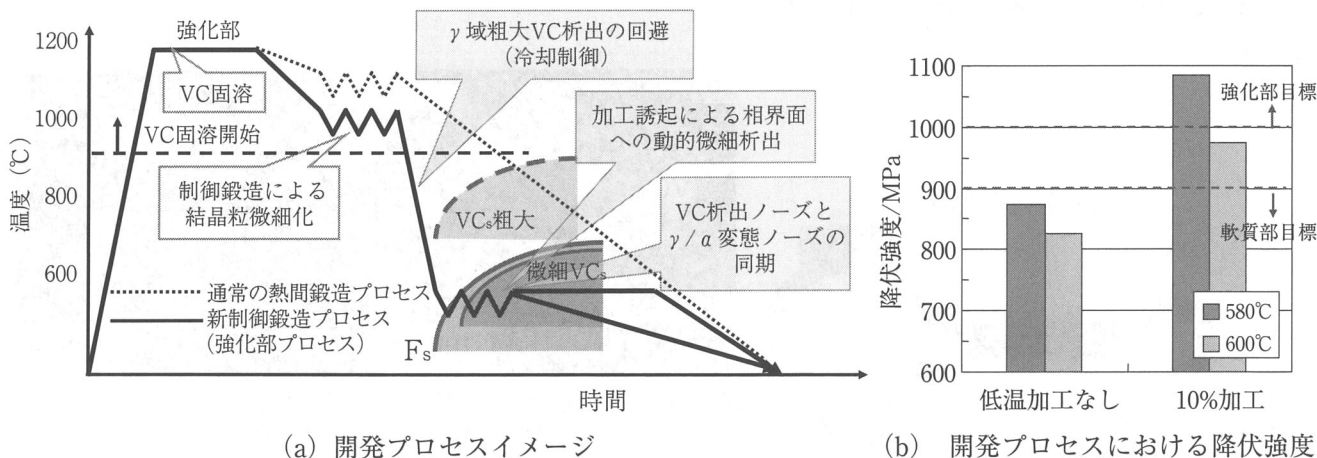


図 3 大型部品想定の開発プロセスイメージと得られた降伏強度

むすび

F+P組織で降伏強度が1,000MPa以上、軟質部は切削性を考慮して900MPa以下に造り分けるといふ先端的な制御鍛造技術の開発プロジェクトは、開始後約3年を経過し、革新的制御鍛造技術の研究開発の成否をにぎるF+P組織で1,000MPaを超える高強度化に対して、実験室的規模ではあるが最終目標値を達成している。今後2年間のプロトタイプ部品の試作を通じて開発プロセスの有効性を実証させる予定である。

参考文献

- 1) 五十川幸宏：JRCM NEWS No.265 (2008)、pp.2-4
- 2) 五十川幸宏：JRCM NEWS No.281 (2010)、pp.2-4
- 3) 堀亮太、B. Poorganji、宮本吾郎、古原忠：CAMP-ISIJ Vol.21 (2008) -1367
- 4) 藤原正尚、岡島琢磨、加藤進一郎、吉田広明、五十川幸宏：鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発プロジェクト第1回シンポジウム講演予稿集 (2009)、pp.129-130
- 5) 村上俊夫、畑野等、有川剛史、柿本英樹：ibid., pp.127-128
- 6) 大藤善弘：ibid., pp.131-132
- 7) 石川孝司、吉田佳典、松尾拓也：ibid., pp.141-142



IV. 会員メーカーの材料・技術・製品の紹介

山陽特殊製鋼株

熱間縦型リングローリングの紹介

まえがき

山陽特殊製鋼株グループのサントクテック株は、素形材事業強化を目的として設立され、ハブユニット、ボールジョイント等の型鍛造品、および熱間縦型リングローリングによるローリング品を製造している。ローリング製品は、小径品から大径品までの様々なサイズ、また、ストレート品から異形断面を持つプロファイル品まで、多様な形状のベアリング用素材が製造可能である。

今回、弊社の熱間リングローリングについて紹介する。

◇ リングローリング加工の特徴

リングローリング加工は、環状部品の代表的な加工方法であり、各種ベアリング素材や大型ギア素材の成形などに用いられている。

一般的なプロセスは、①鍛造等により予め成形・穴あけされた荒地を作製、②外径側の主ロールと、内径側のマンドレルとで圧延を行い、リングの外径を大きくしながら、所定の寸法・形状を得る、となる。特徴としては、一般に下記の点が挙げられる。

- ・局所圧延による逐次成形で、他の鍛造法と比べると、少ない加工力で成形ができるため、重量物の加工に適している。
- ・小さい径でポンカスを抜きリング状の荒地とし、そこから拡径するため、材料歩留まりが非常に良い。
- ・生産性が良いため、多品種少量・大量生産のいずれにも対応できる。
- ・ファイバーフローと呼ばれる鍛造方向に伸びた繊維状組織が、円周方向に均一に並んでいるため、リングの円周方向の機械的

性質が良好である。

- ・逐次成形により高い加工率が得られるため、微細な内部組織が得られる。
- ・表面平滑度が優れ、良好な寸法精度が得られる。

また、弊社の熱間リングローリング機は、縦型3ロールタイプで、このタイプは、より複雑な断面形状の製品を製造できる特長を持っており、外径φ520までのベアリング素材を製造可能である。

◇ 製品の紹介

代表的な製品の断面形状を図1に示す。自動調心ころ軸受（スフェリカル）、円すいころ軸受（テーパー）、深溝玉軸受（ラジアル）などが、その代表である。これらの製品は、後工程での旋削代を少なくするため、ニアネットシェイプで製造されている。

また、弊社製品の特徴は、単なる異形断面の製品だけでなく、テーパー内外輪のような左右非対称の製品にも製造対応可能なことである。

むすび

今後とも、更なる取代の削減（ニアネットシェイプ化）やリングローリングの自動化を進め、需要家各位のご要望に迅速に応えるべく、商品開発、品質の向上、納期短縮に積極的に取り組んでいく所存である。

〔山陽特殊製鋼株 研究・開発センター 高須 一郎〕

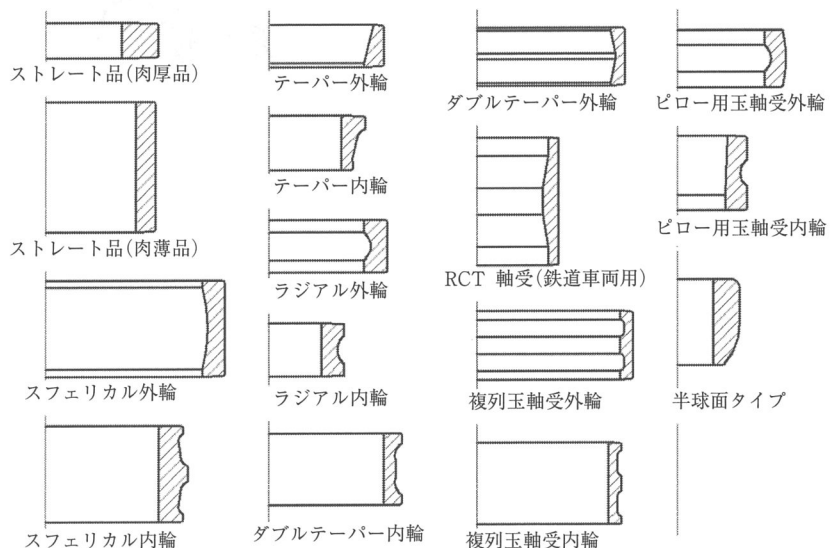


図 1 代表的な製品の断面形状

塑性加工用デジタル・エンジニアリングシステムDAINUS[®]

まえがき

近年、有限要素解析（以下、FE解析）を用いた塑性加工の工程設計の取組が盛んに行われ、多くの実績が報告されるようになってきた。しかしながら、一般的なFE解析から得られる情報は、変形体（ワーク）の形状、温度、応力、ひずみなどの一般的な情報に限定される。特に、工程設計技術者が、材質（結晶粒径や強度）の創り込みや金型の寿命予測を目的として解析を行う場合、汎用FE解析コードからは、直接的な情報は得られない。

大同特殊鋼では、塑性加工のプロセス設計を行うにあたり、結晶粒径分布や型寿命など、目的とする設計値を定量的に得ることができる、塑性加工用デジタル・エンジニアリングシステムDAINUS[®]（DAIdo NUmerical process engineering System）の開発を行ってきた。

◇ DAINUS[®]の特徴

DAINUS[®]は、4つの予測モジュールを搭載したFE解析システムで、汎用FE解析コードのユーザーサブルーチン機能を活用して、各予測モジュールを組み込んでいる。

1. 割れ予測：DAINUS-damage

青熱脆性や材料の異方性を考慮した、独自の延性破壊式を用いた、ワークの割れ予測モジュール。

2. 材質予測：DAINUS-grain

温度、ひずみ、ひずみ速度、初期結晶粒径を考慮した再結晶予測式を用いた、結晶粒径予測モジュール。

3. 金型損傷予測：DAINUS-life

独自の塑性流動、低サイクル疲労寿命、大割れ予測式を用いた、金型寿命予測モジュール

4. ボイド封孔予測：DAINUS-cavity

インゴット内部のキャビティ圧着予測モジュール。

DAINUS[®]の適用対象は、冷間～熱間鍛造、圧

延、リングローリング、ダイカスト金型など、広範囲にわたる工程設計に活用している。

◇ 活用事例

活用事例として、DAINUS-grainを用いたInconel 718のガスタービンディスクの工程設計事例を紹介する。

ガスタービンディスクには高い信頼性が求められ、必要強度を確保するため、厳しい結晶粒径規格が定められている。この種の合金系では、相変態は生じないため、鍛造中に生じる再結晶による結晶粒径微細化を利用して、結晶粒径の規格を満足しなければならない。

タービンディスクにおいて、均質で微細なマイクロ組織を得るには、鍛造条件やパススケジュールの最適化が非常に重要となる。そこで、DAINUS[®]を活用し、タービンディスクの鍛造工程の最適化を行った。

図1に、試作結果と、予測値の比較結果を示す。全断面で均質なマイクロ組織と、良好な予測精度が得られており、タービンディスクの工程設計ツールとして、非常に有用となっている。

むすび

製品品質に直結した塑性加工プロセス設計ツールとして、DAINUS[®]は非常に有用であり、今後は更に、各モジュールの精度向上を図るとともに、適用可能範囲を広げていく。

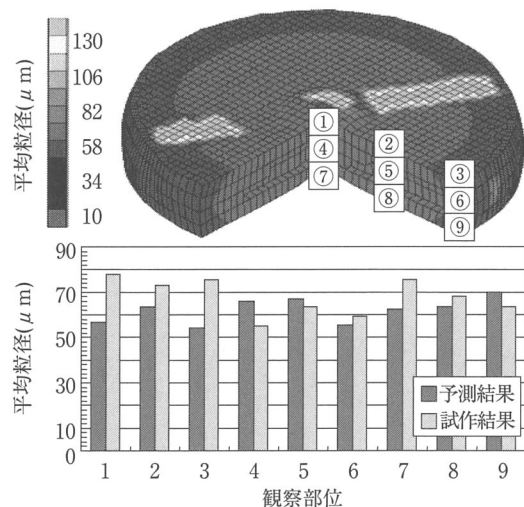


図 1 結晶粒径の予測結果 (φ900×160H)

“特集”編集後記

今月の特集は、「最近の鍛造技術」です。

当初、今月の特集記事テーマは大きなくくりでは「塑性加工」でした。

塑性加工は、工業製品製造のカナメの技術。

塑性加工の定義は広く、鍛造の他にプラスチック樹脂成形、半熔融加工、半凝固処理、粉末冶金、接合、押出加工、板金プレス加工、伸線加工等が含まれます。

特殊鋼誌では近年、下記3件の塑性加工関連の特集を組んでいます。

- ・1992年8月 大型鍛造品
- ・2001年7月 最近の精密塑性加工
- ・2006年7月 鍛造—モノづくりの原点

2010年7月号では編集小委員会討議を経て、前回の「鍛造」特集を補完する形で最新の鍛造技術全般を平易に解説する事にしました。

特に、今回ローリング鍛造の解説記事が載って

いますがこれは、特殊鋼誌初登場です。

又、鍛造業界はかつて3K職場の典型例と言われた事や、幾度の合理化を繰り返したことから若手就労者が少なく50才代が多い「ワイングラス」形の極端な年齢構成になっていて技術と技能継承に苦慮している、と我々に合い通じる記事も頂きました。

尚、今回の特集を組むにあたり(社)日本鍛造協会 鈴木事務局長様、日本鑄鍛鋼会 中澤専務理事様には、多大のご協力、ご助言をいただきました事を、紙面をお借りして厚く御礼を申し上げます。

最後になりますが、お忙しい中、当原稿を執筆いただいた皆様、編集に携わっていただきました関係者の皆様に、心からお礼を申し上げます。

本特集号が少しでも読者皆様のお役に立てば、幸いです。

〔日本高周波鋼業(株) やまざき こうろう
富山製造所 技術部 山崎 浩郎〕

業界のうごき

浅井産業、鋳物事業 子会社に移管

浅井産業は、10月1日付で鋳物製品の機械加工を行う100%子会社、昭和製作所（本社・福島県白河市）に自社の鋳物製品販売事業を譲渡する。製販一体化により、グループのコアビジネスの一つである鋳物製品事業を強化する。昭和製作所は8月に「浅井ショーワ」に社名変更し、10月に資本金を6,500万円から3億円強に増資する。

昭和製作所は日本高周波鋼業子会社の高周波鋳造の製品を中心に扱う、トラック部品向け主体の機械加工子会社で、浅井産業は02年3月に100%子会社化した。本社の鋳物製品営業と連携し、特に09年4月の営業組織再編以降は鋳物製品中心の鉄鋼第4営業部との連携強化を進めてきた。さらに情報共有化や顧客満足度の向上を図るため、製販一体の体制に再編する。10月1日付で浅井産業が鉄鋼第4営業部を廃止して鋳物製品販売事業を浅井ショーワに譲渡する。（6月29日、鉄鋼新聞）

佐藤商事、薄板加工 福島に集約

佐藤商事は東北地区の薄板加工体制を再編する。福島支店（福島県田村市）に加工機能を集約するもので、9月をめどに福島支店のスリッター1基を新鋭機に更新するとともに、東北支店（岩手県北上市）からレベラー1機を移設し、コイルセンターとしてスリット・レベラーの両肺体制を整える。現在、両設備を設置するための第2工場（建屋面積3,074m²）を建設中で、7月末に完成する予定。10月には本格稼働に入る考え。更新するスリッターはSUMIKURA機械製で、最大板厚が従来から1.5ミリアップし、6.0ミリまで対応可能と

なる。加工サイズは板厚1.0～6.0ミリ、幅450～1,524ミリ。

今回の設備更新と移設によって、福島支店は、スリッター2基、ミニスリッター2基、レベラー1基、シャーリング1機の体制となる。

（6月7日、産業新聞）

住商、天津に金型材拠点 華北・東北の販売強化

住友商事は中国・天津市に金型材（工具鋼）の加工・販売拠点を設立する。天津、北京などの華北地区や大連および東北3地区自動車関連向けに金型材・部品の販売を強化するのが狙い。天津市の中央部に位置する西青経済技術開発区のリース工場に新工場を建設。6月初旬にも操業を開始する。住商はすでに上海、佛山に金型材の加工・販売拠点を展開しており、中国では3拠点体制となる。金型材の需要は中国沿岸部から内陸部に伸長しており、住商では次期加工拠点の内陸部進出も検討する。

天津市に設立する拠点の工場面積は2,500m²、切断・切削加工設備を導入する。金型材は大同特殊鋼が供給する。

天津市には住商金属部門が主体となって95年に設立したコイルセンターがあり、プレス関連の顧客向けに加工・販売体制を確立している。

（5月31日、産業新聞）

大洋商事、大阪・福町倉庫を拡張 機械設備など導入

大洋商事は今期（2010年2月～11年1月期）、大阪・福町倉庫を拡張する。隣接する土地約1,650m²を購入し、さら地にした上で、新たに福町第2倉庫（仮称）を建設する計画だ。業容が拡大し、これまでの倉庫だけでは手狭になったため。機械設備なども新たに導入する予定で、総

投資額は6億円強。

第2倉庫建設予定の土地は今月中に売買契約を締結し、秋頃をめどに建屋の完成を目指す。特殊鋼丸棒や鍛造品の切断・加工拠点としての役割を担う。

大洋商事の品種構成比率は自動車、産業機械・建設機械。その他がそれぞれ3分の1ずつ。足元の売り上げ高推移は当初計画を上回り、2～3月の2カ月間で60億円を超えた。

国内の特殊鋼需要が低迷する中、大洋商事では海外拠点の営業活動を強化する。中国、韓国、タイの関連会社に新たに社員の派遣を検討している。（5月6日、産業新聞）

大同興業、新年度方針 市場開拓し事業拡大

大同興業は本年度の方針で「Next Oneの開拓」を掲げ、事業領域の拡大や海外取引の増加など次の事業の柱を育てる。主力の特殊鋼に加え、太陽光発電システム向けなど新しい事業分野を育成。

エネルギーなど成長市場や新興国の需要を取り込み、安定した収益基盤を確保する考えだ。

大同特殊鋼が注力している太陽光発電分野での材料供給など新規市場を開拓して事業領域を広げる。海外ではインドでの営業拠点設立に向け市場調査を実施。流通機能を拡充し、顧客の案件に資金援助、また共同で事業を伸ばすなど提案型商社を目指し、収益力を高める。2011年3月期は連結売上高で前期比17.7%増の2,050億円と2,000億円台を回復する。販売先の約60%を占める自動車の堅調な生産を背景に販売量の回復を予想。（5月31日、産業新聞）

大和特殊鋼、東大阪商品センター 在庫、大幅に見直し

大和特殊鋼は、東大阪商品セン

業界のうごき

ター（大阪府東大阪市）の在庫について大幅な見直しを進める。5月末をめぐりにステンレスフラットバーの在庫販売を止め、ステンレス厚板やニッケル合金鋼板などの在庫を拡充することで、業務効率を向上させる。

東大阪商品センターは約5,800m²の規模で、在庫能力は最大で約1万1,000t。従来、同社の在庫拠点の中核として役割を担ってきたが、2009年5月に名古屋支店を移転拡充したことに伴い、両拠点で在庫見直しを進めている。

新名古屋支店・稲沢商品センターの在庫能力は従来の約2,000tから約1万tにまで拡大。開設に伴い、東大阪商品センターの在庫の内SUS304L、304N2、309S、310Sの丸棒を移管しており、さらに東日本地区ユーザーへの販売比率が高いニッケル合金鋼管についても移管している。

（5月7日、産業新聞）

日金スチール、在庫拠点統合 在庫効率化、連携強化図る

日金スチールは、100%子会社の日金ヤマニ（本社・埼玉県戸田市）との連携強化を狙いに、両社の在庫・加工拠点を統合する。10月をめぐりに日金スチールの物流センター（埼玉県北本市）内に日金ヤマニが本社・倉庫を移転し、在庫効率や加工設備の相互活用を図る。日金ヤマニは日本金属・板橋工場で発生するステンレス帯鋼の2級品をメインに扱っているが、日金スチールとの連携を強化し、小回りの利く体制を生かして一級品の販路開拓も図る。

日金スチールは08年10月に関東地区の在庫拠点を物流センターに集約。スリッター1基を置き、小口即納対応を展開している。10月をめぐりに日金ヤマニがスリッター2基を含む本社・倉庫部門を移転し、連携を強化する。物流センターと日金ヤマ

ニの在庫は現在約2,200tだが、新体制では2,000tに絞り、在庫効率化を図る。

（5月31日、鉄鋼新聞）

山一ハガネ、 機械加工・熱処理を強化

山一ハガネは、収益確保をめぐりして機械加工分野の強化と熱処理事業の受注量拡大に注力、本営業年度（2010年4月～11年3月）は売上高の20%アップと黒字キープに取り組む。

ただ、こうした環境下でも設備投資は着実に実行、昨年秋には基幹システムのバージョンアップを行った。これにより業務に関連するデータ加工が容易になり、会社の置かれている現況をより把握しやすくしたほか、必要なデータをタイムリーに掌握できる体制を構築している。また08年10月に新熱処理センター、新鋼材センターを立ち上げたが、直近では熱処理の加工量が月間25t程度にまで増加するなど成果が表れ始めた。

需要産業の復調に伴い、工具鋼の仕事量もピーク比で85%の水準まで戻ってきているが、本営業年度は熱処理加工を一段と強化、36t程度まで月間処理量を引き上げる考え。

（5月13日、産業新聞）

日立金属アドメット、 高機能材需要を開拓

日立金属アドメットは、11年3月期の重点課題として、成長分野における高機能材料の新規需要開拓に取り組む。燃料電池、二次電池、LED（発光ダイオード）太陽光発電などの最先端開発に関連して、磁性材料、電子材料や応用製品のビジネスチャンスを探索する。7月1日付けで建材販売部門を日立機材に譲渡するため、自動車関連製品（エンジンバルブ材、ピストンリング材、精密鋳造品など）と磁性材料・電子材料の売上げ比率は一段と高くなる。高機能材

料に照準を当てて、激変する開発競争に参画し、将来の成長事業の獲得を目指す。

同社は日立金属、NEOMAXマテリアルなどグループ企業と連携して、最先端開発への参画に取り組む。素材提供だけでなく各種加工もコーディネートし、日立金属グループが製造していない製品では他社材を活用。

（5月27日、鉄鋼新聞）

愛知、高性能磁粉を商品化 高温でも高磁力維持

愛知製鋼は、レアメタルであるディスプレイウムを一切使わずに最高150度の環境で保磁力（強力な磁力を維持する性能）を発揮する高性能磁粉（鉄、ネオジム、ボロン合金の耐熱ボンド磁粉）を開発、商品化したと発表した。微細な結晶ごとに特殊フィルムを付け、各粒に酸化防止用の被膜処理をすることで、希少金属を使わず高温化で磁力を維持できる。

5月下旬に関工場が稼働し商品化が可能になった。耐熱性を要求される駆動系自動車部品や電気自動車の心臓部である動力用モータ向けへの採用を目指しており、来年3月をめぐりに月産50t体制を目指す。

最大の特徴は、中国でしか産出しない希少金属・ディスプレイウム（保磁力を出すために必要）を全く使用しない点。これにより商品の性能を向上させながらコストを従来品に比べて5%程度のアップにとどめた。

（6月17日、鉄鋼新聞）

山陽、CO₂削減投資の資金 環境省・特別融資制度活用

山陽特殊製鋼はCO₂削減に向けた設備投資資金の調達について、環境省の「京都議定書目標達成特別支援無利子融資（利子補給）制度」を活用したシンジケートローン契約を三

業界のうごき

井住友銀行と締結したと発表した。

投資額は公表していないが、同融資を活用して、電気炉やシームレス鋼管、棒鋼圧延設備などの省エネ化や生産効率向上に向けた設備投資を実施する。

この無利子融資制度は、財団法人日本環境協会から融資機関として選定された金融機関から、環境格付け融資の審査を経て、一定期間内にCO₂排出原単位の改善、またはCO₂排出総量の削減を誓約し達成することを条件に、設備投資への融資について3年以内・3%を限度に利子補給を受けらる。

山特では融資を受けるため『3年以内に6%のCO₂排出量を削減する』(2008年を基準として)との目標を設定。(6月1日、鉄鋼新聞)

中部鋼板、品質マスタープラン策定

中部鋼板は厚板の品質のさらなる向上、コストダウンを狙って品質マスタープランの策定を進めており、高度化する顧客の品質ニーズに迅速に対応できる体制を構築して顧客満足度ナンバーワンを目指す。

品質マスタープランは09年度からスタートしている3カ年の中期経営計画の柱の一つでもあり、1年かけて対応すべき項目の洗い出しはほぼ完了、これから3年間で具体的な対策に順次着手する。4月1日付で技術部に生産技術室を新設、平坦度、表面性状、納期対応、寸法精度、内部品質などの項目について顧客からの評価をヒアリング、顧客目線で改善に取り組む。

同社は、リーマンショック後の内需の減少をカバーするため海外の需要家獲得にも乗り出しているが、東京製鉄の厚板進出、中国、韓国などで相次いで新厚板ミルが建設されるなど、今後内外で競争が一段と激し

くなる見通し。(5月17日、鉄鋼新聞)

日金工、省Mo鋼「M1C」米ASME規格を取得

日本金属工業は、SUS316の省モリブデン鋼種である「NTK M1C」が、米国機械学会規格ASMEで設計温度400度までの圧力容器用として規格登録されたと発表した。M1Cは独自開発鋼種で、JIS規格(SUS315J1)を取得、主に国内で熱交換器チューブ向けなどに年間1千tの販売実績がある。米国規格取得を機に、国内外の圧力容器、染色機械向けなどで拡販強化を図る。

10年度を初年度とする3カ年中期経営計画で『コア商品(省ニッケル鋼、精密帯鋼、鋼管など当社が得意とする商品)の拡販による収益力強化』を柱に据え12年度までにコア商品の売上高比率を50%以上(09年度は42%)に引き上げることを目指している。この一環で規格取得にも注力し、省ニッケル鋼「Dシリーズ」は09年8月に米国材料試験協会規格ASTMに登録されている。

(6月28日、鉄鋼新聞)

日新、特殊鋼管理を一本化 堺を中核センターに

日新製鋼は、11年をめどに大阪製造所(大阪工場、神崎工場)の特殊鋼事業の生産コントロール機能を堺製造所に移管して、特殊鋼の生産計画を一本化する。3工場の工程にかかわる作業の縮減で、一層の効率化を図る。当面は分散立地体制を生かしながら一体運営を行い、特殊鋼生産を堺製造所に集約する方向で検討する。

特殊鋼事業において堺製造所(大阪府堺市)は特殊鋼鋼板・鋼帯を、大阪製造所は、みがき帯鋼、みがき特殊帯鋼をそれぞれ生産しており、合計で月間約2万6,000tを出荷。

同社では特殊鋼事業の基盤強化策の一環として、08年に堺製造所に600～1,300ミリ幅対応の新冷延設備を導入。

06年から総額180億円を投じて進めてきた特殊鋼部門の全社規模での設備の老朽更新と効率化を完了し、数量・品質面での特殊鋼の上方弾力性を確保している。

(5月24日、産業新聞)

日立、特殊鋼で長期戦略 エネ・航空機材を拡大

日立金属は、特殊鋼カンパニーの長期戦略として、耐熱鋼鍛造品を中心とするエネルギー・航空機材料事業を拡大する。最主力の工具鋼関連で上工程の戦略投資を実施するなど、既存の主力事業の競争力強化に取り組む一歩で、10年後を見据えて、成長が確実視されるエネルギー・航空機分野の製品競争力を高めていく。スパッタリングターゲット材、リードフレーム材など安来工場関連のエレクトロニクス材料については、NEOMAXマテリアルなどグループ会社のきめ細かい製品開発力を生かす方針だ。

7つある事業別カンパニーのうち、特殊鋼カンパニーは連結売上高の約3割を占める最大規模のカンパニー。工具鋼、自動車部品材料、エレクトロニクス材料、航空機・エネルギー材料など多需要分野にかかわる裾野の広い製品群を持ち、NEOMAXマテリアル等の有力なグループ会社と連携している。

(6月8日、鉄鋼新聞)

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

特殊鋼統計資料

特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別生産の推移

鋼種別

(単位：t)

年 月	構 造 用 鋼				特 殊 用 途 鋼							計	合 計
	工具鋼	機械構造用炭素鋼	構 造 用 合 金 鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高抗張力鋼	その他			
'08 暦年	278,962	5,152,106	4,192,382	9,344,488	509,061	1,047,806	3,209,876	919,300	5,580,765	891,875	12,158,683	21,782,133	
'09 暦年	118,838	2,843,319	2,361,756	5,205,075	290,195	546,103	2,346,002	526,073	3,630,014	607,092	7,945,479	13,269,392	
'08 年度	229,637	4,231,269	3,570,745	7,802,014	409,750	869,298	2,724,499	748,715	4,821,881	780,684	10,354,827	18,386,478	
'09 年度	153,577	3,505,715	2,746,229	6,251,944	356,793	687,413	2,717,181	654,708	4,225,196	678,039	9,319,330	15,724,851	
'09. 4-6月	17,262	544,697	474,329	1,019,026	58,453	97,382	486,835	109,624	718,177	125,973	1,596,444	2,632,732	
7-9月	30,208	820,895	614,653	1,435,548	89,766	160,568	734,385	137,452	945,678	172,190	2,240,039	3,705,795	
10-12月	47,022	1,035,289	805,540	1,840,829	102,727	201,908	753,059	202,624	1,233,237	182,368	2,675,923	4,563,774	
'10. 1-3月	59,085	1,104,834	851,707	1,956,541	105,847	227,555	742,902	205,008	1,328,104	197,508	2,806,924	4,822,550	
'09年 3月	6,222	117,998	147,275	265,273	9,842	18,249	123,804	22,834	227,565	36,421	438,715	710,210	
4月	5,565	130,151	146,488	276,639	14,896	18,487	139,498	25,728	226,904	43,486	468,999	751,203	
5月	5,574	185,103	158,761	343,864	21,482	32,025	158,516	36,565	229,310	35,911	513,809	863,247	
6月	6,123	229,443	169,080	398,523	22,075	46,870	188,821	47,331	261,963	46,576	613,636	1,018,282	
7月	9,468	265,639	202,947	468,586	24,923	50,857	232,971	39,713	272,467	54,456	675,387	1,153,441	
8月	10,027	259,688	184,159	443,847	31,585	50,299	250,784	40,430	344,272	60,185	777,555	1,231,429	
9月	10,713	295,568	227,547	523,115	33,258	59,412	250,630	57,309	328,939	57,549	787,097	1,320,925	
10月	15,518	325,289	248,395	573,684	35,911	63,527	267,731	60,263	372,066	57,317	856,815	1,446,017	
11月	16,174	351,324	269,441	620,765	31,688	69,416	231,574	74,411	425,103	61,933	894,125	1,531,064	
12月	15,330	358,676	287,704	646,380	35,128	68,965	253,754	67,950	436,068	63,118	924,983	1,586,693	
'10年 1月	20,147	356,315	281,198	637,513	34,119	71,160	229,579	66,490	434,283	65,018	900,649	1,558,309	
2月	18,679	349,968	266,255	616,223	35,533	73,386	243,236	66,168	389,169	59,553	867,045	1,501,947	
3月	20,259	398,551	304,254	702,805	36,195	83,009	270,087	72,350	504,652	72,937	1,039,230	1,762,294	
4月	21,445	367,904	286,907	654,811	33,836	80,297	265,881	57,593	428,828	70,619	937,054	1,613,310	
前 月 比	105.9	92.3	94.3	93.2	93.5	96.7	98.4	79.6	85.0	96.8	90.2	91.5	
前年同月比	385.4	282.7	195.9	236.7	227.1	434.3	190.6	223.9	189.0	162.4	199.8	214.8	

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

形状別

(単位：t)

年 月	形 鋼	棒 鋼	管 材	線 材	鋼 板	鋼 帯	合 計
'08 暦年	397,569	6,883,261	1,685,010	4,446,064	2,303,024	6,067,205	21,782,133
'09 暦年	178,848	3,448,161	1,077,489	2,916,079	1,475,712	4,173,103	13,269,392
'08 年度	316,004	5,631,520	1,588,152	3,692,415	2,174,173	4,984,214	18,386,478
'09 年度	244,335	4,265,765	1,060,842	3,544,893	1,496,432	5,112,584	15,724,851
'09. 4-6月	30,612	686,396	224,216	575,452	290,698	825,358	2,632,732
7-9月	52,962	958,467	228,063	870,258	323,113	1,272,932	3,705,795
10-12月	73,962	1,249,527	304,823	1,034,913	408,896	1,491,653	4,563,774
'10. 1-3月	86,799	1,371,375	303,740	1,064,270	473,725	1,522,641	4,822,550
'09年 3月	6,373	158,572	104,775	114,954	134,697	190,839	710,210
4月	15,774	163,150	97,641	143,322	120,634	210,682	751,203
5月	6,917	231,863	72,853	193,131	95,455	263,028	863,247
6月	7,921	291,383	53,722	238,999	74,609	351,648	1,018,282
7月	19,444	313,189	75,792	275,653	89,759	379,604	1,153,441
8月	10,920	276,052	71,410	293,265	121,994	457,788	1,231,429
9月	22,598	369,226	80,861	301,340	111,360	435,540	1,320,925
10月	32,260	391,004	104,804	316,265	117,270	484,414	1,446,017
11月	17,657	426,926	90,220	360,911	126,773	508,577	1,531,064
12月	24,045	431,597	109,799	357,737	164,853	498,662	1,586,693
'10年 1月	23,090	433,952	108,986	344,229	160,009	488,043	1,558,309
2月	22,459	439,181	89,231	341,223	118,886	490,967	1,501,947
3月	41,250	498,242	105,523	378,818	194,830	543,631	1,762,294
4月	36,016	461,956	111,837	338,439	164,851	500,211	1,613,310
前 月 比	87.3	92.7	106.0	89.3	84.6	92.0	91.5
前年同月比	228.3	283.1	114.5	236.1	136.7	237.4	214.8

経済産業省調査統計部調べ

特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別販売(商社+問屋)の推移

(単位：t)

年 月	工具鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼							合 計
		機械構造 用炭素鋼	構 造 用 金 鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ス テ ン ス 鋼	快 削 鋼	高 抗 張 力 鋼	そ の 他	計	
'08 暦年	301,143	4,784,138	7,539,250	12,323,388	249,969	387,676	1,996,132	255,561	70,477	20,039	2,979,854	15,604,385
'09 暦年	261,505	2,696,629	4,408,121	7,104,750	176,029	297,915	1,783,755	164,114	30,960	15,502	2,468,275	9,834,530
'08 年度	267,145	4,194,948	7,311,248	11,506,196	224,166	363,475	1,793,103	216,964	60,324	18,002	2,676,034	14,449,375
'09 年度	321,270	3,015,334	3,932,857	6,948,191	212,180	330,580	1,871,810	188,055	29,854	25,038	2,657,517	9,926,978
'09年 8月	24,181	221,382	348,969	570,351	17,367	21,502	166,903	11,748	2,035	1,616	221,171	815,703
9月	27,922	264,250	271,518	535,768	18,020	26,714	182,208	15,420	2,406	1,583	246,351	810,041
10月	29,858	287,484	298,626	586,110	21,609	31,179	157,732	19,242	2,560	1,484	233,806	849,774
11月	30,178	293,688	352,891	646,579	21,411	32,087	161,129	18,581	2,587	1,245	237,040	913,797
12月	32,741	294,802	273,768	568,570	23,626	33,262	165,797	16,390	2,830	1,278	243,183	844,494
'10年 1月	33,186	302,066	355,675	657,741	23,393	29,164	166,126	18,429	2,201	1,533	240,846	931,773
2月	35,519	275,781	275,829	551,610	19,124	31,692	149,199	17,773	2,815	4,467	225,070	812,199
3月	35,803	300,746	432,967	733,713	20,822	36,524	155,520	20,178	2,939	6,818	242,801	1,012,317
4月	35,800	295,382	361,254	656,636	20,391	42,970	171,315	20,033	2,457	10,021	267,187	959,623
前月比	100.0	98.2	83.4	89.5	97.9	117.6	110.2	99.3	83.6	147.0	110.0	94.8
前年同月比	244.2	173.0	97.7	121.5	321.7	255.2	143.9	176.6	97.8	1,165.2	170.2	134.8

経済産業省調査統計部調べ

特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別在庫の推移

メーカー在庫

(単位：t)

年 月	工具鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼							合 計
		機械構造 用炭素鋼	構 造 用 金 鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ス テ ン ス 鋼	快 削 鋼	高 抗 張 力 鋼	そ の 他	計	
'08 暦年	8,093	158,724	97,363	256,087	20,118	33,335	117,440	34,460	143,757	35,022	384,132	648,312
'09 暦年	4,601	153,500	91,618	245,118	25,398	31,876	108,939	32,693	131,497	26,428	356,831	606,550
'08 年度	6,194	115,083	66,501	181,584	15,277	24,709	97,968	25,398	112,391	26,736	302,479	490,257
'09 年度	4,885	150,279	87,694	237,973	24,585	31,484	114,320	30,093	130,480	23,679	354,641	597,499
'09年 8月	4,871	138,524	73,891	212,415	24,436	25,494	104,683	31,657	149,592	29,557	365,419	582,705
9月	5,121	127,772	74,022	201,794	24,143	26,777	99,413	30,858	119,106	28,647	328,944	535,859
10月	5,170	125,382	73,989	199,371	26,109	27,154	115,302	28,032	118,895	31,935	347,427	551,968
11月	4,204	145,974	85,194	231,168	21,800	32,092	96,428	35,428	130,477	28,046	344,271	579,643
12月	4,601	153,500	91,618	245,118	25,398	31,876	108,939	32,693	131,497	26,428	356,831	606,550
'10年 1月	6,095	157,404	89,406	246,810	26,102	32,982	95,749	35,998	140,631	33,016	364,478	617,383
2月	5,504	166,647	93,583	260,230	26,446	33,873	110,024	32,952	158,537	29,624	391,456	657,190
3月	4,885	150,279	87,694	237,973	24,585	31,484	114,320	30,093	130,480	23,679	354,641	597,499
4月	6,247	171,504	91,147	262,651	24,314	35,545	113,597	28,184	138,821	36,677	377,138	646,036
前月比	127.9	114.1	103.9	110.4	98.9	112.9	99.4	93.7	106.4	154.9	106.3	108.1
前年同月比	117.3	147.4	151.4	148.8	156.5	155.3	113.7	101.0	122.7	138.3	123.3	132.5

経済産業省調査統計部調べ

流通在庫

年 月	工具鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼							合 計
		機械構造 用炭素鋼	構 造 用 金 鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ス テ ン ス 鋼	快 削 鋼	高 抗 張 力 鋼	そ の 他	計	
'08 暦年	56,844	205,637	128,710	334,347	14,722	35,480	156,850	24,409	9,735	3,107	244,303	635,494
'09 暦年	46,236	159,628	123,412	283,040	13,221	47,639	128,676	22,719	6,619	2,075	220,949	550,225
'08 年度	54,951	214,370	128,586	342,956	13,027	39,411	149,570	23,308	10,923	3,054	239,293	637,200
'09 年度	37,814	181,341	117,345	298,686	14,797	50,383	128,100	19,782	6,074	1,762	220,898	557,398
'09年 8月	50,960	185,053	127,939	312,992	12,295	51,404	127,501	19,810	7,935	2,223	221,168	585,120
9月	49,926	175,024	121,421	296,445	12,091	52,181	127,244	21,945	7,635	2,195	223,291	569,662
10月	48,450	168,289	118,602	286,891	12,916	50,015	125,217	22,197	7,152	2,123	219,620	554,961
11月	46,645	158,911	119,888	278,799	12,827	47,946	126,018	22,041	6,812	1,998	217,642	543,086
12月	46,236	159,628	123,412	283,040	13,221	47,639	128,676	22,719	6,619	2,075	220,949	550,225
'10年 1月	45,539	170,407	119,554	289,961	13,447	44,265	132,101	24,150	6,383	1,830	222,176	557,676
2月	44,586	166,621	117,819	284,440	12,967	47,438	129,422	20,040	6,219	1,734	217,820	546,846
3月	37,814	181,341	117,345	298,686	14,797	50,383	128,100	19,782	6,074	1,762	220,898	557,398
4月	45,493	170,696	123,487	294,183	13,051	48,640	131,159	19,742	5,901	1,813	220,306	559,982
前月比	120.3	94.1	105.2	98.5	88.2	96.5	102.4	99.8	97.2	102.9	99.7	100.5
前年同月比	84.6	85.8	94.4	89.2	101.2	133.1	91.8	88.8	58.0	62.5	96.8	91.6

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

経済産業省調査統計部調べ

特殊鋼熱間圧延鋼材の輸出入推移

輸出

(単位：t)

年 月	工具鋼	構造用鋼			特殊用途鋼				その他の鋼			特殊鋼 鋼材合計
		機械構造 用炭素鋼	構造用 合金鋼	計	ばね鋼	ステンレス鋼	ピアノ 線 材	計	高炭素鋼	その他 合金鋼	計	
'08 暦年	32,843	379,948	390,630	770,578	165,106	1,343,517	151,537	1,660,160	15,521	3,429,596	3,445,117	5,908,698
'09 暦年	13,363	275,179	267,637	542,816	102,049	1,048,255	111,808	1,262,112	11,528	2,994,593	3,006,121	4,824,411
'08 年度	28,901	304,491	342,106	646,597	139,784	1,171,599	121,168	1,432,550	15,941	3,138,723	3,154,664	5,262,713
'09 年度	15,360	370,560	330,811	701,371	128,094	1,137,044	137,736	1,402,874	11,838	3,591,192	3,603,030	5,722,634
'09年 8月	912	32,457	25,777	58,233	8,708	115,252	13,212	137,173	745	264,692	265,437	461,755
9月	992	26,140	25,870	52,009	12,056	104,333	10,531	126,920	1,156	284,490	285,646	465,567
10月	1,359	37,417	28,575	65,992	12,409	107,139	5,544	125,092	842	304,938	305,780	498,223
11月	1,210	28,354	30,483	58,837	12,083	95,494	12,147	119,724	620	312,989	313,609	493,380
12月	1,449	46,747	44,573	91,320	16,642	100,502	20,700	137,844	1,226	395,587	396,813	627,425
'10年 1月	1,476	30,808	38,348	69,156	11,364	85,645	15,451	112,461	1,041	369,377	370,418	553,511
2月	1,944	43,348	34,109	77,457	14,758	89,586	16,180	120,524	1,083	375,318	376,402	576,327
3月	2,350	55,941	43,604	99,546	17,110	102,280	13,876	133,266	1,295	455,535	456,830	691,992
4月	2,359	42,144	49,301	91,445	15,902	108,187	18,547	142,636	1,485	387,684	389,169	625,610
前月比	100.4	75.3	113.1	91.9	92.9	105.8	133.7	107.0	114.7	85.1	85.2	90.4
前年同月比	170.6	349.3	422.7	385.4	438.2	145.0	354.9	170.9	149.5	212.1	211.7	213.9

財務省通関統計

輸入

年 月	工具鋼	ばね鋼	ステンレス鋼						快削鋼	その他の鋼			合 計
			形鋼	棒鋼	線材	鋼板類	鋼管	計		高炭素鋼	合金鋼	計	
'08 暦年	4,473	1,090	257	6,633	10,173	112,107	6,170	135,341	10	7,874	55,741	63,614	204,527
'09 暦年	2,723	735	476	8,883	8,920	98,080	5,442	121,801	5	8,438	47,544	55,982	181,246
'08 年度	4,085	997	337	6,429	10,403	104,680	6,463	128,312	12	6,784	61,678	68,462	201,869
'09 年度	2,614	730	599	9,553	9,211	108,609	5,784	133,755	4	8,814	47,973	56,787	193,890
'09年 8月	108	21	76	936	661	9,877	291	11,842	-	824	3,512	4,336	16,307
9月	132	118	16	914	787	11,155	444	13,316	-	273	5,462	5,735	19,301
10月	171	60	15	620	1,057	12,156	417	14,264	2	247	3,825	4,072	18,570
11月	283	105	34	978	584	9,148	427	11,171	-	5,070	2,880	7,949	19,508
12月	257	74	60	597	881	8,235	536	10,308	-	743	1,986	2,730	13,368
'10年 1月	305	63	68	813	1,118	10,653	778	13,430	-	207	5,882	6,090	19,887
2月	142	72	142	507	722	8,082	486	9,939	1	117	2,683	2,799	12,952
3月	246	64	62	753	601	10,876	587	12,878	-	807	8,416	9,223	22,411
4月	471	117	84	854	1,299	10,600	566	13,402	1	236	8,481	8,717	22,708
前月比	191.3	182.1	134.8	113.5	216.1	97.5	96.4	104.1	-	29.2	100.8	94.5	101.3
前年同月比	212.7	531.4	337.6	118.1	142.3	153.9	95.7	146.6	-	149.0	265.2	259.7	178.2

財務省通関統計

関連産業指標推移

(単位：台)

(単位：億円)

年 月	四輪自動車生産		四輪完成車輸出		新車登録			建設機械生産		産業車輛生産		機 械 受注額	産業機械 受注額	工作機械 受注額
	うち トラック		うち トラック		うち トラック	ブル ドーザ	パワー ショベル	フォーク リフト	ショベル トラック					
'08 暦年	11,575,644	1,508,399	6,727,091	658,218	5,082,235	839,259	9,249	149,228	174,025	17,501	116,022	65,866	13,011	
'09 暦年	7,934,516	985,100	3,616,168	315,507	4,609,256	672,943	2,135	44,395	71,554	6,843	84,762	41,508	4,118	
'08 年度	10,005,771	1,329,877	5,602,813	557,515	4,700,779	776,925	7,300	115,902	145,424	14,381	106,168	56,201	9,690	
'09 年度	8,865,350	1,062,597	4,086,631	354,985	4,880,264	692,034	2,183	53,520	77,916	7,454	84,337	46,010	5,471	
'09年 8月	571,787	71,698	275,186	24,171	308,551	44,202	92	3,192	5,239	440	r6,781	2,807	318	
9月	830,140	98,719	396,163	37,673	477,819	62,739	130	4,558	7,529	679	r7,260	4,512	431	
10月	820,910	97,697	376,281	34,597	396,047	55,610	206	4,858	6,917	950	r6,982	3,060	469	
11月	859,677	98,646	394,628	33,884	436,534	66,928	220	4,909	6,952	874	r6,463	3,032	474	
12月	788,067	93,200	400,827	36,311	372,609	50,328	176	5,422	6,623	701	r7,460	3,371	602	
'10年 1月	753,773	89,722	340,421	31,205	366,668	45,956	230	5,457	6,539	672	r7,230	4,792	551	
2月	841,796	100,014	381,407	35,885	r458,224	r61,120	279	6,370	7,855	683	r6,955	3,157	648	
3月	945,271	110,768	422,802	39,572	674,493	91,462	267	7,849	9,501	718	7,329	7,974	758	
4月	731,794	94,884	391,540	34,284	352,465	53,249	289	6,985	7,773	662	7,619	2,758	808	
前月比	77.4	85.7	92.6	86.6	52.3	58.2	108.2	89.0	81.8	92.2	104.0	34.6	106.6	
前年同月比	150.8	146.8	189.6	211.6	124.1	113.2	178.4	291.2	179.9	181.4	109.6	118.8	320.9	

出所：日本自動車工業会、経済産業省、総務省、産業機械工業会、工作機械工業会

特殊鋼流通統計総括表

2010年 4月分

鋼種別	月別 項目	実数 (t)	前月比 (%)	前年同 月比(%)	1995年基準 指数(%)	1987~2010年随時				
						年月	ピーク時	年月	ボトム時	
工 具 鋼	生産高	21,445	105.9	385.4	96.5	91.3	29,286	09.4	5,565	
	輸出船積実績	2,359	100.4	170.6	65.9	87.3	10,368	09.6	693	
	販売業者	受入高計	43,479	149.8	321.8	211.4	10.4	43,479	09.2	10,035
		販売高計	35,800	100.0	244.2	175.7	10.4	35,800	09.2	13,875
		消費者向	19,293	105.3	251.5	205.5	10.4	19,293	09.2	6,438
		在庫高計	45,493	120.3	84.6	126.2	09.6	57,658	87.10	31,813
生産者工場在庫高	6,247	127.9	117.3	55.7	91.10	17,876	09.12	4,601		
総在庫高	51,740	121.2	87.5	109.5	08.12	64,937	88.1	41,105		
構 造 用 鋼	生産高	654,811	93.2	236.7	120.6	08.10	827,404	09.2	269,906	
	輸出船積実績	91,445	91.9	385.4	540.2	10.4	91,445	92.1	10,222	
	販売業者	受入高計	652,133	87.2	123.7	197.4	08.10	1,157,330	98.8	257,445
		販売高計	656,636	89.5	121.5	200.2	08.10	1,134,981	99.8	253,971
		消費者向	392,919	90.8	105.7	183.9	08.10	670,656	98.8	166,732
		在庫高計	294,183	98.5	89.2	122.4	09.2	346,348	87.10	169,822
生産者工場在庫高	262,651	110.4	148.8	87.7	97.11	320,394	09.4	176,539		
総在庫高	556,834	103.8	110.0	103.2	08.12	590,665	87.12	427,189		
ば ね 鋼	生産高	33,836	93.5	227.1	79.5	89.3	60,673	09.2	10,159	
	輸出船積実績	15,902	92.9	438.2	125.7	06.5	27,829	09.4	3,629	
	販売業者	受入高計	18,645	82.3	300.6	124.9	08.4	26,487	09.4	6,202
		販売高計	20,391	97.9	321.7	136.9	08.4	25,355	09.4	6,339
		消費者向	3,839	90.4	150.5	30.9	90.10	23,876	09.4	2,550
		在庫高計	13,051	88.2	101.2	410.6	08.12	14,722	03.9	1,534
生産者工場在庫高	24,314	98.9	156.5	75.7	95.12	41,374	09.4	15,541		
総在庫高	37,365	94.9	131.4	105.8	96.3	45,219	02.9	23,836		
ス テ ン レ ス 鋼	生産高	265,881	98.4	190.6	98.4	07.3	330,543	09.2	116,542	
	輸出船積実績	108,187	105.8	145.0	106.4	05.3	152,476	90.1	27,286	
	販売業者	受入高計	174,374	113.1	155.2	116.1	06.5	587,740	09.2	88,978
		販売高計	171,315	110.2	143.9	114.7	06.5	587,941	09.2	88,740
		消費者向	59,441	101.9	123.4	104.3	06.1	292,191	87.1	34,263
		在庫高計	131,159	102.4	91.8	118.6	01.10	169,096	87.3	51,419
生産者工場在庫高	113,597	99.4	113.7	77.2	02.4	188,988	09.6	94,564		
総在庫高	244,756	101.0	100.9	94.9	01.10	352,013	88.4	191,203		
快 削 鋼	生産高	57,593	79.6	223.9	65.0	88.3	116,819	09.2	22,054	
	販売業者	受入高計	19,993	100.4	194.9	118.9	06.9	25,874	04.9	7,949
		販売高計	20,033	99.3	176.6	121.0	08.4	26,351	09.2	10,358
		消費者向	18,813	99.8	186.8	132.3	08.4	23,235	04.9	9,649
		在庫高計	19,742	99.8	88.8	86.2	07.8	27,861	87.1	9,364
	生産者工場在庫高	28,184	93.7	101.0	125.4	87.1	43,166	01.12	17,975	
総在庫高	47,926	96.1	95.6	105.6	06.5	69,020	02.3	31,448		
高 抗 張 力 鋼	生産高	428,828	85.0	189.0	183.1	07.3	513,596	87.2	151,890	
	販売業者	受入高計	2,284	81.7	129.1	18.4	90.2	18,841	09.8	1,572
		販売高計	2,457	83.6	97.8	19.9	90.10	18,863	09.8	2,035
		消費者向	1,759	81.9	87.9	32.7	90.10	9,573	09.8	1,711
		在庫高計	5,901	97.2	58.0	44.5	99.12	20,289	02.12	5,895
	生産者工場在庫高	138,821	106.4	122.7	82.8	87.6	204,893	99.11	99,475	
総在庫高	144,722	106.0	117.4	80.0	01.5	217,711	06.3	110,555		
そ の 他	生産高	150,916	96.8	243.5	64.4	-	-	-	-	
	販売業者	受入高計	51,299	110.8	349.5	414.2	-	-	-	-
		販売高計	52,991	122.3	299.4	429.2	-	-	-	-
		消費者向	31,990	99.4	196.8	594.3	-	-	-	-
		在庫高計	50,453	96.8	127.9	380.8	-	-	-	-
	生産者工場在庫高	72,222	130.9	146.2	43.1	-	-	-	-	
総在庫高	122,675	114.3	138.1	67.8	-	-	-	-		
特 殊 鋼 鋼 材 合 計	熱延鋼材生産高合計	1,613,310	91.5	214.8	119.7	07.3	1,942,468	09.2	697,318	
	鋼材輸出船積実績計	625,610	90.4	213.9	186.4	09.12	627,425	87.1	153,788	
	販売業者	受入高計	962,207	94.1	140.2	168.0	06.5	1,516,366	87.1	435,213
		販売高計	959,623	94.8	134.8	168.7	08.6	1,512,463	87.5	442,211
		消費者向	528,054	93.1	115.2	156.8	08.6	926,258	98.8	267,392
		在庫高計	559,982	100.5	91.6	126.6	09.2	647,470	87.10	290,674
生産者工場在庫高	646,036	108.1	132.5	84.7	98.1	839,861	97.3	425,932		
総在庫高	1,206,018	104.4	109.7	100.1	01.5	1,355,516	97.1	873,633		

出所: 経済産業省 大臣官房調査統計部

- 注 1. 総在庫高とは販売業者在庫高に生産者工場在庫高を加算したものである。生産者工場在庫高は熱延鋼材のみで、冷延鋼材及び鋼管を含まない。また、工場以外の置場にあるものは、生産者所有品であってもこれに含まない。
2. 1987~2010年のピーク時とボトム時とは、最近の景気循環期間中の景気変動の大きさの指標を示す。
3. 「その他」のピーク時、ボトム時は掲載せず
4. 平成19年1月(2007年1月)の調査区分改正によるステンレス鋼及びその他の計上区分変更に伴い、以前の値と比較することはできない。

倶楽部だより

(平成22年4月21日～6月20日)

総会 (5月27日)

- ①平成21年度事業報告書の承認
- ②平成21年度決算報告書の承認
- ③平成22年度事業計画書の承認
- ④平成22年度収支予算書の承認
- ⑤平成22年度入会金及び会費・賦課金徴収方法の承認
- ⑥新任理事の選出

理事会 (5月27日)

- ①総会付議事項
- ②各種委員会委員長及び委員の変更
- ③平成22年6月～10月の会議開催日程
- ④報告事項

運営委員会

- ・本委員会 (5月13日)
 - ①平成21年度事業報告(案)・決算報告(案)
 - ②平成22年度事業計画(案)・収支予算(案)
 - ③平成22年度入会金及び会費・賦課金徴収方法(案)
 - ④新任理事選出(案)
- ・総務分科会・財務分科会 (4月27日)
 - ①平成21年度事業報告(案)・決算報告(案)
 - ②平成22年度事業計画(案)・収支予算(案)
 - ③平成22年度入会金及び会費・賦課金徴収方法(案)
 - ④新任理事選出(案)

海外委員会

- ・「韓国ステンレス厚板AD調査への対応」打合せ (5月6日)

市場開拓調査委員会

- ・本委員会 (5月27日)

21年度活動報告及び22年度活動計画の検討

- ・説明会 (6月10日)

「クリーンエネルギー車の動向」調査報告書の解説

講師：神鋼リサーチ(株) 産業技術情報センター 主任研究員 小川 徹氏

参加者：50名

流通委員会

- ・工具鋼分科会 (5月21日)

編集委員会

- ・小委員会 (5月19日)

9月号特集「溶接・接合材料および技術」(仮題)の編集内容の検討
- ・本委員会 (5月25日)

9月号特集「溶接・接合材料および技術」(仮題)の編集方針、内容の確認

【大阪支部】

定時総会 (6月8日)

委員会

- ・運営委員会 (4月22日)

【名古屋支部】

定時総会 (6月9日)

部会

- ・工具鋼部会 (4月21日)
- ・ステンレス鋼部会 (4月23日)
- ・構造用鋼部会 (4月28日)

講演会 (6月9日)

「働き盛りの生き生き健康法」

講師：健康管理士・「活脳塾」塾長
小久保晴代氏

参加者：43名

社団法人特殊鋼倶楽部 会員会社一覽

(社名は50音順)

<p>[会 員 数]</p> <p>(正 会 員)</p> <p>製造業者 28社</p> <p>販売業者 110社</p> <p>合 計 138社</p> <p>(賛 助 会 員) 0社</p>	【販売業者会員】		
【製造業者会員】	愛 鋼 (株) 青 山 特 殊 鋼 (株) 浅 井 産 業 (株) 東 金 属 (株) 吾 妻 金 属 (株) 新 井 ハ ガ ネ (株) 粟 井 鋼 商 事 (株) 石 原 鋼 鉄 (株) 伊 藤 忠 丸 紅 鉄 鋼 (株) 伊 藤 忠 丸 紅 特 殊 鋼 (株) 井 上 特 殊 鋼 (株) 植 田 興 業 (株) (株) U E X 碓 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 鉄 (株) 佐 藤 商 事 (株) サ ハ シ 特 殊 鋼 (株) (株) 三 悦 三 協 鋼 鉄 (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 鉄 (株) 神 鋼 商 事 (株) 住 金 物 産 (株) 住 金 物 産 特 殊 鋼 (株) 住 商 特 殊 鋼 (株) 住 友 商 事 (株) 大 同 興 業 (株) 大 同 マ テ ッ ク ス (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 ィ 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 鐵 商 事 (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) 福 岡 ハ ガ ネ 商 店 藤 田 商 事 (株) 古 池 鋼 業 (株) (株) プ ル ー タ ス (株) 堀 田 ハ ガ ネ (株) マ ク シ ス コ ー ポ レ ー シ ョ ン 松 井 鋼 材 (株) 三 沢 興 産 (株) 三 井 物 産 (株) 三 井 物 産 ス チ ー ル (株) 三 菱 商 事 ユ ニ メ タ ル ズ (株) 宮 田 ス テ ン レ ス (株) (株) メ タ ル ワ ン (株) メ タ ル ワ ン チ ュ ー プ ラ ー (株) メ タ ル ワ ン 特 殊 鋼 森 寅 鋼 業 (株) (株) 山 一 ハ ガ ネ 山 進 産 業 (株) ヤ マ ト 特 殊 鋼 (株) 山 野 鋼 材 (株) 陽 鋼 物 産 (株) 菱 光 特 殊 鋼 (株) リ ン タ ッ (株) 渡 辺 ハ ガ ネ (株)

特 集 / 各産業分野での溶接・接合技術の動向

- I. 総論
- II. 各産業分野の溶接・接合技術および材料の現況
- III. 最近の溶接・接合関連製品

11月号特集予定…金型材料

特 殊 鋼

第 59 卷 第 4 号
© 2 0 1 0 年 7 月
平成22年6月25日 印 刷
平成22年7月1日 発 行

定 価 1,200円 送 料 100円
1 年 国内7,200円 (送料共)
外国7,860円 (“ 、船便)

発 行 所
社団法人 特 殊 鋼 倶 楽 部
Special Steel Association of Japan

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

編集発行人 秋 山 芳 夫
印刷人 猪 俣 公 雄
印刷所 日本印刷株式会社

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