

特殊鋼

2014
Vol.63 No.6

11

The Special Steel

特集／工具鋼の基礎知識



特殊鋼

11 目次 2014

【編集委員】

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

【特集／工具鋼の基礎知識】

I. 総論

1. 工具鋼とは…………… 日立金属株 加田 善裕 2
2. 金型を取り巻く現状と金型材への要望
…………… 法政大学 馬場 敏幸 8

II. 工具鋼の用途別基礎知識

1. 冷間工具鋼…………… 日本高周波鋼業株 殿村 剛志 13
2. 熱間工具鋼…………… 山陽特殊製鋼株 島村 祐太 16
3. プラスチック金型用鋼…………… 大同特殊鋼株 井坂 剛 20
4. 高速度工具鋼…………… 日立金属株 兼近 領 23

III. 工具鋼の周辺技術

1. 熱処理…………… 日立金属工具鋼株 村崎 拓哉 26
2. 表面処理…………… 大同DMソリューション株 北川 利博 30

IV. 会員会社の工具鋼 or 工具鋼関連技術

- SKD11に代わるエコダイス鋼SXACE
…………… 愛知製鋼株 山崎 徹 34
- 高強度高靱性ダイカスト金型用鋼
「QDX-HARMOTEX®」… 山陽特殊製鋼株 島村 祐太 35
- ダイカスト金型専用溶接補修材DHW
…………… 大同特殊鋼株 増田 哲也 36
- CAEを用いたダイカスト金型の
焼入れ予測技術の構築…………… 日立金属株 菅原 諒介 37

V. 工具鋼のブランド対照表

1. 冷間金型用鋼…………… 38
2. 熱間金型用鋼…………… 39

3. プラスチック金型用鋼	40
4. 高速度工具鋼	41
“特集” 編集後記	日立金属(株) 加田 善裕 42

●一人一題：「自分の頭で考える」	井上特殊鋼(株) 青木 隆宜 1
------------------	------------------

■業界の動き	43
▲特殊鋼統計資料	46
★倶楽部だより（平成26年8月1日～9月30日）	50
☆一般社団法人特殊鋼倶楽部 会員会社一覧	51

特集／「工具鋼の基礎知識」編集小委員会構成メンバー

役名	氏名	会社名	役職名
小委員長	加田 善裕	日立金属(株)	高級金属カンパニー 技術部 主管技師
委員	杉本 淳	愛知製鋼(株)	品質保証部お客様品質・技術 室 主査
〃	西森 博	山陽特殊製鋼(株)	軸受営業部 軸受CS室長
〃	松村 康志	大同特殊鋼(株)	特殊鋼製品本部 自動車材料 ソリューション部 主席部員
〃	内藤 靖	日新製鋼(株)	商品開発部 特殊鋼開発チーム 主任部員
〃	宮川 利宏	日本高周波鋼業(株)	営業本部 条鋼営業部 担当 次長
〃	佐藤 昌男	日本冶金工業(株)	ソリューション営業部 部長
〃	金原 茂	(株)竹内ハガネ商行	技術部長
〃	渡辺 豊文	中川特殊鋼(株)	鉄鋼事業部 技術部長

一人一題

「自分の頭で考える」

井上 特殊鋼 (株) 取締役関東ブロック長
あお き たか よし
青 木 隆 宜



最近、自分のアタマで考えるようにしています。
情報過多と言われる現代、一昔前と比べて入手できる情報の量は格段に増加しました。
テレビ、新聞、雑誌、インターネット等々から。
では、その多くの情報量のお蔭で、私たちは、一昔前よりより良い判断ができているのでしょうか？

平成元年に入社した頃、朝出社してすることは、まず自分の机で煙草をプカ〜と一服。
その頃、Windowsもまだ発売されておらず、課に一台いわゆるオフコンが鎮座しておりました。お客様と灰皿が一杯になるまで、煙草をモクモクさせながら商談。
営業に出た外出先から会社への連絡方法は、いたる所にある公衆電話から。
高速道路の電話BOXの前は、テレホンカードを手にした営業マンでいつも渋滞でした。

あれから20数年。今、誰もが朝出社してすることは、まずパソコンの電源を入れること。
自分の机で煙草を吸うことなど有り得ない。商談席も禁煙。喫煙は隔離された場所でのみ。
パソコンは一人一台が当たり前。iPadを使って商談し、スマホは、世界中どこにいても、どこへでもアクセス可能。あれほどあった電話BOXは、最近見かけることすら珍しい。

いやはや変わったものです。世界中の情報を瞬時に把握し、世界中とアクセスできる。しかもそれが、手に乗るサイズのスマホで。スマホは、電話、メール、カメラ、ビデオ、音楽、ネット等の機能が満載。これを20数年前に誰が想像したのでしょうか？

技術の進歩は凄まじい。今は10年先どころか5年先の世の中でさえ見通すことが難しい。

とても便利な世の中になり、インターネット等により、個人が入手できる情報量も以前と比較し、大幅に増加しました。

欲しいモノはワンクリックで自宅に届き、欲しい情報もネットでパパッと検索。

しかし、しかしです。多くの情報量が正しい判断を導くとは限りません。新聞、テレビは必ずしも真実の報道をしません。日本人は文字を信じてしまう民族ですので、ネットによる情報は取り扱いを注意しないと、簡単に他人に利用されてしまいます。人間は情報が多くなればなるほど判断が鈍り、奇をてらった情報に飛びつきやすくなり、それを簡単に信じてしまう。

それに対してどうすべきでしょうか？

情報に接した時、「それはホンマか？」「何でそうなるんや？」という疑問を持ち、情報の背景を探る。
次に「で、どうなる？」と次に何が起こるかを予測し、「で、どないする？」と自分はどうすべきか、と情報の先を考え抜く。このように「自分の頭で考える」ことこそが重要だと思います。

考えるとは、何かを決めることであり、結論を出すことです。

ネットに限らず、新聞やテレビのコメンテーターが言ったことを、まるで自分の意見のように言うてしまうことはないでしょうか？

ネットで答えを検索し、他人の頭が考えた二次情報を鵜呑みにするのではなく、自分の頭で考え抜く。
自分の考えを言葉に落とし、自分で答えを出す。

また、こんな時代だからこそ、ヒザを突き合わせて対面で会話することも重要です。

本当に重要な情報はネット上に落ちているはずがなく、時代が変わっても、人間は変わりませんので。

〔(一社)特殊鋼倶楽部 構造用鋼分科会長〕

工具鋼の基礎知識

I. 総論

1. 工具鋼とは

日立金属(株) 加田善裕
高級金属カンパニー 技術部

まえがき

工具鋼は、金属または非金属材料の切削、塑性加工用などの各種ジグ・工具に用いる鋼と定義され、JISには炭素工具鋼、合金工具鋼、高速度工具鋼の3規格がある。代表的な工具鋼の化学成分、熱処理、特性の位置付けを表1にまとめる。

炭素工具鋼は、0.55~1.5%の炭素を含有し、特別に合金元素を添加しない工具鋼だが、水冷鋼であり、寸法が大きくなると芯部まで硬さが入らない。この中のSK105に少量のMnやCrを添加して焼入性（熱処理での硬さの出易さ）を改善したのが合金工具鋼の油冷鋼、SKS93やSKS3である。

合金工具鋼は、炭素工具鋼に合金元素を添加し、

耐摩耗性、耐熱性などを改善した鋼である。この中でCr、Mo等の合金含有量が高く、さらに必要に応じて他合金元素を添加したものがSKD（ダイス鋼）であり、冷間金型用と熱間金型用に分けられる。冷間金型用としてはSKD11が、熱間金型用としてはSKD61が最も広く使用されている。

高速度工具鋼は、高炭素鋼に合金元素を比較的少量に添加し、切削工具及び金型などに用いる鋼である。元々切削工具用に開発された材料であるが、耐摩耗性と靱性を兼備した特徴を活かして金型にも使われるようになってきた。

この他に多様な目的に対応した各社独自のブランド鋼がある。図1は代表的な金型材料を、最適使用硬さと靱性の尺度で概念的に整理したもので

表 1 代表的な工具鋼の化学成分、熱処理、特性

鋼類	JIS又は AISI (日立規格)	化学成分 (代表値: Mass%)								熱処理			特性 (D→Aの順に優れる)			
		C	Si	Mn	Cr	Mo	W	V	Co	焼入れ	焼戻し	硬さ (HRC)	耐摩 耗性	熱間 強度	靱性	被削性
炭素工具鋼	SK105	1.05	0.2	0.3						水冷	低温	57~63	C-	D	D	A
合金 工具 鋼	冷間用	SKS93	1.05		0.95	0.4				油冷	低温	57~63	C-	D	D	A
		SKS3	0.95		1.05	0.75		0.75		油冷	低温	57~63	C	D	C	B
		SKD11	1.5			12.0	1.0		0.35	空冷	低・高温	57~63	A	B	C	D
		8%Cr鋼	1.0	1	0.4	8	2		0.3	空冷	低・高温	57~63	A-	B+	B	C
	熱間用	SKD61	0.4	1.0	0.35	5.1	1.25		1.0	空冷	高温	40~53	D	B	A+	B
高速度工具鋼	SKH51	0.85			4.15	5.0	6.3	1.9		油冷	高温	58~64	A	A	B	D
	SKH40	1.3			4.15	5.0	6.2	3.0	8.4	油冷	高温	64~67	A+	A+	B+	D
マトリックスハイス	(YXR®3)	0.6	1.5	0.4	4.3	2.9		1.8		油冷	高温	58~61	B	A-	A	D
プラスチック金型鋼	P21	0.1							3Ni-1Cu-1Al	プリハードン		40	D	D	D	A

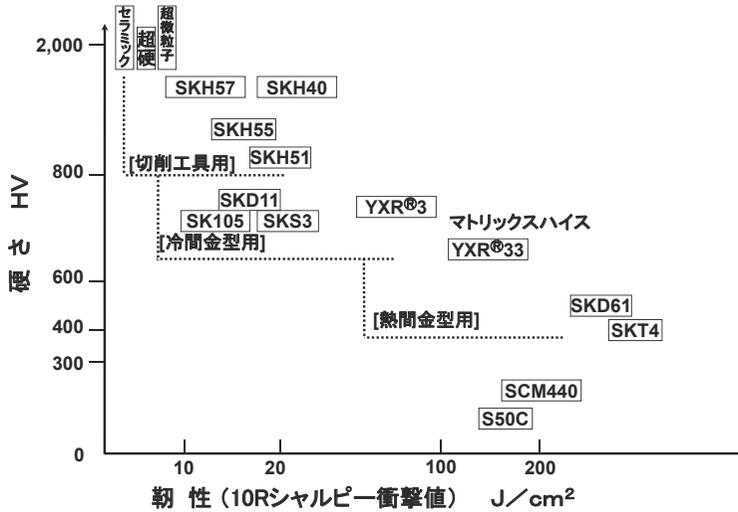


図 1 代表的金型用鋼の位置付け

ある¹⁾。大きく分類すると、切削工具用には硬さが800HV以上の材料、冷間金型用には硬さが600HV以上で衝撃値5J/cm²以上の材料、熱間金型用には硬さが350HV以上で衝撃値50J/cm²以上の材料が主に使用されている。図1からは、硬さが高い材料は靱性(割れ難い性質)が低く、靱性が高い材料は硬さが低いことが分かる。また、同じ硬さレベルでも鋼種により靱性が異なることも分かる。

◇ ミクロ組織

材料により特性差の生じる要因について、ミクロ組織から補足説明する。図2にSKD11の焼入焼戻し品のミクロ組織を示すが、工具鋼のミクロ組織は、基地(マトリックス)と、炭化物(写真では白く存在)と、非金属介在物(写真では識別できない)からなる。図3は、これらの要素を概念的に示したものである。

工具鋼の基地は、炭素や合金成分を固溶(溶かし込んだ)した鉄である。その組成により、硬さ・焼入性・靱性等の特性が変化する。また、基地は、焼なまし状態ではフェライトであり、焼入焼戻しによりマルテンサイト等の組織に変化し、各種工具の使用に耐える強度が得られる。

炭化物には大きな一次炭化物と、微細な二次炭化物がある。一次炭化物は熱処理による変化がほとんどなく、材料の基礎特性を形成する。二次炭

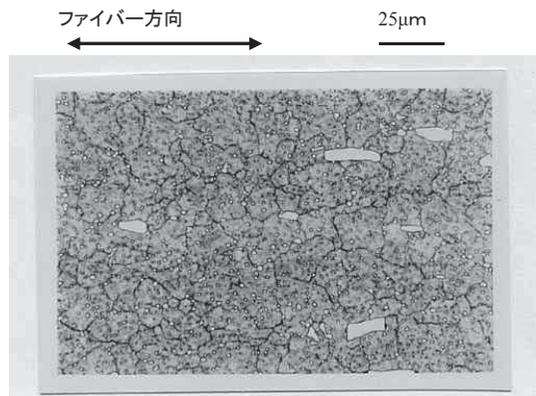


図 2 SKD11のミクロ組織

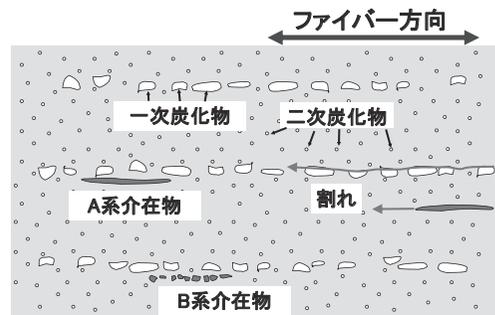


図 3 SKD11のミクロ組織概念図

化物は熱処理状態により基地に溶け込んだり、析出したりし、硬さ等の材料特性を変化させる。炭化物は、基地よりもはるかに硬いので、炭化物が

多いと摩耗し難くなるが、被削性（切削加工のし易さ）は悪化する。また、一次炭化物はファイバー方向（鍛造・圧延の長手方向）に連鎖状に分布するため、炭化物に沿って割れが進み易く、一次炭化物が多いほど、連鎖状が著しいほど靱性は低くなる。

また、焼入れによるマルテンサイト等への変態により、材料が膨張するが、この炭化物の連鎖状は、膨張の障壁となる。従って、炭化物の多い材料では、ファイバー方向の膨張>直角方向の膨張となる。

冷間工具は、被加工材の変形抵抗が大きく、強度や耐摩耗性が重視される。そのため、冷間工具鋼は、成分的に高炭素系となり、一次炭化物が多い材料が主体となる。一方、熱間工具は、被加工材が加熱され、変形抵抗が低くなるので強度要求は低いが、加熱・冷却のヒートサイクルを受けるので割れが発生し易い。このため、熱間工具鋼は、炭素量0.6%以下の低炭素系となり、一次炭化物がほとんどない材料が主体となる。

図4(1)に炭化物の硬さをまとめるが、炭化物は種類により硬さが異なる。低合金系のSKSの炭化物であるFe₃C（セメンタイト）よりも、SKD11のM₇C₃（Cr系炭化物）の方が硬い。このことと、SKSに比べSKD11の炭化物面積率が大きいことから、SKSに比べSKD11の耐摩耗性は大幅に優れる。また、工具鋼の炭化物の中で最も硬いのはMC（具体的にはVC：バナジウム炭化物）であり、SKH57等V含有量の多い材料は耐摩耗性に優れる。図4(2)には炭化物性状と特性の関係を示すが、炭化物量が少なく、連鎖状も弱い材質は、靱性は高いが、耐摩耗性は低下する。粉末工具鋼は炭化

物が微細均一になるので、耐摩耗性・靱性共に確保される。

非金属介在物は、鉄鋼材料内に存在する酸化物、硫化物などの非金属物質である。JISでは形態によりA～D及びDS系に分けられる。A系は硫化物（MnS）系で、長く伸びた形態である。割れの起点になるため、靱性重視の熱間工具鋼などではS（硫黄）を出来る限り低減して発生を抑制する。一方、被削性は改善されるので、Sを0.1%程度添加しMnSを増やしたSKD61の快削タイプ等もある。これら非金属介在物は、鏡面磨き性が重視されるプラスチック金型ではピンホールの原因になるので、ESRやVAR等の再溶解を適用した高纯净鋼を採用している。

ここまでの情報を含め、図1を概念的に整理したものが図5である。ダイス鋼、高速度工具鋼、粉末高速度工具鋼を線で結んでいるが、それぞれのグループ内で、耐摩耗性と靱性が相反している。これは耐摩耗性に優れる材料は、高炭素・高合金系で、炭化物が多い材料であり、靱性が低下するためである。一次炭化物の発生しない材料が主体の熱間工具鋼でも、焼戻し時に析出する特殊炭化物が、高温強度、軟化抵抗を向上させるが、靱性を低下させるため、強度と靱性は相反する関係となる。グループが異なると、耐摩耗性・靱性の総合レベルが変化するが、これは炭化物の種類・形態や基地の靱性が異なるためである。

なお、右上側のグループは、高合金であったり、粉末工程を適用するので、材料単価は高くなる。そのため、必要特性、製造ロットサイズなどを配慮して、コストも含めた最適の材質を選択することになる。

(2)炭化物の大きさ・分布と特性との相関

(1)炭化物の種類と硬さ			(2)炭化物の大きさ・分布と特性との相関			
鋼種	硬さ(HV)	代表対象鋼	マイクロ組織	SKD11	8%Cr鋼	SKH40
Fe ₃ C	1,200~1,500	SKS93、SKS3		○	△	○
M ₇ C ₃	2,100~2,700	SKD11		○	△	○
MC	2,400~3,200	SKH57		○	△	○
高速度工具鋼 (基地)	750~950	—		○	△	○
				×	△	△

図 4 各種炭化物の比較

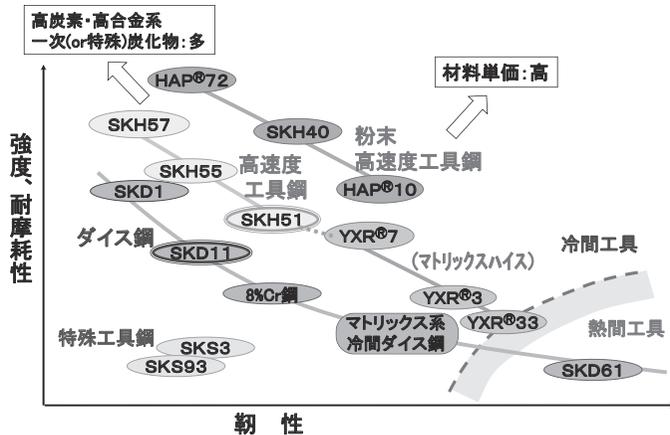


図 5 工具鋼の特性位置付け概念図

◇ 偏析

偏析は成分等が不均一になる現象で、マクロ偏析（鋼塊の外周～中心部、Top～Bottomでのバラツキ）とミクロ偏析（ミクロ組織上のバラツキ）がある。マクロ偏析は、鋼塊の凝固時、最初に凝固する部分の合金濃度より、最後に固まる部分の合金濃度が高いこと等の要因により発生する。ミクロ偏析は、微小領域内で、最初に固まる部分（初晶）に対して、最終凝固部の合金濃度が高くなるために発生する。高炭素系では、最終凝固部が一次炭化物となる。鋼塊段階では、最終凝固部は網状となるが、これが熱間鍛造・圧延により、分断され、鍛造・圧延方向の縞状分布に変化する。なお、一次炭化物のない材料では、合金濃度の高い部分が縞状に分布する形態となる。

成分が同じでも、製造方法によって偏析の度合いや炭化物サイズは変動する。新興国製造品も含め、同材質でも品質差が生じる理由はここにある。なお、偏析は再溶解を適用することにより低減され、粉末工程の適用により最小限化される。

◇ 冷間工具鋼

基本鋼はSKD11である。空冷鋼で焼入性がよく、精密金型に対応する。1% C-12% Crの成分系のため、硬いCr系一次炭化物が多量に発生し、耐摩耗性は良いが、被削性は良くない。また、約1%のMoを含有するので、約500℃の高温焼戻しで60HRC近い硬さが得られる。

8%Cr鋼は、SKD11に対し、C・Cr量を約2/3とし、Moを約2倍とした成分系である。炭化物が少ないので、韌性・被切削性は向上するが、耐摩耗性は低下する。Mo増量により高温焼戻しでの炭化物析出を増やし、高温焼戻硬さを約62HRCまで上げている。

被削性重視冷間ダイス鋼は、SKD11に対しC・Cr量を下げて炭化物を少なくし、更に0.1%弱の硫黄(S)を添加して被切削加工性を改善している。板金プレス型など加工コストを重視する金型を中心に適用されている。

マトリックス系冷間ダイス鋼は、炭化物を減らして、基地（マトリックス）を主体とした組織としている。耐摩耗性に劣る点は、PVD等の表面処理でカバーして、被削性や韌性、熱処理変寸の異方性の少なさを、PVDに最適なミクロ組織等をアピールしている。

高速度工具鋼も冷間工具鋼の範疇に入るが、基本鋼はSKH51である。これに5%のCoを加えて耐熱性を増したSKH55、V含有量を高くし、硬いV系炭化物を増やし、かつ10%Coとして高耐摩・耐熱性を増したSKH57などがある。粉末高速工具鋼は、粉末冶金工程により炭化物を多量かつ微細・均一に分散させた材料だが、JISにはSKH40が登録されている。

マトリックスハイスは、高速度工具鋼の炭化物量を低減し、製造方法を配慮して、その分布を改善した材料である。高速度工具鋼や冷間ダイス鋼より韌性が優れ、割れ易い用途に用いられる。冷

間ダイス鋼の標準使用硬さ（約60HRC）に対応する標準タイプ、SKH51に対応する高硬度タイプ（約63HRC）、温熱間用途にも対応する高靱性タイプ（～58HRC）がある。

◇ 熱間工具鋼

基本鋼は、5%Cr系のSKD61である。炭化物の析出量を中位に抑え、高温強度と靱性を兼備した材料で、空冷鋼である。

SKD7は、Crを下げ、Moを上げた3%Cr-3%Mo（3クロ3モリ）鋼だが、微細炭化物の析出量と分布密度を高め、高温強度が高い。SKD8は、炭化物の分布密度が高い上に、昇温時に凝集し難く、熱間ダイス鋼の中で最も高温強度が高い。SKT4は、特に高い靱性を得るために微細炭化物の析出は行わせないので、高温強度は熱間工具鋼の中では低い。

熱間工具鋼のブランド鋼は、JIS鋼種の高温強度、靱性を改良する形で開発されてきた。SKD61改良鋼は、二次硬化による焼戻し脆性がSiを低減すると改善されることを利用し、Mo増量による高温強度向上も狙って開発されている。SKD7、SKD8についても、化学成分・製造工程の改善により、靱性・高温強度を改善した材料が開発されている。

◇ プラスチック金型用鋼

JISには規定がなく、特殊鋼メーカー各社がプラスチック金型用鋼としてブランド鋼をシリーズ化している。大きくプリハードン鋼、焼入焼戻し鋼、時効硬化鋼に分けられる。プリハードン鋼にはSC系（13HRC）、SCM系（28HRC）、SCM改良鋼（33HRC）、AISI-P21系（40HRC）等がある。焼入焼戻し鋼にはSKD11改良鋼、SUS440C改良鋼、SUS420J2改良鋼等があり、50～65HRC程度に焼入焼戻し後使用される。時効硬化鋼には、マルエージング鋼、非磁性鋼（40HRC）等があり、時効処理後使用される。

何れの材料もプラスチック金型を想定した改良がなされている。例えばプリハードン鋼では、溶接補修対応として、溶接熱影響層の硬さが、母材同等になるように低炭素化されている。また、酸による腐食加工であるシボ加工対応で、偏析を低

減する製造方法が採用されている。以下、代表的な材質について簡単に説明する。

P21系は、工具鋼としては特殊な低C-Ni-Cu-Al系の材料である。40HRCでありながら被削性に優れる。靱性は低く、耐食性が劣る弱点はあるが、プラスチック金型材の標準鋼として広く採用されている。P21系には、硫黄（S）を0.1%程度添加した快削系と、Sを積極添加しない鏡面仕上げ性重視の非快削系がある。また、Crを添加した耐錆系も開発されている。

SUS420J2改良鋼は、ステンレス系で耐食性に優れ、一次炭化物（鏡面仕上げ時のウネリの要因になる）が出ない成分系ながら55HRC近い硬さが出せる。また、鏡面仕上げ対応として、再溶解を適用して非金属介在物を低減している。

◇ 熱処理

プリハードン鋼を除く工具鋼は特殊鋼メーカーより焼なまし状態（フェライト+炭化物）で出荷される。各メーカーでは熱処理条件等を厳密に管理し、二次炭化物が均一に析出した球状化焼なまし組織に管理している。不均一組織の場合、焼入焼戻し後も組織の痕跡が残り、靱性が低下する。プリハードン鋼は、所定の硬さ及び熱処理組織に管理され出荷されている。

工具鋼は、金型加工工程中に焼入焼戻しを行って所定の硬さに調整される。焼入れでは、先ず材料を加熱しオーステナイト（+炭化物）に変態させる。加熱温度は、SK・SKSは800℃前後、SKDは1000～1050℃、SKHは1200℃前後が一般的である。この加熱・保持により、二次炭化物が基地に溶け込み合金固溶量が高まる。高温化すると合金固溶量が増えて高強度になるが、結晶粒が大きくなって靱性が低下する。その後、急冷してマルテンサイト等の焼入れ組織に変態させる。水・油冷鋼は、指定より冷却能が劣る焼入方法では硬さが得られない。空冷鋼でも、ダイカスト金型等の靱性が重視される用途では、冷却速度が遅いと発生する上部ベイナイト組織等の低靱性組織を避けるため油冷等の急冷焼入れが採用される場合がある。

焼入れまま材は、硬さは高いが、内部歪が大きく、低靱性の不安定組織である。これを変態点以下の温度に加熱保持して、準安定組織を得る処理

が焼戻しである。SKSなど二次硬化しない材料は、約200℃程度の低温焼戻し、高温で使用される熱間工具鋼や高温焼戻し前提の高速工具鋼には高温焼戻しを適用する。冷間ダイス鋼は、使用用途により低温と高温を使い分けている。

◇ 表面処理

工具鋼に適用される表面処理には、低温焼戻し以下の温度域で処理する硬質Crめっき、高温焼戻し温度域の窒化、PVD、PCVD、焼入温度相当域のCVD、TD処理等のTRD等がある。各種処理は、金型の用途、金型材の熱処理条件等に配慮して選択される。この内、窒化は、熱間鍛造型、ダイカスト型等で広く適用されている。用途により最適窒化性状が異なるので、各種窒化方法を使い分ける。CVD・TRDは、約1000℃の処理であり、密着性に優れ、冷間プレス型等に適用されているが、焼入れを伴う処理なので変形が大きいこと、膜直下に脱炭層が発生することから、PVDへの切換えも進んでいる。

◇ 金型加工方法

金型加工には切削加工の他、放電加工がある。

放電加工には、グラファイト・銅などの電極と被加工材間のアーク放電により、電極形状を転写する型彫り放電加工、黄銅などのワイヤー線と被加工材間のアーク放電により被加工材の一部を切り取るワイヤー放電加工がある。何れも被加工材の一部を除去するので、残留応力のバランスが崩れ、変形やクラックが発生する場合がある。このため、放電加工対象の材料には、熱処理残留応力の少ない空冷鋼で、アーク放電による熱影響が少ない高温焼戻し材を採用するのが望ましい。

むすび

本項では、工具鋼全般について、広く、浅く説明した。詳細については、本特集号のⅡの工具鋼の用途別基礎知識、Ⅲの工具鋼の周辺技術を参照願いたい。また、更に詳しく勉強したい方は、特殊鋼ガイド（初級～第5編）等で確認頂ければと思う。

本特集が、「特殊鋼」読者、特に工具鋼初心者の方々の工具鋼知識習得の一助になれば幸甚である。

参考文献

- 1) 内田憲正：金型用材料、第68回塑性加工学講座（1997）、76



2. 金型を取り巻く現状と金型材への要望

法政大学 ばばとしゆき
経済学部教授 馬場敏幸

◇ はじめに：金型＝量産製造業の生産・設計に必須のマザーツール

金型は量産型機械産業のサポーティング産業の中でも、製品品質と競争力向上の要となるマザーツールである。樹脂、金属、ゴム、ガラスなどあらゆる工業製品成形に用いられ、自動車製造では万単位の金型が必要となる。高精度部品製造には部品精度以上が求められる。金型は、外観デザイン・性能・精度などの品質向上だけでなく、生産性向上と大量生産安定性に大きな貢献がある。たとえば新興国を念頭に行われた金型の品質や構造の違いによる生産性実験の結果では、部品一個の延べ加工時間で20倍もの生産性の差が観察されたのである。さらに日本のような先進国産業にとって重要な金型の役割は、製品開発への寄与である。設計で考えた材料で想定した形状が作れるか、安定的に大量生産できるか、性能が発揮できるか、などである。細かく列挙すると、新素材・新機能

製品の成形、複数工程の単一化、部品の大幅軽量化、耐腐食性向上、強度向上、難加工材の加工、複雑形状の加工、多数部品の一点化、複数材料を用いての一体成形、コスト低減、生産性向上などである。インテグラル型、モジュール型を問わず、考案された「アイデア」（設計＝夢）を競争力ある製品に「具現化」する必須のツールが金型と言える。金型は量産型機械産業にとって重要であり、金型産業の発展段階は、その国の量産型機械産業の実情と発展可能性に深く関係している。

◇ 金型の分類と種別生産規模

金型には様々な種類があるが、金型の加工用形式により大きく2種類に分けることが出来る。一つがMoldタイプ、他方がDieタイプである。Moldタイプ金型の代表がプラスチック成形用の金型であり、Dieタイプ金型の代表が金属プレス加工用の金型である（表1）。

経済産業省の機械統計ではさらに詳細に、プレ

表 1 MoldタイプとDieタイプの特徴

Moldタイプ金型の特徴
<ul style="list-style-type: none">・ 鋳型、割り型、流し型、モールドなど。・ ワーク形状が反転した成形面の金型に流体状あるいは軟体の材料を流し込んで成形。・ 代表例はプラスチック成形用やダイカスト成形用、ガラス成形用、ゴム成形用など。・ 成形方式は、射出成形、プレス成形、ブロー成形、ダイカスト成形、鋳物成形など、様々。・ 金型から成形物が想像できることが多い。・ 近年、3D CADでの設計方法の確立や設計段階での流動解析精度向上などが見られる。そのため勘・コツ・経験への依存が従来より大幅に低下した。・ Moldの起源は青銅成形や土器づくりなどから始まる。その技術は、セルロイド成形、プラスチック成形などに応用されてきた。
Dieタイプ金型の特徴
<ul style="list-style-type: none">・ 打ち抜き型、打刻型、ダイス型、ねじ型、パンチなど。・ 固体状の材料を金型の上下で挟み込んで成形。・ 代表例は金属プレス成形用や鍛造成形用など。・ 加工内容は、打ち抜き、コイニング、絞り、シェイピングなど様々。・ 金型から成形物が想像しにくいことも多い（順送金型など）。・ 3D CADでの設計や、設計段階でのシミュレーションも行われているが、ワーク素材によっては挙動予測が難しい一面がある。そのため、勘・コツ・経験への依存はMoldタイプより高めである。・ Dieはスタンプによる文字・模様転写や板金をその起源とする。やがて打刻コインの製造、金属機械部品の製造などに応用されてきた。

出所：馬場編（2013）『アジアの経済発展と産業技術』p. 205 表10-1

ス用、プラスチック用、ダイカスト用、鍛造用、鑄造用、粉末冶金用、ゴム用、ガラス用に分類している。工業統計では、金属用（プレス型、鍛造型、鑄造型・ダイカスト型、その他の金型・同部品・付属品）、非金属用（プラスチック型、ゴム型・ガラス型、その他の金型・同部品・付属品）に分類している。各金型の生産比率を機械統計ベースで見ると、日本の金型生産額でもっとも多いのはプレス用（2013年39%）、次いでプラスチック用（34%）となっている（図1）。この2種類で全体の生産額の73%に達する。ただしこの2種の生産額は近年やや減少している。1997年と2013年の生産額（専業）を比較すると、プレス用が58%、プラスチック用が48%に減少した。工業統計でもこの2種類が多く全体の7割弱を占める。近年生産額が増加しているのが2013年生産額第3位のダイカスト用（11%）、第4位の鍛造用（8%）である。同様に1997年と2013年の生産額（専業）を比較すると、ダイカスト用が134%、鍛造用が183%に増加している。

◇ 金型産業発展と時代の変化：グローバル競争時代の到来

図2に1967年以降の日本の金型出荷額と金型製作方法の変化、金型産業を取り巻く変化について

まとめた。第二次世界大戦の終了後、日本が復興への途についたとき、ボトルネックとなったのが高品質金型と生産機械・素材材の不足である。そのため国を挙げて金型産業の育成に尽力することとなった。一つの大きな契機が1956年3月公布の機械工業振興臨時処置法（機振法）にはじまる国の中小企業専門化と部品産業育成政策である。金型産業は1957年に日本金型工業会が設立され機振法の指定業種となった。機振法が制定された1950年代当時の金型製作は技能集約型の産業であった。設計と生産は明確には区別されず作業場で一貫して行われることが多かった。設計は、経験・勘・コツに基づきケガキで行われるのが一般的であった。金型生産はヤスリ、ボール盤、旋盤、形削盤、円筒研削盤などを用いて手作業主体で行われていた。この時期における機械化の進展度は時間比率で2割程度といわれる。すなわち8割は人手に頼っていたわけであり、技能者による職人技術主導の時期であった。

1970年代の高度成長期には金型メーカーの主要顧客である自動車産業や電機・電子産業が発展を遂げた。その影響もあって金型産業も順調に成長し、1983年には1兆円産業の仲間入りを果たした。金型メーカーへのインタビューによると、この時期の金型産業は非常に景気がよく、機械設備を購

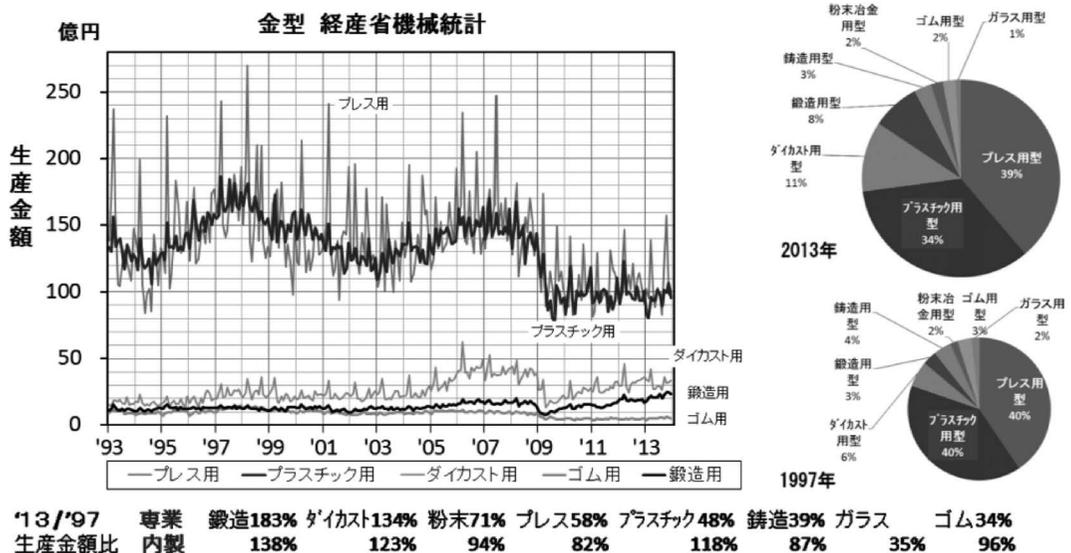


図 1 機械統計ベースによる金型生産額推移と型別生産シェア
出所：新金型産業ビジョン 図1-1-2

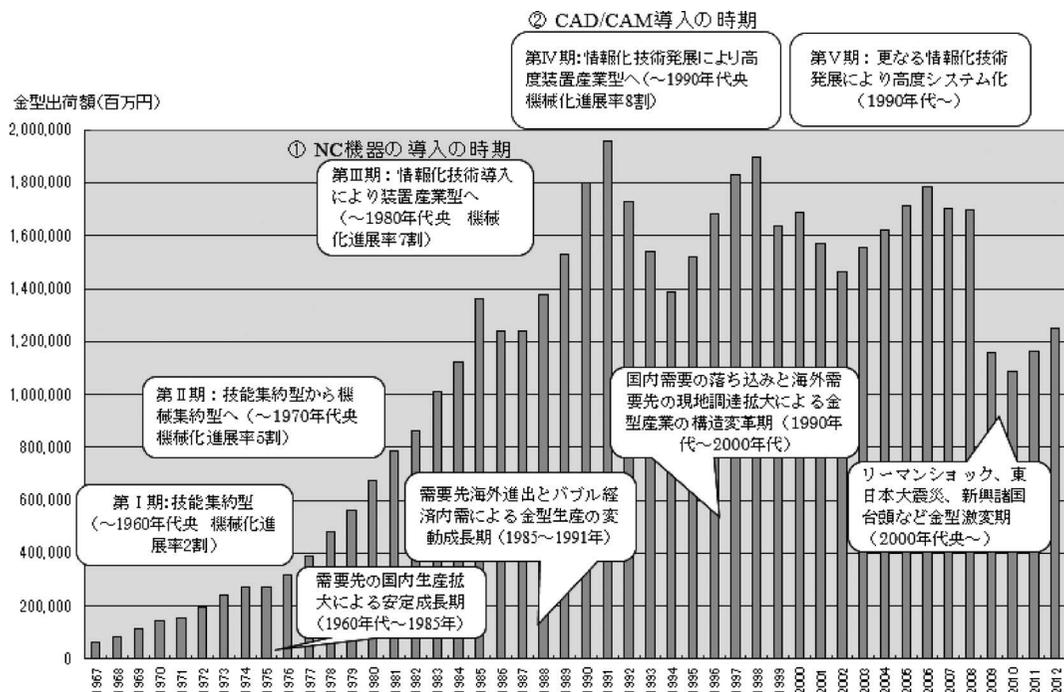


図 2 日本金型産業の出荷額推移と生産プロセス変遷および取り巻く状況変化
 出所：馬場（2005）『アジアの裾野産業』p. 164 図5-4をもとに加筆作成、金型出荷額は『工業統計』

入する資金も潤沢にあったとのことである。こうした好景気の影響もあり、この時期に金型産業は設備投資を盛んに行った。また1970年代から1980年代の時期には、金型の生産プロセスに大きな変化が訪れた。コンピュータ技術の発達による金型産業への情報化技術の導入である。金型製作のための生産設備としてマシニングセンター、NC治具中ぐり盤、NC治具研削盤、NC型彫放電加工機、NCワイヤ放電加工機などのNC機器が導入された。この時期は情報化を代表するマシニングセンター等のNC工作機械の普及により、現在の切削加工技術の技術的基礎が確立された時期といえる。すなわち生産にコンピュータ技術が応用されるようになったのである。その結果この時期、機械化の進展度は時間比率で7割にまで上昇した。また設計でもこれまでの経験により、さまざまなノウハウが蓄積された。

1980年代から1990年代になるとNC化された金型加工機械と設計を結び動きが活発化し始めた。設計・生産プロセスにおけるCAD/CAMの導入である。1990年代以降はCAD/CAMはもはや普及技術となり2次元から3次元になった。コンピュータ

技術の飛躍的進歩によりNC工作機械はコンピュータ利用のCNC工作機械に置き換わった。設計前のシミュレーション技術も精度が向上した。機械化の進展度は時間比率で8割にまで上昇し、金型産業は高度装置産業型の生産形態になった。こうしてコンピュータ技術と高度加工技術を用いる今日の日本の金型づくりが確立した。

1985年のプラザ合意を契機とした恒常的な円高基調により日本の製造業に海外進出が活発化した。海外進出した金型ユーザーは現地で高品質金型を調達できず、日本からの輸入調達に依存した。国内では1991年頃までバブル景気が訪れた。これらは金型産業発展の追い風となり1991年には史上最大のピークとなる1兆9575億円、2兆円産業目前にまで出荷額は増加した。その後バブル経済崩壊などにより出荷は急落したが、国内経済復調や海外金型需要の拡大などで1998年には史上二番目のピークとなる1兆8,954億円を記録した。その後2000年代にかけて、国内の低成長、相次ぐ金型ユーザーの海外生産の拡大、アジア製金型の品質向上などもあり、出荷額が大きく拡大することは無かった。1997～98年のアジア経済通貨危機後や

2001年のITバブル崩壊などの影響による落ち込みから回復し、2006年には史上三番目のピークとなる1兆7,875億円を記録した。

2008年のリーマンショックによる世界的な経済不況の波は金型産業を直撃した。2009年の金型出荷額は1兆1,590億円に急落した。前2008年（1兆6,980億円）から32%減である。機械統計ベースでも2008年4,483億円から2009年3,159億円へ30%減である。事業規模の大小を問わず金型産業全体を直撃したことがわかる。工業統計による2009年の出荷額は金型出荷ピークだった1991年の59%、直近ピークの2006年の65%の水準である。経済状況や貨幣価値を無視すると、1984年頃への後退である。その後2010年には1兆874億円にさらに生産額を減らしたものの、2011年は1兆1,629億円にやや持ち直し、2012年には1兆2,506億円まで回復した。しかしそれでも1991年ピーク時の64%、直近ピーク2006年の70%の水準である。

金型産業を取り巻く外部環境の変化はさまざまであるが、金型ユーザーの海外進出による国内金型需要減少は、金型産業にとって大きな痛手となった。さらに経済成長停滞や安い輸入品などによるデフレの進行、少子化などによる国内市場や労働市場の縮小、強まる値下げ圧力などは金型産業に大きな影響を与えた。日本の金型産業を取り巻く環境は1990年代以降大きく激変し、厳しい局面への対応が求められている。競争環境が厳しくなる中、日本の金型企業はさらにアイデア・設計・品質・価格・納入体制・アフターサービスなど、さまざまな面で競争力強化が求められている。製品を飛躍的に革新させる新素材もどんどん誕生しており、それに対応できる金型開発への需

要も高い。今日の日本の金型産業は本格回復をめざし、市場を切り開くべく奮闘している状況である。

◇ アジア新興国金型産業台頭によるサプライチェーン変化：日本依存から多極化へ

韓国、台湾、中国、タイなどアジア新興国の金型産業の発展が著しい。これらの国では当初、プラスチック用やダイカスト用などのMoldタイプ金型で発展がはじまった。ハイテン用や精密順送などのプレス金型あるいは精密鍛造などのDieタイプ金型は発展が遅れていた。しかし日本など外資系金型企業の進出や技術提携、現地金型企業の技術吸収・向上努力、リバースエンジニアリング、工作機械やNC制御装置など金型製作機械の技術の飛躍的発展、現地金型ユーザー市場の急拡大、金型教育の推進など、さまざまな追い風もあり、1990年代以降、新興国の金型産業の発展は著しい。工業化の進展する新興国では、当初は高品質金型を日本など先進国から輸入依存した。しかし1990年代とくに後半以降、現地での金型調達が増えた。2000年代後半の韓国大手自動車メーカーへのインタビューではMoldタイプ、Dieタイプともに韓国で調達できない金型はないとのことであった。また中国の外資系自動車メーカーへのインタビューからは、プラスチック用金型は中国国内でほぼすべて調達し、プレス金型の現地調達割合も急増しているとのことだった。図3に世界の金型の生産額を示す。中国の成長が著しいことがわかる（米国は他国と分類が異なり実態より大きな数字となっている）。金型産業の発展した韓国や、急成長している中国は金型輸出にも力を入れている。中

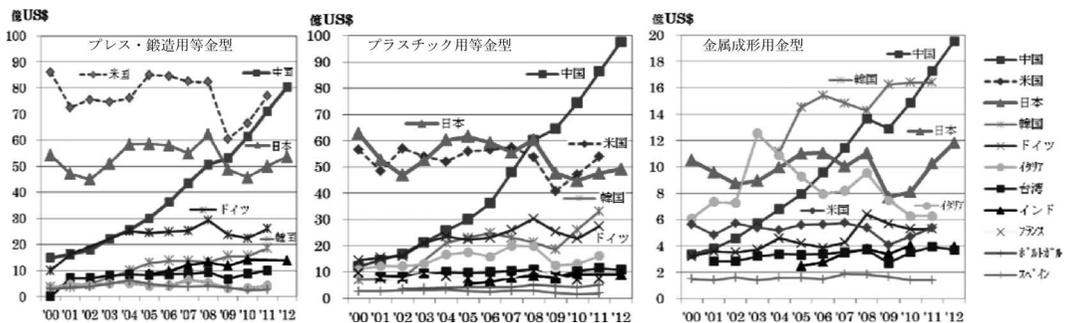


図 3 世界の金型の生産額
出所：新金型産業ビジョン 図1-2-5

国では進出した外資系企業の輸出が盛んであるが、地場企業の輸出意欲も高い。かつてアジアでは高品質金型を日本に依存することが一般的で、金型輸入先トップが日本であることはよくみられた。今日では状況が一変し、輸入先トップが中国や韓国であることは珍しくなくなった。当初はMoldでそれが見られたが、2010年代に入るとDieでも見られるようになった。アジアの金型サプライチェーンは大きく変化したのである。

◇ 金型特殊鋼への要望：素材開発・標準化

最後に金型特殊鋼への要望についていくつかの意見を紹介したい。表2に今回の原稿執筆にあたり金型特殊鋼に対する要望を金型メーカー・関係者などに聞いた内容を記した。表にあるとおり、日本金型の重要な競争力の源泉の一つが特殊鋼で

あるとの認識は広く一致している。一方で、価格、コストパフォーマンス、錆び・割れなどへの対応、新素材の開発、金型材料・価格の標準化など様々な要望がある。金型をめぐる競争環境が厳しくなる中、優秀な金型特殊鋼の供給は金型産業の競争力強化に重要な追い風となる。素材メーカーや機械・工具メーカーと金型メーカーとの密な協力・相互フィードバックは日本の産業競争力の重要な根幹であり、さらなる発展に期待したい。

参考文献

- 1) 経済産業省『機械統計』各年
- 2) 経済産業省『工業統計』各年
- 3) 日本金型工業会(2014)『新金型産業ビジョン』
- 4) 馬場敏幸編(2013)『アジアの経済発展と産業技術』ナカニシヤ出版
- 5) 馬場敏幸(2005)『アジアの裾野産業』白桃書房

表 2 金型メーカー・関係者による金型特殊鋼への要望

金型材料に対する要望	
性能	<ul style="list-style-type: none"> ・日本の金型品質を支えているのは日本の特殊鋼でありありがたい。 ・特殊鋼生産が今まで通り今後も維持されるか不安がある。 ・数年来、グローバル展開している金型ユーザーから韓国材や中国材を使つてのコストダウン要望があるが、溶接性やシボなど品質問題がかなり起こり困っている。日本メーカーにコストパフォーマンスの良い特殊鋼を望む。 ・最近、成形する製品が厚く複雑形状になっている一方で、形状転写加工が放電加工からミーリング加工にシフトしている。ダイス鋼やハイス鋼をもっと削りやすく、しかし硬く割れにくい金型用特殊鋼が欲しい。 ・ミーリングでの複雑形状加工で、HRC59~61、SKD-11改良品(切削性改良品)を使用しているが、錆びが発生して金型の勘合や摺動に影響を及ぼし問題となっている。切削性を向上のための成分調整により錆びが顕著に見られるようになった。改善を望む。 ・日本の金型技術の革新の為に新しい金型材料の提供を期待する。 ・レアアースなど特殊な添加元素無しで超硬並みの硬さの特殊鋼材が欲しい。 ・熱処理をしなくても低温表面処理で十分な性能を有する特殊鋼材が欲しい。 ・効率を良くする為に在庫を少なくする傾向があり、納期が長くなって困っている。
標準化	<ul style="list-style-type: none"> ・「金型材料の標準化」を望む。日本で入手できる材料が海外で入手できないことが良くある。図面指定が「日本メーカーの材料名」の場合、「同等品」を使わざるを得ないが、その時の基準が不明である。 ・「価格の標準化」を望む。日本の金型材が、日本購入より海外購入の方が安いことが多々ある。そのため出来るだけ日本製の材料を指定しない様にとの要望も出ている。これはおかしいのではないか。

インタビューを元に筆者作成

Ⅱ. 工具鋼の用途別基礎知識

1. 冷間工具鋼

日本高周波鋼業(株) 技術部 商品開発室 殿 村 剛 志

まえがき

冷間工具鋼はゲージやたがね、ポンチなどの工具やプレス加工、鍛造加工、転造加工、ロール成形などの型に使用され、せん断、曲げ・絞り、圧縮等の加工を行います。これらの加工では金型は高い面圧や衝撃負荷を受ける為、寿命の大半は、摩耗や焼付き、欠け、割れで廃却となります。従って、冷間金型用鋼には高い強度、耐摩耗性、耐疲労特性、靱性等が要求されます。

◇ 冷間工具鋼の特徴

図1に代表的な冷間工具鋼の位置付けについて、表1に化学成分を示します¹⁾。冷間工具鋼の最も重要な特性の一つとして耐摩耗性があります。耐摩耗性は基本的には硬さを高くすることにより向上します。冷間工具鋼は一般的に焼入焼戻しを行い60HRC程度の高い硬さで使用されることが多いです。硬さを高めるためには高Cとすることにより可能となります。また、Cr、Mo、V、Wなどの炭化物生成元素を添加し、 M_7C_3 や M_6C 、MCなど

の硬い炭化物(表2²⁾)を含有させることにより更に耐摩耗性を向上させることが可能となります。但し、炭化物量が多くなると靱性或耐疲労特性が悪くなるので使用される用途により鋼材の選択が必要となります。

◇ 炭素工具鋼鋼材

0.55~1.50%CでSi、Mnを多少含有する鋼種が炭

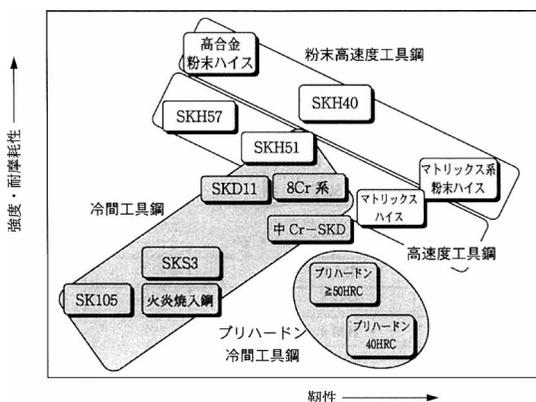


図 1 冷間工具鋼の位置付け

表 1 代表的な冷間工具鋼の化学成分と熱処理性質

分類	JIS相当	AISI相当	C	Mn	Cr	Mo	W	V	Co	焼入温度	焼戻し温度	硬さ	
炭素工具鋼	SKI05	W1-10	1.05	0.25	-	-	-	-	-	760~820水冷	150~200	61以上	
	SKS93	-	1.05	1.05	0.4	-	-	-	-	790~850油冷	150~200	61以上	
合金工具鋼	SKS3	O1	0.95	1.05	0.75	-	0.75	-	-	800~850油冷	150~200	60以上	
	SKD1	D3	2.05	0.4	12	-	-	~0.3	-	830~980油冷	150~200	61以上	
	SKD11	D2	1.5	0.4	12	1	-	0.35	-	1000~1040空冷	150~200 480~540	58以上	
	8%Cr系	-	1C-1Si-0.4Mn-8Cr-2Mo系がメイン							1000~1040空冷	150~200 480~540	61以上	
	マトリックス系 ダイス鋼	-	0.6~0.7C-0.3~1.0Mn-6~7Cr-0.8~2.5Mo系がメイン							1000~1040空冷	150~200 480~540	58以上	
	SKD12	A2	1	0.6	5.15	1.05	-	-	0.25	-	930~980空冷	150~200	61以上
	火炎焼入鋼	-	0.7C-1Si-1Mn-1Crがメイン							-	-	-	

表 2 炭化物の種類と特徴

炭化物型	硬さ (HV)	炭化物の種類	特 徴
M ₃ C	1,200~1,800	Fe ₃ C	炭素工具鋼、低合金工具鋼中に存在しMはFe以外にもMn、Crなどに置換される
M ₂₃ C ₆	1,000~1,800	(Fe、Cr) ₂₃ C ₆	高Cr工具鋼中に存在
M ₇ C ₃	1,800~2,800	(Fe、Cr) ₇ C ₃	高C-高Cr工具鋼 (SKD11) の炭化物などで耐摩耗性に寄与
M ₂ C	1,800~3,000	Mo ₂ C、W ₂ C	高速度鋼などのMoやWを多量に含む鋼種の焼戻し時に析出し、2次硬化をもたらす
M ₆ C	1,600~2,300	Fe ₄ Mo ₂ C	高速度鋼などのMoやWを多量に含む鋼種に存在
MC	2,250~3,200	WC、VC、TiC	硬質な炭化物で耐摩耗性を向上。VCやWCは2次硬化にも寄与

素工具鋼鋼材としてJISに11鋼種が規定されています。炭素工具鋼の焼入れ温度は750~840℃で、150~200℃の焼戻しを行うことにより54~63HRC程度の硬さが得られます。但し、炭素工具鋼は含有している合金元素が少ないことから焼入性が悪く水冷をする必要があります。また、水冷しても中心部までは焼きが入らず表面のみ硬化し中心部は硬さが低い状態となります。JISに規定されている中で最もポピュラーな鋼種はSK105 (1.05C-0.25Si-0.25Mn) で刃物、たがね、治工具、プレス型などに使用されます。

◇ 合金工具鋼鋼材

JISには合金工具鋼鋼材として切削工具鋼用、耐衝撃工具鋼用、冷間金型用、熱間金型用の4種類に区分されており、冷間金型用には10鋼種が規定されています。また、これらのJIS規定材をベースにさまざまな改良鋼も存在しており、その代表的な鋼種について特徴を説明します。

◇ 合金工具鋼—低合金工具鋼

冷間金型用鋼の中でも比較的合金元素添加量が少ない低合金工具鋼でポピュラーな鋼種はSKS93 (1.05C-0.95Mn-0.4Cr) やSKS3 (0.95C-1.05Mn-0.75Cr) があります。両鋼種とも1%程度のMnとSKS93は0.4Cr、SKS3は0.75CrとCrを添加しており、炭素工具鋼の焼入性を改善している鋼材になります。またSKS3にはWが0.75%添加されており焼入性や靱性を向上させています。シャー刃、ゲージ、プレス型などに使用されています。

◇ 合金工具鋼—高C高Cr冷間工具鋼

高C高Crの冷間工具鋼で最も有名な鋼種はSKD11

(1.5C-12Cr-1Mo系) です。最大の特徴は優れた耐摩耗性で高Crの化学成分とし、基地に粗大なCr炭化物 (M₇C₃) を含有させることにより耐摩耗性を向上させています。SKD11は焼入性が良く、真空炉でのガス冷却でも中心部まで均一に硬さが得られます。1020℃~1030℃で処理されるのが一般的であり、この焼入れ温度は真空熱処理炉の焼入れ温度として汎用的な温度となっています。

SKD11よりも更に耐摩耗性に優れる鋼種としてSKD1 (2C-12Cr系) があります。SKD1はSKD11よりCとCrの量が多いため、粗大なCr炭化物も多く、耐摩耗性は極めて高い鋼種となります。但し、粗大なCr炭化物が多いので靱性や耐疲労特性はSKD11よりも劣ります。また、焼入れ温度が950℃と現在一般的な1030℃と異なることや焼入性が悪く油冷が必要という欠点があることからあまり使用されていません。

特にSKD11をベースに、用途や要求特性に合わせた様々な改良鋼が開発され使用されています。

◇ 合金工具鋼—8%Cr冷間工具鋼

8%Cr系鋼はJISには規定されていませんが、SKD11をベースに1C-8Cr-2Moを主成分とした8%Cr鋼が幅広く使用されています。8%Cr鋼誕生の背景は、1970年頃から焼入焼戻した金型鋼の放電加工による加工が盛んになり、放電加工による割れが問題となっていました。割れの原因は放電加工異常層の除去不足が主な原因ですが、焼入時の残留応力や鋼材の靱性も影響します。当時は低温焼戻しがメインで実施されていましたが高温焼戻しによる残留応力除去が有効な手段でした。しかし、SKD11は高温焼戻しで十分な硬さが得られにくく、靱性も十分とはいえませんでした。そのためSKD11を

ベースにCとCrを低減し、韌性を高め、Moを多く添加することにより高温焼戻しでも62HRCの高硬度が得られる8%Cr鋼が開発されました。耐摩耗性こそSKD11に比べ劣りますが、そのバランスのとれた特性から今日でも多く使用されSKD11と並んでスタンダードな鋼材となっています。

更に、時代の移り変わりと共にこの8%Cr鋼を改良した鋼種が開発されています。長引く景気低迷、生産拠点のグローバル化、東南アジア諸国の技術力向上などにより、金型業界は生き残りのためコスト低減・納期短縮が急務となりました。このような状況の中、金型製作納期短縮を実現する手段として被削性向上や熱処理変寸の低減があります。SKD11系の鋼材は粗大な硬い炭化物が多いため被削性が悪いこと、熱処理後の寸法変化が大きく、寸法調整に工数が掛かることから、被削性の改善や熱処理変寸の少ない鋼材が望まれていました。現在では8%Cr鋼をベースに被削性や熱処理変寸特性を改善した8%Cr改良鋼が開発され市場に浸透しています。

◇ 合金工具鋼—マトリックス系ダイス鋼

マトリックス系ダイス鋼とはSKD11の粗大な炭化物をなくした基地（マトリックス）に相当する成分の鋼材です。マトリックス系ダイス鋼もJISには規定されていませんが、各社で多くの鋼種が開発され販売されています。前記した8%Cr鋼はSKD11よりC-Crを低減したことにより粗大な炭化物を減らし、韌性が良好となっていますが、粗大な炭化物はまだ多く存在しています。マトリックス系ダイス鋼は8%Cr鋼より更にC-Crを低減し、粗大な炭化物をほとんど含有していない状態にすることにより、韌性や耐疲労特性などを8%Crよりも大幅に改善しています。また、被削性や熱処理変寸の異方性も大幅に改善されており、金型の作りやすさも良好なことから金型製作納期短縮に貢献できる材料となっています。

◇ 合金工具鋼—5%Cr冷間工具鋼

5%Cr鋼としてはJISに規定されているSKD12

(1C-5Cr-1Mo系)が有名です。SKD12もSKD11よりC-Crを低減しているため、韌性に優れますが、耐摩耗性はSKD11より劣ります。また熱処理変寸の異方性が少ない特徴があります。しかし、焼入れ温度が970℃であること、低温焼き戻しでは60HRCの硬さが得られますが、高温焼戻しでは58HRC以下となることなど汎用性に欠けることからあまり使用されていません。

◇ 合金工具鋼—火炎焼入れ鋼 (フレームハード鋼)

工具鋼は通常焼入焼戻しの熱処理を行った後に使用するのが一般的ですが、この焼入焼戻しの工程を簡易的に行うことができる火炎焼入れ鋼があります。火炎焼入れは金型の加工後、硬さを得たい必要部分のみを溶接用や溶断用のバーナーで加熱することにより60HRC以上の硬さを得ることができる方法です。火炎焼入れ鋼に求められる特性としては広い焼入れ温度範囲、焼入性、韌性、溶接性などがあります。JISには規定されていませんが、これらの特性を満足させた0.7C-1Si-1Mn-1Cr系を主成分とする火炎焼入れ鋼が各社から発売されています。鋼材価格がダイス鋼より安価なこと、熱処理工数低減、納期短縮が可能となり、特に自動車用のせん断加工用金型として多く使用されています。

むすび

冷間工具鋼として、炭素工具鋼鋼材から各種の合金工具鋼まで紹介をしましたが、金型用としてはJIS SKD11が主流で現在でも多く使用されている鋼種です。特に日本ではSKD11の改良鋼が数多く開発されており、市場に投入されています。近年冷間プレスや冷間鍛造用の金型は、金型にかかる負荷が増大している一方、コストダウンや納期短縮の要求が高まっており、今後もニーズにあった改良鋼が登場し、日本の金型の市場を支えていくと考えます。

文 献

- 1) 並木邦夫, 浜小路正博: 特殊鋼, 50巻11号, 2001年11月, p. 11
- 2) 並木邦夫: はじめての金型材料 工業調査会 (2006), p. 38

2. 熱間工具鋼

山陽特殊製鋼(株) しまむらゆうた
研究・開発センター 島村 祐太

まえがき

熱間工具鋼は、温間・熱間鍛造、ダイカストや押出用の金型などに広く用いられている。近年の熱間加工品の大型化や複雑形状化、更には生産性向上を目的とした成形ピッチの短縮化により、金型に加わる負荷は増大し、その金型材料には、より一層優れた特性が要求されている。そのため、JIS規定の金型材料だけでは、現在の使用環境に対応することは難しく、各特殊鋼メーカーが独自に開発した金型材料の使用が増えている。また、更なる高性能化および長寿命化の追求も続いている。

本稿では、熱間工具鋼に求められる特性について、合金元素や用途別に重要視される特性について整理するとともに、近年の開発動向について紹介する。

◇ 熱間工具鋼の分類と要求特性

表1に、JISで規格化されている熱間工具鋼の主要化学成分を示す。熱間工具鋼が使用される金型には、SKD系とSKT系の鋼種が多い。SKD系は、靱性や高温強度、耐ヒートチェック性、耐摩耗性、

耐溶損性が要求される温間・熱間鍛造金型やアルミ押出用金型、ダイカスト用の金型として適用されている。最も汎用的に使用されている鋼種は、5%Cr-1%Mo系のSKD61であり、焼入れ性が良く、高温強度と靱性のバランスに優れる。SKD61に対してMoやWを増量したSKD7やSKD62、SKD4などは、SKD61と比較して、耐摩耗性や高温強度を向上させた鋼種である。一方でSKT系は、鍛造時に働く大きな衝撃力に耐えるため、特に靱性が必要とされるハンマー用の金型などに適用されており、SKT3やSKT4などが規格化されている。しかし、実際に工業的に使用されている鋼種は、SKT4の焼入れ性や強度を高めた、特殊鋼メーカー独自の開発鋼の場合が多い¹⁾。

熱間工具鋼は、大別すると上記のような区別がなされているが、使用環境(用途、温度、圧力、雰囲気等)によって、金型に加わる負荷は様々である。また、ダイカストの溶損現象等の低減には、材料特性だけでは限界があるため、表面処理技術も利用されている。金型寿命の向上のためには、種々の使用環境に即した金型材料の選択や金型設計および周辺技術の活用が必要である。

表 1 熱間工具鋼の主要化学成分 (JIS G4404, 2006)

JIS 鋼種	化学成分 (%)								
	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	W	V	Co
SKD4	0.25~0.35	0.40以下	0.60以下	-	2.00~3.00	-	5.00~6.00	0.30~0.50	-
SKD5	0.25~0.35	0.10~0.40	0.15~0.45	-	2.50~3.20	-	8.50~9.50	0.30~0.50	-
SKD6	0.32~0.42	0.80~1.20	0.50以下	-	4.50~5.50	1.00~1.50	-	0.30~0.50	-
SKD61	0.35~0.42	0.80~1.20	0.25~0.50	-	4.80~5.50	1.00~1.50	-	0.80~1.15	-
SKD62	0.32~0.40	0.80~1.20	0.20~0.50	-	4.75~5.50	1.00~1.60	1.00~1.60	0.20~0.50	-
SKD7	0.28~0.35	0.10~0.40	0.15~0.45	-	2.70~3.20	2.50~3.00	-	0.40~0.70	-
SKD8	0.35~0.45	0.15~0.50	0.20~0.50	-	4.00~4.70	0.30~0.50	3.80~4.50	1.70~2.10	4.00~4.50
SKT3	0.50~0.60	0.35以下	0.60~1.00	0.25~0.60	0.90~1.20	0.30~0.50	-	(※)	-
SKT4	0.50~0.60	0.10~0.40	0.60~0.90	1.50~1.80	0.80~1.20	0.35~0.55	-	0.05~0.15	-
SKT6	0.40~0.50	0.10~0.40	0.20~0.50	3.80~4.30	1.20~1.50	0.15~0.35	-	-	-

(※) SKT3は、V0.20%以下を添加してもよい。

1. 高温強度

熱間鍛造やダイカストなどの金型は、高温の被加工材と直接接触するため、熱影響を受け表面が軟化する。軟化に伴い、金型表面の強度が低下し、同時に成形圧力や熱応力の負荷によって、表面からき裂が発生しやすくなり、焼付きや欠けなどを生じ、製品の意匠性の低下に繋がる場合がある。材料面から見れば、高温での軟化を抑制して、強度をできるだけ維持させる特性（＝軟化抵抗性）が求められる。軟化抵抗性には、焼入焼戻後の熱間工具鋼中に含まれる2次炭化物の寄与が大きく、MoやW、Vなどの合金元素の添加が効果的である。ただし、過剰の合金元素の添加は、成分偏析および炭化物の増加により靱性が損なわれる場合があるため、軟化抵抗性と靱性とのバランスが必要である。

2. 靱性

金型の割れは、コーナー部、加工キズ、ヒートチェックなどの応力集中箇所を起点に発生するが、この割れの起こりにくさ（耐割れ性）に関連した特性が靱性である。靱性の評価指標としては、シャルピー衝撃値や破壊靱性値が広く用いられている。熱間工具鋼の成分に含まれる、CrやMo、V、Wは炭化物を形成し、上述の軟化抵抗性や焼入焼戻硬さの向上に寄与するが、過剰な炭化物の形成は靱性の劣化要因となるため、強度-靱性バランスの観点からの成分調整が必要である。また、Niは炭化物を形成せず、基地中に溶け込み、靱性を向上させる元素であり、特に耐衝撃性が求められるSKT3やSKT4に、積極的に添加されている。

また、靱性は焼入冷却速度に大きく影響を受けることが知られている^{2)、3)}。特に、大型の金型を焼入れする際、中心部の冷却速度が表面部より低い場合、正常かつ均一な組織が得られず、靱性が低下する可能性がある。この点を改善するためには、焼入性の向上が求められ、合金元素としてはCrやMn、Mo、Vなどの調節が必要である。焼入性の評価方法としては、連続冷却変態（CCT）図や、半冷時間を用いた緩冷却焼入れによるシャルピー衝撃値などが用いられている。半冷時間とは、焼入温度から半分の温度に下がるまでの冷却時間であり、種々の半冷時間を設定することで、大型金型の中心部の冷却速度を模擬することが可能である。

3. ヒートチェック性

熱間工具鋼が用いられる金型、特にダイカストなどの意匠性が重視される用途では、ヒートチェックによる表面の荒れが問題となるケースが多い。ヒートチェックとは、被加工材からの熱影響による金型表面の軟化に伴うき裂の発生と、大気との接触によるき裂内部の酸化と加熱・冷却の熱サイクルの繰返しに伴う局所的な膨張・収縮によってき裂が進展し、表面に亀甲状の割れが発生する現象である。このヒートチェックは金型使用中に進展や連結しながら成長し、欠けや割れの起点ともなり得るため、改善が求められている。図1に、SKD61製金型の摩耗部分の断面写真⁴⁾を示す。①焼入焼戻層の硬さが50HRCであるのに対し、②金型表面部は、35～40HRCまで軟化していた。軟化により③塑性流動や、④ヒートチェックが観察される。これらの損傷を抑制するためには、初期亀裂発生を抑制する観点から、高温強度（軟化抵抗性）を、発生した亀裂の進展を抑制する観点から、靱性を向上させることが有効と考えられる。

4. 耐溶損性

溶損は、ダイカスト金型に特有の損傷であり、射出されたアルミやマグネシウムが、金型材料と反応して合金化することにより、金型の摩耗や焼付きを起こす現象である。効果的な対策は、溶湯アルミやマグネシウム合金と金型材料の主成分であるFeとの接触を出来るだけ抑えることであり、拡散処理（窒化や浸硫窒化など）や皮膜処理（PVDやCVDなど）といった表面処理を施す方法が適用されている。

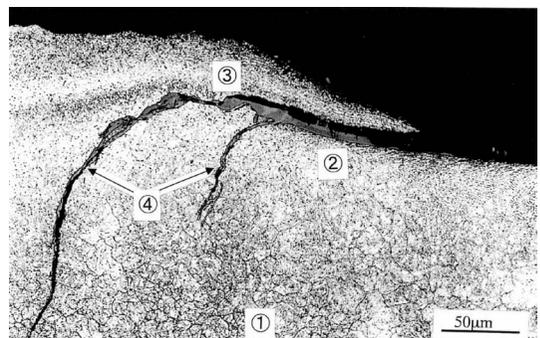


図 1 金型表面に生じたヒートチェックの例

◇ 鋼材の製造方法

製造プロセス面では、製鋼工程での不純物濃度、非金属介在物および偏析の低減、圧鍛方法の改善による靱性の向上、異方性の低減など品質の安定化が図られてきた。これらの改善により、汎用規格材の品質ばらつきは従来よりも大幅に低減しており、金型寿命の安定化に貢献している。ダイカストのように、金型の大型化や生産の高サイクル化が進む分野では、SKD61の特性と品質とを同時に改善させた、高品位材の適用が広がっている。このSKD61高品位材は、不純物元素を極力低減し、ESR（エレクトロスラグ再溶解法）やVAR（真空アーク再溶解法）などの二次溶解や、均質化処理が適用されている。海外では、ダイカスト用鋼の品質や熱処理に関する基準として、NADCA（北米ダイカスト協会）規格が良く知られており、日本でも規格鋼のプレミアムグレードに対する関心が高まりつつある。

◇ 関連技術や熱間金型材料の開発動向

金型寿命をより改善させるため、鋼材の開発だけでなく熱処理品位の向上や表面処理の研究・開発がこれまで盛んに行われており、今後それらの役割が重要になってくると考えられる。熱間金型に適用される表面処理は、コストの観点から窒化処理が主体であり、ガス窒化、プラズマ窒化、タフトライドなどの塩浴窒化などが用いられ、目的に応じた使い分けがなされている⁵⁾。最近では、窒化+コーティングなどの複合処理の適用により、金型寿命を大幅に改善した事例も報告されている⁶⁾。

新興国市場の拡大および現地の型製作技術や技能の向上が著しいことなどから、自動車関連部品の生産は現調化しつつある。それに伴い、それらの部品を製造する金型に用いられる材料は、現地での使用に適合するよう開発されたものが増加している。例えば、熱処理による品質ばらつきを緩和するため、焼入れ性を向上させた鋼種開発などが挙げられる⁷⁾。ただし、冒頭で述べたように、熱間工具鋼には、より過酷な金型環境下でも対応するべく高性能化が求められており、日本材の品質優位性を高めるためにも、今後も更なる開発が

望まれる。以下に、材料特性の改善事例を紹介する。

1. 高温強度の改善

高温強度（軟化抵抗性）の向上には、前述したように、靱性との関連を考慮しながら、CやCr、Mo、Vなどの合金元素量を調節し、高温で安定な炭化物を増加させる事が必要である。図2に、600℃におけるSKD61とSKD61改良鋼における軟化抵抗性の試験結果を示す。図中には、各鋼種の衝撃値も合わせて示した。SKD61改良鋼は、合金元素量の最適化により、SKD61よりも高靱性を得つつ軟化抵抗性が改善され、へたりにくい材料である。

2. 耐ヒートチェック性の改善

上記と同様の材料を用いて、ヒートチェック試験を実施した。ヒートチェック試験は、ダイカスト金型に加わるような局所的な膨張・収縮の熱応力を、試験片に対して負荷する試験である。試験後の試験片表面に発生したき裂の発生状況や進展状況を観察・比較評価することで、材料の耐ヒートチェック性について把握できる試験となっている。図3に、ヒートチェック試験後のき裂最大深さと平均深さを示す。SKD61改良鋼は、SKD61と比較して、き裂の最大深さは約70%、平均深さは約50%に低減されており、材料の高強度・高靱性化が耐ヒートチェック性に有効であることが示されている。耐ヒートチェック性を更に改善しようとした場合、窒化などを用いて表面硬化層を導入

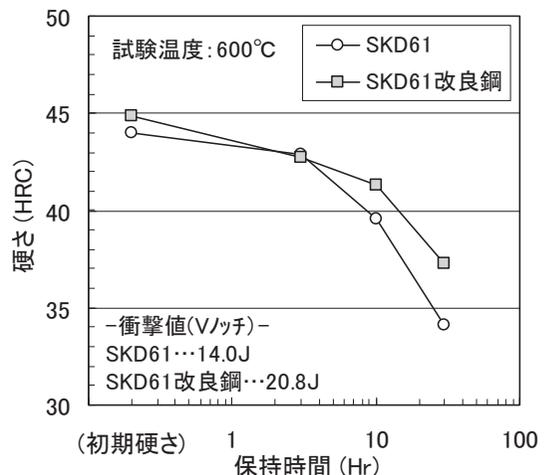


図 2 軟化抵抗性

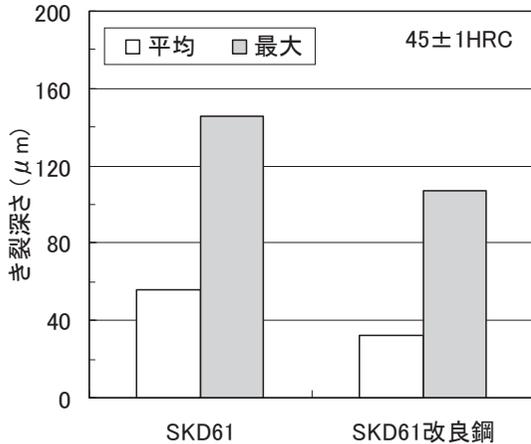


図 3 ヒートチェック試験後のき裂深さ

することが有効である。ただし、表面硬化層は強度が高い反面、靱性が低く、一度き裂が発生すると容易に進展し、大割れの原因ともなり得る。そのため、金型の使用環境を十分に把握し、適切な表面処理を施すことが重要である。

むすび

本稿では、熱間工具鋼に求められる特性と、それら特性と合金元素との関係や、関連技術および金型材料の開発動向について紹介した。今後、グローバル競争が進む中で、金型材料の品質やコストに対する要求は、更に高まることが考えられる。日本材の優位性を更に高めるためには、製造・品質面でのレベルアップを図っていくことが不可欠である。一方で、表面処理技術などの周辺技術との融合、相乗効果による性能向上も重要な課題であり、多様な角度からの取組みが望まれる。

参考文献

- 1) 山陽特殊製鋼技報, 19 (2012) 1、54-55
- 2) 日原政彦: 型技術, 24 (2009) 4、18-24
- 3) 田中秀明: 型技術, 24 (2009) 4、54-59
- 4) 辻井信博: 金型の寿命向上対策、型技術セミナー2001
- 5) 佐々木英人: 型技術, 28 (2013) 3、24-29
- 6) 河田一喜: 熱処理, 54 (2014) 3、125-131
- 7) 森川秀人: 電気製鋼, 81 (2010) 1、47-52



3. プラスチック金型用鋼

大同特殊鋼(株) い さか 井 坂 たけし 剛
工具鋼事業部

まえがき

プラスチックは木材や鉄金属の代替材として生活を支える重要な素材で、日本が得意としてきた自動車産業や家電、OA機器には欠かせない素材である。そのためプラスチック製品の要求特性は多岐にわたり樹脂の種類も豊富にある。最近では家電やOA機器の生産拠点の海外シフトが進む中、国内でプラスチック製品の製造を継続するためコストの改善や製品の意匠性向上による差別化が必要とされている。このような状況においてプラスチックを成形する金型も高機能化と低コスト化を兼ね備えることが必要で、金型用鋼材への要求も高まりつつある。しかしながらさまざまな要求を全て一つで満足できる鋼材は無く、個々のニーズに合わせて鋼材を選定することでトータルメリットを得ることが必要である。そこでプラスチック金型用鋼材に要求される特性とプラスチック金型用鋼材の特徴を紹介する。

◇ プラスチック金型用鋼材の概要

プラスチック金型用鋼材に要求される特性を大きく2つに分けると、プラスチック成型時に要求される特性と、金型製作時に要求される特性がある。

プラスチック製品は主に樹脂の種類、製品の品質、製造コストの3項目の要求特性により分類される。その要求に対する金型材選定は、型寿命を判断する成型メーカーが決定権をもつ場合が多く、成型メーカーの要求が優先される。従って優先されるニーズは生産個数、すなわち耐久性（＝硬度、耐摩耗性）が基準になる。次に製品の意匠性を左右する鏡面性があげられ、その他の特性は個々の要求に対する優先順位を付け要求特性を満たす鋼材を選択する必要がある。

1. 成型時に要求される特性

成型時に要求される特性は、耐摩耗性、靱性、耐食性、鏡面性があげられる。

(1) 耐摩耗性と靱性

金型の耐摩耗性は硬さと相関があり、生産個数が多い場合は硬い鋼材が必要となる。しかし鋼材は硬くなるに従い脆くなる傾向があるので、金型を硬くしすぎると割れ易くなる。よって、たとえ摩耗に強くても割れに弱ければ、摩耗より先に大割れが発生し金型は短寿命となるので注意が必要である。また金型の割れは形状にも左右される場合も多いが割れ易い部分の形状変更ができない場合や割れの起点となる水冷孔の位置が金型の構造で変更できない場合など、大割れが心配される場合は硬さを低く設定し割れを防止することが必要である。

(2) 耐食性

成型温度が比較的高いエンジニアリングプラスチックや難燃剤を含む樹脂、塩化ビニルやフッ素樹脂などは成型時に腐食性のガスが発生しやすく金型に錆が発生する。錆はその凹凸形状が製品に転写されたり、研磨時に錆が脱落しピンホールになるので、そのような場合はSUS420J2などの耐食性のあるステンレス鋼材の改良鋼が必要になる。耐食性は合金の含有量に左右され、主にCrを多量に含有させると鋼材の表面に不動態皮膜が形成されるので耐食性は向上する。

(3) 鏡面性

プラスチック製品は成型された製品肌がそのまま製品の品質として目視で評価されるため、鋼材の鏡面性は重要である。一般的に鏡面性は金型が硬いほど良好である。これは研磨時のキズがつきにくいことと非金属介材物や炭化物の脱落が少なく基地と均一に研磨されるためである。このようにピンホールの主要因である非金属介材物の脱落を防ぐため金型を硬くするのは有効な手段であるが、より鏡面性の高い金型を作るためには、主要因となる非金属介材物を精錬の工夫により少なくしたり、一度凝固させた鋼塊を再度溶解して清浄度を高める真空アーク再溶解（VAR：Vacuum

Arc remelting) やエレクトロスラグ再溶解 (ESR : Electro-slag remelting) を施した鋼材を選択することが必要である。

2. 金型製作時に要求される特性

金型製作時に要求される特性は、被削性と、成型面の研磨性 (= 鏡面性)、シボ加工性、放電加工性があげられる。

(1) 被削性

プラスチック製品は成型されたまま製品となるため、金型の構造も複雑になることが多い。金型の形状が複雑になると切削量は増えるので、被削性の良し悪しが金型の納期や製造コストを左右する要因となる。そのため大型で鏡面性の要求レベルがさほど高くない金型には、硫黄などの快削元素が添加された被削性の良い鋼材が要求される。快削元素は鏡面性を低下させる要因になるので、被削性は鏡面性の劣化に注意が必要である。

(2) シボ加工性と放電加工性

シボ加工は自動車の内装品や家電製品の外装部品、OA機器などの意匠性の高い製品を成型する金型の成型面に用いられる。一般的にはフォトエッチング法により種々の腐食で複雑な凹凸形状を成型面につける。鋼材が腐食される加工のため、鋼材の成分偏析が少ないことや組織が均一であることが必要とされる。また溶接補修などが存在する場合は基地と溶接部が不均一となる場合が多く、ムラが発生するため特に注意が必要である。

放電加工性も粗大な非金属介材物や炭化物が少ないことが必要とされる。放電加工は鋼材の表面を溶融することで形状加工をするが、加工表面は溶融後に急冷された凝固層となるため硬くなり、加工後にマイクロクラックが多数発生する。放電加工により表面に発生したマイクロクラックは使用時に割れの起点となるので、金型を使用前に研磨で除去する必要がある。

◇ プラスチック金型用鋼材の位置付けと最適な選定方法

表1にプラスチック金型用鋼材に使用される鋼材の硬さと主な用途や製品例を、図1にはプラスチック金型用鋼材の特性の位置付けを示す。図1で示される硬さと鏡面性の2つの特性は比例する関係にあるが再溶解を施した鋼材は同じ硬さでも高い鏡面性が得られる。

鋼材の選定方法はまず生産個数と製品の要求品質により鋼材の硬さと鏡面性を決め、次に個々の要求される特性が最も適する鋼材を選択する。また鋼材の価格は特性に左右されることが多いので、要求特性と鋼材価格をバランスよく選択することも必要である。

◇ プラスチック金型材料の特徴

個々の鋼材は硬さと鏡面性以外にもニーズに合わせた固有の特性があり、それぞれの特徴を理解したうえで選定することが必要である。以下に主

表 1 プラスチック金型材の区分と特性比較、用途

	鋼種区分	AISI	硬さ (HRC)	主用途	製品例
プリハードン系	SC系	1055	(30HS)	大型汎用・シボ適用型	家庭雑貨・家電製品
	SCM系	4140	26-30	大型汎用・鏡面適用型	自動車部品・テレビ筐体
	SCM系 (改)	P20	30-33		
	SUS系 (快削鋼)	420F	30-37	耐食母型・取付板	-
	析出硬化系 (快削鋼)	P21改	37-43	精密量産型	OA機器・ゴム型
	析出硬化系		37-43	精密量産・高鏡面型	透明樹脂製品・IT製品
	SKD61系 (快削鋼)	H13改	38-42	耐摩耗型	スライド部品・ピン類
	SUS析出硬化系	630改	30-35	高耐食型	雨どい・樹脂パイプ
焼入焼戻	SKD61系	H13	45-50	高耐摩耗型	一般エンブラ
	SKD11 (改)	D2改	56-61	精密量産・高耐摩耗型	コネクタ・ギア類
	SUS402J2系	420改	50-53	超鏡面・耐食型	TV枠・PC筐体
	マルエージング鋼	-	50-53	高韌性ピン類	細径ピン類

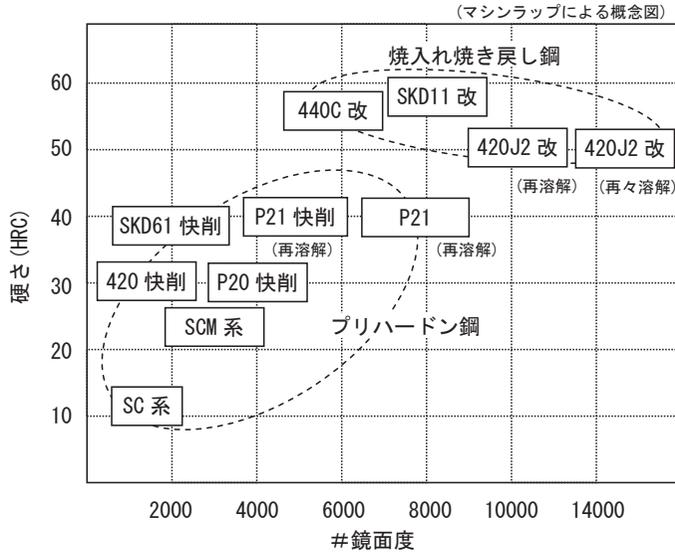


図 1 プラスチック金型材料の位置け

要なプラスチック金型材料の特徴を紹介する。

1. 大物金型用鋼材：SC改良鋼

SC改良鋼はS55Cの普通鋼を基本鋼種として、硬さ30HS (13HRC) 程度のプリハードン鋼で被削性改善鋼種である。自動車バンパーやバスタブ等の大物金型に使用されることが多く、金型コストの低減や金型製作の短納期化が主なニーズである。加工深度の高い形状が多いため内部硬度の安定性に優れ、加工歪の少ない鋼材が必要とされる。また価格も安く、鏡面性があまり必要とされない家庭雑貨や家電製品などの金型に使用される。

2. 汎用プラスチック金型用鋼材：P20改良鋼

P20改良鋼はCrMo系の鋼材で、AISIのP20をベースに研磨時にピンホール原因となる非金属介材物を特殊精練で低減し、鏡面性を改善した汎用プラスチック金型用鋼材である。硬さは30～33HRCのプリハードン鋼で被削性も良く、金型製作の短納期が図れる鋼材である。またシボ加工性も良く自動車の内外装部品やレンズ金型、家電の外装品、その他の各種工業製品用金型鋼材として広く使用されている。

3. 高性能・精密プラスチック金型用鋼材：P21改良鋼 (NAK80)

P21改良鋼はNAK80に代表される3%Ni-1%Al-1%Cuを主成分とする時効硬化鋼である。40HRCのプリハードン鋼で被削性は良く切削によ

る微細加工に最適な材料で耐磨耗性も優れる材料である。また再溶解が施された鋼材は清浄度が高く組織も微細で均一なため、鏡面性やシボ加工性、放電加工性に優れる。

4. 高硬度・超鏡面耐食プラスチック金型用鋼材：SUS420J2改良鋼

SUS420J2改良鋼は耐食性がありながらも焼入れ焼戻しを実施することで50HRC以上の高い硬さが得られるため耐磨耗性が必要な量産金型や耐食性が必要な金型に使用される。鏡面性の要求が高い金型には、再溶解 (ESR) が施された清浄度が高いSUS420J2改良鋼が使用され50HRC以上の高硬度では#10000～#14000程度まで鏡面研磨に対応が可能である。このSUS420J2改良鋼のESR材は難燃性樹脂、フッ素系樹脂用の耐食性、FRP系樹脂用の耐磨耗性、意匠・機能製品の高鏡面性などの要求レベルの高い携帯電話やパソコン、OA機器、オーディオ機器、光学レンズなどの金型に使用されている。

◇ 今後の展開

市場ニーズとして金型製造のコスト低減と短納期化の要求が今後益々高まると予想される。コスト低減には金型材の低廉化が容易な答えであるが、金型材のグレードを下げることで犠牲にする特性を見極めたうえで適用することが望ましい。

4. 高速度工具鋼

日立金属(株) かね ちか おさむ
安来工場 技術部 **兼 近 領**

超硬全盛の切削工具にあって今もタップ、ホブなどに使用されている「ハイス」とは、英文名 High Speed Steelを短縮した通称で、高速度工具鋼を示します。

20世紀初頭にそれまで使用されていた炭素工具鋼に代わり、18%タンゲステン-4%クロム-1%バナジウムを成分とする18-4-1型ハイスが開発され、これが高速度工具鋼（以下ハイス）の始まりとされています。

ハイスの特長は、他の合金工具鋼と比較して耐摩耗性、耐熱性および靱性という工具鋼として必要な3要素をかなり高い水準で兼ね備えている点で、21世紀になった現在でも様々な加工の場面で使用されています。特に耐摩耗性と耐熱性の面では工具鋼中で最大の位置にあり、靱性は冷間ダイス鋼と比較すると同等以上と言えます。一般的にハイスの利点は大型工具を経済的に生産しえること、靱性が優れていることに加えさまざまな形に成型加工が可能である点です。

このようにハイスは名前が示す通り、主には高速度での切削加工を可能にする工具であり、

- 1) 高温に晒されても容易に軟化せず、高い高温硬さをもつこと
- 2) 摩耗に対する抵抗が大きいこと
- 3) 加工の負荷に刃先が耐え、容易にチッピングを生じないこと

等が材料特性として求められます。これらの特性を得るため、ハイスにはW、Mo、Cr、CoおよびV等の多くの合金元素が添加されており、適量のCを加えて必要な性質を与えています。

ハイス中のCは、その一部がCr、W、MoおよびVと結合し複炭化物を形成し、その硬さから耐摩耗性を与え、残りは基地に固溶して強度を与えます。Wを18%含有した18-4-1型で始まったハイスの歴史ですが、Wと同様の特性を与えるものにMoが挙げられます。W鉱石の約8割は中国で産出され、一方Mo鉱石の約4割は米国に産出するため、

W産出のない諸国でMoによる代用が進められました。第一次世界大戦の頃にドイツでMoハイスの研究がなされ、Wはそのおよそ半分のMoで置換ができることがわかりました。このことから合金添加量を表現する指標としてW当量 ($W_{eq.} = W + 2Mo$) が用いられます。第二次世界大戦中W、Moを節約し代わりにVを増加させる研究が各国で進みました。Vを増量させ切削耐久力を高めるには、同時にC量を増やす必要もわかり、AISI M4、T15が生産されるようになりました。VはCと結合してきわめて硬い炭化物を形成しますが、この炭化物は高温でも安定で基地の中に固溶しにくいいため、結晶粒の粗大化を防止する特性を持ちます。Coは炭化物をほとんど形成しませんが基地に含まれると炭化物の基地への固溶をより多くする性質を持つため焼戻し硬さ、高温硬さを高めることができます。ただしCoの増大とともに靱性が低下するためチッピングや割れに注意が必要です。

以上のように、添加される成分系によりハイスはW系、Mo系およびV系に大きく分類されます。現在のJISに登録のある代表的なハイスの主要成分と用途例を表1に示します。

一方でハイスは製法によっても区分されます。一般的な上記の材質は鋼塊を得る工程は溶解・鋳型鑄造により製造される溶製ハイスですが、ガスアトマイズによって微粉末を形成し、高温・高圧のHIP (Hot Isostatic Pressing) 工程にて鋼塊を得る粉末ハイスがあります。この粉末ハイスの特長は均一かつ微細な組織で靱性が高いことであり、従来の溶製ハイスでは得られなかった高炭素、高合金化された材質が開発されています。表1に粉末ハイスの例としてSKH40を示します。

ハイスの性能を十分に発揮させるためには熱処理法がきわめて重要になります。高温硬さを上げるためには焼入温度を高め十分に炭化物を固溶させることが必要です。焼入れ方法は一般的に油冷や窒素ガスによるガス冷却が用いられますが、焼

表 1 代表的なハイスの化学成分 (mass%) と用途例

分類	JIS鋼種	C	Cr	Mo	W	V	Co	用途例
W系 (溶製)	SKH2	0.73~0.83	3.80~4.50	-	17.00~19.00	0.80~1.20	-	フライス
	SKH3	〃	〃	-	〃	〃	4.50~5.50	フライス、ホブ
	SKH4	〃	〃	-	〃	1.00~1.50	9.00~11.00	バイト
Mo系 (溶製)	SKH51	0.80~0.90	〃	4.50~5.50	5.50~6.70	1.60~2.20	-	ドリル
	SKH52	1.00~1.10	〃	4.80~6.20	〃	2.30~2.80	-	ブローチ
	SKH55	0.85~0.95	〃	4.60~5.30	5.70~6.70	1.70~2.20	4.50~5.50	ホブ
	SKH56	〃	〃	〃	〃	〃	7.00~9.00	エンドミル
Mo系 (粉末)	SKH40	1.23~1.33	〃	4.70~5.30	5.70~6.70	2.70~3.20	8.00~8.80	パンチ
V系 (溶製)	SKH10	1.45~1.60	〃	-	11.50~13.50	4.20~5.20	4.20~5.20	バイト
	SKH53	1.10~1.25	〃	4.60~5.30	5.70~6.70	2.80~3.30	-	ドリル
	SKH54	1.25~1.40	〃	4.50~5.50	5.30~6.50	3.90~4.50	-	パンチ
	SKH57	1.20~1.35	〃	3.00~4.00	9.00~11.00	3.00~3.70	9.00~11.00	難削用バイト

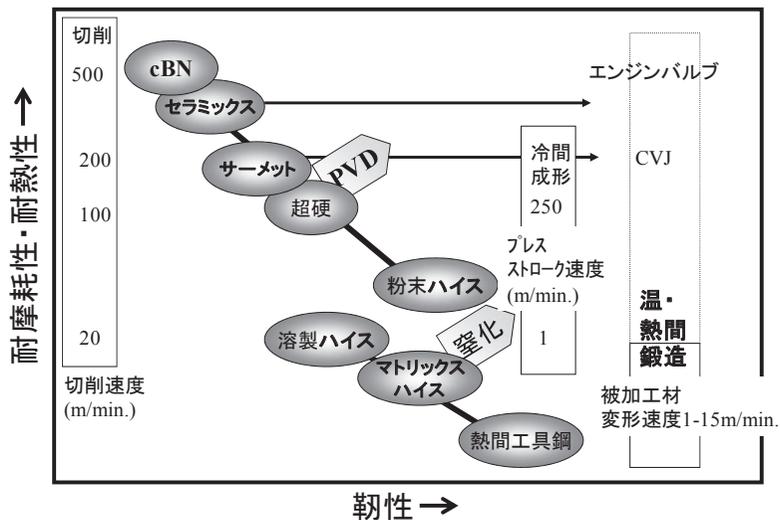


図 1 工具・金型材料の使用される用途、加工速度による位置付け

割れの起こりやすい工具の場合は塩浴焼入れが推奨され、薄い板や細い棒などは空冷することがあります。焼戻しは一般的に550~600℃の範囲で行われ、焼戻し回数は最低2回、Coの多いハイスでは3回以上実施することが必要です。

ハイスは切削加工を可能とするための工具として発展してきたものですが、その材料特性から様々な塑性加工の用途においても使用されています。

図1は、現在、工具・金型として使用される材料の特性を耐摩耗性、耐熱性と靱性で概念的に位置付けした図にそれぞれの材料が使用されている

加工領域である切削、絞り・圧造などの冷間成形、熱間鍛造それぞれの加工速度を付記したものです。

切削加工の領域では近年の工作機械の発達による高速切削が普及して、ハイスから超硬合金、セラミックスなどへと工具材料の主役が移り変わっています。ハイスの発明者の一人がTaylorですが、切削速度 (V) と工具寿命の関係 (T) を示したVT線図を提唱したのもTaylorです。超硬合金やcBN工具などの高速切削領域はハイスの性能をはるかに上回っていますが、これらの領域でも彼のVT線図が使われています。またDI缶の絞り成

形は毎分1,000個以上、圧造は毎分100個以上の高速加工が行なわれますが、これらの冷間成形用金型には超硬合金が使われます。これらに比べると鍛造加工の成形速度は低速の領域ですが、冷間鍛造においては、閉塞鍛造、高剛性加工などのNNS (Near Net Shape) 技術が進歩しており高精度加工という点では弾性係数の高い超硬合金が適当となります。

しかし、ハイスは長い歴史とその特徴からさまざまな用途に使用されてきており、今日でも、超硬合金では韌性の不足する領域での金属加工に用いられています。切削工具ではエンドミルのように自由に切屑が排出できないドリルやタップのような用途や金属用鋸刃の材料として使用されており、また金型では歯車のような韌性の必要な冷間鍛造や、精密プレス加工、さらに熱衝撃も加わる温間鍛造では、セラミックスや超硬合金の適用は限られており、これらの分野ではハイスは今日でも主役となっています。

そこでハイスの耐摩耗性、耐熱性という本来の特徴に加え、韌性という競合材に相対する特長を最大限に引き出す粉末冶金法や再溶解法といった素材の製造プロセスとの組合せによる開発が進められており、粉末ハイス、マトリックスハイスが市場で使用されています。超硬合金においても、引張応力下で破損を起こしやすいという欠点を補うために、WC粒度の調整、結合相Coの固溶強化など金型材料としての改良も進んでおり、後方押出パンチ、歯車、閉塞鍛造など金型への負荷別に材料のラインアップも進んでいます。そこでこれらのハイス、超硬合金の疲労強度を硬さの関係を図2に示します。ハイスと超硬合金では疲労試験の方法が異なっており、同一試験片、試験条件で試験をやり直す必要があるものの、硬さに対して整理することで、超硬開発合金、粉末ハイス、マトリックスハイスおよびマトリックスハイスそれぞれの特徴が示されています。

ハイスの圧縮疲労のデータは少ないので今後高硬度域のデータが採取されることが望まれますが、硬さで整理してみると超硬合金の

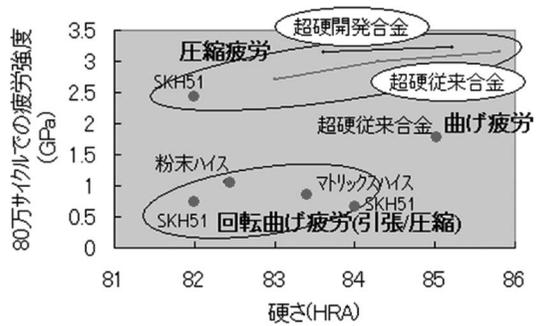


図 2 ハイス、超硬合金の疲労強度と硬さの関係

延長線上にあることが分かります。物理気相蒸着 (PVD) 法による表面への窒化チタン (TiN) 等の高耐摩耗性被膜の開発が盛んに行われており、表面処理と組合せた耐摩耗性の向上が図られています。引張を含んだ疲労試験の結果から、高い硬度域においても従来ハイスJIS SKH51と比べて、粉末ハイス、マトリックスハイスの疲労強度が優れていることがわかります。

粉末ハイス、マトリックスハイスの位置付けを抗折力で図3に示します。特殊鋼各社では、現在、マトリックスハイスのラインアップが進められています。今後は、これら各種の工具・金型材料の使い分けを正確に顧客に提示できるような応力場にとまなう疲労破壊寿命データの蓄積や刻々と進化を遂げているPVD処理による高性能膜と組合わせた場合の耐摩耗性データを提供することが求められています。

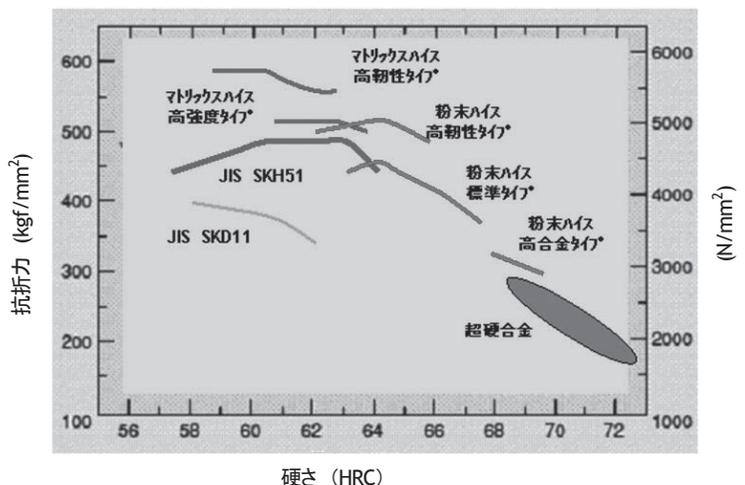


図 3 冷間成形に使用される工具材料の硬さと抗折力

Ⅲ. 工具鋼の周辺技術

1. 熱処理

日立金属工具鋼(株) 村崎拓哉
技術部 技術管理グループ

◇ 工具鋼の熱処理の概要

各種の金型に使われる工具鋼（SKS、SKD、SKH）は炭化物形成系が多く使用されている。金型の特性は、鋼材の内部組織（炭化物の形状、粒径、分布状態等）だけでなく、熱処理、特に焼入焼戻し処理による組織変化の影響を著しく受ける。したがって、金型の特性付与のため、熱処理技術は非常に重要である。

焼入焼戻し処理の基本パターンを図1に示す。焼入温度は A_3 変態点以上に加熱される。変態点は合金成分によって異なり、それに応じて焼入温度も異なる。冷却は高圧ガス、衝風、焼入油、塩浴（ソルトバス）などを使って急冷する。焼入れの過程では、加熱で溶け込んだ（固溶した）炭素原子が、急冷により拡散する時間が無く、炭素を過飽和に固溶した状態（マルテンサイト）となって硬さを得る。この焼入れままでは、硬く脆い状態であることに加えて、変態に伴う膨張で表面に引張応力が働き、割れが発生する恐れがあるので引き続き焼戻しを行なう。焼戻しを行うことで、焼入

れの高歪み状態を緩和して靱性が向上する。この一連の熱処理工程により鋼に硬さと靱性を持たせている。鋼材の種類や用途、要求特性などにより条件の使い分けが必要とされており、その方法や特徴について紹介する。

◇ 焼入方法の種類と特徴

焼入れは、材料を高温に保持し、組織をオーステナイトにした状態から、急冷することによりマルテンサイト変態を起こさせることで硬さを得る処理である。焼入れ時の加熱では、炭素原子を固溶させ、かつ組織をフェライトからオーステナイトに変態させる温度（ A_3 変態点）以上に加熱させる。焼入温度は、炭素工具鋼（SK）では760～820℃、合金工具鋼（SKS）では760～880℃、ダイス鋼（SKD）1000～1050℃、高速度工具鋼（SKH、以下ハイス）1050～1300℃が主に選定される。焼入温度が低すぎると、加熱で一様なオーステナイトとならず、マルテンサイト変態が不均一になるなど適正な焼入組織が得られない。一方、温度が高すぎるとオーステナイト結晶粒の粗大化、酸化や脱炭の促進、残留オーステナイトの増加等により、硬さや靱性の低下を招く。最適な焼入温度は材料組成によって異なるため、それぞれの材料に適した温度を選定することが必要である。

焼入温度とともに重要なのは加熱時間である。これが適当でないと加熱温度の場合と同様の不具合が起きる。通常、ダイス鋼の場合、材料の中心が所定の温度に達して30分程度の保持が適用されている。実際の操業では、焼入炉内の温度分布不良や、過大な材料装入量、装入方法の不均一などが、上述した異常発生の原因となるため、熱処理設備の点検や定期的なメンテナンスなどによる管理が非常に重要である。

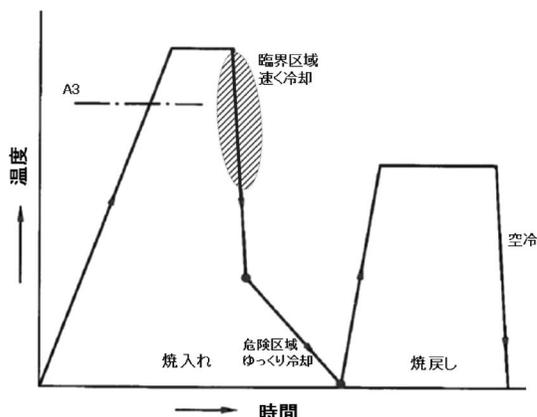


図 1 一般的な焼入れ焼戻しヒートパターン

焼入温度に加熱された鋼は、急冷することでマルテンサイト組織となり硬さが得られる。一般に焼入冷却速度が速いほど組織が緻密となり高い靱性が得られるため、急冷技術や設備が求められている。図2に各種冷却媒体の冷却速度比較を示す。速い冷却速度を得るため、従来から油焼入れや塩浴焼入れが行われてきたが、近年では真空焼入設備の冷却性能向上により、ソルトや油冷に匹敵する冷却速度が得られるようになり、大型の金型まで高圧ガス冷却が適用されるようになってきている¹⁾。しかし、冷却速度が速くなると温度ムラが生じ、これに伴って熱処理変形や割れが発生する。例えばダイカスト金型に使用されるSKD61相当の金型等では長辺が1,000mmを超える大型のものもあり、焼入れ時の急冷と同時に変形を抑制することがポイントとなる。熱処理変形は、金型の厚さや形状の違いで生じる内外温度差により、高温域での収縮（熱応力）と、低温域のマルテンサイト変態時の膨張（変態応力）のタイミングの差から発生するものであり、これらが複合的に影響している。図3に工具鋼の連続冷却線図（CCT線図）と、各種冷却方法（一般的な急冷（連続冷却）、マルクエンチ法、および2段階冷却）の冷却曲線を示す。CCT線図とは、焼入れ時の冷却速度と組織の関係を現わす図である。この図では、冷却速度は焼入温度から始まる右肩下りのカーブで現され、垂直になるほど速い冷却となる。焼入冷却では、高温の粒界炭化物析出域や、パーライト変態域（図3中“P域”）に掛からないように速く冷却することが必要であるが、マルクエンチ法ではこの温度域を通過後、ベイナイト変態温度（図3中“B”）以上

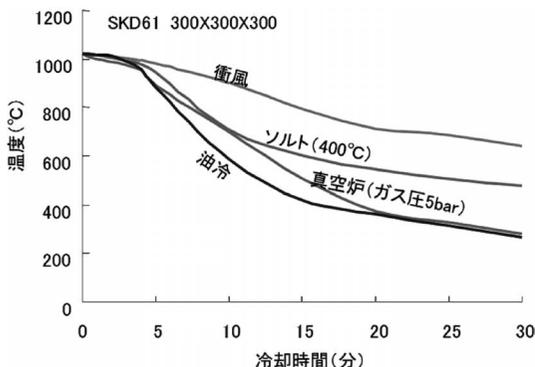


図 2 各種冷却媒体の冷却速度比較

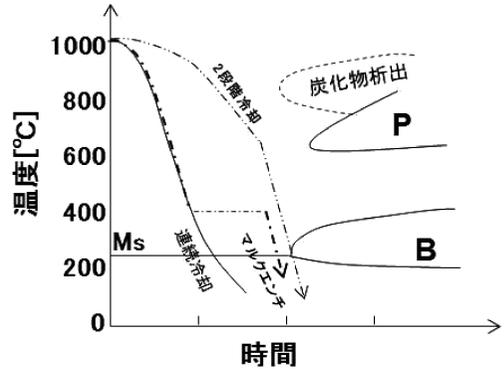


図 3 工具鋼のCCT曲線と各種冷却方法

で一定時間保持して内外温度差を小さくし、その後再び急冷することで全体を一様に冷却・変態させ、割れを抑制する手法が取られる。但し、このときの保持が長過ぎたり、保持温度が不適であると、粗大ベイナイトが生成し靱性悪化の要因となるため注意が必要である。また、2段階冷却は、熱応力の影響が大きい高温域を比較的緩やかに冷却し、低温域を急冷する方法であり、靱性の確保を目的としている。焼入冷却速度が遅くなることによる靱性への影響は、高温域では粒界炭化物の析出、低温域ではベイナイトの生成が主な要因である。両者を比較すると、ダイカスト型材等に用いられるSKD61については、後者の影響が前者に比べて非常に大きい²⁾。したがって高温域を緩やかに、低温域を速く冷却する2段階冷却により、靱性を保ちつつ歪みの少ない焼入れを行うことができ、低歪高靱性熱処理技術として、大型ダイカスト型材の焼入冷却に適用されている。

ハイスの場合の焼入れは、ダイス鋼とは異なり、塩浴炉（ソルトバス）を用いられることが多い。ハイスは、その使用用途の特性から、高い硬さを求められ、かつ内部までそれが維持されなければならない。したがって、焼入れには高い冷却速度が必要とされる。一方で、焼入温度はダイス鋼と比較して高い。一般に焼入温度を高く、加熱時間を長くするほど炭化物がオーステナイト中に固溶する量が増すため、焼入れ後の硬さは高くなるが、結晶粒の粗大化や酸化・脱炭を生じる。雰囲気加熱や真空加熱では、熱伝導が悪いため加熱に長時間を要してしまい、これら粒粗大化や酸化脱炭の原因となり得る。ソルトバスは、液体を用

いた加熱となるため加熱速度が非常に速く、大気加熱の約4倍の速度にもなる³⁾。極めて短時間で焼入加熱温度まで達するため、粒粗大化の抑制に有効である。また、冷却過程においても、ソルトバスでは油冷却のような蒸気膜段階がなく、初期から速い速度で冷却が進行する。近年、真空炉における窒素ガス冷却での代替技術も開発されてきているが、高温域の冷却速度はソルトバスには及ばないのが現状である。但し、ソルトバス加熱のための電力コストが高く、また、硝酸カリウムや硝酸ナトリウム等の混合塩を用いるため、大気・水質・廃棄物処理などの対策コスト負担が大きいという課題もある。

◇ 焼戻温度とその使い分け

焼戻しは、焼入処理で蓄積された内部歪みを加熱することにより軽減して硬さを調整し、かつ靱性を向上させる処理である。処理の過程では、焼入冷却で生じた硬くて脆いマルテンサイトから炭化物を排出させ、靱性の高い焼戻マルテンサイトを得るとともに、室温まで持ち越された残留オーステナイトが分解され2次硬化が得られる。

工具鋼の多くは使用中の環境や使用方法により高温にさらされることが多いため、金型の安定化として2次硬化型の高温焼戻し（500℃～650℃程度での処理）を適用されるのが一般的である。ただし、冷間プレス型など一部の冷間金型用工具鋼に対しては、200℃近傍の低温焼戻しを適用されることがある。図4にSKD11の焼戻温度と硬さおよび残留オーステナイト量の関係を示す。SKD11に代表される高Cの鋼ではマルテンサイト変態終了温度が室温以下まで低下しているため、焼入れの時点で約20%のオーステナイトが残留している。この残留オーステナイトは約450℃までは比較的安定であり、この組織は軟らかいため材料全体としては高い靱性を有している。約200℃での低温焼戻しを行うと、マルテンサイトから炭化物が排出されて焼戻マルテンサイトとなり靱性が向上する。この温度での焼戻しでは約60HRCの硬さを有しており、金型の使用環境や熱処理後の加工（放電加工や表面処理等）で温度上昇が無いのであれば、低温焼戻しの適用により硬さと高い靱性を得ることができる。

また、同じく冷間金型で重視される点として経

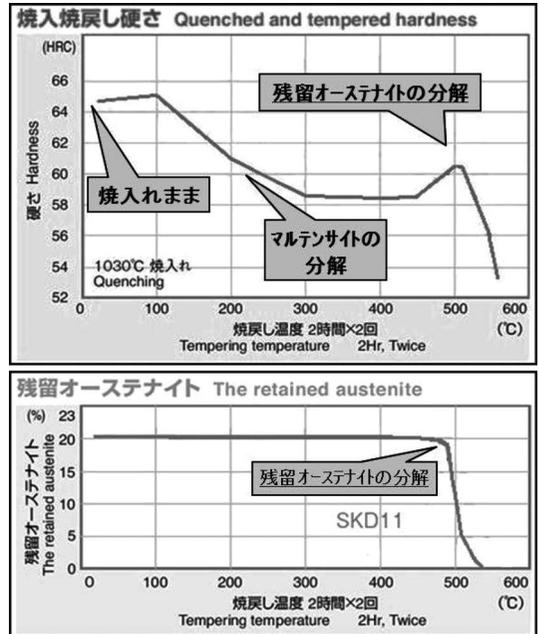


図 4 SKD11の焼戻し温度と硬さおよび残留オーステナイトの関係

年変化がある。経年変化は、焼入焼戻しで分解できなかった不安定なオーステナイトが、時間の経過に伴い変態膨張することで生じる寸法変化である。一般的に、残留オーステナイト1%の変態につき、0.010～0.015%の伸びが発生するといわれている⁴⁾。この変化は室温でも熱処理後から数年の間に徐々に起きるもので、金型の高い寸法精度が重要視される冷間金型では大きな問題となる場合がある。経年変化を抑制するためには、残留オーステナイトを減らすか、または安定化させる必要がある。前者の目的として、一つはサブゼロ（深冷）処理が挙げられる。これは焼入れ時に室温以下の温度まで冷却し、マルテンサイト変態を促進させ、残留オーステナイト量を低減させるための処理である。一般的にはドライアイス（-78℃）が用いられるが、液体窒素（-196℃）などを利用する超サブゼロ処理（クライオ処理）を行うことでさらに効果が得られる。もう一つは、焼戻温度の上昇により残留オーステナイトの分解を促すことである。例えばSKD11では550℃以上で残留オーステナイトはほぼ完全に分解される。但し、焼戻しにより軟化してしまうため、硬さが要求される用途ではこの方法は採用できない。一方、後者は焼戻し

の後400℃前後の加熱処理を行うことで、焼入焼戻しで変態しなかった不安定な残留オーステナイトの歪みを低減させることにより安定化し、経年変化が起りにくい状態を得ることができる⁵⁾。

工具鋼の中でも、合金を多く含有する鋼は残留オーステナイトを多く含むため、焼戻し処理回数も重要となる。多量の残留オーステナイトは、1回の焼戻しでは完全に分解されない場合もあり、さらに、焼戻しの冷却時に一部の残留オーステナイトはマルテンサイトに変態し、十分な靱性が得られないことがある。これらの残留オーステナイトやマルテンサイトを焼戻して全体を安定な状態にするために、2回目の焼戻しが必要である。また、Coを5%以上含む鋼種は残留オーステナイトが安定であるため3回の焼戻しが必要である。但し、冷間金型用工具鋼で低温焼戻しを行う場合は、残留オーステナイトの分解に至っていないので繰返し焼戻しは不要である。

むすび

工具鋼の熱処理は特性を付与するための重要な

プロセスであり、金型などの性能に大きな影響を及ぼす。鋼類・鋼種や要求特性によって、焼入温度、冷却方法、焼戻温度をはじめ、最適な熱処理条件を選定する必要がある、誤った処理を行うと、割れや硬さ不良等の熱処理時の不具合だけでなく、金型使用中の寿命低下等の原因にもなる。金型の使用分野によっては、高い寸法精度や低歪高靱性など、より付加価値の高い熱処理が要求される。近年では使用環境の過酷化に伴って、表面処理(窒化、PVDなど)との組み合わせによる高付加価値が行われている。今後は使用環境の変化や鋼材・表面処理の開発などによる金型性能向上に対して、熱処理にも新しい技術や設備が求められている。

参考文献

- 1) 西田純一：素形材、Vol. 55 (2014) No. 2、p. 29-34
- 2) 型技術協会型寿命向上研究委員会編：金型高品質化のための表面改質、(2009)、p. 63-69
- 3) 坂田玲璽：素形材、Vol. 55 (2014) No. 2、p. 35-41
- 4) 日原政彦：型技術、第27巻第2号 2012年2月号、p. 94-97
- 5) 松田幸紀：電気製鋼、第71巻2号 2000年6月、P. 141-148



2. 表面処理

大同DMソリューション(株) きた がわ とし ひろ
 生産本部 グローバル技術部 **北川利博**

まえがき

近年、燃費向上のため自動車用部材の軽量化のニーズが高まっている。軽量部材製造のため、冷間プレスでは引張強度が980MPa級以上の超ハイテン材の冷間加工やダイクエンチ（ホットプレス）、ダイカストでは高温化およびハイサイクル化による金型温度の上昇、プラスチック成型では強化繊維・硬質粒子の含有率アップなど各用途の金型の使用環境はますます厳しくなっている。工具鋼メーカーは金型材質の改良や開発を進めてはいるが、素材自体の改善で飛躍的な性能向上は望めない状況になっている。

そこで、苛酷な要求に応えるための方策としては、適切な素材を選定し、目的の成型に適合した表面処理を施した金型を採用することが不可欠になってくる。本稿では金型用鋼に使用される表面処理の特徴と留意事項について述べる。

◇ 金型用鋼（工具鋼）に使用される表面処理

表1に金型用途別の必要特性と代表的な表面処理法を示す。処理温度は室温からダイス鋼の高温焼戻し温度、焼入温度に至るまで、幅が広い。表面

処理を選択する際に最初に注意すべき点は素材の特性（硬さ・寸法・表面性状）がその処理温度でどのように変化するか知っておくことである。大抵の場合は表面処理を施工しても特性が変化しないか、良くなる素材を選択する。例えば冷間ダイス鋼の低温焼戻し材にPVD処理を施工した場合、ダイス鋼は表面処理時に焼戻しが進行し、硬さの低下や、寸法変化を引き起こしてしまうので注意が必要である。また、処理温度が高温である熱CVD、TRDは基材が鋼の場合、表面処理後に焼入・焼戻しを施すので、ある程度の寸法変化や変形があることは承知しておかなければならない。

1. 窒化・軟窒化

窒化は金型表面から窒素を、軟窒化は窒素と炭素を同時に浸透・拡散させる処理である。金型用鋼に利用される窒化には大別すると、塩浴窒化、ガス（軟）窒化、プラズマ窒化がある。いずれの手法も金型表面から内部に向かって窒素および炭素を拡散させるという点では同じであるが仕上がりの面粗度と表層の生成物量が異なる。面粗度としては粗い順に塩浴窒化、ガス窒化、プラズマ窒化の順となり、プラスチック型、ダイカスト型のうち意匠面の面粗さが問題となる用途にはプラズ

表 1 金型用途別の必要特性と主要な表面処理

必要特性	耐摩耗性	摺動性	耐酸化・耐食性	耐焼付性	耐ヒートチェック性	耐剥離性 (耐チップリング性)	寸法精度	主要な表面処理	処理温度
熱間鍛造型	○	—	◎	◎	◎	◎	—	熱CVD・TRD	900~1050℃
ダイカスト型	△	—	○	○	◎	△	△	窒化・軟窒化	450~580℃
押し出し型	◎	—	○	○	△	◎	—	PVD・PCVD	180~550℃
冷間鍛造型	◎	○	△	△	—	○	—	湿式メッキ	80℃
プレス型	○	◎	—	—	—	△	○	ショットピーニング	室温
エンブラ型	◎	○	◎	—	—	—	◎		

——— 一般に利用される手法
 - - - - 最近 利用される手法

マ窒化を推奨する。

図1に各種窒化処理の断面マイクロ組織を示す。ラジカル窒化を除いて、各窒化層は白層と呼ばれる化合物層（鉄の窒化物と炭窒化物）と窒化物を含む拡散層で形成される。この白層は硬度が高く、化学的に安定であることから、ダイカスト金型の溶損に対して有益であると同時に、その脆さから疲労強度、耐ヒートチェック性に対してマイナス要素もあわせもっている。しかし、白層の下にある拡散層は窒化物の析出硬化の機構を通して硬さと圧縮応力を基材に付加することで、耐摩耗と同時に疲労強度、耐ヒートチェック性を向上させる。白層を有する窒化は鋭利な形状を持つプラスチック型やチッピングを嫌う冷間型には白層のデメリットが大きく、あまり利用されない。

プラズマ窒化は電気エネルギーを利用して窒化を促進する手法で、イオン窒化とその進化系のラジカル窒化がその代表である。これらは電気エネルギーを利用して分、処理温度を低くすることができ、450℃～500℃でも窒化が可能である。この温度は冷間金型の高温焼戻し温度以下なので、冷間金型の基材硬さや寸法を維持しつつ、表面を窒化することができる。プラズマ窒化の中で、特にラジカル窒化は白層を形成せずに拡散層のみを生成することもできるため、前述の白層によるデメリットを克服し、従来窒化の対象でなかった金型へも利用範囲が広がった。

これらのプラズマ窒化の欠点は、製品にグロー放電を発生させて窒化を行うため、間隙や穴の中、ばら荷状態など表面に放電の起こり難い部位に対しては窒化が進まないことにある。加えて、エッジ効果のため角部へ過剰に窒化されるというもの

も欠点である。最近になって、この欠点を克服できるアクティブスクリーン窒化法が開発・実用化されつつあり¹⁾、プラズマ窒化技術はまだまだ発展が期待できる。

2. 熱CVD・TRD

金型に使用されるCVDコーティングは熱エネルギーを利用する熱CVD法と成膜に電気エネルギーを利用するプラズマCVD（PCVD：後述）がある。

熱CVDは金属塩化物のガスを、TRDは金属溶融塩を原料として1000℃前後で表面にセラミックスを析出・成長させる処理である。熱CVD法のTiC膜、TRD法のVC膜を代表とする炭化物膜は処理温度が高温であるがゆえに、膜成分と基材成分が相互に拡散し、その密着強度は非常に高い。そのため冷間金型、特に冷間鍛造型の高面圧加工の摺動面に有効である。また、これら高温での熱化学反応を利用した表面処理は原料が気体または液体であるため細かい隙間や、穴の内面にも均一に被膜が形成されるという利点がある。

これら表面処理は、金型鋼に対しては成膜後に焼入焼戻しを行う必要があり、被覆面は熱処理ままの寸法精度とならざるを得ないことが欠点といえる。精度が必要な金型には熱処理変寸挙動を加味した設計が必要となるが、一旦熱処理時の変寸傾向を把握すれば、リピート性のある金型部品に対して比較的低コストで強靱な膜を提供できる。

3. PVD・PCVD

金型に利用されるPVDは主にイオンプレーティング法であり、PCVD法と同様、原料を電気エネルギーでイオン化することで、反応性を高め、ダイス鋼の高温焼戻し温度以下で成膜する。処理工程中、溶融金属を原料とするイオンプレーティング法に対しPCVDは原料を全て気体で供給することができるためプラズマ窒化と同様、プラズマが発生する部位には均質な成膜が可能である。

基材の高温焼戻し温度以下で処理できることは、処理前後でほとんど寸法が変化しないことを意味しており、精度が求められる金型に利用される。

近年、これら低温のコーティングの進歩はめざましく、ひと昔前まで

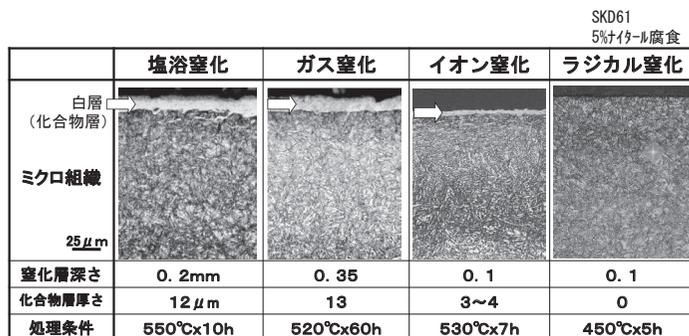


図 1 各種窒化処理後の断面マイクロ組織

は装飾用に使われていた金色の膜=TiNがTRD膜を超えるほどの性能を達成している²⁾。

PVDの性能が向上した背景は膜と基材の界面の清浄化と膜に発生する欠陥を減少させる技術の開発にあり、耐剥離性の向上が一因に挙げられる。図2は膜に欠陥（マイクロポアやドロップレット）を減少させたことで高性能化したTiNの例を示す²⁾。ユーザーが高性能で安定した膜を入手したいと考えるならば、依頼品は、表面の凸凹に汚れが残らないよう面粗度をあげ、界面の清浄化が容易な状態で依頼することを心がけるべきである。

膜種としては冷間加工用にはTi、V、Crの炭、窒化物が、温熱間加工用にはAl、Cr、Siの窒化物が主流であり、なおかつ、混合、積層、傾斜積層させることで耐剥離性、耐酸化性、耐凝着性、耐ヒートチェック性などを改善した膜が開発されている。

4. 複合表面処理

表面処理は複合によってその性能を相乗的に伸ばすことができる。最近では低温でのコーティングと窒化の組合せは一般的となり、コーティング

メーカーはこの複合処理をひとつの表面処理として商品化している。PVDやPCVDにとっては、窒化の白層は耐剥離性を阻害する異物であったため、ラジカル窒化など白層を伴わない窒化が開発されるまでコーティングと窒化の組合せは安定した性能を発揮できなかった。「豆腐に薄氷」と表現されるコーティングは基材の硬度が低いと基材の変形にコーティングが追従できず剥離してしまい、性能を発揮できない³⁾。窒化は基材の変形を抑えコーティングの耐剥離性を引上げ、本来のコーティングの特性を引出している。複合しない場合でも、基材の硬さはコーティングの耐剥離性と密接に関係しており、ダイス鋼よりもハイスよりも超硬と硬い基材がよりコーティングの性能を引出す。冷間ダイス鋼の中では処理温度以上の焼戻しで硬さの得られる8Cr系の素材をPVD、PCVDに推奨する。

ショットピーニングは工具鋼や材料表面に高速で鋼球やセラミックス粒子を投射し、表面を細かく塑性変形させるとともに残留圧縮応力を付加する方法である。最近ではダイカスト金型への適用

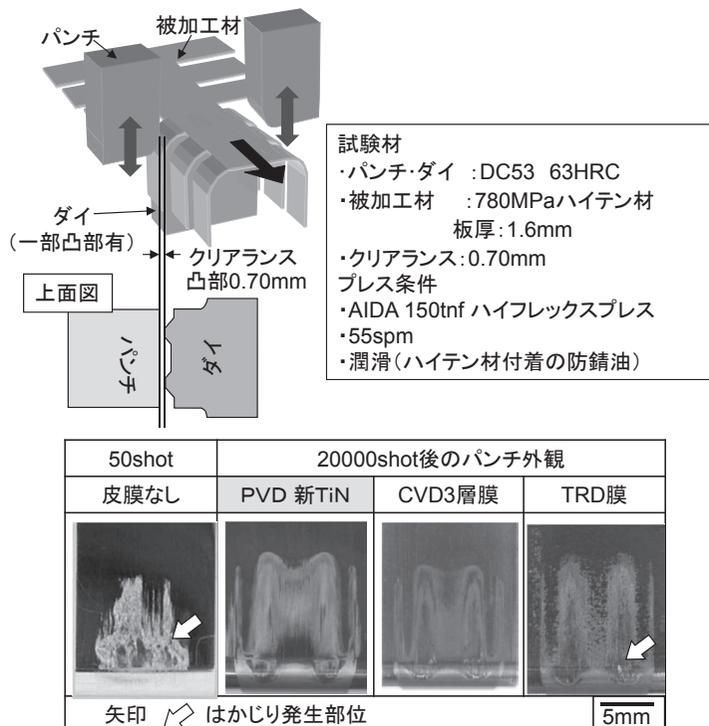


図 2 ハイテン材曲げ加工試験の模式図と各種表面処理の評価結果

が進んでおり、単独では水冷孔内に残留応力を付与することで応力腐食割れを防止したり、表面の凸凹（ディンプル）がダイカスト溶湯の流れの制御に利用されている⁴⁾。窒化との複合により、より強大な残留圧縮応力を発生させることで、ダイカスト金型の寿命原因の大半を占めるヒートチェックを抑制する処理も開発・実用化されている。

また、PVDとの複合でディンプルに潤滑油を保持する機能を持つコーティングも商品化されている⁵⁾。

◇ 表面処理の評価と選択

ユーザーは数ある表面処理の中でどれを選べばいいのか、貴重な工数や費用を使ってテストするに値する処理は何なのか、迷うことは多いと思う。表層の硬度や厚み、摩擦係数や摩擦摩耗試験の結果、スクラッチ（引っかき）試験結果、酸化増量などテーブルテストのデーターからある程度絞り込むことはできるが、実際の加工条件下ではいろいろな因子が複雑に絡み合い、予想した結果が得られない場合も少なくない。

表面処理メーカーとしては、実際の加工を代表できる試験技術を開発し、ユーザーに提示すべきと考える。図2の試験もその1例であるが、図3にダイカスト型用表面処理の評価例を示す。図3は小型ダイカストマシンを用いた模擬型でのヒ-

トチェック性能試験であり⁶⁾、その試験結果は即、実践に反映される。

むすび

表面処理は高価で採用には躊躇しがちである。しかし、金型や金型部品の寿命が延長することでメンテナンス費用や人件費、マシンの停止時間が削減でき、生産性が向上することを想定すると、イニシャルコストは大きくても十分トライする価値がある場合が多い^{7), 8)}。特に、プラズマを利用する表面処理は他の表面改質との複合化技術の開発によってまだまだ苛酷な要求に応えられる伸びしろがあるので、トライ結果をメーカーに提供し、連携することで表面処理技術はまだまだ発展してゆくと考える。

参考文献

- 1) 西本明生, J.Vac. Soc. Jpn Vol. 56, No. 8 (2013), p. 303
- 2) 増田哲也, 北川利博, 型技術 Vol. 27, No. 7 (2013), p. 16
- 3) 岡本圭司, 原伸太郎, 中谷達行 プレス技術 Vol. 50, No. 8 (2012), p. 64
- 4) 神山拓哉 潤滑経済, No. 582, (2013), p. 22
- 5) 北川利博, 増田哲也, 型技術 Vol. 29, No. 8 (2014), p. 52
- 6) 横井直樹, 河野正道, 井上幸一郎, 型技術 Vol. 25, No. 7 (2010), p. 112
- 7) 大崎隆史, 福井茂雄, 型技術 Vol. 29, No. 8 (2014), p. 56
- 8) 樋口成起, 増田哲也, 清水崇行ら, 電気製鋼, Vol. 85, No. 1 (2014), p. 39

■供試材

鋼種 : JIS-SKD61 (43HRC)

■試験条件

Al合金	ADC-12	高速射出速度	1.6m/s
注湯量	600g	鑄造圧力	65MPa
溶湯温度	700℃	離型剤噴霧時間	3秒
離型剤	モルゾールMS-10 (希釈100倍)		

■試験方法

- ・ 135tダイカストマシンで5,000ショット鑄造を実施
- ・ 可動入子のヒートチェック損傷状態を比較

■試験結果例

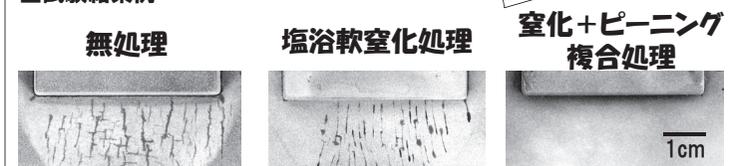


図 3 ダイカスト型 ヒートチェック 実機模擬試験

IV. 会員会社の工具鋼 or 工具鋼関連技術

愛知製鋼株

SKD11 に代わる エコダイス鋼SXACE

まえがき

冷間工具鋼のJIS-SKD11は耐摩耗性に優れたバランスのよい鋼種で、従来より汎用的に使用されてきたが、近年、金型コスト低減、型加工時間短縮、小ロット生産化のニーズが高まり、必ずしもSKD11の特性が必要でなくなっている。今回、これらのニーズに対応した使い勝手のよいエコダイス鋼SXACEについて紹介する。

◇ 位置付け

SXACEは、マトリックス冷間工具鋼で、マイクロ組織に大きな特徴があり、SKD11に見られる1次炭化物を極力低減（マトリックス化）し、組織を均一化している。これにより、後述するさまざまな特性が得られる。

◇ 特徴

1. 削りやすい

SKD11に見られる1次炭化物は、非常に硬く、サイズも大きい。そのため、型加工時には、切削工具が1次炭化物と接触するため、工具損傷を早める。一方SXACEは1次炭化物がないため、工

具損傷が抑制され、切削加工性に優れ、型加工費用低減、加工時間短縮できる。焼入焼もどし後も削りやすい（図1）。

2. 割れにくい

1次炭化物とマトリックスの間には境界が存在する。金型には大きな応力が負荷されるが、境界には応力集中し、割れの起点となり、割れを助長する。SXACEには、この境界がないため、割れにくい。

3. 溶接補修しやすい

SXACEは組織が均一で溶接しやすく、割れ感受性が低いため、繰り返し溶接しても割れにくい。

4. 熱処理しやすい

SXACEは、SKD11と同じ焼入焼もどし条件で使用できるため、汎用性が高い。最高硬さは、HRC60以上、高温焼もどしでは、SKD11よりも高い硬さが得られる。熱処理後の変寸率もSKD11とほぼ等しいため、扱いやすい。

むすび

SXACEは切削性、および、溶接補修性に優れ、素材費も安いいため、エコで使い勝手がよく、また耐割れ性の高い鋼種である。特にここ最近では自動車ハイテン部品成形用のプレス金型、特に切刃への採用によるコスト低減への貢献で好評を得ている。

〔愛知製鋼株 やまざき とおる
営業企画部 山崎 徹〕

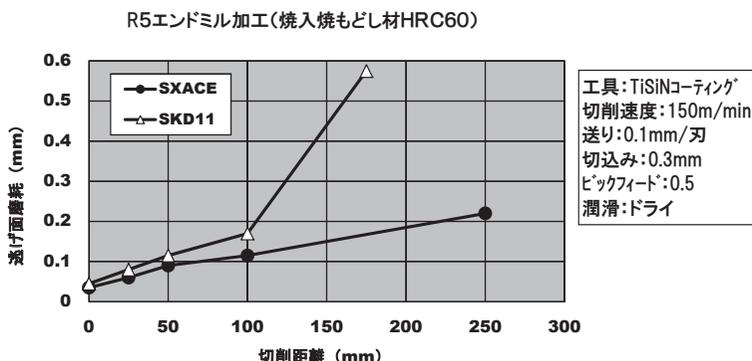


図 1 R5エンドミル加工後の工具摩耗量（焼入焼もどし材HRC60）

高強度高靱性ダイカスト金型用鋼「QDX-HARMOTEX[®]」

まえがき

近年、自動車の軽量化を目的に、アルミ部品の高強度化および薄肉化が進んでおり、これらの部品を製造するために使われるダイカスト金型への機械的負荷は増大しています。さらに、生産性向上を目的に部品成形ピッチの短縮化が進んでおり、金型への熱的負荷も増大しています。これらの過酷な使用環境を背景として、金型には大割れやヒートチェックなどの寿命を低下させる問題が生じやすくなっており、長寿命化に向けて一層の高強度および高靱性を備えた金型材料が求められています。QDX-HARMOTEX[®]は、これらのニーズに対応すべく開発されたダイカスト金型用鋼であり、優れた靱性と高温強度を両立させ、その結果、耐ヒートチェック性に優れた特性を有しています。以下にその特長を紹介します。

◇ 「QDX-HARMOTEX[®]」の特徴

1. 焼入焼戻硬さ

QDX-HARMOTEX[®]は、SKD61と同条件での焼入れが可能であり、また焼戻しに伴う軟化抵抗性が優れています。

2. 靱性

QDX-HARMOTEX[®]は、合金成分および製造プロセスの最適化により、炭化物の微細均一分散を達成し、SKD61よりも優れた靱性を有することから、金型使用時に発生したき裂の進展を抑制し、

大割れを抑制することが期待できます。

3. 軟化抵抗性

QDX-HARMOTEX[®]は、炭化物の熱的安定性を高めた成分設計となっているため、SKD61に比べ、優れた高温軟化抵抗性を有しています。高温で長時間使用しても硬度低下が緩やかなため、摩耗や初期き裂の発生が抑制され、金型の長寿命化が期待できます。

4. 耐ヒートチェック性

図1に、ヒートチェック試験後における試験片表面の断面写真を示します。ヒートチェック試験は、実際の金型の使用環境を模擬した試験であり、試験片に対し繰り返しの熱応力負荷を与え、試験片表面に生じたき裂の発生頻度や進展状況などを用いて、耐ヒートチェック性を評価する方法です。QDX-HARMOTEX[®]は、優れた耐ヒートチェック性を有しており、SKD61に比べ浅いクラックが主体であり、クラック同士が連結することで生じた大きな欠けも認められません。

むすび

QDX-HARMOTEX[®]は、SKD61の靱性および高温強度の両方を改善させた鋼種であり、優れた耐ヒートチェック性を有しています。金型使用環境の過酷化に伴い問題となってきた、金型の大割れ、欠けおよびヒートチェックの抑制に、QDX-HARMOTEX[®]は好適です。QDX-HARMOTEX[®]は生産阻害要因の低減と金型寿命向上を実現し、ユーザーのトータルコスト低減に貢献することが期待できます。

〔山陽特殊製鋼株 しまむら ゆうた〕
研究・開発センター 島村 祐太

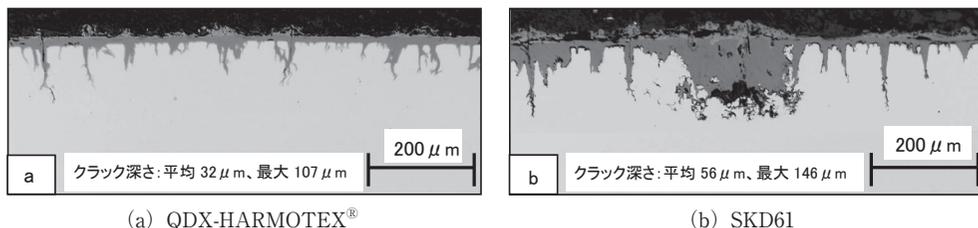


図 1 ヒートチェック試験後の試験片断面写真

ダイカスト金型専用 溶接補修材DHW

まえがき

アルミダイカストは、溶解したアルミ合金をダイカスト金型の隙間に流し込み凝固させて部品を製造する工法であり、自動車のエンジンケースやミッションケースなど、アルミ製品の大量生産に用いられています。ダイカスト金型の表面温度は、アルミ合金が触れる際に上昇し、部品の取り出し後に低下しますが、温度の上下が繰り返されると、金型表面に“ヒートチェック”と呼ばれる微細な割れが生じます。ヒートチェックは生産数の増加とともに大きくなり、アルミ製品への割れ模様の転写や金型の破損を招くことがあります。このため金型は、定期的に生産を止めて外され、ヒートチェック部位を除去後に溶接補修、成形され、再組付けして使用されます。

従来、溶接補修にはマルエージング鋼が使用されてきましたが、溶接部位ではダイカスト金型に必要な硬さが得られず、早期にヒートチェックが発生する問題がありました。

本稿では、溶接補修材の成分を調整し、溶接した状態でダイカスト金型とほぼ同等の硬さが得られるようにしたことで、ヒートチェックの発生や進行を遅らせて、従来材よりも補修部の金型寿命を大幅に延長できるDHWについて紹介します。

◇ DHWの特長

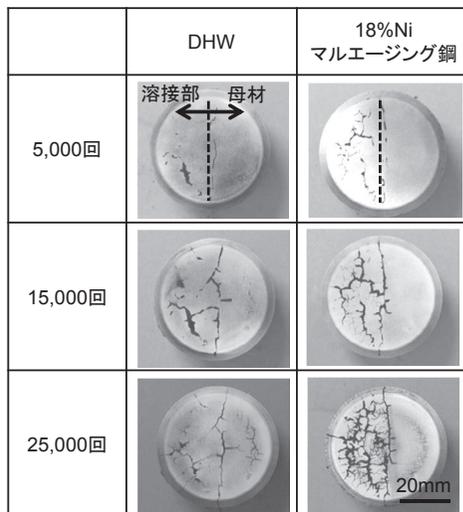
1. 化学成分

DHWは、18%Niマルエージング鋼の組成とは大きく異なり、ダイカスト金型に多く用いられるJIS SKD61をベースに、コバルトを含まず、炭素、ケイ素を、ダイカスト金型の硬さと熱伝導率にあわせて最適化を行ったダイカスト金型専用溶接補修材です。

2. 耐ヒートチェック性

ダイカスト金型のヒートチェック発生を抑制するためには、高強度、高熱伝導率が有効です。

図1に後熱をおこなわず、溶接ままの試験片に実際のダイカスト金型を模擬して、加熱と冷却の



母材:SKD61(43HRC)

図 1 溶接まま状態でのヒートチェック性試験結果

温度パターンを負荷して耐ヒートチェック性を評価した結果を示します。いずれもサイクル数の増加に伴いクラックの長さや本数が増え、特に18%Niマルエージング鋼は試験片右側の非溶接部(母材)に比べて多数のクラックが発生します。これに対しDHWは明らかにマルエージング鋼対比クラック数が少なく、25,000サイクル時のヒートチェック発生状況と18%Niマルエージング鋼の5,000サイクル時の状況がほぼ同程度でした。これは、試験後の溶接部の硬度測定から、18%Niマルエージング鋼は約30~33HRCに対し、DHWは約43~48HRCと高硬度であったことと、18%Niマルエージング鋼の熱伝導率が、DHWに対して低いためと考えられます。

むすび

DHWは、ダイカスト金型の損傷部の補修や形状修正に使用可能で、従来の溶接補修材に比べ、補修部の金型寿命を大幅に延長できる溶接材です。この効果により、金型の補修コスト削減、および補修期間の延長による生産性向上に貢献します。なお、DHWは2012年10月に改正された特定化学物質障害予防規則等に対応した、コバルトを含まない溶接材です。

大同特殊鋼(株) 工具鋼事業部 増田 哲也

CAEを用いたダイカスト金型の焼入れ予測技術の構築

まえがき

国内のダイカスト操業においてハイサイクル化および製品の大型化が求められる中で、ダイカスト金型材料には高寿命化、高靱性化が求められている。特に高寿命化のためには金型に発生するヒートクラックを抑える必要性が高まり、その解決のために焼入れ硬度を高くして高温での強度を向上させる方法がとられているが、靱性低下の原因にもなる。高温での強度と靱性を共に増大させるためには、焼入れ冷却速度を速くする必要があるが、速すぎると熱応力や変態応力の影響を受けて、大変形や焼割れの危険性が増加する。そのため、高靱性と低歪み・焼割れ防止を両立させた焼入れ作業が必要であり、それらを満足させるためには焼入れ中の冷却速度、材料特性および変形挙動を事前に予測する事が極めて重要となる。また、これら予測技術は金型の設計、加工するユーザーにとっても有益な情報となる。

当社ではCAE解析を活用した焼入れ予測技術の構築を進めており、その中で外部研究機関の協力を頂きながら独自開発した高精度焼入れ解析ソフト「Thermal Prophet」(以下：THP)の特徴をご紹介します。

◇ Thermal Prophet (THP)

THPは、焼入れ冷却中の温度、変形、相変態を連成した解析ソフトであり、材料に発生する変態塑性、変態応力、変態潜熱といった熱処理事象を考慮した解析が可能である。

大きな特徴としては当社材DAC[®](SKD61相当)などの試験結果からデータベースを構築しており、独自開発鋼種の解析に強みを持つ。

また、これまでの金型解析は型表面形状の複雑

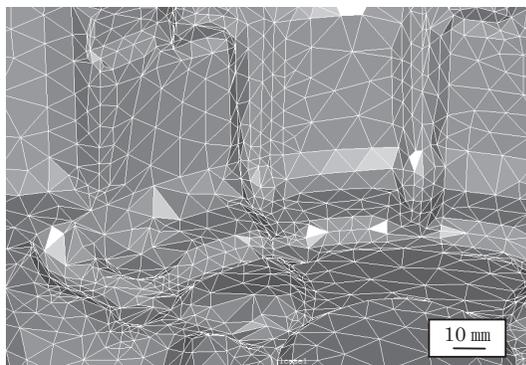


図 1 解析モデル例 (480mm×630mm×290mm)

性を再現する事が難しく、金型を模擬した簡易モデルにて解析を実施していた。この場合、モデルの作成工数が大となり、解析結果も定性的な判断のみとなっていた。

弊社ではこの問題を解決するため、図1に示す様な金型の3D CADデータから解析モデルを生成する技術を開発し、意匠の細かい複雑形状金型の解析を可能にした。その結果、これまでよりも詳細に応力集中部位の特定が出来るなど、解析ツールとしての精度が向上した。

なお、これまでの解析事例としては①焼割れ危険部位の予測、②材料特性(靱性値)予測、③低歪み熱処理方法の提案等を実施しており、熱処理ツールとして一定の成果を上げている。ただし、ダイカスト金型は様々な用途や形状により、必要とされるニーズも異なるため、上記個別案件の対応に加えて、将来的には熱処理設備や地域に合った包括的な熱処理指針の提案が必要と考える。当社ではその様な指針についてCAEを活用した熱処理の総合的なソリューションサービスとして提供していきたいと考える。

参考文献

- 1) 菅原諒介、西田純一、赤井誠、中津英司：型技術者会議2014 論文集 (2014)、PP. 62-63

日立金属株 安来工場 すがわら りょうすけ
熱処理技術部 菅原 諒介

V. 工具鋼のブランド対照表

1. 冷間金型用鋼

平成26年11月作成

分類	JIS相当	AISI相当	愛知製鋼	山陽特殊製鋼	大同特殊鋼	日本高周波鋼業	日立金属	不二越	ウツデホルム	ポーター
炭素工具鋼	SK105	W1-10		YK3						K990
	SKS93		SK301	YK30		K3M	YCS3			
	SKS3		SKS3	GOA		KS3	SGT		ARNE	K460
	SKD1	D3		DC1		KD1	CRD		SVERKER3	K100, K107
	SKD11	D2	SKD11	DC11		KD11	SLD	CDS11	SVERKER21	K105, K110
	8%Cr系		AUD15、AUD11	DC53		KD11MAX KD11S, KD21	SLD8	MDS9	SLEIPNER	K340
	マトリックス系 ダイス鋼		SXACE	DCMX		NOGA	ARK1		CALDIE UNIMAX	W360
	SKD12	A2		DC12		KD12			RIGOR	K305
	プリハードン 40HRC			GO40F		KAP65	HPM-MAGIC		IMPAX HH	
	火炎焼入鋼		SX105V	GO5		KRCX	HMD5		FERMO	
合金工具鋼	低温空冷鋼			GO4		KSM	ACD37			
	耐衝撃鋼		AKS4	GS5		KTV5	YSM			
	その他		AUD11X				SLD10 SLD-MAGIC	ICS22	CALMAX、ELMAX VANACRON40 VANADIS4E、VANADIS10	K390 K890
	SKH51	M2		MH51		H51	YXMI	SKH9		S600
	SKH51系							SKH9D		
	SKH55系					HM35	YXM4	HM35 HS53M		S705
	SKH57系					MV10	XVC5	HS93R DURO-SP		S700
	マトリックス系			DRM1 DRM2 DRM3 MH85		KMX1 KMX2 KMX3	YXR3 YXR7 YXR33	DURO-F1, DURO-F3 DURO-F7, DURO-V2 DURO-V5		
	SKH40			DEX40			HAP40	FAX38	VANADIS30	S590
	粉末高速 度工具鋼	マトリックス系			DEX-M1 DEX-M3			HAP5R		
その他				SPM23 SPM30 SPM60 SPMR8			HAP10 HAP50 HAP72	FAX31 FAX40 FAX55 FAXG2	VANADIS23 VANADIS60	S290 S390 S690 S790

2. 熱間金型用鋼

平成26年11月作成

分類	JIS相当	AISI相当	愛知製鋼	神戸製鋼所	山陽特殊製鋼	大同特殊鋼	日本高周波鋼業	日立金属	不二越	三菱製鋼	ウツホホルム	ボーラー	
	SKD4					DH4	KD4						
	SKD5	H21				DH5	KD5						
	SKD6	H11				DH6	KD6				VIDAR	W300、 W400	
	SKD61	H13	SKD61		QD61	DHA DHA1	KDA	DAC			ORVAR-2M	W302	
	SKD61 (改)		AUD61 AUD60A		QDA61 QDN	DHA2 DH21 DHA-WORLD DH31-S DH31-EX	KDA1 KDA1S KDAMAX	DAC3 DAC10 DAC55 DAC-MAGIC			ORVAR-S DIEVAR	W303、 W403	
	SKD61 (快削)					DH2F	KAP90F	FDAC					
	SKD62	H12			QD62	DH62	KDB						
	SKD7	H10				DH72	KDH1					W320	
	SKD7 (改)		AUD72		QDH	DH32 DH71 DH73		DAC40 YEM-K	DURO-NI				
	SKD8	H19				DH41	KDF						
合金工具鋼	SKD8 (改)					DH42	KDF4	MDC-K					
	SKT4		SKT4A	SKT4	QT4I	GFA	KTV	DM			ALVAR14	W500	
	SKT4 (改)			KTH4	QDT	GF78	TD3						
	析出硬化鋼		AUD91 MPH-K			DH76				HD22B			
	その他				QF5	DHA-Thermo					BURE、 BALDER		
	マトリックス系				QHZ	DRM1 DRM2	KMX1	YXR33	DURO-FZ DURO-F1				
	高速度工具鋼												

3. プラスチック金型用鋼

平成26年11月作成

分類	硬さ (HRC)	JIS相当	AISI相当	愛知製鋼	JFE スチール	神戸 製鋼所	山陽 特殊製鋼	大同 特殊鋼	日本高周波 鋼業	日立金属	不二越	ウツデ ホルム	ボーラー	
ブリハートン鋼	13	SC系	1055		JFE-MD1	KTSM21 KTSM21M KTSM2A KTSM22	PC55		KPM1 KPMAX					
	28	SCM系	4140		JFE-MD3 JFE-MD5	KTSM31		PDS3						
	33	SCM (改)	P20				KTSM3M	PCM30	PX5 PXA30	KPM30	HPM7		IMPAXHH	M200 M201 M238
		SUS系	420						S-STAR D-STAR	GHX 420M	HPM38	PROVA-400 PROVA-450	STAVAX	M303 M310
	35	SUS系 (快削)							G-STAR		HPM77		RoyAlloy	M315
		SUS系	S17400					QSH6	NAK101	U630	PSL		CORRAX	N700
	36	SCM (改)	P20						JHX					
	40	SUS系											EDRO400	
		SKD61 (改)	H13						DH2F	KAP90F	FDAC			
			P21				PCM40S	PCM40	NAK80	KAP88	HPM-PRO			M461
		P21 (快削) P21 (耐錆)						NAK55	KAP65	HPM1			M261	
60										CENAI				
										HPM-MAGIC		NIMAX		
	SKD11 (改)	D2	AUD11				QCM8	PD613	NOGA	HPM31		RIGOR SLEIPNER CALDIE CALMAX	K105 K110 K340	
57	SUS系 440C	440C				QPD5 SPC5 (粉末)	SUS440C		SUS440C	440C PROVA-500 (粉末)	ELMAX	M340、M390 N685、N690 N695		
52	SUS系 420						S-STAR D-STAR G-STAR	GHX	HPM38 HPM38S HPM77	PROVA-400 PROVA-450	STAVAX POLMAX MIRRAX	M310 M333		
50以上	マルエー ジング鋼 その他							MASIC	KMSI8-20	Y AG	EXEO-M21	V720 V721		
40	非磁性鋼							NMSI		HPM75				

4. 高速度工具鋼

平成26年11月作成

分類	JIS相当	AISI相当	山陽特殊製鋼	大同特殊鋼	日本高周波鋼業	日立金属	不二越	ウツデホルム	ボーラー
タンゲステン系	SKH2	T1			H2	YHX2	SKH2		S200
	SKH3	T4			H3		SKH3		S305
	SKH4	T5			H4		SKH4		
	SKH10	T15			HV5				
	SKH51	M2	QH51	MH51	H51	YXM1	SKH9		S600 S614 S401
モリブデン系	SKH52	M3-1			H52				
	SKH53	M3-2			HV1				S607
	SKH54	M4			HV2		HM4		
	SKH55				HM35	YXM4	HM35		S705
	SKH56	M36			HM36		HM36		
	SKH57				HV10	XVC5	HS93R		S700
	SKH58	M7			HM3		HM7		S400
	SKH59	M42			HM42	YXM42	HM42		S500
	その他				S70	YXM27 YXM60	HS33M, HS97R, HM1, HMT12, HM33, SKH9D, DURO-SP		
	マトリックス系	マトリックス系		QHZ	DRM1 DRM2 DRM3 MH85	KMX1 KMX2 KMX3	YXR3 YXR33 YXR7	DURO-FZ DURO-F1 DURO-F3 DURO-F7 DURO-V2 DURO-V5	
SKH40			SPM30	DEX40		HAP40	FAX38	VANADIS30	S590
その他			SPM23 SPM60 SPMR8	DEX20 DEX60 DEX-M1 DEX-M3		HAP10 HAP50 HAP72 HAP5R	FAX31 FAX40 FAX55 FAXG2	VANADIS23 VANADIS60	S290 390 S690 S790
粉末系									

“特集” 編集後記

12年前までは、毎年、組まれていた“工具鋼”特集。積極的に新材質が開発されていた’90年台までは、工具鋼各用途でローテーションを組んで特集を設定することが出来た。その後、各社の材質開発は厳選され、用途別特集が組みにくくなり、グローバル化などのテーマ別特集が組まれてきた。

さて、“特殊鋼”誌の読者は、特殊鋼メーカーや流通に勤める方々が主流であるが、今までの特集は、工具鋼をある程度知っている人を対象とした応用編であり、初心者向けの“やさしい”特集は組まれたことはなかった。そこで、今回は、次の世代の方々への技術伝承の意味も含めて、会員会社が分担の形で、初心者向けの解説書を作ってみた。

工具鋼は、各社が開発したブランド鋼が多く、JIS鋼種もJIS名でなく、各社のブランド名で取引される場合が多い。そのため、鋼種の特徴は、ブランド名に連動しており、各鋼種の化学成分、ミクロ組織などが、どのような特性に結びついているのか等に触れられることはほとんどない。しか

し、人は、名前だけで判断出来ず、DNA、生まれた環境、育った環境、その時点の体調、服装などによって千変万化する。工具鋼も同様に、化学成分だけでなく、製鋼・熱間加工などの製造条件、熱処理、表面処理によって、特徴が千変万化する。そのため、ブランド名で語るのではなく“なぜ、その特徴が得られたか”にこだわると、“人物の背景を知って、その人を語る”ように、その工具鋼のすばらしさを、深みを持って伝えることが出来るものと考えます。“工具鋼の基礎知識”は、その“なぜ”へのガイドを目指した特集である。

本特集号が、読者、特に技術系以外の方々の、工具鋼に対する見方を変えることに繋がりましたら、本特集号の意義もあったと思います。最後に、本号の特集に寄稿頂きました皆様に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

〔日 立 金 属 (株) か だ よしひろ〕
〔高級金属カンパニー 技術部 加田 善裕〕

業界のうごき

カネヒラ鉄鋼、 静岡で切断能力増強

カネヒラ鉄鋼は、9月に静岡営業所に丸鋸切断機1基を増設する。さらに来年早々にももう1基増設し8基体制にし、旺盛な自動車向け需要に対応する体制を整える。また、10月には南港鋼材センター（大阪市住之江区）でも1基、丸鋸切断機を老朽化更新し、切断能力を強化する。同社の静岡営業所は、自動車関連ユーザーにきめ細かな対応をするため12年5月に静岡県富士市に開設。

当初は丸鋸切断機4基でスタートしたが、受注増に伴い増設し6基体制となっていた。ただ消費税増税の影響が想定以上に小さかったことやKD輸出が好調なため現在、フル稼働状況が続いている。そこで来月に1基、来年早々にさらに1基増設し8基体制とし、切断能力を増強。ユーザーへの対応力を強化するとともに、残業時間低減による職場環境の改善を図る。南港鋼材センターでも受注増から丸鋸切断機を1基更新。

（8月28日、鉄鋼新聞）

サハシ特殊鋼、 売上高33億円確保を目指す

サハシ特殊鋼は、本営業年度（14年5月～15年4月）の目標として売上高33億円、経常利益1億2,000万円の確保を目指す。溶接ロボットを導入し、肉盛溶接の自動化を図るほか、倉庫スペースを活用しての事業領域拡大なども視野に入れる。

同社は、中部地区の老舗特殊鋼流通。本社と弥富センター（愛知県弥富市鍋田町）を構え、産業機械向けをメインに構造用鋼やステンレス鋼、工具鋼などを扱っている。また製缶事業やアジア地区を対象とした輸出などを行う貿易部門も着実に業績を伸ばしている。

今期は売上高、利益とも10%程度増の増収増益を見込んでいるが、4～8月段階の数字はほぼ目標をクリアするなど好調なスタートとなった。設備投資では溶接ロボットを12月にも導入、来年初からの稼働を見込んでいるほか、本社倉庫の一部も活用して事業の幅を持たせる計画だ。

（8月28日、産業新聞）

孟鋼鉄、労務管理も新システム 三好には切断機を設置

孟鋼鉄はモノづくり強化策の一環として社内販売管理システムの更新を進めているが、労務管理関係のシステムも併せて新構築することになった。また設備面では切断体制の合理化をめざし年内をめどに三好センター（愛知県みよし市三好町）への新規切断機を導入する。

同社では、今年春からはモノづくり力のアップを目標にこれまでバラバラだった社内の販売管理システムの新構築に着手、順調に作業を進めており来年2月にはスタートさせる方針だ。

こうした中、さらに社内体制の強化を目的に労務管理部門についても再構築にかかり、「働きやすい労働環境づくり」をテーマとして新システムを構築することになった。この部門は、年内の完成を見込んでいる。また設備投資については、現在三好センターでは中・小物サイズも大型用の切断機で対応していることから新たに切断機を導入する。

（8月21日、産業新聞）

辰巳屋興業、SUS棒鋼事業強化 松井鋼材と業務提携

辰巳屋興業はステンレス棒鋼事業を強化する。関西地区ステンレス流通の松井鋼材（本社・大阪市西区）と業務提携関係を締結、ステンレス鋼材・切断品の販売数量が上向くな

ど実績に結び付いている。今後配送や営業活動を共同で行ってニーズ対応力を一段と強化、付加価値向上と販路拡大を狙う。

具体的には辰巳屋興業のステンレス鋼材在庫拠点、鋼材部三重営業所（三重県三重郡菰野町）倉庫に松井鋼材の切断機3台を移設。松井鋼材の従業員が2人常駐し、加工機4台体制で両社の切断業務を担う。精度向上、荷姿の改善が進み切断品の月間売上高は提携前と比べて10%以上伸長した。

このほか、三重営業所と松井鋼材の4拠点を結んだ定期配送ルートを構築し、輸送費用を抑えてリードタイムを短縮。仕入れも共同化することで仕入れコストの圧縮も図った。

（9月3日、鉄鋼新聞）

大和特殊鋼、春日工場の増築完了 在庫能力25%増の2,500トンに

大和特殊鋼は、厚中板を加工している春日工場（兵庫県丹波市）の増築工事が完了した。主に二相鋼やニッケル高合金鋼の在庫を増やし、常時在庫を25%増の2,500トン体制にする。

同社は1999年に春日工場を開設。レーザおよびプラズマ切断機を各3基設置し約2千トン在庫しているが、業容の拡大で手狭となっていた。そこで隣接地600平方メートルを取得し、工場棟を新たに建設することにした。

増築した工場棟は約1,100平方メートルで、10トンと5トンのクレーンを各1基設置。在庫能力は1千トン増の3千トンとなった。今回の増築により全体の工場面積は30%増の約4,700平方メートルとなった。

新たに取得した隣接地には従業員の駐車スペースを確保。またタンクローリー車（レーザ用ガス）の専用通路も設け、工場内作業の効率化を図った。

（9月25日、鉄鋼新聞）

業界のうごき

豊通の水素ステーション、名古屋で起工式開く

豊田通商は、名古屋市熱田区のトヨタ部品愛知共販で同社が建設を手掛ける「名古屋熱田水素ステーション」の起工式を開催、約30人が参加し工事の安全を祈願した。

豊田通商は昨秋、日本初となる商業用燃料電池自動車（FCV）向け水素ステーション事業への参入を発表した。また、日本エア・リキードと合弁会社、豊通エア・リキードハイドロジェンエナジー（社長・中川浩司豊田通商新規事業開発部長）を設立した。同社は愛知県内に2カ所のステーションを設置する予定。

式典後、挨拶に立った豊田通商の浅野幹雄副社長は「このプロジェクトは、世界に先駆けてFCVの本格販売を開始するトヨタ自動車の次世代事業を下支えするだけでなく、政府が推進する水素社会実現への第一歩だ」とした上で「水素ステーション事業を皮切りに、生産、貯蔵といった水素関連事業に注力したい」と語った。（9月2日、鉄鋼新聞）

名古屋特殊鋼子会社、メイトク北海道が新工場

名古屋特殊鋼の子会社で、熱間鍛造用金型の加工・販売を手掛けるメイトク北海道（北海道勇払郡安平町）は工場棟を増設する。マシニングセンタなど各種加工設備を導入、旺盛な現地ニーズに対応してさらなる業容拡大を図る。

メイトク北海道は12年9月に設立。熱間鍛造用金型を生産し、トヨタ自動車北海道をはじめとする自動車関連ユーザーをメインに販売している。

金型現地調達化の進展により、同社では稼働開始以降高い稼働率を維持、想定を上回るペースで受注を獲得する中、部分2直体制で対応する

など繁忙状態にある。設立当初から段階的な事業拡張を計画していたが、足元の繁忙感と将来的な現地需要増をかんがみて、今回の新工場棟の建設を決めた。

新棟は既存工場の隣接地に建造し、建屋面積は約500平方メートル、投資金額は約1億円となる見通しだ。

（8月20日、鉄鋼新聞）

日鉄住金物産、グループ会社再編第一弾

日鉄住金物産は、グループの国内鋼管流通子会社であるイゲタサンライズパイプ（ISP、本社・大阪市西区）と日鉄鋼管通商（本社・東京都中央区）が今年10月1日付で合併すると発表した。日鉄住金物産にとっては昨年10月1日発足以来、事業会社の統合第一弾となる。

ISPは2000年2月発足の井桁パイプが前身。04年10月、住金物産のグループ鋼管部門再編で、イゲタパイプ、泉屋江守の管材部門、平成鋼管を統合して現体制になった。

日鉄鋼管通商は、1955年に東芝鋼管（現日鉄住金鋼管）の子会社として発足した東新商事が前身。99年に親会社が日鉄鋼管に社名変更したことで現社名になった。日鉄鋼管の商事・流通部門として、自動車向けメカニカル鋼管を主体に販売を展開してきた。

今回ISPを存続会社とする吸収合併方式により統合。（8月8日、鉄鋼新聞）

ノボル、宮城テクニカルセンター来春完成、工具鋼の機械加工充実

ノボル鋼鉄は、15年3月完成予定で工具鋼中心の機械加工事業を拡充するため、宮城県名取市に「宮城テクニカルセンター」（以下、宮城TC）を開設。既存の機械加工拠点であるテクニカルセンター（福島県南相馬市、以下TC）は汎用フライス加工など一次機械加工、宮城TCを大型マシニングセ

ンタなど二次機械加工の拠点とする。宮城TCの総投資額は約8億4千万円で、津波・原子力災害被災地域雇用創出企業立地補助金も活用する。

TCは福島第一原発事故後に他事業所に転勤した社員の生活基盤も考慮すると、以前の操業状況に回復するのは困難な見通し。新たに宮城TCを開設して加工設備を増強し、2拠点体制で機械加工事業を拡充する。

名取市の愛島工業団地内の敷地に建設中。宮城TCは15年4月から稼働を開始し、6月以降の本稼働を計画する。（9月22日、鉄鋼新聞）

メタルワン特殊鋼、レーザ加工機を増設

メタルワン特殊鋼は、関東地区の加工拠点である関東加工センター（埼玉県加須市）に、12月をめどに4キロワットレーザ加工機（日酸TANAKA社製）1基を導入する。特装車、大型産業車両向けなど旺盛な関東地区のユーザー需要への対応を強化するもので、同センターのレーザ加工機は既存機と合わせて2基体制となる。

同社では、変化する内需への対応策としてここ数年、国内事業基盤の再編強化を推進。全国8カ所の加工センター及び在庫拠点について、メタルワングループ企業との連携による効率化を進めるとともに、同業の特殊鋼流通業者との戦略的提携関係も一層強化することで、国内市場での存在感アップを目指している。

関東加工センターは、関東圏内の建設機械や金型、産業機器関連向けなどに、特殊鋼棒鋼や特殊鋼鋼板の切断加工を行い、供給している。

（9月5日、産業新聞）

神鋼、神商など6社メキシコでCH鋼線合併

神鋼商事と神戸製鋼所は、メキシ

業界のうごき

コに冷間圧造用鋼線（CH鋼線）合弁を設立し、15年末に稼働開始すると発表した。両社とメタルワン、大阪精工、米グループ・シメック（リパブリック・スチールの親会社）、O&k米国法人の6社で新会社を設立し、酸洗、伸線・熱処理の一貫ラインを構築する。メキシコ国内の自動車関連需要に対応するのが狙いで、高級CH鋼線メーカー設立は同国初。

新会社は「コペルコCHワイヤー・メキシカーナ」（略称・KCHM）で9月設立予定。出資比率は神鋼商事40%、神戸製鋼10%、他。

神鋼グループは主に米国や日本からの輸出で同国需要に対応しているが、今後の需要拡大に備え、高品質な鋼線をより短納期で顧客に納入するために、現地で製造・販売体制を構築する。

神鋼商事が筆頭株主となるのは、神鋼の技術提携先である北米特殊鋼メーカーから線材調達を柔軟に行うため。

（9月4日、鉄鋼新聞）

山陽、ベアリング用旋削リング タイで現地生産

山陽特殊製鋼は、タイに素形材製品（ベアリング用旋削リング）の製造販売会社を9月末予定で設立し、15年10月をめどに操業開始すると発表した。東南アジアの自動車向けを中心に、日系ベアリングメーカーがタイで生産拡大を図っている。山特は旋削リングの現地生産体制を構築し、需要化ニーズに対応して事業を拡大する。月産能力は200万セットで、中期的に年20億円の販売を目指す。

新会社は「サイアム・サンヨー・スペシャル・スチール・プロダクト」（予定）。資本金は4億1,800万バーツ（約13億円）で、山特が100%出資する。サムットプラカーン県にあるステンレス磨棒鋼子会社、SKJメタル・インダストリーズの敷

地内に工場を建設する。新会社は日本からベアリング用の鍛造リング、鋼管切断リングを輸入し、旋削加工してベアリングメーカーに販売する。

（8月28日、鉄鋼新聞）

JFES、設備保全を「見える化」 製鉄所の管理システム統一

JFEスチールは製鉄所・製造所の設備保全管理システムを2015年度までに刷新する。稼働後40年を経過する高経年設備が増えていることに対応。設備管理の状況を「見える化」して全社で共有できるようにし、安定操業のための最善の技術やノウハウを各拠点で相互に取り入れやすくする。

西日本製鉄所倉敷地区（岡山県倉敷市）で12年度に導入した最新型をベースに、全社で共通の設備保全管理システムにする。まずは知多製造所（愛知県半田市）のシステムを15年3月までに新型に切り替える。その後、同年4月に西日本製鉄所福山地区（広島県福山市）と東日本製鉄所千葉地区（千葉市）で、同年9月までに東日本製鉄所京浜地区（川崎市）に導入する。

JFEが設備保全の取り組みを強化する背景には、中韓など海外の競合他社が最新設備で生産能力を増やしていることがある。

（9月1日、鉄鋼新聞）

新日鐵住金、棒線事業で統一ブランド 顧客と連携深化狙う

新日鐵住金は、棒線事業部門で統一事業ブランド「SteeLinC」（スティーリンク）を立ち上げ、統合3年目に入る10月1日から運用を開始すると発表した。棒鋼・線材の加工メーカー11社（以下メンバー会社）とともに立ち上げるもので、棒線事業部が手掛ける棒線、鋳物鋳事業だけでなく、メンバー会社の加工製品事業も統一ブランド化する。製造実力

（基本品質力・現場力）の強化、高機能・ハイエンド商品の開発・適用の加速、鋼材の加工工程を含めた技術開発やサプライチェーンの強化・拡充を進めて、顧客のものづくりへの貢献拡大を目指す。

「新日鐵住金」という強力な企業ブランドを根底に置きつつ、加工メーカーを含めた棒線事業を統一ブランド化することで、グループの総合力を分かりやすく提示し、顧客との連携を深化させる。

（9月30日、鉄鋼新聞）

日立、鋳物世界大手を買収 1,300億円、飛躍的に領域拡大

日立金属は、世界最大手の鉄鋳物メーカーである米国のワウパカを買収すると発表した。買収額は13億ドル（約1,330億円）で、10月に実行する予定。日立金属は自動車用高級ダクタイル鋳鉄を日韓米で生産展開し、14年4月にはインドの鉄鋳物メーカーを買収した。今回の大型買収により、事業領域を広げてグローバル市場で圧倒的競争力のある事業基盤の構築を目指す。日立金属の買収案件としては過去最大級。

ワウパカ社は米国ウィスコンシン州を本拠地とし、米国に6工場を持つ。北米市場で自動車用ブレーキ部品を中心に産機、農機、建機など幅広い分野に製品を供給する。ティッセン・クルップグループの主要会社だったが、現在はファンドが全株式を保有している。

日立金属は、グローバル市場における顧客基盤の強化・拡大や生産・販売体制の構築を進めている。

（8月20日、鉄鋼新聞）

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

特殊鋼統計資料

特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別生産の推移

鋼種別

(単位：t)

年月	工具鋼	構造用鋼			特殊用途鋼						合計	
		機械構造用炭素鋼	合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高抗張力	その他		
'12 暦年	226,595	4,583,118	3,934,190	8,517,308	425,252	976,986	2,822,820	701,970	5,607,620	617,671	11,152,319	19,896,222
'13 暦年	246,149	4,572,676	3,871,149	8,443,825	430,297	936,673	2,857,369	692,010	5,705,091	648,243	11,269,683	19,959,657
'12 年度	227,588	4,388,544	3,747,493	8,136,037	417,525	883,781	2,907,953	691,323	5,636,639	597,540	11,034,761	19,398,386
'13 年度	253,463	4,732,925	3,985,769	8,718,694	435,711	995,693	2,922,735	691,101	5,702,462	692,726	11,440,428	20,412,585
'13. 7-9月	63,802	1,186,043	997,471	2,183,514	108,808	243,088	723,930	164,198	1,462,651	173,962	2,876,637	5,123,953
10-12月	65,290	1,199,297	981,694	2,180,991	108,348	255,293	732,679	174,882	1,390,934	170,622	2,832,758	5,079,039
'14. 1-3月	64,477	1,202,227	1,005,334	2,207,561	109,566	249,787	754,003	176,332	1,412,434	183,307	2,885,429	5,157,467
4-6月	69,923	1,194,168	976,948	2,171,116	107,233	261,911	757,776	181,351	1,479,933	174,472	2,962,676	5,203,715
'13年 7月	22,455	404,139	328,704	732,843	40,520	85,406	239,450	55,251	500,100	59,458	980,185	1,735,483
8月	19,333	371,614	330,500	702,114	31,220	73,450	232,161	49,336	488,078	53,652	927,897	1,649,344
9月	22,014	410,290	338,267	748,557	37,068	84,232	252,319	59,611	474,473	60,852	968,555	1,739,126
10月	24,346	398,524	332,049	730,573	37,348	89,189	249,753	58,895	449,757	63,257	948,199	1,703,118
11月	20,032	399,367	329,440	728,807	35,506	87,086	230,097	59,836	503,607	52,261	968,393	1,717,232
12月	20,912	401,406	320,205	721,611	35,494	79,018	252,829	56,151	437,570	55,104	916,166	1,658,689
'14年 1月	21,885	408,332	335,530	743,862	37,612	77,780	254,372	54,972	484,915	55,282	964,933	1,730,680
2月	19,960	374,301	315,210	689,511	35,642	83,376	231,552	55,609	439,496	52,600	898,275	1,607,746
3月	22,632	419,594	354,594	774,188	36,312	88,631	268,079	65,751	488,023	75,425	1,022,221	1,819,041
4月	23,678	399,403	329,085	728,488	37,896	87,167	262,335	58,079	470,308	58,803	974,588	1,726,754
5月	22,563	396,599	338,432	735,031	38,490	85,086	240,370	65,509	524,192	58,369	1,012,016	1,769,610
6月	23,682	398,166	309,431	707,597	30,847	89,658	255,071	57,763	485,433	57,300	976,072	1,707,351
7月	21,163	422,683	357,113	779,796	39,529	79,100	258,672	55,658	528,319	64,550	1,025,828	1,826,787
8月	21,297	398,992	318,937	717,929	38,294	82,873	255,772	56,752	540,741	49,800	1,024,232	1,763,458
前月比	100.6	94.4	89.3	92.1	96.9	104.8	98.9	102.0	102.4	77.1	99.8	96.5
前年同月比	110.2	107.4	96.5	102.3	122.7	112.8	110.2	115.0	110.8	92.8	110.4	106.9

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

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

また、鋼種別合計と形状別合計は、出所が異なることから一致しない。

形状別

(単位：t)

年月	形鋼	棒鋼	管材	線材	鋼板	鋼帯	合計
'12 暦年	429,279	5,940,690	1,454,172	4,013,992	1,893,111	6,164,978	19,896,222
'13 暦年	420,716	5,782,384	1,413,921	4,143,965	2,122,894	6,075,777	19,959,657
'12 年度	430,247	5,607,651	1,378,459	3,913,109	1,928,292	6,140,628	19,398,386
'13 年度	386,674	5,959,248	1,469,820	4,289,571	2,106,686	6,203,452	20,415,451
'13. 7-9月	88,792	1,474,357	366,584	1,081,776	558,232	1,554,212	5,123,953
10-12月	71,615	1,491,006	370,493	1,078,673	532,599	1,534,653	5,079,039
'14. 1-3月	78,667	1,499,072	374,571	1,093,054	499,997	1,614,972	5,160,333
4-6月	73,505	1,537,017	348,788	1,073,277	593,462	1,580,993	5,207,042
'13年 7月	40,466	501,650	120,895	373,514	188,383	510,575	1,735,483
8月	24,918	455,735	135,429	334,425	181,719	517,118	1,649,344
9月	23,408	516,972	110,260	373,837	188,130	526,519	1,739,126
10月	21,175	505,082	132,313	369,363	169,753	505,432	1,703,118
11月	24,844	498,522	123,997	349,328	190,672	529,869	1,717,232
12月	25,596	487,402	114,183	359,982	172,174	499,352	1,658,689
'14年 1月	19,728	481,603	133,351	360,361	180,168	556,535	1,731,746
2月	32,626	487,382	119,051	328,043	154,840	486,745	1,608,687
3月	26,313	530,087	122,169	404,650	164,989	571,692	1,819,900
4月	28,267	502,741	126,649	366,939	192,927	510,270	1,727,793
5月	21,394	512,985	121,668	362,459	214,207	537,986	1,770,699
6月	23,844	521,291	100,471	343,879	186,328	532,737	1,708,550
7月	22,636	521,374	136,662	372,895	203,055	571,044	1,827,666
8月	14,389	479,151	120,652	358,675	207,647	583,763	1,764,277
前月比	63.6	91.9	88.3	96.2	102.3	102.2	96.5
前年同月比	57.7	105.1	89.1	107.3	114.3	112.9	107.0

出所：『経済産業省生産動態統計』から作成。

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

特殊鋼鋼材の鋼種別販売(商社+問屋)の推移 (同業者+消費者向け)

(単位：t)

年 月	工具鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼							計	合 計
		機械構造用炭素鋼	構 造 用 金 鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ス テ ン ス 鋼	快 削 鋼	高 抗 張 鋼	そ の 他			
'12 暦年	360,170	3,947,624	4,068,239	8,015,863	247,191	543,614	2,976,768	176,204	91,149	25,210	4,060,136	12,436,169	
'13 暦年	321,646	3,825,120	4,018,791	7,843,911	249,017	500,921	2,984,291	195,198	109,018	39,134	4,077,579	12,243,136	
'12 年度	323,248	3,808,430	3,982,157	7,790,587	229,346	510,796	2,970,787	175,402	95,939	25,102	4,007,372	12,121,207	
'13 年度	324,404	3,879,315	4,061,105	7,940,420	267,951	513,723	3,002,125	199,622	111,431	51,971	4,146,823	12,411,647	
13年 12月	25,003	316,561	334,002	650,563	20,489	40,605	246,675	17,033	10,058	2,292	337,152	1,012,718	
14年 1月	25,778	317,319	334,421	651,740	24,005	41,700	249,491	15,668	9,620	8,617	349,101	1,026,619	
2月	26,093	321,348	339,084	660,432	21,239	42,839	253,386	17,244	9,145	6,137	349,990	1,036,515	
3月	27,831	330,263	348,915	679,178	27,321	44,373	263,832	17,970	9,851	5,192	368,539	1,075,548	
4月	26,122	318,908	341,416	660,324	24,679	38,251	247,023	15,969	10,078	2,268	338,268	1,024,714	
5月	25,440	312,939	337,386	650,325	25,416	36,943	247,491	16,732	9,339	2,594	338,515	1,014,280	
6月	27,323	313,303	338,463	651,766	20,651	38,460	258,491	17,096	9,899	2,333	346,930	1,026,019	
7月	28,186	329,923	347,148	677,071	23,468	39,682	256,784	16,228	11,052	2,291	349,505	1,054,762	
8月	23,457	293,157	324,129	617,286	17,601	34,988	240,869	12,533	8,749	2,045	316,785	957,528	
前 月 比	83.2	88.9	93.4	91.2	75.0	88.2	93.8	77.2	79.2	89.3	90.6	90.8	
前年同月比	91.8	95.4	98.9	97.2	93.3	86.7	101.3	95.6	99.4	80.5	98.6	97.5	

出所：経済産業省『鉄鋼需給動態統計調査』から作成。

特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別メーカー在庫の推移

(単位：t)

年 月	工具鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼							計	合 計
		機械構造用炭素鋼	構 造 用 金 鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ス テ ン ス 鋼	快 削 鋼	高 抗 張 鋼	そ の 他			
'12 暦年	7,673	182,574	131,328	313,902	23,953	43,245	130,709	27,139	134,929	34,091	394,066	715,641	
'13 暦年	7,642	219,565	133,431	352,996	28,659	47,340	119,544	30,274	178,768	34,745	439,330	799,968	
'12 年度	7,695	180,446	124,271	304,717	23,748	37,634	112,706	26,790	150,073	30,459	381,410	693,822	
'13 年度	7,603	207,387	127,934	335,321	24,576	43,066	121,920	30,864	163,913	40,136	424,535	767,459	
13年 12月	7,642	219,565	133,431	352,996	28,659	47,340	119,544	30,274	178,768	34,745	439,330	799,968	
14年 1月	8,790	224,041	130,104	354,145	27,009	43,417	124,845	32,268	170,839	30,547	428,925	791,860	
2月	7,404	210,980	129,525	340,505	27,480	43,982	124,390	32,390	161,546	33,924	423,712	771,621	
3月	7,603	207,387	127,934	335,321	24,576	43,066	121,920	30,864	163,913	40,196	424,535	767,459	
4月	10,299	212,734	123,533	336,267	23,700	43,019	135,945	28,878	161,546	35,140	428,228	774,794	
5月	8,427	208,554	130,658	339,212	25,262	43,096	117,506	30,439	179,235	30,745	426,283	773,922	
6月	9,370	203,805	132,342	336,147	18,280	43,716	125,142	27,556	180,752	30,777	426,223	771,740	
7月	8,070	210,551	131,941	342,492	18,522	37,389	120,118	29,740	178,611	33,153	417,533	768,095	
8月	11,003	231,842	137,774	369,616	25,218	39,123	128,678	32,041	243,573	36,923	505,556	886,175	
前 月 比	136.3	110.1	104.4	107.9	136.2	104.6	107.1	107.7	136.4	111.4	121.1	115.4	
前年同月比	158.9	118.2	106.5	113.6	118.3	97.2	100.7	110.9	132.9	113.9	116.5	115.6	

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

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

特殊鋼鋼材の流通在庫の推移 (商社+問屋)

(単位：t)

年 月	工具鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼							計	合 計
		機械構造用炭素鋼	構 造 用 金 鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ス テ ン ス 鋼	快 削 鋼	高 抗 張 鋼	そ の 他			
'12 暦年	60,030	269,229	185,407	454,636	24,462	74,066	149,302	18,236	8,556	2,435	277,057	791,723	
'13 暦年	51,532	192,784	137,555	330,339	14,228	50,702	128,745	14,252	9,314	1,464	218,705	600,576	
'12 年度	58,473	255,755	170,930	426,685	22,021	64,747	146,230	21,457	8,269	2,393	265,117	750,275	
'13 年度	49,581	204,598	144,165	348,763	10,367	52,471	132,506	15,762	9,305	1,588	221,999	620,343	
13年 12月	51,532	192,784	137,555	330,339	14,228	50,702	128,745	14,252	9,314	1,464	218,705	600,576	
14年 1月	52,987	187,985	138,697	326,682	9,209	51,416	128,378	15,080	9,175	1,292	214,550	594,219	
2月	51,619	191,494	139,168	330,662	13,535	52,080	131,570	14,509	9,244	1,457	222,495	604,776	
3月	49,581	204,598	144,165	348,763	10,367	52,471	132,506	15,762	9,305	1,588	221,999	620,343	
4月	48,979	200,698	139,286	339,984	11,393	51,170	134,780	16,788	8,642	1,373	224,146	613,109	
5月	49,477	205,015	142,398	347,413	11,333	50,883	139,424	17,965	9,410	1,461	230,476	627,366	
6月	47,405	201,720	144,773	346,493	10,936	49,215	137,025	17,002	9,067	1,555	224,800	618,668	
7月	48,199	198,056	139,836	337,892	10,381	49,701	134,808	14,148	8,834	1,607	219,479	605,570	
8月	49,871	205,984	142,390	348,374	10,871	50,580	137,164	14,493	9,051	1,657	223,816	622,061	
前 月 比	103.5	104.0	101.8	103.1	104.7	101.8	101.7	102.4	102.5	103.1	102.0	102.7	
前年同月比	96.0	104.2	102.3	103.4	71.0	100.2	84.2	91.8	101.5	84.8	87.6	96.6	

出所：経済産業省『鉄鋼需給動態統計調査』から作成。

特殊鋼鋼材の輸出入推移

輸 出

(単位：t)

年 月	工具鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼				そ の 他 の 鋼			特 殊 鋼 鋼 材 合 計
		機械構造用炭素鋼	構造用合金鋼	計	ばね鋼	ステンレス鋼	ピアノ線	計	高炭素鋼	その他合金鋼	計	
'12 暦年	32,468	464,300	511,422	975,722	182,974	1,176,513	117,801	1,477,289	13,140	5,353,390	5,366,529	7,852,008
'13 暦年	46,815	467,652	559,899	1,027,551	187,205	1,118,549	120,628	1,426,381	13,176	5,145,102	5,158,277	7,659,025
'12 年度	33,787	463,315	528,913	992,228	181,940	1,135,905	117,144	1,434,990	13,212	5,324,302	5,337,515	7,798,519
'13 年度	49,234	474,018	580,043	1,054,061	191,652	1,130,329	135,718	1,457,698	13,215	5,402,773	5,415,988	7,976,982
'13年 11月	3,443	39,748	42,298	82,045	16,006	95,722	11,120	122,848	1,693	448,133	449,826	658,162
12月	6,432	42,742	46,092	88,834	13,980	102,180	5,604	121,764	1,218	476,641	477,859	694,888
'14年 1月	3,046	36,436	48,163	84,599	18,467	82,915	12,859	114,241	899	426,006	426,906	628,792
2月	3,256	42,062	49,166	91,227	14,145	94,050	9,115	117,310	905	525,908	526,813	738,605
3月	3,526	36,833	54,311	91,144	18,679	104,957	16,683	140,319	1,489	565,681	567,170	802,159
4月	3,604	43,650	53,521	97,171	19,180	95,205	16,142	130,527	1,229	464,267	465,496	696,798
5月	3,411	43,953	50,205	94,158	17,886	98,271	17,187	133,344	1,072	478,192	479,265	710,177
6月	9,644	48,255	53,242	101,497	17,683	94,488	13,771	125,942	1,552	517,442	518,994	756,077
7月	5,021	37,684	42,204	79,888	11,940	104,687	11,076	127,703	1,024	488,665	489,690	702,302
8月	3,359	41,696	43,306	85,002	13,719	103,273	11,366	128,358	865	520,994	521,858	738,576
前 月 比	66.9	110.6	102.6	106.4	114.9	98.6	102.6	100.5	84.4	106.6	106.6	105.2
前年同月比	106.0	94.8	95.2	95.0	89.7	112.9	69.6	104.3	128.2	116.4	116.4	111.2

出所：財務省関税局『貿易統計』から作成。

輸 入

(単位：t)

年 月	工具鋼	ばね鋼	ス テ ン レ ス 鋼						快削鋼	そ の 他 の 鋼			特 殊 鋼 鋼 材 合 計
			形鋼	棒鋼	線材	鋼板類	鋼管	計		高炭素鋼	合金鋼	計	
'12 暦年	6,876	972	988	15,546	9,898	135,655	11,368	173,454	274	26,242	333,226	359,467	541,043
'13 暦年	5,376	1,497	493	12,079	12,970	170,751	13,387	209,681	310	19,977	396,068	416,044	632,909
'12 年度	5,679	1,077	781	14,359	11,151	139,237	11,910	177,438	452	26,907	342,039	368,946	553,591
'13 年度	5,725	2,913	504	12,330	13,654	180,931	13,839	221,258	118	21,920	582,545	604,465	834,478
'13年 11月	429	373	43	817	903	12,546	1,237	15,545	-	1,800	31,303	33,103	49,451
12月	588	516	44	818	822	17,866	1,026	20,576	8	2,210	56,989	59,198	80,886
'14年 1月	499	365	49	1,314	1,836	14,804	1,302	19,304	17	3,050	101,575	104,624	124,811
2月	453	1,158	39	931	1,017	16,951	1,014	19,951	2	231	65,542	65,773	87,338
3月	496	126	32	1,109	1,633	18,829	1,190	22,793	-	3,058	87,813	90,871	114,285
4月	707	69	86	1,130	992	17,950	1,556	21,715	-	1,599	52,161	53,760	76,251
5月	515	215	25	1,051	1,221	15,037	1,193	18,527	19	419	55,544	55,963	75,239
6月	362	122	102	1,027	1,362	12,734	1,466	16,691	1	2,683	64,132	66,814	83,991
7月	518	375	58	1,126	1,105	13,003	1,413	16,704	18	1,059	66,717	68,076	85,691
p8月	405	166	29	964	1,341	8,972	1,128	12,434	-	1,417	64,890	66,307	79,312
前 月 比	78.3	44.3	50.2	85.6	121.4	69.0	79.8	74.4	-	104.3	97.3	97.4	92.6
前年同月比	113.8	191.7	99.0	90.6	99.2	56.7	109.8	64.5	-	89.2	170.5	167.2	133.5

出所：財務省関税局『貿易統計』から作成。

(注) p：速報値

関連産業指標推移

(単位：台)

(単位：億円)

年 月	四輪自動車生産		四輪完成車輸出		新 車 登 録・軽自動車販売		建設機械生産		産業車輛生産		機 械 受 注 額	産 業 機 械 受 注 額	工 作 機 械 受 注 額
	うちトラック		うちトラック		うちトラック		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			
'12 暦年	9,943,077	1,266,354	4,803,591	476,919	5,369,720	785,450	6,877	147,987	114,051	12,044	88,134	52,392	12,124
'13 暦年	9,630,181	1,308,177	4,674,633	472,179	5,375,513	801,975	6,236	148,161	107,777	13,538	93,232	47,742	11,170
'12 年度	9,550,883	1,237,262	4,658,649	475,364	5,210,290	759,973	6,215	140,130	111,426	11,937	87,026	45,932	11,398
'13 年度	9,912,403	1,333,945	4,632,178	468,925	5,692,162	843,644	6,648	158,109	110,214	14,181	97,030	47,753	12,049
'13年 11月	846,270	116,484	415,997	39,107	457,369	78,006	519	14,099	9,585	1,302	8,674	3,116	1,018
12月	786,720	108,684	379,276	42,115	423,210	63,190	584	13,258	8,856	1,063	7,624	3,964	1,077
'14年 1月	860,854	110,326	326,696	30,000	496,105	61,908	559	13,346	9,101	1,152	8,244	3,450	1,005
2月	863,452	110,052	366,779	39,963	565,168	73,583	561	13,518	8,906	1,139	7,863	4,264	1,020
3月	939,823	123,161	385,948	43,680	783,384	114,933	538	14,885	10,337	1,091	9,367	8,105	1,283
4月	770,591	107,670	375,824	41,594	345,225	51,757	615	13,377	9,007	1,070	8,513	2,919	1,219
5月	774,141	108,845	321,711	35,413	363,369	58,486	577	12,683	9,377	963	6,853	4,464	1,205
6月	857,411	117,606	390,915	40,689	452,555	72,516	535	14,166	10,198	1,152	7,458	5,133	1,276
7月	894,846	123,258	414,273	43,315	460,263	67,861	609	15,666	10,768	1,308	7,717	8,174	1,278
8月	634,747	91,093	322,838	35,260	333,471	51,165	526	11,818	7,815	1,126	8,078	3,282	1,282
前 月 比	70.9	73.9	77.9	81.4	72.5	75.4	86.4	75.4	72.6	86.1	104.7	40.2	100.3
前年同月比	93.3	97.2	91.9	94.2	90.9	92.8	115.1	99.8	101.1	110.9	99.0	83.7	135.5

出所：四輪自動車生産、四輪完成車輸出は(一社)日本自動車工業会『自動車統計月報』、
 新車登録は(一社)日本自動車販売協会連合会『新車・月別販売台数(登録車)』、
 軽自動車販売は(一社)全国軽自動車協会連合会『軽四輪車新車販売確報』、
 建設機械生産、産業車輛生産は『経済産業省生産動態統計』、
 機械受注額は内閣府『機械受注統計調査』、産業機械受注額は(一社)日本産業機械工業会『産業機械受注状況』、
 工作機械受注額は(一社)日本工作機械工業会『受注実績調査』

特殊鋼需給統計総括表

2 0 1 4 年 8 月 分

鋼種別	月 別		実数 (t)	前月比 (%)	前年同 月比(%)	1995年基準 指数(%)
	項 目					
工 具 鋼	熱間圧延鋼材生産		21,297	100.6	110.2	95.8
	鋼材輸入実績		405	78.3	113.8	275.6
	販売業者	受入計	25,129	86.7	113.3	122.2
		販売計	23,457	83.2	91.8	115.1
		うち消費者向	17,576	82.2	92.6	187.2
		在庫計	49,871	103.5	96.0	138.4
	鋼材輸出船積実績		3,359	66.9	106.0	93.8
	生産者工場在庫		11,003	136.3	158.9	98.1
	総在庫		60,874	108.2	103.4	129.1
	熱間圧延鋼材生産		717,929	92.1	102.3	132.2
鋼材輸入実績		45,121	144.7	136.5	2960.8	
構 造 用 鋼	販売業者	受入計	627,768	93.9	108.4	190.1
		販売計	617,286	91.2	97.2	188.2
		うち消費者向	408,855	89.7	98.8	191.3
		在庫計	348,374	103.1	103.4	145.0
	鋼材輸出船積実績		85,002	106.4	95.0	502.2
	生産者工場在庫		369,616	107.9	113.6	123.5
	総在庫		717,990	105.5	108.4	133.0
	熱間圧延鋼材生産		38,294	96.9	122.7	90.0
	鋼材輸入実績		166	44.3	191.7	-
	ば ね 鋼	販売業者	受入計	18,091	79.0	155.9
販売計			17,601	75.0	93.3	118.1
うち消費者向			5,256	84.1	103.9	42.3
在庫計			10,871	104.7	71.0	342.1
鋼材輸出船積実績		13,719	114.9	89.7	108.4	
生産者工場在庫		25,218	136.2	118.3	78.5	
総在庫		36,089	124.9	98.5	102.2	
熱間圧延鋼材生産		255,772	98.9	110.2	94.7	
鋼材輸入実績		12,434	74.4	64.5	319.0	
ス テ ン レ ス 鋼	販売業者	受入計	243,225	95.5	92.8	162.0
		販売計	240,869	93.8	101.3	161.3
		うち消費者向	50,468	83.9	96.3	88.6
		在庫計	137,164	101.7	84.2	124.1
	鋼材輸出船積実績		103,273	98.6	112.9	101.6
	生産者工場在庫		128,678	107.1	100.7	87.5
総在庫		265,842	104.3	91.4	103.1	
熱間圧延鋼材生産		56,752	102.0	115.0	64.1	
快 削 鋼	販売業者	受入計	12,878	96.3	97.8	76.6
		販売計	12,533	77.2	95.6	75.7
		うち消費者向	12,346	78.4	96.0	86.8
		在庫計	14,493	102.4	91.8	63.3
	生産者工場在庫		32,041	107.7	110.9	142.5
	総在庫		46,534	106.0	104.2	102.6
熱間圧延鋼材生産		540,741	102.4	110.8	230.9	
高 抗 張 力 鋼	販売業者	受入計	8,966	82.9	97.9	72.4
		販売計	8,749	79.2	99.4	70.9
		うち消費者向	5,880	87.4	96.0	109.2
		在庫計	9,051	102.5	101.5	68.3
	生産者工場在庫		243,573	136.4	132.9	145.4
	総在庫		252,624	134.8	131.4	139.7
熱間圧延鋼材生産		132,673	92.4	104.4	56.7	
そ の 他	販売業者	受入計	37,962	89.3	105.5	306.5
		販売計	37,033	88.2	86.3	299.9
		うち消費者向	33,894	88.2	99.0	629.6
		在庫計	52,237	101.8	99.6	394.2
	生産者工場在庫		76,046	107.8	104.7	45.4
	総在庫		128,283	105.3	102.6	70.9
熱間圧延鋼材生産合計		1,763,458	96.5	106.9	130.9	
特 殊 鋼 鋼 材 合 計	鋼材輸入実績		79,312	92.6	133.5	1002.8
	販売業者	受入計	974,019	93.5	104.4	170.4
		販売計	957,528	90.8	97.5	168.3
		うち消費者向	534,275	88.4	98.3	158.7
		在庫計	622,061	102.7	96.6	140.6
	鋼材輸出船積実績		738,576	105.2	111.2	220.1
生産者工場在庫		886,175	115.4	115.6	116.2	
総在庫		1,508,236	109.8	106.9	125.2	

出所: 鋼材輸入実績及び鋼材輸出船積実績は財務省関税局『貿易統計』、

それ以外は経済産業省『経済産業省生産動態統計』、『鉄鋼生産内訳月報』、但し総在庫は特殊鋼倶楽部で計算

(注) 1. 熱間圧延鋼材生産、生産者工場在庫及び総在庫は、2014年1月より『経済産業省生産動態統計』から『鉄鋼生産内訳月報』に変更されたため、それ以前の数値との連続性はない。

2. 鋼材輸入実績は速報値を掲載。構造用鋼の鋼材輸入実績とは高炭素鋼の棒鋼及び合金鋼の棒鋼、線材を加算したもの。

3. 総在庫とは販売業者在庫に生産者工場在庫を加算したもの。生産者工場在庫は熱間圧延鋼材のみで、冷間圧延鋼材及び鋼管を含まない。また、工場以外の置場にあるものは、生産者所有品であってもこれを含まない。

倶楽部だより

(平成26年8月1日～9月30日)

市場開拓調査委員会

・調査WG（8月29日）

- ①「平成25年度特殊鋼の最終用途別需要実態調査」最終報告書（案）の検討
- ②「平成26年度海外日系自動車メーカーにおける自動車部品の特殊鋼調達動向調査」（仮称）の検討

編集委員会

・小委員会（8月27日）

1月号特集「高強度化と特殊鋼」（仮題）

の編集内容の検討

・本委員会（9月10日）

- ①1月号特集「高強度化と特殊鋼」（仮題）の編集方針、内容の確認
- ②教材作成WGについて

[大阪支部]

三団体責任者会議（9月9日）

- ①講演会他本年共催事業検討
- ②下期事業のすり合わせ他

お知らせ

平成26年度調査票提出促進運動について



経済産業省大臣官房調査統計グループ

経済産業省が実施する各種の統計調査に対して、平素より多大なる御尽力と御協力を賜りまして、誠にありがとうございます。

我が国が実施する公的統計につきましては、社会経済の急激な変化や国民生活の多様化など、経済活動の現状を正しく見極める指標として、その果たす役割は一層大きくなっております。御提出いただく調査票は、経済産業省において集計・加工・分析をした上で公表し、国・地方公共団体の行政施策の基礎資料、商工鉱業における企業経営資料として、さらには諸研究のための貴重なデータとして幅広い活用が予定されています。

経済産業省では、こうした公的統計調査結果の成果をより高めるため、例年より「統計の日」（10月18日）を中心として「調査票提出促進運動」を実施しております。

公的統計の結果データを信頼性高く、かつ、早期に公表するためには、何より皆様から正確な調査票を所定の期日までに御提出いただくことが最も重要となります。現在、当省が実施をしている統計調査は、「経済産業省生産動態統計調査」、「商業動態統計調査」、「経済産業省特定業種石油等消費統計調査」、「製造工業生産予測調査」です。

御多用な中、大変に恐縮ではありますが、当省が実施する統計調査の調査票を御提出いただけますよう、重ねてお願い申し上げます。

本運動の詳細につきましては、当省のHPにて趣旨等を紹介しておりますので、併せて御参照ください。

URL：<http://www.meti.go.jp/statistics/toppage/topics/sokushin/index.html>

平成26年工業統計調査のお知らせ

平成26年12月31日を調査期日として、平成26年工業統計調査を実施します。

企業・事業所のみなさまにおかれましては、お手元に調査票が届きましたら、御回答いただき、御提出くださいますようお願いいたします。

一般社団法人特殊鋼倶楽部 会員会社一覽

(社名は50音順)

[会 員 数] (正 会 員) 製造業者 24社 販売業者 101社 合 計 125社	【販売業者会員】		
【製造業者会員】 愛 知 製 鋼 (株) 秋 山 精 鋼 (株) (株)川 口 金 属 加 工 (株)神 戸 製 鋼 所 合 同 製 鐵 (株) 山 陽 特 殊 製 鋼 (株) J F E ス チ ー ル (株) J X 日 鋳 日 石 金 属 (株) 下 村 特 殊 精 工 (株) 新 日 鐵 住 金 (株) ス テ ン レ ス パ イ プ 工 業 (株) 大 同 特 殊 鋼 (株) 高 砂 鐵 工 (株) 東 北 特 殊 鋼 (株) 日 新 製 鋼 (株) 日 本 金 属 (株) 日 本 高 周 波 鋼 業 (株) 日 本 精 線 (株) 日 本 冶 金 工 業 (株) 日 立 金 属 (株) (株)不 二 越 三 菱 製 鋼 (株) ヤ マ シ ン ス チ ー ル (株) 理 研 製 鋼 (株)	愛 鋼 (株) 青 山 特 殊 鋼 (株) 浅 井 産 業 (株) 東 金 属 (株) 新 井 ハ ガ ネ (株) 粟 井 鋼 商 事 (株) 伊 藤 忠 丸 紅 鉄 鋼 (株) 伊 藤 忠 丸 紅 特 殊 鋼 (株) 井 上 特 殊 鋼 (株) (株)U E X 確 井 鋼 材 (株) ウ メ ト ク (株) 扇 鋼 材 (株) 岡 谷 鋼 機 (株) カ ネ ヒ ラ 鉄 鋼 (株) 兼 松 (株) 兼 松 ト レ ー デ ィ ン グ (株) (株)カ ム ス (株)カ ワ イ ス チ ー ル 川 本 鋼 材 (株) 北 島 鋼 材 (株) ク マ ガ イ 特 殊 鋼 (株) ケ ー ・ ア ン ド ・ アイ 特 殊 管 販 売 (株) 小 山 鋼 材 (株) 佐 久 間 特 殊 鋼 (株) 櫻 井 鋼 鐵 (株) 佐 藤 商 事 (株) サ ハ シ 特 殊 鋼 (株) (株)三 悦 三 協 鋼 鐵 (株) 三 京 物 産 (株) 三 興 鋼 材 (株) 三 和 特 殊 鋼 (株) J F E 商 事 (株) 芝 本 産 業 (株) 清 水 金 属 (株) 清 水 鋼 鐵 (株) 神 鋼 商 事 (株) 住 友 商 事 (株)	大 同 興 業 (株) 大 同 D M ソ リ ュ ー シ ョ ン (株) 大 洋 商 事 (株) 大 和 興 業 (株) 大 和 特 殊 鋼 (株) (株)竹 内 ハ ガ ネ 商 行 孟 鋼 鉄 (株) 田 島 ス チ ー ル (株) 辰 巳 屋 興 業 (株) 中 部 ス テ ン レ ス (株) 千 曲 鋼 材 (株) (株)テ ク ノ タ ジ マ (株)鐵 鋼 社 デ ル タ ス テ ー ル (株) 東 京 貿 易 金 属 (株) (株)東 信 鋼 鉄 特 殊 鋼 機 (株) 豊 田 通 商 (株) 中 川 特 殊 鋼 (株) 中 野 ハ ガ ネ (株) 永 田 鋼 材 (株) 名 古 屋 特 殊 鋼 (株) ナ ス 物 産 (株) 南 海 鋼 材 (株) 日 輪 鋼 業 (株) 日 金 ス チ ー ル (株) 日 鉄 住 金 物 産 (株) 日 鉄 住 金 物 産 特 殊 鋼 西 日 本 (株) 日 本 金 型 材 (株) ノ ボ ル 鋼 鉄 (株) 野 村 鋼 機 (株) 白 鷺 特 殊 鋼 (株) 橋 本 鋼 (株) (株)長 谷 川 ハ ガ ネ 店 (株)ハ ヤ カ ワ カ ン パ ニ ー 林 田 特 殊 鋼 材 (株) 阪 神 特 殊 鋼 (株) 阪 和 興 業 (株) 日 立 金 属 ア ド メ ッ ト (株)	日 立 金 属 工 具 鋼 (株) (株)日 立 ハ イ テ ク ノ ロ ジ ー ズ (株)平 井 (株)フ ク オ カ 藤 田 商 事 (株) 古 池 鋼 業 (株) (株)プ ル ー タ ス (株)堀 田 ハ ガ ネ (株)マ ク シ ス コ ー ポ レ ー シ ョ ン 三 沢 興 産 (株) 三 井 物 産 (株) 三 井 物 産 ス チ ー ル (株) (株)メ タ ル ワ ン (株)メ タ ル ワ ン チ ュ ー ブ ラ ー (株)メ タ ル ワ ン 特 殊 鋼 森 寅 鋼 業 (株) (株)山 一 ハ ガ ネ 山 進 産 業 (株) ヤ マ ト 特 殊 鋼 (株) 山 野 鋼 材 (株) 陽 鋼 物 産 (株) 菱 光 特 殊 鋼 (株) 渡 辺 ハ ガ ネ (株)

特 集／「特殊鋼の高強度化」—グローバル競争を支える日本の技術—

- I. 総論
- II. 各産業分野における特殊鋼の高強度化ニーズ
- III. 特殊鋼の強度
- IV. 高強度化を支える技術
- V. 会員各社の高強度材料、関連技術

3月号特集予定…鍛造技術

特 殊 鋼

第 63 卷 第 6 号
© 2 0 1 4 年 11 月
平成26年10月25日 印刷
平成26年11月1日 発行

定 価 1,230円 送 料 100円
1年 国内7,300円 (送料共)

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

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

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

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

「特殊鋼」誌第63巻索引

2014年1～11月

■ 経済関係 ■

「平成26年新年挨拶」……………武田 安夫 1・1

【年頭所感】

「年頭に寄せて」……………宮川 正 1・3
「参謀と番頭について考える」……………竹内 誠二 1・4
「年頭所感」……………高木 清秀 1・5
「年頭所感」……………藤岡 高広 1・6
「継続的な成長のために」……………後藤 隆 1・7
「年頭所感」……………那須 七信 1・8
「年頭所感」……………中川 智章 1・9
「年頭所感」……………宮楠 克久 1・10
「年頭所感」……………安武 雄二 1・11
「日本の四季」……………平木 明敏 1・12

【一人一題】

「わが麗しのフォレスト・シティ」…高木 清秀 3・1
「震災について想う」……………北 信一 5・1
「母の死」と「花」……………津田 孝良 7・1
「OPEN MIND」……………関 公彦 9・1
「自分の頭で考える」……………青木 隆宜 11・1

【需要部門の動向】

自動車工業……………豊田 章男 1・13
産業機械……………片岡 功一 1・15

■ 技術関係 ■

〈特集記事〉

☆ がんばる日本の特殊鋼～さらなる発展を目指して～

I. 総論

1. 特殊鋼業界の発展に向けて
……………市丸 純 1・18
2. 特殊鋼の未来に向けて
……………菊池 正夫 1・21

II. 各鋼材の技術動向

1. 構造用鋼……………杉本 淳 1・26
2. 工具鋼……………加田 善裕 1・30
3. 軸受鋼……………藤松 威史 1・33
4. ばね鋼……………増田 智一 1・36
5. ステンレス鋼……………矢部 室恒 1・39

6. 耐熱鋼および耐熱合金……………植田 茂紀 1・43

7. 高張力鋼板……………瀬戸 一洋 1・46

III. がんばる我が社の新製品・新技術……………1・49～54
(株)神戸製鋼所、山陽特殊製鋼(株)、JFEスチール(株)、
新日鐵住金(株)、大同特殊鋼(株)、日立金属(株)

☆ 鉄鋼業に関連する規制と対応

I. 総論

鉄鋼業と関連する規制措置とそれらへの対応状況
……………小島 彰 3・2

II. 各社の環境対応の取り組み

1. 省エネルギープロセス、環境保全プロセス

(1) (株)神戸製鋼所 加古川製鉄所の省エネルギー
活動について……………杉浦 慎哉 3・16

(2) 新CCMを活用した製鋼プロセスにおける

CO₂排出量削減の取り組み

……………八明 輝修 3・19

(3) 日本高周波鋼業(株)分塊圧延ラインの省エネ
ギーへの取組み……………南部 英明 3・21

(4) 渋川工場における環境対応の取り組み

……………羽田 進 3・23

2. 環境対応商品

(1) 熱処理省略高冷鍛肌焼鋼…岩本 隆 3・25

(2) 日立金属(株)安来工場の資源有効活用への取組み

……………川田 建一 3・27

☆ 切削加工と特殊鋼

I. 総論

1. 特殊鋼の切削加工……………山根八洲男 5・2

2. 切削加工シミュレーション…松村 隆 5・6

3. 快削鋼の最近の動向……………藤松 威史 5・11

II. 切削加工技術の動向

1. 工具

(1) ドリルにおける高速度工具鋼の用途と性能

……………柴田 朝子 5・15

(2) バイト(旋削工具)……………小野沢 賢 5・19

(3) エンドミル……………馬場 誠 5・23

(4) ギアカッター・ブローチ…河野 賢祐 5・26

(5) タップ加工の動向……………中嶋 孝之 5・29

2. 加工機

(1) マシニングセンタ……………粕谷 建司 5・33

(2) 超精密立形加工機……………天野 啓 5・36

III. 最新の切削加工技術

1. 環境にやさしく、生産性も高いセミドライ加工	井上 勤	5・39
2. ハードターニング加工.....	澤山 一也	5・43
3. 表層ナノ結晶粒化プロセスによる鉄鋼材料の 力学的高機能化.....	戸高 義一	5・46
IV. 会員メーカーの商品紹介.....		5・49
三菱製鋼室蘭特殊鋼(株)		

☆ 新エネルギーと特殊鋼～風力発電に注目～

I. 総論		
1. 新エネルギー産業における特殊鋼需要(一社)特殊鋼倶楽部 事務局		7・2
2. 風力発電に対する振興政策の状況について	堀田井孝弘	7・11
3. 風力発電の将来展望と技術開発動向	海津 信廣	7・16
II. 風力発電と特殊鋼		
1. 増速機.....	諫山 勝己	7・21
2. 制御装置 (ヨー駆動装置).....	浅川 雄一	7・24
3. 軸受.....	井上 靖之	7・27
4. 洋上風力用チェーン.....	金子 秀彦	7・33
5. ボルト (アンカーボルト、接続用ボルト)	橋本 篤	7・36
III. 会員メーカーのエネルギー関連製品、技術		
		7・39～41
山陽特殊製鋼(株)、JFEスチール(株)、新日鐵住金(株)		

☆ よくわかる磁性材料

I. はじめに		
1. 磁性材料の歴史.....	福田 方勝	9・2
2. 磁性材料を理解するために.....	福田 方勝	9・7
II. 磁性材料各論		
1. 電磁鋼板.....	田中 一郎	9・12
2. 高透磁率材料.....	澤田 俊之	9・15
3. 電磁ステンレス鋼.....	金子 浩幸	9・18
4. 軟質磁性粉末.....	藤田雄一郎	9・21
5. 希土類磁石.....	丸川 泰弘	9・24
6. ボンド磁石.....	野口 健児	9・28
7. 鑄造磁石・圧延磁石.....	福田 方勝	9・31
III. 磁性材料の応用		
1. 産業・家電への応用 (変圧器への応用) 一配電用変圧器の市場・技術動向一	稲垣 勝敏	9・34
2. エアコンにおける省エネモータへの応用	大山 和伸	9・38
IV. 会員メーカーの磁性材料.....		9・42～48

愛知製鋼(株)、山陽特殊製鋼(株)、JFEスチール(株)、
(株)ダイドー電子、東北特殊鋼(株)、日本金属(株)、
三菱製鋼(株)

☆ 工具鋼の基礎知識

I. 総論		
1. 工具鋼とは.....	加田 善裕	11・2
2. 金型を取り巻く現状と金型材への要望	馬場 敏幸	11・8
II. 工具鋼の用途別基礎知識		
1. 冷間工具鋼.....	殿村 剛志	11・13
2. 熱間工具鋼.....	島村 祐太	11・16
3. プラスチック金型用鋼.....	井坂 剛	11・20
4. 高速度工具鋼.....	兼近 領	11・23
III. 工具鋼の周辺技術		
1. 熱処理.....	村崎 拓哉	11・26
2. 表面処理.....	北川 利博	11・30
IV. 会員会社の工具鋼 or 工具鋼関連技術		
		11・34～37
愛知製鋼(株)、山陽特殊製鋼(株)、大同特殊鋼(株)、 日立金属(株)		
V. 工具鋼のブランド対照表		
1. 冷間金型用鋼.....		11・38
2. 熱間金型用鋼.....		11・39
3. プラスチック金型用鋼.....		11・40
4. 高速度工具鋼.....		11・41

【業界の動き】..... 毎号掲載

【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..... 毎号掲載
- ▲特殊鋼鋼材の鋼種別販売 (商社+問屋)
の推移 (同業者+消費者向け)..... 毎号掲載
- ▲特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別メーカー在庫の
推移..... 毎号掲載
- ▲特殊鋼鋼材の流通在庫の推移 (商社+問屋)..... 毎号掲載
- ▲特殊鋼鋼材の輸出入推移..... 毎号掲載
- ▲関連産業指標推移..... 毎号掲載
- ▲特殊鋼需給統計総括表..... 毎号掲載

【倶楽部だより】..... 毎号掲載

【特殊鋼倶楽部の動き】..... 1・64、3・38、5・60、
7・52、9・58

【会員会社一覧】..... 毎号掲載