

特殊鋼

2017
Vol.66 No.3

5

The Special Steel

特集／1GPaを超える高張力鋼板(超ハイテン)と成形加工技術



特殊鋼

| 5 | 目 次 2017

【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)
〃	田代 龍次 (新日鐵住金)
〃	宮崎 貴大 (大同特殊鋼)
〃	赤見 大樹 (日新製鋼)
〃	正能 久晴 (日本金属)
〃	殿村 剛志 (日本高周波鋼業)
〃	戸塚 覚 (日本冶金工業)
〃	井上 謙一 (日立金属)
〃	福田 方勝 (三菱製鋼)
〃	阿部 泰 (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／1GPaを超える高張力鋼板（超ハイテン）と成形加工技術】

I. 総 論

1. 高張力鋼板の動向と将来の展望
..... JFEスチール(株) 瀬戸 一洋 2
2. 高強度鋼部材の成形法の動向
..... 豊橋技術科学大学 森 謙一郎 6

II. 高張力鋼板と成形加工技術

1. 冷間プレス用高張力鋼板とその特徴
..... JFEスチール(株) 船川 義正 9
2. ホットスタンピング用鋼板とその特徴
..... 新日鐵住金(株) 匹田 和夫 14
3. 冷間プレス成形と課題..... (株)エイチワン 吉田ゆうざ 18
4. ホットスタンピング成形と課題
..... (株)アミノ 網野 雅章 22

III. 高張力鋼板の成形に用いられる金型用鋼とその周辺技術

1. 冷間プレス金型用鋼..... 日立金属(株) 庄司 辰也 26
2. 冷間せん断に適した金型用鋼
..... 大同特殊鋼(株) 増田 哲也 31
3. ホットスタンピング金型用鋼
..... 日本高周波鋼業(株) 殿村 剛志 35
..... 日本高周波鋼業(株) 菓子 貴晴
4. 冷間プレス金型用表面処理..... (株)カムス 山下 広 39
5. ホットスタンピング金型用表面処理
..... 日本エリコンバルザース(株) 福井 茂雄 42
..... 日本エリコンバルザース(株) 露木 陽

IV. 会員会社の高張力鋼板と成形に貢献する製品

- 自動車車体用超ハイテン、ホットスタンピング用鋼板
..... (株)神戸製鋼所 三浦 正明 45
- 高成形性高強度鋼板シリーズ「JEFORMA®」
..... JFEスチール(株) 長谷川浩平 46

冷間プレス金型の寿命改善する金型用鋼と表面処理の 組み合わせ「DCMX+ハイテンセラック」 大同特殊鋼(株) 増田 哲也	47
高張力鋼板成形金型用鋼NOGAと PVD表面処理皮膜KS-G 日本高周波鋼業(株) 殿村 剛志 日本高周波鋼業(株) 菓子 貴晴 (株)カムス 山下 広	48
高張力鋼板プレス成形用PVD皮膜 「Tribec炬（トライベックカガリ）」 日立金属(株) 田村 庸	49
“特集”編集後記..... 日本高周波鋼業(株) 殿村 剛志	65

●一人一題：「メタボ解消から見つけた趣味」 碓井鋼材(株) 碓井 達郎	1
--	---

■業界の動き	50
▲特殊鋼統計資料	53
★倶楽部だより（平成29年2月1日～3月31日）.....	57
☆特殊鋼倶楽部の動き	59
☆一般社団法人特殊鋼倶楽部 会員会社一覧	64

特集／「1GPaを超える高張力鋼板（超ハイテン）と成形加工技術」編集小委員会構成メンバー

役 名	氏 名	会 社 名	役 職 名
小委員長	殿村 剛志	日本高周波鋼業(株)	富山製造所 技術部（東京駐在）課長
委 員	西森 博	山陽特殊製鋼(株)	軸受営業部 軸受CS室長
〃	田代 龍次	新日鐵住金(株)	棒線事業部 棒線技術部 棒線技術室長
〃	戸塚 覚	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

「メタボ解消から見つけた趣味」

碓井鋼材(株)
代表取締役

うす い たつ お
碓 井 達 郎



2004年、当時40歳になる私は、今より11kg重い73Kgの体でした。健康診断でも血液数値に幾つか*印が付き、脂肪肝で中性脂肪が1,154のいわゆるメタボ体系でした。

また、家内の実家は医者の家系で治療含め健康面でもお世話になっていることもあり、義兄の2人からは、1996年に58歳で心筋梗塞によって急死した父を例にとり「死ぬ前の父さんにそっくりな状態、いつ死んでもおかしくない」と脅かされ、有酸素運動して痩せる努力をするように言われました。当時の私は運動といえばゴルフだけ、ゴルフは心拍数が上がる運動でもないし、何をすべきか一人で悩んでいたところ、ある日、弊社がある浦安鉄鋼団地内で厚板業を営む社長から昼食の誘いを受け、ハンバーガーを食べに行きました。その社長も医者から同様の指摘を受けていることを聞かされながら、そのお店の壁に飾ってあるサーフボードを見てお互い目を合わせ「これだ!」と思い、始動に向けて早速行動開始! その週には葉山在住の乗りの良い同世代の鋼板会社社長夫婦を誘い、サーフショップへ赴き、4人揃って湘南でサーフレッスンを受けました。2004年5月GW明けのことでした。

最初は、教わりながらのロングボードだったこともあり、何とか立つだけは出来ましたが、その後は中々すんなりと上達出来ませんでした。海に通い始めて暫くは、すぐ息切れしてしまい、腕肩は動かなくなる始末。筋力、体力、身体バランスに劣り、上手く出来ない悔しさと同時に贅肉の多いオッサンであることを痛感しました。

サーフィンは、サーフボードの浮力を活かしつつ漕ぐ推進力と波の力に寄って楽しむスポーツ故、普段から体力増強維持と減量を図ろうと決意、筋力UPとともに近所でジョギングを始めるようになりました。最初は3kmをやったの思いで走るぐらいでしたが、今では平均10km前後、年間1,000km程度を走るようになりました。私はランナーではありませんが、一生に1度だけホノルルマラソンに出たいと思っています。

話題をサーフィンに戻しますが、晴れた青空の下、水平線を眺めながらの爽やかな解放感は、スポーツであるとともに仕事を忘れることが容易に出来る趣味だと感じ、現在も下手なりに年甲斐もなく熱中している次第です。しかも、朝早く出掛ければお昼ごろには帰宅できる家庭にやさしい趣味になりうることも分かりました。そんなことを10年余り続けている内に体力も若かりし頃に近づき、体系も脱メタボされ血液の数値もすっかり良くなりました。遺伝のせいか尿酸値と高血圧だけ気になります。

近年では、オールを持ってやや大きなボードに立ち漕ぎながら波に乗るSUP（スタンドアップパドル）というものが、湘南海岸やハワイのワイキキビーチでも流行ってきています。比較的年輩者達にも馴染みやすいスローな波乗りスタイルもございます。メタボでお悩み、またご興味ある方、結果にコミット出来ないかもしれませんが、ご希望の方いらっしゃれば御付合ひ申し上げます。

1GPaを超える高張力鋼板(超ハイトン)と 特集 成形加工技術

I. 総 論

1. 高張力鋼板の動向と将来の展望

J F E ス チ ー ル (株) 瀬 戸 一 洋
常務執行役員 スチール研究所 副所長

◇ 自動車用鋼板へのニーズ

燃費と衝突安全性の規制は年を追うごとに強化されてゆく。図1に国別燃費規制値の推移を示す。たとえば、北米では2015年の150g/kmから10年間で90g/kmまでに、規制が強化される。そして、中国、インドなどのこれからさらにモータリゼーションが発展する国々でも先進国並みの規制が設定されている。一方、自動車の装備については、衝突安全性向上のための衝突エネルギー吸収部材の設置や衝突時の乗員保護具（エアバッグなど）、さらには衝突回避のための自動運転装置などが装

着されてゆく。また、居住性を追求した内装／装備、駆動用電池なども加わり、これらによる著しい重量増加は避けられない。燃費は自動車の重量に比例して低下することから、重量増を上回る軽量化が必要となる。駆動系をガソリンエンジンのみからハイブリッド、電気モーターへと変えることで燃費は大きく向上するが、軽量化でトータルでのエネルギー消費が減ることには変わりはないことから、車体軽量化の必要性は駆動方法に依存しない。特に電気自動車では軽量化による航続距離の延長も重要な課題である。

つぎに図2に各駆動系ごとの自動車生産台数の推定¹⁾を示す。一般ガソリン車は数量を急激に減らす一方、ハイブリット車（HV）は急激に増加すると予想されている。また、プラグインハイブリッド（PHV）もやや数量を伸ばす。燃料電池車（FCV）および電気自動車（EV）の増加は2025年以降になると推定されている。すなわち、この10年間はエンジンを搭載した車が主に生産される。エンジンを搭載する限り車の構造は現在と大きく変わることは無く、その基本材料である鉄鋼材料に対しても従来の延長線上にある性能要望があると考えられる。高張力化には、従来のように鋼板製造時に高張力化して冷間プレスする部品製造と、部品製造時に900度程度に加熱してそのままプレス型の中で急冷して鋼板を高張力化するホットスタ

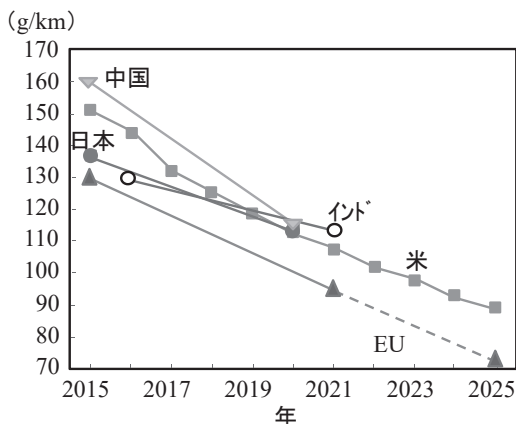


図 1 各国の燃費規制の推移

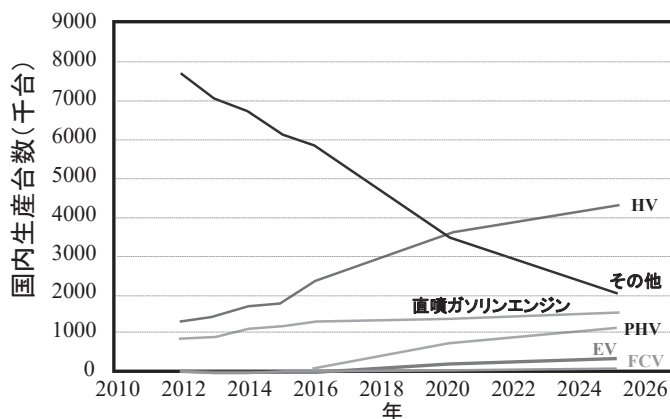
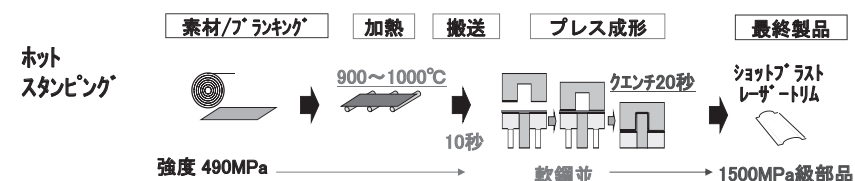


図 2 各国の燃費規制の推移



工法	成形荷重	成形性	形状凍結	型かじり性	生産性		コスト	
					加熱クエンチ	ショット	レーザートリム	プレスマシン
ホットスタンピング	◎	◎	◎	△ (磨耗)	要	要	要	新規
冷間プレス(超ハイテン)	△	△	△	○	不要	不要	不要	従来

図 3 ホットスタンピングの模式図と冷間プレスとの特徴比較

ンピングによる部品製造がある。

図3にホットスタンピング工程の概略図と特徴を冷間プレスと比較してまとめる。ホットスタンピングは成形荷重、形状凍結性、成形性に優れるが、型かじりが生じやすく、生産性も1分間に2～3ショットと低い。プレス後のカットもレーザー切断となるため、部品コストには高額な設備コストがかかり、一部品の単価は冷間プレス品と比べて高価である。一方、1 GPa以上の高張力鋼板の冷間プレスでは成形荷重、形状凍結性、成形性に課題が生じやすいが、一方で部品コストは従来のコスト構造を維持することからホットスタンピングよりは安価である。今後は、部品コストと製造性を加味してホットスタンピングと冷間プレスが適宜選択されるようになると思われるが、現在は1.5GPaの強度部品を製造する場合は、ホットスタンピングが用いられている。一方、冷間プレ

スは加熱工程がないために耐食性のためのめっき皮膜が熱で破壊されず、ホットスタンピング部材よりも耐食性が優れるため、耐食性の要求される自動車下部部品（ロッカーなど）に用いられる。

◇ 高張力鋼板の種類と特徴

フェライトとマルテンサイトの複合組織で構成される高張力鋼板の組織では、マルテンサイトの分率を上昇させることで強度を上げることが出来る。また、このマルテンサイトをベイナイトと残留オーステナイトとすることでTRIP (TRansformation Induced Plasticity) 効果²⁾を発現し、引張試験の伸びを増加させることが出来る。

伸びに加え、シャーエッジの加工し易さを示す伸びフランジ性は、高張力鋼板では極めて重要となる。伸びフランジ性は、組織の均一性を上げることで増加することから、伸びと伸びフランジ性

の両者を向上させるには、マルテンサイトやベイナイト、残留オーステナイトの微細化や分布の均一化がポイントである。近年では、ベイナイトやマルテンサイトに残留オーステナイトを微細分散させる試みも行われ、高伸び・高伸びフランジ性の高張力鋼板が開発されている。

加工後の鋼板中への水素侵入により鋼板が破壊する遅れ破壊³⁾については、歪集中による組織損傷部や異相界面への水素の集中を考えると単相組織の方が好ましいように思える。また、残留オーステナイトも加工により焼入れままの硬質なマルテンサイトとなるため、遅れ破壊に対して注意が必要である。遅れ破壊は、冷間プレス用高張力鋼板でもホットスタンピング材でも同じマルテンサイトで形成されることから両者に重要な現象である。

◇ 高張力鋼板の開発と課題

1GPa級を超える高張力鋼板を開発／適用拡大する時に重要度が増す課題について表1にまとめる。冷間プレスについては、残留オーステナイトを用いたTRIP鋼板をはじめTWIP (TWIn Induced Plasticity) 鋼板、Mn添加でオーステナイトを安定化させた第三世代ハイテンなどの従来よりも伸びの高い鋼板が提案され⁴⁾、一部が実用化研究されている。いずれの鋼板でも成形荷重は高張力化で必然的に高くなるため形状やプレス方法の工夫による成形荷重低減は今後ますます必要となって

くる。形状凍結性は鋼板の降伏点が高いほど顕著となる冷間プレスの一歩の課題である。形状凍結性の向上には、型設計や残留応力の分散などの工夫が必要であり、今後のプレス技術の発展に期待が寄せられる。溶接については、高張力化にともなう高合金化のため溶接部靱性が低下する⁵⁾。すなわち、溶接継手に剥離のような力がかかる(十字引張試験)と低強度で破壊するようになる。また、熱影響部の硬さ分布も従来とは変化する。これらについてもレーザーや摩擦圧接接合(FSW: Friction Stir Welding)およびこれらの複合などへの溶接方法の変更、溶接条件の工夫なども必要となってくる。遅れ破壊についてはホットスタンピング材でも同様ではあるが、遅れ破壊の限界条件の見極め、水素侵入を防止する表面処理、水素侵入しても破壊しにくい鋼板組織や溶接部および切断端面などがポイントとなる。

ホットスタンピングについては、生産性が大きな課題である。プレス時に金型で冷却するためマルテンサイト変態が完了する温度まで冷却のためにプレス金型で押さえておかねばならないため、冷間プレスに対しては生産性は五分の一程度となる。ライン数を5倍にすれば時間的には冷間プレスと同等の部品数は生産できるものの、設備投資が現実的ではない。ホットスタンピング後は必ず形状を整えるためにトリムを行うが、高い部材硬さと遅れ破壊のためにレーザー切断が不可避である。生産性向上にはレーザー切断の高速化や

表 1 冷間プレスとヒットスタンピングの課題と開発方向性

プレス方法	課 題	技術開発方向性
冷間プレス	①加工性	高延性・高伸びフランジ性材料の開発
	②プレス荷重	工程解析
	③形状凍結性 (ねじれ・スプリングバック)	プレス技術
	④溶接	溶接方法の多様化、溶接電流・加圧力制御
	⑤遅れ破壊	水素侵入防止、端面切断方法、耐遅れ破壊組織
熱間プレス	①生産性	型冷却
	②ピアシング	熱間ピアス、レーザー切断
	③形状制約	インダイレクトホットスタンピング
	④耐食性	後めっき、めっき種類
	⑤部品延性	焼入れ後に伸びを有する素材開発
	⑥溶接	溶接継手強度の保証

熱間打ち抜きなどの技術開発も必要である。深い絞り形状のホットスタンピングは金型との接触の不均一さによる硬さ変化が生じやすい。すなわち、複雑な形状をプレスするとプレス条件の変動で部品強度が目標に達しないことも想定される。素材の強度が最低強度として保証される冷間プレス部品のように扱うことは難しい。こちらはインダイレクトホットスタンピングなども提案されている。

ホットスタンピング材は耐食性を付与することが難しい。鉄鋼材料を犠牲防食する亜鉛はホットスタンピングの加熱温度で溶融するため、ホットスタンピング時に金型に凝着したり鋼板表面より離脱したりして部品の耐食性の維持が難しい。また、衝突による部材変形で溶接部に亀裂が生じやすいことも課題である。これについては、ソフトフランジとよばれる溶接に用いるフランジだけ軟らかいホットスタンピング工程およびその部材なども提案されている。

◇ 今後の展望

エンジンを搭載する自動車が大半を占めるとの予想によれば自動車の構造は、従来のものが踏襲されてゆく。高張力鋼板の最大のメリットは素材コストと供給能力で有り、ライフサイクルアセスメントでも他の素材よりも整っている。そのため、鉄の使い切りの1つとしてホットスタンピング技術が登場した。これは、鉄鋼メーカーで行っていた熱処理を自動車メーカーもしくは部品メーカーに移すことで、製造から最終製品までの工程を最適化した事例とも考えられる。これからの拡大に対しては素材供給メーカーとプレスメーカーのより密接な連携が必要になるだろう。また、冷間プレスは耐食性の必要な部材を中心に使用が続くと考

える。冷間プレスとホットスタンピングは長所を生かすように使い分けがこれからされて行くことが予想される。一方で、遅れ破壊は自動車用を含め高張力鋼製品全般での課題で有り、遅れ破壊の生じにくい素材の供給と遅れ破壊を誘発しにくい加工方法や表面処理技術の開発も必要と考える。溶接においては、高張力であるが故に発生する高い応力が液体金属脆性を誘発しやすくなる。これらについての対策も重要である。いずれにしても鉄鋼材料は高強度化の方向で発展を続けると考えられる。

一方、高強度化の限界を迎えて鉄鋼材料だけでは軽量化が達成できない場合、マルチマテリアルの観点でのトライも視野に入れておく必要がある。現在のマルチマテリアルは部品そのものを他材料で置き換えてこれらを接合する形をとっているが、コストや使い勝手を考えると1つの部品の中でマルチマテリアル化すべきで有り、今後マルチマテリアルが深化して行くと考えられる。たとえば、炭素繊維は単体では自動車部品には使いにくい樹脂と複合して部品となったように、鉄鋼材料と複合化することで部品自体の性能バランスを上げる事も出来ると感じる。元々鉄鋼材料は鉄と炭素の合金で有り、リサイクル含めてLCAサイクルも従来の枠組みで対処できる。

参考文献

- 1) 2016年版 2025年における自動車産業予測 総合技研株式会社
- 2) 田村：鉄と鋼Vol. 56 (1970)、No. 3、pp. 429-445
- 3) 水素脆性の基礎、南雲道彦著 内田老鶴圃 (2008) 東京
- 4) 瀬沼、竹下：日本金属学会誌Vol. 70 (2006)、No. 11、pp. 858-864
- 5) 田中、樺沢、小野、長江：日本鋼管技報、No. 105 (1984)、pp. 72-81

2. 高強度鋼部材の成形法の動向

豊橋技術科学大学 教授 もり 森

けんいちろう 謙一郎

まえがき

自動車の燃費の向上を目的として自動車の軽量化が望まれているが、自動車装備の充実、衝突安全基準の高まりによって、自動車の重量は増加する傾向にある。軽量化に対して、アルミニウム合金、マグネシウム合金、プラスチック材料などの軽量材料への置換が考えられるが、鉄鋼材料はコスト面で非常に有利である。高張力鋼板の強度は著しく向上しており、引張強さが1GPaを超える超高張力鋼板も開発されるようになってきており、強度を比重で除した比強度は軽量材料と同程度になってきている。このため、自動車部材への高張力鋼板の適用が盛んに行われている。

車体部材は自動車重量の1/3程度を占め、これらの部品の重量を低減することは重要であり、図1に示すように外板と内板に分かれている。外板は塗装されて外観を表わして自動車のイメージを強調するものとして重要であり、板厚0.65～0.8mm程度の冷間圧延鋼板である。外板としては、成形性の高い低強度の鋼板が主であり、r値を大きくして深絞り性を向上させた深絞り鋼板も用いられている。

内板はエンジンを積んだり、人を乗せたりする

際の骨格部材として自動車の強度を維持するものであり、車体に占める重量割合は70%程度と大きく、自動車メーカーの重量低減は主に骨格部材に対して行われている。自動車の衝突安全基準は年々高まって骨格部材の強度増加が必要になってきており、厚さ1～3mm程度の高張力鋼板が主に用いられている。

高強度鋼自動車部材の成形では、高張力鋼板の冷間プレス成形が主流であるが、最近超高強度鋼部材のホットスタンピングの適用も進んでいる。本稿では、両プレス成形法に関して説明を行う。

◇ 高張力鋼板のプレス成形

高張力鋼板では、引張強さが440、590、780MPaのものがあり、さらに超高張力鋼板では980、1180MPaになり、1500MPa級鋼板も開発されている。通常の軟鋼板では340MPa程度であり、超高張力鋼板の強度が3～4倍大きくなっている。高張力鋼板は自動車の強度を保持する骨格部材に使用されるため、強度の上昇とともに板厚を減少でき、部材重量が低下して軽量化になる。特に、超高張力鋼板では軽量化効果は大きくなる。最近自動車の衝突安全基準が上がっており、超高張力鋼板はそれに対応するためには必要な材料である。

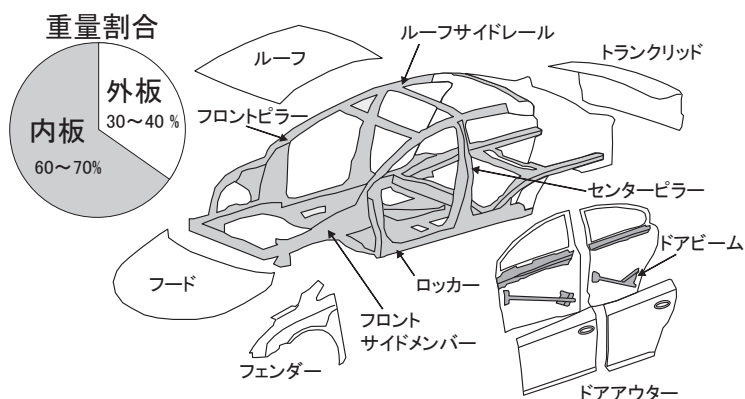


図 1 自動車車体における内板と外板

高張力鋼板は帯板材をブランクに打ち抜いてプレス成形され、また成形品はトリミング、穴抜き加工される。高張力鋼板はせん断加工されるが、鋼板の強度上昇に伴ってかけ、かじり、焼付き、摩耗などの金型損傷が激しくなって、金型寿命が低下する。金型材料を工具鋼から高速度鋼、超高合金などに置換すると金型寿命を向上することができるが、コストが上昇する。また、CVD、PVD処理などの表面処理も金型寿命の向上に有効である。

曲げ加工では除荷時の弾性回復によってスプリングバックが生じ、成形形状が金型形状からずれてしまって形状精度が低下する。鋼板の強度とともに成形荷重が大きくなり、弾性回復量も増加してスプリングバックも大きくなる。図2は各種鋼板のV曲げ加工の結果であるが、軟鋼板SPCCではパンチ形状にほぼ成形できているが、超高張力鋼板ではスプリングバックが大きくなって形状凍結性かなり低下する。スプリングバックの大きな高張力鋼板に対して、所定の成形品形状を得る代表的な方法は金型形状の修正である。スプリングバック量を予測して、その量だけ金型形状を修正するものであり、金型形状と製品形状は一致しない。従来試行錯誤実験によって金型形状が修正されて設計時間とコスト増大が問題となっていたが、最近有限要素法の精度が向上してスプリングバックの予測が可能になり、有限要素シミュレーション

によってスプリングバックを考慮した金型形状が求まるような状況になってきており、トライプレスでの金型設計が行われるようになってきた。金型形状の修正では対処できない成形も多く、スプリングバックを低減するためにフォーム成形¹⁾がある。通常のドロウ成形では曲げ・曲げ戻し変形を受けるが、フォーム成形では曲げ変形だけでありスプリングバックは小さくなる。この他、張力を作用させる方法、側壁にビードを付ける方法、オーバーラン誘発パンチ²⁾、サーボプレスを使った決押し法³⁾などがある。

図3に示すように、板材はせん断加工された後にプレス成形されるが、曲げ加工において伸びフランジ変形が生じるような場合、角部に引張応力が作用して、延性が低い高張力鋼板では割れが生じやすい。高張力鋼板では、割れ感受性が大きいので、せん断加工された切口面の性状によって割れ発生は影響を受けるが、切断面では表面が粗い破断面が多く現れ、プレス成形性を一層低下させる。伸びフランジ変形を受ける部分の引張応力を低減するために、逐次接触パンチが開発されている⁴⁾。逐次接触パンチは傾斜しており、伸びフランジ変形を受ける部分の周囲から徐々に接触して圧縮応力を作用させて角部の引張応力を低減させる。

高張力鋼板では、変形量が比較的小さい曲げ加工が主に用いられているが、鋼板の品質が向上して超高張力鋼板においても深絞り加工が可能になってきた。深絞り加工では、ダイスとパンチ間のクリアランスを小さくするとしごき加工が加わることになり、ダイスに作用する面圧が大きくなり、焼付き、割れ、摩耗などの金型損傷が生じやすくなる。深絞り加工において金型の損傷を低下させるために、工具鋼金型にコーティングすることが行われている。TiNのCVD、PVD処理、VC処理を行うと耐焼付き性が向上し、高温塩浴でバナジウムカーバイドをコーティングするVC処理が最も有効であった⁵⁾。

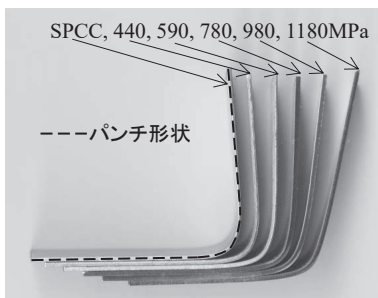


図 2 各種鋼板のV曲げ加工におけるスプリングバック

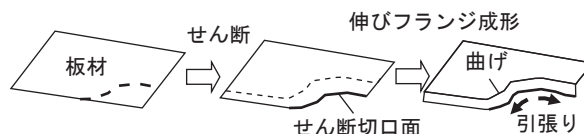


図 3 せん断加工された板材の伸びフランジ曲げ加工

◇ 超高張力鋼部材のホットスタンピング

超高張力鋼板の冷間プレス成形では、成形荷重・スプリングバックの増大、成形性・金型寿命の低下、遅れ破壊などが問題となっており、引張強さが1.2GPa以上の超高張力鋼板のプレス成形は現実的でないとされている。1.5GPa級超高強度鋼部材の成形法としてホットスタンピングが注目されている。ホットスタンピングは、加熱した鋼板をプレス成形し下死点で金型を保持することによって成形品を焼入れし、1.5GPa程度の引張強さを有する超高強度鋼部材を製造する方法である。

ホットスタンピングでは、図4に示すように焼入れ用鋼板を高温炉で加熱して、プレスに搬送して成形し、金型を下死点で10秒程度保持して急冷して焼入れする⁶⁾。金型で急冷するため、ダイクエンチング (die quenching) と呼ばれており、ホットスタンピングにおける特徴的な工程である。高温炉でブランクをオーステナイトに変態させ、ダイクエンチングで急冷して硬いマルテンサイトに変態させて成形品を1.5GPa程度に高強度化している。マルテンサイト変態をするためには、900℃程度に加熱してオーステナイトに変態させることが必要であり、また冷却速度も30℃/以上にする必要がある。焼入れされた成形品は非常に高強度であるため、冷間せん断加工が困難であり、一般にはレーザ切断によって穴あけ、トリミングが行われて製品になる。

圧延、鍛造などの通常の熱間加工では、金属を加熱することによって軟化させて加工荷重を低減することを主な目的としているが、鋼板の熱間プレス成形における主要な目的は、1.5GPa級超高張力鋼成形品を得ることである。鋼板を高温炉で加熱し、プレス成形後下死点で保持することによって急冷して成形品に焼入れを行って高強度な成形

品を得る。ホットスタンピングは、超高張力鋼板の冷間プレス成形と異なって板材自体が高強度を有しているのではなく、焼入れによって成形品を高強度化している。この焼入れはダイスによって焼入れを行うためダイクエンチと呼ばれている。板材を高温炉から取り出すと急激に温度が低下するため通常は1ショット成形であり、板材は適当な焼入れ性を確保するためにほぼ22MnB5 (0.22%Cマンガン-ボロン鋼) に限定されており、加熱温度も900~950℃程度である。さらに、スプリングバックも非常に小さく、形状凍結性が高い。

むすび

自動車の軽量化と衝突安全性向上のための高強度部材が必要され、高張力鋼板の冷間プレス成形技術の高度化が望まれている。スプリングバック抑制、成形性向上、しわ抑制、金型寿命向上などが引き続き研究されなければならない。これらの問題に対してホットスタンピングは有効であるが、大型で高価な設備、生産性向上、鋼板材料、酸化防止、加熱方法、冷却方法、金型材料、潤滑、後加工、遅れ破壊、チタン・アルミニウム材へ適用のなどの技術課題が残されている。

参考文献

- 1) 吉田亨、磯貝栄志、橋本浩二、片山知久、栗山幸久：塑性と加工、46-534 (2005)、656-660
- 2) 山野隆行、岩谷二郎：塑性と加工、46-534 (2005)、630-635
- 3) K. Mori, K. Akita, T. Abe: International Journal of Machine Tools & Manufacture、47-2 (2007)、321-325
- 4) 安部洋平、乗田克哉、森謙一郎：塑性と加工、52-604 (2011)、569-573
- 5) Y. Abe, T. Ohmi, K. Mori, T. Masuda: Journal of Materials Processing Technology、214-9 (2014)、1838-1843
- 6) 森謙一郎：ホットスタンピング入門、(2015)、日刊工業新聞社

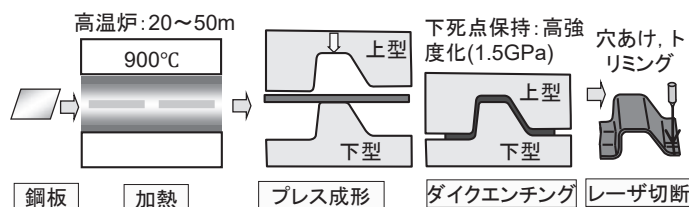


図 4 超高強度鋼部材のホットスタンピングにおける加工工程

Ⅱ．高張力鋼板と成形加工技術

1．冷間プレス用高張力鋼板とその特徴

J F E ス チ ー ル (株) ふ な か わ よ し ま さ
スチール研究所 薄板研究部長 船 川 義 正

◇ 冷間プレス用高張力鋼板の組織と強化機構

高温でオーステナイトと呼ばれる状態となった鉄は、C、Ti、Nb、Vをはじめとする多くの合金元素を多量に溶かし込むことが出来るとともに、常温ではフェライトに変化して溶かしておくことが出来なくなり、これらを微細析出物として結晶化する。また、析出が生じない速さで急速冷却すると硬いマルテンサイトとなり高強度が容易に得られる。冷間プレス用高張力鋼板は、熱履歴に応じて形成される組織の組み合わせにより構造材料として好適な高張力とプレス加工性を実現している。1GPaを超える鋼板も従来の鋼板の延長線上の組織設計を踏襲しており、全体を俯瞰する意味で従来の鋼から1GPaを超える鋼板まで含めて記述する。

鉄は食卓塩などと同様に規則的に原子の並んだ

結晶を形成しており、結晶中には原子の並びの乱れが存在する。この乱れの形式の内の一つを転位と呼んでいる。図1に転位の模式図を示す。また、転位を透過電子顕微鏡で観察した例も示しておく。転位は原子の列が途切れているところであり、先端の原子は、左右どちらでも簡単に動いて転位の直下の原子と並ぶことが出来る。このため転位は容易に結晶内を移動する。転位の大きさは隣の原子との距離として表され（バーガースベクトル）0.25nmと非常に小さく、この転位が大量にかつ長距離移動すると目視できる塑性変形が生じる。1つの原子に着目すると、方向により原子の並び方は異なるため、転位の動く方向は、隣の原子との距離が一番近い方向と決まってしまう（転位の動く面をすべり面、動く方向をすべり方向という）。この転位の動きを何らかの方法で抑制すれば高張

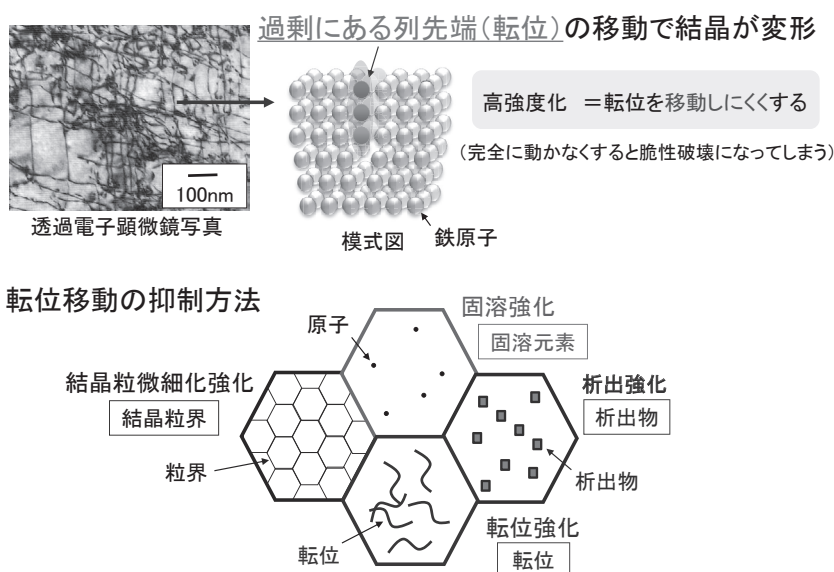


図 1 鋼の強化機構の模式図

力化する。転位の動きの抑制には以下の4種類の方法がある。

1. 固溶強化

鉄の中に合金元素を溶かして、転位の動きを抑制する方法である。主にSi、Mnが固溶強化元素として添加される。ただし、固溶強化元素を大量に添加した場合、鉄との金属間化合物が生じたりするため、添加量に上限が存在するとともに、添加量に対する強度上昇量は小さいため¹⁾、固溶強化のみで590MPa級以上の鋼板を製造することは工業的には難しく、比較的低強度もしくは強度の微調整に用いられる強化方法である。

2. 析出強化

鉄の中に微細な合金炭化物(TiC、NbC、VCなど)もしくはCuなどを多量に分散させることで、炭化物で転位の動きを止めて高張力化する方法である²⁾。高温での鉄の結晶オーステナイトが炭素や炭化物形成元素を多量に溶解し、フェライトでは逆にほとんど溶解しない性質を利用して、加熱と冷却で微細析出物を分散させる。工業的にも熱延鋼板であれば1180MPaまでの高張力を得ることが出来るが、1200度以上に加熱する熱間圧延と比べて冷延焼鈍工程は900度程度の加熱であることから、炭化物を必要な量を溶かし込むことが不可能であるため、590MPa級高張力鋼までの適用となっている。

3. 転位強化

転位が他の転位を超えられないことを利用して、転位同士でお互いの転位の動きを阻害する方法である³⁾。冷間圧延後焼鈍前の鋼板はこの転位強化で高張力化している。この強化方法では転位がほとんど動かなくなるため塑性変形が著しく抑制されて、伸びは数%程度まで低下する。このため、加工による転位強化での高張力化は特定の場合のみ用いられる。

4. 結晶粒微細化強化

この強化方法は上記の強化方法とは異なり、転位が結晶粒界を超えられない性質を利用する。結晶粒内の転位源から発生した転位はすべり面上を動き、結晶粒界にまで到達する。そして粒界より発生した新たな転位が隣の結晶粒に放出される。このときに降伏が生じたと考える結晶粒微細化強化は、高張力化すると一般的に低下する韌性を上

げる唯一の方法である⁴⁾。

高張力鋼板の顕微鏡組織は、フェライト、パーライト、マルテンサイト、ベイナイト、残留オーステナイト、炭化物、窒化物のいずれかの単独もしくは複数の組み合わせで構成されている。フェライト組織は常温での結晶であるフェライトを主体とする組織で、固溶強化、結晶粒微細化強化で高強度化できる。フェライト中に微細炭化物を分散させることで析出強化でも強度を上げることが出来る。

パーライトはフェライトとセメンタイト(鉄炭化物)の層状混合物である。パーライトの強度はフェライトとセメンタイトの層間隔と相関する⁵⁾。パーライトは鋼に炭素を添加するだけで生成することから簡易に強度を上げることが出来る。焼入れせずゆっくり冷却した場合、炭素量とパーライト量には直線関係がある。

マルテンサイトは高温のオーステナイトを鉄が拡散しない程度に急速に冷却することで生じる。鉄のマルテンサイトは、転位密度が高く非常に強度が高い。マルテンサイトは焼入れままでは韌性が乏しいため、焼戻しを行い強度を調整しつつ韌性を回復させる。フェライトとマルテンサイトの複合組織とすることで、高加工性高張力鋼板が製造できる⁶⁾。

ベイナイトはマルテンサイト変態温度直上で保持することで生じる組織で有り、マルテンサイトよりは軟質である。ベイナイト形成過程で炭素はオーステナイトに拡散することから、ベイナイト変態が生じると未変態のオーステナイト中の炭素濃度が上昇する。この原理を用いると室温で準安定な残留オーステナイトを得ることができる。この残留オーステナイトが加工でマルテンサイト化すると膨張により局所的に加工硬化がおり、塑性変形で導入された歪みは分散する。これをTRIP(Transformation Induced Plasticity)効果と呼んでいる⁷⁾。

◇ 自動車部品と使用鋼板強度

自動車に使用されている鋼板は単一ではなく、自動車の各部構造／目的に適した機械的特性を持つように制御されている。図2に各部品ごとに用いられている高張力鋼板の引張強さを示すととも

		引張強さ(MPa)									
		270	340	390	440	590	780	980	1180	1320	1470
外板部品	フェンダー、サイドパネル										
	フード、ルーフ、ドア										
構造部品	メンバー、クラッシュボックス、エネルギー吸収部材										
	ピラー、ロッカー非変形部材										
	バンパー、インパクトビーム										

図 2 自動車ボディー部品と強度水準

に、以下に自動車部品ごとに分けて説明する⁸⁾。

1. 外板部品 (パネル部品)

ドアやフード、ルーフなどの緩やかな曲面形状を持つ部品には、表面に加工による歪み集中を回避するために低降伏点の鋼板が用いられている。しかし、低降伏点が有利であるのは加工時のみであり、部品としては少しでも強度が高い方がよい。そのため、加工での歪みと塗装焼付けの熱とで生じる歪み時効で降伏点が上昇するBH (Bake Hard) 鋼板が用いられている。パネル部品には340～440MPaの引張強さを有するBH鋼板が広く用いられている。

2. 構造部品 (衝突エネルギー吸収部材)

エンジンの周囲やリアのトランク周囲の部品は、自動車が衝突したときに変形してエネルギーを吸収し、乗員への衝撃を緩和する性能が託されている。そのため、440MPa級もしくは590～780MPa級のフェライト-マルテンサイト複合組織鋼板が用いられている。

3. 構造部品 (衝突非変形部材)

乗員保護のために衝突時に変形しない部材であり、現在でもさらなる高強度化が指向されている。590～1180MPa級の冷延鋼板が用いられてきたが、次に解説のあるホットスタンピング材とも競合する部品である。部品となった後は変形してはならないことから高降伏点が必要である。フェライト-マルテンサイト複合組織鋼板でもマルテンサイト分率を十分に高めたり、ベイナイトを一部含んだ

鋼板が用いられている。

4. 構造用部品 (バンパー)

自動車の最前面に配置され、衝突時に全エネルギーを一旦受け止めて後方の部材に伝達する役目を果たすため、比較的初期から高強度化が指向されてきた。現在では、980MPa～1470MPa級の冷間プレス用高張力鋼板が用いられている。特に1470MPa級の鋼板はマルテンサイト単一組織であり、加工性よりも強度を優先した素材となっている。

◇ 製造のための熱履歴

上記の高張力鋼は連続焼鈍設備で製造される^{9)～11)}。冷間圧延で伸ばされた鋼は転位強化されており、冷間プレスに適用できるような伸びはない。焼鈍設備の熱処理で高強度および高延性化する。連続焼鈍での熱履歴を図3に示す。冷間圧延された素材は、圧延油などを除去した後直ちにフェライトとオーステナイトの二相共存領域もしくはオーステナイト単相となるまで急速に加熱される。二相共存域に加熱された場合は、フェライトが再結晶して転位密度の低い延性に富んだ組織となる。均熱で二相分率が安定したところで急冷してオーステナイトをマルテンサイトとする。冷却の仕方は、ガス冷却、ミスト冷却、水焼入れがあり、水焼入れで最も冷却速度が速い。冷却速度が速いほど焼入れ性元素の添加量を低減できるため溶接や塗装などのプレス成形以外の使い勝手が良い鋼板の設計が出来る。焼入れ後のマルテンサ

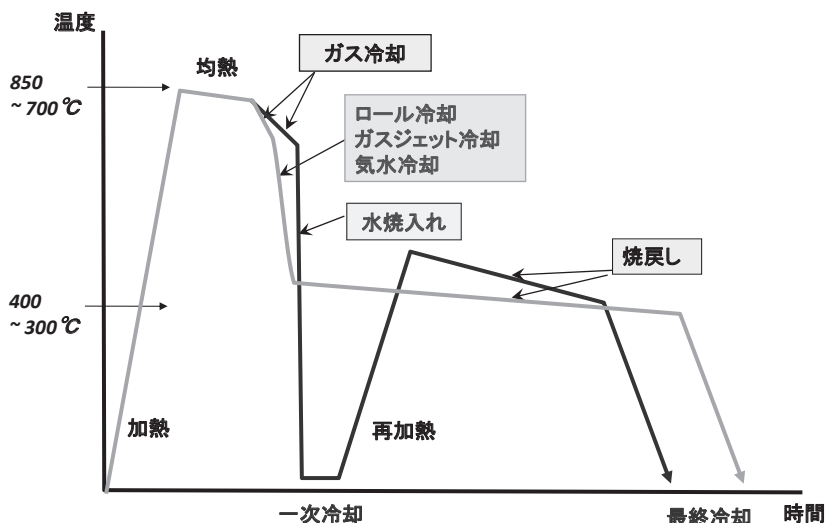


図 3 連続焼鈍の熱履歴

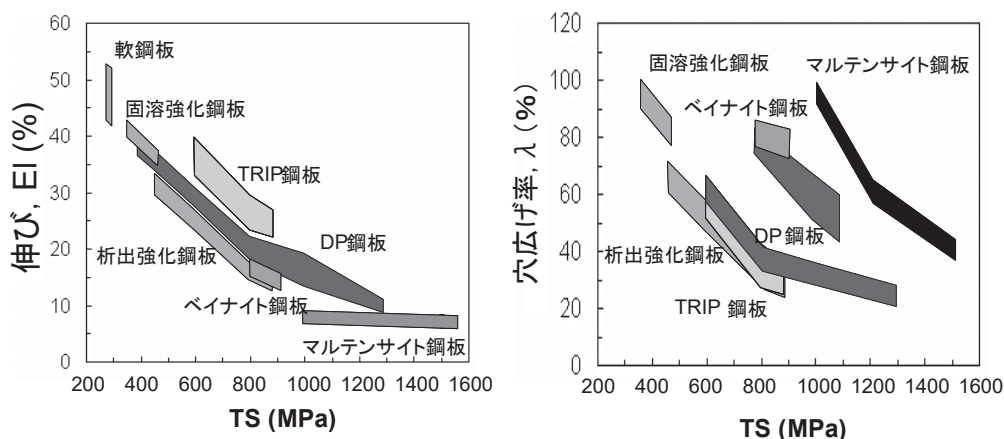


図 4 強度と伸び、穴広げ率のバランス

イトは焼戻しで韌性を出すと同時に硬さを調整する。この結果、強度をマルテンサイトが加工性をフェライトが担う複合組織高張力鋼板を製造出来る。強度を上げる場合は均熱温度を上げてマルテンサイト体積率を上昇させる。また、冷却途中の500度以下で冷却を停止して保持するオーステンパ処理を行うことで、ベイナイト変態を促進し、オーステナイトを残すことが出来る。残留オーステナイトを含む鋼は高強度で有りながらTRIP効果で伸びが大きい、ただし、オーステナイトを残すためには、セメンタイトの生成を抑制する必要がある、多量のSiやMnの添加も同時に必要となる。これは溶接をはじめ鋼板の使い勝手を低下させる

ことになるので、利用技術とのバランスで採用を考える必要がある。

◇ 機械的性質

590MPaを超える高張力鋼板の加工性は引張試験の伸び、穴広げ試験での穴広げ率で評価されることが多い。伸びと穴広げ率を引張強さとともに図4に示す¹²⁾。

伸びは降伏強度の高い析出強化鋼板よりも加工硬化率の大きい複合組織鋼板 (DP鋼板) で高く、さらにTRIP鋼板で高くなる。

穴広げ率は、鋼板の真ん中に打ち抜きで10mmの穴を開け、これを円錐ポンチで広げることで測

定する。打ち抜いた縁に板厚を貫通する亀裂が生じたところで広げるのをやめ、直径の増加量を元の直径に対する割合で示したのが穴広げ率である¹³⁾。一度打ち抜きで破壊した組織をさらに広げることから、伸びとは異なり、局部延性が良好な鋼板で高穴広げ率となる。

参 考 文 献

- 1) 森田、東野、加藤、橋本：川崎製鉄技報23 (1991)、4、pp. 280-285
- 2) L. Meyer, F. Heisterkamp and W. Mueschenborn: Proc. of Microalloying'75 (1976)、pp. 153-167
- 3) J. E. Bailey and P. B. Hirsch: Phil. Mag., 4 (1960)、pp. 485-497
- 4) N. J. Petch: J. ISI、(1953)、pp. 25-28
- 5) W. Heller、in Rail Steels、STP 644、ASTM、Philadelphia (1979)
- 6) The Physical Metallurgy of Steels: William C. Leslie、(1981)、McGraw-Hill Inc.
- 7) 田村：鉄と鋼、Vol. 56 (1970)、No. 3、pp. 429-445
- 8) 自動車用ハイテン：細谷佳弘、船川義正著、JFE21世紀財団 (2008)
- 9) 栗原、逢坂、岩瀬、大沢：鉄と鋼、Vol. 68 (1982) No. 2、pp. 144-149
- 10) 松藤、下村、大沢、奥山、木下、逢坂：日本鋼管技報No. 84 (1980)、pp. 14-24
- 11) 中岡、荒木、高田、能勢：日本鋼管技報No. 75、pp. 14-19
- 12) 占部、細谷：塑性と加工、Vol. 46 (2005) No. 534、pp. 560-564
- 13) JIS Z 2256: 2010



2. ホットスタンピング用鋼板とその特徴

新日鐵住金(株) 技術開発本部 ひき だ かず お
鉄鋼研究所 薄板研究部 匹 田 和 夫

ま え が き

近年、自動車の軽量化に伴う使用材料の高強度化のため、ホットスタンプ工法の適用が増加している。ホットスタンプとは、専用の鋼板をオーステナイト温度域に加熱した後、所望形状の金型を用いて成形と同時に焼入れを行う工法である。ホットスタンプ工法は、成形時は高温のためプレス荷重が低く、成形後は焼入れされるため高強度部品が得られる。本報では、ホットスタンプの概要と焼入れ後の引張強度が1,500MPa級および1,800MPa級鋼板の特徴、熱処理時のポイント、表面処理鋼板の特徴について述べる。

◇ ホットスタンプの概要

自動車には燃費向上のための軽量化ニーズがあり、使用する鋼板の薄肉化が進んでいる。その一方で衝突安全性の向上も必要であるため、薄肉化しても衝突安全性を満たすために使用される鋼板の高強度化が進められている。その中で非常に高強度な部品を得る手段としてホットスタンプの適用が増加している。

ホットスタンプは、図1に例を示すようにブランク板をAc3点以上に加熱してオーステナイト化し、加熱ブランクを金型でプレス成形し、下死点保持中に金型に抜熱させ、急冷して焼入れを行い、マルテンサイト変態させ、高強度部品を得る工法である。つまり、成形工程と焼入れの熱処理工程を同時に行う工法である。熱処理歪みが小さく良好な形状精度が得られ、また高温で成形を行うため、低プレス荷重にて成形可能である。その後、

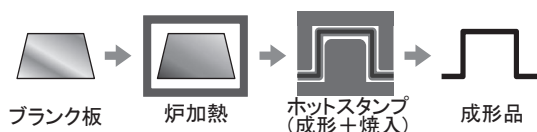


図 1 ホットスタンプ工法模式図

部品組み立て後の塗装焼き付け処理による200℃以下での低温焼き戻しが行われるものの、部分的に軟質化させる目的以外では、ホットスタンプ後は工具等の焼入れ後で行われる焼き戻しは実施されず、ほぼ焼入れ強度で使用される。ホットスタンプは、比較的シンプルな熱処理であるが、油冷や水冷ではなく金型冷却である点、母材の機械特性だけでなくスポット溶接性および耐食性のための表面品質を確保する点において、一般的な駆動系部品の熱処理とは異なった課題が存在する。

この工法は成形を強調する場合、熱間プレス、ホットプレス、熱間成形とも呼ばれ、焼入れを強調する場合、ダイクエンチ、プレスクエンチ、プレスハードニング、プレス焼入れとも呼ばれる。自動車ボディー部品に使用される鋼板としては焼入れ後に最も高い引張強度となるため、衝突時に高耐力が要求されるドアビーム、バンパー、Aピラー、Bピラーなどの骨格部品に採用されている。昨今ではホットスタンプの需要高まりを受けて、ホットスタンプ技術のみを対象とした国際学会も開催されている¹⁾。

◇ ホットスタンプの歴史

ホットスタンプは、1974年にスウェーデンにて開発され²⁾、当初は農具のシャベルやナイフの焼入技術として使用された。その後1983年に欧州で自動車向けとしては初めてドアビームに実用化されたものの、すぐには拡大せず、1990年代後半から衝突安全と燃費改善の両立ニーズを背景として急速に採用されるようになってきた。日本では2001年から量産を開始している。

使用される鋼板の引張強度は1,500MPa級が世界的に使用されており、2012年には1,800MPa級が世界に先駆けて日本で採用となった^{3)~5)}。表面処理に関しては当初は非めっき材が採用されたが、2000年始めにスケールフリー用途や腐食環境での使用ニーズもあり、表面処理鋼板も採用されるよ

うになった^{6)~12)}。

◇ ホットスタンプ用鋼板とその特徴

ホットスタンプは、一般的には水冷や油冷でなく金型での冷却であるため、成形での板厚減少部や、金型設計上密着できない部分においては冷却速度が低下する場合があります、その場合でも焼きが入りやすいようにホットスタンプ用鋼板には焼入性向上元素であるMn、Bが添加されている。自動車ボディー用では、世界的に類似の成分を有する引張強度1,500MPa級が用いられており、この鋼は、単にボロン鋼と呼ばれたり、EN規格¹³⁾に準じて22MnB5と呼ばれたりすることが多い。マルテンサイトの強度は炭素量が支配的であるので、1,500MPa級の強度を得るためには0.21%前後の炭素量が必要である。

昨今の軽量化をさらに進めるために、引張強度1,500MPaよりも更なる高強度化ニーズを受けて1,800MPa級の鋼板も開発され採用された^{3)~5)}。現行1,500MPa材より単純にC量を増加させた場合、強度は向上するものの、靱性が不足し部品として十分な性能が得られない。そのため、1,800MPa級の鋼板は靱性向上のためにホットスタンプ後の旧オーステナイト粒が微細化されている。一般的な1,500MPa級ホットスタンプ材と1,800MPa級ホットスタンプ材のホットスタンプ後の機械的性質を表1に示す。

ホットスタンプは焼入れによる組織形成と成形が同時に行われるため、鋼板の変態挙動を把握し

表 1 1,500MPa級と1,800MPa級の引張特性

鋼種	YS (MPa)	TS (MPa)	EL (%)
1,500MPa級	1,162	1,545	8.0
1,800MPa級	1,267	1,882	7.6

ておくことが重要である。銅の変態挙動の一般的な評価方法として、連続冷却変態曲線 (Continuous Cooling Transformation Diagram) が用いられる。図2に示すCCT曲線は、950℃、5min加熱した後に種々の一定の冷却速度で冷却し、冷却中の熱膨張測定から変態挙動を描画したものである。このCCT曲線によれば、30℃/s以上の上部臨界冷却速度で冷却されれば、第二相が析出することなくマルテンサイト単相が得られ、焼入れが可能となる。しかしながら、ホットスタンプにおける平均冷却速度は一般に30℃/sよりも早いので、マルテンサイト組織でありながら部品の硬さが一定にならない場合がある。実際のホットスタンプでは高温域の冷却速度は速く、低温域の冷却速度は遅くなり、ほぼ一定速度で冷却して測定するCCT曲線とは異なる。特にMs点のマルテンサイト変態開始温度以下での冷却速度が遅い場合、変態したマルテンサイトがその場で焼き戻されるオートテンバ現象が起こるため、硬さが低下することが知られている¹⁴⁾。そのため、添加C量に応じた硬さを得るだけでなく、部品の硬さを安定させるためには、高温域だけでなく低温域でも冷却速度を制御する

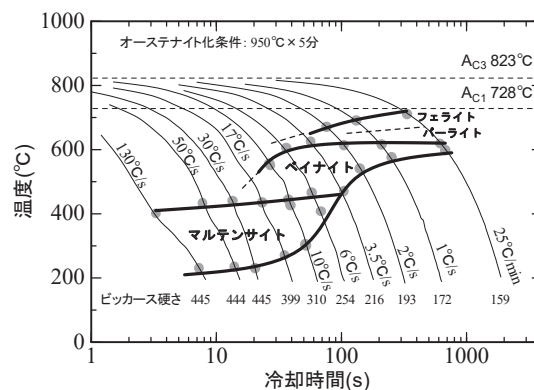


図 2 ホットスタンプ用鋼板の連続冷却変態曲線



図 3 直水冷方式の金型構造

ことが重要である。

冷却の速度と均一性を飛躍的に向上させる技術として、直水冷方式が開発された^{15)、16)}。図3に示すように金型の面にマイクロパターンと呼ばれる凹凸を設けて、金型内部から隙間に冷却水を噴出するとともに、別の箇所から蒸気や余剰の冷却水を吸引することによって、冷却水を鋼板に効率的に接触させる方法である。金型と鋼板の間にクリアランスが生じる箇所でも、冷却水が充填されるため、冷却速度が遅くなることはない。この方式を用いることにより、硬さ低下を押さえられるだけでなく、下死点保持時間を短縮でき、従来方式の3倍のプレス生産性を得ることができる。

◇ 表面処理鋼板

1. 表面処理鋼板に対するニーズ

非表面処理鋼板（裸鋼板）は、一般に非酸化性に調整された雰囲気で加熱されるものの、加熱炉からプレスまでの搬送時の酸化は阻止できず、10 μm 前後の厚さの酸化鉄皮膜（スケール）が生成する。酸化鉄スケールは成形加工によって脱落して金型に堆積するため、金型メンテナンスの頻度が増加するという課題がある。酸化鉄スケールは、スポット溶接性および塗装密着性を阻害するので、ショットブラストによって除去する必要がある。また、酸化鉄スケールが除去された新生表面は活性で錆びやすいため、成形品の輸送や保管のために防錆油塗布や防錆梱包が必要になる場合がある。そのため、裸鋼板の代替として、金型を汚染せず、ショットブラストが不要で、ホットスタンプ後も防錆能がある鋼板が求められてきた。これらのニーズに対し、表2に示す表面処理鋼板が、実用化されている。

2. アルミニウム系表面処理鋼板

ホットスタンプ用として最初に実用化された表面処理は、溶融アルミニウムめっきである^{6)、7)}。Al-10%Siの組成のめっき層は、ホットスタンプの加熱中に母材のFeと相互拡散し、Fe-Al系金属間化合物に変化する。表2に示すように、Fe-Al系金属間化合物は、Fe-Zn系より高い融点を有し、ホットスタンプの加熱中でも安定である。また、Fe-Al系金属間化合物で被覆された成形品は、ショットブラスト等の後処理を行うことなく、実用的なスポット溶接性および塗装密着性を有している。一般に自動車の鋼板部品では、電着塗装前に化成処理を行ってりん酸亜鉛被膜を形成する。加熱後のアルミニウムめっき上には、りん酸亜鉛結晶が形成され難いが、加熱後の粗度が大きいのでアンカー効果が得られ、塗装密着性および塗装後耐食性は良好である。通常のアルミニウムめっき鋼板は、スポット溶接の通電中にめっきが溶融するため、ナゲット形成が高電流側に移行することや電極と反応して連続打点性が劣ることが知られているが、加熱後はめっき層が高融点合金に変化しているため、非めっき鋼板と同様のナゲット形成傾向を示し、連続打点性は良好である。

3. 亜鉛系表面処理鋼板

亜鉛めっきは、自動車用として最も広く使われている表面処理であるが、Znは沸点でさえ910℃と低いので、ホットスタンプへの適用は困難と考えられていた。しかし、めっき表面に酸化膜を形成することでZnの蒸発を抑制することができ、合金化溶融亜鉛めっき（GA）を用いたホットスタンプが実用化された^{8)~11)}。Fe-Zn金属間化合物であるGAめっき層は、表面でZnが酸化されると同時にZnと母材のFeが相互拡散する。皮膜は、一部が

表 2 表面処理鋼板の種類とめっき層の構造

表面処理品種	被膜主要組成	化合物	融点 (°C)
アルミニウム系	Al-Si	Al	660
		Fe ₂ Al ₅	1,171
		FeAl ₂	1,157
亜鉛系	Zn-Fe (GA) Zn (GI)	Zn (η)	420
		FeZn ₇ (δ 1)	665
		Fe ₃ Zn ₁₀ (Γ)	782
		Fe-30%Zn (α)	約950

溶解するものの、加熱時間が長くなると液相はやがて消失し、FeにZnが約30%溶けた固体状態(Fe-Zn固溶相)のみになる。液体亜鉛が存在する状態で加工すると、液体金属脆性(亜鉛割れ)が生じることが一般に知られており、加熱が短時間の場合に熱間加工すると、母材に達する割れが発生する。一方、適正な加熱時間後にはFe-Zn固溶相のみとなって液相が存在しないので、熱間加工しても母材に達する割れは発生しない。

表面に存在するZnO膜は、金型に堆積したりすることはなく、プレス後にそのままスポット溶接、化成電着が可能である^{17)、18)}。リン酸亜鉛結晶はZnO膜の上に形成され、十分な塗装密着性が得られる。また、めっき層にはZnが残存しているので、犠牲防食作用によって耐食性が高められる。

一方、熔融亜鉛めっき(GI)を用いて、加熱時に積極的にFe-Zn固溶相を作らない技術思想のホットスタンプも実用化されている¹²⁾。この場合、ホットスタンプ時に液体亜鉛が存在しうが、予成形方式で生産されているので、熱間での加工歪みが小さく亜鉛割れのリスクはない。

むすび

本報告ではホットスタンプ用鋼板の概要と特徴および諸性能を紹介した。昨今、燃費向上と衝突特性向上の両立のための高強度化ニーズは急速に拡大しており、本報がその一助となれば幸いである。

参考文献

1) CHS2: Proceedings of International Conference on Hot Sheet Metal Forming of High-Performance Steel, 2008, 2009, 2011, 2013, 2015, 2017

2) Norrbottens Järnverk AB: 英国特許1490535号
3) 西畑敏伸、小嶋啓達、小澤正史、中嶋勝司: CAMP-ISIJ, 21 (2008)、597
4) 鈴木貴之、新家年雅、中嶋勝司、西畑敏伸、小嶋啓達: CAMP-ISIJ, 21 (2008)、598
5) 匹田和夫、西畑敏伸、菊地祐久、鈴木貴之、中山伸之: まてりあ、52 (2013)、68-70
6) D. Cornette, T. Hourman, O. Hudin, J. P. Laurent and A. Reynaert: SAE World Congress, 2001, 2001-01-0078
7) 末広正芳、真木純、楠見和久、大神正浩、宮腰寿拓: 新日鉄技報、No. 378、(2003)、15-20
8) 今井和仁、吉川幸宏、土岐保: CAMP-ISIJ, 18 (2005)、557
9) 秋岡幸司、今井和仁、松本雅充、西畑敏伸、小嶋啓達、高山透、菊地祐久、吉川幸宏: 自動車技術会学術講演会前刷集、No. 21-11 (2011)、1-4
10) 中田匡浩、富士本博紀、内原正人、今井和仁、小嶋啓達、総田良之: 自動車技術会学術講演会前刷集、No. 21-11 (2011)、5-8
11) Takahashi, M., Akioka, K., Takebayashi, H., Imai, K., Yonebayashi, T., Nakata, M., Takayama, T., and Kojima, N.: Proceedings of 4th International Conference on Hot Sheet Metal Forming of High Performance Steel, (2013)、453-462
12) D. Copeland and M. Pfestorf: The Body in White of the New BMW 5 Series Gran Turismo, Great Designs in Steel Seminar, 2010
13) 欧州統一規格: EN10083-3 Steels for quenching and tempering
14) 西畑敏伸、小嶋啓達: 鉄と鋼、96 (2010)、378-385
15) 福地弘、野村成彦、瀬戸厚司: 自動車技術、68 (2014)、111-112
16) Nomura, N., Fukuchi, H. and Seto, A.: Proceedings of 5th International Conference on Hot Sheet Metal Forming of High Performance Steel, (2015)、549-557
17) 秋岡幸司、今井和仁、松本雅充、西畑敏伸、小嶋啓達、高山透、菊地祐久、吉川幸宏: 自動車技術会学術講演会前刷集、No. 21-11、(2011)、1-4
18) 中田匡浩、富士本博紀、内原正人、今井和仁、小嶋啓達、総田良之: 自動車技術会学術講演会前刷集、No. 21-11、(2011)、5-8

3. 冷間プレス成形と課題

(株)エイチワン 開発技術センター よし だ
金型技術部金型設計ブロック企画グループ 吉 田 ゆうざ

まえがき

私たちの日常生活におけるほとんどの工業製品、商品は、プレス加工を施されたものばかりです。加工技術が進化するにつれ製品の軽量化や小型化が進み私たちの生活が一段と向上してきました。また、エイチワンが生産している自動車部品も日々進化しており、お客様の要望や地球環境変化に伴い低燃費化、軽量化が進んでいます。そのため、自動車部品の材料は薄く、硬くいわゆる、ハイテン材（高張力鋼板590Mpa以上）の適用拡大が進んでいます。我々エイチワンにおいても2004年以降は80%がハイテン材となっており成形技術、加工技術開発を進めています。ハイテン材の成形技術、加工技術においても冷間プレス成形の考え方は軟鋼板であっても同じプロセスを考えなければなりません。本稿における記述は基礎的な知見や経験を元に書かせて頂き研究的な成形技術の要素は控えさせて頂いた。

◇ 冷間プレス成形の概要

冷間加工（英語：Cold Forming）とは塑性変形を利用した加工方法で常温もしくは材料の再結晶温度未満で行われる加工を言う。再結晶温度以上で行われる熱間加工に比べると温度変化がないため精度がよく、加工硬化によって強度が上がるなどの利点がある。しかしながら、加工によっては大きな力（成形荷重）が必要で、製品の材料内部に残留応力が蓄積されるといった欠点や加工に大きな力をかける必要もあります。

一般的に、冷間プレス加工は3つの要素で構成

されます。

- ①プレス機械：金型を使い加工圧を発生する装置。
- ②プレス金型：製品形状と規格された精度寸法を出す工具で上型、下型に分かれている。
- ③被加工材（材料）：製品となる材料。主に鋼板である。

この3つの要素は図1のように配置される。冷間プレス加工では、プレス機械は加工力を金型に加え、その力によって金型は製品形状と寸法を被加工材に転写して製品を得ます。

プレス加工には切断、分離をする加工と、材料の塑性を利用して形状を作る成形加工に分類されます。切断、分離加工や成形加工で作られた製品を組み立てる接合加工もあります。図2に示すように1つの部品を作り出すための加工工程の関係を示す。

- ・切断加工はブランピング、穴あけ、分離、切欠きなどがあり主に部品の外形寸法を作り出

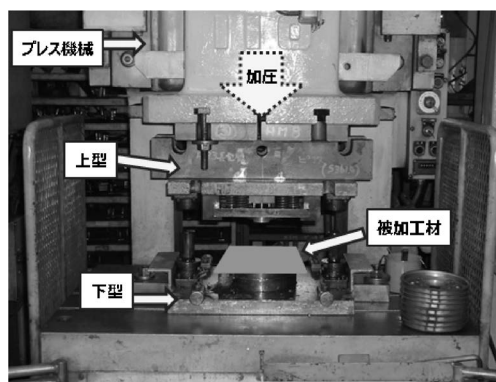


図 1 プレス加工3要素の関係

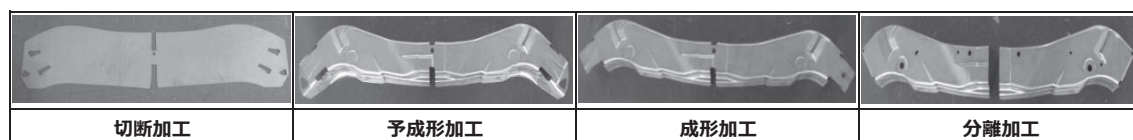


図 2 プレス加工工程の関係

- ・予成形加工とは、部品の形状が複雑で精度保証が困難な場合で成形工程前に予備の成形加工を行う時に行います。
- ・成形加工は、部品の寸法精度を保証する工程となります。
- ・分離加工は、部品外の部位を切り離し最終の部品として払い出す工程となります。

その他にプレス加工の一般的な種類として図3に示す分類に別けられます。

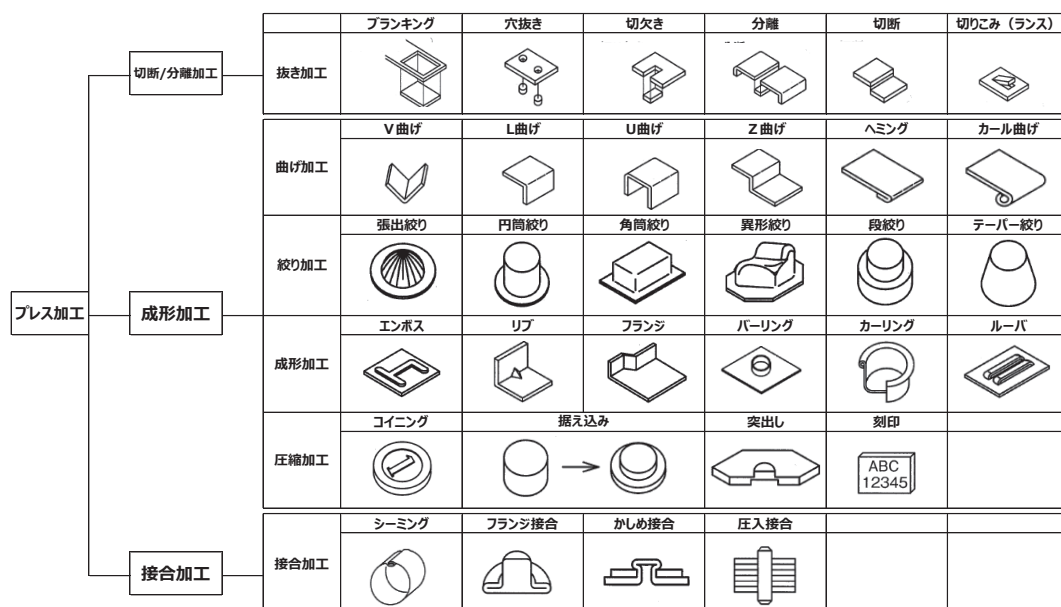
このように部品をプレス加工行い生産するめ為に様々な工程を組み込んでゆき工程プロセスを完成させていきます。それらの工程プロセスが生産する為の最適な選定になっているかも検証することが重要な作業プロセスと言える。プレス部品を生産する工程プロセスを決めるのに必要な要素として材料、金型、プレスマシンがあります。材料寸法ではスクラップとなる量を少なくし最適な材料取り（歩留り）を行います。金型では、先ほどの加工工程の中から最適工法を検証し設定します。

最後にプレスマシンになり金型の加工工程から必要な成形荷重、工程数で設定できるプレスマシンに充当させます、それはつまり材料費、金型費、プレス加工費となり部品の生産単価として表れてきます。私たちは生産する部品の生産単価も十分に検証しプレス加工工程と品質保証を実現しています。

冷間プレス加工における問題としては成形加工時の不具合が多く、亀裂、しわ、寸法精度不良が主に上げられる。量産部品で発生した場合は多くの損失をもたらす、金型自体の損傷に至ることもあります。プレス加工では不具合の発生をできる限り軽減しリスク検証を重ね防止する必要があります。

成形性不具合における主な事象として、しわ、しわ重なり、かじり、亀裂、バリ（せん断不良）が上げられます。図4は実際に成形加工時、せん断加工時に発生した代表事例です。

しわは、成形形状周辺の変形が大きい部分で、



2017年5月

材料が部品の一部に寄せられて座屈を生じたもので部品の精度、外観に重要な不具合をもたらします。

しわ重なりは、しわが発生した状態で更に成形を進めた結果、材料と材料が重なり潰れたもので部品としての機能も保証できません。

かじりは、すべり傷のようなもので材料の移動方向に明白な線状の傷が生じたもの。特に材料と金型との間に部分的な焼付きを起こし材料のむしれを生じたものです。部品の外観にも繋がり金型の損傷も生じます。

亀裂は、部品の末端で生じるもの（＝伸びフランジ割れ）と、部品の内部に生じるもの（＝張り出し割れなど）があり、図4の事例は部品の末端で亀裂が起きたものです。部品形状に成形する過程で材料が部品形状までの伸び量が不足すると亀裂となってしまいます。部品に直接生じる不具合の為そのままスクラップとして廃棄されてしまいます。

バリ（せん断不良）は、パンチとダイとのクリアランス（隙間）値の適正不足によるものと金型のパンチ、ダイの精度不良によって生じるものです。バリはリワーク（修正）にて部品として使用可能になりますが大量に発生してしまうとリワーク費用が負担になる為、金型メンテナンスを定期的に行い最適クリアランスを保つ必要があります。

このように、プレス加工における不具合では成形加工とせん断加工が主に上げられます。

これ以外の不具合として上げられるのは寸法精度不良で主な原因はスプリングバックとされています。スプリングバック時の曲げ成形は、圧縮応力と引張り応力が1枚の板の表裏に同居した変形のことを言います。

このため、必要な角度まで曲げても圧力を除くと反力によってはねかえってしまいます。

これを、スプリングバックと言います。

スプリングバック量は一般に角度で表されます

が、その量は、材質、板厚、加圧力、曲げ半径などの条件で変化するので、正確に予測することは高い技術が必要になります。

それらのことを予測技術と呼ばれています。高い予測技術を構築することでスプリングバックの変位から必要な加工工程を設定することができます。

また、成形加工時の不具合としてしわ、亀裂が上げられますがそれらも事前に解析することができます。図5に示したものは成形加工工程の金型設計前にCAE解析（Computer Aided Engineering＝コンピューター支援設計）を行います。CAE解析は部品形状と成形条件から成形途中の材料の動きを確認し成形時の不具合を洗い出します。そこから必要な対策を行い部品形状の変更（設計変更）をします。部品形状の変更でも解決しない場合は加工工程を増やし工程変更をします。また、金型構造で対策を取る場合もあり量産時には不具合を発生させない加工工程を成立させています。その為、成形加工における事前検証、CAE解析を十分に行うことが不具合を出さない一つの手法と言えるでしょう。しかしながら、CAE解析ではしわ、亀裂の検証はできませんが、せん断加工や分離加工、穴あけ加工の不具合については事前に見ることができません。せん断加工、分離加工における主な不具合は部品側に発生するものとして、バ

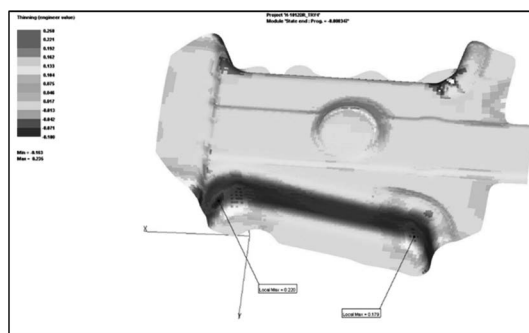


図 5 CAE解析画像（実事例）



図 4 成形不具合 代表的事例

リ（せん断不良）になります。前述にも説明したクリアランス不良でバリが発生します。クリアランス値が狭い（隙間が小さい）と、パンチとダイ刃先より発生するクラックが一致せず一部の材料が余ってしまう、パンチが更に食い込むと余った材料が削られ光った面が2段になって現れてきます。（2次せん断と言う）金型の損傷や、かすバリの原因になります。クリアランス値が大きいとパンチとダイの隙が大きい為引きちぎられたようになります。バリが大きくなり製品精度が不安定になります。その為、バリ不良における対策として金型での調整／メンテナンスを計画的に行うことで解決していきます。せん断加工で一番危険な事態としては金型の切り刃破損になります。部品の生産中に金型の切り刃が破損した場合は即生産中止となり取引先、客先含め納品ができなくなります。その為、対策として適切な金型の鋼種選定と硬度管理になってきます。加工部品の材料がハイテン部品（高張力鋼板590Mpa以上）になってくると金型の鋼種はダイス鋼（合金工具鋼）にするなど選定が必要になります。それに付け加えてその鋼種の硬度が規定値になっているのかを確認し管理することも重要な対策となります。

図4 成形不具合の中でかじり不具合があります。かじりは、金型と被加工材との摩擦や材料移動方向に当たり傷が発生したものになります。特に被加工材でSPC材は被膜処理が施されていないため成形加工時の摩擦が大きくなりかじりが発生

します。その為の一つの対策として金型パンチ、ダイ側の方に被膜処理、いわゆる表面処理（コーティング）を行い摩擦の軽減し、かじり対策を行います。かじり対策の表面処理は加工工程にも影響されるため金型製作過程で金型トライを行いながら表面処理を行います。ここで注意しておくべきことは施したい金型パンチ、鋼材 部位が表面処理を施せる鋼種になっていることです。かじり対策はプレス加工工程を設定する段階でかじりの有無を予測して金型設計図に表面処理可能な鋼材適用を行うことです。

むすび

本稿では冷間プレス成形とその課題について事例をもと記述してきた。それは超ハイテン材部品問わず一般材から広く成形性における加工工程やその課題と対策の流れを紹介させて頂きました。

超ハイテン材部品の増加が現実に進んでいる技術開発の中であるが、成形性や加工工程においてはその対策やプロセスが十分に検証されること、不具合や課題について高い予測ができることが不可欠である。それらを実現することで超ハイテン材部品の金型作りも可能となり高精度、安定生産に繋がるものだと考えています。

参考文献

- ・ 山口文雄 著（2010）プレス金型設計の基本実務
- ・ アイダープレス研究会 著（2000）知りたいプレス加工
- ・ 林央 著（2010）難成形材のプレス加工 高張力鋼板

4. ホットスタンピング成形と課題

(株) ア ミ ノ あ み の ま さ あ き
代表取締役社長 網 野 雅 章

◇ ホットスタンピングの概要

近年自動車に対する安全基準が厳しくなっている。軽自動車でも日本新車アセスメントプログラム（JNCAP）で五つ星を獲得する車種も出て来ているが、日本での規格に加え米国道安全保険協会（IIHS）による自動車アセスメントでの評価も重要視されている。安全性向上を考える上では衝突しない（プリクラッシュブレーキ等）・衝突しても安全を確保する（エアバック・シートベルト等）・衝突しても壊れない（キャビン剛性向上等）の大きく分けて3つの方向性で開発が進んでいる。また、地球温暖化対策として燃費向上を行う必要があり、安全性能向上と軽量化という、相反する事象を満たす必要がある。そこで近年採用が増えているのが、高強度により材料板厚を薄く（軽量化）出来るホットスタンピングである。本稿では加熱する事で材料を軟化させて成形性を向上し、金型内にて焼入れ（急冷）を行う事で超高強度を得ることが出来るホットスタンピングについて紹介する。

◇ ホットスタンピング工程の概要

基本的なホットスタンピング工程を図1に示す。まず焼入れ用鋼板のコイル材を適当な形状に打ち抜く。抜かれたブランクを高温炉でオーステナイト変態温度以上に加熱し、搬送装置にてプレス内へ投入する。金型を下死点で加圧保持し、急冷し

て焼入れする。金型で急冷するため、ダイクエンチングと呼ばれており、ホットスタンピングにおける特徴的な工程である。酸化防止のためのコーティングをしていない非めっき鋼板では、その後に酸化スケールを除去するショットブラスト工程が入る。また一般的な冷間成形ではトリム・ピースをプレスで成形する事が多いが、ホットスタンピング工程では焼入れ後の成形品強度が高いため金型寿命が極端に短くなるため、レーザ工程を採用されることが多い。

◇ 各工程の種類と課題

1. 加熱工程

ホットスタンピングに使われる加熱方式はガス燃焼式、電熱ヒータ式等がある。ガス燃焼式では酸化スケール発生量の低減が可能、電熱ヒータ式ではコスト低減可能といった特徴がある。加熱炉の形態としては、ローラ移送式、バッチ式（多段積層式）、通電加熱式がある。ローラ移送式は搬送経路が単純でプレスへの搬送時間が短くなる。ローラとの接触部が連続的に変化するため温度が均一になり、板材のひずみも小さい。しかし、エネルギー消費量および設置面積が大きい、ローラの摩耗による保守時間が長い、加熱時間は180～350秒程度と比較的長いなどの問題点がある。バッチ式は遠赤外線加熱炉を積んだ構造等があり、装置はかなり小型になり、省エネルギーになる。炉内でブランクの移動がないため、ローラの摩耗問

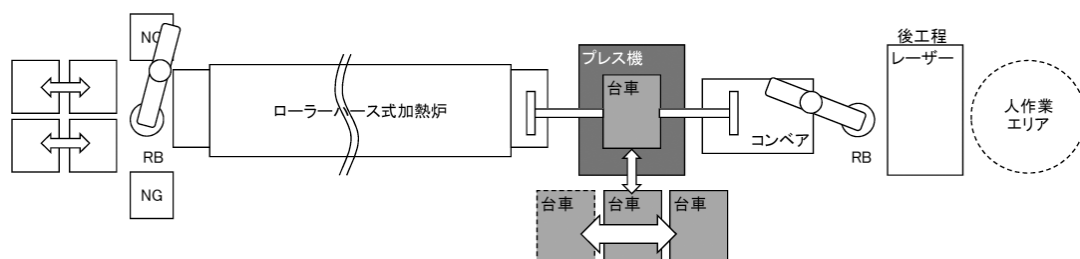


図 1 工程概略

題がなくなり保守が簡単になる。しかし、プレス機への搬送が上下方向への動きも加わる事で複雑になり、搬送時間が長くなる問題点がある。通電加熱式はさらに装置が小型になり、加熱時間は数秒程度と急速加熱ができ、プレスへの搬送時間が短くなる。しかし、矩形の板材しか均一に加熱できない問題点がある。最近ではローラ電極を動かしながら電力量を制御するなど非矩形材を通電加熱する方法が考案され実用化されつつある。

2. 搬送工程

高温炉によって加熱されたブランクはプレス機内の金型に搬送されて成形され、成形後に金型から取り出される。高温炉から金型へのブランク設置および成形品の金型からの取り出しにおいて、搬送装置が必要になり、ホットスタンピングのサイクルタイムを向上するためには搬送時間の短縮が必要になる。搬送にはロボットが一般的に使われ、自在な搬送ができるが搬送時間は比較的に長くなる。単純な搬送経路では、シートフィーダを使うことによって金型への設置および金型からの取り出しの搬送時間をさらに短縮できる。

3. プレス工程

ホットスタンピングプレスとして必要な性能は、

①材料がプレスへ投入されてから型を閉じるまでの空冷時間を短くする。②型を閉じてから成形力が発生するまでの成形時間を短くする。③急冷を行い、形状凍結を行う迄の加圧保持性能を有する。以上3項目が重要である。ホットスタンピングでは、加圧保持性能と圧力制御のしやすさから油圧式プレスが一般的に使用されるが、加工速度が遅く生産性は低い。また、弾性体である圧力媒体を使うため、大出力を発生する時間が必要になるなど応答性が高くなく、油の管理やメンテナンスも必要になる。そこで近年では、サーボモータ駆動の機械式サーボプレスが高速でスライドモーションを制御できるため、活用され始めている。しかし一般的な機械式プレスでは加圧保持時間に制限がある事と、ホットスタンピング独特の熱収縮による下死点位置の変化を調整できない問題がある。図2に示す様な弊社の機械式サーボプレスはサーボモータで数値制御を行い、減速機を介してメインスクリュウを回転させ、特殊駆動ナットを上下動させる事により出力を発生させている。リンク機構を採用し増力する構造は必要となるサーボモータ容量の低減に貢献している。主駆動に油圧シリンダが無い為、圧縮媒体の油、バルブの切替え時

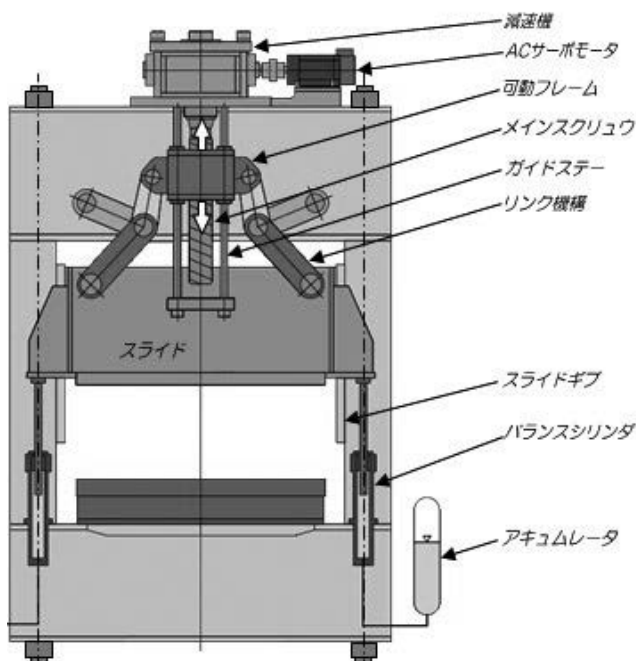


図 2 MLSP

間が無くなり、大出力の発生時間が大幅に改善されている。また、上下動させる機構を採用しているため、発生出力をフィードバック補正し適正な出力での成形を可能とすることで製品品質安定化に寄与している。

4. 冷却工程

ホットスタンピングにおける冷却工程は超高強度を得るための品質に大きく関わる。図3に加熱炉から成形完了までの材料温度履歴（左）と、冷却速度による組織変化を表す連続冷却変態線図（右）を示す。目的とする超高強度を得るためにはマルテンサイト組織に変態させる必要があり、 $30^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上で急冷する必要がある。しかし生産を行うと材料を急冷すべき金型温度自体が高くなり、十分な冷却速度が得られなくなる。そこで金型を効率よく冷やす工夫を熱解析等も活用しながら各社検討している。

近年では材料自体に冷却水を直接かけることで急冷する方法を採用している事例もある。直接的に冷却水かけることから直接冷却方式と呼ばれ、対して金型内に冷却水を通水して金型温度を制御する方式の事は、間接水冷式と呼ばれている。

5. 成形の特徴と課題

ホットスタンピングでは、鋼板が加熱されるこ

とで延性が大きくなり、成形性が向上される。冷間プレス成形では、成形性は材料特性に依存するが、ホットスタンピングでは温度分布が大きく影響を及ぼすこととなる。特に成形途中における金型接触部と非接触部の温度差が成形良否に与える影響を考慮する必要がある。

図4に示す様に、冷間プレス成形では、鋼板の強度とともに成形荷重が大きくなり除荷時の弾性回復が増えて形状凍結性が低下する。ホットスタンピングでは急冷のための下死点保持時にマルテ

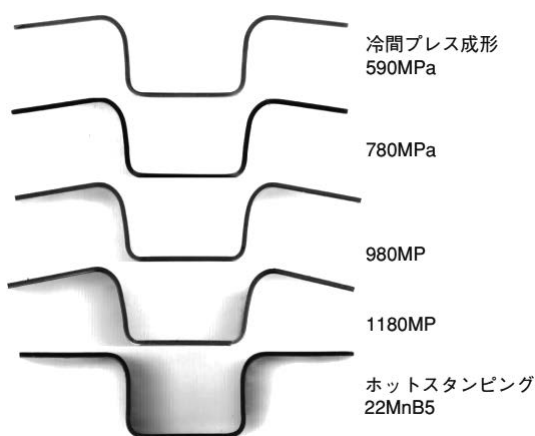
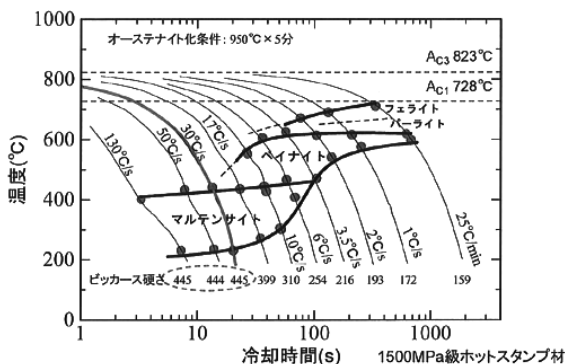
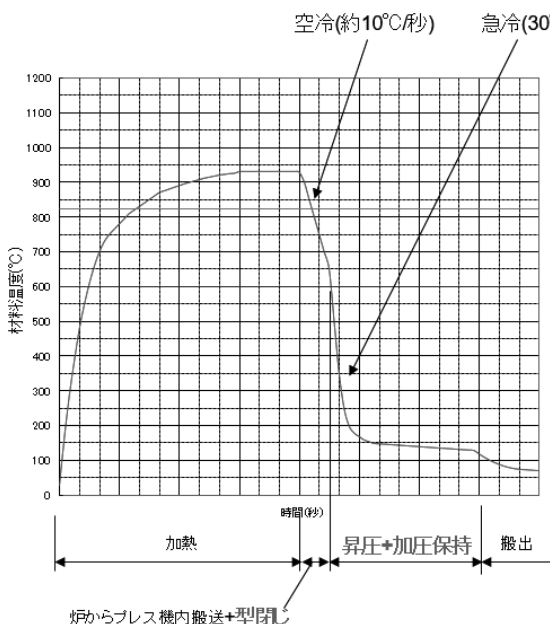


図 4 スプリングバック



連続冷却変態線図

図 3 温度履歴

ンサイトへ変態すると、弾性回復を引き起こす残留応力がほとんど生じなくなるため、非常に形状凍結性が良い。

金型は一般的に、熱間鍛造金型用材料SKD61で製作されることが多い。求められる性質は熱伝導性・熱間強度・耐摩耗性・韌性のバランスとなる。非めっき材では金型摩耗が問題になり、めっき材ではめっき層の凝着が問題になる。各々、窒化処理や表面処理によって対策を施す必要がある。

6. トリム・ピアス方法の種類と課題

ホットスタンピングでは、温度収縮の影響があるため、高い形状精度が必要な部分はホットスタンピング後に穴あけ、トリミング加工が行われる。ホットスタンピング成形品は非常に高強度であるため、一般的なプレスを使用した場合、金型の刃やピンの消耗が激しく、また遅れ破壊（時間が経ってから発生する割れ現象）の危険性も高まる。そこで高精度であるレーザ切断が一般的に用いられている。

しかしレーザ切断では生産性が低く高コストになっている。特に車体骨格部材では取付けや軽量化のために多数の穴が開けられるため、出来るだけ最小限に抑える事が重要となる。そこで最近では高い形状精度を必要としない部分には、ホットトリミング（ホットスタンピング成形中にトリム・ピアスを行う）の採用が増えている。他には穴抜き加工部のみ焼入れを防止し、後工程で冷間穴抜きする方法等もある。

7. 生産性

一般的な冷間プレス成形に比べ、ホットスタンピングではダイクエンチングを行う必要があるため、生産性が低い問題がある。対策として多数個取り（プレスが一回動くと複数個の製品が成形出来る）を行う事例も増えている。特に自動車部品においては左右対称品が多いため、2個取りや4

個取り等の偶数倍で実生産されている。同様に搬送装置も多数個取りに対応した構造を考える必要がある。炉加熱に関していえば、必要となるブランク数が2倍、4倍となる為、ローラ移送式では全長を同倍で伸ばす必要が出てくる。最近では加熱炉を2列、または上下2段にして設置面積の縮小に取り組んでいる。現状のホットスタンピング設備としては、6SPM（一分間に6回プレスが成形する）且つ4個取り（1回のプレス成形で4個の製品が出来上がる）が最速だと思われるが、各社材料メーカ・設備メーカ・金型設計等、更なる生産性の向上に向けて日々努力されている。

◇ ホットスタンピングの纏め

ホットスタンピングは高強度な自動車部材を製造する加工法で、焼入れ鋼板を900℃程度に加熱してプレス成形し、プレス機械の下死点で常温の金型ではさみ込んで急冷し、焼入れを行う方法である。本稿ではホットスタンピングの概要や鋼板特性、プレス成形技術、ダイクエンチング特性、加熱・加工装置、後加工の方法などホットスタンピングの概要について纏めた。

現状で自動車部材生産の一部でしか適用されていないが、本技術を拡張して新しい適用分野が生まれる事も期待している。プレス成形では難加工材など厳しい加工がますます要求されており、それを解決するキーワードの1つが板材の加熱にあると考えている。

ホットスタンピング技術はヨーロッパの自動車メーカが先行しているが、日本においても新しい技術の開発が進んでいる。

参考文献

日刊工業新聞社「ホットスタンピング入門 自動車軽量化に向けた超高強度鋼部材成形法」森 謙一郎 著

Ⅲ．高張力鋼板の成形に用いられる 金型用鋼とその周辺技術

1．冷間プレス金型用鋼

日立金属(株) 安来工場 しょうじ たつや
ソリューション&エンジニアリングセンター 庄 司 辰 也

まえがき

世界的な気候変動や良質な原油リソースの偏在化を背景に、2020年代前半から自動車の新たな排出ガス規制（CO₂排出規制、燃費規制）が実施されようとしている。特に普及台数の多い普通乗用車においては、車重が100kg減ると1km/lの燃費低減に繋がることから、軽量素材への置き換えが進んでいる。自動車部材として有望な軽量材料の内、2030年にかけて最も高い伸びを示すと考えられているのはハイテンであり、ハイテンの高強度化と成形技術の深耕は、世界的なトレンドである。ハイテンの成形技術は、加熱したワークを金型に密着させて成形と焼入を同時に行うホットスタンピングが欧州を中心に拡がりを見せるものの、タクトタイムの長さがネックとなることから、国内のプレス金型は、冷間成形が主体であり、高負荷成

形に対応するために金型への表面処理が一般的になっている。本稿ではこうしたハイテン成形に用いられる冷間プレス金型用鋼について、概要と選択の考え方、要求特性について紹介する。

◇ 金型材選択の考え方

冷間プレス用金型材は金型への負荷により選択される。負荷の軽微なものから順に、鋳物、フレームハード鋼、冷間工具鋼、高速度工具鋼が適用される。図1に成形で重要な耐圧強度および耐摩耗性と、靱性で整理した金型材の特性位置付けを示す。図中で、冷間工具鋼はSKD11、SKD11改良鋼に分類される。また、高速度工具鋼はハイス、マトリックスハイス、粉末ハイスに分類される。小物部品で負荷が厳しい部位には高速度工具鋼を適用することが多い。また、特に成形負荷に耐えられない部位には表面処理を適用する。

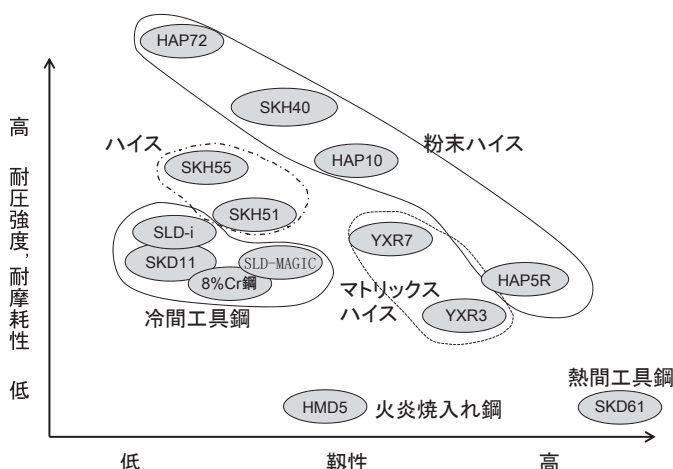


図 1 プレス金型材の位置づけ

被加工材であるハイテンの強度別に整理すると、590MPa級以下にはSKD11が主に使用され、金型への負荷状況や要求される型寿命に応じてSKD11改良鋼や高速度工具鋼が適用される。780MPa級以下にはSKD11改良鋼の必要性が高まり、980MPa級やそれ以上の引張強度を持つ超ハイテンでは、金型材のみで成型の負荷に耐えられないケースが多いため、表面処理の適用が必須となる。

◇ 冷間プレス用金型に使用される鋼種

1. フレームハード鋼

火炎焼入鋼とも呼び、金型をバーナーであぶり、表面のみ焼入硬化させて使われる。表面の硬さは55～60HRCとなるが、耐圧強度、耐摩耗性が不足するため、主に負荷の小さい金型向きであり、ハイテンには以下に述べる冷間工具鋼が使用される。

2. 冷間工具鋼 (SKD11、SKD11改良鋼)

基本鋼はSKD11である。1% C-12% Cr系であり、硬いCr系炭化物を多量に含む。SKD11の特徴は、①Cr系炭化物により耐摩耗性が良好、②焼入性に優れる、③熱処理による変形や経年変化が少ない、である。SKD11は主流鋼のため②、③の熱処理については、多くの専門メーカーで処理条件が確立されている。なお、JIS鋼であるSKD11に対して、欧米ではAISI D2またはDIN1.2379が冷間工具鋼の主流となっており、日本を除く東アジア地域でも一部流通している。成分、特徴は概ねSKD11に近い。

SKD11改良鋼は、JISに定められた成分からは外れるが、SKD11と同等の焼入条件で使用できる冷間工具鋼であり、被削性、靱性、高温焼戻し硬さを改善したものが特殊鋼メーカー各社より販売されている。以下に代表的なものを列挙する。

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、靱性、被削性は向上するが、耐摩耗性は低下する。Moの増量により高温焼戻しにおける析出炭化物を増やし、焼戻し硬さを62HRCまで上げている。

被削性重視冷間工具鋼は、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S(硫黄)を添加してMnSを生成させ、被削性を改善している。板金プレス型などの加工コストを重

視する金型を中心に採用されている。

マトリックス系冷間工具鋼は、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、被削性や靱性、熱処理変寸の異方性(素材長手方向と幅方向の変寸量の差)の少なさを特徴とする。

冷間工具鋼は、焼入焼戻しの熱処理によって60HRC前後に調整して使われる。焼戻しは低温焼戻し(焼戻し温度200℃前後)か高温焼戻し(焼戻し温度500℃前後)の2種類が主に選択されるが、ハイテンは成形中に加工熱を生じることがあるため、金型の温度上昇による使用中の焼戻しによる硬度変化を防ぐ観点から、予め高温焼戻ししておくことが望ましい。板厚が厚い場合や高負荷な成形の場合はSKD11で不十分なこともあり、SKD11改良材を適用することもある。

3. 高速度工具鋼 (ハイス、マトリックスハイス、粉末ハイス)

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として耐摩耗性、耐熱性を増したSKH57などがある。粉末ハイスは、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で、JISにはSKH40が登録されている。

マトリックスハイスは、ハイスの炭化物量を低減し、その分布を改善した材料である。ハイスや冷間工具鋼より靱性に優れ、割れやすい用途に使用される。冷間工具鋼の標準使用硬さ(約60HRC)に対応する標準タイプ、SKH51に対応する高硬度タイプ、温熱間用途にも対応する高靱性タイプ(～58HRC)がある。

高速度工具鋼は冷間工具鋼に比べると焼入性が悪いため、用途はパンチやダイなどの比較的小さなものとなる。

◇ 要求される特性と現状課題への対策

プレス金型を用途別に分類すると曲げ、絞り成形型と抜き型(切刃)がある。曲げ、絞り型は高い成形圧がかかり、金型が塑性変形するリスクが高まる。また、被加工材と金型との摺動によりカジリが生じやすくなる。カジリとは摺動し合ういずれかまたは両方の面において化学的に活性な表

面がつくられ、それが相手側に強く凝着して固着したり、それによっていずれかの面の構成物質が引きはがされ、相手側の面に移着する現象をさす。したがって、曲げ、絞り型に用いる金型材には特に強度と耐カジリ性が要求される。切刃は主に欠けが問題となるが、強度不足、靱性不足、カジリによる成形での抵抗増大によるクラック発生など、さまざまな要因があり、それらに応じた特性向上が必要となる。

ハイテンは高強度であるためプレス成形面圧が高まり、金型への負荷が増大する。また、強度がより高い超ハイテンにおいては、スプリングバックが大きく、冷間プレス成形時の形状保持が難しくなる。そのため、現状では冷間プレス成形できる上限は1,470MPa級である。プレス金型材に求められる材料特性は、①強度（硬さ）、②耐摩耗性（耐カジリ性）、③靱性（耐欠け性）に加え、④表面処理性が挙げられる。以下にそれぞれの特性について解説する。

1. 強度（硬さ）向上

金型材の硬さを上げることが有効である。一般にはSKD11で得られる58～60HRCで十分であるが、より高硬度が必要な場合は8%Cr鋼（62HRC）が使われる。8%Cr鋼は炭化物が少なく、被削性が改善しているため、金型加工の効率向上にも寄与している。一方で、Mo量を増やしているため、高温焼戻しにおいて熱処理変寸が大きくなる問題

がある。

2. 耐摩耗性（耐カジリ性）向上

SKD11改良鋼などの使用が考えられる。一例としてSLD-MAGICやSLD-iが挙げられる。図2にカジリ試験結果を示す。本試験条件においてSLD-MAGICやSLD-iは、SKD11や8%Cr鋼より耐カジリ性が良好である。さらなる耐カジリ性向上には表面処理が必要である。

金型は成形だけでなく製作のしやすさもトータルコスト削減対策として有効である。金型制作では被削性と熱処理変寸が主に重要となる。熱処理変寸が小さいと仕上げ加工での調整が少なくなる。SLD-MAGICは材料中の炭化物分布の適正化により、耐カジリ性に加え被削性も向上させている。また成分調整により熱処理変寸の低減とバラツキ低減もなされている。SLD-iは、AISI D2成分でありながら、炭化物サイズと分布の適正化により、耐摩耗性のみならず熱処理変寸の低減と熱処理変寸異方性の低減がなされている。

3. 靱性（耐欠け性）向上

まず鋼材の硬さを下げることが考えられるが、強度不足による欠けの懸念もある。そのためSLD-MAGICなどで低温焼戻し（200℃前後）を行うこともある。これは高温焼戻しに比べ靱性が高いためだが、前述したように加工熱による金型表面の昇温により、軟化する懸念がある。そこで炭化物の少ないマトリックス系冷間工具鋼を高温焼戻し

ダイ肩にカジリが発生する限界のしわ押さえ力を求め、耐カジリ性を評価

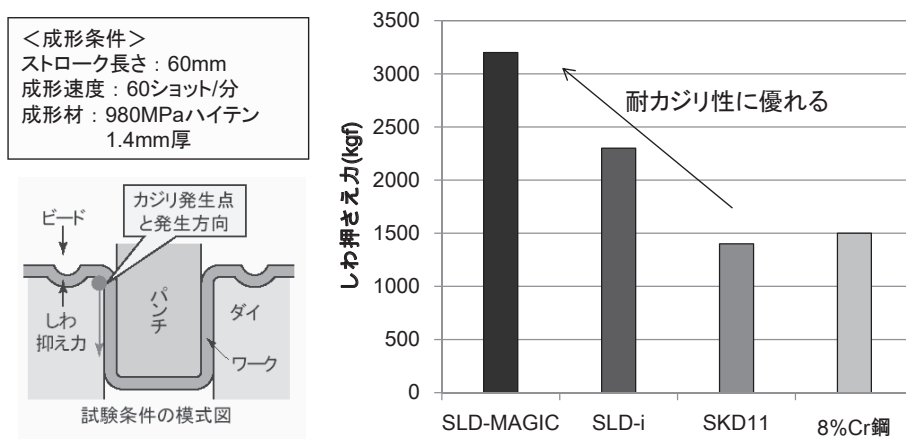


図 2 金型材の耐カジリ性

で使用することが考えられる。炭化物を多く含まないため、靱性は向上し、Moによる軟化抵抗改善のため、使用中でも安定した硬さを維持できる。

4. 表面処理性向上

表面処理にはTRD処理やCVD処理、PVD処理などが使用される。TRD処理やCVD処理は、鋼材の焼入温度に近い温度での処理を行った後、焼戻し（一部はその前に再焼入）して使用される。これらの処理は繰り返して使用される。

図3は繰り返しCVD処理後の膜の密着性をスクラッチテストによって調べた結果である。鋼種により膜の密着性が異なる。CVD処理は鋼材中の炭素を用いて膜を作るが、繰り返し処理を行うと基材の表面近傍の炭素が少なくなり、硬さが低下する。そのために膜の密着性が低下すると考えられ

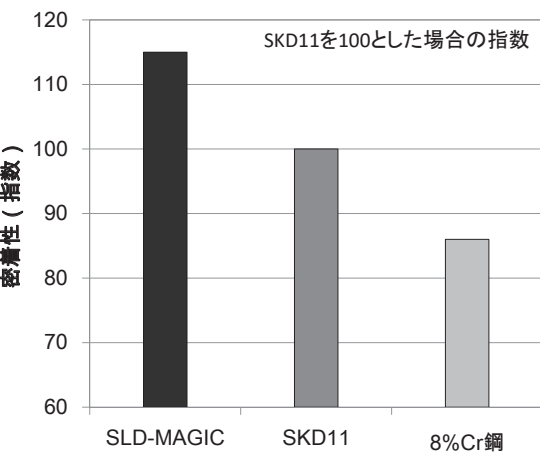


図 3 繰り返しCVD処理後の膜の密着性

基材	炭化物の 体積率(%)	コーティング後 素材硬さ(HRC)
マトリックス 鋼	<2	58.3
		60.1
		60.5
		60.8
8%Cr鋼	5.5	59.9
SKD11	11.5	60.8

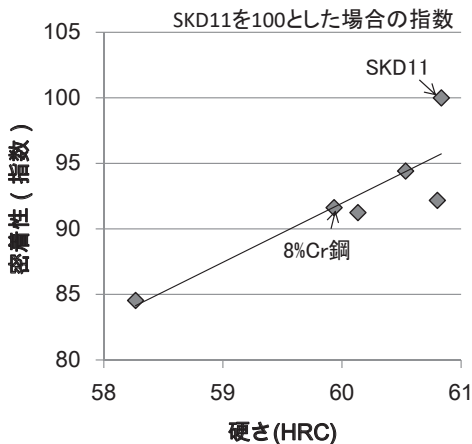


図 4 基材表面硬さとPVD膜の密着性

る。図よりSLD-MAGICの密着性が良好である。繰り返し処理での基材の炭素量低下を少なくする成分設計によると考えられる。

PVD処理は、TRD処理やCVD処理に比べると密着性に劣る反面、高温焼戻し温度に近い温度での処理であるため、処理後の熱処理変寸が極めて少なくなる特徴がある。PVD膜の密着性に最も影響する基材の特性は表面硬さである。図4に基材表面硬さと密着性の関係を調べた結果を示す。密着性は、鋼種にかかわらず基材の表面硬さとの間で良い相関を示した。金型の使用環境においては、成形中に発生する摩耗粉やワークのしわ寄せなど、局所的に面圧が高くなる部位が存在する。特にこの面圧が高い場合に、金型は強度に耐えられず、基材から塑性変形が起こる。硬質皮膜を被覆した金型では、基材の塑性変形に皮膜が追従できなくなり、硬質皮膜内にクラック等が発生し皮膜剥離に至る。実際の板金プレス金型では、成型面への異物かみ込み等の局所的なダメージがPVD膜剥離のきっかけになっていることが多い。従って、基材となる工具鋼に含まれる炭化物の多少にかかわらず、基材硬さの低下がPVD膜の剥離しやすさに影響すると考えられる。皮膜剥離を抑制するには、基材強度を向上させることが好ましい。冷間ダイス鋼は、Mo、W、V等に代表される合金元素の添加による二次硬化（焼戻しによる合金炭化物の析出強化）を利用して、PVDの処理温度である500℃近辺でも軟化せずに基材として成り立っている。したがって、基材硬さを上げるためには、こ

うした合金元素を多く含む鋼を高温焼戻しして用いれば良い。しかし、合金元素の添加量が増すと、マルテンサイト変態点が降下し、オーステナイトが化学的に安定化する結果、焼入後の残留オーステナイト量が増える。高温焼戻しにおける残留オーステナイトは、ある程度疲労寿命向上に寄与するが、焼戻し後に加工（切削、放電）する場合、発生する熱によって急激に分解（マルテンサイト変態）し膨張するので、金型内に引張応力がはたらき、割れを誘発する。また、室温でも数ヶ月かけて分解し、寸法変化を起こすリスクもある。400℃以上の高温で焼戻す場合、残留オーステナイト量は経験的に5vol%以下であればリスクが少ない。このことを踏まえて、使用する各鋼種に応じ

た焼戻し温度を適切に選定することが、硬質皮膜の密着性を高め、プレス金型の寿命向上に寄与することができる考える。

むすび

ハイテン成形に用いられる冷間プレス金型用鋼について、鋼種毎の特徴と選択の考え方、曲げ・絞りなどの成形について要求される特性について紹介した。特に硬質皮膜の密着性は鋼種の選定のみで決まるものではなく、被加工材による金型への負荷を見極め、基材の特性を掴んだ上で鋼種と熱処理条件を適切に選ぶことが重要である。

※「SLD-MAGIC」「SLD」「HAP」「YXR」「HMD」は、日立金属（株）の登録商標です。



2. 冷間せん断に適した金型用鋼

大同特殊鋼(株) 工具鋼事業部 企画開発部ソリューション室 ます だ てつ や 増田 哲也

まえがき

近年、自動車軽量化のために引張強度が1.0GPaを超える冷間プレス用の高張力鋼板や約1.5GPa以上となるホットスタンピング用の鋼板の適用割合が増加している。また、1.0GPa以下の高張力鋼板でも、以前に比べて板厚の増加や形状の複雑化が進んでいるため、これらを成型する金型への負荷は増大している。

冷間でのトリム加工やピアス加工といったせん断をする金型では、金型への負荷増大に伴い、かじり（凝着や摩耗）やチッピング（欠けや割れ）が早期に発生する傾向がある。そのため、頻繁に金型の再研磨や交換が必要となっており、金型の寿命向上が課題となっている。さらに、今後は成形品の板厚方向に対して極端な斜めや垂直方向にせん断加工する「ななめ切り・縦切り」やより小径のピアス加工を含んだ自動車部品も増加していく可能性があり、ますます金型の長寿命化のニーズは尽きないと予想する。

本稿では、冷間プレス用の金型材基礎特性と高張力鋼板を用いたピアス加工試験から推定される金型用鋼の必要特性について紹介する。また、せん断加工では、切り口の形状、硬さ、残留応力といった品質面からも金型寿命を考慮する必要がある。特に、金型に施される表面処理の付与により、切り口の面粗さの低減や内部の加工硬化が増すこと¹⁾が知られているため、金型用鋼と表面処理との組み合わせについても紹介する。

◇ 金型用鋼の種類と特性

冷間プレス金型には、冷間ダイス鋼JIS SKD11の焼入焼戻し材が多用されている。また、近年増加している高張力鋼板の成型用金型には、SKD11改良鋼である8～10%Cr鋼やマトリックス冷間ダイス鋼の使用割合が増えている。また、金型の低コスト化やメンテナンス期間短縮を目的として、

ブランキングや低強度の高張力鋼板のせん断加工に、従来用いられてきたSKD11と比べて安価な火炎焼入れ鋼（フレームハード鋼）が使用されるようになってきている。

一方、高い応力が加わるピアスパンチ等の小物の金型には、従来はハイスJIS SKH51が用いられてきた。しかし、更に応力が高くなる高張力鋼板用金型には、各鋼材メーカーのブランドハイスであるSKH51改良鋼や粉末ハイスが用いられる場合が増えている。

これらの材料選択の変化は、様々なプレスメーカーが金型寿命を考慮したコストパフォーマンスで判断した結果である。しかしながら、まだまだ採用事例の少ない1.0GPaを超える高張力鋼板の場合、金型のコストパフォーマンスよりもまずは生産することを優先とした金型用鋼や表面処理との組み合わせを選定する場合も少なくない。

以下に金型用鋼の基礎特性から推察するせん断加工に有効な特性を紹介する。

1. 高温焼戻し時の硬度

各社のSKD11改良鋼は、SKD11対比、500℃付近の高温焼戻し時に60HRC以上の硬度が安定して得られることを特徴とする鋼種が多い。また、SKH51改良鋼や粉末ハイスでは、高温焼戻し時に64HRC以上の高硬度が得られる。

せん断加工では金型先端（刃先）に局所的に高い面圧が負荷されるため、刃先が摩耗もしくは塑性変形してしまう場合には、高硬度化が有効であると考ええる。また、セラミックコーティング等の表面処理を付与する場合でも、下地となる金型の硬度が高いほど高い密着性が得られると考えるため、表面処理に適しているといえる。

今後の1.5GPa級の高張力鋼板やホットスタンピングされた後の外形トリム加工金型には、ハイスと同等の高硬度が得られるダイス鋼の開発が望まれる。

2. ミクロ組織中の粗大な晶出炭化物量や分布形態

図1にSKD11とSKD11改良鋼の焼入焼戻し材の

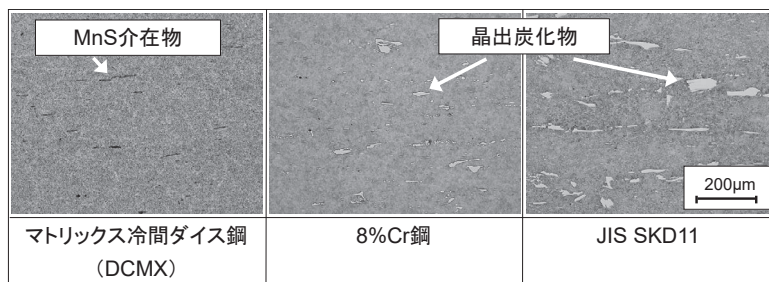


図 1 焼入焼戻し材のマイクロ組織の比較（ピレラ腐食）

マイクロ組織の比較を示す。8%Cr鋼は、SKD11に存在する粗大な晶出炭化物を低減し、マトリックス冷間ダイス鋼はそれがほぼゼロである（当社のマトリックス冷間ダイス鋼には快削元素が添加されているため、図1中に示す）。同様に、SKH51に対し、SKH51改良鋼や粉末ハイスは、粗大な晶出炭化物量を低減もしくは微細に分布するように組織制御されている。

粗大な晶出炭化物量の低減は、熱処理変寸の異方性を低減すること²⁾や靱性向上³⁾、被削性向上⁴⁾効果がある。そのため、ピアスパンチ等のチッピングに対しては、粗大な晶出炭化物が少ない鋼種の適用が有効と考える。

また、セラミックコーティングを施した金型の多くは、コーティング後にラップ（磨き）加工が行われる。粗大な晶出炭化物は、工具鋼の素地よりも高硬度であるため、ラップ加工時に浮き彫り（凸部）になってしまう場合がある。そして、金型使用中にその凸部を起点として、コーティングが剥離する場合がある。そのため、粗大な晶出炭化物が少ない鋼種の方がセラミックコーティングに適していると考える。

3. 被削性

図2にSKD11とSKD11改良鋼の焼入焼戻し材のエンドミル加工の比較を示す。SKD11対比、8%Cr鋼やマトリックス冷間ダイス鋼は、切削量に対する工具の摩耗量が少ない。ハイスにおいても、粗大な炭化物が少ない鋼種の方が切削工具の摩耗やチッピングを低減する効果があると考えられる。しかしながら、被削性がSKH51と同等レベルの鋼種は多い。冷間ダイス鋼よりも高硬度のハイスや粉末ハイスでは、そもそも切削工具が短寿命のため、同程度の寿命となってしまうと考えられる。

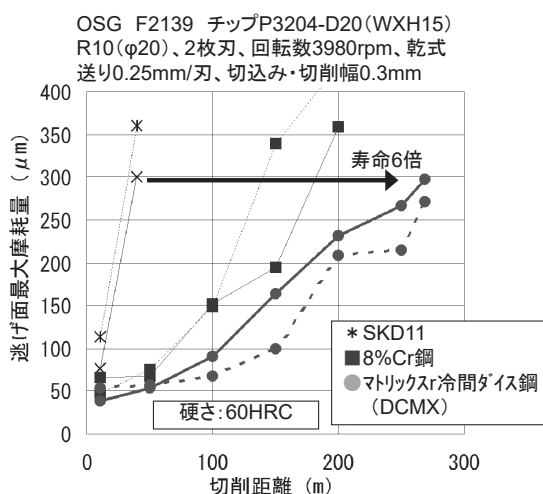


図 2 焼入焼戻し材のエンドミル被削性の比較

金型製作リードタイムの短縮やピアスパンチ寿命に大きく影響するクリアランス（金型寸法精度）⁵⁾を考慮すると、被削性に優れるマトリックス冷間ダイス鋼が有効と考える。

◇ ピアス加工試験から推定されるせん断加工金型用鋼の必要特性

当社では、150tonプレス機を用い、高張力鋼板を打ち抜くパンチを短期間で損傷させて金型用鋼や表面処理品の評価を行っている。金型には一度に最大8本のパンチを取り付け、パンチ寿命を横並びで評価可能である。

本試験では、780MPa級高張力鋼板1.6mm厚さをφ10mmのパンチで打ち抜いた。プレス速度は55spmとし、最大10,000ショットまで実施した。早期に損傷させるため、クリアランスを板厚の3%、板を3°傾斜させてある。

1. 耐かじりに有効な特性

図3に同一の下地窒化+PVD膜Aを付与した58HRCのSKD11と62HRCの8%Cr鋼の2,000shot毎のピասパンチ外観を示す。図3中の矢印で示すように、今回用いた下地窒化+PVD膜Aでは、パンチ側面にかじりが発生して寿命となるのは両鋼種で違いはないが、高硬度の8%Cr鋼は、SKD11の約2倍の寿命となった。

寿命となったパンチの破壊調査から、かじり部にはPVD膜Aは認められず、高張力鋼板がパンチ表面に凝着していた。また、窒化品質は、表面硬度がほぼ同等で、8%Cr鋼の方が若干ではあるが有効窒化層深さは大きかった。

窒化品質は、同一窒化処理条件なら鋼材成分によって変化する。鋼材成分の一つであるCrは、その添加量が多いほど、窒化で表面硬度は向上し、有効窒化層深さは低減する傾向がある^{6), 7)}。そのため、約12%CrのSKD11対比、8%Cr鋼は窒化が深くなる。

このことから、下地窒化により、セラミックコーティングをより強固に密着させてかじり発生

を抑制する場合、鋼材成分も考慮した方がよい。鋼種によって窒化処理条件を調整している窒化受託メーカーもあるため、依頼時にはSKD11相当鋼ではなく、具体的な鋼種名を記載することを推奨する。

2. 耐チッピングに有効な特性

図4にPVD膜Bを施したSKD11とSKD11改良鋼の10,000ショット後の外観を示す。図4中の矢印で示すように、SKD11ではピասパンチ先端の刃先がチッピングを複数起こしているのに対し、8%Cr鋼では一部のみ、マトリックス冷間ダイス鋼ではほぼ発生していないことが分かる。

また、本試験条件と同条件で数ショットだけ使用したパンチを破壊調査した結果、刃先の微小領域が塑性変形していた。

このことからチッピング発生を抑制するためには、粗大な炭化物量が少なく、硬度が高い金型用鋼を選定することを推奨する。

◇ 現状および今後の課題：金型評価技術

本稿では、1.0GPaを超える高張力鋼板のせん断

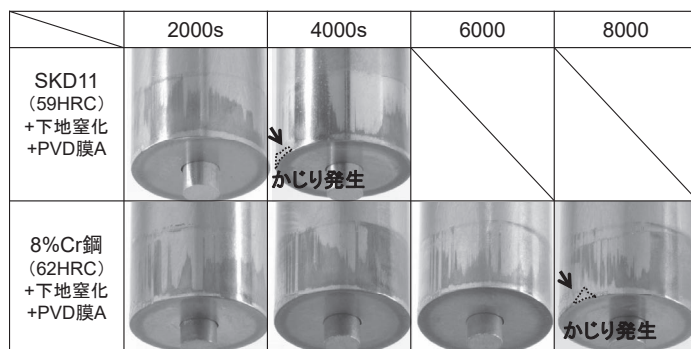


図 3 ピース加工試験 2,000shot毎のパンチ外観比較

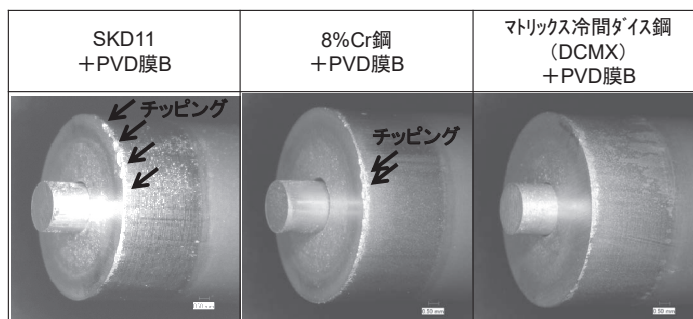


図 4 ピース加工試験 10,000shot後のパンチ外観比較

加工に対する金型用鋼の必要特性について述べた。しかしながら、先に紹介したピアス加工試験の二つの事例を比較して分かるように、表面処理の種類によっても、損傷形態や寿命が大きく変化する。あるピアスパンチに表面処理した場合、表面処理無しに比べて、パンチ寿命が約10倍以上に向上した事例もある⁸⁾が、同じ表面処理を別の金型に水平展開した際に、同等の寿命改善効果が得られるとは限らない。

また、今後1.0GPaを超える高張力鋼板のグローバル化が進んだ場合、様々な地域で金型用鋼と表面処理を現地調達するニーズが高まると予想される。現時点では鋼材メーカーと表面処理受託メーカーの海外拠点の有無だけでなく、商品ラインナップや品質にも微妙な差があるため、現地調達かつ同一仕様の金型を製作することは難しい。また、地域事情に応じて商品価格が異なるため、日本で得られたコストパフォーマンスが海外では得られない可能性もある。

このような地域毎のばらつきをそれぞれ最適化していく、あるいは、グローバルで全体最適化をするためには、鋼材メーカー、表面処理受託メーカーやプレスメーカーが、本稿に記載したのと似たような基準で金型性能を評価できる仕組みが必要と思われる。

むすび

1.0GPaを超える高張力鋼板のせん断加工には、

SKD11改良鋼やSKH51改良鋼の適用と金型に合った表面処理の選定が必要であることを述べた。新製品立上げ時の金型用鋼の選定や使用したことの無い鋼材や表面処理の選定の参考になれば幸いである。

そして、鋼板メーカーでは、より成型性に優れた高張力鋼板の開発が行われており^{9)、10)}、プレス機メーカーでは、サーボモーション等の新しいプレス工法の活用技術の紹介が行われている^{11)、12)}。冷間プレス加工の環境変化に対応し、用途にあった金型仕様を検討していただきたい。

参考文献

- 1) 松野崇、佐藤浩一、上西朗弘、樋口成起、増田哲也、清水崇行：電気製鋼、Vol. 85 (2014) No. 1
- 2) 清水崇行、井上幸一郎：電気製鋼、Vol. 78 (2007) No. 4
- 3) 清水崇行、井上幸一郎、関谷篤：電気製鋼、Vol. 81 (2010) No. 1
- 4) 清水崇行、尾崎公造：電気製鋼、Vol. 76 (2005) No. 4
- 5) 樋口成起、増田哲也、清水崇行、松野崇、佐藤浩一：Vol. 85 (2014) No. 1
- 6) 平岡泰、井上幸一郎：電気製鋼、Vol. 78 (2007) No. 4
- 7) 平岡泰、井上幸一郎：電気製鋼、Vol. 81 (2010) No. 1
- 8) 増田哲也、北川利博：型技術、Vol. 28、(2013) No. 7
- 9) 藤田展弘、楠見和久、松村賢一郎、野中俊樹、友清寿雅：新日鉄技報、第393、(2012)、p. 99-
- 10) 三浦正明、中屋道治、向井陽一：神戸製鋼技報、Vol. 57、(2007) No. 2、p. 15-
- 11) 久野拓律、田村慎太郎：型技術、Vol. 27、(2012) No. 10、p. 28-
- 12) 下間隆志：プレス技術、Vol. 52、(2014) No. 10、p. 36-

3. ホットスタンピング金型用鋼

日本高周波鋼業(株) との むら つよ し
技術部 東京駐在 殿 村 剛 志

日本高周波鋼業(株) か し たか はる
技術開発本部 商品開発部 葉 子 貴 晴

まえがき

近年、国際的な地球環境問題への対応強化を背景として、自動車のCO₂排出量の規制が強化されており、今後さらに厳しい規制が設定されることが決まっている。また、同時に衝突安全性向上についても高い基準が設けられ安全基準対策に対してもニーズが高まっている。燃費規制をクリアする方法の1つとして車体の軽量化があり、衝突安全性をクリアすることと合わせて引張強さが高いハイテン材(440~780MPa)や超ハイテン材(980MPa以上)の使用量が増大している。これらハイテン材は主に冷間プレスにて部品成形されており、2008年頃からハイテン成形金型として、SKD11を改良した冷間プレス金型用鋼や表面処理皮膜が開発されてきた。一方、ハイテン成形手法の一つで、海外で主流であるホットスタンピングで成形した部品の適用が日本でも進んでいる。海外メーカーではホワイトボディの39%にホットスタンピング部品が適用される車種もあり、ホットスタンピングで成型した部品(1,500~1,800MPa)の適用が急速に拡大している。

ホットスタンピング金型用鋼としては冷間プレスで多く使用されている冷間工具鋼のSKD11系鋼

ではなく、熱間工具鋼のSKD61系鋼が多く使用されている。本稿ではホットスタンピングで使用されている金型用鋼の課題について紹介する。

◇ ホットスタンピングで使用されている金型用鋼

日本でのホットスタンピングは近年生産を開始し、まだ製造工程、金型鋼材、表面処理が検討段階であるメーカーが多い。現時点でのホットスタンピング用金型鋼は冷間工具鋼、熱間工具鋼、粉末鋼など様々な鋼材が使用されている。各メーカーの生産工程や求められる要求特性は多用でどの鋼材でも一長一短があるが一般的にSKD61やSKD61系鋼を50HRC程度の硬さに焼入焼戻して使用されることが多い。

代表的な金型用鋼の化学成分と特性を表1に示す。

◇ ホットスタンピングの課題

ホットスタンピングは、冷間プレス加工では難しい1,500MPaを超える部品が製造できる大きな利点があるが、以下に示す課題もある。

1. 低い生産性(サイクルタイムが長い)

ホットスタンピングは、鋼板をオーステナイト

表 1 代表的な金型用鋼の化学成分

鋼 種	化学成分 (%)							特 性				
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	熱伝導率	耐摩耗性	韌性	熱間強度	耐食性
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	△	△	○	◎	△
SKT4	0.50~0.60	0.10~0.40	0.60~0.90	0.80~1.20	1.50~1.80	0.35~0.55	0.05~0.15	○	×	◎	△	×
SKD11	1.40~1.60	0.40以下	0.60以下	11.00~13.00	-	0.80~1.20	0.20~0.35	△	◎	×	×	○
マトリックス系冷間ダイス鋼	0.6~0.7C-0.3~1.0Mn-6~7Cr-0.8~2.5Mo系がメイン							△	○	△	×	○

◎: 優れる ○: やや優れる △: やや劣る ×: 劣る

変態点以上の900~950℃程度に加熱し高温のままプレスして部品形状に成形する。それと同時に金型内部で鋼板を急冷して鋼板を焼入れし、高強度を得る方法であり、ひとつの部品を製造するのに掛かるサイクルタイムが長い。一般的にホットスタンピングのサイクルタイムは2~6spm程度であり、冷間プレスに比べ生産性が大幅に低いことが重要な課題となっている。

図1にホットスタンピングの各工程と要する時間の一例を示す。ホットスタンピング工程では鋼板の焼入れ工程である下死点保持に多くの時間が必要となることから、この工程の時間短縮が検討されている。これに対して鋼材特性の改善として熱伝導率向上があげられる。金型鋼材の熱伝導率が高いと加熱された鋼板が直接金型に接したときに、鋼板の冷却効果が大きくなり下死点保持時間を短縮できる効果が期待される。

2. 成形金型短寿命

ホットスタンピング金型も冷間プレス金型と同様に摩耗や凝着による金型短寿命の問題が発生している。ホットスタンピング用鋼板には非めっき鋼板、AlSiめっき鋼板、Znめっき鋼板などいろいろな種類の鋼板が使用されており、それぞれ金型に対する問題点が異なる。非めっき鋼板においては加熱時に鋼板表面に著しい酸化スケールが発生する。このスケールがプレス成形時に金型と鋼板の間に介在する事で金型摩耗が促進する。鋼板の酸化防止の対策としてAlSiめっき鋼板やZnめっき鋼板などのめっき鋼板が開発され多く使用されている。しかし、めっき鋼板の場合AlSiやZnが金型表面に凝着を起こし、凝着摩耗による金型摩耗が促進される。このように現状判っている金型損傷形態は摩耗である事から、窒化処理やPVD等の表面処理による耐摩耗性の向上や、金型鋼材硬さを上げて、耐摩耗性を向上させる要望が多く聞かれる。

摩耗とは異なる金型短寿命の形態としては、水冷孔を起点とした割れがあげられる。ホットスタンピングでは高温の鋼板をプレス成形する為、プレス成形回数が増加すると金型温度が上昇し鋼板の冷却効果が低下する。その対策として、ホットスタンピング金型は金型を冷却する為に多くの水冷孔をあけている。耐食性や、靱性が低い鋼材の場合、この水冷孔内部から早期に応力腐食割れが発生する。

◇ ホットスタンピング金型用鋼に要求される特性

1. 熱伝導率

代表的な金型用鋼の熱伝導率を図2に示す。ホットスタンピングで最も多く使用されているSKD61の熱伝導率は室温で24W/mk程度であり、更なる熱伝導率向上が望まれている。SKT4は36W/mk程度の高い熱伝導率を保持しているが、焼入焼戻し後の硬さが低く、耐摩耗性が悪いことや熱間強度不足などによりホットスタンピングでは汎用的に使用されていない。

一般的に熱伝導率は合金成分量が増加すると低下する傾向にあり、SKD61から熱伝導率を向上させるためにはCr、Mn、Siを低減するのが有効である。しかし、これらの合金元素を低減すると耐食性、焼入性などの鋼材特性が低下し、ホットスタンピング金型として十分な特性が得られなくなる場合がある。具体的内容としては、CrやMnを低減すると焼入性が低下する。特にホットスタンピング用の金型は比較的大きな金型が多く、金型中心まで均一な硬さを得る為には焼入性は重要な特性である。また、Crは耐食性に大きく影響する為、低減すると耐食性が大幅に悪化する。Siは低減させる事で熱伝導率や靱性値が向上する事が一般に知られている。但し、極端なSiの低減は被削性を

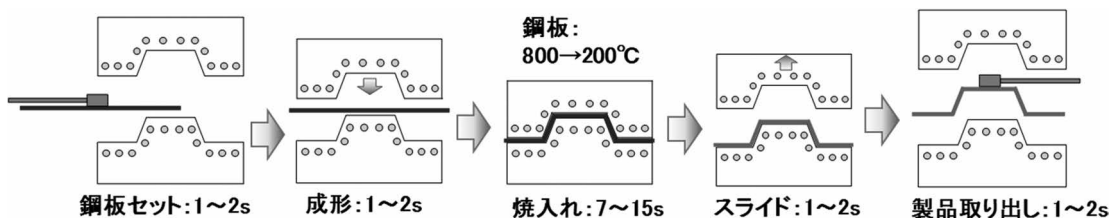


図 1 ホットスタンピングの各工程と要する時間

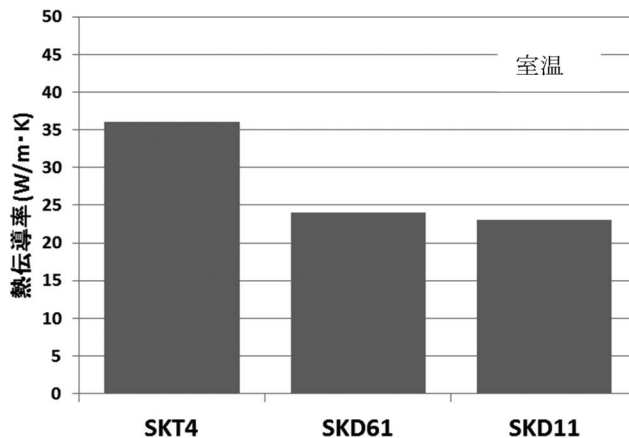


図 2 代表的な金型用鋼の熱伝導率

大幅に低下させてしまう欠点がある。

既にCr、Mn、Siを大幅に低減し、熱伝導率を大きく向上させた鋼材も販売されているが、上述したように、焼入れ性の低下により大きな金型の場合、金型中心部まで均一な熱処理硬さが得られない事や、耐食性の低下による腐食が早期に発生する事等の問題が発生し、汎用的に使用するの難しい状況にある。

これに対して、近年では焼入れ性や耐食性を低下させることなく、可能な限り熱伝導率を向上させた鋼種が開発されている。

2. 耐摩耗性・韌性

ホットスタンピングは鋼板を高温にする為、強度が低下し金型への面圧負荷は低くなると考えられてきた。しかし、実際には酸化スケールの介在やめっき鋼板の凝着による金型摩耗が発生する。対応策として、耐摩耗性に優れる鋼材の適用や、表面処理の適用が検討されている。

鋼材の耐摩耗性は基本的に硬さを高くすることにより向上する。耐摩耗性に優れるのは冷間工具鋼であり、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ている。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る。但し、炭化物量が多くなると韌性や耐疲労特性が低下してしまう。ホットスタンピング金型は、高温の鋼板が直接金型に接することや水冷孔が存在する事から、韌性値が低いSKD11をホットスタン

ピングに使用した際、早期に割れが発生する事例が報告されている。大型のホットスタンピング金型が割れた場合の損失が大きことから、金型鋼材は耐摩耗性を犠牲にして韌性値優先で熱間工具鋼（SKD61）が多く使用されている。ユーザーからは、韌性値の優れる熱間工具鋼（SKD61）同等の韌性値を保ちつつ、耐摩耗性を向上させる為硬さを55HRC以上に高めた鋼材の開発が期待されている。

3. 熱間強度

ホットスタンピング金型は高温に加熱された鋼板が直接接触するために、金型の表面は高い熱を受けることから熱間強度を必要とする場合がある。SKD61は高い熱間強度を保持しているが、SKD11などの冷間工具鋼では熱間強度不足となり、強度低下による摩耗や割れが促進される懸念がある。

4. 耐食性

ホットスタンピング金型は一般的に金型内部に水冷孔を明け、冷却水を通して冷却している。生産サイクルタイム向上のため水冷孔と意匠面の距離を短くし冷却効率を上げる検討などが行われている。水冷孔と意匠面の距離が短いと、熱応力による割れが発生する可能性が高くなる。また、冷却孔は腐食が進み応力腐食割れが発生することから、水漏れなどのトラブルがある。

Crを5.0%含有したSKD61でも水冷孔の腐食による問題が発生しているが、熱伝導率が大幅に高い材料を使用すると耐食性が極端に悪いため、腐食による問題がより発生しやすく実用的に使用す

るのは難しいのが現状である。

5. 被削性・熱処理変寸

ホットスタンピング金型の加工は冷間プレス型の加工を実施している部門で加工する場合が多い。

SKD61ではSKD11より焼入焼戻し後の熱処理変寸が大きい傾向にある為、SKD61で金型を作製する場合、多くの取代を付け焼入焼戻後に仕上げ加工を実施することとなる。金型の大きさも冷間プレス型に比べ大きい傾向にある。また、冷間プレス金型にはない多くの水冷孔の加工が必要になり、加工工数が多く負荷が高いため削性向上の要望が多い。

◇ 成形同時トリム

ホットスタンピングでは成形後1,500MPa~1,800MPaの鋼板強度となり冷間プレスによるトリムやピასは困難であることと、遅れ破壊の懸念もあるためレーザー切断を実施するのが一般的である。しかし、レーザー切断は設備投資コストや生産サイクルが長いことが問題となっていることから、トリムとピასを成形と同じ金型内で鋼板が冷却

される前の高温の状態で実施する方法が実用化されている。この金型に熱間工具鋼のSKD61を使用すると摩耗が激しく、冷間工具鋼のSKD11や8%Cr鋼を使用すると欠けが発生する問題がある。現状マトリックス系冷間工具鋼や粉末鋼などが採用されている。

むすび

今回はホットスタンピング金型用鋼について一般的に使用されている鋼種や問題点等の紹介を行った。日本国内でのスタンピングメーカーでのホットスタンピングは、生産サイクル向上や金型寿命向上を目的とした検討が多く実施されている。我々鋼材メーカーは、それに応える新鋼種の開発に着手しており、いくつかの開発鋼が実際に評価され始めている。当社では焼入れ性を損なうことなく、熱伝導率をSKD61より高め、常用硬さを55HRCに高めた“KDAHPI”を開発した。現在ユーザー様にて実機評価を頂いている。

この様な新たな金型用鋼材の提案により、ホットスタンピングの生産性向上に貢献していきたい。



4. 冷間プレス金型用表面処理

(株) カ ム ス や ま し た ひろし
生産本部技術部技術室 山 下 広

◇ 概 要

近年、自動車の燃費向上のための車体軽量化が進められる一方、衝突安全性の確保を図るため、自動車骨格部品や足回り部品への高張力鋼板（以下、ハイテン鋼板：一般的に490MPa以上）の適用が拡大している。更に、使用される鋼板強度も高強度化が進み、980～1,180MPaの超ハイテン鋼板の自動車骨格部品実用化がなされている。

自動車骨格部品や足回り部品の多くは、冷間プレス加工により製造されているが、ハイテン鋼板の加工では、鋼板の引張り強度が高く、延性が低いため、しわの発生やスプリングバックが発生している。そのため、金型の鋼板成形時に加わる負荷が非常に高くなり、金型に割れ、欠け、磨耗などの損傷が発生し易くなり、特に金型使用早期に“焼付き”と呼ばれる現象が発生する事が大きな問題となっている。

近年では、金型損傷防止のための表面処理ニーズが高まっており、用途に応じて次項で説明する表面処理が使用されている。

◇ 冷間プレス金型に適用される表面処理

冷間プレス金型には、次項で述べる、鋼板と金型が高圧で接触する事による、磨耗、焼付きの発生が問題となる場合が多い。この問題に対しては、金型表面の摩擦係数を下げる事が有効な対策であり、金型表面への硬質表面処理皮膜を施す事が一般的である。

以下に、冷間プレス金型に一般的に適用される表面処理の種類（表1）及び、その特徴を述べる。

1. 硬質クロムメッキ

硬質クロムメッキは、クロムイオンを含む水溶液中に金型を浸漬し、金型を陰極（-極）、水溶液を陽極（+極）にし、電圧をかける事で、金型表面にクロム皮膜を形成する方法である。

硬質クロムメッキは、厚膜化が容易である事。低温（50～80℃）で処理可能な事から、処理後の金型にヒズミ発生の危険性がほとんど無い事が利点として挙げられる。

しかし、硬質クロムメッキ皮膜の硬さは800～1,000Hvと、後述する硬質皮膜中最も低く、耐剥離強度も低い事から、近年は、プレス金型の磨耗、焼付き対策として適用される事は少なくなっており、厚膜化が容易な事から、金型の寸法修正に用いられる事が多い。

2. CVD処理

CVD処理は、皮膜材料を含むガスと、金型表面の化学反応を利用して皮膜を形成する方法であり、冷間プレス金型に一般的に適用される皮膜としては、硬質（硬さ3,000Hv）のTiC皮膜が広く知られている。

皮膜材料を含むガスと、金型表面の化学反応に熱を利用する方法が、一般的に行われており、熱CVDと表現される。（他にプラズマ、光等がある。）

熱CVD処理は、皮膜材料がガスで供給されるため、金型表面に形成される皮膜の厚さ均一性に優れ、皮膜生成に化学反応を用いているために、皮膜

表 1 冷間プレス金型に適用される表面処理の種類

	メッキ	熱CVD（化学蒸着）	TD（高温拡散）	PVD（物理蒸着）
表面層（代表例）	Cr	TiC	VC	TiAlN、TiCN、CrN他
処理方法	水溶液中電解	ガス中加熱	溶融ソルト浸漬	減圧ガス中で皮膜基盤を蒸発
処理温度	50～80℃	800～1100℃	800～1100℃	400～600℃
金型熱処理	処理前実施	処理後再加熱、 或いは同時に処理	処理後再加熱、 或いは同時に処理	処理前実施

と金型表面との密着強度が優れている特徴がある。

一方、熱CVD処理は、処理温度が800～1100℃と高く（冷間プレス金型母材のSKD11種の焼入れ温度に相当）、処理後の金型にヒズミが発生する危険性が高いことから、処理後の金型に修正加工が必要になる場合がある。また、金型使用中に損傷部補修のための再成膜を行う事が多い冷間プレス金型では、繰返し加熱を受ける金型母材の性能低下や、皮膜形成に金型母材の炭素を消費するため、皮膜直下に炭素欠乏による強度低下層が発生するため、繰返し処理の回数を制限して用いられる事が一般的に行なわれている。

3. TD処理

TD処理は、バナジウムを含む加熱した溶融塩に金型を浸漬し、溶融塩中のバナジウムと、金型母材の炭素を化学反応させ、金型表面に硬質（硬さ3,000Hv）のVC皮膜を形成する方法である。

TD処理も、処理温度が800～1100℃と高温であり、金型母材の炭素との化学反応を利用した処理であり、処理の特徴、リスクは熱CVD処理と同じである。

4. PVD処理

PVD処理は、減圧した容器中で、皮膜基盤（以下、ターゲット）をスパッタリング（イオンを照射し皮膜基盤元子を弾き出す現象）や、アーク放電によって蒸発、イオン化して、金型表面に堆積させ、皮膜を形成する方法である。

PVD処理は、従来、皮膜と金型母材の密着性が、化学反応を用いたTD処理熱やCVD処理に劣る欠点があったが、アークイオンプレーティング法の開発により、密着性が向上し、冷間プレス金型への適用も進んでいる。

PVD処理は、ターゲットの材質に制約が無く、多様な組成の皮膜を形成する事が可能である。また、400～500℃（冷間プレス金型母材のSKD11種の焼戻し温度以下）の低温で処理が可能であることから、処理後の金型にヒズミが発生する危険性が低い。更に、PVD処理皮膜は、皮膜に圧縮の応力が残留し、金型母材表面の強度低下が無い事が特徴として挙げられる。

一方、PVD処理は、ターゲットから蒸発、イオン化した皮膜が、直線的に金型へ移動し金型表面に堆積するため、金型形状によっては、皮膜が薄

くなる部分が発生（特に小径穴の内面等）するため、処理を行うにあたっては注意を要する場合がある。

◇ 冷間プレス金型の問題に対する表面処理での対策

1. 冷間プレス加工において発生する金型損傷

冷間プレス加工においては、金型の割れ、欠け、磨耗、焼付きが、金型の主な損傷として挙げられる。

金型の割れ、欠けは、主に金型の硬さ（強度、靱性）や金型形状（応力集中）に起因して発生するため、金型材質の変更や金型設計により対応する事が必要である。

金型の磨耗、焼付きは、金型表面と鋼板が高圧力で接触する事が原因で発生し、磨耗は、硬質の酸化粉等により金型表面が機械的に削り取られる現象である。焼付きは、鋼板が金型表面に凝着（合金化）し、凝着箇所の剥離を繰り返す事で、金型表面の損傷を急速に進行させる現象である。

金型の磨耗、焼付きの防止には、金型表面の摩擦係数を下げる事が有効な対策となる¹⁾。

金型表面の摩擦係数を下げる方法としては、従来潤滑剤の使用が主として行われてきたが、潤滑剤の均一塗布、潤滑切れを起こさないための工夫が必要な事及び、環境汚染への配慮が必要なことから、近年では金型表面へ硬質表面処理を施し、摩擦係数を下げるとともに、鋼板と金型母材の接触を断つ方法が主流となっている。

2. ハイテン鋼板成形冷間プレス金型の問題

冷間プレス成形金型においては、製品の外観にも影響する焼付きの発生は、金型の大きな問題として対応策が検討され、金型表面の硬質表面処理皮膜として、高温拡散処理（以下、TD処理）や、化学蒸着処理（以下、熱CVD処理）による炭化物皮膜（VCやTiC）が主として適用されてきた。

しかし、ハイテン鋼板成形金型においては、TD処理や熱CVD処理による炭化物皮膜を施した金型にも、早期に焼付きが発生する事例が見られた。

早期に焼付きが発生した金型の調査を行った結果、焼付きの発生している部分は、皮膜が完全に剥離しており、金型母材が露出していた。また、焼付きの発生している周囲は、皮膜表面の変色が見られ、変色部分の皮膜表面は粗くなっており、

蛍光X線分析の結果では酸素が検出されたことから、ハイテン鋼板成形時の加工発熱により、皮膜が酸化している事が判った。

TD処理や熱CVD処理による炭化物皮膜は450℃以上で酸化し、400℃以上の環境では強度が大幅に低下する事から²⁾、ハイテン鋼板成形時の金型表面温度は局所的には450℃以上に達しており、皮膜性能が低下する環境で使用される事が判った。

また、焼付きに至る前のハイテン鋼板成形用金型の調査結果では、皮膜表面に、鋼板の摺動方向に対し垂直方向にクラックが発生している事が判った。クラックの発生箇所は、金型の成形シミュレーションで特に高い面圧が加わる箇所と一致する事が確認され、ハイテン鋼板加工時に高い面圧が加わる部分では、金型母材の変形に表面処理皮膜が追従できずにクラックが発生する事が推定された。

ハイテン鋼板プレス加工では、製品から発生する鉄ゴミの噛み込みや、製品形状によってはしわが発生し、局所的に面圧の高くなる箇所が発生し易く、この現象が顕著に起こる事が考えられる。

これらの調査結果から、ハイテン鋼板成形における冷間プレス金型の焼付き対策には、耐熱酸化性、耐面圧性の高い表面処理皮膜の適用が有効と考えられる。

3. ハイテン鋼板成形冷間プレス金型の問題への表面処理の対応

冷間プレス金型への表面処理皮膜としては、金型母材との密着性と厚膜化が可能なTD処理や熱CVD処理の炭化物皮膜が主として適用されてきたが、PVD処理の成膜方法の改良（アークイオンプレーティング法）により、金型母材と皮膜の密着性向上と緻密な皮膜形成が可能になり、現在ではPVD処理が主流になりつつある。

PVD処理は、多様な組成の皮膜が成膜可能で、ハイテン鋼板成形時の問題の一つである、加工発熱による熱酸化に耐える皮膜組成の開発が行なわれ、皮膜硬さはTD処理や熱CVD処理による炭化物皮膜と同等の皮膜硬さ3,000Hvを確保しながら、耐熱酸化温度1000℃超の耐摩耗性、耐熱酸化性を兼ね備えた硬質皮膜が実用化されている。

また、皮膜を多層化する事（圧縮残留応力の低い皮膜を金型母上に成膜、その上に目的とする皮

膜を成膜）で、皮膜と金型母材との応力差を緩和し、金型母材との密着性を向上させるとともに、従来PVD処理では成膜が困難であった10μmレベルの厚膜を形成する事が可能となった。更に、金型母材へ窒化処理を行い、金型表面部の強度を向上させる事で、耐面圧性の高い皮膜の形成が可能になった。

しかし、PVD処理（アークイオンプレーティング法）で成膜した皮膜には、ターゲットの蒸発時に、サブミクロンから数ミクロンの大きさの溶融粒子（以下、ドロップレット）が回避的に放出され、皮膜表面の平滑性が損なわれる事から、PVD処理皮膜のハイテン鋼板成形冷間プレス金型への適用には大きな課題があった。

この課題に対しては、成膜装置自体の改良、成膜条件の改良、ターゲット製造方法の改良により、ドロップレット発生の低減対策と、成膜後の皮膜表面研磨技術の改良を行ない、皮膜表面の平滑性を向上させ、ハイテン鋼板プレス成形時に皮膜性能を発揮させるための、製造面での技術改良が行われた。

これらの組み合わせにより、ハイテン鋼板成形冷間プレス金型用のPVD表面処理皮膜が開発され、現在では多くのカーメーカー、プレスメーカーに、ハイテン鋼板成形冷間プレス金型の表面処理として採用されており、直近では1,180MPaの超ハイテン鋼板にも適用が進んでいる。

むすび

今回は、ハイテン鋼板の冷間プレス成形時の金型に発生する問題に対し、表面処理メーカーとしての対応を、弊社の実例を基に述べたものであり、参考にして頂ければ幸いである。

今後、自動車の軽量化に伴い、自動車部品の高強度化、材質の多様化が進み、表面処理皮膜に求められる特性も多様化して行く事が予想される。弊社も、表面処理皮膜の更なる耐久性向上、多様な用途に対応できる皮膜開発で、ユーザーニーズに応えて行きたい。

参考文献

- 1) 辻井信博：SANYO TECHNICAL REPORT、Vol.7、2000
- 2) 新井 透：金属材料、13（4）、98-107、1973-04

5. ホットスタンピング金型用表面処理

日本エリコンバルザース(株) ツール事業部 福井 茂雄

日本エリコンバルザース(株) フォーミングツール プロダクトマネージャー 露木 あきら

まえがき

エリコンバルザースは切削工具・金型及び精密部品のパフォーマンスを著しく向上させる表面処理技術PVDの世界的なリーディングサプライヤーとして全世界100拠点以上でコーティングサービスを展開している。BALINIT®ブランドとして商標登録されている当社PVDコーティングは非常に薄く、高硬度で、摩擦と摩耗を減少させることができる。

本稿では、豊富な海外実績や近年日本での実績も多くある当社のアプリケーションの1つであるホットスタンピング金型向けコーティングを御紹介する。

◇ ホットスタンピング

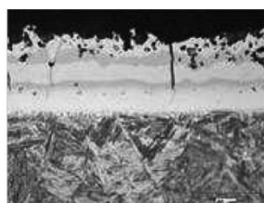
自動車の軽量、低燃費化の観点から高張力鋼板の利用が増えている。高強度なので1,500MPa級の強度になると成形が非常に困難になる。その解決法の一つであるホットスタンピング成形は成形中の素材は軟らかく、成形後は硬くなり高強度材には有効な手法といえる。この成形では材料を900℃まで加熱して水冷金型でプレスし約80℃まで冷却されるため熱疲労や被加工材の凝着などの問題が

あることも事実である。

ホットスタンピングに使用されるシート材の種類もAlSiコート材、Znコート材やノンコート材などがあり、それぞれに生産性を阻害する問題を抱えている。

AlSiコート材は図1のように酸化したAlSiが金型表面に凝着しそれが金型を摩耗し削られる。Znコート材も同様に凝着摩耗による金型へのダメージが大きい。一方ノンコート材は図2に示すように発生する酸化スケールが研磨剤の挙動することにより金型摩耗を促進する。スケールの大きさはAlSiコートよりも大きく金型への負荷はより大きくなる。

AlSi(USIBOR) コート材の断面組織

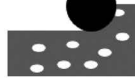
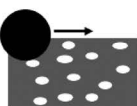
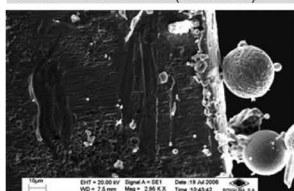


■ 酸化Al-Siによる金型表面が削られる

■ 950℃にヒートンゲされたコート材

図1 AlSiコート材の金型へのダメージ

ダイクエンチング後(22MnB5)



ノンコート材表面



- ダイクエンチング後のノンコート材
- 酸化スケールによって表面が削り取られる
- 高温時の酸化スケールにより削られ、摩耗が発生
- 大きな酸化スケール (最大2μm)

図2 酸化スケールによる金型へのダメージ

◇ BALINIT ALCRONA MODIFY-WCC

当社の提供しているPVDコーティングの中で高い耐摩耗特性を持つBALINIT ALCRONA MODIFYは図3に示すように特に高温域での高い耐摩耗性によりAlSi/Zn凝着や酸化スケールからの摩耗を抑制する効果が期待できる。さらに窒化を組み合わせた複合処理のDUPLEXコーティングにより金型母材の表層改質をすることで熱疲労への耐久性向上が得られ長寿命化を実現できる。

◇ AlSi/Znコート材の生産性の向上メンテナンス頻度の削減

実生産ではAlSiやZnコートベースのシート材の特に凝着の発生、除去のメンテナンス頻度とダウンタイムによる生産性の低下が直面的問題点として良く聞かれる。前述のBALINIT ALCRONA MODIFYの耐摩耗性に優れる利点も凝着の抑制には満足して頂けないケースもあり、この凝着の抑制には、金属と低親和の特性よりWCCコーティング処理を施すことにより大きな効果が得られる。図4のようにWCCコーティングはWC/カーボン成分で生成されたメタルDLCコーティングである。

実際、何度かのテストを行った結果、凝着を抑制するWCCコーティングと高い耐摩耗特性のBALINIT ALCRONA MODIFYを二重構造とする処理（BALINIT ALCRONA MODIFY WCC）が最適な結果を得られた。凝着を抑制しさらに耐久性も得る処理でありホットスタンピング専用

コーティングとして実績を重ねている。日本のプレスメーカーの実績を例に挙げる（図5）。AlSiシート材を使用しているが、その凝着の発生が著しく、傷防止に定期的に金型のめっき凝着除去のメンテナンスを行う為に一時生産を停止していた。BALINIT ALCRONA MODIFY WCC 処理後はめっき凝着が大きく軽減できメンテナンスを行うまでの生産台数を著しく向上させた。従来400台毎にめっき凝着除去のメンテナンスを行っていたが、コーティング後は、5,000台に1回の頻度でめっき凝着のメンテナンスと1/12に削減した。これらの年間効果額は6,000万円を見込んでいる。

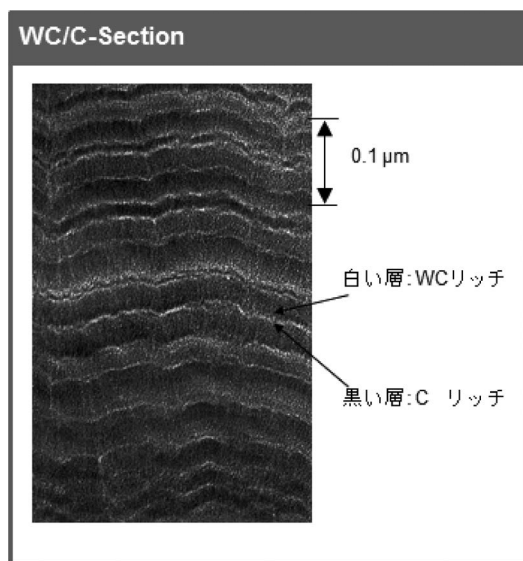


図 4 WCCコーティングの断面

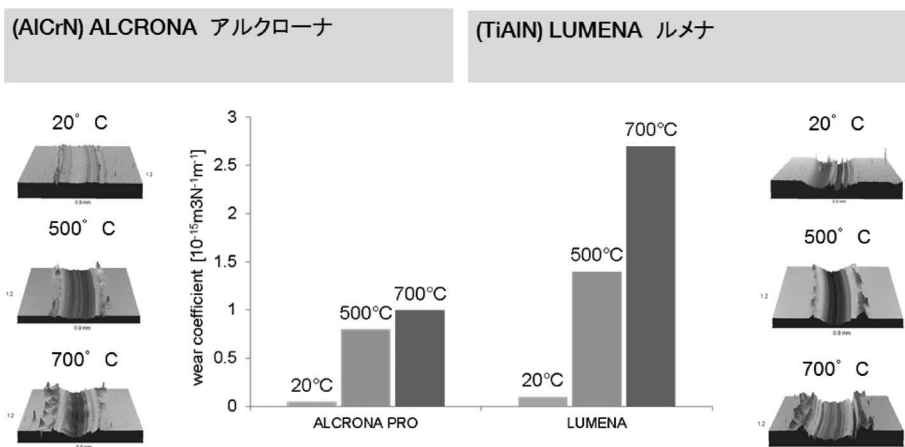


図 3 温度別の耐摩耗性

メンテナンスまでの生産台数向上

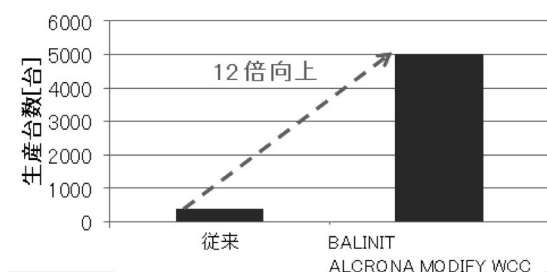


図 5 日本プレスメーカーでの実績とコーティングされた金型表面

◇ ヨーロッパでの適用事例 金型寿命の向上

本国ヨーロッパ及び北米ではホットスタンピング向けにBALINIT ALCRONA MODIFY コー

ティングが多数適用されている。図6はヨーロッパでの実際のコーティング適応実績である。AISIコート材にて従来窒化処理20万ショットの寿命に対し、BALINIT ALCRONA MODIFY処理ではメンテナンス時間の短縮、連続稼働時間の延長を達成し、金型寿命を50万ショット以上に延ばすことができた。

◇ 今後の課題

ここ近年ホットスタンプの採用が加速している中、生産性への課題解決の一つの手法としてコーティングへの要求も高まってきている。適用事例としてはAISIコート材やZnコート材にて従来窒化処理と比較しBALINIT ALCRONA MODIFY WCCを処理することによりメンテナンス頻度削減や金型寿命向上の効果が得られている。その中でさらなる高性能を求める声もあり今後のテーマとして開発に取り組んでいる。一方、ノンコート材では酸化スケールによる金型攻撃性への耐久性がより求められており本社リヒテンシュタインでも引き続きコーティング開発が行われている。

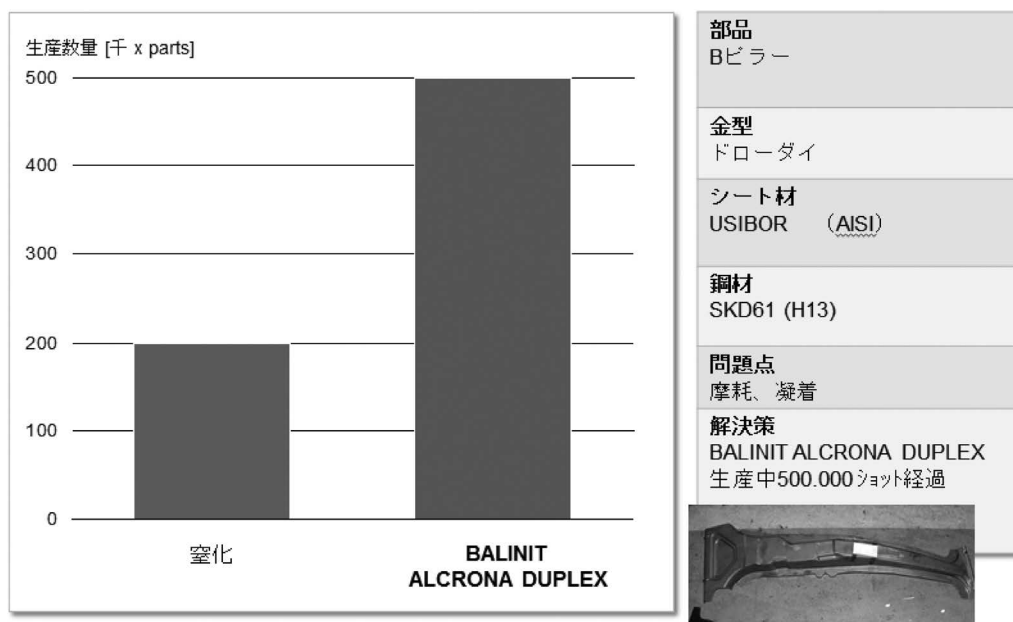


図 6 適用事例

IV. 会員会社の高張力鋼板と成形に貢献する製品

(株)神戸製鋼所

自動車車体用超ハイテン、 ホットスタンピング用鋼板

まえがき

近年、自動車の排出ガス削減のための車体軽量化および衝突安全性向上を目的として、超ハイテンの適用が進められています。冷間プレス成形における超ハイテン適用の課題としては、成形性、寸法精度、成形荷重等が挙げられます。また組み立て工程および部品性能に関して、溶接性、化成処理性、耐遅れ破壊特性等の確保も必要となります。冷間成形における一部課題の解決方策としてホットスタンピングの適用も進められていますが、金型での冷却に一定の時間を要することから生産性は冷間プレスの1/10程度であり、コストアップ要因となっています。当社では、これら諸課題に対応すべく、以下に代表される超ハイテンおよびホットスタンピング用鋼板を開発しており、ここでは概要ならびに特長をご紹介します。

◇ 超高加工性1.2GPa級冷延鋼板^{1), 2)}

図1(a)に本製品の適用部位例を示します。従来主として980MPa級以下の強度グレード材が適用されていたため、加工性としてはそれらと同等レベルが必要となります。超ハイテンの加工性向上手段としては残留 γ の活用が最も効果的ですが、一方で局部延性に悪影響を与える場合があり、穴広げ性等の劣化を招きます。当社は従来鋼で生地組織として用いられるベイナイトに加えマルテンサイトを導入し、更に組織を微細分散させることにより、伸び、穴広げ性ともに980MPa級同等以上の標記鋼板を開発しました。開発鋼の強度-伸びバランスを図1(b)に示します。

◇ 1.5GPa級マルテンサイト (MS) 鋼板³⁾

バンパーまたはドアの補強部品等には従来から1.2GPa

級程度の超ハイテンが適用されてきました。更なる高強度化のためには合金元素の添加量増加が必要となりますが、単純な増量は溶接性や耐遅れ破壊特性に悪影響を及ぼす可能性があります。当社は各添加元素のバランス最適化、および水焼き入れ装置を備えた焼鈍設備による超高速冷却の適用により、良好な実用特性を備えた標記鋼板を開発しました。適用部位例および強度-伸びバランスを図1(a)(b)に示します。本鋼板の適用により、従来比で10~15%の部材軽量化が可能となっています。

◇ 高生産性ホットスタンピング用鋼板 (1.5GPa級)⁴⁾

現在、ホットスタンピング用として一般に用いられているのは22MnB5鋼（ボロン鋼）です。所定の強度を確保するためにはプレス金型内で鋼板が約200℃以下となるまで15秒程度保持する必要がある、生産性を阻害しています。また、金型耐久性や耐遅れ破壊特性等の観点から成形品の穿孔・切断が困難であり、レーザー加工等の追加工程が必要となっています。これら課題に対して、当社は成分調整により焼き入れ性、焼戻し軟化抵抗を増加させた標記鋼板を開発し、改善効果を確認しています。所定強度を確保するための金型保持時間は3秒程度であり、引き続いて高温での加工が可能となることから穿孔・切断を一連のプレス工程内で完了させることができます。適用部位例を図1(a)に示します。また、多工程プレスの適用により、これまで困難であった複雑形状の部品成形も可能となります。

参考文献

- 1) 福原ら：日産技報、2014、No. 76、pp. 5-9
- 2) 村田ら：R&D神戸製鋼技報、2017、Vol. 66、No. 2、pp. 17-20
- 3) 内海ら：R&D神戸製鋼技報、2017、Vol. 66、No. 2、pp. 3-7
- 4) 濱本ら：R&D神戸製鋼技報、2017、Vol. 66、No. 2、pp. 12-16

〔(株)神戸製鋼所 鉄鋼事業部門 技術開発センター 鋼板開発部 薄板開発室 みうら まさあき 三浦 正明〕

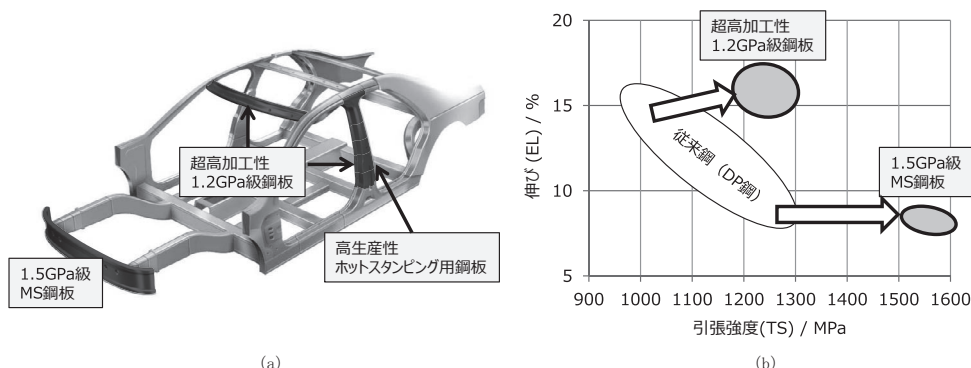


図 1 各鋼板の (a) 自動車車体での適用例、(b) 強度-伸びバランス

JFEスチール(株)

高成形性高強度鋼板シリーズ 「JEFORMA®」

JEFORMA®は、自動車骨格部品用に、伸びや伸びフランジ性の優れた特徴ある鋼板を体系的に品揃えした冷延鋼板と合金化溶融めっき（GA）鋼板

シリーズです。同開発鋼板は、伸びの高いType 1、伸びと伸びフランジ性が高いType 2、高EI型よりさらに伸びが高いType 3の3タイプで構成され（図1）、それぞれ、引張強さ590～1,180MPa級を品揃えし、成形方法、部品形状など多様なニーズにお応えします。

〔JFEスチール(株) 薄板セクター部 長谷川浩平〕

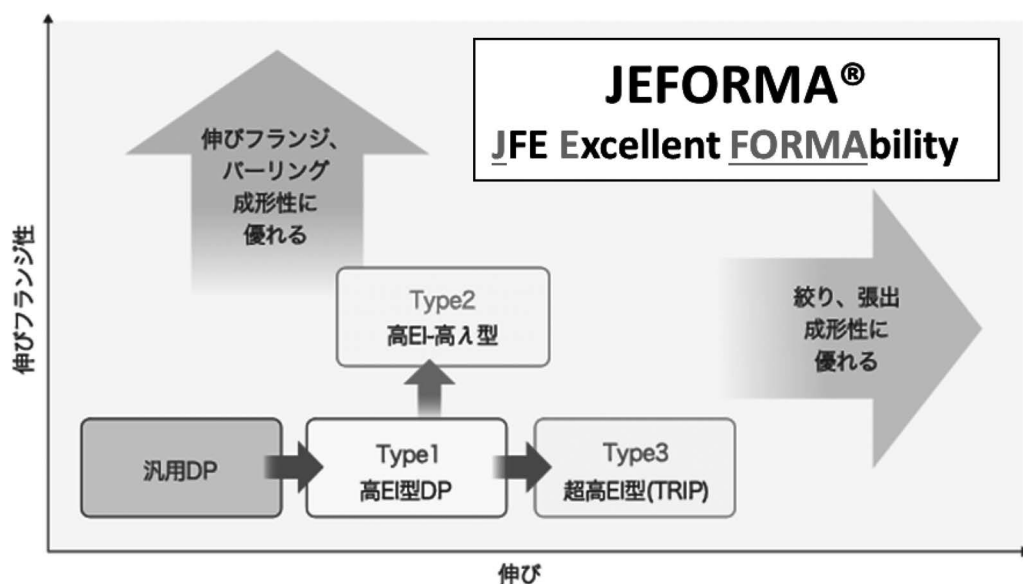


図 1 高成形性高強度鋼板シリーズ「JEFORMA®」のタイプと成形性の特徴

冷間プレス金型の寿命改善する 金型用鋼と表面処理の組み合わせ 「DCMX+ハイトンセラック」

まえがき

冷間プレス金型の寿命改善を目的として、金型に表面処理を付与する場合がある。従来は、1000℃以上の高温塩浴処理で表面にVC膜を形成するTRD処理が主流であった。しかし、近年では表面処理の再処理回数制限や処理後の寸法調整工数の問題から、PVD等の500℃以下で処理されるセラミックコーティングの適用事例が増えてきている。特に、金型への負荷が高い超高張力鋼板の成型では、セラミックコーティングの密着性改善を目的として、表面処理と相性の良い金型用鋼の選択が重要となっている。

本稿では、当社マトリックス冷間ダイス鋼「DCMX」+大同DMソリューションが販売するPVD処理「ハイトンセラック」の組み合わせで金型損傷が大幅に低減した事例を紹介する。

◇ マトリックス冷間ダイス鋼「DCMX（ディーシーマトリックス）」

DCMXは500℃以上の高温焼戻して62HRCが得られ、かつ粗大な晶出炭化物をほぼゼロにすることで、JIS SKD11対比、靱性・被削性・熱処理寸法制御性を大幅に改善した冷間ダイス鋼である。特に被削性は、快削元素添加により8%Cr鋼よりも優れる。

以上の特性から、DCMXはラップ加工後の面性状が

良く表面処理の密着性向上に有利である。また、トリム刃やピアスパンチのチッピング抑制に対しても有効である。

◇ PVD処理「ハイトンセラック」

ハイトンセラックは、TiNをベースとした金色のセラミックコーティングである。コーティング上へのかじり発生には、ピンホール等の凹形状のコーティング欠陥が大きく影響していると考えられる。そのため、コーティング欠陥が少なくなる作業条件とラップ技術を確認して、耐かじりに優れるコーティングとした。

かじりは主にドロー成型金型で発生することから、自動車部品の組み合わせ金型でも特に負荷の高いブロックへの適用事例が多い。また、特に厚い高張力鋼板等のせん断加工において、刃部のかじりが製品品質に悪影響を及ぼすことから、トリム刃やピアスパンチの適用事例も増えている。せん断加工金型の寿命向上には下地窒化の付与が有効であることから、複合処理での大幅な寿命改善事例が多い。

◇ 高張力鋼板成型金型への適用事例

当社では、150tonプレス機を用い、ハイトン板を成型するパンチおよび表面処理を短期間で加率的に損傷させて寿命を評価している。この評価方法は、実際の金型での寿命改善事例と照らし合わせた結果、相関がある評価と考える。図1にDCMX+ハイトンセラックの評価結果を示す。図1のように、従来の金型用鋼+表面処理対比、DCMX+ハイトンセラックとすることで金型損傷が低減されることが分かる。

〔大同特殊鋼(株) 工具鋼事業部 企画開発部ソリューション室 増田 哲也〕

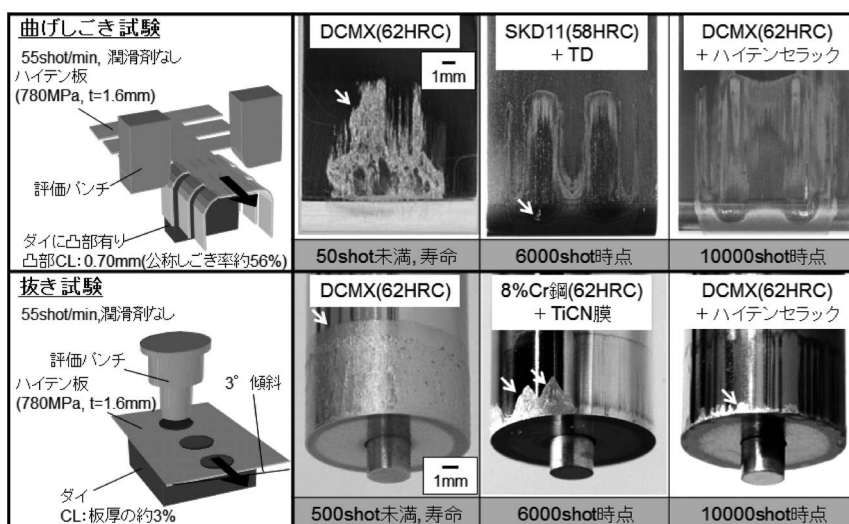


図 1 DCMX+ハイトンセラックの実機ハイトン成形評価結果 (矢印: かじり部)

高張力鋼板成形金型用鋼NOGAとPVD表面処理皮膜KS-G

まえがき

近年鋼板の高強度化が進み、引張強度が1,180MPaの超ハイテン鋼板の採用が増えており、金型寿命の低下が懸念されている。

当社はこれまでも超ハイテン鋼板成形金型の損傷メカニズムを解明し、新たな金型用鋼や表面処理を提供してきた。今回は1,180MPa以上の超ハイテン鋼板成形に用いられた実例を紹介する。

◇ 超ハイテン鋼板成形金型用鋼「NOGA」

金型への負荷が高い超ハイテン鋼板成形金型では、焼付き防止の為表面処理皮膜が適用される。金型寿命＝表面処理寿命と考えられ、表面処理の寿命をいかに延ばすかが重要である。これまでの調査事例より、鋼材の粗大炭化物が表面処理の剥離損傷起点となる事が判っており、NOGAは表面処理の寿命を向上させる事を重視し、剥離損傷の起点となりうる粗大炭化物を大幅に削減する鋼材設計を行った。その結果、SKD11に比べ、剥離損傷を大幅に減らす事に成功した。また、粗大炭化物を減らした事で、鋼材の靱性と耐疲労特性が向上し、切刃（トリム型）に用いた際、チッピングや欠けを大幅に減らす事が可能となった。

◇ 金型用PVD表面処理「KS-G」

当社の調査では、超ハイテン鋼板成形時に450℃以上の加工発熱が発生し、耐熱性に劣る皮膜は酸

化摩耗により早期損傷する事が判っている。KS-Gはそれに対応する為、上層膜に耐熱性及び高温摩耗に優れる皮膜を採用した。また、従来のPVD皮膜は高面圧を受けると皮膜が割れてしまう問題があったが、KS-Gは中間層を設ける事で、高面圧下でも耐えられる構造となっている。

◇ 1,180MPa以上の超ハイテン成形事例

NOGAとKS-Gを合わせる事で、超ハイテン鋼板成形において大幅に金型寿命を改善する事が可能となっており、SKD11に従来のPVD処理を施した金型に対して、NOGA+KS-Gでは金型寿命が10倍以上延びた事例もある。

最近では、大型部品であるセンターピラー（絞り工程）に1,180MPa鋼板が採用される事案が増えてきた。NOGA+KS-Gが採用されて、20万ショット以上の量産使用に耐えており、安定量産を支えている（表1）。また、チッピングや欠けが問題となる1,180MPa（t=1.2mm）のトリム型においてもSKD11に比べNOGAは刃先欠損量は圧倒的に少なく金型寿命が向上している。

NOGAとKS-Gは、それぞれが高い性能を持っており、超ハイテン鋼板成形用金型として実績を多く積んでいる。今回は、それらを合わせる事で、今後増加が見込まれる1,180MPa超ハイテン鋼板を安定生産する為の金型（成形、トリム）として有力な手法となる事を紹介した。

〔日本高周波鋼業(株) 技術部 殿村 剛志〕

〔日本高周波鋼業(株) 技術開発本部 商品開発部 菓子 貴晴〕

〔(株)カムス 生産本部 技術部 山田 広〕

表 1 超ハイテン成形金型 実機使用結果

	部品名	型工程	鋼板	金型	寿命
実績①	センターピラー	絞り型	1,180MPa t=1.0mm	NOGA+KS-G (窒化無し)	約26,000ショットで損傷無し。 継続使用中
実績②	センターピラー	絞り型	1,180MPa t=1.2mm	NOGA+KS-GN (窒化有り)	約216,000ショットで損傷なし。 継続使用中

高張力鋼板プレス成形用PVD皮膜 「Tribec炬 (トライベックカガリ)」

まえがき

世界各国で示されている乗用車のCO₂排出規制を達成するために、車体軽量化による燃費改善が進められている。NEDOの試算によると980MPa以上の超ハイテンの使用は、フレーム系の補強部位、構造部位、衝撃吸収部位のそれぞれで進み、少なくとも2030年までは、軽量化の主役はハイテンであると考えられている。ハイテンは金型の強度に迫る勢いで高強度化しており、成形面圧が過酷になり金型の摩耗やカジリで量産が困難になるケースも出てきており、金型への表面処理が一般的になっている。プレス金型の表面処理はTRDやCVD法がスタンダードであったが、処理温度が1000℃以上と高く、金型の変形が問題になっていた。そこで金型用鋼の焼戻し温度以下(～500℃)で処理が可能なPVD法で以上の課題解決を提供し得る表面処理「Tribec炬 (トライベックカガリ)」を開発したので紹介する。

◇ Tribec炬の開発コンセプト

Tribec炬はAlCrVN組成のナノオーダーからなる交互積層皮膜である。まずコーティング金型の損傷状況について電子顕微鏡などを駆使して詳細な観察を行った。次に様々な化合物、膜構造の試験片を作成し、大気中、真空中、試験温度を変化させた種々の摩擦摩耗試験を行い、最先端の分析装置を用いて

摩擦摩耗挙動を明らかにした。ハイテン加工の高負荷領域で局所的な温度上昇による酸化摩耗や摩耗粉・異物噛み込みによる物理的な摩耗を抑える皮膜化合物、皮膜構造を開発した。一般にPVD皮膜は、「硬質皮膜」と呼ばれ、硬さや摩擦係数などの物理的物性の改良が重ねられてきたが、Tribec炬では化学反応も活用した機能を有する皮膜の開発に至ったものである。

◇ Tribec炬の特性例

図1にレーザー顕微鏡で測定した摩擦試験後の試験片表面形状を示す。従来のPVD皮膜で見られる多数のスクラッチ痕は、摩耗粉による擦過と試験中に皮膜内に発生した亀裂が原因となっていた。一方Tribec炬の試験後の表面は平滑であり、発生する摩耗粉を細かくする、皮膜に作用する過大な局所面圧を抑える作用により、摩耗が均一に少しずつ進行することを確認した。これらの挙動は、ハイテン実成形の金型表面でも再現されており、金型メンテナンス頻度を少なくし、金型寿命向上にも寄与している。

むすび

超ハイテンの量産車への適用は始まったばかりであり、衝突安全、燃費改善の観点から今後着実に拡がると考えられる。膜の特性強化、改善だけでなく、受託コーティングの能力、納期面などのサービス体制も強化していきたい。

Tribecは日立金属(株)の登録商標です。

〔日立金属(株) 安来工場 田村 やすし
ソリューション&エンジニアリングセンター 田村 庸〕

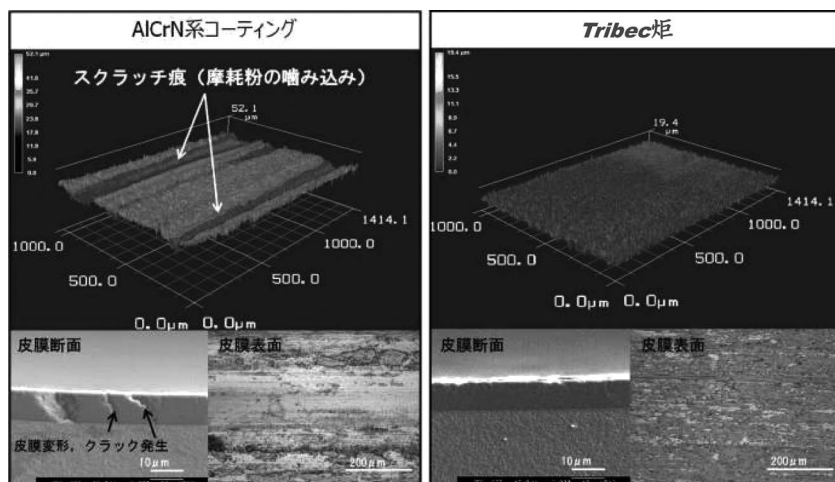


図 1 摩擦試験後の試験片皮膜表面と断面の観察結果

業界のうごき

井上特殊鋼がグループ製造部門再編 鍛造・機械加工2社が合併

井上特殊鋼は、グループの型打ち鍛造の山崎機械製作所（滋賀県湖南市）と機械加工の井上マシナリー（滋賀県東近江市）を4月1日に合併する。

鍛造と機械加工をワンストップで行う体制を整え、顧客の利便性を高める。今後、山崎機械製作所水口工場（滋賀県甲賀市）に新工場を建設。井上マシナリーの工作機械を移設するとともに増設を行い、産業用ロボットを導入し生産性を向上させる。新工場の初期投資額は15億円で、年内に本格稼働に入る予定。今まで外注していた型打ち鍛造の後工程を取り込み、効率化することで、グループ全体の付加価値を高めていく。

現在1時間弱かかる山崎機械製作所本社工場と井上マシナリーの移動時間は、新工場では15分に短縮される。16年12月期の売上高は、山崎機械製作所が70億円、井上マシナリーが4億円。

（2月16日）

サハシ特殊鋼、最新レーザー導入 パイプ・形鋼の加工強化

サハシ特殊鋼はパイプ、形鋼の加工機能を強化する。関連会社で各種加工を手掛けるサハシ鋼機・藤前営業所とタイアップし、最新鋭のレーザー加工機を新設。製品の高精度化、リードタイム短縮などでニーズ対応力を高め、既存ユーザーへの拡販と需要深耕を目指す。

サハシ特殊鋼は特殊鋼、ステンレス鋼をはじめとする各種素材販売だけでなく、各種機械加工やプラント事業などを幅広く展開する。14年には販路拡大を狙って本社工場に三次元加工設備を設置、複合加工を要する高付加価値製品の生産を始めた。近年、本社工場で対応し切れない量産品、小型製品の加工ニーズが徐々

に高まっており、本社工場で複雑加工品、藤前営業所で量産品、即納品を生産する体制を構築することに決めた。

レーザー加工機は今月中旬に設置を完了した。現在試運転を行っており、間もなく本稼働を始める計画。

（2月20日）

大洋商事のタイ熱間鍛造合併 工場完成、営業生産を開始

大洋商事とダイナックス工業のタイ熱間鍛造合併、タイディ・メタル・タイランドはこのほど、営業生産を開始した。新設の本社工場で1,600トン型打鍛造プレスライン、300トンプレス切断機を稼働し、月産能力3,000トンを構築した。初期投資総額は約7億円。今月8日に顧客など約100人で開所式を行い、19年までに年間売上高3億5千万円を目指す。

本社工場はイースタン・シーボード工業団地内で現在の人員は16人。小ロット多品種ニーズや複雑形状部品にも対応する。円盤形状では外径最大130ミリ、内径10～75ミリの製品を生産し、軸物や異形状にも対応する。

サイアム大洋商事が主に材料調達・供給や営業展開を担う。ダイナックス工業は熱間鍛造、冷間鍛造、機械加工、電磁クラッチ・ブレーキユニットを柱とする鍛造大手で、タイ合併はダイナックス工業が日本で培ったノウハウを生かしていく。

（2月23日）

千曲鋼材、浦安で切断加工再開 店売り特殊鋼板、即納強化

千曲鋼材は、店売り特殊鋼鋼板の中核物流拠点である浦安倉庫（浦安鉄鋼団地内）で切断加工を再開する。店売り切板の短納期対応ニーズが強まる中、顧客利便性の向上を図

るため、茨城事業所（茨城県常陸大宮市）から4KWレーザー切断機1基を移設し、6月から浦安での切断加工を再開する。

浦安は以前、プラズマ切断機、NCガス切断機を各1台置き、店売り特殊鋼鋼板の切断加工を行っていたが、東日本大震災で工場が被災したため、11年夏に茨城に設備を移設し、店売り向け切断も茨城で行う体制に変更した。その後、新しい浦安倉庫を建設し、12年4月に開設。既設の浦安第1・第2・第3倉庫と合わせた浦安の在庫体制を大幅に拡大した。

店売りの短納期ニーズが一段と強まる中で、顧客の利便性を高める狙いで、6年ぶりに浦安での切断加工を再開することを決めた。

（2月27日）

テクノタジマ、体質改善を推進 「交流・変革・挑戦」テーマに

テクノタジマは現行中期経営計画の最終年度となる17年度、体質改善策を積極推進する。Communication、Change、Challengeの頭文字を取った3Cを旗印に社内外交流や改善活動などに注力。次期中計への準備期間に位置付け、基盤強化に向けた取り組みを加速する。

テクノタジマは年度ごとにスローガンを設定、強化項目を絞って全社的な取り組みで製販、管理部門のレベルアップを図っている。昨春、熔断および製缶、特殊鋼、機械加工各部門の加工機能強化を目的とする設備投資を実施するなど、近年はハード整備に注力。17年度は「体制改革」をスローガンに据えた。

3Cでは仕入先・社内・客先との交流を深化し、組織・製品・手順の簡素化に向けたIT強化を推進し、新分野、新技術の開発による新規顧客の取り込みを掲げ、製販一体で実力の底上げに努める。

（3月28日）

鉄鋼社、SC平角の店売り強化 北関東でフライス盤増設

鉄鋼社は、北関東営業所に両頭フライス盤を1台増設した。SC平角鋼、プラスチック金型用鋼の仲間売りにおいて、主力の黒皮材に加えて6面加工品でも納期対応力を高める。北関東営業所のプレート加工は当面3割増を目指す。

同社は仲間売りに特化し、黒皮切断品が販売の大半を占める。北関東営業所は帯鋸盤7台、両頭フライス盤3台、縦型フライス盤4台、ロータリー研削盤3台などを持ち、プレートの即納ニーズに対応するため内製加工も行っている。最近では400ミリ幅以上の幅広材のニーズが拡大し、両頭フライス加工がネック工程となっていた。

機械加工に注力する特殊鋼流通はプレート加工より高度の加工も行い、設備投資を継続して加工内容の充実を図っている。同社は豊富な在庫体制を生かした材料販売力をより強くすることで、仲間業者とのタイアップ関係を深めていく。(3月14日)

三井物産、鉄鋼事業を一部譲渡 日鉄住金物産と検討開始

三井物産と日鉄住金物産は、三井物産が鉄鋼事業の一部を18年4月をめどに日鉄住金物産に譲渡する検討を開始することで合意した。三井物産による日鉄住金物産株式の追加取得の検討を開始することでも合意した。

三井物産は現在、日鉄住金物産の株式を約11%保有している。これを20%まで引き上げ、持ち分法適用会社化することを目指す。三井から譲渡する具体的な対象事業の範囲、譲渡の方法、対価を含む諸条件は今後両社間で検討・協議する。9月をめどに両社間で最終契約を締結し、国内外の競争当局による承認を経た上

で、来年4月をめどに事業譲渡を実施する予定だ。

鉄鋼建材の分野では総合商社の旧7社が2陣営に分かれ、2社に再編された。他分野でも個別の組み合わせで再編は徐々に進みつつあるが、より大掛かりな枠組みでの動きがあると考えるのが自然だ。(3月23日)

神戸製鋼、2割高強度化目指す 自動車向けボルト用鋼で

神戸製鋼所の川崎博也社長兼会長は、自動車メーカーの軽量化ニーズに対応した特殊鋼線材の商品開発戦略として、引張強度1,600~1,700メガパスカル級の高強度ボルト用鋼を開発していることを明らかにした。同社の従来材より引張強度が2割ほど高く、ボルトの小型化や細径化によってコンロッドなど自動車部品の軽量化が可能になる。

日本鉄鋼協会春季講演大会で自動車軽量化の取り組みについて特別講演し、鉄鋼材料や接合技術の開発方向性を示した。神鋼は自動車向け高強度ボルト用鋼として「KNDSシリーズ」を展開しており、実用段階では現在、「KNDS4」の1,300~1,400メガパスカル級が最高強度。ボルト用鋼は高強度化が進むにつれて微量の水素が原因で脆化する「遅れ破壊」が生じやすくなる課題がある。水素に対して強い鋼組織を造り込むなどして1,600~1,700メガパスカル級の開発を目指す。(3月16日)

山陽特殊製鋼が新技術を共同開発 過共析鋼を高韌性化

山陽特殊製鋼は、過共析鋼の高韌性化技術をコマツ、大阪大学と共同開発した。新しい鋼材成分とそれに適した熱処理で工具鋼や軸受鋼などの韌性を5倍以上に高める技術で、金型、軸受、機械構造部品などの強度・耐衝撃性・耐摩耗性・寿命など

を飛躍的に向上できる。

過共析鋼は、炭素を0.7%程度以上含有する鋼の総称。鋼は硬さと韌性が相反関係にあるため、高硬度鋼は韌性が下がる特徴がある。このため鋼に焼入れ焼き戻し処理を施すことで、高強度で高い耐摩耗性を確保させて工具、軸受、機械部品などに使われている。

3者は過共析鋼の低韌性の一因である結晶粒界に沿って起こる破壊(粒界破壊)過程で、韌性を劣化させる炭化物を優先的に固溶・消失させる粒界改質および結晶粒微細化熱処理技術を開発した。さらにレアメタル使用量を抑えた成分系とし、最大約200ジュール・平方センチメートル高い韌性を確保した。(2月6日)

新日鉄住金、八幡で生産構造改革 連铸機新設に380億円

新日鉄住金は八幡製鉄所・戸畑地区(北九州市)で計画する連続铸造機の新設に総額380億円を投じる計画だ。軌条(レール)や棒鋼・線材の半製品となるブルームを製造する最新鋭の連铸機で、生産能力は年約170万トンとする。

新設するのは第3連続铸造設備。380億円には付帯設備も含まれる。新設に向けた作業は1月に着手しており、18年度下期に完了を目指す。新日鉄住金は八幡製鉄所の戸畑、小倉両地区にある高炉、製鋼工程を20年度末までに戸畑地区に一本化する計画を進めている。

18年度末までに戸畑地区に最新鋭の連铸機を新設する一方、20年度末までに小倉地区の製鋼設備、第3連铸機、第4連铸機、戸畑地区の既存の連铸機1基を休止する。一連の施策により、自動車用棒線や鉄道レール向けとなるブルームを戸畑地区で集中生産する体制を整え、生産性、品質対応力を高める。(2月10日)

新日鉄住金と新日鉄住金ステンレス 日新製鋼にステンレス鉄源供給

新日鉄住金が13日に日新製鋼を子会社したことで、新日鉄住金グループはシナジーの早期発現に向けた検討を開始するが、ステンレス事業では来年度上期から生産面での相互協力に動き出す。新日鉄住金、新日鉄住金ステンレス（NSSC）が日新に半期で約2万トンの鉄源を供給すると同時に、NSSCと日新によるニッケル系・クロム系のホットコイルの相互供給を再び拡大する。17年度第1四半期は約3千トンずつを計画する。

日新・周南製鋼所は需要増の中でユーザーの要望に応じきれない状況にある。このため新日鉄住金グループとして、17年度上期に約2万トンの鉄源（スラブ、ホットコイル）を日新製鋼に供給し最終製品の増産につなげる。

一方のNSSCも需要増に追いつけていない状況。光製造所で生産しているニッケル系鉄源は余力がないが、八幡製鉄所で生産しているクロム系鉄源は増産が可能だ。（3月21日）

大同特殊鋼、星崎の生産効率化 棒鋼ピーリングで20%向上

大同特殊鋼は、星崎工場の合理化策を推進する。年内に棒鋼ピーリング加工の生産性を20%高めて、月6,200～300トンの加工がこなせる体制とする。1月末に第1期工事（3号ライン）が完了。年内に1号および8号ラインの設備更新を行う。一連の投資金額は約10億円。星崎の月産量2万2千～4千トンのうち、棒鋼のピーリング加工は5千トン強でフル稼働の状態。今後の拡販戦略で更に2割強の増加を見込んでおり、星崎の加工品質、能力の増強により拡販戦略をサポートする。

3号ラインの合理化では1、2号ラインと共通だった梱包ラインを分

割し、3号ライン独自の直行ラインを新設。従来オフラインだった渦流探傷、中間切断のインライン化も行った。今夏から他に2ラインの更新も行う。最新鋭機の導入により、設備の剛性向上などで加工品質をより安定化させ、加工径のレンジもより幅広くする。（2月10日）

日本金属、3カ年中期計画を策定 熱処理ラインなど58億円投資

日本金属は第10次中期経営計画（17～19年度）で「新事業創出と成長製品拡販」、「グローバル事業の伸張」、「人財・設備投資の強化」を事業戦略の3本柱に据え、新事業・成長製品分野を中心に58億円の設備投資計画を実行する。19年度の単独経常利益は16年度見通し比2.4倍の24億円、単独売上高経常利益率（ROS）は過去最高の6%を目指す。

人財・設備投資の強化では3年間で人員を1割増強する。前中期の設備投資は33億円で減価償却費見合いだったが、新中計では減価償却を上回る。

設備投資計画の内訳は新事業・成長製品40億円、BCP関連16億円、その他2億円。帯鋼では薄物・箔材の熱処理ライン（光輝焼鈍とテンション・アニーリングの兼用）増設、圧延機・焼鈍ラインのリフレッシュ、自動車用小中径厚肉管の能力増強、異形鋼圧延機の増設などを行う。BCP関連は耐震補強など工場インフラ整備が中心。（3月27日）

日本冶金工業、中国で高機能材生産 南京鋼鉄と合併、スラブを供給

日本冶金工業は中国で高機能材（ニッケル含有率20%以上の合金）の生産に乗り出す。中国の南京鋼鉄と、高機能材の生産販売を行う合併会社を設立することで合意した。新会社は江蘇省に11月に設立する。日本冶金が60%、南京鋼鉄が40%出資

する。董事長は日本冶金が派遣する。高機能材の仕入れ販売、南海鋼鉄への厚板委託圧延・委託加工、技術および品質保証サービスが主な業務で、12月ごろ営業を開始する。

南京鋼鉄は江蘇省南京市に本拠を置く普通鋼高炉メーカーで最新鋭・高性能の厚板設備（5,000ミリ幅熱間圧延機、3,800ミリ幅ステッセルミルなど）を持つ。日本冶金からスラブを合併会社に供給し、合併会社が南京鋼鉄に厚板製造を委託する計画だ。

日本冶金は上海に販売会社を持ち、高機能材の拡販に取り組んでいる。南京鋼鉄と組むことで新たな販売ルートが加わることになる。（2月28日）

日立金属、真岡に表面処理工場を新設 自動車鋼板のハイテン化に対応

日立金属は、国内における工具鋼のソリューション営業体制を強化するため、栃木県真岡市に表面処理工場を開設し、独自の複合PVD（物理蒸着）技術の表面処理設備を10月から稼働する。現在、ソリューション＆エンジニアリングセンター（島根県松江市）で表面処理を行っているが、北関東拠点の開設で関東以北の納期対応力を高め、自動車鋼板用金型向けをメインに事業展開し、受注拡大を図る。

松江市の拠点では耐摩耗性、潤滑性、耐熱性など多様なニーズに対応する各種表面処理を行っている。日立金属工具鋼が真岡地区の拠点内に開設する工場では「トライベック炬」など数種類に絞って展開する。「炬」は高面圧下での耐摩耗性向上などを重視したハイテン冷間プレス金型用表面処理。ホットスタンプ成形で要求される被加工材のめっき凝着や熱的損傷の抑制にも効果がある。

（2月24日）

文責：（株）鉄鋼新聞社

特殊鋼統計資料

特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別生産の推移

鋼種別

(単位：t)

年 月	構 造 用 鋼				特 殊 用 途 鋼						計	合 計
	工具鋼	機械構造用炭素鋼	構 造 用 合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ス レ ス 鋼	快 削 鋼	高 抗 張 鋼	そ の 他		
'15 暦 年	247,346	4,645,724	3,564,630	8,210,354	431,529	986,169	2,755,748	615,811	4,953,652	674,565	10,417,474	18,875,174
'16 暦 年	242,925	4,713,936	3,593,009	8,306,945	411,650	939,192	2,784,129	590,795	5,485,686	676,186	10,887,638	19,437,508
'14 年 度	267,588	4,796,279	3,938,090	8,734,369	436,613	1,028,923	2,973,816	680,990	5,806,585	669,583	11,596,510	20,598,467
'15 年 度	241,082	4,638,379	3,487,357	8,125,736	421,420	962,553	2,725,384	593,245	5,048,694	694,055	10,445,351	18,812,169
'16. 1- 3月	61,117	1,168,629	869,464	2,038,093	97,863	227,151	697,857	139,372	1,344,876	183,801	2,690,920	4,790,130
4- 6月	60,482	1,141,891	901,829	2,043,720	105,905	236,311	670,371	152,548	1,274,279	176,142	2,615,556	4,719,758
7- 9月	61,195	1,169,049	880,846	2,049,895	101,698	229,877	712,086	146,293	1,358,925	175,079	2,723,960	4,835,050
10-12月	60,131	1,234,367	940,870	2,175,237	106,184	245,853	703,815	152,582	1,507,606	141,162	2,857,202	5,092,570
'16年 1月	19,652	384,132	272,319	656,451	31,459	68,014	236,824	40,581	476,198	60,238	913,314	1,589,417
2月	20,714	381,932	292,531	674,463	31,851	77,302	234,331	50,867	419,546	54,824	868,721	1,563,898
3月	20,751	402,565	304,614	707,179	34,553	81,835	226,702	47,924	449,132	68,739	908,885	1,636,815
4月	20,509	371,936	284,602	656,538	33,144	72,342	208,460	41,618	389,380	60,765	805,709	1,482,756
5月	20,690	392,171	315,565	707,736	38,470	82,279	231,127	55,849	476,560	55,996	940,281	1,668,707
6月	19,283	377,784	301,662	679,446	34,291	81,690	230,784	55,081	408,339	59,381	869,566	1,568,295
7月	19,655	408,897	311,084	719,981	36,239	83,038	237,034	50,919	424,758	54,748	886,736	1,626,372
8月	18,634	365,393	260,879	626,272	33,735	69,444	229,562	48,684	437,022	68,397	886,845	1,531,750
9月	22,906	394,759	308,883	703,642	31,724	77,395	245,490	46,690	497,145	51,936	950,380	1,676,928
10月	20,549	407,234	312,835	720,069	37,585	83,172	238,329	47,459	535,872	49,990	992,407	1,733,025
11月	18,433	402,961	311,059	714,020	37,089	80,548	225,357	54,963	463,212	45,569	906,738	1,639,191
12月	21,149	424,172	316,976	741,148	31,510	82,133	240,129	50,160	508,522	45,603	958,057	1,720,354
'17年 1月	19,468	408,964	301,672	710,636	34,927	74,618	239,578	47,258	458,011	58,149	912,541	1,642,645
2月	21,372	397,944	310,858	708,802	35,718	79,301	232,919	50,822	417,401	47,934	864,095	1,594,269
前 月 比	109.8	97.3	103.0	99.7	102.3	106.3	97.2	107.5	91.1	82.4	94.7	97.1
前年同月比	103.2	104.2	106.3	105.1	112.1	102.6	99.4	99.9	99.5	87.4	99.5	101.9

出所：経済産業省『鉄鋼生産内訳月報』から作成。

形 状 別

(単位：t)

年 月	形 鋼	棒 鋼	管 材	線 材	鋼 板	鋼 帯	合 計
'15 暦 年	270,761	5,828,923	1,081,718	4,123,192	1,508,876	6,073,343	18,886,813
'16 暦 年	309,783	5,756,283	989,700	4,173,510	2,001,825	6,218,161	19,449,262
'14 年 度	304,098	6,106,807	1,393,173	4,234,850	2,176,351	6,393,357	20,608,636
'15 年 度	269,744	5,701,404	1,009,207	4,171,024	1,580,711	6,091,727	18,823,817
'16. 1- 3月	82,013	1,372,386	252,736	1,061,788	457,860	1,566,270	4,793,053
4- 6月	64,455	1,452,764	243,740	1,020,021	426,323	1,515,372	4,722,675
7- 9月	70,468	1,419,552	235,702	1,053,025	505,042	1,554,264	4,838,053
10-12月	92,847	1,511,581	257,522	1,038,676	612,600	1,582,255	5,095,481
'16年 1月	17,173	408,955	94,828	347,752	177,400	544,280	1,590,388
2月	34,629	463,368	83,439	341,773	142,082	499,578	1,564,869
3月	30,211	500,063	74,469	372,263	138,378	522,412	1,637,796
4月	28,306	461,199	77,545	331,767	108,276	476,634	1,483,727
5月	17,578	499,109	85,861	347,689	159,389	560,052	1,669,678
6月	18,571	492,456	80,334	340,565	158,658	478,686	1,569,270
7月	19,171	512,102	77,483	364,210	147,560	506,816	1,627,342
8月	22,947	405,498	74,800	356,236	152,181	521,060	1,532,722
9月	28,350	501,952	83,419	332,579	205,301	526,388	1,677,989
10月	47,381	500,006	93,949	350,625	203,637	538,398	1,733,996
11月	21,757	501,641	73,282	346,353	184,156	512,973	1,640,162
12月	23,709	509,934	90,291	341,698	224,807	530,884	1,721,323
'17年 1月	30,982	480,915	83,690	357,774	137,122	553,133	1,643,616
2月	35,274	495,365	79,459	348,387	116,286	520,469	1,595,240
前 月 比	113.9	103.0	94.9	97.4	84.8	94.1	97.1
前年同月比	101.9	106.9	95.2	101.9	81.8	104.2	101.9

出所：経済産業省『生産動態統計』から作成。

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 合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ス レ ス 鋼	快 削 鋼	高 抗 張 鋼	そ の 他	計	合 計		
'15 暦 年	315,222	3,799,665	4,044,736	7,844,401	251,940	451,168	3,015,291	172,597	122,078	35,288	4,048,362	12,207,985		
'16 暦 年	318,284	3,793,728	4,159,973	7,953,701	249,025	502,736	3,043,035	167,359	100,734	40,543	4,103,432	12,375,417		
'14 年 度	315,143	3,796,580	4,075,391	7,871,971	241,867	459,359	3,036,399	185,102	126,093	28,652	4,077,472	12,264,586		
'15 年 度	319,413	3,811,785	4,049,269	7,861,054	265,198	443,260	3,005,738	169,510	114,666	35,504	4,033,876	12,214,343		
'16年 6月	27,378	312,318	351,611	663,929	22,393	43,987	250,117	14,144	10,431	3,517	344,589	1,035,896		
7月	27,019	323,589	349,466	673,055	22,705	43,615	253,680	13,765	9,230	3,347	346,342	1,046,416		
8月	24,511	294,207	335,572	629,779	19,677	40,224	244,661	12,445	7,045	3,011	327,063	981,353		
9月	26,691	319,571	350,595	670,166	22,155	44,253	269,838	14,588	6,690	4,102	361,626	1,058,483		
10月	27,026	323,739	351,228	674,967	20,091	45,889	258,254	13,248	7,822	4,156	349,460	1,051,453		
11月	27,598	327,455	354,966	682,421	22,487	47,041	257,600	14,510	8,280	3,582	353,500	1,063,519		
12月	25,254	321,491	352,053	673,544	20,563	46,163	253,014	14,600	7,317	3,698	345,355	1,044,153		
'17年 1月	24,926	319,931	351,369	671,300	20,781	44,160	253,961	14,440	6,935	3,204	343,481	1,039,707		
2月	26,977	328,542	357,768	686,310	21,288	46,268	259,330	14,777	6,849	3,900	352,412	1,065,699		
前 月 比	108.2	102.7	101.8	102.2	102.4	104.8	102.1	102.3	98.8	121.7	102.6	102.5		
前年同月比	101.3	103.7	105.4	104.6	93.0	127.7	101.7	104.4	74.7	164.7	103.7	104.2		

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 合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ス レ ス 鋼	快 削 鋼	高 抗 張 鋼	そ の 他	計	合 計		
'15 暦 年	8,514	219,348	126,553	345,901	26,641	37,142	126,895	26,973	173,408	26,569	417,628	772,043		
'16 暦 年	6,840	239,158	136,648	375,806	23,596	36,680	122,241	27,149	191,633	26,245	427,544	810,190		
'14 年 度	8,552	212,735	120,601	333,336	24,229	35,151	116,398	25,803	181,594	33,355	416,530	758,418		
'15 年 度	6,741	212,593	129,143	341,736	25,337	35,403	107,219	24,867	151,569	34,374	378,769	727,246		
'16年 6月	8,081	228,413	141,867	370,280	29,233	33,565	118,640	29,992	160,576	35,517	407,523	785,884		
7月	7,748	237,371	140,806	378,177	26,677	36,183	111,134	28,903	153,789	31,247	387,933	773,858		
8月	8,399	236,148	142,859	379,007	32,170	32,650	122,606	31,361	174,678	46,840	440,305	827,711		
9月	9,457	244,310	139,352	383,662	24,745	35,009	121,784	25,600	160,916	34,502	402,556	795,675		
10月	8,109	239,292	137,912	377,204	28,416	35,078	115,799	27,310	184,631	30,540	421,774	807,087		
11月	7,385	228,513	136,701	365,214	26,434	33,138	121,877	28,367	151,869	24,103	385,788	758,387		
12月	6,840	239,158	136,648	375,806	23,596	36,680	122,241	27,149	191,633	26,245	427,544	810,190		
'17年 1月	6,808	242,970	141,420	384,390	27,815	33,479	123,177	28,474	161,260	36,480	410,685	801,883		
2月	7,135	235,450	142,803	378,253	28,428	31,698	112,660	31,008	187,722	34,706	426,222	811,610		
前 月 比	104.8	96.9	101.0	98.4	102.2	94.7	91.5	108.9	116.4	95.1	103.8	101.2		
前年同月比	88.8	98.7	96.8	98.0	114.6	82.4	91.0	97.7	99.6	90.9	95.7	96.7		

出所: 経済産業省『鉄鋼生産内訳月報』から作成。

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 合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ス レ ス 鋼	快 削 鋼	高 抗 張 鋼	そ の 他	計	合 計		
'15 暦 年	61,896	202,211	146,758	348,969	13,423	52,972	134,135	11,968	11,624	1,683	225,805	636,670		
'16 暦 年	58,237	187,464	141,858	329,322	14,527	58,916	129,697	11,828	10,737	1,619	227,324	614,883		
'14 年 度	58,240	210,206	147,346	357,552	12,927	49,435	140,051	13,509	10,900	1,581	228,403	644,195		
'15 年 度	61,699	200,931	139,603	340,534	13,258	53,426	135,679	14,121	11,473	1,763	229,720	631,953		
'16年 6月	60,246	203,056	148,962	352,018	11,937	65,758	133,755	14,243	10,337	1,283	237,313	649,577		
7月	60,269	195,893	148,538	344,431	11,908	65,286	133,800	13,361	9,731	1,638	235,724	640,424		
8月	60,637	197,439	147,882	345,321	12,625	66,207	130,820	14,089	10,310	1,242	235,293	641,251		
9月	60,554	192,445	149,157	341,602	13,843	64,543	135,130	13,606	10,119	1,666	238,907	641,063		
10月	58,947	190,328	146,710	337,038	14,009	62,515	133,971	13,287	10,427	1,627	235,836	631,821		
11月	58,511	185,720	143,032	328,752	13,075	60,971	131,913	12,718	10,671	1,777	231,125	618,388		
12月	58,237	187,464	141,858	329,322	14,527	58,916	129,697	11,828	10,737	1,619	227,324	614,883		
'17年 1月	59,379	193,670	143,167	336,837	13,980	57,900	130,719	12,960	11,070	1,953	228,582	624,798		
2月	58,504	184,541	147,177	331,718	13,581	58,284	129,812	12,287	10,684	2,143	226,791	617,013		
前 月 比	98.5	95.3	102.8	98.5	97.1	100.7	99.3	94.8	96.5	109.7	99.2	98.8		
前年同月比	91.3	91.8	105.2	97.3	103.9	114.2	96.1	87.9	92.5	128.6	100.2	97.7		

出所: 経済産業省『鉄鋼需給動態統計調査』から作成。

特殊鋼鋼材の輸出入推移

輸 出

(単位: t)

年 月	工具鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼				そ の 他 の 鋼			特殊鋼 鋼材合計
		機械構造 用炭素鋼	構造用 合金鋼	計	ばね鋼	ステンレス鋼	ピアノ 線 材	計	高炭素鋼	その他 合金鋼	計	
'15 暦 年	57,172	445,437	540,719	986,156	188,707	1,052,226	129,239	1,370,172	11,388	5,291,875	5,303,263	7,716,762
'16 暦 年	43,539	412,511	530,319	942,830	r 182,238	r 1,015,301	146,993	r 1,344,532	10,111	r 6,088,581	r 6,098,693	r 8,429,594
'14 年 度	69,904	507,842	583,116	1,090,958	184,341	1,157,029	142,126	1,483,496	13,457	6,085,408	6,098,865	8,743,223
'15 年 度	39,898	415,754	516,291	932,045	r 186,774	r 1,009,763	141,761	r 1,338,299	10,648	r 5,375,453	r 5,386,101	r 7,696,343
'16年 5月	2,701	29,961	46,240	76,200	r 14,564	75,948	10,420	r 100,932	882	r 481,195	r 482,077	661,910
6月	3,491	32,234	45,619	77,853	r 15,879	84,363	13,692	r 113,934	869	r 482,976	r 483,844	679,122
7月	3,753	36,067	46,943	83,010	18,173	92,306	11,862	122,341	1,235	r 551,506	r 552,741	r 761,846
8月	3,039	34,908	41,643	76,551	15,884	84,221	14,234	114,338	710	537,722	538,433	732,361
9月	2,956	33,816	41,977	75,793	13,508	92,543	12,038	118,089	1,127	548,881	550,008	746,846
10月	3,679	37,046	48,104	85,149	17,747	90,269	10,098	118,114	913	548,009	548,921	755,864
11月	3,417	40,396	41,884	82,280	12,606	78,386	11,405	102,397	620	r 526,766	r 527,386	r 715,480
12月	3,401	39,858	46,312	86,169	15,791	90,869	8,256	114,916	728	505,044	505,773	710,260
'17年 1月	2,921	31,803	37,228	69,030	14,487	72,576	9,026	96,089	547	552,107	552,654	720,694
2月	4,134	38,863	48,797	87,660	15,411	87,763	11,658	114,832	344	472,116	472,460	679,085
前 月 比	141.5	122.2	131.1	127.0	106.4	120.9	129.2	119.5	62.8	85.5	85.5	94.2
前年同月比	141.9	134.7	113.1	121.7	95.5	116.0	126.1	113.7	39.7	106.2	106.1	109.3

出所: 財務省関税局『貿易統計』から作成。

輸 入

(単位: t)

年 月	工具鋼	ばね鋼	ス テ ン レ ス 鋼					計	快削鋼	その他の鋼			特殊鋼 鋼材合計
			形鋼	棒鋼	線材	鋼板類	鋼管			高炭素鋼	合金鋼	計	
'15 暦 年	3,699	4,890	524	13,359	10,752	135,755	13,244	173,634	64	18,660	774,060	792,720	975,009
'16 暦 年	3,441	3,369	666	10,616	11,054	172,316	14,549	209,200	70	16,478	857,976	874,454	1,090,534
'14 年 度	6,053	2,369	625	12,085	13,268	145,697	15,267	186,942	77	18,717	758,538	777,255	972,696
'15 年 度	3,663	5,131	566	12,821	10,742	149,710	13,631	187,471	70	17,640	826,552	844,192	1,040,527
'16年 5月	342	244	26	767	1,049	14,500	1,153	17,495	-	1,808	44,541	46,349	64,430
6月	179	348	66	785	894	13,565	1,561	16,871	4	1,818	61,781	63,599	81,000
7月	265	254	32	1,001	764	11,755	1,457	15,009	-	754	51,706	52,461	67,988
8月	313	314	51	778	735	10,698	1,150	13,412	23	2,177	94,890	97,067	111,128
9月	232	352	38	832	884	12,053	1,071	14,878	-	414	72,990	73,403	88,865
10月	231	327	47	1,142	1,131	18,641	1,202	22,164	21	1,079	78,567	79,647	102,389
11月	241	267	56	1,115	754	16,578	1,163	19,666	-	2,398	62,581	64,979	85,153
12月	329	227	127	896	1,007	16,256	1,188	19,474	4	675	81,708	82,383	102,418
'17年 1月	296	351	43	1,182	960	13,001	1,364	16,551	-	1,374	63,852	65,226	82,423
p 2月	326	228	21	1,086	1,269	16,570	824	19,770	3	491	35,654	36,144	56,471
前 月 比	110.3	64.9	49.1	91.9	132.2	127.5	60.4	119.5	-	35.7	55.8	55.4	68.5
前年同月比	106.5	90.3	51.9	143.0	159.2	110.4	72.8	111.5	-	623.1	38.5	39.0	50.9

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			
'15 暦 年	9,278,321	1,309,749	4,578,078	466,776	5,046,510	817,234	-	164,166	115,473	12,776	100,891	54,189	14,806
'16 暦 年	9,204,590	1,200,961	4,634,097	383,959	4,970,260	808,303	-	153,067	109,249	11,580	102,600	56,089	12,500
'14 年 度	9,590,733	1,364,318	4,490,724	498,061	5,297,111	831,464	7,589	171,448	114,356	14,384	97,805	60,752	16,847
'15 年 度	9,187,599	1,279,403	4,582,525	447,339	4,937,734	808,174	-	157,736	114,320	12,288	101,838	54,576	13,990
'16年 5月	656,911	92,611	302,682	27,790	331,587	55,307	-	11,012	8,000	795	r 7,893	2,386	1,044
6月	804,299	112,828	408,079	36,284	420,911	75,488	-	13,583	10,097	1,028	r 8,455	5,422	1,091
7月	807,247	105,568	413,619	33,263	415,605	66,167	-	12,994	9,487	1,005	r 8,932	2,854	1,044
8月	658,602	89,083	327,291	27,186	336,661	56,150	-	12,194	8,322	872	r 8,406	3,107	981
9月	840,990	106,153	435,028	36,131	476,769	78,207	-	14,266	10,497	1,182	r 8,432	4,849	1,029
10月	781,253	95,104	423,480	27,727	378,740	62,917	-	13,566	9,575	1,161	r 8,721	3,175	939
11月	840,439	100,163	422,981	27,828	417,600	74,731	-	13,376	10,059	1,138	r 8,478	4,372	1,079
12月	r 781,484	r 91,370	422,836	30,380	r 397,534	r 63,386	-	13,199	8,767	929	r 8,660	7,128	1,119
'17年 1月	761,248	92,992	316,125	23,169	401,650	57,282	-	12,929	8,113	693	8,379	3,391	1,037
2月	852,526	107,612	375,656	31,152	484,724	69,999	-	14,083	8,978	789	8,505	3,222	1,112
前 月 比	112.0	115.7	118.8	134.5	120.7	122.2	-	108.9	110.7	113.9	101.5	95.0	107.2
前年同月比	111.2	101.8	101.7	88.3	107.4	103.2	-	115.9	100.2	92.8	100.0	70.4	109.1

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

(注) r: 訂正值

特殊鋼需給統計総括表

2 0 1 7 年 2 月 分

鋼種別	月 別		実 数 (t)	前 月 比 (%)	前 年 同 月 比 (%)	1995年基準 指 数 (%)
	項 目					
工 具 鋼	熱 間 圧 延 鋼 材 生 産		21,372	109.8	103.2	96.1
	鋼 材 輸 入 実 績		326	110.3	106.5	221.9
	販 売 業 者	受 入 計	26,102	100.1	98.3	126.9
		販 売 計	26,977	108.2	101.3	132.4
		うち消費者向	19,692	108.2	100.9	209.8
		在 庫 計	58,504	98.5	91.3	162.3
	鋼 材 輸 出 船 積 実 績		4,134	141.5	141.9	115.4
	生 産 者 工 場 在 庫		7,135	104.8	88.8	63.6
	総 在 庫		65,639	99.2	91.0	139.2
	構 造 用 鋼	熱 間 圧 延 鋼 材 生 産		708,802	99.7	105.1
鋼 材 輸 入 実 績		24,403	61.1	57.1	1601.4	
販 売 業 者		受 入 計	681,191	100.4	104.7	206.2
		販 売 計	686,310	102.2	104.6	209.3
		うち消費者向	440,795	103.0	99.7	206.3
		在 庫 計	331,718	98.5	97.3	138.0
鋼 材 輸 出 船 積 実 績		87,660	127.0	121.7	517.9	
生 産 者 工 場 在 庫		378,253	98.4	98.0	126.4	
総 在 庫		709,971	98.4	97.7	131.6	
ば ね 鋼		熱 間 圧 延 鋼 材 生 産		35,718	102.3	112.1
	鋼 材 輸 入 実 績		228	64.9	90.3	-
	販 売 業 者	受 入 計	20,889	103.2	90.5	140.0
		販 売 計	21,288	102.4	93.0	142.9
		うち消費者向	4,284	103.2	107.9	34.5
		在 庫 計	13,581	97.1	103.9	427.3
	鋼 材 輸 出 船 積 実 績		15,411	106.4	95.5	121.8
	生 産 者 工 場 在 庫		28,428	102.2	114.6	88.5
	総 在 庫		42,009	100.5	110.9	119.0
	ス テ ン レ ス 鋼	熱 間 圧 延 鋼 材 生 産		232,919	97.2	99.4
鋼 材 輸 入 実 績		19,770	119.5	111.5	507.2	
販 売 業 者		受 入 計	258,423	101.3	101.7	172.1
		販 売 計	259,330	102.1	101.7	173.6
		うち消費者向	60,512	107.0	110.8	106.2
		在 庫 計	129,812	99.3	96.1	117.4
鋼 材 輸 出 船 積 実 績		87,763	120.9	116.0	86.3	
生 産 者 工 場 在 庫		112,660	91.5	91.0	76.6	
総 在 庫		242,472	95.5	93.6	94.0	
快 削 鋼		熱 間 圧 延 鋼 材 生 産		50,822	107.5	99.9
	販 売 業 者	受 入 計	14,104	90.6	101.3	83.8
		販 売 計	14,777	102.3	104.4	89.3
		うち消費者向	13,703	103.0	100.2	96.3
		在 庫 計	12,287	94.8	87.9	53.7
	生 産 者 工 場 在 庫		31,008	108.9	97.7	137.9
	総 在 庫		43,295	104.5	94.7	95.4
高 抗 張 力 鋼	熱 間 圧 延 鋼 材 生 産		417,401	91.1	99.5	178.2
	販 売 業 者	受 入 計	6,463	88.9	69.9	52.2
		販 売 計	6,849	98.8	74.7	55.5
		うち消費者向	5,105	102.5	84.5	94.8
		在 庫 計	10,684	96.5	92.5	80.6
	生 産 者 工 場 在 庫		187,722	116.4	99.6	112.0
	総 在 庫		198,406	115.1	99.2	109.7
そ の 他	熱 間 圧 延 鋼 材 生 産		127,235	95.8	96.3	54.3
	販 売 業 者	受 入 計	50,742	108.7	132.4	409.7
		販 売 計	50,168	105.9	130.0	406.3
		うち消費者向	34,343	105.8	96.7	638.0
		在 庫 計	60,427	101.0	114.6	456.0
	生 産 者 工 場 在 庫		66,404	94.9	86.7	39.6
	総 在 庫		126,831	97.7	98.1	70.1
特 殊 鋼 鋼 材 合 計	熱 間 圧 延 鋼 材 生 産 合 計		1,594,269	97.1	101.9	118.3
	鋼 材 輸 入 実 績 計		56,471	68.5	50.9	714.0
	販 売 業 者	受 入 計	1,057,914	100.8	104.2	185.0
		販 売 計	1,065,699	102.5	104.2	187.3
		うち消費者向	578,434	103.7	100.5	171.8
		在 庫 計	617,013	98.8	97.7	139.5
	鋼 材 輸 出 船 積 実 績 計		679,085	94.2	109.3	202.4
	生 産 者 工 場 在 庫		811,610	101.2	96.7	106.5
総 在 庫		1,428,623	100.1	97.1	118.6	

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. 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。

2. 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29年2月1日～3月31日)

理事会 (3月24日)

- ①平成28年度事業報告案について
- ②平成28年度決算見込みについて
- ③平成29年度事業計画案について
- ④平成29年度予算案について
- ⑤平成29年度貿易一般保険包括保険特約の締結について
- ⑥役員改選案について
- ⑦規程改正案について

運営委員会

- ・総務分科会 (3月9日)
 - ①平成28年度事業報告案について
 - ②平成29年度事業計画案について
 - ③役員改選案について
 - ④規程改正案について
- ・財務分科会 (3月9日)
 - ①平成28年度決算見込みについて
 - ②平成29年度予算案について
- ・本委員会 (3月16日)
 - ①平成28年度事業報告案について
 - ②平成28年度決算見込みについて
 - ③平成29年度事業計画案について
 - ④平成29年度予算案について
 - ⑤役員改選案について
 - ⑥規程改正案について

海外委員会

- ・専門部会 (2月28日)
 - ①平成28年度事業報告 (案) 及び決算報告 (案)
 - ②平成29年度事業計画 (案) 及び予算計画 (案)
 - ③平成29年度賦課金徴収方法 (案)
 - ④海外委員会規程の見直し
 - ⑤特殊鋼貿易問題対応負担金管理規程の見直し
- ・商社分科会 (3月10日)
 - ①最近の貿易保険を巡る情勢等について
 - ②平成29年度貿易一般保険包括保険特約の締結について

・本委員会 (3月14日)

- ①平成28年度事業報告及び決算 (見込) 報告
- ②平成29年度事業計画 (案) 及び予算 (案)
- ③平成29年度賦課金徴収方法 (案)
- ④平成29年度貿易一般保険包括保険特約の締結
- ⑤海外委員会規程の見直し
- ⑥特殊鋼貿易問題対応負担金管理規程の見直し
- ⑦個別通商問題対応について

市場開拓調査委員会

- ・講演会 (2月17日)
 - テーマ: 自動車産業の新しい波 “Connected”
 - 講師: (株)トヨタIT開発センター
 - 代表取締役会長 井上 友二 氏
 - 参加者: 46名
- ・調査WG (3月30日)
 - 「特殊鋼業界及び関係他団体等におけるBCPに関する調査」の最終報告書 (案) について

編集委員会

- ・小委員会 (2月24日)
 - 7月号特集「シミュレーション技術 (仮題)」の編集内容の検討及び執筆分担について
- ・本委員会 (3月8日)
 - 7月号特集「シミュレーション技術 (仮題)」の編集方針、内容の確認について

人材確保育成委員会

- ・「平成28年度ビジネスパーソン研修講座」(2月21日、22日)
 - テーマ: 「営業力を支えるアシスト業務の効率改善セミナー～アシスト業務のタイムマネジメントと支援力」
 - 講師: 日鉄住金総研(株) 島村 保行 氏
 - 参加者: 29名
- ・工場見学会 (3月13日)
 - 見学先: 愛知製鋼(株) 知多工場
 - 参加者: 45名

流通委員会

- ・ 工具鋼分科会（3月24日）

流通海外展開委員会

- ・ 講演会（3月6日）

テーマ：「メキシコへの新規海外進出と現地
オペレーションのポイント（トラン
プ米国大統領就任の影響を含む）」

講 師：（独）日本貿易振興機構（ジェトロ）
海外調査部米州課課長代理
中畑 貴雄 氏

参加者：45名

[大阪支部]

運営委員会（2月22日）

- ①平成28年度事業実績
- ②平成29年度事業計画・予算他

[名古屋支部]

部会

- ・ 構造用鋼部会（2月7日）
- ・ ステンレス鋼部会（2月9日）
- ・ 工具鋼部会（2月17日）

二団体共催中堅社員研修（フォローアップ研修）
（2月22日）

テーマ：中堅社員に求められるリーダーシッ
プ力と交渉力の基礎

講 師：（株）南経営コンサルティング
山田 亮太 氏

参加者：30名

二団体共催若手及び女子社員研修（2月23日）

テーマ：テーブルマナー

講 師：（株）パシフィック ディナー サービス
中山 辰也 氏

参加者：48名

人材確保育成委員会（2月27日）

- ①来年度の社員研修の進め方
- ②正・副委員長の改選

三団体共催技術講演会（3月2日）

テーマ：ステンレス鋼の景観耐久性について

講 師：日新製鋼(株)商品マーケット開発部
主任部員 原田和加大 氏

参加者：118名



特殊鋼倶楽部の動き

「平成28年度ビジネスパーソン研修講座」開催

一般社団法人特殊鋼倶楽部は、一般社団法人全日本特殊鋼流通協会と共催で「平成28年度ビジネスパーソン研修講座」を東京・鉄鋼会館701号室にて2月21日（火）午後1時より22日（水）午後5時まで開催致しました。

講師は、日鉄住金総研（株）・島村 保行氏、参加者数は男性9名、女性20名、計29名でした（特殊鋼倶楽部：20名、全日本特殊鋼流通協会：9名）。

今回の研修テーマは、「営業力を支えるアシスト業務の効率改善セミナー～アシスト業務のタイムマネジメントと支援力」と題し、平成25年度実施した内容を構成し直して、タイムマネジメントの重要性、コミュニケーションの重要性とその方法等で自分の仕事のやり方、考え方を見直すことができる研修内容でした。

受講者の皆さんは、島村講師の説明に熱心に聞き入り、グループディスカッション、実演などを盛り込んだ体験型で積極的に取り組んでいる様子でした。また、1日目の研修終了後には、恒例となりました懇親会が催され、色々と相互に情報交換をしながら有意義なひとときを過ごしておられました。

受講後、提出してもらったアンケートでは、声が大きくて聞きやすく、説得力のある話し方だった、丁寧な説明で非常に分かり易かったとの評価が多くみられました。

最後に受講された皆さんにおかれましては、一日半大変お疲れ様でした。

以下に、研修講座の写真を掲載いたします。





【会場の様子（東京・鉄鋼会館）】

「自動車産業の新しい波 “Connected”」講演会開催

去る2月17日（金）に午後15時30分より東京都中央区日本橋茅場町・鉄鋼会館701号室において「自動車産業の新しい波 “Connected”」の講演会を開催しました。

本講演会は、当倶楽部・市場開拓調査委員会の2016年度事業として実施し、講師として（株）トヨタIT開発センターより代表取締役会長 井上 友二 氏をお招きし、講演していただきました。

講演内容は、自動車産業近辺のICTの流れ、クルマの未来能力：社会を変える要素、新しい社会価値

などでした。

講師の詳細かつ分かり易い説明で約1時間30分程の講演会で、参加された46名の方は、異業種の技術者の考え方に興味を持ち、交通システムが今後社会にどのように活用されるか関心の高い内容であり、最後まで熱心に講師の話に耳を傾け、説明後には参加者から多くの質問があり、盛会の内に終了いたしました。

また、講演会に参加された方々にはアンケートを実施させていただき、貴重なご意見をありがとうございました。次回講演会に是非とも活かしたいと思います。

多数のご参加をいただき、ありがとうございました。

なお、当日資料は、会員専用ページの会員専用イベントに掲載しています。

以下に、会場写真を掲載いたします。



【会場の様子（東京・鉄鋼会館）】

「平成28年度第3回一般社団法人特殊鋼倶楽部工場見学会」開催

去る3月13日（月）に平成28年度第3回工場見学会を開催しました。

見学先は、愛知県東海市にある愛知製鋼(株)知多工場殿で、会員企業から49名が参加しました。

訪問先である愛知製鋼(株)知多工場に到着後、同社本館会議室にて同社山中取締役のご挨拶の後、高木営業本部 営業企画部 部長より工場概況説明を受けた後、3班に分かれて見学に入りました。

現場では、プラントアテンダントの女性説明員から工程模型、DVD映像を使用して説明の後、ブルーム連続铸造工場、及び第2棒鋼圧延工場を見学後、本館会議室にて質疑応答を行い深津営業本部 副本部長 トヨタ営業部 部長 営業企画部担当 参与より閉会の挨拶があり、同社工場の見学を終了しました。

見学先の感想では、「下工程リードタイムの早さ、トヨタグループだけに納期管理は素晴らしいものがあった」「連铸時の内部品質の作り込みに技術的な能力の高さを感じた」「圧延から出荷まで2時間という他メーカーでは難しい短納期が可能になっている事がすばらしいと思いました」「模型にも注力されていて、電炉の製造工程を勉強するのに新入社員の人間にも判り易いと思いました」「現場での作業員が少ない事」「女性社員の現場内で積極採用」等の感想を頂きました。

最後に、特殊鋼倶楽部会員企業のために貴重な機会を与えていただいた愛知製鋼(株)知多工場の関係者の方々に感謝を申し上げて、工場見学会の報告といたします。

以下に、写真を掲載します。



【工場見学会の様子 愛知製鋼(株) 知多工場殿】

「メキシコへの新規海外進出と現地オペレーションのポイント」 (トランプ米国大統領就任の影響を含む) 講演会を開催しました

去る3月6日(月)午後1時30分より東京都中央区日本橋茅場町・鉄鋼会館802号室において、「メキシコへの新規海外進出と現地オペレーションのポイント(トランプ米国大統領就任の影響を含む)」の講演会を開催しました。

本講演会は、当倶楽部・流通海外展開委員会の2016年度事業の一環として実施し、講師として独立行政法人日本貿易振興機構(ジェトロ)より海外調査部米州課課長代理 中畑貴雄氏をお招きし、講演していただきました。

講演内容は、1. 成長する自動車産業、2. 日本企業の進出動向、3. 経営上の主要課題と留意点、4. 米国新政権の通商政策の影響、のテーマ構成でした。

講師の詳細かつ分かり易い説明により約1時間30分ほどの講演会で、参加された45名の方は、北米地域の自動車生産拠点として成長しているメキシコでの日系企業進出の優位性、同国ならではのリスクや留意点、米国新政権による懸念材料などタイムリーな情報を紹介され、最後まで熱心に講師の話に耳を傾け、盛会の内に終了いたしました。

また、講演会に参加された方々にはアンケートを実施させていただき、貴重なご意見をありがとうございました。今後の講演会に反映させていきたいと思っております。

多数のご参加を賜り、厚く御礼申し上げます。

なお、当日資料は、会員専用ページの会員専用イベントに掲載しています。



【会場の様子（東京・鉄鋼会館）】



一般社団法人特殊鋼倶楽部 会員会社一覧

(社名は50音順)

【会 員 数】		【販売業者会員】		
(正 会 員)		愛 鋼 (株)	大 同 興 業 (株)	(株) 平 井
製造業者	24社	青 山 特 殊 鋼 (株)	大同DMソリューション(株)	(株) フ ク オ カ
販売業者	100社	浅 井 産 業 (株)	大 洋 商 事 (株)	藤 田 商 事 (株)
合 計	124社	東 金 属 (株)	大 和 興 業 (株)	古 池 鋼 業 (株)
【製造業者会員】		新 井 ハ ガ ネ (株)	大 和 特 殊 鋼 (株)	(株) プ ル ー タ ス
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 金 属 (株) 下 村 特 殊 精 工 (株) 新 日 鐵 住 金 (株) 新 日 鐵 住 金 ス テ ン レ ス (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)		栗 井 鋼 商 事 (株)	(株) 竹 内 ハ ガ ネ 商 行	(株) 堀 田 ハ ガ ネ
		伊 藤 忠 丸 紅 鉄 鋼 (株)	孟 鋼 鉄 (株)	(株) マ ク シ ス コ ー ポ レ ー シ ョ ン
		伊 藤 忠 丸 紅 特 殊 鋼 (株)	田 島 ス チ ー ル (株)	松 井 鋼 材 (株)
		井 上 特 殊 鋼 (株)	辰 巳 屋 興 業 (株)	三 沢 興 産 (株)
		(株) U E X	千 曲 鋼 材 (株)	三 井 物 産 (株)
		碓 井 鋼 材 (株)	(株) テ ク ノ タ ジ マ	三 井 物 産 ス チ ー ル (株)
		ウ メ ト ク (株)	(株) 鐵 鋼 社	(株) メ タ ル ワ ン
		扇 鋼 材 (株)	デ ル タ ス テ ー ル (株)	(株) メ タ ル ワ ン チ ュ ー プ ラ ー
		岡 谷 鋼 機 (株)	東 京 貿 易 マ テ リ ア ル (株)	(株) メ タ ル ワ ン 特 殊 鋼
		カ ネ ヒ ラ 鉄 鋼 (株)	(株) 東 信 鋼 鉄	森 寅 鋼 業 (株)
		兼 松 (株)	特 殊 鋼 機 (株)	(株) 山 一 ハ ガ ネ
		兼 松 ト レ ー デ ィ ン グ (株)	豊 田 通 商 (株)	山 進 産 業 (株)
		(株) カ ム ス	中 川 特 殊 鋼 (株)	ヤ マ ト 特 殊 鋼 (株)
		(株) カ ワ イ ス チ ー ル	中 野 ハ ガ ネ (株)	山 野 鋼 材 (株)
		川 本 鋼 材 (株)	永 田 鋼 材 (株)	陽 鋼 物 産 (株)
		北 島 鋼 材 (株)	名 古 屋 特 殊 鋼 (株)	菱 光 特 殊 鋼 (株)
		ク マ ガ イ 特 殊 鋼 (株)	ナ ス 物 産 (株)	渡 辺 ハ ガ ネ (株)
		ケ ー ・ ア ン ド ・ アイ 特 殊 管 販 売 (株)	南 海 鋼 材 (株)	
		小 山 鋼 材 (株)	日 金 ス チ ー ル (株)	
		佐 久 間 特 殊 鋼 (株)	日 鉄 住 金 物 産 (株)	
		櫻 井 鋼 鐵 (株)	日 鉄 住 金 物 産 特 殊 鋼 西 日 本 (株)	
		佐 藤 商 事 (株)	日 本 金 型 材 (株)	
		サ ハ シ 特 殊 鋼 (株)	ノ ボ ル 鋼 鉄 (株)	
		(株) 三 悦	野 村 鋼 機 (株)	
		三 協 鋼 鐵 (株)	白 鷺 特 殊 鋼 (株)	
		三 京 物 産 (株)	橋 本 鋼 (株)	
		三 興 鋼 材 (株)	(株) 長 谷 川 ハ ガ ネ 店	
		三 和 特 殊 鋼 (株)	(株) ハ ヤ カ ワ カ ン パ ニ ー	
		J F E 商 事 (株)	林 田 特 殊 鋼 材 (株)	
		芝 本 産 業 (株)	阪 神 特 殊 鋼 (株)	
		清 水 金 属 (株)	阪 和 興 業 (株)	
		清 水 鋼 鐵 (株)	日 立 金 属 商 事 (株)	
		神 鋼 商 事 (株)	日 立 金 属 工 具 鋼 (株)	
		住 友 商 事 (株)	(株) 日 立 ハ イ テ ク ノ ロ ジ ー	

“特集” 編集後記

自動車の軽量化にともない近年、アルミニウム合金やプラスチック材料部品などが増えています。しかし、高張力鋼板の採用率は依然として高く、引張強さの向上がどんどん進んでいるなど話題性が高いです。

今回の特集にあたり、過去の類似テーマを探してみたところ、何かと注目されている高張力鋼板ですが、驚いたことに少なくとも過去20年間類似のテーマの特集はありませんでした。最も近い特集では1991年に「自動車環境保全への対応と特殊鋼」の特集があり、一部項目で自動車に対する高張力鋼の使用比率や適用部品などの軽量化についての解説を実施していますが、その後26年間も類似の特集がない状況でした。自動車環境保全に対する状況は世界的にも大きく変化しており、当時はまだ高張力鋼板の採用が少ない状況でしたが、現在では今月の特集である1GPaを超える鋼板が多く採用されている状況となりました。また、鋼板を加熱して成形中に急冷して焼入れを行い高強度

鋼板とするホットスタンピングが普及し始めています。そこで今回の特集にあたって、冷間圧延鋼板だけでなく、ホットスタンピング鋼板も取り上げることにしました。さらに、高張力鋼板だけでなく、その成形に使用される金型についても多くの特殊鋼が使用されていることからテーマに取上げることにしました。

成形加工技術では冷間プレスに携わる方は多いと思いますが、ホットスタンピングについてはまだ馴染みがない方も多いのではと思います。

日本の高張力鋼板や高張力鋼板を成形する金型製造技術は世界的にも高く、これからも世界をリードしていくものと考えられます。今回の特集を通じて、高張力鋼板と成形加工に関する各種技術をご理解頂ければ幸いです。

最後に、ご多忙の中本特集号に寄稿頂きました執筆者の皆様に厚く御礼申し上げます。

〔日本高周波鋼業(株) 技術部 殿村 剛志〕

特 集／特殊鋼の進化を支えるシミュレーション技術

- I. 総論
- II. 塑性加工とシミュレーション
- III. 熱処理とシミュレーション
- IV. 切削加工とシミュレーション
- V. 接合とシミュレーション
- VI. フェイズフィールド法と特性計算の新潮流
- VII. 会員会社のシミュレーション技術

9月号特集予定…流通各社の紹介

特 殊 鋼

第 66 巻 第 3 号
© 2 0 1 7 年 5 月
平成29年 4 月 25 日 印 刷
平成29年 5 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>

編集発行人 小 澤 純 夫
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。