

川崎製鉄技報
KAWASAKI STEEL GIHO
Vol.5 (1973) No.2

深絞り用鋼板の現状と将来

Deep-drawing Steel Sheets for Automotive Industry - Today and Tomorrow

吉田 浩(Hiroshi Yoshida)

要旨：

深絞り用鋼板の開発を、自動車産業の発展との関連としてとらえ、その経過を述べる。鉄鋼メーカーと自動車メーカーの協力がプレス技術の進歩に大きく貢献したことを明らかにすることを試みる。また、成形性試験法を歴史的に見直し、現在の行きづまりと新しい展開への期待を述べる。深絞り用鋼板の製造については、「連続化」という目標を提起し、連続鋳造によるキルド鋼時代への指向にふれる。

Synopsis：

This report depicts the development of deep-drawing steel sheets as viewed from the supplier-user relationship between steelmakers and automotive industry. It points out the noticeable contribution played by the two parties in their consorted efforts for the developed of press-forming technique, with a chronological review of the formability tests. The report also touches upon some problems involved and expectations for the solution, and hints the development of full continuous process for deep-drawing killed steels, foretelling the transition from "Rimmed Steel Age" to "Killed Steel Age".

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

深絞り用鋼板の現状と将来

Deep-drawing Steel Sheets for Automotive Industry—Today and Tomorrow

吉 田 浩*

Hiroshi Yoshida

Synopsis:

This report depicts the development of deep-drawing steel sheets as viewed from the supplier-user relationship between steelmakers and automotive industry. It points out the noticeable contribution played by the two parties in their consorted efforts for the developed of press-forming technique, with a chronological review of the formability tests. The report also touches upon some problems involved and expectations for the solution, and hints the development of full continuous process for deep-drawing killed steels, foretelling the transition from "Rimmed Steel Age" to "Killed Steel Age".

1. 深絞り用鋼板と自動車産業

深絞り用鋼板を歴史的に眺めてみると、その進歩が、日本の自動車産業の進歩と深いつながりを持つことに気づく。これは、単に鉄鋼が自動車へ素材を供給しているという関係を越えて、薄鋼板の開発研究や品質設計が自動車産業と深い関係を持っていることを示している。

そこで、両者のつながりを、需要・供給という量的側面と、自動車用薄鋼板の開発という質的側面から「深絞り用鋼板の現状」を明らかにしてみたい。

1.1 量の推移

図1は、昭和39年以降の冷延鋼板の生産量の内、国内需要に向けられたものの中で直接自動車業界向けに出荷された量の推移を示している。市

中から購入された小物部品として納入される薄鋼板を除いて、国内需要のものを直接自動車向けに供給していることがわかる。

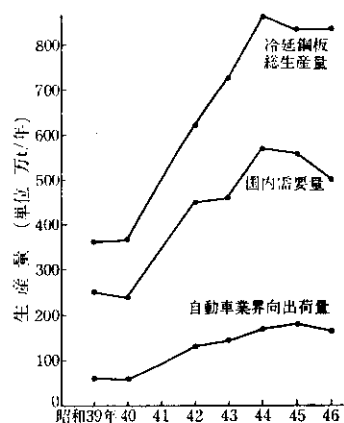


図1 冷延鋼板の生産量と自動車産業向け出荷量
(鋼材倶楽部鉄鋼統計委員会資料)

* 副社長 (千葉製鉄所所長)

1.2 自動車車体から見た鋼板

一台一台の自動車の車体から考えると、車の構造上かなりのバラツキはあるが、薄鋼板の必要量の推定の一つの根拠は得られる。

1 300~1 500cc クラスの乗用車の車両重量を平均して900kg程度とすると、その内で車体の占める割合は約 $\frac{1}{3}$ の300kg程度と言われている。素材の板から車体部品への歩止りは、最近かなり向上しているが大体60%くらいと言われている。1台当りの素材鋼板は500kgあれば良いことになる。

自動車車体の場合、鋼板は大体深絞りを含むプレス加工が行なわれ、サブ・アッセンブリーを経てホワイト・ボディへ組立てられる。薄鋼板の最大の需要が自動車車体にあり、これらがすべて絞り加工されていることを考えると、自動車の大量生産が薄板の深絞り性の研究と深いつながりを持つことも十分納得できる。

2. 自動車産業からの要求と薄鋼板の開発

自動車産業の成長に伴い、量産化や省力化を行なうべく、素材の薄鋼板への要求はあらゆる点で厳しさを増して来た。たとえば、鋼板の供給がコイル化され需要家側でブランクングされるようになって、表面欠陥に対する品質保証が厳しくなったのも一つの例である。

深絞り用鋼板としての要求を歴史的に順を追いつつながら、幾つかの項目に分けてそれに対応する鋼板の研究開発の概要を述べてみたい。

2.1 Armco 材への挑戦

冷延鋼板の製造を始めて最初の深絞り用鋼板としての問題は、米国 Armco 社の深絞り用鋼板に追いつくことであった。

Al キルド鋼による深絞り用鋼板の研究は、当社においては KT4 (JIS SPEN) の製造条件決定の過程そのままであり、この研究を通じて、化学成分、熱間圧延条件、冷間圧延率、焼鈍再結晶条件、調質圧延条件など、深絞り性を定める要因

が明らかにされて、Armco 材以上の板を供給できるようになった。

他方、絞り性を示す特性値として、エリクセン値、限界絞り比、さらに C. C. V. などのモデル実験による研究、単軸引張試験からの n 値、 r 値の成形性への影響の研究など、次の超深絞り用鋼板開発のための条件がそろってきた。

2.2 超深絞り用鋼板の開発

乗用車の生産が本格的になり、車体のスタイリングが売れ行きを決める重要な条件となってくると、米国と同じように3~4年サイクルのモデル・チェンジが行なわれるようになってきた。自動車工業での深絞り用金型の設計の経験も浅く、しかも大量生産が可能であるためには、まずは、供給される鋼板に高度の特性を期待せざる得なかった。

当社における超深絞り用冷延鋼板 KTS の研究開発は、上記のような自動車業界の要請を真正面から受止めたものだった。

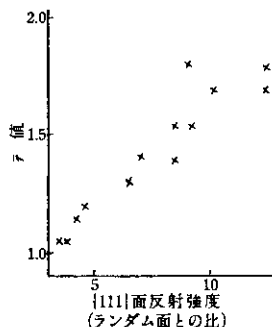
- (1) 表面外観が乗用車外板の大量生産に対応できるように安定していること。(当時の Al キルド鋼では、スリーパーの問題は解決できなかった。)
- (2) リムド鋼であれば、時効に対する対策が考えられていること。
- (3) 材質として Al キルド鋼以上の深絞り性を持っていること。

これらの条件を備えた鋼板が求められていた。

研究部門は、深絞り性が r 値と呼ばれる塑性異方性と強い関係を持つこと、そして、その r 値は結晶集合組織に依存していることを明らかにし、集合組織をコントロールするための製造条件が決定されて行った。(図2参照)

そうして、オープンコイル焼鈍方式による脱炭リムド鋼 KTS が遅時効性超深絞り用鋼板として商品化された。KTS はその後、乗用車生産がさらに伸び、自動車産業が省力化と組付精度向上をはかる時期に、さらに力を発揮することになった。

ハードトップ車やスポーツタイプの車で、リヤビラーとリヤフェンダーを一体で成形したり、小型車のサイドパネルを一体成形するなど、

図2 結晶集合組織と r 値

いずれもプレス作業の省力化のみならず、溶接組立時のバラツキをなくし組立工数を削減するなどの効果は大きい。他方、一体化に伴いパネル形状は複雑になり、単に深絞り性だけでなく、パネル面の張り剛性や伸びフランジ性など、要求される特性はさらに多岐にわたり、より総合的特性を持った鋼板を供給する必要ができた。KTSは張り出し特性の改善や二次加工性の検討といった研究を積み重ね、総合加工用鋼板として上記の要求を十分に満すことができた。

自動車産業の省力化は、最近さらに強力に押し進められ、プレスラインの省力化、サブ・アッセンブリー・ラインの自動化などに工業用ロボットも導入されて来たし、バンパーやドアパネルなどの専用ライン（専用プレスのあと、サブ・アッセンブリーまで専用）も多数作られている。これに対処する深絞り用鋼板としての特性は、「総合特性」としか表現できないような多様な要求を満足し得るものでなくてはならない。

2.3 低降伏点鋼板の開発

乗用車のスタイリングの特長の変化の一つに、昭和40年頃からの平坦なパネル面を持つデザインの流行があげ

られる。

曲率半径の大きなパネル面は、張り剛性（ベコと呼ばれる不良）の問題を抱えており、この問題を解決するために、張り剛性—形状凍結性—なじみ性といった一連の研究が行なわれ、低降伏点鋼板が開発された。

当社における低降伏点用鋼板 HKT の開発は、超深絞り用鋼板ほど高い価格でなく自動車外板用に特性のあった鋼板を供給することができ、その後の鉄鋼メーカーの低降伏点競争の切掛けとなった。

一方自動車メーカーにおいても、組付精度の向上やパネル面の歪不良などの問題についての検討が進み、治具や型設計技術の改善が行なわれた。ロックビードが大幅に取入れられ、ストレッチ・ドロー・プレス（図3参照）なども導入された。これに平行して材質特性の研究も進み、この種の問題と対してもやはり低降伏点材が有効であることが明らかにされた。

従来「割れは鋼板の材質と関係があっても、しわはプレス技術でカバーすべき」と言っていた区分も、自動車メーカー・鉄鋼メーカーの協力で、さらに綿密な問題解決がはかれるようになった。

2.4 高張力鋼板への指向

近年、自動車の安全対策と公害対策に関連して

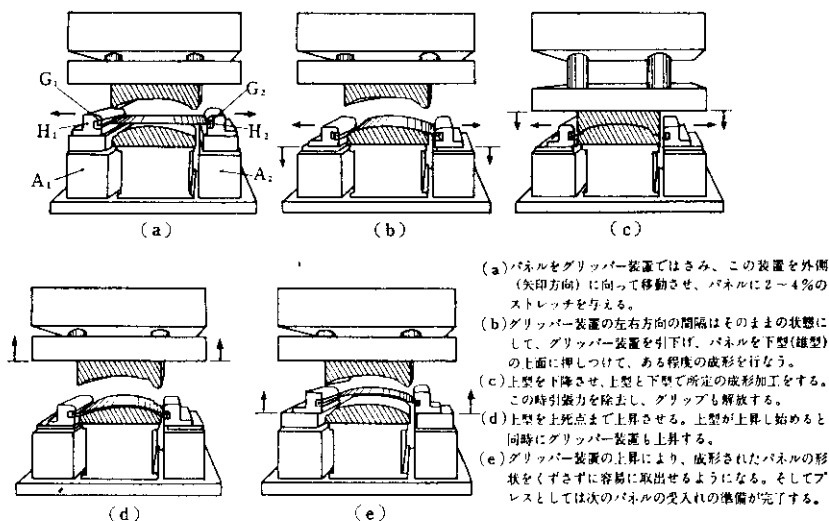


図3 ストレッチ・ドロー・フォーミングの成形順序（プレス技術）

材料の高張力化の要求が強くなりつつある。安全のための自動車の強度に関する研究が進み、公害対策装備による車両重量の増加に対処するための車体重量軽減が本格的に考えられる方向へ進んでいる。しかし、一般論として、高抗張力化は深絞り性と本質的に矛盾しており、プレス加工に対する新しい考え方が必要になってきている。

従来から高張力フレームといった需要があり、ダイ・クエンチ（プレス後、特別のダイスで拘束した状態で焼入れを行なう）などの技術も開発されており、今後高張力化がいかに進むかは、鋼板の研究だけでなく成形方法や組立方法の研究と大きくつながりを持つと思われる。

3. 成形性試験法の流れ

鋼板の深絞り性の研究に当って、鋼板の材質特性の表現方法と現実の部品の成形可否を検討するために、各種の試験法が提案された。この面から、深絞り性の問題を考え直してみたい。

3.1 モデル試験

1914年 Erichsen がモデル試験としてエリクセン試験を発表¹⁾して以来、Olsen Cup²⁾、Swift Cup³⁾、Conical Cup⁴⁾などの試験法が確立するとともに、その塑性学的機構の解明が進んできた。

成形区分（深絞り成形・張出し成形・曲げ成形・伸びフランジ成形）の概念による体系化によって、これらモデル試験の位置付けが行なわれ、試験法としての意味は明らかになったが、現実に行なわれるプレス作業はいろいろな成形条件の組合せとして行なわれ、しわや歪の発生もからんで、モデル試験結果とプレス結果とが一致しないことも多い。

これに対して、さらに現実の成形形状に近いモデル型による研究が、薄鋼板成形技術研究会を中心に蓄積されつつあり、この鉄鋼・自動車メーカーの共同研究によって、より良い対応のあるモデル試験と自動車工業での型設計の標準化の方向へ向かいつつある。

3.2 n 値, r 値

1950年 Arbel が n 値と成形限界に相関があること⁵⁾を示し、1960年 Whitely は Lankford の提案した塑性歪比 (r 値) が深絞り性と密接な関係があることを理論的に明らかにした⁶⁾。

その後の塑性理論の発展でモデル試験によって得られる成形限界が、純粋張出し成形部で n 値、深絞り成形部と伸びフランジ成形部で r 値と対応していることを明らかにしてきた。しかしながら、 n 値、 r 値のような単軸応力下での特性値だけで、実際の不均一な 2 軸応力下での材料の挙動と成形限界をすべて説明するのは、いまだ無理である。逆に、鋼板の特性値の表現が n 値、 r 値に依存しているかぎり、新しい展開は望めないのではないだろうか。

最近、成形過程での変位（歪としてでなく位置の変化）や成形力についての見直しが行なわれているが、この中から、新しい成形概念が生まれてくることを期待したい。

4. 製造法から見た深絞り用鋼板

深絞り用鋼板を製造するには、製鋼から冷延での仕上げまで手抜きのできない厳しい工程条件が必要で、総合的品质管理が個々のラインで確実に実行された成果として得られるものである。これらの製造工程を単純化し、かつ連続化することが次の目標である。

各工程でのコンピューター等の導入により、情報の受け渡しがオン・ラインで行ない得るようになってきた。これにより、製品自体も連続的に処理されよどみのない流れを作ることが可能になった。連続製鋼・連続鋳造・連続スラブ手入・連続冷間圧延・連続焼鈍、等々の連続化された作業とそれをつなぐ連続ハンドリング、そしてその工程情報の連続的処理など、新しい工場は大きな進歩の可能性を持っている。

さらに、連続化された工程から、鋼板への新しい考え方も生まれてくる。たとえば、連続鋳造の導入は、これまでのリムド鋼による深絞り用鋼板からキルド鋼の時代への指向を感じさせる。これ

まで蓄積したキルド鋼の表面改善技術と連続鋳造技術の組合せから新しい鋼板が開発され、深絞り用鋼板のイメージ・チェンジをする日が近いかもしれない。

5. 深絞り用鋼板の将来

自動車産業の発展は、次々に新しい鋼板特性の要求を生み出し、鋼板メーカーは、その要求をかなり高レベルで消化し鋼板の開発を続けてきた。この両者の関係は、今後もこれまで以上に緻密に続けられ、相互のより深い理解が新しい展開の基礎となろう。

自動車産業が、安全対策と公害対策で新しい局面を迎えようとしている現時点で、将来の鋼板への要求を読みつくすのは不可能としても、自動車車体のプレスおよびアッセンブリーが多量化・省力化・自動化の方向に進むことに変わりはないであろうし、これにマッチした鋼板の開発・改善が続けられよう。より均一で、多様の特性要求に対処できる鋼板が、プレスとアッセンブリーをより安定させ、より効率的に行ない得るものにすることを期待してやまない。

いずれにせよ、新しい鋼板は新しい需要と要求から生まれ、新しい鋼板が、鋼板の使用技術を発展させるであろう。

参 考 文 献

- 1) A. E. Erichsen : Stahl und Eisen, 34 (1914), 879
- 2) T. Y. Olsen : Proc. ASTM., 20 (1920) II, 398
- 3) H. W. Swift : Sheet Metal Ind., 31 (1954), 817
- 4) 福井 : 理研報告, 17 (1938) 12, 1145
- 5) C. Arbel : Revue de Metallurgie, 47 (1950) 5, 338
- 6) R. L. Whiteley : Trans ASM., 52 (1960), 154