

当社の自動車用薄板製品と利用技術

Sheet Steel Products and their Application Technology for Automotive Uses

岡本篤樹 / Atsuki Okamoto • 総合技術研究所 薄板研究部 部長

要 約

当社の自動車用熱延鋼板、冷延鋼板、表面処理鋼板の変遷と現在の製品を紹介し、これからの製品の動向を議論する。また、これら製品の自動車産業での利用技術として、プレス成形技術、接合技術、防食設計、耐疲労性評価、衝撃破壊性評価を取り上げ、これらの評価試験技術の進歩と製品開発への展開を概説する。

Synopsis

Changes in hot, cold and surface coated sheet steel products, and current standard production by SMI for automotive uses are presented and discussed. For application of these steels to automobile production, press-forming, joining/welding, anti-corrosion anti-fatigue and crash-worthiness evaluation technologies developed by SMI are described.

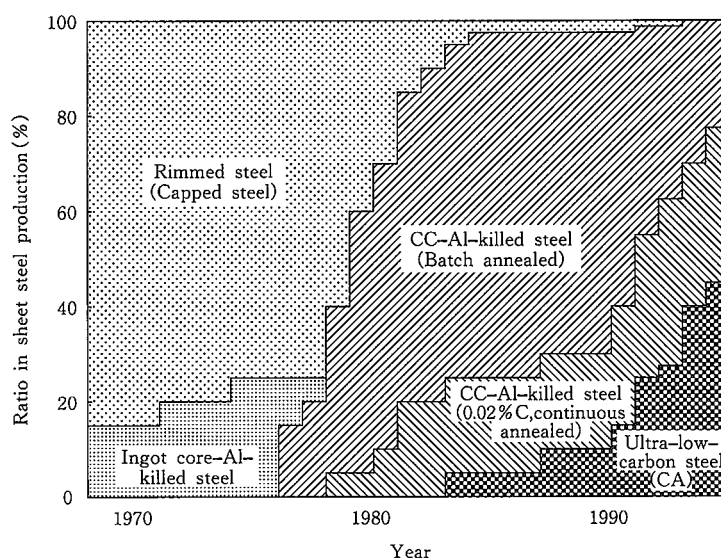
1. はじめに

当社の薄板製品の出荷先の半分は自動車関連市場であるので、当社の薄板生産、販売、製品開発は自動車産業のニーズおよび生産技術に対応して変化してきたと言える。個別には以前の本誌特集号^{1),2)}に掲載されているが、以下に自動車用薄板製品の変遷と現在の当社製品および利用技術を概説する。

2. 自動車用熱延・冷延鋼板

2-1 薄板母材の変遷

当社の冷延薄板の製造は1962年の和歌山製鉄所熱延工業の稼働に始まるが、当時はリムド鋼が主体であった。その後、鋳込みの途中に Al を添加するアルミコアキルド鋼などが開発された。この鋼は表層には健全なリム層、内質にはアルミキルド鋼特有の展伸粒組織。正しくは板面法線方向に揃った{111}集合組織。による高いr値と更に固溶窒素がないことによる非時効性が売り物で、特に深絞り成形部品にOCA（オープンコイル焼鈍）脱炭脱窒リムド鋼と共に使用された。その後は、第1図に示すように、スラブ連続鋳造技術の進歩によりCC-Alキルド鋼が歩留良く製



第1図 冷延鋼板における鋼種と製造法の変遷
Fig.1 Changes of steel for cold-rolled sheets

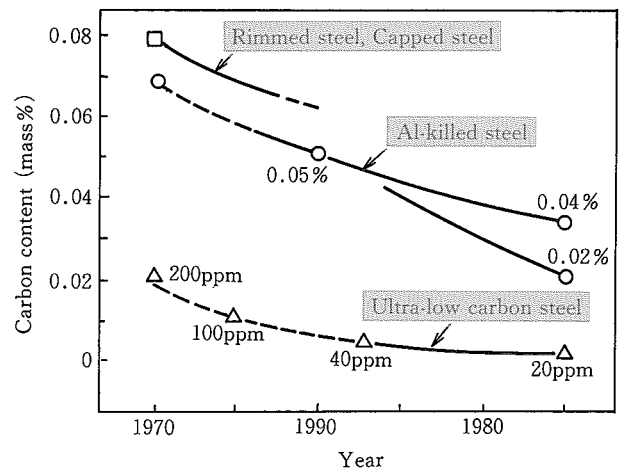
造されるようになり、自動車外装パネルにも使用できるようになった。しかし、この非時効性 Al キルド鋼板の適用で外装パネルの耐デント性の不足が問題になり、その結果固溶炭素を少量残し塗装焼付時に時効硬化する B H 鋼板が開発された^{3),4)}。

その後、焼鈍法もバッチ（箱）焼鈍から連続焼鈍へ、鋼も低炭素鋼から中低炭素鋼、極低炭素鋼へとほぼ5年ごとに主役が交代し、現在では溶融めっきラインへの適合性からもかなりの量の極低炭素鋼および少量の固溶炭素を残した極低炭素 B H 鋼板がホワイトボディ用鋼板の母材となっている⁵⁾。この間薄鋼板中の炭素量は第2図に示すように大きく減少し、鋼板は軟質になってきている。

最近制定された鉄鋼連盟規格では成形性のグレードが C から G まで分かれているが、高深絞り型は現在では極低炭素鋼から製造されている。

2-2 冷延高張力鋼板

第1表には開発された各種高張力鋼板の強度レベルと鉄連規格との対比を示す。まず種類の多い冷延鋼板から説明すると、汎用型や良溶接型（住友規格 SCA***W）は軽度の加工に適した鋼板で、特に後者では Nb や Ti など析出強化元素を添加して降伏強度を上げている。絞り加工型（R）は P など固溶硬化元素を添加して r 値を高めた鋼板



第2図 冷延鋼板中の炭素量の変化

Fig.2 Decrease of carbon content in cold-rolled sheet steels

で、当社では極低炭素鋼をベースにして更に高い r 値と低い降伏強度を有した高成形性型（X）も製造している。焼付硬化型（RBH）は前述のように約10ppmの固溶炭素を含有しており常温では非時効であるが成形加工後の塗装焼付時に降伏点が約40MPa 上昇する鋼板で、引張り強さ340 MPa クラスの鋼板が主に外装パネルなどに使用される。低降伏比型（D）はいわゆるデュアルフェーズ鋼板でマルテンサイトあるいはベイナイトの存在により高強度でかつ

第1表 当社で生産している高張力熱延、冷延、溶融亜鉛めっき鋼板のグレードと鉄連規格との対応
Table 1 High strength sheet steel grades produced by SMI

鋼板の名称	仕友規格	合金元素	引張り強度：(MPa)											＜参考＞ 鉄連規格
			340	370	390	440	490	540	590	690	780	980	1180	1380
熱延鋼板														
汎用型 1	SHA***	C, Mn		◎*	◎*	◎*	◎*	◎*						JSH***J, W
汎用型 2	SHA***B	C, Mn				◎*	◎	◎	◎					
良溶接性型	SHA***W	Nb, Ti				◎*	◎*	◎*	◎*	○	◎*			JSH***R
低降伏比型	SHA***D	C, Mn					◎*	◎*	◎*		◎*			JSH***Y
高穴拡げ型	SHA***H	C, Si, Mn, Cr				◎	◎	◎	○	○	○			
高延性型	SHA***S	C, Si, Mn, Al						○	○	○	○			
耐食型	SHA***CR	Cu, P		○	○	○	◎	◎	◎		△			
熱延・溶融めっき鋼板														
汎用型	AHA***	C, Mn		◎*	◎*	◎*								JAH***W
良溶接性型	AHA***W	Nb, Ti				◎*	○	○	○					JAH***R
高穴拡げ型	AHAF***H	C, Si, Mn				○	◎	○	△					
冷延鋼板														
汎用型	SCA***	C, Mn	◎*	◎*	◎*	◎*								JSC***W
良溶接性型	SCA***W	Nb, Ti			◎	◎*	◎	◎	◎*					JSC***R
絞り加工型	SCA***R	C, Mn, P	◎*	◎*	◎*	◎*								(JSC***P)
高成形性型	SCA***X	Mn, Ti, Nb, P	○	○	○	○								JSC***P
焼付硬化型	RBH***	Mn, Ti, Nb, P	◎*	△	△									JSC***H
低降伏比型	SCAF***D	C, Mn							◎*		◎*	◎*	△	JSC***Y
高延性型	SCAF***S	C, Si, Mn, Al							○		○			
耐食型	SCAF***C	Cu, P	◎											
冷延・溶融めっき鋼板														
汎用型	ACA***	C, Mn	◎*	◎*	◎*	◎*								JAC***W
良溶接性型	ACA***W	Nb, Ti		○	◎	◎*	○	○	○					JAC***R
絞り加工型	ACAF***X	Mn, Ti, Nb, P	◎*	○	◎*	◎*								JAC***P
焼付硬化型	ACRBH***	Mn, Ti, Nb, P	◎*	△	△									JAC***H
低降伏比型	ACAF***D	C, Mn							○		△	△		JAC***Y

*：日本鉄鋼連盟規格対応品

◎：量産中 ○：生産可能 △：開発中

技術解説

比較的低い降伏応力と高い加工硬化指数（ n 値）が得られる特徴があり、レインフォースやドアガードバーの軽量化に適している。高延性型（S）は残留オーステナイトを5—20%有しており、これが塑性変形時にマルテンサイト相に変態するので大きな延性を有している。また最近では合金成分を特定することによりこのマルテンサイト変態を遅らせ、部材の高速圧壊試験で従来鋼より10—20%高い衝撃吸収エネルギーを有する鋼が開発されている⁹⁾。この鋼板はフロントサイドメンバーなど正面衝突時に変形する部材などに適用される。

溶融亜鉛めっき系（住友規格 ACA***）でもほぼ同様の性能の鋼板が得られるが、高強度域では Si 添加によるめっき皮膜の密着性不足対策が必要である。

2-3 熱延高張力鋼板⁶⁾

熱延鋼板は圧延と同時に熱処理されるため効率的であるが、その一方で冷延鋼板のような集合組織や金属組織の制御が困難である。また圧延荷重の関係から板厚や板幅に限界がある。

汎用型 1 は炭素や Mn で強化した鋼で軽加工に適する。汎用型 2（住友規格 SHA***B）や良溶接性型（W）はホイールのリム、ディスク用を意識した鋼板で炭素、Mn の他に Nb や Ti で耐疲労荷重や溶接熱影響部の強化を図っており、自動車足回り部材等に適する。低降伏比型（D）は冷延と同様降伏点が高いので成形後のスプリングバックが少ない特徴がある。高穴抜き型（H）は Si などの添加によりフェライト相とベイナイト相の硬度差を低減し打ち抜き

加工時の微小クラックの発生を抑制した鋼板で、従来より穴抜き率を5割以上向上させている^{9),10)}。難成形の足回り部品やホイールディスクの軽量化に適している。更に当社では表面処理鋼板ほどの耐食性は無いが一般鋼板の2倍の耐食性を有する耐食性鋼板（CR）を生産しており、低コスト化の目的で使用されている⁹⁾。

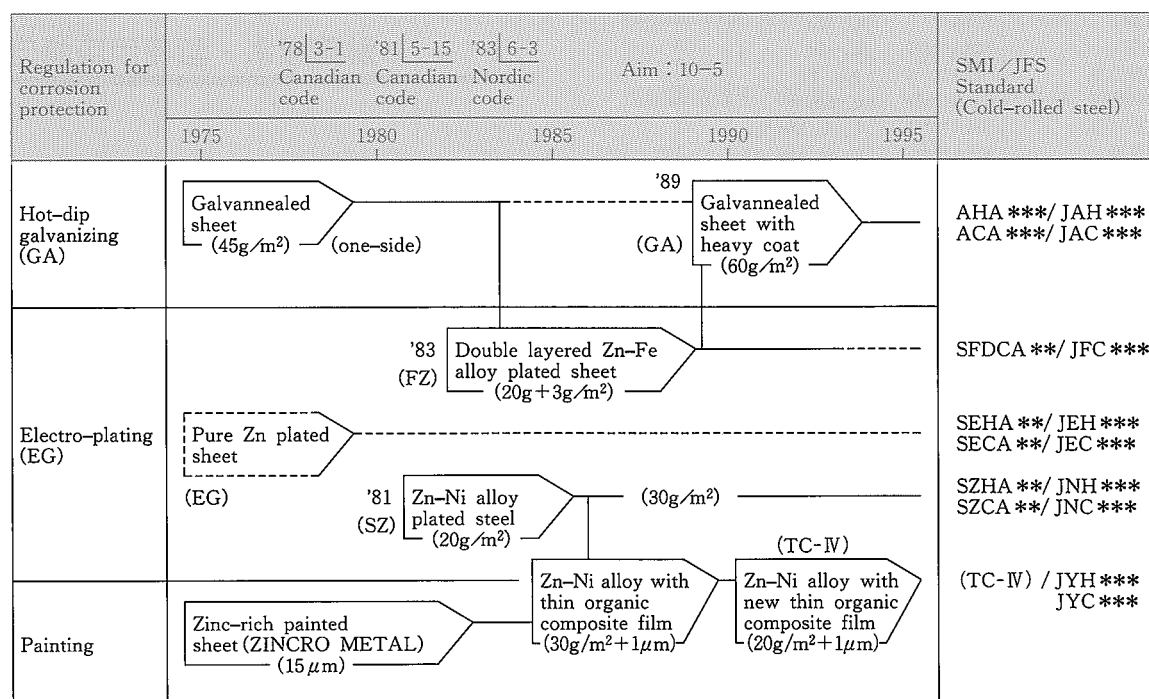
溶融めっき系（住友規格 AHA***）は、冷延鋼板と同様高温の熱処理を受ける場合と低温の熱処理で熱延鋼板の性能を維持させる方法があり各種の鋼板が製造できる。

以上のように、車体の軽量化ニーズに対応するため、各種高張力鋼板が開発され、現在ではホワイトボディーのハイテン比率は30—40%に達している。足回り部品でも490から590MPa級の熱延、溶融めっきあるいは耐食性ハイテンが使用されている。一方ホイールはリム、ディスク共ハイテン化の開発が進み、現在では540MPa級を中心に用途に応じて310から780MPa級の良溶接型や低降伏比型ハイテンが使用されている。

3. 自動車用表面処理鋼板

内外装パネル用防錆鋼板は、第3図に示すように、当初内面側だけ防錆能を付与した片面めっき合金化溶融めっき鋼板（45g/m²）と米国で開発された塗装鋼板、ジंकロメタルに始まるが、その後のカナダコード、更には耐穴あき10年、耐外面錆5年保証への対応を意識して溶接性、成形性など使い勝手の良い表面処理鋼板が開発されてきた。

1980年代はまだ鉄鋼会社では低炭素鋼が主流であった



第3図 自動車ボディー用表面処理鋼板の変遷

Fig.3 Changes of surface treated sheet steels for auto-body panels

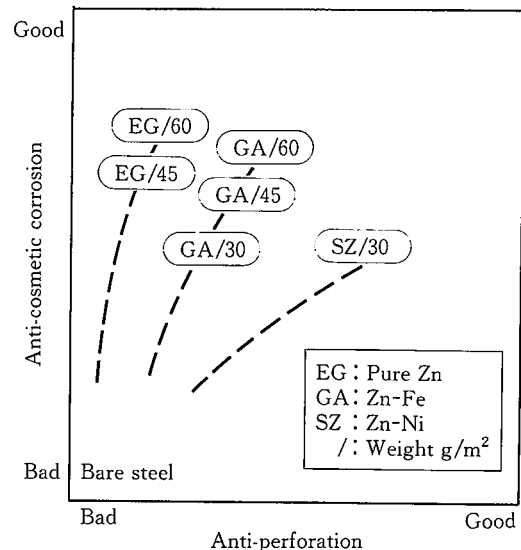
ため加工性の良い鋼板の製造のし易さおよび外装に適した表面品質の得られ易さから電気めっき鋼板 (SECA) が使用された。純亜鉛の電気めっきより数倍の耐食性があり薄目付けが可能な Zn-Ni 合金電気めっき鋼板¹¹⁾ (SZCA) はその代表で、その後表面に薄い有機皮膜処理がなされた有機複合被覆鋼板 (タフコート¹²⁾) へ発展し、現在では更に高性能で低コストの有機複合被覆鋼板 (TC-IV^{6),13)} になって使用されている。この鋼板は溶接性、加工性などが良い特徴がある。もう一方の高耐食電気めっき鋼板としては Zn-Fe 合金めっき鋼板および溶接性、ED 塗装性、化成処理性の視点から上層に Fe リッチ層を有した二層めっき鋼板¹⁴⁾ (SFDCA) が開発され現在に至っている。

この間、製鋼技術の進歩で極低炭素鋼板が比較的容易に製造可能となり、また溶融めっき設備、操業技術も進歩したため、外装面品質にも耐える厚目付合金化溶融亜鉛めっき鋼板 (ACA) が開発された。この鋼板はめっきラインで焼鈍と表面処理が同時にできるため非常に効率的な反面、品質管理、溶接性、加工時摺動性など課題があり、必要に応じて表面に薄い Fe めっきがなされて使用されている。

このほか、海外では厚目付の純亜鉛電気めっき鋼板や合金化されていない溶融亜鉛めっき鋼板などが外装パネルに使用されている。

当社で生産中の代表的な自動車用表面処理鋼板の皮膜構造を第 4 図に示す。このように各種の表面処理鋼板が開発され、現在でも多様な使用されているのは自動車各社により防錆に対する考え方やプレス成形、溶接などのボディー製造設備が異なるためである。第 5 図には各種防錆鋼板の耐食性を比較して示す。皮膜の犠牲防食能を重視して塗装後の端面や疵付き部の赤錆防止の観点からは純亜鉛系の表面処理 (EG) が、未塗装部の耐穴あき性を重視する視点では合金めっき系 (SZ) が望ましい。

また、このほかに排気系など耐熱耐食部位には、アルミめっきやステンレスに替わって 55% Al-Zn のアルジंक鋼板⁶⁾が特に海外において多量に使用されつつある。さらに新しい試みとして、Al-Mn めっき鋼板^{6),15)}、燃料タンク用 SZ-GTX 鋼板⁶⁾、プレコート⁶⁾などの適用試験がなされている。



第 5 図 各種防錆鋼板の耐食性

Fig.5 Comparison of anti-corrosion properties for surface coated sheet steels

4. 高炭素鋼板

自動車用としては各種ギア、リテーナー、チェーンなどトルコン部品やシートベルト金具などに中炭素冷延鋼板が使用されている。製造には和歌山製鉄所の 6 Hi レバース冷間圧延機と 100% 水素焼鈍炉が効果的に活用され、高精度の板厚と均一な硬度および表面品質の製品 (JIS G 3311 : S, SK, SKS, SCM, SUP, SMn) が得られている¹⁶⁾。

JIS 規格品以外の製品では、引張り強さ 1600MPa 以上で耐遅れ破壊性の良好な鋼板、母材は軟質で加工し易いが熱処理後には S35C 並の硬度 (HRC45) が得られる鋼板、熱歪みの少ない鋼板などがある¹⁶⁾。

5. 利用技術

当社は以前よりユーザーとの共同研究に積極的に取り組み各種鋼板を開発、適用してきた。ここでは当社の主

Process	Hot-dip galv.	Electro-plating			Painting	Hot-dip galv.
	GA: Galvannealed	FZ: Double Fe-Zn	EG: Electro-galv.	SZ: Zinc alloy	TC-4: Dura steel	AZ: Al-zinc
Structure of coating	<p>8 μm \leftarrow Zn-Fe alloy (10%) *60g/m²</p> <p>Steel</p>	<p>0.5 μm Fe-Zn</p> <p>3 μm \leftarrow Zn-Fe alloy (10-20%) *20g/m²</p> <p>Steel</p>	<p>8 μm \leftarrow Pure Zn *60g/m²</p> <p>Steel</p>	<p>4 μm \leftarrow Zn-Ni (10-15%) *30g/m²</p> <p>Steel</p>	<p>Thin organic composite film 1 μm</p> <p>Chromate</p> <p>3 μm \leftarrow Zn-Ni *20g/m²</p> <p>Steel</p>	<p>Zn-rich phase</p> <p>Al-rich phase</p> <p>Al-Fe-Zn-Si phase</p> <p>Steel</p>

第 4 図 代表的な自動車用防錆鋼板の皮膜構造

Fig.4 Typical coating film composition of surface treated sheet steels for auto-body panels

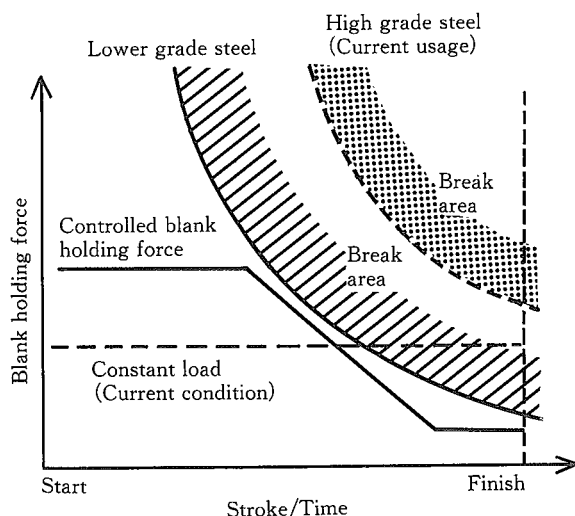
技術解説

要な研究設備と開発成果および取り組み中の課題を紹介する。

5-1 プレス成形性の研究

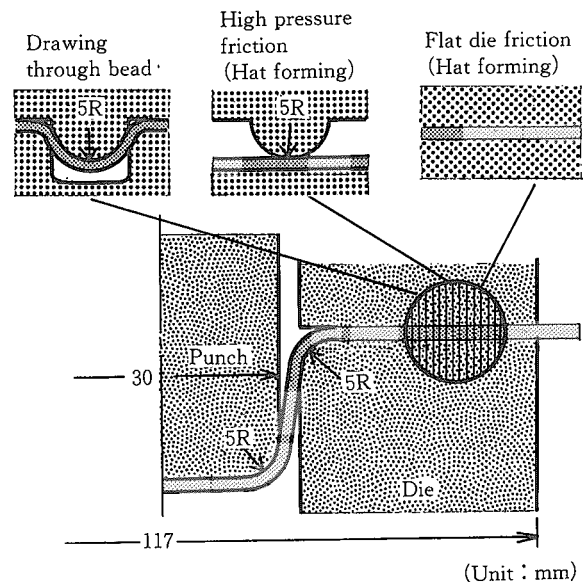
特にプレス成形の研究は1970年からの大型500トンプレス機の導入に始まり精力的に推進してきた。結晶方位と r 値の研究、ウォールブレイクの研究、型かじりの研究、潤滑性と脱膜性の良い潤滑皮膜（Sコート）の研究、耐面歪みと耐デント性を両立させたBH鋼板の研究などはその代表的な成果である。特に高張力鋼板の適用に付随するスプリングバックの低減、表面処理鋼板使用時に発生するパウダリング、フレーキングの改善⁶⁾、摺動性の評価、高潤滑油の改良⁶⁾などを軸に研究され¹⁷⁾製品開発に反映されている。最近ではFEMによる解析も実体に適用できるようになってきた。

現在の保有研究設備と主な応用例を第2表に示す。特に最近では、しわ押さえ力を成形の初期には大きくして、終了前に小さくして材料破断を防止する方法を利用した鋼板の絞りグレードダウンの試み^{6), 18), 19)}（第6図）やハット成形



第6図 しわ押さえ制御によるグレードダウン
Fig.6 Application of lower grade material by using controlled blank holding force system

試験を使用した各種鋼板のビード通過部での摺動性の評価（第7図）などで成果が上がっている。また鋼管のハイドロフォームによる部品の一体化成形とそれに適した材料も研究対象になっている。



第7図 ハット成形によるビード通過部の摺動性評価法
Fig.7 Evaluation of frictional characteristics through draw beads by hat forming

5-2 接合の研究

表面処理鋼板、高張力鋼板の大量使用により合理的な接合法および接合部の品質確保が重要になっている。スポット溶接に焦点を当てると、亜鉛めっき鋼板では低融点に起因する電流密度の低下による溶接性劣化が問題となり、より融点の高いめっき層や表面制御あるいはユーザーでの溶接条件、電極形状の改善への反映となった²⁰⁾。また高張力鋼板では電気抵抗値の制御やHAZ軟化の少ない鋼板の開発へ発展した。一方ホイールの場合にはリムのDCバット溶接性やその最適合金成分の管理が研究されて、軽量化に寄与してきた。

現在の保有研究設備と主な応用例を第3表に示す。テイ

第2表 代表的なプレス成形性評価設備とその応用例

Table 2 Typical experimental equipments and application for forming technology

試験方法	利用技術、製品開発への応用例
実寸法成形試験	<ul style="list-style-type: none"> 表面処理鋼板の成形性評価 潤滑油の選定による成形性の向上 しわ押さえ可変制御による成形性の向上
モデル成形試験 ・400mmかまぼこ型パネル ・高面圧摺動ハット型成形試験 ・ハットチャンネル成形試験	<ul style="list-style-type: none"> 耐デント性と張り剛性の研究 形状性確保のための焼付硬化性鋼板の開発 溶融めっき鋼板のフレーキングとパウダリング性評価 表面処理鋼板の摩擦係数評価と皮膜設計 高張力鋼板成形時のスプリングバック防止技術
耐型かじり性試験	<ul style="list-style-type: none"> T S コートの開発（光沢ステンレス成形用保護シートの省略）
変形パウデン試験	<ul style="list-style-type: none"> フランジ部の連続摺動のシミュレーション

第3表 代表的な接合性評価設備とその応用例

Table 3 Typical experimental equipments and application for joining technology

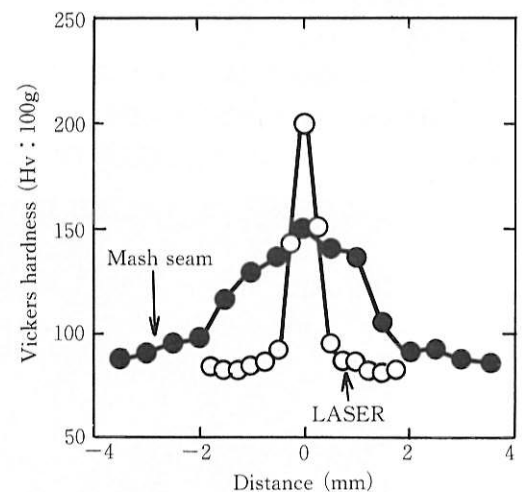
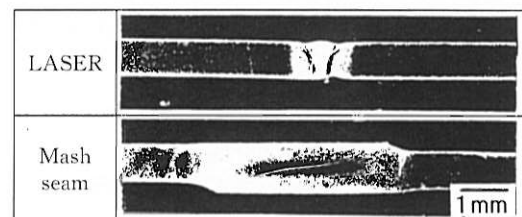
試験方法	利用技術、製品開発への応用例
抵抗溶接 <ul style="list-style-type: none"> ・ スポット溶接 ・ シーム溶接 ・ マッシュシーム溶接 ・ DCバット溶接 ・ フラッシュバット溶接 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 表面処理鋼板の連続打点性評価と表面制御技術 ・ 燃料タンク用表面処理鋼板と接合技術 ・ ティラードブランク技術と接合部の性能評価 ・ ホイルリムの溶接技術と材料開発 ・ 熱延高張力鋼板の成分設計
アーク溶接 <ul style="list-style-type: none"> ・ シールドアーク溶接 ・ ガスアーク溶接 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 溶接条件の最適化 ・ 足廻り部品の溶接における溶接ガス組成の提案
レーザービーム溶接	<ul style="list-style-type: none"> ・ 表面処理鋼板の溶接技術 ・ ティラードブランク用材料の選定

ラードブランクはパネルの一体化、歩留向上だけでなく、最近ではメンバー類の効率的な強度確保などに効果が期待されている。接合法はレーザー溶接以外に設備コストが低く接合部の信頼性が高いマッシュシーム溶接（第8図）が注目されてきており、成形性、耐食性、疲労強度への影響が研究されている²¹⁾。また足廻り部品のアーク溶接ではシールドガスの組成を僅か変えるだけでスパッターやブローホールが著しく減少し耐食性が向上することが明らかになり、既に一部では採用されている⁶⁾。表以外ではろう付け性、接着剤接合性なども研究対象となっている。

5-3 防食設計の研究

既に述べたようにここ20年間の各種表面処理鋼板が自動車会社との共同研究の中から生まれ改善されてきた。現在の多様な表面処理鋼板の適用は各社の防食設計思想の差異に起因していると言える。SST, CCTなどの条件変動だけでなく、シーラーへの期待や化成処理条件、電着条件などが異なるためでもある。すなわち単なる製品の耐食性評価ではなく、鋼板製品には必ず防食設計の提案が付随していると言える。

現在の保有研究設備と主な応用例を第4表に示す。自動車会社での化成処理、塗装焼付、また完成車の走行時での腐食挙動など各種のシミュレーションが可能となっている。例えば、化成処理時にスケがあると耐食性劣化の原因にな



第8図 レーザー溶接部とマッシュシーム溶接部の断面形状および硬度分布の比較

Fig.8 Cross-sectional shape and hardness of LASER or mash-seam welded portion

第4表 代表的な耐食性評価設備とその研究開発課題

Table 4 Typical experimental equipments and application for corrosion assessment technology

試験方法	利用技術、製品開発への応用例
化成処理性試験	<ul style="list-style-type: none"> ・ アーク溶接部の化成処理性評価 ・ Cu析出法による化成処理性不良部の明瞭化
スイングパネル耐食性試験	<ul style="list-style-type: none"> ・ 単板による完全浸漬から完全湿潤環境下での耐食性評価 ・ もらい錆試験
ガス腐食試験	<ul style="list-style-type: none"> ・ 酸性雨／大気腐食と塩害環境下での耐食性評価
端面部端面耐食性試験	<ul style="list-style-type: none"> ・ 単板による各種バリ高さの影響評価
電着塗装試験	<ul style="list-style-type: none"> ・ クレタリングの再現、各種塗装欠陥原因の究明
走査型振動電極試験 (SVET)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 電気化学的方法による微小欠陥部調査
合わせ部耐食性試験	<ul style="list-style-type: none"> ・ 接着、溶接部近傍等の鋼板接触腐食から隙間腐食評価

技術解説

るが、その評価の基準は一定していない。第9図は化成処理後にスケ部にCuを析出させスケ不良の程度を直感的に示したもので^{22),23)}、製品の簡易評価に活用されている。

5-4 疲労強度の研究

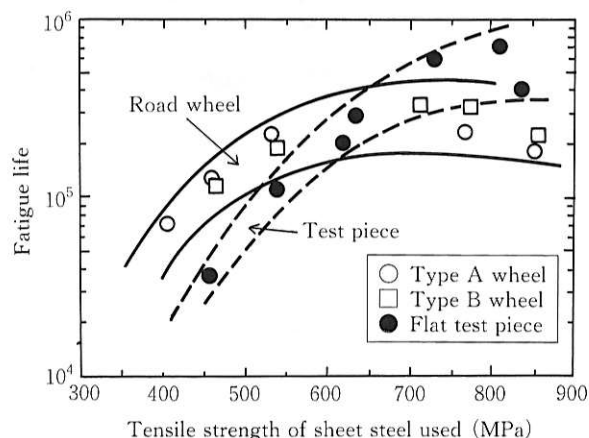
鉄道車輪、車軸での疲労に関する豊富な技術がホイールへの高張力鋼板の適用に生かされ、現在ではデザインに応じ各種の45—80キロハイテンが適用されている。

第10図に示すように、試験片による平面曲げ試験では強度と共に疲労寿命は上昇するが、ホイールの実体疲労試験では疲労寿命は母材強度がほぼ550MPaで頭打ちになることが明らかになっている^{24),25)}。き裂の発生位置などの調査から成型時の残留応力や加工硬化の重要性や風穴形状や仕上げの影響などが判明し、材料組織や成形条件の変更による疲労強度の向上が検討されている。

5-5 高速変形挙動の研究

車体の衝突を想定した高速変形時の耐力や吸収エネルギーの研究も進んでおり、前述のように衝撃吸収能の大きな鋼板として成分調整して安定化させた残留オーステナイト鋼板などが開発されている⁸⁾。

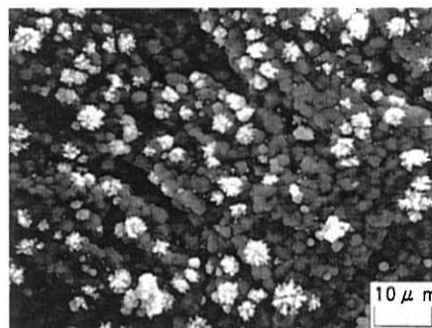
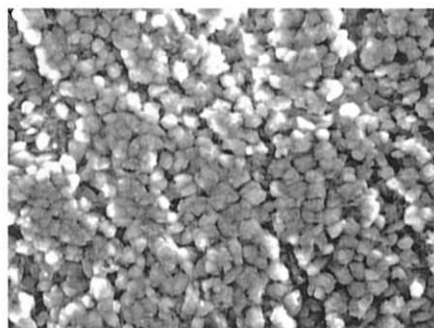
現在保有している高速変形試験機は第11図に示すワンバー法で、比較的試片が大きいため歪み速度 $2 \times 10^3 / \text{sec}$ (約140km/hr)での応力-歪み曲線が精度良く測定でき



第10図 母材引張強度と疲労寿命の関係

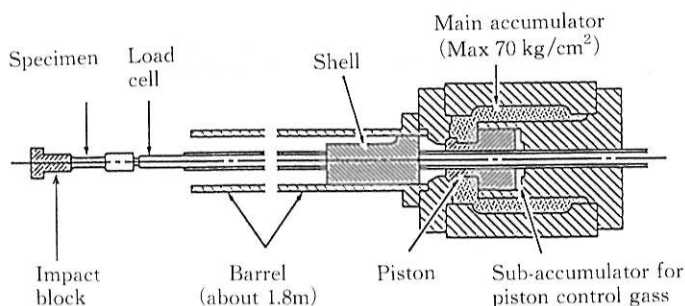
Fig.10 Effects of tensile strength on fatigue life of actual road wheel and flat test piece

ている。一方部材の高速圧壊試験は最大荷重150tonf、クロスヘッド速度4 m/sec (約14km/hr)の一定速度での圧壊変形を行い、変位-荷重曲線などが取れることに特徴がある。第12図にはスポット溶接したハット形状試験部材と試験後の圧壊状況を示す。開発鋼では溶接部が外れることなく均一に圧縮されるが、鋼種によっては折れ易くエネルギー吸収が小さくなることが判明している⁸⁾。



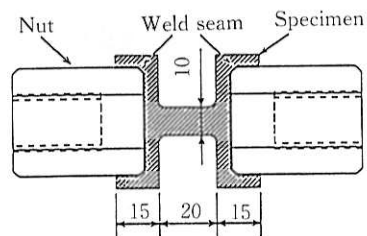
第9図 Cu析出法による化成処理皮膜の「透(す)け」評価 (SEM写真: 透け部にはCuが析出)

Fig.9 Obvious view assessment for incomplete phosphate film by Cu deposition method (SEM micrographs before and after Cu deposition)

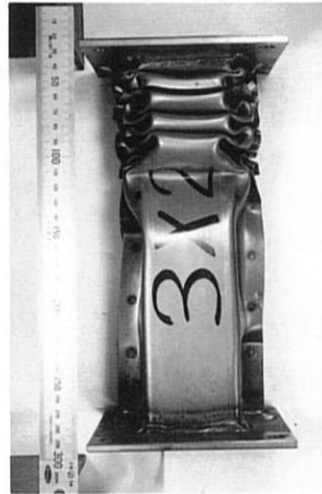
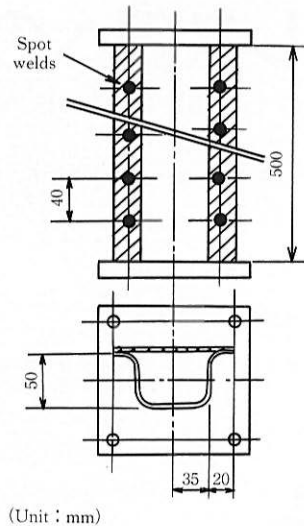


第11図 ワンバー高速引張り試験機と試験片形状

Fig.11 Schematic illustration of apparatus and specimen for one-bar high speed tensile test method



(Unit : mm)



第12図 高速圧壊試験部材の形状と圧壊後の外観形状

Fig.12 Illustration of model column specimen for high speed collapse test and appearance of collapsed column

5. 結 言

自動車用薄鋼板はリムド鋼の時代から大きく進歩し、かなりの品種で規格化もなされ統合され、究極の姿が見えたようにも思える。しかし過去の経緯からして、絶えることのない社会ニーズに対応して薄板製品もまだまだ変わっていくようにも思える。製造側にとってはニーズを先取りした製品開発、ユーザーと一緒にあった利用技術の開発がますます必要と思われる。



岡本篤樹 / Atsuki Okamoto

総合技術研究所 薄板研究部
部長

(問合せ先 : 06(489)5720)

参考文献

- 1) 薄板特集号 : 住友金属, Vol.45-No.5 (1993)
- 2) 自動車用材料特集号 : 住友金属, Vol.41-No.2 (1989)
- 3) 林豊, 岡本篤樹, 岩崎誠夫 : 塑性と加工, vol.23, no. 262 (1982-11), p.1034
- 4) 岡本篤樹, 武内孝一 : 文献 2), p.321-332
- 5) 小嶋啓達, 水井直光, 谷奥俊 : 文献 1), p.12-19
- 6) 本誌に掲載
- 7) N. Mizui : "Heat & Surface 92", Congress Book, (1992), p.187
- 8) 水井直光, 福井清之, 小嶋啓達, 山本三幸, 川口喜昭, 岡本篤樹 : CAMP-ISIJ, Vol.9 (1996), 1100
- 9) 野村茂樹, 福山東成, 勝信一郎, 中居修二, 小松原望 : 文献 1), p.33
- 10) 今井規雄, 小松原望, 栗田真人, 福井清之, 国重和俊, 野村茂樹 : CAMP-ISIJ, Vol.9 (1996), 1092
- 11) 渋谷敦義, 栗本樹夫, 是川公毅, 野路功二 : 鉄と鋼, 66 (1980), p.771
- 12) S. Wakano, T. Shiota, M. Itoh, H. Kawaguchi and R. Nohmi : Mechanical Working and Processing Proc., (1987), p.397
- 13) Y. Kawanishi, T. Shiota, N. Suzuki, H. Nagai, S. Ikeda, Y. Hosoda, K. Tamura, Y. Suzukawa, M. Nakatsukasa, H. Kishimoto, H. Kato and S. Osako : Galvatech '95, Conf. Proc., (1995), p.229
- 14) M. Toda, T. Morishita, T. Kanamaru and K. Arai : SAE Paper No.840212 (1984)
- 15) 山本康博, 渋谷敦義, 津田哲明, 内田淳一, 瀬戸宏久, 福井国博 : 自動車技術会, No.912192
- 16) 高谷春男, 斎藤康行, 西野隆夫, 八木英剛, 福井清 : 文献 1), p.81
- 17) 須藤忠三 : 文献 1), p.105
- 18) 広瀬洋三, 小嶋正康, 菱田祐次, 氏原新, 古林忠 : 塑性加工春期講演会論文集 (1990), p.45
- 19) 氏原新, 広瀬洋三 : 塑性と加工, vol.33, no.375 (1992-4), p.373
- 20) 福井清之, 高隆夫, 内原正人 : 文献 2), p.56
- 21) 内原正人, 栗田真人, 広瀬洋三, 福井清之, 福岡弘 : 溶接学会, 軽構造接合加工研究委員会資料, MP-184-96, (1996), 及び Proc. of IBEC'96, Material & Body Testing, p.100 (1996)
- 22) J. A. Kargol and D. L. Jordan : Corrosion, 38 (1982), No. 4, p.201
- 23) 薄木智亮, 迫田章人, 若野茂, 西原実 : 鉄と鋼, 77 (1991), p.398
- 24) 栗田真人, 外山和男, 野村茂樹, 国重和俊 : 鉄と鋼, 81 (1995), p.1091
- 25) M. Kurita, M. Yamamoto, K. Toyama, S. Nomura and K. Kunisige : ISIJ-int., 36 (1996), p.481