

論に達している。最初にソーダ灰の解離熱、及びソーダの蒸発熱による熱ロス、転炉のスラグレス精錬が実施できることからスラグの顕熱の減少によつて補償されると山田及び山本は主張している。また耐火物についても山本が連続炉の最大溶損速度でも 1 mm/h 以下であつたとの注目すべき発言を行つた。更にソーダの回収についても丸川・山本共に 80~85% の高率回収が可能で残渣も肥料等有効に活用でき得ることを報告した。

ソーダ灰処理により溶銑の窒素が 10 ppm 程度に下り成品の品質改善の手段になり得ることを丸川及び山本は提案している。

この質疑の中で水渡（東北大 選研）は脱燐反応における酸素ポテンシャルの議論で自己の実験データを示し T・Fe は Fe-Oxide よりむしろ FeS として存在し、反応の酸素ポテンシャルは C/CO によつて決まるのではないかとの発言を行つた。更に討 7 では脱燐スラグ中での存在形態として Na_3P が示されているが、実験結果からそれでは脱燐が進行しないことをコメントし注目を浴びた。

討 9 「連続製鋼法における粉体吹込の効果について」発表者福沢（金材研）は多段式植型連続製鋼法における脱燐反応の際の上吹ランスから酸素と共に吹込む生石灰の効果について報告しており、溶湯の攪拌力を示すものとして気液流量比（ $\Lambda = (\text{生成 CO 流量} + \text{粉体吹込み流量}) / (\text{溶湯流量})$ ）を挙げこれを上げることにより反応を平衡値に近い値まで進行させると同時に T・Fe も下げ歩留も向上することを述べた。

これに対し宮下（日本鋼管 福山）は LD-AC の実炉操業の経験から酸素による生石灰吹込みは溶湯の攪拌強化の他に石灰粒子が溶湯中に浸入しやすくなり脱燐反応に寄与するのではないかとのコメントを行つた。

また江見（川鉄 技研）は生石灰を酸素で溶湯内に吹き込む際、反応界面の P_{O_2} を高くできそこで燐化が起き直ちに石灰で固定され脱燐が進む。この際温度が低い場合はスラグはクエンチされた状態のまま C による復燐が起らぬのではないかとの考えを示した。

最後に副座長の堀口（新日鉄・大分）は本講演会を企画した時はソーダ系の論文が多く、従つてソーダ系の溶銑予備脱燐が本日のメインテーマになつた。しかしその後の研究は日進月歩で本大会の一般講演では幾つかの石灰系の論文が散見され、いずれ近い将来ソーダ系対石灰系の比較討論会が開かれることを期待する旨の挨拶を以つて本講演大会を終了した。

III. 冷延高張力鋼板

川崎製鉄(株)技術研究所

座長 大橋 延 夫

高張力薄鋼板については昭和 51 年秋の第 92 回講演大会討論会以来 4 年ぶりの討論会であつた。今回はこれ

ら鋼板の本格的な開発が緒についたばかりの頃で、プレス成形性を中心とした基礎的特性に関する発表と討論が行われたが、以後鉄鋼メーカーにおいては製造技術の確立と製品の多様化、体系化が進み、また自動車メーカーにおいては実用化への試みが勢力的に行われた結果、現在では実車への適用例も急速に増えつつある。燃費向上を目指した車体重量の軽減は引きつづき最重要課題の一つであり、この分野での基礎応用両面に渉る一層の技術開発が望まれているが、この時点で今回主題の討論会が開かれた意義は大きいといえよう。今回は対象を自動車車体の主として内外板に用いられる冷延高張力鋼板に絞り、鉄鋼メーカー 5 社からの発表のほか、自動車メーカー 2 社からの特別参加を得、使用者側としての経験と要望を混えた討論が行われたことが特筆される。時間の制約もあり、7 件の発表を 2, 2, 3 件に分け、それぞれまとめて討論を行う形式で運営したが、約 100 名の参加者を得て終始活発な意見交換が行われた。以下にその概要を記す。

討 17 冷延高張力鋼板の自動車への適用

トヨタ自動車工業(株)第 5 技術部 朝倉昭二

車体構造の約 60% を占める鋼板重量を軽減することの意義を説明したあと、冷延高張力鋼板を適用するにあつて経験されたいくつかの技術的問題点を紹介した。まずプレス成形性では、破断、しわの他、とくに局部ひずみの発生や形状凍結性などに問題が多く、これらを解決するには低ひずみ領域での流動応力の低いことが重要である。伸びフランジ性やスプリングバック性も強度との関係が大きく、総じて降伏強度の低い材料が好ましい。またスポット溶接については、軟鋼板に較べて適正溶接条件の範囲が狭くなり、母材強度は上昇すると引張剪断強度は上昇するが十字引張強度は上昇せず、また疲労強度も低下する傾向があることに注意を要する。これらの点を総合し、外板としては抗張力 35~40 kg·f/mm² 級、内板としては 45~60 kg·f/mm² 級、そして補強部材としては 60~80 kg/mm² 級の材料を適用する技術を確立することが当面の課題であることを指摘した。これに対し、初期加工硬化が大きい複合組織鋼板のプレス成形性評価について質問がなされたが、降伏強度あるいは低ひずみ領域での流動応力の絶対値が低ければ問題が少ない旨回答され、また外板には焼付硬化性のある低降伏強度鋼板が好ましいことが述べられた。また溶性強度改善のための自動車メーカー側の対策について説明がなされた。

討 18 高張力鋼板の車体への適用

日産自動車(株)第 2 技術部 塩川昌男

まず車体構造に要求される五つの基本性能、すなわち張り剛性、耐デント性、部材剛性、耐久強度、大変形衝撃強度と、それらによつて定まる材料の板厚決定要因を説明し、高張力鋼板の適用による有利性の意味を明らか

にした。そして抗張力 $40\sim 60 \text{ kg}\cdot\text{f}/\text{mm}^2$ 級の各種鋼板を車体各部品に適用して得られた多くの結果を紹介し、プレス成形性と部品性能について前記朝倉氏と同様の問題点があることを指摘した。結局、現プレス条件下で評価した場合、絞り用外板（および内板）としては降伏強度 $27 \text{ kg}\cdot\text{f}/\text{mm}^2$ 以下、抗張力 $38 \text{ kg}\cdot\text{f}/\text{mm}^2$ 以上、伸び 33% 以上、 \bar{r} 値 1.5 （内板は 1.4 ）以上、そして外板は加工焼付後の降伏強度 $27 \text{ kg}\cdot\text{f}/\text{mm}^2$ 以上が望ましい性能であると結論した。これに対し、材料の降伏強度の定義や常温時効性との関連などについて討論が行われ、降伏強度としては $\sigma_2\sim 3\%$ を対象とすること、成品のデント深さは加工焼付後の下部降伏強度との相関が強いこと、そして素材は常温で 100 日程度の非時効性が望まれることなどが回答された。

討 19 冷延 dual phase 鋼板のためのプロセス要因

新日本製鉄(株)基礎研究所 古川敬

連続焼鈍での単純冷却により複合組織鋼板を製造する際の工程条件と製品品質との関係について述べた。C-Mn 鋼の製品組織は急冷により $\alpha + \alpha' + \gamma_R$ となるが、冷却過程の高温域では $\gamma \rightarrow \alpha$ 変態に伴う γ 相への C の濃縮と α 相中の固溶 C の減少が起こり、その程度が製品材質に大きく影響する。抗張力 \times 伸びの値を目安にとると、 2% Mn 鋼では 400°C 以下までの空冷後、また 1.4% Mn 鋼では 600°C までの空冷後、いずれも急冷することにより改善される。また熱延板を高温で巻取ると第 2 相への C, Mn の偏析が助長され、冷延後の連続時に γ 相の焼入性が増加して冷却過程低温域での冷却条件が緩和される。一方、製品組織中の α' 相は細かく分散析出することが望ましいので、鋼の組成に応じて熱延条件を制御し、熱延板中の第 2 相が粗いバンド状にならないようにすることが大切であることを報告した。これに対し、高温巻取りしたコイル内住置による組織変動の実態、あるいは製品延性に対する α' 相の分布と形態の影響などについて質議が行われた。

討 20 複合組織型鋼板の引張特性、プレス成形時の形状性および深絞り成形後の靱性と組織の関係

(株)神戸製鋼所中央研究所 須藤正俊

まず、C-Mn 鋼、C-Mn-Cr 鋼を用い、急熱空冷後の組織と特性の相関を調べ、降伏伸びの大きさは鋼種によらず α' 相体積率と直線関係にあること、また降伏比を低くするには α' 相の体積率を $2\sim 10\%$ とし、かつ α' 相中の C 量を低くするの必要を明らかにした。また各種の強化鋼板を用い不均一引張りやモデル成形試験を行なった結果、しわの発生は低降伏比、高 r 値、高 n 値のものほど小さく、またしわの消去性や形状凍結性は低ひずみ領域での流動応力の低いものが良いことを示した。さらに絞り後の靱性は、とくに複合組織鋼板の場合、細粒化の効果が大きく、また α' 相を細かく分散析出させると良いことを指摘した。これに対し、 α' 相体積率と抗張力

の関係、あるいは母板熱延条件の r 値への影響などについて質議が行われた。

討 21 自動車外板用新冷延二相鋼の特性

日本鋼管(株)技術研究所 西本昭彦

プレス成形性に優れ、かつ耐デント性も大きい複合組織鋼板の開発を目的として、低炭 Al キルド鋼および燐添加鋼の熱延高温巻取材を用い、冷延後、連続焼鈍する際、焼鈍温度からいつたん空冷後、中間温度から水冷し、ついで焼戻しする工程をとった場合の熱履歴の影響を調べた。その結果、降伏強度は水冷開始温度が低く、焼戻温度が高いほど低くなり、これは α 相中の固溶 C 量と α' 相の量がともに低くなることに起因している。また \bar{r} 値は母板の熱延巻取温度が高く、冷延率が大きく、かつ焼鈍温度が高いほど良好となり、これは粒成長による効果が大きい。また 2% 予ひずみと 170°C 焼付による降伏強度の上昇は素材の降伏強度に関係なく約 $9 \text{ kg}\cdot\text{f}/\text{mm}^2$ となる。これらの知見を踏まえ、低炭 Al キルド鋼での現場試作により、降伏強度 $23 \text{ kg}\cdot\text{f}/\text{mm}^2$ 、抗張力 $37 \text{ kg}\cdot\text{f}/\text{mm}^2$ 、伸び 40% 、 \bar{r} 値 1.6 で、常温遅時効、焼付硬化量 $10 \text{ kg}\cdot\text{f}/\text{mm}^2$ の複合組織鋼板が得られたことを報告した。これに対し、高温巻取による粗大化した第 2 相が製品の伸びフランジ性に与える影響、あるいは常温時効測定法などについて質議があつたほか、焼戻しによる α' 相の変化の可能性あるいはその存在と常温時効性との関係について質問があり、低温焼戻しならば第 2 相はいわゆる焼戻し α' 相とみられること、またその存在により常温時効は遅くなることが説明された。

討 22 冷延高張力鋼板の成形性を支配する冶金学的要因

川崎製鉄(株)技術研究所 入江敏夫

各種の冷延高張力鋼板について、その特性に及ぼす冶金学的な基礎要因の影響を説明し、さらに新しい超深絞り用新鋼種を紹介した。まず固溶強化鋼では、Si, Mn, Cr などと比べ、P が少量の添加で強度上昇が大きく、かつ伸びの劣化が少ないこと、また変態強化鋼では適当な Mn, Cr などの添加と $10\sim 100^\circ\text{C}/\text{s}$ の冷却速度により低降伏比の複合組織鋼板が得られることを示した。燐添加鋼では r 値が比較的高いこと、また複合組織鋼は降伏強度が低く、かつ加工焼付硬化性が大きいことが特徴である。またこれらの特徴を併せもつ超深絞り用高張力鋼板として、極低炭、Nb, P 添加 Al キルド鋼の開発に係わる冶金学的背景が説明され、 $0.005\% \text{C}, 0.25\% \text{Si}, 0.07\% \text{P}$ に $\text{Nb}/\text{C} \leq 1$ 程度の Nb を少量添加することにより、降伏強度 $24 \text{ kg}\cdot\text{f}/\text{mm}^2$ 、抗張力 $41 \text{ kg}\cdot\text{f}/\text{mm}^2$ 、伸び 39% 、 \bar{r} 値 2.1 の常温非時効性鋼板が得られることを示した。これに対し、極低炭安定化鋼での固溶 C の有無、Nb/C 比、あるいは母板熱延条件などと製品の集合組織、 \bar{r} 値、あるいは r 値の面内異方性などとの関係について質議が行われた。

討 23 箱焼鈍法によるパネル用高張力冷延鋼板の製造と

冶金学的特徴

住友金属工業(株)中央技術研究所 岡本篤樹

箱焼鈍法により、 r 値が高く、かつ加工焼付硬化性の大きい 35~40 kg·f/mm² 級鋼板および 40 kg·f/mm² 級低降伏比複合組織鋼板を製造する方法とそれらの特性を紹介した。680~740°C×4 h 加熱後 80°C/h で冷却し、1.5% 調質圧延する条件の場合、低 Mn, 高 Si, 高 P ほど加工焼付硬化能が大きいこと、そしてそれは基本的には固溶 C 量に依存するので、10 ppm 程度に制御すれば常温時効性がなく、かつ望ましい焼付硬化性が得られることを示した。そして低 Mn, P 添加 Al キルド鋼による現場試作で降伏強度 24 kg·f/mm², 抗張力 40 kg·f/mm², 伸び 39%, r 値 1.9, 加工焼付硬化量 9 kg·f/mm² の製品が得られた。また 0.05%C, 2%Mn 鋼を $\alpha+\gamma$ 域でオープンコイル焼鈍することにより、約 1.8% の α' 相と約 1.4% の γ_R 相を含む複合組織鋼板が得られ、そ

の特性は降伏強度 17.5 kg·f/mm², 抗張力 42 kg·f/mm², 伸び 40%, r 値 1.4, 加工焼付硬化量 9 kg·f/mm² であつた。これに対し、焼付温度による硬化量の変化について質議が行われ、自動車メーカー側としては省エネルギーの観点から焼付温度を低くすることを志向しており、これを考慮した鋼板の開発が希望された。

以上の研究発表と討論により現時点での冷延高張力鋼板の開発状況およびその冶金学的背景が明らかにされ、また使用者側からみた各種鋼板特性の評価と位置付けが示されて、今後の開発課題に共通の理解が得られた。最後に司会者から、今回の対象外であつた高張力熱延鋼板および各種表面処理鋼板についても開発すべき種々の課題が山積しているため、今後の一層の努力と協力が要望される旨挨拶があり、盛会裡に討論会を終了した。

(以上)