

る H 形鋼のユニバーサル圧延における諸現象の解析例が示された。この発表に対して、横断面上での歪み速度分布や縦ロール回転数の取扱い方など、解析手法に関する討議がなされた。

(討31) H 形鋼のブレードダウン圧延における工程設計用エキスパートシステム

(大阪大学基礎工学部 森謙一郎ほか)

H 形鋼のブレードダウン圧延では、被加工材形状が大きく変化するため、孔型とパススケジュールの工程設計には熟練を要するが、これを支援するための工程設計システムとして、剛塑性 FEM シミュレーションによる計算データを基にして適切な工程を推論する方法と、素材の各部の寸法変化率を各孔型に適当に割り当て、その中から最適な工程を選択するエキスパートシステムとが提案され、両法によって推定された結果を比較しそれぞれの特長を検討した結果が報告された。この発表に対して、両法の特長・特長について討論がなされるとともに、これらの方法は将来の形鋼圧延の工程設計技術の一つの方向を示しているとの指摘があった。

また、上記解析手法 3 件について、計算精度検証のあり方に関する討論があった。

(討32) H 形鋼の圧延寸法制御法

(NKK 鉄鋼研究所 有泉 孝ほか)

H 形鋼の寸法精度向上を目的に、鉛モデル圧延によりユニバーサル圧延時の被加工材の変形挙動を含む基本特性を調査し、圧延過程を表現する数式モデルを構築し、併せて、実機ミルの設備特性を調査し、ロール開度零点調整法を確立したこと、それらを基に、多数の条件因子が相互に影響し合う H 形鋼の寸法調整に有効な解析方法として影響係数法を導入し、圧延過程の総合的な特性解析を行うとともに、制御則を確立し、実機適用を図った結果について報告がなされた。この発表に対して、水平ロールの軸方向調整などの具体的な活用方法についての討論があった。

(討33) H 形鋼のサイズフリー圧延技術の開発

(住友金属工業(株)研究開発本部 鹿野 裕ほか)

(討34) 外法一定 H 形鋼圧延時の基本特性

(川崎製鉄(株)加工制御研究センター

林 宏之ほか)

H 形鋼のウェブ高さを自在に調整する方法として開発された幅可変水平ロールを用いたユニバーサルミルでのウェブ高さ縮小圧延法について、アルミニウム(討33)と鉛(討34)モデル圧延によって解明されたロールバイト内での変形状況やウェブとフランジ間のメタルフローなどの圧延特性、ウェブの座屈やウェブ偏りなどの形状不良防止法などについて報告がなされた。(討33)では、フランジ幅を自在に調整するために開発中の新エッジャーロールについての紹介があった。この発表に対して、寸法・形状制御のための具体策、新エッジャーロー

ルの構造や使用方法についての討論があった。

(討35) H 形鋼のサイズフリー圧延技術の開発

(川崎製鉄(株)水島製鉄所 斎藤 晋三ほか)

(討27)と(討34)で述べた技術および鼓型径小ロールを用いた新型エッジャー(アタッチドエッジャー)による H 形鋼のサイズフリー圧延技術の実機適用状況とこれらを活用した外法一定 H 形鋼の製造技術について紹介された。この発表に対して、実操業上の課題や対応策に関する討論がなされた。

(討36) H 形鋼のウェブ高さ自在成形技術の開発

(新日本製鉄(株)中央研究本部 生田和重ほか)

H 形鋼のウェブ高さを自在に調整する方法として開発されたロール軸芯が圧延方向と傾斜しているスギューロールミルによるウェブ内法拡大法について、熱間モデルミルで解明したロールバイト内での変形状況、内法拡大に及ぼす圧延条件の影響、圧延負荷などの圧延特性、さらにこの新ミルの実ラインへの配置について報告がなされた。この発表に対して、圧延負荷モデルや形状変化などについての討論があった。

また、(討33)~(討36)の発表に対して、ウェブ高さの調整限界、モデル実験と実機での圧延特性の差異に関する議論があった。

本討論会は、H 形鋼製造に関する解析技術とその応用、モデル実験を基にした実機適用技術の開発と応用など最新の技術動向に関する議論が活発になされ、今後の H 形鋼製造技術発展の方向が示されたものと考えられる。

最後に本討論会を成果の多い有意義なものにしていただいた講演者をはじめ多数の参加者の方々に深く謝意を表す。

樹脂複合型制振鋼板の利用技術

座 長 住友金属工業(株)研究開発本部

澁 谷 敦 義

副座長 日新製鋼(株)新材料研究所

増 原 憲 一

近年、社会的に静粛性についての要望の高まりから、樹脂を間に挟み両側が鋼板である制振鋼板は自動車、家電、建築分野に使用されつつある新しい複合材料である。この材料本来の特性である制振性の観点についての発表、討論は既に萌芽・境界領域の複合材料の分野ですでに数多くなされている。この新しい複合材料を実際に利用する際の使用上の問題点、課題を一度整理し、討論することが今後この材料の発展、拡大に有益である。

この材料の研究・開発を担当する部門は表面処理部門、

薄板部門と鉄鋼メーカーによって違っているが、樹脂を鋼板に挟み込む接着技術、材料を加工性、溶接性耐食性などを評価する技術は表面処理技術分野と相通じるものがあるので、表面処理技術部門で取り上げてみた。本討論会は溶接性、加工性について発表と討論を行い話題提供という形で耐食性、用途展開について各社からコメントをいただくという形ですすめた。

(討37) 制振鋼板のスポット溶接性

(NKK 鉄鋼研究所 藤井康司ほか)

制振鋼板の大きな課題である溶接性について、伝熱の式をベースとする数値解析により溶接のメカニズムを解明し、ピンホールやリング状欠陥の発生メカニズムの解明を行った。溶接可能型制振鋼板の溶接欠陥の発生は Ni 粉の量と樹脂の排除されやすさに影響を受ける。また冷延鋼板と表面処理鋼板の違い、Ni 量との関係を実験、数値解析で調べ、両者が良く一致していることを確認した。数値解析の手法や樹脂、Ni 粉のサイズの影響について討論が行われた。

(討38) 制振鋼板の溶接性

(住友金属工業(株)鉄鋼技術研究所 福井清之ほか)

合金化溶融亜鉛めっき鋼板を用いた溶接可能型制振鋼板のスポット溶接の連続打点性を通常の合金化溶融亜鉛めっき鋼板と比較した。4t のナゲット径の得られる電流値を指標に比べると制振鋼板の方が良好な溶接性を示すことが判明した。またアーク溶接についても説明し、溶接性や溶接欠陥との関連の質疑応答があった。

(討39) 制振鋼板のスポット溶接時の初期挙動

(川崎製鉄(株)鉄鋼研究所 村瀬正次ほか)

制振鋼板の溶接性は通電初期の樹脂の排除に大きく影響されるので、導電性のフィラーと鋼板間に介在する樹脂厚みと溶接欠陥率との関係を調べた。残留樹脂厚は 2 μm 以下 (500 μΩ 以下) で欠陥のない溶接が得られることを示した。良好な溶接性の尺度として具体的な数字を提出しているのは意味のあることである。

(討40) 導電性付与制振鋼板のスポット溶接挙動におよぼす 2 段通電の影響

((株)神戸製鋼所加古川製鉄所 佐藤始夫ほか)

スポット溶接時のナゲットの生成、継手強度、溶接欠陥発生に及ぼす二段通電の影響を調べた。ナゲット生成状態と剪断、十字引張強度との関係を調査し、十字引張強度を確保するには前通電に高い電流を流す 2 段通電し、表皮鋼板間にナゲットを確保すれば良い。溶接欠陥の膨れ高さについては、膨れ高さが最小になる通電時間が在存し、前通電電流が低いほど通電時間が長くなり、表皮鋼板間に安定した通電路が確保されることが必要であることを示した。2 段通電法は継手強度の確保、溶接欠陥の減少などの目的に応じて使い分けができる溶接法であることを明らかにした。

溶接に関する内容は樹脂に通電性を確保するために金

属粉を入れた制振鋼板に関するものであり、より安定した通電パスを確保する観点からの質疑討論が行われた。

(討41) 制振鋼板の成形性と剝離挙動

(新日本製鉄(株)鉄鋼研究所 遠藤 紘ほか)

自動車用に制振鋼板が使用されるようになってきており、極めて深い絞り成形性が要求されている。鋼板の間に挟む樹脂、せん断接着強度が異なる制振鋼板を用いて成形性と成形後の鋼板の剝離を調べた。成形性と成形後の表裏鋼板の剝離に対してせん断接着強度との対応は必ずしもなく、せん断接着強度だけでは説明できない。加工成形時の曲げ曲げもどし抵抗性を支配する樹脂特性も考慮する必要がある。樹脂特性の内容、さらには温度など成形条件の影響について討論が行われた。

(討42) 制振鋼板の加工性に及ぼす樹脂特性の影響と FEM による予測

(日新製鋼(株)新材料研究所 圓谷 浩ほか)

V 曲げ加工した場合の折れ曲げや、表皮鋼板のずれなどの現象を力学的特性の異なる芯材樹脂で制振鋼板を作製し、V 曲げ加工によるフランジ折れ曲がりと端面のずれを調べ、樹脂特性との関係を明確にした。この関係を FEM ソフト ITAS により解析し、実験で求めた関係と傾向が同じであった。この解析手法を用い、V 曲げ加工の程度に応じた樹脂設計が可能であることを示した。

(討43) 制振鋼板の「かもめ」の矯正およびビード変形

(神戸市立工業高等専門学校 小久保一郎ほか)

V 曲げ加工で発生した折れ曲げ現象「かもめ」のプレスによる矯正挙動とプレス時のビード通過時の表皮鋼板の「ずれ」挙動を高温用、低温用の 2 種類の樹脂を用いて調べた。ビード変形時、高温用樹脂すなわち硬い樹脂は変形後のもどりがなく樹脂のずれが大きく、全体としてそりにつながることを明らかにした。

加工性については間に挟む樹脂特性の関係についてが討論の中心であったが、加工性に関しては本来の制振特性を考慮した樹脂設計が必要である。

溶接性と加工性の間に、耐食性および用途展開に関して各社のコメントをいただいた。制振鋼板の腐食問題は端面の腐食であり、端面の形状、表皮鋼板の接着面の種類、さらには表皮鋼板と樹脂の接着力、樹脂の種類が影響を与えることが指摘された。また孔あき腐食については、中間樹脂層のところで腐食の進行が停滞することが示された。

用途展開については建物への応用として屋根、床への例が示され、また新しい制振材としてステンレス箔に樹脂を貼りつけた貼りつけタイプの制振箔の紹介があり関心をよんだ。

講演後マツダ(株)の藤崎康博氏よりユーザーサイドからみた制振鋼板の利用という観点よりコメントをいただいた。自動車用として今後構造部材としての使用が考え

られており、端面の耐食性が重要であることを示唆された。またボルト締めつけ後のトルクダウンの問題をあげられ、利用技術としての新しい課題を提示された。今後これらの課題についての研究がなされることが期待される。

本討論会は時間の都合で午前と午後に分かれ、集中力にかけ若干議論がかみ合わなかった感じがするが、制振鋼板の利用技術の現状については認識できたと思う。

実際には本来の制振特性との利用技術についての特性は相反している点が多々あり両立する制振鋼板が今後の基本的な解決すべき課題であろう。また討論の中で杉本孝一教授(関西大学)からの御指摘にあったように用語の統一も今後この新しい複合材料の発展に必要なことであるように感じられた。

最後に、本討論会で発表いただいた講演者の方々ならびに討論に参加していただいた方々に心より感謝を申し上げます。

高耐熱材料の創製と特性

座長 東京大学工学部 吉田 豊 信
座長 新日本製鉄(株)鉄鋼研究所 鈴木 洋 夫

宇宙・航空、自動車、火力発電などのエンジン部材には高耐熱化、軽量化のニーズが一段と高まっている。ここでは MP 分科会の初の試みとして金属からセラミックスまでを包含した多分野の耐熱材料に関して横断的に討論を行った。

依頼講演 7 件を含んで 16 件の発表がなされた。各分野を代表する研究者による依頼講演は各材料やプロセスの現状をレビューし、問題点を指摘するものであり聴衆を魅了した。講演数が多く、かつ講演内容が多岐にわたっていたために討論時間に余裕がなかったのは悔やまれる。以下、これらの発表内容と討論の概要を記す。

(討44) 次世代超高温材料の開発動向(依頼講演)

((株)超高温材料研究センター 田中良平)

超音速旅客機や宇宙往還機部材などに代表される超耐熱材料全般についての開発現状が示され、Ni 基合金、金属間化合物、および複合材料(金属系、樹脂系、セラミックス系、炭素系)の特徴および今後の開発課題がまとめられた。研究設備の効率的運用、評価法の確立、データの蓄積の必要性なども指摘された。破壊靱性評価に関する討論がなされた。

(討45) 諸特性におよぼす Re の効果(Re を含むニッケル基単結晶超合金-1)

(豊橋技術科学大学大学院 松木一弘ほか)

d 電子合金理論を用いて設計した Ni 基単結晶超合金に B_0 値を上げる Re を 0.2% 添加することにより 1040°C、14 kgf/mm² のクリープ寿命が最大となること、および 900°C での Na₂SO₄-NaCl 混合塩塗布による耐食性試験でも特性向上が示された。

(討46) 合金設計と評価(Re を含むニッケル基単結晶超合金-2)

(豊橋技術科学大学大学院 石原広助ほか)

Ni-10Cr-12Al-1.5Ti に 0.3% の Re を添加した合金をベースに *Mdt* 値と W + Mo 量を変えた単結晶合金を作成し、(討45) と同一試験条件で高温特性を調べた。その結果、Ta = 2.7%, W = 2.3%, Mo = 0.8% が最適なことを示した。Re = 0.3% の理論的根拠、高温耐食性の評価方法などについて討論がなされた。

(討47) Co-Cr-W-C 合金(ステライト No. 6 相当品)線材の特性

(住友電気工業(株)伊丹研究所 河部 望ほか)

高温耐摩耗性を向上させた Co-Cr-W-C 合金の細径線材の製造は困難であったが、巧みな技法によりそれを解決し、線引きにより 2 mmφ まで加工し高温へたり性、疲労特性とも良好な成果を得た。

(討48) 耐熱チタン合金の開発の現状(依頼講演)

((株)神戸製鋼所鉄鋼技術研究所 西村 孝)

耐熱チタン合金はジェットエンジン材料として 1950 年代から実用化して約 7°C/年の割合で耐熱温度も上昇してきた。代表的な合金種の特徴、組織依存性、最近話題になっている Ti 1100 や IMI 834 などについて述べた。国内における現在までの開発は欧米のトレースが中心であった。

(討49) 粉末冶金法による高温用チタン基複合材料の創製(依頼講演)

(金属材料技術研究所筑波支所 萩原益夫ほか)

チタン合金の耐熱限界温度(約 600°C と考えられる)を向上させる手法として粉末冶金を基本にして TiAl などの金属間化合物の添加ならびに、TiC, TiB₂ などのセラミックス粒子を内部反応法で分散析出させるなどして高温強度を向上させる方法を示した。耐熱チタン合金 Ti-6242 に 30 vol% の TiAl を複合化することにより 700 K 以上で基質よりも高温強度が高くなることを示した。

(討50) 耐熱金属間化合物の特性(依頼講演)

(金属材料技術研究所 辻本得蔵)

金属間化合物は金属元素どうしあるいは金属元素と半金属元素との化合物と定義して既に実用に供している Ni₃Al, Fe₃Al, FeAl, Ti₃Al, 現在試作中の TiAl, TiAl₃, ZrAl₃, NbAl₃ および将来性が見込まれる NiAl, Nb₃Al, Nb₂Al, MoSi₂, Ti₅Si₃, Nb₂Be₁₇ それぞれについて使用可能温度、製造容易性、改善すべき点などが総括され、「金属間化合物の研究は発見の宝庫である」と