

吾が国でも十数台稼動しているが、新日鉄福島からこの装置の概要と、この原理を、ブリキの硬度計への活用が紹介された。硬度の場合成分により検量線が影響するが相対的に、コイル内では、硬度の対応は良く一致しており、連続焼鈍の管理に充分活用し得ることを示した。これ等の方法は、相対値になるので使い方が問題で、利用の仕方を工夫する必要がある。

この種のシンポジウムは、英国鉄鋼協会以前取上げられており、ヨーロッパで研究が活発である。BSC, Corby で住金の発表と同様な目的で、蛍光分析の on-line 化を実用化している。今回弾性波の利用について発表はなかったが、弾性波はヤング率等の機械値の測定に有効であり、on-line 化の可能性をもつた分野でもある。連続鉄損測定の実用化を吾が国が先がけて来たことが、今日の吾が国の電磁鋼板の品質水準を高めて来た一つの要因であることは、あまり知られていないが、改善の糸口には求められる対象の正しい把握であり、これには妥当な計測法の開発がともなわれねばならない。わが国の品質水準を世界的なものに維持して行くためには、各国より先んじた品質の評価法を保持している必要のあることは明らかである。唯この種の開発には、材質研究者、品質管理者と、計測技術者との密接な対話が大切であり、実用化にあたっては、工場側の熱意協力が key でもある。その面で、この様な討論会の今後の発展を希望したい。

#### IV. 準安定オーステナイト鋼における TRIP 現象に関連した諸問題

京都大学工学部

座 長 田村 今男

日本鉄鋼協会第 95 回講演大会第 2 日 (昭和 53 年 4 月 5 日) の午後 1 時より 5 時 30 分まで第 9 会場で、『準安定オーステナイト鋼における TRIP 現象に関連した諸問題』というテーマで討論会が開催された。田村今男 (京都大学工学部) が座長をつとめた。100 名を超える参加者があり、活発な討論が行なわれ、きわめて盛会であつた。

まず座長の田村が〔討11〕TRIP 現象とはどのような現象であるかについて解説し、その応用の方向について概説した。そしてこの討論会において発表される論文の位置づけを行つた。

小野寺秀博 (京都大学大学院)〔討12〕は準安定オーステナイトが加工によつてマルテンサイト変態をおこす場合の応力とひずみの寄与について述べた。応力の寄与として Patel & Cohen の機械的駆動力を是認し、その駆動力が化学的駆動力 (化学自由エネルギー差) と対等の寄与をするものと仮定して応力増加によるマルテンサイト体積率の増加、すなわち変態の進行を示す式を導出しそれを用いて引張応力と圧縮応力による変態量の相異を計算し、実験値とかなりよく一致することを示した。次にオーステナイトが塑性変形をおこした後変態する場合は、局所的な集中応力によつて変態がおこることを例を挙げて示した。たとえば焼鈍双晶に変形双晶が衝突した部分でマルテンサイトが生成され、そのマルテンサイト

のバリエーションはその衝突した変形双晶のシア方向に対する stress coupling factor の正で大きい方位のものであつた。この場合の変態シアーとしては晶癖面上の全変態シアーをとっている。

これに対し森勉 (東京工業大学) は Cu-Fe 合金における析出オーステナイト粒子の変態を例にとり、マルテンサイト変態が 2 段のシアーでおこると考え、第 1 段のシアーに対して応力が寄与すると考えた方が妥当である事をコメントした。小野寺はそのような考え方もあるが応力が晶癖面での全せん断を助けると考えた方が stress coupling factor の大きさから考えると妥当であつた事を説明した。清水謙一 (大阪大学産研) は熱弾性型マルテンサイトの変態においても応力は晶癖面上の変態の全変形を助けると考えた方がうまく説明できることを述べた。この問題については今後の研究に待たねばならない。岡宗雄 (鳥取大学工学部) は小野寺の実験では OLSON & COHEN のエンブリオ形成説を否定するものでない事を述べた。

成谷哲 (川崎製鉄技研)〔討13〕はマルテンサイトを生成しながら変形するオーステナイト系ステンレス鋼の加工硬化について述べ、マルテンサイトはほとんど変形に寄与せず単に変形の障害となるものであり、主としてオーステナイトが変形しその中の転位密度が増加することが加工硬化の主因であることを示した。さらに変形モデルは応力一定モデルに近いことを述べた。

これに対し、牧正志 (京都大学工学部) は彼自身の研究結果を示し、炭素量の高い (約 0.4% C) マルテンサイトが生成するときは低炭素のものに比してマルテンサイト生成量が少なくとも大きな加工硬化を示し、低炭素のものよりもきわめて伸びが大きい。この結果からすれば生成するマルテンサイトの強さも加工硬化にかなり寄与していると考えられ、混合則またはそれを改良したような考え方の方が妥当ではないか、また、マルテンサイトも変形していると考えた方がよいので歪一定モデルと応力一定モデルの間と考へた方がよいのではないかと指摘があつた。成谷はこの意見に対しもちろんマルテンサイトが全然変形しないと云っているのではなく、もともとマルテンサイトの転位密度が高いので転位密度の上昇が観察されない。また応力一定モデルに近いというだけでも歪一定モデルとの中間であると考えている事を述べた。

星野和夫 (日新製鋼周南)〔討14〕はマルテンサイトを生成しながら変形するオーステナイト系ステンレス鋼の加工硬化について、LUDWIGSON らの式の欠点を指摘し、これを改良した新しい加工硬化式を提案すると共に種々な材料因子を実験によつて決定した。すなわち LUDWIGSON らの式の最大の欠点はひずみ一定モデルに立却している点であるので、これを応力一定モデルとの中間モデルを用いて新しい式を導出し、実験によつて新しく求められた種々な材料因子を用いて計算すると、実際のステンレス鋼の加工硬化とよく一致することを示した。

これに対し友田陽 (茨城大学工学部) は星野の提案した改良された式は LUDWIGSON の式よりも合理的で受け入れやすいが、欲を言へば  $\gamma \rightarrow \alpha'$  変態の変態歪を取り入れた式になれば一層好ましい事を述べ、そのためには

マルテンサイトの生成量をひずみの関数としてもう少し一般性のある形で数式化する必要がある事を指摘した。この種の式は塑性加工などの多軸変形の解析のための構造方程式として有用であろう。

野原清彦 (川崎製鉄技研) [討15]は準安定オーステナイトステンレス鋼を引張変形の途中でその温度を変化させると一層大きな伸びを得ることができること、たとえば  $80^{\circ}\text{C}$  で 60% 引張変形を与えて  $20^{\circ}\text{C}$  で再度引張ると 120% 以上の大きな伸びを得ることができる。また温度とひずみ速度を適当にすると N または C による動的ひずみ時効と TRIP 現象が同時におこつて、一定温度の引張でも 120% に及ぶ伸びを得ることができる。また結晶粒径を加味した ANGEL の式の修正式を提案し、この式で示される  $Md_{50}^{GS}$  とコンカルカップ値とがよい対応を示すことを示し、Cu 添加ステンレス鋼が良好な深しぼり性をもつことを示した。

これに対し小林勝 (日立製作所生産研) は野原の 2, 3 のデータにおけるひずみ速度などについての不明確部分を確認したあと、2 段引張変形においては第 1 段引張では Md 点直上の温度でくびれの生じない範囲でできるだけ大きな伸びを与えておくと、第 2 段引張の最終全伸びは最も大きいという小林自身の過大のデータを紹介した。また一般に塑性加工では応力状態によつて成形性が違うので、変形状態図 (成形限界線図) を用いて考へるとよいこと、塑性加工においては加工硬化特性がきわめて重要であり、不安定限界直上でマルテンサイトを発生させてある程度の大きさの加工硬化を保持させることが成形性を向上させるために最も効果的であることなどのコメントをした。また田村 (座長) は冷却しながら引張試験をしてもよく伸びることを指摘した。

加藤義雄 (豊田中研) [討16]は Be を含有する 25% Ni マルエージ鋼 (Fe-25Ni-9Co5Mo-0.6Be-0.3Ti-0.3Al) の加工熱処理と強度・靱性の関係を述べた。すなわち溶体化後サブゼロしてマルテンサイトにした後時効したもの、サブゼロマルテンサイトを加工して時効したものおよび加工によつてマルテンサイトを生成し時効したものについて引張試験、遅れ破壊試験などを行った。その結果、加工誘起変態を行ったものが硬さ、強さ、靱性 (遅れ破壊特性) が最も優れており、引張強さは  $370\text{ kg/mm}^2$  に達した事を示した。

これに対し山田凱郎 (神戸製鋼中研) は加藤らの行った研究ではスエーピング加工を行っているので、繊維組織などによる異方性を生じ、そのため長さ方向にとつた試片の遅れ破壊性が優れて現われているのではないかと考へられる旨、種々な他の鋼によるデータを示して述べた。特に加工によつて変態するときはマルテンサイトの生成方向が並ぶ傾向が強いことが考えられる。また河部義邦 (金材技研) は遅れ破壊特性に対する  $\alpha'$  相残留  $\gamma$  相、 $\gamma$ - $\alpha'$  相界面の役割、加工誘起変態マルテンサイトの下部組織などについて確認した後、加工誘起変態後の時効によつて最高硬さ Hv 790 で引張強さ  $370\text{ kg/mm}^2$  を得ているが、この硬さに対してこの強さは値として大きすぎる。また 95% 加工による加工誘起変態後の時効で  $280\text{ kg/mm}^2$  というデータを示しているが、 $370\text{ kg/mm}^2$  の強さとの関連はどうなっているのかなどの質問を行った。田村 (座長) はこの  $370\text{ kg/mm}^2$  という高

い強度と Be の役割について質した。次に佐賀二郎 (大阪大学基礎工) は割れの発生とマルテンサイトの生成の関連性についても尋ねた。この研究は参加者の関心を集めた様子であるのでもう少し掘り上げた研究が待たれる。

以上要するに、この討論会ではマルテンサイト変態が加工によつて誘発される場合の応力、ひずみの寄与についての基本的な研究、加工硬化、TRIP 現象とそれらを応用した成形性、TRIP 鋼などの重要問題について討論された。そしてなおこの分野で多くの問題が残されていることが指摘され、理論的にも実用的にもきわめて重要な分野であるので今後一層の突込んだ研究が必要であることが痛感された。

## V. 鋼材溶接熱影響部 (HAZ) の材質劣化の諸問題

新日本製鉄 (株) 製品技術研究所

座 長 金沢 正午

鋼構造物への溶接の適用は今日では極めて一般的なものになつてきたが、溶接熱影響部 (HAZ) は種々の熱サイクルや応力サイクルを受け母材にくらべて著しく材質が劣化する場合がある。例えば、結晶粒粗大化などによるじん性劣化、応力除去焼鈍 (SR) によるじん性劣化およびわれ、応力腐食われ、腐食疲労などで構造物の安全性の観点から問題を残している。

今回の討論会はこのような背景から下記の 4 編が報告され活発な討論が行なわれた。

討17) 溶接熱影響部におけるオーステナイト結晶粒粗大化の定量的検討

大阪大学・工学部 井川 博, ○大重広明

討18) 溶接熱影響部の靱性に及ぼす島状マルテンサイトの影響

神戸製鋼所鋼板開発部

笠松 裕, ○細谷隆司, 高嶋修嗣

討19) 溶接熱影響部の応力除去焼鈍後のぜい化について

新日本製鉄製品技術研究所

金沢正午, 山戸一成

芝崎 誠, ○武田鉄治郎

討20) ラインパイプ用 Nb 含有鋼板溶接熱影響部の靱性

川崎製鉄技術研究所

○志賀千晃, 波戸村太根生

志賀 厚, 鎌田晃郎, 大橋延夫

討17) この報告は、HAZ のじん性劣化に影響を及ぼす因子の一つである結晶粒の粗大化について基礎的な検討を行なつたものである。前段階として恒温加熱したときの結晶粒成長の式を導出し、これから熱サイクル中の結晶粒成長式を誘導し実験的に妥当性を確認した。次いで HAZ における粗大粒成長に対して前段階で得られた式の適用性を検討しその適用が可能であるとし、さらに前段階で得られた式と熱伝導式とを組み合わせて行なつた粒径の計算値と実測値が一致することを確かめ、入熱量と粒径の関係式を導いた。最後に応用例として電子ビー