

響を与えることもあるという実験結果を示すと同時に、大型軸材の降伏強さと低温靱性あるいは破壊靱性との両者をいずれも高め得る金属組織はいかなるものが適当とえられるかと質問した。これに対し川上氏は、Sbの影響は非常に微量の場合については考慮しておらぬこと、および強靱性に対する金属組織は整粒化した微粒組織が重要であること、またここに発表した軸材の破壊靱性値は十分満足すべきものであったことを述べた。

第4の講演は、「中実および中空円筒変形の解析」と題し、石川島播磨重工・技研の利岡靖継、雑賀喜規氏らによって発表された。

この講演は極めて興味深いものと思われたが会場の都合で10分間程度で終了せざるを得なかつた。この討論会は17時に終了の予定であつたが、各講演とも活発な討論が行なわれ、司会者もあまり時間について配慮しなかつた結果、折角利岡・雑賀両氏に準備していただき、また新日鉄・生産技術研究所の守末利弥氏からはコメントも提出されていたのに十分発表していただけなかつたことを司会者としてお詫びする次第である。守末氏によつて指摘されまた利岡氏よりの依頼により講演既要を下記のように訂正することのみで、この講演の報告に代える。

「鉄と鋼」61 (1975) No. 2 討論会講演既要 p. 75 A 37 の(1)式の q の単位は $\text{cal}/\text{cm}^3/\text{sec}$, c の単位は $\text{cal}/\text{cm}^3/^\circ\text{C}$ とする。(2)式の左辺第1項の q_i は Q_i とし、 Q_i はセル i 全体の比熱 (cal/sec) で $Q_i = q_i V$ である。(4)式右辺の q_i は Q_i , c_i は C_i とする。p. 75 A 38 上から2行目の式の右辺の c_i も C_i とする。(5)式右辺の第3項の $E\dot{\epsilon}_{\mu\mu}$ は $\dot{E}\epsilon_{\mu\mu}$, 第5項の $\dot{\epsilon}_0$ は ϵ_0 とする。(6)式右辺の第5項の $-\dot{\epsilon}/(1-2\nu)$ は $-\delta_{ij}\dot{\epsilon}_0/(1-2\nu)$ とする。(6)式より3行下の式の左辺の第1項 $\partial f/\partial \dot{S}_{ij}$ は $\partial f/\partial S_{ij} \cdot S_{ij}$ とする。

IV. 低温用鋼の組織と機械的性質

東京大学工学部金属工学科 工博

座長 荒木 透

この討論会は、最近液化天然ガスの貯蔵や輸送の問題で重要視されている極低温用高張力鋼の開発研究に関連した話題について企画されたものである。内容的にみると、1) 9% Ni 鋼に類する低炭素焼もどしマルテンサイト組織を有する鋼の熱処理による改善組織、2) 低温脆性を示さない安定オーステナイト鋼の強化組織、3) C, Nを含まない含 Ni マルテンサイト組織の鋼の微細化組織、などの極低温における靱性と成分、組織との関連が興味あるトピックスであるが、今回は 1) および 2) の問題について以下のように講演発表と討論が行なわれた。

討11 ($\alpha + \gamma$) 領域加熱焼入れ処理による Ni 含有鋼の低温靱性向上の原因。日本鋼管技研の山田真氏により講演発表された。8%Ni 鋼さらに Cr, Mo, Cu などで modify した 5% Ni 鋼などについて、($\alpha + \gamma$) 共存領域に加熱した時の組織の微細化と微粒 γ の分布と強度、低温靱性 vTr , 破壊の破面単位などをしらべ、この特殊熱処理による低温靱性向上の原因は、フェライト化その

ものの靱性向上と微析出オーステナイトによるものと推論されること、旧オーステナイト粒界を剝離させにくくする効果をもつことが主で、破面単位に与える影響によることがほとんどないことなどを結論した。

住友金属・邦武立郎、大森靖也両氏のコメントが討11に関連して大森氏により述べられた。5% Ni modified 極低温用鋼について、($\alpha + \gamma$) 域加熱温度域を I ($\sim 650^\circ\text{C}$), II ($\sim 675^\circ\text{C}$), III ($\sim 700^\circ\text{C}$), IV ($\sim 725^\circ\text{C}$) の4つの領域に別つと、II と IV の領域で -196°C 衝撃値の極大値が見られることを述べ、その機構として、I-Ac₁ を越えると、II で安定な富化 γ が生じ、シンク効果による靱性向上、さらに III γ の合金低下による不安定化により靱性低下、IV で再び多量の γ 生成と再結晶による細粒化効果がみられるなどの所見を提案した。また、山田氏がフェライト地の靱性を述べたのは C, N のシンク効果を指すのか、IV に相当する靱化に関する意見、および C- (圧延直角) 方向の靱性向上の理由などについてたどした。山田氏は答えて、Ni% の差によつて若干結果に差のあることを認め、また急速加熱により粒状の再結晶 γ がでて、徐冷では出ない事実を示唆した。またシンク効果については同意を表した。C 方向の靱性については伸長介在物による低下が相対的に改善されることについて所見を述べた。

新日鉄基礎研の桜井浩氏がつづいて質問に立ち、1) $vTrs$ に対する効果は生成オーステナイトと降伏強度だけでは説明できない。 -196°C での vE では加熱温度の上昇による改善は安定オーステナイトの範囲までである。2) オーステナイトが衝撃テスト中に変態することは悪いと考えるか、TRIP 現象は考えないか。3) 焼もどし脆性については P が旧 γ 粒界への γ 析出によつて排除されることによると考えられる。などの点について見解を求めた。これに対し、山田氏は答えて、オーステナイトそのものの効果は少ないこともあるが、Ni, Mn, 降伏強度などの効果が総合的にデータとしてえられた。オーステナイトの SFE を下げ TRIP を助長する元素として Cr は本実験では負の結果を得た。などの事実を述べ、($\alpha + \gamma$) 域加熱が P の偏析サイトを増して分散し粒界われをなくする機構については同様の見解を示した。

東北大須藤一氏は発表講演内容に対する若干の質問を行なつた。一様伸びと靱性との結びつきが必ずしもないこと、予講の図7には焼戻し脆性に対する効果、マトリクス (降伏強さ) の軟化による効果、オーステナイトによる効果の3つのものが表われていることなどが議論された。

討12 Fe-Ni-Mn-C 系オーステナイト鋼の変形による組織の変化と伸び、靱性の関係。川崎製鉄技研鈴木重治氏により講演発表された。9%Ni 鋼の ($\alpha + \gamma$) 域加熱時に析出するオーステナイト相に近い成分の試溶鋼についてマルテンサイト変態と機械的挙動を調べたもので電顕観察をも行ない、前講演にも議論された典型的な変態誘起塑性の他に Md 点より上の温度で塑性増加と双晶との関連した特異な変態組織を認めている。衝撃靱性は Md 点附近に変態に関与したピークを認め、主としてき裂の伝ばエネルギーに関係するものと考える旨を述

べた。

鋼管技研田中淳一氏は 5% Mn 鋼についてのデータを紹介して、 $(\alpha + \gamma)$ 域加熱による混合組織 (30% γ) に Md と Ms の中間に塑性ピークが認められるが、衝撃靱性と TRIP とは必ずしも結びつかなかつたことを述べた。さらに、京大田村今男氏がコメントに立ち、講演に述べられた Md 点以上の変態誘起塑性は strain induced M. というよりは stress assisted bainite によるのではないかと、strain induced と明確に呼ぶことは現状では不適当との所見の下に、用語についての若干の議論を述べた。150°C 以上でのベイナイトとすれば必ずみ速度依存性が大きいマルテンサイトと比して加工硬化は大きくない。また耐力が Ms 点附近で下る現象は必ずみ速度の低い時に若干認められた。などの議論が交された。

討13 高 Mn-Cr オーステナイト鋼の組織、低温靱性および熱膨張率について、新日鉄八幡技研吉村博文氏が講演発表した。18-8 系よりさらに安定なオーステナイトとして 25%Mn 系に 5%Cr, 1%Ni を加えたオーステナイト鋼の降伏強さを向上させて極低温用構造用鋼としての開発を計った研究であつて、熱膨張率は低く靱性が良好である。強化法として Nb+N による微粒化がとくに有効であり、-196°C 低温で 70 kg/mm² 耐力が示されたが、強化とともに靱性は低下する。などが報告された。

京大田村氏は再び質問に立ち、液化ヘリウム温度での性能はどうか、S.F.E. の低い Mn 系として ϵ -マルテンサイトは出ないか、S.F.E. に対する Ni, Cu の影

響は、耐食性は、などのことをたずねた。吉村氏は答えて、-250°C でも標準 25-5-(1~5)+Nb の成分の鋼で vE 値はあまり低下しなかつた旨を述べ、S.F.E. については Ni, Cu はあまり変わらず、 ϵ' 相は極低温引張りでわずかに認められるが、悪影響は認められぬように思われる。耐食性は 9% Ni 鋼よりややよい程度で、H による遅れ破壊等にはよいと思われるなどの所見を述べた。

日鋼室蘭の石坂氏は大西氏に代わり準備討論を行なつた。Md に与える C, Mn, Cr の効果をパラメータにとり低温衝撃試験温度との関係を図示して、15%Mn-15%系鋼の破面特性を層別し、粒界破面、へき開破面、ボイド型延性破面などの分布体系を説明した。討 13 に対しては粒界破面の有無、オースナイト安定度の寄与などに関して若干の質問を行なつた。答えとして、粒界破面が通常認められず He 温度で N 入りにのみ認められたこと、Mn 量 Cr 量と C, N 量が日鋼と八幡で異なることが述べられ、炭窒化物の析出、Cr 量は粒界破面と関連することが示唆された。また両者には不純物の量の差があることが差をもたらした一因と考えられる。

その他、須藤氏、大森氏、東大藤田氏らよりも、高 Mn 鋼との優劣、溶接性の問題、Ti, Al などによる析出強化の可能性等開発上の興味についても質問とコメントが寄せられた。本講演の鋼種は一応 C, Cr を低く抑え、靱性や加工性をあまり害なわない範囲での強化をはかつた強化オーステナイト鋼であつて、極低温構造用に用いる鋼材の研究開発の一つの方向を示したものとして注目された。