

海外だより

滯米雑感—チタン合金の研究動向—

小野寺 秀 博*

1. は じ め に

筆者は 1985 年 10 月から 1986 年 10 月までの一年間、米国のカーネギー・メロン大学 (CMU) 金属工学科に、科学技術庁の長期在外研究員として滞在する機会を得て、同学科の J. C. WILLIAMS 教授のもとで“ β 型 Ti 合金の相変態に及ぼす水素の影響に関する研究”を行つた。CMU については既に本誌上で詳しく紹介されているので、大学の沿革や現状に関する紹介はこれらにゆずり、本稿では筆者の目的であつた Ti 合金の研究に関連して、米国における Ti 合金に関する研究動向について、筆者の滯米中に開催された TMS-AIME 講演大会における講演内容を中心に述べることにする。

2. TMS-AIME 講演大会における Ti 関係の特集テーマ

講演大会が開催される時点で最も関心の持たれている問題が講演大会における特集テーマとして組まれる訳であるから、これが研究動向を知るうえで、ひとつの目安となると考えられる。そこで、表に、最近の 4 回の講演大会¹⁾で組まれた、Ti 合金に関する特集テーマをまとめて示した。表をみると、Ti 合金の実用化を目指した研究と新しい Ti 合金材料の開発を目指した研究の二つの方向がはつきり認められ興味深い。以下これらの二つの方向に分けてその内容を見ることにする。

2.1 Ti 合金の実用化を目指した研究

Ti 合金の実用化を目指した研究としては、1985 年 10 月の大会では、Ti 合金の加工熱処理あるいは酸素量の微細組織に及ぼす影響、及び組織と引張特性、疲労特性、破壊靱性等の機械的性質の関係についての報告が大部分を占めていた。対象とする合金は、Ti-6 Al-4 V、Ti-10 V-2 Fe-3 Al 等の他に、超塑性加工用に Lockheed 社で開発された TRANSAGE 134, 175 等の合金である。

1986 年 10 月の大会では、実用上問題となる水素の影響に関して特集が組まれた。 α 型、 $\alpha + \beta$ 型、及び β 型のすべてのタイプについて、水素による遅れ破壊の機構、疲労特性に及ぼす影響、水素の α / β 界面相の生成に及ぼす影響等について報告がなされた。これまで、 α 型、

及び $\alpha + \beta$ 型 Ti 合金に関しては報告も多く、水素脆化の機構あるいは許容限度についてかなり明らかにされているが、 β 型 Ti 合金については系統的な研究が少なく、本大会における Ti-10 V-2 Fe-3 Al 合金に関する報告は、貴重なものであつた。水素の影響に関しては、空軍、海軍の材料研究所、大学、国立研究所を中心として研究が行われている。

1987 年 2 月の大会では、構造材料としての Ti 合金の実用化に際して最も重要な特性と考えられる破壊靱性及び疲労クラックの伝搬速度に関して特集が組まれた。 α 型 $\alpha + \beta$ 型、及び β 型のすべてのタイプについて、組織と上記の特性の関係に関して、Ford 社、Boeing 社、空軍及び海軍の研究所を中心に数多くの報告がなされた。

以上のように、最近は、実用上重要な項目に的を絞つた研究がなされており、特にこれまであまり利用例のない β 型 Ti 合金についても、航空機産業を中心に積極的に利用していこうとする姿勢が見られる。このような状況は、1986 年 10 月に米国 Ti 開発協会の主催で開催された、“Ti 製品と応用に関する国際会議”に象徴されている。会議の内容等は本誌で既に詳しく報告²⁾されているので詳細は省くが、Ti の利用拡大を目的にした会議であり、今後 4 年ごとに開催する予定とのことである。

2.2 新 Ti 合金材料の開発

Ti 合金に関する新材料の開発を目指した研究の流れは 1986 年 3 月の大会における“Ti 合金の急冷凝固技術”、及び 1987 年 2 月の大会における“金属間化合物”に見ることができる。

Ti 合金の急冷凝固技術に関しては、空軍材料研究所の Froes 博士、McDonnell Douglas 社の SASTRY 博士を中心として、Splat quench, Centrifugal atomization 等の急冷凝固技術及びこれらの技術を用いた新材料の開発と幅広い研究が行われている。Ti-6 Al-4 V、Ti-10 V-2 Fe-3 Al 等の既存合金に関して、結晶粒の微細化、過飽和固溶体の形成及びその後の析出現象等の急冷効果の他に、B, C, Ce, Er 等を添加し、通常の凝固法では不可能な炭化物や酸化物の微細析出強化を利用して、これらの合金の特性向上を図ろうとするものである。急冷凝固によつて得られる原料は、粉末あるいはリボンの状態であるため部品化の際に最も問題となるのが、急冷凝固によつて導入された種々の効果を失わずに固化する技術である。そのため、なるべく低い温度で粉末を固化させることを目的とした、低温高圧 HIP (Hot Isostatic Press) 技術、爆発成形等の研究が行われている。

金属間化合物に関しては、空軍材料研究所を中心に、Ti₃Al, TiAl, 及び TiAl₃ について、Nb, Cu, Si の添加あるいは、N 及び W のマイクロアロイングの効果に関して、主に急冷凝固法を用いて強度、延性、耐熱性等の改善を目指した研究が行われている。

以上のように、Ti 合金の新材料として期待されてい

* 金属材料技術研究所 工博

るのは、急凝固材料と Ti_3Al , $TiAl$ 等の金属間化合物と思われる。ここで、軽量で高弾性率が得られることから最近特に注目されている $Al-Li$ 合金に関して、1986 年 10 月の大会で特集が組まれ、組織と機械的性質の関係について 27 件の報告がなされていたことを付記しておく。 $Al-Li$ 合金の開発は古く、1957 年には開発されたが、切欠感受性が大きく使用されていなかった。しかし、最近、高比弾性率が得られることから見直され³⁾、1980 年代に入ってから国際会議⁴⁾が数回開催されている。 $Al-Li$ 合金は、軽量高強度を要求される航空機産業において Ti 合金の有力な競合材料と考えられる。

3. CMU における Ti 合金の研究

Ti 合金の分野で世界的に著名な J. C. WILLIAMS 教授のグループにおける最近の研究は、①Near α 型の合金における、熱処理や冷却速度の変化にともなう組織変化 (α 相の形態、サイズ等)と機械的性質の関係に関する研究、② $Ti-10V-2Fe-3Al$ 等の β 型 Ti 合金における水素の添加による組織変化及びその機械的性質に及ぼす影響、③ $Ti-Al-Nb$ 合金における ω 変態に関する研究などであり、基礎から応用に渡る広範囲な研究が行われていた。また現在は、④加工熱処理で生ずる種々な組織と破壊靱性及び疲労特性の関係、⑤急凝固粉末技術による耐熱 Ti 合金の開発、に特に興味を持つて研究を進めておられた。

表 最近の TMS-AIME 講演大会で組まれた Ti 合金関係のセッションテーマ

年・月	場 所	テ ー マ 名	件数
1985・10	トロント (カナダ)	新合金における組織と性質 の関係	18
1986・3	ニューオリンズ (ルイジアナ)	Ti 合金の急凝固技術	24
1986・10	オーランド (フロリダ)	Ti 合金における水素の影響 Ti 合金	18 10
1987・2	デンバー (コロラド)	Ti 合金の破壊靱性と疲労 クラックの伝搬速度に及ぼす 組織の影響 金属間化合物	25 7

4. お わ り に

以上に述べた、米国における Ti 合金の研究動向は、あくまで筆者の私見であり、自分自身の方向を考えることも目的のひとつとしてまとめたものであることを付記しておきたい。

滞米中の筆者の仕事は、電子顕微鏡観察を中心としたもので、学生時代に帰った気分になり、また電顕室にいる限り英語も必要なく、まさに天国であつた。自宅から大学まで車で 10 分もかからず、自由な時間が多いこともうれしかった。ただし、天国になるまでには、数か月を要した。英語のわからないことが気にならなくなり、研究が軌道に乗つてからのことである。これには、多くの方々 (WILLIAMS 教授をはじめとして、同研究室の方々、同学科に滞在されていた日本人研究員の方々) にたいへんにお世話になつた。同教授のもとには、日本からも多くの方々 が留学され、多くの成果を挙げて帰られ、今日の日本における Ti 合金に関する研究を支えておられる。筆者もこのような機会を得られたことに感謝するとともに、今回の経験を今後の研究生生活に生かしていきたいと思う。

文 献

- 1) Programs for TMS-AIME Annual and Fall Meetings, J. Met., 37 (August, November 1985), 38 (August, November 1986)
- 2) 萩原益夫: 鉄と鋼, 73 (1987), p. 158
- 3) 古川 稔, 美浦康宏, 根本 実: 日本金属学会会報, 23 (1984), p. 172
- 4) 例えば, T. H. SANDERS, Jr. and E. A. STARKE, Jr.: Proc. 1st Int. Aluminium-Lithium Conf. (1981) [Met. Soc. AIME]