

TMS主催International Symposium on Structural Intermetallics (ISSI) に出席して

五十嵐正晃／住友金属工業(株)鉄鋼技術研究所

近年、欧米諸国並びに日本において開発競争が激化している高温構造材料用金属間化合物に関する標記国際シンポジウムが、昨秋、米国ペンシルバニア州のSeven Springs Mountain Resortで開催された。会議には世界各国から約240名が参加し、7つの技術セッションに対して一般講演とポスター講演併せて計110件の講演・討論が行われた。現下の厳しい経済情勢にも拘わらず日本からは15名(大学・公立研究所8名、企業7名)の参加があり、またEC統合直後で過渡期にある欧州各国からも多数の出席がみられ、当分野への各国の関心の高さが伺われた。

会議は、このSymposiumの仕掛人となった米国General Electric(GE)社R. Daroliaの開会の挨拶で始まったが、その表情には普段見られない緊張と興奮の様子が伺われ、会議の成功にかける彼の強い熱意を感じた。続いてスーパーアロイの大御所で金属間化合物研究のパイオニアでもあるJ. Westbrookの基調講演Structural Intermetallics: Their Origins, Status and Futureが行われた。スーパーアロイ40年の歴史を知る同氏の言葉は金属間化合物に未来を夢見る若い研究者達には、正に神託と響いたに違いない。

2日目からは一般講演が下記7つの技術セッションの分類に従って実施された。すなわち、

- ①Ti₃Al, TiAl₃, and Ti-Aluminide Ternary Compounds, 13件
- ②TiAl Alloys, 31件
- ③Ni₃Al and Fe-Aluminides, 13件
- ④NiAl Alloys, 14件
- ⑤Advanced Intermetallics, 10件
- ⑥Intermetallic Composites, 14件
- ⑦Technology and Applications, 5件

である。なお、直近の研究成果紹介として、講演とは別に10件の研究がポスター展示された。この分類からも明らかのように日本の現状と同じくTiAl合金に関する講演が圧倒的に多い。

各技術セッションでは数件の招待講演が必ず生まれ、その分野の現状と課題をまず浮き彫りにした後、一般の口頭講演とポスター講演(口頭講演の約半数)が行われた。講演会場には巨大なホールが割り当てられ、それに隣接してポスター会場が設けられていた。ポスターは3日間連続して掲載され、特にInteractive Sessionとして各技術セッション毎にポスター討論の時間を特別に設け、議論の盛り上げが図られていた。口頭講演のChairmanはその日のポス

ター講演に対しても責任を負い、講演会場にて必ずポスター講演すべての概要を独自の方法でPRして参加を呼びかけることが義務付けられた。このポスター講演のPRの良しあしがChairmanに送られる功労Tシャツ獲得の条件であるとのR. Daroliaの脅し(?)が効いて、それ自体がコンペのようで聴衆の興味を引くに十分であった。

各技術セッションの中から注目された研究を拾ってみる。

チタンアルミナイドの中では、耐酸化性に最も優れるAl₃Tiに第3元素を添加して(Al,X)₃Ti(XはCr,Mn,Fe)とし、複雑なDO₂₂型構造からより単純なL₁₂型構造へ変化させ延性を改善しようとする試みが続けられてきたが、構造変化には成功し材料はsoftになったが肝心の延性は得られないことが明らかとなった。これは複雑な結晶構造を持つ金属間化合物の延性をintrinsicに改善する方法の代表例としてこの10年間研究が進められてきたが、結果的にはsoft and brittleという少々期待外れの結末に終わってしまった。しかしながら、その間の基礎研究の蓄積は他の合金系へのお手本ともなり高く評価されるべきである。今回symposiumのBest Paper Awardがこの分野の研究であるK. S. Kumarの'Microstructure and Mechanical Properties of Ternary L₁₂ Aluminium-Rich Intermetallics'に送られたことに対しては誰もが賞賛するところとなった。

TiAl合金では軽量耐熱合金として、航空機や自動車関連部品への実用化研究に拍車が掛けられている。この合金系ではα₂(DO₁₉型)+γ(L₁₀型)2相組織の最適化とその工業規模での実現が共通の課題となっているが、その中では日本からの発表である、鋼の加工熱処理に通じる東工大竹山助教授の組織制御法と、神鋼藤綱氏の恒温多段圧延による薄板製造法等が注目された。TiAlに対しては米国よりもむしろドイツ、フランス等の欧州各国の方が関心が高いようで、特に日本の発表に対しては容赦のない厳しい質問・コメントが集中したのは少々驚きを覚えた。

Ni₃AlはL₁₂型構造の代表的な化合物であり、さらにスーパーアロイの延長線上にある合金としても実用化に最も近い材料である。米国ではOak Ridge National Lab.を中心に精密鑄造と一方向凝固を利用し一般産業用途への適用性が見極めが進められている模様である。

NiAl合金は日本ではほとんど応用研究が途絶えているが、欧米では軍需産業をターゲットに実用化にかなり近いものが開発されている模様で、GE社では既に今年からNiAl製タービンブレードをエンジンに搭載した航空機の

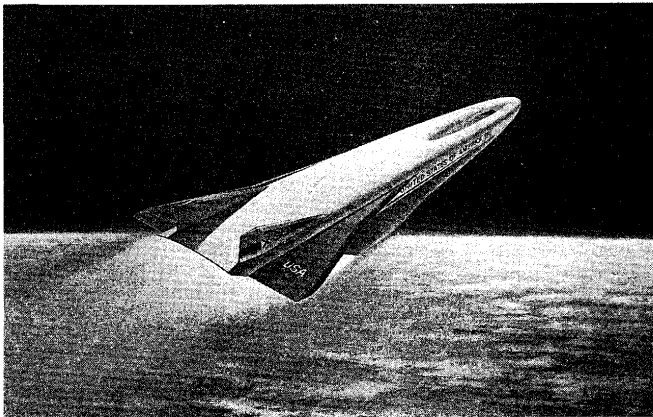


Fig. 1. Hypersonic vehicles will depend on lighter, stronger, high-temperature materials.

実機試験がスタートするとのことであつた。これらの結果は今後の米国における金属間化合物研究の命運を左右するといつても過言ではなく、米国だけでなく全世界の研究者がその成否を見守っている。

先進金属間化合物である MoSi_2 、 Nb_3Al やLaves相は極めて複雑な結晶構造を有し、それ故に高融点でかつ高温強度に優れるが、単体では延性をほとんど示さない。ところが HfV_2 +Nb系のLaves相ではSynchro-shearという独特の変形モードが存在し、容易に双晶変形して延性化が可能であるとの興味深い結果が示された。これらの合金は即実用化までには至らないが、exotic compoundsとしてさらに系統的な研究が進められることを期待したい。

金属間化合物基複合材料は21世紀の超々音速機やスペースプレーン (Fig. 1) の実現には不可欠の軽量耐熱材料と考えられている (Fig. 2)。これまで金属間化合物とセラミックスの複合材では高温におけるマトリックスとファイバーの反応によるファイバーの劣化が最大の問題であつた。これには両者との反応性の低い物質をファイバーにコーティングする等の技術が進歩し、現在では TiB_2 や TiC といった研究レベルでしか製造できないファイバーを如何に工業規模で生産できるかが実用化への鍵を握っている。

最後の金属間化合物の技術と応用のセッションにおいても同様な議論がなされたが、特に世界的な景気低迷の時代にあつて未知の材料を実用化するためには、やはり横断的な共同研究体制の確立と低コスト製造法の実現が強く叫ばれた。

この会議は伝統あるスーパーアロイの国際会議に倣つて (開催地も同じ)、都会の喧噪からは隔絶されたリゾート地の静かな環境の中で言わば合宿形式で開催された。従つて会議自体もinformalを旨とし、十分な討論時間と深夜にま

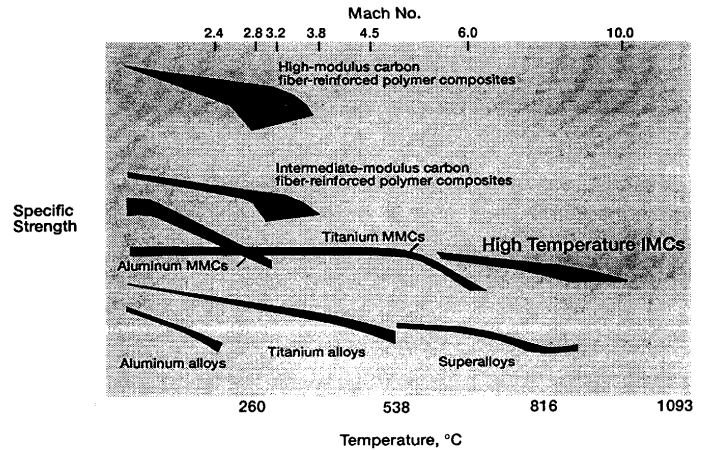


Fig. 2. Intermetallic matrix composites have excellent specific strength at high temperature.

で及ぶ催しが組まれて、参加者間の交流が図られていた。講演数もかなり絞り込みが行われたようで、さらに口頭講演の時間を十分取るために一部はポスター講演とならざるを得なかったが、ポスターに対する配慮も周到でinteractive sessionとして各技術セッション別に質疑の時間を設定する一方、座長によるPR (前述) と参加者の投票によるbest postersの選考と盛り沢山であつた。best postersはニッケルアルミナイド、チタンアルミナイド、先進化合物に対してそれぞれ投票が行われたが、Ni系ではわが日本の根本教授 (九州大) のDislocation-Particle Interactions in Precipitation Strengthened Ni_3Al and NiAl が受賞し、同慶の至りであつた。さらにTi系ではZ. Jinら (ミシガン州立大) のMechanical Twinning During Creep Deformation of TiAl が、また先進材ではD. P. Popeら (ペンシルバニア大) のDeformation of a C15 Laves Phase: Twinning and Synchroshearが受賞した。

Banquetは厳粛かつ盛大に開催されたが、R. Daroliaの冒頭の挨拶では本会議成功のポイントとして、欧州各国から多数の参加が得られたことと、日本からは京都大山口教授が組織委員として参画し、さらに多数の日本企業から寄付を得られたことが特に挙げられ、感謝の意が述べられた。今後4年に一度の開催を約して、会議の幕は閉じられたが、欧州ではEC統合によって英、仏、独の各国で実施してきた軍事目的の開発研究を一本化しようとする動きが既に出てきたとの情報も有り、また米国においてもセラミックスへの再傾注が進行しているようで、研究環境は必ずしも樂觀を許さないようである。次回の会議までに金属間化合物材料を取り巻く情勢がどう変化していくか興味深い。

(平成6年5月16日受付)