

国際会議報告

第6回金属及び合金の強度に関する国際会議 (ICSMA-6) 出席報告

田村 今 男*

1982年8月16日より20日までの5日間、第6回金属及び合金の強度に関する国際会議 (6th International Conference on the Strength of Metals and Alloys, ICSMA-6) がオーストラリアのメルボルン郊外にある Monash University で開催された。Monash University, Australian Institute of Metals 及び Australian Academy of Technological Sciences の共催で Professor I. J. Polmear が中心となつて組織された。

出席者名簿によると参加国は25国で、全参加者は192名になつているが、実際は250名程度であつたように感じられた。日本からは12名ばかり参加していた。プログラムに出ている発表論文数は175編で、このうち Keynote lectures は13、応募論文は162であつた。このうち日本人の発表は Keynote lecture 1、応募論文17であつた。毎朝最初1会場で Keynote lectures を行い、そのあと2~3会場に分かれて応募論文の発表(全部口頭発表)が行われた。この会議の Registration の時点ですでに Proceedings ができ上がつており、各論文発表は full paper を見ながら聞くことができた。ただし Keynote lectures は論文もアブストラクトもなかつた。session と発表論文数を表1に示す。講演時間は Keynote lectures は55分、応募論文の場合は10分発表5分質問、計15分であつた。

日本に対する事前のコンタクトが良くなかつたので本当にこの会議が開催されるのかどうか疑われるほどであつたが、行つてみるとかなりうまくオーガナイズされていた。しかし会議中の盛り上がりが少し少なかつたように感じられた。

16日朝 Opening Ceremony で Prof. Honeycombe の挨拶があつた後、H. Gleiter の強化機構の基礎と題する Keynote lecture からはじまつた。はじめに Keynote lectures の主なものについて述べると、Gleiter は結晶構造と Peierls 力について述べたあと、lattice electron effect, elastic effect, solute atoms, particles, ordered region 及び転位相互間の相互作用とそれらのコンピュータ・シミュレーションなどについて述べられた。E. Starke は非鉄合金の強化について述べた。すなわち固溶強化、転位強化、析出強化、微細結晶粒、集合組織、粒界偏析などについて述べ、特に急冷凝固粉末冶金の有用性と Al-Li, Al-Li-X (Xは Cu, Mn, Zr, Mg

* 京都大学工学部教授 工博

など)の軽い強靱合金について述べた。Al-4.45Cu-1.21Li-0.51Mn-0.21Cd 合金は $\sigma_{0.2}$ 50 kg/mm², σ_B 57 kg/mm², δ 10%, E 70 GPa のよい性質を示す。F. Bolding は強化に関する研究の実際的应用について述べ、鋼関係では1970年代で50~70 kg/mm²の高張力鋼を開発し、1980年代では225 kg/mm²以上のマルエージ鋼を開発し、1990年代では350 kg/mm²以上に達するものと思われること、Al合金ではLNGタンカー用合金の開発など大きな進歩をした。今後、熟練した専門家の養成、知識、成果の交流、実際現場からの問題の抽出を通じて将来の発展を期したいことを強調した。

E. Hornbogen は破壊の組織と機構について述べた。すなわち破壊に至るまでには①加工硬化、②き裂の発生、③き裂のおそい伝播、④最終の早い伝播の4段階がある。組織的には原子空孔、転位、粒界、析出物のような粒、結晶の不均一性、切り欠き効果などが重要である。これらによつて不均一組織を形成し局部ひずみを発生する。二相合金における組織の配列の仕方がき裂の伝播に大きく影響する。また facet size, particle size は破壊の機構と大きく関係する。有効き裂拡大エネルギーも重要である。またオーステナイトが応力によつてマルテンサイトに変態するような場合にも触れた。T. Gréday は鉄合金の強化について述べた。例えば Nb 含有鋼の析出強化などについて述べたが、新しい知見は特に発見できなかった。

J. D. Embury は強度と延性破壊の限界について述べた。局所的な蓄積欠陥 (cumulative damage) は組織、応力のかかり方、ひずみ履歴、欠陥の様相などに関係し、そこにき裂が発生成長してゆく。そこには組織と塑性モデルの両方を考える必要がある。例えば particles と母相との間の肌離れによつてき裂が生成する場合の条件、破壊ひずみ、界面の強さなどについて述べた。

M. Patterson は岩石や鉱石の変形をとりまとめて述べた。すなわち岩石の塑性変形の因子、脆性-延性遷移、大理石、石灰石、石英、かんらん石などの変形挙動について述べた。金属よりも高温低ひずみ速度ではあるが、金属によく似た変形 (creep) をする。C. Laird は金属及び合金の cyclic 挙動について述べた。すなわち繰り返し応力またはひずみの大小及びかかり方によつて蓄積される損傷が変化する。また単結晶と多結晶でも非常に違う。平均応力効果、stress の方向の effect などについても述べた。古川 (新日鉄基礎研) は製造のための変形と題して Keynote lecture を行つた。彼の専門である Dual Phase 鋼を中心にして薄板の変形に対する種々な因子について述べた。

M. Hatherly は高速変形について述べた。すなわち Brass, Cu, Cu-Fe, Fe などの高速変形したときのすべり変形、双晶変形の様相と変形帯、セルの生成などについて述べた。

表 1. セッション名と発表論文数

		(ICSM A-6) () 内は日本人論文数
		論 文 数
8月16日	Opening, Keynote lectures	3 (0)
	1 単結晶の変形	8 (4)
	2 非鉄合金の強化	10 (1)
	3 降伏と歪み時効	10 (1)
17日	Keynote lectures	3 (0)
	1 鉄合金の強化	17 (1)
	2 強度-破壊に対する限界	8 (2)
	3 塑性加工と加工硬化	10 (1)
18日	Keynote lectures	2 (0)
	1 超塑性とクリープ	20 (1)
	2 急冷凝固強化	5 (1)
	3 多結晶の変形	17 (1)
19日	Keynote lectures	3 (1)
	1 岩石, 鉱石, 無機結晶	14 (1)
	2 繰返し変形	18 (1)
	3 成形過程での変形	9 (0)
20日	Keynote lectures	2 (0)
	1 疲労割れ発生及び伝播	9 (1)
	2 高温変形	7 (1)
	計	175 (18)

D. Altenpohl は金属に関して何をなすべきか—将来の研究の方向というむづかしい問題を話した。

応募論文の中で鋼に関係した注目すべきものを幾つか拾ってみると, Dual Phase 鋼におけるき裂の成長はひずみ速度の依存性が大きい (P.S. Baburamani ら). 0.11 C, 0.15 Mo 鋼に P を 0.98% まで添加して Dual Phase 鋼を作ると, P はフェライト中に濃縮してフェライトを固溶強化し, マルテンサイト量を 20% 程度としたとき非常に強い Dual Phase 鋼ができる. しかも P による脆化などの悪作用は現れなかつた (J. Becker and E. Hornbogen). 私にはこの論文が最も印象に残つた. ($\alpha + \gamma$) 域で圧延後急冷して ($\alpha + M$ または B) 組織とすると集合組織も作用して非常に強靱になる. 鋼は 0.07 C, 1.2 Mn, 0.5 Cr, 0.8 Si, 0.4 Mo である (M. Mathy ら). 工具鋼の耐焼もどし性に対する Co の作用は炭化物の分布を微細にすることである (J.P. Hirth ら). 細見らはマルエージ鋼中の Co, Mo, Ti の作用について発表した. R.D. Jones らは Mn マルエージ鋼 (Fe-12.5Mn-5~6Mo) で 10% 程度の残留オーステナイトの存在で非常に強靱になることを示した (例えば $\sigma_{0.2}$ 112 kg/mm², σ_B 128 kg/mm², 伸び 21%, 絞り 65~70% 程度).

未再結晶域制御圧延後の変態による α 粒微細化にはオーステナイト中の双晶が大きな役割を果たす. フェライトは粒界ばかりでなく粒内にもたくさん生成する. 粒内は双晶境界や炭窒化物の析出物付近から生成していた. 炭化物生成元素はこのようなオーステナイトの組織的要因を形成するのを助けるようである (R.M. Smith ら.) マイクロアロイ鋼の熱間圧延再結晶挙動について動的再結晶-時間-温度 (RTT) 曲線を描くと, Mn が多くなると右上にこの曲線が移動する (T. Chandra ら). 鋼中 Ti は N を TiN として固定する作用が強いのので, 0.02% 程度

の Ti 添加で軟鋼のひずみ時効を非常に軽減できる (J.G. Williams). R.W.K. Honeycombe らも Fe-0.21Ti-0.4 Mn-0.08C-0.003N を用いて同様な Ti の作用を報告した. 鋼板に Al-45Zn をドブ漬めつきすると強度上昇混合則に従う) して延性は低下する. 被覆が割れて切り欠きが発生するからである (D.J. Willis).

軟鋼の降伏強度はひずみ速度が上がると上がる. そのときの降伏強度 Y_D は $Y_D = Y_S + k\dot{\epsilon}$ で示される. Y_S は静的降伏強度, $\dot{\epsilon}$ はひずみ速度, k は定数である (N. P. Fitzpatrick ら). バウシinger 効果には表面の作用が非常に大きい (R. Hsu and R.J. Arsenault). B は鋼の焼もどし脆性を軽減する (井上, 神鋼). 延性破壊においては非金属介在物の分布ばかりではなく, マトリックスの変形及び凝集性も重要である. すなわちマトリックスの転位密度, 組成, 形態などが重要で, 介在物の周囲に生成するポイドの生成・成長を支配する (J. F. Knott).

J. Chandra らは二相ステンレス鋼 (18Cr, 5Ni, 3 Mo, 1.5 Mn, 1.7 Si) の高温変形挙動を研究し, $\dot{\epsilon} \geq 0.38 \text{ s}^{-1}$ (900°C) で動的再結晶型 (ピークを持つ σ - ϵ 曲線) を認めたが, 0.038 s^{-1} 以下では動的回復型の曲線であつた. また $\dot{\epsilon} 0.38 \text{ s}^{-1}$ で $\epsilon 0.675$ の加工で σ 相の生成を認めた. 牧及び田村はフェライトの動的再結晶挙動を発表した. 18-8 ステンレス鋼の疲労クラックの伝播の際マルテンサイトが生成すると明らかに伝播が遅くなつた. そのとき疲労の striations に沿つて α' マルテンサイトが生成し, ディンプルの所に ϵ -マルテンサイトが発生していた (Jin-hua Zhu ら).

高温においてクリープと疲労が重畳した場合オーステナイト系ステンレス鋼 (15Cr, 15Ni, 1.85 Mn, 1.25 Mo, 0.5 Ti, 0.1 C, 0.006 B) において 800°C では粒界破壊がおこるのが普通であるが, 1回の低ひずみ速度繰返し変形を与えた後, 高ひずみ速度を与えるというような疲労を与えると粒界が強くなり粒界破壊を遅らせる (A.J. Pacey ら). スピノーダル分解した合金の疲労挙動は整合ひずみの比較的小さい Cu-30Ni-3.2Cr では spinodal 分解すると σ - N_f 曲線は全体に高 σ 側に移動するが, 整合ひずみの比較的大きい Cu-4Ti では疲労耐久限 (σ_w) はほとんど変わらない (H.R. Sinnig ら).

最近の国際会議の傾向として, かなり絞つた狭い分野に限定して深い討論をするものが多い中で, この国際会議では材料の強度, 靱性, 塑性加工などの全分野が含まれていたのが中心となるものがなく, 何となく低調な印象を与えたものと思われる. しかし有益な論文も多かつた.

次回の ICSMA-7 は 1985 年 8 月 19 日より 23 日までカナダのモントリオール (Montreal) の Concordia University で開催される予定で, 主題は組織-性質の関係及び組織-処理 (製造工程) の関係である.