

られており、端面の耐食性が重要であることを示唆された。またボルト締めつけ後のトルクダウンの問題をあげられ、利用技術としての新しい課題を提示された。今後これらの課題についての研究がなされることが期待される。

本討論会は時間の都合で午前と午後に分かれ、集中力にかけ若干議論がかみ合わなかった感じがするが、制振鋼板の利用技術の現状については認識できたと思う。

実際には本来の制振特性との利用技術についての特性は相反している点が多々あり両立する制振鋼板が今後の基本的な解決すべき課題であろう。また討論の中で杉本孝一教授(関西大学)からの御指摘にあったように用語の統一も今後この新しい複合材料の発展に必要なことであるように感じられた。

最後に、本討論会で発表いただいた講演者の方々ならびに討論に参加していただいた方々に心より感謝を申し上げます。

高耐熱材料の創製と特性

座長 東京大学工学部 吉田 豊 信
座長 新日本製鉄(株)鉄鋼研究所 鈴木 洋 夫

宇宙・航空、自動車、火力発電などのエンジン部材には高耐熱化、軽量化のニーズが一段と高まっている。ここでは MP 分科会の初の試みとして金属からセラミックスまでを包含した多分野の耐熱材料に関して横断的に討論を行った。

依頼講演 7 件を含んで 16 件の発表がなされた。各分野を代表する研究者による依頼講演は各材料やプロセスの現状をレビューし、問題点を指摘するものであり聴衆を魅了した。講演数が多く、かつ講演内容が多岐にわたっていたために討論時間に余裕がなかったのは悔やまれる。以下、これらの発表内容と討論の概要を記す。

(討44) 次世代超高温材料の開発動向(依頼講演)

((株)超高温材料研究センター 田中良平)

超音速旅客機や宇宙往還機部材などに代表される超耐熱材料全般についての開発現状が示され、Ni 基合金、金属間化合物、および複合材料(金属系、樹脂系、セラミックス系、炭素系)の特徴および今後の開発課題がまとめられた。研究設備の効率的運用、評価法の確立、データの蓄積の必要性なども指摘された。破壊靱性評価に関する討論がなされた。

(討45) 諸特性におよぼす Re の効果(Re を含むニッケル基単結晶超合金-1)

(豊橋技術科学大学大学院 松木一弘ほか)

d 電子合金理論を用いて設計した Ni 基単結晶超合金に B_0 値を上げる Re を 0.2% 添加することにより 1040°C、14 kgf/mm² のクリープ寿命が最大となること、および 900°C での Na₂SO₄-NaCl 混合塩塗布による耐食性試験でも特性向上が示された。

(討46) 合金設計と評価(Re を含むニッケル基単結晶超合金-2)

(豊橋技術科学大学大学院 石原広助ほか)

Ni-10Cr-12Al-1.5Ti に 0.3% の Re を添加した合金をベースに *Mdt* 値と W + Mo 量を変えた単結晶合金を作成し、(討45) と同一試験条件で高温特性を調べた。その結果、Ta = 2.7%, W = 2.3%, Mo = 0.8% が最適なことを示した。Re = 0.3% の理論的根拠、高温耐食性の評価方法などについて討論がなされた。

(討47) Co-Cr-W-C 合金(ステライト No. 6 相当品)線材の特性

(住友電気工業(株)伊丹研究所 河部 望ほか)

高温耐摩耗性を向上させた Co-Cr-W-C 合金の細径線材の製造は困難であったが、巧みな技法によりそれを解決し、線引きにより 2 mmφ まで加工し高温へたり性、疲労特性とも良好な成果を得た。

(討48) 耐熱チタン合金の開発の現状(依頼講演)

((株)神戸製鋼所鉄鋼技術研究所 西村 孝)

耐熱チタン合金はジェットエンジン材料として 1950 年代から実用化して約 7°C/年の割合で耐熱温度も上昇してきた。代表的な合金種の特徴、組織依存性、最近話題になっている Ti 1100 や IMI 834 などについて述べた。国内における現在までの開発は欧米のトレースが中心であった。

(討49) 粉末冶金法による高温用チタン基複合材料の創製(依頼講演)

(金属材料技術研究所筑波支所 萩原益夫ほか)

チタン合金の耐熱限界温度(約 600°C と考えられる)を向上させる手法として粉末冶金を基本にして TiAl などの金属間化合物の添加ならびに、TiC、TiB₂ などのセラミックス粒子を内部反応法で分散析出させるなどして高温強度を向上させる方法を示した。耐熱チタン合金 Ti-6242 に 30 vol% の TiAl を複合化することにより 700 K 以上で基質よりも高温強度が高くなることを示した。

(討50) 耐熱金属間化合物の特性(依頼講演)

(金属材料技術研究所 辻本得蔵)

金属間化合物は金属元素どうしあるいは金属元素と半金属元素との化合物と定義して既に実用に供している Ni₃Al, Fe₃Al, FeAl, Ti₃Al, 現在試作中の TiAl, TiAl₃, ZrAl₃, NbAl₃ および将来性が見込まれる NiAl, Nb₃Al, Nb₂Al, MoSi₂, Ti₅Si₃, Nb₂Be₁₇ それぞれについて使用可能温度、製造容易性、改善すべき点などが総括され、「金属間化合物の研究は発見の宝庫である」と

指摘された。

(討51) Mo (Si_{1-x}, Al_x)₂ の高温酸化

(東京工業大学工学部 丸山俊夫ほか)

1400 K 以上の高温の酸化性雰囲気中で実用に供されている MoSi₂ のさらなる耐酸化性向上のために Al 添加を検討した。2048 K では皮膜成長速度は MoSi₂ が最も小さく、Mo(Si_{1-x}, Al_x)₂ では Al 量の少ないほど小さいことを示した。皮膜構造などに関する議論がなされた。

(討52) メカニカルアロイングによる (Ti, Nb)Al 系金属間化合物の製造

(防衛大学校研究科学生 小林信一ほか)

TiAl, NbAl などの金属間化合物の製造をボールミルによるメカニカルアロイング法それに引き続く HIP ないしは反応プラズマ法を用いて行った。850°C での反応プラズマ法で成形した TiAl は低応力で真密度化し、約 1000 DPN の硬度を示した。反応プラズマ焼結法について議論がなされた。

(討53) Fe 基 ODS 合金の特性に及ぼすメカニカルアロイング処理時間の影響

((株)神戸製鋼所鉄鋼技術研究所

藤原優行ほか)

フェライト系耐熱材料の高温強度向上を目的として、Ar ガスアトマイズ法により製造した Fe-12Cr-2Mo-V, Nb, Ti 合金粉末と平均粒径約 20 nm の Y₂O₃ 粉末をアトライターで MA 処理を行った。その後、熱間押し出しにより試片を作り機械的性質を調べた。MA 処理時間が長くなるに従い、酸化粒子が微細、均一に分散し 923 K におけるクリープ強度を高めることを示した。熱押し条件と再結晶回復挙動に関する議論がなされた。

(討54) 繊維強化ガラス及びガラス基複合材料の概説 (依頼講演)

(東京大学先端科学技術研究センター客員助教授、

United Technology 社 O. Y. CHEN)

1200°C 以上の高温耐熱材料として Al₂O₃, Si₃N₄, BS ガラスなどを母相に SiC, C, Al₂O₃ などの繊維を添加して複合材料を創製。密度が小さく (<2 g/cm³), 弾性率の向上, 強度のみならずマイクロクラックタフニング機構に基づく破壊靱性の向上が可能であることを示した。脆弱な材料でも繊維複合化により高靱性が得られ、かつあらゆる組成の組合せによる複合材料の創製が可能であることを示した。複合材料の破壊靱性機構などについて議論がなされた。

(討55) 熱プラズマコーティング技術 (依頼講演)

(東京大学工学部 吉田豊信)

代表的な三つの熱プラズマコーティング法について論じた。熱プラズマ CVD はプラズマ中での注入物質の分解, 急激な温度勾配を持つ境界層内での選択的反応・堆積, 表面焼結作用などが期待できグラファイト基盤上へ

の SiC の高速大面積蒸着が可能なこと, 熱プラズマフラッシュ蒸発法では組成制御された多成分系の高温蒸気が容易に得られ高温材料コーティングが可能になりつつあること, プラズマ溶射法は高周波および Hybrid プラズマ技術の開発により従来法では不可能であった大粒径粒子の溶射により高温材料の開発が期待されることなどを論じた。

(討57) レーザ肉盛り用バルブシート合金の開発

((株)豊田中央研究所 田中浩司ほか)

Al 合金へのレーザ肉盛り性を検討した結果, 2 液相分離反応を示す Cu 基合金を開発した。この合金は耐凝着性, 耐摩耗性, 靱性などに優れバルブシート用合金として有望なことを示した。耐凝着性, 耐摩耗性の評価試験法などについて論じた。

(討58) 傾斜機能材料の現状と将来 (依頼講演)

(金属材料技術研究所 塩田一路)

科学技術庁による「熱応力緩和のための傾斜機能材料 (FGM) の基盤技術に関する研究」なるプロジェクト研究の概要を論じた。世界的にもこの分野は日本が進んでおり, 現在 300 mm□程度の大型平板, 50 mm R の半球形, 10 mmφ のパイプなどの FGM 合成法が検討されている。また, 種々の特性評価法の検討も進められている。大型部材の製法, 耐酸化性, 高温長時間使用性能評価などが今後の課題である。

(討59) 傾斜機能材料の熱応力緩和に関する最適構造と破壊機構

(新日本製鉄(株)鉄鋼研究所 浜谷秀樹ほか)

簡易型温度落差場熱衝撃試験方法を開発し, 減圧プラズマ溶射法で形成した FGM の最適構造について検討した。高密度型の皮膜ほど表面温度および温度落差が低下してクラックが発生しにくい傾向にあること, ミクロ分析結果によると YSZ-NiCr 粒子接合界面が剥離の一因子になっていることなどを論じた。

(討56) 高温腐食を受けるプラズマ溶射コーティングシステムの損傷と強度劣化

(東京都立大学工学部 吉葉正行ほか)

Ni 基超合金に種々の条件で MCrAlY 系および一部については YSZ (Y₂O₃ 安定化 ZrO₂) を更にプラズマ溶射し, 耐クリープ用標準熱処理を行いクリープ試験に供した結果, NiCrAlY 系アンダーコートに減圧プラズマ溶射し, YSZ トップコートした材料が 800°C の大気中および腐食環境中でのクリープ特性が最も優れていることを示した。