

1989 No.5

金材技研

ニュース

科学技術庁

金属材料技術研究所

合金の設計、将来は人工知能で／中間温度でも強いNi基耐熱合金／安い触媒でTiB₂ひげ結晶を製造／組織表／筑波支所、満十歳に

金属材料開発のための知識ベースシステム

—— コンピュータに新材料の設計ができるか？ ——

現代は、情報化社会といわれる。科学技術の急速な発展によって人類の知識は加速度的に増加し、研究成果の情報は莫大な量にのぼっている。一方、情報を処理するコンピュータも機能の向上には目を見張るものがあり、普及台数も価格の低下によって著しく増加している。こうしたことから、科学技術の研究に人工知能(AI)技術を利用しようと試みるのは、当然の流れといえる。

科学技術庁では、科学技術振興調整費研究「化学物質設計等支援のための知識ベースシステムに関する研究」を、昭和61年度からスタートさせた。このプロジェクトは、課題名のとおり化学物質の設計(要求を満足する組成や構造の決定)をおもな目的としている。現在の人工知能システムで扱う知識は、*if ~ then ~*(もし ~ ならば ~ である)という形のものが最も一般的である。化学物質は、「○○化合物の△△基を××基で置換すると毒性が増加する」といったように、知識が*if ~ then ~*で表現しやすいことと、構造自体がはっきりしていてその組み合わせが無限に考えられることから、この課題はコンピュータを利用した知識ベースシステムの研究に最適といえる。

当研究所もこのプロジェクトに参加し、金属材料の開発を目指した知識ベースシステムの研究に着手している。人類の文明とともに長い歴史を歩んできた金属材料は、膨大な経験的知識の上に立

って社会の隅々まで広く使用されている。しかし、構造が極めて記述しにくいことなどで論理的な解明はまだ不十分であって、材料設計の極めて狭い範囲でコンピュータを利用できるに過ぎない。このように、多くのあいまいさを含む金属材料分野の知識を、原理原則から整理すること(トップダウン)は労多くしてメリットが少ない。そこで最先端の研究論文を集めて、その内容を知識ベースに入力するという方法(ボトムアップ)を採用した。現在までに、ニッケル基の超耐熱合金に関する論文の内容を論理的に検索できるような、対話型のシステムを完成させた。これは、一見文献データベースと同じように見えるが、質問に対して論文の結論を論理的に判断して解答することと、更に相矛盾する結論の存在なども指摘する機能を持っている点で、格段に進んでいる。現在のシステムは、それ自体は材料設計を行うものではないが、質問に答えて材料開発のヒントを提供するものとして、研究者には貴重な存在となろう。

この知識ベースシステムは、単なる検索機能だけでなく設計上の問題の解決などに適した機能も持っているKAUSという知識表現言語を利用している。今後、基礎知識を付け加えるなど更に機能を充実させて、研究者の発想を支援する強力な手段に育てるとともに、将来は新材料の設計も行える人工知能システムに発展させる計画である。

高温・中温強度が優れているニッケル基耐熱合金

—— 今後の焦点は延性の改善 ——

ジェット・エンジンの動翼は約1000℃以上の高温における強度が必要であるので、現在の大型ジェット機用エンジンの動翼は、ニッケル基の铸造単結晶合金で作られている。上記の単結晶合金は、 γ （ガンマ）相と呼ばれる面心立方のニッケル基合金単結晶を作り、その中に変形低抗が温度の上昇とともに増加する γ' （ガンマプライム）相と呼ばれる面心立方のニッケルとアルミニウムの金属間化合物を細かく析出させたものであるが、ジェット・エンジンの性能向上に伴って、将来は更に耐熱性の優れた合金が必要とされている。

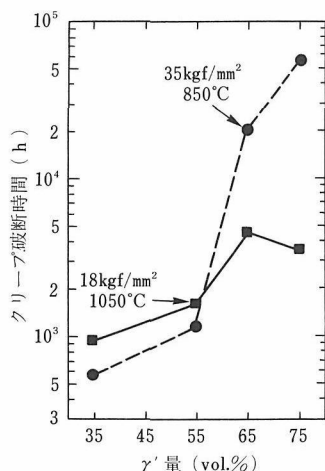
当研究所では、現在使われている前記単結晶合金よりも大幅に高温強度が優れている酸化物分散強化型ニッケル基合金を開発（金材技研ニュース、1985年、No.1 参照）しているが、この合金は約800～900℃の中温における強度が前記単結晶合金には及ばなかった。タービン動翼で一番力が加わるのは、動翼根元の約800～900℃の中温部分であるので、中温強度も優れている酸化物分散強化型合金を開発する必要がある。

そこで、当研究所が先に開発したニッケル基铸造合金の設計法を利用して γ' 量を広い範囲でいろいろ変えたニッケル基耐熱合金（5Cr-12W-Ni）の組成を決定し、この組成の合金に高温強度を大きくするために細かい酸化イットリウムを一様に

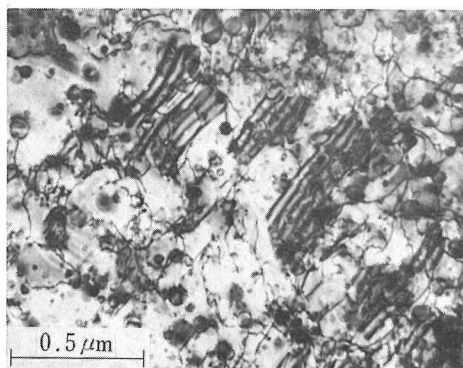
分散させた合金を機械的合金化法で作った。機械的合金化法とは、合金を構成する成分の粉末を強力ボールミルに入れ、粉碎・圧着の繰返しで合金化させる方法で、得られた合金粉末を軟鋼製の缶に真空封入して押出し後熱処理し、構造材料に重要な特性の一つであるクリープ破断時間（寿命）を高温（1050℃）と中温（850℃）で調べた。

中温での寿命が γ' 量の増大とともに急激に増大しているのは、 γ' 相が中温強度を増大させる作用を持っていることのほかに、 γ' 量55%以下の合金と65%以上の合金とでは、繊維集合組織の方位が違っても大きく関係している。この分散強化型合金の中温における寿命は850℃ではまだ前記単結晶合金に及ばないが、900℃では γ' 量75%の合金は単結晶合金よりも優れている。なお、高温の寿命はいずれの γ' 量の合金でも単結晶合金よりはるかに大きく、問題はない。クリープ破断試験後の合金を破断面に近いところで切ってその断面の組織を電子顕微鏡で調べると、積層欠陥の存在を示す縞模様が γ' 相の中を横切って γ' 相と γ 相の境界で止まっているのがわかった。このことから、この合金が中温でも強いのは転位が γ' 相を通り抜けにくいということで説明できる。

前記単結晶合金では γ' 量の少ないもののほど延性が大きいが、この分散強化型合金はどの温度でも γ' 量55%の合金が最も延性大きいが、それでも単結晶合金よりは延性が悪い。動翼用の材料としては延性のいっそうの改善が望まれる。



高温・中温でのクリープ破断試験の結果



中温クリープ破断試験後の断面の電子顕微鏡写真
（ γ' 量65%、800℃、50kgf/mm²）

ホウ化チタン・ウイスカの能率的な製造方法

—— ニッケル-チタン合金を触媒に使用 ——

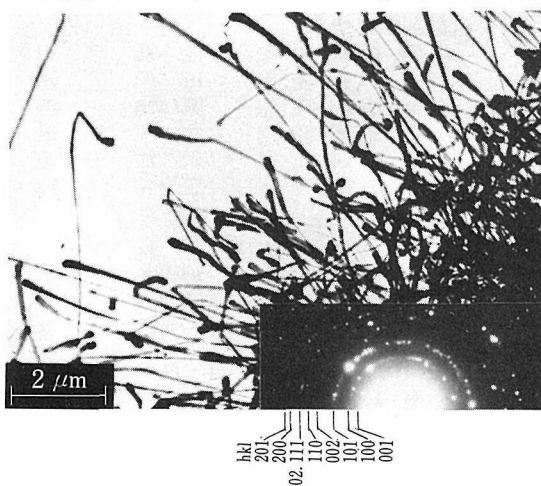
金属ホウ化物は、金属原子とホウ素原子の組成比によって鎖状格子（例：TiB）、二重鎖状格子（例：Ta₃B₄）、六角網目格子（例：TiB₂）、三次元格子（例：CaB₆）など、特異な構造の化合物を作る。これらの中で、一般に二ホウ化物は最も融点が高く、化学的にも安定である。特に、チタンの二ホウ化物TiB₂は高い硬度と優れた靱性のほか、高い電気伝導度と熱伝導度を持つことから、焼結工具やセラミック繊維分散強化合金におけるセラミック繊維の表面被覆材としてなど、いろいろな利用が検討されている。

TiB₂は、従来粉末、薄膜、単結晶などいろいろな形態のものが作られているが、ウイスカ（ひげ結晶ともいう）は得られていなかった。ウイスカとは繊維状に成長した細い単結晶のことで、欠陥がほとんどなくて完全結晶に近く、通常の方法で作った欠陥のある材料よりも強度が数倍も大きい。したがって、TiB₂ウイスカは繊維分散強化合金への利用が期待されるほか、導電性や熱伝導性を持ったセラミック系あるいは高分子系複合材料への利用も考えられる。更に、極く細いTiB₂ウイスカは、高速スイッチング素子などの用途が考えられる一次元的電気伝導性を示すのではないかという興味も持たれている。

こうしたことから、当研究所ではTiB₂ウイスカの製造法の研究を続けており、先に白金粒子を触

媒に使用することにより化学蒸着法でTiB₂ウイスカの製造に成功（金材技研ニュース、1987年、No.12参照）しているが、このたび、白金よりも安くても性能が優れている触媒を発見し、TiB₂ウイスカを能率的に製造できる見通しを得た。この方法を簡単に説明すると、四塩化チタンTiCl₄と三シウ化ホウ素BBr₃をそれぞれ0℃に保った蒸発器に入れ、それらのガスを水素ガスで希釈して反応管に導く。反応管内には、触媒を付けた黒鉛製の基板を1000℃に保って置いてある。触媒としていろいろな金属や合金を使ってみたが、白金以外ではニッケルとチタンの合金（24.5at%Ni-Ti合金）だけが有効で、触媒粒子が存在する部分だけに選択的にTiB₂が繊維状に成長（有効な触媒粒子がないと薄膜ができる）して、ウイスカとなった。

得られたウイスカの直径は数nmから数百nm、長さは長いもので数十μmであって、電子線回折によりTiB₂であることが確認されている。ウイスカ先端の小球は、触媒に使用したNi-Ti合金粒子である。これらのことから、結晶成長温度で液体となっている触媒粒子にチタンとホウ素の原子が気相から吸収されてTi-B-Ni三元合金の液滴が生成し、これから固体のTiB₂が析出しながら次第に液滴を押出すというVLS（気-液-固）機構でウイスカが成長していくことがわかった。



TiB₂ウイスカの電子顕微鏡写真と電子線回折図形

TiB₂の特性

融 点	2980℃
比 抵 抗	$9 \times 10^{-8} \Omega \text{m}$
ヤ ン グ 率	$4.3 \times 10^{11} \text{N/m}^2$ *
曲 げ 強 度	25kg/mm^2 *
ヌープ硬さ	3250kg/mm^2 **

* 焼結体の値、** 単結晶の値

組 織 表

(平成元年 4 月 1 日現在)

所 長 中 川 龍 一

— 科学研究官 新 居 和 嘉

支所長 岡 田 雅 年

— 管 理 部 奥 井 幸 信

庶 務 課 酒 見 雄 孝
会 計 課 松 田 秀 勝
企 画 課 漆 原 英 二
技 術 課 中 村 実 治
材料試験業務課 魚 谷 賢 治

— 基礎物性研究部 吉 川 明 静

第 1 研 究 室 青 木 晴 善
第 2 研 究 室 松 本 武 彦
第 3 研 究 室 大河内 真 静
第 4 研 究 室 (併) 吉 川 明 静

— 機能特性研究部 佐々木 靖 男

第 1 研 究 室 梶 原 節 男
第 2 研 究 室 (併) 佐々木 靖 男
第 3 研 究 室 中 谷 功
第 4 研 究 室 天 野 宗 幸
第 5 研 究 室 塩 田 一 路

— 材料設計研究部 山 崎 道 夫

第 1 研 究 室 星 本 健 一
第 2 研 究 室 山 縣 敏 博
第 3 研 究 室 富 塚 功 隆
第 4 研 究 室 新 井

— 反応制御研究部 吉 松 史 朗

第 1 研 究 室 福 沢 章
第 2 研 究 室 長谷川 良 佑
第 3 研 究 室 森 中 功
第 4 研 究 室 大 場 章

— 組織制御研究部 中 村 治 方

第 1 研 究 室 佐 藤 彰
第 2 研 究 室 田 頭 扶
第 3 研 究 室 岡 田 明
第 4 研 究 室 北 原 繁
第 5 研 究 室 入 江 宏
第 6 研 究 室 三 井 達 郎

— 計測解析研究部 古 林 英 一

第 1 研 究 室 (併) 古 林 英 一
第 2 研 究 室 増 田 千 利
第 3 研 究 室 田 村 良 雄
第 4 研 究 室 大河内 春 乃

— 損傷機構研究部 西 島 敏 二

第 1 研 究 室 山 口 弘 二
第 2 研 究 室 新 谷 紀 雄
第 3 研 究 室 藤 井 哲 雄
第 4 研 究 室 斎 藤 鉄 哉

— 管 理 課 石 橋 倫 幸

— 力学特性研究部 河 部 義 邦

第 1 研 究 室 貝 沼 紀 夫
第 2 研 究 室 鈴 木 正
第 3 研 究 室 中 村 森 彦
第 4 研 究 室 角 田 方 衛

— 表面界面制御研究部 小 川 恵 一

第 1 研 究 室 吉 原 一 紘
第 2 研 究 室 中 村 恵 吉
第 3 研 究 室 小 口 信 一
第 4 研 究 室 斎 藤 行 男

— 第 1 研究グループ 前 田 弘

第 1 サブグループ 前 田 中 吉 秋
第 2 サブグループ 戸 叶 一 正
第 3 サブグループ 井 上 廉 仁
第 4 サブグループ 和 田 充 典
第 5 サブグループ 佐 藤 圭 介
第 6 サブグループ 石 川

— 第 2 研究グループ 白 石 春 樹

第 1 サブグループ (併) 白 石 春 樹
第 2 サブグループ 岸 本 直 樹
第 3 サブグループ 野 田 哲 二
第 4 サブグループ 田 辺 龍 彦

— 環境性能研究部 田 中 千 秋

第 1 研 究 室 松 岡 三 郎
第 2 研 究 室 金 澤 健 二
第 3 研 究 室 八 木 晃 一
第 4 研 究 室 小 玉 俊 明
第 5 研 究 室 太 田 昭 彦

— 第 3 研究グループ 辻 本 得 藏

第 1 サブグループ (併) 辻 本 得 藏
第 2 サブグループ 武 井 厚
第 3 サブグループ 海江田 義 也
第 4 サブグループ (併) 辻 本 得 藏

— 第 4 研究グループ 小 口 醇

第 1 サブグループ 武 田 徹 也
第 2 サブグループ 尾 澤 正 治
第 3 サブグループ 村 松 祐

— 第 5 研究グループ 武 内 朋 之

第 1 サブグループ 門 馬 義 雄
第 2 サブグループ 永 田 徳 雄
第 3 サブグループ 二 瓶 正 俊

十周年を迎えた筑波支所

当研究所の筑波支所は、昭和54年3月20日に発足して以来、満10年を経過しました。科学万博からつくば市の誕生へと様変わりする中において、筑波支所は1課・2研究部・2研究グループ、職員数100人の規模に成長しました。また、超電導材料をはじめとする新材料開発等の研究成果は、広く国の内外から高い評価をいただいています。

筑波支所十周年の平成元年は、当研究所の筑波全面移転計画が正式にスタートする移転計画元年でもあります。本年を当研究所発展のため

の一つのステップとして、全職員いっそう研究に励む覚悟をしております。



十周年の挨拶をする岡田・筑波支所長

好評だった科学技術週間行事

当研究所では、科学技術週間行事の一環として、本所（4月18日）及び筑波支所（4月20日）を一般公開し、科学技術庁主催の「第6回科学技術いろいろ展」（4月11日～14日、東京・晴海）に出展参加した。

一般公開では、本所約400名、筑波支所約700名の来訪があり、第一線の研究者による研究内容の説明やデモンストレーションなどに、大勢の来訪者が深い興味を示していた。また、本所においては、来訪者からの専門的な質問に応じるために設けた技術相談コーナーにも、多数の相談が寄せられた。

科学技術いろいろ展は、本年も、“Technology Japan '89展”（日本工業新聞社主催）の会場内で開催され、非常に多数の人が熱心に参観した。特

に、超電導、新材料、材料信頼性を中心に展示した当研究所のコーナーは、連日注目を集めた。

いずれの行事も、当研究所の最先端研究の成果を紹介したもので、非常に好評であった。



〔特許出願速報〕

出願日	出願番号	発 明 の 名 称	出願日	出願番号	発 明 の 名 称
63.12.16	63-316504	銑鉄中の有価元素の分離回収法	1.1.18	01-007628	酸化物超伝導テープ状線材の製造法
63.12.27	63-329978	Ti焼結用母合金	1.1.19	01-010426	薄膜製造装置
63.12.27	63-329979	Al-Ti系焼結用母合金	1.2.1	01-020754	引上げ連続製造法とその装置
63.12.27	63-329980	Ti-Al-V系焼結合金用母合金	1.2.16	01-037258	Bi系酸化物超電導体の製造法
63.12.27	63-329981	Ti-Al-Fe系焼結合金用母合金	1.3.1	01-046468	高強度Ni基単結晶耐熱合金
1.1.10	01-003060	画像処理フィルター装置	1.3.1	01-046469	Mn添加TiAl金属間化合物の溶解 casting 方法
1.1.17	01-005887	セラミックホーンを用いた超音波 発振装置	1.3.10	01-056112	単結晶モリブデンの拡散接合方法

◆短 信◆

●受賞

第21回市村賞・功績賞

材料設計研究部 山縣敏博

材料設計研究部 原田広史

「Ni 基超耐熱合金の合金設計法の開発及びそれを用いた新鑄造合金の開発と実用化に関する研究」により、平成元年 4 月28日、上記の賞を受けた。

●外国人研究員の受入れ

氏 名 Roland Bays

所 属 スイス ローザンヌ工科大学

テーマ NiTi形状記憶合金の医療用用途開発

期 間 平成元年 3 月16日～ 9 月15日

氏 名 H.K.D.H. Bhadeshia

所 属 イギリス ケンブリッジ大学

テーマ イオンビーム法による薄膜表面における特異な電気伝導特性の変化機構の解明に関する基礎的研究

期 間 平成元年 3 月19日～ 3 月31日

氏 名 Satid Therdkiattikul

所 属 タイ タイ科学技術研究所

テーマ 大気暴露試験を用いた金属材料の耐食性評価技術

期 間 平成元年 3 月23日～ 5 月12日

氏 名 Giovanni Maizza

所 属 イタリア トリノ工科大学

テーマ 照射環境における材料表面化学に関する研究

期 間 平成元年 3 月24日～平成 2 年 3 月23日

氏 名 Arunlf Frisch

所 属 西ドイツ マックスプランク金属研究所

テーマ 国際協力による微小重力下での物理、化学及び生体現象の解明に関する研究

期 間 平成元年 3 月27日～ 3 月31日

氏 名 Robert Ashley Carolan

所 属 イギリス コーネル大学

テーマ 電子線リソグラフィーによる損傷過程の解明に関する研究

期 間 平成元年 3 月27日～平成 3 年 3 月26日

●海外出張

氏 名	所 属	期 間	行 先	用 務
入江 宏定	組織制御研究部	1. 3. 7～1. 3. 18	オーストラリア	超高温熱源利用による表面改質に関する研究
沼澤 健則	第 1 研究グループ	1. 3. 10～1. 5. 13	アメリカ	超強磁界マグネットに関する個別重要国際共同研究
増田 千利	計測解析研究部	1. 3. 17～1. 3. 26	アメリカ	第 7 回材料破壊国際会議
升田 博之	環境性能研究部	1. 3. 18～1. 3. 26	アメリカ	第 7 回材料破壊国際会議
戸叶 一正	第 1 研究グループ	1. 3. 19～1. 3. 29	アメリカ	1989年米国物理学会
羽多野 毅	表面界面制御研究部	1. 3. 31～2. 3. 30	オランダ	酸化物超電導薄膜の合成と物性測定に関する研究
石川 圭介	第 1 研究グループ	1. 4. 1～1. 4. 7	アメリカ	VAMAS国際共同研究
酒見 雄孝	管理部庶務課	1. 4. 10～1. 4. 19	中国	金属溶接学共同研究の取りまとめ
岡田 明	組織制御研究部			

通巻 第365号

発行所 科学技術庁金属材料技術研究所

〒153 東京都目黒区中目黒 2-3-12

TEL (03)719-2271, FAX (03)792-3337

平成元年 5 月発行

編集兼発行人 漆 原 英 二

印刷 株式会社 三 興 印 刷