

金材技研

1978

科学技術庁

NO.6

ニュース

金属材料技術研究所

合金設計によるNi基耐熱合金

省エネルギーを目的として53年10月発足するムーンライト計画の一環として、蒸気タービンと組合わせた複合発電をめざして「高効率ガスタービンの研究開発」が行われることになったが、金材技研もガスタービン動翼などの耐熱合金の開発の面で参画することになっている。

ガスタービンを高効率化するにはタービン入口ガス温度を上昇させるのが最も有効であるが、このためには高温性能のよりよい耐熱材料、特に動翼材の開発が不可欠である。動翼材に必要な性質として、クリープ強度が大きく、耐硫化腐食性がよいことなどがあり、 γ' 析出強化型Ni基鋳造合金が有望視されているが、この種の既存の合金にはこれらの性質を十分に兼ね備えたものは少ない。

そこで鉄鋼材料研究部では、クリープ強度と耐硫化腐食性の両方に優れた動翼材を能率よく開発する手段として、電算機を用いた合金設計法を開発した。これを用いてすでに優秀な合金が得られつつあるが、その合金設計法はつぎのようなものである。

まず、文献および当研究部の実験結果をもとにし、さらにPHACOMP（相計算）と呼ばれる電子論を応用した手法も用いて、 γ 相と γ' 相が安定に共存する領域（各合金元素量を軸にとった多元空間中の）を数式で表わしておく。これを用いて γ' 量が65体積%（クリープ強度が最大となる）で組成は種々異なる合金約 10^5 個を計算する。このなかからさらに、1) γ 相、 γ' 相それぞれの強度が大きく、2) 両者が高温でも微細に混じり合って存在し（以

上はクリープ強度のため）、3) Cr, Tiを多く含む（耐硫化腐食性のため）合金を選び出す。ただし1)にはW, Taなど原子半径の大きい重元素を多く含むもの、2)には γ および γ' 相の結晶格子の寸法の差が小さいものが該当する。これら3つの条件は数量化して表わすことができるので、電算機によって 10^5 個の合金のうちクリープ強度と耐硫化腐食性を兼ね備えた合金を選び出すことができる。最後に、微量のC, B, Zrを加える。この際C, Bと化合する各種合金元素の量を計算し、それらも同時にたし合わせる。

以上のようにして設計された合金を真空溶解、精密鑄造しクリープ破断試験と硫化腐食試験(NaCl 25%-Na₂SO₄ 75% 融融塩中900°C 20時間)を行い既存合金と比較評価した。図中には本合金設計によるNi-Co-Cr-W-Al-Ti-Ta系合金の性能を示してあるが、既存の合金に比べクリープ強度と耐硫化腐食性の総合評価で優れており、ガスタービンの高温化(高効率化)に役立つであろう。

今後Nb, Mo, Hfなどを加えて設計を行う予定であり、より優秀な合金が得られると考えている。

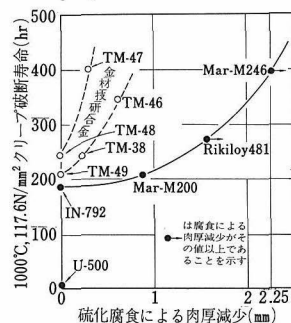


図 金材技研において合金設計で開発した合金と既存の合金の性能

マルテンサイト変態における転位の継承

マルテンサイト変態において母相内にある転位は変態後どうなるかという問題はオースフォームなどによる材料強化の機構を考える際に基本的に重要な事柄である。従来はただ漠然と転位は変態に際しそのままマルテンサイト相に受けつがれるものとして何らの実験の裏付けもなく信じられていた。非鉄金属材料研究部では500KV電子顕微鏡によるその場観察により、この問題に対し最も直接的な証明を行なったので報告する。

実験に用いた材料はCu-39.26at%Znで、高温相から急冷したもの(β_1 相, bcc)をまず液体窒素に10回繰返し浸し、サイクリックにマルテンサイト変態及びその逆変態を行なわせた。この処理によって母相中にかなりの密度の転位が生じた。これを室温で電解研磨して薄膜とした後、電顕内で冷却しマルテンサイト変態を起させ、母相中の転位がいかにしてマルテンサイト相に継承されるかと

いうことを直接観察した。なおこの合金の変態開始温度(M_s)及び逆変態開始温度(A_s)はそれぞれ -123°C 及び -132°C であり、液体窒素温度(-196°C)では試料は完全にマルテンサイト相であり、室温では完全に母相(β_1)に逆変態してもどっている。また、この合金のマルテンサイトは9層稠密積層構造(9R)と呼ばれる結晶構造をもっている。

写真1(a)及び(b)はそれぞれ室温及び -150°C で撮ったもので同一場所である。(b)にみえている縞模様(等厚干渉縞)のある板状のものはマルテンサイトであり、写真の下方から上方に成長してきたものである。(a)にみられる転位はそのままの形で(b)にもみえている。又新しく発生した転位はみられない。写真2(a),(b)は同様に室温及び -190°C で撮ったもので(b)では全域がマルテンサイト相に変態してしまっている。この場合も同じように(a)にある転位は(b)にもそのままの形でみられ、母相中の転位はそのままマルテンサイトに継承されたことを示している。このような実験事実がそのままバルクな試料についてもあてはまるかどうかということ及び他の合金系についても同様なことがいえるかということはまだ明らかではない。しかし、少なくともマルテンサイトが板状に生ずるもの(例えば、Fe-Ni-C合金など)については、母相中の転位はそのままの形でマルテンサイト相中に継承されると推論される。

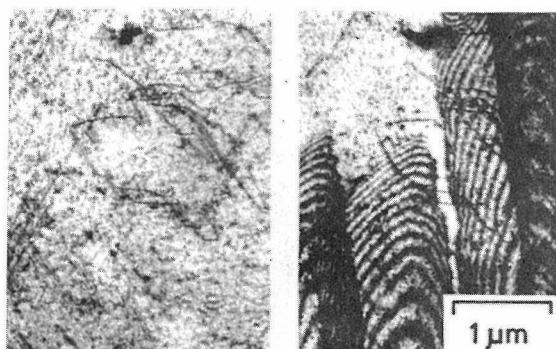


写真1 (a) 25°C

(b) -150°C

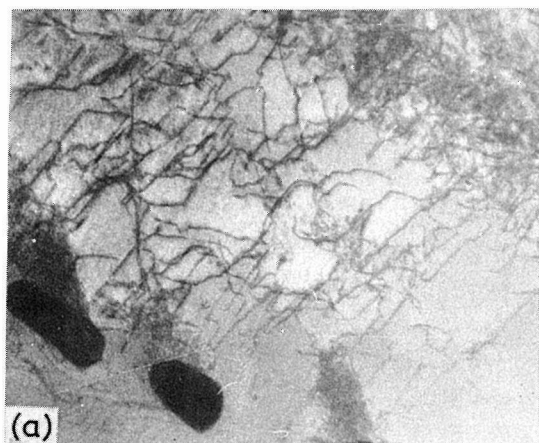


写真2

(a) 25°C

(b) -190°C

ニッケル—ボロン共晶合金の高温変形

共晶組成をもつ合金を、熱の流れを一方向にして凝固すると、母体金属（母相）中に固い相（強化相）が整然と並んだ複合組織が得られる。このような一方向凝固複合材料は、一般の複合材料にくらべ強化相と母相の界面の接着が非常に良く、強化相による合金の強化が理想的に行なわれること、又、二相状態（母相と強化相）の熱的安定性が非常に高く、高温での組織の安定性がすぐれているなどの利点をもっている。その結果、一方向凝固共晶合金は、融点近くまですぐれた機械的性能（たとえば高温クリープ特性）をもっており、新しい型の耐熱材料として注目を集めている。とくに、母相にNi, Co, Fe基合金を、強化相に炭化物、金属間化合物、高融点金属をもちいた共晶合金の中には、現在実用されているNi, Co, Fe基超耐熱合金よりもすぐれた高温クリープ特性を示すものがあるため、これらの共晶合金系についての開発研究が、最近数多く行なわれている。

材料強さ研究部では、ホウ化物を強化相にした

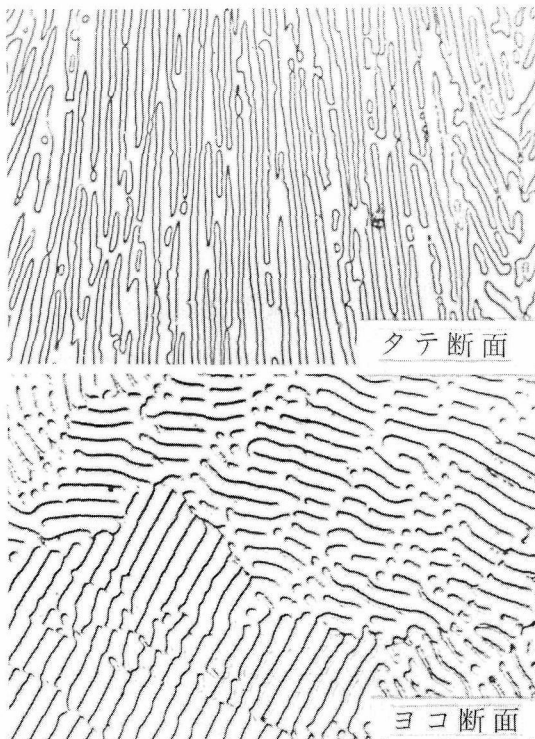


写真1 毎時6cmの速度で一方向凝固したNi-Ni₃B共晶合金の凝固方向に平行な面と垂直な面の凝固組織

共晶合金系についての研究を行っている。Ni基については、Ni-Ni₃B共晶合金の機械的性質の温度依存性を調べた。この合金の凝固組織は、Ni相とNi₃B相が層状にならんだ層状組織であり（写真1）、Ni₃B相が65%の体積率を占めている。引張り試験の結果を図1に示す。室温から700℃の温度範囲では、伸びは全く現われませんが、750℃になると急激に延性になり、60%の伸びが現われ、800℃では110%に達する。破断させるのに要する応力は図に示されるように、600℃以下ではほとんど一定であるが、650℃、700℃では伸びがあらわれないにもかかわらず340, 256N/mm²と低下する。750℃、800℃では216, 178N/mm²の応力下で降伏挙動を示す。

脆性破断した試料を顕微鏡で見ると微小な割れが破断面のごく近傍のNi₃B相に生じているのが観察される。延性破断した試料では、層間距離が変形量の増加と共に狭くなり、20%歪以上では層状組織が崩れはじめ、最終的にはNi₃B相中にNi相が粒状に分散した組織に変る。又破断部の近傍では多数の空洞が観察される。

Ni-Ni₃B共晶合金において700℃附近で現われる急激な脆性→延性への移行は、Ni₃B相中における転位のすべり運動が700℃附近で急激に活発化すること起因するものであることが強度試験および組織観察の結果から、推測される。現在、このことを確かめつつある。

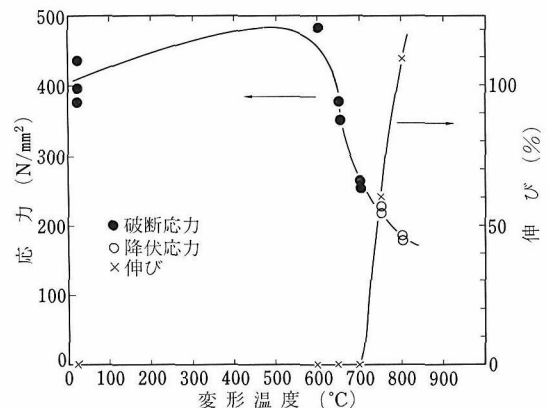


図1 Ni-Ni₃B共晶合金の機械的性質の変形温度依存性

金材技研滞在記

本稿を書くにあたって、腐食防食部第3研究室で研究する機会を与えていただいた科学技術庁及び金材技研所長・荒木透博士に謝意を表わしたく思います。さらに外部の研究機関等の見学を手配していただいた金材技研の管理部各位に厚く感謝いたします。以下、私の金材技研の印象について述べてみたいと思います。

1977年10月19日に金材技研に第一歩を踏み入れました。管理庁舎にはインド国旗が掲げられ、金材技研の暖い思いやりを感じとりました。来所の当初は他のいろいろな部室の見学をしました。研究員から熱心で、かつきたんない説明及び討論をいただきました。ここには機密保持といったことは無いようです。これには私は深い感銘を受けました。討論を通じて金材技研における研究が多岐多様であることを知りました。

金材技研は工業及び国民に奉仕することにより経済及び工業に影響を与えるまでになりました。金材技研はその目的に向かって、各研究部で基礎及び応用の研究の両者が行われている機構となっていて、研究は極めて系統的になされています。さらに金材技研では金属材料、冶金技術、金属及び非金属被覆の研究開発、クリープ及び疲れデータシート作成、種々の環境での腐食試験等がなされており、工業及び国民生活の向上に貢献しているものと信じます。クリープ及び疲れのデータシート及び研究結果の世界の学会及び工業分野での公開はまさに偉大な事業であり、国民及び人類への貢献であるといえましょう。このような活動を通じて金材技研は今や全世界に知れわたっています。

◆短 信◆

●受 賞

日本材料学会論文賞

西島 敏 疲れ試験部第1試験室長

「2種の鋼における確率疲れ特性のチャージ間比較」

インダー・シン (Inder Singh)
National Metallurgical Laboratory
Jamshedpur, India.

す。金材技研とインドの金属研究所(NML)の共同研究は、研究活動の進歩のみならず、将来、日印の交友に必ずや役立つものと信じます。

金材技研においては研究員は、実験から報告書作成に至るまですべてを自分の手で行っています。研究員自らがSEM, EPMA, X線, オージェ電子分光などの最新の機器を用いて研究を進めていることは評価しますが、写真撮影、タイプ、トレース、文献複写といった雑用まですることは人材の有効な利用とはいえません。このような時間をもっと研究のためにあてるべきでしょう。

研究員は研究に熱心でありかつ、協力し合っているようみうけました。私自身も金材技研の皆様から協力を受けました。さらに図書室員に文献複写の際、助力を得ました。

金材技研の所長にはいつでも気楽に会っていただけでした。

腐食防食部第3研究室の皆様の御協力を感謝します。最後に、当研究所は研究を推進し、産業における諸問題を解決することによって日本の金属工業に多大な貢献をされてきました。私は、当研究所の発展を願うと同時に、さらに効果のある金属研究に邁進されることを望みます。



と「SCM3, SNCM8, SUS403 調質鋼の確率疲れ特性」の論文に対し昭和53年5月23日表彰を受けた。

●叙 勲

昭和53年4月29日付

勲七等瑞宝章 管理部庶務課守衛長 小倉寛次

通巻 第234号

編集兼発行人 保 坂 彬 夫

印 刷 株式会社 三 興 印 刷

東京都新宿区信濃町12

電話 東京 (03)359-3811(代表)

発 行 所 科学技術庁金属材料技術研究所

東京都目黒区中目黒2丁目3番12号

電話 東京 (03) 719-2271 (代表)

郵便 番 号 153