

金材技研

1981

科学技術庁

ニュース

金属材料技術研究所

高効率ガスタービン用超耐熱合金の開発

——省エネルギーを目指したムーンライト計画用——

当研究所は、昭和53年から59年までの予定で高効率ガスタービン用の超耐熱合金開発のプロジェクト研究を実施している。これは、国のムーンライト計画の一環として行われているもので、**鉄鋼材料・金属化学・溶接・腐食防食・材料強さの5研究部**が参加している。

ガスタービンの効率は、ガスの温度を上げるほど向上するので、タービンの回転翼には高温で大きな力を受けても破壊しにくい材料が必要である。さらに、重油や石炭ガスなどの不純物(特に硫黄)の多い燃料を用いる場合には、合金が高温で腐食されにくいということも重要な条件である。

図は、ニッケル基鑄造合金について、合金を構成している結晶の成分を電算機を応用して解析、調整する手法を用いて開発研究した結果の現状を示している。図中、当初設定目標と記されている領域は、高温の腐食に耐える特性を重視した時の合金の目標で、第2次仮目標と記した領域は、クリーンな燃料(LNG)を用いるガスタービン用合金の目標である。図からわかるように、高温耐食性と高温で力を受けた時の破壊までの寿命を同時に向上させることはかなり困難であるが、当所で開発した合金は両特性の向上の観点から、既存の商用合金より優秀である。

合金には、タービンの起動と停止のくり返しによる熱歪で割れが発生しにくいという特性も要求される。この特性は流動床式熱疲れ試験という特殊な試験で評価しているが、アルミニウムの拡散

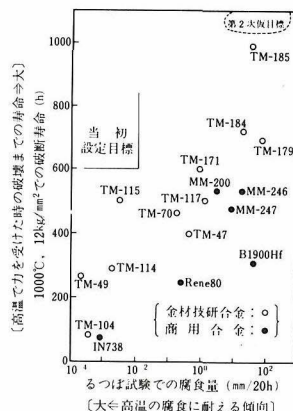
被覆処理を当所開発合金に施すと、この特性が大幅に向上する。

本プロジェクト研究では、ニッケル基の合金の他に、コバルト+タンタル炭化物系の一方向凝固共晶合金、コバルト+炭化物の分散強化合金についても開発を行っている。前者は、やや未来型の回転翼用合金、後者は特に高温耐食性が重要な静止翼用合金を目的としている。

さらに、合金を構成する微細な結晶の量と成分を分析する状態分析は、合金設計に不可欠であるが、この困難な仕事にも着々と成果を上げている。

合金の高温における酸化と腐食を防止するための拡散浸透処理についても、拡散させる元素の組み合わせと処理条件について種々の実験を行っている。

また、セラミックの薄い層を合金部品の表面に溶射して熱が部品内に入る速度を抑制する技術が注目されているが、これについても各種のボンド層とセラミック層の組み合わせについて実験を行い、有望な条件を明らかにしつつある。



図：ニッケル基超耐熱合金の開発の現状

三元化合物半導体の特性制御

半導体レーザー、発光ダイオード、光検出器などの材料として広く利用されているPbSやCdSなど種々の化合物半導体の特性が、微小な組成比のずれ、すなわち非化学量論組成によって変化することは良く知られており、不純物添加によらず同一物質においてp-n接合を作ることにも利用されている。この非化学量論組成は種々の成分蒸気圧下で焼鈍すること、いわゆる雰囲気焼鈍によって制御することができる。

一般に二元化合物半導体の場合、このような雰囲気焼鈍は、閉じた容器の一端に化合物結晶を他端に一つの成分元素を入れ、適切な温度分布を有する炉中で焼鈍することによって可能である。しかし三元化合物半導体の場合、2つの成分に関して雰囲気を制御する必要があることおよび成分として含まれる昇華性の二元化合物が優先的に昇華しやすいことから、雰囲気焼鈍は簡単ではない。

金属物理研究部では、強磁性半導体として興味をもたれているスピネル型三元化合物 CdCr_2Se_4 において、2段階雰囲気焼鈍法が非化学量論組成の制御に有効であることを見出した。

2段階雰囲気焼鈍法の概略を図1に示した。第1段階として、図1の上部に示してあるような一端に CdCr_2Se_4 と CdSe または Cr_2Se_3 との混合物を、他端にSeを配置して閉じた容器を、図1の下部に示す温度分布を有する炉中で所望の T_s

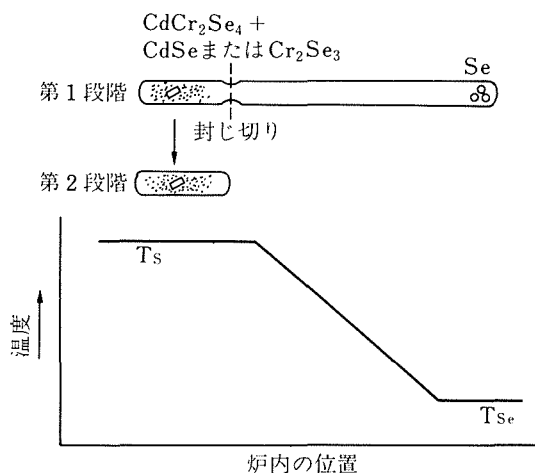


図1 2段階雰囲気焼鈍法の概略

および T_{Se} の条件のもとで短時間焼鈍し、容器全体を均一に水焼入れした後容器を破線で示した部分で速やかに封じると共に切り離す。ついで第2段階として、 CdCr_2Se_4 結晶と CdSe または Cr_2Se_3 との混合物を封じこんでいる容器部分を図1中段に示した位置に再びおき、第1段階焼鈍と同じ T_s のもとで長時間焼鈍し、水焼入れする。

第1段階焼鈍は、容器内のSe蒸気圧を所望の値とするためであり、その値は T_{Se} により決まる。容器全体の均一な水焼入れは第2段階焼鈍において所期のSe蒸気圧を再現するのに必要である。試料容器部を封じ切って第2段階焼鈍を行うことは、昇華しやすい CdSe が容器の低温部に移って CdCr_2Se_4 結晶が分解するのを防ぐためである。

T_s を 811°C とし T_{Se} を種々変化させて2段階雰囲気焼鈍した CdCr_2Se_4 多結晶の室温での比抵抗とホール係数を図2に示す。横軸は T_{Se} から計算した Se_2 蒸気圧で示してある。雰囲気焼鈍条件に応じてこれらの特性が系統的に変化しており、2段階雰囲気焼鈍法が三元化合物の半導体的特性を制御し改善するために有効であることがわかる。

本焼鈍法はさらに、 CdCr_2Se_4 結晶と CdSe または Cr_2Se_3 を分離して配置しその温度を種々に制御することにより、非化学量論組成範囲内の任意の状態を実現することができる。

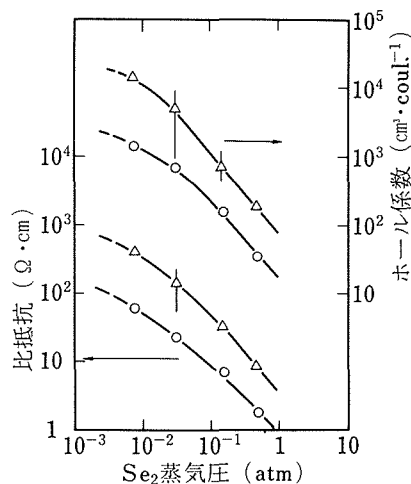


図2 室温での比抵抗とホール係数の焼鈍条件による変化
○: CdSe 共存, △: Cr_2Se_3 共存

マルテンサイト相による鋼の被削性改善

近年、切削加工機の自動化および無人化運転が急速に推し進められている。無人化運転中の切削部品の切換は機械部品の多様化によって激しく、このため切削条件も大きく変化し、生成する切りくず状況も種々である。処理性の悪い切りくずは自動工具交換機能、あるいは部品素材と仕上り部品の自動搬送機能の正常な運転を妨げる場合が多い。

鉄鋼材料研究部では、切りくず処理性のすぐれた鋼の開発を行ってきたが、マルテンサイト相を混在した鋼の切りくず処理性がすぐれていることを見出した。

図1はマルテンサイト相を混在した鋼の硬さと、切りくず形状の関連を示したものである。従来の知見では、鋼の硬さが増すことや高速切削域ほど切りくずせん断角が増して薄い切りくずが連続して生成しやすく、これらは被削材や工具に巻き付き、しばしば作業を中断させた。しかし、図1においては、マルテンサイト相を多く混在した硬い鋼は高速切削域で切削する時でも、処理性のすぐれた切りくずが生成している。この傾向は切削速度やチップブレイク幅、あるいは工具送り量などを幅広く変化させた切削条件でも認められ、切削加工機の無人化運転にも適した鋼といえる。

図2は異なる組織をもつ鋼を切削する時に工具に加わる切削抵抗抗分力を示したものである。フェライト-マルテンサイト組織の鋼が切削抵抗抗分力を減少させていることが分る。このことは、例え

ば、フェライト-パーライト組織の鋼に比較して、切削量を増すことができる点で切削能率の向上と結びつく。

工具の摩耗におよぼす効果については、硬さHv150程度の球状化処理材に比較して、マルテンサイト相を混在した硬さHv240～280程度の鋼を超硬工具を用いて切削した場合、工具逃げ面の v_B 摩耗量の点ではほとんど差が認められなかった。

このように被削性に有効なマルテンサイト相の生成は、鋼の熱間における圧延あるいは型鍛造後の冷却速度を制御するだけでも得ることができ、従来行われてきた切削加工部品素材を、切削に適したマイクロ組織とするための前熱処理を省略あるいは簡略化できる。

高速度鋼工具や超硬工具を用いた切削では、混在したマルテンサイト相を焼もどしによって軟化させることで、工具摩耗の点から有利となる。図1および図2、あるいは工具摩耗試験に用いた被削材は、約300℃で焼もどし処理を行ったものである。しかし、ボロンナイトライドなどの耐摩耗性のすぐれた工具を用いる場合は焼もどし処理を必要としない。

一方、マルテンサイト相を混在した鋼においては通常の焼入・焼もどし処理した鋼と同様な硬さを得ることができることから、部品によっては切削仕上後の後熱処理を省略でき、これに伴う寸法変化を考慮しなくてもよい場合もあり得る。

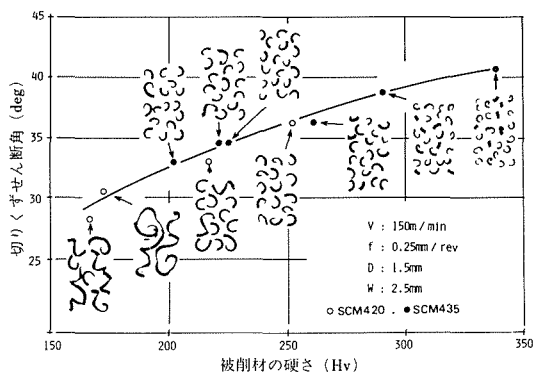


図1 マルテンサイト相を混在した鋼の硬さと切りくず形状

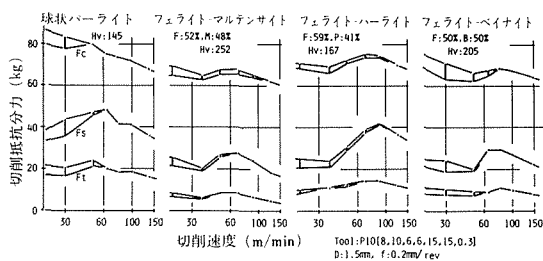


図2 異なる組織をもつ SCM 420 鋼の切削抵抗抗分力 (Fe:主分力, Fs:送り分力, Ft:背分力)

【出願公開発明の紹介】

異質接合物の製造法

特公開昭54-51380
昭和54年4月23日

本発明は、真空封管の一端にCdIn₂S₄粉末及びI₂化学輸送剤粉末を、他端にHgCr₂Se₄単結晶を封入し、I₂量を10⁻²~5mg/cm²とし、HgCr₂Se₄を300~600℃、CdIn₂S₄を前記温度より100~700℃高く保持することを特徴とするHgCr₂Se₄-CdIn₂S₄異質接合物の製造法であり、本法により製造される異質接合物は、光起電力素子あるいは半導体レーザー素子などの構成要素として使用される。

水中溶接法

特公開昭54-84844
昭和54年7月6日

本発明は、水中溶接において溶接部自身に通電し、抵抗発熱させて加熱を行い、さらに加熱部分を耐熱絶縁性の平板などで覆い周囲の水から保護することを特徴とする水中溶接法である。本発明によれば、水中で比較的短時間に溶接部を加熱することができ、また通電電流の大きさを任意に制御することにより容易に所望の熱履歴を所定の個所に与えて金属組織の改善を行うことができる。

ばり除去装置

特公開昭54-84849
昭和54年7月6日

本発明は、ばりとその周囲に配置した電極との間に発生したアークを磁気作用でばりにそって駆動させて、ばりを溶融除去するばり除去装置である。本装置によれば、ばり除去作業の自動化が可能であり、作業中の騒音、塵埃の発生も少なく、しかも製品の外観を損うことなく、ばりの溶融除去が迅速に行える。

リチウム抽出剤の製造方法

特公開昭54-107412
昭和54年8月23日

本発明は、海水などの中に主要成分として溶解しているアルカリ金属塩化物もしくはアルカリ土類金属塩化物と金属アルミニウムとの反応によりリチウム抽出剤を生成させる方法である。本発明によれば、生成したばかりの活性の非常に大きい状態の抽出剤が直接利用できるため、リチウム含有量の低い海水からも効果的にリチウムを採取することが可能である。

炭化チタンの微粉末の製造法

特公開昭54-107500
昭和54年8月23日

本発明は、有機チタン酸エステルを微粒子の炭素と

混合して炭素微粒子の表面に薄く被覆し、これを有機チタン酸エステルの有機成分がなくなるまで不活性雰囲気中で徐々に加熱し、さらに真空中または不活性ガス中で100~1400℃に加熱することを特徴とする炭化チタン微粉末の製造法であり、本法によって製造される炭化チタン粉末は従来のものより粒度が細く研磨剤またはサーメット系研磨工具の仕上可能精度を著しく向上させることができる。

溶鋼用脱酸合金

特公開昭54-116312
昭和54年9月10日

本発明は、脱酸能力の大きいアルミニウムとIII族元素（スカンジウム、イットリウム、ランタナイド）を合金とした溶鋼の脱酸剤に関するもので、脱酸速度が大きくしかも介在物として鋼中に残留する脱酸生成物はデンドライト状でないため、鋼材の欠陥発生を防止することができる。

溶鋼用脱酸合金

特公開昭54-116316
昭和54年9月10日

本発明は、Ti-Mn、Ti-SiおよびTi-Mn-Si合金を目的に応じて組成を変えた溶鋼の脱酸剤に関するもので、鋼中の酸素濃度の調節、残留介在物の形状、組成を容易に制御でき、さらには鋼の被削性向上を図ることもできる。

Ni基耐熱合金

特公開昭54-116323
昭和54年9月10日

本発明は、NiをベースにしてCr、Co、W、Ti、Ta、Al、B、Zr、Cを添加し、合金組織のγ相とγ'相を強化したもので、γ'相はNi₃Alに他の元素が固溶し、γ相はNiを主とした固溶体となっていることを特徴としている。本合金は優れた高温クリープ強さ（1000℃）を有し、しかも硫化物腐食強さに優れておりNi基合金として最高の水準を有している。このため900~1000℃で使用されるガスタービン材として期待される。

Ni基耐熱合金

特公開昭54-116324
昭和54年9月10日

本発明は、上記発明とほぼ同じ組成のものであるがTaを含まない。効果、用途もほぼ同じ水準にある。

Ni基耐熱合金

特公開昭54-116325
昭和54年9月10日

本発明は、上記発明とほぼ同じ組成のものであるが、W、Ti量を高め、Cr、Al量を低くした合金で、効果、用途もほぼ同じ水準にある。

◆ 短 信 ◆

● 所内公開

科学技術週間（昭和56年4月13日~4月19日）行事として、次のとおり当研究所を一般に公開し、研究業務及び設備の紹介を行います。

本所（目黒） 昭和56年4月16日（木）13時~17時

筑波支所 昭和56年4月17日（金）10時~16時

● 海外出張

鈴木正敏 腐食防食研究部長

金属材料の腐食と防食に関する共同研究の調査のため昭和56年2月13日から昭和56年2月28日までインド国へ出張した。

通巻 第267号

編集兼発行人

吉 沢 慎 介

印

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