

金材技研

1969

科学技術庁

ニュース

金属材料技術研究所

NO. 8

Ti-2 Co-6 Al 合金について

チタンは比重が4.6と軽く、錆びず、その強さはほぼ鋼に匹敵するという優れた特徴をもった金属で、さらにこの長所を伸ばしたのものとして従来6 Al-4V-Ti合金や5 Al-2.5Sn合金が開発されている。ところが、これらの合金の高温強度は400℃以上になると急激に低くなるので、たとえば、VSTOL用の小型ジェットエンジンの軽量化をはかるため、タービンディスクにこれらの合金を応用しようとするときには耐熱性の不足という問題がある。

非鉄金属材料研究部では、さきに8 Al-4Co-Ti合金は強度で大大、かつ耐熱性も優れていることを見出したが、工業規模の大型鋳塊の製造に際しては正偏析を生じ易く微妙な条件の調節が必要となるなど、工学上の問題がありまたやや靱性が不足であった。

これらの問題点を基礎的に検討し、靱性が大大、強度および耐熱性に関しては高いレベルを持ち、かつ製造が容易となるようTi-Al-Co系合金の改良をはかった。

すなわち、アルミニウムを6~8%としコバルトを2%に減らした結果、大型鋳塊製造において前述の高コバルト合金に見られた製造上の困難性の問題は解決し、製造条件の許容巾が広く、かつ偏析や組織の異常は認められなかった。これらの合金は作り易く、そのうち、Ti-6Al-2Co合金の鍛造性をもっとも良好である。熱間加工のまま(α + β 材)の強度は2Co-6, 7および8 Alとしたときの引張り強さは、それぞれ109, 117および124kg

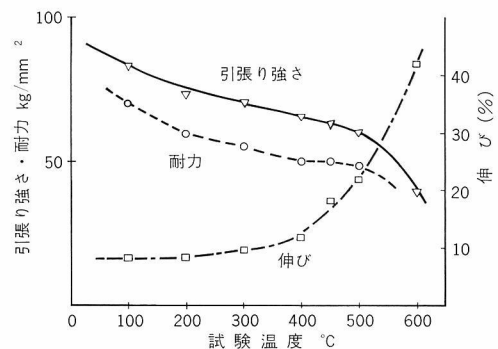
/mm²で、伸びは16~18%であった。

高温使用に適したアルファ型の熱処理を施した場合、強さはアルミニウム含有量に応じて変化し、Ti-2Co-6, 7および8 Al合金では、それぞれ室温の引張り強さは91, 108および120kg/mm²で、従来のアルファ型合金の代表である、5 Al-2.5Snの87kg/mm²に比べるといずれも強力である。

試験温度を室温から600℃まで変化したときの高温引張り試験の結果は、Ti-6Al-2Co合金の場合は図に示すようで、試験温度が高くなるに従って徐々に強度を低下するが、強度の急激な低下を示す温度は約500℃で、これは従来の強力合金に比較して高温使用限を50~100℃高くとることができる。

Ti-6Al-2Co合金で実物大のタービンディスクを試作し、この鍛造素材より実体試験片を切り出して各部分の確性試験を行なった結果ほぼ満すべき性能が得られた。

図 Ti-6Al-2Co 合金の高温強さ



高速炉用ステンレス鋼の時効硬化性と時効組織

高速炉の燃料被覆管は、少くとも10,000時間以上の使用に耐えなければならない。そこで1150℃で溶体化処理した種々の炭素濃度を含む304系と316系オーステナイト鋼の10,000時間までの時効硬化性とその組織変化について検討した。

図1は700℃における304系鋼の硬さ変化で、極低炭素濃度のS—1試料は、1,000時間までほとんど変化が認められないが、その後3,000時間までに硬さの上昇がある。炭素濃度がS—2, S—3, S—4試料と次第に高まると、10,000時間までに硬さが徐々に増加し、その硬化量は炭素含量の多いものほど大きい。

しかし残留炭化物が最初から存在しているS—6試料では30時間以降軟化する傾向がみられ、高炭素含量のS—6試料ではこれが顕著である。316系鋼の硬さ変化も304系鋼と類似しているが、同一炭素含量で10,000時間における硬化量を比較すると316系鋼の方が304系鋼よりもビッカース硬さで約10程度高く、Moの合金化が時効硬化性を高めることを示している。

そこで10,000時間後の組織変化と炭素濃度との関係を見ると、極低炭素濃度のS—1試料には塊状の σ 相が存在しているが、1,000時間までの時効では σ 相がみられない。したがって1,000時間から3,000時間にわたる硬化は σ 相の析出に原因している。10,000時間後の σ 相の生成量を時効温度を変えた場合に両鋼種について比較してみると、304系のS—1試料では700℃で最大となり、800℃でほとんど消失するのに対し、316系のS—7試料では700℃で少なく800℃で最大となる。これはFe—Cr系の σ 相よりも(Fe, Mo)Crの σ 相の方が

高温で安定なためであろう。 σ 相はS—2試料(0.06% C)にも少く生成するが、それ以上の炭素濃度ではみられない。そして析出炭化物は炭素含量とともに微細にかつ量的に多くなり、時効硬化の上昇に寄与するが、0.3% C以上の試料では残留炭化物の周辺での析出が顕著になり、析出粒子も粗大化してくる。写真1は316系鋼についてこれを示したものである。すなわち残留炭化物の存在は析出炭化物の過時効による試料の軟化を促す。これらの結果は10,000時間まで時効硬化性を維持する適量の炭素濃度があることを示しており、図1からこれを求めるとS—4試料(0.21% C)ということになる。

特殊材料研究部 特殊材料第2研究室
材料強度研究部 高温強さ研究室

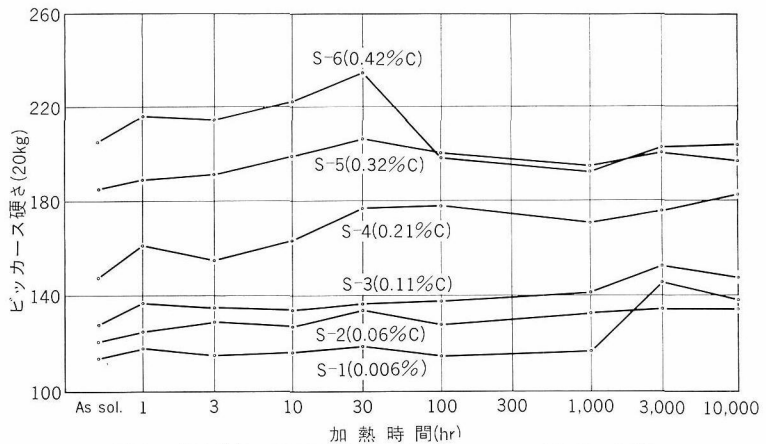
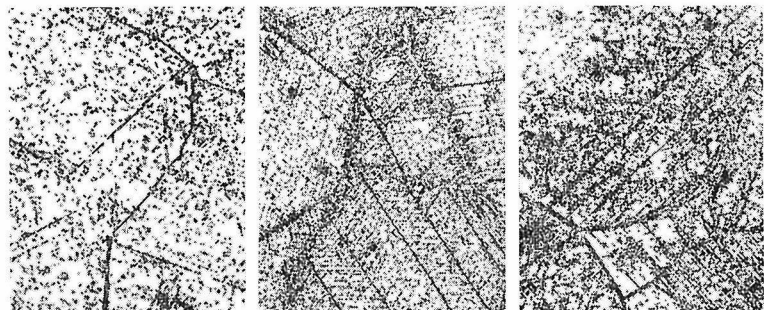


図1 304系鋼の700℃時効硬さ変化におよぼすCの影響



0.06% C 0.11% C 0.31% C
写真316系オーステナイト鋼の200℃で10,000hr加熱後の組織(×400×5/6)

Ni-Cr 合金の微量元素添加による耐酸化性向上について

Ni-Cr 基合金は耐熱構造材料あるいは電熱線として、古くから、実用に供されてきており、耐熱性向上の目的で第3元素を添加することについての多くの研究がなされている。

金属化学第2研究室では、Ni-Cr 2元合金の高温酸化機構におよぼす微量元素添加の影響について基礎的な研究を行なっている。80Ni-20Cr合金に、イオン半径が小さく、酸素との親和力の大きい Be および Al を選び、微量添加の影響を検討したが、その酸化速度および酸化膜の構造から、0.1%Be 添加合金で著しい耐酸化性を示すことがわかった。これらの合金を1%Si、2%Mnを含む市販ニクロム合金(NCH-1) および第3元素無添加合金と比較してみた。

表1に比較実験に用いた4試料の分析値を示す。

表1 試料の化学組成(重量%)

試料	Be	Al	Si	Mn	Fe	Cr	Ni
0.1% Be	0.11				<0.01	19.59	Bal.
1%Al		0.93			0.04	19.28	Bal.
NCH-1			0.98	1.79	0.99	18.83	Bal.
80Ni-20Cr					<0.01	19.51	Bal.

酸化実験はあらかじめ1,000℃に加熱した炉に4試料を挿入し、5時間加熱後炉外に取り出した。試料によっては冷却過程で激しく酸化膜の剥離が起った。この操作を5回繰り返し、その都度、剥離した酸化スケールを含めた酸化増量と剥離量を秤量し、表面の状態を顕微鏡で観察した。その酸化増量と剥離分を図1に示す。5回繰り返し酸化後、酸化増量は0.1%Be合金が最も少なく、次いで1%Al合金、NCH-1、最も多い試料は第3元素無添加合金であった。急熱急冷での繰り返し酸化にもかかわらず、0.1% Be 合金および1% Al 合金はほぼ放物線則に近い形で酸化が進行している。斜線で示した酸化膜の剥離分は、NCH-1と無添加試料は多量であるが、1% Al合金では僅かで、0.1%Be合金では殆んど示されていない。

5回繰り返し酸化後の0.1%Be合金の酸化被膜は、ち密で均一な単一層を示しており、酸化層から合金内へ線状にはいりこんだ内部酸化物が見ら

れる特徴をもっている。1% Al 合金の酸化被膜も0.1%Be合金ほど均一ではないが様な被膜を形成し、線状の内部酸化物も見られる。無添加試料の酸化膜はち密な層とポーラスな層が入り込んで厚く生長している。またNCH-1では厚い部分、薄い部分あるいは剥離して存在しない部分がある。

これらの酸化物を電子線回折、X線回折およびX線マイクロプローベアナライザーで同定した結果、0.1%Be合金と1%Al合金の酸化物はほとんどが Cr_2O_3 で構成され、NCH-1と無添加合金には Cr_2O_3 の他に外層にNiOおよびスピネル型酸化物 NiCr_2O_4 が同定され多層構造を示している。

これらの実験結果は900℃あるいは1,100℃でもほぼ同様の傾向を示した。

以上の実験結果から、80Ni-20Cr合金の高温酸化に対して、0.1% Be の添加は1,000℃附近で繰り返し酸化を行なっても、酸化速度を遅くし、酸化膜の密着性を良くして、耐酸化性を向上させることがわかった。この Cr_2O_3 を主成分とする保護被膜は急熱急冷によって生ずる応力に対しても破れることなく、金属との密着性も良い。また比較的早い酸化時間でも、界面から合金へはいりこんだ Be を含むと思われる内部酸化物が見られ、このような酸化層の構造が耐酸化性を解明する重要な手がかりになるのではないかと考える。

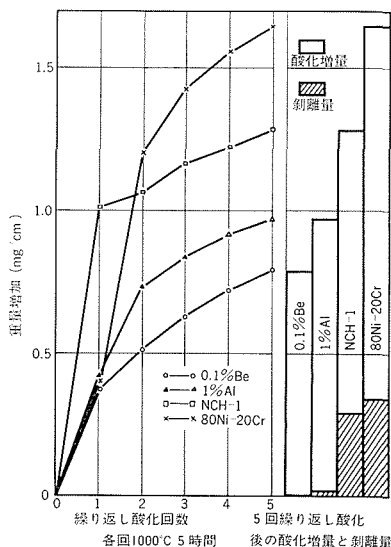


図1 繰り返し酸化による酸化増量と剥離量

受 託 試 験 の 現 況

近年、工業技術の進展に伴い、高温用金属材料の用途が急速に拡大した結果、材料の効率的、経済的選定の必要性の増大、ならびに新しい耐熱材料の開発研究の活発化に伴い当所に対する金属材料のクリープ試験、クリープ破断試験の依頼が増加傾向にある。

当所は、昭和42年7月より金属材料技術研究所材料試験受託規程（昭和42年科学技術庁訓令第69号）に基づき、クリープ試験機300台を受託試験用に当てて、これら試験を実施しているが、現在迄に、鉄鋼、非鉄金属材料等材料メーカーをはじめ機械、重電機、化学、輸送機器等の関連企業からの委託で、炭素鋼、低合金鋼、ステンレス鋼および耐熱合金等各種耐熱材料について44年6月31日現在延69件の試験を受託した。（表）

最近の試験傾向としては、石油化学工業等における高温高圧操業への移行を反映して、これらのプラントメーカーおよび材料メーカーから反応容器、改質塔等、800℃

をこえて使用される溶接継手を含む各種材料についての委託試験の増加と10,000時間をこえる長時間試験の実施などがあげられる。

また、クリープ試験のほか金属材料の疲れ試験については、昭和44年度を初年度とする3ヶ年計画のもとに、設備および人員の整備を図りつつあり46年度以降において大型疲れ試験機による受託試験の実施を検討中である。

表 受託試験受理状況

区 分		42年度	43年度	44年度	計
クリープ試験	受 理 件 数	5件	4件	6件	15件
	試験温度別試験片数	300～600℃	54本	31本	99本
		601～800℃	60	0	6
クリープ破断試験	受 理 件 数	12件	29件	13件	54件
	試験温度別試験片数	300～600℃	137本	186本	480本
		601～800℃	47	83	156
合 計	受 理 件 数	17件	33件	19件	69件
	試 験 片 数	219本	361本	273本	853本

（注） 1. 42年度は7月以降の実績を示す。
2. 44年度は4月～6月の実績を示す。

国際溶接会議（IIW）と当所の見学

7月12日から7月19日まで、京都において開催された国際溶接会議 IIW 第22回年次大会は33ヶ国、66団体、内外1,000名を越る溶接関係専門家が参加して開催された。開会式に引続いて、記念講演会、Public Session（公開討論会）および16の各 Commition での討論会などが行なわれた。

当所からは、所長をはじめ溶接関係職員11名が出席し、Pubic Session および各 Commition に11件の論文（7月号4頁に掲載）を提出した。Public Session の主題である「高張力材料の利用」に対して当所からは「高張力鋼の多層溶接継手の冷間割れとその低温における破壊強度への影

響」を提出し、公開討論に参加した。また Commition XII に提出した片面自動溶接に関する2つの論文については内外の関係者から非常に大きな関心がもたれ、会議終了後もしばしば問合せがあった。

組織委員会が計画した IIW post Assembly Vistis の一つとして7月23日に16ヶ国、約50名の溶接専門家が当所を訪ずれ、溶接部を中心とした見学が行なわれ、また、このほか7月21日から8月4日の期間に約30名の各国溶接専門家が当所を訪ずれ、主として溶接に関する見学と討議が行なわれた。

（通巻 第128号）

編集兼発行人 佐々木 武
印刷 刷 奥村印刷株式会社
東京都千代田区西神田1-1-4

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 目黒 (719) 2271 (代表)
郵便番号 153