NO.12

金材技研ニュース

1974

科学技術庁　金属材料技術研究所

The use of NIMS library items is restricted to research and education purposes. Reproduction is not permitted.

280kg/mm² 級マルエージ鋼

ウラン濃縮用遠心分離機の回転胴体材料としては，分離能力を向上させるために高速回転に耐えうる比強度の高い材料を選ぶ必要があり，現在マルエージ鋼が候補材料として考えられている。現在用いられているマルエージ鋼の強度水準の高いものとして245kg/mm²級鋼があるが，280kg/mm²級はまだ研究段階である。

鉄鋼材料研究部では，強度水準の高い新鋼種の開発を目ざして成分の影響を系統的に検討し，Fe-10～15%Ni-15～25%Co-7～10%Mo の成分領域は強靱性が優れていること，中でもFe-13Ni-15Co-10Mo合金は280kg/mm²級マルエージ鋼として特に優れていることがわかった。

しかし，このようにMoを多量含有する鋼では，マルエージ鋼に通常用いられる850℃前後の溶体化処理では多量の粗大析出物が残留し，靱性は非常に悪くなる欠点がある。一方，析出物を固溶化させるために高温で溶体化処理を行なうと，靱性は改善されるが，結晶粒の粗大化により延性が極端に悪くなり，平滑引張試験片においても降伏点以下で不安定破壊が生じ，時効硬さに匹敵した当然得られるべき強度が得られないという問題がおこる。

このように，この系統の鋼では単純な熱処理のみでは優れた性質を得ることはできない。そのため，特殊な加工熱処理法を考案し、強度，延性および靱性の三者を同時に改善できる新しい処理方法の開発に成功した。この新しい処理法では，まず，1250℃の非常に高い温度で溶体化処理を行なって析出物を完全に固溶化した後，直ちに加工を加え，再結晶を利用してオーステナイト結晶粒を微細化する。引続き直接焼入処理を行ない，この焼入処理によりオースエージによる再析出を阻止する。このようにして，粗大析出物の存在しない，微細なマルテンサイト組織が得られる。

図は，13Ni-15Co-10Mo 鋼について，この処理によって得られる機械的性質を通常の熱処理法によるものと比較したものである。この特殊加工熱処理を行なったものは，通常の熱処理のどの温度で溶体化を行なった場合よりも強度と延性が優れ，しかも靱性は高温で溶体化処理を行なった場合の値と同程度である。この三者の組合せは現在の超強力鋼の中では最高の値であり，特殊加工熱処理を加えた，280kg/mm² 級マルエージ鋼は，ウラン濃縮遠心分離機回転胴体材料として実用化が期待されている。

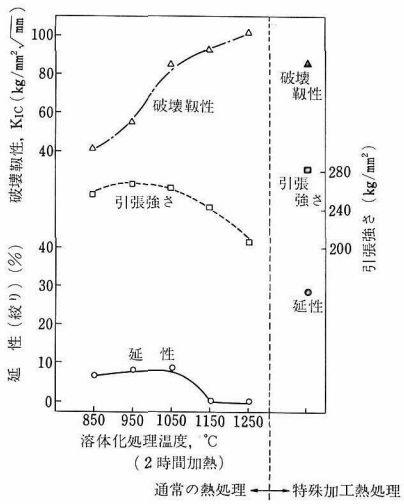

図　13Ni-15Co-10Mo 鋼の機械的性質におよぼす特殊加工熱処理の効果
（時効処理はすべて500℃，4時間）

Ti-6Al-4V合金の相変態

実用チタン合金の中で，最も多量に用いられているTi-6Al-4V合金は，α相とβ相の2つの相から成り立つ2相合金として知られている。高温の平衡状態でこの合金中に存在するα相とβ相は，**図1**に示すように，温度の変化に対して存在する量が変化するとともに，それぞれの相の組成も変化する。このことから熱間加工温度や焼入れ温度は，その後の熱処理によって得られるこの合金の特性に著しい影響を与える。したがってこの合金中で起る相変態を調べることは，現在経験的におこなわれているこの合金の熱処理条件を再検討し，この合金の性能向上，あるいはチタン合金特有のこの種の2相合金の改良に指針を与えるものである。

上に述べたような観点から，**非鉄金属材料研究部**では，Ti-6Al-4V合金の熱処理による機械的性質の変化を，それを構成するα相とβ相単相合金のそれぞれの熱処理による性質の変化と対応させて調べた。

実用材料では結晶粒度が細かく，また熱処理条件によっては調べようとする相の絶対量が少ないので，X線回折その他各種の測定に困難をきたすとともに測定精度に問題がでてくる。このため高温の2相領域の各温度で平衡するα相とβ相と同じ組成の合金を別々に作り，それぞれの試料について相変態の挙動とその硬さの変化を測定した。

図2にはTi-6Al-4V合金の焼入れによる相変態と焼入れ温度の関係を示す。β相は焼入れ温度が約650℃以下ではすべて室温まで残留し，それ以上約830℃までは一部が残留するが，その量はわずかで，ほとんどは少量のα″マルテンサイトをともなうα′マルテンサイトに変化する。約830℃以上ではすべてα′マルテンサイトになる。

それぞれの焼入れ温度で存在するα相およびβ相と同じ組成の合金を焼入れ後，200～650℃の各温度で焼もどした場合のかたさの変化の一例を，Ti-6Al-4V合金の場合と比較して**図3**に示す。770℃から焼入れしたTi-6Al-4V合金のかたさは，350～500℃の焼もどしを施すと，それを構成しているα相とβ相のいずれよりもやわらかくなる。このことはTi-6Al-4V合金の性質がそれを構成しているα相とβ相の単なる複合体としては考えられないことを示している。すなわちTi-6Al-4V合金の性質は，焼もどし中に起るα相とβ相粒内だけの反応のほか，両相の結晶粒界近傍で起る反応に著しい影響を受けると考えられる。

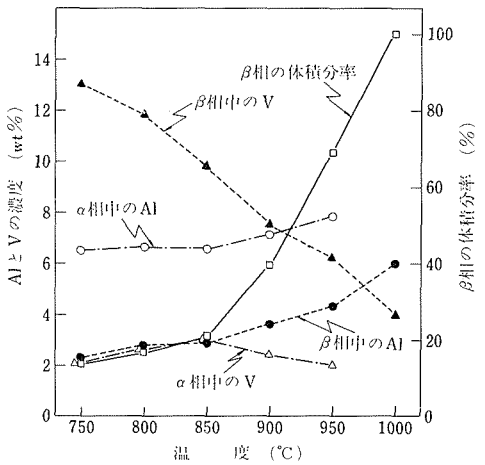

図1 各温度で平衡するα相とβ相の組成およびβ相の体積分率

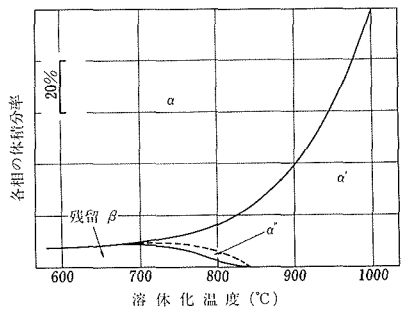

図2 Ti-6Al-4V合金の焼き入れ状態で存在する相

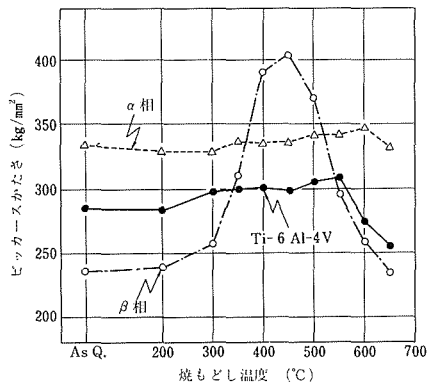

図3 770℃から焼入れしたTi-6Al-4V合金と，それを構成するα相およびβ相と同一組成の単相合金の焼もどしによるかたさ変化

Ni-20Cr合金の耐酸化性におよぼすSi量の影響

Ni-Cr基合金は耐熱構造材料あるいは電熱線として，古くから研究が行なわれ，実用に供されてきた。この系の合金の酸化生成物は主として酸化クロム(Cr_2O_3)であるが，その酸化層の組成，構造は微量の添加元素により影響され，それがまた合金の耐酸化性に著るしい影響を与える。Siの影響についてはこれまで多くの研究がなされ，現在の市販ニクロム線も1％のSiを含み，耐酸化性が改善されている。**金属化学研究部**では，80Ni－20Cr 合金を対象に酸化層の密着性におよぼす微量元素の添加の影響について一連の研究を行なってきたが，Siについてはその添加量が増すにつれて，酸化層の密着性は劣化していくことが見い出された。1100℃の空気中で5時間ずつ5回の急熱急冷の繰り返し酸化を行なうと，1％Si添加合金では繰り返し酸化を重ねるごとに酸化層の剥離量は少なくなっていくが，5％Si添加合金では各回の繰り返し酸化で同程度の剥離が起り，積算の剥離量は直線的に増加していく。また5回の繰り返し酸化後の断面を顕微鏡で観察すると，1％Si添加合金では酸化層の最内層にSiO_2が連続した粒状で存在するが，5％Si合金ではSi濃度が高いにもかかわらず内層にSiO_2は形成されていない。(**写真1**)

またこれら試料の酸化層から合金全体にわたってのNi,CrおよびSiについての濃度変化を，X線マイクロアナライザー(EPMA)を用いて測定した結果を**図1，2**に示す。1％Si添加合金では，合金の中心部から酸化層との界面に近づくにつれて，Si濃度は減少しており，界面のSiO_2層に相当するところで急激に上昇している。それに対して5％Si添加合金では，合金の中心部から界面に近づくにつれて，逆にSi濃度は上昇している。

これらの試料の合金断面をマイクロビッカースにより硬さを測定したところ，1％Si添加合金では全面にわたって特に硬さ変化は見られなかったが，5％Si添加合金では，合金の中心部から酸化層との界面に近づくにつれて，硬さが急激に上昇していた。

以上の実験結果から，1％Si添加合金ではSiが金属／酸化物界面まで拡散して酸化されているのに対し，5％Si添加合金では表面近傍の合金内でSiが内部酸化されていると推定される。このようなSi量による酸化挙動の変化は，表面に形成された酸化層の性質の変化により生ずるものと考えられる。1％Si添加合金ではSiをほとんど含まない酸化層が形成されているが，5％Si添加合金上では，Siをより多く固溶したCr_2O_3層が形成されていることがわかっている。このようなSiの酸化層中への固溶は酸化層中の欠陥濃度を大きくし，酸素の内部への進入を容易にして，内部酸化物の形成を容易にするものであろう。

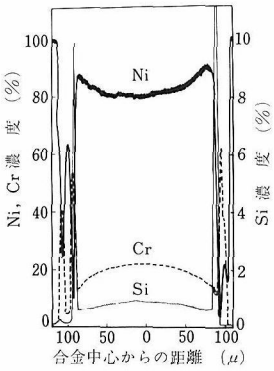

図1　1％Si合金のEPMAによる線分析
(1100℃，5時間5回酸化)

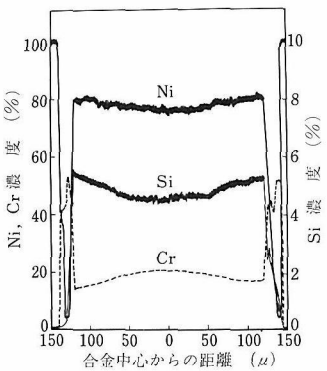

図2　5％Si合金のEPMAによる線分析
(1100℃，5時間5回酸化)

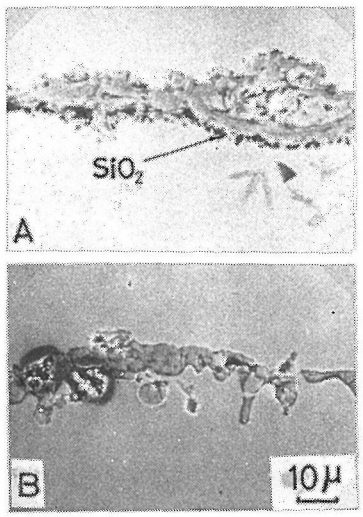

写真1　走査型電子顕微鏡による酸化層の断面写真
A：1％Si，B：5％Si添加合金
(1100℃，5時間，5回酸化)

1974年金材技研ニュース題目一覧

題　　目（部門別）	No.	通巻
材料部門		
粗大粒界析出処理をしたオーステナイト耐熱鋼	1	181
マグネシウムの高温強さにおよぼすランタンおよびセリウム添加の影響	2	182
W-Cr-Pd焼結合金の耐酸化性	同	
α鉄中の固溶炭素のエレクトロ・トランスポート	4	184
高分解能電子顕微鏡による炭素の構造の研究	同	
ラーベス型超電導材料の研究	7	187
希土類—コバルト系化合物の磁性	8	188
ニオブ—水素合金の転位組織	同	
V-Cr合金の高温脆化	9	189
オートラジオグラフ用対比基準片の試作	同	
イメージ・マッチング技法のSiO_2粒子観察への応用	11	191
化学蒸着法によるバナジウムのモリブデン被覆	同	
280 kg/mm²級マルエージ鋼	12	192
Ti-6 Al-4 V合金の相変態	同	
強さ部門		
鋼の摩耗に関する研究	1	181
回転磁界による極間式磁粉探傷法	3	183
高速実験炉用燃料被覆管の内圧クリープ特性	同	
FeAlの塑性	5	185
疲れ強さに対する切欠きの個数効果	6	186
Fe_2B金属間化合物の高温における塑性	7	187
高速炉構造材のクリープ破断特性	同	
オーステナイト・ステンレス鋼の高温疲れ破面における条痕の形成	8	188
引張り圧縮とねじりの組合せ荷重による疲れ試験	11	191
冶金技術部門		
金属硫化物の懸濁直接電解	6	186
高温加圧流動法による粉鉄鉱石の還元	10	190
NiO中のNi^{2+}イオンの拡散	同	
Ni-20 Cr合金の耐酸化性におよぼすSi量の影響	12	192
加工技術部門		
遊星圧延機による低炭素鋼の圧延	3	183
複合粉末製造法ならびに焼結加工法の研究	4	184
18Crステンレス鋼の高温水による応力腐食割れ	5	185
鉄鋼溶接金属中の拡散性水素定量法および装置	同	
アルミニウムの孔食成長過程	6	186
グロー放電を利用した固相接合法	9	189
17Crステンレス鋼板に生ずるリッジングについて	10	190
特許紹介		
窒素を含有させたFe-Mn-Cr系永久磁石合金およびその製造法	1	181
バッチ方式によるアルミニウムおよびその合金の硬質陽極酸化の高速化法	2	182
粉粒体供給装置	同	
片面溶接におけるキーホール効果の探知方法	3	183
断続移動アークによる溶接方法	5	185
溶接位置合せレール移動装置	同	
小型ガスフロー計数管	6	186
ルテニウムを含有する強力ジルコニウム合金およびその製造法	8	188
微細結晶粒子鋳物の製造方法	同	
チタン脱酸による快削鋼	10	190
懸濁電極による金属電解製錬法	同	
超電導マグネット用合金材	11	191
その他		
新年のごあいさつ	1	181
1973年外国人訪問者一覧	同	
スカイラブ実験	2	182
金材技研滞在記（Dieter. Nagel）	4	184
受託試験の成果	7	187
研究成果の発表(学協会, 国際会議口頭発表一覧)	同	
同　上	10	190
出願公開発明の紹介と利用	No.3.6.9.11	
特許出願速報	No.7.12	

特許出願速報

昭和49年4月1日～9月31日

出願日	出願番号	発明の名称	出願日	出願番号	発明の名称
49.6.1	61440	熱電素子の成形法	49.8.15	92753	強磁性半導体単結晶の製造法
〃	61441	熱電素子の成形法	49.3.22	31536	高温高強度構造材用V-Cr-Zr合金
49.6.5	62817	光学用反射鏡の作成法	49.9.16	アメリカ 506505	
49.6.5	62820	粉体の浮遊装置			
49.8.8	90318	改良されたV_3Ga超電導体の製造法			

通巻　第192号

編集兼発行人　林　弘

印　　刷　株式会社 ユニオンプリント
東京都大田区中央8-30-2
電話　東京(03)753-6969(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）