

°C×15mn A.C, 780°C×15h 時効が適当である。

3. これらの鋼は 800°C 附近の高温に長時間曝されても組織の安定性が大きく、SEH 3, SEH 4 と比較して熱間強度、耐酸化性が大である。

4. 全般的に見てバルブ鍛造加工性および機械加工性も良好であり製造上とくに難点は認められない。

文 献

- 1) John J. Gilman: Tr. of A.S.M (1951) Vol. XLIII p. 161

(81) 耐熱鋼の研究 (XII)

(含 Ti, B 16-25-6 合金のクリープ試験)

Studies of Heat-Resisting Steels (XII)

E. Asano.

東都製鋼, 技術部 浅野 栄一郎

I. 緒 言

Ti および B をそれぞれ単独あるいは併用添加した 16-25-6 合金についてはさきにその析出現象を調査報告し、また、前報では加工効果および加工を受けた材料の析出組織について報告した。標準成分の 16-25-6 合金のクリープ特性についてはすでに数多くの実験がおこなわれてきているが含 Ti, B 16-25-6 合金は新しく配合した合金であるために、そのクリープ性は全く知られていない。したがって、本報では 16-25-6 合金に Ti あるいは B を加えることによつて、クリープ性がいかに変化するかを調べることにした。

ガスタービン材料等の耐熱合金のクリープ特性を調べるに当つては種々の熱処理条件の材料、クリープ荷重、試験温度について非常な長時間にわたつた継続テストをおこなわねば最終的結論が得られぬのであるが、本報では諸般の事情からこれら全般にわたつたテストをすることができなかつたので、1 種条件を選んでクリープ試験し、同時にその時の硬変、顕微鏡組織の変化等を調べるに留つた。

II. 試料および実験方法

(1) 試料

本実験に使用した試料の化学成分は Table 1 に示すごときもので、試料は #B11 比較のために用いた標準成分の 16-25-6 合金である。

各試料は高周波電気炉により 3 kg インゴットに鍛造後約 25 mm 角棒に熱間鍛造してから超音波探傷機によつて内部欠陥のないことを確認してから熱処理を加えた。熱処理は 1150°C×1.5 h の溶体化処理とその後の 800°C×50 h の予備時効処理である。

2. クリープ試験: クリープ試験機は芥川、藤田および竹村* の製作によるものを使用した。クリープ試験温度は、Timken 16-25-6 合金が実際に使用される 650°C を選び 4 種の試料間にその相違が明瞭に現われるように荷重を多少大きくして 18 kg/mm² とし試験時間は 500 h とした。

III. 実験結果

(1) クリープ試験

クリープ試験前の予備時効処理としては、溶体化処理後 800°C×1h~200h の時効における硬変変化と顕微鏡組織の変化とを調べたが硬変の点からは硬化が相当に進み、組織では粒内析出が多少進行した状態として 800°C×50 h の予備時効処理を選んだ。

クリープ試験は 650°C 荷重 18 kg/mm², 500h 継続し、その間の伸びを測定した。その結果によると #D5 では 178.5 μ, #B11 では 2067 μ, #D6 では 2042 μ, #D7 では 3898 μ の伸を記録した。この結果を概括すると 16-25-6 合金の N の代わりに 1.3% Ti を加えたものでは、クリープ抵抗が著しく上り、また N の代わりに 0.060% B を加えたものでは 0.10~0.16% N 含有の標準 16-25-6 とほぼ同様のクリープ強度を示したが Ti, B を併用してもそれが極く少量の場合はクリープ強度がかなり劣つてくるといえよう。

クリープ試験中の加熱、つまり 650°C×500h の加熱によつても試料 #B11, #D6, #D7 ではクリープ前の硬変とほとんど相違がないが、#D5 では著しい硬化を示している。これはクリープ荷重を加えずに単に 650°C×500h の時効を加えたものにも認められる。これは、

* 芥川、藤田、竹村: 機械学会誌

Table 1. Chemical components of samples.

Mark	C%	Si%	Mn%	Cr%	Ni%	Mo%	Ti%	B%	N%	Fe%
#B11	0.06	0.81	1.35	16.04	24.20	6.77	—	—	0.136	Balance
#D5	0.04	1.25	1.48	15.77	23.79	6.58	1.32	—	—	〃
#D6	0.07	0.88	1.51	16.78	24.60	7.24	—	0.060	—	〃
#D7	0.07	0.43	1.13	17.53	27.30	6.86	0.08	0.025	—	〃

800°C×50hの予備時効で約 Hv 230 のが 650°C×50hの加熱で約 Hv 320 となり、さらにふたたび 800°Cに加熱すると Hv 230 に戻り、これが交互に現われる。この間の事情をさらに明らかにするために、種々の熱処理条件における硬度変化を調べ、顕微鏡組織を観察した。詳細は講演の際に譲ることとするが、結論として、#D5 にあつては通常の 700°~850°Cにおける析出物の他に 650°C の異常な硬化をもたらすものがあり、それは 650°C 辺りにて析出し、800°C では溶体化する析出物によると考えられ、その化合物は Ti の金属間化合物たとえば Ni₂Ti ではないかと想像される。

(82) 耐熱鋼の研究 (XIII)

(16-25-6 合金の析出物)

Studies of Heat Resisting Steels (XIII)

E. Asano.

東都製鋼, 技術部 浅野 栄一郎

I. 緒言

Timken 16-25-6 合金は析出硬化型耐熱鋼であり、その析出現象についてはすでに詳しく報告してきた。それにより、本合金の析出現象に関しては明らかとなつたがその析出物が何の化合物であるかについては確認されていなかった。したがつて本報では主として X線廻折結果の解析によつて、16-25-6 合金の析出物が何であるかを調査する。一方、同様の試験を含 Ti 16-25-6 合金についてもおこなつたので、併せて報告する。

II. 試料および実験方法

(1) 試料

本報に用いた試料は 16-25-6 合金の標準成分のものとして #B4, #B12, 含 Ti 16-25-6 合金の試料としては #D5 を用いた。その化学成分は Table 1 のごとくである。

実験の対象とする析出物は電解分離法によつて抽出したものと、通常の試料をそのまま用いた場合とがある。前者は X線廻折による解析、析出物の化学分析および電子顕微鏡的観察に用い、後者は撰拮腐蝕による組織の検鏡に用いた。

(2) 実験方法

電解分離した析出物の X線廻折線の解析には Spectrogoniometer によるカウンター法を主に用い、これに通常のデバイ・シェラー法(写真法)を一部併用した。測定に用いた対陰極管は Cu および Ni の 2 種である。廻折線の解析は Timken 16-25-6 合金の析出に現われそうな析出物をその化学成分および現在までに発表されたる文献等より推定して M₆C, M₂₃C₆, Cr₂₃C₆, CrMo-N₂, (Cr, Fe)₇C₃, Cr₃C₂, Mo₂C 等および Fe-Cr-Mo-Ni σ , Fe-Cr σ 等が存在するかも知れぬと予想し、A. S. T. M. X-ray Diffraction Data Cards その他の文献よりこれらの化合物の各 (h, k, l) に対するそれぞれの面間隔 d を知り、Cu k α および Ni k α によるそれぞれの面方向の廻折角 θ を算出した。これらの算出 θ と実際測定結果より得られた θ とを比較し、かつその場合の intensity を考慮に容れて、析出物の種類を決定した。その他、電解分離した析出物を化学分析してその構成成分を知り、電子顕微鏡によつても観察した。

他方、通常の析出硬化した試料をそのまま撰拮腐蝕したものの組織を観察した。使用した撰拮腐蝕液は Alkaline-Permanganate は Fe 基あるいは Ni 基合金にて M₆C のみを着色検出するが MC, M₄C およびマトリックスには影響しないといわれるものである。

III. 実験結果および考察

(1) 電解分離抽出した析出物の化学分析結果

この場合は試料中に、析出物抽出の際に混合したマトリックスが一部含まれているので、分析値は構成成分の真の値を示すものとはいえないが大体の傾向は表われているものと思われる。これによると C 1.18~2.24%, N 2.14~2.35%, Fe 10~12%, Cr 15~18%, Mo 33~36%位の配合率となつている。ここに C 量, N 量がかなり含まれているのは析出物が主として炭化物、窒化物であることを予想させるものである。

(2) 電解分離抽出した析出物の X線廻折解析

Spectrogoniometer によつて得られるチャートは、講演の際に示す。ここではその結果のみを述べることにする。試料は #B4, #B12 とともにほぼ同じ結果を示しまた 700°C×150h, 800°C×70h の熱処理の間にも析出物に著しい相違は認められない。X線解析の結果、検

Table 1. Chemical components of samples.

Mark	C%	Si%	Mn %	Cr%	Ni%	Mo%	Ti%	N%	Fe%
# B 4	0.10	0.54	1.24	16.00	24.82	5.89	—	0.160	Balance
# B 12	0.15	0.80	1.30	15.61	25.15	7.17	—	0.139	〃
# D 5	0.04	1.25	1.48	15.77	23.76	6.58	1.32	—	〃