

第2圖 [W] [Cr] 及び [V] の [FeO] との平衡關係

(46) ガスタービン用超耐熱合金の研究 (III)

常溫加工せる Timken (16-25-6) 合金の軟化に就いて

名古屋大學教授 工博 武田修三  
 名古屋大學助教授 工 永井直記  
 名古屋大學工學部 工〇花井優

I. 緒言

Timken (16-25-6) 合金の高クリープ性原因の追求に資するため、著者等は第1報に於て本合金の組織並びに時効硬化に及ぼす成分元素の影響を明らかにし、第2報に於ては溶態化処理した試料の熱間加工硬化を検討し、併せてイ. 301 及び 18-8 鋼との比較を試みた。

それによると、Timken 合金の時効硬化は1100°C以上で溶態化した均一 $\gamma$ 相の地から主として $\sigma$ 相が微粒析出することに歸因し、而も時効硬化は比較的小さいが、極めて遅いのが特徴である。熱間加工硬化は900°C以上の加工では小さいが、800°C以下の加工では極めて大で、所謂、Hot-Cold-Working が可能なることが知られた。併し、その熱間加工硬化も決して Timken 合金のお家藝というわけではなく、800°C以下の加工では寧ろイ-301より小さいが、900°C以上の加工では逆に Timken 合金の方がイ-301 及び 18-8 鋼より断然大きい。即ち軟化作用が小さく、加工硬化が維持されるのである。而して之等の事實から Timken の高クリープ性の原因としては、時効硬化及び熱間加工硬化もさることながら、それ以外に軟化抵抗の大なることがより顯著に利くのではないかと想像したのである。

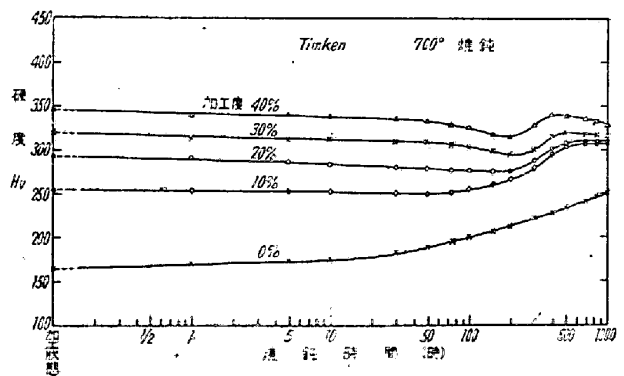
蓋し、第2報に於ける實驗は短時間加工であり、焼鈍時間が短かいために軟化作用が微弱で、鋼種による熱間

加工硬化の差も小さいわけで、焼鈍時間を長くすれば、800°C以下でも軟化作用が顯著となり、熱間加工硬化に判然とした差が現われると考えられる。依つて、本研究では溶態化処理後、常溫加工硬化した Timken 合金の長時間焼鈍による軟化現象を詳細に検討し、同時にイ-301 及び 18-8 鋼との比較をも試みた。

II. 常溫試料並に實驗方法

試料は第2報に於けるものと同一である。何れも  $d=5$  及  $7\text{mm}$ ,  $l=5d$  なる寸法の引張試験片を削出し、Timken 合金では 1200°C 5時間 イ-301 及 18-8 鋼では 1100°C 4時間真空焼鈍後、油焼入して夫々 Hv $\sim$ 165 (Timken),  $\sim$ 170 (イ-301) 及び $\sim$ 150 (18-8 鋼) の基準硬度に揃えた。この様に溶態化並びに完全軟化処理した試験片を用い、第2報の加工硬化實驗結果を参照して、5t アムスラー萬能試験機により常溫にて引張加工を行い、加工度 0 $\sim$ 40%の試片を作つた。次に之等の加工度、従つて加工硬化を異にする試片を 600 $\sim$ 1200°C 間 100°C 隔きの各溫度に 0 $\sim$ 1000 時間真空中、繰返焼鈍し、油冷後、常溫のピツカーズ硬度を測定して時効硬化及軟化の進行を追跡した。

III. 實驗結果並に考察



第1圖

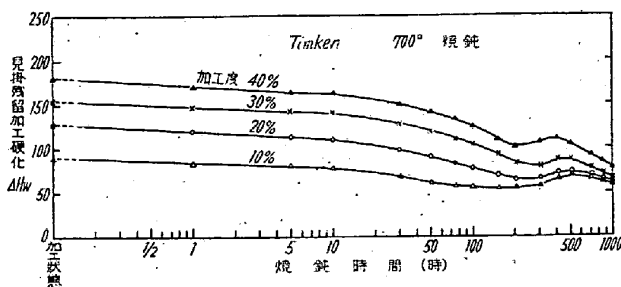
第1圖は一例として加工度 0 $\sim$ 40% の Timken 合金を 700°C に焼鈍した場合の焼鈍時間による硬度變化を示す。焼鈍時間は對數目盛で示してある。加工度 0% のものでは、 $\sigma$ 相の析出に由る時効硬化のみが現われ、而もその進行は第1報でも述べた如く極めて遅く、1000 時間でも猶硬化の途上にあることは注目し値する。加工度 10 $\sim$ 40% のものでは、約 100 $\sim$ 300 時間までは焼鈍時間と共に漸次硬度を減少し、其後硬度増加が認められる。前者は加工歪の除去による軟化で、後者は $\sigma$ 相の析出に由る時効硬化に歸因する。この様に焼鈍溫度が低いと

きには、焼鈍の初期から加工歪の除去による軟化が徐々に起るが、50 時間附近より  $\sigma$ -相の析出による時効硬化が附け加わり、焼鈍前より却つて硬化して来る。而して加工度 30% 以上のものでは約 500 時間の焼鈍で極大硬度に達した後、overaging の軟化が起るが、加工度 20% 以下のものでは 1000 時間の焼鈍では極大硬度を維持している。又 1000 時間焼鈍では加工度の差による硬度差は可成り減少しているが、猶且つ加工せないものに比べると断然硬い。

所で、以上に見る如く加工歪の除去に基く軟化と  $\sigma$ -相の析出に由る時効硬化とが同時に起り、兩者を判然と分離することは困難であるが、加工により  $\sigma$ -相の析出速度及量に變化ないと假定し（實際は加工度の増加により析出は促進されるのであるが）、

見掛残留加工硬化 ( $\Delta H_w$ )  $\equiv$  加工試料の硬度 ( $H_w$ ) - 非加工試料の硬度 ( $H_a$ )

と置いて、軟化抵抗に相當する見掛残留加工硬化を各焼鈍時間に就いて算出して示したのが第 2 圖である。之で

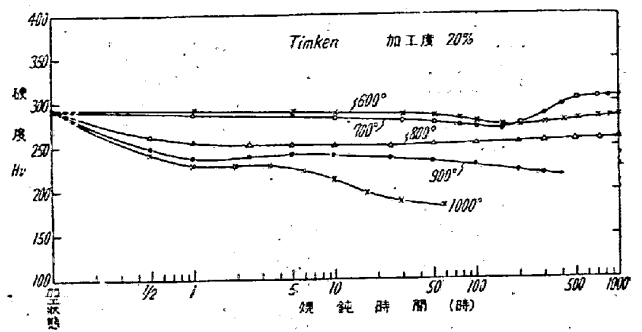


第 2 圖

見ると、軟化の進行は第 1 圖より幾分判然とするが、猶且つ 100 時間以上の焼鈍に於いて時効硬化の影響が現われている。之は上記の如く加工により析出が變らないと假定したことに起因するので、この突起は取りも直さず、加工試料と非加工試料との時効硬化の差に相當する。ともあれ軟化は 10~30 時間より相當急激に進行するが、1000 時間焼鈍でも加工硬化が猶残存し（時効硬化も加わっているが）、且つ加工度の差も認められる。

尙、顯微鏡組織を見ると、軟化が急激となる 10~30 時間頃より、結晶粒界及び劈開面に  $\sigma$ -相の微粒析出が認められ、而も高加工度のもの程早く起る。而して焼鈍時間の経過と共に析出  $\sigma$ -相は漸次連結して帶狀となるが、1000 時間焼鈍でも地質の加工歪が残存することが認められる。

次に第 3 圖は加工度 20% のものについての硬度と焼鈍温度の關係を示す。焼鈍温度が高い程時効硬化が短時間で現われるが軟化の進行は速である。1000°C では



第 3 圖

50 時間で殆んど完全に軟化する。且つこの場合の軟化は第 2 報でも述べた如く、主として再結晶に由る。然るに、800°C 以下では軟化が極めて遅く、1000 時間でも猶相當加工硬化が残存し、且つ之に更に時効硬化が附加されて却つて硬度増加が起る。而してこの事がその高クリープ値を招來する所以と考えられる。

同様な實驗をイ-301 及び 18-8 鋼に就いても行い、Timken の結果と比較した。それに由ると 900°C 以上では軟化は三者大差ないが、800°C 以下では Timken の軟化は他の二者に比し小さい。而も Timken に於ける  $\sigma$ -相の析出硬化がイ-301 及び 18-8 鋼に於ける炭化物の析出硬化に比し極めて遅いため、焼鈍時間が短かいときには軟化の差は少ないが、焼鈍時間が長くなればその差が顯著となり、クリープ値にも差が出て来るものと思われる。

### (47) ガスタービン翼車材に關する研究 (I)

住友金屬工業 K. K. 製鋼所 ○工長 谷川 太郎  
落合 治

ガスタービン翼車材としては使用温度に於ける機械的性質、耐酸化性良好であり且翼車として製作したものが均質にして缺陷のない状態のものが要求される。而してこの要求を満足する耐熱合金は製造に幾多の困難をとめない；又製造工程により翼車としての性質が變化する。筆者等は翼車材質として 18-8, 18-8-Mo, 18-8-Ti 不銹鋼, イ-301, イ-306, イ-302, R. ex 467, Timken 16-25-6, Discaloy 等の耐熱合金を選び是等の材質につき試験棒として鍛伸した状態及翼車又は翼車軸に鍛造した状態にて機械的性質をしらべた。

第 1 表は供試耐熱合金の化學成分を示し、圖は試験棒に鍛伸した素材の各温度に於ける抗張力を示す。圖によれば 500°C 以下の温度ではフェライト系のイ-302 の強度大であるが、500°C 以上ではオーステナイト系耐熱合金