

kcal/mol, 高温で 58~60 kcal/mol が得られ, 前者は空格子の消滅により, また後者は置換型金属元素の拡散により起ることを示すものと考えられる。

なお組織検査では 500°C 附近に焼戻すと, ウィドマンステッテン状の腐食孔が認められ, あたかも析出直前の G. P. 帯の形態を示し, 高温になるにしたがつて成長し, 700~750°C 以上で消滅する。

ii) 第二段階における諸性質の変化

600~1000°C の範囲で電気抵抗の減少, 発熱, 収縮および硬度, 抗張力の増加, 衝撃値, 伸び, 絞りのいちじるしい減少が認められ, 主に炭化物の析出反応により生ずる。この第二段の変化量は主成分のうち Fe, Co, Ni の元素よりも微量元素により影響される。

1) 炭化物の析出

C を含む各基本合金 5 種はいずれも約 20% Cr を含み, Cr₂₃C₆ 炭化物のみが析出するので, 熱膨脹測定により, その析出開始温度, 析出速度を検討した。その結果析出開始温度は Co, Fe, Ni によりほとんど変化せず, いずれも析出は 600~630°C 附近より起る。しかし析出速度は Ni, Co, Fe 量に多少影響される。一方 Mo, W, Cb, Al の如き微量元素は析出速度にいちじるしく影響する。活性化エネルギーから検討すると, 約 700~750°C の範囲でその値がことなり低温では 30~35 kcal/mol, 高温では 50~60 kcal/mol である。前者は炭素の拡散により, また後者は置換型金属原子の拡散により生ずると考えられる。M₂₃C₆ の析出は浸入型原子の C と置換型原子 Cr の拡散を必要とするが, しかし C の方が拡散しやすいから, 低温では C 原子が移動する。それ故に析出開始温度は Fe, Co, Ni の如き C と affinity の持たぬ元素には影響され難く, 一方高温では置換型原子が移動するから, 他の置換型原子の影響を大きく受けると考えられる。

組織検査によると約 650~700°C 附近までは粒界析出であり, この温度以上で粒界析出と同時に粒内析出を生ずる。粒界析出温度は Co, Fe, Ni 量にほとんど影響されず, 一方粒内析出温度は多少影響される。

以上の結果から炭化物の析出過程は 700°C 附近を中心としてことなり, 低温では主に C の拡散により粒界に析出し, このために常温靱性を低下させ, 高温では置換型原子の拡散により粒内に析出し, 硬度を上昇させて, 抗張力, 降伏点を増加させる。後者は添加元素により大きく左右される。

2) Ni₃Al 金属間化合物の析出

Ni 基合金は主に Ni₃Al の析出により時効硬化することが知られている。そこで 20Cr-80-Ni 基合金に約 7% の Al を添加して, その析出過程を調べた。焼戻により析出する温度は約 550~600°C 附近で第一段階の変化に引き続き起り, 主に粒内に析出し, いちじるしい硬化を与える。析出開始温度は添加元素に余り影響されずむしろ析出速度, 軟化速度が影響される。

さらに 20Cr-80Ni-7Al-0.15C 合金では 550°C より Ni₃Al の析出が, その後約 650°C 附近より M₂₃C₆ 炭化物の析出が始まる。この合金の場合の析出過程は上記の単独添加の場合と同様で, Ni₃Al と M₂₃C₆ 炭化物間の相互作用は認められない。

2) 第一段の変化と第二段の析出との相互作用

500°C 附近に生ずる規則的析出現象は約 700°C 以上まで続くので, 第二段で生ずる M₂₃C₆ 炭化物, Ni₃Al 金属間化合物の析出形態に影響すると考えられる。特に後者の析出相は第一段の規則的相の形成直後に生じ, その両者の析出形態が同じであることから, 規則的相 A₃Cr を生じたのち Cr 原子が Al 原子と置換して Ni₃Al が生ずると考えられる。熱膨脹試験で Ni₃Al を充分析出せしめた後, 急冷すると第一段階の変化量は極小量になる。

3) 実用合金の焼戻過程

上記の基合金の結果と対照しながら実用合金の各性質の変化, 析出相の同定, その遷移反応を考察した。この点については講演の際述べる。

IV. 総 括

以上の実験結果を総括すると Fig. 1 の如くなる。

文 献

- 1) 今井, 増本: 日本金属学会誌, 25 (1961) 402~406.
- 2) 今井, 増本: 日本金属学会講演概要, 4月 (1960)

69.
669.018.44:539.434:539.4.6/6.3
no. 62/55

(155) A 286 の高温強度におよぼす熱処理の影響について

(A 286 に関する研究—VII)

住友金属工業技術部 P. 607~609
工博 長谷川太郎
中央技術研究所

○寺崎 富久長

Effect of Heat Treatment on High-Temperature Strength of A 286 Alloy.
(Studies on the alloy A 286—VII)

Dr. Taro HASEGAWA
and Fukunaga TERASAKI

I. 緒 言

耐熱合金 A 286 はすでに報告したごとく強析出硬化型合金であり, 熱処理によつて高い強度が得られる合金である。したがつてこの種合金では組織と高温強度の間には密接な関係があるものと考えられる。このような見地から今まで時効組織について種々の検討を加えて来た¹⁾²⁾。その結果析出硬化に寄与するものは微細分散析出相である γ' 相 (Ni₃(Ti, Al)) であること, また高温クリーブ破壊は主として粒界破断であり, この粒界弱化には, G 相 (Ni₁₃Si₆Ti₆) や η 相 (Ni₃Ti) などが重要な役割を果していることを推論した。すなわち高い高温強度を得るためには G 相や η 相の析出を避け γ' 相のみを適量析出せしめることが望ましいと考えられる。

このような時効組織を得る方法には二通の方法が考えられる。その一つは成分の撰択であり, 他の一つは熱処理法の改良である。本報告では後者すなわち熱処理の影響について報告する。

熱処理の影響の一つは固溶化処理であり, 他の一つは

時効処理の影響である。すでに報告したように³⁾規格による固溶化処理はP熱処理では900°Cで2h, N熱処理の場合には980°Cで1hと定められているが, この程度の処理では析出相は完全に固溶せずG相などは勿論, 微細 γ' 相でも若干量は残存しており, これが以後の時効処理に顕著な効果を与えるものと考えられる。したがってG相の完全固溶化を期するためにはさらに高い温度で固溶化処理を行なう必要がある。時効処理については, G相等の有害な析出相の生成を阻止するためにはより低い温度で時効する必要がある。規格熱処理ではP熱処理では705°C×16h, またN熱処理では718°C×16hと定められている。このような熱処理では前に報告したようにG相などの析出は顕著ではないが若干の析出が認められることと, 試験中での変化をも考慮すれば γ' 相を適量析出する範囲でより低い温度での時効処理が有効と期待される。

以上のような観点から熱処理法に検討を加え, 種々の熱処理材について, 高温引張試験およびクリーブ破断試験を行なった。また時効組織についてもX線, 電子顕微鏡などを利用して析出相の状態を観察した。本報では以上の結果について報告する

II. 供試材と実験方法

供試材は真空中で消耗電極溶解したE23を用い, その化学成分はTable 1に示す通りである。

Table 1. Chemical compositions (%) of the material used.

Charge No.	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
E 23	0.045	0.545	1.38	0.013	0.012	26.15	15.33	1.18

Charge No.	V	Ti	Al	B	O	N	H	Fe
E 23	0.38	1.95	0.23	0.003	0.0037	0.0065	3×10^{-5}	Bal

熱処理は規格熱処理P, Nの他に示すようにX1~X7までの合計9コについて比較し, いずれも抗張力を75kg/mm²前後に揃えるようにした。

- P : 900°C×2h O. Q. 705°C×16h A. C.
- N : 980°C×1h " 718°C×16h "
- X1: " " 650°C×210h "
- X2: 1040°C×1h " 718°C×16h "
- X3: " " 650°C×210h "
- X4: 1100°C×1h " 718°C×20h "
- X5: " " 650°C×420h "
- X6: 1040°C×1h " 650°C×20h
+720°C×20h A. C.
- X7: " " 720°C×20h
+650°C×20h A. C.

試験方法としては, 650°Cで短時間引張試験およびクリーブ破断試験を行なった。クリーブ破断試験では平滑試験片の他にCV1切欠(応力集中係数2.6)およびCV3切欠(応力集中係数3.5)の二種の切欠試験片についても試験を行なった。また時効組織についてもX線による廻折および電子顕微鏡, 光学顕微鏡による組織の

観察を行なった。X線廻折にはKoch-Sundermann型電解抽出装置を用い, 10% HClアルコール溶液にて抽出した残滓を廻折に供した。

III. 結果の要約および検討

650°C短時間引張試験結果を図示すればFig. 1の如くなる。またクリーブ破断試験結果をFig. 2に示すFig. 1, 2の結果を要約すればつぎのようになる。

(1) 耐熱鋼A286の高温強度におよぼす熱処理の影響

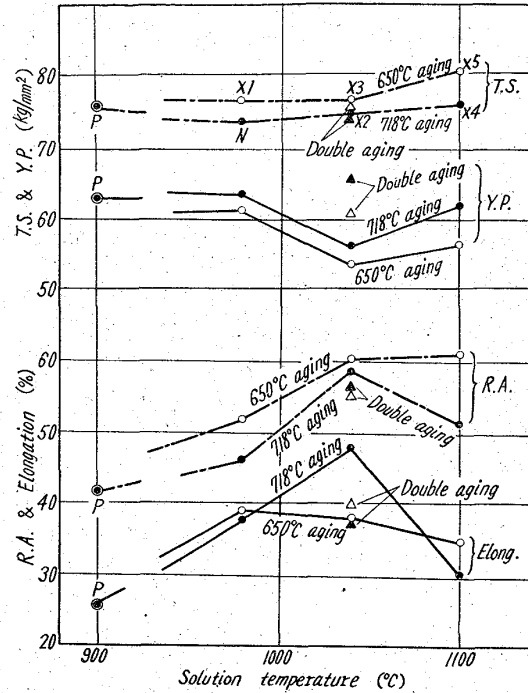


Fig. 1. Effects of heat treatment on the tensile properties at 650°C.

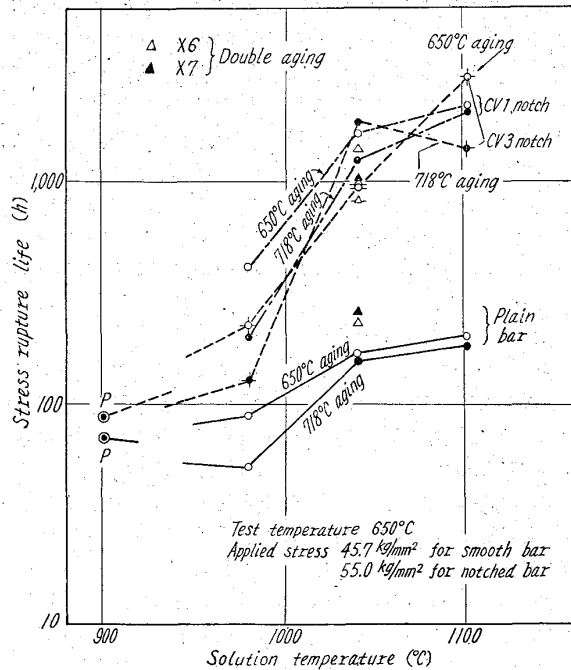


Fig. 2. Effects of heat treatment on the creep rupture life at 650°C.

響を抗張力レベルが 75 kg/mm² 前後のところと比較検討を行なった。

(2) 固溶化処理温度の影響は 900°C~1100°C の間でかなりいちじるしく、1, 2 の例を除いては概して固溶化処理温度の高い方がクリープ破断時間も長く、また短時間引張試験の絞り値も高い傾向にある。

(3) 時効処理温度の影響は 718°C に比して 650°C の方が概してクリープ破断時間も長くまた短時間引張試験の絞り値も高い。また 650°C 時効では 718°C 時効に比して降伏点は低いが抗張力は高くなる傾向にある。

(4) 時効組織観察の結果高温性質に重要であると考えられる粒界近辺の析出について云えばつぎの通りである。すなわち、かなりの厚みをもつ析出相と非常に薄い析出相が粒界近辺に連続的に析出しているのが観察される。前者は Photo. 1 (a) に示される如きもので主として G 相からなり、固溶化処理温度の高いものほど、また時効処理温度の低い方がより少ない。1100°C で固溶化し 650°C で時効した一例を Photo. 1 (b) に示す。

この傾向は高温強度とよく対応し、この種析出相が少ないほど良好な高温性質を示していることがわかる。後者すなわち非常に薄く析出する相には種々の形態のものが存在するがその一例を Photo. 1 (c) に示す。この種析出相は大部分 TiC であつて 1040°C 以上の固溶化処理でしかも 718°C 時効処理したものに顕著に析出する。固溶化処理温度が高いほどこの傾向はいちじるしく 1100°C の固溶化処理では 650°C の時効でも微量の析出がみられる。

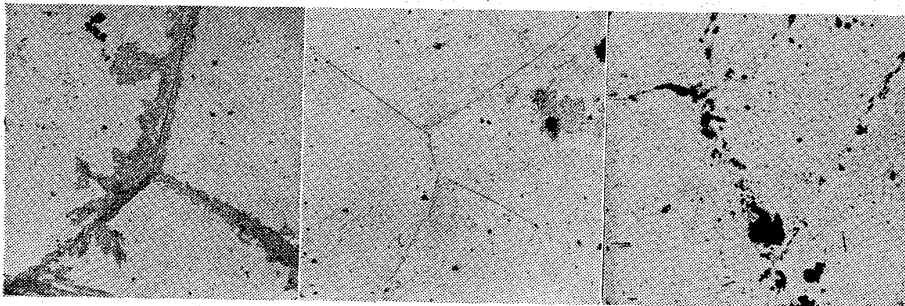


Photo. 1. Electron microscopic structures. ×5000 (2/3)
 (a) 900°C×2h O. Q. 705°C×16h A. C.
 (b) 1100°C×1h O. Q. 650°C×420h A. C.
 (c) 1100°C×1h O. Q. 718°C×20h A. C.

高温性質との対応からこの種の薄い析出相の高温強度におよぼす影響は比較的少なく粒界弱化には本質的でないと思われる。

IV. 結 言

耐熱合金 A286 におよぼす熱処理の影響を時効組織の観点より調査した。すなわち高温強度に悪影響をもたらすと考えられる G 相などの粒界に連続して析出する組織形態を除去するためには規格熱処理に比しより高い固溶化処理温度が、またより低い時効処理温度が必要であり、このような熱処理によつて同じ抗張力レベルにおいても、高温での延性やクリープ破断強度がいちじるしく改善され得ることが明らかとなつた。また固溶化処理温度を上げることによつて主として TiC から成る薄い析出相が新に析出するがこのような析出相は高温強度には

顕著な影響を示さないようである。

文 献

- 1) 長谷川, 寺崎: 鉄と鋼, 46 (1960), p. 381
- 2) " , " : " , 47 (1961), p. 407
- 3) " , " : " , 47 (1961), p. 409

669.1524'25'26'27'28-194
 : 621.165-253.5:539.434 :
 539.4.0/6.3:621.785.371

(156) LCN-155 鑄造材の機械的性質 におよぼす熱処理の影響

東京芝浦電気 P.609-611
 秋場辰郎・吉田 宏・○金沢 暎

Effect of Heat Treatments on Mechanical Properties of LCN-155 Alloy Casting.

Tatsuo AKIBA, Hiroshi YOSHIDA
 and Ei KANAZAWA.

I. 緒 言

ガスタービン、ジェットエンジン用羽根などに広く使用されている LCN-155 材は、従来鍛造材としてよく使用され、またその諸性質について比較的よく調べられている。しかし LCN-155 材は、高価であるため鍛造をして目的の機械部品に加工するより、精密鑄造法により目的の機械部品を製作する鑄造材として用いることがしばしばある。この場合、材料の強サなどかなりのバラツキが認められるので、強サの向上ならびに安定性を得るため、その熱処理と機械的性質の関係を求める実験を行なったので報告する。

II. 実験方法

(1) 試 料

試料は LCN-155 材を使用した。鑄造方法は 50 kg の間接アーク式炉 (マグネシウム還元カーライニング) で溶解し、ロストワックス精密鑄造を行なった。鑄物形状は各種試験片 (引張・衝撃・高温引張・ラプチャー) の形状にしたものと、直径が約 160mm のガスタービン用羽根車の形状の二種を精密鑄造により作成し、後者は実体より各種試験片を採取し試験を行なった。

Table 1. Chemical compositions.

	C	Si	Mn	P	S	Ni
(%)	0.12	0.85	2.05	0.019	0.020	19.1
	Cr	Mo	W	Co	Nb+Ta	N ₂
(%)	20.1	3.00	2.10	18.6	0.89	0.121