

の一因となることが推定されるが詳細は目下検討中であり、塑性変形の影響などと併せて報告したい。

文 献

- 1) 長谷川: 鉄と鋼, 45 (1959), No. 9, p. 179~181.
- 2) 長谷川: 鉄と鋼, 46 (1960), No. 3, p. 197~199.
- 3) 長谷川: 鉄と鋼, 46 (1960), No. 3, p. 199~200.
- 4) 長谷川: 鉄と鋼, 46 (1960), No. 10, p. 370~372.

(101) γ' 析出型耐熱合金の高温特性
におよぼす基質組成の影響

(γ' 析出型耐熱合金の系統的研究—I)

日本冶金工業川崎製造所

横田孝三・深瀬幸重・○加藤正一

Influence of Matrix Compositions on High-Temperature Properties of Gamma-Prime Precipitated Heat-Resisting Alloys.

(Systematic studies on gamma-prime precipitated heat-resisting alloys—I)

Kozo YOKOTA, Yukishige FUKASE
and Shyoichi KATOH.

I. 結 言

数多くの耐熱合金の中で Ti+Al によるいちじるしい析出硬化と高温強度の増加をねらった代表的実用合金に Nimonic 80A, 90, 100, Inconel X などがあり、これら合金の特性は Ni 基超耐熱合金特有の性質と考えられていたが、M-252, Udimet 500, Inco 700, Waspaloy

などのごとく Ni 基合金が改良発展すると同時に、一方では Fe 基オーステナイト系合金においても同様の効果をねらった A-286, W-545 などが現れてきており一連のものとして考察してよいであろう。これら耐熱合金はいずれも数種の炭化物および金属間化合物などの相を析出するが、主として Ni₃(Al, Ti), γ' 相の析出がいちじるしい時効硬化性と高温強度の増加に寄与していることは明らかである。しかし Ni 基合金と Fe 基合金のごとく基質組成がことなつた場合にまったく同様の効果が得られるかどうかの系統的研究は未だなされていない。われわれはこの点に着目し Ni 基合金から Fe 基オーステナイト系合金にいたるまで、Fe, Co を単独および複合添加し基質組成を変化させた各種合金に Ti, Al いずれも 2%一定量添加した場合の析出硬化特性と高温強度特性の関係を究明した。

II. 試料と実験方法

試料の化学組成を Table 1 に示す。組成の配合目的は、実用耐熱合金の基質組成を包含しつつ、Ni 基合金から Fe 基オーステナイト系合金にいたるまで基質組成を変化させることにある。すなわち Fe-Ni-Cr 三元系および Fe-Ni-Cr-Co 四元系のオーステナイト相内で変化させることが適当と考え、Cr を 16% 一定にし、まず Co 0%, 10%, 20%の三系列を選び、1) Co 0% 系列に Fe を 0, 20, 40, 55%, 2) Co 10% 系列には Fe 0, 10, 30, 50%, 3) Co 20% 系列には Fe 0, 20, 40%を加えた計 11 種合金につき、それぞれ Ti, Al 2%ずつ一定量添加したものである。試料の溶製は、いづれも純金属およびフェアラロイを用い 25 kW 高周波誘導炉にて約 10 kg 溶解し、40mm ϕ \times 100mm の金型に鑄込んだものを、2000 アンペアー真空アーク溶解炉にて約 1mmHg 下で二段溶解を行なつた。得られた鋼塊は 16 mm ϕ 丸棒にまで鍛伸し各種試験の供試材とした。

Table 1. Chemical composition (%) of alloys tested.

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Co	Fe	Ti	Al
CoF0	0.052	0.49	0.85	0.007	0.010	16.70	77.05	—	0.86	1.83	1.95
CoF2	0.075	0.53	1.02	0.011	0.010	16.50	60.00	—	19.33	1.94	1.83
CoF4	0.063	1.16	0.92	0.004	0.012	16.21	35.41	—	42.10	1.90	1.95
CoF5	0.059	0.68	1.18	0.011	0.007	16.20	25.11	—	51.80	2.36	2.12
C1F0	0.057	0.52	1.12	0.007	0.010	16.43	67.80	10.12	0.70	1.84	1.68
C1F1	0.064	0.59	1.26	0.007	0.007	15.25	59.41	9.75	9.90	2.05	2.16
C1F3	0.052	0.79	1.36	0.012	0.010	16.27	40.85	9.88	26.60	2.35	2.20
C1F5	0.065	0.76	1.19	0.011	0.007	16.52	21.03	9.90	46.00	1.98	1.90
C2F0	0.057	0.49	1.43	0.009	0.010	16.17	56.80	19.65	1.90	2.13	1.94
C2F2	0.060	0.66	1.24	0.012	0.010	16.42	37.75	18.50	21.00	1.95	2.05
C2F4	0.061	0.78	1.25	0.012	0.007	16.36	20.80	19.44	37.00	1.95	2.20

固溶化処理試験は 1030~1230°C 間を 50°C 毎に各 2 h 処理後水冷して硬度を測定し、時効硬化試験は 1180°C にて十分固溶化処理を行なった試料につき 650, 732, 815, 900°C にて約 1000 時間までの時効硬度を測定した。また高温の機械的性質については試片をいずれも 1080°C, 15 h 水冷後 732°C にて 20 h 時効処理を行ない、クリープ・破断試験は 732°C にて約 1000 h までのクリープ破断曲線を求めた。

III. 実験結果

1) 固溶処理硬度

Fig. 1 は各試料の固溶化処理温度と硬度の関係を示したが、Co 0, 10, 20% の各系列とも固溶化処理温度の上昇するほど硬度は低下する。また各系列ともに Fe 含有量の増加とともに、いずれの固溶処理温度においても硬度は低下する。固溶化処理十分と考えられる 1180°C 2 h 後の硬度については、Co のみ 20% まで単独添加すると、やや増加する傾向が認められるが、Fe 含有量の増加は Co 含有量に関係なく大巾に低下する。

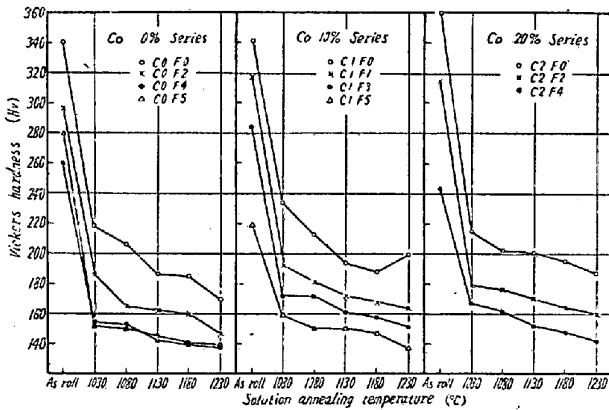


Fig. 1. Relationship between solution-annealing temperature and hardness. (Holding time, 2h)

2) 時効処理硬度

Fig. 2 に Co を含まぬ試料の 500 時間までの時効硬化曲線を示す。(Co を含む場合の図表は省略する)。各系列ともに 650°C においては時効処理時間とともに徐々に、やや直線的に硬化する。732°C においては時効処理初期にやや急激に増加し、約 100 h 後より最高硬度に達する。815°C 以上では各系列ともに Ni 基合金と Fe 基合金とでは時効硬化性をやや異にして来るのが認められる。すなわち Ni+Co 含有量の多いものは、いずれも 1~2 h 程度の短時間に急激に硬化し最高硬度に達し、その後 500 h までほぼその硬度を維持しているが、Fe 含有量の多いものは急激な硬化を示さず、1~2 段の硬度の山を示し、その後軟化の一途をたどる。以上のことは

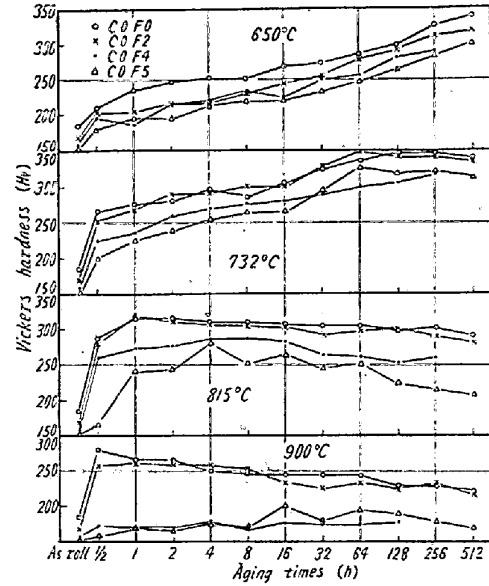


Fig. 2. Effect of Fe contents on aging hardness at various temperatures with Co 0% series.

基質組成の大巾な相違により、析出現象がことなつて来るためではなからうかと考えられる。また全体の時効曲線を概観すると、いずれの系列においても Fe 含有量が増加するほど時効硬度は低いようである。

3) 短時間高温引張性質

Fig. 3 に各系列試料の短時間引張試験結果を示す。各系列とも、引張試験温度の上昇とともに引張強さは低下するが、Fe 含有量の増加とともに温度増加に対する強度低下の割合が大きくなる。また破断後の伸び、および絞りについては、大体強度と相反する結果が得られ、すなわち Ni および Co 含有量が多く、高温強度大なるものほど低い。

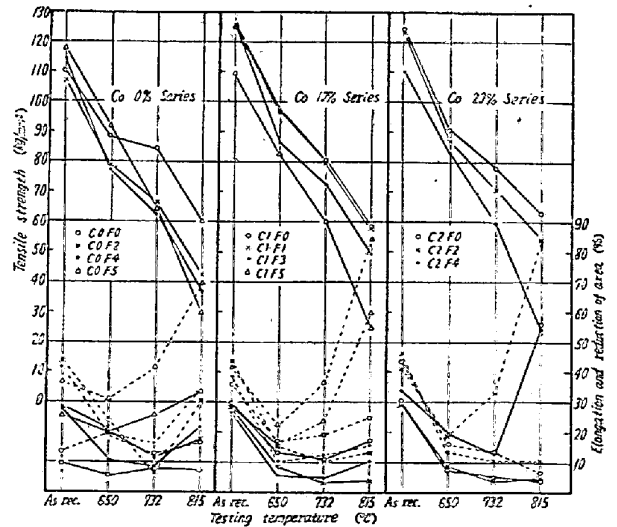


Fig. 3. Short-time high-temperature tensile properties of alloys.

4) クリープ破断試験

Fig. 4 に全試料の 732°C におけるクリープ破断試験結果を示す。图中記入した数値は破断後の伸びを示す。各系列ともに破断強度は Fe 含有量の増加とともに低下し、逆にクリープ速度および破断後の伸びは増加している。Ni 基合金に比し、Fe 基合金は強度は低いが、いずれも破断後の伸びが良好な値を示す所から、まだ基質組成改良強化の余地は十分認められる。

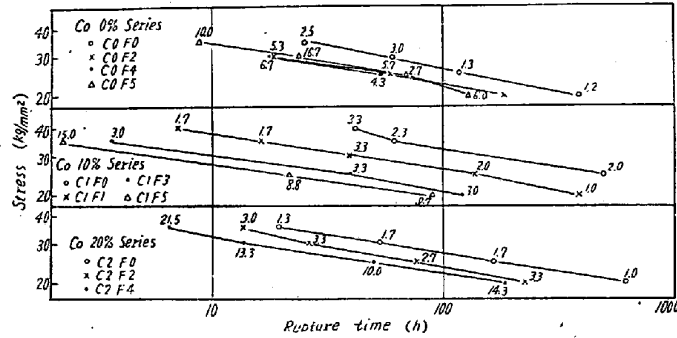


Fig. 4. Rupture-strength properties of alloys at 732°C.

以上の試験結果をもとにし、基質組成のことなる各試料の析出現象と破断強度の関係を追究し基質組成の検討を加えるために、電子顕微鏡組織、電解抽出、X線回折試験などについて行なった。これらの結果についても言及する。

(102) Ni 基耐熱合金の析出物におよぼす成分および熱処理の影響

日立金属工業安来工場

工博 小柴定雄・九重常男・○木村 伸

Effect of Elements and Heat-Treatment on Precipitation of Ni-Base Heat-Resisting Alloys.

Dr. Sadao KOSHIBA, Tsuneo KUNOU and Shin KIMURA.

I. 緒 言

耐熱合金の高温強度に大きな影響をおよぼす析出物の本質ならびに挙動をあきらかにする目的で、Ni 基耐熱合金の基準成分 (38% Ni, 18% Cr, 20% Co, 3% Mo, 0.2% Al, 2.8% Ti) の試料に Mo あるいは Al を増量した各試料および W, V, Nb などを単独あるいは複合添加した各試料、ならびに基準成分の試料について溶体化温度、時効温度および時効時間などを種々かえた各熱処理試料の析出物を電解分離法により抽出定量し、析出物の組成、形態などを明らかにして、析出物におよぼす成分元素および熱処理の影響を究明するとともに、さきに報告¹⁾²⁾した諸性質との関係についても検討した。

II. 実験方法

実験に用いた試料は、高周波電気炉にて熔製し、鍛伸したもので、その化学成分を Table 1 にしめす。

各試料は、10mm φ × 80mm に仕上げ、成分の影響を検討する各試料では、1150°C × 1h 水冷して溶体化処理後、750°C × 20h 空冷して時効処理した試料を用い、また熱処理の影響を検討する試料は基準成分 (M-3) の試料を用いてつぎの各熱処理を行ない電解した。

熱 処 理:

(a) 溶体化処理温度の影響

(i) 溶体化処理のみの場合

Table 1. Chemical composition (%) of specimens tested.

No.	C	Si	Mn	Ni	Cr	W	Mo	V	Co	Nb	Al	Ti
M-3	0.03	1.03	1.23	37.76	17.86	—	3.06	—	21.38	—	0.20	2.36
M-7	0.03	1.02	1.12	37.86	17.95	—	6.75	—	22.00	—	0.20	2.28
A-8	0.06	1.17	1.13	37.24	18.72	—	3.16	—	20.00	—	0.70	2.68
W-2	0.04	1.24	1.25	37.27	18.10	1.54	3.16	—	21.38	—	0.22	2.35
W-7	0.04	0.92	1.23	37.79	18.11	6.35	3.06	—	21.75	—	0.21	2.38
V-2	0.05	0.98	1.14	37.47	17.96	—	3.06	1.53	21.75	—	0.20	2.38
V-3	0.06	1.02	1.23	37.47	17.99	—	2.96	2.39	20.88	—	0.23	2.43
N-1	0.04	1.10	1.05	38.04	17.82	—	2.92	—	20.00	1.04	0.22	2.40
N-3	0.05	1.00	1.08	37.44	17.93	—	2.91	—	20.50	3.34	0.22	2.39
S-1	0.16	1.09	1.02	37.30	18.47	2.64	3.00	0.98	21.38	1.16	0.17	2.80
S-2	0.15	1.21	1.19	36.50	18.17	1.52	3.20	1.12	21.88	2.15	0.17	2.80