

めて鍛造しやすい。したがってこれにCを0.63% まであるいはNを0.47% まで高めても、少しも割れの発生なく鍛造することができて耐熱性の向上した材料が得られる。

(172) 38%Ni 耐熱合金の諸性質におよぼす Al, Al+Ti および W+V+Nb の影響

日立金属工業安来工場

工博 小柴定雄・〇九重常男・木村 伸

Effect of Al, Al+Ti and W+V+Nb on Properties of 38% Ni Heat-Resisting Alloy.

Dr. Sadao Koshiba, Tsuneo Kunou and Shin Kimura.

I. 緒 言

さきに 38% Ni 耐熱合金の諸性質におよぼす Mo, W, V および Nb の影響について報告したが、これらの元素はいずれも炭化物生成元素である。これに異なり Al および Ti は Ni との金属間化合物を形成する元素であり、前記諸元素とは形態を異にする。また W, V および Nb は単独に添加するより複合的に添加した場合が一層効果が期待できる。

今回は Al, Al+Ti および W+V+Nb が溶体化処理硬度、時効硬度、常温ならびに高温機械的性質、破断強度、耐酸化性および顕微鏡組織におよぼす影響について実験を行なった。なお同時に各元素添加により生じた析出物の電解抽出を行ない、その量および形態を確かめ、これら析出物と硬度および高温強度との関係を明らかにした。

II. 実験方法

前報と同様基準成分を Ni 38, Cr 18, Co 20, Mn 3, Ti 2.8, Al 0.2% とし Al は単独に 0.70~2.32% の範囲に 4 種類, Al+Ti はその合計を 3% とし Ti+Al を約 (2.5~1.0%)+(0.5~2.0) の範囲に 4 種類, W+V+Nb は 1+1+1%, 2+1+1%, 1+2+1% および 1+1+2% の 4 種類にかえ高周波電気炉にて溶製し、15mm 角に鍛伸して試料とした。溶体化処理、時効硬度は 15×15×15mm の試料で、溶体化処理硬度は 1100~1200°C の温度より水冷して硬度を測定し、時効硬度は 1100, 1150°C および 1200°C 水冷の試料を 500~900°C に各 1 h 時効して硬度を測定した。時効時間による硬度は 1150°C より水冷後 750~850°C の時効温度に 100 h まで累計的に時効し硬度を測定した。常温機械的性質は試料を 1150°C より水冷後 600~900°C に各 1 h 時効して機械的性質を測定した。高温機械的性質は試験片を 1150°C より水冷後 750°C に 20 時間時効して 600~900°C の試験温度における機械的性質を測定した。破断試験は前述と同様の熱処理を行ない 732°C の試験温度で 35.7 kg/mm² の応力をあたえ破断にいたる時間を測定した。耐酸化試験は 700~900°C の温度に 50 h 空气中加熱を行ない酸化増量を秤量した。

析出物の電解分離は電流密度 20mA/cm², 電解液 3% HCl+5% クエン酸, 電解時間 40~50 h の条件で行ない、析出物の化学分析, X線回折, 電子顕微鏡などによる観察を行なった。

III. 実験結果

(1) 試料の化学成分

Table 1 に試料の化学成分を示す。A 0.8~2.5 で, Al, TA 1~4 で Al+Ti, S1~4 で W+V+Nb の影響を調べた。

(2) 溶体化処理硬度

溶体化処理硬度は Al および Ti の増加にしたがい増大し、W+V+Nb の場合は Nb の増加により硬度を増

Table 1. Chemical composition of specimens.

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	W	Mo	V	Co	Nb	Al	Ti
A0.8	0.05	1.17	1.13	0.008	0.016	37.24	17.72	—	3.06	—	20.00	—	0.70	2.68
A1.5	0.05	1.11	1.11	0.008	0.011	37.34	17.85	—	3.07	—	20.50	—	1.37	2.50
A2.0	0.05	1.04	1.18	0.009	0.019	37.44	17.54	—	2.96	—	21.75	—	1.96	2.60
A2.5	0.05	1.02	1.21	0.007	0.021	37.20	17.60	—	3.01	—	21.38	—	2.32	2.60
TA1	0.04	1.04	1.24	0.007	0.011	37.40	17.84	—	3.01	—	21.57	—	2.37	0.46
TA2	0.03	0.97	1.22	0.007	0.016	37.80	17.54	—	3.06	—	21.38	—	1.88	0.90
TA3	0.03	0.95	1.20	0.009	0.016	37.44	17.63	—	3.06	—	21.38	—	1.28	1.24
TA4	0.05	1.03	1.17	0.006	0.009	37.32	17.44	—	3.15	—	21.75	—	0.89	1.80
S1	0.04	1.07	1.23	0.007	0.013	37.32	17.74	1.19	3.15	0.77	21.75	1.06	0.20	2.60
S2	0.05	0.92	1.22	0.006	0.017	37.56	18.17	2.51	3.20	0.80	21.75	1.04	0.21	2.55
S3	0.05	1.07	1.26	0.006	0.021	37.29	17.87	1.18	3.20	1.53	21.75	1.07	0.22	2.60
S4	0.05	1.00	1.23	0.008	0.008	37.31	17.91	1.14	3.14	0.80	21.75	2.10	0.19	2.62

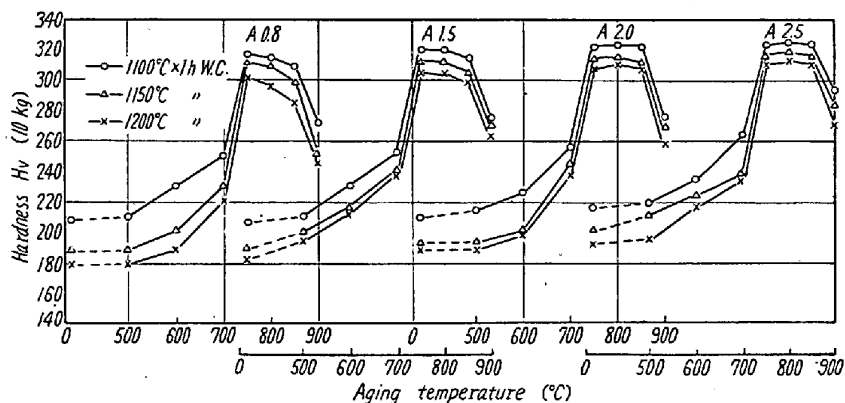


Fig. 1. Relation between aging temperature and hardness. (Effect of Al).

大する。

(3) 時効硬度

Fig. 1 に Al の場合の時効硬度を示したが、Al+Ti の場合は Ti の増加にしたがい硬度を増大する。W+V+Nb の場合は Nb 2% の S4 がもつとも時効硬度が大きくほかの 3 試料間には大差が認められない。

(4) 時効時間と硬度との関係

名試料とも時効温度の低い 750°C の場合はおおむね時間の増加にしたがい硬度を増大するが、800°C および 850°C と時効温度が上昇すれば短時間で硬化を完了し以後時間の増加にしたがい硬度を減少する。

(5) 常温機械的性質

引張り強さは名試料ともおおむね時効温度 800°C で最大となる。また Al および Ti の増加にしたがい引張り強さを増大する。W+V+Nb の場合は Nb 2% S4 がもつとも引張り強さ大きく、ほかの 3 試料間には大差ない。伸び、絞りおよびシャルピー衝撃値は引張り強さと逆の傾向を示す。

(6) 高温機械的性質

Fig. 2 に W+V+Nb の場合の高温機械的性質を示す。

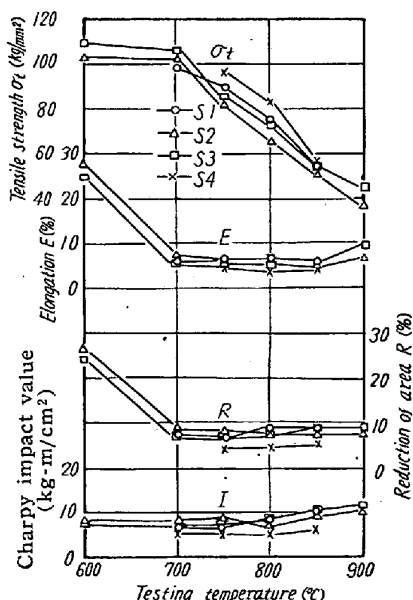


Fig. 2. Relation between testing temperature and mechanical properties. (Effect of W+V+Nb, 1150°C x 1h water cool, 750°C x 20h aging)

した。Al および Al+Ti の場合も Fig. 2 と同様の傾向を示し、Al および Ti の増加にしたがい引張り強さを増大し、伸び、絞りおよび衝撃値を減少する。W+V+Nb の場合は S4 がもつとも引張り強さ大きく、S2 が最小値を示す。なお S1 および S4 は試料僅少のため一部の温度のみ試験を行なった。

(7) 破断強度

Table 2 に各試料の破断時間および破断後の伸びを示した。Al および Ti の増加にしたがい破断時間を増大する。

Table 2. Rupture times and elongation of specimens. (at 732°C, 35.7 kg/mm²)

Specimens	A0.8	A1.5	A2.0	A2.5
Rupture time	17°10'	37°10'	52°55'	53°15'
Elongation %	4.5	3.5	2.5	2.5

Specimens	TA1	TA2	TA3	TA4
Rupture time	11°10'	17°00'	24°35'	34°40'
Elongation %	5.0	4.2	3.5	3.0

Specimens	S1	S2	S3	S4
Rupture time	78°45'	97°30'	101°57'	189°10'
Elongation %	3.7	3.5	3.5	2.1

W+V+Nb の場合は Al および Ti の場合に比し破断時間をいちじるしく増大する。

(8) 酸化増量

Al および Al+Ti の場合は Al の増加にしたがい酸化増量を減少し、W+V+Nb の場合は S3 がもつとも酸化増量大きく、ついで S4, S2, S1 の順となる。

(9) 析出物の電解分離

電解分離した析出物の X 線回折結果を Table 3 に示す。

なお表中の M3, M7, W2, W7, V3, V3, N1 および N3 の各試料は前報の試料である

表より明らかなごとく析出物はいずれも $\text{Ni}_3\text{Al} \sim \text{Ni}_3(\text{Al}, \text{Ti})$ が大部分で M_{23}C_6 , $\text{TiC} \sim \text{Ti}(\text{C}, \text{N})$ が若干炭化物として析出している。このほか W, V, Nb をそれぞれ単独に添加した試料ではこれらの元素の炭化物が析出しているが、とくに Nb は炭化物を形成しやすく、 $\text{NbC} \sim \text{Nb}_3(\text{C}, \text{N})_3$ がかなり存在している。

Fig. 3 に各試料の析出物量と高温強度との関係を示し

Table 3. Analysis of X-ray diffraction data.

Table of Alloy Data											
σ Phase (Fe-Cr) ~(Fe-Cr- Mo-Ni)		Ni ₃ Al ~ G Phase Ni ₃ (Al, Ti) (Al, Ti rich)	Laves (Ni ₁₃ , Ti ₈ , Si ₆) (Ti Fe ₂)	M ₆ C (Fe, Cr, Mo) ₆ C	M ₂₃ C ₆ (Cr, Fe, Mo) ₂₃ C ₆ ~ Fe ₂₁ (Cr, Mo) ₂ C ₆	WC	Mo ₂ C	VC	TiC~ Ti(C, N) (C rich)	NbC~ Nb ₄ (C, N) ₃ (C rich)	
8.80		3.561	11.198	4.751~ 4.765	11.04	10.659	2.91	2.994	4.16	4.3285	4.449
M-3	×	⊙ (100)	×	×	×	○(Trace)	×	×	×	○(Trace)	×
M-7	×	⊙ (100)	×	×	×	○(")	×	○(Trace)	×	○(")	×
A-8	×	⊙ (100)	×	×	×	○(")	×	×	×	○(")	×
W-2	×	⊙ (100)	×	×	×	○(")	○(Trace)	×	×	?	×
W-7	×	⊙ (100)	×	×	×	○(")	○(")	×	×	?	×
V-2	×	⊙ (100)	×	×	×	○(")	×	×	○(Trace)	?	×
V-3	×	⊙ (99)	×	×	×	○(")	×	×	○(")	?	×
N-1	×	⊙ (95)	×	×	×	○(")	×	×	×	○(Trace)	○ (5)
N-3	×	⊙ (90)	×	×	×	○(")	×	×	×	○(")	○ (10)
S-1	×	⊙ (90)	×	×	×	○(")	?	×	×	○(")	○ (10)
S-2	×	⊙ (90)	×	×	×	○(")	?	×	?	○(")	○ (10)

Note: ⊙ Present (especially evident), ○ Present.
? Presumably present or absent, × Absent.

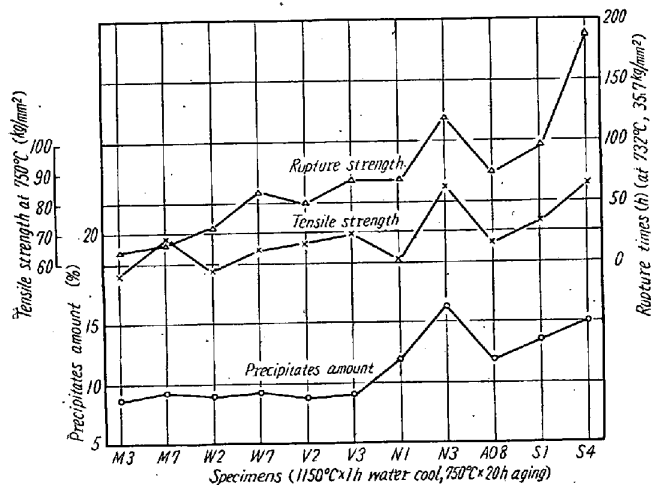


Fig.3. Relation between the amount of precipitates from electrolytic isolation and the strength at high temperatures.

た。高温引張り強さおよびラプチャー強度は析出物量と密接な関係を示し、析出物量の多い試料ほど高温強度を増大する。

文 献

- 1) 小柴, 九重: 鉄と鋼, 46 (1960) 487

(173) 真空溶解における鉄基二元合金の蒸発による組成変化

日本冶金工業川崎製造所

川畑正夫・横田孝三・佐藤洋太・渡辺哲弥

Composition Change of Iron-Base Binary Alloys by Vaporization in Vacuum Melting.

Masao Kawahata, Kozo Yokota,
Yota Sato and Tetsuya Watanabe.

I. 緒 言

誘導式真空溶解では、溶解中に不純物あるいは合金成分として含有される成分は、それぞれの蒸発量の鉄の蒸発量に対する割合に応じて、稀釈または富化される可能性がある。

本実験は実験室的規模の真空溶解装置を用い、鉄基金属の不純物として存在する成分あるいは合金として含有される成分の真空溶解中の蒸発にもとづく組成変化に関するものである。

II. 実験方法

出力 25 kW の真空管式高周波発振器を電源にし加熱コイルが真空槽内に含まれる形式の溶解能力約 10 kg の実験用真空溶解炉により行なつた。付属排気装置は 8 吋油拡散ポンプおよび 1800 l/mn の油回転ポンプである。実験成分は Ni, Co, Mo, Cr, Mn, Cu, As, S, P, Sn, Pb, Sb, Ag および Si についてマグネシヤルツボを使用し、まず電解鉄を溶解し溶落後アルゴンガス大気圧下で純金属または母合金にて添加し、その後急速に排気し約 1 μ Hg の真空中で最高 90 分間 1550 ~ 1600 °C の間で保持し溶解過程で分析試料を採取し組成変化を調査した。なお溶解量は 3.5 kg で試料採取にさいし一回の sampling ごとに約 100 g の鋼浴量の減少がある。また鋼浴表面積および容積は計算値では 38.5 cm², 437 cm³ である。

III. 実験結果

Fig. 1 に Ni, Co, Mo の溶解過程での濃度変化を示す。これらの成分は溶解中ほとんど変化なくむしろ鉄の