

Ni の高温におけるエリンバー特性におよぼす Al および Ta 添加の影響について*

増本 量** 沢谷 昭八** 菊地 紀雄**

Hakaru Masumoto, Showhachi Sawaya and Michio Kikuchi : Effects of Additions of Aluminum and Tantalum on the Elinvar Property of Nickel at Low and High Temperatures. Young's modulus at low and high temperatures and thermal expansion at room temperature have been measured so as to investigate the effects of additions of aluminum and tantalum on the Elinvar property of nickel at high temperature. In the alloy systems Ni-Al and Ni-Ta, the critical temperature at which the Elinvar property of nickel appears falls down gradually along the magnetic transformation point with increasing addition of each element. Also, a small minimum linear coefficient of thermal expansion appears near the composition at which the Elinvar property is revealed at room temperature.

(Received August 31, 1974)

I. 緒 言

強磁性 Ni が高温において Elinvar 特性を示すことはすでに多くの研究⁽¹⁾によってよく知られている事実である。また Ni 単結晶のヤング率の結晶異方性とその温度変化については著者の 2 人と齋藤および村上⁽²⁾の詳細な研究がある。著者らはこの Ni の高温におけるヤング率の異常性が他元素の添加によって如何に変わるかということについて研究しており、すでに著者の 2 人と中村⁽³⁾および門脇⁽⁴⁾は添加元素が Cr, Mo, W, Si, Sn, V, Mn, Ti, および Zn

の場合について研究結果を本誌に発表しておいた。ここには添加元素が Al および Ta の場合について報告する。

II. 試料ならびに実験方法

合金の原料としては前報⁽³⁾⁽⁴⁾と同じ電解 Ni, 電解 Al (純度 99.99%) および金属 Ta (純度 99.7% 以上) を用いた。

試料を造るにはまず金属の適量をアルミナ坩堝中で H₂ ガスを通じながら高周波誘導電気炉によって溶解した。つぎにその溶融合金を内径 4 mm の鉄型に鑄込み、さらにこれを常温で Swaging および冷間線引によって直径 2 mm

** 財団法人電気磁気材料研究所 (The Research Institute of Electric and Magnetic Alloys, 107, Higashi 8-bancho, Sendai)

* 1974 年 4 月金属学会習志野大会に発表; 財団法人電気磁気材料研究所研究報告第 84 号

の丸棒とし、それから長さ 11 cm のものを切りとって試料とした。最後に試料は真空中で 1000°C 1 hr 加熱の後、100°C/hr の速度で冷却した。

常温における熱膨張の測定は精密縦型全膨張計⁽⁵⁾によって行ない、常温ならびに高温におけるヤング率は、静電容量駆動方式⁽⁶⁾の装置により、試料の固有振動数(600~800 Hz)を測定し、その値と密度から計算によって求めた。なお密度の測定は水中秤量法によった。

III. 測定結果ならびに考察

1. 高温におけるヤング率

Fig.2 および Fig.4 はそれぞれ 1000°C で 1 hr 加熱後 100°C/hr の速度で炉中冷却した Ni-Al 系および Ni-Ta

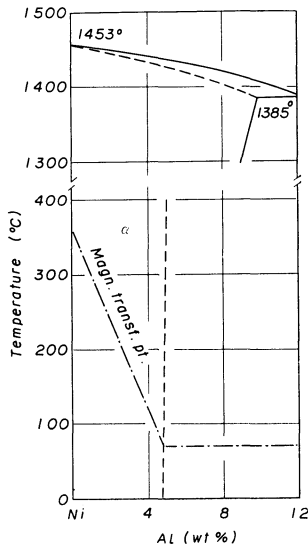


Fig.1 Equilibrium diagram of Ni-Al alloys.

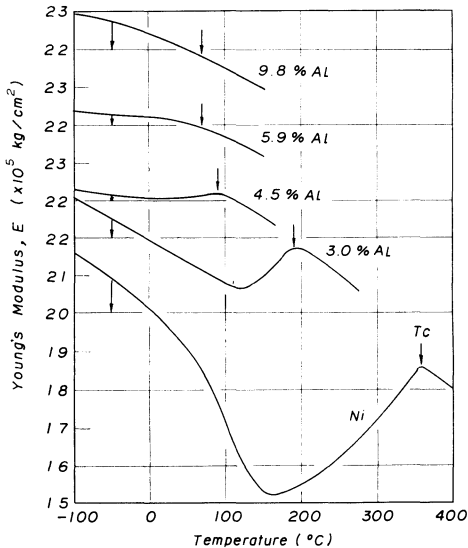


Fig.2 Temperature dependence of Young's modulus in nickel-aluminium alloys.

系合金のヤング率 E と温度との関係を示す。图中 Ni は Curie 点である約 360°C 以下の温度において、非常に大きなヤング率の異常を示しているが、これに Al および Ta を添加すると、それぞれ Fig.1, Fig.2 および Fig.3, Fig.4 に見るように、その異常性は元素添加による磁気変態点の降下とともに弱まって行き、ついに強磁性の消失とともに消失する。

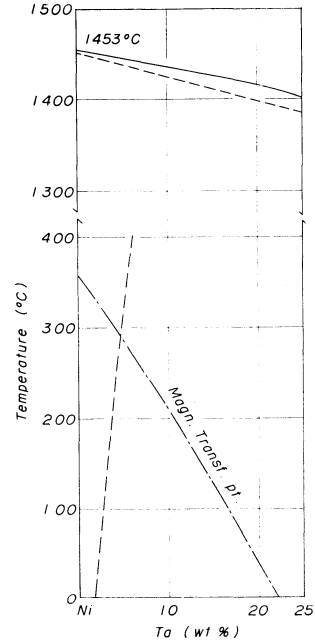


Fig.3 Equilibrium diagram of Ni-Ta alloys.

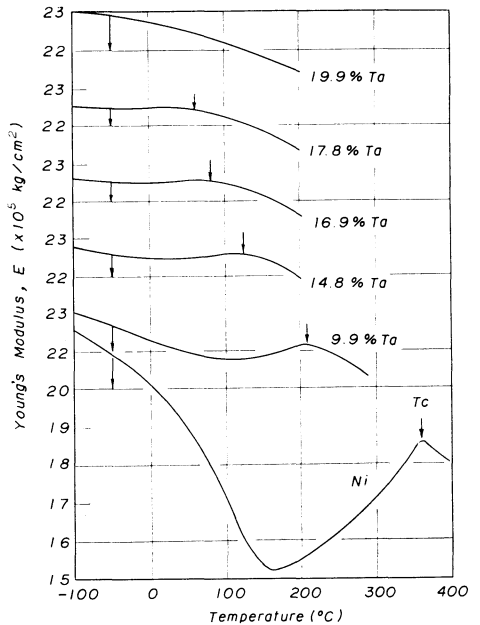


Fig.4 Temperature dependence of Young's modulus in nickel-tantalum alloys.

2. 常温における熱膨張係数, ヤング率, その温度係数ならびに密度

Fig.5 および Fig.6 はそれぞれ 1000°C で 1hr 加熱し, 100°C/hr の速度で炉中冷却した Ni-Al 系および Ni-Ta 系合金について, 0~40°C の平均線膨張係数 α , 20°C におけるヤング率 E , その 0~40°C の平均温度係数 e ならびに 20°C における密度 D と合金の濃度との関係を示してある. また各系の代表的な合金の値は Table 1 に掲げてある. すなわち α は Ni-Al 系については Al 約 6%, Ni-Ta 系については Ta 約 17% においてそれぞれ一つの小さい極小値を示す. つぎに Ni の E はいずれの合金系においても初め添加元素の量とともに急激な増加を示すが Al 約 4% 以上, Ta 約 10% 以上の濃度において直線的にわずか

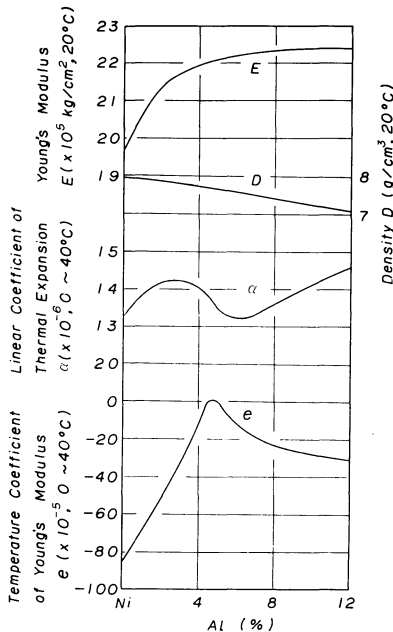


Fig.5 Mean linear coefficient of thermal expansion, Young's modulus and its mean temperature coefficient, and density in nikel-aluminum alloys furnace-cooled after heating at 1000°C for 1hr.

Table 1 Young's modulus E and its mean temperature coefficient e , mean linear coefficient of thermal expansion α , and density D in Ni-Al and Ni-Ta alloys furnace-cooled after heating at 1000°C for 1hr.

Content(%)		E ($\times 10^5$ kg/cm ² , 20°C)	e ($\times 10^{-5}$, 0~40°C)	α ($\times 10^{-6}$, 0~40°C)	D (g/cm ³ , 20°C)
Al	Ta				
3.0	—	21.7	-9.5	+14.05	7.81
4.5	—	22.0	+0.5	+13.70	7.62
4.9	—	22.1	+0.4	+13.42	7.60
—	14.8	22.5	-6.5	+13.36	10.10
—	16.9	22.5	+0.3	+13.20	10.25
—	17.8	22.7	-9.0	+13.25	10.34

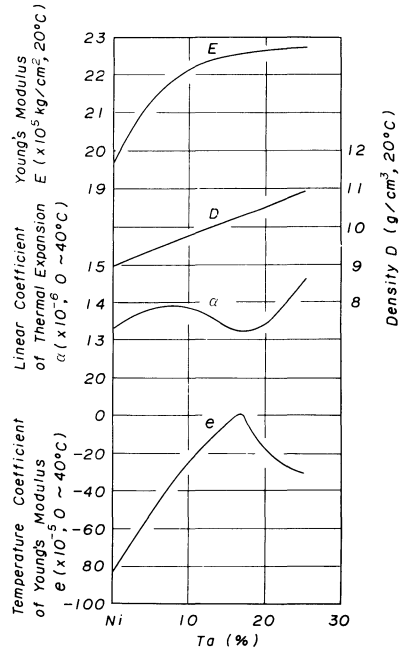


Fig.6 Mean linear coefficient of thermal expansion, Young's modulus and its mean temperature coefficient, and density in nikel-tantalum alloys furnace-cooled after heating at 1000°C for 1hr.

に増加するばかりである. e は Ni-Al 系については Al 約 4.7%, Ni-Ta 系については Ta 約 16.9% において非常に小さな正の極大値を示す. また D はいずれの合金系においても添加元素の量とともにただ直線的に減少または増加するばかりである.

要するに, Ni の高温における E の異常性は Al あるいは Ta の量とともに漸次下降し, 常温において Elinvar 特性が現われるのである.

IV. 総 括

Ni-0~9.8% Al 系および Ni-0~19.9% Ta 系合金について低温および高温におけるヤング率, 線膨張係数ならびに密度を測定しつぎの結果を得た.

(1) Ni の高温における E の異常性は Al あるいは Ta の添加量とともに漸次弱まってゆき, 強磁性の消失とともに消失する.

(2) Ni の 20°C におけるヤング率は, Al あるいは Ta の添加量とともに初め急激に増加するが Al 約 4% 以上あるいは Ta 約 10% 以上の組成では漸次増加の割合が減る.

(3) 0~40°C における平均のヤング率の温度係数は,

Ni-Al 系においては Al 約 4.7%, Ni-Ta 系においては Ta 約 16.9% において非常に小さな正の極大値を示し、いわゆる Elinvar 特性が現われる。

(4) 0~40°C における平均線膨張係数は Ni-Al 系については Al 約 6%, Ni-Ta 系については約 17% においてそれぞれ一つの小さい極大値を示す。

(5) 20°C における密度は、いずれの合金においても Al あるいは Ta 量の増加とともにただ単調な減少あるいは増加を示すだけである。

最後に本研究遂行中、合金の分析の労をとられた東北特殊鋼株式会社分析課の各位に対し厚く感謝の意を表す。

文 献

- (1) S. Siegel and S.L. Quimby : Phys. Rev., **49**(1936), 633; W. Döring : Ann. Phys., **32**(1938), 465; W. Köster : Z. Metallk., **39**(1948), 1; K.H. Schramm : Z. Metallk., **53**(1962), 729; P.E. Armstrong and H.L. Brown : Trans. Met. Soc. AIME, **230**(1964), 962.
- (2) 増本 量, 斎藤英夫, 村上雄悦, 菊地紀雄 : 金属学会誌, **32**(1968), 525.
- (3) 増本 量, 沢谷昭八, 中村直司 : 金属学会誌, **33**(1969), 1003 (Cr, Mo, W); 金属学会誌, **33**(1969), 1134 (Si, Sn, V).
- (4) 増本 量, 沢谷昭八, 門脇静穂 : 金属学会誌, **33**(1969), 1138 (Mn, Ti, Zn).
- (5) 増本 量, 小林猛郎 : 金属学会誌, **12**(1948), No 6, 1; Sci. Rep. RITU, **A-2**(1950), 856.
- (6) 白川勇記, 小熊一郎 : 金属学会誌, **24**(1960), 63.