

1909 燃焼合成法により作製された精密鑄造 TiNi 形状記憶合金の金属学的特性評価

Evaluation of metallurgical properties of the TiNi shape memory alloy manufactured by self-propagating high-temperature synthesis and lost wax fine casting

○学 口田 敏雄(三重大・院) 正 徳田 正孝(三重大・工)

正 北村 一浩(長野高専) 正 稲葉 忠司(三重大・工)

Toshio KUCHIDA, Masataka TOKUDA and Tadashi INABA, Mie University, Kurimamachiyacyo1577, Tsu, Mie

Kazuhiro KITAMURA, Nagano National College of Technology, Tokuma716, Nagano

The shape memory properties of a casting TiNi shape memory alloy (SMA) were studied. Base materials were prepared as a self-propagating high-temperature synthesis (SHS) ingot. The composition of these ingots was Ti-50.4at%Ni. The ingot was cast into a shape of specimen by lost wax fine casting. The heat-treatment conditions were 480°C-40min. Shape memory characteristics were measured by differential scanning calorimetry (DSC) and X-ray diffraction (XRD).

Keywords: titanium-nickel, shape memory alloy, lost wax fine casting, self-propagating high-temperature synthesis

1. 緒言

TiNi 形状記憶合金は、形状記憶特性や超弾性などの機能を有する機能材料であり、実用材として、混合水栓や携帯電話のアンテナなど、さまざまな分野で応用されている。しかし TiNi 形状記憶合金は難加工材であるため、その形状は薄板や線材に限られている。そこで、この問題を克服し、さらに応用範囲を広げるために、任意形状を作製する方法として精密鑄造が考えられた。TiNi 合金の精密鑄造の研究は、歯科分野¹⁾で行われているが、遠心鑄造法を用いた TiNi 精密鑄造材に対しての重力偏析についての考察は行われておらず、その金属学的特性についても未知の部分が多い。本研究では、鑄造材に及ぼす重力偏析の影響と、この材料の金属学的特性について調べるために、燃焼合成法で作製した合金インゴットを用いて、遠心鑄造法で精密鑄造を行った試料について X 線回折 (XRD) 測定、示差走査熱量 (DSC) 測定を用いて評価を行った。

2. 実験方法

本研究では、原理的に重力偏析がないとされる燃焼合成法²⁾⁻³⁾で作製した合金インゴットを用いて、長さ約 90mm の試験片を遠心鑄造により作製した。Fig.1 は精密鑄造により作製し、パレル研磨された試料の写真を示している。インゴットの配合組成は Ti-50.4at%Ni である。試験片はエメリー研磨を行った後、それぞれ目的の温度で熱処理を施した。熱処理終了後、再びエメリー研磨を行うことで測定用の試料とした。それぞれの試料はリファインカッターにより切断した。DSC 用の試料は遠心鑄造の際の遠心力による偏析を調べるために試験片の両端を切断したものをを用いた。熱処理温度は基本となる 480°C-40min で熱処理後水中急冷した。その後、熱処理による効果を調べるために、さらに 400°C-1h, 500°C-1h, 600°C-1h の各熱処理を施したものを作製した。試料内部にどのような化合物が存在するかを調べる目的で XRD 測定を、試料の変態・逆変態温度を測定する目的で DSC 測定を行った。

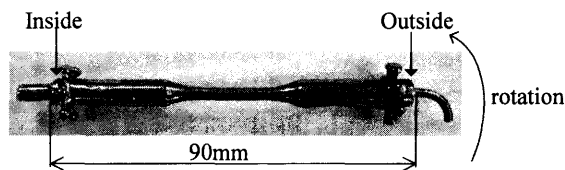


Fig.1 View of specimen

3. 実験結果及び考察

本研究で用いた試験片において精密鑄造後、熱処理を行っていない試料の XRD 測定と DSC 測定の結果を Fig.2 および Fig.3 に示す。XRD 測定の結果において、42° 付近に母相からの回折ピークが現れており、この試料が室温においてほぼ均質な母相であることが明らかになった。また、DSC 測定の結果からもマルテンサイト変態とその逆変態に対応するピークが現れており、室温付近では母相となっていることが確認できた。

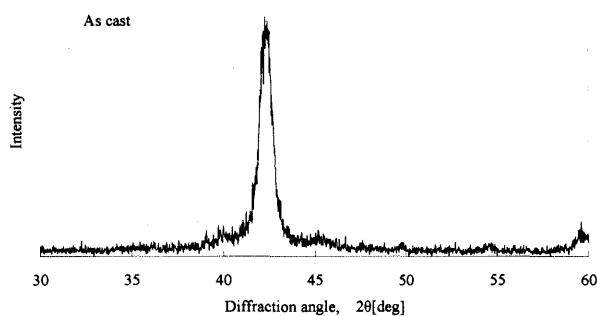


Fig.2 X-ray diffraction patterns of as cast specimen

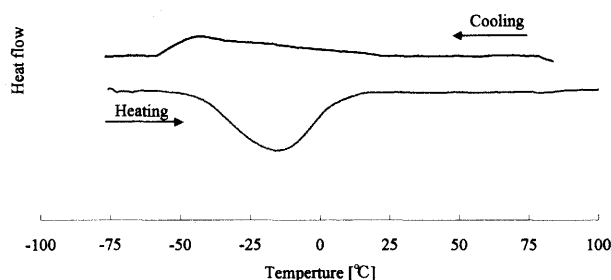


Fig.3 DSC curves of as cast specimen

Fig.4 は、480°C-40min 熱処理材の遠心 casting における外側部と内側部の DSC 曲線を示している。いずれの試料においても、冷却時には R 相と母相の 2 段階で変態が起こっており、加熱時にはそれに対応した逆変態が起こっている。冷却・加熱過程ともに外側部、内側部での DSC 曲線の違いが少なく、重力偏析が小さいと考えられる。

Fig.5 は 480°C-40min 熱処理材の XRD 測定の結果を示す。42° 付近に母相に対応する強いピークが現れており、同時に 39° 付近にマルテンサイト相のピークが現れている。このため、室温では母相とマルテンサイト相が混在していることがわかった。また、未熱処理の状態ではほとんど見られなかった Ti_2Ni や $TiNi_3$ などのピークが現れており、熱処理によってこれらが析出したことがわかった。

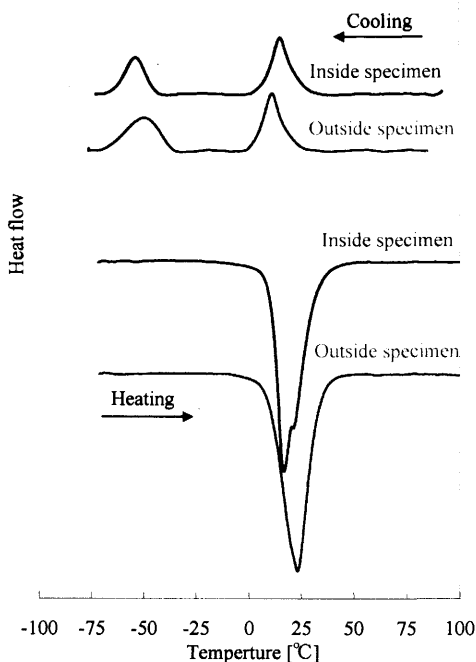


Fig.4 DSC curves of inside and outside specimen

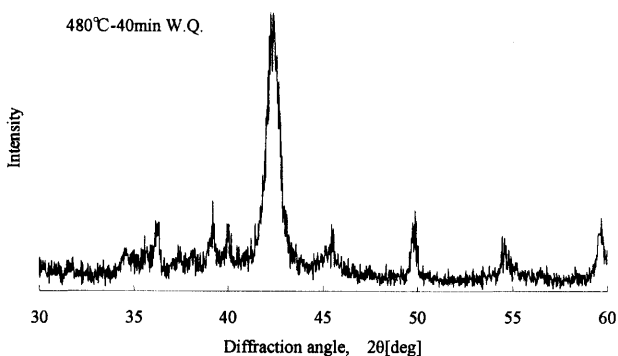


Fig.5 X-ray diffraction patterns of heat treated specimen

Fig.6 は、480°C-40min 熱処理材に対し、その後、さらに 400°C-1h, 500°C-1h, 600°C-1h の各熱処理を施した試料の DSC 曲線である。400°C-1h の熱処理では熱処理前と比較し、マルテンサイト変態の温度が上昇している。これは、時効

により析出物が現れ、母材の Ni 濃度が下がったためだと考えられる。500°C-1h の熱処理では、多段階のマルテンサイト変態が現れた。これは時効により内部組織が不均一になったためであると考えられる。600°C-1h の熱処理では、冷却時の DSC 曲線はマルテンサイト変態のみの 1 段階変態となり、Fig.2 に示した未熱処理材とほぼ同じ DSC 曲線となった。このことから、この熱処理が溶体化処理に対応した熱処理になっていると考えられる。

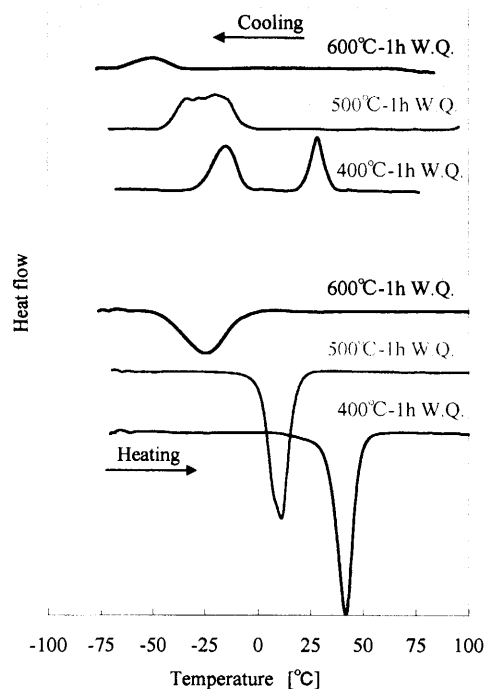


Fig.6 DSC curves of various heat treated specimen

4. 結言

今回の測定結果より、燃焼合成法で作製したインゴットを用いて精密 casting した TiNi 形状記憶合金が、室温において安定した母相を持つことが確認され、重力偏析による影響が小さいのではないかとということが示唆された。また、今回行った熱処理において、この材料に対しての時効処理や溶体化処理の効果を得ることができた。今後、溶解法により作製されたインゴットから、同等の精密 casting 試験片を作製することで、重力偏析等による casting 材としての特性の違いについて比較を行っていくことが必要であると考えられる。

5. 文献

- 1) Y. Soga, H. Doi, E. Kobayashi, T. Yoneyama and H. Hamanaka: Journal of the Japanese Society for Dental Materials and Devices 16,(1997),150.
- 2) Y. Kaieda, M. Otaguchi, N. Oguro T. Oie and T. Hirayama : Bulletin of the Japan Institute of Metals. 30,(1991),554-556.
- 3) Y. Kaieda: MATERIA Japan,35,6 (1996),613-615.