

保持中の  $\beta$  相の成長粗大化を防ぐ効果に強く依存する。

### The Influence of Post Quench Ageing in the Beta-phase on the Transformation Characteristics and the Physical and Mechanical Properties of Martensite in a Cu-Al-Ni Shape Memory Alloy

By J. VAN HUMBEECK *et al.*

Fine grained Cu-Al-Ni-Ti alloys have been subjected to post quench ageing treatments in the  $\beta$ -phase. The resulting changes in transformation characteristics, particularly  $A_s$ , and the physical and mechanical properties of martensite have been studied. The  $A_s$  shifts are discussed in terms of quenched-in short range disorder and the subsequent recovery on ageing of first and second neighbour order. The role of order and defects, particularly vacancies, is also discussed in relation to the observed changes in the physical and mechanical properties of martensite. It is also shown that optimising the ageing treatment can lead to the desired properties.

### Effect of Heat Treatments on Thermally Formed Martensite Phases in Monocrystalline Cu-Al-Ni Shape Memory Alloy

By Hidekazu SAKAMOTO *et al.*

単結晶 Cu-14.1Al-4.2Ni (質量%) (合金1) および Cu-14.7Al-4.2Ni (合金2) 形状記憶合金のマルテンサイト ( $M$ ) 変態に及ぼす熱処理の影響を DSC 測定, 光顕観察および  $M$  組織をもつ試料の引張試験により調べた。その結果, 合金1では変態温度が変化だけでなく, 冷却時に生成する  $M$  も  $\beta_1'$  から  $\gamma_1'$  に変化することも見出した。他方, 合金2では生成する  $M$  は熱処理によらず  $\gamma_1'$  であった。 $M$  が変化する理由を明らかにするため,  $\beta_1 \rightarrow \gamma_1'$  および  $\beta_1 \rightarrow \beta_1'$  変態の平衡温度  $T_0$  とその熱処理による変化を応力誘起  $M$  変態とそれに伴う擬弾性に関する以前のデータ (*Trans. Jpn. Inst. Met.*, 28 (1987), 264) を用いて評価した。その結果,  $T_0$  点の変化および  $\gamma_1'$  と  $\beta_1'$  の核生成に必要な過冷を考慮することにより, 最も高い  $M_s$  点の  $M$  相が熱処理により  $\beta_1'$  から  $\gamma_1'$  に変化するという単純な図式で,  $M$  が変化する理由を良く説明できた。合金組成とともに  $M$  相が変化する他の合金系に対しても, この図式が適用できることを議論した。

## Nickel-Titanium Alloys

### Morphological Characteristics of the Orthorhombic Martensite in a Shape Memory Ti-Ni-Cu Alloy

By Toshio SABURI *et al.*

Ti-Ni-Cu 形状記憶合金の斜方晶マルテンサイトにおける形態上の特徴を光学顕微鏡観察, 電子顕微鏡観察,

現象論による計算により調べ, 以下のことを見出した。

(1) Ti-Ni-Cu 合金における立方晶 ( $B2$ )-斜方晶マルテンサイト変態において, 格子不変変形は必要でない。これは変態の際の主歪みの一つがほぼゼロであることに起因する。

(2) 実験的に求めたマルテンサイトの晶癖面は母相格子の  $\{334\}$  面であり, マルテンサイトの現象論により計算で求めたものとよく一致する。

(3) 斜方晶マルテンサイトの自己調整は, 母相の各  $\langle 111 \rangle$  軸の周りに3種類の兄弟晶が組を形成し, 互いに歪みを打ち消し合うことにより達成される。兄弟晶間の界面には, マルテンサイト斜方晶格子の  $(111)$  第一種双晶の双晶面と  $(101)$  複合双晶の双晶面の2種類がある。

### Calorimetry and Fractal Analysis of Stepwise Martensitic Transformation of NiTi Alloys

By G. AIROLDI *et al.*

The stepwise character of the thermoelastic martensitic transformation in NiTi alloys is investigated in terms of the enthalpy changes connected with the transformation. Differential scanning calorimetry has been adopted to evidence the discontinuous heat flow developed during both the direct and reverse martensitic transformation. The results are examined at the light of a simplified fractal model advanced to describe the self-similarity of martensitic microstructures.

### Influence of Heat Treatment on the Mechanical Behaviour of a NiTi Alloy

By Yinong LIU *et al.*

Measurements of the effect of heat treatment following cold work on the yield and shape memory behaviour in a NiTi alloy are reported. Tensile behaviour is found to depend on test temperature and initial structure as well as annealing temperature. Minimum values of stress required for stress induced martensite, martensite re-orientation and parent phase yield were found to be associated with the as-recrystallized structure. Measurements of reversion and permanent strains were found to depend on applied stress.

### Morphological Changes Associated with the R-phase and Martensitic Transformation in Ti-Ni Single Crystals

By Shuichi MIYAZAKI *et al.*

Ti-Ni 形状記憶合金の溶体化処理材および時効材について, 冷却・加熱中の  $R$  相変態およびマルテンサイト ( $M$ ) 変態の過程を, 電気抵抗-温度曲線上の各点と対応させて連続観察をすることにより, 電気抵抗-温度曲線

上で変態温度を定めた。変態に際しては、時効材では、 $R$ 相および $M$ 相ともに変態歪みの自己調整を行うための特有の形態を現し、いずれも全体の歪みが小さく、構成バリエーション間の界面が双晶界面となるエネルギー的に安定なものであった。しかし、溶体化処理材では、 $R$ 相は現れず、 $M$ 相も自己調整のための特有の形態を示さなかつた。時効材と溶体化処理材のこのような違いについて考察を加えた。溶体化処理材の $M$ 晶の形態変化は、冷却中の形成過程と加熱中の消滅過程が、同じ経路を逆に辿った。しかし、時効材の $M$ 晶の形態変化は、可逆的ではなく、このことは、三角形の安定な形態を作ることと関係する。時効材の $R$ 相の形態は、 $M_s$ 点以上での冷却・加熱に際して変化せず、自己調整の形態を示した。しかし、 $M$ 変態後の加熱で現れる $R$ 相の形態は $M$ 晶の影響があることを示した。

### Titanium-Palladium and Ferrous Alloys

#### Martensitic Transformation in TiPd-Cr Alloys

By Kazuyuki ENAMI *et al.*

等原子比組成のTiPd合金は $M_s$ 点が約800 Kと高温のため高温で作動する形状記憶素子材料として注目されている。本研究はTiPdの $M$ 変態に与えるCr添加の影響を $Ti_{50}Pd_{50-x}Cr_x$  ( $x=2\sim 10$  at%),  $Ti_{54}Pd_{46-x}Cr_x$  ( $x=2\sim 6$  at%) 合金を用い、電気抵抗測定、電顕観察により調べた。Cr濃度の増加に伴い、 $M_s$ 点は800 Kから液体窒素温度まで幅広く変化することが判明した。 $M$ 相の構造はCr濃度に依存し、以前のTiPd-Fe合金と同様、B19 (2H)  $M$ 相の他に9RM相、インコメンシュレート (IC) 相が見出された。B19  $M$ 相の内部組織は

(111) 双晶、9R  $M$ 相では $[114]$  9R 双晶であった。後者はCu-Al系18R  $M$ 相の $[128]$  18R 双晶に相当する。IC相出現に伴う超格子反射の位置、そのCr濃度依存、またIC相の内部組織等々は、以前のTiPd-Fe合金のIC相と全く同様であり、遷移元素がTiPdの $M$ 変態に与える影響が同一の起源を持つことを示唆している。

#### Shape Memory Effect Related to Thin Plate Martensite with Large Thermal Hysteresis in Ausaged Fe-Ni-Co-Ti Alloy

By Tadashi MAKI *et al.*

Fe-31%Ni-10%Co-3%Ti合金のマルテンサイト ( $M$ ) 変態挙動および形状記憶効果について研究した。溶体化処理後、873 K、3.6 ksのオースエージ処理を施すことにより大きな熱ヒステリシスを持つthin plate  $M$  ( $M_s=193$  K,  $A_s-M_s=150$  K,  $A_f-M_s=315$  K) が生成する。このthin plate  $M$  は大きな熱ヒステリシスにもかかわらず、正変態、逆変態は通常の熱弾性 $M$ と同様に界面の可逆的移動によつて進行する。室温でオーステナイト ( $\gamma$ ) 単相の試料は、 $M_s$ 点近傍もしくは $M_s$ 点以下の温度で変形後 $A_f$ 点以上に加熱すると完全な形状記憶効果を示す。 $\gamma$ 単相の試料を室温で変形すれば $A_f$ 点以上に加熱しても形状記憶をほとんど示さないが、一度液体窒素中に冷却して約70%の $M$ を生成させた試料を室温で変形すると、その後 $A_f$ 点以上に加熱することによりほぼ完全な形状記憶を示すようになる。さらに、一度サブゼロ処理した試料を $A_s$ 点近傍の温度で変形すると、変形後再度 $M_s$ 点以下に冷却することにより部分的な形状回復が生じる。組織観察をもとに本合金での形状記憶効果の出現機構を考察した。

会員には「鉄と鋼」あるいは「ISIJ International」(1989年1月より「Trans. ISIJ」より改題)のいずれかを毎号無料で配布いたします。「鉄と鋼」と「ISIJ International」の両誌希望の会員には、特別料金5000円の追加で両誌が配布されます。