

05.3;12

ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ МАРТЕНСИТНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В СПЛАВАХ НА ОСНОВЕ НИКЕЛИДА ТИТАНА

© В.Э.Гюнтер, Т.Ю.Малеткина, А.А.Клопотов

Сплавы на основе никелида титана являются современными конструкционными материалами, обладающими эффектами памяти формы, сверхэластичности и сверхпластичности. В основе этих эффектов лежит явление неупругой деформации, эффективность которого определяется результатом конкуренции в материале двух процессов — мартенситной неупругости и пластической деформации [1,2]. Мартенситная неупругость проявляется в результате закономерного мартенситного превращения (МП) под воздействием температуры, внешних и внутренних напряжений [3]. Высокая эффективность проявления эффектов памяти формы, сверхэластичности и сверхпластичности наблюдается в том случае, когда мартенситная деформация доминирует над пластической деформацией [1,2]. Характеристикой, наиболее чувствительной к пластической деформации, является характеристическая температура начала мартенситных превращений. Обнаружено расширение интервалов мартенситных превращений при пластической деформации в мартенситном состоянии в ряде сплавов на основе TiNi. Расширение интервалов мартенситных превращений происходит за счет существенного повышения температуры начала и слабого уменьшения температуры конца фазовых переходов [4].

В настоящей работе приводятся новые экспериментальные данные о существенном влиянии пластической деформации на мартенситные переходы в сплавах на основе никелида титана, близких к эквиа tomному составу: $Ti_{50.5}Ni_{49.5}$ и $Ti_{49.8}Ni_{50.2}$.

В исходном недеформированном состоянии исследуемые сплавы при охлаждении испытывают фазовый переход из высокотемпературной B2-фазы, упорядоченной по типу CsCl, в ромбическую с моноклинным искажением фазу B19' с температурой начала перехода M_n . Незначительная (до 1%) деформация вызывает появление новой ромбоэдрической фазы R с температурой начала перехода T_R . Последовательность превращений в этом случае имеет вид:

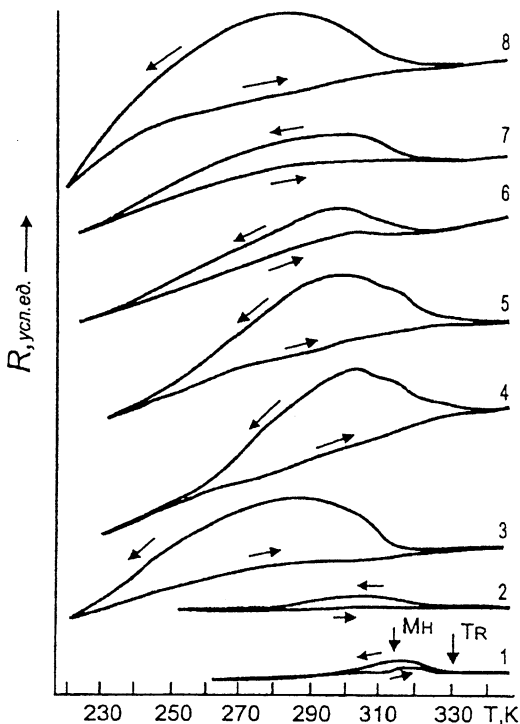


Рис. 1. Температурные зависимости электросопротивления при различных степенях деформации в сплаве $Ti_{50.2}Ni_{49.2}$: 1 — $\epsilon = 0\%$; 2 — $\epsilon = 5\%$; 3 — $\epsilon = 23\%$; 4 — $\epsilon = 32\%$; 5 — $\epsilon = 40\%$; 6 — $\epsilon = 50\%$; 7 — $\epsilon = 60\%$; 8 — $\epsilon = 80\%$.

$B2 \rightarrow R + B19' \rightarrow B19'$. Пластическую деформацию проводили растяжением и прокаткой в одном направлении со средним обжатием за один проход 4–6%. Деформирование осуществляли при комнатной температуре, когда сплавы находились в мартенситном состоянии. Характерные температурные зависимости кривых электросопротивления представлены на рис. 1. Видно, что с увеличением степени пластической деформации происходит уширение температурного интервала МП, рост площади петли гистерезиса и изменение ее формы. Установлен немонотонный характер поведения удельного значения электросопротивления от степени деформации. Анализ температурных зависимостей кривых электросопротивления от степени деформации позволил выявить влияние пластической деформации на характеристические температуры T_R и M_H (рис. 2). Видно, что для сплава $Ti_{50.5}Ni_{49.5}$, подвергнутого растяжению, зависимость T_R и M_H от степени деформации немоно-

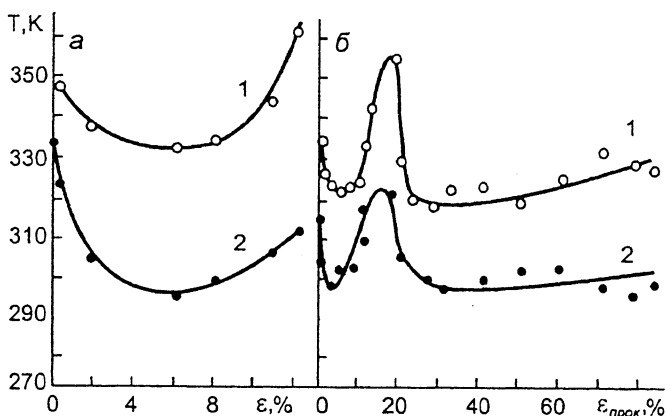


Рис. 2. Зависимости температур T_R (1) и M_n (2) от величины предварительной деформации растяжением сплава $Ti_{50.5}Ni_{49.5}$ (а) и прокаткой сплава $Ti_{49.8}Ni_{50.2}$ (б).

тонна (рис. 2, а). Минимум на этих зависимостях приходится на 6% деформации. В случае, когда деформация осуществлялась прокаткой сплава $Ti_{49.8}Ni_{50.2}$ (рис. 2, б), также наблюдается немонотонная зависимость T_R и M_n от степени деформации с минимумом в области 3–5% деформации. Такое поведение характеристических температур превращений связано с особым характером влияния пластической деформации на движение межфазных границ раздела. При малых деформациях основное воздействие оказывает возникновение дефектов и их упругих полей, которые препятствуют движению межфазных границ. Это вызывает снижение температур T_R и M_n , и требуется дополнительное переохлаждение сплавов. С ростом величины деформации основное влияние на движение межфазной границы оказывают области высоких внутренних напряжений. Изменение температур T_R и M_n в этом случае описывается уравнением Клаузиуса–Клапейрона [5].

Последующее повышение величины деформации приводит к тому, что температурные области существования низкотемпературных фаз R и $B19'$ начинают сложным образом зависеть от дислокационной субструктуры сплавов. Процесс развития пластической деформации становится доминирующим над реализацией мартенситной (неупругой) деформации. При этом наблюдается подавление мартенситных превращений, в результате чего имеет место смещение и расширение температурного интервала фазовых переходов. Однако даже при значительном деформационном воз-

действию (прокаткой до 80%) не удалось полностью подавить мартенситные превращения.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что в сплавах никелида титана, близких по составу к эквиа tomному, зависимость характеристических температур T_R и M_n при малых степенях деформации носит экстремальный характер с минимумом на 5–6% общей деформации. Этот результат имеет большое прикладное значение. В случае несоответствия поставленным задачам температурного интервала мартенситных превращений и связанных с ними эффектов памяти формы, сверхэластичности и сверхпластичности можно сместить интервалы превращений направленной пластической деформацией в соответствии с полученными данными.

Список литературы

- [1] *Пушин В.Г., Хачин В.Н., Кондратьева В.В.* Никелид титана. Структура и свойства. М.: Наука, 1992. 160 с.
- [2] *Гюнтер В.Э., Итин В.И., Монасевич Л.А.* и др. Эффекты памяти формы и их применение в медицине. Новосибирск: Наука, 1992. 742 с.
- [3] *Хачин В.Н.* // Изв. вузов. Физика. 1985. № 5. С. 88–103.
- [4] *Лизачев В.А., Патрикеев Ю.Н.* Влияние напряжений и деформаций на характеристические температуры мартенситных превращений материалов с эффектом памяти формы. Л., 1984. Деп. в ВИНТИ 29.06.84. № 5033. 45 с.
- [5] *Родригес С., Браун Л.С.* Эффекты памяти формы в сплавах / Под ред. Д. Перкинс. 1979.

Поступило в Редакцию

11 октября 1996 г.
