



ПОЛУЧЕНИЕ ОДНОРОДНОГО ВЫСОКОПРОЧНОГО АУСТЕНИТА В КОМПОЗИТНОМ МАТЕРИАЛЕ НА ОСНОВЕ СПЛАВА X18H10T МЕТОДОМ НЕПРЕРЫВНОГО ЛАЗЕРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Блинова Е.Н.¹, Воронов В.Д.², Либман М.А.¹, Петровский В.Н.², Шурыгина Н. А.³

¹Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П. Бардина, Москва, Россия

²Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

³МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Россия

E-mail: blinova_en@rambler.ru

Естественные композиты (градиентные материалы) – группа металлических материалов, в которых в результате применения деформации и локального нагрева формируется гетерогенная структура, состоящая из матрицы и распределенных в ней по определенному закону макроскопических областей различной формы и размеров, причем фазовый состав матрицы и включений существенно различен. Такие гетерогенные структуры могут быть созданы на основе металлических сплавов, в которых реализуются прямое и обратное фазовые превращения с широким температурным гистерезисом. К этим сплавам относятся сплавы системы Fe-Cr-Ni аустенитно-мартенситного класса, в которых реализуются прямое ($\gamma \rightarrow \alpha$), протекающее при пластической деформации и формирующее мартенситную матрицу, и обратное ($\alpha \rightarrow \gamma$), вызванное локальным лазерным нагревом, приводящем к образованию макроскопических областей аустенита, распределенных в матрице по определенному закону.

Объектом исследования в настоящей работе был сплав Fe-18Cr-10Ni следующего состава: С <0.04; 18.3 Cr; 10 Ni; 0.6 Ti; 0.4 Si; 1.2 Mn.

Для реализации $\gamma \rightarrow \alpha$ -превращения использовалась холодная пластическая деформация (ХПД) с величиной обжатия 70-75%.

Образцы были изготовлены из ХПД-листов толщиной 0.9 мм в форме лопаток с размерами рабочей области 50x10 мм. Для реализации обратного превращения и создания макроскопических областей пластичного аустенита в высокопрочной мартенситной матрице применялся локальный нагрев непрерывным лазером до 600-700°C в интервале устойчивости аустенита 550-850°C. В работе использовалась установка, оборудованная роботизированным манипулятором MOTOMAN с одномодовым волоконным лазером IPG LC-5 мощностью до 5 kW. В качестве источника локального нагрева было выбрано излучение непрерывным лазером мощностью 2 кВт. Предварительно была построена модель лазерного нагрева с использованием метода конечных элементов и подобраны режимы равномерного прогрева по всей толщине образцов (0.9 мм). Подробная технология этой обработки описана в работах [1, 2], где удалось найти адекватное решение проблемы определения и поддержания температуры в области температуры обратного мартенситного превращения. Температурное распределение фиксировали тепловизором Flir 650SC.

Практически идентичный вид зависимости микротвердости, измеренной с двух сторон образцов, а также визуальная оценка свидетельствовали о равномерном прогреве по всему облученному объему.

При этом микротвердость аустенита составляла 1.7-2 ГПа. На рис. 1 приведена зависимость микротвердости, измеренной с двух сторон композита.

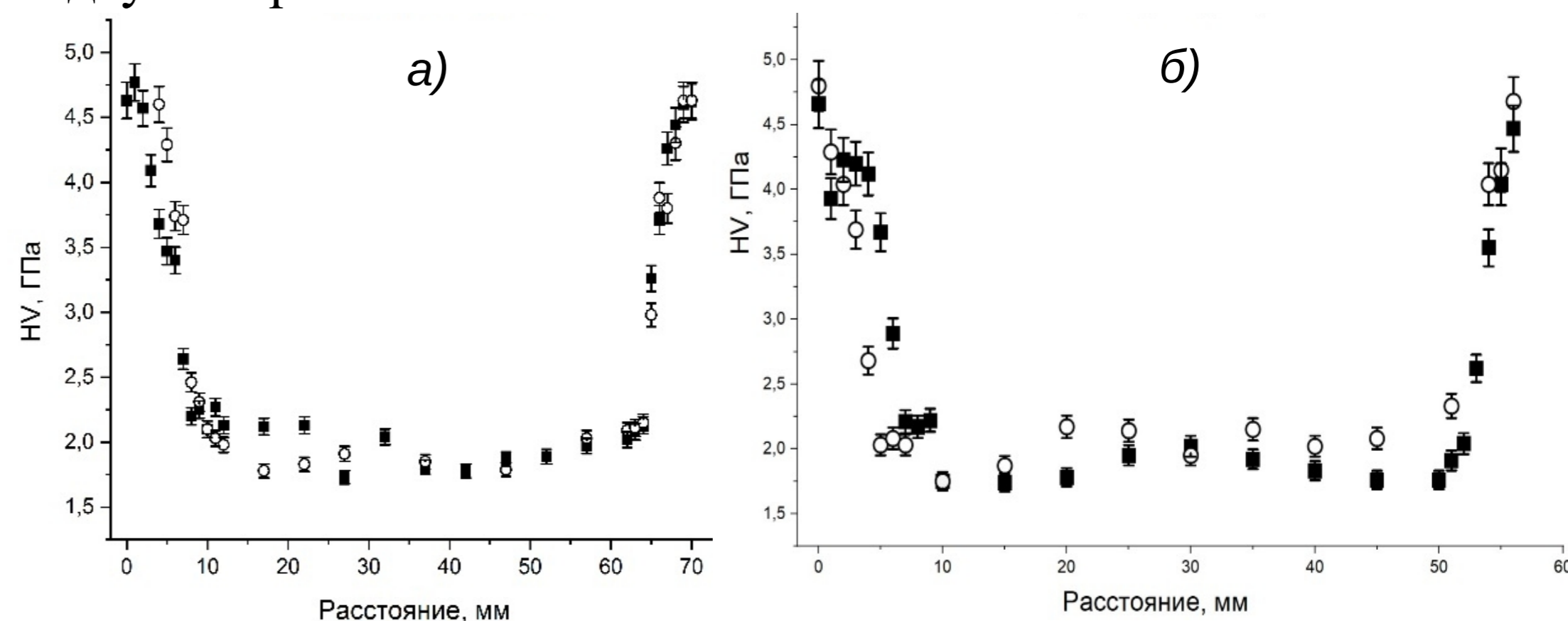


Рис. 1 - Изменение микротвердости в образце композита, обработанном непрерывным лазером при температуре: а) 600°C, б) 700°C

На рис. 2 представлена микроструктура аустенита после лазерного нагрева на поверхности и в торцевом сечении образца. Видно, что структура достаточно однородна и полностью реализовался процесс рекристаллизации.

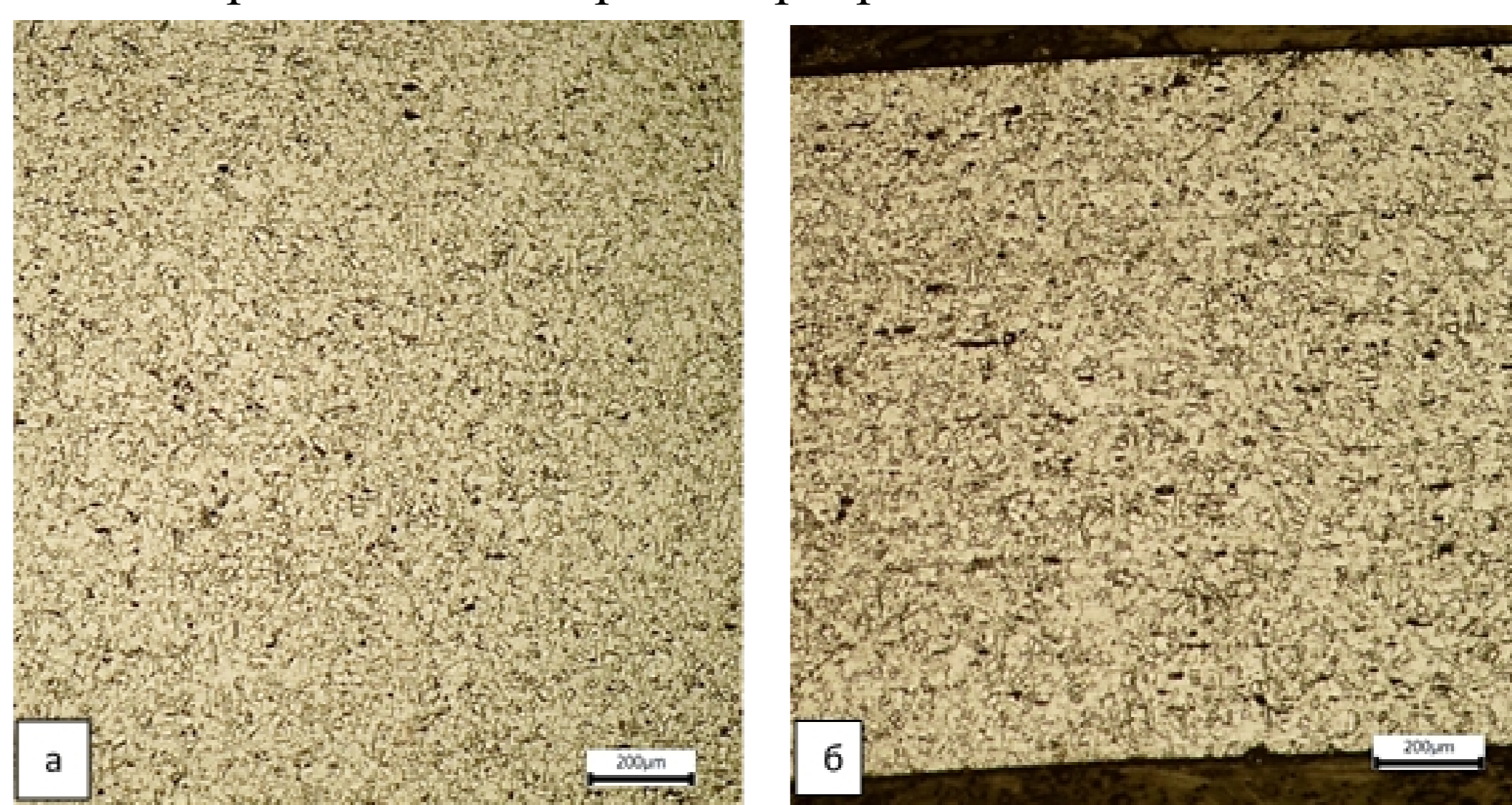


Рис. 2 - Микроструктура аустенита в образце, обработанном непрерывным лазером при температуре 600°C:
а) поверхность, б) торцевое сечение

ПЭМ-исследования показали, что повышение прочности аустенита, полученного при лазерном нагреве связано со значительным измельчением зерна аустенита и избыточной концентрацией дефектов (высокая плотность дислокаций, большое количество дефектов упаковки и двойников), возникающих вследствие больших термических напряжений при сверхбыстром нагреве и охлаждении и (или) наследуемых от исходной деформированной α -фазы.

Список литературы

1. Е.Н. Блинова, В.Д. Воронов, А.М. Глезер, Э.Д. Ишкиняев, М.А. Либман и др // МиТОМ. – 2023. – № 5. – С. 18 – 23. – DOI:10.30906/mitom.2023.5.18-23.
2. Э.Д. Ишкиняев, А.В. Осинцев, В.Н. Петровский и др // ЖТФ. – 2023. – Т. 93. – Вып. 8. – С. 1152–1157. – DOI: 10.21883/JTF.2023.08.55977.84-23.