ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Химия нефти и газа»**

Томск

Издательский Дом ТГУ

2018

DOI: 10.17223/9785946217408/207

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ МЕХАНОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ22

Мишин И.П., Найденкин Е.В., Раточка И.В., Лыкова О.Н., Винокуров В.А.
ФГБУН Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия

Благодаря высокой прочности и коррозионной стойкости титан и титановые сплавы широко используются при изготовлении элементов и узлов в авиационно-космической промышленности. При этом, повышение удельной прочности (прочность на единицу массы) указанных материалов путем формирования в них ультрамелкозернистой (нано-) структуры позволит значительно снизить вес базовых несущих конструкций и других элементов авиационно-космических аппаратов при сохранении их конструкционной прочности и надежности [1, 2].

Среди методов получения ультрамелкозернистой структуры в металлах и сплавах наибольший интерес с практической точки зрения представляют методы равноканального углового и всестороннего прессования. Однако применение этих методов при формировании ультрамелкозернистой состояния в крупногабаритных заготовках труднодеформируемых сплавов весьма затруднено. В связи с этим представляют интерес исследования, направленные на получение ультрамелкозернистой структуры в металлах и сплавах с помощью промышленных методов механотермической обработки [3, 4]. Одним из них является метод радиально-сдвиговой прокатки, позволяющий получать крупногабаритные полуфабрикаты в виде прутков круглого сечения [5, 6]. При этом размер элементов структуры, её однородность и фазовый состав существенно зависят от условий (температуры, степени деформации и пр.) механотермической обработки.

В связи с вышеизложенным, в работе проведено исследование влияния режимов радиально-сдвиговой прокатки и последующего старения на формирование структуры и механические свойства ($\alpha+\beta$) титанового сплава ВТ22. Радиально-сдвиговую прокатку заготовки сплава диаметром 40 мм проводили на министане «14-40». Прокатку проводили по трем режимам, различающимся конечной температурой прокатки и количеством проходов. Диаметр прутков после радиально-сдвиговой прокатки по всем режимам был 22 мм. Термическую обработку (старение) образцов проводили при температуре 450 °С, в течение 5 часов.

Проведенные исследования показали, что в исходном состоянии сплав ВТ22 представляет собой смесь α - и β -фаз (58 и 42%, соответственно) и имеет крупнозернистую структуру. Средний размер зерен составляет около 150 мкм, внутри которых наблюдается пластинчатая структура α - фазы. Толщина пластин составляет 70-80 нанометров.

Поперечно-винтовая прокатка сплава ВТ22 по всем режимам, рассмотренным в настоящей работе, приводит к формированию развитой субзеренной структуры (размер элементов зеренно-субзеренной структуры 0,4-0,7 мкм) с низкой плотностью решеточных дислокаций. Также для всех исследованных режимов прокатки наблюдается выпадение частиц микронного размера округлой (режим I, объемная доля β -фазы ~84%) или вытянутой формы преимущественно по границам, которые в большинстве случаев идентифицируются как α -фаза. В тоже время каждый из исследованных режимов прокатки имеет свои особенности. Так, например, прокатка с понижением температуры до 650° С (режим II), по-видимому, приводит к неоднородному распределению температуры по сечению прутка за счет разогрева при деформации поверхностных слоев толщиной до 5мм. Такой разогрев в сочетании с последующей закалкой приводит к высокой объемной доле β -фазы (~98%) в поверхностном слое по сравнению с центральной областью (~76%). При этом выпадения частиц α -фазы не происходит.

Прокатка с большей степенью обжатия за один проход (режим III) приводит к формированию большого количества вытянутых частиц α -фазы (объемная доля β -фазы ~90%).

Секция 4. Научные основы разработки материалов с многоуровневой иерархической структурой, в том числе для экстремальных условий эксплуатации

Причем, по данным растровой микроскопии, количество таких частиц заметно выше, чем при других режимах обработки.

Старение при 450°С в течении 5 ч не изменяет размер зеренно-субзеренной структуры, однако приводит к формированию в зернах мартенситной тонкоиглолчатой (толщиной несколько нанометров) структуры с мелкодисперсными включениями частиц микронного размера, имеющих округлую или вытянутую форму.

Формирование такой иерархически организованной структуры приводит к существенному повышению механических свойств сплава по сравнению с состоянием поставки. Так, прокатка по режиму I с последующим старением повышает предел прочности в 1,4 раза (1775 МПа) по сравнению с исходным состоянием (1280 МПа). При этом деформация до разрушения уменьшается с 7 % до 1%. Неоднородность структуры, полученной по режиму II, приводит и к существенному различию механических свойств центральной и краевой областей после старения ($\sigma_b = 1520$ МПа, $\delta = 5\%$ и $\sigma_b = 1690$ МПа, $\delta = 1,5\%$ соответственно). Прокатка по третьему режиму с последующим старением повышает предел прочности до 1700 МПа, при деформации до разрушения 2%. Повышение температуры старения приводит к увеличению пластичности, однако при этом происходит снижение прочности. Так, например, после обработки в оптимальных условиях (режим III, старение 520°С 5 ч) сплав демонстрирует сочетание высокой прочности с удовлетворительной пластичностью ($\sigma_b = 1570$ МПа, $\delta = 6\%$) [6].

Таким образом, условия деформации при радиально-сдвиговой прокатке с последующим старением существенным образом влияют на формирование структурно-фазового состояния и как следствие механические свойства титанового сплава BT22.

Работа выполнена в рамках ПФНИ ГАН на 2013-2020 годы, направление III.23,

Литература

1. Кайбышев О.А., Утяшев Ф.З. Сверхпластичность, измельчение структуры и обработка труднодеформируемых сплавов. М.: Наука. 2002. 438 с.
2. Meyers M.A., Mishra A., Benson D.J. Mechanical properties of nanocrystalline materials // Progress in materials science. 2006. v.51. p. 427-556.
3. Ильин А.А., Колачёв Б.А., Полькин И.С. Титановые сплавы. Состав, структура, свойства. Справочник. М.: ВИЛС МАТИ. 2009. 520 с.
4. Попов А.А., Илларионов А.Г., Демаков С.Л., Степанов С.И., Карабаналов М.С., Елкина О.А. Влияние параметров термообработки на структурные и фазовые превращения в (α - β)-титановом сплаве, подвергнутом термомеханическому воздействию // ФММ. 2010. Т. 109. № 6. С. 694-700.
5. Иванов М.Б., Пенкин А.В., Колобов Ю.Р., Голосов Е.В., Нечаенко Д.А., Божко С.А. Теплая поперечно-винтовая прокатка в валках конической формы как метод интенсивной пластической деформации // Деформация и разрушение материалов. 2010. № 9. С. 13-18.
6. Е.В. Найденкин, И.П. Мишин, И.В. Раточка, О. Н. Лыкова Влияние поперечно-винтовой прокатки и последующих отжигов на структуру и механические свойства титанового сплава BT22. // Деформация и разрушение материалов. 2015. №4. С25-28.