

УДК 621.77.01

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА СО СЛОИСТОЙ СТРУКТУРОЙ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИИ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ ВТ1-0 И ВТ47 ПОСЛЕ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ВТОРОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПЕРЕДЕЛА

Никита Федорович Востриков ⁽¹⁾, Станислав Владимирович Путырский ⁽²⁾

Магистр 2 года ⁽¹⁾

кафедра «Материаловедение»

Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана

Начальник лаборатории ⁽²⁾

НИЦ Курчатовский институт – ВИАМ

Научный руководитель: А.И. Плохих,

кандидат технических наук, заведующий кафедры «Материаловедение»

Существенным преимуществом многослойных металлических материалов является реализация в детали совокупности предельно высоких значений служебных характеристик, достижение которых при использовании монометаллических заготовок невозможно. Особо интересным направлением развития подобных материалов является создание заготовок листового сортамента состоящих из сотен и тысяч слоев с толщинами субмикро- и нанометрического диапазона. Благодаря этому в материале можно, например, достигнуть сочетания высокой прочности при одновременно высокой вязкости разрушения. [1]

При этом использование в качестве исходных составляющих композиции наноламината конструкционного назначения взаимно не растворимых или слабо растворимых друг в друге металлов не столь перспективно, как в силу существенной разницы физических и механических свойств составляющих, так и ограниченности технологических приемов компактирования. Более перспективным представляется формирование исходной композиции на основе одного металла. На примере многослойных стальных материалов, изготовленных в соответствии с экспериментальным технологическим маршрутом базирующемся на циклическом повторении горячей пакетной прокатки было показано, что получение многослойной структуры в материале, созданном на основе одного металла, возможно, если в исходной композиции участвуют сплавы, подобранные по специально разработанным рекомендациям, основная из которых – разное кристаллическое строение составляющих при температуре прокатки. [2]

В дальнейшем, авторами [3] была показана возможность получения многослойных материалов с ламинарным строением на основе титановых сплавов с помощью вышеуказанного технологического маршрута и соответствующих рекомендаций. Выбор титановых сплавов обосновывался их высокими удельными характеристиками, а также наличием необходимого при данной технологии полиморфизма. В результате 1 цикла полученные композиты демонстрировали повышенные значения ударной вязкости относительно исходных составляющих в различных направлениях удара (параллельно и перпендикулярно слоям), однако стоит отметить, что эти значения сильно варьировались в зависимости от характера межслойной границы той или иной композиции. Также стоит отметить характерное для всех исследуемых образцов понижение пластичности и преимущественно поддающиеся правилу смеси показатели прочности.

Позднее, в рамках продолжения развития идеи получения многослойного материала на основе титановых сплавов по идентичному маршруту и рекомендациям, авторами [4] была предложена композиция ВТ1-0+ВТ47 и осуществлен 1 технологический передел. Данная композиция выбиралась, в том числе, из соображений возможности использования термической обработки (ТО), способствующей формированию механических свойств и снятию остаточных напряжений. В результате, на образцах, как с ТО, так и без ТО, было зафиксировано увеличение ударной вязкости при ударе перпендикулярно слоям и ее понижение при ударе параллельно им, однако стоит отметить, что проведение ТО значительно снизило ее прирост. Помимо этого, проведение ТО еще ухудшило показатели пластичности, но зато позволило добиться более значительного отклонения в положительную сторону относительно закона аддитивности значений прочности. В выводах авторы указывают на целесообразность проведения второго технологического цикла в силу сохранения слоистой структуры и отсутствия развития рекристаллизационных процессов на границе слоев в рамках первого передела, при ожидании дальнейшего развития уже улучшенных механических свойств.

Целью настоящей работы является исследование влияния изменений структуры на механические свойства композиции ВТ1-0+ВТ47, полученной в ходе второго технологического передела, как с ТО, так и без ТО.

Для определения изменений в структуре была проведена томографическая съемка, задействована оптическая, растровая электронная и просвечивающая электронная микроскопии, также изучено распределение легирующих элементов вблизи границы раздела слоев методом рентгеноспектрального микроанализа. Помимо этого, осуществлены фрактографические исследования разрушенных образцов.

Для определения механических свойств были выполнены испытания на растяжение и ударную вязкость, а также, для дополнительного изучения образовавшихся в результате перераспределения химических элементов диффузионных зон, проведены измерения твердости вблизи границы раздела слоев с использованием нанотвердомера.

По результатам 2 передела в структуре композиции становятся заметны серьезные нарушения ламинарной структуры в виде искривлений и неравномерности толщин слоев, также обращает на себя внимание наличие ярко выраженных переходных диффузионных зон между слоями.

Несмотря на нарушения, без завершающей операции в виде ТО, фиксируется сохранение высокой ударной вязкости и увеличение прочностных характеристик при поддержании тренда на уменьшение пластичности, относительно результатов 1 цикла. Результаты с ТО в свою очередь показывают уменьшение всех ранее обозначенных характеристик относительно результатов 1 передела.

Анализ полученных результатов указывает на целесообразность создания многослойных материалов на основе титановых сплавов при условии проведения корректировки выбора составляющих композиции и режимов горячей пакетной прокатки для обеспечения возможности наследования ламинарной структуры при повторении технологических циклов.

Литература

1. Колесников А. Г. Состояние и перспективы применения многослойных металлических заготовок / А. Г. Колесников, Ш. Т. Мечиев, И. Ю. Панова // Заготовительные производства в машиностроении. – 2008. – № 1. – С. 42-43.
2. Колесников А. Г. Конструкционные металлические материалы с субмикро- и наноразмерной структурой / А. Г. Колесников, А. И. Плохих // Вестник

Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия Приборостроение. – 2010. – № 5. – С. 44-52.

3. *Путырский, С. В.* Исследование структуры и свойств многослойных материалов на основе титановых сплавов / С. В. Путырский, А. И. Плохих, А. Л. Яковлев // Проблемы производства слитков и полуфабрикатов из сложнолегированных и интерметаллидных титановых сплавов : Сборник докладов научной конференции, Москва, 30 октября 2015 года / ФГУП ВИАМ. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов, 2015. – С. 9.
4. *Путырский, С. В.* Исследование структуры и механических свойств материала со слоистой структурой на основе композиции из титановых сплавов ВТ1-0 и ВТ47 / С. В. Путырский, А. И. Плохих, А. А. Арисланов [и др.] // Авиационные материалы и технологии. – 2023. – № 2(71). – С. 36-50.