

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук Степушина Александра Сергеевича «Создание линейной градиентной структуры в ($\alpha + \beta$)-титановых сплавах для обеспечения высокого сопротивления динамическим нагрузкам» по специальности 2.6.1 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Диссертационная работа посвящена исследованию закономерностей формирования линейной градиентной структуры в ($\alpha + \beta$)-титановых сплавах ВТ6 и ВТ23 при обратимом легировании водородом. Из литературных источников известно, что изменение размеров структурных составляющих может существенно влиять на значения предела выносливости. При этом требуемый уровень предела выносливости обеспечивается разными типами структуры, например, так, называемая, «бимодальная» структура, сочетающая различные типы ее структурных составляющих. Одним из способов управления структурой титановых сплавов является термоводородная обработка с однонаправленным наводороживающим отжигом плит из титановых сплавов ВТ6 и ВТ23. Благоприятный эффект связан с тем, что водород достаточно легко и в больших количествах поглощается материалами на основе гидридообразующих элементов и так же легко удаляется из твердого раствора при термической обработке в вакууме.

В результате материал имеет одновременно дисперсную структуру со стороны введения водорода и пластинчатую структуру с противоположной стороны. В диссертационной работе решена проблема создания линейной градиентной структуры за счет введения водорода только с одной стороны плиты из титановых сплавов. Для защиты остальных сторон плиты от взаимодействия с водородом использовались оксидные, нитридные и микродуговое покрытия. Полновесных исследований по их стойкости в вакууме и в водородной среде не проводились. Такой характер одностороннего введения водорода с фронтальной стороны необходим для создания новых бронезащитных материалов, что на современном этапе является очень важной задачей. Поэтому считаем, что тема исследований своевременная и актуальная.

Научная новизна исследований заключается в том, что получены результаты исследования стойкости сформированных покрытий на образцах из титановых сплавов ВТ6 и ВТ23 при обработке в вакууме при температуре 800°C и от проникновения водорода при наводороживающем отжиге при той же температуре 800°C. При обработке в вакууме был выявлен стабильный оксид, сформированный при температуре 900°C в течение 4-х часов. Время выдержки и температура окисления очень важными технологическими параметрами. Другие оксидные покрытия частично или полностью растворялись в вакууме в отличие от микродугового оксидного и ионно-плазменного нитридного покрытия. Были установлены барьерные свойства оксидного и нитридного покрытий от расчетного процентного количества вводимого водорода и степени исходного легирования титанового сплава.

Скорость поглощения водорода металлом и глубину его проникновения можно изменять, варьируя температуру наводороживающего отжига, время изотермической выдержки образца в водородной среде и величину давления водорода на поверхность образца. Показано, что, варьируя время изотермической выдержки при равновесном давлении водорода, можно изменять глубину его диффузионного фронта и соответственно структуру в приповерхностных слоях, создавая линейную градиентную структуру в ($\alpha + \beta$)-титановых сплавах.

Практическая значимость исследований состоит в том, что разработана технология формирования в плитах толщиной 12 мм из титановых сплавов ВТ6 и ВТ23 линейной

градиентной структуры при определенной концентрации водорода в процессе однонаправленного наводороживающего отжига. Для удаления «лишнего» водорода, с целью поддержания нужной концентрации был проведен низкотемпературный вакуумный отжиг при температуре 625 °С. Создание в образцах дисперсной структуры с одной стороны и крупнопластинчатой структуры с противоположной стороны обеспечило повышенную ударную вязкость и динамическую стойкость новых бронезащитных материалов. Пластины из плит толщиной 12 мм выдержали выстрелы боезапасами калибра 5,45 мм пулями со стальным сердечником и пулями повышенной пробиваемости. Очень хорошие результаты были получены на пластинах их плит титанового сплава ВТ23. Увеличение толщины пластин до 18 мм из титанового сплава ВТ6 увеличило пулестойкость с бронебойной пулей калибра 5,45 мм и 7,62 мм пулей со стальным сердечником.

Однако существуют результаты исследований, что для преобразования грубопластинчатой структуры в мелкодисперсную структуру необходимо, чтобы в процессе наводороживания $\alpha - \beta$ превращение должно быть завершено и титановый сплав должен перейти в однофазное состояние. Кроме того, при охлаждении до нормальной температуры в структуре не должен появиться мартенсит. В противном случае после низкотемпературного вакуумного отжига α фаза «наследует» пластинчатую морфологию мартенсита и необходимая однородная и дисперсная структура в поверхностном слое не достигается. В автореферате не нашли обоснование, каким образом решается эта проблема и какие виды контроля необходимы предусмотреть в технологии.

Приведенное замечание не снижают теоретической и практической значимости диссертационной работы, которая должна внести значимый вклад в производство изделий из бронезащитных титановых сплавов ВТ6 и ВТ23. Считаем, что диссертационная работа Степушина Александра Сергеевича «Создание линейной градиентной структуры в ($\alpha + \beta$)-титановых сплавах для обеспечения высокого сопротивления динамическим нагрузкам» удовлетворяет требованию ВАКа, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Академик РАН, доктор технических наук,
заведующий кафедрой обработки металлов
давлением федерального государственного
автономного образовательного учреждения
высшего образования «Самарский национальный
исследовательский университет имени
академика С. П. Королева», профессор



Ф.В. Гречников

Доктор технических наук,
профессор кафедры обработки металлов
давлением федерального государственного
автономного образовательного учреждения
высшего образования «Самарский национальный
исследовательский университет имени
академика С. П. Королева»



Гречников Ф.В. удостоверяю
отдела сопровождения деятельности
тов Самарского университета
7/2017
Васильева И.П.
11 20 22 г.

В.А. Михеев

Служебный телефон: 8(846)2674601 E-mail: vamicheev@rambler.ru Служебный адрес:
443086, г. Самара, Московское шоссе, 34, пятый корпус кафедра обработки металлов
давлением