

# ВЛИЯНИЕ ВОДОРОДА НА ПЛАСТИЧНОСТЬ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

*Панин П.В., Грушин И.А., Крылов С.А.*

*Руководитель – проф., д.т.н. Скворцова С.В.*

ГОУ ВПО «МАТИ» – Российский государственный технологический  
университет им. К.Э. Циолковского, г. Москва

PaninPaV@yandex.ru

Пластичность является одним из основных критериев выбора того или иного материала не только с точки зрения условий эксплуатации, но и при получении полуфабрикатов или готовых изделий. Поэтому проблема повышения пластичности никогда не утратит своей актуальности. Так, в последнее время к показателям пластичности авиационных сплавов титана предъявляются особенно высокие требования. Принимая во внимание то, что титановые сплавы считаются «естественно» сверхпластичными, значительный научный и практический интерес представляет изыскание возможных путей достижения в них сверхпластического состояния.

Создание в металлическом материале нано- и субмикроструктурной структуры позволяет изменять параметры пластической деформации: увеличивать относительное удлинение, снижать напряжение течения и температуру сверхпластической формовки. Существует несколько способов получения такой структуры. Одними из основных являются интенсивная пластическая деформация и водородная технология. Данная работа посвящена разработке водородной технологии получения листовых полуфабрикатов  $\alpha$ - и  $\alpha + \beta$ -титановых сплавов с субмикроструктурной структурой.

Исходным материалом для исследования служили заготовки 250×150 мм, вырезанные из плит титановых сплавов ВТ5 и ВТ6 толщиной 20 мм. Наводороживание заготовок осуществляли термодиффузионным способом в среде высокочистого молекулярного водорода в установке Сивертса. Фазовый состав и структуру изучали методами оптической и рентгеновской металлографии. Испытания на пластичность проводили в воздушной атмосфере на образцах, изготовленных по опытному чертежу.

На первом этапе работы было исследовано влияние водорода на фазовый состав и структуру сплавов. Показано, что с помощью термоводородной обработки можно создать во всех исследуемых сплавах новый тип структуры, недостижимый традиционными способами. Так, в процессе наводороживания до относительно больших концентраций водорода (0,7...0,8 % по массе) в сплавах происходит перераспределение атомов основных легирующих элементов между  $\alpha$ - и  $\beta$ -фазами. При этом важно, чтобы при температуре наводороживания инициированное водородом  $\alpha \rightarrow \beta$ -превращение не завершалось – тогда создаются условия

для обогащения непревращенной  $\alpha$ -фазы алюминием до концентраций, значительно превышающих среднюю его концентрацию в сплаве (так что в некоторых микрообъемах  $\alpha$ -фазы протекают процессы упорядочения), что приводит к формированию гетерофазной структуры ( $\alpha + \alpha_2$  или  $\alpha + \alpha_2 + \beta$  в зависимости от сплава), в которой присутствуют две  $\alpha$ -фазы, отличающиеся химическим составом.

На следующем этапе работы изучали влияние термоводородной обработки, совмещенной с прокаткой, на структуру исследуемых сплавов. Показано, что такое комбинированное воздействие по схеме «наводороживание  $\rightarrow$  прокатка  $\rightarrow$  вакуумный отжиг» позволяет создать в титановых сплавах ВТ5 и ВТ6 гетерофазную структуру со средним размером структурных составляющих не более 500 нм.

Создание субмикроструктурной структуры, в которой прочные частицы  $\alpha(\alpha_2)$ -фазы находятся в пластичной матрице, обедненной алюминием, должно приводить к увеличению относительного удлинения и к уменьшению напряжения течения.

На основании выявленных закономерностей была разработана технология получения листовых заготовок из сплавов ВТ5 и ВТ6 с субмикроструктурной структурой для последующей пластической деформации при пониженных температурах. Эта технология включает в себя насыщение исходных заготовок водородом, прокатку при 700 °С в условиях водородного пластифицирования, и низкотемпературный вакуумный отжиг готовых листов.

Испытания на пластичность полученных листов с субмикроструктурной структурой проводили при температуре 725 °С, что почти на 200 °С ниже предусмотренной промышленной технологией для сплава ВТ6. Результаты испытаний показали, что относительное удлинение составляет 1200 % для сплава ВТ6 при напряжении течения не более 25 МПа. Относительное удлинение для сплава ВТ5 при температуре испытания 800 °С составляет 650 %, а напряжение течения – не более 35 МПа. Начальная скорость деформации составляла  $3 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$ .

Таким образом, совмещение термоводородной обработки с пластической деформацией позволяет получать листовые полуфабрикаты с субмикроструктурной структурой, которая, в свою очередь, обеспечивает значительное увеличение относительного удлинения при меньшем напряжении течения.

Результаты проведенной работы позволяют сделать вывод о возможности использования листовых полуфабрикатов сплавов ВТ5 и ВТ6, полученных по разработанной опытной технологии, для сверхпластической формовки.

Работа выполнена при финансовой поддержке аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010)», проект № 7027.