

Технологии водородной обработки в литье и металлургии

Студент гр. 104031-16

Назаров Д.А.

Научный руководитель

к.т.н. Гольцова М.В.

Белорусский национальный технический университет

г.Минск

В настоящее время водородное материаловедение включает в себя две обширные области: водородную деградацию материалов, и водородную обработку материалов (ВОМ) [1]. Впервые сама возможность положительного влияния водорода на металлы была открыта в 50-х годах XX столетия при изучении деформируемости титановых сплавов американскими исследователями Цвиккером и Шляйхером. С 1970 года эта тематика активно развивалась в СССР и в итоге выделилась в самостоятельную область науки и технологии – ВОМ, основанную на комплексном воздействии водорода на металлы и металлические материалы. К настоящему моменту времени технологии ВОМ используются во всех отраслях металлургического производства [2].

1. Термоводородная обработка.

Крупным планом термоводородная обработка титана состоит из ряда последовательных операций: 1) наводороживание металла до заданных концентраций, 2) технологическое воздействие на металл, 3) вакуумный отжиг для удаления водорода из металла до безопасных концентраций.

Водород, при наводороживании титановых сплавов, производит комплексное влияние на их структуру и свойства: во-первых, понижает температуру фазового превращения Ac_3 , чем увеличивает количество β -фазы и приводит к перераспределению легирующих элементов между фазами. В результате этого β -фаза обедняется β -стабилизаторами и повышается ее способность к пластической деформации. Также, неодинаковое изменение удельных объемов α - и β - фазы титана дает возможность управлять морфологией и размерами частиц α -фазы, а также конечной структурой α - и псевдо- α -сплавов.

2. ВОМ в литейном производстве

Водородная технология в литейном производстве учитывает особенности взаимодействия конкретного материала с водородом. Так, водородная технология титановых отливок основана на контролируемой водородной хрупкости титановых сплавов. Она позволяет механизировать операции отделения элементов литниково-питающей системы и прибылей от отливок и существенно повысить производительность труда. В производстве алюминиевого литья совместное легирование сплава Д16 водородом, ванадием и церием, приводит к повышению прочности на 20-30 %, как в деформированном, так и в термически обработанном состоянии. Упрочнение после горячей прокатки сплава АМг2 при совместном легировании водородом, кальцием и лантаном достигает значений 40-65%, причем пластичность остается на достаточно высоком уровне [2].

3. ВОМ в порошковой металлургии

С помощью водородного воздействия можно осуществлять контролируемое порошкообразование интерметаллидов. Высокого уровня использования достигли на сегодняшний день водородные технологии производства порошков из редкоземельных сплавов типа $\text{R}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ для постоянных магнитов – так называемый HDDR-процесс (от английских слов hydrogenation- disproportionation-dehydrogenation-recombination), позволяющий получить из литых сплавов мелкодисперсный высококоэрцитивный порошок. По некоторым данным, размер зерен $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ после водородной обработки варьируется от 0,3 мкм до критического размера одиночного домена, который для $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ составляет 0,24 мкм.

4. ВОМ сварных соединений

Обычная термическая обработка сварных швов титановых сплавов не может полностью ликвидировать неоднородность структуры и механических свойств различных зон сварных соединений. Наводораживающий отжиг и регламентированное по скорости охлаждение сварных швов титановых сплавов приводят к формированию во всех зонах мелкодисперсной структуры, содержащей α -, β - и γ -фазу. Повышение температуры вакуумного отжига приводит к укрупнению пластин α -фазы, снижению временного сопротивления разрыву сплава, но одновременно происходит выравнивание характеристик пластичности шва и основного металла. ТВО с вакуумным отжигом показывает также хорошие результаты для сварных соединений из фасонных отливок титановых сплавов.

5 ВОМ для получения градиентных материалов $Me-MeH_x$

Для экспериментов были использованы палладий чистотой 99,98% в виде пластины размером $68 \times 5,5 \times 0,27$ мм, электролитически покрытый медью с одной стороны, и специально сконструированная водородо-вакуумная установка. Проводили односторонние насыщения пластины газообразным водородом в условиях $T=130$ С и ступенчатых напусках водорода до $P_{H_2} = 0,01, 0,033, 0,05$ МПа. Анализ видеозаписи [3] показал, что повторные напуски водорода приводят к **снижению величины максимального изгиба** пластины.

Первопричина наблюдаемого эффекта состоит в том, что в первоначальные этапы насыщения вблизи поверхности, насыщаемой водородом, в пластине формируется автолокализованный твердый раствор водорода в палладии PdH_x , в то время как более глубокие слои пластины со стороны медного покрытия еще свободны от водорода. На рисунке 1 представлены результаты проведенных нами расчетов зависимости максимального формоизменения пластины y_{max} от толщины h локализованного слоя PdH_x . Хорошо прослеживается корреляция: чем больше толщина сформированного локализованного слоя PdH_x , тем больше максимальный изгиб пластины. Подробнее о значении этого эффекта и его использовании на практике можно прочитать в [3].

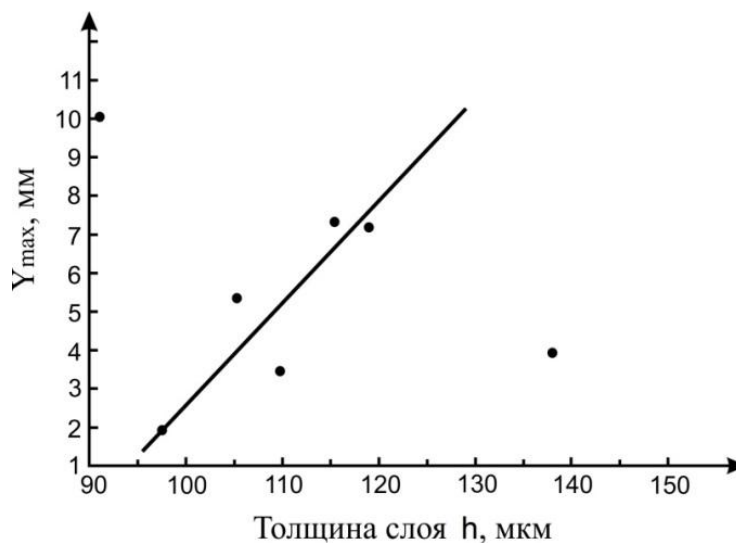


Рисунок 1 - Зависимость максимальных изгибов пластины от толщины локализованного слоя

[1]. Гольцова, М. В. Водородная обработка материалов: история развития и перспективы / М. В. Гольцова // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 14-й Международной научно-технической конференции. - Минск : БНТУ, 2016. - Т. 1. - С. 364-366.

[2]. Гольцова М.В. Водородные технологии в литье и металлургии: настоящее и будущее / М.В. Гольцова // Литье и металлургия, 2018. Т.92. №4. – в печати

[3] Гольцова М. В. Градиентный материал $Pd-PdH_x$ / М. В. Гольцова, Г. И. Жиров, Д. А. Назаров // Литье и металлургия, 2018. Т. 92. № 3. С. 110–117.