

УДК 621.7

КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ПРИ ДЕФОРМАЦИОННО - СТРУКТУРНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЯХ В СИСТЕМЕ «МЕТАЛЛ – ПОРА (ЖИДКОСТЬ) – МЕТАЛЛ» ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕРМОМЕХАНОХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ.

Курбанов Рамиз Караханович

Студент 4 курса

Кафедра «Материаловедение и обработка металлов давлением»

Ульяновский государственный технический университет

Научный руководитель: В.Н. Кокорин,

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Материаловедение и обработка металлов давлением»

С начала 2000-х годов в Ульяновском государственном техническом университете совместно с учеными Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого проводятся исследования явления термомеханохимических процессов при реализации схемы интенсивного уплотнения увлажненных гетерофазных механических смесей на основе железа [1,2].

Результатом термомеханохимических реакций при интенсивном пластическом деформировании и локализованном сдвиге на участках пор в процессе интенсивного уплотнения увлажнённых гетерофазных механических смесей является возникновение условий имплантации ионов водорода в металл, имеющего остаточную пористость; создание защитной водородной плёнки водорода на металлической поверхности образующих боковых стенок пор; удаление кислорода из межзёрненного пространства в местах локализации пор, в результате теплового воздействия при «холодном спекании»; пассивацию материала матрицы-основы и образования оксидной защитной плёнки на участках несплошности (поры) структуры [3].

Была проведена серия экспериментов по прессованию и уплотнению гетерофазной увлажненной смеси на основе железа, полученной путем смешивания железного порошка с водой в соотношении 85:15 по массовой доле. Структурнонеоднородная механическая смесь, состоящая из железного порошка АНС.100.29 «Höganäs» и жидкости (вода), подвергалась интенсивному уплотнению при создании условий локализованного сдвига. Установлено, что получаемая структура при давлении прессования порядка 1,4...1,6 ГПа имеет изотропный характер с равномерно распределёнными микропорами размером от 1 до 5 мкм, интегральная остаточная пористость не превышала 1...3%.

Был разработан технический регламент и спроектирована оригинальная инструментальная оснастка [4] для прессования гетерофазных увлажненных порошковых смесей с обеспечением условий нагружения, инициирующих и реализующих локализованные сдвиговые деформации при реализации неравномерного всестороннего сжатия, обеспечивающая протекания термомеханохимических реакций.

В экспериментальных исследованиях использовалась коническая («тающая») оснастка, имеющая определенный угол (отличный от 90°) образующей рабочей поверхности, моделирующей изучаемые условия нагружения. Варьирование угла образующей рабочей зоны позволяет изменять условия нагружения, инициирующего и реализующего сдвиг.

Металлографические исследования структуры металла, а также подготовка к испытаниям отпрессованных и спеченных образцов проведены в соответствии с ГОСТ

6032-2003 «Стали и сплавы коррозионностойкие. Методы и испытания на стойкость к межкристаллитной коррозии».

Подготовка образцов для металлографических исследований заключалась в следующем: были вырезаны фрагменты из исходных цилиндрических заготовок ($d \times h = 10 \times 5$ (мм)), при этом исследовалась поверхность, перпендикулярная плоскости фрагмента.

Вырезанные фрагменты были подвергнуты полированию, при этом достигаемая шероховатая поверхность не превышала по $Ra \leq 0,8$ мкм.

В соответствии со Стандартом был реализован метод АМУ-, наиболее часто и презентативно используемый при испытании на стойкость МКК сталей ферритного класса в растворе серной кислоты и сернокислой меди в присутствии металлической меди.

Металлографические исследования по определению глубины межзеренного разрушения (контролируемый параметр межкоррозионного разрушения) были проведены на металлографическом микроскопе МИМ-7 в отраженном свете на: 1. Нетравленных образцах (изучение структуры металла) 2. Травленных образцах (выявления качества границ зерен) в центральной заводской лаборатории (ЦЗЛ) ООО "Ульяновский автомобильный завод".

Образуемая структура-стойкая к МКК, что свидетельствует о низкой склонности к коррозии. Установлено, что зерно деформированной структуры-неравноосное, балл зерна 5-7; при этом имеются единичные мелкие внутри / межзеренные включения, потенциально выполняющие функции ловушек/стоков атомов водорода.

Проведенные исследования полученных структур позволили установить отсутствие разрушения границ зерен, что характеризует их как коррозионностойкие (глубина межзеренного разрушения не превышала 5..10 мкм как на поверхности контакта с деформирующим инструментом, так и в середине образцов, максимальная глубина деградации «разъедания» поверхности и разрушения границ зерен не превышала 0,025 мм, что позволяет сделать вывод, что межкристаллитной коррозии (МКК) в основном металле не выявлено.

Установлено наличие ямок- точечных элементов разрушения поверхностей чашеобразной формы, представляющих собой поверхности микропор, которые могут являться очагами зарождения внутризеренных микропор, образованных путем конгломерации в процессе локализованного сдвига групп зерен, имеющие внутризеренные изолированные поры.

Инициаторами ямок могут быть как включения фаз, так и микронеровности на границах зерен. Возможно, образуемые межзеренные и внутризеренные ямки могут выполнять функцию "ловушек", ответственных за захват атомов/ молекул водорода. К данным выводом приходит и ряд ученых - материаловедов, утверждающих, что подобными "ловушками" являются дефекты кристаллической решетки, в том числе и граница зерен. Концентрация водорода в кристаллической решетки в окрестности раздела фаз и границ зерен снижается вследствие стока водорода на эти границы, так и во внутризеренные ямки и локализация в стоке молекулярного водорода. Можно предполагать, что именно ямки межзеренной и внутризеренной ориентации могут служить коллекторами стока как атомного, так молекулярного водорода.

На возможность протекания процесса минимизации МКК (при механохимическом воздействии) дает основание тот факт, что в этом процессе в результате интенсивных сдвиговых деформации с локализацией в межзеренной плоскости непрерывно образуется ювенальная поверхность и, как следствие, межзеренное сращивание с уменьшением протяженности границ зерен (учет производится, рассчитывая коррелирующий коэффициент изменения контактной

поверхности тогда как мономолекулярный слой водорода локализуется на активных центрах адсорбции (пики и впадины поверхности микропор - "ловушек").

Предположительно, именно образуемые данные мономолекулярные слои водорода, "размазываясь" по структуре всего объема металла, препятствуют процессам окисления, а в некоторых случаях и способствуют восстановлению оксидов (при спекании прессовок). Предложенная модель образования мономолекулярного слоя водорода на активных центрах адсорбции при интенсивном структурном деформационном сдвиге и возникновение термомеханохимических реакций позволяет объяснить интерфейс взаимодействий границ между функциональными объектами «металл-пора(жидкость)-металл».

Литература

1. Кокорин В.Н., Рудской А.И., Филимонов В.И., Булыжев Е.М., Кондратьев С.Ю. Теория и практика процесса прессования гетерородных увлажненных смесей на основе железа. Ульяновск.: УлГТУ. 2012.-236с.
2. В. Н. Кокорин, А.Н. Рудской, С. Ю. Кондратьев и др. Прессование гетерофазных увлажненных порошков при использовании метода интенсивного уплотнения // Научные технологии в машиностроении. – 2013. №5 – С.13-20.
3. И. О. Протодиаконов. Гидродинамика и массообмен в системах газ – жидкость: монография/ И. О. Протодиаконов, И. Е. Люблинская – АН СССР. Отделение физикохимии и технологии неорганических материалов. – Л.: Наука, 1990. – 349с.
4. Патент РФ на полезную модель № 169361 Устройство для прессования гетерофазных порошковых смесей / В.Н. Кокорин, А.И. Рудской, А.В. Кокорин и др. – Оpubл. 2017.