

НАН України. – Днепропетровск, 2007. – Вып. 68. – С. 245-258.

Об авторах

Бунько Татьяна Викторовна, доктор технических наук, старший научный сотрудник, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина

Кокоулин Иван Евгеньевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина

Головко Софья Асхатовна, магистр, младший научный сотрудник, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина

About the authors

Bunko Tatyana Viktorovna, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine

Kokoulin Ivan Yevgenievich, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine

Golovko Sophia Ashatovna, Master of Science (Tech.), Junior Researcher, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, sofyag@mail.ru

УДК 669.11:620.193.55

А.В. Толстенко, канд. техн. наук, доцент
(ДГАУ)

СПОСОБ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛА В АТМОСФЕРЕ ВОДОРОДА

Аннотация. Рассматривается способ обработки металла в атмосфере водорода.

Ключевые слова: термоцикловая обработка, микроструктура материала, γ - δ превращения

A.V. Tolstenko, Ph. D. (Tech.), Associate Professor
(DSAU)

METHOD OF PROCESSING METAL IN ATMOSPHERE OF HYDROGEN

Abstract. The method of metal processing in atmosphere of hydrogen is considered.

Keywords: thermal cycle processing, material microstructure, γ - δ transformations

Введение. Исследование микроструктуры металлических материалов при циклическом изменении температуры (термоциклическая обработка – ТЦО) вблизи критических точек представляет интерес с позиции получения новых структур и улучшения комплекса механических свойств.

Метод термоциклической обработки, включающий многократные α - γ полиморфные превращения приводит к упрочнению железа и Fe-C сплавов, с получением мелкозернистой структуры [1], что связано с изменением объёма фаз при полиморфном превращении.

В атмосфере водорода при многократных γ - α превращениях железа наблюдается аномальная спонтанная деформация (размер зерна увеличивается), за счёт возникновения метастабильных водородонасыщенных зон на границе $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения. Различие в растворимости водорода в γ и α -фазах приводит, при определённых условиях, к пересыщению водородом движущейся границы $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения [2]. Водородонасыщенная зона существует при движении границы

фронта превращения. При замедлении или остановке превращения эта зона исчезает ввиду высокой подвижности водорода.

Материалы и методы исследования. Исследовались изменения микроструктуры Fe-C сплавов (до 0,2 % C), при более высоких температурах, в интервале γ - δ превращения. Учитывалось, что $\gamma \rightarrow \alpha$ и $\gamma \rightarrow \delta$ переходы происходят с противоположными по знаку градиентами температур в образцах.

Исследования проводились на установке, позволяющих автоматически проводить термоциклирование с различными скоростями нагрева и охлаждения в аргоне высокой чистоты (объёмная доля аргона 99,997 %) и в водороде (содержание примесей до 0,007 %). Образцы для испытаний имели вид цилиндров длиной 0,02 м и диаметром 0,009 м, или параллелепипедов длиной 0,02 м и со стороной 0,009 м, в которые на 1/3 длины зачеканивалась термопара BP-5/BP-20. В качестве материалов исследования применяли: карбонильное железо технической чистоты с 0,03 % C и 0,06 % C, армко-железо технической чистоты с 0,1 % C, сталь 20.

Термоциклическая обработка при $\gamma \leftrightarrow \alpha$ и $\gamma \leftrightarrow \delta$ превращениях. Определённые деформации образцов карбонильного железа (при аксиальном градиенте температуры и отсутствии нагрузки) за цикл нагрев-охлаждение в атмосфере водорода была применена в интервале α - γ и γ - δ температур. До температуры $\alpha \rightarrow \gamma$ превращения образец удлиняется, в интервале превращения его длина сокращается. В γ -области наклон кривой деформация-температура становится более крутым, в момент $\gamma \rightarrow \delta$ превращения образец скачкообразно удлиняется.

Если сравнивать с объёмным эффектом в отсутствие растворённого водорода, то при $\gamma \rightarrow \delta$ переходе наблюдается увеличение удлинения. Объяснить наблюдаемый эффект ростом величины изменения объёма при $\gamma \rightarrow \delta$ превращении нельзя. Такое поведение связано со скачкообразным понижением растворимости водорода в железе. Многократное термоциклирование в атмосфере водорода должно сказаться на поведении образцов железа.

Эксперименты по влиянию условий термоциклирования на изменение размеров образцов карбонильного железа показали следующее. Прямые ($\alpha \rightarrow \gamma$, $\gamma \rightarrow \delta$) и обратные ($\gamma \rightarrow \alpha$, $\delta \rightarrow \gamma$) полиморфные превращения в железе отличаются не только величиной, но и направлением объёмных эффектов.

В инертной атмосфере, при аксиальном градиенте температуры в образцах процесс обратим:

- в момент $\alpha \rightarrow \gamma$ перехода, сокращение длины образцов составляло, в среднем, 0,6 %;
- при $\gamma \rightarrow \delta$ наблюдали удлинение на 0,5 %;
- обратные полиморфные превращения вызывали удлинение на 0,6 % ($\gamma \rightarrow \alpha$) и сокращение длины 0,5 % за цикл ($\delta \rightarrow \gamma$).
- В атмосфере водорода:
 - положительное остаточное удлинение 0,3 % наблюдается при $\gamma \rightarrow \alpha$ переходе;
 - при $\gamma \rightarrow \delta$ наблюдалось отрицательное остаточное удлинение – 1 %.
- многократные γ - α превращения вызывали накопление остаточной деформации с удлинением образцов;
- многократные γ - δ превращения – вызывали сокращение длины исходных образцов.

Термоциклирование у температуры γ - δ превращения осуществлялось при давлении атмосферы в печи до 5 МПа (в водороде и аргоне). Средняя скорость нагрева и охлаждения в интервале 1570-1720 К была, соответственно, 2,0 и 2,5 К/с.

Выдержка при максимальной температуре не превышала 10 с. Количество циклов менялось от 1 до 100.

На поверхности образцов после многократного термоциклирования в водороде наблюдали рельеф, отсутствующий в инертной атмосфере (в аргоне высокой чистоты).

Исходная микроструктура после однократного нагрева до 1270 К и охлаждения до 295 К заметно не менялась ни в водороде, ни в аргоне. Изменения микроструктуры наблюдались после $\gamma\delta$ превращения.

В зависимости от атмосферы в печи, при прочих равных условиях, происходили следующие изменения. Однократное $\gamma\delta$ превращение железа в атмосфере водорода вызывает измельчение исходного размера зерна в 3-4 раза. В инертной среде после первого цикла размеры и форма зёрен практически не меняются, возрастая с увеличением количества циклов.

Для определения причин, вызвавших эффект измельчения зёрен в поликристаллическом железе при нагреве до 1720 К в атмосфере водорода, были проведены дополнительные эксперименты. Нагрев проводили до 1270 К, 1570 К, 1630 К, 1650 К, 1670 К, 1720 К, с соблюдением температурно-скоростных условий, как при нагреве, так и при охлаждении (рис. 1).

После нагрева до 1270 К, 1570 К, 1630 К, 1650 К изменение размера зерна не обнаружено. После нагрева до 1670 К, 1720 К происходит измельчение микроструктуры. Таким образом, эффект связан с $\gamma\delta$ перестройкой кристаллической решётки железа и наличием растворенного в ней водорода.

Влияние водорода на относительное изменение среднего

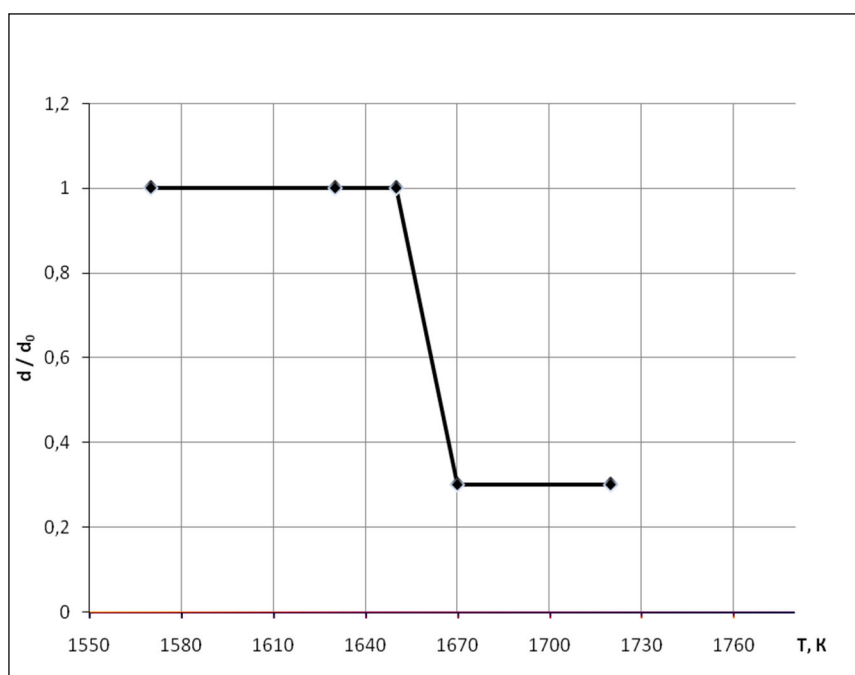


Рис. 1 – Зависимость относительного размера зерна от температуры нагрева (давление водорода 3 МПа)

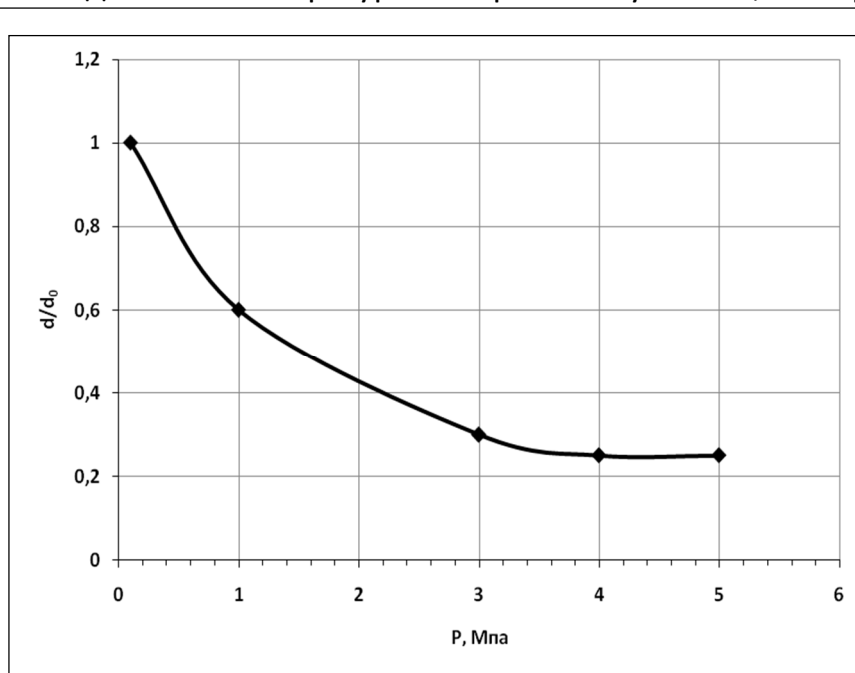


Рис. 2 – Зависимость относительного размера зерна от давления водорода

размера зерна изучалось при давлениях водорода– 0,1 МПа, 1,0 МПа, 3,0 МПа, 5,0 МПа (рис. 2). С увеличением давления эффект возрастает, стабилизируясь в районе 3,0 МПа ($d/d_0 = 0,3$).

Влияние скорости нагрева и охлаждения от 1 до 3 К/с при многократном термоциклировании в интервале температур 1570-1730 К и давлении водорода 3 МПа не обнаружено.

Эффект измельчения зёрен проявлялся на железе технической чистоты с содержанием углерода до 0,1 %. Испытания на промышленной стали вызывали увеличение исходного размера зёрен, что связано с обезуглероживанием и возникновением химической неоднородности по сечению образцов.

Выводы:

- эффект изменения размеров образцов определяется наличием в них растворенного водорода, градиентом температуры и направлением полиморфного превращения.
- формоизменение образцов в атмосфере водорода наблюдалось при $\gamma \rightarrow \alpha$ превращении с понижением температуры, при $\gamma \rightarrow \delta$ превращении – с повышением температуры. Соответственно, превращения происходят с противоположными по знаку градиентами температур в образцах.
- при γ - δ перестройке кристаллической решётки железа и наличии растворенного водорода наблюдается измельчение исходной микроструктуры после первого цикла нагрев-охлаждение [3].
- при γ - δ превращениях кристаллической решётки железа в инертной атмосфере, при прочих равных условиях, наблюдался рост исходного зерна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федюкин, В.К. Метод термоциклической обработки металлов / В.К. Федюкин. – Л.: Издательство Ленинградского университета, 1984. – 192 с.
2. Шаповалов, В.И. Влияние водорода на структуру и свойства железоуглеродистых сплавов / В.И. Шаповалов. – М.: Металлургия, 1982. – 232 с.
3. Патент Украины № 91065. Способ обработки металлов / А.В. Толстенко, А.С. Бедин, И.М. Когут. – Бюл. №12. – 2010.

Об авторе

Толстенко Александр Васильевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Надёжность и ремонт машин», Днепропетровский государственный аграрный университет (ДГАУ), Днепропетровск, Украина

About the author

Tolstenko Alexandr Vasilievich, Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Associate Professor of Department «Reliability and repair of machinery», Dnepropetrovsk State Agrarian University (DSAU), Dnepropetrovsk, Ukraine

В.И. Дырда, д-р техн. наук, профессор
(ИГТМ НАН Украины),
С.П. Сокол, инженер, ст. преподаватель
(ДГАУ),
Т.Е. Твердохлеб, инженер, научн. сотр.
(ИГТМ НАН Украины),
А.В. Толстенко, канд. техн. наук, доцент,
Ю.Н. Овчаренко, канд. техн. наук, доцент,
Е.В. Калганков, инженер, ст. преподаватель,
А.А. Черний, инженер, ст. преподаватель,
И.Н. Цаниди, инженер, ассистент
(ДГАУ)

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ РЕЗИНОВЫХ ДЕТАЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ПРИКЛАДНЫХ КРИТЕРИЕВ РАЗРУШЕНИЯ

Аннотация. Рассматривается расчёт долговечности резиновых деталей с использованием прикладных критериев разрушения.

Ключевые слова: критерий разрушения, диссипация энергии, старение, интенсивный и умеренный режимы, режим длительной эксплуатации

V.I. Dyrda, D. Sc. (Tech.), Professor
(IGTM NASU),
S.P. Sokol, Engineer, Senior Teacher
(DSAU),
T.Ye. Tverdohleb, Engineer, Researcher
(IGTM NASU),
A.V. Tolstenko, Ph. D. (Tech.), Associate Professor,
Yu.N. Ovcharenko, Ph. D. (Tech.), Associate Professor,
Ye.V. Kalgankov, Engineer, Senior Teacher,
A.A. Cherniy, Engineer, Senior Teacher,
I.N. Tsanidy, Engineer, Doctoral Student
(DSAU)

FORECASTING OF DURABILITY OF RUBBER PARTS BY MEANS OF APPLIED FRACTURE CRITERIA

Abstract. Calculation of durability of rubber parts by means of applied fracture criteria is observed.

Keywords: fracture criterion, energy dissipation, aging, intense and moderate regimes, the regime of long-term operation

Рассмотренные в [1] термодинамические критерии разрушения не всегда применимы для прогнозирования долговечности натуральных резиновых элементов прежде всего вследствие их сложности и довольно частого отсутствия достоверной экспериментальной информации о физико-механическом и химическом поведении системы, эксплуатируемой в реальных условиях. Поэтому в инженерной практике весьма широко используют односторонние оценки долговечности, рассматривая один или два параметра, наиболее полно характеризующие работу эластомерных конструкций при заданных условиях нагружения. Для резины в ка-