

**УДК 669.11:620.193.55**

**А.В. ТОЛСТЕНКО**, канд. техн.наук, доц., Днепропетровский  
Государственный Аграрный Университет

### **ВЛИЯНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРЕВРАЩЕНИЯ НА АНОМАЛЬНУЮ СПОНТАННУЮ ДЕФОРМАЦИЮ КАРБОНИЛЬНОГО ЖЕЛЕЗА**

Досліджено вплив напрямку градієнта температури на мікроструктуру і формозмінення карбонільного заліза (0,03% С) при аномальній спонтанній деформації.

Ключові слова: водень, поліморфні перетворення.

Исследовано влияние направления градиента температуры на микроструктуру и формоизменение карбонильного железа (0,03%С) при аномальной спонтанной деформации.

Ключевые слова: водород, полиморфные превращения.

The influence of the direction of temperature gradient on the microstructure and deformation of carbonyl iron (0.03% C) at the anomalous spontaneous deformation are investigated.

Key words: hydrogen, polymorphic transformation.

#### **Введение**

Аномальная спонтанная деформация [1], связанная с протеканием полиморфного превращения в присутствии газообразного водорода, позволяет внести ясность в представления о механизмах динамической и структурной сверхпластичности, о характере взаимодействия примесей с границами фаз, структурном состоянии металлов и сплавов в момент полиморфного превращения.

В частности, аномальная спонтанная деформация наблюдалась на образцах карбонильного железа, содержащего 0,03% углерода. Присутствие водорода приводит к аномальному падению предела текучести железа до 0,001 МПа.

Механизм явления представлен следующим образом [1]. Если в металлическом материале, содержащем растворенный водород, происходит полиморфное превращение с образованием новой модификации кристаллической решетки, растворяющей меньшее количество водорода, то между фазами образуются метастабильная водородонасыщенная зона (Н-слой), которая приводит к спонтанному формоизменению металлов.

В представленной работе была поставлена задача исследовать влияние направления градиента температуры на микроструктуру и формоизменение железа при аномальной спонтанной деформации.

#### **Материалы и методы исследования**

Материалом для исследования служило карбонильное железо технической чистоты с 0,03 % С. Образцы для испытаний ( цилиндры диаметром 0,005 м., длина рабочей части 0,025 м. ) крепились в обойму из нержавеющей стали.

Температура печи измерялась термопарой ВР5/ВР20 с точностью 10К. Температурный интервал циклирования: 1120-1220К, скорость нагрева и охлаждения: 2 - 2,5 К/с. В печи создавали аксиальный градиент температуры.

Опыты проводили в аргоне высокой чистоты ( объемная доля аргона 99,997 % ) и водорода ( содержание примесей 0,007 объемных процента ). Давление в автоклаве измерялось манометром с классом точности 0,1. Эксперименты проводились при давлениях 0,1- 0,5 МПа.

### **Результаты и обсуждение**

Исследовалось формоизменение образцов карбонильного железа при термоциклировании у температуры  $\alpha \leftrightarrow \gamma$  превращения без внешней механической нагрузки.

В условиях радиального градиента температуры в образце, независимо от атмосферы в печи (аргон, водород), без внешней механической нагрузки формоизменение при  $\alpha \leftrightarrow \gamma$  переходе отсутствует. Влияния водорода на деформацию при радиальном движении фронта  $\alpha \leftrightarrow \gamma$  превращения не обнаружено.

Прямые  $\alpha \rightarrow \gamma$  и обратные  $\gamma \rightarrow \alpha$  полиморфные превращения в железе отличаются не только величиной, но и направлением объемных эффектов. Это наблюдалось в атмосфере аргона и водорода при аксиальном градиенте температуры в образцах карбонильного железа.

При аксиальном градиенте температуры в инертной атмосфере имеет место остаточная деформация (до 2% после 100 термоциклов). Направление формоизменения соответствует направлению теплоотода. В атмосфере водорода, при прочих равных условиях, деформация увеличивалась на порядок.

Были проведены микроструктурные исследования образцов карбонильного железа до и после  $\alpha \leftrightarrow \gamma$  превращений. Исходная микроструктура, после однократного нагрева и охлаждения, заметно не менялась ни в водороде, ни в аргоне, размер зерна увеличивался с увеличением количества циклов.

Для определения деформации за один цикл  $\alpha \leftrightarrow \gamma$  превращения (при аксиальном градиенте температур) были поставлены дополнительные эксперименты. Деформация за цикл определялась как сумма деформаций, получаемых при нагреве ( $\alpha \rightarrow \gamma$  превращение) и охлаждении ( $\gamma \rightarrow \alpha$  превращение). До температуры  $\alpha \rightarrow \gamma$  превращения образец удлиняется, в интервале превращения его длина сокращается. В  $\gamma$ -области наклон кривой деформация-температура становится более крутым, в момент  $\gamma \rightarrow \alpha$  превращения образец удлиняется.

Замена атмосферы печи на водород, при прочих равных условиях, не оказывает заметного влияния на деформацию при нагреве ( $\alpha \rightarrow \gamma$  превращение). Кривые охлаждения обратимы только до начала  $\gamma \rightarrow \alpha$  превращения, а затем характер удлинения резко отличается от деформации в инертной атмосфере. При наличии водорода в металле, в момент  $\gamma \rightarrow \alpha$  полиморфного превращения, наблюдается необратимое увеличение деформации.

После замены водорода на инертную атмосферу, образец продолжает деформироваться. Только многократная промывка печи аргоном способствует затуханию деформации. Подобный эффект можно объяснить тем, что для диффузии водорода из металла требуется некоторое время.

В атмосфере водорода основное влияние на интенсивность формоизменения карбонильного железа оказывает направление и величина градиента температуры, т.е. температурно-скоростные условия на фронте  $\gamma \rightarrow \alpha$  превращения, с учетом диффузионных процессов на границе фазового превращения.

В инертной атмосфере основное влияние на деформацию оказывает внешнее напряжение. Теории пластичности рассматривают объемную долю растущей и исчезающей фаз, когда из-за различий удельных объемов  $\alpha$ - и  $\gamma$ - железа возникают внутренние напряжения, благодаря которым образцы деформируются. При отсутствии внешнего напряжения отсутствует деформация.

Для карбонильного железа, при данных условиях, полиморфное превращение протекает по нормальному диффузионному процессу с перераспределением водорода между растущей ( $\alpha$ -Fe) и исчезающей фазой ( $\gamma$ -Fe), что и приводит к спонтанному формоизменению при аксиальном градиенте температуры в образце.

### **Выводы**

1. В образцах карбонильного железа при  $\gamma \rightarrow \alpha$  превращении (в атмосфере водорода), наблюдается спонтанное формоизменение, направление которого определяется направлением аксиального градиента температуры.

**Список літератури:** 1. Шаповалов, В.И. О природе аномальной спонтанной деформации железа в присутствии водорода [Текст] / В.И.Шаповалов, В.Ю.Карпов // ФММ. - 1983. – Т.55, №4. - С.805-811.

*Поступила в редколлегию 23.04.2011*