

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Н. А. ГАЛАКТИОНОВА

О ВЛИЯНИИ ВОДОРОДА НА СВОЙСТВА СПЛАВОВ

(Представлено академиком Н. Т. Гудцовым 5 V 1954)

При изготовлении магнитно-твердых сплавов, так же как и при любом другом металлургическом процессе, который осуществляется без использования специальных защитных средств, происходит контактирование металла с водородсодержащими средами. В ряде случаев, как, например, при изготовлении постоянных магнитов металлокерамическим способом, водород используется в качестве технологического средства для получения необходимых свойств изделий.

В связи с этим присутствие водорода в металле в тех или иных количествах вполне вероятно. Однако вопрос о возможном влиянии водорода на основные магнитные характеристики и другие технически важные свойства сплавов для постоянных магнитов совершенно не изучен, и какие-либо количественные данные или качественные заключения о характере влияния водорода в опубликованной литературе отсутствуют.

Представлялось интересным и важным количественно учесть возможность поглощения водорода литыми железо-никель-алюминиевыми сплавами и выяснить характер его влияния на свойства металла.

Предварительно был произведен анализ газов в серии типичных магнитно-твердых сплавов. Образцы для анализа отбирались путем разбивки литых магнитов, причем выбор магнитов производился совершенно произвольно: были взяты магниты различной конфигурации и размеров, прошедшие различную обработку и имеющие различные магнитные характеристики.

Результаты анализов, произведенных методом горячей экстракции в вакууме, показали, что литые магнитно-твердые сплавы в твердом состоянии характеризуются значительными колебаниями содержания водорода, причем по абсолютной величине найденные количества водорода существенно превышают обычно определяемые количества водорода в стали. Содержание азота в сплавах невелико, содержание кислорода, как можно было ожидать, несколько выше, чем в стали, и колеблется в сравнительно узких пределах.

Для исследования был выбран сплав следующего состава: никель 25%, алюминий 15%, медь 3%, железо 57% (весовых). Была изготовлена серия образцов строго одинакового химического состава с различным содержанием водорода.

Повышение содержания водорода осуществлялось при помощи электролитического насыщения. Насыщение велось непрерывно в течение 24 час. при комнатной температуре. Электролитом служил 0,1 н водный раствор серной кислоты, анод — платина. Плотность тока поддерживалась равной 0,02 а/см². Образцы никакой термической обработке не подвергались и исследовались только в литом состоянии. Состав и микроструктура каждого опытного образца контролировались. Определение содержания водорода и других газов в образцах производилось методом горячей экстракции в вакууме при температуре 1600—1700°.

Результаты анализа большой серии образцов показали, что исследуемый сплав в весьма высокой степени склонен к поглощению водорода.

Путем электролитического насыщения образцов толщиной 4—5 мм за 24 часа было получено содержание водорода до 700 и более куб. сантиметров H_2 на 100 г металла. (В опытах М. Н. Носыревой ⁽¹⁾ по насыщению армко-железа и трансформаторной стали были получены значительно меньшие величины (50—80 см³/100 г), хотя насыщению подвергались тонкие пластинки (0,5 мм). Было изучено влияние водорода на коэрцитивную силу и остаточную индукцию и прослежено изменение твердости и ударной вязкости сплава при обогащении его водородом. Изменения свойств образцов сплава в зависимости от содержания в них водорода графически представлены на рис. 1. Из данных рис. 1 видно, что коэрцитивная сила с повышением содержания водорода увеличивается, одновременно повышается твердость сплава и снижается характеристика ударной вязкости. Эти результаты находятся в хорошем соответствии друг с

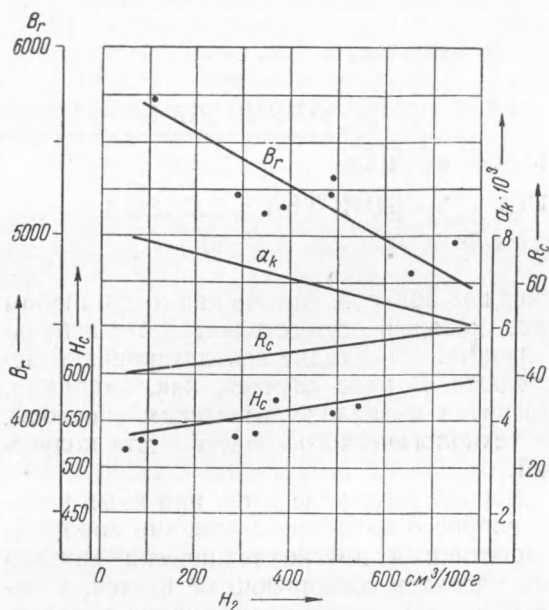


Рис. 1. Изменение свойств сплава Fe—Ni—Al в зависимости от содержания водорода

другом и свидетельствуют о том, что, повидимому, прямым следствием обогащения сплава водородом является возникновение в кристаллической решетке дополнительных «водородных» напряжений. Для проверки правильности этого предположения и выяснения влияния водорода на характер кристаллической решетки исследуемого сплава был проведен рентгенографический анализ опытных образцов.

Ранее было показано ⁽²⁾, что растворение водорода в железе не сопровождается ни образованием новой фазы — гидроксида железа, ни образованием атомарного твердого раствора внедрения. Тогда же автором

Таблица 1

№№ образ- цов	Состояние образцов	Параметр решетки	Ширина линий		Величина расширения в мм
			линейная в мм	угловая в ра- дианах	
27	До насыщения	2,872	0,83	$2,0 \cdot 10^{-3}$	0,95
	После насыщения	2,874	1,27	$3,1 \cdot 10^{-3}$	
29	До насыщения	2,877	0,54	$1,3 \cdot 10^{-3}$	1,01
	После насыщения	2,880	1,15	$2,8 \cdot 10^{-3}$	
30	До насыщения	2,879	0,25	$0,62 \cdot 10^{-3}$	0,45
	После насыщения	2,881	0,49	$1,21 \cdot 10^{-3}$	
38	До насыщения	2,877	При визуальном рассмотрении на рентгенограммах образцов после на- сыщения водородом установлено рас- ширение линий, близкое к расшире- нию линий на рентгенограммах об- разцов 27 и 29. Фотометрировать рентгенограммы не удалось из-за не- однородности рентгеновских колец.		
	После насыщения	2,878			
	До насыщения	2,878			
39	После насыщения	2,875			
	До насыщения	2,878			
	После насыщения	2,875			

впервые было обнаружено ⁽³⁾, что при обогащении водородом происходят изменения в кристаллической решетке железа, которые выражаются расширением линий на рентгенограммах.

Одним из факторов, влияющих на ширину рентгеновских линий, являются так называемые напряжения II рода. На возможность возникновения в исследуемом сплаве дополнительных «водородных» напряжений указывают, как выше отмечено, результаты измерения магнитных и механических свойств. Поэтому при рентгенографическом исследовании сплава можно было ожидать обнаружения эффектов, аналогичных наблюдаемым при исследовании ⁽³⁾.

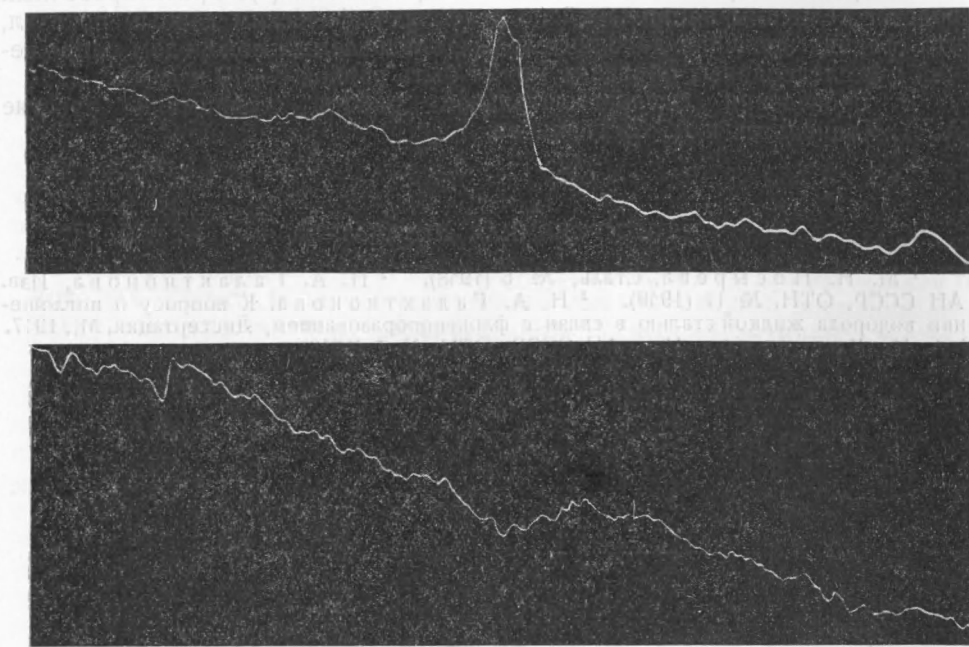


Рис. 3. Микрофотограммы рентгенограмм рис. 2, а и б

Для проведения рентгенографического анализа с литых образцов снимались рентгенограммы в камере для обратной съемки на железном излучении. После съемки каждый образец подвергался электролитическому насыщению водородом в течение 24 час. и затем вновь рентгенографировался. Полученные данные приведены в табл. 1. Линий, не относящихся к решетке сплава альни, на рентгенограммах образцов после насыщения водородом не было обнаружено.

Сравнение параметров решеток насыщенных и ненасыщенных образцов показывает, что наблюдаемые изменения не выходят за пределы погрешности измерений.

На всех образцах после обогащения водородом наблюдалось расширение линий. На рис. 2 (на вклейке, стр. 381) и 3 приведены рентгенограммы и микрофотограммы, снятые с одного и того же образца до и после насыщения водородом.

Таким образом, действие водорода на решетку исследуемого железо-никель-алюминиевого сплава оказалось аналогичным действию его на решетку α -железа легированной стали: и в том и в другом случае наблюдалось расширение линий, свидетельствующее о некотором изменении физического состояния образца. Исследуемые образцы не подвергались никаким дополнительным операциям, кроме обогащения водородом. Поэтому возможность протекания каких-либо диффузионных или иных, не

связанных с водородом процессов, могущих привести к изменению концентрации компонентов сплава в блоках, была исключена. Предполагать, что повышение концентрации водорода в металле может приводить к дроблению блоков, нет достаточных оснований. Этот процесс, повидимому, может иметь место в случаях образования гидридов (палладий, титан и т. д.). Остается считать, что причиной наблюдаемого расширения линий на рентгенограммах и изменений магнитных и механических свойств сплава является возникновение в кристаллической решетке обогащенного водородом сплава внутренних напряжений.

Изложенные результаты находятся в хорошем соответствии с результатами работ и представлениями А. И. Красникова (¹). Ориентировочный подсчет величины напряжений по рентгенографическим данным показал, что средняя величина дополнительных, создаваемых водородом напряжений в исследованных образцах может быть равной 8—10 кг/мм².

В проведении экспериментальной работы принимали участие А. А. Кацнельсон и А. С. Тихонова.

Поступило
5 V 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ М. Н. Носырева, Сталь, № 6 (1948). ² Н. А. Галактионова, Изв. АН СССР, ОТН, № 11 (1949). ³ Н. А. Галактионова, К вопросу о поглощении водорода жидкой сталью в связи с флокенообразованием, Диссертация, М., 1947. ⁴ А. И. Красников, Изв. АН СССР, ОТН, № 1 (1946).