

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ НЕРАВНОМЕРНОСТИ
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРИДА В ТИТАНОВОМ СПЛАВЕ VT1-0**

Чэнь Ли

Научный руководитель: М. С. Сыртанов

Томский политехнический университет, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 63405

E-mail: 1499188606@qq.com

**DEVELOPMENT OF ULTRASONIC TESTING METHOD FOR THE UNEVEN DISTRIBUTION OF
HYDRIDES IN TITANIUM ALLOYS VT1-0**

Chen Li

Scientific Supervisor: M.S. Syrtanov

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: 1499188606@qq.com

Annotation. *This paper is devoted to investigation of development of ultrasonic testing method for the uneven distribution of hydrides in titanium alloys VT1-0. The linear prediction method (LPC) is used to determine hydrides in titanium alloy VT1-0. X-ray diffraction (XRD) is used to confirm the results of ultrasonic testing.*

Титан является важнейшим конструкционным материалом. При этом существует реальная угроза водородной коррозии [1]. Наводороживание изделий из титана и его сплавов приводит к охрупчиванию материалов и способствует ранней деградации его механических свойств в процессе эксплуатации [2]. В настоящее время слабо развиты неразрушающие методы для оценки содержания водорода в титане и его сплавах. Поиск метода, позволяющего решить эту задачу, является актуальной проблемой. В качестве такого метода был выбран ультразвуковой контроль, суть которого заключается в излучении в изделие и последующем принятии отраженных ультразвуковых колебаний для получения данных с целью определения наличия дефектов [3].

Целью данной работы является разработка методики ультразвукового контроля неравномерности распределения гидрида в титановом сплаве VT1-0.

По ходу проведения эксперимента были подготовлены 7 образцов технически чистого титана VT1-0, толщина которых составляла 2 мм. На первом этапе поверхность образцов заблаговременно была подвержена травлению для удаления оксидного слоя. Далее образцы были подвергнуты отжигу в вакууме в течение одного часа при температуре 750 °С с последующим охлаждением в печи. На следующем этапе образцы титанового сплава VT1-0 подвергались насыщению водородом из газовой среды.

Для определения гидридных включений в титановом сплаве VT1-0 использовалась система ультразвукового анализа твердого тела, предназначенная для автоматизированного ультразвукового контроля иммерсионным способом образцов из металлов и углеродистых сплавов. Для предсказания поведения сигналов или процессов на основе ограниченного количества данных используется метод линейного предсказания (LPC).

Результаты и их обсуждение. На первом этапе исследования необходимо было определить факторы, влияющие на изменение ультразвукового сигнала в методе LPC. На рис. 1а показано влияние кривизны поверхности на ультразвуковой сигнал. Еще одним фактором являются макродефекты образца. Также было установлено, что метод LPC чувствителен к структуре, образовавшейся в результате проката титанового сплава BT1-0 (рис. 1б).

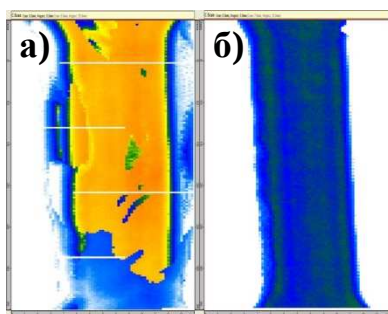


Рис.1. а) Развертка типа С образца с искаженной поверхностью при 50 МГц; б) Результаты сканирования исходного образца 50 МГц датчиком

Сканирование исследуемых образцов проводилось после насыщения водородом 10 МГц и 50 МГц датчиками. На первом этапе производилось сканирование образцов с малой концентрацией водорода (рис. 2). На следующем этапе работы было произведено прозвучивание образцов с высоким содержанием водорода (рис. 3).

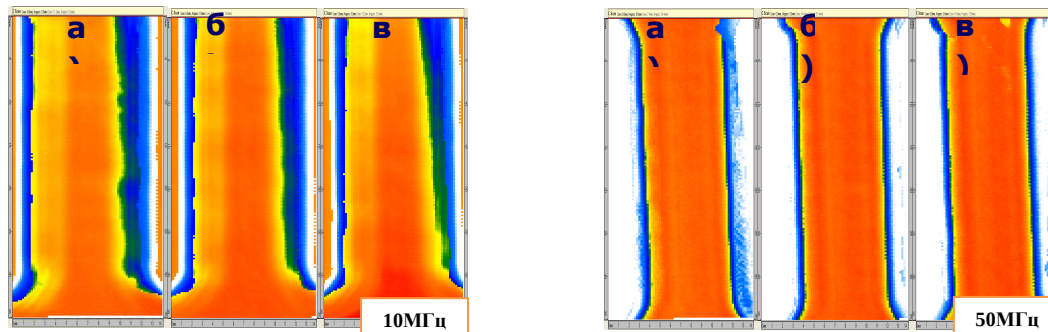


Рис. 2. Результаты сканирования исследуемых образцов 10МГц и 50 МГц датчиками: а) исходный образец; б) образец 9" – 20 ррт; в) образец 10" – 240 ррт

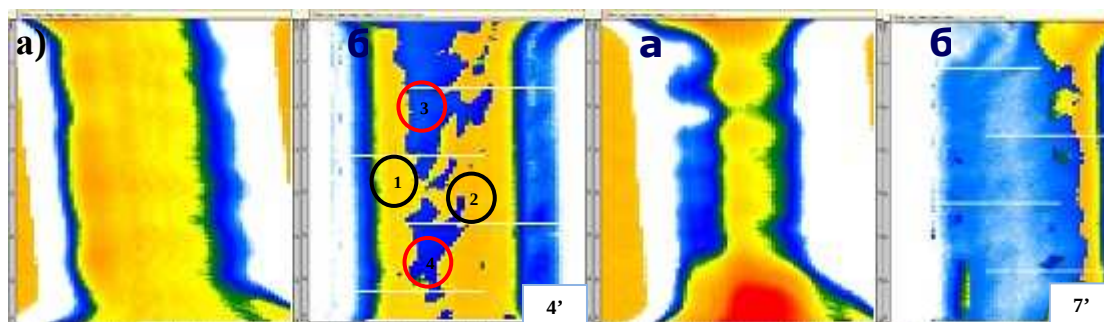


Рис.3. Результаты сканирования образца 4' – 1430 ррт и 7' – 2730 ррт: а) 10 МГц датчик и б) 50 МГц датчик (— Область с большим содержанием гидридов — Область с малым содержанием гидридов)

Видно, что при прозвучивании образцов с малым содержанием водорода картина не изменяется. Параметры LPC не изменяются как при использовании датчика 10 МГц частоты, так и 50 МГц частоты. Возможно, это связано с тем, что при данных концентрация водород находится в титановом сплаве в виде твердого раствора. Результаты сканирования образцов с большим содержанием водорода (более 0,143 масс.%) показали наличие областей с ярко выраженной контрастностью. Это связано с большой концентрацией гидридов титана в этих областях.

Для подтверждения результатов, полученных ультразвуковым методом был проведен рентгено-структурный анализ (РСА) образца 4' с концентрацией водорода 1430 ppm в областях, показанных на рис.4. Результаты данного анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты РСА анализа образца 4' титанового сплава BT1-0

Номер участка образца	Обнаруженные фазы	Содержание фаз, массовые %
1	Ti (гексагональный)	99,5
	TiH (кубический)	0,5
2	Ti (гексагональный)	99,15
	TiH (кубический)	0,85
3	Ti (гексагональный)	92,7
	TiH (кубический)	7,3
4	Ti (гексагональный)	95,64
	TiH (кубический)	4,36

Из таблицы видно, что на участках 1 и 2 массовое содержание гидроксида меньше 1 %. В области 4 количество гидридов составляет более 4%. На участке 3 содержание гидроксида титана $\approx 7\%$. Различное содержание гидридной фазы титана свидетельствует о неравномерности распределения гидроксида титана, что подтверждается результатами ультразвукового контроля.

Выводы. Было установлено, что на изменение ультразвукового сигнала значительное влияние оказывает кривизна поверхности и макро дефекты образцов. Также было выявлено, что метод линейного предсказания чувствителен к структуре проката в титановом сплаве BT1-0. В ходе исследования было показано, что применение датчика 50 МГц частоты позволяет обнаруживать гидридные области при более низких концентрациях водорода, чем при использовании 10 МГц датчика. Установлена корреляционная зависимость между результатами ультразвукового контроля и рентгеноструктурного анализа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арефьев К.П., Боев О.В., Имас О. Н., Лидер А.М., Сурков А.С., Чернов И.П. Аннигиляция позитронов в насыщенном водородом титане // Физика твердого тела. – 2003. – Том 45. – вып.1.
2. Черданцев Ю.П., Чернов И.П., Тюрин Ю.И. Методы исследования систем металл-водород: учебное пособие-Томск: изд-во ТПУ, 2008. 286с.
3. Проектно конструкторско технологический институт. Ультразвуковой контроль: [Электронный ресурс] / – Режим доступа к ст. :http://www.zaopkti.spb.ru/services07_46.html