



УЛТРАЗВУКОВО ИЗСЛЕДВАНЕ НА НЕЦЯЛОСТНОСТИ В ОБРАБОТЕНИ ЧРЕЗ ТРИЕНЕ И РАЗМЕСВАНЕ ОБРАЗЦИ ОТ АЛУМИНИЕВИ СПЛАВИ

Иван Коларов¹, Пламен Ташев²
ikolarov@vtu.bg, ptashev@ims.bas.bg

¹⁾ *Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“, София, ул. „Гео Милев № 158*

²⁾ *Институт по металознание, съоръжения и технологии с център по Хидро- и аеродинамика „Академик Ангел Балеvски“ - Българска академия на науките, РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ*

Ключови думи: *нецялостности, обработка чрез триене и размесване, ултразвуково изследване, алуминиеви сплави*

Резюме: *В работата е представено ултразвуково изследване на нецялостности в слоеве на образци от алуминиеви сплави (планка с дебелина 4 mm от сплав А5083 и планка с дебелина 12 mm от сплав А6061) обработени чрез триене и размесване.*

Образците са ултразвуково изследвани чрез двоен осезател с честота 5 MHz и ултразвуков дефектоскоп. Показани са нецялостности в обработения слой, регистрирани в процес на изследване на образците.

Търсени са отражения с различна амплитуда от пластично деформираните участъци. Регистрирани са значителни отражатели от нецялостности в изследвания слой. Допълнителните изследвания показват, че те се дължат на нецялостности по дължината на слоя. Отражение от пластично деформираната повърхнина не е регистрирано.

Получените резултати ще намерят приложение при оценяване на режимите на обработка чрез триене и размесване на образци от подобни материали с оглед избор на оптимални такива и избягване на нецялостности.

ВЪВЕДЕНИЕ

Технологията обработване чрез триене и размесване (ОТР) на алуминиеви сплави е сравнително скоро разработена и осигурява значителни предимства на новото изделие. Най-често с тази технология се заваряват или се задават нови повърхностни свойства на алуминиеви детайли. Създадена първоначално за заваряване на алуминиеви сплави, тя бързо намира приложение в космическия, транспортния и др. сектори на машиностроенето [1, 2]. Обработката се извършва с помощта на специализиран въртящ се инструмент, който се състои от щифт и рамо. Инструмента прониква в обработвания материал като вследствие на триенето между инструмента и материала, го загрява и в пластично състояние го размесва, а в следствие на линейното движение го избутва назад. Въртящото се рамо на инструмента притиска пластифицирания материал и не му позволява да излезе нагоре като го подравнява и заглажда. При размесване и изстиване

на материала между два детайла се образува заварен шев. ОТР може да се използва за въздействие върху определен участък от материала за да се получат подобрени свойства посредством силово въздействие на въртящ се инструмент, който чрез триене повишава температурата на материала до пластично състояние, при което вследствие на размесването и на въведени добавки материалът се променя и се постигат определени целеви експлоатационни качества.

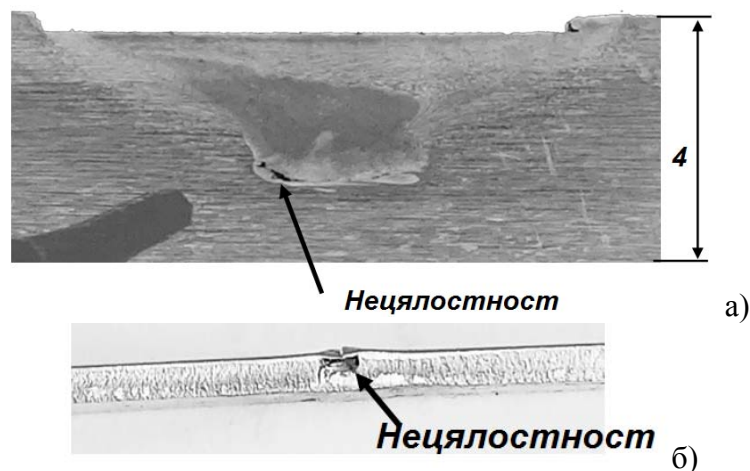
Въпреки, че се избягва разтопяване на материала в готовото изделие е възможно да възникнат нецялостности, поради технологични отклонения [3].

В последните години в „Център по заваряване“ на Институт по металознание, съоръжения и технологии с Център по хидро- и аеродинамика „Академик Ангел Балевски“ БАН се работи по уточняване на различни по вид параметри за прилагане на технологията към конкретни технически задачи при обработка на алуминиеви сплави [4]. Визуално след направа на напречен разрез в обработения повърхностен слой са установени нецялостности. За ускоряване на изследователския процес при уточняване на технологията е удачно използването на достъпни технологии за безразрушителни за контрол на нецялостности в алуминиевите образци. Една от предварителните насоки е към използването на ултразвуков метод.

Цел на настоящата работа е да провери приложението на ултразвуковия метод за безразрушително регистриране на нецялостности в обработени чрез триене и размесване повърхностни слоеве от листови материали, използвани в изследователската дейност на „Център по заваряване“ към ИМСТЦХА - БАН.

ПОСТАНОВКА ЗА РЕШАВАНЕ НА ЗАДАЧАТА

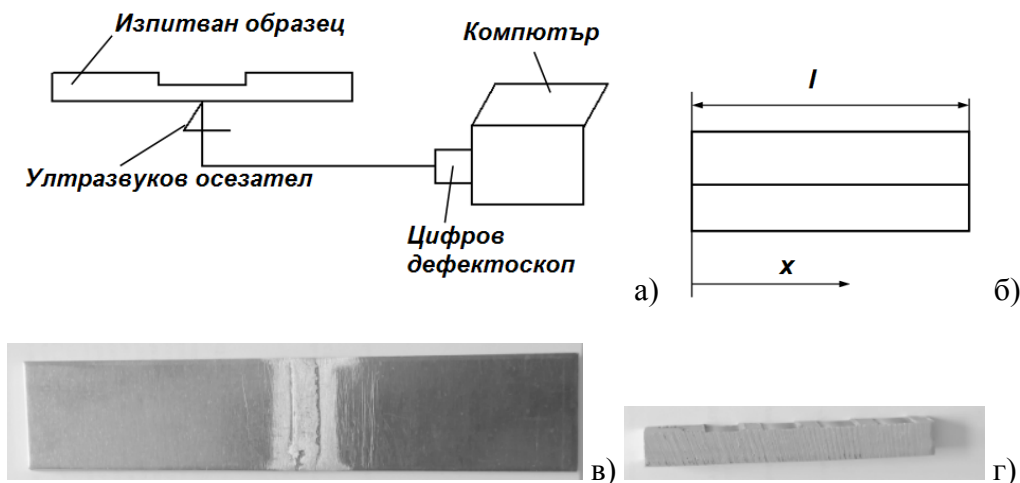
Изследването е проведено чрез анализ на нецялостности в повърхностни слоеве на образци от алуминиеви сплави (планка с дебелина 4 mm от сплав А5083 и планка с дебелина 12 mm от сплав А6061) обработени чрез триене и размесване. Типично изображение на напречен разрез на образец с дебелина 4 mm с регистрирана нецялостност е показано на фиг. 1. В резултат на движението на ротационния инструмент на работната повърхнина [1] се оставя надлъжна плоска следа непостоянна широчина и с дълбочина по-малка от 1 mm. Тя възпрепятства достъпът на ултразвуков сигнал от тази страна за преминаване и разпространение в изследвания детайл. Това е причината за нуждите на изследването да бъде използван двоен ултразвуков осезател, който е позициониран към образца от обратната страна на обработката.



Фиг. 1. Изображение на напречен разрез на образец с дебелина 4 mm и нецялостност а) и на повърхностно видима нецялостност б).

Очакванията са за получаване на екрана на дефектоскопа да се приемат два сигнала: от канала и от стената около него. Схема на опитната постановка е показана на

фиг. 2. Използван е двоен ултразвуков осезател с честота 5 MHz, възбуждащ надлъжна ултразвукова вълна. Като се има предвид дължината на надлъжната вълна, то граничната стойност на еквивалентния размер на нецялостност в посоката на разпространение на вълната е около 1 mm. На образецът от фиг. 2 в) е обработен участък с дължина 35 mm, а този от фиг. 2 г) са обработени участъци при различни режими на движение на изпълнителния инструмент.



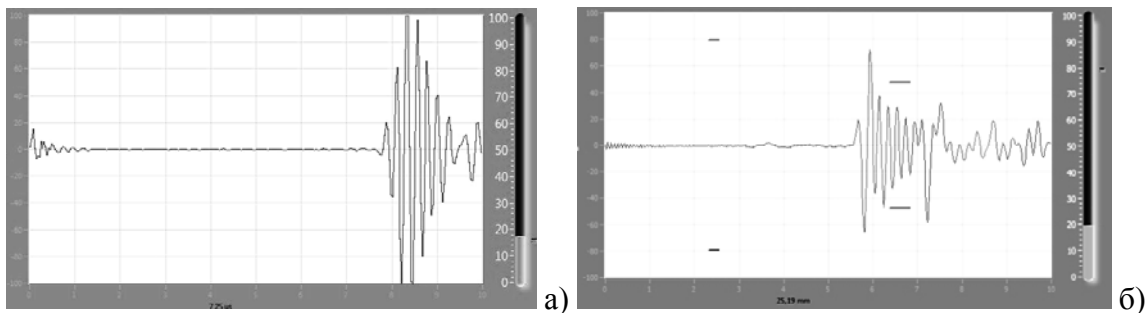
Фиг. 2. Схеми на опитната постановка за регистрация на нецялостност и на изследваните образци (а); за провеждане на последователност на измервания по дължината на шева l (б) и изображения на опитните образци с дебелина 4 mm (в) и с дебелина 12 mm (г).

Участъците, осигуряващи достъп за генериране на ултразвуковата вълна е отчетено, че има груб характер, което е причина за създаване на значителна методична грешка при провеждане на измерването. Затова акцент в настоящата работа е поставен върху регистрирането на често срещани нецялостности с оглед прецизиране и разширяване на опитната постановка и определяне на тяхната условна дължина.

РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗСЛЕДВАНЕТО

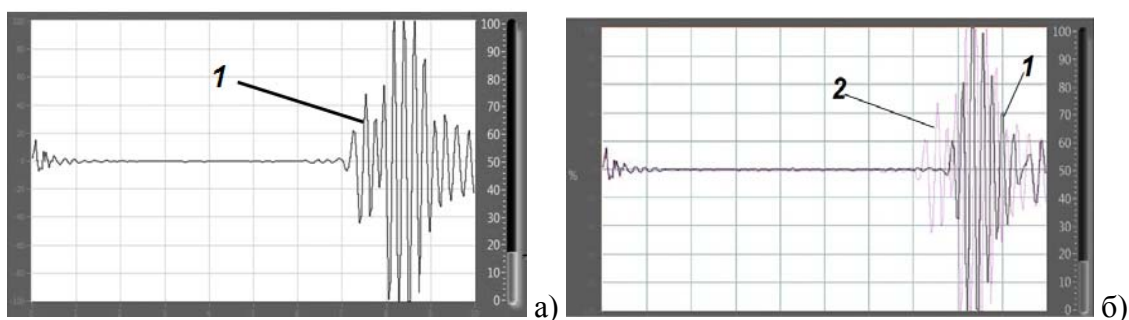
Изследванията на двата образца са проведени по дължината на обработения участък със стъпка 5 mm. Типични резултати са показани на фиг. 3. Тъй като тези отражателните повърхнини са разположени на малко разстояние то са налице условия отразените от тях сигнали да интерферират.

В рамките на безразрушителното изследване на образца с дебелина 4 mm е установена зона с нецялостност, получена по продължение на шева. Условната дължина на нецялостността е измерена 27 mm. На фиг. 4 а) е показан резултат от изследване на участък с нецялостност с максимален размер, идентифициран по големината на отразеното от него ехо, изобразено с 1 в предната част на сигнала. Тъй като нецялостността е разположена на по-малко разстояние от стената на детайла, то полученият от нея индикатор се намира преди основния сигнал. Подобни резултати, но с по-малка амплитуда на отражение в предната част на сигнала са регистрирани още в 4 точки.



Фиг. 3. Типични резултати за отразения от технологичния канал ултразвуков сигнал за образец с 4 mm (а) и за образец с дебелина 10 mm (б).

Подповърхностната нецялостност е визуално забележима в края на изследвания образец, визуално е определен размера чрез устройство за линейни измервания. Определен е среден размер 1.8 mm.



Фиг. 4. Типичен резултат за участък с голяма нецялостност (а) и сравнение на изображението с изображение на участък без дефект (б).

Отражение от пластично деформираната повърхнина с промяна на ориентацията на структурата на метала чрез използваната опитна уредба не е регистрирано.

Нецялостности в образецът с дебелина 10 mm не са регистрирани. Вероятно това се дължи на малкия размер на нецялостностите, т.е. те са по-малки от критичната стойност или са с ориентация по направление на разпространението на ултразвуковата вълна.

ИЗВОДИ

В резултат на направените изследвания могат да се формират следните изводи:

- Успешно се регистрират подповърхностни нецялостности в обработени чрез триене и размесване повърхностни слоеве с размер над 1 mm.

- Нецялостности с размери по-малки от 1mm не се регистрират, както не се регистрират и групови нецялостности с общ размер по-малък от 1 mm. За осигуряване на измервания с по-голяма прецизност е необходимо подобряване на условията за въвеждане на ултразвуковата вълна в еластичната среда, например, чрез подобряване на гладкостта на изделието или чрез отделяне на осезателя на постоянно разстояние от повърхнината и придвижване в това положение [5].

Получените резултати ще намерят приложение при оценяване на режимите на обработка чрез триене и размесване образци от подобни материали с оглед избор на оптимални такива и избягване на нецялостности в шева.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Bharat Raj Singh. A Hand Book on Friction Stir Welding. Researchgate. 2012.
- [2] Hitachi review. Railway systems. Volume 63 Number 10 March 2015
- [3] Kah P., and all. Investigation of weld defects in friction-stir welding and fusion welding of aluminium alloys. International Journal of Mechanical and Materials Engineering (2015) 10:26.
- [4] KONDOFF C., V. DYKOVA, R. DIMITROVA, Y. HADJITODOROV, R. ZAEKOVA. Layer Formation on 6061 Aluminum Alloy after FSP. International Journal "NDT Days". Volume IV. ISSN: 2603-4018 eISSN: 2603-4646.
- [5] Миховски М. Комплексно използване на безразрушителните методи за изследване на структурата и физикомеханичните свойства на метални материали. Дисертация за присъждане на научната степен „доктор на техническите науки”, Институт по механика и биомеханика – БАН, София, 1991.

Благодарности: *Работата е създадена при разработване на научноизследователски проекти*

- *Коефициент на концентрация в заварени съединения в транспортното машиностроене и внедряване на резултатите в лекционна зала “Машиинни елементи”, подкрепен от МОН.*
- *КП-06-Индия, ФНИ, „Получаване и изследване на хибридни неравновесни композити произведени с обработка чрез триене и размесване (ОТР)“*

ULTRASONIC NON-DESTRUCTIVE TESTING OF IMPERFECTIONS IN FRICTION STIR WELDED ALUMINUM ALLOYS

Ivan Kolarov¹, Plamen Tashev²
ikolarov@vtu.bg, ptashev@ims.bas.bg

- 1) *Todor Kableshkov University of Transport, Sofia, 158 Geo Milev Str.*
- 2) *Institute of Metallurgy, Equipment and Technologies with Center for Hydro- and Aerodynamics "Academician Angel Balevski" - Bulgarian Academy of Sciences, THE REPUBLIC OF BULGARIA*

Key words: *incompleteness, friction stir welds, ultrasonic testing, aluminum alloys*

Abstract: *Ultrasonic examination of inaccuracies in layers in samples of aluminum alloys (plate with a thickness of 4 mm from alloy A5083 and plate with a thickness of 12 mm from alloy A6061) treated by friction stir is presented in this paper. A dual sensor with working frequency 5 MHz and an ultrasonic flaw detector has been used for testing. Defects in the layers registered in the process of control of the samples have been illustrated.*

Reflected echoes with amplitude different from the amplitude of the main signal are searched for. Significant reflections from imperfections in the studied layers were registered. Additional research shows that they are due to imperfections along the layer. No reflection from the plastically deformed surface was registered.

The obtained results will find application in the evaluation of the processing modes by rubbing and mixing of samples of similar materials in order to select optimal ones and avoid incompleteness.