

ULTRADŹWIĘKOWE BADANIA SPOIN „TRUDNYCH”

Grzegorz LATAROWSKI
Władysław MICHNOWSKI
Rafał MIŚ
Jarosław MIERZWA

Zakład Badań Materiałów ULTRA, Wrocław
Zakład Badań Materiałów ULTRA, Wrocław
Zakład Badań Materiałów ULTRA, Wrocław
Politechnika Wrocławska, I-6

1. WSTĘP

Zalety badań ultradźwiękowych takie jak łatwość użycia, ich niska cena, mobilność, dostępność na rynku sprzętu badawczego, a także podstawowe uporządkowania normalizacyjne spowodowały, że stały się one najbardziej podstawową metodą badań nieniszczących, to znaczy **taką metodą, która jest stosowana najczęściej i najwszechstronniej**. Pomimo wymienionych zalet badań ultradźwiękowych spoin i związanej z nimi popularności chyba najistotniejszym mankamentem we współczesnym etapie ich rozwoju jest dokonanie się podziału na spoiny, które są badane oraz takie, których „nie da się badać”. Podział ten w bardzo wolnym tempie i niewystarczającym stopniu jest niwelowany. Załóżmy, że stwierdzenie „tych spoin nie da się badać” jest kolokwialne, a przede wszystkim mylące i wprowadźmy podział na spoiny łatwe i spoiny trudne. Spoiny łatwe to wszystkie te, których badania mają: uporządkowane i wiarygodne systemy norm lub procedur, kompletne wyposażenie techniczne (defektoskopy, głowice), są przedmiotem zajęć na kursach badań itd. Spoiny trudne to pozostałe. Najbliższym przykładem spoin trudnych, które stały się spoinami łatwymi, są spoiny cienkie dzięki wprowadzeniu procedury IBUS-TD, dotyczącej badania spoin cienkich i spoin rur 2-8mm (1). Potencjalny zakres występowania spoin trudnych, wydaje się być zbiorem większym niż aktualnie badany zbiór spoin łatwych, jeśli chociażby wymieni się spoiny z niepełnym przetopem, będące podstawą stalowych konstrukcji budowlanych. Niezależnie od wielkości zakresu ich występowania, istotniejsze jest zagrożenie związane z brakiem badań tych spoin. Potwierdziła to niestety zima 2005-2006 obfitująca w tragiczne katastrofy hal w wielu krajach Europy. W Polsce najtragiczniejsza katastrofa Hali w Chorzowie, o której podano, że jako jedną z przyczyn są „(...)braki przetopu i przyklejenia w spoinach.., (2).

2. METODA ECHA I PRZEPUSZCZANIA

Jak wiadomo w najbardziej szerokim zakresie wykonywania badań ultradźwiękowych znalazły zastosowanie dwie metody - metoda echa (oznaczymy ją jako E) i metoda przepuszczania (oznaczymy ją jako P).

W historii badań ultradźwiękowych metoda przepuszczania P była stosowana wcześniej od metody echa E, a zastosowania jej w skali laboratoryjnej, sięgają początku lat trzydziestych ubiegłego wieku dzięki pracom J. S. Sokołowa. Na prace te powołują się między innymi J. i H. Krautkramer w swoim fundamentalnym dziele *Werkstoffprüfung mit Ultraschall* (3) formującym podstawy metody badań ultradźwiękowych. Jednak metoda echa zdominowała metodę

przepuszczania, dzięki swoim zaletom polegającym na możliwości bardziej precyzyjnego określania położenia i wielkości wady (nieciągłości). Trudno teraz dociekać dlaczego dominacja metody echa z biegiem lat tak bardzo pogłębiała się w miarę postępu, doskonalenia aparatury i metod badania. A także dlaczego nie zauważono, czy też nie doceniono, oczywiście zalety metody przepuszczania polegającej na tym, że jest ona pozbawiona w ogóle możliwości wystąpienia tak zwanych „fałszywych ech”. „Fałszywe echa” są główną przyczyną nie badania spoin trudnych. Jednym z potwierdzeń tych dość oczywistych spostrzeżeń jest norma na badania metodą przepuszczania (4), która podając zasadę „Techniki przepuszczania” prawie nie podaje jej możliwych zastosowań.

3. PRZYKŁADOWY ZBIÓR BADANYCH SPOIN TRUDNYCH

W okresie dwuletniego stosowania metody przepuszczania do badań spoin trudnych, zebrano przykłady różnych zastosowań. Wszystkie przykłady łączy to, że wykonano je według zasad podanych niżej w punkcie 4.

Zbiór badanych spoin trudnych to:

- 3.1 Spoiny ram foteli samochodowych, bardzo cienkie 1mm, nakładkowe i pachwinowe o nieregularnych powierzchniach przyłożenia głowic. Badania wykonywano po przeprowadzonej optymalizacji różnych konstrukcji głowic i wybrano głowice 4MHz na falę poprzeczną o kącie wprowadzenia i wyprowadzenia wiązki 67^0 , średnicy przetwornika 7mm na falowodzie od długości 8mm tj. o oznaczeniach 4T67⁰ 7/8,
- 3.2 Spoiny pachwinowe i doczołowe kątowe stalowych konstrukcji budowlanych o przekrojach nośnych od ok. 6 do 15mm, o regularnych powierzchniach przyłożenia głowic. Badania wykonywano po przeprowadzonej optymalizacji różnych konstrukcji głowic i wybrano głowice 4MHz na falę poprzeczną o kącie wprowadzenia i wyprowadzenia wiązki 45^0 i 51^0 , wymiarach przetwornika 9x10mm tj. o oznaczeniach: 4T45⁰ 9x10 i 4T51⁰ 9x10 (np. rys. 1., rys. 2.),
- 3.3 Spoiny nakładkowe stalowych konstrukcji budowlanych o przekrojach nośnych ok. 10mm, o regularnych powierzchniach przyłożenia głowic. Badania wykonywano po przeprowadzonej optymalizacji różnych konstrukcji głowic i wybrano głowice 4MHz na falę poprzeczną o kącie wprowadzenia i wyprowadzenia wiązki 45^0 i 51^0 , o wymiarach przetwornika 9x10mm tj. o oznaczeniach 4T45⁰ 9x10 i 4T51⁰ 9x10,
- 3.4 Spoiny doczołowe stalowych konstrukcji budowlanych – specjalne wzmocnienie dźwigara o przekrojach nośnych od ok. 12mm, o regularnych powierzchniach przyłożenia głowic. Badania wykonywano po przeprowadzonej optymalizacji różnych konstrukcji głowic i wybrano głowice 4MHz na falę poprzeczną, o kącie wprowadzenia i wyprowadzenia wiązki 45^0 , o wymiarach przetwornika 9x10mm tj. o oznaczeniach 4T45⁰ 9x10.

W efekcie wykonanych badań w grupach 3.1 – 3.3 wykrywano sporadycznie niezgodności (wady) nieakceptowalne. W grupie 3.4 . na 50 mb na ok. 80% przebadanych długości wykryto niezgodności (wady) nieakceptowalne.



Rys.1. Wskazanie w miejscu wzorcowym (otworek 3 mm).



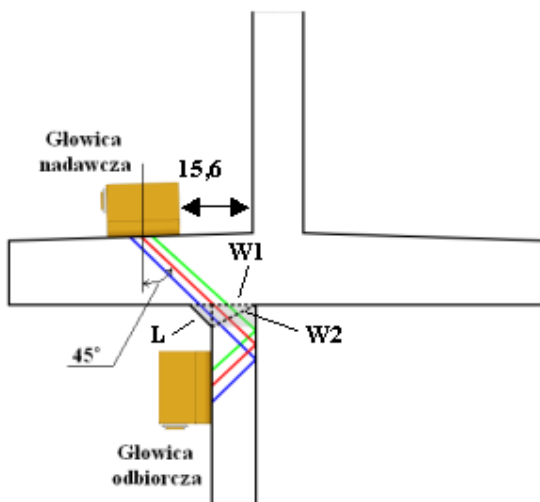
Rys.2. Wskazanie w miejscu dobrym.

4. TECHNIKA BADAŃ

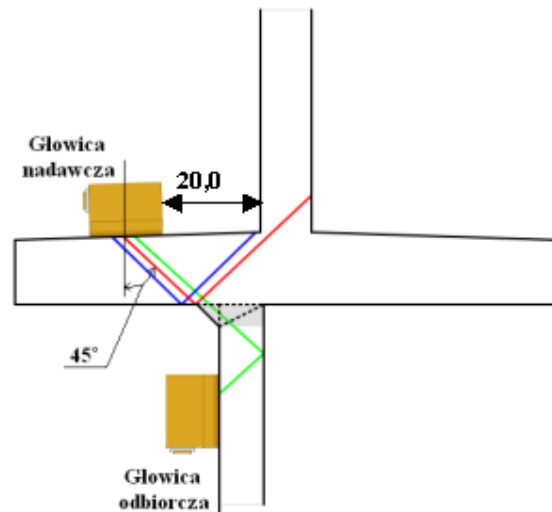
4.1. Zasada badań ultradźwiękowych spoin metodą przepuszczania

Podane poniżej graficznie zasady badań wykonano z zastosowaniem programu *Symul*. Głowica nadawcza wysyła wiązkę fal do głowicy odbiorczej, o przekroju zbliżonym do przekroju przetwornika (na schemacie od linii niebieskiej do zielonej) w geometrii jak na rys.3.

Schematy przebiegów wiązki fal ultradźwiękowych w spoinach o kształcie jak niżej spoina w trójkącie L, W1, W2



Rys. 3. Przebieg wiązki fal w geometrii optymalnej.



Rys. 4. Przebieg wiązki fal w geometrii innej niż optymalna.

Wiązka, jak widać, przechodzi przez trójkąt L, W1, W2. Braki wtopu na liniach wtopu W1 i W2 oraz wtrącenia w polu trójkąta ograniczają pole przekroju trójkąta. Wiązka fal na przewężeniu ulega równocześnie zmniejszeniu – zmniejszeniu ulega jej przekrój, ciśnienie akustyczne, amplitudy przejścia. Jeżeli w polu trójkąta lub w jego sąsiedztwie pojawi się pęknięcie, to

działając jako reflektor odbije część wiązki lub całą wiązkę i jest to równoznaczne z ograniczeniem przekroju wiązki czyli skutkami jak przedstawiono wyżej.

4.2. Geometryczny model metody przepuszczania

Na rys.3. przedstawiona jest sytuacja przebiegu wiązki w rzeczywistej geometrii z pełną zgodnością: wymiarów, kątów, przekrojów, a położenie głowic jest optymalne, charakteryzujące się maksymalną amplitudą przejścia. Na rys. 4. przedstawiono jedną z wielu sytuacji różnych od położenia optymalnego obydwu głowic. Jest oczywiste, że w tych wielu nieoptymalnych położeniach głowic amplituda przejścia jest mniejsza, a nawet może nie występować.

Wartości amplitud w obydwu metodach (echa i przepuszczania) oznaczają co innego, a także zasadniczo inaczej są oceniane. W metodzie echa wartość maksymalnych amplitud echa pozwala oceniać wielkość niezgodności (wady). W metodzie przepuszczania uzyskana w danym przekroju (np. rys. 2.) maksymalna amplituda przejścia oceniana jest następująco:

- a. uzyskanie, choć jeden raz amplitudy wyższej od poziomu akceptacji oznacza brak wady, a ściślej brak niezgodności większej niż akceptowalne w danym przekroju badanym,
- b. nie uzyskanie, ani jeden raz, amplitudy wyższej od poziomu akceptacji jest spowodowane jedną z dwóch przyczyn, a mianowicie;
 - obecnością niezgodności (wady) większej od poziomu akceptacji,
 - aktualnym położeniem głowic różnym od optymalnego (rys. 4.).

Pomiędzy tymi dwoma przyczynami takich samych wskazań rozróżnienie jest dość łatwe i jednoznaczne.

4.3. Etapy badań

Dla każdego połączenia spawanego przeprowadza się identyczną procedurę przygotowania i przeprowadzania badań:

- a. przygotowanie powierzchni, obszarów przesuwu dla obydwu głowic
- b. pomiary geometryczne elementów łączonych oraz kształtu zewnętrznego spoin w zakresie niezbędnym do sporządzenia szkicu przekroju badanego - rys. 3.,
- c. sporządzenie szkicu z wymiarami stanu optymalnego jak na rys. 3. (np. wymiar 15,6) przy użyciu programu *Symul*. Posiadanie rysunków spoin ułatwia zrobienie pomiarów i szkiców,
- d. dla ustalenia miejsca wykonania otworka wzorcowego wykonuje się:
 - wstępne (próbne) badanie minimum 1m spoiny w geometrii optymalnej,
 - wyznacza się podczas badania wstępnego odcinek spoiny minimum 15 cm posiadający amplitudę przejścia maksymalną i równą w zakresie $\pm 2\text{dB}$,
 - na płaskim odcinku jednego z elementów spawanych wyznacza się porównawczą amplitudę przejścia na odległości porównywalnej z badaniem wstępnym,
 - jeśli obie amplitudy przejścia mają różnicę nie przekraczającą 10dB to wybrany odcinek jest dobry do wykonania otworka wzorcowego,
 - wykonać otworek wzorcowy (np. o średnicy 3mm),
 - ustalić markerem i wzmocnieniem defektoskopu poziom odniesienia,
- e. badania spoin w miejscach i na długościach przyjętego zakresu badań,
- f. wyniki podlegają ocenie według kryterium akceptacji.

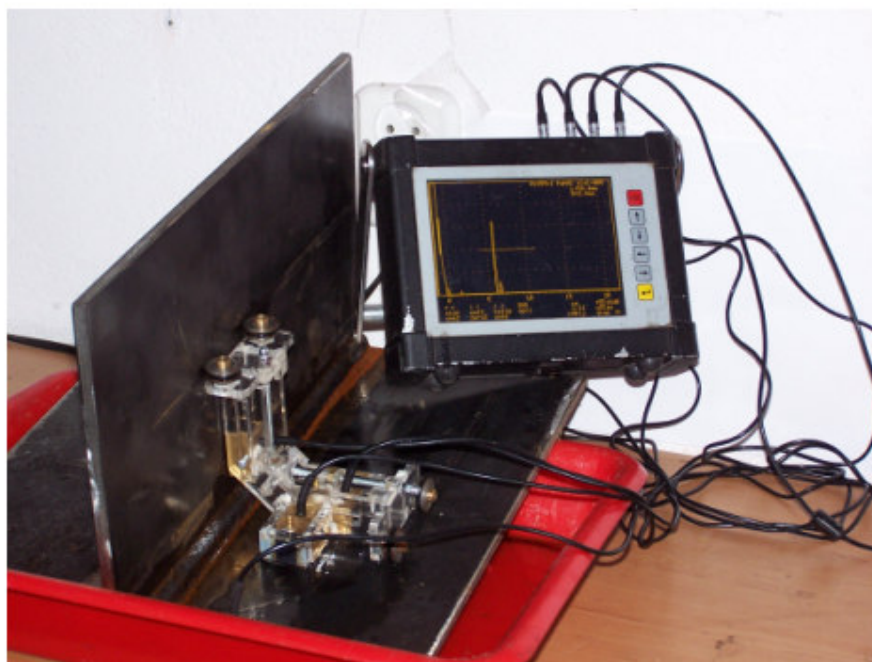
4.4. Sposób przeprowadzania badań

Przeprowadzanie badań odbywa się w kolejnych przekrojach i ma dwa cele:

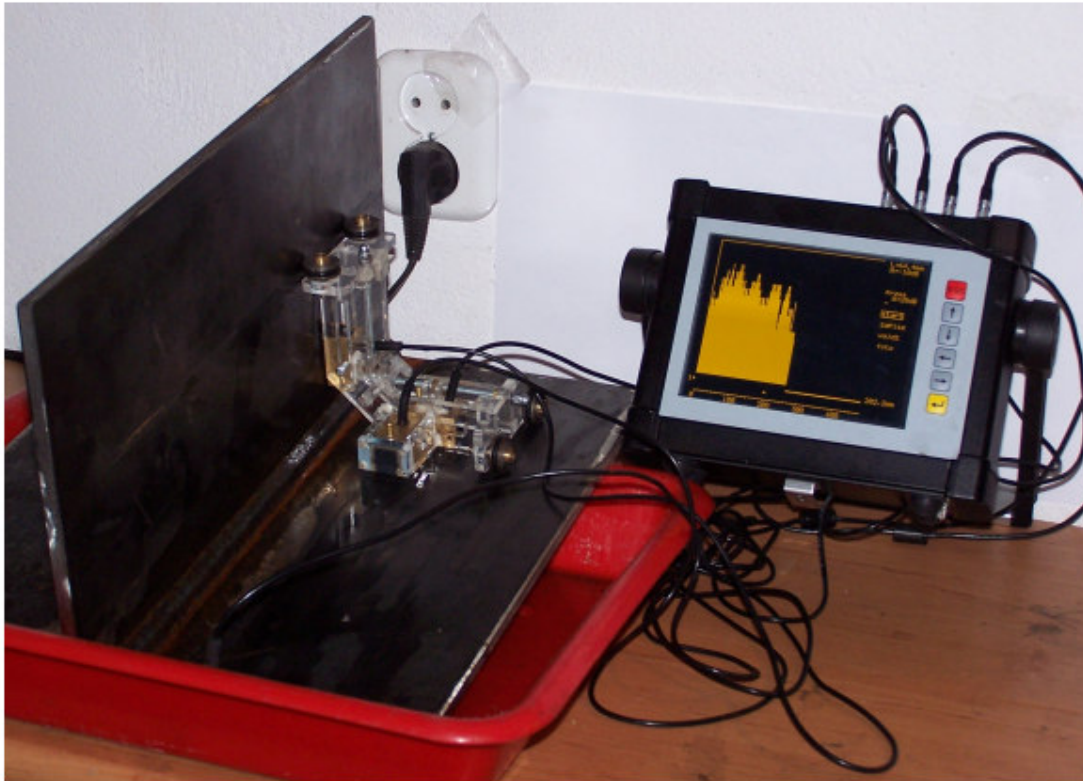
- a. jednoznaczne określenie jednego z trzech możliwych przypadków w każdym z przekrojów badanych tj.:
 - brak wady – przekrój dobry,
 - brak ustawienia optymalnego głowic – dalsze przeszukiwanie,
 - spoina (przekrój) zła.
- b. zbadanie całej spoiny, która jest badana w wielu kolejnych przekrojach badawczych.

5. MECHANIZACJA

Badanie, przekrój po przekroju tak, że w każdym z przekrojów „szuka się” położenia optymalnego obydwu głowic jest nieco żmudne. Jednak operator szybko nabiera wprawy, co przyspiesza badanie. Radykalną poprawę szybkości badania, nawet taką, że badanie jest istotnie szybsze od badań metodą echa, osiąga się w dość prostej mechanizacji przedstawionej na rys.5. Na tym rysunku przedstawiona jest ryksza, którą ręcznie przesuwa się wzdłuż spoiny kątovej. Wyposażona ona jest w zestaw trzech głowic z wkładkami magnetycznymi i zwilżaniem wodnym, co zapewnia bardzo dobry kontakt ultradźwiękowy. Ponadto pokrętła położenia głowic w rykszy umożliwiają wybór właściwych położen optymalnych dla dowolnych spoin różnego typu. Trzecia głowica na falę powierzchnię jest elementem skanera, który pozwala na rejestrację wyników badań – rys. 6., dających wynik zbiorczy całej spoiny.



Rys.5. Spoina doczołowa kątovej badana zestawem rykszy, na ekranie wynik akceptowania jednego przekroju spoiny.



Rys.6. Ta sama spoina doczołowa kątowna badana zestawem rykshi , na ekranie wynik całego dobrego odcinka spoiny z dwoma miejscami nieakceptowalnymi.

LITERATURA

1. www.ultra.wroclaw.pl/?doc=ultrahity/niezawodnosc/&lang=pl
2. www.gunb.gov.pl
3. J.Krautkramer und H.Krautkramer: Werkstoffprüfung mit Ultraschall. Springer – Verlag Berlin/Heidelberg/New York 1966 Stron 522 – Schrifttum str.506 poz. 338-343.
4. PN-EN 583-3:2000 – Badania nieniszczące - Badania ultradźwiękowe - Część 3: Technika przepuszczania.