

**Badania defektoskopowe szyn kolejowych**  
**mgr inż. Łukasz Rawicki, Łukasiewicz-Institut**  
**Spawalnictwa**  
**Prof. dr hab. inż. Jacek Słania, Łukasiewicz-**  
**Institut Spawalnictwa**

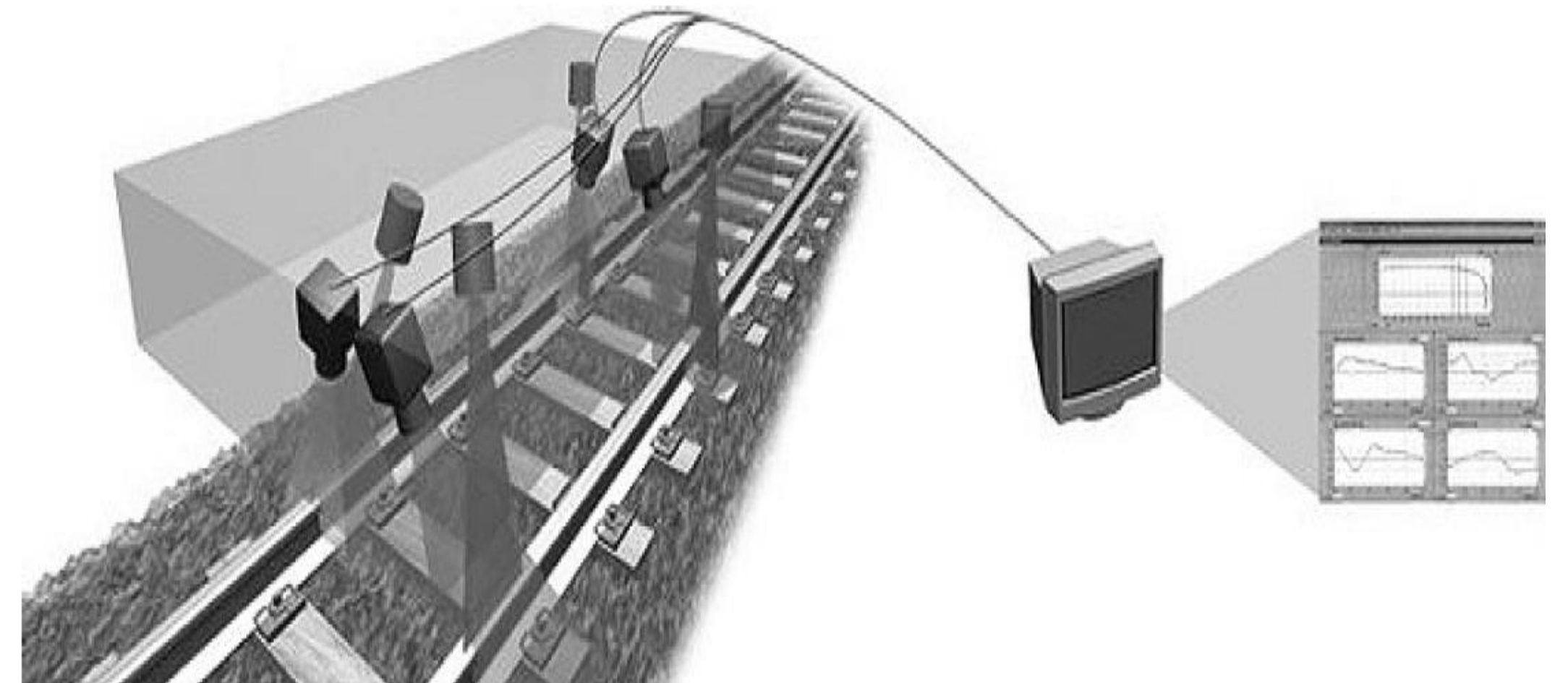
Zakopane, 9-11 Czerwca 2021

## Badania defektoskopowe szyn kolejowych

**Defektoskopia** odgrywa bardzo ważną rolę w procesie wykrywania pęknięć szyn. Utrzymanie na właściwym poziomie nawierzchni kolejowej wymaga przeprowadzania systematycznych badań. Łączenie szyn odbywa się albo przez zgrzewania oporowe lub przez spawanie termitowe. Wymienione technologie łączenia generują możliwość występowania wad, które wykrywane są metodami diagnostycznymi w tym m.in. badań **wizualnych, magnetycznych czy ultradźwiękowych.**

## Badania defektoskopowe szyn kolejowych

Podstawowymi badaniami w kontroli wizualnej szyn kolejowym jest zastosowanie szybkich kamer. Podczas przejazdu pociągu inspekcyjnego następuje rejestracja obrazu, które następnie analizowane są przy użyciu oprogramowania do analizy obrazów. Systemy kontroli wzrokowej wykorzystywane są do pomiaru profilu główki szyny, poluzowań w stykach szyn.



## Badania defektoskopowe szyn kolejowych

Wśród badań nieniszczących wykorzystywane są również metody magnetyczne wykorzystywane w mobilnej diagnostyce szyn kolejowych. Do występujących tutaj metod można zaliczyć:

- metodę strumienia pola rozproszenia,
- metoda pomiaru pola prądu przemiennego,
- metoda magnetycznej pamięci metalu



## Badania defektoskopowe szyn kolejowych

**Metoda magnetycznego strumienia rozproszenia MFL** wykorzystywana jest do wykrywania nieciągłości w zbiornikach w stalowych linach, jak również w elementach podawanych ciągłej eksploatacji. Metoda MFL wykorzystywana jest do badania **materiałów ferromagnetycznych** i polega na uzyskaniu odpowiedniego nasycenia polem magnetycznym w obszarze materiału badanego. Rozproszenie pola magnetycznego mierzone jest za pomocą **czujników magnetycznych** znajdujących się w pobliżu powierzchni. Wysokość czujników reguluje wzmocnienie sygnału MFL. **Poza sygnałem amplitudy można określić położenie sygnału od wad.** Liczba czujników wpływa na dokładność wykonania pomiaru. Przeprowadzenie badania wymaga odpowiedniej kalibracji urządzenia, a interpretacji sygnałów może być obarczona błędem do geometrii powierzchni czy jej stanem oraz grubością powłoki. **Zaletami metody MFL jest zdolność do bezkontaktowej kontroli szyn przy zachowaniu szczeliny od 8-10 mm między powierzchnią badanej szyny,** wysoka prędkość wagonu defektoskopowego i wysoka wiarygodność w różnym zakresie temperatur, obraz na defektografach w zakresie elementów konstrukcyjnych toru takich jak podkłady kolejowe, krzyżownice.

## Badania defektoskopowe szyn kolejowych

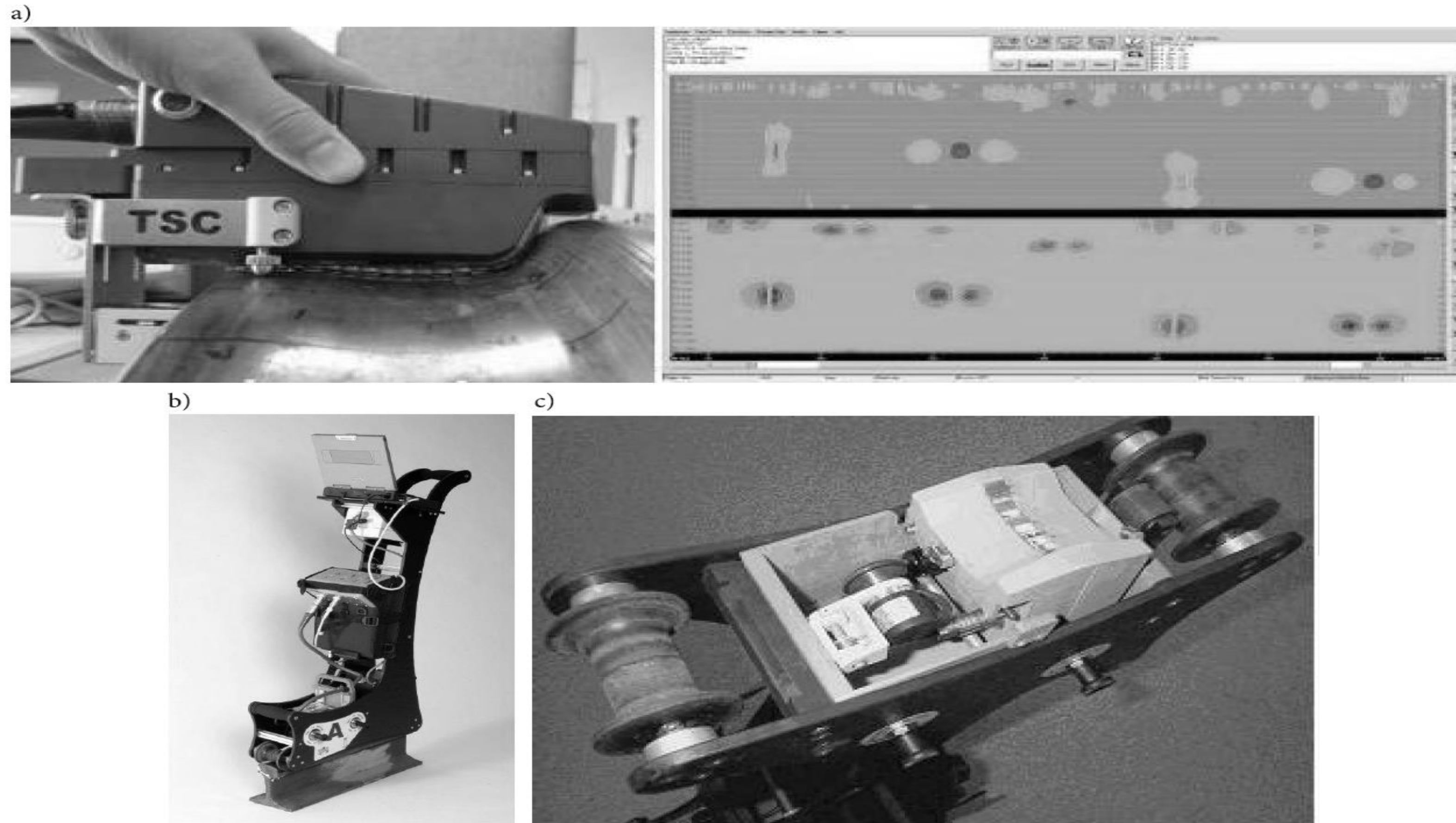
**Metoda MPM** opiera się na rejestracji lokalnych pól rozproszenia na powierzchni badanego przedmiotu w celu ustalenia stref koncentracji naprężeń, jednorodności struktury metalu. **Zastosowanie metody nie wymaga zastosowania specjalnych urządzeń magnesujących, badanie może być wykonywane bez wstępnego przygotowania kontrolowanej powierzchni.** Do wykonywania badania potrzebne są urządzenia z niezależnym zasilaniem charakteryzujących się niewielkimi wymiarami. **Metoda MPM umożliwia wstępną diagnozę zużycia zmęczeniowego oraz przewidywanie niezawodności obiektu.** Do istotnych wad rozpatrywanej metody zalicza się słabą powtarzalność wyników. **Metoda znajduje zastosowanie do badania szyn kolejowych zarówno w trybie ręcznym jak i automatycznym.** Do badań automatycznych znajdują zastosowanie wagony defektoskopowe.

## Badania defektoskopowe szyn kolejowych

Metoda pomiaru pola prądu przemiennego (AFCM) znalazła zastosowanie w latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku jako metoda bezstykowego potencjalnego spadku prądu przemiennego. Wykorzystywana była do pomiaru głębokości pęknięć. Jest to elektromagnetyczna metoda pomiaru głębokości pęknięć w metalach. Badanie polega na przepływie prądu przemiennego blisko powierzchni przewodnika i nie zależy od geometrii elementu. W elementach bez nieciągłości prąd elektryczny przepływa bez zakłóceń. W momencie natrafienia na nieciągłości przepływ prądu elektrycznego jest zakłócony. Przepływa wokół końców oraz w dół pęknięcia. Technologia znalazła zastosowanie w przemyśle kolejowym jak również w badaniu szyn. Skupiono tutaj uwagę na wymiarowanie pęknięć zmęczeniowych na szynach, gdzie nie jest to możliwe z wykorzystaniem badań ultradźwiękowych oraz kontroli wzrokowej. W badaniach metodą ACFM wykorzystywane są czujniki ołówkowe jak również wieloelementowe czujniki matrycowe. Wykrywanie wad jest możliwe w każdym kierunku choć najlepiej jeśli wady są pod kątem  $0-30^\circ$  i  $60^\circ-90^\circ$  względem kierunku sondy. Wielokierunkowe pola magnetyczne i czujniki analizujące pola w różnych kierunkach



# Badania defektoskopowe szyn kolejowych





## Badania defektoskopowe szyn kolejowych

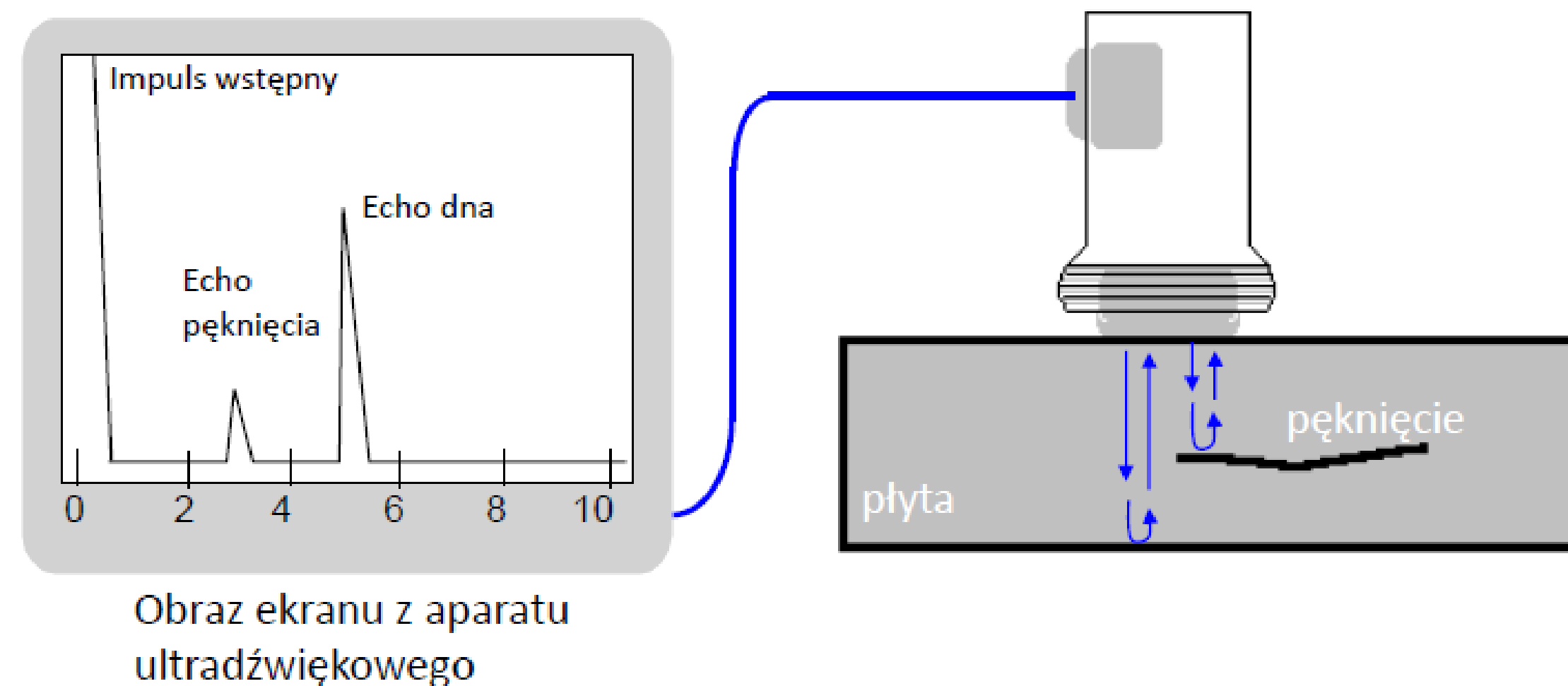
Wykrywanie wad w szynach to jedno z pierwszych zastosowań **badan ultradźwiękowych**.

Wielogłowicowe układy defektoskopowe stosowane na stanowiskach kontrolnych w hutach i w ruchomych urządzeniach do badań torowych są bardzo zaawansowane, rozwiązania konstrukcyjne mają jednak istotne ograniczenia. Badanie szyn zamocowanych na torze powoduje wprowadzanie fal ultradźwiękowych z powierzchni główki przez sprzęgającą warstwę cieczy. Nie jest możliwy dostęp **z powierzchni stopki** i nie można wykryć rozwijających się pęknięć eksploatacyjnych w stopce.

**Celem badania** złączy spawanych na szynach jest wykrycie wad występujących w całym przekroju złącza. Badaniom podlegają spoiny i zgrzeiny wykonywane w trakcie napraw nawierzchni oraz inne w zależności od potrzeb.

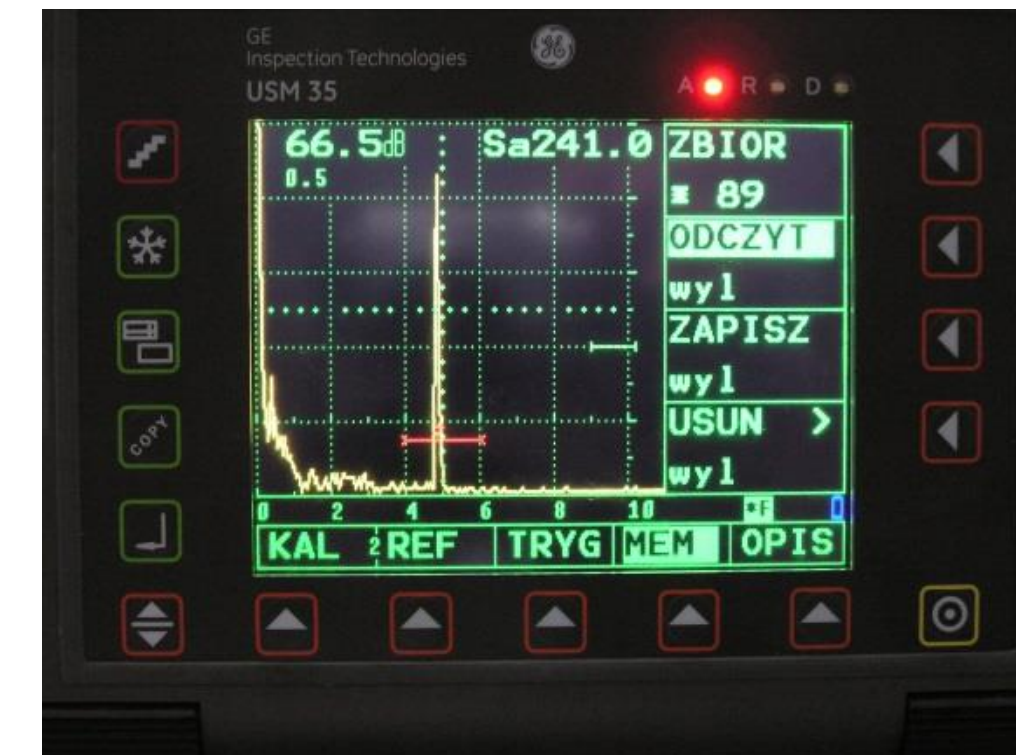
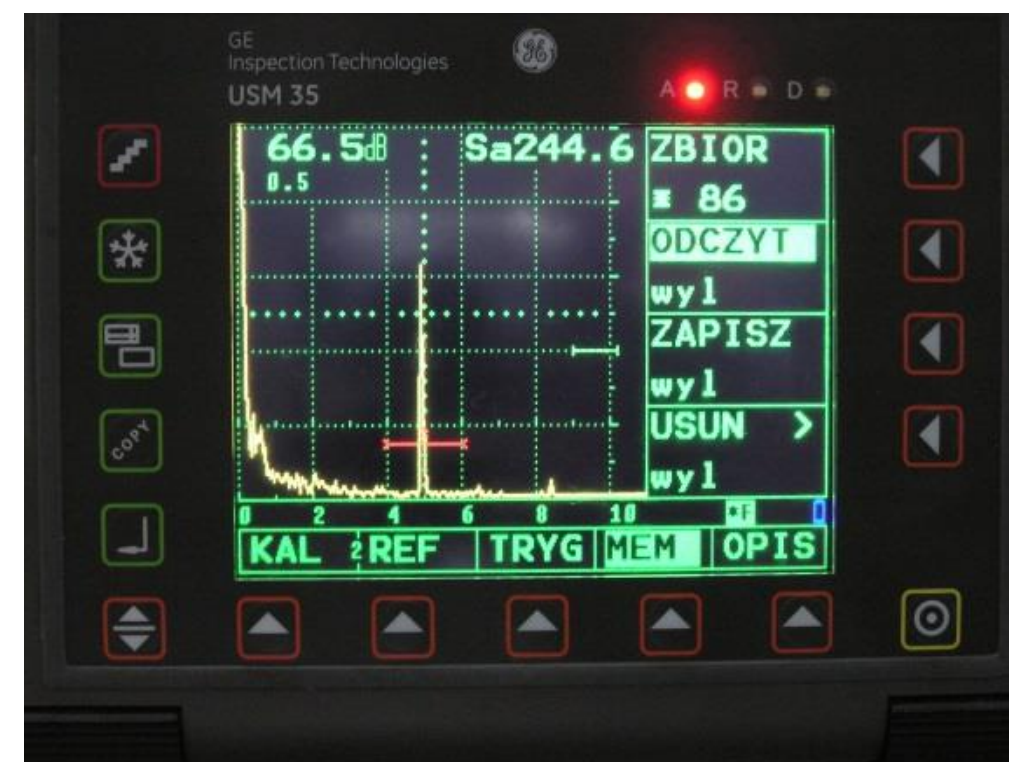
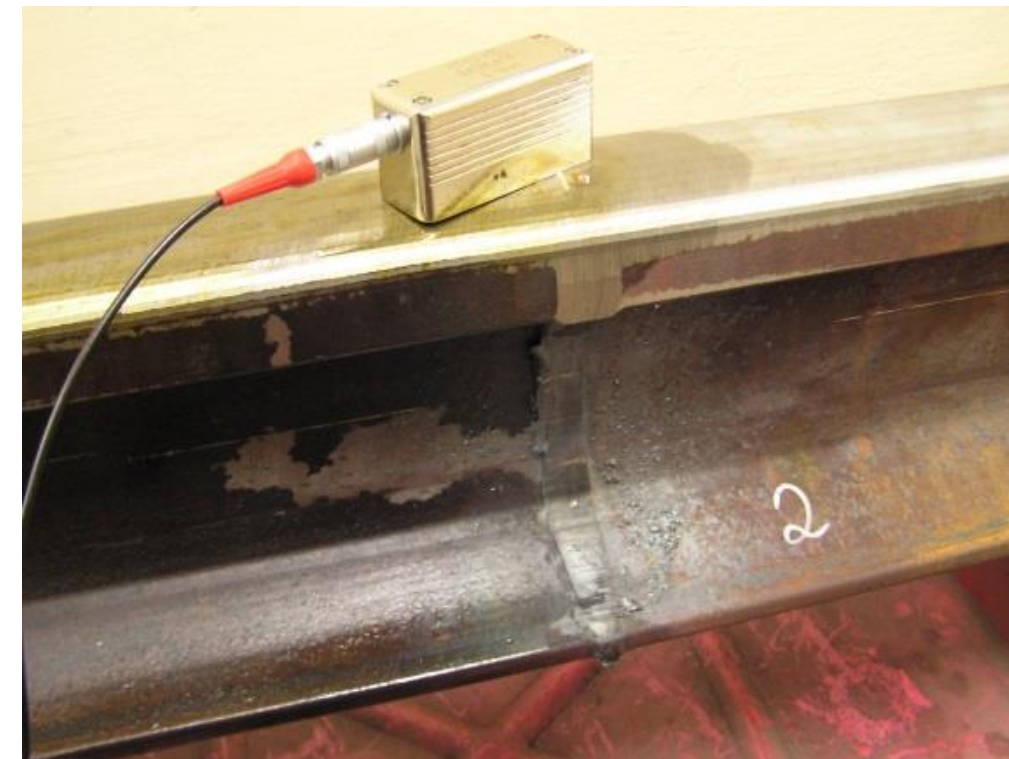
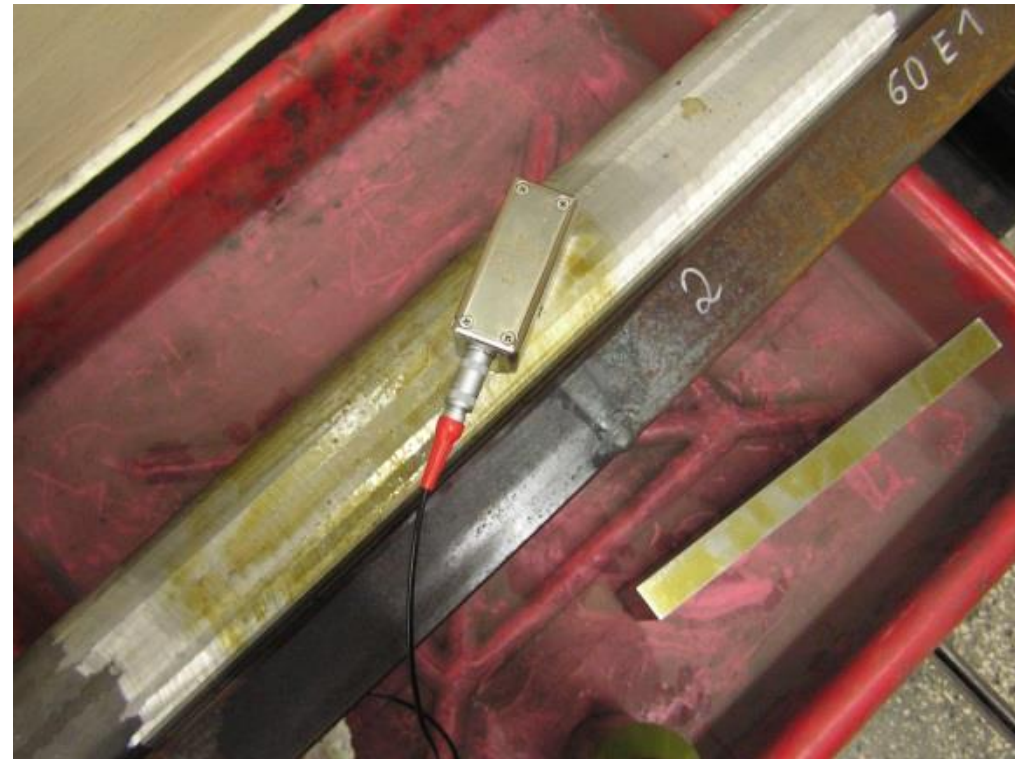
# Badania defektoskopowe szyn kolejowych

W technice echa posługujemy się **pojedynczą głowicą**, która początkowo stanowi nadajnik impulsów, a następnie zostaje „przełączona” i odgrywa rolę odbiornika. Sygnał wysyłany przez głowicę do materiału odbija się od nieciągłości lub od przeciwległej powierzchni i wraca do głowicy. Mierząc czas upływający od momentu wysłania impulsu do momentu jego powrotu i odebrania przez głowicę można określić, znając prędkość fali ultradźwiękowej w materiale, odległość głowicy od przeszkody. **Na podstawie wysokości echa niezgodności na ekranie defektoskopu, można określić jej przybliżony wymiar.**





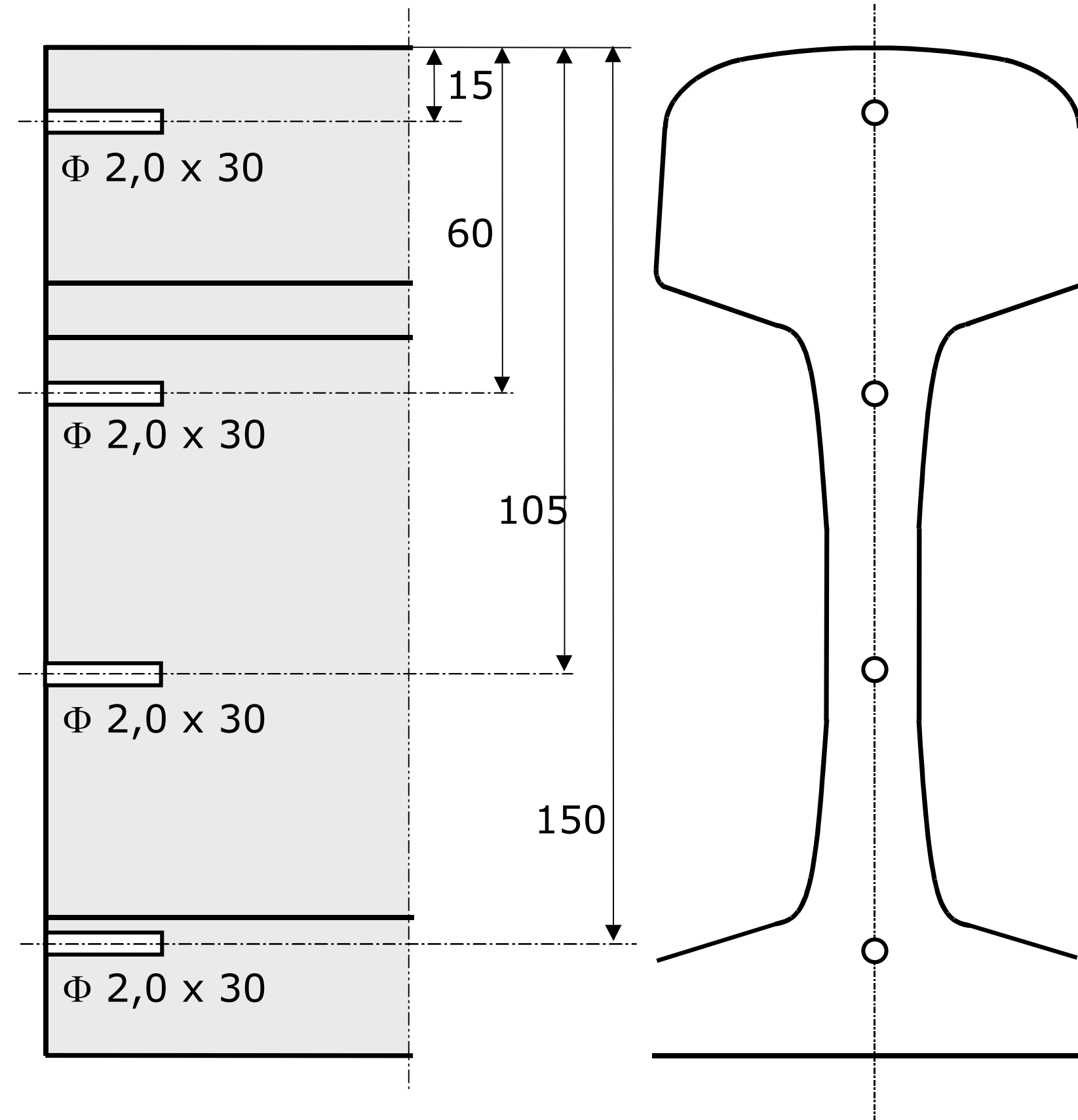
# Badania defektoskopowe szyn kolejowych



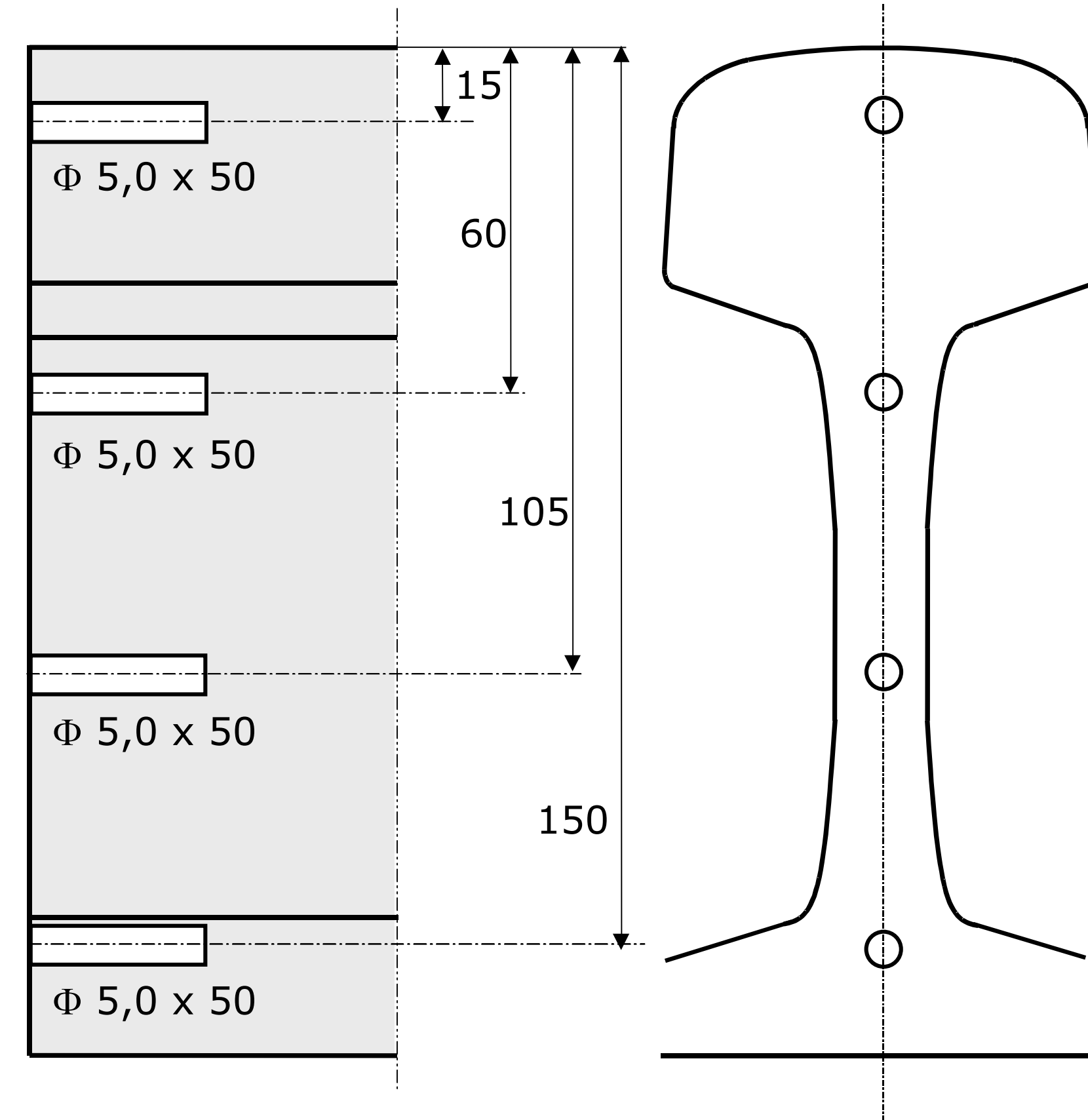
Widok badania w ultradźwiękowej  
technice echa i zobrazowaniu typu A



# Badania defektoskopowe szyn kolejowych



Rys.1. Próbką odniesienia zgrzeiny  
UIC 60 - 4 x (DSR  $\Phi$  2,0 x 30)  
- wymiary nominalne



Rys.2. Próbką odniesienia zgrzeiny  
UIC 60 - 4 x (DSR  $\Phi$  5,0 x 50)  
- wymiary nominalne

# Badania defektoskopowe szyn kolejowych

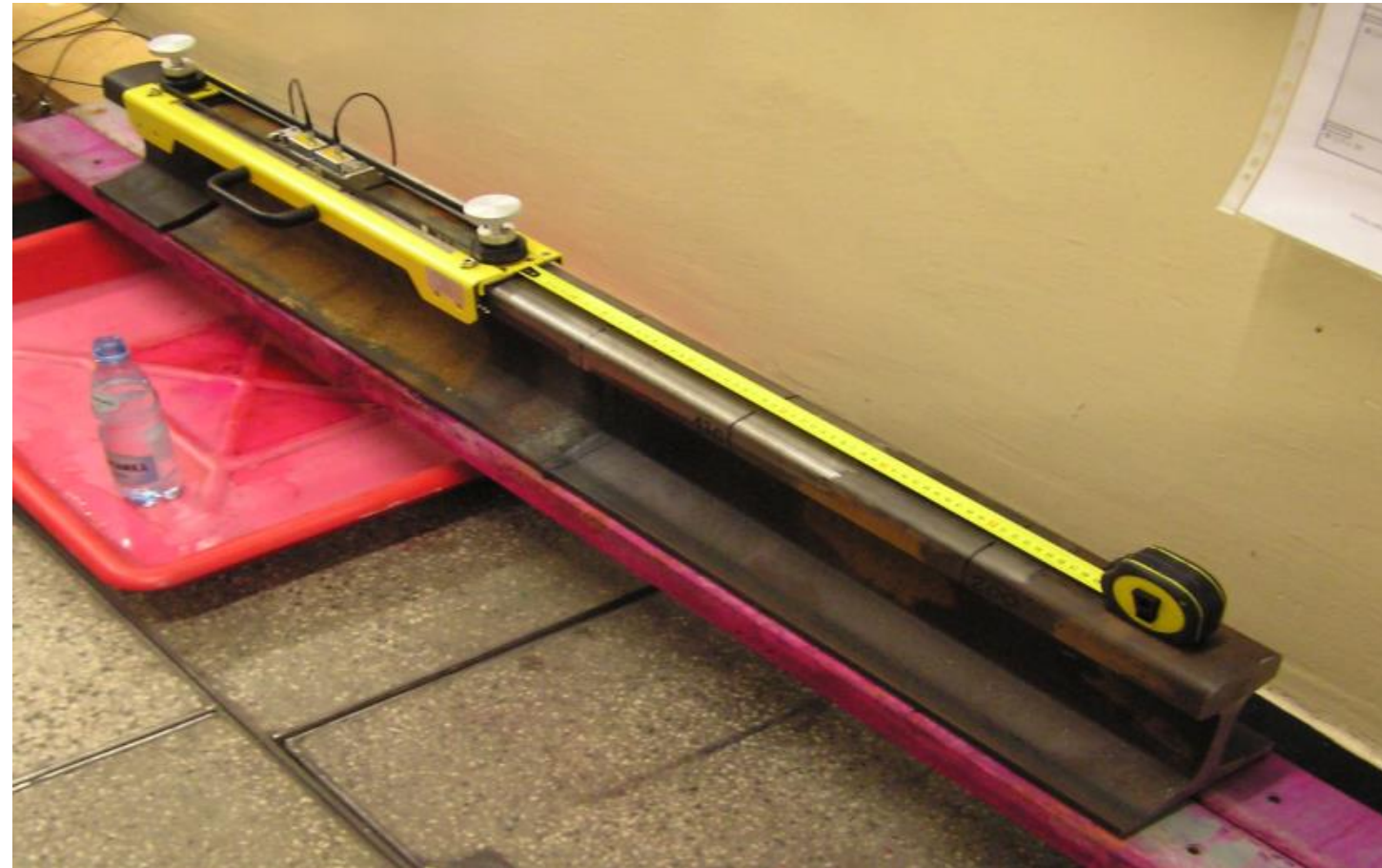
W technice tandem używa się układu dwóch głowic kątowych, nadawczej i odbiorczej, ustawionych w stałej odległości od siebie podczas przeszukiwania złącza. Dla zbadania całej objętości złącza układ głowic przesuwa się kilkakrotnie wzdłuż spoiny zmieniając odległość między głowicami tak, aby za każdym razem przeszukać inny obszar spoiny.

# Badania defektoskopowe szyn kolejowych

**Przyrząd do badania szyn w technice tandem.** Na specjalnych prowadnicach osadzone są głowice 2T45°. Podziałka milimetrowa ułatwia ustawienie głowic w odpowiednich położeniach względem siebie. Przewody zasilające wyprowadzone od góry ułatwiają przesuwanie głowic względem siebie i umożliwiają ich stabilne zamocowanie. Wytyczne Id-17:2005 „Wytyczne ultradźwiękowych badań złączy szynowych, zgrzewanych i spawanych” opracowane przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. dopuszczają zastosowanie głowic 3T45°. Zobrazowanie pochodzących impulsów od wad w objętości elementu badanego przekazywane jest w zobrazowaniu typu A pokazujący zobrazowanie amplitudy sygnału ultradźwiękowego w funkcji czasu.



# Badania defektoskopowe szyn kolejowych





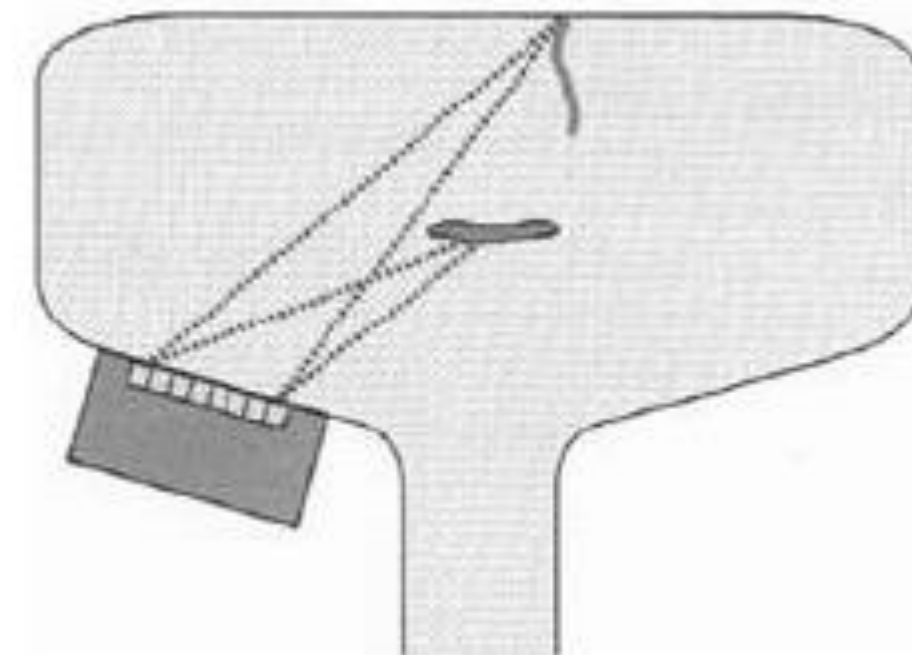
# Badania defektoskopowe szyn kolejowych

**Technika Phased Array** stanowi rozwinięcie konwencjonalnych badań ultradźwiękowych techniką echa. W technice Phased Array znalazły zastosowanie głowice mozaikowe, zawierające pewną liczbę niewielkich, niezależnie sterowanych przetworników (zazwyczaj 16-64). Zastosowanie głowicy mozaikowej umożliwia wprowadzenie serii wiązek ultradźwiękowych przetworzenie otrzymanych sygnałów i ich analizę w postaci graficznej z amplitudą kodowaną palety barw. Powstały w ten sposób S-skan obrazujący położenie wskazań na tle konturu rowka spoiny znacznie ułatwia późniejszą ocenę i charakteryzowanie wykrytych nieciągłości.

# Badania defektoskopowe szyn kolejowych

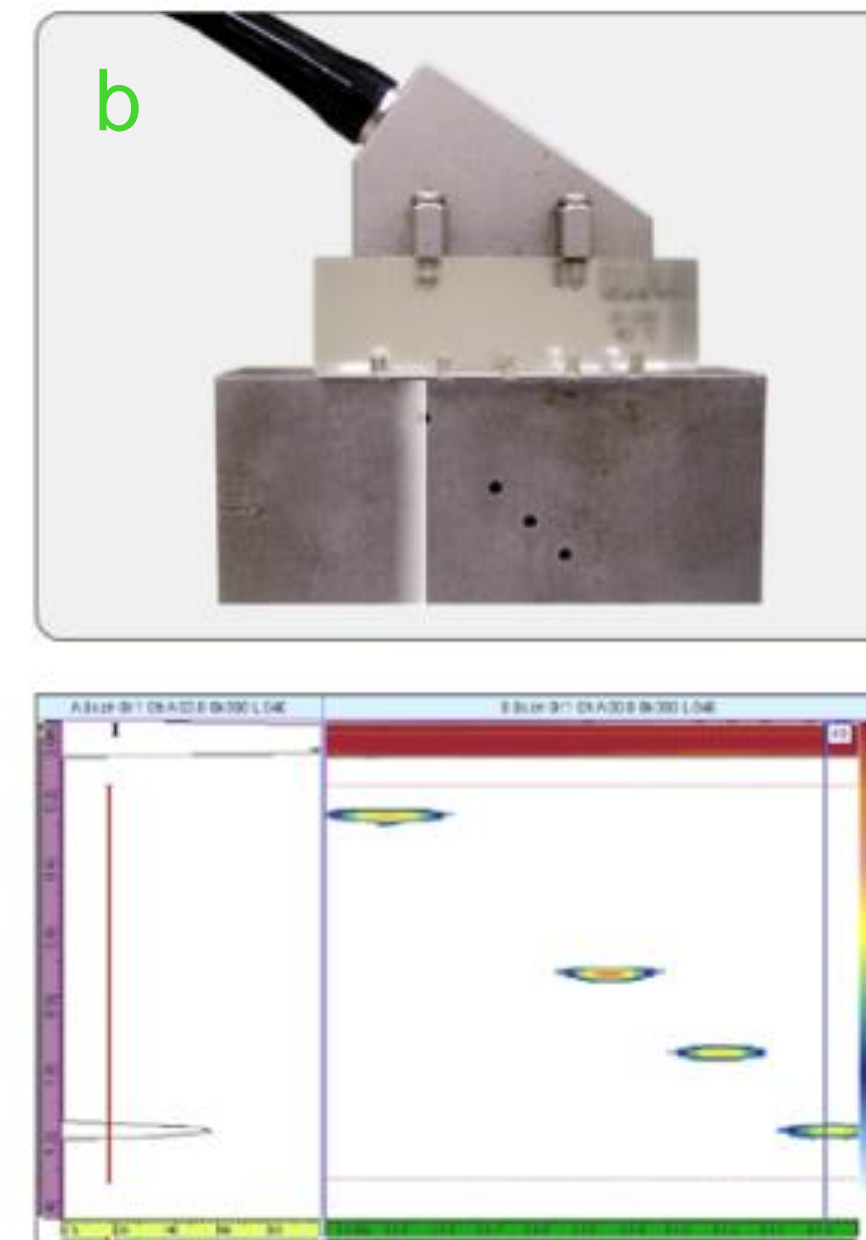
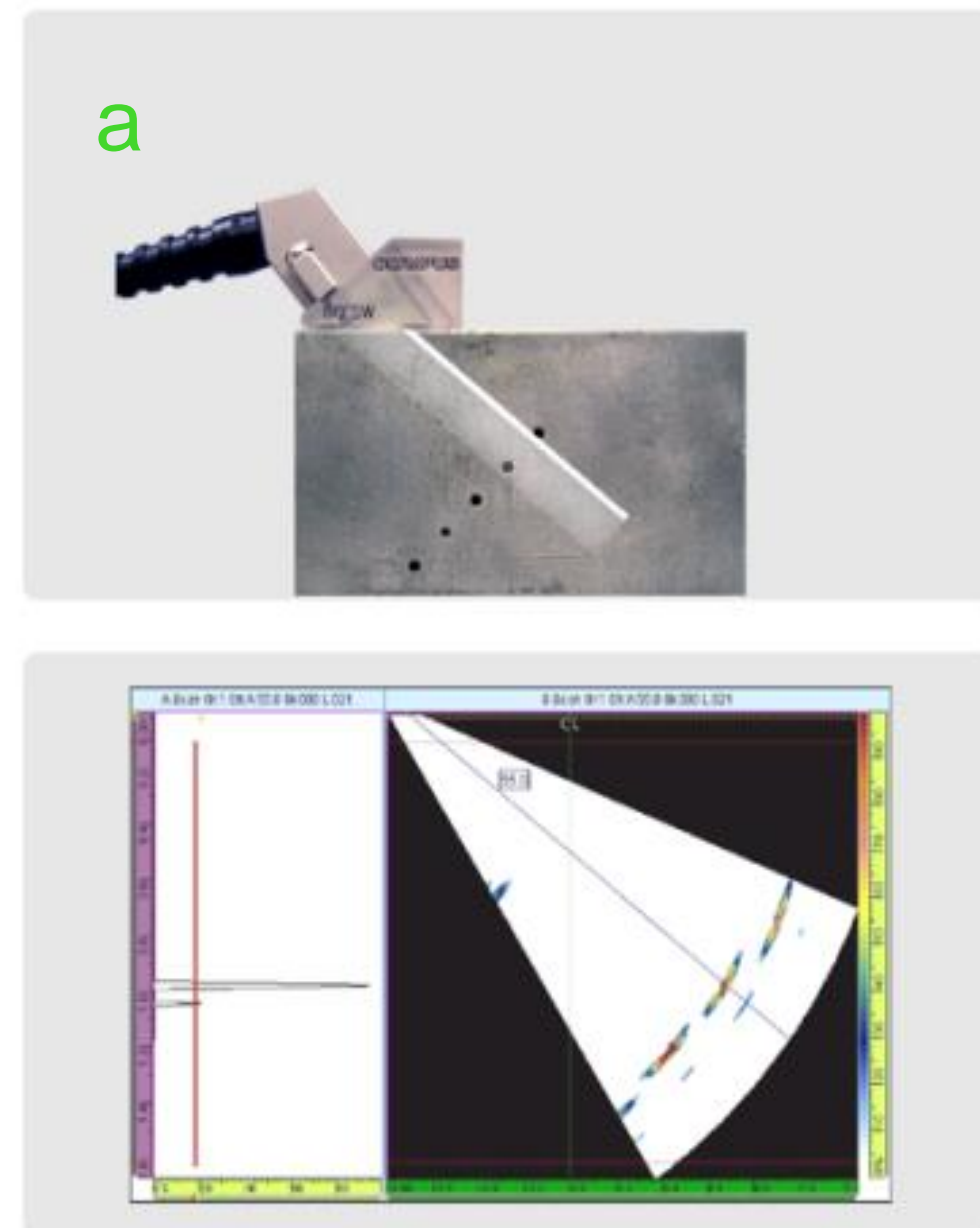
W technice **Phased Array** możliwe jest sterowanie kątem wprowadzenia wiązki ultradźwiękowej co daje możliwość uzyskania dowolnych kątów padania lub załamania wiązki poprzez pobudzanie wskazanych przetworników głowicy w zaprogramowanych sekwencjach. Jedna głowica daje możliwość przeprowadzenia skanów przy różnych kątach. Zaletą tej techniki jest również skrócenie czasu badań co wiąże się m.in. z brakiem konieczności wymiany głowic a co za tym idzie ponownych kalibracji sprzętu.

Przykład badania szyny (różne kąty propagacji z jednego ustawienia)





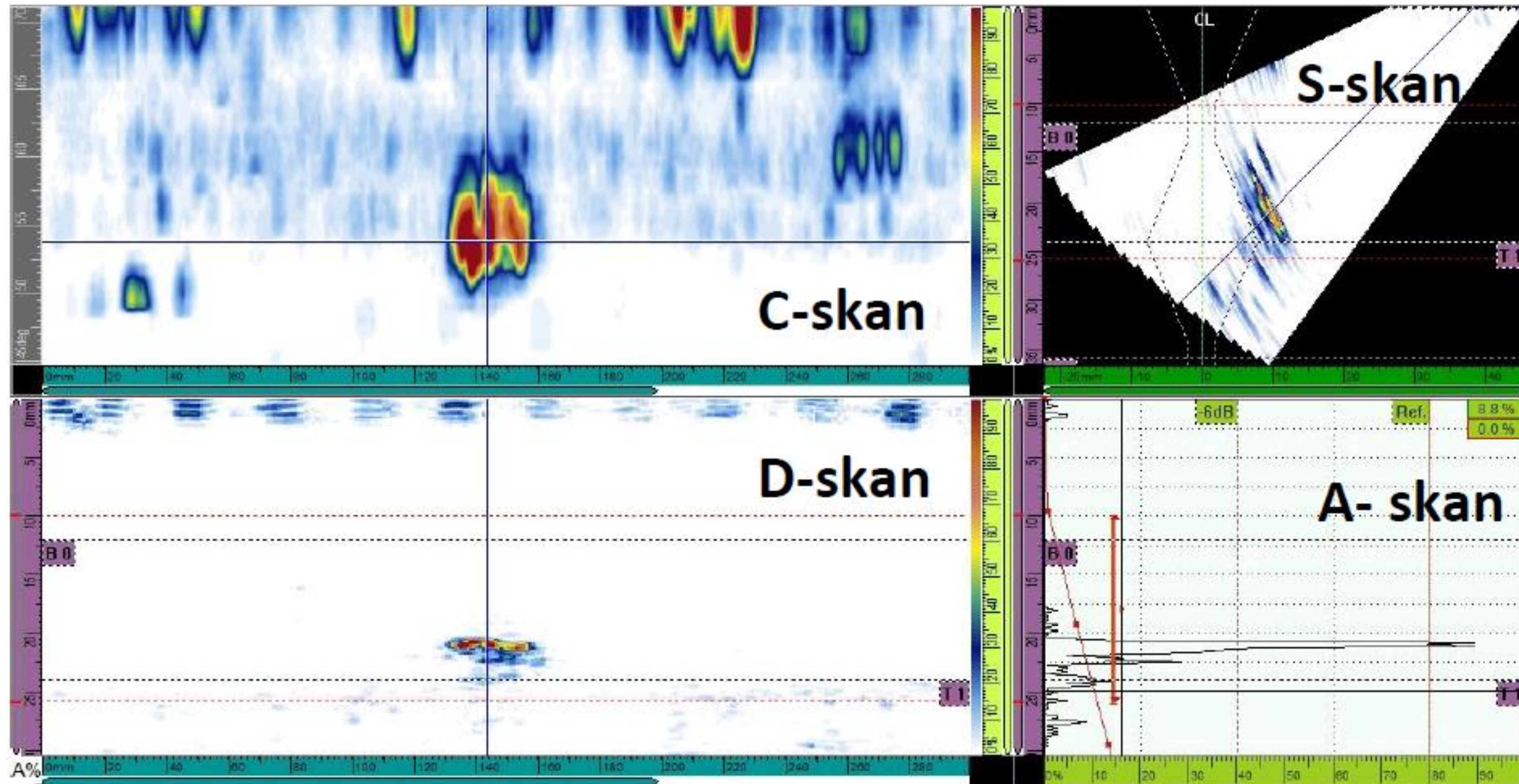
# Badania defektoskopowe szyn kolejowych



a) głowica skośna PA do badań i wyniki badania z wykorzystaniem skanu sektorowego, b) głowica prosta PA i wyniki badania z wykorzystaniem skanu liniowego

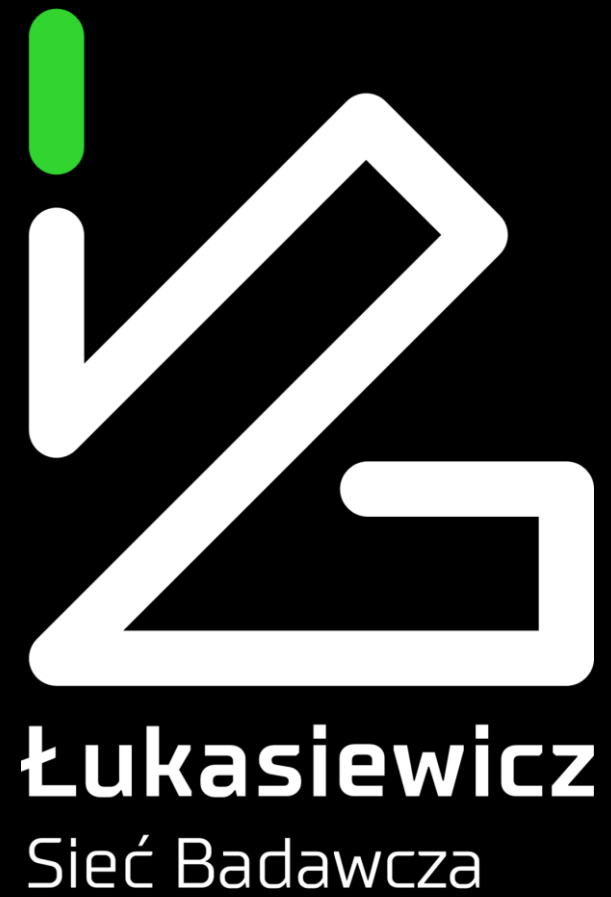


# Badania defektoskopowe szyn kolejowych



Przykłady zobrazowań uzyskiwanych w badaniach półautomatycznych





**Dziękuję za uwagę**

Zakopane, 9-11 Czerwca 2021