

Badania defektoskopowe w sektorze kolejowym

dr inż. Łukasz Rawicki , Ł-GIT

Prof. dr hab. inż. Jacek Słania, Ł-GIT

inż. Marcin Osiński, PKP CARGOTABOR Sp. z o.o.

Bezpieczeństwo zestawów kołowych wymaga przeprowadzania systematycznych badań stanu technicznego zapewniających prawidłową eksploatację transportu szynowego. Przyczyniła się do tego m.in. katastrofa kolejowa w północnych Włoszech w miejscowości **Viareggio w czerwcu 2009 r.** Przyczyną katastrofy kolejowej było wykolejenia się pociągu wskutek **pęknięcia** i w następstwie złamania osi zestawu kołowego. Katastrofa pociągnęła duże straty materialne.

Po tragicznym wypadku **Europejska Agencja Kolejowa, Europejskie Władze Bezpieczeństwa i przewoźnicy towarowi** wprowadziły zharmonizowane kryteria czego efektem było stworzenie Europejskiego Katalogu Inspekcji Wizualnej (**EVIC**). Badania wizualne w kolejnictwie stanowią podstawowe badania nieniszczące stanowiące podstawę do przeprowadzania innych badań.



Przykład ilustracji graficznej z katalogu EVIC oceny wizualnej pęknięcia w kategorii uszkodzeń mechanicznych na osiach niemalowanych.

Badania defektoskopowe w sektorze kolejowym

Stanowisko do kwalifikacji zestawów kołowych

Widoczne wżery korozyjne
pomimo obróbki skrawaniem



Uszkodzony pierścień
wewnętrzny



Wżery korozyjne osi zestawu
kołowego

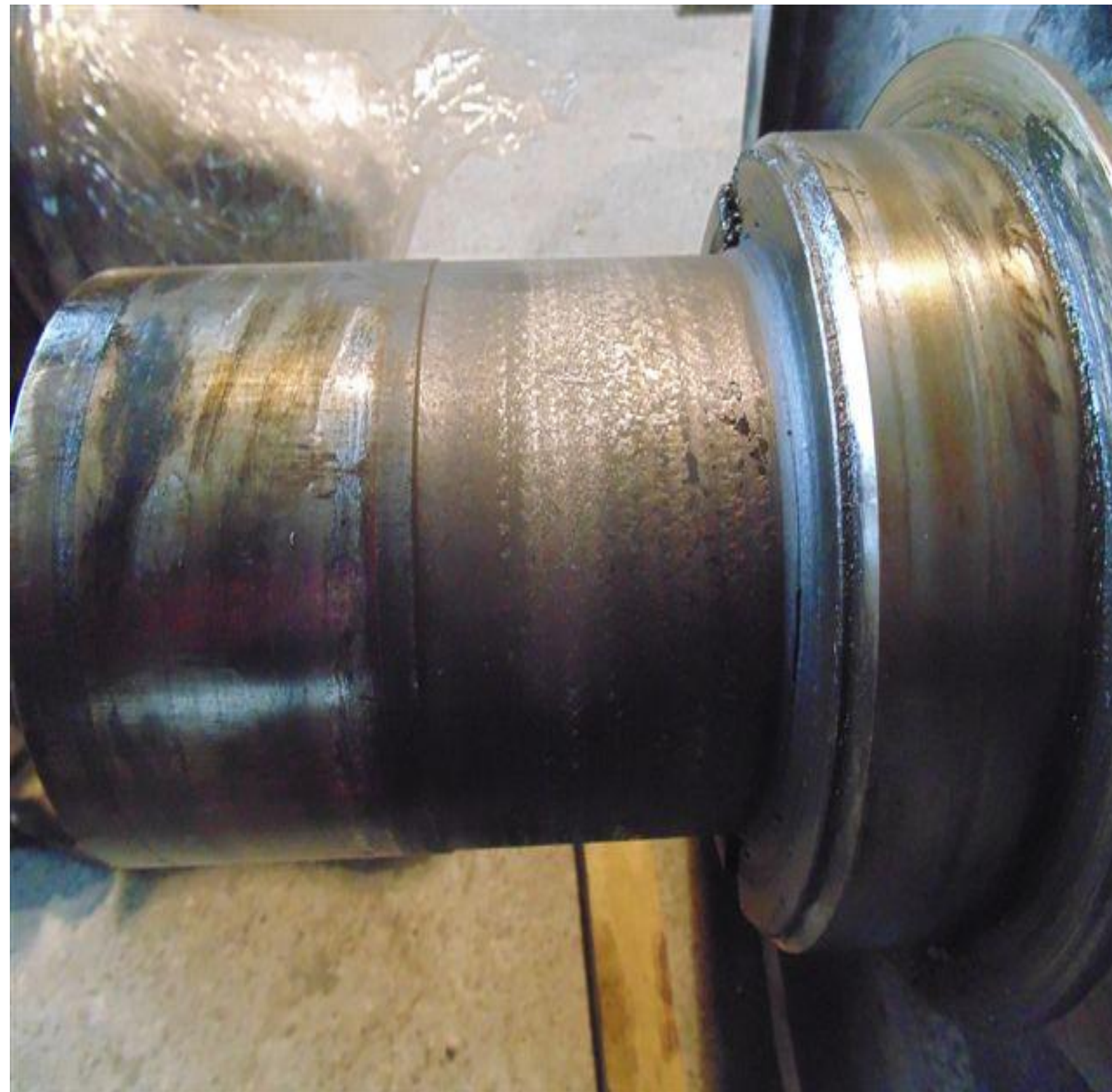


Uszkodzenie mechaniczne
czopa



Występowanie wad na osiach

**Uszkodzony czop wytarcie na średnicy
od strony wewnętrznej**



**Uszkodzony czop wytarcie na średnicy
od strony zewnętrznej**

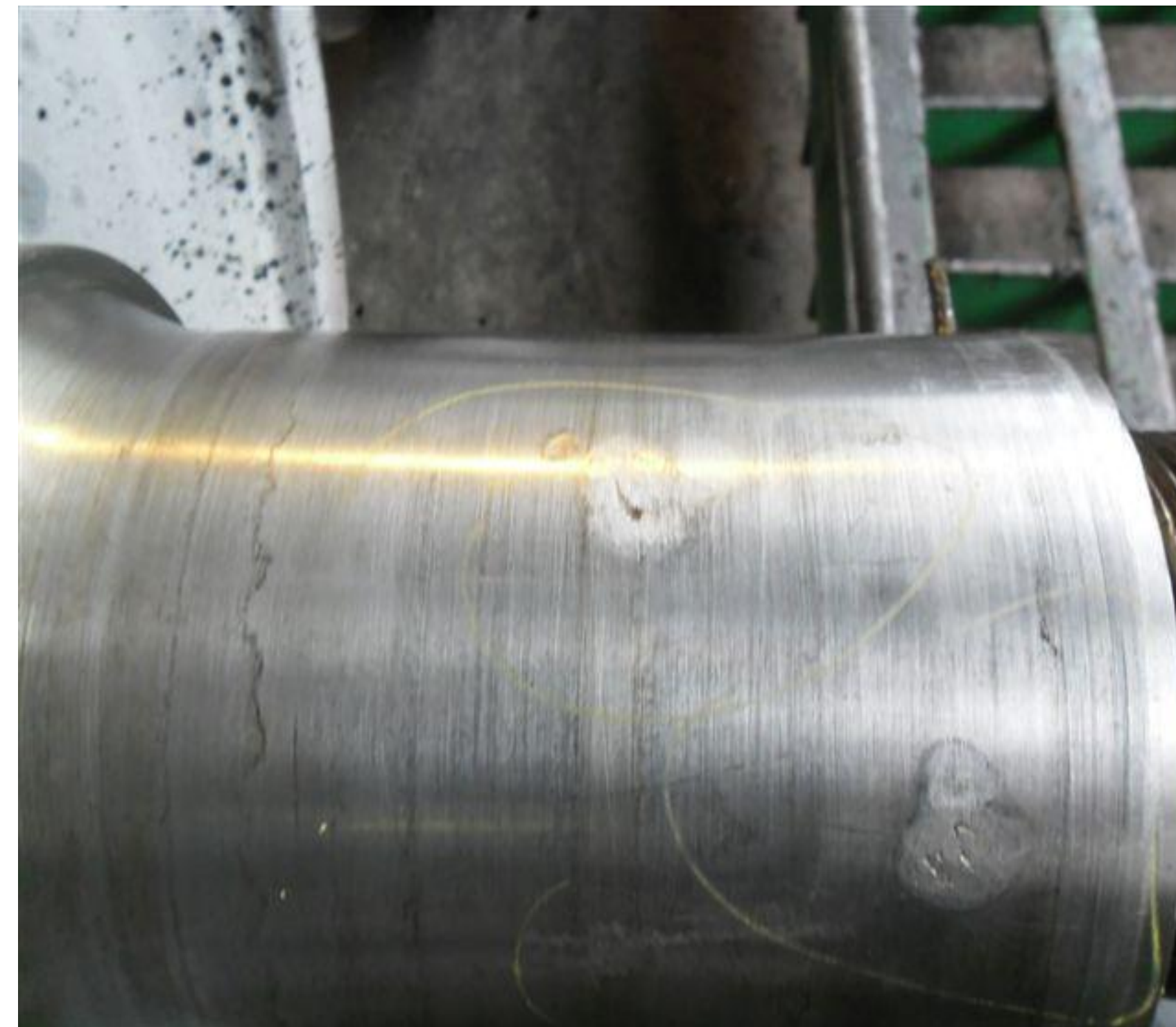


Występowanie wad na osiach oraz kołach

Uszkodzony czop ubytki materiałowe na średnicy od strony wewnętrznej



Uszkodzony czop - miejscowe uszkodzenia



W sektorze kolejowym przeprowadza się również:

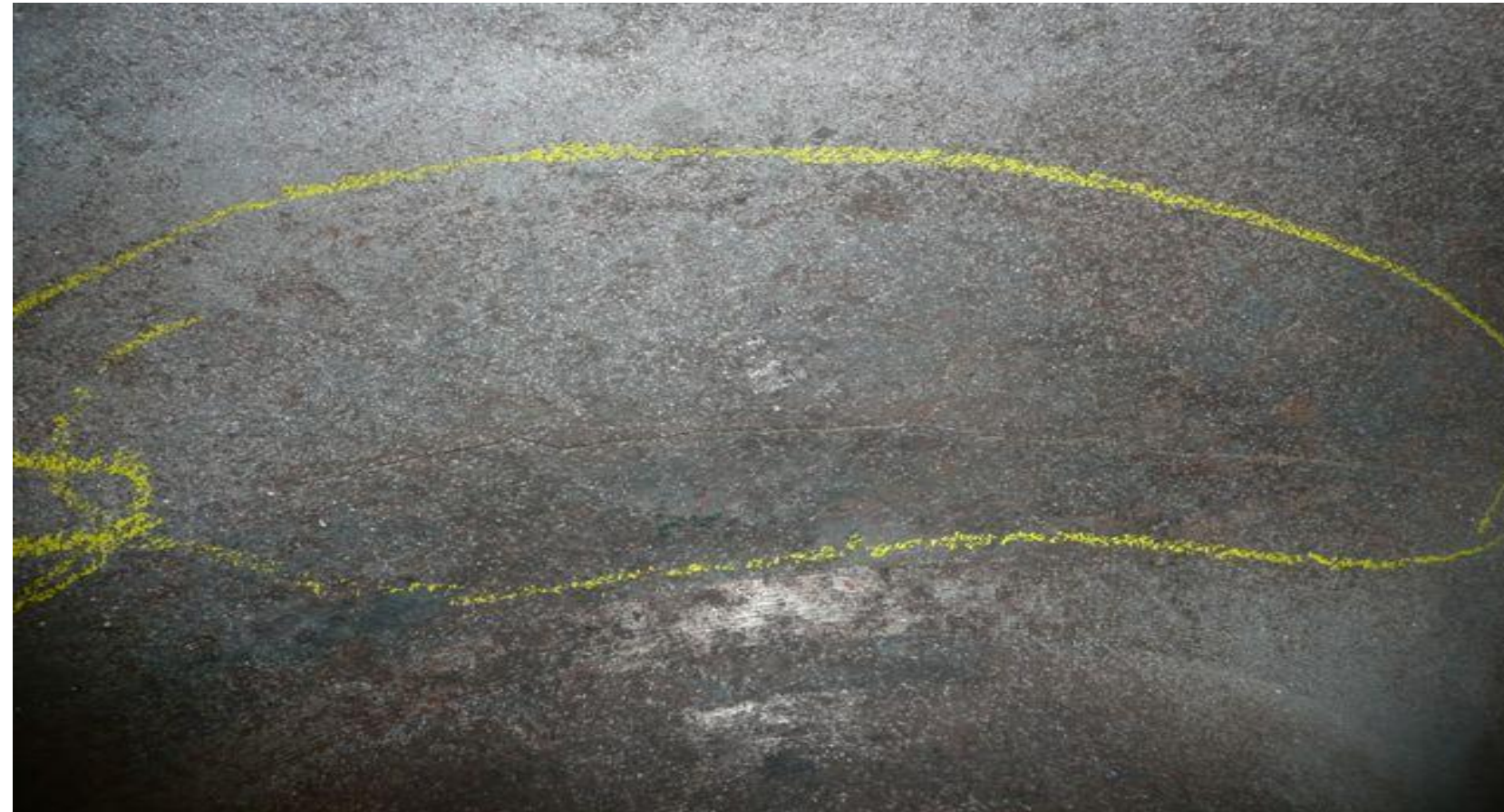
- **badania penetracyjne** które mogą być wykonywane m.in. przy badaniu płytek manganowych wykorzystywanych przy regeneracji powierzchni maźnic.
- **badania prądami wirowymi** służące do badania wieńców i wykorzystywane przy badaniach zautomatyzowanych,
- **badania radiograficzne** wykorzystywane przy produkcji metra, tramwajów przy elementach o nieznacznej grubości.

Spośród metod badań nieniszczących wykonywanych podczas produkcji i utrzymania pojazdów szynowych największe zastosowanie znalazły jednak **badania magnetyczno-proszkowe MT i ultradźwiękowe UT.**

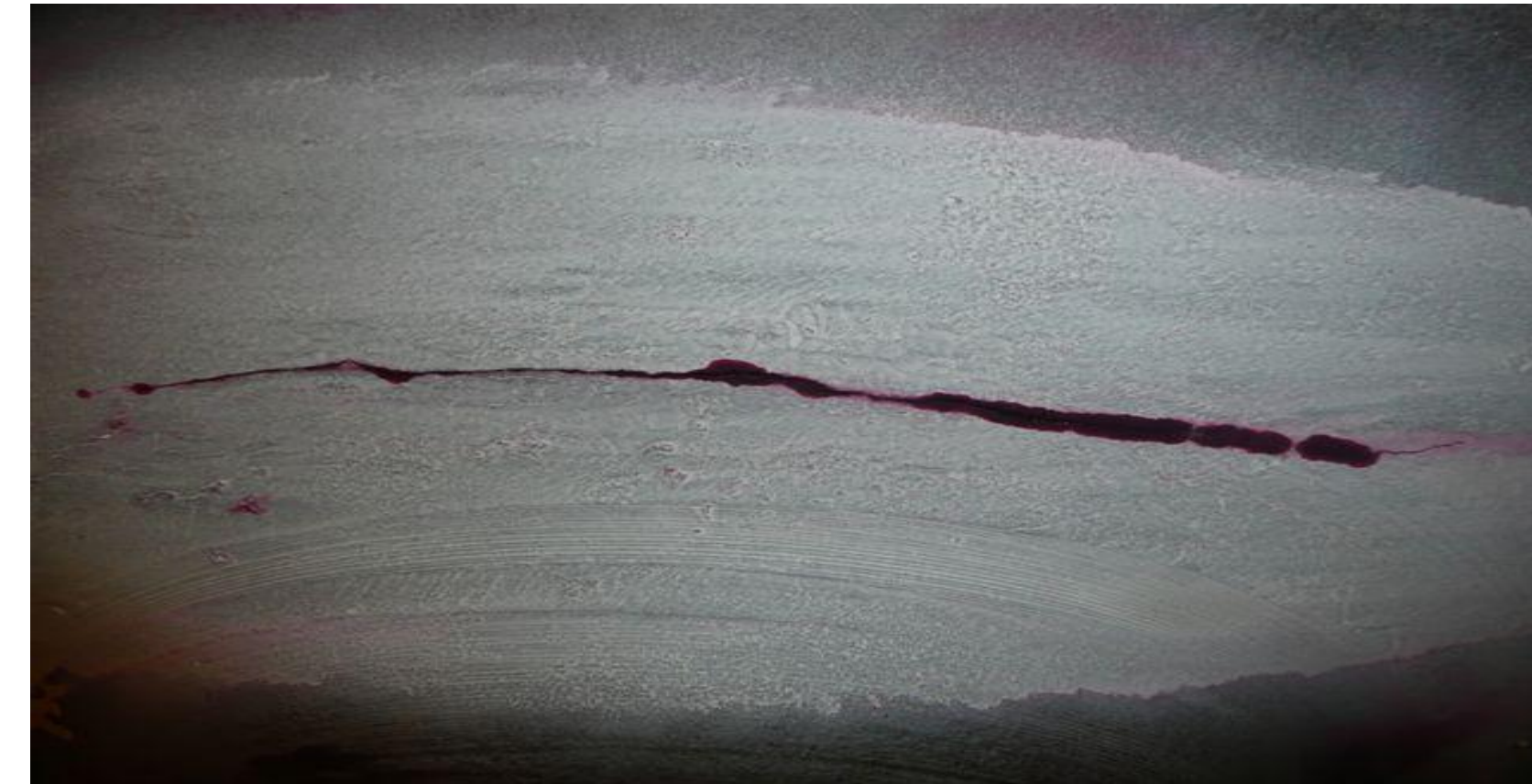
Doskonalenie metod badań defektoskopowych prowadzi do konieczności ciągłego szkolenia i kwalifikowania personelu wykonującego badania oraz certyfikacji według określonych w normach zasad.

Badania defektoskopowe w sektorze kolejowym

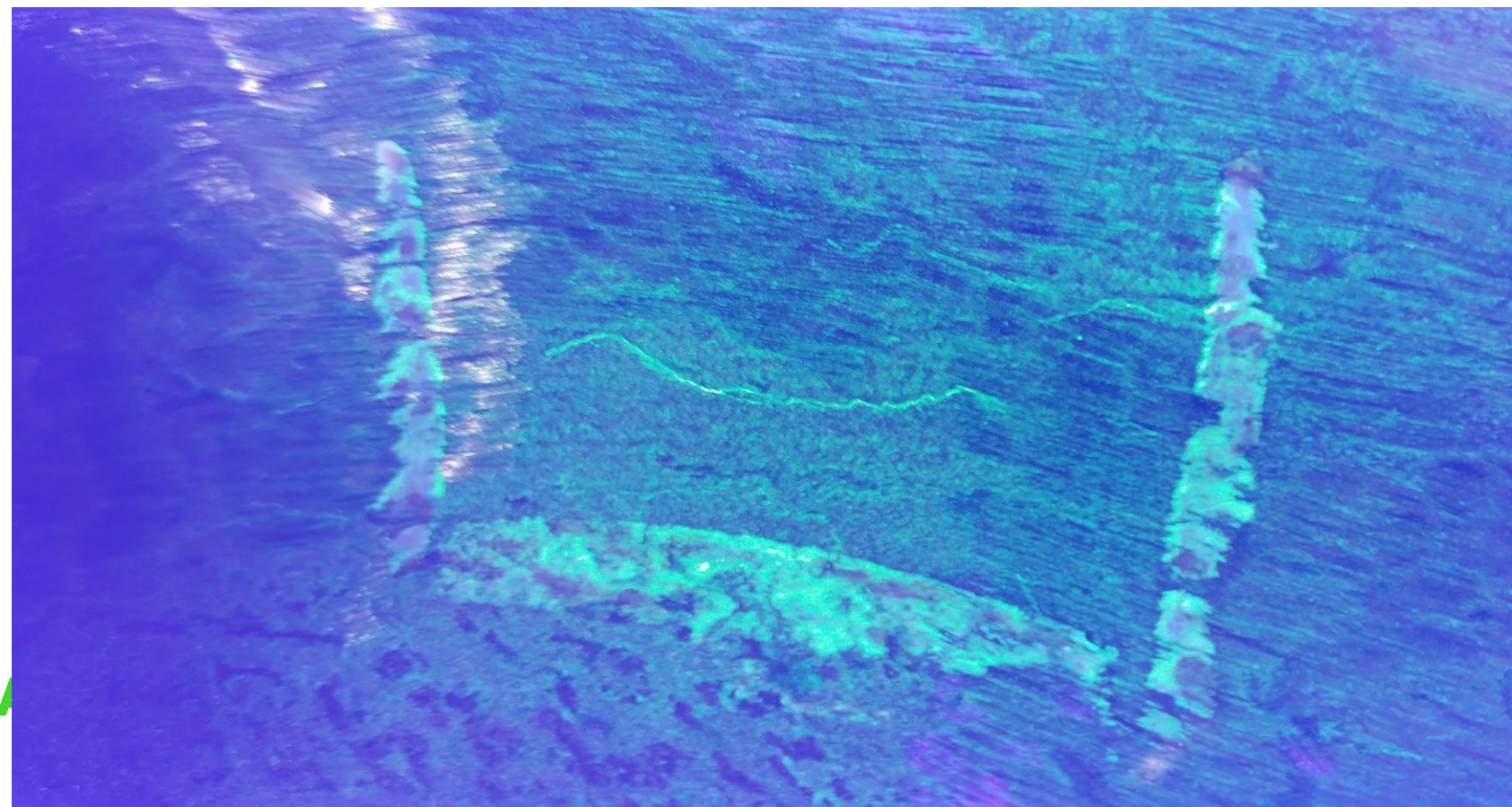
Oznaczenie miejsc do badań



Widoczne pęknięcie po badaniach PT



Widoczne pęknięcie koło bosc po badaniach MT



Widoczne pęknięcie

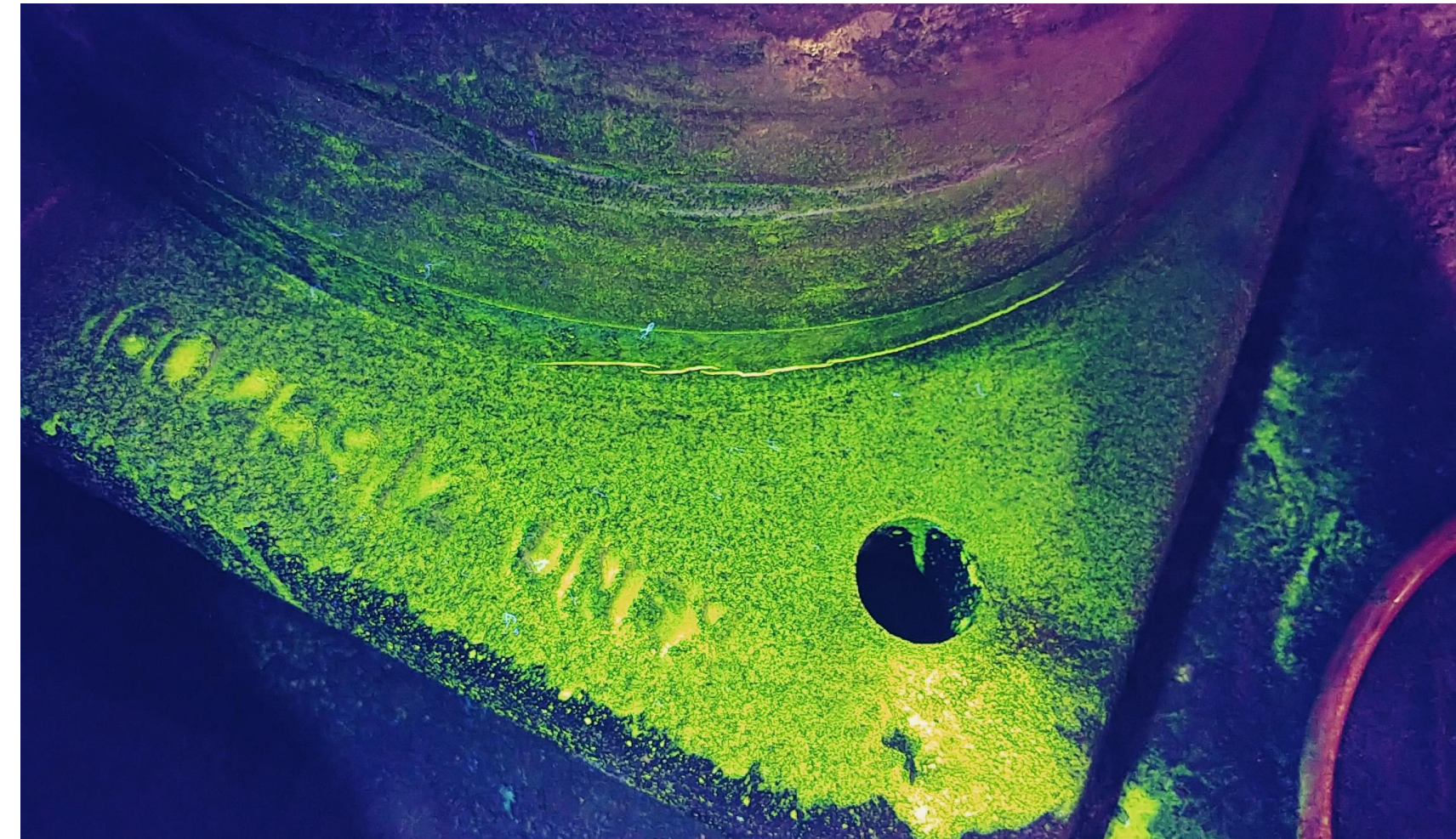


Badania defektoskopowe w sektorze kolejowym

Badanie MT czop skrzytu metoda barwna



Badanie czop skrzytu metoda fluoroscencyjna



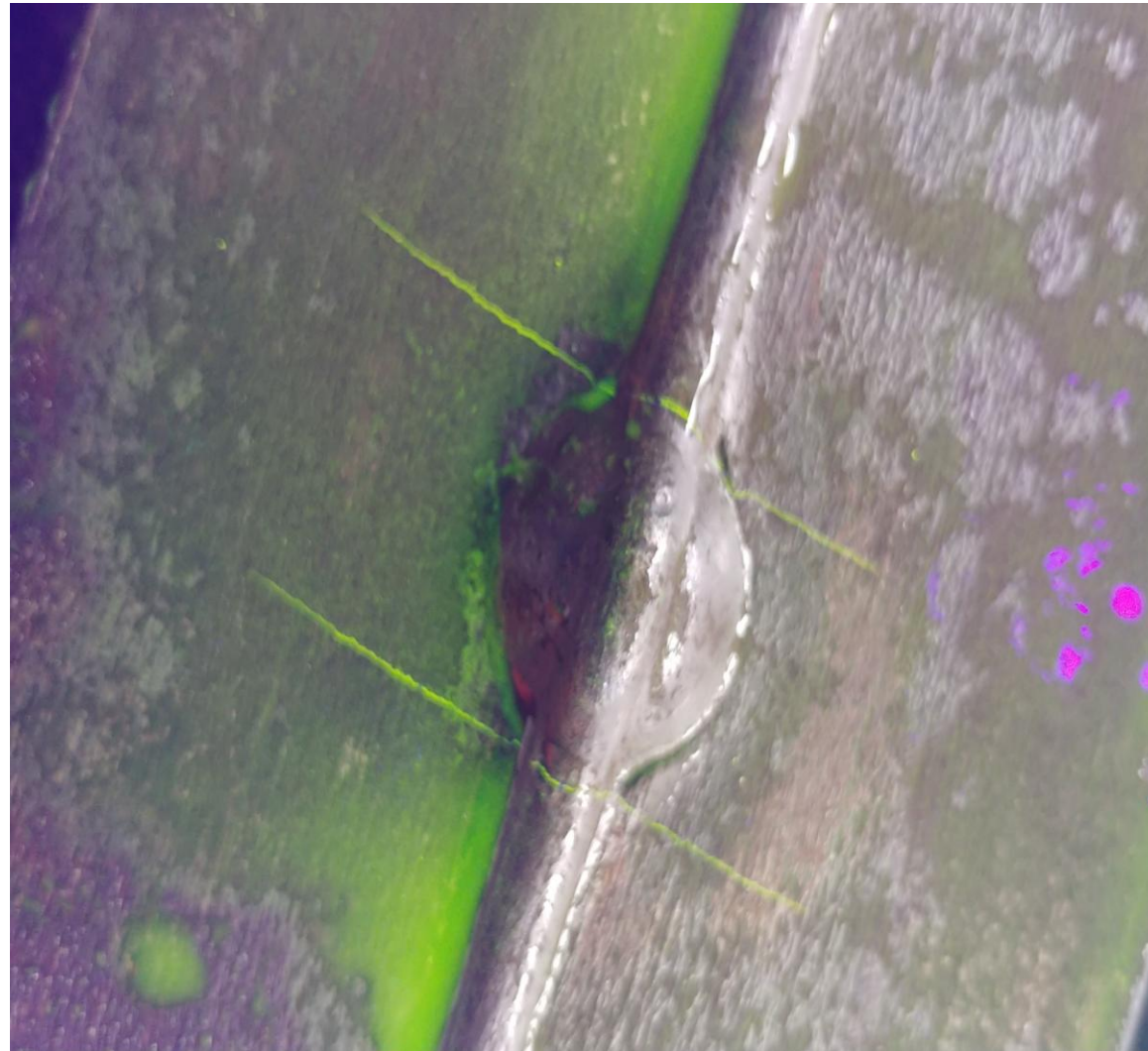
Badanie MT ciągła klapy



Badanie MT sworznia mostu



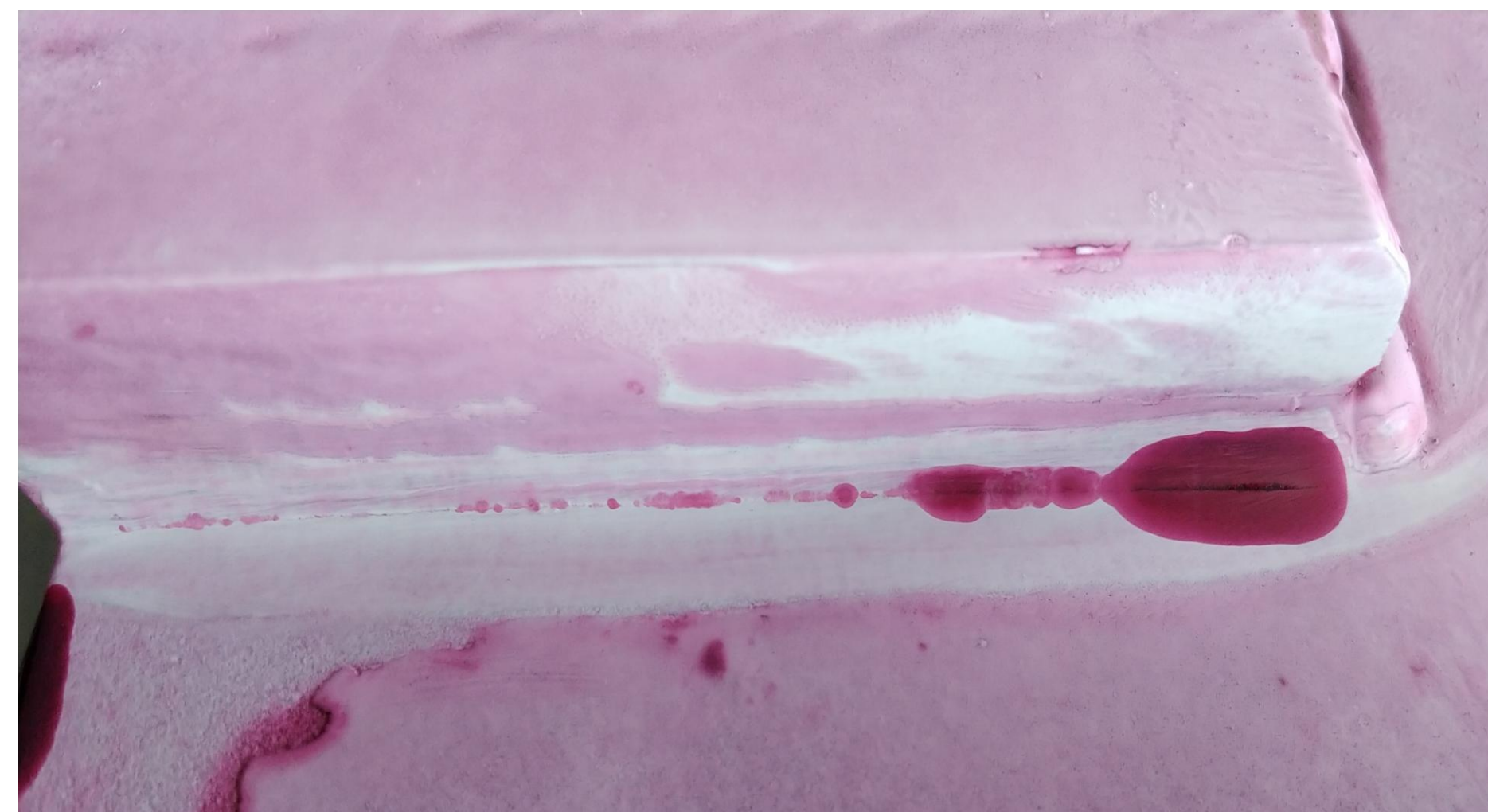
Potwierdzenie badań UT metodą MT



Badanie MT wagonu po spawaniu



Badanie PT wagonu



Do elementów pojazdów szynowych poddawanych badaniom nieniszczącym należą m.in.:

- osie zestawów kołowych,
- koła,
- zestawy kołowe w eksploatacji,
- elementy łożysk tocznych,
- ostoje wagonów i lokomotyw,
- zbiorniki,
- ramy wózków,



Zanieczyszczenie łożyska może doprowadzić do zakleszczenia a w konsekwencji do ukręcenia czopa osi.

Zestawy kołowe spełniają szereg zadań m.in.

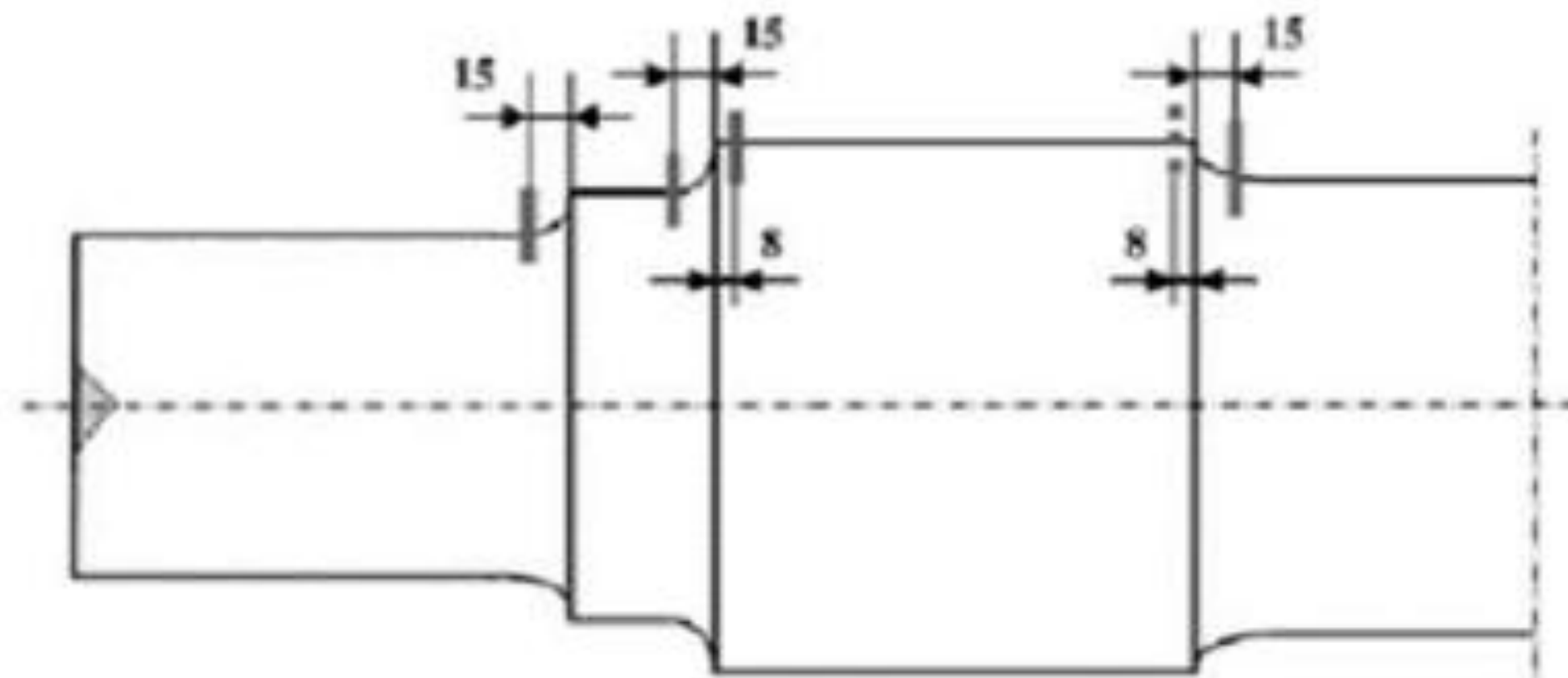
- umożliwiają ruch pojazdu,
- przenoszą ciężar pojazdu razem z ładunkiem,
- przenoszą obciążenia dynamiczne powodowane nierównością toru na elementy resorujące.

Przed przystąpieniem do badań ultradźwiękowych aparaturę badawczą należy podać kalibracji przy wykorzystaniu dopuszczonej **osi wzorcowej** danego typu i określenia odpowiedniej lokalizacji reflektorów odniesienia.

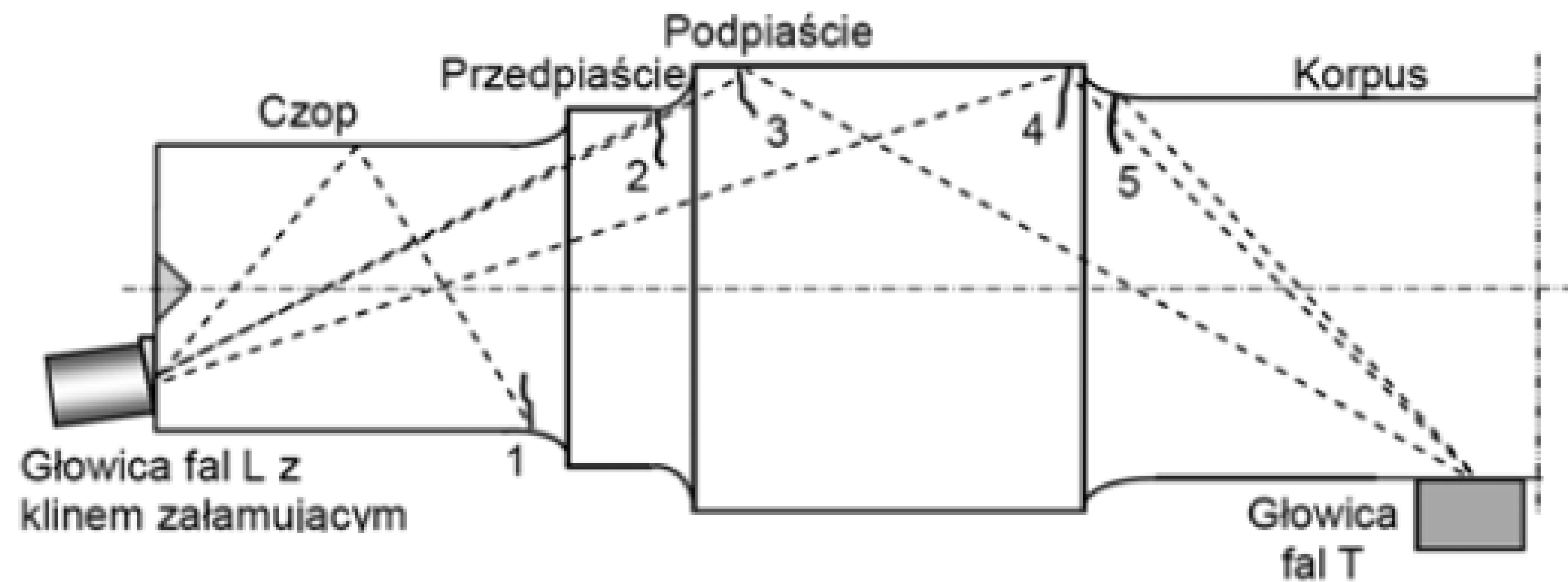
Stosowane do określenia czułości^[SEP]reflektory wykonane na osi mają kształt idealnego naroża w postaci rowka o głębokości od 2^[SEP]do 8mm.

Rowki wykonane są prostopadle do osi symetrii osi przy zachowaniu określonych^[SEP]odległości od powierzchni czołowej badanej osi.

Charakter wad (nacięć) wykonanych na^[SEP]osiach powinien być zbliżony do charakteru poprzecznych pęknięć zmęczeniowych. Nacięcia^[SEP]wykonywane są w tych obszarach osi, w których występują pęknięcia w czasie eksploatacji^[SEP]pojazdu.

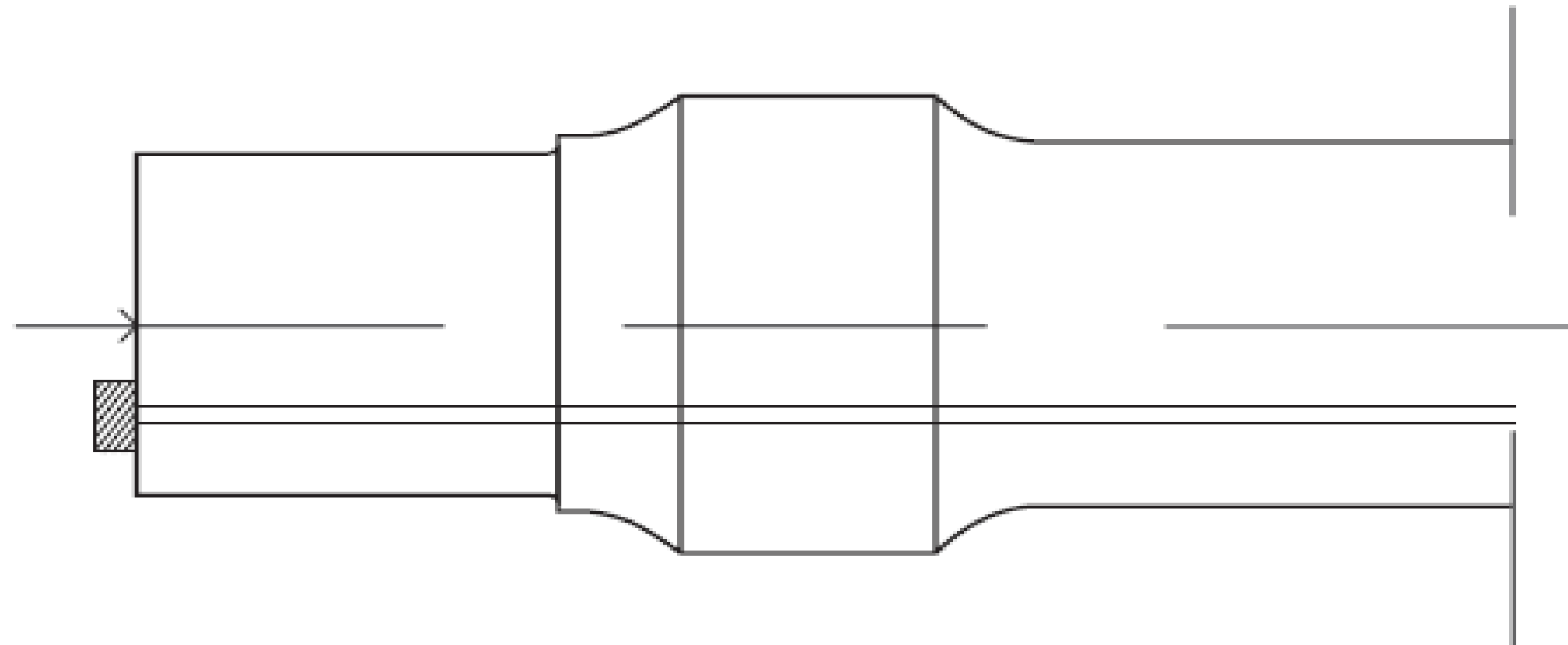


Lokalizacja reflektorów odniesienia



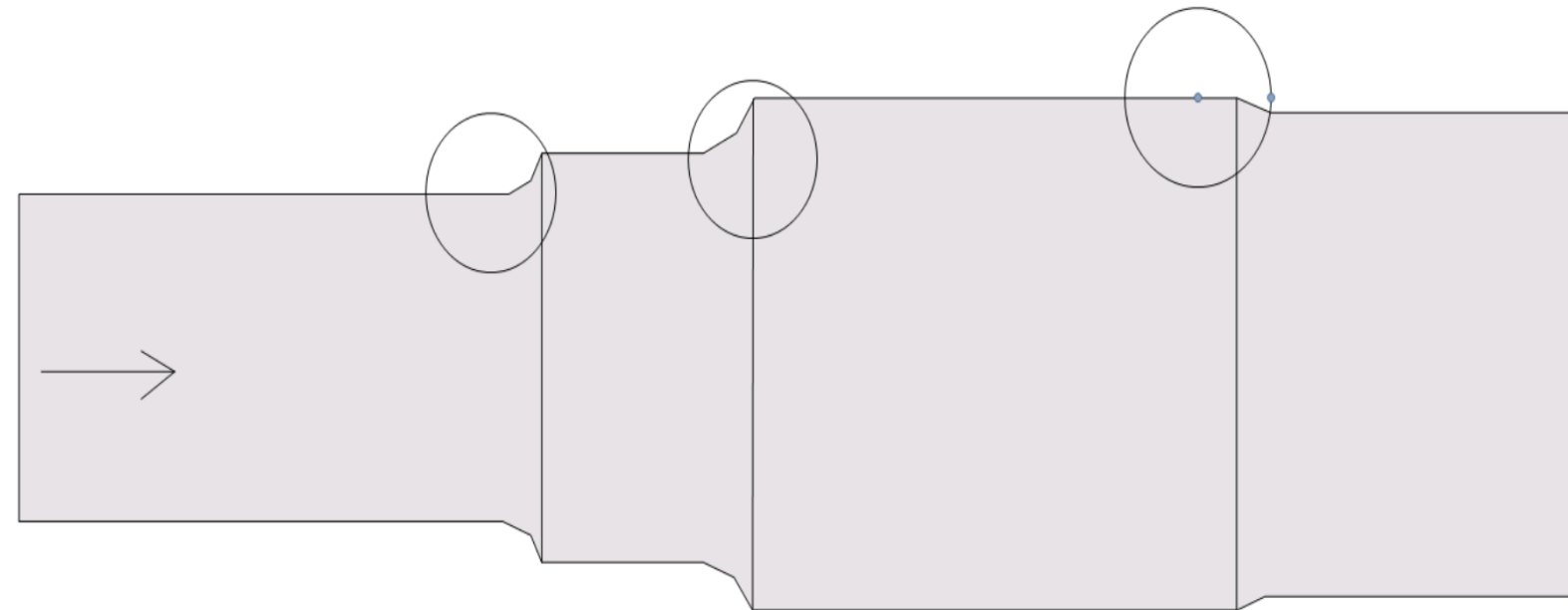
Przyłożenie głowic podczas wykonywania badań ultradźwiękowych osi kolejowych

Na osiach wykonywane jest również badanie przenikalności ultradźwiękowej. Badanie na przenikalność ma na celu sprawdzenie przydatności materiału do badania ultradźwiękowego i wykrycie ewentualnych nieciągłości rdzenia osi.

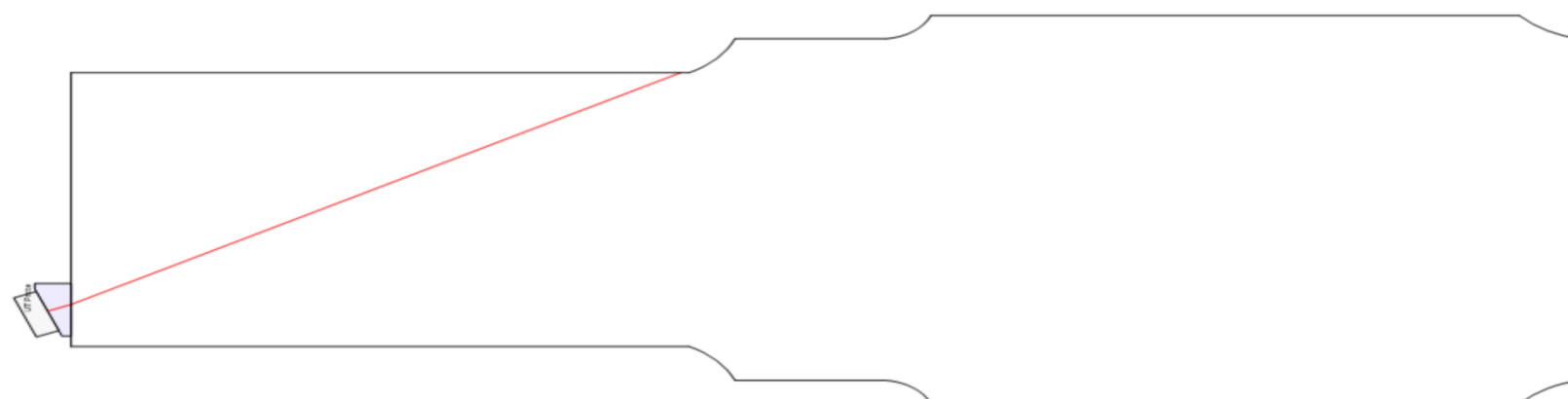


Badanie przepuszczalności. Sposób prowadzenia głowicy i przenikania fali

Strefy „niebezpieczne” (narażone na pękanie) oraz badanie na wskroś osi – badanie uproszczone od czoła osi

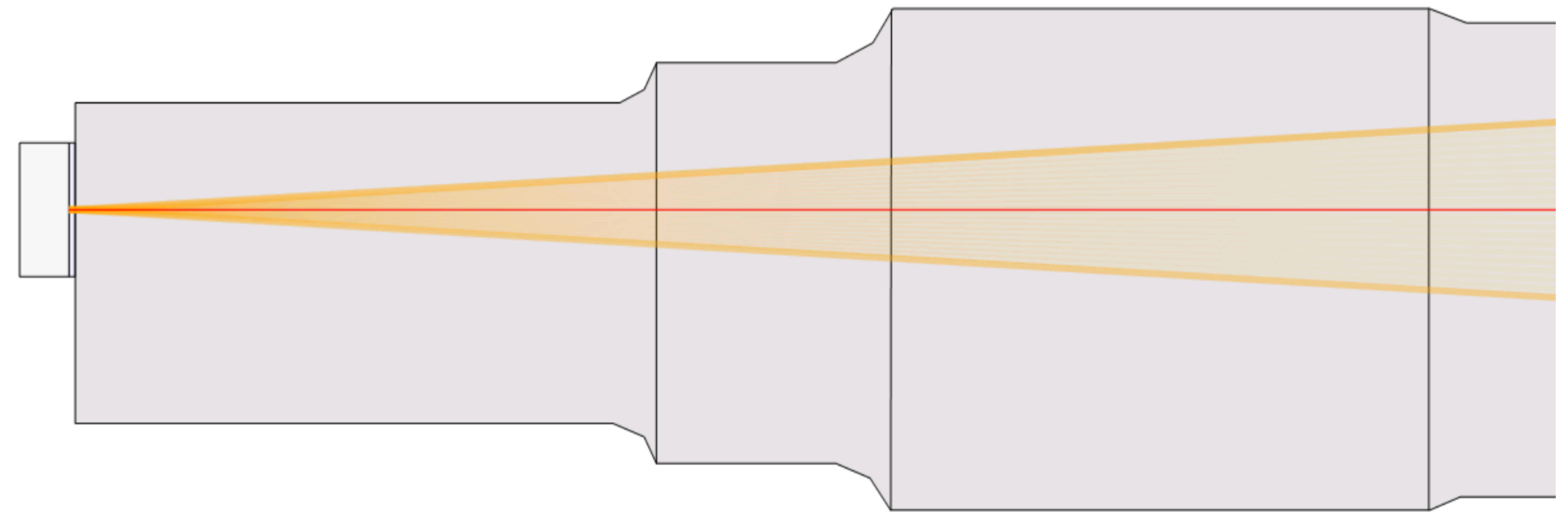


Badania osi (wykrywanie pęknięć) jest bardzo trudne, wymaga stosowania różnych nakładek kątowych, interpretacja wyniku bardzo zależy od operatora.

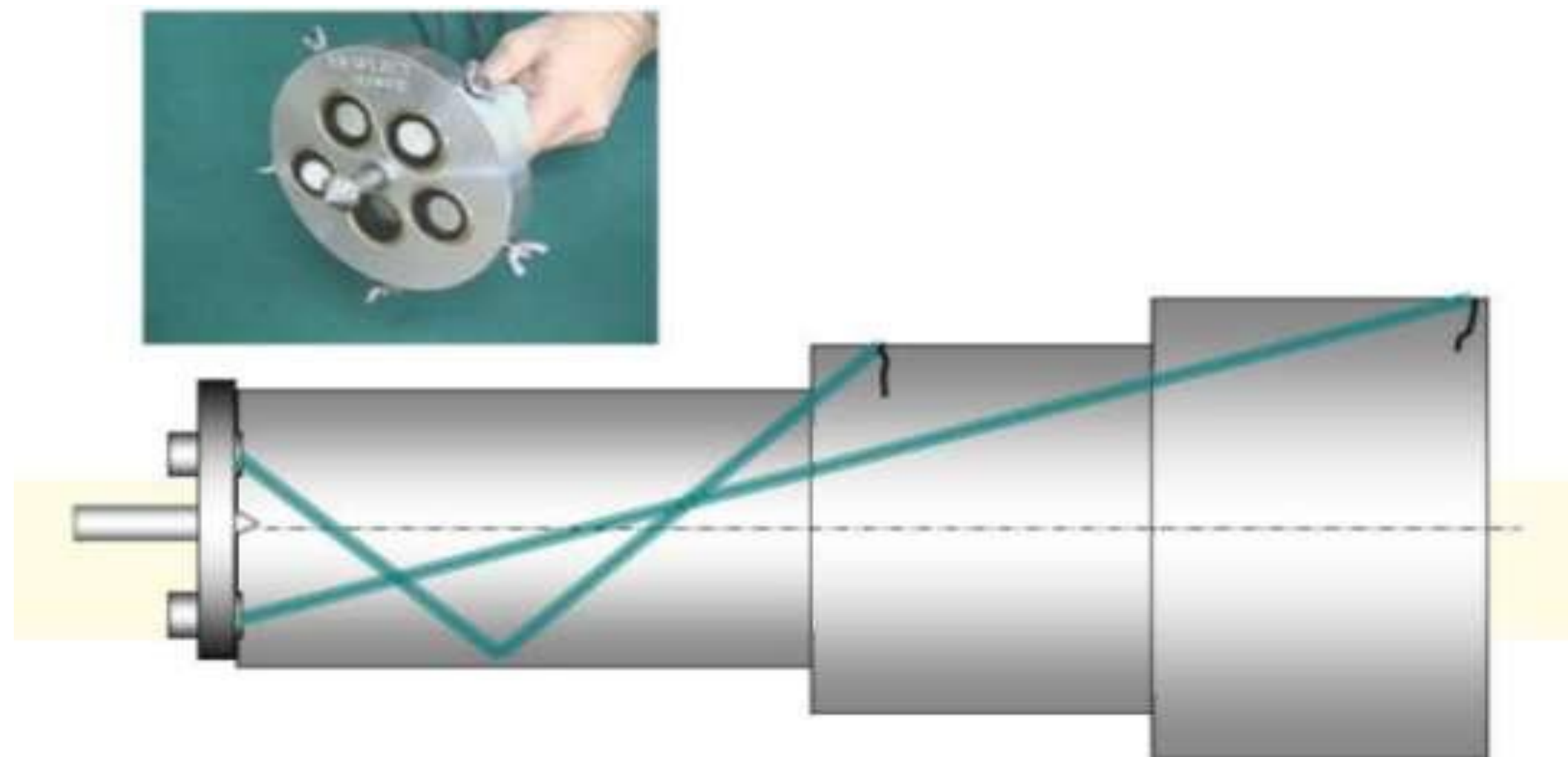


Klasyczne badanie osi na wskroś

Badanie na wskroś jest standardowym badaniem, łatwym do wykonania każdym defektoskopem

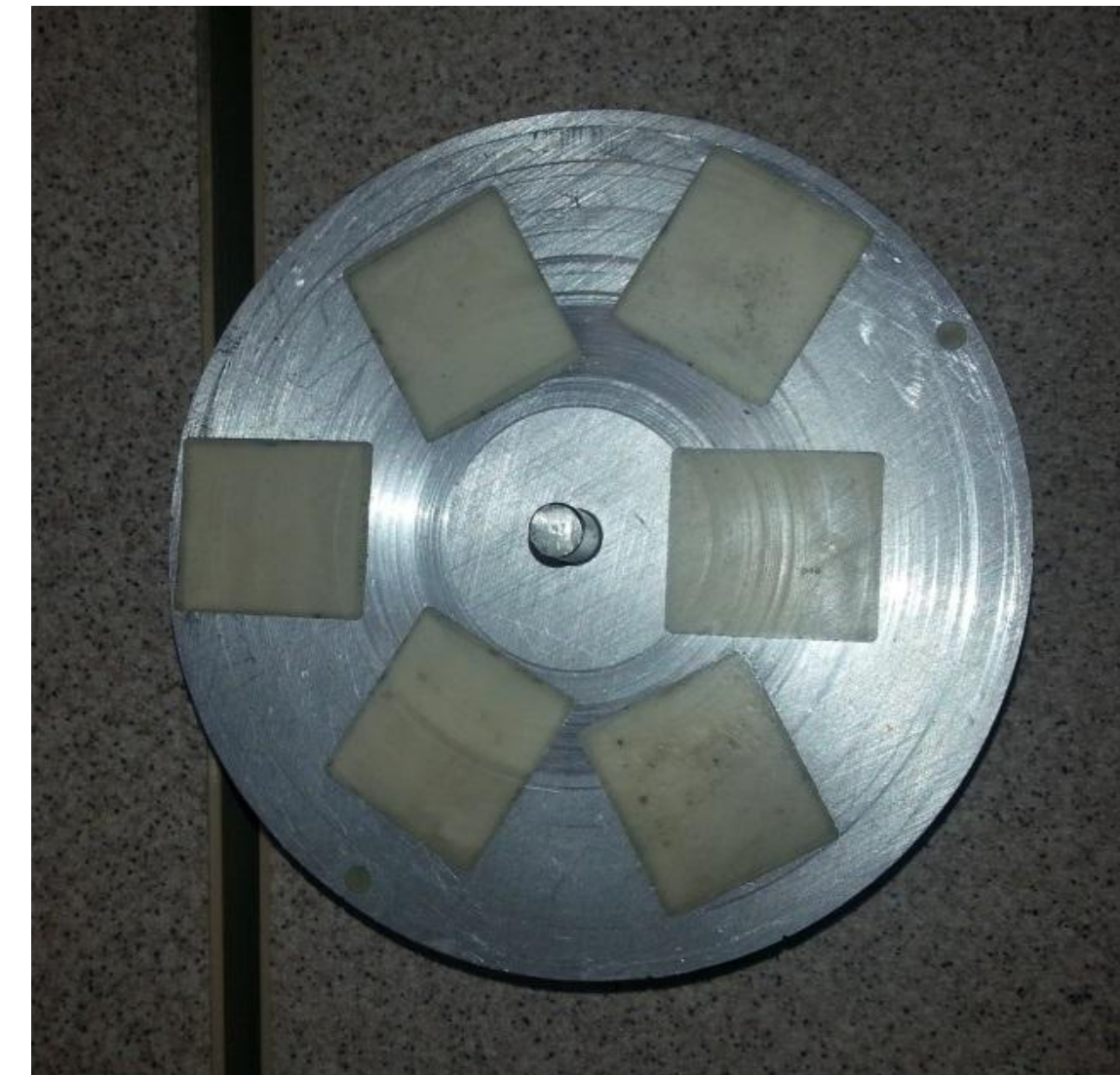


W badaniach ultradźwiękowych osi kolejowych oprócz defektoskopu ultradźwiękowego ze zobrażowaniem typu A spełniającego wymagania norm odnośnie defektoskopów ultradźwiękowych, zestawu głowic normalnych i kątowych zastosowanie znajduje również wzorzec nr. 1 (W1) i E1. Do badań zastosowanie znajduje również tarcza służąca do zamocowania głowic ultradźwiękowych.



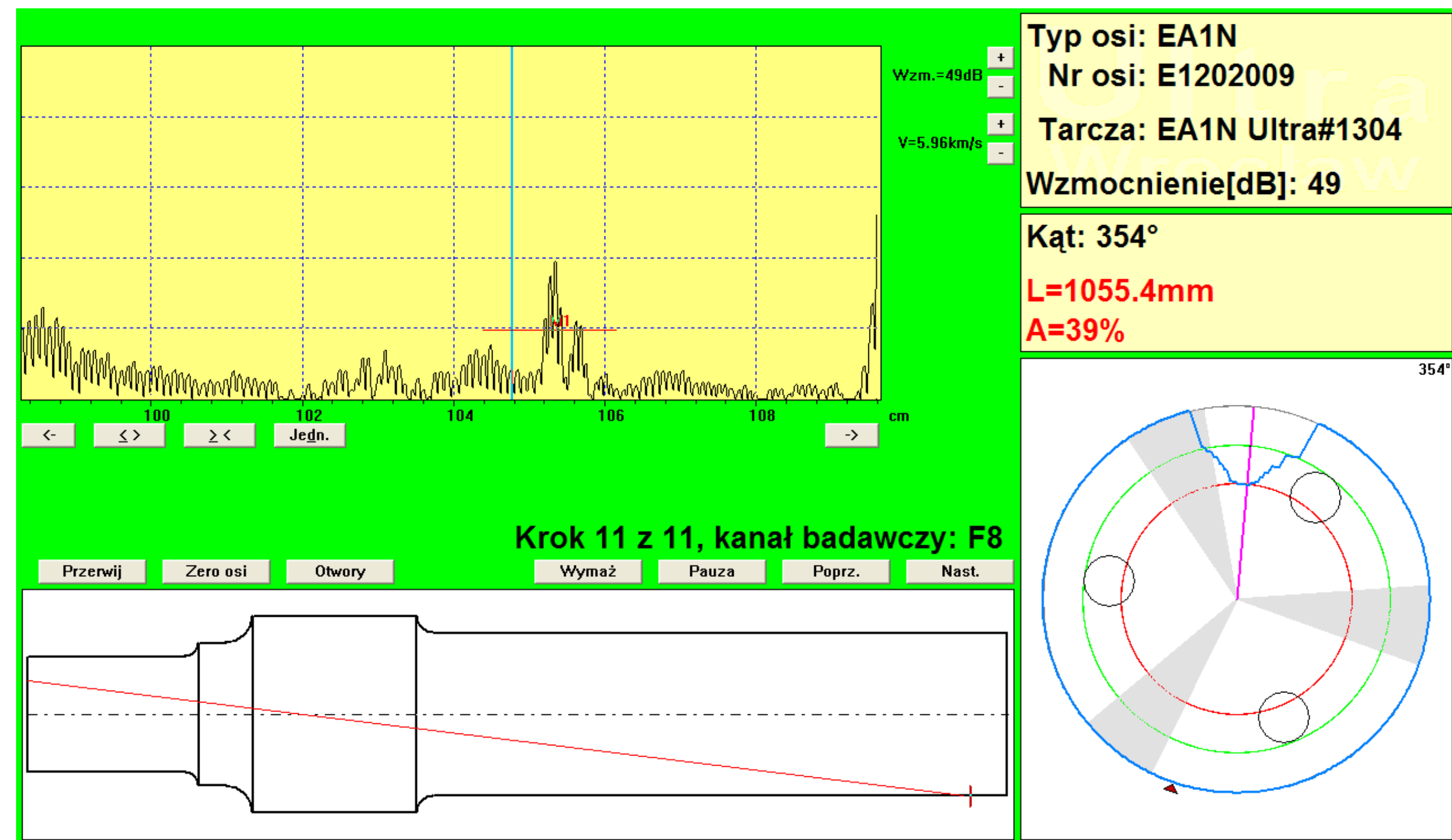
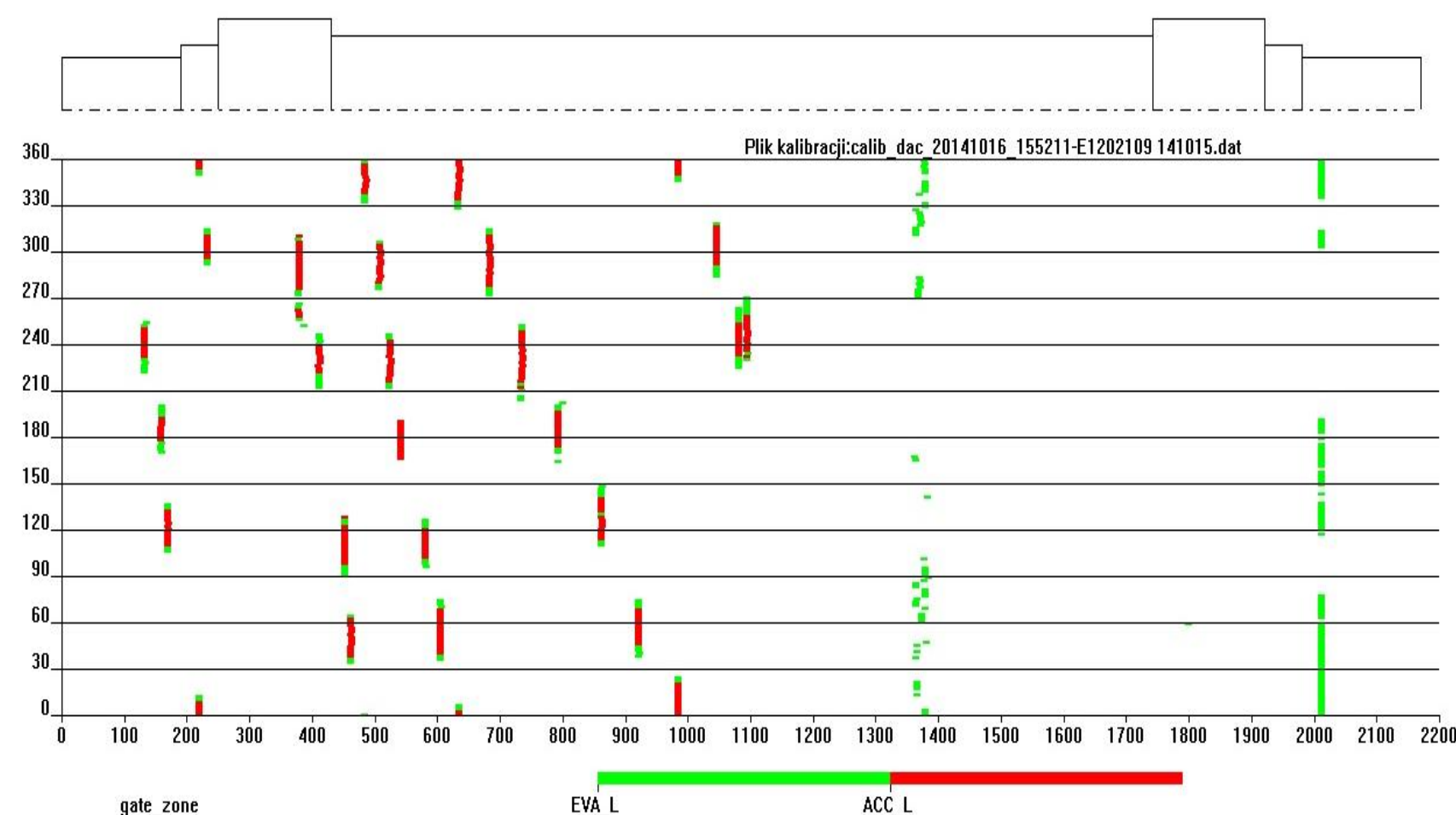
Zastosowanie tarczy mocującej głowice przy wykonywaniu badań od czoła osi kolejowej.

Badania defektoskopowe w sektorze kolejowym





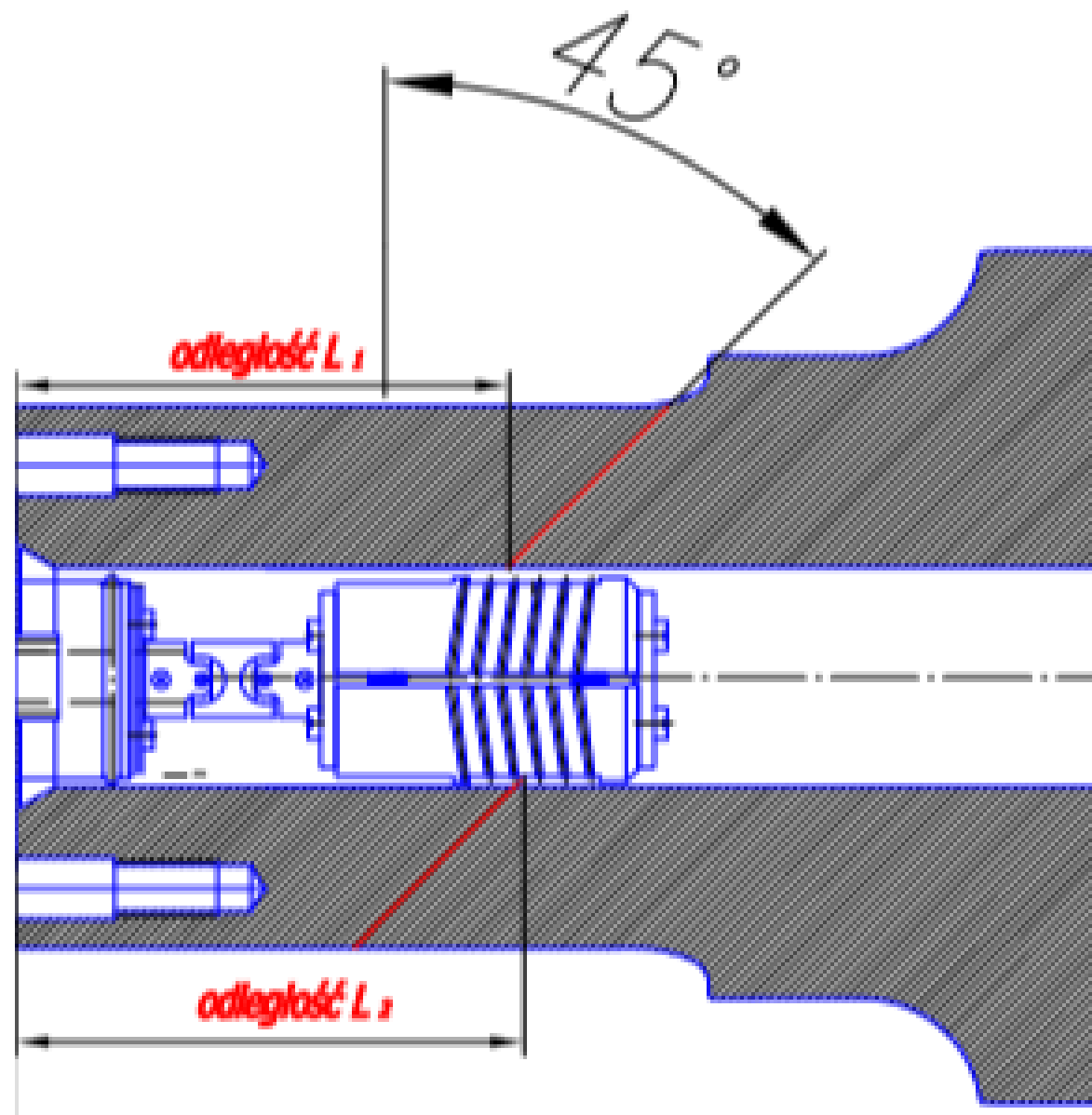
Defektoskop CUD BO WiFi w czasie badania osi pełnych



Lewa górna część przedstawia ekran defektoskopu z aktualnym wskazaniem, prawa strona reprezentuje zarejestrowane amplitudy obwodu osi, dolna w strefie na długości osi.

Osie drażone były jednym z elementów **obniżających awaryjność** kolejowych zestawów kołowych. Otwór drażony wzdłuż osi pozwala na badanie ultradźwiękowe wewnątrz osi z powierzchni otworu drażonego bez jednoczesnego obniżenia ich wytrzymałości. Istotną zaletą badania osi drażonych jest wykonanie badania bez konieczności **demontażu zestawów kołowych** i przeprowadzenie badania w dowolnym miejscu po demontażu pokrywy maźnic. Bardzo dużą zaletą jest również zwiększenie **szybkości wykonywania badań**.

Badanie osi drażonych defektoskopem CUD BO WiFi



Osie drażone bada się od strony otworu drażonego za pomocą głowicy 45° (70°) w poszukiwaniu pęknięć poprzecznych.

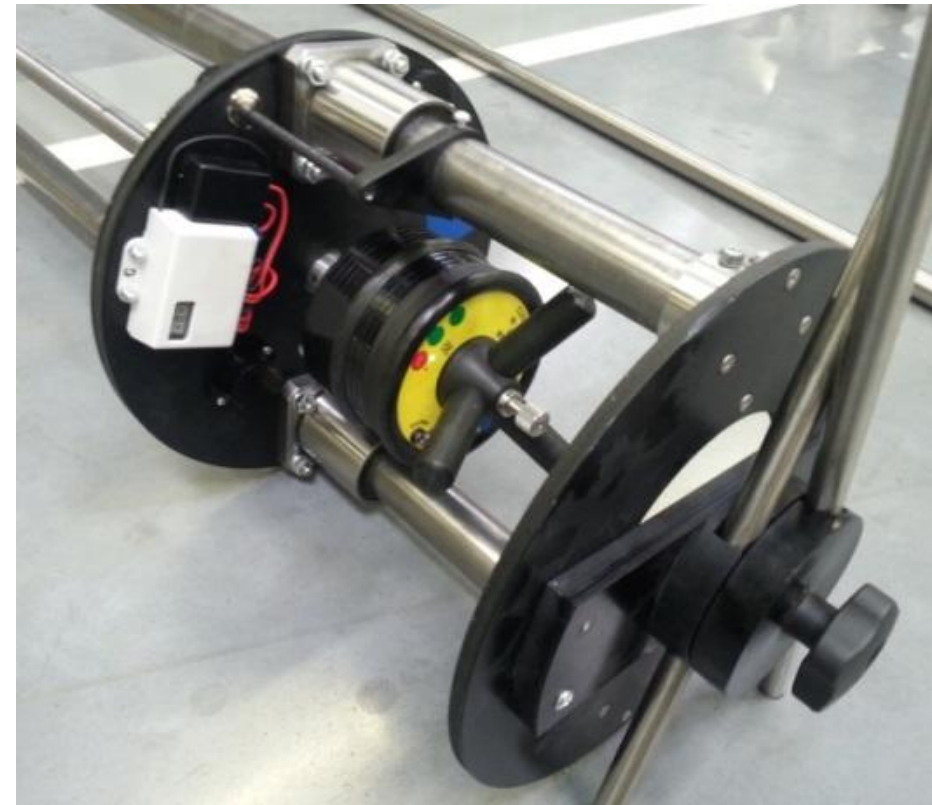
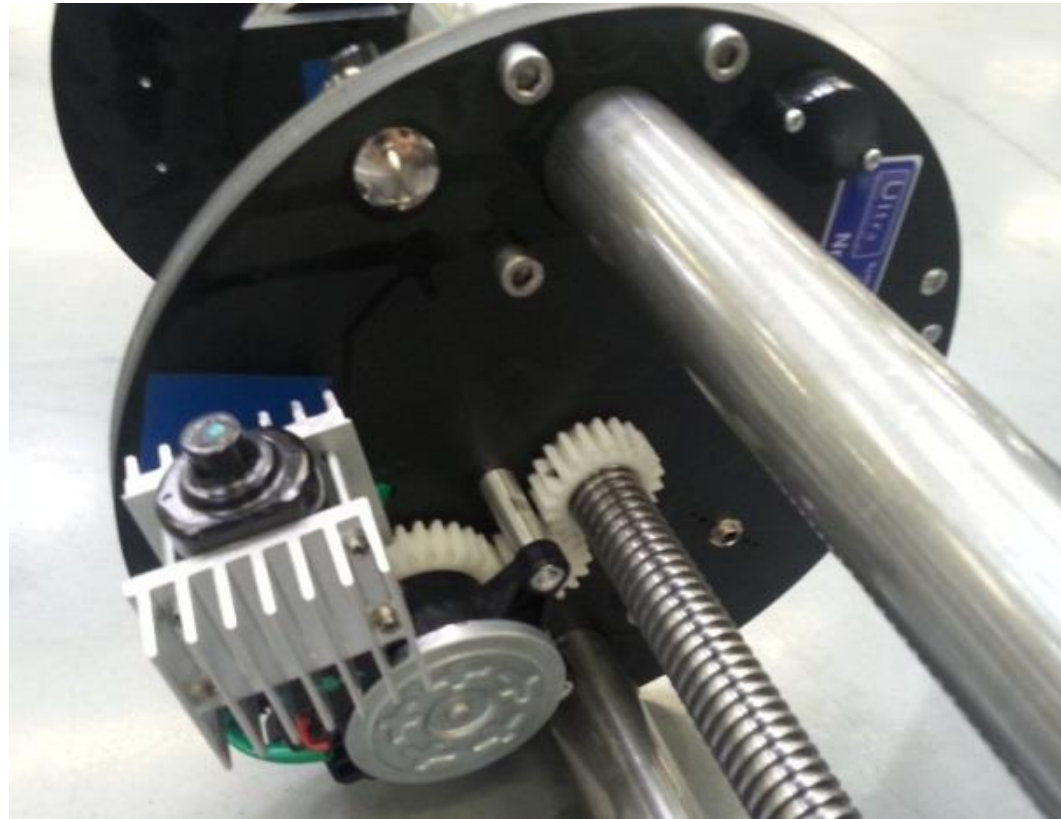
Badanie osi drażonych to badanie wielu powtarzalnych elementów, istnieje więc możliwość opracowania systemów automatycznych.

Podczas badania występują liczne wskazania od geometrii osi. Nie należy więc prowadzić badań ręcznych, ponieważ nie gwarantują one dokładnego pomiaru odległości na której prowadzone jest badanie.



Widok głowic przedniej i tylnej sondy badawczej.

Badania defektoskopowe w sektorze kolejowym



Widok aparatury badawczej wraz z widokiem montażu urządzenia do dopływu oleju.

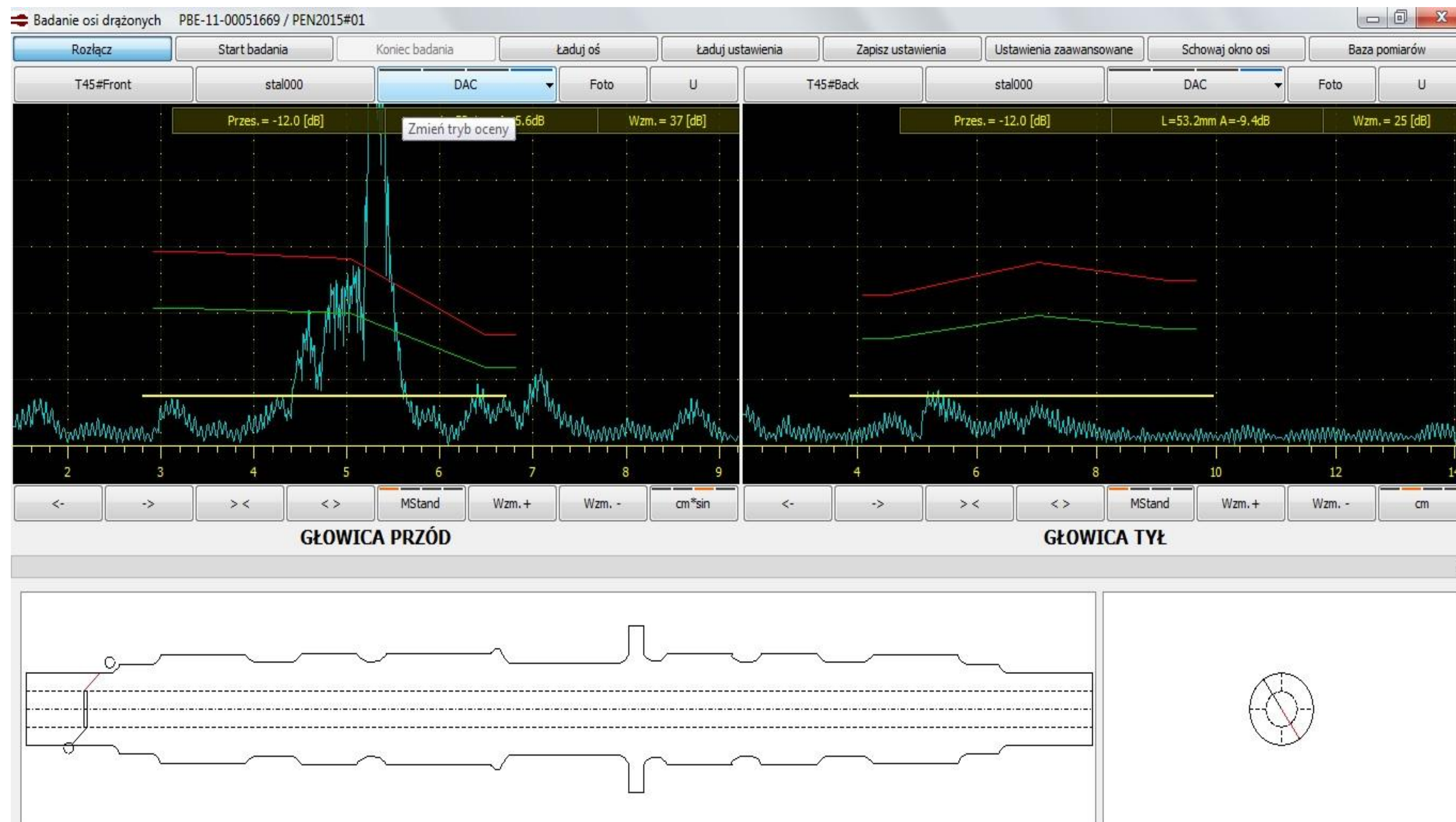
Operator wykonujący badanie musi rozróżnić echa pochodzące od nieciągłości stanowiących wskazania prawdziwe a pominąć i nie brać pod uwagę wskazań fałszywych.

Wskazania interpretowane są na podstawie identyfikacji głowicy na której stwierdzono wskazanie, a następnie podawane ocenie czy spełniają wartości akceptowalne zgodnie z krzywą DAC. Wskazania istotne od nieciągłości materiałowych należy zarejestrować. Omijane są wskazania od nieciągłości pozornych wynikających m.in. z **geometrii osi, transformacji fali, przejściem fali na przestrzeni podpiaście-koło i czop-łożysko.**

Badania defektoskopowe w sektorze kolejowym



Łukasiewicz
Górnośląski
Instytut
Technologiczny

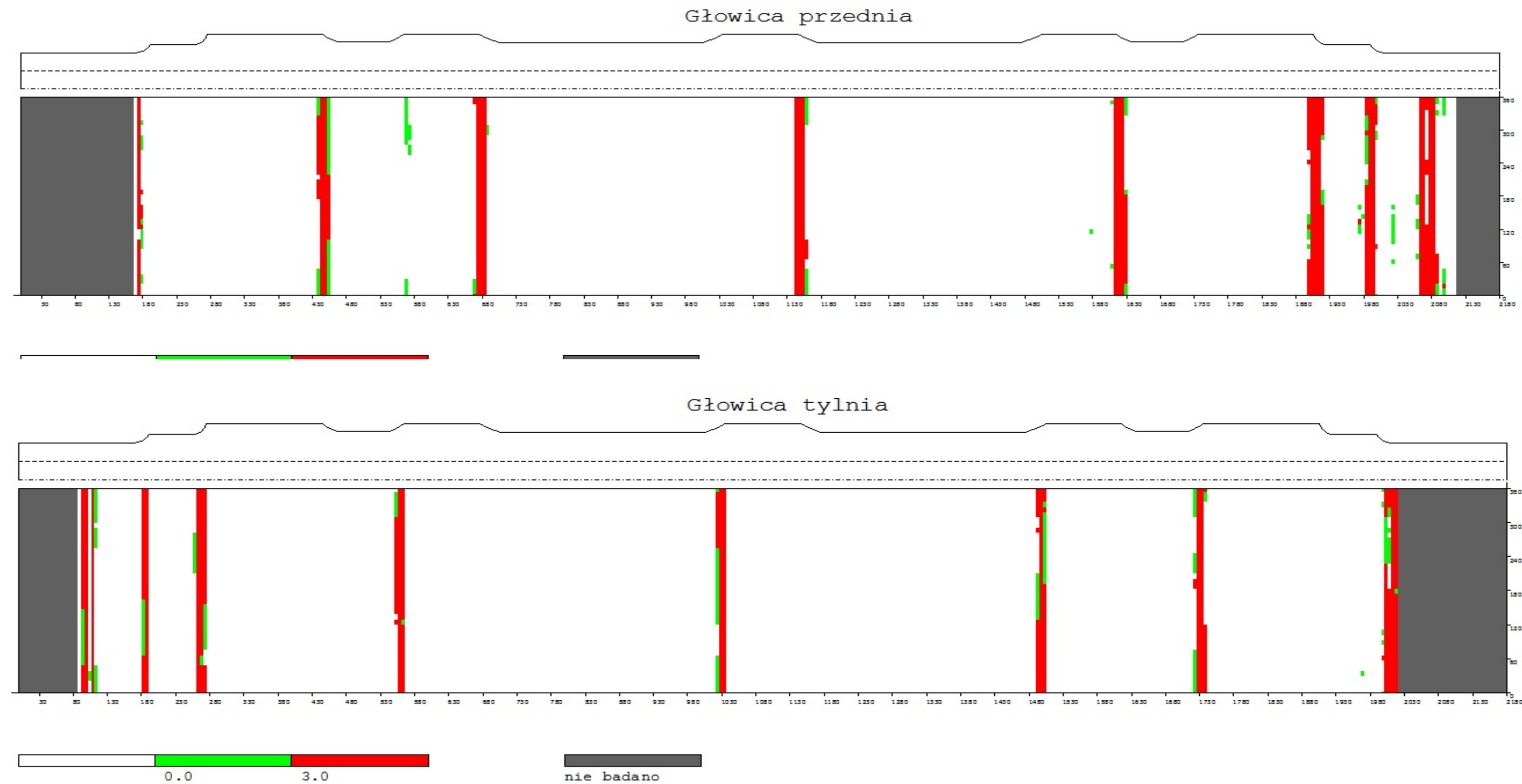


Widok krzywych DAC podczas badania osi napędowej dla głowicy przedniej i tylnej.

Badania defektoskopowe w sektorze kolejowym



Łukasiewicz
Górnośląski
Instytut
Technologiczny



Końcowe wyniki badań z głowicy przedniej i tylnej dla osi tocznej.



Łukasiewicz
Górnośląski
Instytut
Technologiczny



Badania defektoskopowe w sektorze kolejowym

Przykład urządzenia do badania techniką PA

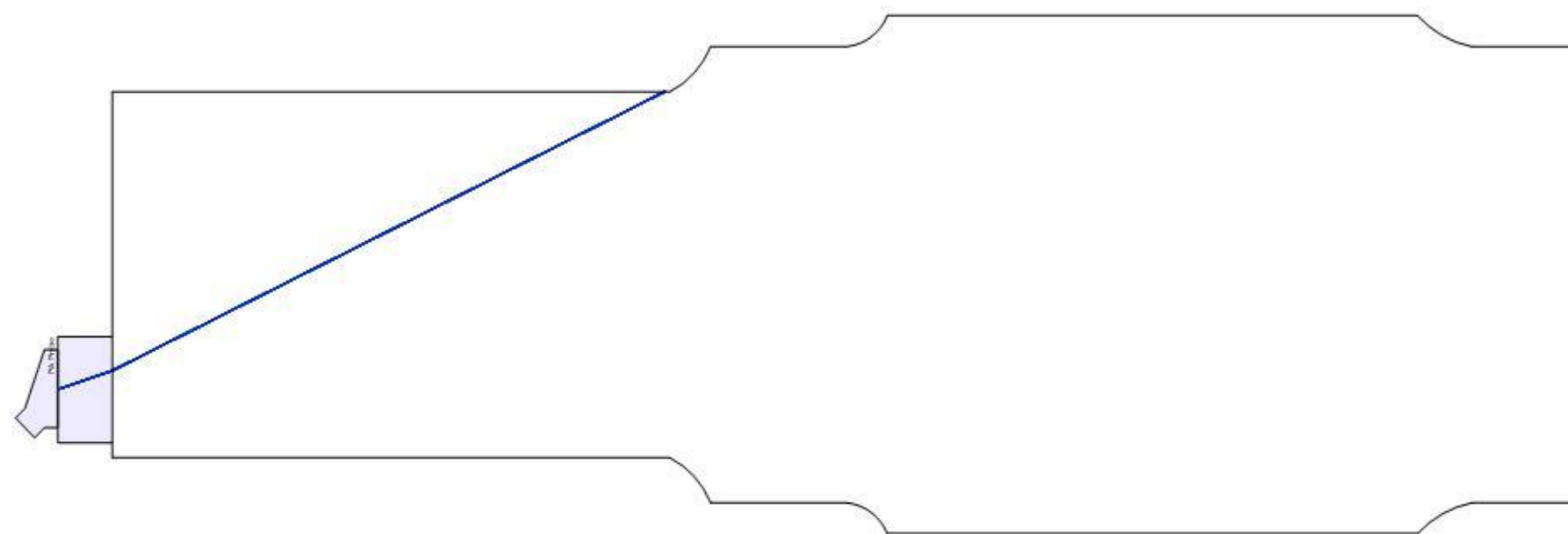




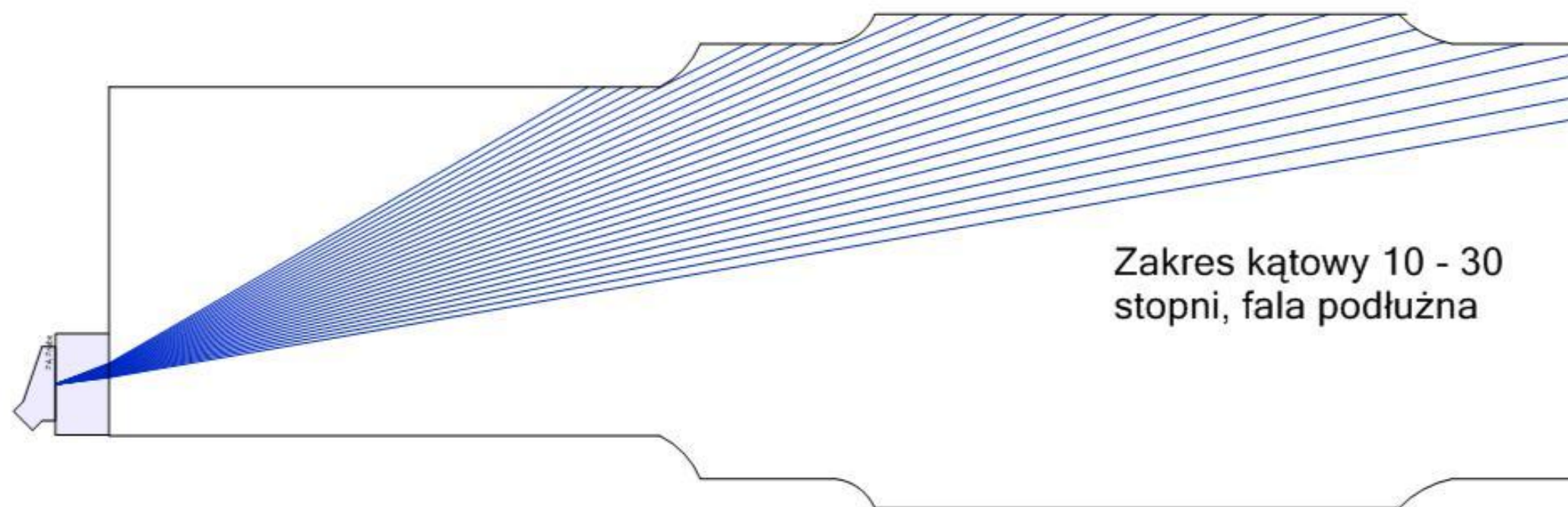
Łukasiewicz
Górnośląski
Instytut
Technologiczny



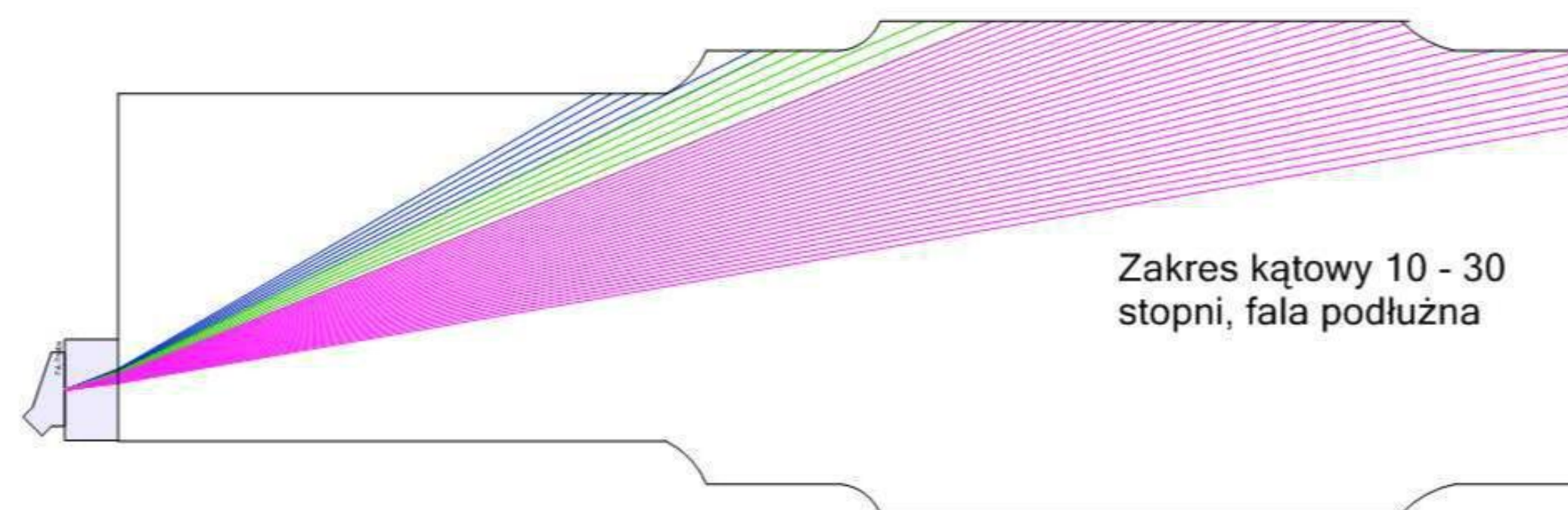
Phased Array jako głowica klasyczna (1 kąt)



Phased Array z zakresem kątowym

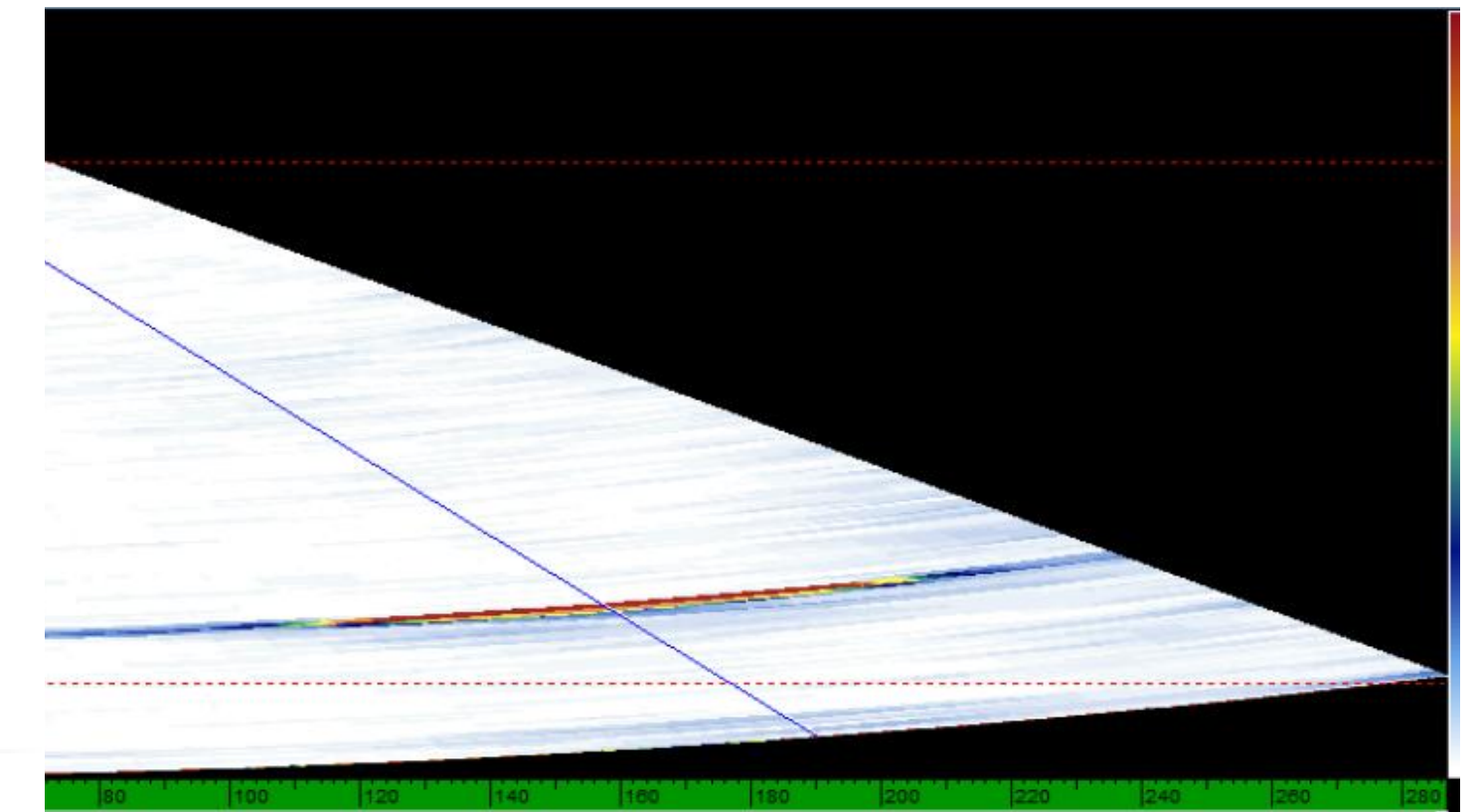
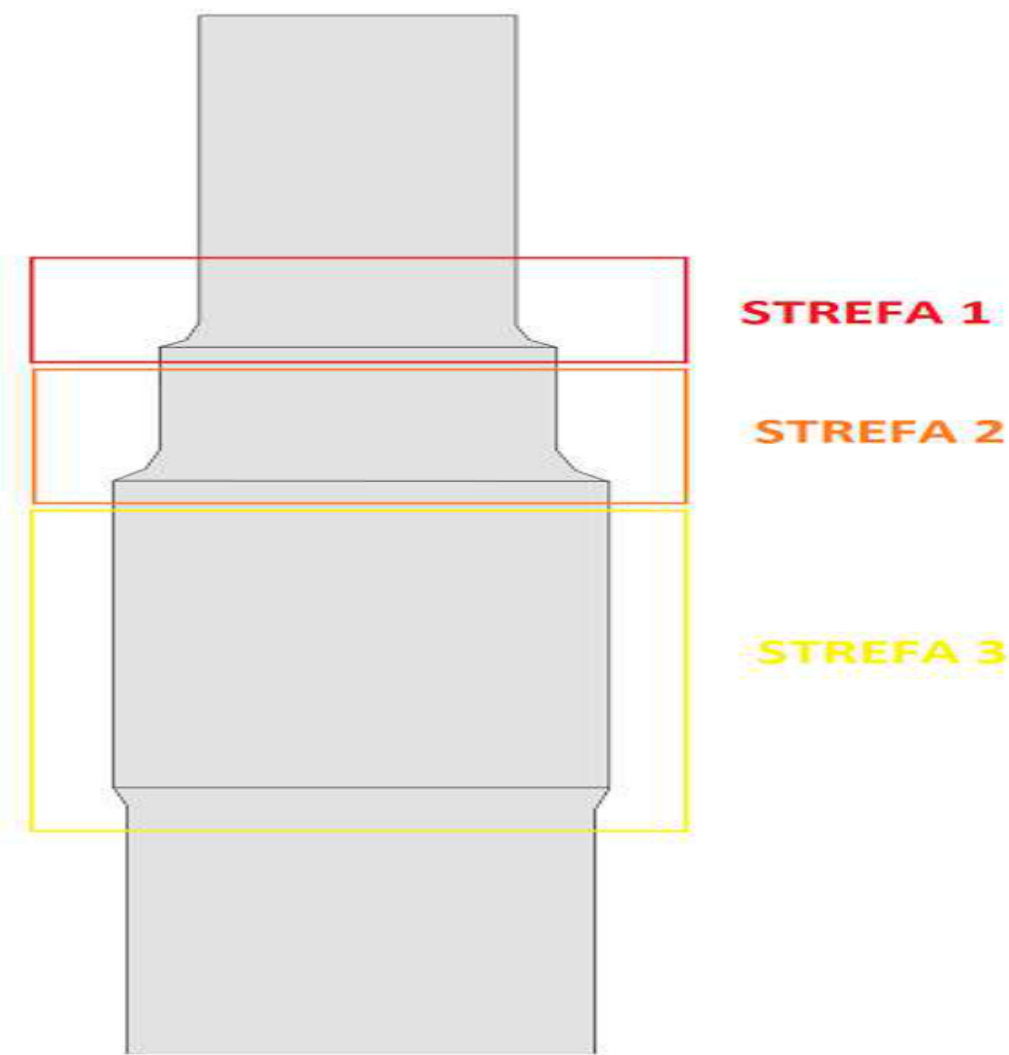


Głowica Phased Array – Podział badania na strefy



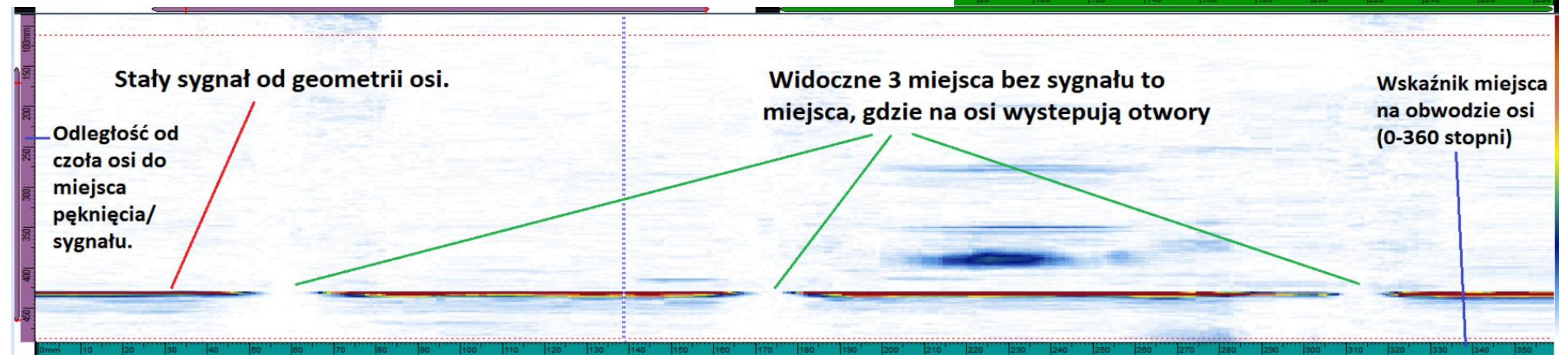
Badanie Phased Array z rejestracją przebiegu

Strefa 3 – przykład wyniku bez defektu, widoczny sygnał geometrii osi



Wyniki badania podzielono na 3 strefy – dla większej czytelności. Dla każdej strefy operator widzi klasyczne zobrazowanie UT (A-skan), zobrazowanie Phased Array dla jednego miejsca przyłożenia głowicy (S-skan) oraz przekrój B-skan (cały obwód osi). Badanie wykonano prowadząc głowicę w specjalnym uchwycie, dzięki czemu jest ono powtarzalne

i niezależne od operatora



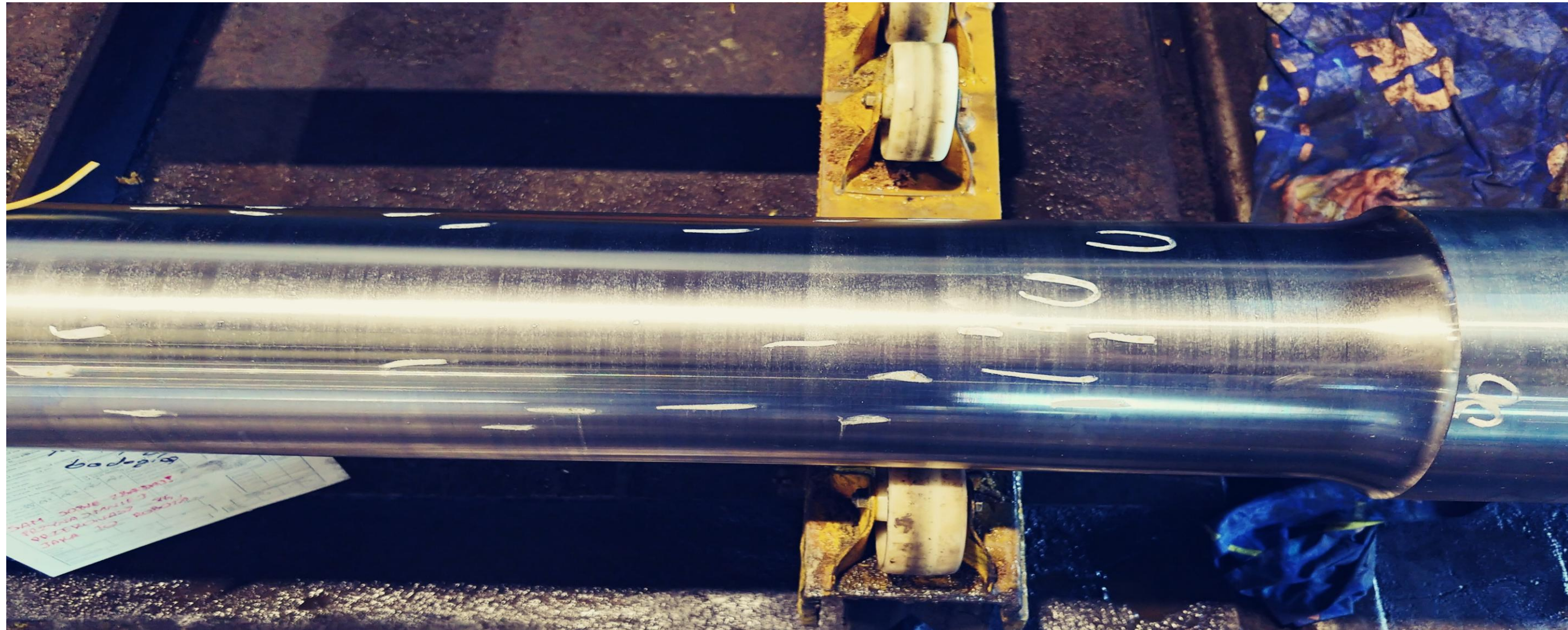
Przed wykonaniem badań objętościowych jakimi są badania ultradźwiękowe przeprowadza się często badania powierzchniowe **magnetyczno-proszkowe MT**.

Badania magnetyczno-proszkowe umożliwiają wykrycie wad powierzchniowych i podpowierzchniowych. Wykorzystywana jest do badania na elementach ze stali ferrytycznych. Obszarem badania jest cała oś ze wszystkimi przejściami średnic, przejściami czop-przedpiaście oraz powierzchnie osadzenia łożysk. Możliwie jest wykrycie wad poprzecznych rozwijających się w wyniku obciążeń podczas eksploatacji

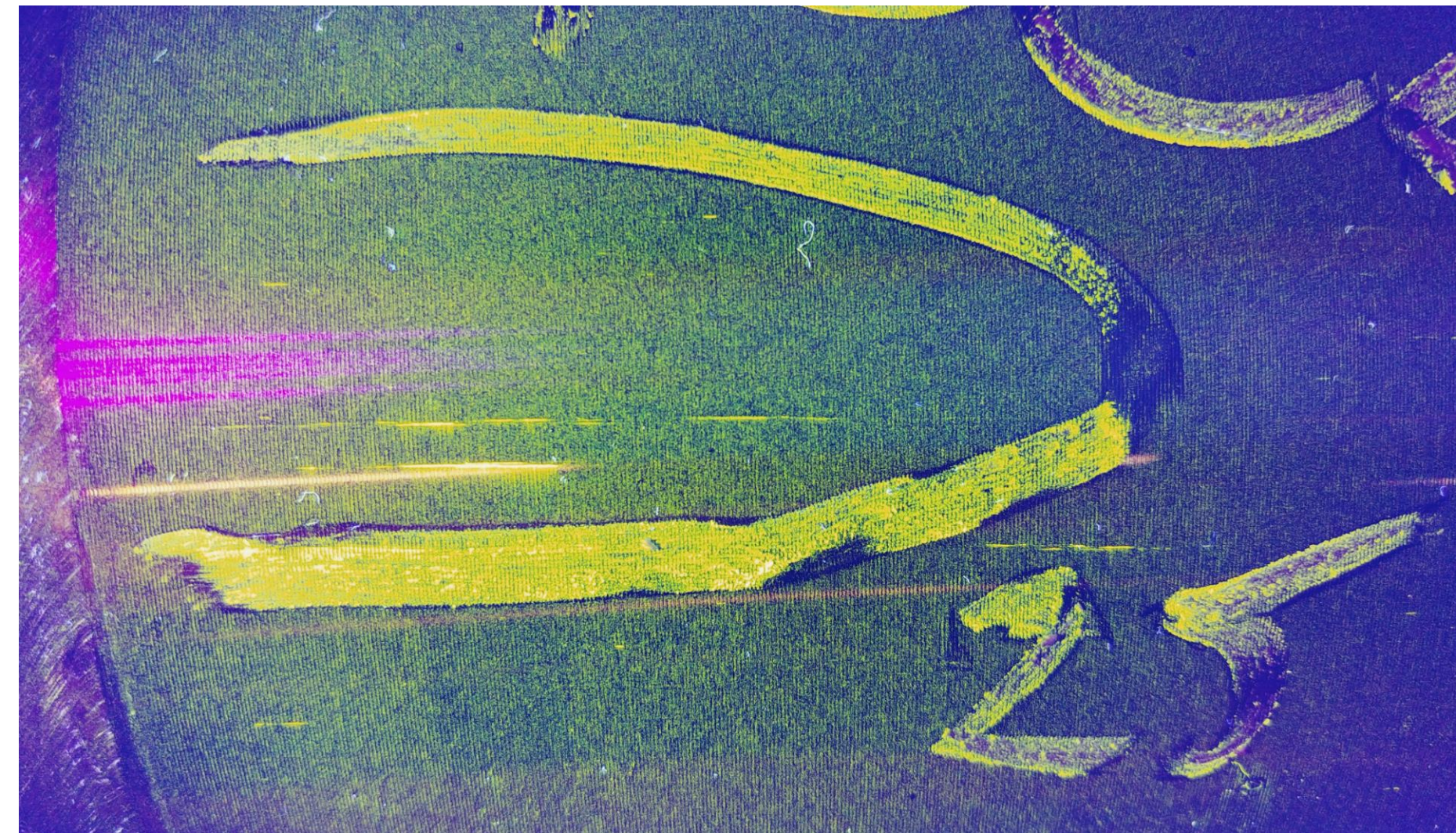
Obszarem badań objęta jest cała objętość osi łącznie ze wszystkimi przejściami przekrojów. Badanie przeprowadzane jest zgodnie z wytycznymi odpowiednich norm.

Nieciągłości poprzeczne dla osi nowych są niedopuszczalne.

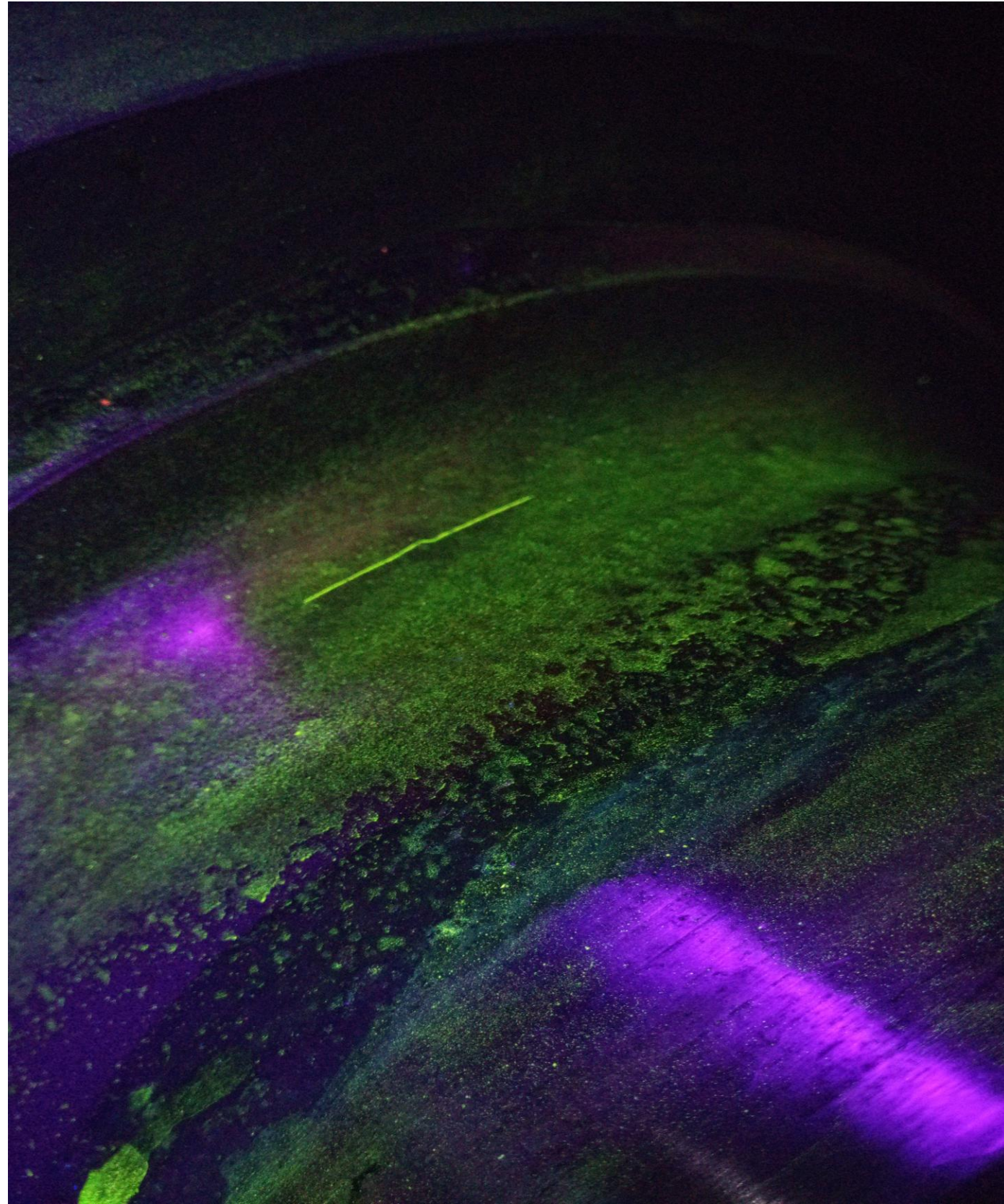
Badania defektoskopowe w sektorze kolejowym Przykłady wskazań podczas badań MT zestawów kołowych



Badania MT osi wskazania
wzdłużne



Badania defektoskopowe w sektorze kolejowym



Elektrody (zaciski magnetyczne) na wady
wzdłużne

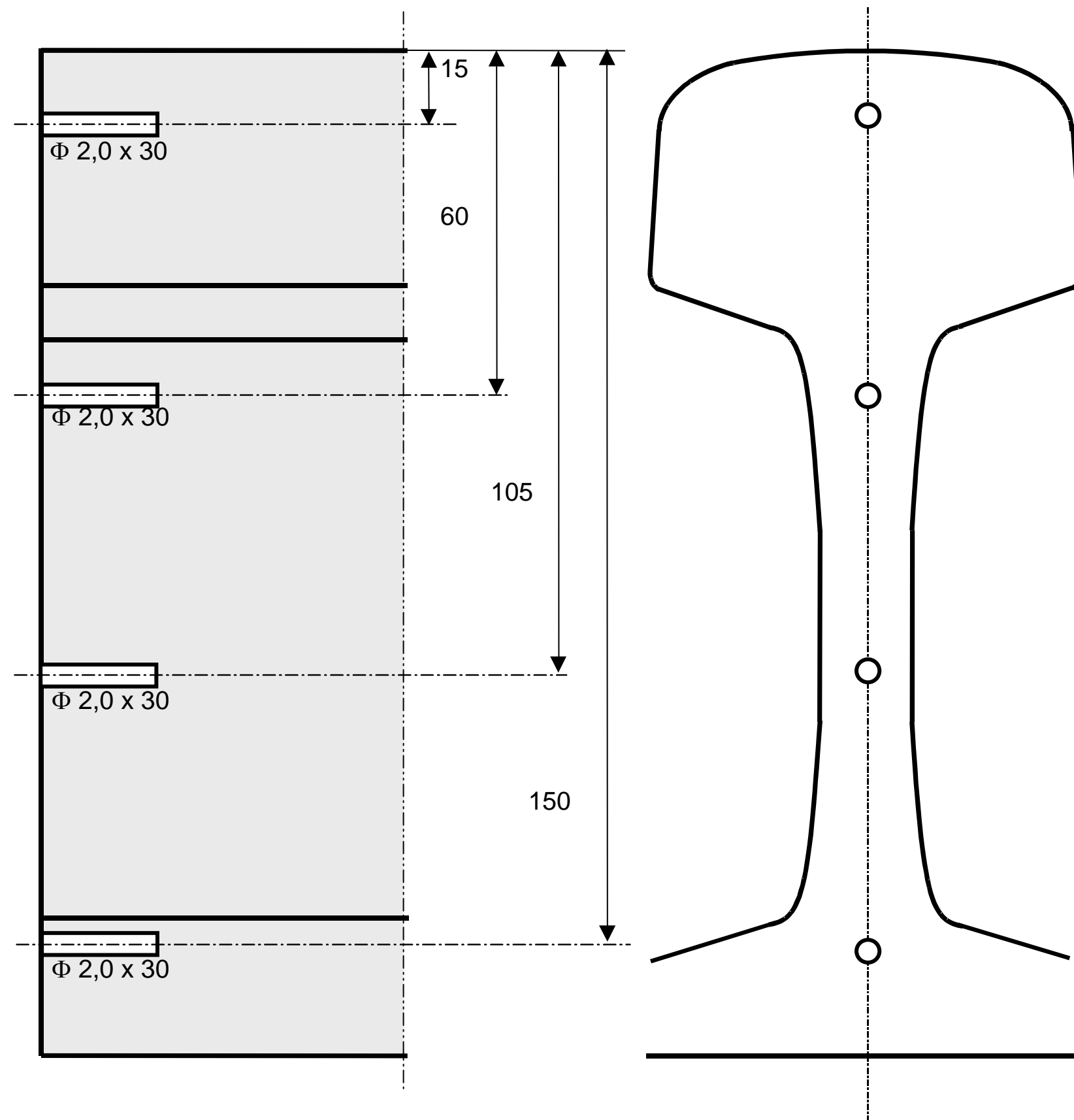


Cewka do badań MT na wady poprzeczne

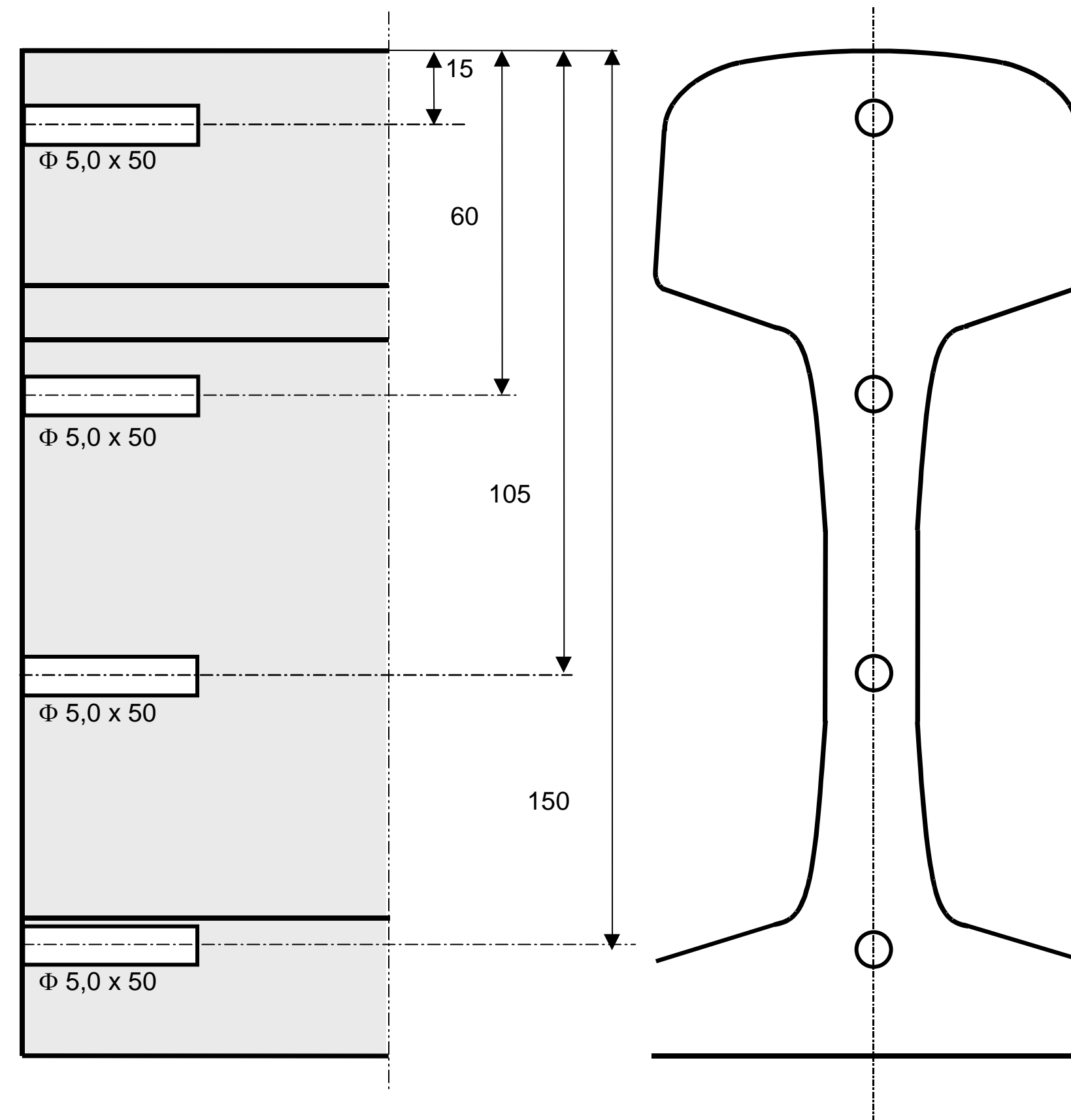
W technice tandem do badania szyn kolejowych używa się układu dwóch głowic kątowych, nadawczej i odbiorczej, ustawionych w stałej odległości od siebie podczas przeszukiwania złącza. Dla zbadania całej objętości złącza układ głowic przesuwa się kilkakrotnie wzdłuż spoiny zmieniając odległość między głowicami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



Łukasiewicz
Górnośląski
Instytut
Technologiczny

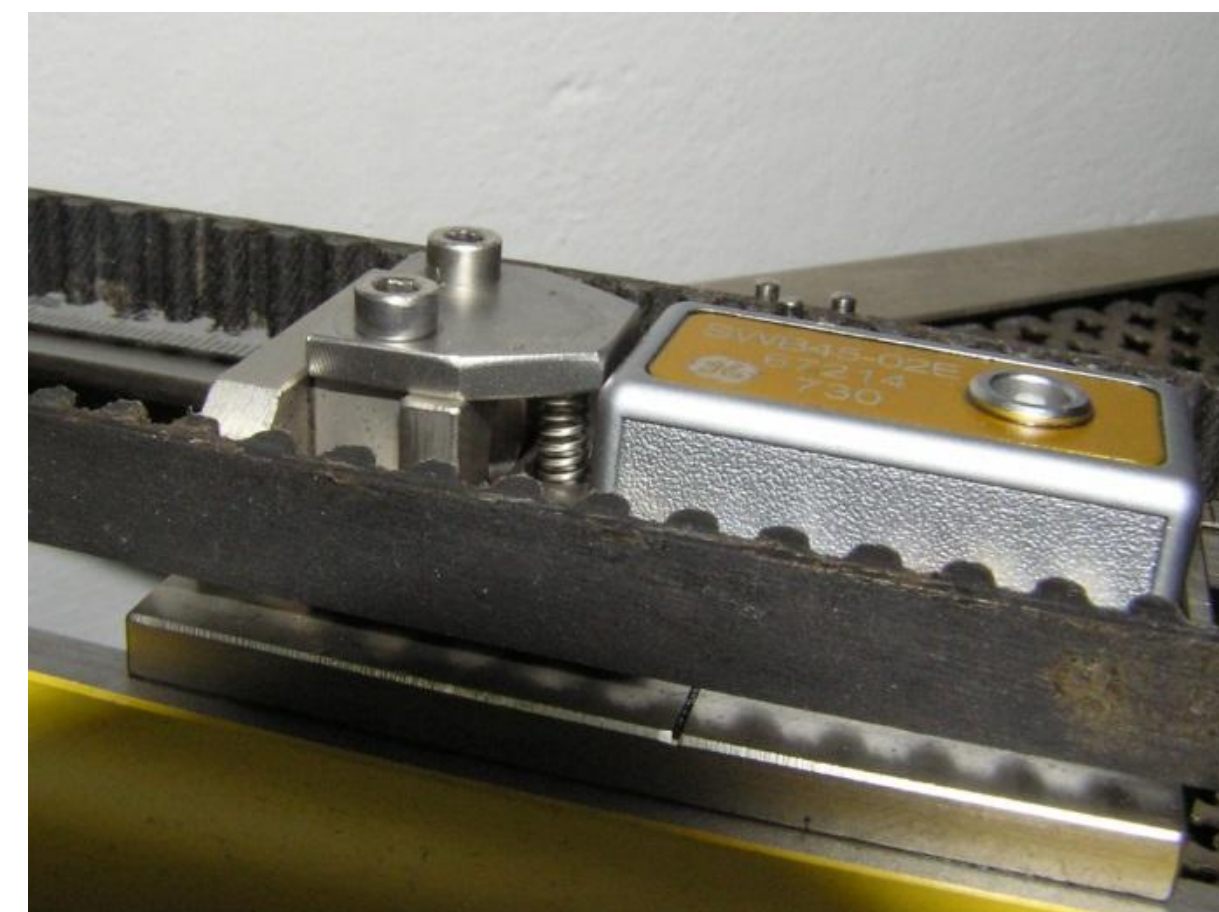
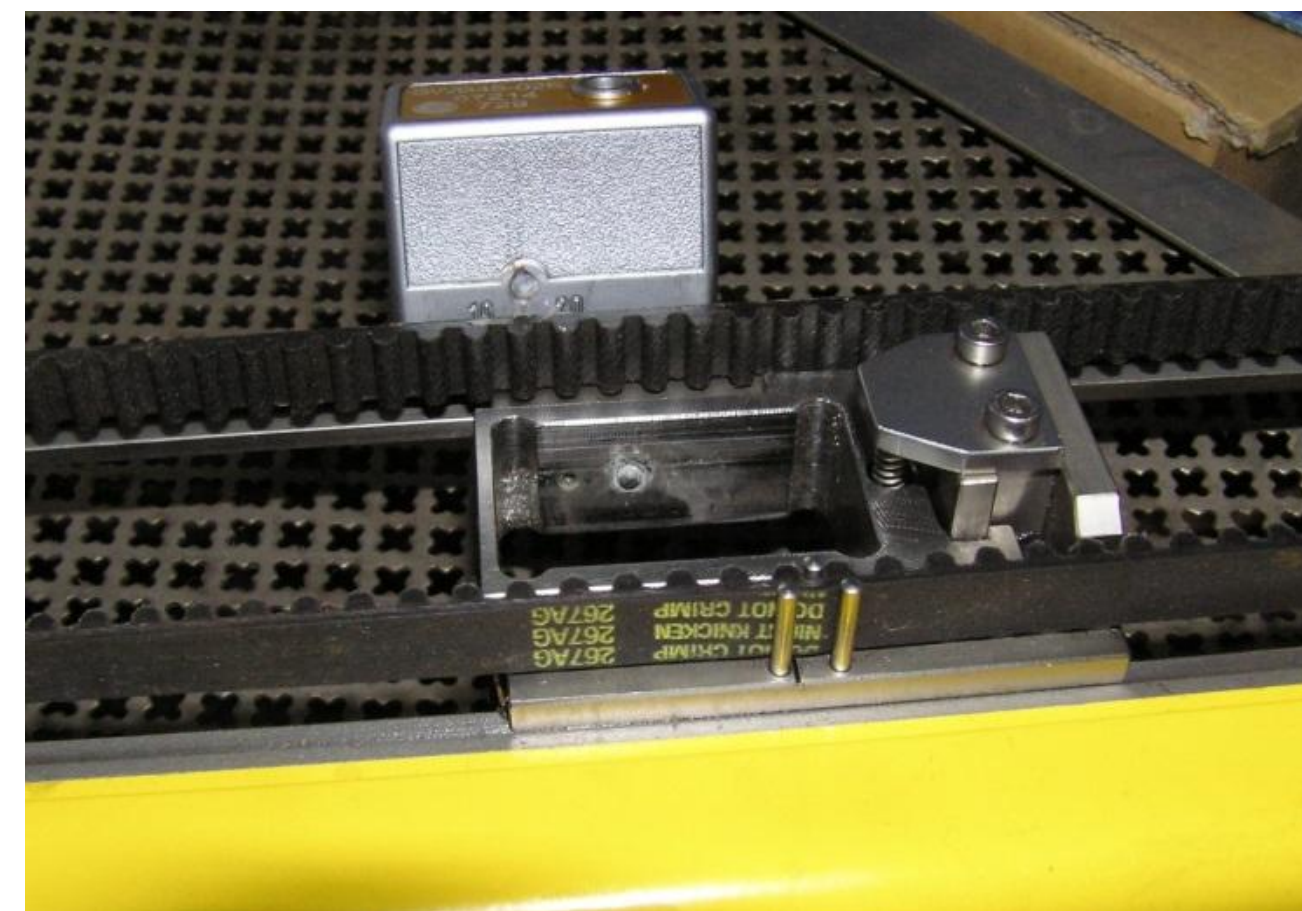
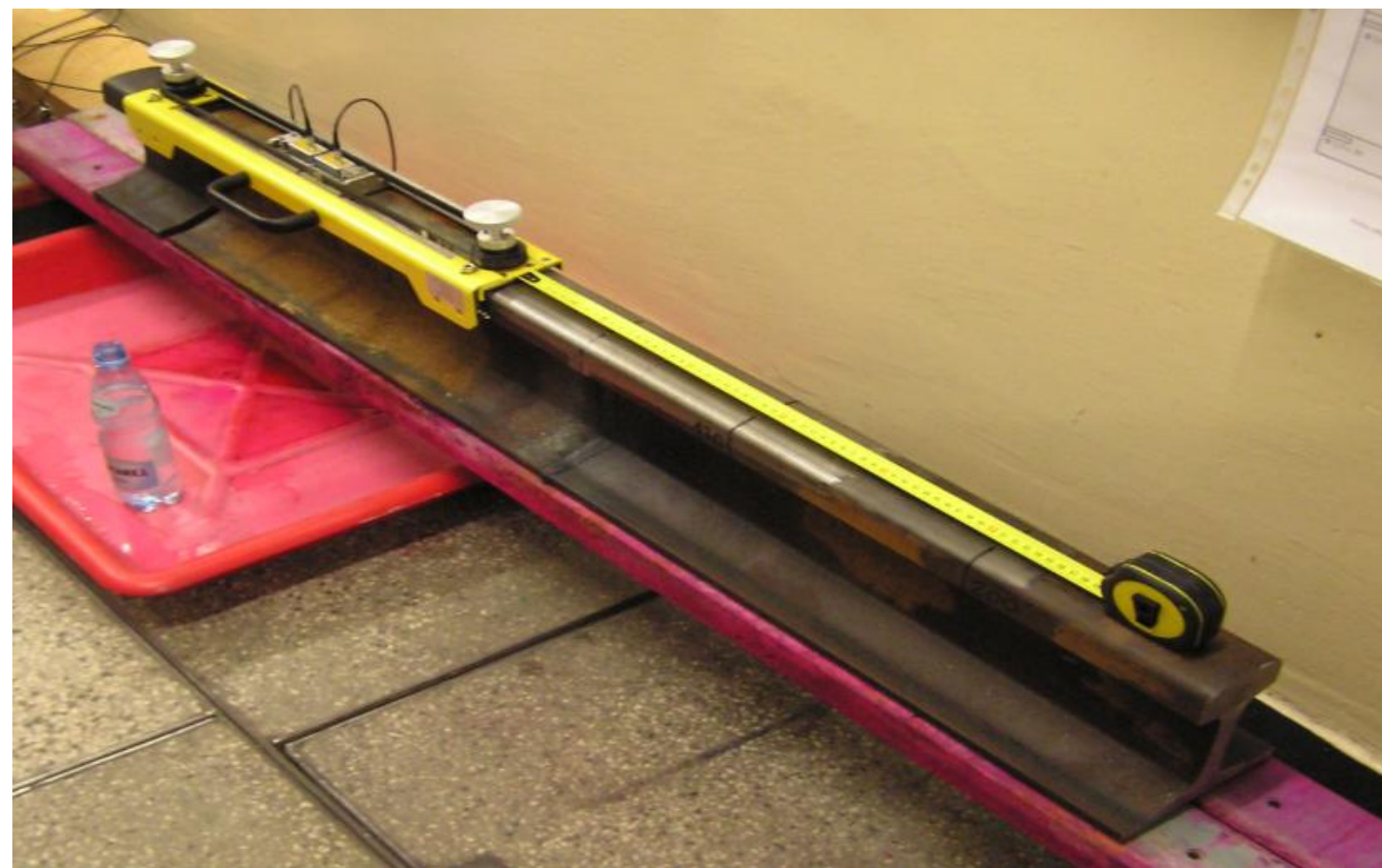


Rys.1. Próbką odniesienia zgrzeiny
UIC 60 - 4 x (DSR Φ 2,0 x 30)
- wymiary nominalne



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

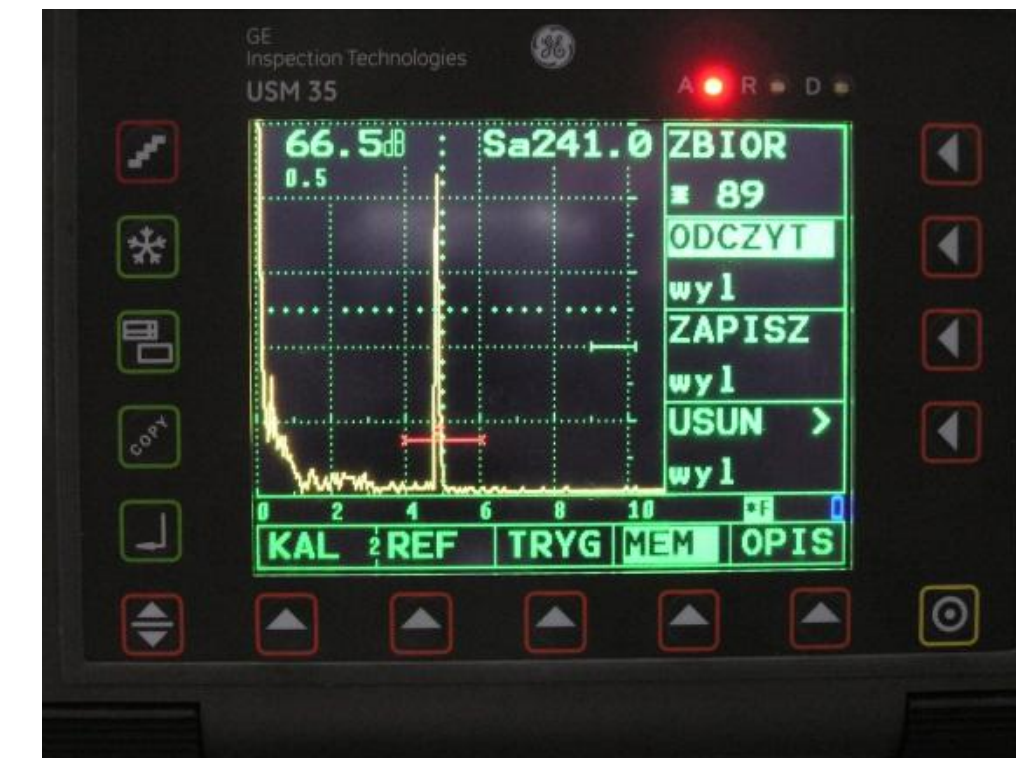
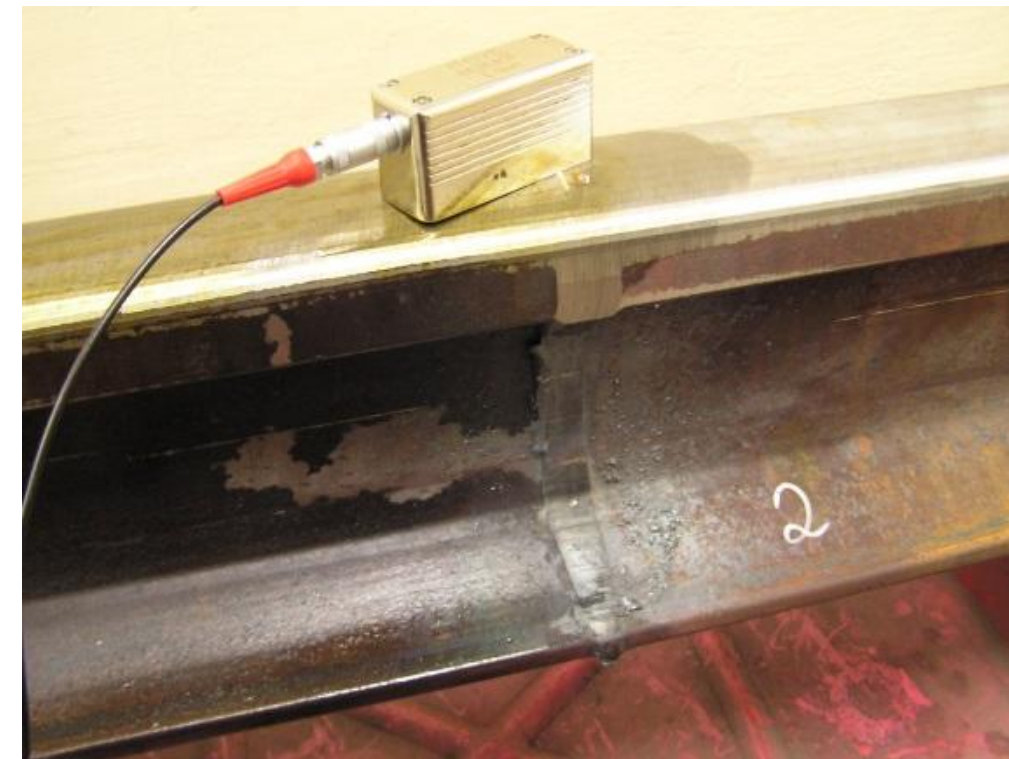
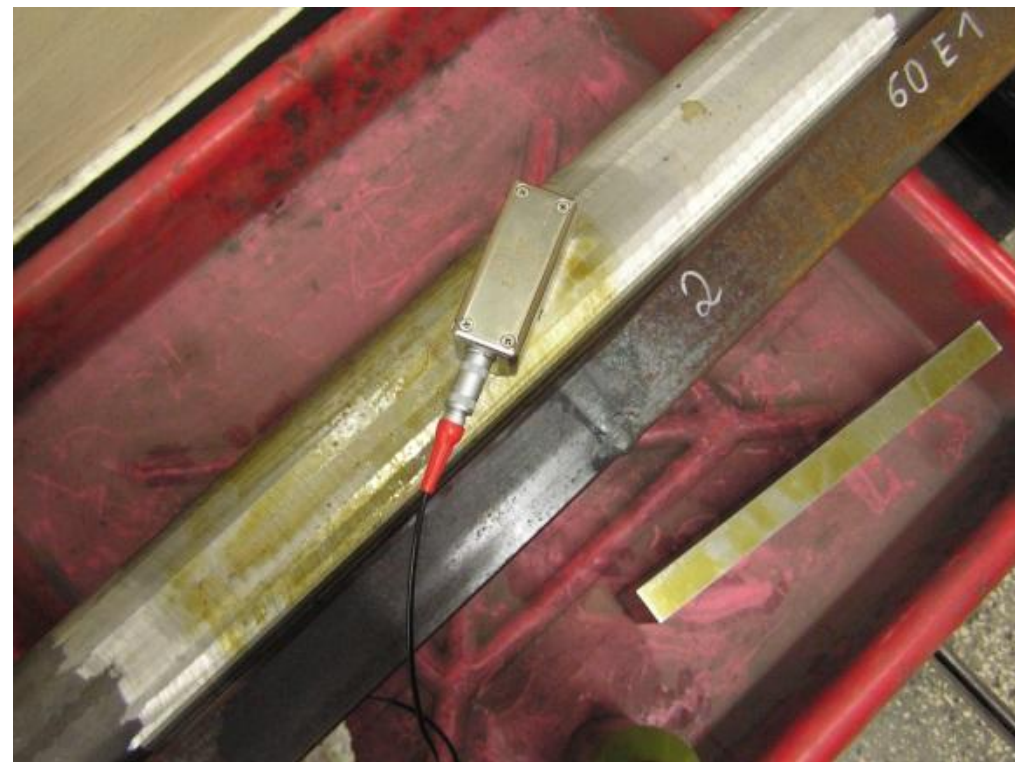
Badania defektoskopowe w sektorze kolejowym



Badania defektoskopowe w sektorze kolejowym



Łukasiewicz
Górnośląski
Instytut
Technologiczny

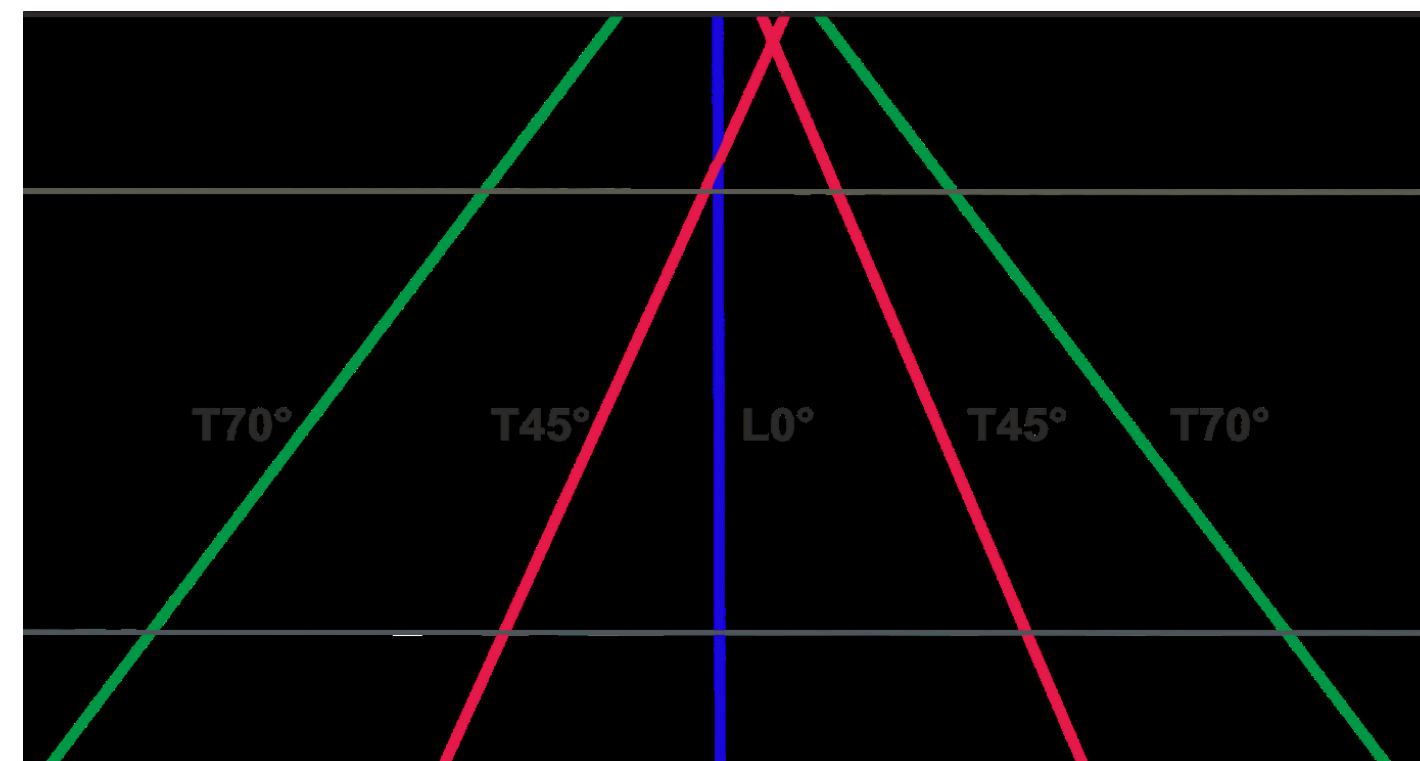
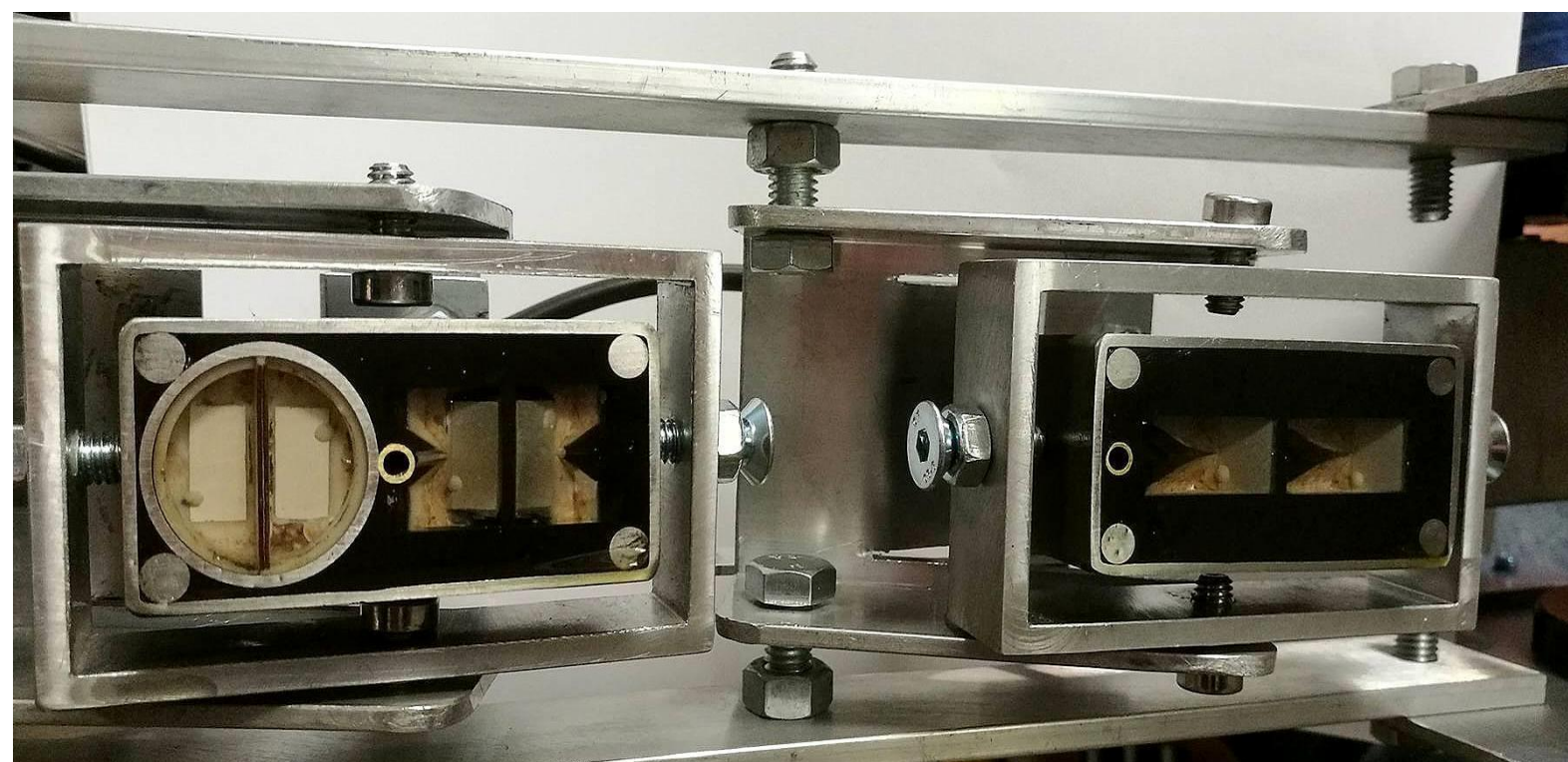


Widok badania w ultradźwiękowej
technice echa i zobrazowaniu typu A

Badania defektoskopowe w sektorze kolejowym

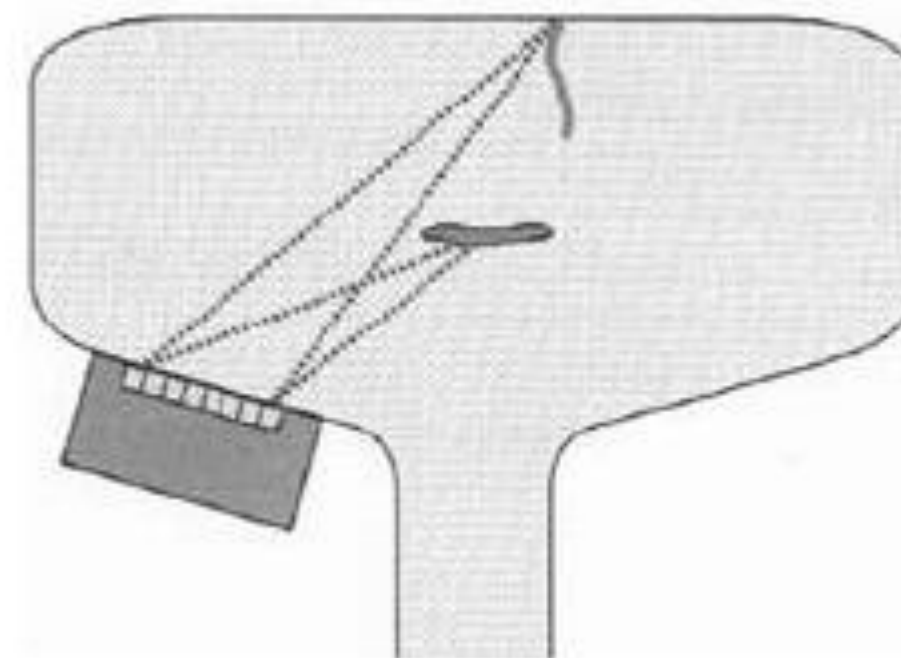


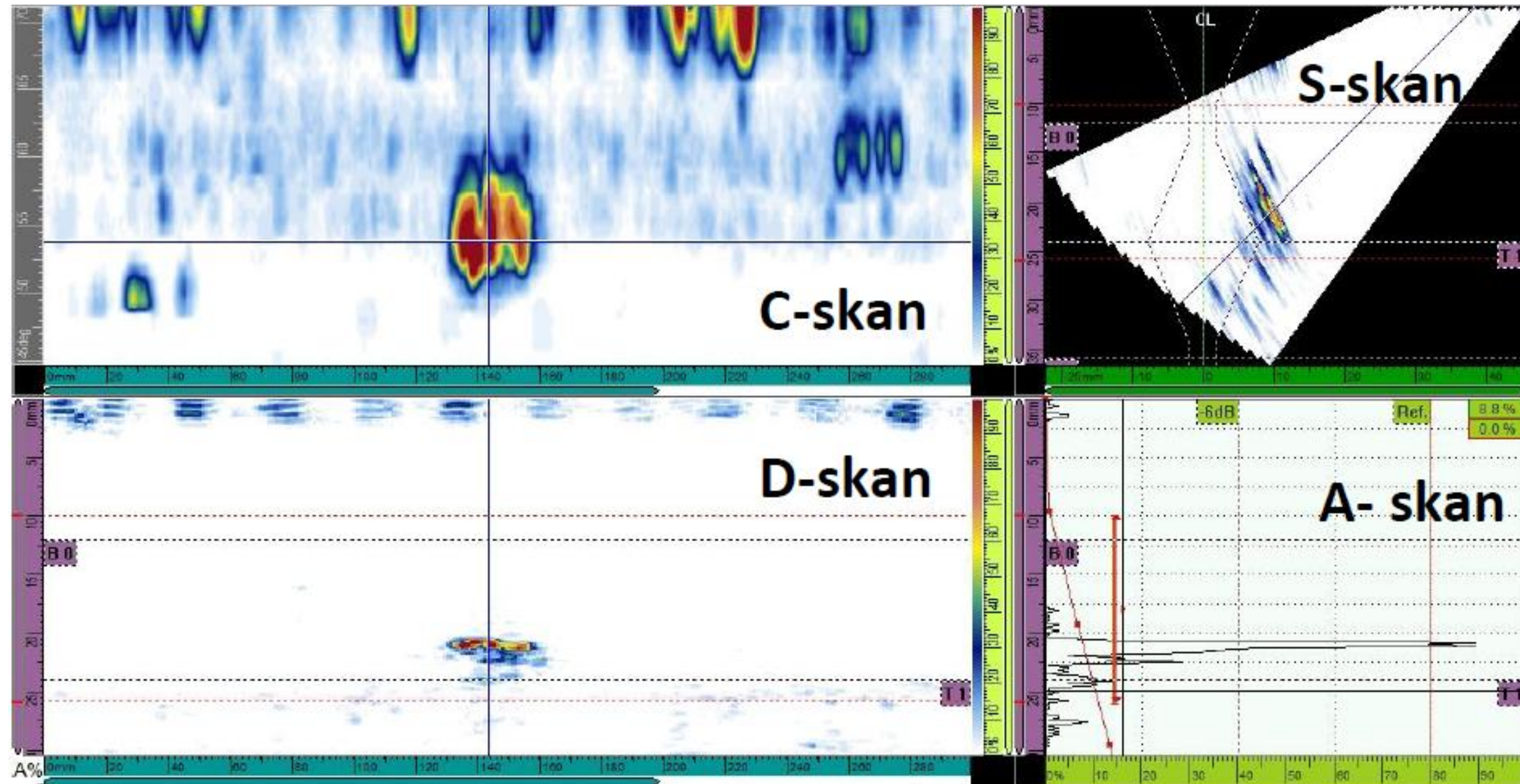
Łukasiewicz
Górnośląski
Instytut
Technologiczny



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)





Przykłady zobrażeń uzyskiwanych w badaniach półautomatycznych

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ
DR INŻ. ŁUKASZ RAWICKI
e-mail: lukasz.rawicki@git.lukasiewicz.gov.pl
tel. 32 33 58 380