



**Łukasiewicz**  
Warszawski  
Instytut  
Technologiczny

## **Badania nieniszczące w obróbce cieplnej i ciepłno-chemicznej**

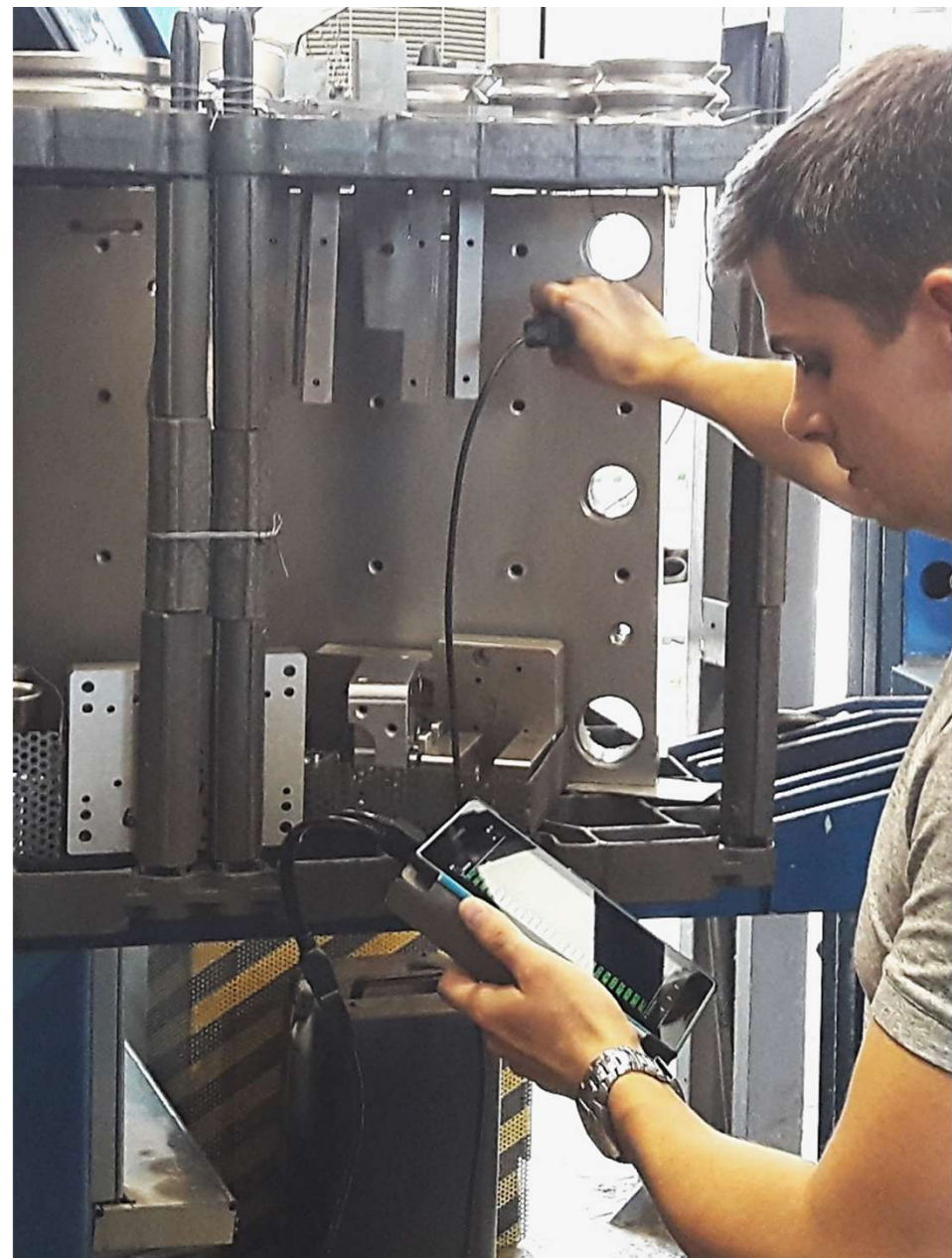
**Adam Kondej**, Dominik Kukła, Sylwester Jończyk, Jerzy Szawłowski

XXIV Seminarium Szkoleniowe SECO/WARWICK  
Zielona Góra, 25-26 września 2024

## Badania nieniszczące

Badania nieniszczące (z j. ang. **NDT – Non Destructive Testing**) służą do wykrywania wad materiałowych, oceny właściwości materiałów oraz określania wymiarów.

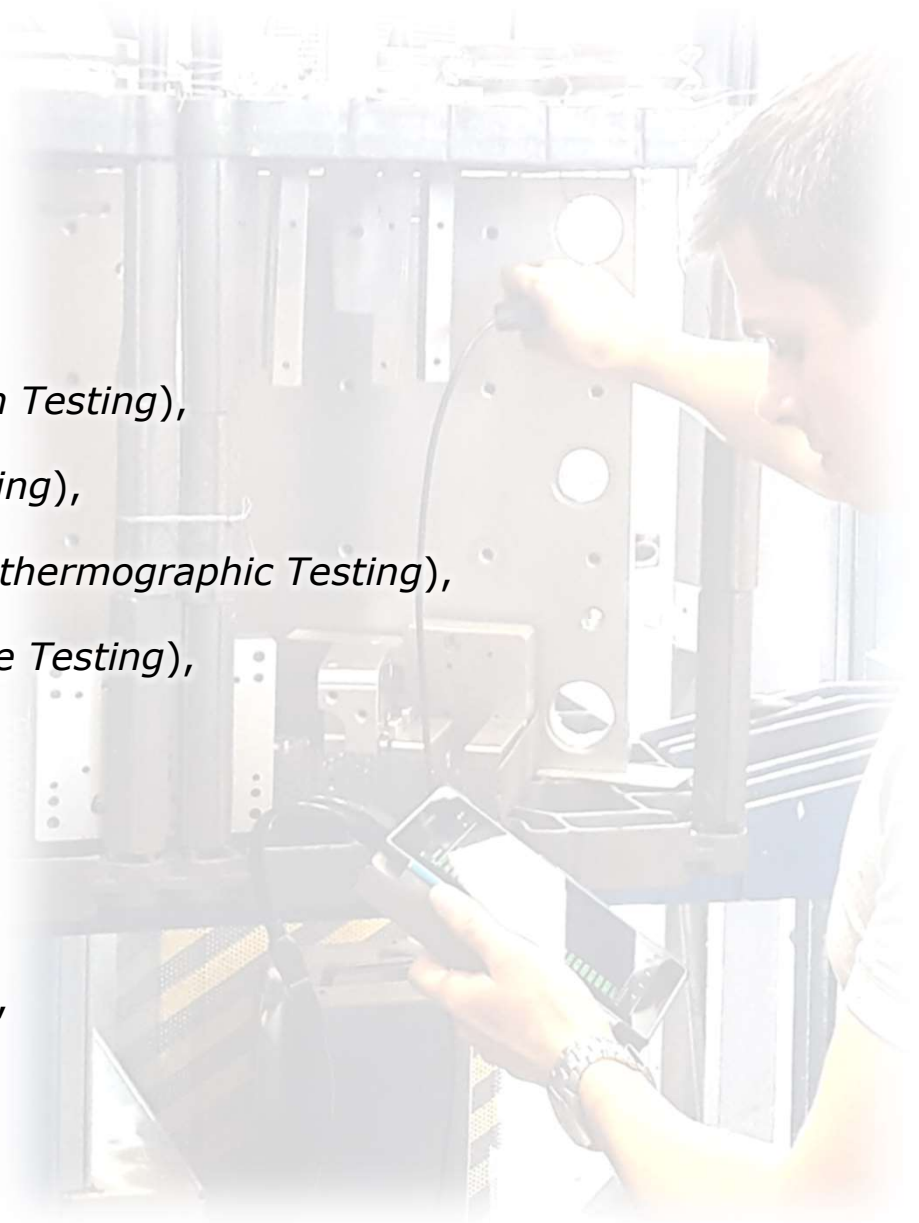
Badania te nie naruszają ciągłości struktury materiału oraz nie zmieniają jego właściwości użytkowych.



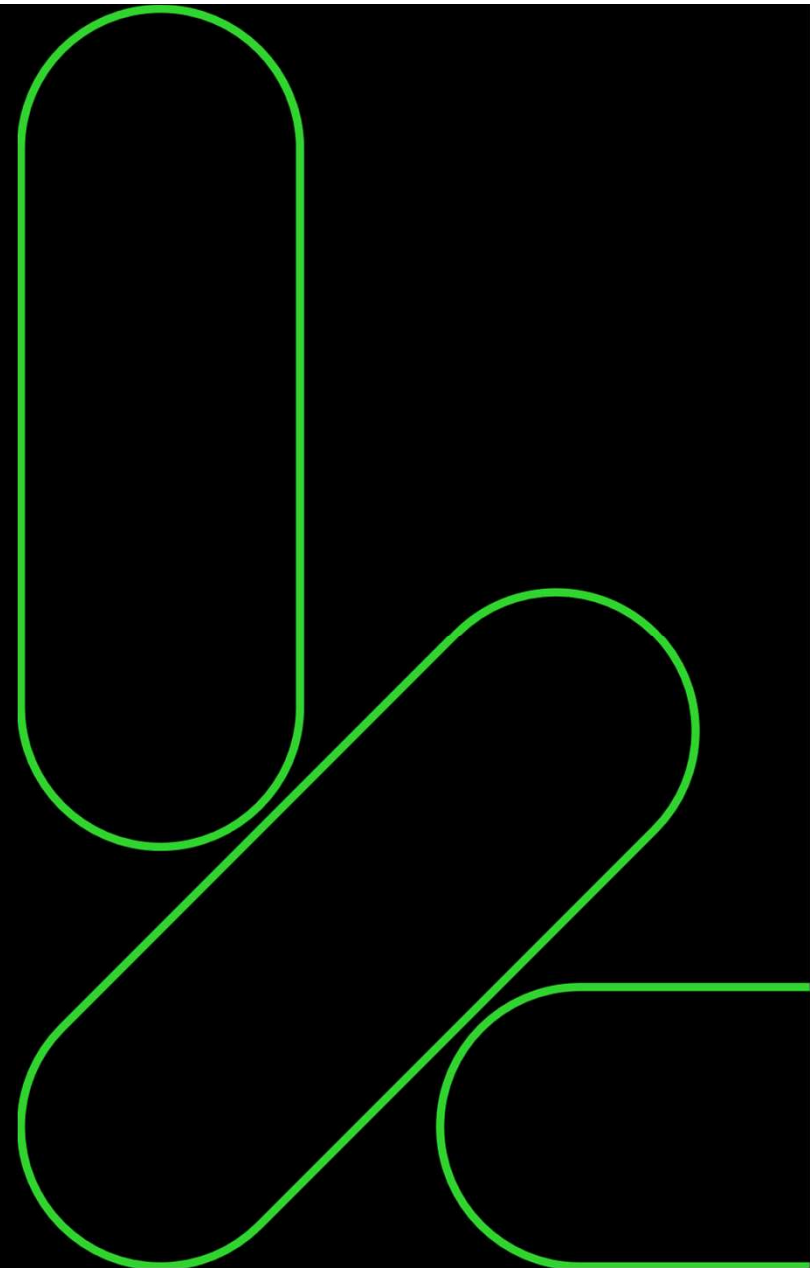
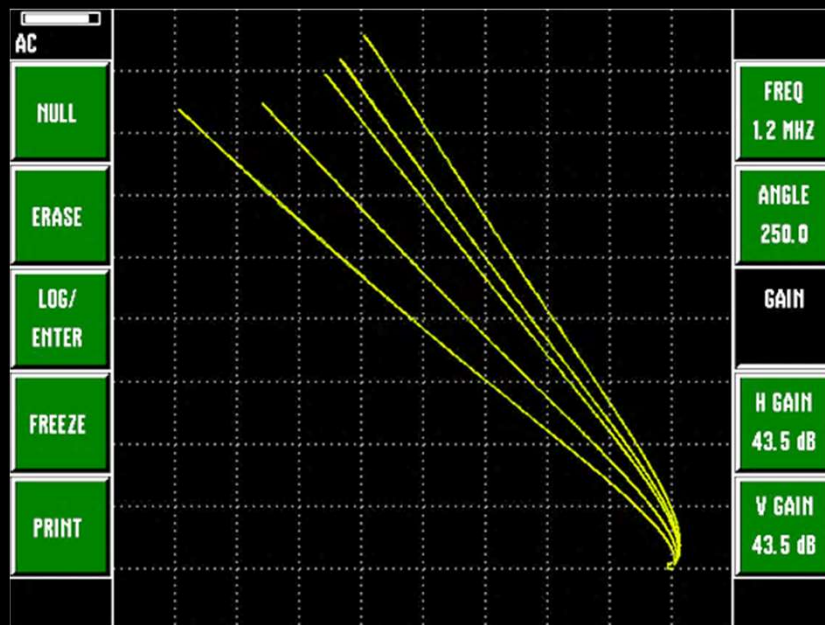
## Badania nieniszczące

Metody NDT wg PN-EN ISO 9712:

1. Metoda emisji akustycznej (AT – *Acoustic Emission Testing*),
2. Metoda prądów wirowych (ET – *Eddy Current Testing*),
3. Metoda termografii w podczerwieni (TT – *Infrared thermographic Testing*),
4. Badanie wskaźnikami naprężeń (ST – *Strain Gauge Testing*),
5. Badania szczelności (LT – *Leak Testing*),
6. Metoda magnetyczna (MT – *Magnetic Testing*),
7. Metoda penetracyjna (PT – *Penetrant Testing*),
8. Metoda radiograficzna (RT – *Radiographic Testing*),
9. Metoda ultradźwiękowa (UT – *Ultrasonic Testing*),
10. Metoda wizualna (VT – *Visual Testing*).



# Metoda prądów wirowych



## Prądy wirowe

Prądy wirowe są efektem **zjawiska indukcji elektromagnetycznej** i powstają w obiektach metalowych, przewodzących prąd elektryczny.

Zjawisko polega na indukowaniu prądu w obiekcie w wyniku działania na niego zmiennego strumienia magnetycznego.

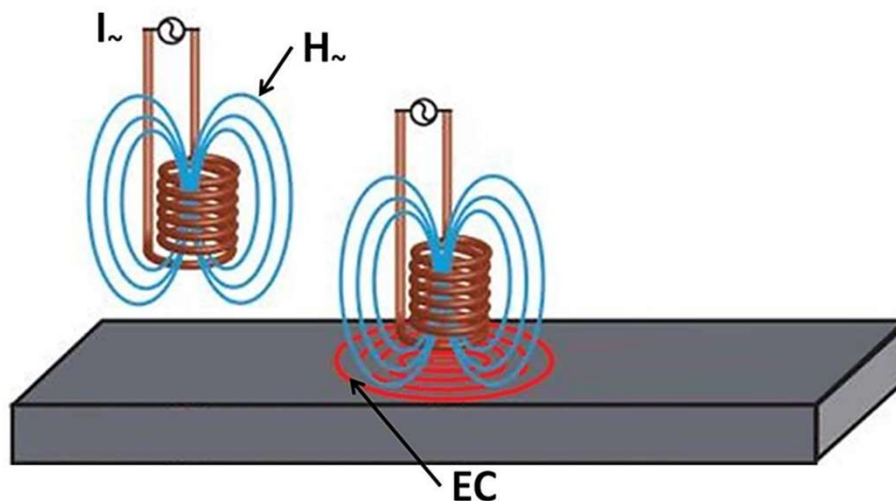




## Prądy wirowe w badaniach nieniszczących

Podstawy metody prądów wirowych:

1. Przez cewkę przepływa prąd zmienny  $I_{\sim}$ .
2. W cewce, jak i wokół niej, indukowane jest pole zmienne magnetyczne  $H_{\sim}$ .
3. Zmienne pole magnetyczne  $H_{\sim}$  wnika w badany materiał indukując w nim prądy wirowe EC.

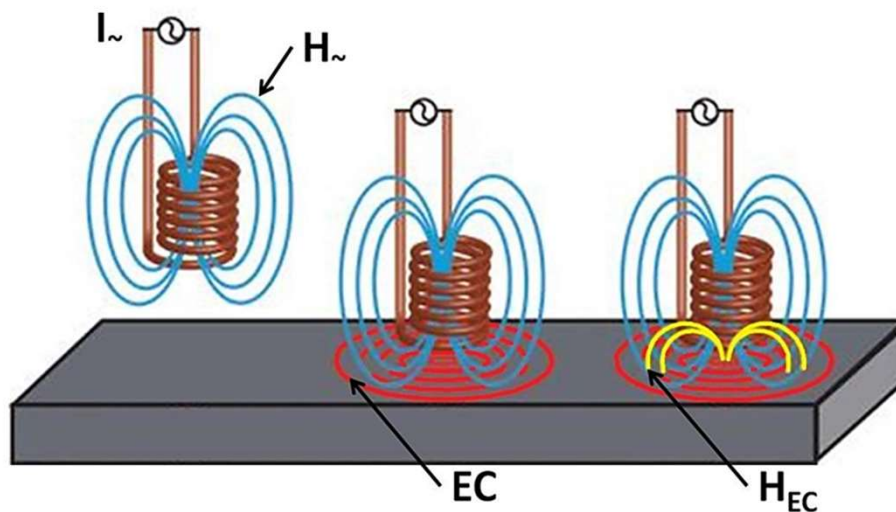


## Prądy wirowe w badaniach nieniszczących

4. Prądy wirowe EC indukują swoje własne pole magnetyczne  $H_{EC}$ .
5. Pole magnetyczne  $H_{EC}$  oddziałuje (osłabia) pole  $H_{\sim}$ :

*Materiał badany **jednorodny** → **stałe** osłabienie*

***Zmiany** w materiale badanym → **zmiana** osłabienia*



## Wzorce do badań metodą prądów wirowych

Podczas pomiarów metodą prądów wirowych określa się zmianę wskazań urządzenia pomiarowego w odniesieniu do poziomu przyjmowanego za prawidłowy. Poziom ten ustala się na powierzchni elementu bez wad i o takiej samej strukturze jak materiał badany.

Metoda ma **charakter porównawczy** i wymaga korzystania z **wzorców** bądź **próbek odniesienia**.







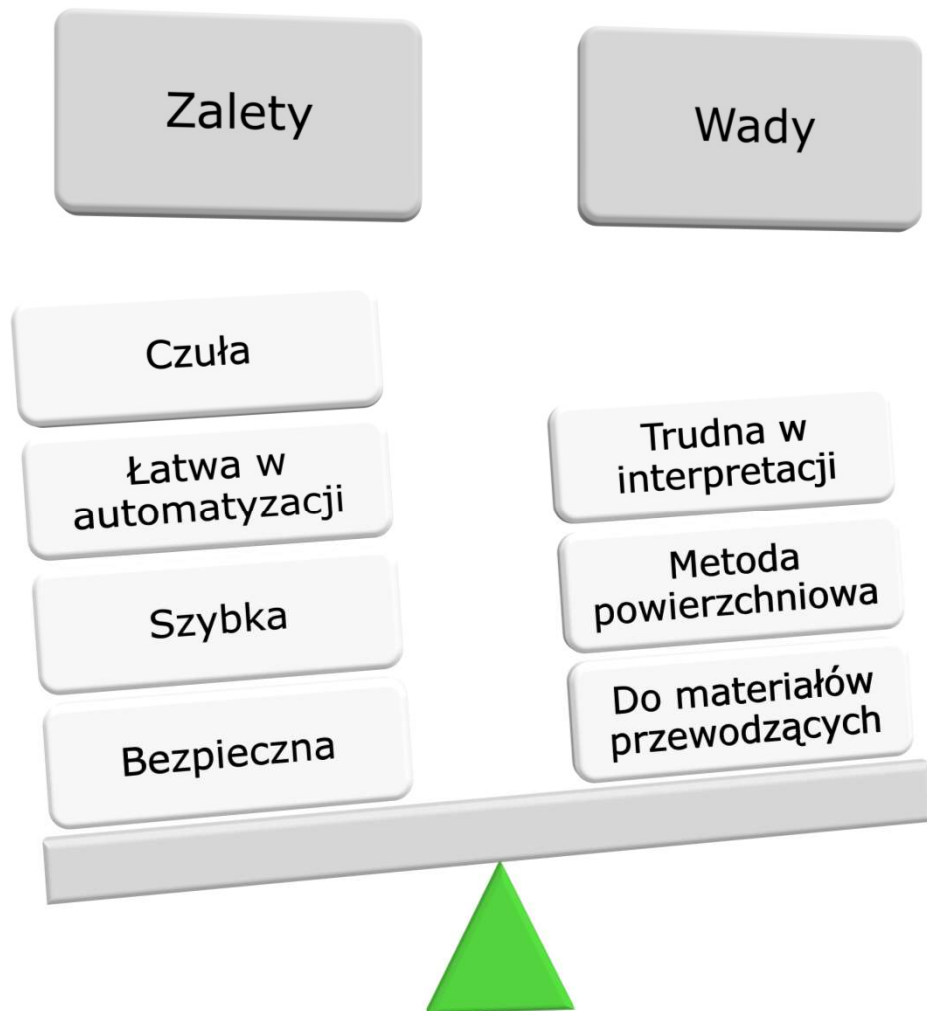
**Defektoskopia**  
Wykrywanie  
nieciągłości  
materiału

**Obszary  
zastosowań**

**Pomiary  
grubości**  
Powłoki  
Warstwy

**Ocena  
mikrostruktury**  
Twardość  
Austenit  
szczątkowy  
Wtrącenia

## Zalety i wady metody

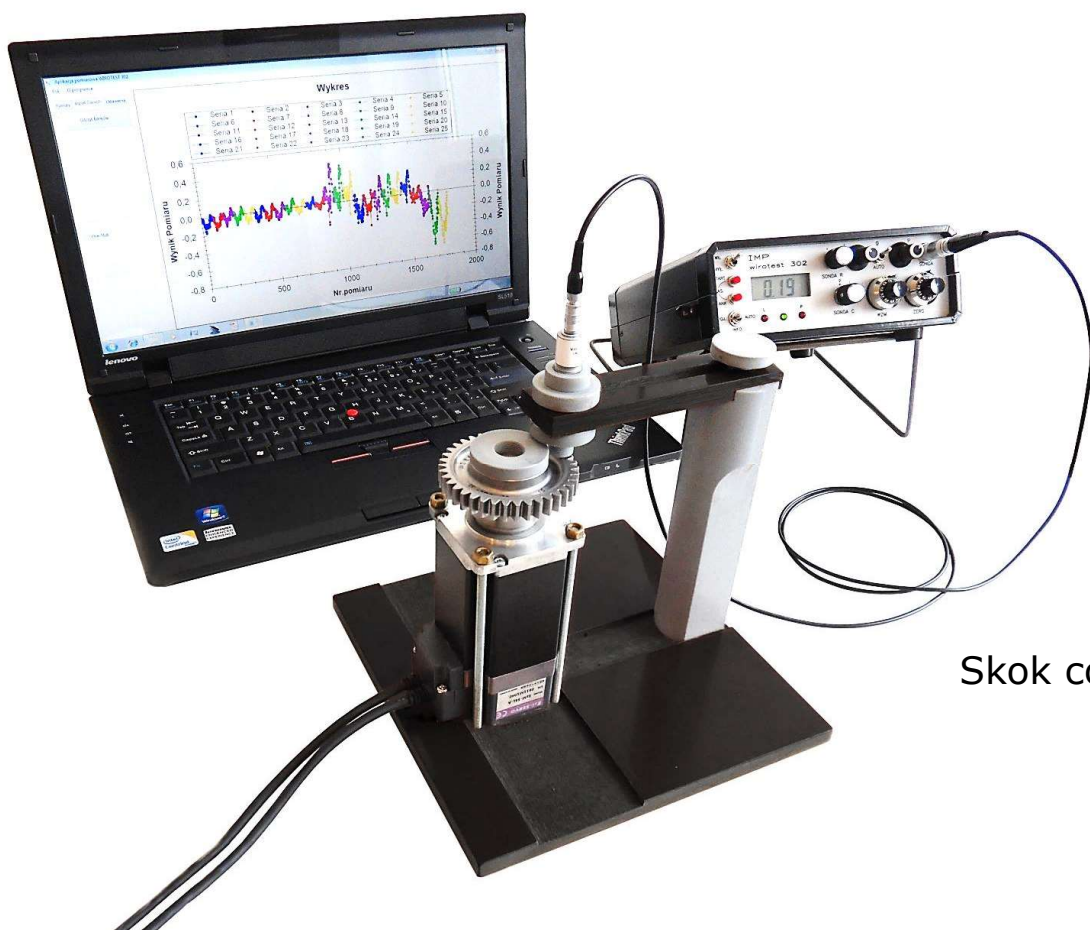




**Metoda prądów wirowych  
w obróbce cieplnej  
i ciepłno-chemicznej  
– przykłady zastosowania  
w Łukasiewicz - WIT**

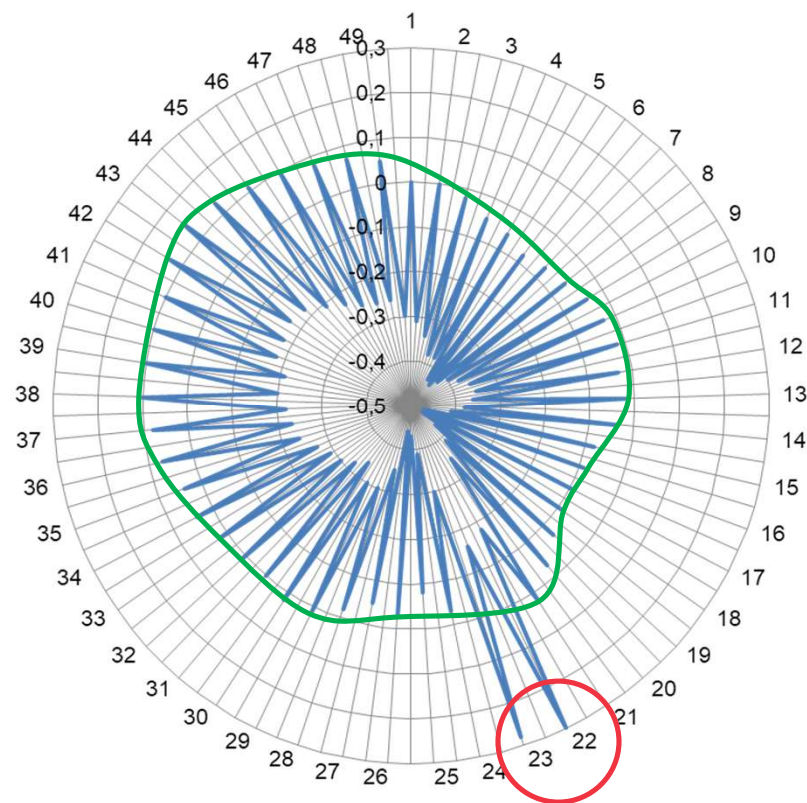


## Wirotest 302 - Wykrywanie pęknięć po hartowaniu indukcyjnym





## Wirotest 302 - Wykrywanie pęknięć po hartowaniu indukcyjnym



Wykryte pęknięcia: ząb nr 22, ząb nr 23



## Wirotest 302 - Ocena twardości powierzchniowej



## Wirotest 1000 - Ocena warstwy zahartowanej



## Wirotest M2

Zminiaturyzowane urządzenie kontrolno-pomiarowe do badań nieniszczących metodą prądów wirowych wykorzystujące pomiar **amplitudy napięcia** i **częstotliwości rezonansowej**.





Urządzenie może być wykorzystywane do **badania ręcznych** lub pracować w stanowiskach **automatycznych**.

Waga  
**16 g**

Wymiary  
**17 x 14 x 94**  
[mm]

Zasilanie  
**5V**  
(USB B)

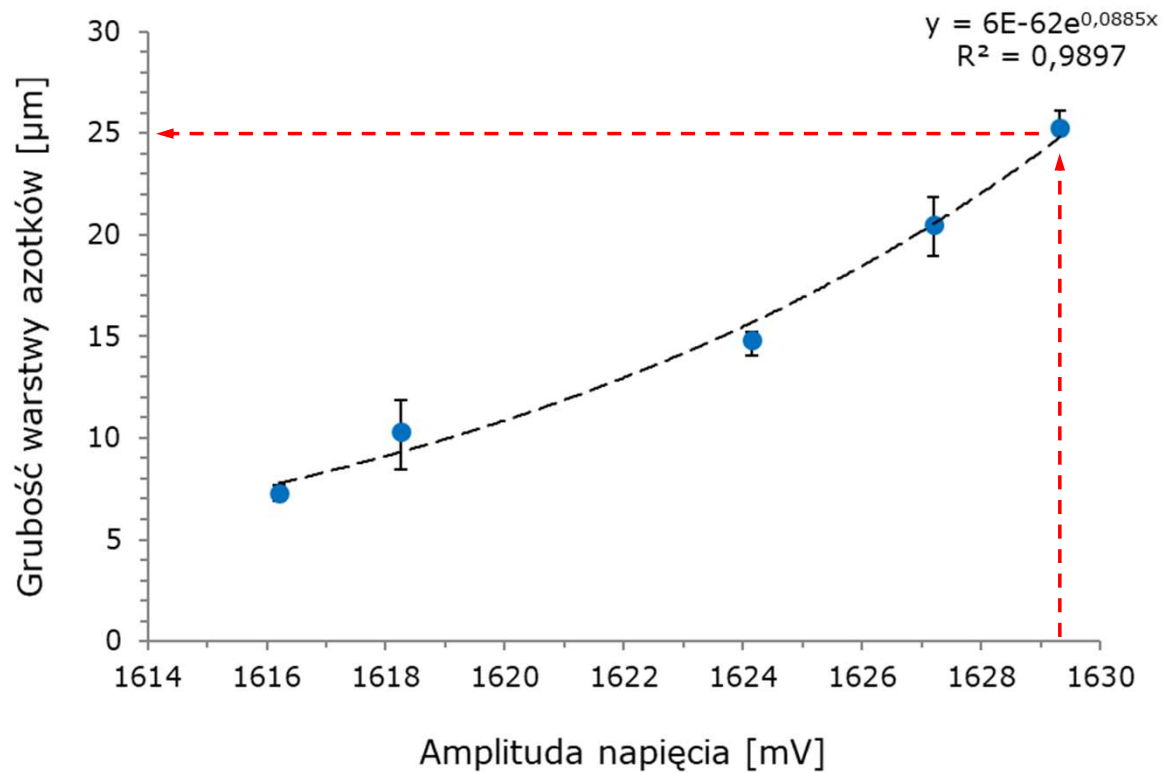


# Azotowanie gazowe





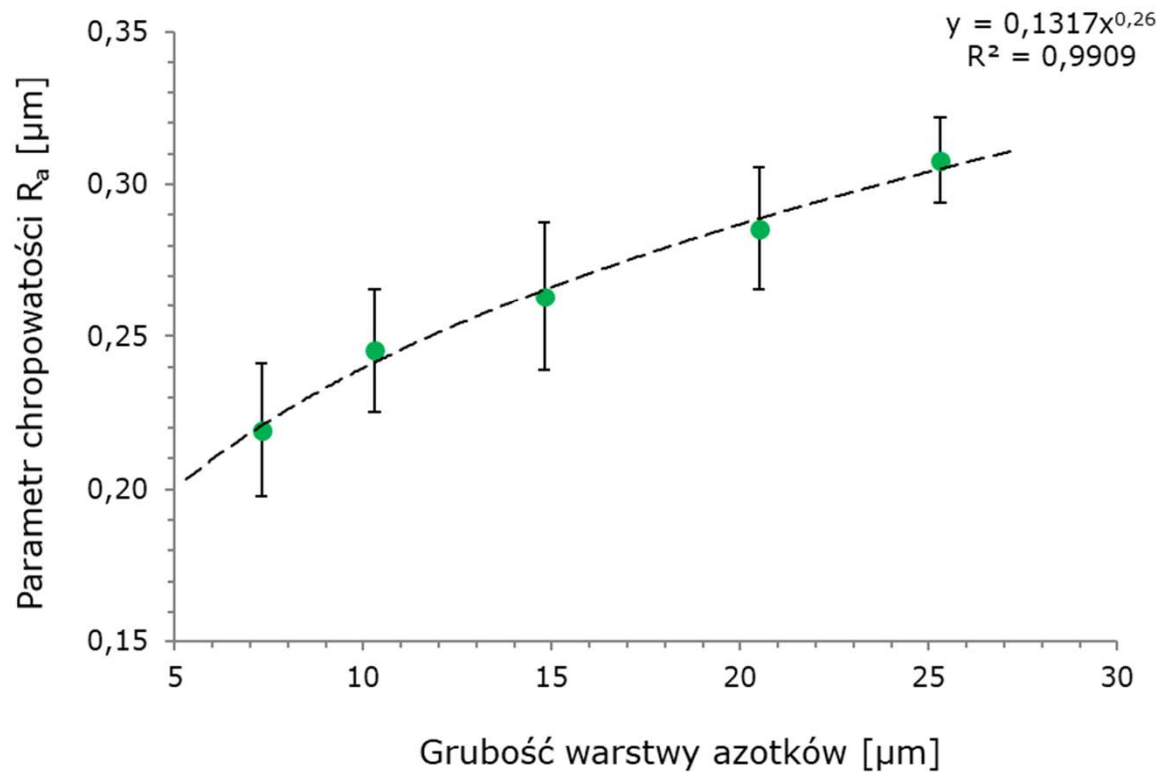
## Ocena warstwy azotków żelaza – pomiar grubości



# Ocena warstwy azotków żelaza – pomiar grubości

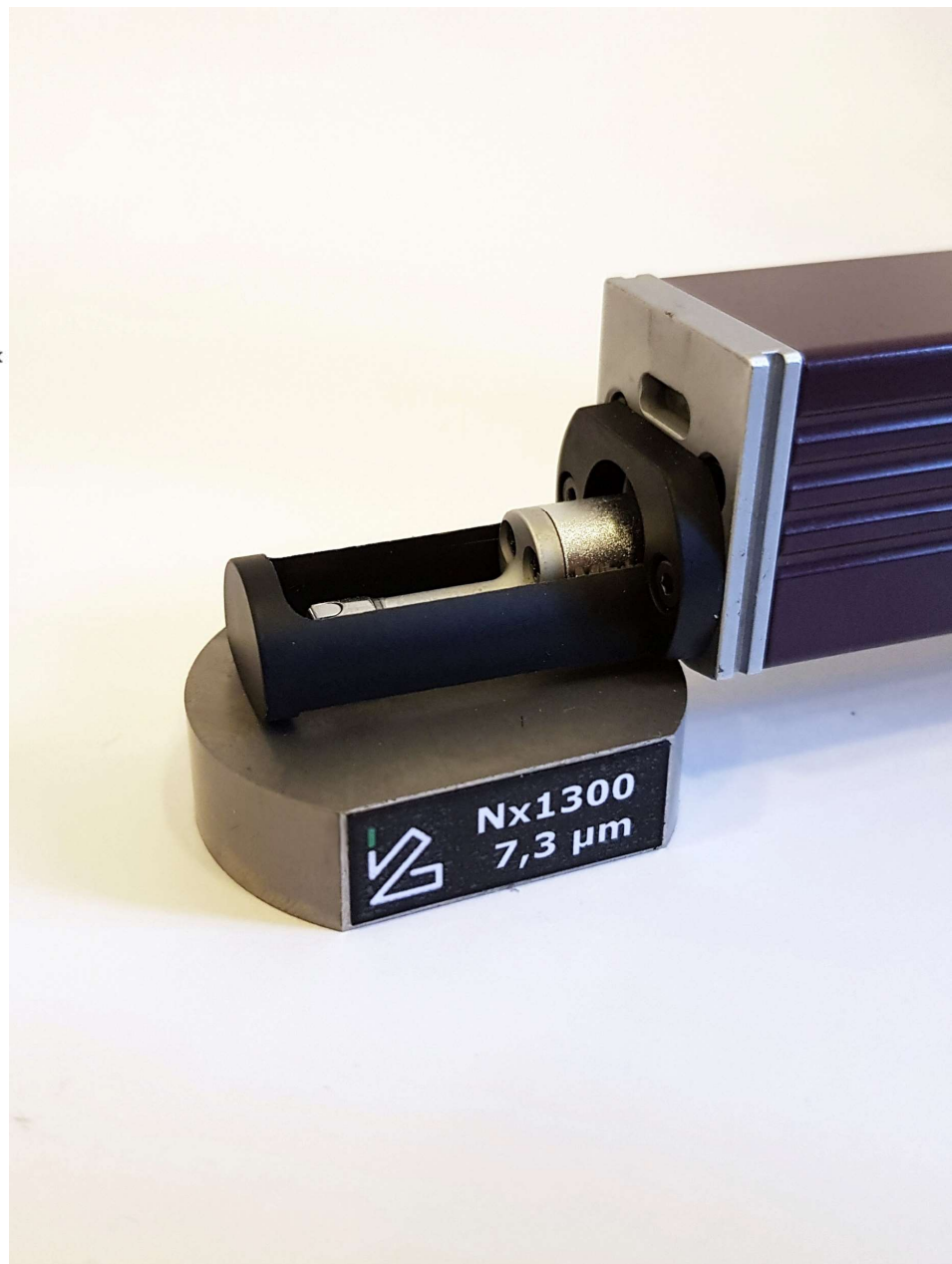
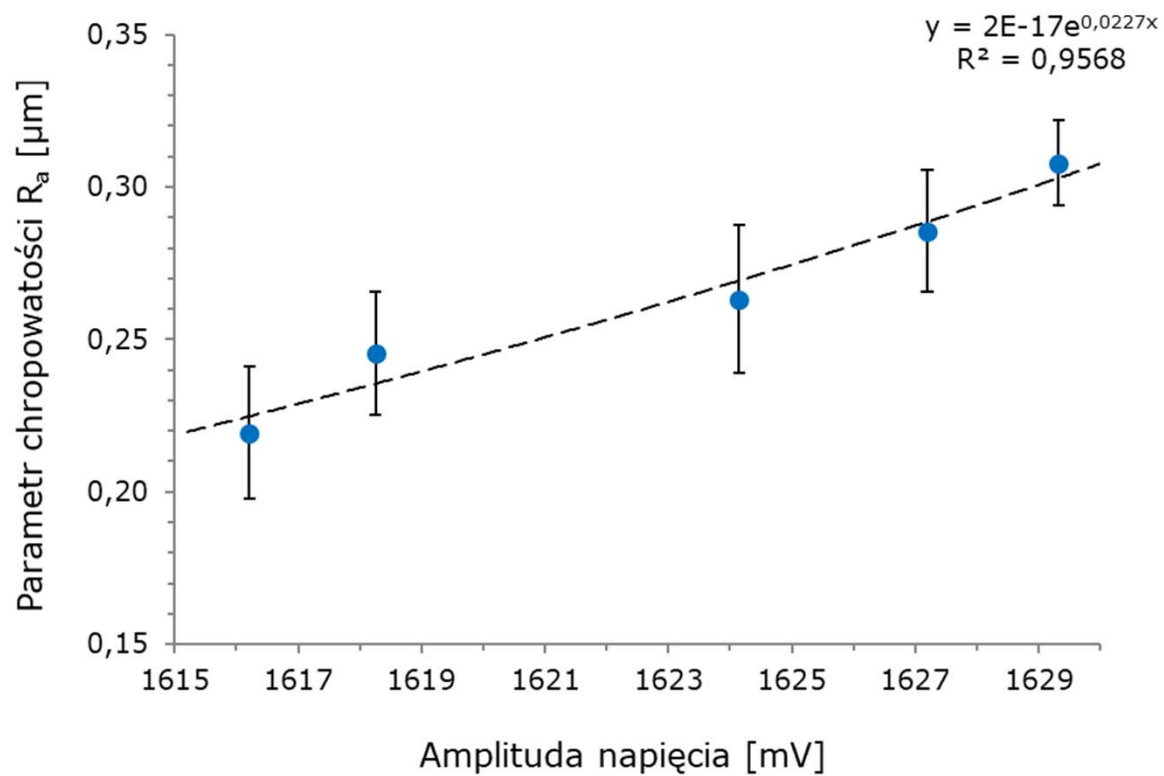


## Ocena warstwy azotków – pomiar parametru chropowatości





## Ocena warstwy azotków – pomiar parametru chropowatości

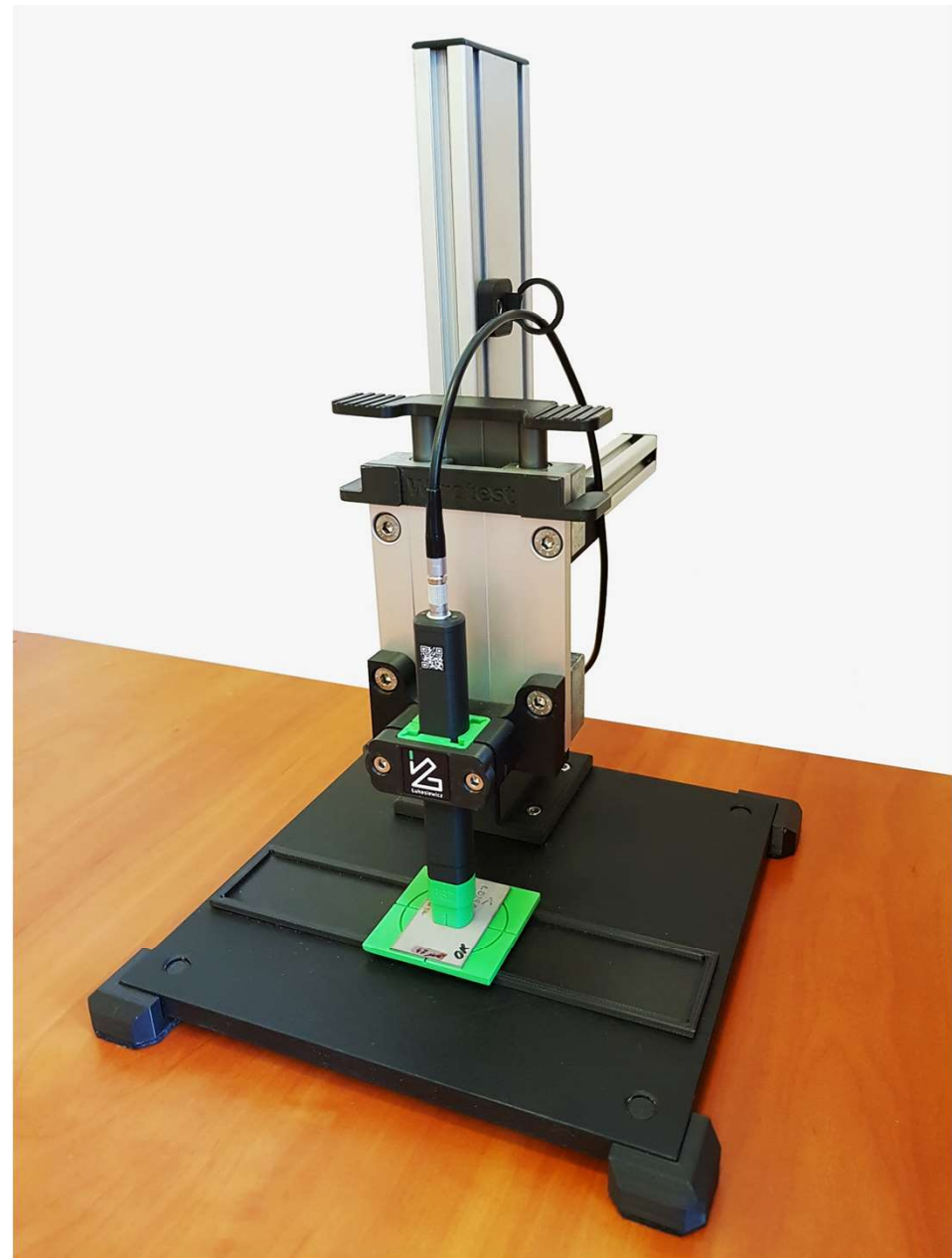
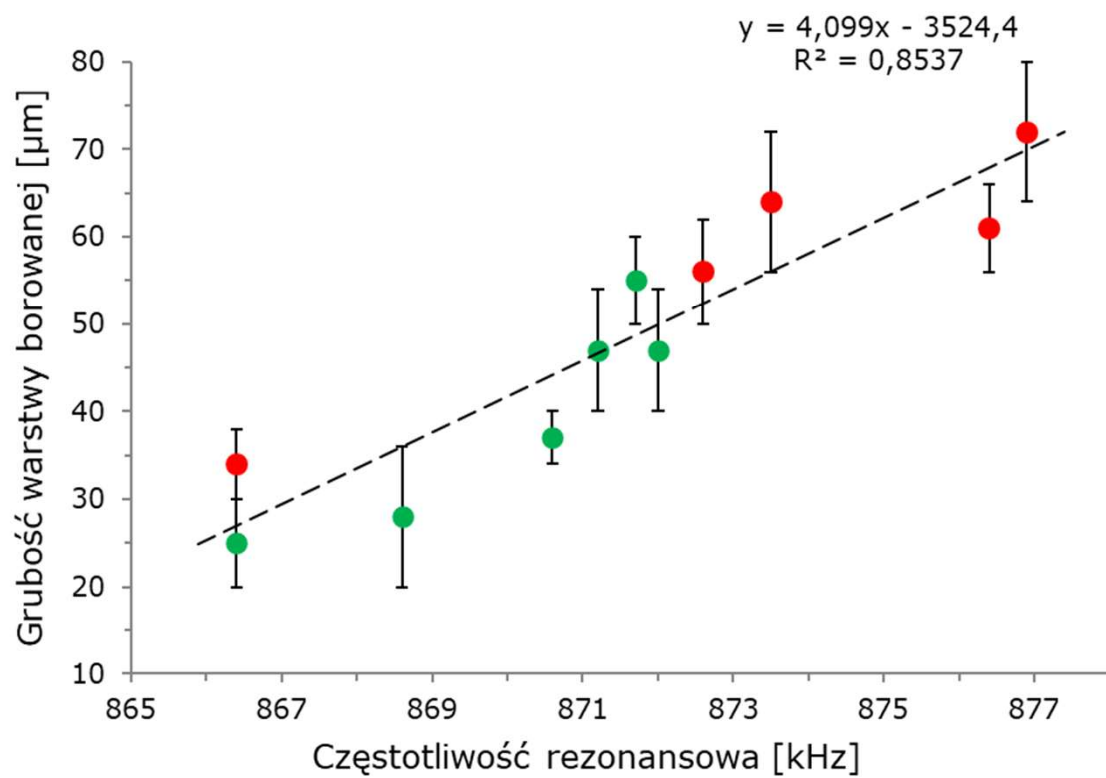


# Borowanie dyfuzyjne

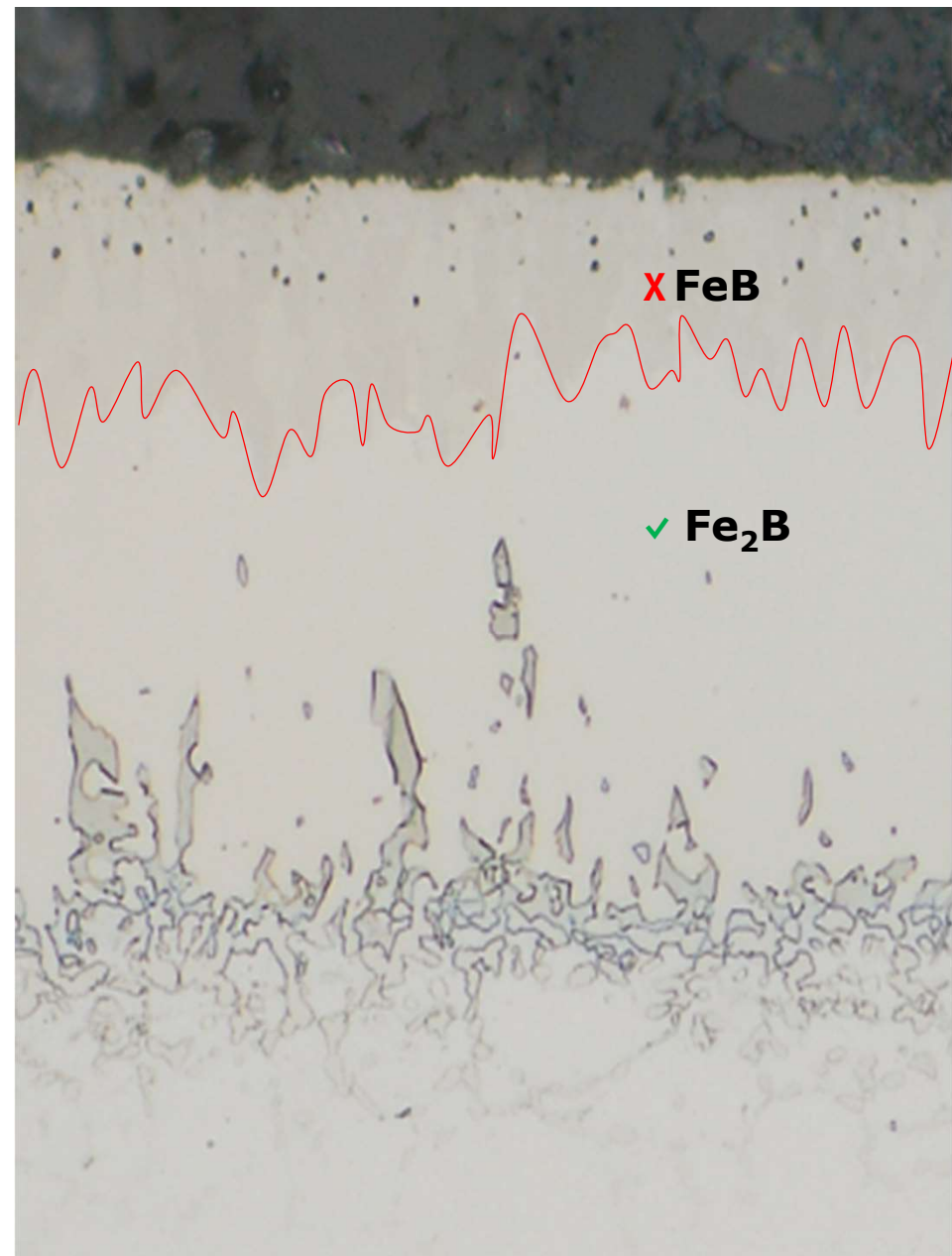
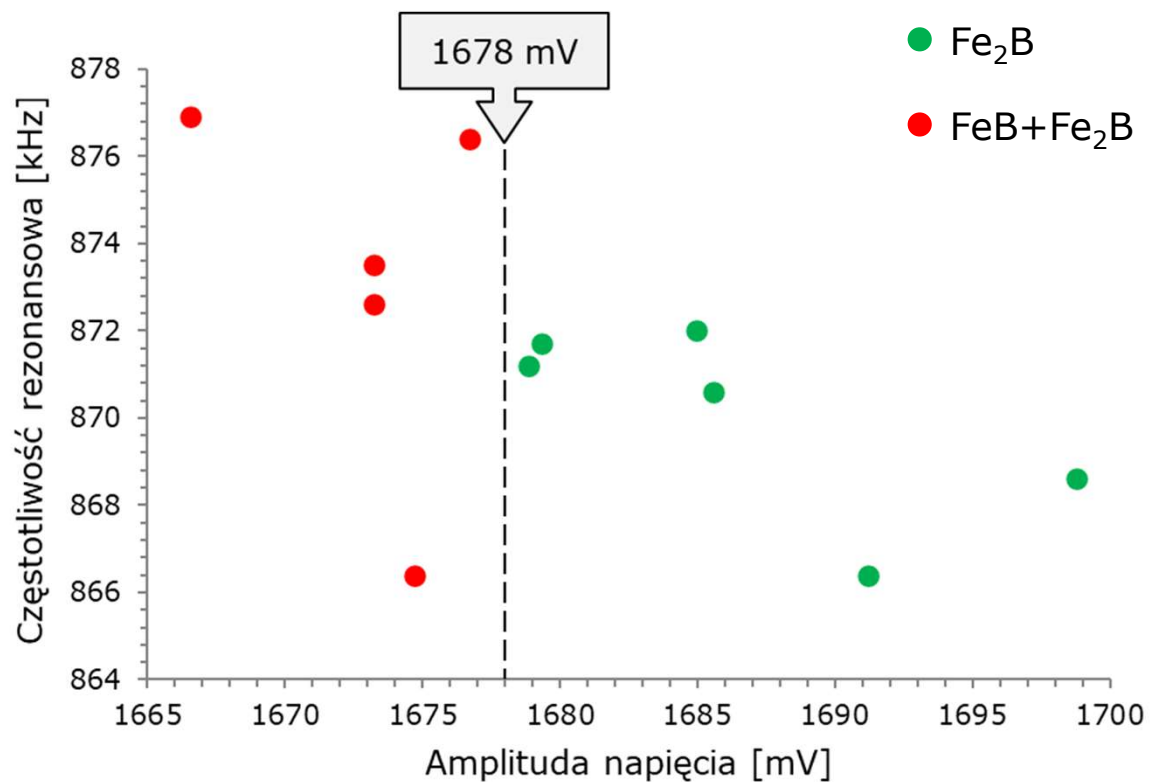




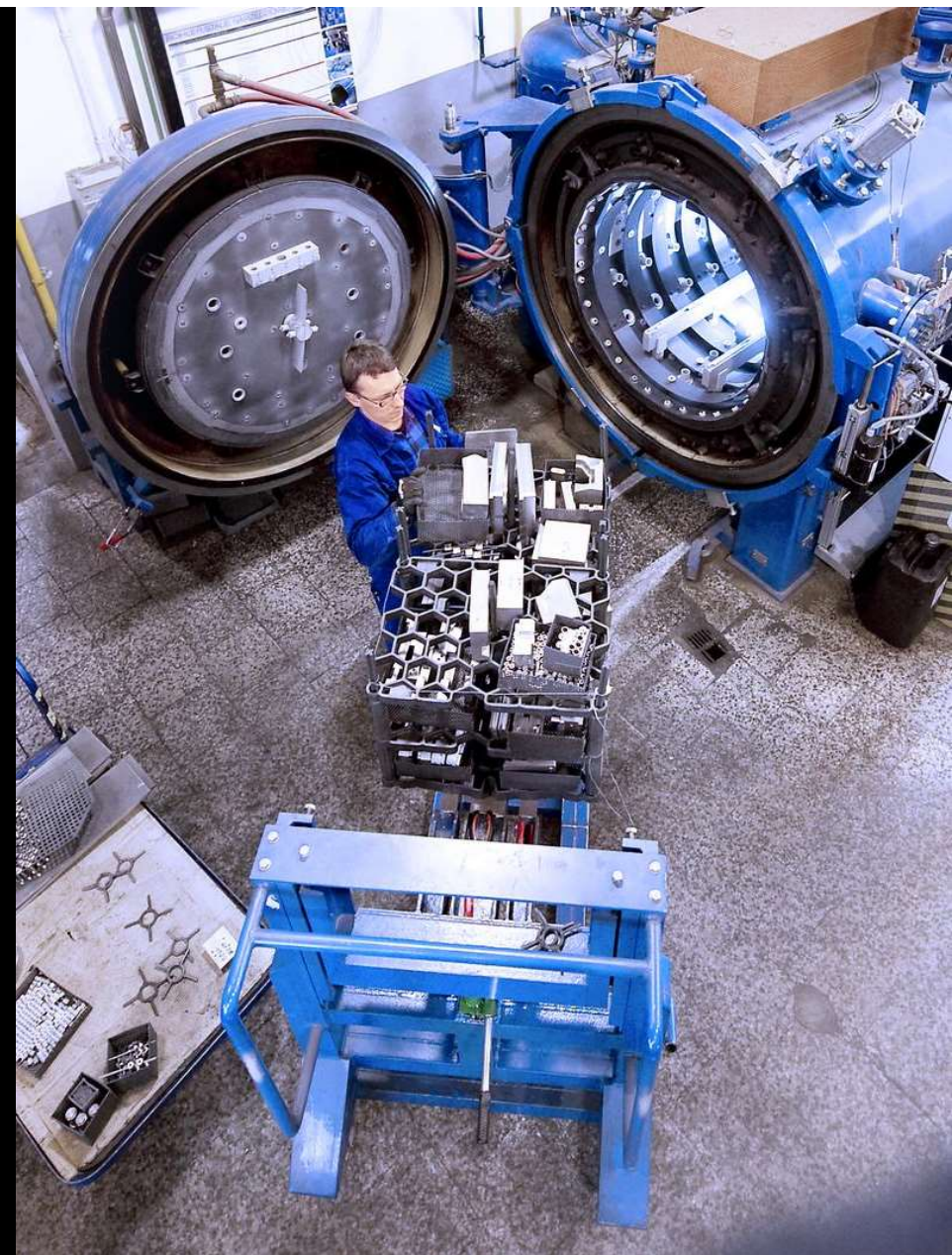
## Ocena warstwy borowanej – pomiar grubości



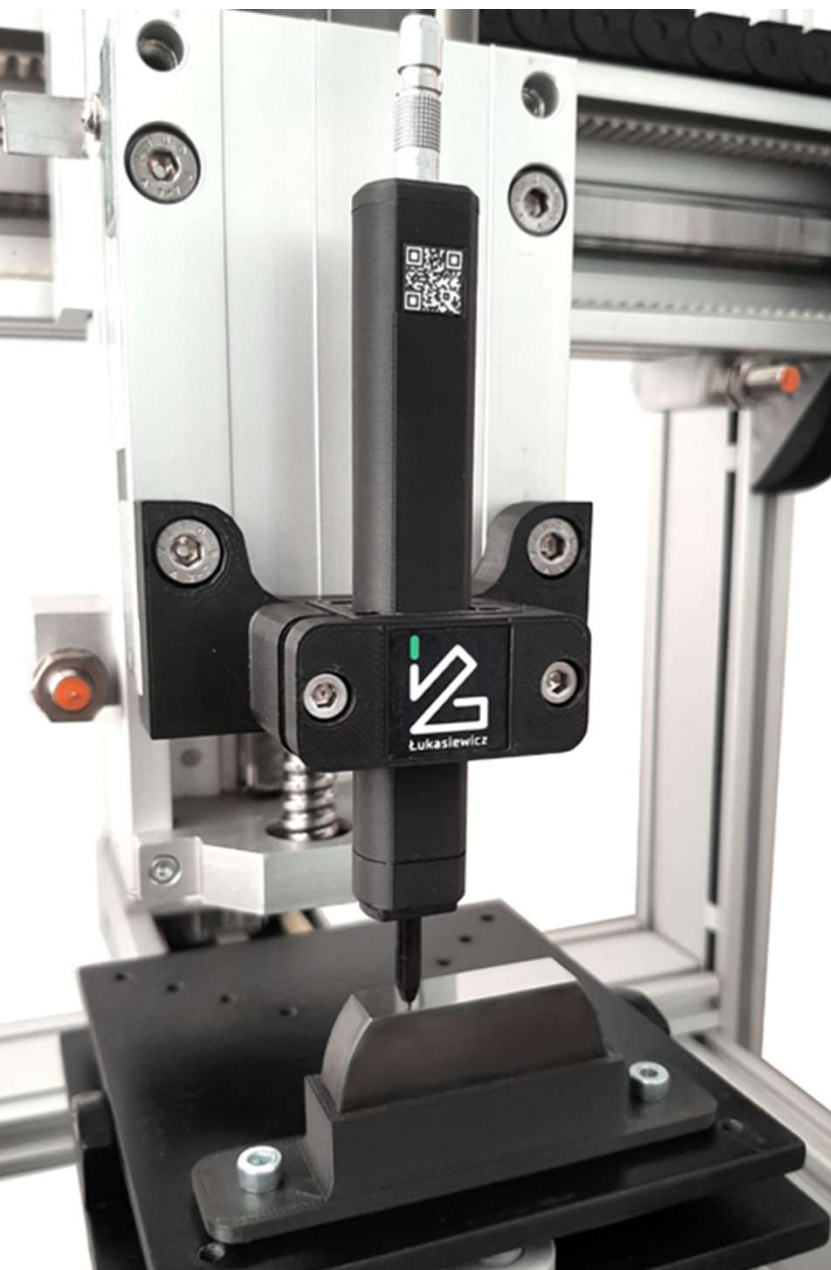
## Ocena warstwy borowanej – wykrywanie fazy niepożądanej



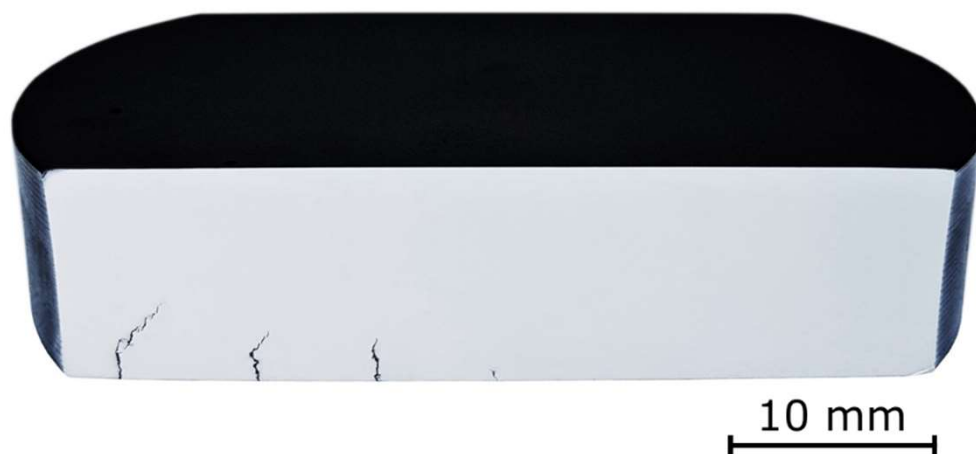
# Hartowanie objętościowe







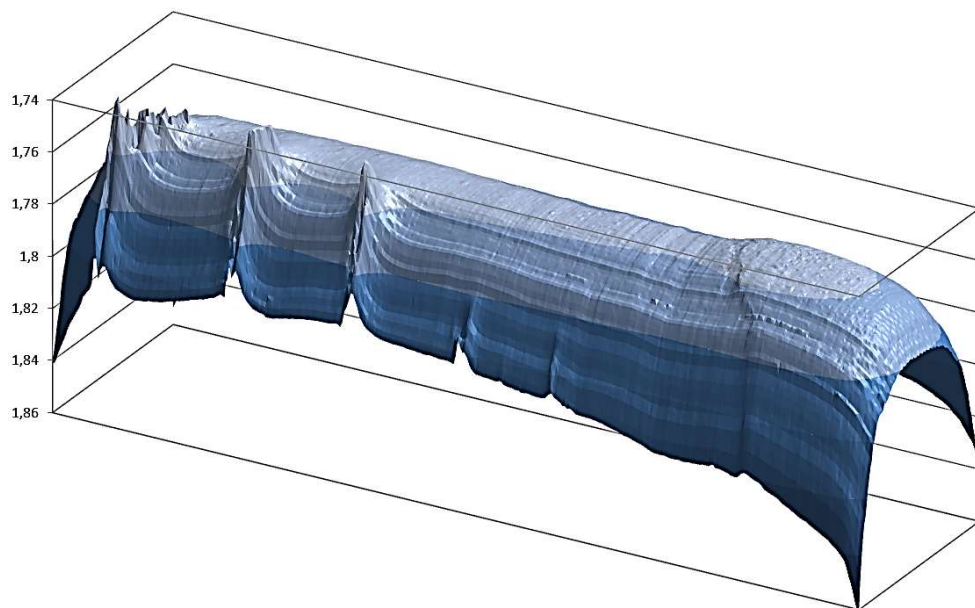
## Hartowanie objętościowe – wykrywanie pęknięć



# Hartowanie objętościowe – wykrywanie pęknięć

Wskazania Wirotestu M2 z głowicą 868 kHz - amplituda - próbka okrągła - zgląd A

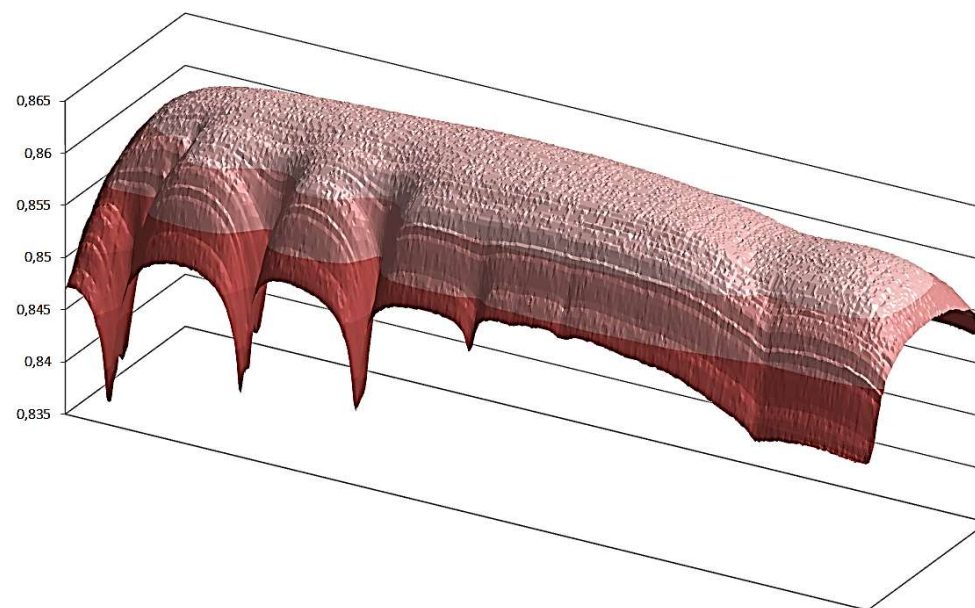
■ 1,84-1,86 ■ 1,82-1,84 ■ 1,8-1,82 ■ 1,78-1,8 ■ 1,76-1,78 ■ 1,74-1,76



Amplituda napięcia sygnału prądowego

Wskazania Wirotestu M2 z głowicą 868 kHz - częstotliwość - próbka okrągła - zgląd A

■ 0,835-0,84 ■ 0,84-0,845 ■ 0,845-0,85 ■ 0,85-0,855 ■ 0,855-0,86 ■ 0,86-0,865



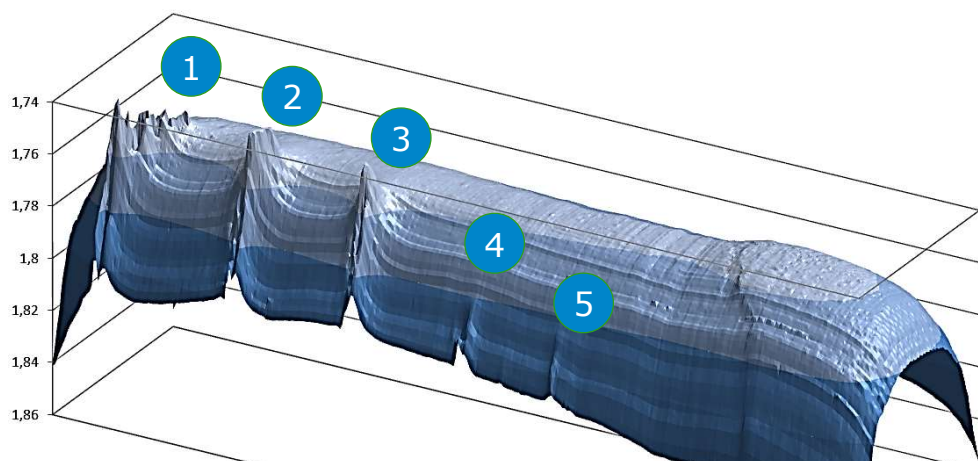
Częstotliwość rezonansowa sygnału prądowego



# Hartowanie objętościowe – wykrywanie pęknięć

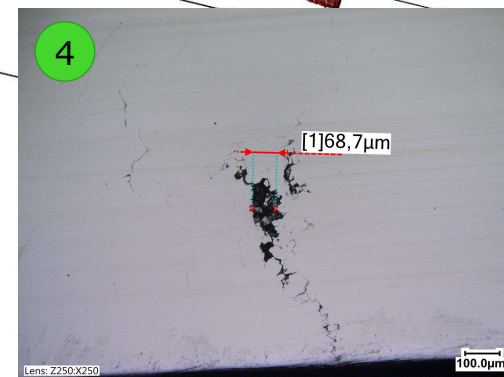
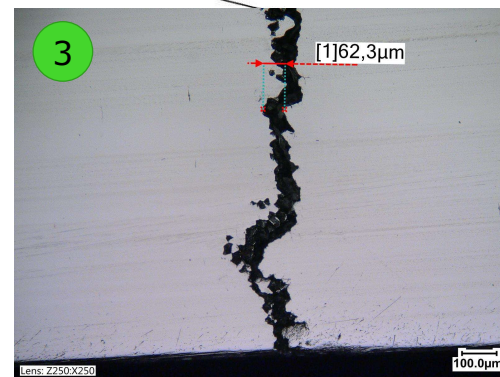
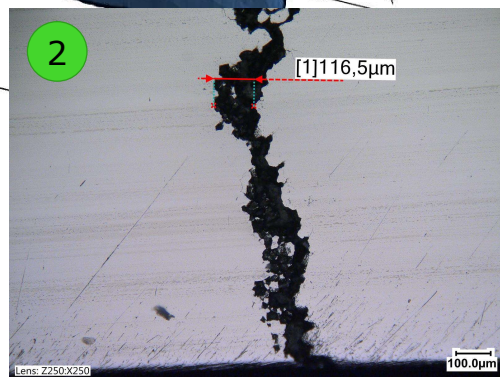
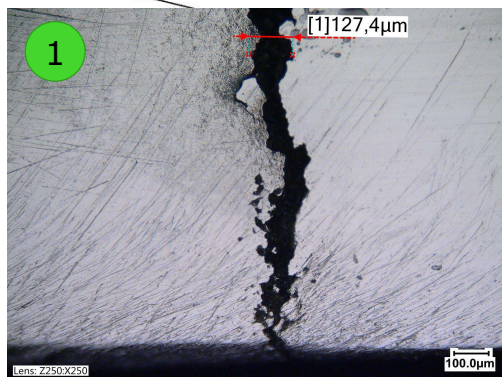
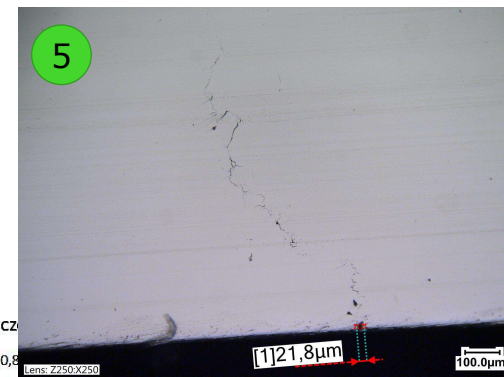
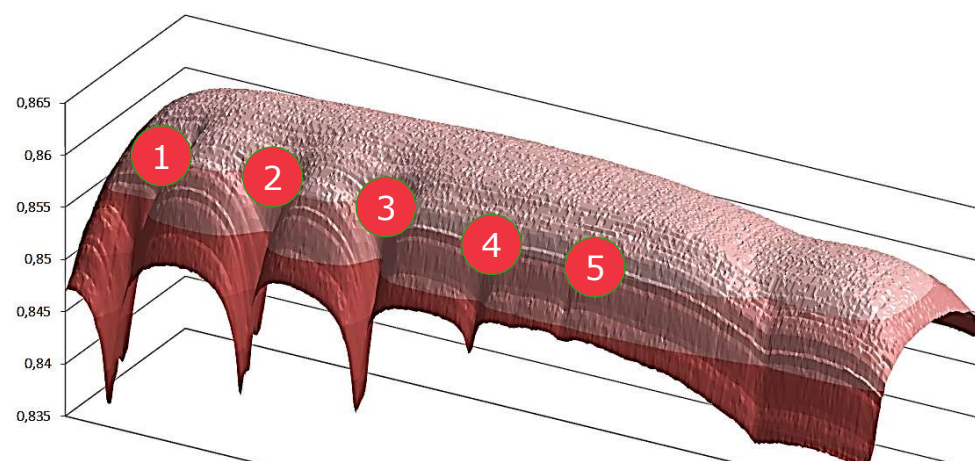
Wskazania Wirotestu M2 z głowicą 868 kHz - amplituda - próbka okrągła - zgląd A

■ 1,84-1,86 ■ 1,82-1,84 ■ 1,8-1,82 ■ 1,78-1,8 ■ 1,76-1,78 ■ 1,74-1,76



Wskazania Wirotestu M2 z głowicą 868 kHz - cz...

■ 0,835-0,84 ■ 0,84-0,845 ■ 0,845-0,85 ■ 0,85-0,855





Wykonujemy układy pomiarowe według potrzeb klienta, co otwiera nowe obszary zastosowań w kontroli jakości.

Główce powierzchniowe i przelotowe

Czas wykonania głowicy **24h**

Technologia **druku 3D**





# Zapraszamy do współpracy!

mgr inż. **Adam Kondej**  
adam.kondej@wit.lukasiewicz.gov.pl  
tel. (22) 560 25 99

[www.wit.lukasiewicz.gov.pl](http://www.wit.lukasiewicz.gov.pl)