

SEMINARIUM / 24

by ***SECO/WARWICK***

SECO/WARWICK INVENTION MEETS RELIABILITY



WĘGLOAZOTOWANIE NISKOCIŚNIENIOWE
jako wszechstronna i wydajna technologia
utwardzania warstwy wierzchniej

mgr inż. Michał BAZEL, dr inż. Agnieszka BREWKA-STANULEWICZ, dr inż. Robert Pietrasik

25.09.2024

AGENDA

- / WSTĘP
- / WĘGLOAZOTOWANIE NISKOCIŚNIENIOWE - BADANIA
 - / BADANIA LPC I LPCN NA RÓŻNYCH GATUNKACH STALI
 - / WYNIKI
 - / BADANIA TRIBOLOGICZNE
- / WĘGLOAZOTOWANIE NISKOCIŚNIENIOWE – CASE STUDY
 - / APLIKACJE PRZEMYSŁOWE
 - / ZASTOSOWANIA NIESTANDARDOWE
- / PODSUMOWANIE



WĘGLOAZOTOWANIE

WSTĘP

Obróbka cieplno – chemiczna, polega na równoczesnym nasycaniu stali węglem i azotem, a następnie jej utwardzaniu przez hartowanie.

Węgloazotowanie / węgloazotowanie wysokotemperaturowe.

Zastosowanie: stale niestopowe (automatowe, maszynowe, konstrukcyjne).

Warstwy w zakresie 0,2 – 0,5 mm

Stężenie węgla i azotu w warstwie:

/ Węgiel: 0,6 – 0,9%

/ Azot: 0,2 – 0,4%

WĘGLOAZOTOWANIE

WSTĘP

Azot zmienia warunki dyfuzji węgla i struktury warstwy, powoduje:

- / Zmianę potencjału węglowego atmosfery
- / Zwiększenie szybkość dyfuzji węgla w austenicie
- / Podniesienie aktywność węgla w austenicie
- / Wzrost trwałości przechłodzonego austenitu
- / Obniżenie temperatury przemiany martenzytycznej
- / Zwiększenie ilości austenitu szczątkowego

Efekt w porównaniu do nawęglania:

- / Wzrost twardości
- / Wzrost grubości warstwy
- / Wzrost hartowności
- / Wzrost własności tribologicznych

WĘGLOAZOTOWANIE NISKOCIŚNIENIOWE

BADANIA SECO/WARWICK

- / Do badań wytypowano następujące gatunki stali:
 - / Stale automatowe: **11SMn30, 11SMnPb37,**
 - / Stale konstrukcyjne: **S355J2; 18HGT (21TiMnCr12); 16MnCr5**
 - / Stale do ulepszania cieplnego: **36MnB4, 42CrMo4,**
 - / Stal węglowa: **C15**

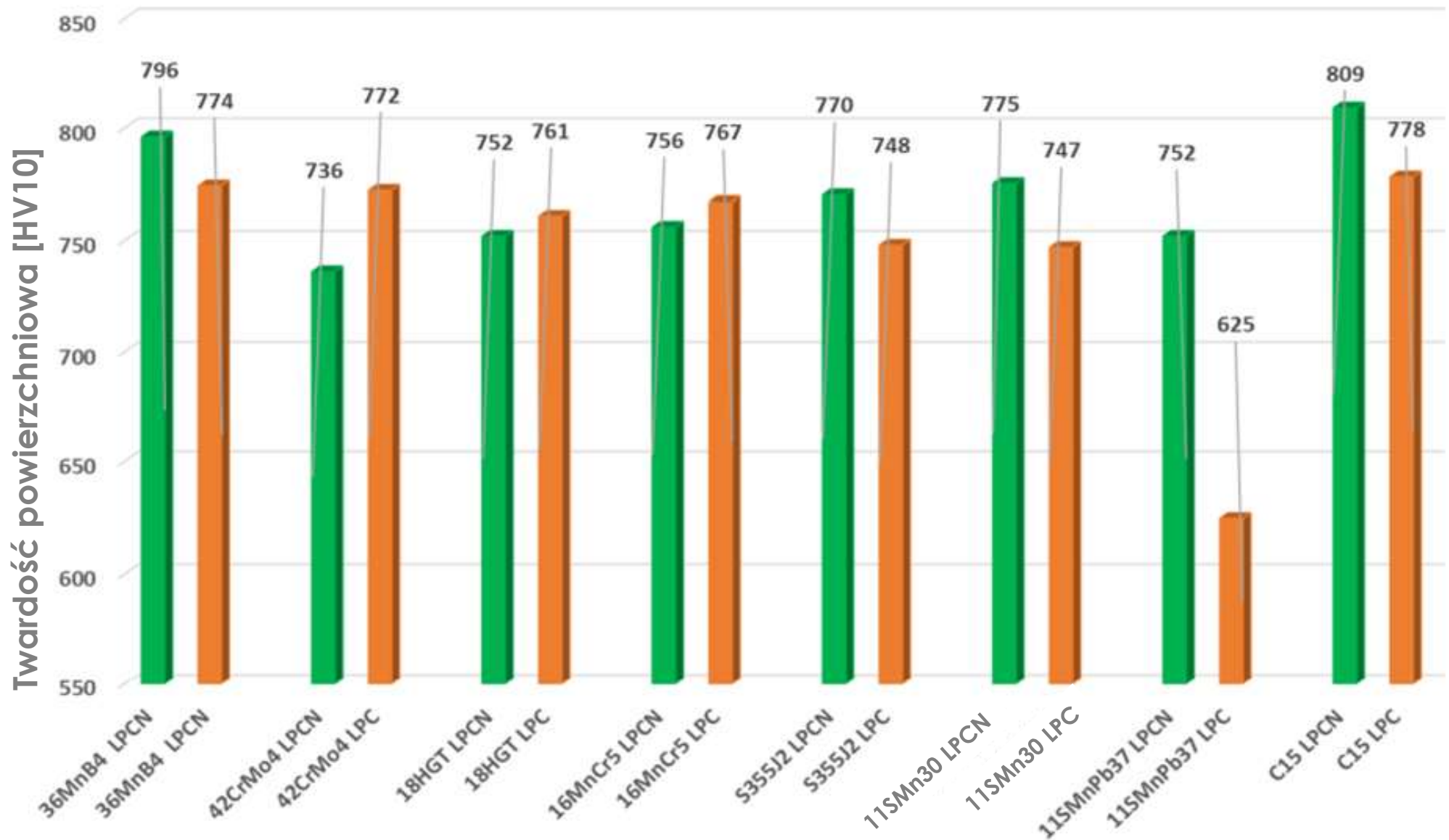
Przeprowadzono procesy nawęglania oraz analogiczne procesy węgloazotowania:

- / LPC w temperaturze 920°C
- / Amoniak dozowany w 840°C
- / Hartowanie w oleju



CASEMASTER EVOLUTION
DWUKOMOROWY PIEC
PRÓŻNIOWY Z HARTOWANIEM
W OLEJU

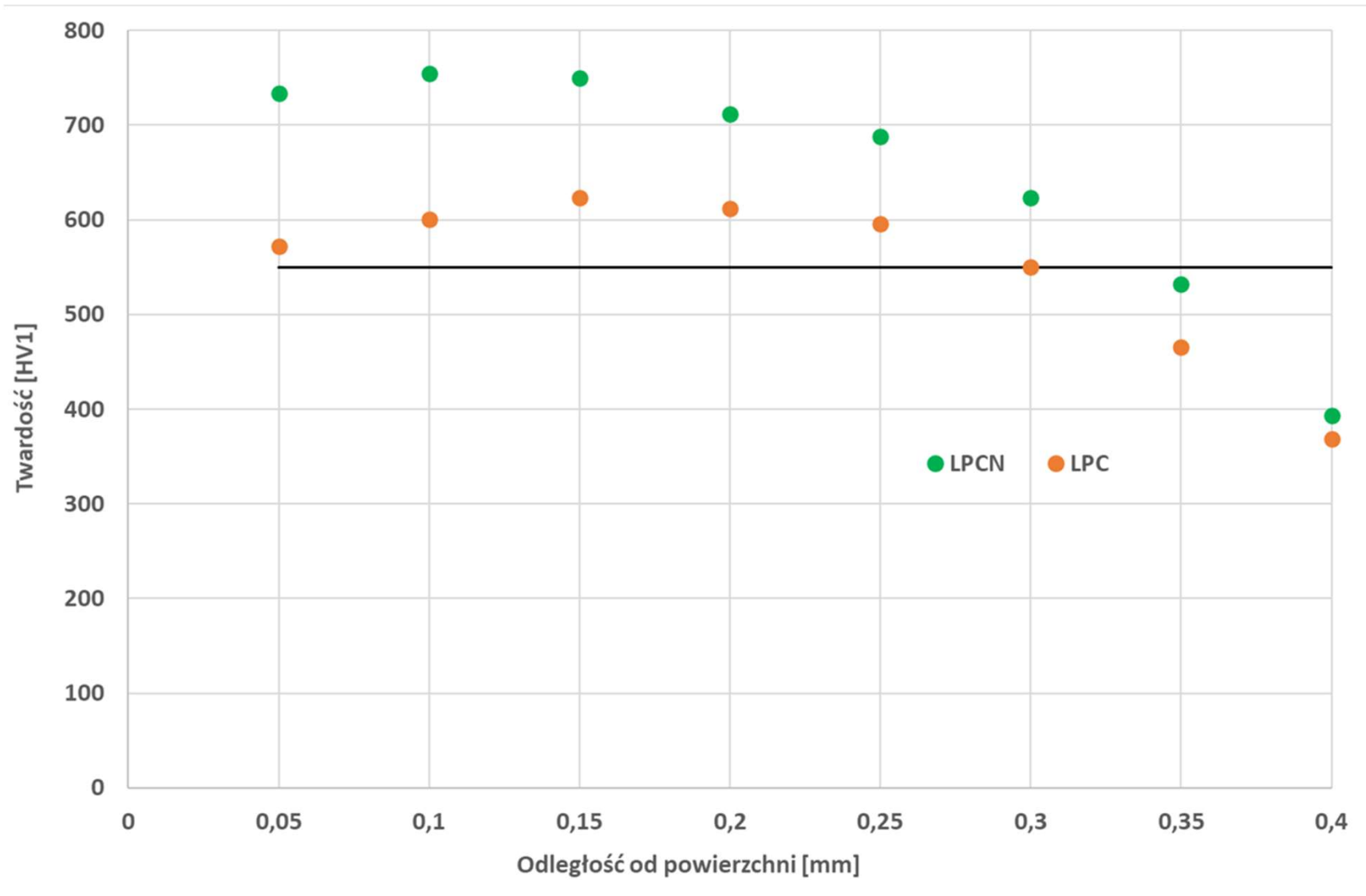
TWARDOŚĆ POWIERZCHNIOWA LPCN/LPC



GATUNEK STALI / PROCES

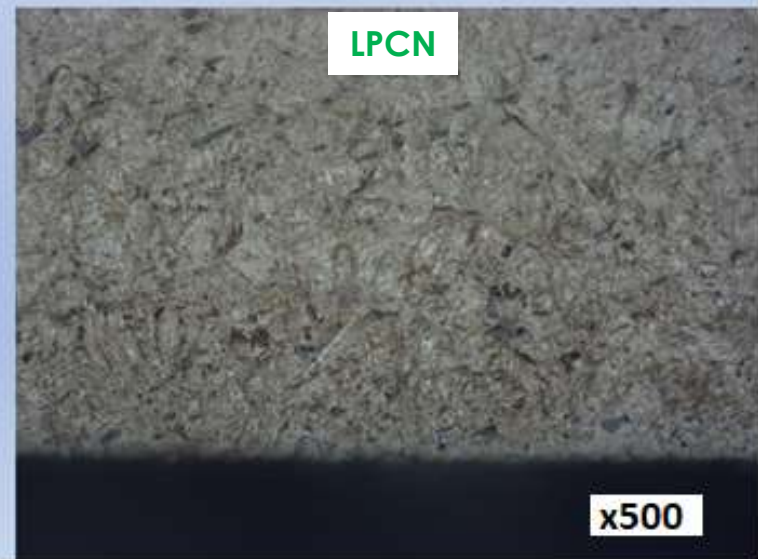
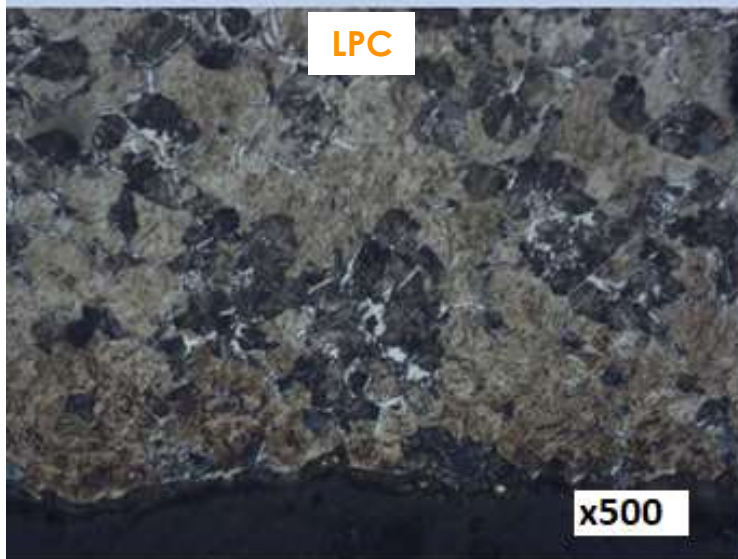
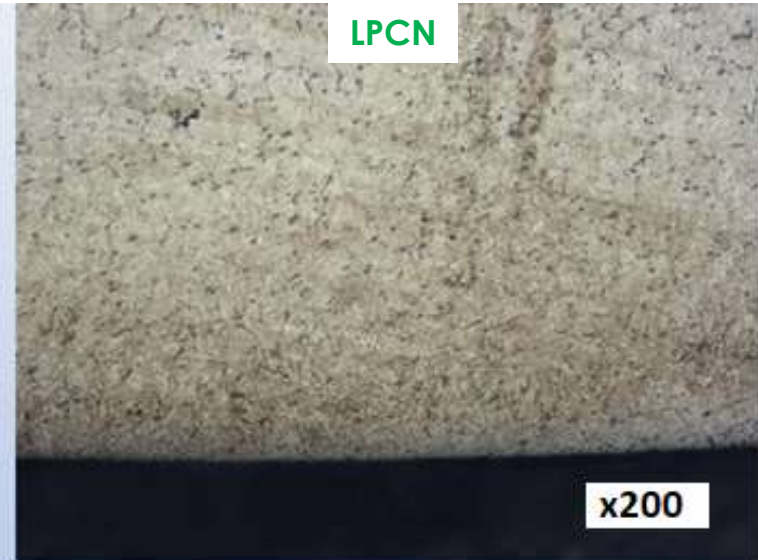
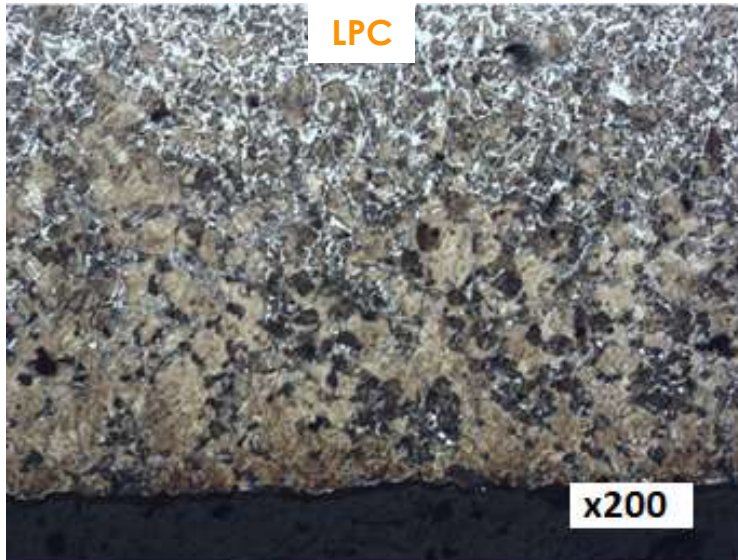
WĘGLOAZOTOWANIE NISKOCIŚNIENIOWE - 11SMNPB37

/ Profile mikrotwardości na stali 11SMnPb37 po LPCN/LPC



WĘGLOAZOTOWANIE NISKOCIŚNIENIOWE - 11SMNPB37

Mikrostruktury warstwy stali 11SMnPb30 po LPC/LPCN



WĘGLOAZOTOWANIE NISKOCIŚNIENIOWE

BADANIA SECO/WARWICK

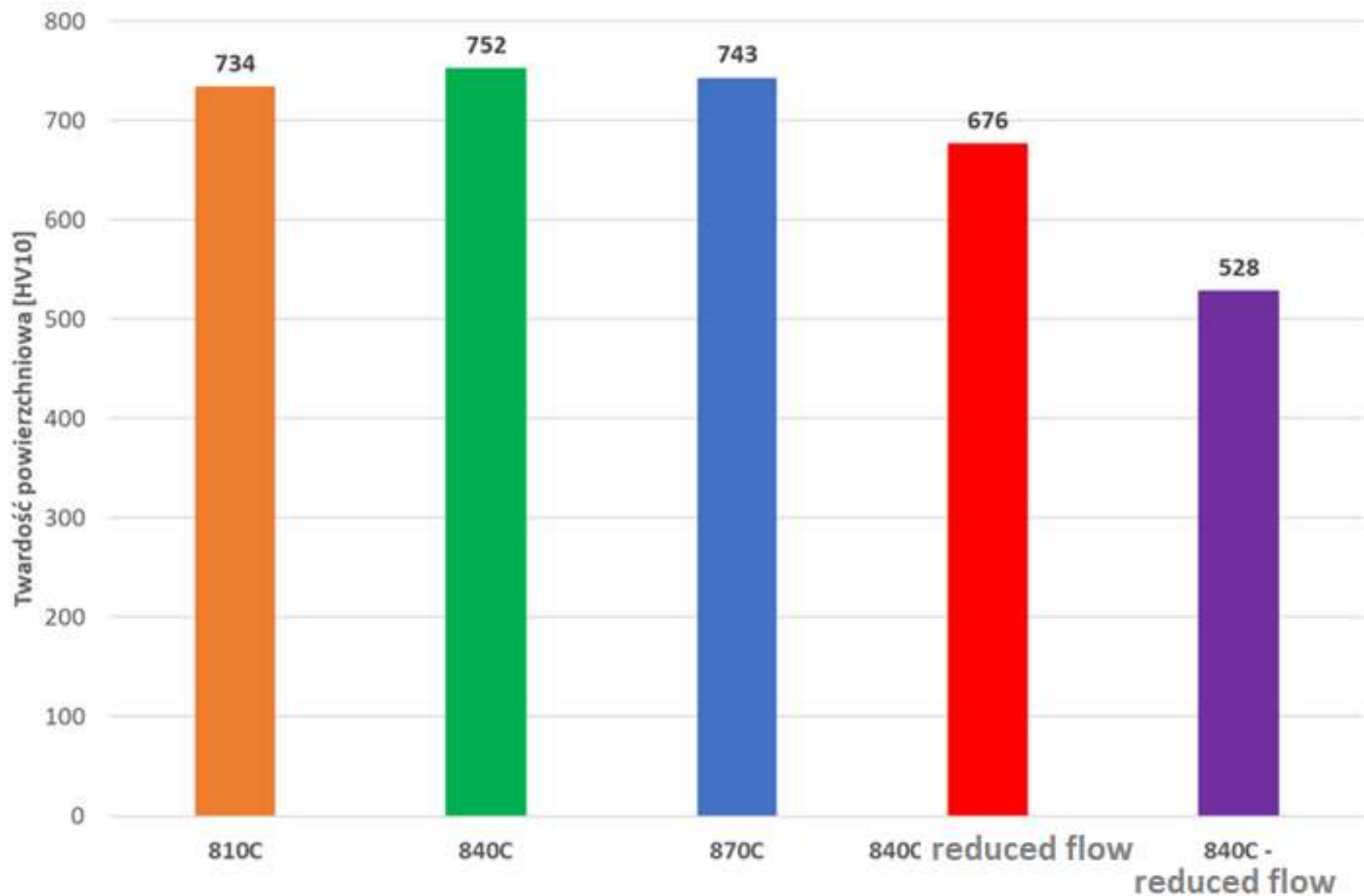
Do drugiego etapu badań wybrano:

/ Stale automatowe: 11SMn30, 11SMnPb37

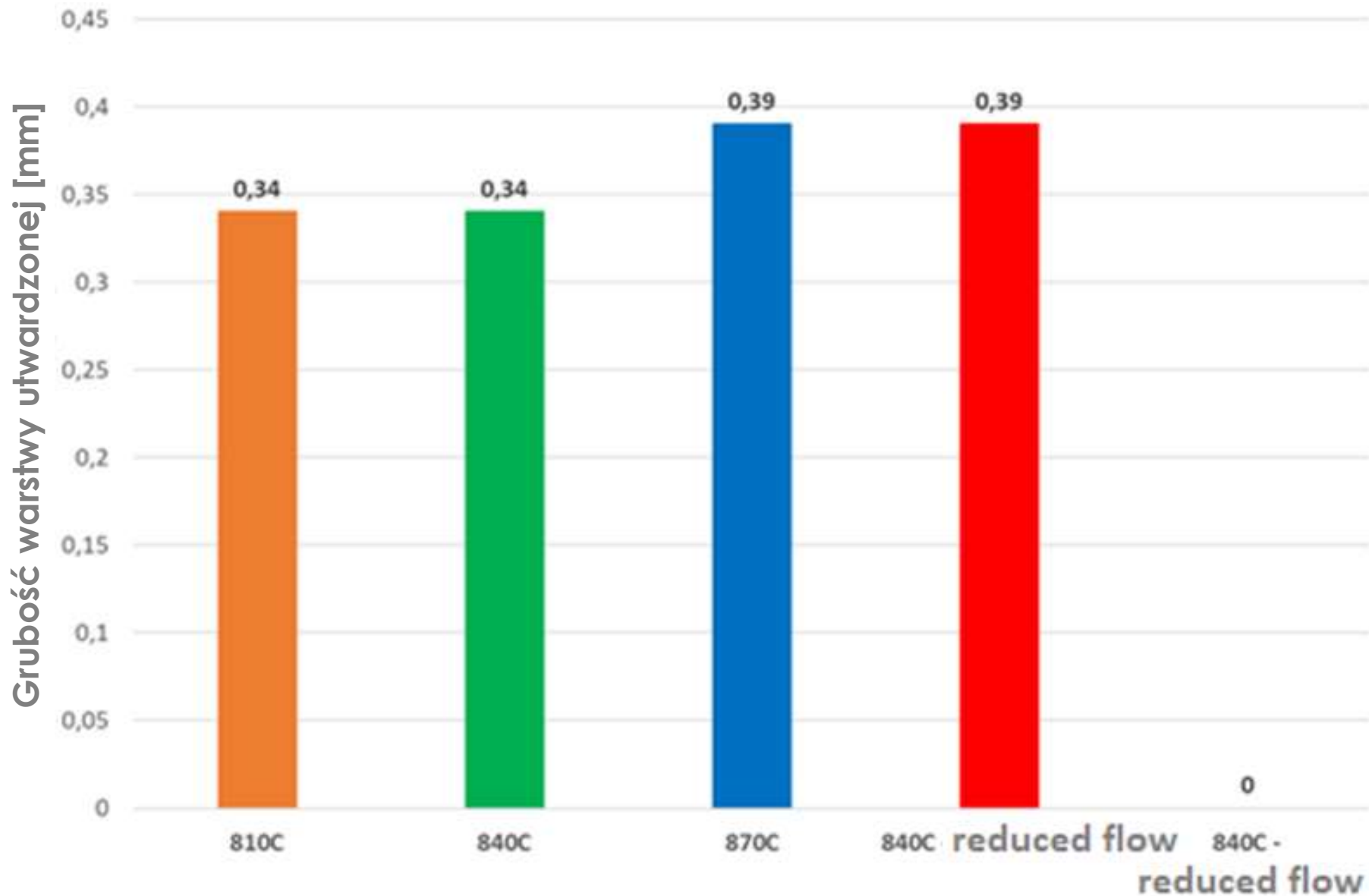
Przeprowadzono procesy weryfikujące wpływ dozowania amoniaku w różnych temperaturach, ilości i czasie na uzyskiwane wyniki:

- / Proces nawęglania w temperaturze 920° C i dozowanie amoniaku w temperaturach 810/840/870° C**
- / Zmienny przepływ amoniaku oraz czas jego podawania**
- / Hartowanie w oleju**

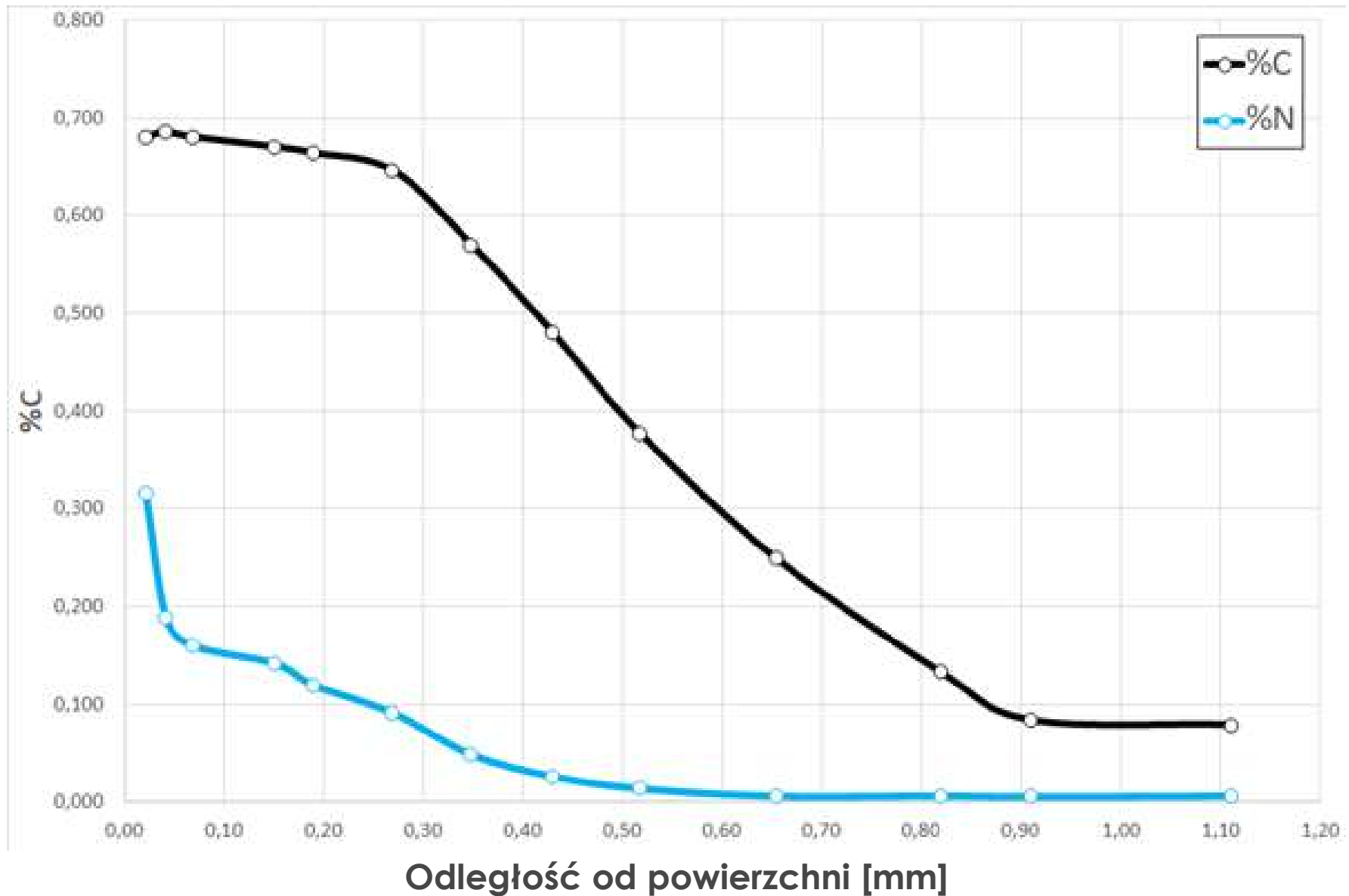
WĘGLOAZOTOWANIE NISKOCIŚNIENIOWE - 11SMNPB37



WĘGLOAZOTOWANIE NISKOCIŚNIENIOWE - 11SMNPB37



WĘGLOAZOTOWANIE NISKOCIŚNIENIOWE - 11SMNPB30

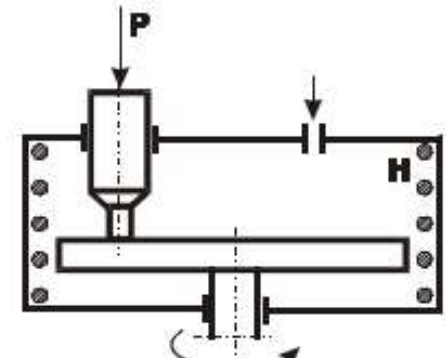


WĘGLOAZOTOWANIE – BADANIA TRIBOLOGICZNE

- / W parze ciernej kula-tarcza, przeciw-próbkę (nieruchomą) stanowiła znormalizowana kula wykonana ze stali 100Cr6. Próbkę zasadniczą stanowiła tarcza wykonana z materiału 11SMnPb30 po procesie LPC i LPCN.
- / Powierzchnia stykowa obu materiałów była sucha.
- / Wykonano trzy testy dla każdej pary.

PARAMETRY BADAŃ:

- / Prędkość – 0,1 [m/s]
- / Czas – 1000 [s]
- / Promień tarcia – 0,009 [m]
- / Prędkość obrotowa – 106 [rpm]
- / Liczba obrotów – 17684
- / Droga tarcia – 100 [m]

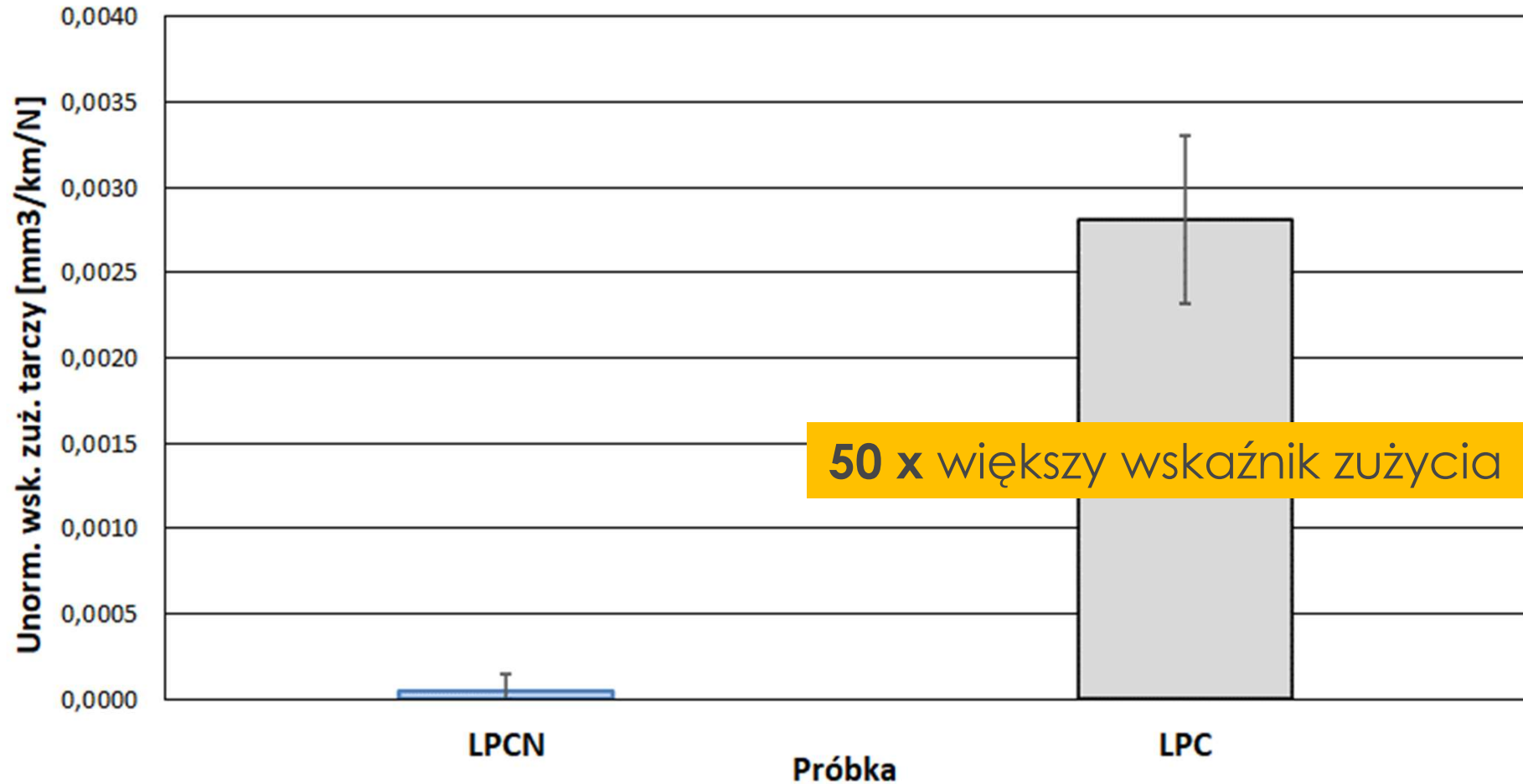


Schemat stanowiska badawczego

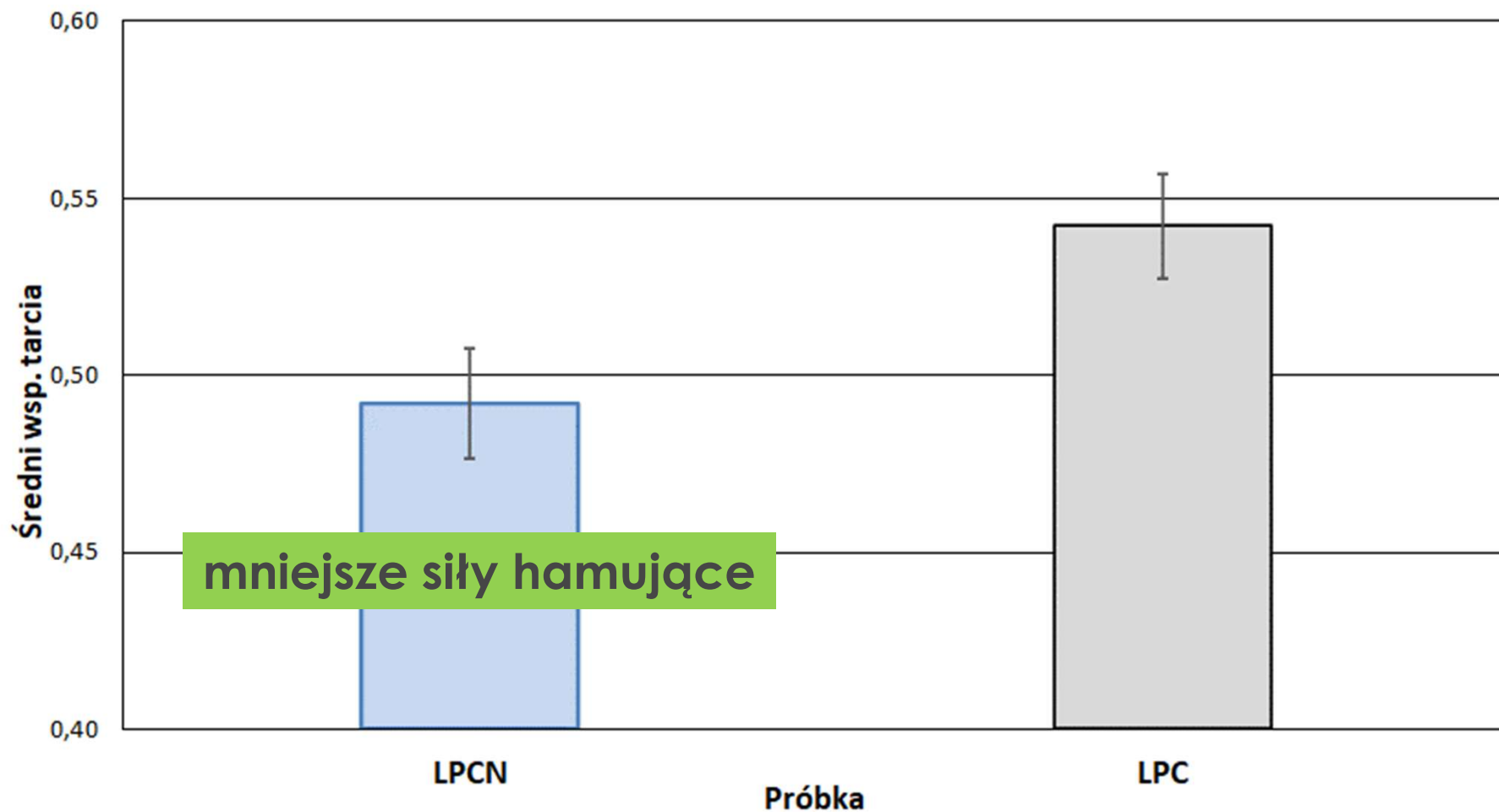


Przykład pary ciernej

WĘGLOAZOTOWANIE – BADANIA TRIBOLOGICZNE

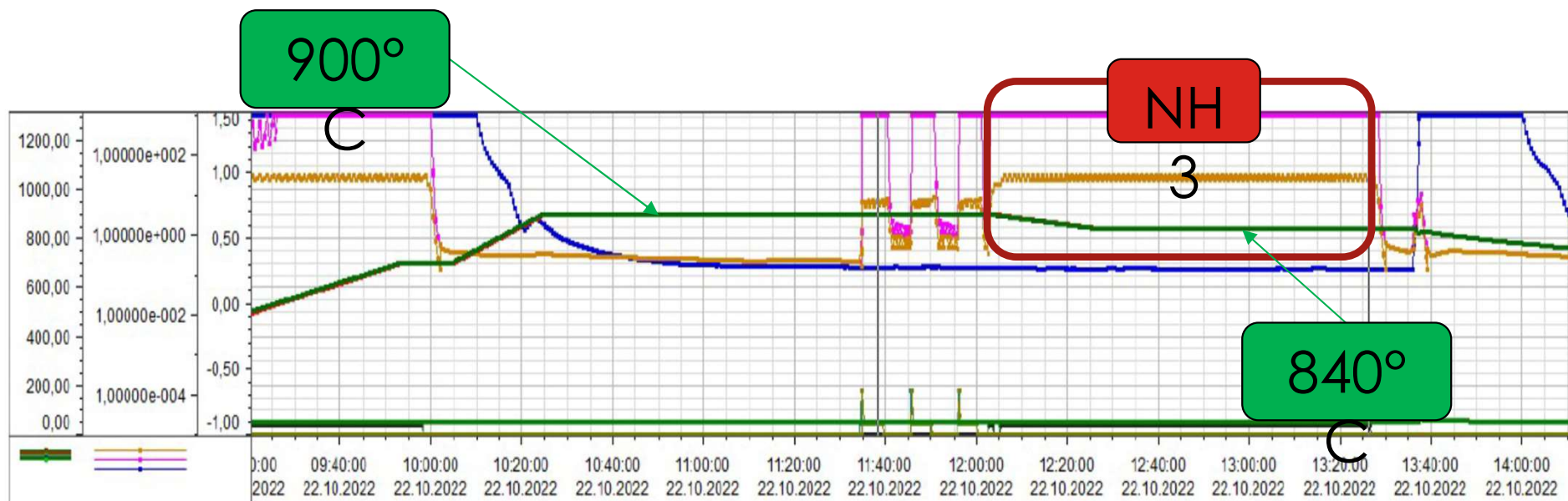


WĘGLOAZOTOWANIE – BADANIA TRIBOLOGICZNE



WĘGLOAZOTOWANIE NISKOCIŚNIOWE

- / Stale automatowe, węglowe, o niskiej hartowności
- / Nawęglanie prowadzone w dowolnej temperaturze
- / Amoniak dozowany w fazie podchłodzenia i utrzymania na temperaturze przed hartowaniem



WĘGLOAZOTOWANIE NISKOCIŚNIENIOWE

CASE STUDY I



C18, skład chemiczny [%]			
C	Mn	S	P
0,15 – 0,20	0,60 – 0,90	max 0,05	Max 0,04

Wymagania:

ECD: 0,3 - 0,4 mm

Twardość powierzchniowa:

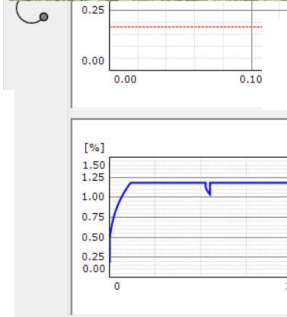
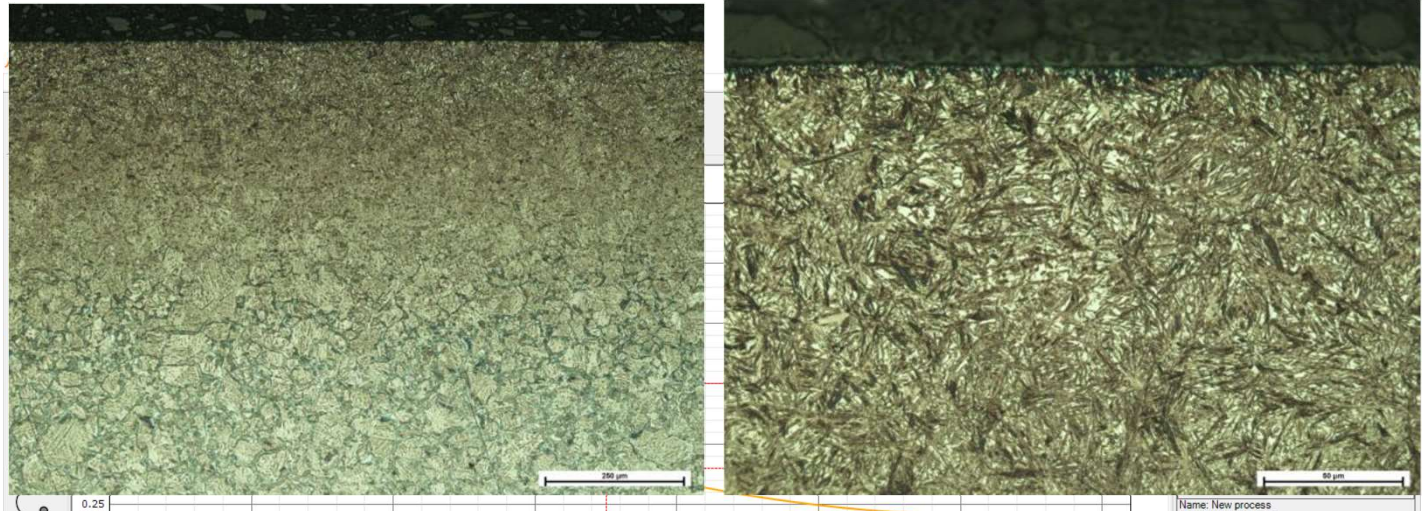
700 – 875 HV



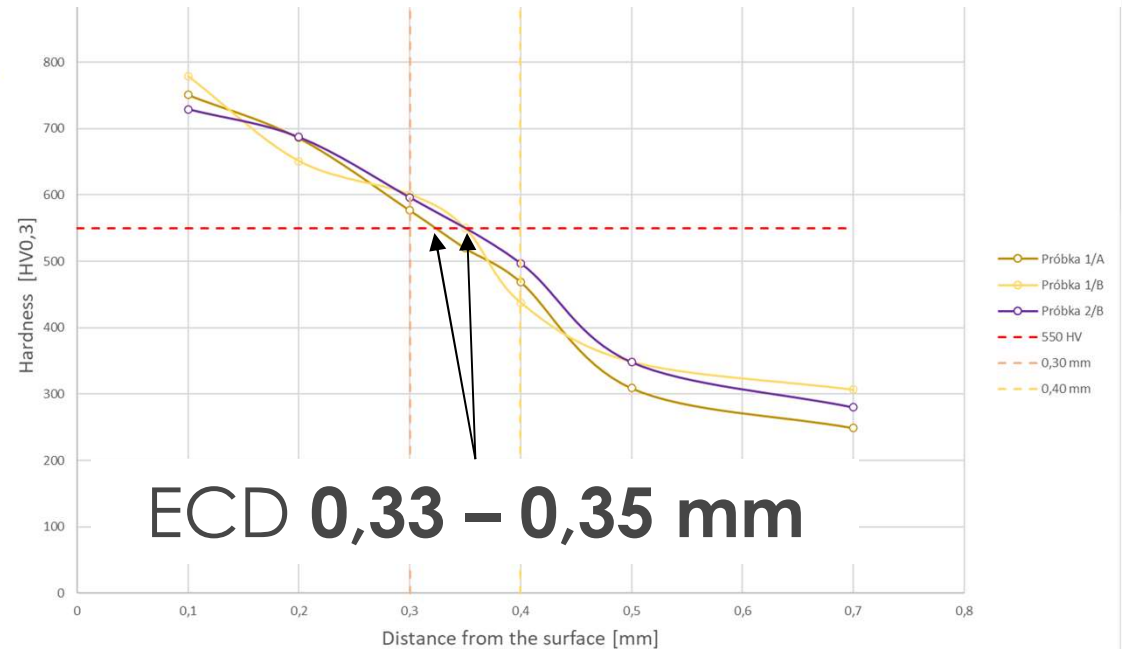
CaseMaster Evolution D12

WĘGLOAZOTOWANIE NISKOCIŚNIENIOWE

CASE STUDY I



Twardość powierzchniowa **750 – 770 HV**



ECD **0,33 – 0,35 mm**

Wymagania:

ECD: 0,3 - 0,4 mm

Twardość powierzchniowa:

700 – 875 HV

WĘGLOAZOTOWANIE NISKOCIŚNIENIOWE

CASE STUDY II

- / Zastosowanie węgloazotowania dla stali wysokostopowych.
- / Problem: niewystarczające właściwości uzyskiwane po nawęglaniu z uwagi na inne przełożenia i moce w autach elektrycznych.
Dotyczy to zwłaszcza autobusów i samochodów ciężarowych.

3 GŁÓWNE PROBLEMY:

- / Pitting
- / Wyłamywanie zębów
- / Zacieranie



WĘGLOAZOTOWANIE NISKOCIŚNIENIOWE

CASE STUDY II

/ Stal: 17CrNi6-6

/ Wymagania po węgloazotowaniu:

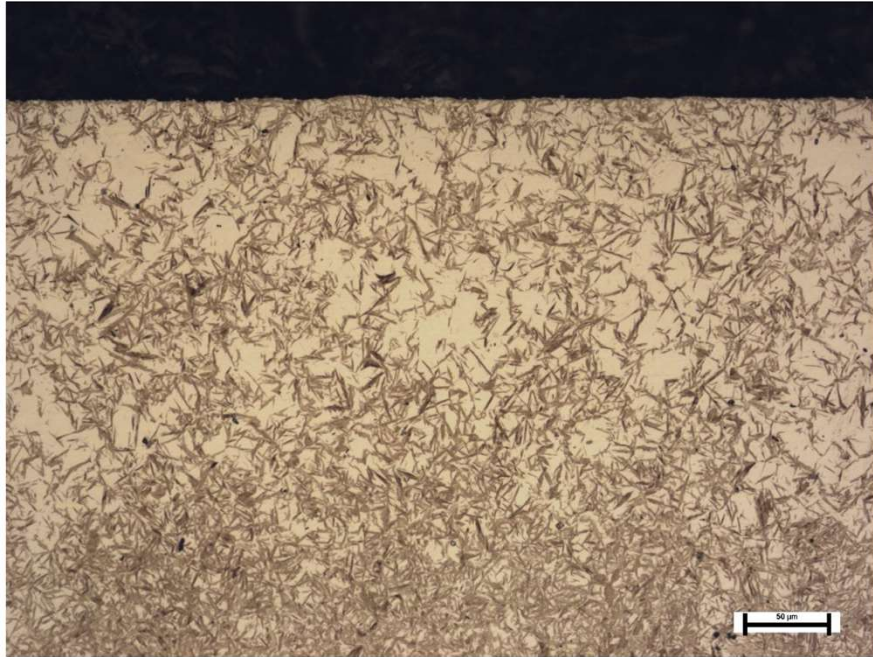
- / CHD: 0,4 – 0,8 mm @610HV
- / Twardość powierzchniowa: 81 – 83 HRA
- / Twardość rdzenia: min 295 HBW
- / %C na głębokości 0,05 mm: 0,70 – 0,95%
- / %N na głębokości 0,05 mm: **0,50 – 0,75%**
- / Zawartość **RA** na 0,1 mm: **35 – 70%**

Cel: wytworzenie struktury warstwy z wysoką zawartością austenitu szczątkowego (poprawa odporności na zacieranie), umocnionej azotkami (twardość).



WĘGLOAZOTOWANIE NISKOCIŚNIENIOWE

CASE STUDY II



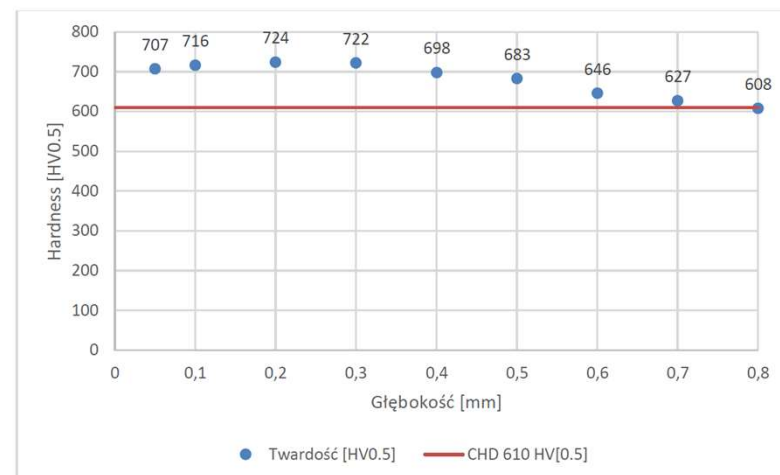
Sample no. 3, magnification x200



Sample no. 3, magnification x500

Twardość rdzenia 415 – 430 HB

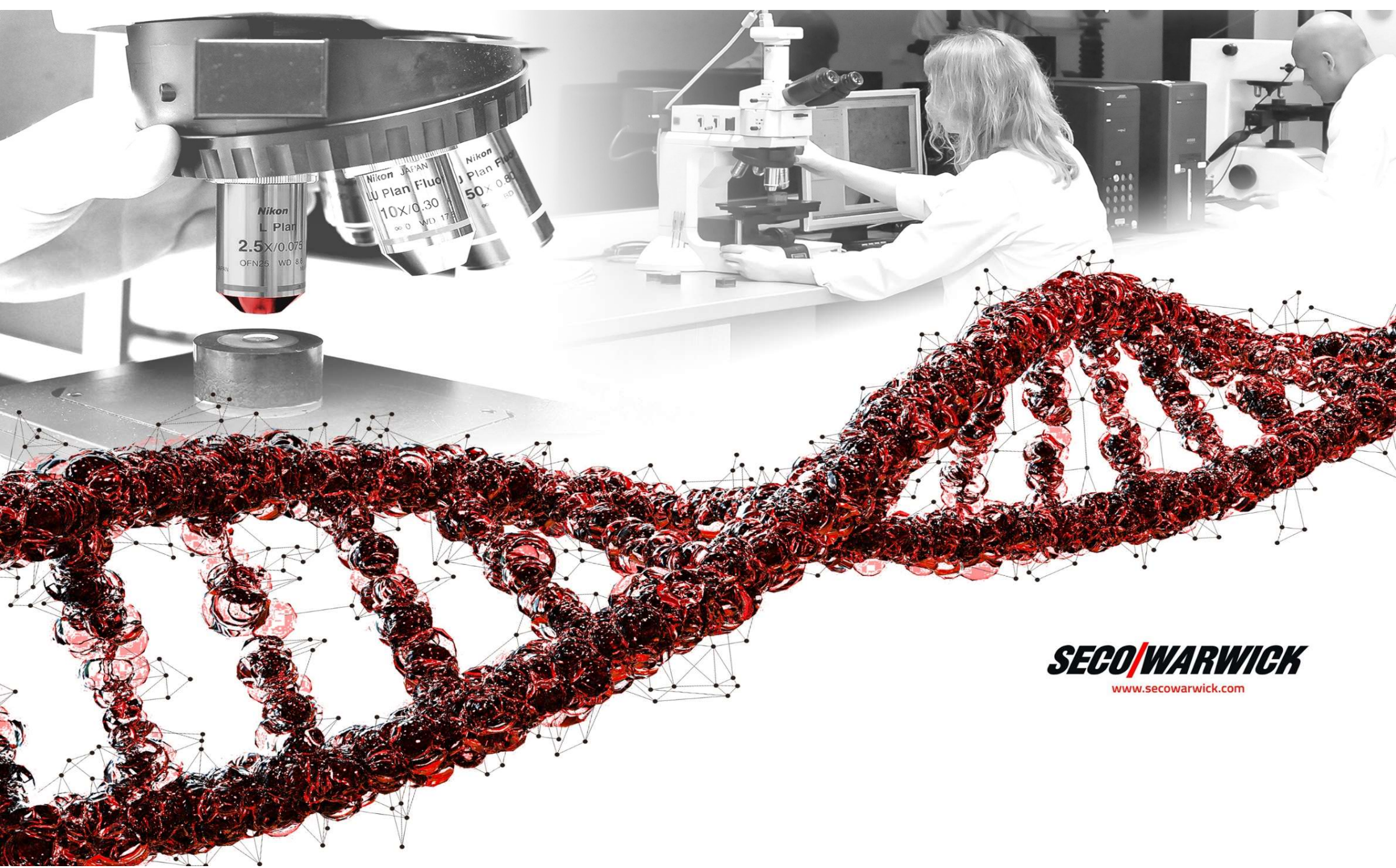
CHD 0,79 mm



effective layer thickness CHD 610 = 0.79mm (requirements 0.4-0.8mm)

PODSUMOWANIE

- / SECO/WARWICK opracowało skuteczną metodę węgloazotowania niskociśnieniowego, które dedykowane jest głównie stalom węglowym, automatowym.
- / Węgloazotowanie poprawia odporność na ścieranie w porównaniu z nawęglaniem.
- / Zastosowanie LPCN dla stali wyżej stopowych w celu uzyskania nietypowych właściwości warstwy wierzchniej stanowi ciekawy kierunek rozwoju.
- / Piece próżniowe do nawęglania i węgloazotowanie niskociśnieniowego są ekonomicznym i perspektywicznym rozwiązaniem, które spełnia wymagania przemysłu i wpisuje się w obecne kierunki rozwojowe.



SECO/WARWICK
www.secowarwick.com

SECO/WARWICK INVENTION MEETS RELIABILITY