



Postęp w zielonej technologii nawęglania niskociśnieniowego

Agnieszka BREWKA-STANULEWICZ
Główny Technolog Obróbki Ciepłej
21.09.2023

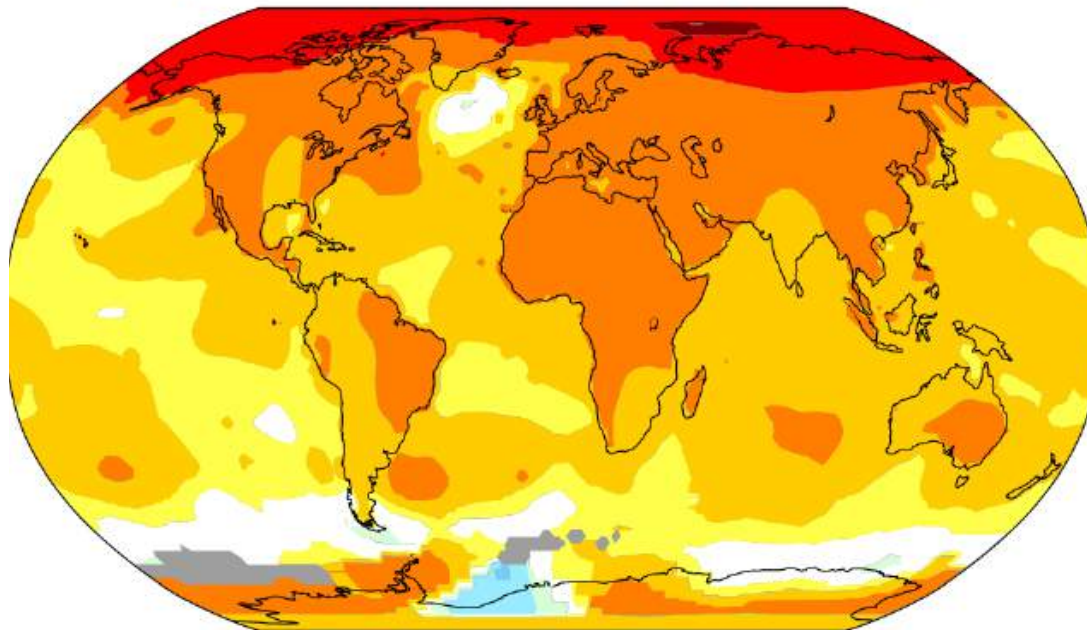
AGENDA

- / WSTĘP
- / NAWĘGLANIE NISKOCIŚNIENIOWE
- / EMISJA CO₂
- / ENERGOCHŁONNOŚĆ
- / PRENIT
- / WĘGLOAZOTOWANIE NISKOCIŚNIENIOWE
- / PODSUMOWANIE

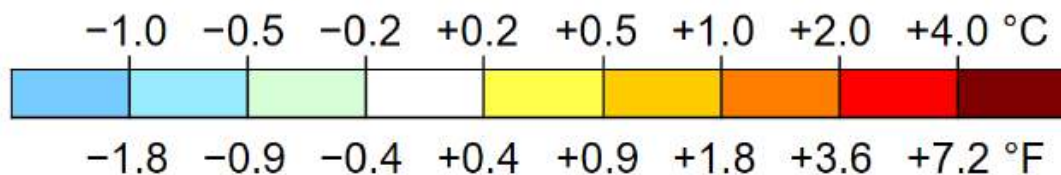


GLOBALNE OCIEPLENIE

Temperature change in the last 50 years



2011–2021 average vs 1956–1976 baseline



DZIAŁANIA NA RZECZ KLIMATU

- I. Ramowa konwencja Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu (1992)
- II. Porozumienie paryskie (2015)
- III. Europejski Zielony Ład (2019)

Europejski Zielony Ład

Aspirowanie do miana pierwszego kontynentu neutralnego dla klimatu

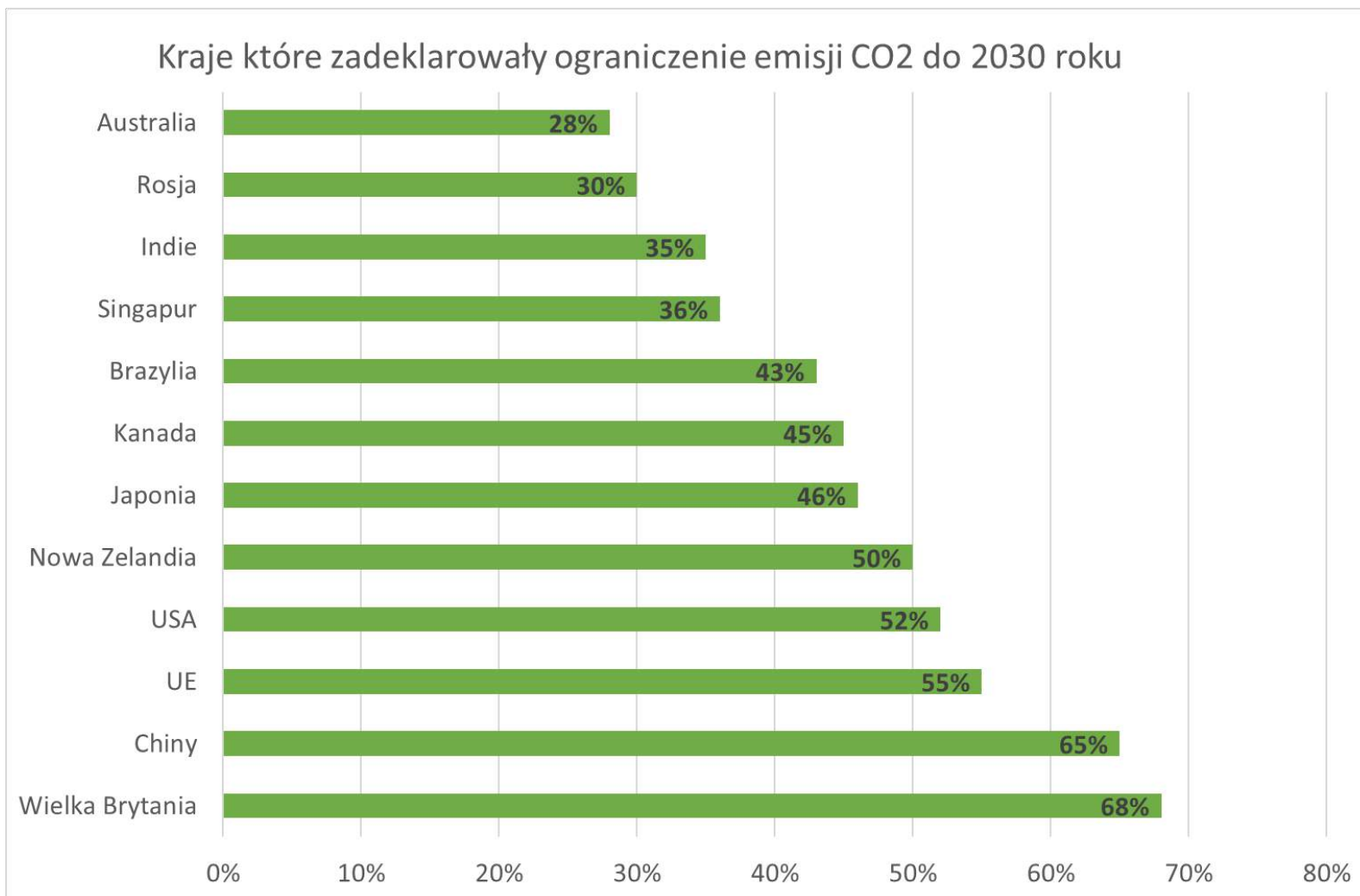
CELE ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU

17 celów zostało
określonych w 5
obszarach:

- / Ochrony środowiska
(w tym emisji CO₂,
ochrony zasobów
wodnych,
odpowiedzialnej
konsumpcji i produkcji)
- / Partnerstwa
- / Pokoju na świecie
- / Ludzi
- / Dobrobytu



OGRANICZENIE EMISJI CO2 - CELE



Źródło: Our World in Data: CO₂ and Greenhouse Gas Emissions

Neutralność węgla

do 2050:

UE
USA
UK
Kanada
Japonia
Brazylia
Australia
Wietnam

do 2060:

Chiny
Indonezja
Rosja

do 2070:

Indie
Tajlandia

ŚLAD WĘGLOWY ORGANIZACJI

Dyrektywa CSRD
Raporty ESG –
pierwsze za 2024 rok

Protokół gazów cieplarnianych (GHG Protocol) - standard według którego organizacje obliczają swój ślad węglowy

Zakres 1: Emisje **bezpośrednio** powstałe w wyniku spalania paliw

Zakres 2: Emisje **pośrednie** powstałe w wyniku wytwarzania energii elektrycznej i ciepłej

Zakres 3: Inne emisje pośrednie (15 kategorii), na które organizacja może mieć wpływ ale których nie kontroluje



NAWĘGLANIE I WĘGLOAZOTOWANIE NISKOCIŚNIENIOWE

EMISJA CO₂ W KONTEKŚCIE PIECA I TECHNOLOGII

TECHNOLOGIA

GRZANIE

HARTOWANIE

MYCIE

Nawęglanie
atmosferowe

Temperatura
procesu

Olej

Nawęglanie
próżniowe

Energochłonność

Gaz

TECHNOLOGIA



ATMOSFEROWE

NAWĘGLANIE

NISKOCIŚNIENIOWE

ATMOSFERA ENDOTERMICZNA

GAZ PROCESOWY

ACETYLEN

OGRANICZONA

TEMPERATURA PROCESU

NIEOGRANICZONA

PODSTAWOWY

CZAS PROCESU

ZDECYDOWANIE KRÓTSZY

TYLKO OLEJ

HARTOWANIE

OLEJ / GAZ

TECHNOLOGIA



ATMOSFEROWE

NAWĘGLANIE

NISKOCIŚNIENIOWE

TAK

WYBUCHOWA I PALNA ATMOSFERA

NIE

TAK

SZKODLIWE GAZY (CO , SO_x , NO_x)

NIE

TAK

OTWARTY GIEŃ

NIE

TAK

EMISJA CO_2 Z ATMOSFERY WĘGLONOŚNEJ

NIE

NISKIE

BEZPIECZEŃSTWO I EKOLOGIA PROCESU

WYSOKIE

EMISJA CO₂

Nawęglanie atmosferyczne:

- **15 m³/h ENDO atm = 6 kg/h CO₂**
= 50 ton/y CO₂



Nawęglanie niskociśnieniowe:

- **Acetylen = 0,0 kg CO₂/kg**



Energia elektryczna:

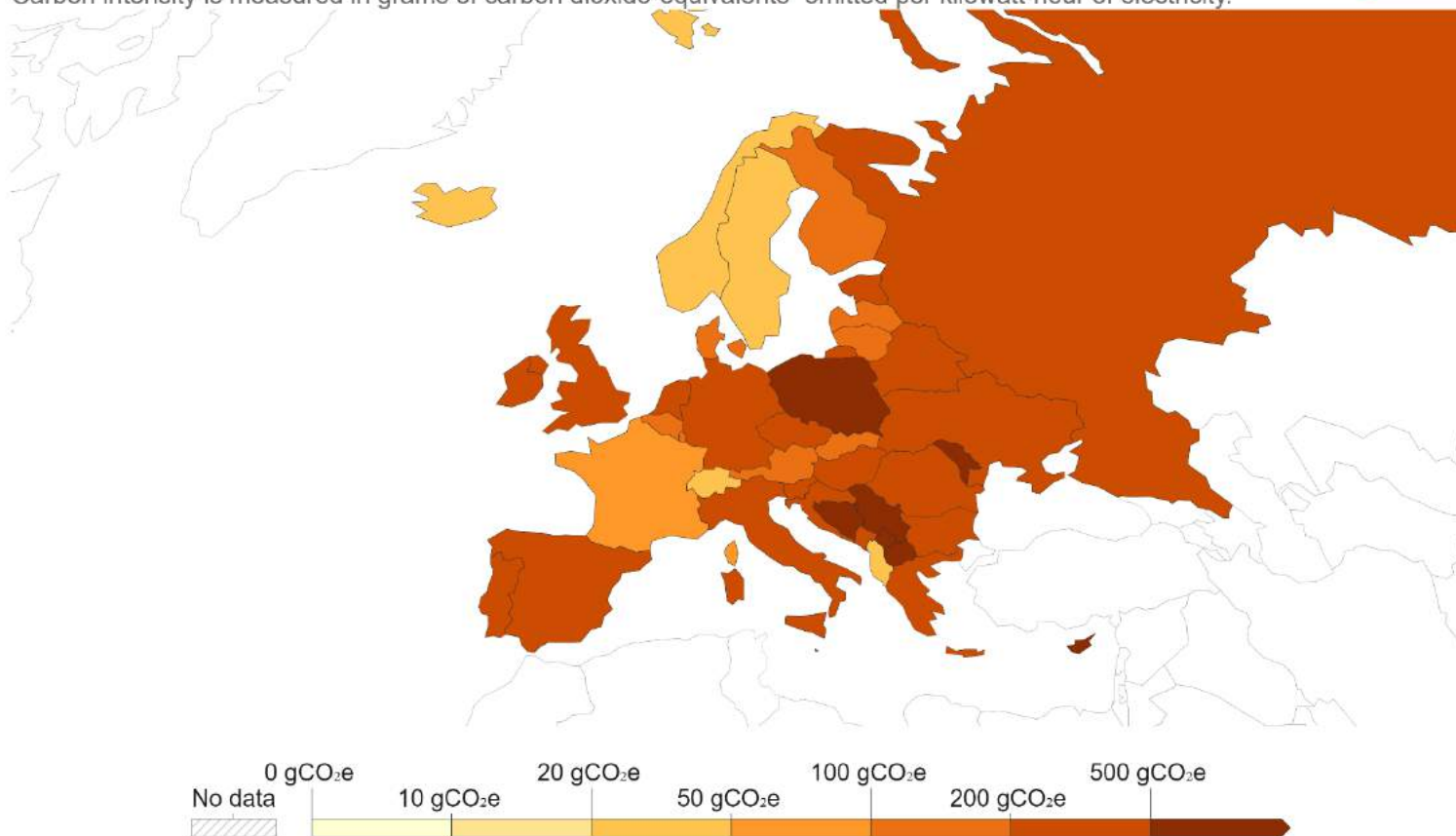
- **Węgiel = 0,8 kg CO₂/kWh**
- **Gaz ziemny = 0,2 kg CO₂/kWh**
- **Uran = 0,02 kg CO₂/kWh**

INTENSYWNOŚĆ EMISJI CO₂ PRZEZ ENERGIĘ ELEKTRYCZNĄ

Carbon intensity of electricity, 2022

Carbon intensity is measured in grams of carbon dioxide-equivalents¹ emitted per kilowatt-hour of electricity.

Our World
in Data



Source: Ember's Yearly Electricity Data; Ember's European Electricity Review; Energy Institute Statistical Review of World Energy
OurWorldInData.org/energy • CC BY

EMISJA CO₂ – PRZYKŁAD

Nawęglanie:

- Piec 9912
- ECD 1,1 mm
- Wsad 800 kg netto

NAWĘGLANIE ATMOSFEROWE

Energia elektryczna 308 kWh

Gaz ziemny 146 kg
Propan 5 kg

Całkowita emisja CO₂ **625 kg**

Emisja CO₂ na kg **0,78 kg/kg wsadu**

NAWĘGLANIE PRÓŻNIOWE

Energia elektryczna 533 kWh

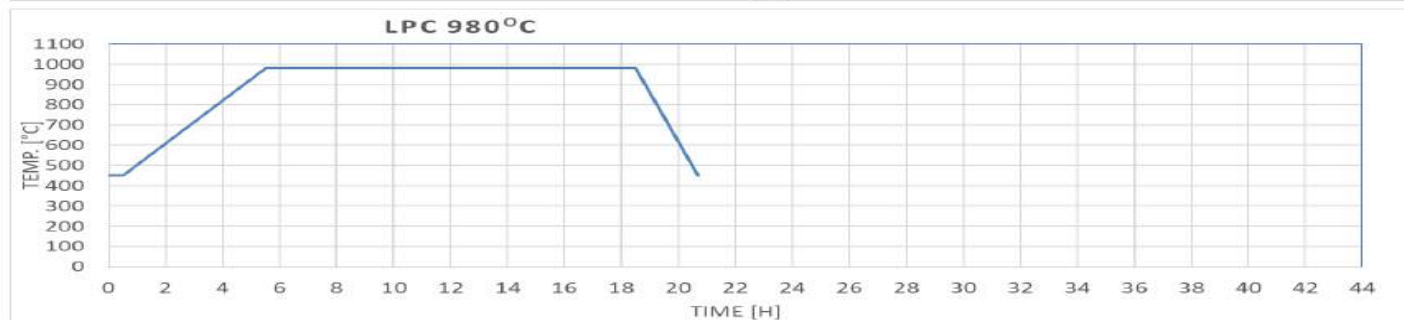
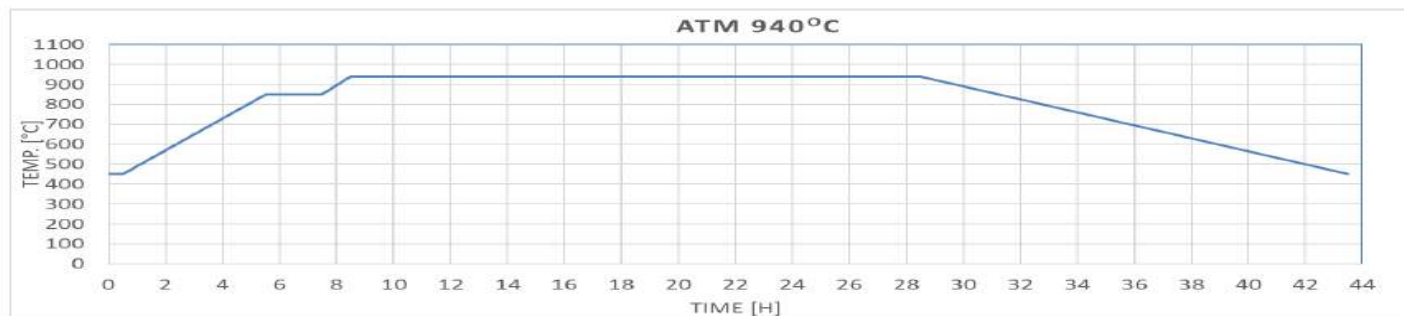
Acetylen 1,5 kg

Całkowita emisja CO₂ **373 kg**

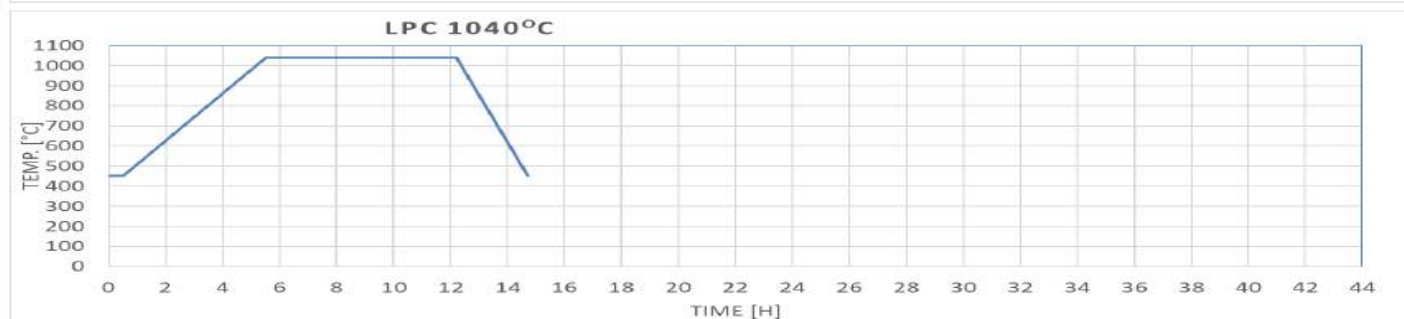
Emisja CO₂ na kg **0,47 kg/kg wsadu**

**40 % mniej
CO₂**

TEMPERATURA PROCESU



Energia
elektryczna
-48%



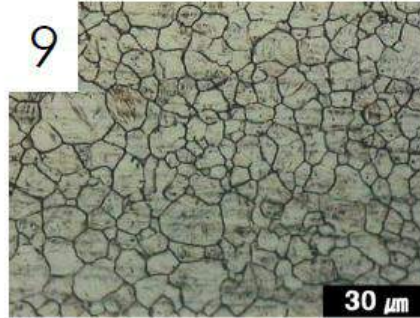
Energia
elektryczna
-53%

ROZROST ZIARNA AUSTENITU

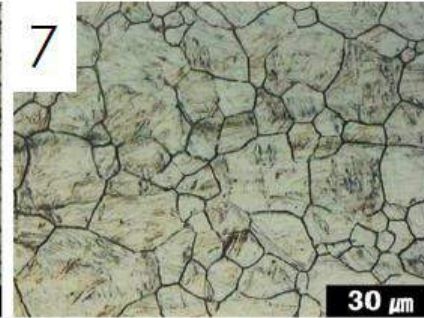
Industrial Limit
ASTM 5

900°C

9



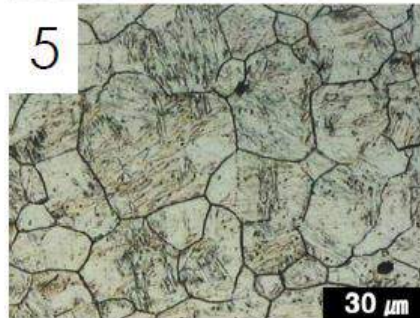
7



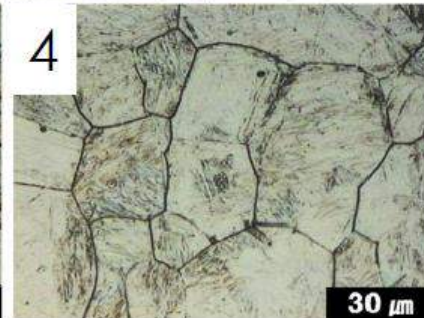
950°C

1000°C

5



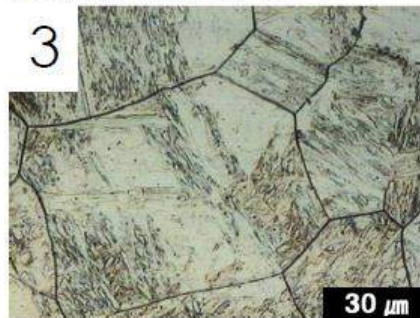
4



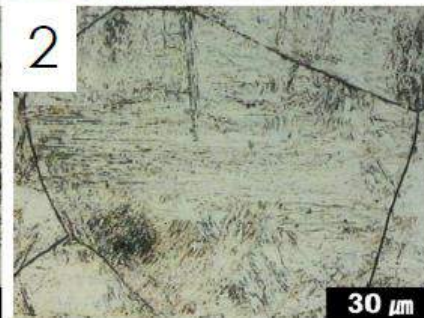
1050°C

1100°C

3

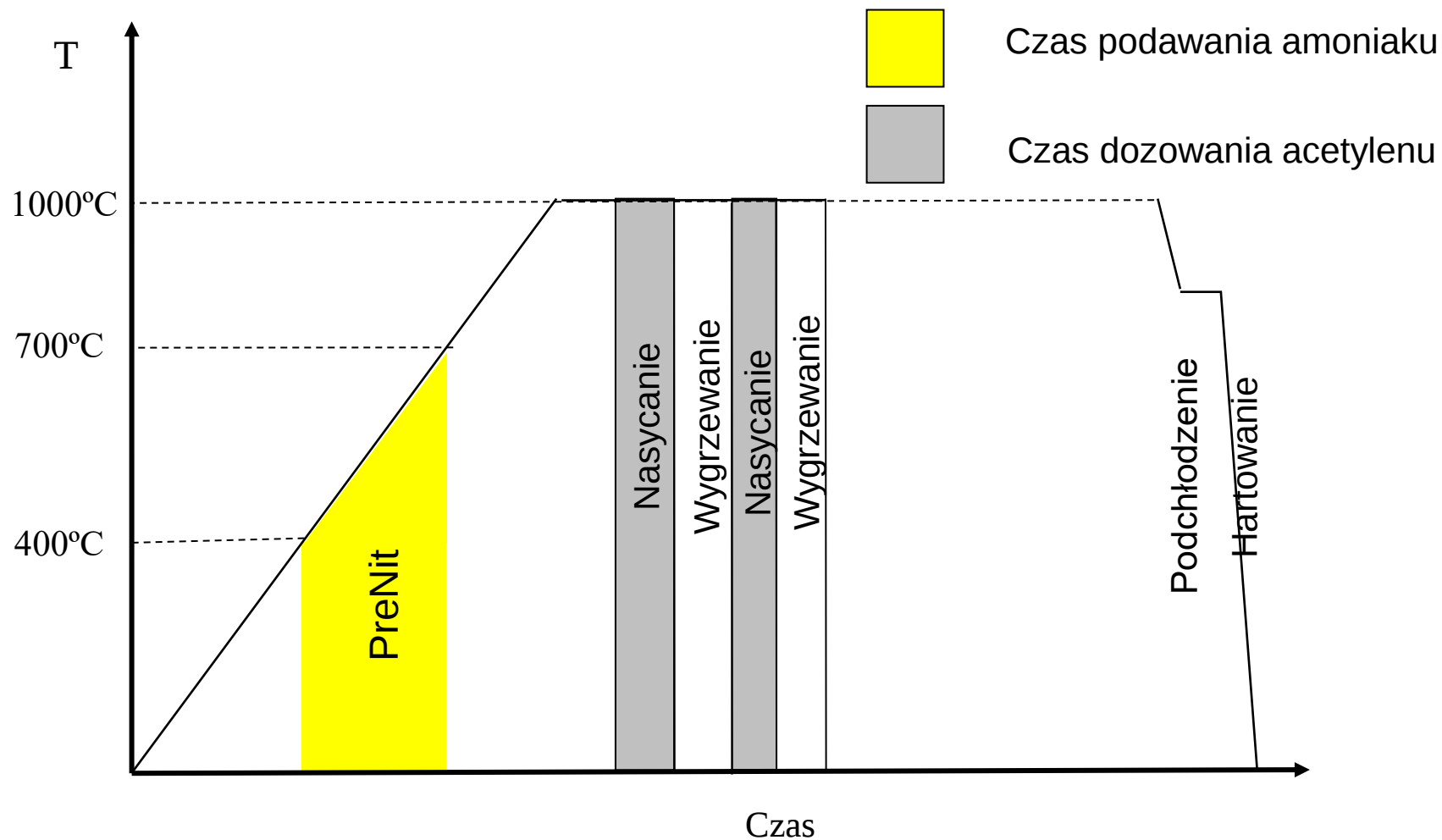


2



1150°C

PRENIT LPC



PRENIT LPC - PRZYKŁAD

Dwa procesy LPC:

Standardowe LPC
950 °C

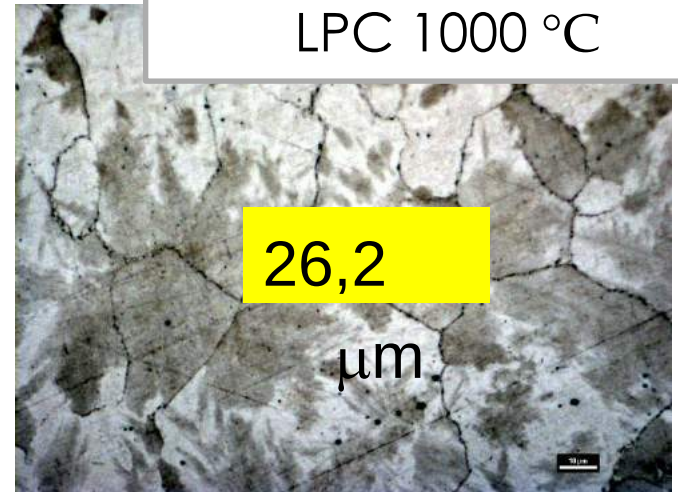
1h 47 min

PreNit + LPC
1000 °C

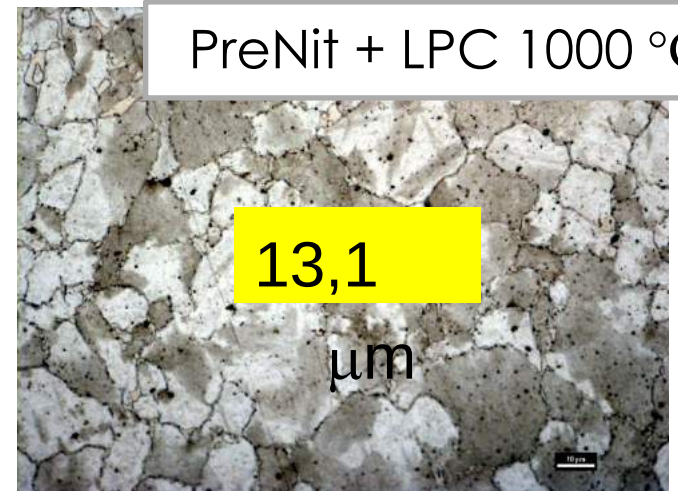
0h 54 min

- Skrócenie czasu procesu
- Ograniczenie rozrostu ziarna

LPC 1000 °C



PreNit + LPC 1000 °C

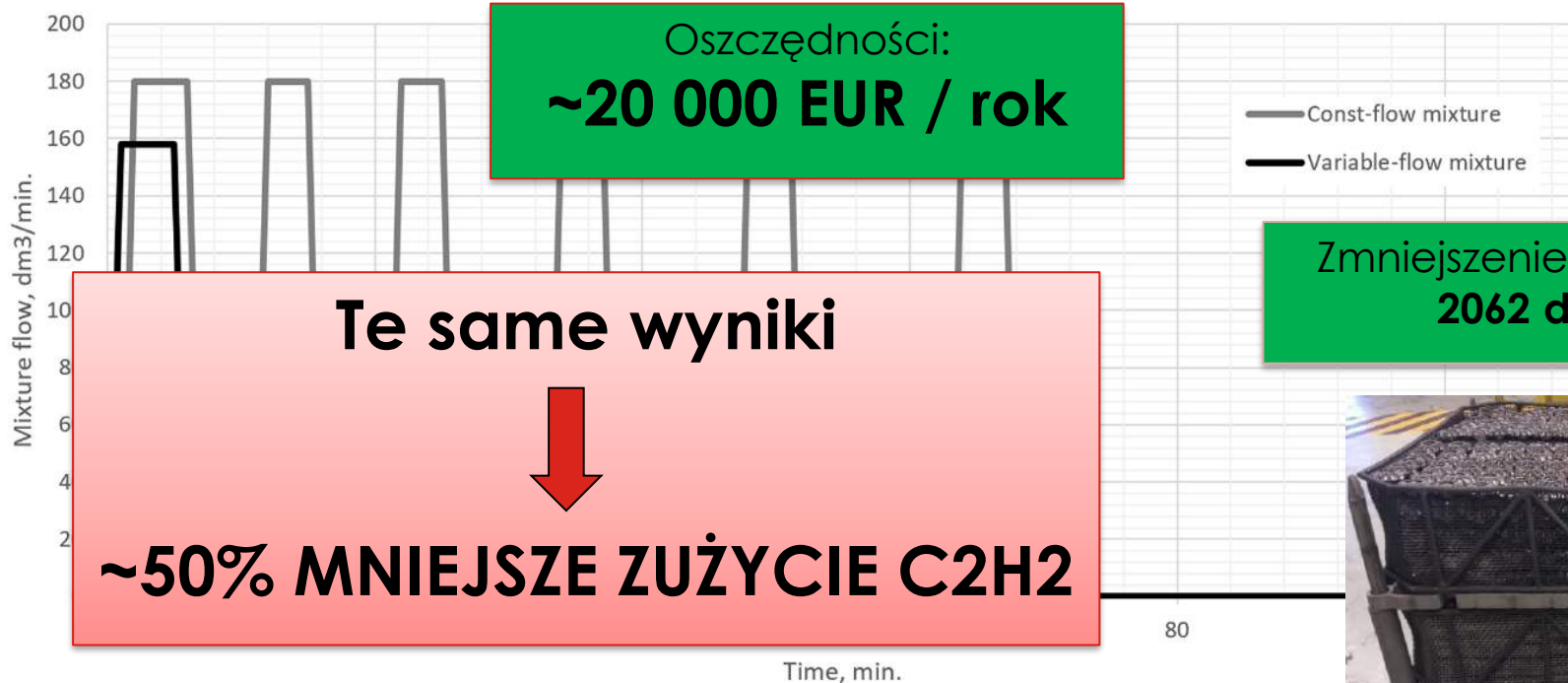


18CrNiMo7-6

OPTIMALIZACJA ZUŻYCIA GAZÓW NAWĘGLAJĄCYCH

PROCES BAZOWY:
LPC 960°C + HARTOWANIE W OLEJU
Przepływ C₂H₂: stały, 180 dm³

PROCES OPTIMALIZOWANY:
LPC 960°C + HARTOWANIE W OLEJU
Przepływ C₂H₂: dopasowany



Wymagania:
Twardość: 60÷64 HRC
ECD: 0,8÷1,1 mm

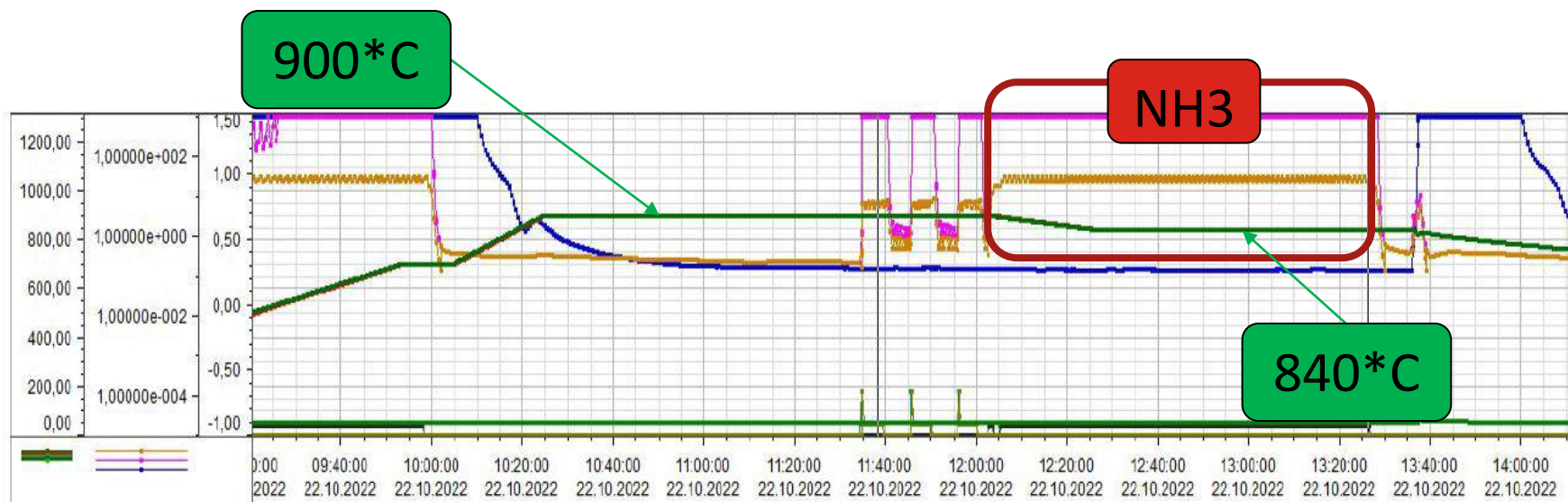
Zmniejszenie zużycia gazów:
2062 dm³ (~50%)



Źródło: E. Wołowicz-Korecka et al. Calculation of the mixture flow in a low-pressure carburizing proces. Metals 9 (2019) 439-46.

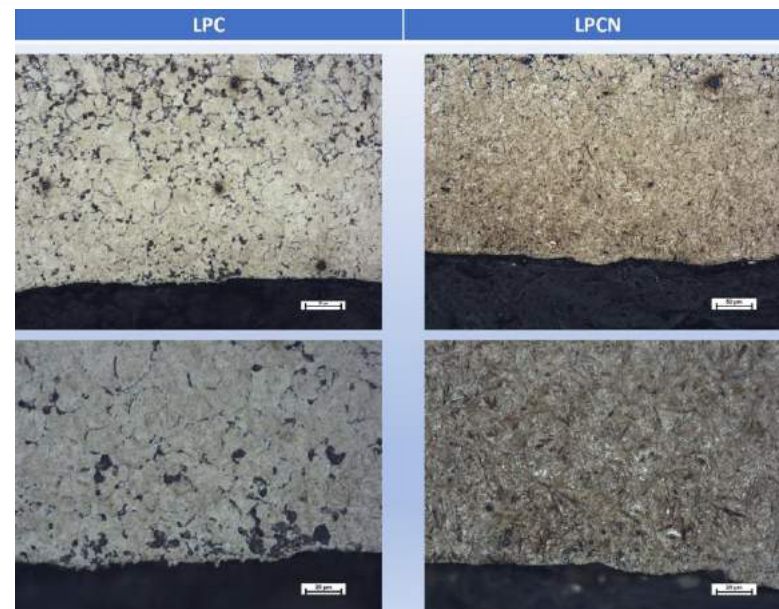
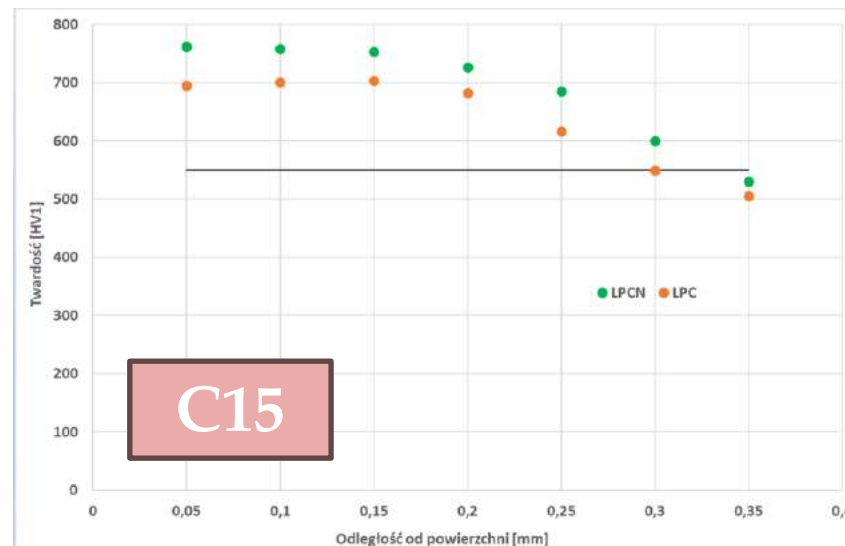
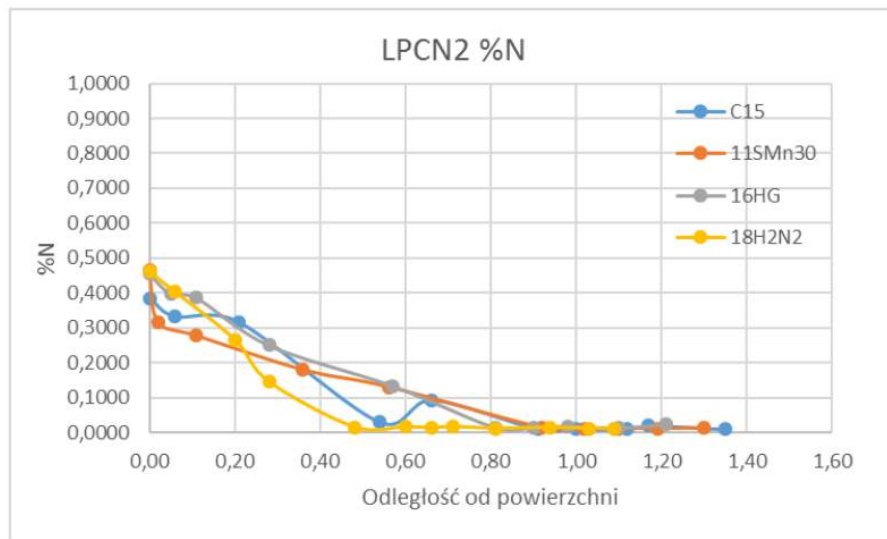
WĘGLOAZOTOWANIE NISKOCIŚNIENIOWE

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



WĘGLOAZOTOWANIE NISKOCIŚNIENIOWE

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



WĘGLOAZOTOWANIE NISKOCIŚNIENIOWE – CASE STUDY



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

Wymagania:

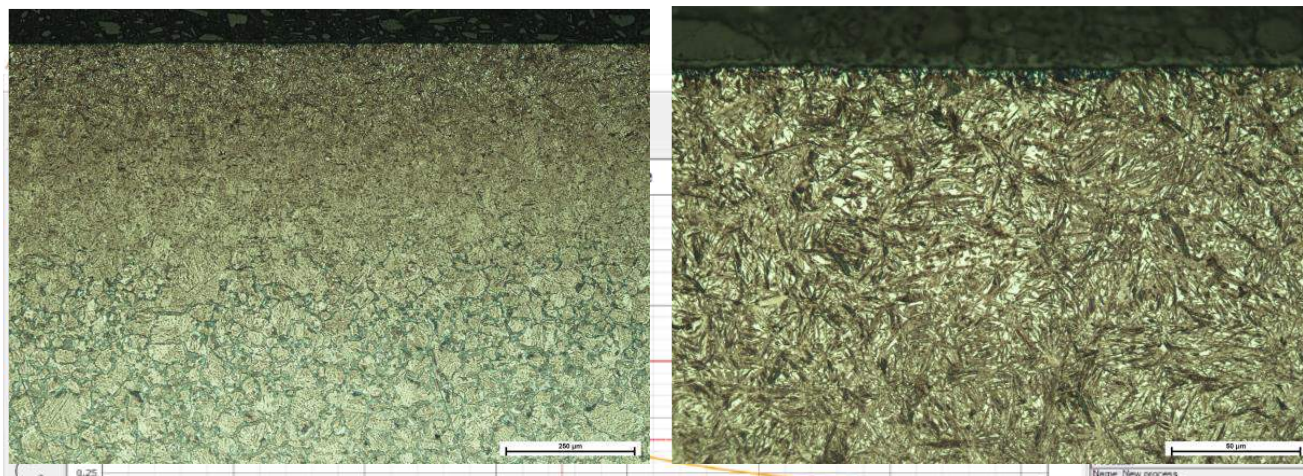
ECD: 0,3 - 0,4 mm

Twardość powierzchniowa:

700 – 875 HV



WĘGLOAZOTOWANIE NISKOCIŚNIENIOWE – CASE STUDY



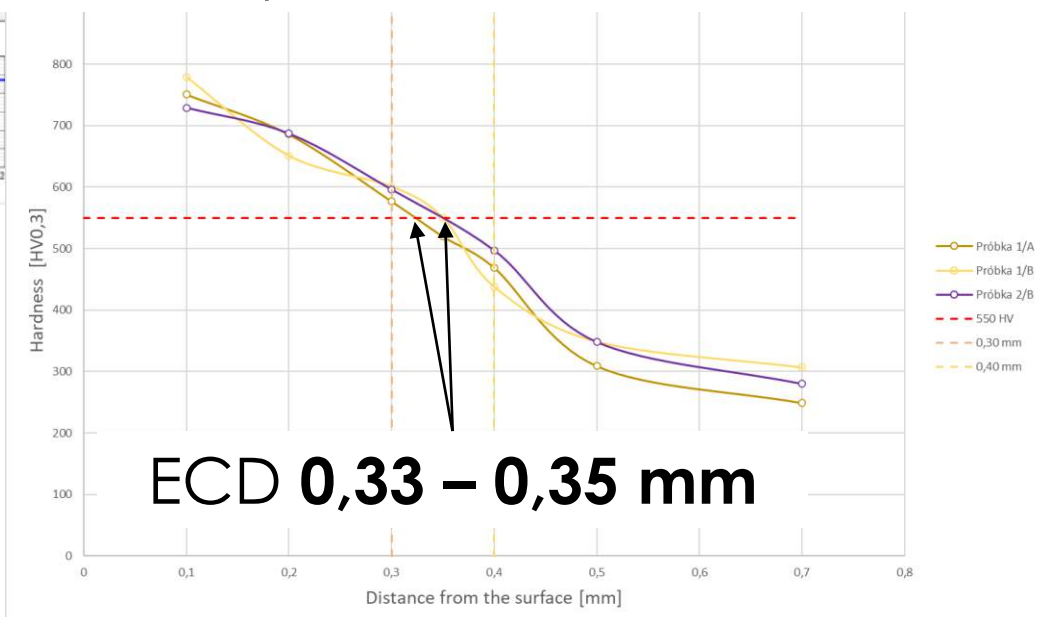
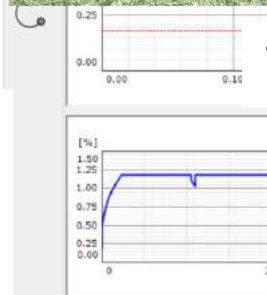
Twardość powierzchniowa **750 – 770 HV**

Wymagania:

ECD: 0,3 - 0,4 mm

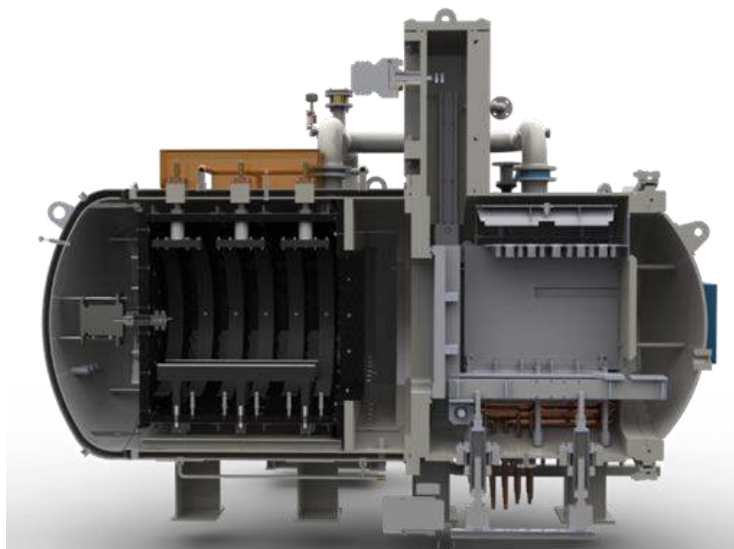
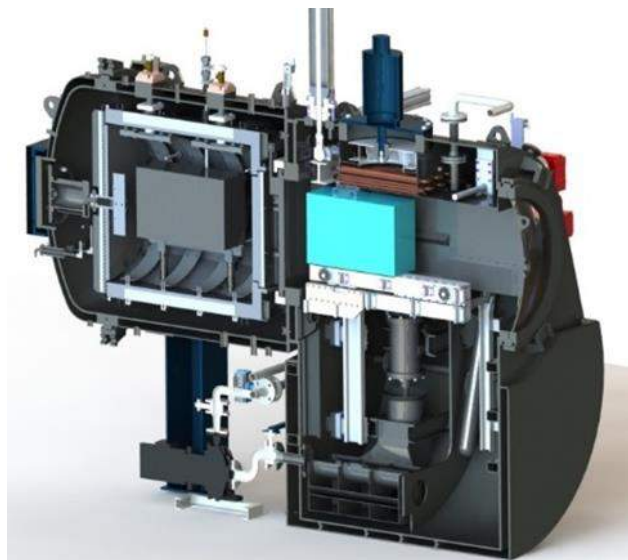
Twardość powierzchniowa:

700 – 875 HV

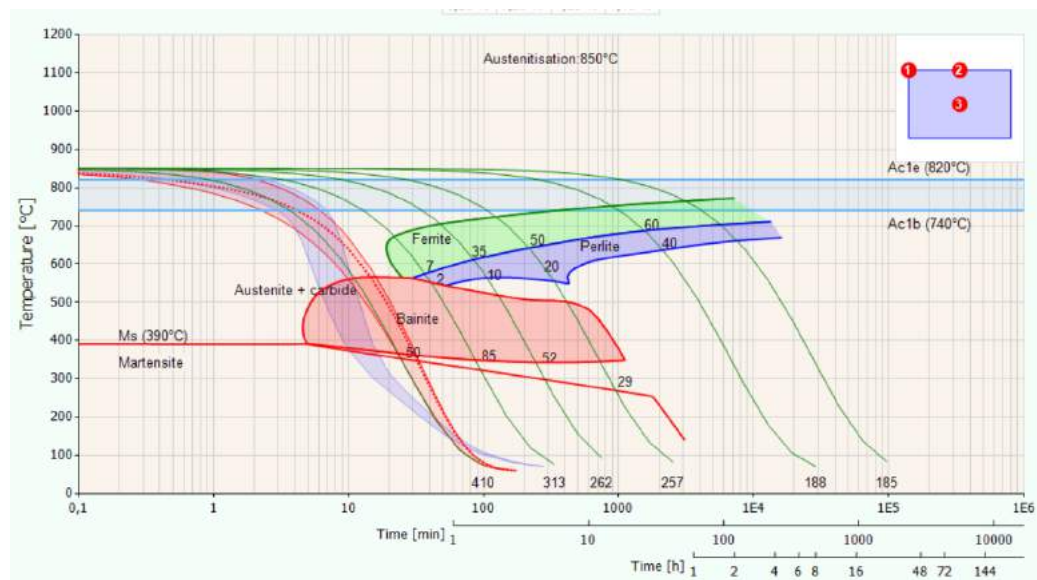


ECD 0,33 – 0,35 mm

HARTOWANIE W GAZIE I OLEJU



SECO/WARWICK INVENTION MEETS RELIABILITY



Hartowanie w gazie

- Wystarczające dla wielu gatunków stali (m.in. 16MnCr5, 20MnCr5, 18CrNiMo7-6)
- Pozwala uzyskać mniejsze odkształcenia
- Nie wymaga mycia części po hartowaniu
- Obniża koszty procesu

PODSUMOWANIE

- / Technologie nawęglania i węgloazotowania niskociśnieniowego nie powodują bezpośredniej emisji CO₂ (**zero CO₂**).
- / Wyższa temperatura procesu umożliwia **skrócenie czasu procesu**, a także zmniejszenie zużycia energii i śladu węglowego.
- / Hartowanie w gazie pozwala wyeliminować mycie części po hartowaniu.
- / Piece próżniowe do nawęglania niskociśnieniowego są ekonomicznym i perspektywicznym rozwiązaniem, które spełnia wymagania przemysłu i wpisuje się w obecne kierunki rozwojowe.



SECO/WARWICK

WWW.SECOWARWICK.COM

SECO/WARWICK S.A.

dr inż. Agnieszka Brewka-Stanulewicz

Główny Technolog Obróbki Ciepłej