



Politechnika  
Śląska



UCZELNIA  
BADAWCZA  
INICJATYWA DOSKONAŁOŚCI

Akademia Inżynierska w Polsce

Academy of Engineering in Poland



# Analiza możliwości wdrożenia zielonej transformacji w przemyśle hutniczym

Prof. dr hab. inż. Jerzy Łabaj

Katowice, 27.05.2026r.

## Europejski Zielony Ład (European Green Deal)

European Union zakłada osiągnięcie:

- neutralności klimatycznej do 2050 r.,
- redukcji emisji CO<sub>2</sub> o co najmniej 55% do 2030 r.

### Przemysł metalurgiczny został uznany za:

- sektor strategiczny,
- wysokoemisyjny i wymagający głębokiej dekarbonizacji





**Materiałochłonność zielonych technologii**  
Technologie niskoemisyjne są znacznie bardziej materiałochłonne niż konwencjonalne.



**Przykłady:**  
elektrownie wiatrowe wymagają:  
stali, miedzi, pierwiastków ziem rzadkich,  
samochody elektryczne:  
2–6 razy więcej surowców niż auta spalinowe,  
sieci energetyczne:  
ogromne zasoby miedzi i aluminium.

## Emisyjność przemysłu metalurgicznego

Produkcja metali pozostaje wysokoemisyjna:

- stal – oparta na węglu (proces wielkopiecowy),
- aluminium – bardzo energochłonne,
- metale krytyczne – wymagają skomplikowanych procesów chemicznych.



## Kierunki transformacji



Sektor	Energia elektryczna	Całkowita energia procesu
Hutnictwo stali	~3–5 TWh/rok	~22–42 TWh/rok
Hutnictwo miedzi	~2,5–3 TWh/rok	~5–10 TWh/rok
Produkcja cynku	~0,3–0,6 TWh/rok	~1–2 TWh/rok

## „Zielony paradoks” transformacji

Aby ograniczyć emisje CO<sub>2</sub>:

- trzeba zwiększyć wydobycie surowców,
- zwiększenie obciążeń środowiskowych.

Przykładowo:

- rozwój elektromobilności zmniejsza emisje w transporcie, ale zwiększa presję na:
  - wydobycie litu,
  - produkcję baterii,
  - zużycie energii w przemyśle.



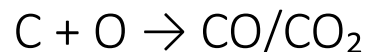
## Kierunki transformacji



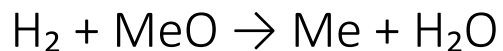
Wodór (H<sub>2</sub>) — główny kierunek strategiczny

Idea:

zamiast:



stosuje się:



### Biomasa

może tworzyć:

- biochar,
- biokoks,
- węgiel drzewny.

Te materiały zawierają: węgiel pierwiastkowy, lotne składniki,

Mogą więc:

redukować tlenki metali,  
częściowo zastępować koks.

### PCB może zastępować koks lub paliwo

zawiera:

- znaczną ilość części organicznych,
- węgiel i wodór w żywicach.

Podczas topienia:

frakcja organiczna ulega spalaniu/pirolizie,  
generuje ciepło i gazy redukcyjne.

## Ośrodki badawcze

**Politechnika Śląska – Wydział Inżynierii Materiałowej i Cyfryzacji Przemysłu**

**Uniwersytet Techniczny w Koszycach**

**Akademia Pożarnicza w Warszawie**

**Sieć Badawcza Łukasiewicz Instytut Metali Nieżelaznych w Gliwicach**

**Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie**

**Główny Instytut Górnictwa**

## Zespół badawczy



Mgr inż. Łukasz Kortyka



Prof. Leszek Blacha



Mgr inż. Łukasz Myćka



Dr inż. Tomasz Matuła



Prof. Jerzy Łabaj



Dr inż. Bartosz Chmiela



St. kpt. dr inż. Szymon Ptak



Prof. Robert Findorak



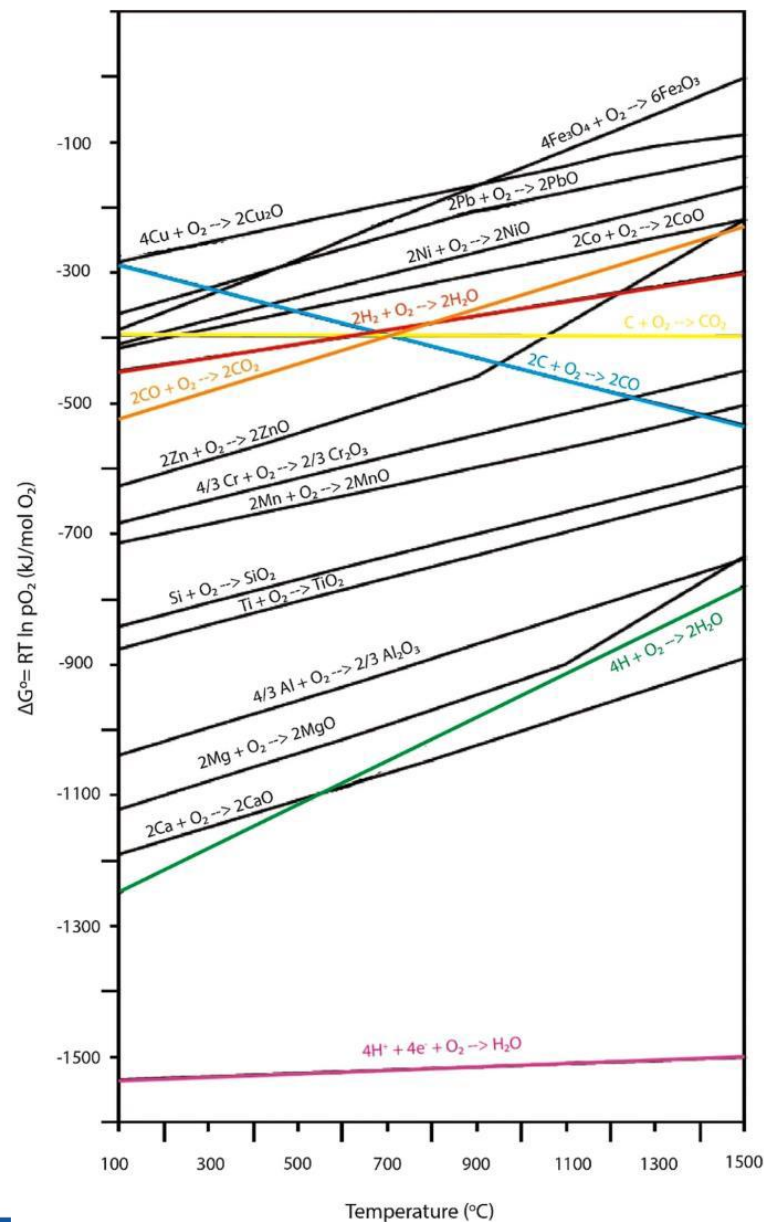
Prof. Albert Smalcerz

# Analiza termodynamiczna

$$\Delta G_T$$

$$\Delta H_T$$

$$\Delta S_T$$

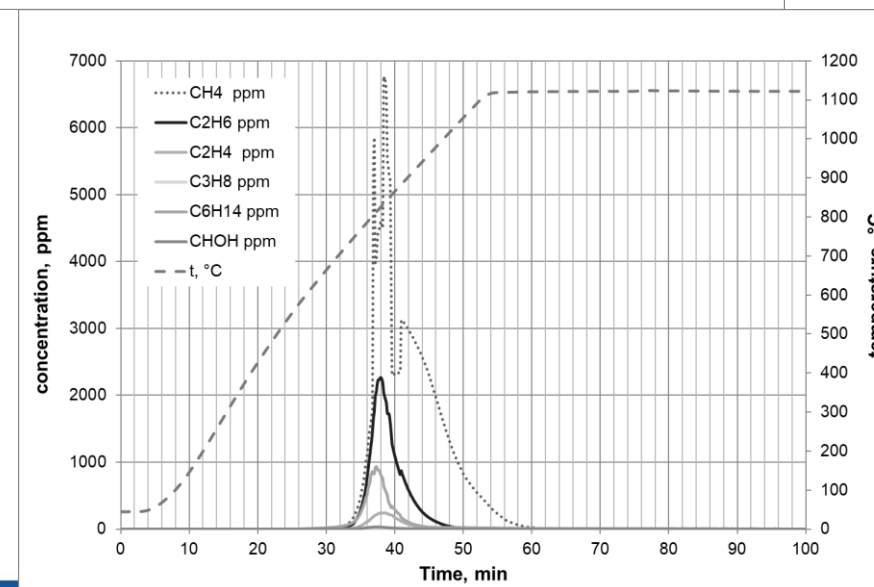
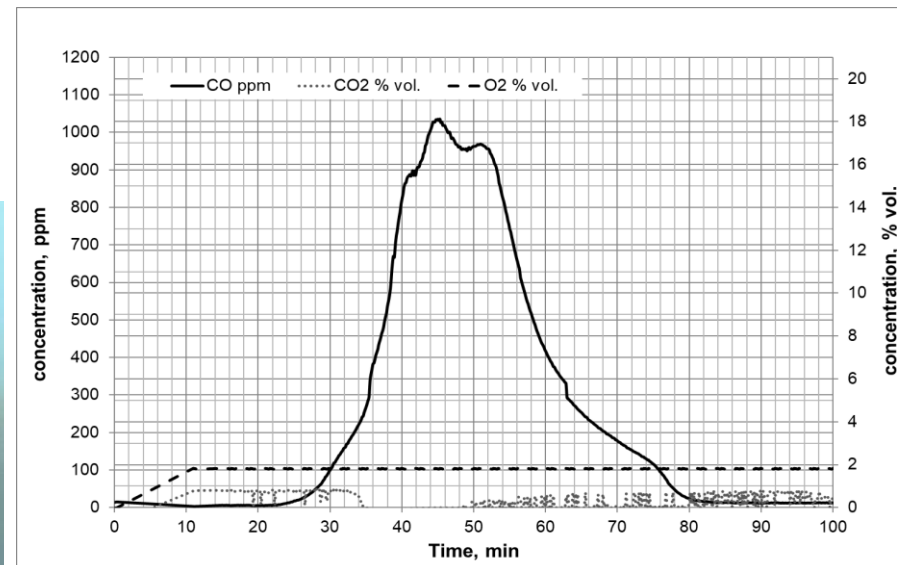


Diagramem Ellinghama dla wybranych tlenków

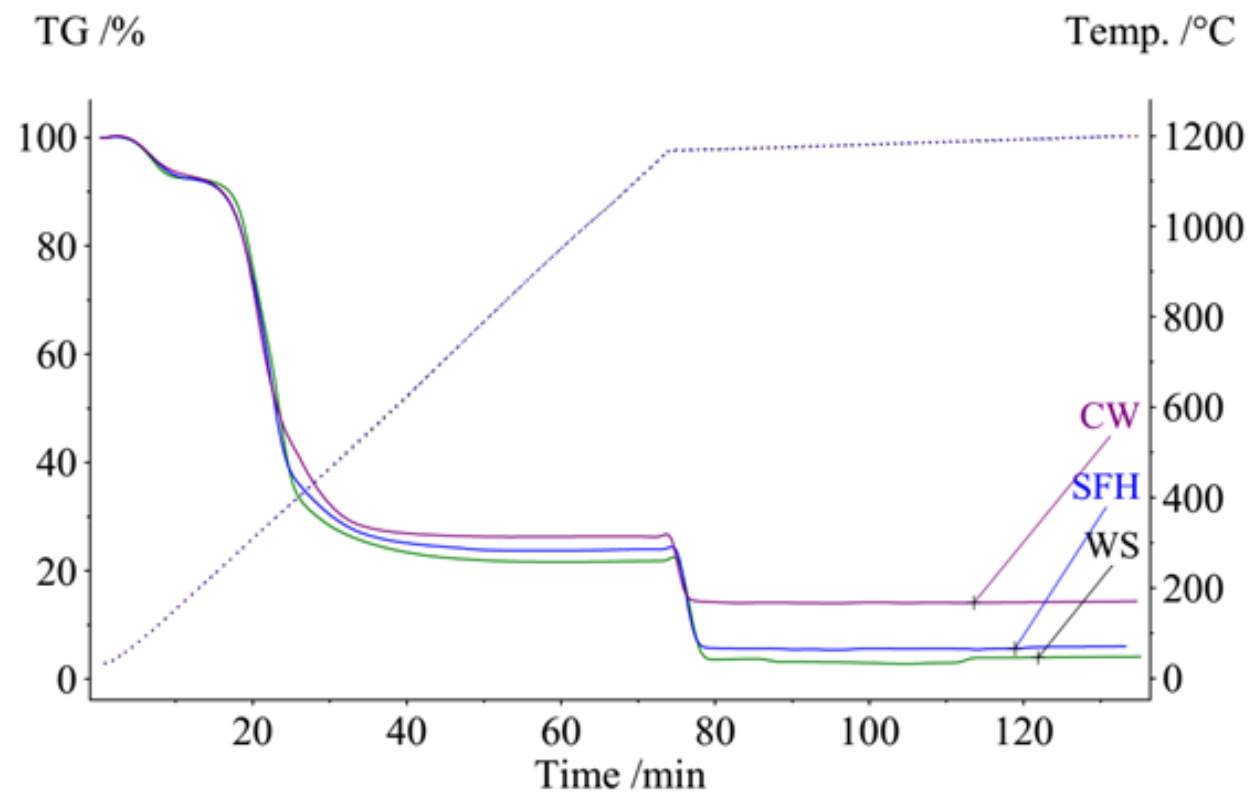
## Potencjał badawczy



Analizator składu spalin: Gaset™ DX4000 firmy Gaset Technologies Inc. oraz OXYMAT61 firmy Siemens.



## Potencjał badawczy



Reactivity of samples during linear heating in an inert atmosphere and isothermal heating in  $\text{CO}_2$  gas.

- coffee ground (SCG), - sunflower husk (SFH) - walnut shell (WS)

## Potencjał badawczy

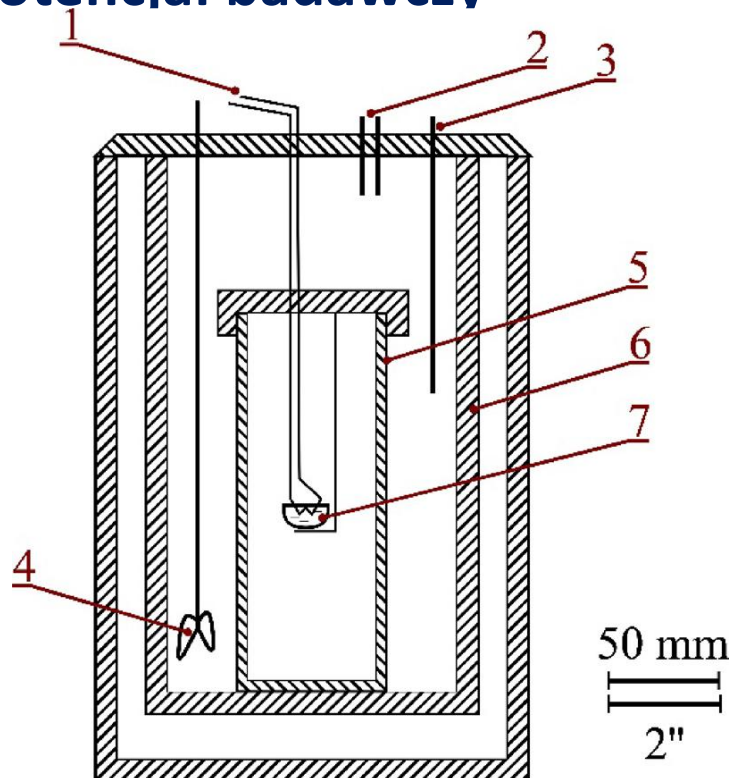


Table 3. Results of the heat of combustion values for the selected types of biomass

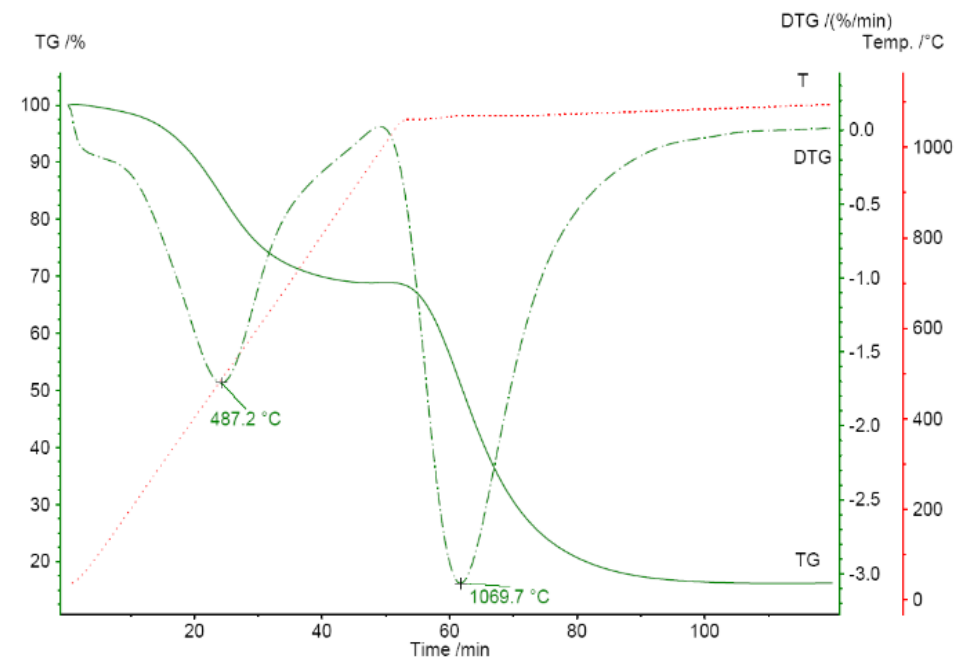
Biomass type	$Q, \text{kJ/kg}$	$Q_{av}, \text{kJ/kg}$	$\sigma, \text{kJ/kg}$	Notes
Walnut shell	18039	18132	116	[30]
	18262			
	18095			
Peanut shell	18266	18005	559	[29]
	17362			
	18386			
Olive pits	16863	16782	202	own elaboration
	16931			
	16552			
Cherry pits	19535	19995	398	own elaboration
	20211			
	20238			
<i>Pinus sylvestris</i> cones	18356	18006	318	own elaboration
	17928			
	17734			

Caloric bomb for heat of combustion measurements according to EN ISO 1716. 1–ignition leads; 2–oxygen inlet; 3–temperature sensor; 4–stirrer; 5–calorimetric bomb; 6–outer (thermally insulated) water jacket; 7–crucible with the test specimen.

## Potencjał badawczy



Analizator termograwimetryczny, model STA 449 F3 Jupiter, firmy NETZSCH.



The TGA of sample in the combined atmosphere ( $N_2$  for linear  $20^\circ C/min$  and  $CO_2$  for quasi-isothermal heating)

## Potencjał badawczy



*Mieszalnik*



*Peletownica*



*Wago-suszarka*

## Potencjał badawczy

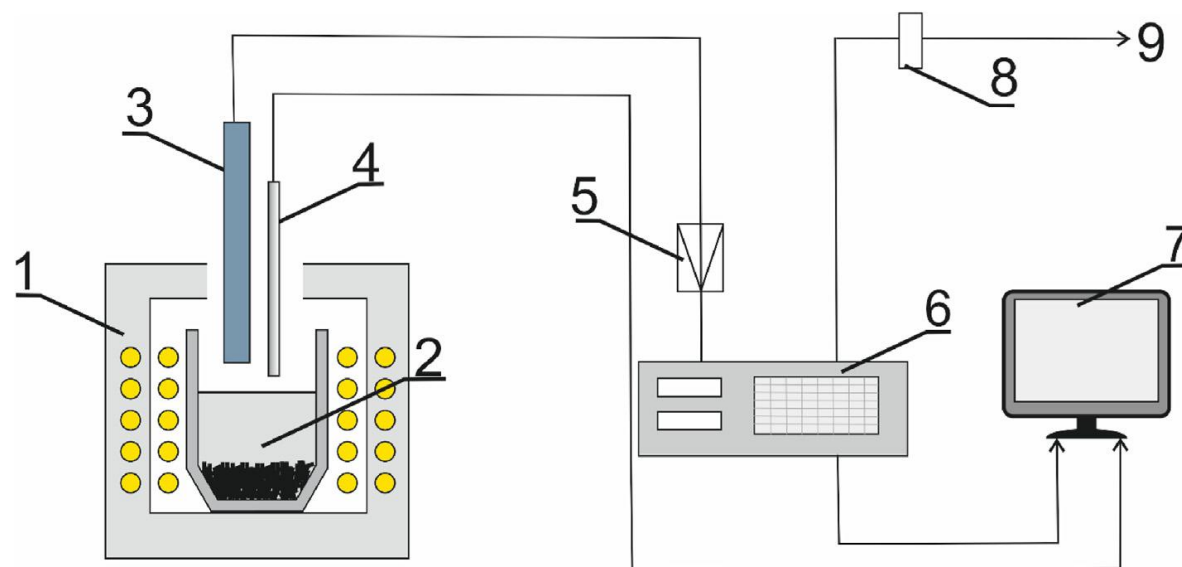
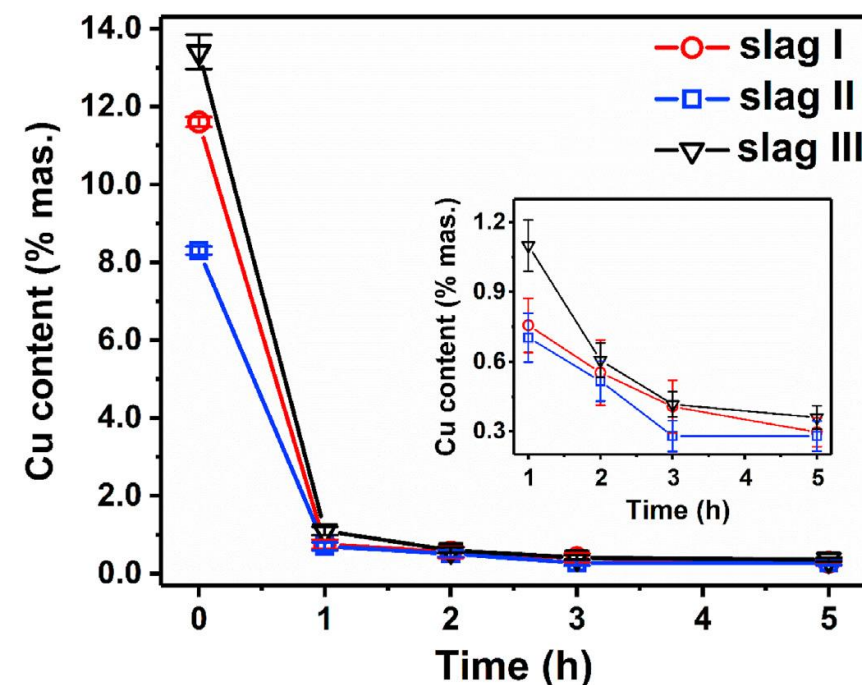


Diagram of a crucible with a sample of slag placed inside and technical additives 1 e furnace, 2 e sample of a slag and additives; 3 e gas sampling lance; 4 e thermocouple; 5 e filter; 6 e gas chemical composition analyzer; 7 e data recording; 8 e gas scrubber; 9 e gas outlet.

$$\xi = \frac{C_{Cu}^0 - C_{Cu}^t}{C_{Cu}^0} \cdot 100 \%$$

where:  $C_{Cu}^0$  – initial concentration of copper in the slag, wt.%, and  $C_{Cu}^t$  – final copper concentration after slag treatment, wt.%.



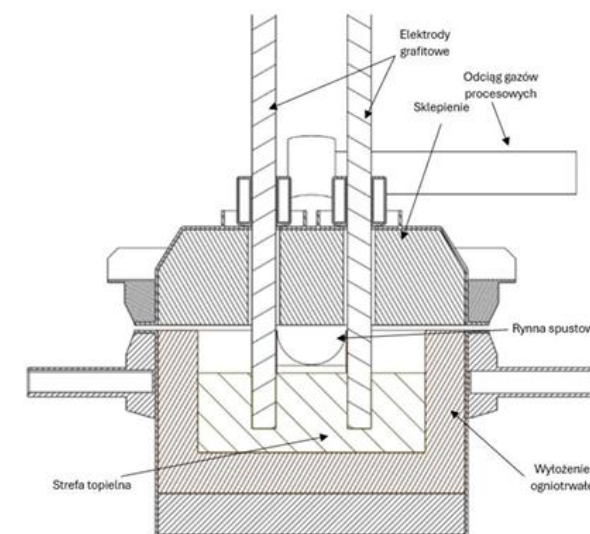


## DOKTORANT:

mgr inż. Łukasz Myćka

## DYSCYPLINA NAUKOWA:

Inżynieria materiałowa



## TYTUŁ REALIZOWANEGO DOKTORATU:

„BADANIA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA BIOMASY JAKO REDUKTORA W PROCESACH REDUKCJI  
MATERIAŁÓW TLENKOWYCH METALI NIEŻELAZNYCH”

17

## CELE PROJEKTU DOKTORSKIEGO:

Głównym celem było określenie możliwości zastosowania materiałów biomasowych jako reduktora tlenków metali w procesie przetopu żużli metalurgicznych. Celem użytecznym pracy było, w oparciu o wyniki badań laboratoryjnych, dobranie parametrów do przeprowadzenia badań procesu redukcji w skali wielkolaboratoryjnej.

## OTRZYMANE REZULTATY:

Uzyskane wyniki potwierdziły, że wykorzystanie biomasy jako reduktora w procesach hutniczych może stanowić częściową alternatywę dla technologii redukcji żużli metalurgicznych koksem.



Politechnika  
Śląska



UCZELNIA  
BADAWCZA

INICJATYWA ODSKONALOCY



## **DOKTORANT:**

mgr inż. Łukasz Kortyka

## **DYSCYPLINA NAUKOWA:**

Inżynieria materiałowa



## **TYTUŁ REALIZOWANEGO DOKTORATU:**

„BADANIA ODZYSKU METALI Z WYBRANYCH ŻUŻLI METALURGICZNYCH Z WYKORZYSTANIEM PŁYTEK OBWODÓW DRUKOWANYCH JAKO REDUKTORA”

18

## **CELE PROJEKTU DOKTORSKIEGO:**

Określenie możliwości zastosowania złomu PCB jako alternatywnego reduktora tlenków metali zawartych w żużlu metalurgicznym oraz opracowanie założeń do implementacji technologii w warunkach zakładowych.

## **OTRZYMANE REZULTATY:**

Uzyskane wyniki potwierdziły, że technologia wykorzystania złomu PCB jako reduktora w procesach hutniczych może stanowić innowacyjną, alternatywną technologię recyklingu żużli metalurgicznych.

Kancelaria Ogólna

Warszawa, 2026-02-26

Nasz znak: POTWIERDZENIE/1389627/P.454888  
Wasz znak: 7/2026/DW

#### POTWIERDZENIE

Urząd Patentowy RP stwierdza, że dnia 2026-02-26 przyjęto w formie elektronicznej wniosek o udzielenie patentu na wynalazek:

**Sposób wykorzystania odpadów elektronicznych w recyklingu żużli metalurgicznych.**

Zgłoszenie oznaczono numerem: P.454888

[WIPO ST 10/C PL454888]

Zgłaszający: Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Metali Nieżelaznych, Gliwice, Polska  
Politechnika Śląska, Gliwice, Polska

Kancelaria Ogólna

Warszawa, 2026-02-26

Nasz znak: POTWIERDZENIE/1389831/P.454895  
Wasz znak: 8/2026/DW

#### POTWIERDZENIE

Urząd Patentowy RP stwierdza, że dnia 2026-02-26 przyjęto w formie elektronicznej wniosek o udzielenie patentu na wynalazek:

**Sposób redukcji żużli metalurgicznych miedzio i ołowionośnych.**

Zgłoszenie oznaczono numerem: P.454895

[WIPO ST 10/C PL454895]

Zgłaszający: Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Metali Nieżelaznych, Gliwice, Polska  
Politechnika Śląska, Gliwice, Polska

Dokument wystawiony automatycznie przez system teleinformatyczny UPRP.

## PROGRAM BATAS

**Dla proekologicznych działań KGHM Polska Miedź S.A. wiodące znaczenie mają trzy litery – BAT. Ten skrót oznacza Najlepsze Dostępne Techniki (ang. Best Available Technology). W czerwcu 2016 roku wydana została decyzja wykonawcza Komisji Europejskiej ustanawiająca konkluzje (tzw. wytyczne) dotyczące BAT dla przemysłu metali nieżelaznych. Celem wprowadzenia wytycznych jest poprawa jakości powietrza, gleb oraz wód na terenie Unii Europejskiej.**

Dla KGHM Polska Miedź S.A. oznacza to potrzebę unowocześnienia infrastruktury, która zminimalizuje oddziaływanie na środowisko. W odpowiedzi na tę potrzebę w Spółce uruchomiono Program BATAS („Program dostosowania instalacji technologicznych KGHM Polska Miedź S.A. do wymogów Konkluzji BAT dla przemysłu metali nieżelaznych wraz z ograniczeniem emisji arsenu”). W ramach tego programu rozpoczęto w hutach KGHM Polska Miedź S.A. budowę nowych instalacji i modernizację instalacji istniejących. Program uruchomiono w 2017

roku, a jego zakończenie planowane jest w 2023 roku. W Hucie Miedzi Głogów oraz w Hucie Miedzi Legnica powyższy program realizowany jest przez budowę nowych oraz dostosowanie istniejących instalacji technologicznych. Celem Programu jest ograniczenie emisji pyłowo-gazowej, w tym związków arsenu, poprzez zabudowę nowoczesnych filtrów oraz dalszą hermetyzację procesów technologicznych. W ramach Programu w Hucie Miedzi Głogów do tej pory:

- wybudowano instalację podawania mielonego żużla poolowowego do pieca zawieszinowego w Hucie Miedzi Głogów II,
- wybudowano magazyn i plac dla materiałów ołowionożelaznych w Hucie Miedzi Głogów II,
- wybudowano instalację do odsiarczania gazów z pieca Kaido na Wydziale Metali Szlachetnych w Hucie Miedzi Głogów,
- wybudowano gazociąg obejściowy pieców zawieszinowych w Hucie Miedzi Głogów - instalacje zapewnią w przypadku awarii pieców zawieszinowych oczyszczenie gazów w instalacjach Fabryk Kwasów Siarkowych,
- wybudowano instalację do usuwania pyłów z gazów z odciągów ze spustu żużla i miedzi z pieca zawieszinowego w Hucie Miedzi Głogów II,
- zmodernizowano instalację odsiarczająco-odpylającą gazy technologiczne z konwertorów w Hucie Miedzi Głogów II.



W Hucie Miedzi Legnica zmodernizowano układ odpylania filtra workowego pieca szybowego I i filtrów kasetowych pieców szybowych 2 i 3, zbudowano drugi stopień odpylania mokrego na instalacji odpylania suszarni w celu obniżenia emisji arsenu i rtęci. zaprojektowano i wykonano instalację do usuwania arsenu z gazów z nad maszyn odlewniczych TM-16 i uruchomiono pierwszą część instalacji do usuwania arsenu i rtęci z gazów przed instalacją Solinox.

W 2022 roku planowane są dalsze prace, w tym m.in.:

- modernizacja instalacji odsiarczająco-odpylającej gazy technologiczne z konwertorów w HM Głogów,

- P-31 Modernizacja instalacji do redukcji emisji zanieczyszczeń do powietrza z gazami procesowymi z pieców Dörschla - etap II w Hucie Miedzi Głogów,
- zabudowa instalacji do odsiarczania i odpylania gazów poprocesowych z granulacji w Hucie Miedzi Legnica,
- dalsze prace nad instalacją do usuwania arsenu i rtęci z gazów przed instalacją Solinox w Hucie Miedzi Legnica.

### EFEKTY ZAKOŃCZONYCH DO 2021 ROKU W KGHM POLSKA MIEDŹ S.A. INWESTYCJI W ZAKRESIE DZIAŁAŃ DOSTOSOWAWCZYCH INSTALACJI DO WYMOGÓW KONKLUZJI BAT DLA PRZEMYSŁU METALI NIEŻELAZNYCH PRZEDSTAWIA PONIŻSZA TABELA:

Nazwa zadania/ inicjatywy	Oczekiwane dostosowanie do poz. BAT Poziomy emisji powiązane z BAT (BAT-AEL)	Termin zakończenia zadania. Osiągnięte parametry (w trakcie testów parametrów gwarantowanych)	Zmiana godzinowej emisji pyłu, godzinowej emisji arsenu w pyłe
<b>Modernizacja układu odpylania filtra workowego Psz.1 i filtrów kasetowych PSZ 2 i Psz3 na Piecach Szybowych</b>	<b>BAT 39:</b> Pył - 2-5 (mg/Nm <sup>3</sup> ) As - 0,05 (mg/Nm <sup>3</sup> )	<b>Grudzień 2019</b> Pył - poniżej 1 (mg/Nm <sup>3</sup> ), As - poniżej 0,05 (mg/Nm <sup>3</sup> ), średnia 0,02 (mg/Nm <sup>3</sup> )	Pył - spadek o 97% As - spadek o 84%
<b>Budowa II-go stopnia odpylania mokrego na instalacji odpylania suszarni PW w celu obniżenia emisji As i Hg do poziomu określonych w konkluzji BAT</b> PMT "MULTICON" Sp. z o.o.	<b>BAT 38:</b> Pył - 3-5 (mg/Nm <sup>3</sup> ), As - 0,05 (mg/Nm <sup>3</sup> ) <b>BAT 1f:</b> Hg - 0,01 - 0,05 (mg/Nm <sup>3</sup> )	<b>Grudzień 2020</b> Pył - poniżej 1 (mg/Nm <sup>3</sup> ), As - poniżej 0,02 (mg/Nm <sup>3</sup> ), średnia 0,01 (mg/Nm <sup>3</sup> ) Hg - poniżej 0,004 (mg/Nm <sup>3</sup> ) średnia 0,002 (mg/Nm <sup>3</sup> )	As - spadek o 84%
<b>Zaprojektowanie i wykonanie instalacji do usuwania arsenu z gazów z nad maszyn odlewniczych TM-16</b>	<b>BAT 44:</b> Pył - poniżej 15 (mg/Nm <sup>3</sup> )	<b>Grudzień 2020</b> Pył - poniżej 2 (mg/Nm <sup>3</sup> ), średnia 1,6 (mg/Nm <sup>3</sup> )	Pył - spadek o 68% As - spadek o 75%



## Podsumowanie



MNIEJSZE EMISJE  
CO<sub>2</sub>



EFEKTYWNOŚĆ  
ENERGETYCZNA



GOSPODARKA  
OBIEGU ZAMKNIĘTEGO



ODPOWIEDZIALNE  
PROCESY



OSZCZĘDNOŚĆ  
WODY



INNOWACJE  
I CYFRYZACJA

Dziękuję za uwagę