

Dr hab. inż. Mikołaj Bernasowski

Kraków, dnia 17.06.2019

Akademia Górniczo-Hutnicza

im. Stanisława Staszica w Krakowie

Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej

Katedra Metalurgii Stopów Żelaza

Aleje Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

R E C E N Z J A

Rozprawy doktorskiej **pt. „*Analiza eksperymentalna redukcji pośredniej i bezpośredniej zgorzeliny w zakresie 900-1050°C*”**

Autor rozprawy: **mgr inż. Marcin Więcek**

Promotor: **dr hab. inż. Anna Konstanciak, prof. Politechniki Częstochowskiej**

Podstawa opracowania recenzji: **pismo Pana dr hab. inż. Marcina Knapińskiego prof. PCz, Dziekana Wydziału Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów Politechniki Częstochowskiej**

1. **Przedmiot recenzji.** Praca doktorska mgr inż. Marcina Więcka o objętości 155 stron składa się z 10 rozdziałów zawierających 50 rysunków i 95 tabel oraz *Literaturę* obejmującą 203 pozycje, wśród których są książki, monografie, artykuły opublikowane w czasopismach naukowych krajowych lub zagranicznych, referaty zamieszczone w materiałach konferencyjnych, dyrektywy RE oraz źródła internetowe.
2. **Tematyka rozprawy.** Tematyka podjęta w pracy jest nie nowa lecz wciąż aktualna i stanowi kontynuację prac badawczych wykonywanych w Katedrze Ekstrakcji i Recykulacji Metali Politechniki Częstochowskiej. Wybór zagadnienia jest uzasadniony, gdyż nie zbadano dostatecznie przerobu odpadów hutniczych poprzez ich metalizację w stanie stałym bezpośrednio po procesie produkcyjnym (bez wstępnej obróbki, zbrylania dodawania do mieszanek itd.). Podkreślić należy, że wybór tematu rozprawy jest konsekwencją finansowania przez NCBiR badań zrealizowanych w ramach projektu PBS nr 245969.

3. Uwagi ogólne. Praca ma układ klasyczny:

- wstęp
- przegląd literaturowy
- sformułowanie tezy i celu
- badania własne wraz z omówieniem i analizą wyników
- wnioski

Należy zaznaczyć że *Wstęp* jest nieco za krótki i w zasadzie już formułuje cele pracy. Jest chwalebne, że doktorant przechodzi do istoty sprawy bez zwłoki, jednak odbiera czytelnikowi możliwość dojścia do samodzielnych wywodów na podstawie przeglądu literatury.

Część literaturowa rozpatruje m. in. ogólnokrajową klasyfikację odpadów, opisuje również główne odpady hutnictwa żelaza i stali, ich parametry skład chemiczny, jednostkowe masy ich powstawania w kraju i za granicą. Następnie Autor przedstawia przegląd obecnie stosowanych metod recyklingu lub utylizacji odpadów hutniczych. Część literaturowa jest finalizowana opisem procesów redukcji tlenków żelaza, ich mechanizmami, stosowaniem różnych reduktorów oraz wpływu temperatury na kinetykę przebiegu tych procesów. Przegląd literatury jest oparty głównie na nowych publikacjach, jego budowa jest logiczna i komponuje się z wynikającymi z niej *tezami i celem* pracy.

Tezy i cel jasno określają, że w wyniku prowadzonych w ramach omawianej rozprawy badań z odpadu hutniczego poprzez redukcję mieszaną (tj. pośrednią i bezpośrednią) z udziałem wodoru lub redukcję pośrednią z udziałem wodoru w umiarkowanie wysokich temperaturach zostanie otrzymany wysokometalizowany produkt, który może stanowić wsad do procesu stalowniczego.

Jednak Autor w *Części badawczej* sięga dużo dalej poza wyznaczone cele. Przede wszystkim używa do badań dwóch typów urządzeń:

- 1) w piecu stacjonarnym aby zbadać redukcyjność odpadów przebywających w złożu ,oraz
- 2) w piecu obrotowym aby zbadać redukcyjność cząsteczek przesypanych się przez strumień gazowy reduktora.

Używa trzech różniących się pod względem powstawania w ciągu hutniczym produkcji stali materiałów odpadowych: zgorzeliny, pyłów i szlamów.

Należy wyrazić uznanie dla *czynnikowego planowania badań* które pozwoliły na skracanie ilości doświadczeń do niezbędnego minimum oraz określenia wagi wpływu czterech zmiennych parametrów na przebieg procesów redukcji.

Na pozytywną uwagę zasługuje także użycie różnych gazów oraz do procesów redukcji w tym przy udziale reakcji Boudouard'a jako etapu redukcji bezpośredniej. Taka różnorodność reduktorów oraz zróżnicowanie pod względem ich masowego przepływu daje lepsze zobrazowanie szybkości przebiegu redukcji i w konsekwencji zaprojektowania optymalnej technologii recyklingu.

4. **Uwagi szczegółowe.** Praca jest napisana starannie, lecz można napotkać pewne braki lub błędy stylistyczne.

Na przykład, ewidentnie brakuje zestawienia tabelarycznego składu chemicznego kolejno ponumerowanych odpadów pobranych do badania. Z tego powodu niezbyt oczywiste jest, wg. jakiej zasady próbki były klasyfikowane do dalszych badań. Należy zaznaczyć że ostatecznie kryterium doboru jak i ilość próbek materiałów odpadowych są prawidłowe.

Zauważalnym błędem stylistycznym jest natomiast użycie na **stronie 71** określenia „...ze wzrostem *temperatury zmniejsza się stopień utlenienia potencjału redukcyjnego tlenku węgla jako czynnika redukującego.*” Należałoby tutaj użyć określenia np. „*Ze wzrostem temperatury obniża się zawartość CO₂, a więc zwiększa się potencjał redukcyjny mieszanki*”.

Napotkano również pojedyncze błędy edytorskie, jak nieścisłości w nazwie i nagłówku tabeli (**tab.12**) lub brak opisów przy strzałkach na rysunku (**rys.5.**). Z kolei z **Rys. 12** wynika że próbki były umieszczone w tyglu grafitowym, a z opisu badań że w tyglu z żelaza Armco.

Takie jak wymienione powyżej błędy, są często popełniane przez młodych naukowców skupiających uwagę na przedmiocie badań, a nie na poprawności redagowania opisu wyników, uważam jednak że w tym przypadku nie zakłócają one całokształtu rozprawy i są wybaczone.

Natomiast należy zwrócić doktorantowi uwagę na dwie sprzeczności występujące w pracy:

- 1) We *Wstępie* doktorant pisze że „...uzyskany materiał po procesie redukcji poddano ocenie na przydatność wykorzystania jako wsad **w piecu elektrycznym...**” natomiast w *Tezach i celu pracy* „... uzyskane ze zgorzeliny żelazo gąbczaste będzie mogło stanowić materiał wyjściowy do produkcji stali opartej o **proces konwertorowy.**”
- 2) Przy opisie **Rys.17** na **stronie 70** można przeczytać że „...wykorzystywane jest jedynie ok. 30% CO...” i przy tym za chwilę napisane „Wskazuje to na spożytkowanie reduktora w ilości około 70%”. Reduktorem jest również CO, a więc mamy jednocześnie stwierdzenie z zaprzeczeniem.

Genezę zaistnienia tych sprzeczności w dysertacji Autor powinien przedstawić na publicznej obronie.

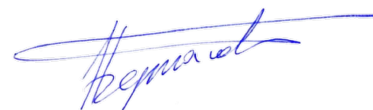
Kolejne uwagi dotyczą usuwania z odpadów związków i pierwiastków szkodliwych podczas redukcji **strony 74-75** **tabele 38-42:**

- 3) Suma ułamków molowych dla składników jednej fazy lub składników wszystkich faz powinna się równać **1**. I tak też jest przedstawione w **tabelach 38 i 40** dot. redukcji Zn i Cd. W **tabelach 41 i 42** dot. redukcji **K i Na** sumy ułamków molowych są mniejsze od jedności gdyż nie pokazane są ułamki **CO i CO₂**, można się domyślić, że Autor chciał uwypuklić jak się zmienia wraz ze temperaturą ilość wyredukowanych metali alkalicznych. Natomiast dla redukcji Pb (**tab. 39**) ukazuje dla fazy gazowej dużo większą od **1** sumę ułamków molowych. Dlaczego?
- 4) Poza tym **tabela 39** ukazuje dość znaczną ilość gazowego **Pb** w temp. 1050⁰C nie jest to zrozumiałe z uwagi na fakt że **Pb** paruje w temperaturze dopiero 1740⁰C. Więc jak można wytłumaczyć zaistnienie obecności par ołowiu w tak niskiej temperaturze.

Zaznaczyć należy, że wspomniane błędy dotyczą redukcji Pb natomiast w badanych odpadach zgodnie z **tabelami 44, 46 i 48** ołów nie występował.

5. **Podsumowanie.** Biorąc pod uwagę wszechstronną analizę literaturową dot. tematu rozprawy, zakres badań eksperymentalnych oraz wykorzystany warsztat badawczy należy pracę doktorską ocenić bardzo pozytywnie. Sformułowanie wniosków jest w pełni uzasadnione wynikami przeprowadzonych badań, z których wyraźnie wynika, że postawione tezy i cel pracy zostały zrealizowane. Zaletą pracy jest przeprowadzenie badań z wykorzystaniem wielu kombinacji reduktorów i temperatur do uzyskania metalizacji odpadów.

Przedłożona do recenzji praca doktorska mgr inż. Marcina Więcka spełnia warunki stawiane przez Ustawę o Stopniach i Tytule Naukowym i wnioskuję o dopuszczenie jej do publicznej obrony.



Mikołaj Bernasowski