

Dr hab. inż. Tomasz Wyleciał, prof. PCz
Zakład Pieców Przemysłowych i Ochrony Środowiska
Wydział Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów
Politechnika Częstochowska

Recenzja pracy doktorskiej Pana mgr inż. Ronalda Urbańczyka
pt. „Analiza możliwości obniżenia energochłonności procesu podgrzewania rud żelaza
w tunelu rozmrażalniczym”,
napisanej pod kierunkiem naukowym Pana dra hab. inż. Marcina Szegi prof. PŚ
oraz Pana dra inż. Adama Sachajdaka, opracowana na zlecenie Rady Wydziału Inżynierii
Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej (posiedzenie RW w dniu 14.12.2018 r.).

1. Ocena doboru tematu dysertacji

Przedstawiona do recenzji dysertacja dotyczy zagadnień obniżenia energochłonności procesu podgrzewania rud żelaza w tunelu rozmrażalniczym.

Zagadnienie podjęte w pracy nabiera szczególnego znaczenia w warunkach zimowych, kiedy, aby zapewnić ciągłość dostarczania rudy żelaza do procesu produkcji surówki, konieczne jest poddawanie rudy procesowi rozmrażania i podgrzewania. Tematyka dotycząca podgrzewania materiałów transportowanych w wagonach kolejowych jest dość specyficzna i obecnie mało rozpowszechniona; głównie ogranicza się do problematyki podgrzewania węgla kamiennego dostarczanego do elektrowni zawodowych. Literatura z tego zakresu nie jest obszerna.

Procesy, będące przedmiotem dysertacji, wymagają odpowiedniego zarządzania gospodarką energetyczną. Wszelkie działania w tym zakresie powinny być ukierunkowane na coraz bardziej sprawne prowadzenie procesów przemysłowych, co jest ważne tak z ekonomicznego jak i ekologicznego punktu widzenia. W wielości i złożoności wymogów, jakie należy spełnić, aby prowadzić jakąkolwiek działalność produkcyjną te dwa aspekty, ściśle ze sobą związane, są szczególnie istotne. Wytwarzanie czegokolwiek i nie liczenie się z finansami oraz z potencjalnym oddziaływaniem całego wytwórczego ciągu technologicznego na środowisko naturalne, to stawianie się już na starcie w gorszej pozycji względem konkurentów na coraz surowszym rynku towarów.

Podjęty temat rozprawy jak i jej cel ocenić należy, jako bardzo aktualny i uzasadniony, dobrze wpisujący się w główny nurt prac z obszaru poprawy eksploatacji urządzeń energetycznych.

2. Ogólna charakterystyka rozprawy

Rozprawa zawiera 171 stron i podzielona jest na 9 rozdziałów wraz z podrozdziałami, w tym 90 rysunków oraz 18 tabel, streszczeń w języku polskim i angielskim, spisu literatury cytowanej oraz załącznika. Wykaz cytowanej literatury obejmuje 36 pozycji, w tym 2 prace współautorstwa Autora rozprawy. W rozdziale dotyczącym literatury znajduje się także wykaz dodatkowych materiałów wykorzystanych w pracy: katalogów i adresów stron internetowych.

Tytuł rozprawy odpowiada jej treści, definiowanie pojęć występujących w pracy jest jednoznaczne i zgodne z polskim słownictwem technicznym. Układ pracy jest poprawny i typowy dla prac doktorskich. Układ graficzny pracy jest prawidłowy, praca została zilustrowana odpowiednio dobranymi rysunkami, zdjęciami, wykresami i tabelami. Za wyjątkiem nielicznych błędów literowych od strony formalnej i językowej praca napisana jest poprawnie.

W pierwszym rozdziale Autor wprowadza w zagadnienia technologii produkcji surówki żelaza i konieczności podjęcia procesowi rozmrażania i podgrzewania wagonów w czasie niesprzyjających warunków meteorologicznych oraz wskazał zakres przedstawionej dysertacji.

Rozdział drugi stanowi bardzo solidne opracowanie tematyki związanej z technologiami rozmrażania materiałów sypkich. W sposób szczegółowy omówione zostały konwekcyjna i radiacyjna metody podgrzewania materiału sypkiego znajdującego się w wagonie kolejowym. Opisano rozmrażalnię szerokotorową huty Arcelor Mittal, która była obiektem prowadzenia badań eksperymentalnych.

Rozdział trzeci zawiera poprawnie sformułowane trzy tezy pracy. Wyznaczono siedem celów cząstkowych, które świadczą o bardzo szerokim zakresie badań eksperymentalnych i symulacji numerycznych. Należy podkreślić, że wszystkie cele zostały w pełni zrealizowane. Ponadto taka struktura celów przyczyniła się do oryginalnego sposobu opracowania wyników badań.

W kolejnym rozdziale przedstawiono zaprojektowane i zbudowane przez Doktoranta laboratoryjne stanowisko badawcze, które umożliwiło wykonanie pomiarów cieplnych analizowanych rud żelaza. Wyniki badań eksperymentalnych posłużyły do opracowania i walidacji modelu matematycznego przepływu ciepła w rudzie żelaza w stanie usypanym. Model matematyczny zaimplementowano w programie Matlab. Celem

modelu było przede wszystkim wyznaczenie współczynników przewodzenia ciepła badanych rud żelaza.

Przedstawiona w pracy metodyka badań nie budzi zastrzeżeń merytorycznych. Wyniki obliczeń pola temperatury, uzyskane z wykorzystaniem modelu matematycznego, są zgodne z wynikami pomiarów otrzymanych w warunkach laboratoryjnych. Niemniej jednak, w przypadku jednego typu rudy (hematytowej) występują większe różnice, co wymagałoby dodatkowego komentarza.

Odnosząc się do treści tego rozdziału, pozwolę sobie sformułować jedną szczegółową uwagę. Analizując wyniki obliczeń modelowych, można postawić pytanie czy przyjęcie jednolitej siatki obliczeniowej nie było w pewnych przypadkach błędem. Na rys. 4.13 oraz 4.9 można zauważyć relatywnie duży gradient temperatury przy jednym brzegu analizowanego obszaru, podczas gdy na przeciwległym brzegu gradient temperatury jest dużo niższy. Być może zoptymalizowanie siatki obliczeniowej pozwoliłoby uzyskać bardziej zbieżne wyniki.

W rozdziale piątym przedstawiono szeroki zakres przeprowadzonych prac eksperymentalnych, w których użyto zaprojektowanych i zbudowanych według autorskiego pomysłu przyrządy pomiarowe. Badania na rzeczywistym obiekcie wymagały dużego zaangażowania Doktoranta, trudności z realizacją prac badawczych związane były z panującymi warunkami atmosferycznymi oraz uzależnienia od procesu realizowanego w przedsiębiorstwie. Jednak zaplanowane badania przemysłowe, dobór technik badawczych i interpretacja wyników wykonane są prawidłowo i nie budzą zastrzeżeń.

W rozdziale szóstym zawarto opis modelu matematycznego podgrzewania i rozmrażania rudy żelaza w wagonach kolejowych w warunkach przemysłowych. Model matematyczny oparty jest na zależnościach wyprowadzonych w rozdziale czwartym. Model został walidowany wykorzystując dane pomiarowe uzyskane w warunkach przemysłowych zebranych w rozdziale piątym. Zaprezentowane porównanie wyników obliczeń i pomiarów dla kilku charakterystycznych procesów podgrzewania i rozmrażania koncentratu rudy żelaza wskazuje na dobrą zgodność modelu matematycznego z pomiarami. Niezgodności temperatury w wybranych punktach nie przekraczają, 2°C co dla warunków przemysłowych jest dobrym rezultatem. Jako uwagi krytyczne można podnieść dość arbitralną metodologię estymacji warunku początkowego oraz dość lakoniczne podsumowanie rozdziału. W posumowaniu rozdziału można było zebrać wyniki dokładności modelu, gdy w pracy są one rozproszone w całym rozdziale.

W rozdziale siódmym na podstawie przeprowadzonych symulacji zachowania się rud żelaza w tunelach rozmrażalniczych podczas prowadzonego procesu podgrzewania opracowano bilanse energii pieców grzewczych oraz tunelu rozmrażalniczego.

Na podkreślenie zasługuje zastosowanie w bilansowaniu pieców zaawansowanej walidacji i uwiarygodnienia pomiarów z zastosowaniem metody rachunku wyrównawczego. Celem zastosowania tej walidacji była przede wszystkim eliminacja niezgodności bilansów energii pieców grzewczych dla wyznaczonych obliczeniowo strat ciepła do otoczenia.

Autor wskazał na czynniki, które wpływają na niewielki stopień wykorzystania energii w procesach podgrzewania rud żelaza.

W rozdziale tym podano między innymi średni skład chemiczny gazu koksowniczego, ale Autor nie wskazał czy skład gazu ulega dużym wahaniom i jaki to może mieć wpływ na wyniki analiz. Przy wykonaniu bilansu energii pieca grzewczego (str. 110) napisano, że założono taką samą wartość temperatury T_p i T_{ot} dla wszystkich pieców grzewczych. Nasuwa się pytanie, dlaczego nie wykonano pomiarów tych wielkości?

W bilansie energii tunelu rozmrażalniczego w równaniu 7.40 jako składnik zamykający występują sumaryczne starty ciepła do otoczenia, uwzględniające straty ciepła do otoczenia przez ściany boczne, dach, bramę wjazdową oraz do gruntu. W dalszej części nie podjęto próby rozdziału i opisu tych strat. Mogłoby to być istotne w kontekście ekonomicznym. Szukając źródeł oszczędności energii, a zatem i oszczędności ekonomicznych, należy przeanalizować strumienie energii i zwrócić uwagę na te aspekty, które relatywnie łatwymi i tanimi działaniami pozwolą zaoszczędzić znaczne ilości energii. Mogłoby się okazać, że celowe jest zaizolowanie dachu tuneli, gdyby okazało się, że przez ten element konstrukcyjny tracone są znaczne ilości energii. W przypadku analiz termicznych innym obiektów budowlanych ta strata na ogół jest bardzo istotna.

Recenzowaną pracę doktorską zakończono obszernym rozdziałem ósmym, w którym przedstawiono wyniki symulacji komputerowej procesu podgrzewania rudy żelaza w wagonach z wykorzystaniem uzyskanych wyników pomiarów temperatur, co miało na celu ocenę możliwości oszczędności zużycia gazu koksowniczego. Podane wskaźniki oszczędności energii chemicznej paliwa wskazują na duży potencjał znacznej oszczędności gazu koksowniczego. Ponadto Autor wskazał na inne sposoby podniesienia sprawności energetycznej. Przedstawiona w rozdziale analiza jest przeprowadzona bardzo gruntownie z dużą znajomością zagadnienia.

Sformułowanie szczegółowe wniosków końcowych dotyczących wyników badań z wykorzystaniem modelu matematycznego oraz pomiarów przemysłowych należy uznać za poprawne. Są one dowodem dużych kompetencji Autora. Doktorant wskazał na przyczyny niskiej sprawności energetycznej procesu podgrzewania poszczególnych rud żelaza i związanymi z tym dużymi stratami ciepła do otoczenia. Praca stanowi doskonałą podstawę do powstania inteligentnego systemu wspomaganie i kontroli procesu podgrzewania rud żelaza w tunelu rozmrażalniczym. Obecnie brak jest procedur

sterowania procesem podgrzewania rud żelaza. System ten może przyczynić się do znacznych oszczędności pod względem ekonomicznym i energetycznym na tym etapie procesu technologicznego.

Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt dużej staranności, z jaką praca została napisana. Dotyczy to zarówno stosowanego przez Autora języka, jakości oraz rozmieszczenia ilustracji jak i małej ilości błędów literowych. Edytorsko, przedstawioną do recenzji dysertację oceniam bardzo wysoko i uważam, że zasługuje ona na duże uznanie. Świadczy o dużych umiejętnościach organizacyjnych Doktoranta, jak również o posiadanych zdolnościach do syntezy wyników badań naukowych.

Podsumowując ocenę metodyki badań i uzyskane wyniki należy stwierdzić, że Autor poprawnie i skutecznie potrafił połączyć trudne badania przemysłowe z naukową analizą ich wyników i prawidłowo rozwiązał postawione poznawcze i jednocześnie utylitarne zadanie naukowe.

3. Wniosek końcowy

Pan Mgr inż. Ronald Urbańczyk wykazał się ogólną wiedzą dotyczącą zagadnień procesu podgrzewania rud żelaza w tunelu rozmrażalniczym oraz umiejętnościami do samodzielnego prowadzenia badań eksperymentalnych. Jego praca doktorska stanowi oryginalny i znaczący wkład w rozwój dyscypliny Budowa i Eksploatacja Maszyn oraz stwarza duże możliwości zastosowań praktycznych. Podsumowując stwierdzam, że recenzowana praca doktorska Pana mgr inż. Ronalda Urbańczyka pt. „Analiza możliwości obniżenia energochłonności procesu podgrzewania rud żelaza w tunelu rozmrażalniczym” stanowi samodzielne rozwiązanie problemu naukowego i praktycznego. Spełnia wymagania określone w Ustawie o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym oraz o Stopniach i Tytule w Zakresie Sztuki (Dz. U. nr 65 z dnia 16 kwietnia 2003 roku poz. 595 z późniejszymi zmianami) i wnioskuję do Rady Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej o dopuszczenie Pana mgr inż. Ronalda Urbańczyka do publicznej obrony.

