

prof. dr hab. inż. Włodzimierz Szczepaniak

RECENZJA  
rozprawy doktorskiej

Pana mgr inż. Józefa Schwietza

zatytułowanej

„Wykorzystanie dźwięku emitowanego przez pracujący piec elektryczny oraz wahań poboru mocy czynnej do wyznaczenia optymalnego momentu rozpoczęcia podawania spieniacza do pieca”

Szanowna Pani Przewodnicząca,  
Szanowni Państwo,

poniższą recenzję opracowałem w oparciu o decyzję nr 103/2023 Rady Dyscypliny Inżynierii Materiałowej Politechniki Śląskiej z dnia 19 września 2023, o której zostałem powiadomiony pismem Pani Prof. dr hab. inż. Marii Sozańskiej, Przewodniczącej Rady, sporządzonym w dniu 25 września 2023, znak RDIMa.512.7.2023 RM.

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pana mgr inż. Józefa Schwietza, przygotowana pod opieką Promotora, Pana dr hab. inż. Bogdana Panica, profesora Politechniki Śląskiej, liczy 130 stron, włącznie z literaturą (61 pozycji), załącznikami, spisem treści i stroną tytułową. Składa się z 10 rozdziałów, logicznie ułożonych w sekwencję od ogólnego wprowadzenia do zasad stosowania łukowego pieca elektrycznego w przetapianiu złomu stalowego, poprzez rozważania dotyczące sposobów kontroli tego procesu, własną ideę takiego sposobu z wykorzystaniem pomiarów natężenia dźwięku emitowanego przez piec w powiązaniu ze zmiennością poboru energii, opis narzędzi i sposobu badania, do opracowania wyników pomiaru, a w konsekwencji zaproponowania oryginalnego rozwiązania sterowania piecem. W finalnej części rozprawy Autor przedstawia duży zbiór wyników pełnoskalowych wytopów z zastosowaniem autorskiego rozwiązania, w zestawieniu z wytopami metodą dotychczas stosowaną, dokumentujący użyteczność zaproponowanej przez Autora idei.

### **Tło problemu i cel pracy**

Jednym z ważniejszych pojęć fizykochemicznych jest pojęcie układu – układ to wyodrębniona z otoczenia część świata. To wyodrębnienie może być czysto formalne, jak i rzeczywiste, izolujące, zamykające lub otwierające (dla przepływu materii i energii). Takim układem otwartym jest obiekt badawczy Autora rozprawy, czyli elektryczny piec łukowy (Ferrostal Łabędy). Po wypełnieniu złomem i topnikami doprowadzana jest do niego energia poprzez wyładowania łuku elektrycznego i z użyciem palników gazowych, a po uzyskaniu przez wsad odpowiednich właściwości fizykochemicznych także poprzez palniki (lance) pyłowo-węglowe. To drugie działanie, poprzez udział fazy gazowej, intensyfikuje procesy mieszania i powoduje spienienie żużla, ważne dla utworzenia fizycznej „osłony”, przeciwdziałającej stratom energii i nadmiernemu zużyciu elementów pieca (czyli konstrukcji wyodrębniającej reagujące fazy od otoczenia).

Celem pracy, przedstawionej jako rozprawa doktorska, było poznanie charakterystyki akustycznej pieca elektrycznego i jego charakterystyki energetycznej, rozumianej jako wahania poboru elektrycznej mocy czynnej, a następnie wskazanie sposobu wykorzystania tych danych dla wyboru czasu rozpoczęcia podawania spieniacza (pyłu węglowego w strumieniu tlenowym). Powinno to prowadzić do optymalizacji procesu topienia dzięki ograniczeniu (a może eliminacji?) arbitralnych decyzji operatora oraz bardziej zaawansowanemu wykorzystaniu danych o zużyciu energii elektrycznej.

Chciałbym zwrócić uwagę na pewien, nie końca wyartykułowany, element pracy. Jest nim przejście od wskaźnikowego (umownie) prowadzenia procesu, modyfikowanego ewentualnie przez operatora, do automatyzacji topienia. Pełna implementacja proponowanego przez Autora rozwiązania usuwa, mówiąc obrazowo, przycisk „włącz podawanie spieniacza” z klawiatury sterowni. I chyba o to Autorowi chodziło.

### Układ i zawartość pracy

Pochwalam układ pracy, który, moim zdaniem, stanowi dobre połączenie klasycznej struktury rozprawy doktorskiej z rzeczywistym biegiem badań i ewolucją przemyśleń Autora. Praca rozpoczyna się oczywiście wprowadzeniem, związłym i merytorycznym, po którym omawiane są w kolejności: konstrukcja pieca elektrycznego, technika wytopu stali w tego typu urządzeniu, charakterystyka żużła, jego rola w procesie i technika spieniania. Omówienie to nie jest prostym opisem urządzenia oraz technologii w miejscu prowadzenia prac badawczych. Odczytuję go jako formę przybliżenia czytelnikowi, w oparciu o wybrane pozycje literaturowe, idei budowy pieca i biegu procesu wytopu, oczywiście ze szczególnym uwzględnieniem spieniania żużła. Część ta z pewnością nie jest „przegadana”, Autor starał się być związłym, formułować przekaz w sposób przemyślany i dobierać informację tak, aby była jak najbardziej dla czytelnika użyteczna. Dowodzi to z pewnością fachowości, obycia z instalacją, dobrego zrozumienia procesu i autentycznego starania się, aby ukazać najbardziej istotne elementy własnej wiedzy [a nie mniej lub lepiej dobrane cytaty z literatury]. Niestety, nie ma rzeczy idealnych, więc oczywiście mam pewne uwagi (dotyczące precyzji sformułowań), na przykład:

- 1) Str. 13: „*W ognisku łuku temperatura osiąga wartość  $3873\div 4573$  K*”. Proste dodawanie do 3600 i 4300 °C? Taki zapis oznacza zwiększenie dokładności „pomiaru”(?) o dwa rzędy...
- 2) Str. 16: „*w miarę wzrostu napięcia powierzchniowego żużła, wzrasta udział fazy gazowej w objętości żużła*” Czym różni się żużel od piany? Czy te pojęcia Autor uważa za wymienne?
- 3) Str. 16: „*wskaźnik spieniania ... określa objętość utworzonej piany*”? To jest chyba skrót myślowy? Wartość tego wskaźnika wyrażana byłaby zatem w jednostkach objętości? Trochę podobnie ma się rzecz z „*trwałością spieniania*”, choć w tym przypadku jednostki czasu są na miejscu; problem mam natomiast z ustaleniem kiedy piana „*przestała*” utrzymywać się (byłby to zatem parametr arbitralny?). Wyobrażam sobie, że mam podać wartości liczbowe i miałbym z tym pewien kłopot ...
- 4) Str. 17: „*ze wzrostem stężenia tych cząstek wzrasta wskaźnik spieniania*”. Jakich cząstek?
- 5) Str. 17: „*zasadowości żużła wynoszącej od 2 do 2,2*”. Jaka jest w tym przypadku definicja zasadowości żużła?
- 6) Str. 18: Rysunki 13, 14 i pozostałe: zużycie energii elektrycznej w kWh/t – na tonę czego?
- 7) Str. 19: Rozdział 4.1 – rozdział jest o tym jak podawany jest spieniacz, ale czym jest spieniacz dowiadujemy się dopiero na stronie 21, w rozdziale 4.2. Może odwrócić kolejność?
- 8) Str. 22/23: Tabele 1, 2 oraz 3. Osobiście jestem przekonany (sądząc po danych w tabelach 1 i 2), że jest to ten sam materiał, sprzedawany przez różne podmioty [różnice w tabeli 1 nie sprawiają wrażenia systematycznych, w tabeli 2 różnic po prostu nie ma]. Jaki jest zatem sens podawania

takiej charakterystyki? W konsekwencji wartości przytoczone w tabeli 3 uznałbym chyba za przypadkowe (?) [może za wyjątkiem spieniacza SP, o ile faktycznie zawartość siarki w nim była trochę mniejsza]. Gdybym poszukiwał korelacji pomiędzy wartościami z tabeli 3 i wartościami z tabel 1 oraz 2, nie miałbym czego z czym korelować (szczególnie w przypadku spieniacza antracytowego). Może z nazwą handlową?

Kolejny rozdział (piąty) Autor poświęcił zagadnieniu wykorzystania dźwięku generowanego przez urządzenia metalurgiczne (w szczególności piece elektryczne) do monitorowania biegu zachodzących w nich procesów. Rozdział jest zdecydowanie niezbędny w tej pracy, a jego zawartość uważam za wyważoną w treści (adekwatną dla potrzeb rozprawy) i, podobnie jak rozdziały poprzednie, spójną, konsekwentnie rozwijaną, w pewnym sensie uzasadniającą zdecydowanie się Autora na pomiary dźwięku. Faktycznie, po przeczytaniu tego rozdziału stwierdziłem, że taka decyzja była pewną oczywistością. Jednak również i do tego rozdziału mam uwagi, choć w zakresie merytorycznym tylko dwie:

- 9) Str. 31: Informacja „*Badania przeprowadzono w piecu nr 1 i nr 3*” nie ma sensu, gdyż zupełnie nie wiadomo z czym te numery powiązać.
- 10) Str. 38: „*miernik poziomu dźwięku typu SVAN971, mikrofon typu 7052E z zabudowanym przedwzmacniaczem*”. Zwyczajowo, podając nazwę sprzętu wymienia się, oprócz symboliki i numeracji, producenta (a dawniej także kraj pochodzenia, choć obecnie jest to czasem trudne).

W rozdziale 6, a więc w środku pracy, Autor zamieścił jej cel i sformułował tezę rozprawy. Czy taka lokalizacja jest właściwa? Uważam, że jak najbardziej – w końcu elementy te „wylaniają się” z poprzedzających je rozdziałów. Poczynając od rozdziału 7, Autor przedstawia wyniki własnych badań, sposób wykonania tych badań, ich dyskusję, wnioski z dyskusji, a co najważniejsze, procedurę sterowania piecem w oparciu o oryginalny algorytm, implementowany jako oprogramowanie sterujące. O ile rozdziały 8.1, 8.2 oraz 8.3 określić mogę jako bardzo ciekawe (przy czym stopień „atrakcyjności” – jeśli mogę tak powiedzieć – narasta z numeracją rozdziału), to rozdział 8.4 jest dla mnie po prostu fascynujący. Przyznam szczerze, iż trochę zazdrozczę Autorowi tak wspaniałego, z punktu widzenia chemii i inżynierii, obiektu badawczego, generującego tak ogromną ilość zróżnicowanych sygnałów (informacji), o takich, mówiąc wprost, wspaniałych gabarytach. Powracam jednak do celu postawionego przez Autora. Jak ja rozumiem ten cel? Uważam, że jest nim zastąpienie mniej lub bardziej arbitralnej decyzji operatora pieca przez samodzielną reakcję jednostki sterującej tego urządzenia, czyli pieca jako takiego, poprzez włączenie tej jednostki do oprzyrządowania pieca. Nasuwa mi się w tym miejscu analogia z pojazdami autonomicznymi, choć w tym momencie tylko w odniesieniu do pojedynczej, ale ważnej decyzji. Czy ta część pracy została dobrze napisana? Zdecydowanie tak! Autor był aż „do bólu” szczerzy, a cały ten fragment przypomina mi uporządkowany i chronologicznie zredagowany „pamiętnik” z działań prowadzonych przez Autora pracy.

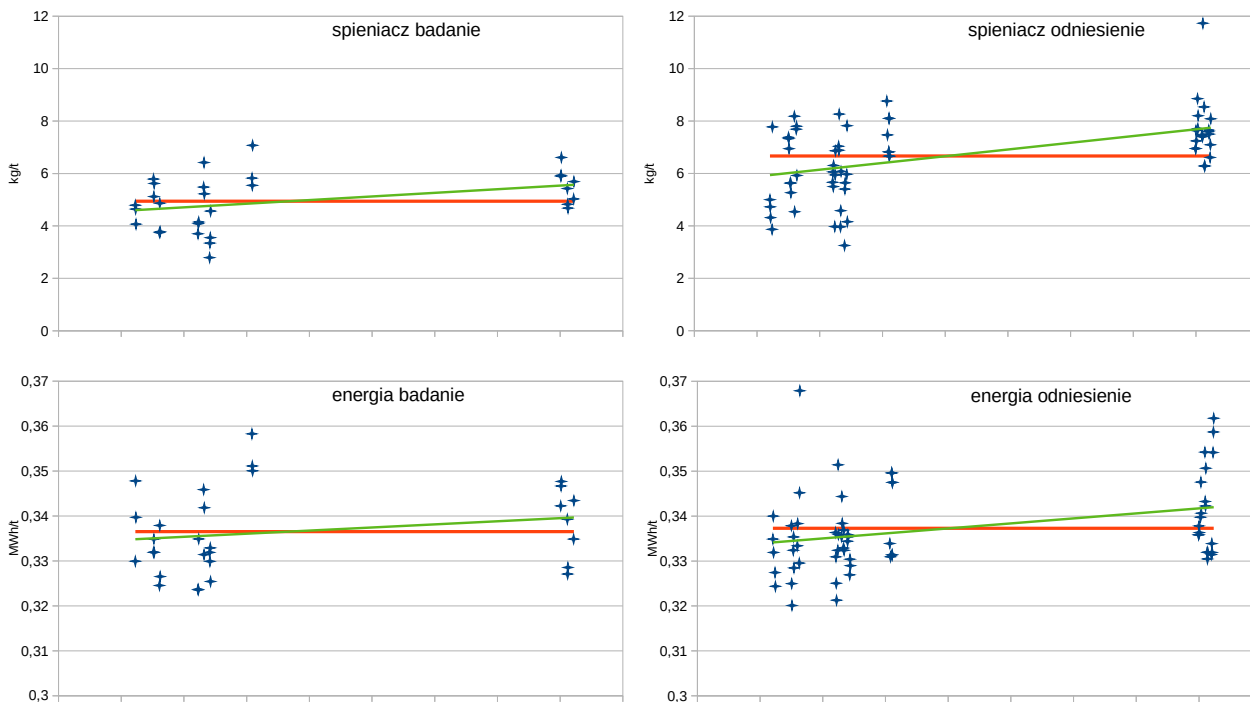
Skorzystam teraz z przyjętej przez Autora bardzo „otwartej” prezentacji wyników badań i ich dyskusji, i pozwolę sobie na kilka uwag oraz komentarzy. Jednak bardzo proszę czytelników niniejszej recenzji nie traktować ich jako zarzuty – z mojego punktu widzenia jest to forma „rozmowy” z Autorem o jego spojrzeniu na problem sterowania piecem jako obiektem, przekazanie jak „odbieram” jego przemyślenia i dane które zamieścił, jak widzę ewentualny rozwój jego pracy. Oczywiście dołączam również parę uwag o charakterze nieco technicznym. I tak:

- 11) Str. 47: Czy w oparciu o dane w tabeli 7 można obliczyć (i zamieścić w dodatkowej kolumnie) wskaźnik zasadowości żużła?
- 12) Str. 48: „*Przy pomocy specjalistycznego oprogramowania przeprowadzono obróbkę plików dźwiękowych*” – jakie to oprogramowanie, kto jest twórcą tego oprogramowania?

- 13) Str. 48-52 (rozdział 8.1):
- Czy wytop A1 to wytop 1, a A2 to 2?
  - W tabelach 9-12 przedstawione zostały dane tylko dla dwóch wytopów. Zgaduję, że w tym momencie Autorowi chodziło o identyfikację skoku w poziomie dźwięku w chwili uruchomienia łuku elektrycznego. Dlaczego jednak danych z tych wytopów nie włączono do zestawu tabel 13-16? Chyba mogły być potraktowane identycznie? A co z podziałem na kosz II i III (w tabelach 13-16)?
  - Rysunki 52-55. Zawierają dane z odpowiednich tabel. Generalnie mogłyby być zastąpione wyróżnieniami/kolorami we właściwych wierszach i kolumnach tabel. Ich (rysunków) zamieszczenie byłoby raczej bardziej uzasadnione dla graficznej ilustracji różnic pomiędzy poziomem dźwięku, tak dla poszczególnych wytopów jak i, a może przede wszystkim, przy załadowaniu koszy II oraz III. W tym celu należało jednak użyć na rysunkach tej samej skali, czego Autor nie uczynił, no i skomentować te różnice.
  - Oczywiście zgadzam się z wyborem częstotliwości 100 Hz ze względu na wartość natężenia dźwięku.
- 14) Str. 53-56 (rozdział 8.2):
- Rysunki 56-60. Byłoby dobrze, gdyby w podpisach rysunków Autor wyjaśnił co oznacza *Hz 3* oraz *Moc śr3* (bez poszukiwania objaśnień w tekście). Ponieważ fakt podania węgla (spieniacza?) ma swoje odzwierciedlenie na rysunkach (czy mam rację?), byłoby również dobrze zaznaczyć na rysunkach ten moment.
  - Str. 53: „Wyniki pomiarów poziomu dźwięku w paśmie tercjowym 100 Hz oraz wartości rejestrowane poprzez system sterowania piecem przetwarzano do postaci arkusza kalkulacyjnego, przy pomocy którego generowano wykresy przebiegu wytopu. Umożliwiło to wyznaczenie wartości poziomu dźwięku, przy której rozpoczynała się stabilizacja poboru mocy jeszcze bez podawania spieniacza w przestrzeń roboczą pieca.” Dźwięk dźwiękiem, ale jak Autor określał moment stabilizacji poboru mocy czynnej?
  - Str. 56: W świetle dalszych części pracy, szczególnie grafik 64-67 lub 76-79 (są niemal identyczne), mam wrażenie, iż wartość 103 dB dla częstotliwości 100 Hz ma charakter pomocniczy (nie potrafię intuicyjnie ocenić jej znaczenia) dla ustalenia kiedy należy podać spieniacz, w odróżnieniu od ruchomego współczynnika zmienności mocy. Czy Autor przychylił się do tego poglądu, czy mylę się?
- 15) Str. 57-71 (rozdział 8.3):
- Str. 58: Rysunek 62. Węgiel = Spieniacz (na poprzednich rysunkach był spieniacz)?
  - Str. 60 i 61: Ile wynosiło  $n$  w obliczeniu  $WZ\_R$  na rysunkach 64-67? Co oznacza na tych rysunkach *Moc(gł)* i *Poziom dźwięku(gł)*?
  - Str. 62: „W tej sytuacji wydaje się, że zaproponowany ruchomy współczynnik zmienności jest właściwym narzędziem do osiągnięcia zamierzonego celu rozprawy – optymalnego doboru momentu podania spieniacza do przestrzeni roboczej pieca” – tak, zgadzam się z tym stwierdzeniem! Proszę porównać z punktem 14)c).
- 16) Str. 62: „Przy takich założeniach przeprowadzono niezbędne obliczenia za pomocą opracowanej dla potrzeb osiągnięcia zamierzonego celu aplikacji, których efektem była wartość wskazująca moment podania spieniacza” – Aplikacja została opracowana dla potrzeb określonych przez Autora. Może coś więcej o samej aplikacji? Kto ją stworzył? W jakim języku/narzędziu?
- 17) Str. 63-66: Niestety, nie jestem specjalistą od tego typu analiz statystycznych i nie potrafię do tego fragmentu odnieść się, ale intuicyjnie zgadzam się z podsumowaniem na stronie 66.
- 18) Str. 70-72: Mówiąc w skrócie, rozumiem, że rysunki 60-63 są wyjściowymi (brak w podpisie objaśnienia czerwonej linii przerywanej), rysunki 64-67 stanowią ich przekształcenie, natomiast rysunki 76-79 są tymi wcześniejszymi, uzupełnionymi o pionową linię przerywaną, wskazującą na obliczoną przez Autora chwilę, w której powinien być podany spieniacz (w podpisie

brak wskazania, że jest to moment obliczony). Zgaduję, że na tych wszystkich rysunkach nachylony fragment linii „spieniacz” odpowiada podawaniu tego medium. W takim przypadku na rysunkach 76 i 77 mamy pełną zgodność pomiędzy decyzją operatora a wyliczonym wskazaniem, na rysunku 78 tej zgodności nie ma, a na rysunku 79 wydaje się dość słaba. Prosiłbym o komentarz Autora do mojej obserwacji, a także do następującego [mojego] stwierdzenia: „Wskazany na rysunku 78 pionową linią przerywaną obliczony moment podania spieniacza jest wyraźnie spóźniony”. Czy nie wynika to przypadkiem z faktu, że tylko w tym przypadku poziom dźwięku był cały czas wyższy od 103 dB?

19) Str. 79-80: W oparciu o dane zamieszczone w tabeli 18 (wyłącznie te, które były kompletne we wszystkich kolumnach) przygotowałem uproszczone rysunki, które zamieszczam poniżej (może mogłyby być zamienne dla rysunków 85 i 87?). Przedstawiają zużycie spieniacza i energii elektrycznej na tonę spustu w funkcji numeru wytopu:



Czerwona linia pozioma to wartości średnie, a pochyła linia zielona to regresja liniowa. Nie chodzi mi o wartości średnie, te zostały przez Autora obliczone poprawnie, ale o rozrzut punktów. Czy różnica 0,6% (energia) i 1% (czas power on – tego wykresu nie zrobiłem) nie mieści się w błędzie oszacowania? I zadaję sobie pytanie: czy takie „oszczędności” warte były włożonej pracy? Na czy więc polegałaby wartość pracy? Jak już napisałem wcześniej (strona 2), na zastąpieniu tego, co Autor nazywa „starym programem” swoim algorytmem (czy może nawet oprogramowaniem), według którego można sterować procesem bez udziału czynnika ludzkiego (nawet gdyby tak nie było, zgaduję że byłoby to łatwe do wprowadzenia). Brakuje mi zatem informacji o tego typu przewadze, tj. porównania „starego” i „nowego” programu (zgodnie z podpisami na rysunkach 85-87). Wyraźną różnicę (na korzyść rozwiązania Autora) zauważyć można natomiast w zużyciu spieniacza. I tutaj „potykam się” o następujący problem: zgaduję, że zużycie spieniacza jest funkcją czasu jego podawania (ewentualnie intensywności). Natomiast rozwiązanie Autora wskazuje wyłącznie moment rozpoczęcia podawania spieniacza. Skąd zatem wynika mniejsze o 25% zużycie tego medium? I tak z ciekawości: dlaczego zużycie spieniacza i energii zwiększało się wraz z numerem próby (moje wykresy powyżej)?

20) Str. 83: Wniosek 2 chyba nie jest zbyt dobrze sformułowany: „poziom natężenia dźwięku, przy którym należy rozpocząć podawanie spieniacza do przestrzeni roboczej pieca - w anali-

zowanych warunkach badawczych - powinien wynosić 103 dB". Może chodzi o to, że nie powinien (przez jakiś czas?) przekraczać tej wartości?

## Uwagi edycyjne

Autor zachował tradycyjny, chronologiczny układ pracy – wpięrow ogólne wprowadzenie, zarysowanie problemu, zdefiniowanie celu, wybór narzędzi badawczych, wykonywanie pomiarów, zgromadzenie danych, ich obróbka, opracowanie algorytmu sterowania piecem, wykonanie prób według tego algorytmu i ostatecznie, po zestawieniu finalnych danych, potwierdzenie skuteczności algorytmu. Taki układ jest adekwatny dla charakteru pracy i jej zakresu. Niestety, strona edycyjna jest „szorstka”, jakby Autor nie zdążył wykonać ostatecznej korekty i formatowania. Poniżej przytaczam tego przykłady:

- 21) Strona tytułowa i strony spisu treści są numerowane.
- 22) Str. 5: „*Niniejsza praca koncentruje się wokół ...*”. Raczej „*W niniejszej pracy skoncentrowano się na ...*” oraz str. 11: „*Rysunek 7 przedstawia schematycznie ...*”. „*Na rysunku 7 przedstawiono schematycznie ...*”.
- 23) Str. 11: Schemat przedstawiony w grafice 7 jest niespójny z podpisem; w podpisie wyróżniono trzy etapy procesowe, na rysunku brak ich wskazania (obcięta kopia rysunku z pracy [13]?).
- 24) Str. 11: „... *gęstość nasypowa wynosi ok 0,1÷0,2 t/m<sup>3</sup>, ...*”. Czy w języku polskim istnieje słowo „ok”? Owszem, spotykałem się z tym nagminnie w opracowaniach typu „eksperyckiego” i przypisywałem to zwykle pośpiechowi autorów. Sądzę, że w rozprawie doktorskiej tego typu elementów należy unikać (tym bardziej, że ogólnie rozprawa napisana została językiem i w stylu które podobają mi się).
- 25) Str. 12: „*może być poddawany nieskończonej ilości przetopień*”. Z tą nieskończonością to chyba przesada ...
- 26) Str. 12: „*Pozostałą część procesu wytwarzania stali w elektrycznym piecu łukowym dzielimy na następujące etapy. Przedstawia to rysunek 8*”. ?
- 27) Str. 16: „*wpływ własności fizykochemicznych żuźla*” – „*własność*” czy „*właściwość*”? Jeszcze ciekawiej na stronie 22, tabela 1: w tytule tabeli użyto słowa „*właściwości*”, natomiast w nagłówku kolumny 1 „*własność*”.
- 28) Str. 32: „*Jednostką THD jest procent*”. Nie uważam, że procent (%) jest jednostką. Jest to po prostu inny sposób wyrażania udziału pewnej części w całości, czyli ułamek. [W zasadzie bez % można się obejść, choć przyznam, że pojęcie to jest wygodne.]
- 29) Str. 34: Chyba bardzo „żargonowe” jest zdanie „*Wibrometr wyposażony jest w laser helowo-neonowy małej mocy, który musi uderzać w odbijającą powierzchnię, zamontowaną na wibrującym obiekcie*.”
- 30) Str. 48: Tytuł rozdziału to „... *wyznaczenie częstotliwości dźwięku, który emituje pracujący łuk elektryczny*”. Czy mam rozumieć, że praca łuku związana jest z emisją dźwięku tylko o określonej częstotliwości?
- 31) Str. 57: Zdublowana numeracja rysunku 60 (taki sam numer jak rysunek na stronie 56).
- 32) Str. 72: „*przeprowadzenie wytopów przemysłowych w celu weryfikacja otrzymanych we wcześniejszych etapach wyników*”. Rozumiem, że korekta nigdy nie jest idealna, ale w tytułach rozdziałów nie wygląda to dobrze.
- 33) Str. 73: „*OB jest to blok organizacyjny służy do zarządzania głównym programem i jest wywoływany przez system operacyjny sterownika*” – brak przecinka (?) rzuca się w oczy.
- 34) Str. 73-75, rysunki 80-84: Jeżeli „*Moc śr3*” to może „*100 Hz śr3*”?

## Podsumowanie

Jaką tezę postawił Autor pracy? Stwierdził, że poziom dźwięku emitowanego przez pracujący piec elektryczny (rozumiem piec całościowo, sformułowanie na stronie 36, że dźwięk emituje łuk elektryczny jest skrótem) powiązany jest z biegiem procesu topienia wsadu oraz że, w oparciu o jego zmiany i po uwzględnieniu wahań poboru mocy czynnej, możliwe będzie obiektywne wskazanie momentu wprowadzenia spieniacza do przestrzeni pieca. Czy wykazał, że ta teza (o możliwości automatycznego podejmowania decyzji o podaniu spieniacza) jest prawdziwa? Zdecydowanie tak. Ustalił optymalną częstotliwość dźwięku przy której należy mierzyć ten poziom, a następnie skorelował jego zmiany ze stabilizacją poboru mocy czynnej przez piec (strona 53). I, jak rozumiem, to właśnie stabilizacja mocy czynnej jest tym (właściwym) wskaźnikiem dla podejmowania decyzji o podaniu spieniacza. Dlatego Autor w kolejnym rozdziale (8.3, strona 57) przedstawił szczegółową analizę zmian mocy czynnej, wprowadzając wskaźnik, który nazwał „*ruchomym wskaźnikiem zmienności*”. Niestety, rozważania (o statystyce) w tym rozdziale wykraczają poza moje umiejętności, ale wniośki (strona 72) wraz z towarzyszącym im komentarzem są dla mnie przekonujące. Co więcej, efekt tych rozważań Autor przekształcił w algorytm (procedurę), który został użyty w prowadzeniu wytopów, na przemian z tradycyjnym (dotychczasowym) sposobem podejmowania decyzji o chwili podawania spieniacza. Co okazało się? Że algorytm/procedura działa! Co więcej, zużycie spieniacza zmniejszyło się o 25%, przy minimalnym skróceniu czasu podawania mocy i równie minimalnym zmniejszeniu zużycia energii elektrycznej (strona 80).

Czy wymienione na stronie 80 „*oszczędności*” są istotne z punktu widzenia celu pracy? W moim przekonaniu nie. A gdyby „*stara*” procedura okazała się idealna i „*poprawy*” nie byłoby? To nic nie zmieniłoby – teza okazała się słuszna, a zaproponowany przez Autora algorytm efektywny! Niestety, nie znam szczegółów „*starej*” procedury stosowanej w tym konkretnym przypadku, jednak wydaje mi się, że wartością algorytmu opracowanego przez Autora jest możliwość uczynienia pracy pieca elektrycznego autonomiczną (oczywiście w tym zakresie, ale gdyby tak inne elementy sterowania można było podobnie zautomatyzować ...).

Przemysłowy piec elektryczny jest dużym obiektem, układem w którym stopień złożoności bieżących w nim procesów fizycznych i chemicznych dorównuje jego gabarytom. O ile instalacje laboratoryjne można (i należy) modyfikować aby uzyskiwane odpowiedzi były wyraziste (nawet jeśli pytania nie są zbyt rozsądne) to w przypadku przedstawionym w rozprawie bezwzględnie konieczne było zrozumienie, nawet intuicyjne, całości procesu, zarówno w zakresie wykonania jak i podstaw fizykochemicznych. Uważam, że Autor sprostał temu zadaniu, a jego obserwacje funkcjonowania pieca (mam na myśli badania), dostarczyły wielu danych, które zostały umiejętnie wykorzystane. Co więcej, ich dalszą analizę i kontynuację pozyskiwania uważam za bardzo wskazaną. Temu w dużej mierze mają służyć moje uwagi i komentarze, których być może nawet zbyt dużo zamieściłem powyżej.

Uważam, że przedstawiona rozprawa dokumentuje wiedzę Autora, umiejętność prowadzenia badań i wykorzystania ich wyników w rozwiązywaniu problemów technicznych (w Ustawie niezręcznie nazywa się to sferą gospodarczą), a w związku z tym proszę Szanowną Radę Dyscypliny Inżynierii Materiałowej Politechniki Śląskiej o dalsze procedowanie przewodu doktorskiego Pana mgr inż. Józefa Schwietza.

Z poważaniem,

[Włodzimierz Szczepaniak]