

Prof. dr hab. inż. Piotr Jasiński
Wydział Elektroniki, Telekomunikacji
i Informatyki
Politechnika Gdańska
ul. Narutowicza 11/12
80-233 Gdańsk

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Stanisława Karcza
pt. „Opracowanie czujnika stężenia pyłów dla potrzeb gniazd produkcyjnych
wykorzystujących proces selektywnego topnienia i spiekania laserowego”

Pismem Przewodniczącego Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika z dnia 4 listopada 2022 r. otrzymałem do recenzji rozprawę doktorską mgr inż. Stanisława Karcza pt. „Opracowanie czujnika stężenia pyłów dla potrzeb gniazd produkcyjnych wykorzystujących proces selektywnego topnienia i spiekania laserowego”. Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Andrzej Brudnik, prof. AGH, zaś promotorem pomocniczym dr inż. Grzegorz Skrabalak. Praca została wykonana w Sieci Badawczej Łukasiewicz, Krakowski Instytut Technologiczny, Centrum Technologii Wytwarzania w Krakowie w ramach programu „Doktorat Wdrożeniowy” Ministerstwa Edukacji i Nauki.

Rozprawa jest napisana po polsku i składa się z osiemnastu rozdziałów - w sumie 164 strony wydane w formie manuskryptu. Rozdział 1 jest streszczeniem, zaś rozdział 2 krótkim wprowadzeniem. Rozdział 3 opisuje stan techniki w obszarze pomiaru zapylenia (22 strony). Rozdziały 4-11 są relatywnie krótkimi rozdziałami opisującymi wybrane zagadnienia w obszarze projektowania urządzeń elektronicznych oraz zagadnień druku 3D (w sumie 45 stron przypadających na 8 rozdziałów). W rozdziale 12 Doktorant przedstawił wstępne badania z czujnikiem komercyjnym SDS198. Natomiast rozdziały 13-17 są związane z projektem i badaniami własnych konstrukcji czujnika zapylenia (w sumie 50 stron manuskryptu). Rozdział 18 przedstawia dwustronicowe podsumowanie rozprawy, zaś w kolejnym nienumerowanym rozdziale znajduje się bibliografia.

Problem naukowy rozprawy

W streszczeniu (rozdział 1) pracy doktorskiej Autor pisze, że celem rozprawy jest „opracowanie dedykowanego urządzenia umożliwiającego pomiar zapylenia w procesach wytwarzania przyrostowego”. We wstępie (rozdział 2) Autor potwierdza swój cel nazywając „dedykowane urządzenie” „innovacyjnym sensorem do pomiaru zapylenia przy procesach łoża proszkowego”. Ponadto w tym rozdziale Autor definiuje tezę rozprawy: „możliwe jest opracowanie niskokosztowego sensora zapylenia pracującego w trybie ciągłym, dedykowanego do procesów łoża proszkowego, którego wskazania są tożsame z uznaną metodą wagową”.

Konkludując, problem naukowy rozprawy jest postawiony jednoznacznie i jest związany z opracowaniem sensora do pomiaru pyłu.

Podejście Autora do osiągnięcia celów pracy

Autor do osiągnięcia celu pracy opisał w rozdziale 11 czynniki wpływające na parametry czujnika zapylenia, następnie zaproponował rozwiązania sprzętowe i programowe realizacji układu sensora. W ostatecznej wersji projektowany układ składał się z fotodiody, wzmacniacza transimpedancyjnego, 2 stopni wzmocnienia z układami formującymi, filtru dolnoprzepustowego Bessela 8 rzędu, układu komparatora oraz części cyfrowej na bazie mikrokontrolera STM F4 (rozdział 17.3). Mikroprocesor przetwarza zmierzoną amplitudę sygnału wyjściowego uwzględniając sygnał komparatora na wartości stężenia wagowego pyłu. W mojej ocenie Autor przygotował bardzo rozbudowane pod kątem możliwych modyfikacji narzędzie do pomiaru stężenia pyłu, jednak przeprowadzone badania nie pozwalają na stwierdzenie, że teza rozprawy została udowodniona. Autor w podsumowaniu nawet nie odnosi się do tezy. W odniesieniu do celu pracy, budowy sensora pyłu, powstało narzędzie do pomiaru cząstek znajdujących się w torze optycznym, jednak niewiele informacji zostało przedstawionych w pracy, w jaki sposób została przeprowadzona kalibracja układu, tak, aby wskazywało ono stężenie wagowe pyłu. W związku z tym trudno jest stwierdzić jaką wartość metrologiczną niesie opracowany sensor. Pomimo tych krytycznych uwag jestem pod dużym wrażeniem zdolności inżynierskich z zakresu dyscypliny AEEiKT oraz ilości pracy włożonej w ten projekt.

Aktualność tematyki rozprawy

Rozprawa dotyczy pomiaru stężenia pyłu w procesach wytwarzania przyrostowego. Drukarki wykorzystujące proszki do wytwarzania przyrostowego stają się coraz bardziej popularne w związku z ich niskimi kosztami wytwarzania i utrzymania. Jednak bezpieczeństwo ich użytkowania nie jest dostatecznie unormowane, zaś środowisko ich pracy nie jest monitorowane pod kątem występowania pyłów. Dlatego uważam, że zaproponowane prace są aktualne i odzwierciedlają potrzeby społeczne. Praca wpisuje się w tematykę badawczą dyscypliny automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne (AEEiTK).

Rozprawa na tle współczesnych doniesień literatury

W rozprawie Autor cytuje ponad 160 pozycji literaturowych. Większość cytowanych pozycji literaturowych pochodzi z okresu ostatnich 10 lat. Uważam, że cytowania są właściwie dobrane i świadczą o dobrej wiedzy Autora i znajomości współczesnej literatury z dyscypliny naukowej AEEiTK. Ponadto, chciałbym pochwalić Autora za kompleksowy wstęp do rozprawy znajdujący się w rozdziale 3. Niewątpliwie rozdziały 4-11 świadczą również o dużej wiedzy Autora w tematyce dyscypliny AEEiTK, jednak niekoniecznie powinny się w rozprawie znaleźć.

Wady, słabe strony rozprawy oraz inne uwagi

W mojej ocenie praca ma szereg mankamentów natury redakcyjnej. Z jednej strony w pracy znajdują się rozdziały 4-11, które niewiele wnoszą do pracy. Najczęściej w tych rozdziałach znajdują się informacje podstawowe z kursów poziomu inżynierskiego, które nie powinny się znaleźć w rozprawie doktorskiej, np. opis działania przetworników A/C (rozdział 10). Z drugiej strony Autor niedostatecznie dużo wysiłku włożył w charakteryzację działania czujnika, w szczególności określenia właściwości metrologicznych czujnika. Zdaję sobie sprawę, że główny problem Autora jest związany z wzorcem pyłu, a jednak Autor pisze, że sensor wyświetla „stężenie wagowe pyłu”. Według mnie, sposób w jaki Autor podszedł do kalibracji układu jest niedostatecznie opisany – w jaki sposób i z jaką dokładnością mierzy pył o różnych średnicach, czy jedynie pył MS1 został wykorzystany do badań prezentowanych w rozdziale 16.6? W podsumowaniu (rozdział 18), autor przedstawia liczby/wybrane parametry czujnika, ale nie jest wiadomo, jak zostały zmierzone. Parametry

takie jak stabilność pomiarowa, wpływ wilgotności i temperatury nie zostały nawet skomentowane.

Inne uwagi:

- Rys. 12-13, 14, 15 (strony 99-100) – podpis rysunku sugeruje, że na wykresie jest przedstawiana „prędkość opadania proszku”, zaś na osi Y opis mówi o „stężeniu masowym”. Prędkość opadania ani w tekście, ani na rysunkach, nie jest liczona. Nie jest jasne również, dlaczego w układzie z wymuszonym przepływem powietrza stężenie masowe pyłu pojawia się dopiero w drugiej godzinie i spada do zera (dopiero?) po 5 godzinie eksperymentu? Ponadto, podsumowanie badań wstępnych jest bardzo lakoniczne.
- Rys. 15-10 (strona 122) – Na rysunku przedstawiono widma spektrometryczne proszków używanych w badaniach. Autor do budowy sensora użył diody LED o długości fali ~650 nm. Czy z metrologicznego punktu widzenia lepsze nie byłoby użycie w tym celu ultrafioletowej diody LED?
- Autor w swojej pracy bardzo często przedstawia sygnały z detektora, np. 16-12, 17-6, 17-8, jednak nie opisuje co jest źródłem wyzwolenia detektora? Jeżeli pył, to jaki? Jaka średnica pyłu? Czy dla celów charakteryzacji toru pomiarowego można użyć inne niż pył źródło wyzwolenia detektora?
- Strona 114 – Z punktu widzenia metrologicznego przedstawienie wartości szumu z dokładnością do 4 miejsc po przecinku nie ma sensu. Sugeruję zaokrąglić wartości zgodnie z błędem/odchyłką.
- Tab. 15-4 (strona 130), tabela 16-4 (strona 135) - „ilość wykrytych impulsów” ?? w jakim czasie?
- Rys. 16-11 – Czy zamiast amplitudy napięcia wyjściowego skorelowanego ze średnicą pyłu można zamiennie stosować czas załączenia komparatora?
- Strona 150 – Na jakiej podstawie Autor przypuszcza, że odpowiedź zarejestrowana dla tlenku glinu (rys. 17.14) pochodzi od cząstek submikronowych, a nie od 3 μm lub 15 μm (rys. 17-13).
- Strona 153 – Skoro wartość amplitudy napięcia wyjściowego zależy od koloru, to czy można wyobrazić sobie eksperyment z kolorowaniem proszku?
- Czy jest możliwe umieszczenie opracowanego sensora w komorze z rys. 12-10 i porównanie działania czujnika komercyjnego z opracowanym?

Podsumowując niedoskonałości pracy należy uznać, że są one znaczne. W szczególności Autor nie udowodnił tezy rozprawy.

Oryginalny dorobek Autora

Do oryginalnego dorobku Autora zaliczam:

- opracowanie sensora pyłu dedykowanego pracy w procesach wytwarzania przyrostowego. Jednak w obecnej formie redakcyjnej, rozprawa niedostatecznie szczegółowo opisuje parametry metrologiczne czujnika, w tym sposób kalibracji czujnika.

Nieodzownym wymaganiem stawianym przed kandydatem do stopnia doktora jest publikacja wyników prac w literaturze specjalistycznej. Zgodnie z bazą Scopus, Doktorant jest współautorem 1 publikacji w czasopiśmie Sensors MDPI związanej z tematyką rozprawy. Publikacja zawiera wybrane rysunki z manuskryptu rozprawy doktorskiej. Należy uznać, że publikacja potwierdza umiejętność poddawania wyników swojej pracy krytyce środowiska naukowego. Ponadto, Doktorant jest współautorem 4 wniosków patentowych i patentów, które potwierdzają zasadność realizacji pracy w formie doktoratu wdrożeniowego.

Podsumowanie

Uważam, że rozprawa w obecnej formie redakcyjnej na szereg znaczących mankamentów. Biorąc pod uwagę fakt, że jednostka doktoryzująca nie przewiduje możliwości poprawy rozprawy, wnoszę o jej dopuszczenie do obrony. Mam nadzieję, że podczas obrony doktorant uzupełni brakujące informacje, które pozwolą na pozytywne głosowanie za nadaniem stopnia doktora nauk inżynierskich.

Gdańsk, 06.03.2023 r.


Piotr Jaśniewski