

**UNIWERSYTET ZIELONOGÓRSKI**  
**WYDZIAŁ MECHANICZNY**

**ROZPRAWA DOKTORSKA**  
**mgr inż. Anatol Kałasznikow**

**SYSTEM WSPOMAGANIA DECYZJI DOBORU**  
**PARAMETRÓW CIĘCIA PLAZMOWEGO DLA**  
**POTRZEB REDUKCJI KOSZTÓW WYTWARZANIA**

**promotor: *dr hab. inż.* Sławomir Kłos, prof. UZ**

**promotor pomocniczy: *dr inż.* Marek St. Węglowski**

**ZIELONA GÓRA, 2018 r.**

## **Streszczenie**

---

Według Komitetu Inżynierii Produkcji PAN, dziedzina inżynierii produkcji podzielona jest na dziesięć obszarów naukowo-badawczych. Przedstawiona dysertacja wpisuje się w dwa jej obszary (II i VII) [61]:

- II – Wybrane zagadnienia inżynierii procesów wytwarzania. Obszar ten obejmuje procesy zarządzania przetwarzaniem materiałów na wyroby użytkowe, poprzez wytwarzanie elementów maszyn, formowanie kształtu, zmianę wymiarów, modyfikację powierzchni oraz spajanie i inne. Zajmuje się również zagadnieniami związanymi z zasobami czasu pracy pracowników i środków produkcji, przepływem materiałów i informacji,
- VII – Systemy wspomagania decyzji. Zarządzanie wiedzą produkcyjną. Dział tego obszaru zajmuje się metodami analizy decyzyjnej, modelami matematycznymi oraz instrumentami sztucznej inteligencji.

W rozprawie przedstawiono wpływ parametrów cięcia plazmowego (prędkość cięcia, natężenie prądu), na jakość i koszt wykonania wyrobu oraz na żywotność części eksploatacyjnych palnika. Przez jakość produktu rozumie się wartość tolerancji prostopadłości, tolerancji wymiarowych, chropowatości ciętych krawędzi oraz wpływ oddziałującego ciepła na zmiany mikrostrukturalne badanej stali. Przedstawiona rozprawa wskazuje jeden ze sposobów opracowania systemu wspomagania decyzji w celu obniżenia kosztów produkcji.

Praca składa się z dziesięciu rozdziałów wzajemnie ze sobą powiązanych.

1. W rozdziale pierwszym wprowadzono do zagadnienia będącego przedmiotem rozprawy oraz uzasadniono jej temat.
2. Drugi rozdział dotyczy problematyki cięcia plazmowego. Dokonano charakterystyki technologii cięcia plazmowego oraz stosowanych definicji. Opisano parametry cięcia i ich wpływ, na jakość ciętych krawędzi. Przedstawiono i opisano budowę dostępnych palników plazmowych, a także ich składowe części eksploatacyjne. Na końcu tego rozdziału przedstawiono analizę dostępnej literatury oraz jej podsumowanie.
3. W rozdziale trzecim sformułowano cel, tezy oraz zakres pracy.
4. W czwartym rozdziale przedstawiono sposoby obliczenia kosztochłonności procesu cięcia plazmowego.

5. Rozdział piąty poświęcony został systemom wspomaganie decyzji (SWD). Opisano w nim ich genezę oraz rozwój, przedstawiono producentów aplikacji, które wspomagają decyzje dotyczące procesów cięcia plazmowego.
6. W rozdziale szóstym zaproponowano metodykę badań eksperymentalnych i metodę analizy kosztów cięcia plazmowego. Omówiono wymagania stawiane przez obowiązujące normy oraz metody wyłonienia najistotniejszych parametrów cięcia plazmowego.
7. W rozdziale siódmym przedstawiono stanowiska badawcze, na których przeprowadzono analizę jakościową ciętych płyt próbnych.
8. Rozdział ósmy – „badania własne i analiza wyników badań”, jest rozdziałem podzielonym na osiem podrozdziałów:
  - 8.1. W pierwszym podrozdziale, za pomocą metody delfickiej, przeprowadzono wybór najistotniejszych parametrów w procesie cięcia plazmowego,
  - 8.2. W drugim przedstawiono wyniki badań cięcia płyt stalowych przy uwzględnieniu określonych zmiennych parametrów cięcia. Wycięte płyty stalowe zostały ponumerowane oraz przygotowane do badań geometrii wyrobu,
  - 8.3. Badania geometrii ciętych płyt próbnych wykonano w trzecim podrozdziale. Na podstawie skanowania 3D, przeprowadzono analizę geometrii ciętych krawędzi, uwzględniając: zakresy tolerancji ich prostopadłości, wymiarowej, szerokości ciętego rowka oraz wielkości powstałych wypływek badanych płyt,
  - 8.4. W czwartym podrozdziale wykonano analizę wyników geometrii skanowanych płyt próbnych,
  - 8.5. W kolejnym podrozdziale przedstawiono wyniki badania wpływu prędkości oraz natężenia prądu na chropowatości powierzchni (badanie przeprowadzono metodą stykową),
  - 8.6. W podrozdziale szóstym wykonano badania wpływu prędkości oraz natężenia prądu na zmiany strukturalne ciętych blach. Do pomiaru mikrotwardości HV0,1 posłużono się metodą Vickersa.
  - 8.7. Siódmy podrozdział został poświęcony określeniu kosztocłonności cięcia plazmowego. Analizy wykonano na dwa sposoby: korzystając z logarytmicznej funkcji nieliniowej (metodą najmniejszych kwadratów) oraz poprzez wykonanie określonej liczby przebiegów i długości cięcia płyt próbnych przy równoczesnym pomiarze zużycia energii elektrycznej. W obu przypadkach zużycie energii elektrycznej stanowiło podstawowy koszt cięcia plazmowego. Kończąc

podrozdział siódmy, autor niniejszej rozprawy przeprowadził dodatkowe, badania mające na celu weryfikację kosztochłonności procesu cięcia plazmowego. Dodatkowe badania wykazały, że przeprowadzone badania w niniejszej dysertacji będą miały użyteczne znaczenie dla przedsiębiorstwa,

- 8.8. W ósmym podrozdziale przeprowadzono analizę czasu żywotności części eksploatacyjnych palnika plazmowego,
- 8.9. W dziewiątym podrozdziale opisano system wspomagania decyzji w procesie cięcia plazmowego i przedstawiono sposób działania opracowanego oprogramowania.
9. Dziewiąty rozdział pracy został poświęcony podsumowaniu wszystkich wyników oraz sformułowaniu wniosków końcowych. W zakończeniu przedstawiono plany dalszych badań.
10. Rozdział dziesiąty poświęcono kierunkom dalszych badań.
11. W pierwszym załączniku do rozprawy przedstawiono znaczenie wybranych procesów cięcia, realizowanych w przedsiębiorstwach produkujących konstrukcje stalowe, w którym opisano ich wpływ na jakość wyrobów. Drugi załącznik został poświęcony wytwórcy wyrobów metalowych, w którym zaszła potrzeba zwiększenia konkurencyjności poprzez redukcję kosztów wytwarzania. Opisano cykl produkcyjny typowego podmiotu gospodarczego z sektora mikro i małych przedsiębiorstw, gdzie przedstawiona została waga technologii cięcia plazmowego w wytwarzaniu wyrobów z metalu.

Rozprawę kończy wykaz rysunków, tabel oraz spis literatury źródłowej. Ponieważ liczba załączników jest bardzo duża, postanowiono załączniki od 3 do 10 umieścić na elektronicznych nośnikach danych.

**Słowa kluczowe:** technologie cięcia blach, cięcie plazmowe, system wspomagania decyzji, parametry cięcia plazmowego, koszty cięcia plazmowego, planik plazmowy, elementy eksploatacyjne palnika plazmowego, skanowanie 3D, badania chropowatości, badania mikrotwardości.