

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Piotra Surdackiego p.t.: „**Studium procesu walcowania pierścieni stalowych na gorąco**”, opracowana na podstawie umowy o dzieło zawartej z Politechniką Lubelską w Lublinie, reprezentowaną przez prof. dr hab. inż. Wojciecha Franusa, Prorektora ds. Nauki.

### 1. Zakres rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pana mgr inż. Piotra Surdackiego p.t.: „**Studium procesu walcowania pierścieni stalowych na gorąco**”, mieści się w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie naukowej inżynieria mechaniczna i stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego w oparciu o opracowanie projektowe, konstrukcyjne i technologiczne.

Podjęty temat pracy jest mocno związany z technologiami stosowanymi w przedsiębiorstwach produkcyjnych wytwarzających pierścienie stalowe i odpowiada na zapotrzebowanie odbiorców tych produktów.

Rozwiązania przedstawione w pracy mogą być wykorzystane przy wykonaniu przemysłowej próbnej partii pierścieni o średnicach w zakresie do 200 mm.

### 2. Ocena układu rozprawy doktorskiej

Opiniowana rozprawa doktorska liczy 162 strony, w tym 122 rysunki i 22 tabele. Jej układ uważam za prawidłowy. Treść pracy można podzielić na 2 główne części. W pierwszej Autor przedstawił stan dotychczasowych sposobów produkcji wyrobów pierścieniowych, a głównie procesów ich wytwarzania w walcarkach specjalnych oraz analizę literatury z zakresu tematyki rozprawy. W drugiej części rozprawy zamieścił wyniki badań własnych nad procesem walcowania promieniowego pierścieni, opartych o analizę numeryczną tego procesu oraz eksperymenty prowadzone na stanowisku badawczym, a także wytyczne do projektowania procesów walcowania pierścieni.

Rozprawa spełnia wymagania, jakie powinny być stawiane w stosunku do rozwiązań naukowych z zakresu nowych opracowań konstrukcyjnych i nowych technologii, planowanych do wdrożenia w zakładach przemysłowych.

Po krótkim „Wprowadzeniu”, oznaczonym jako rozdział 1 (strony 10 i 11), poprzedzonym wykazem ważniejszych oznaczeń i wymaganiami w Ustawie streszczeniami w języku polskim i angielskim, praca zawiera 11 rozdziałów merytorycznych (rozd. 2÷12), zakończonych „Podsumowaniem i wnioskami” (str. 150 i 151). Całość opracowania dopełniają: spis literatury zamieszczony na stronach 152÷162.

Wprowadzenie do rozprawy zawiera genezę pracy doktorskiej. Przedstawiono w nim aktualne tendencje w wytwarzaniu pierścieni przeznaczonych do stosowania w nowoczesnych konstrukcjach, w różnych gałęziach przemysłu.

W rozdziale 2 Autor podał ogólną charakterystykę pierścieni, ich wykorzystanie w różnych gałęziach przemysłu oraz różne metody wytwarzania pierścieni, obejmujące procesy odlewania, obróbkę skrawaniem i procesy kształtowania plastycznego.

Na podstawie przeglądu literatury (rozdział 3) scharakteryzował 2 metody wytwarzania pierścieni: walcowanie promieniowe i walcowanie promieniowo-osiove oraz podstawowe urządzenia – walcarki poziome i pionowe, wykorzystywane głównie do wytwarzania

pierścieni o przekroju prostokątnym i o bardziej złożonych kształtach. Pokazał również sposób tzw. walcowania złożonego z wykorzystaniem dodatkowej tulei. Określił najważniejsze czynniki technologiczne procesu walcowania, decydujące o jakości gotowych wyrobów. Przytoczył wzory do określania wymiarów i masy pierścieniowego wsadu oraz zależności między charakterystycznymi wymiarami geometrycznymi narzędzi i kształtowanym pierścieniem oraz zależności pomiędzy prędkościami obwodowymi walca głównego i prędkościami jego przemieszczania się oraz możliwości wystąpienia poślizgu na powierzchni styku metalu z narzędziami i tworzenia się na powierzchniach swobodnych tzw. rybiego ogona. Pokazał wpływ parametrów procesu walcowania na zmiany wartości sił i momentów obrotowych walców, które często służą do sterowania procesem walcowania.

Dalej przedstawił rolę pierścieni centrujących (kalibrujących) w procesie kształtowania geometrii walcowanego pierścienia oraz sposoby poprawy tolerancji wymiarowych wytwarzanych pierścieni oraz scharakteryzował bardzo krótko operacje pomocnicze stosowane w procesie technologicznym i pokazał najczęściej występujące wady pierścieni, na skutek niedotrzymania prawidłowych warunków technologicznych.

Scharakteryzował operacje pomocnicze stosowane przed i po procesie walcowania. W końcowej części tego rozdziału omówił wady pierścieni wytwarzanych w procesie walcowania oraz wyniki analizy wpływu parametrów walcowania na kształt i wymiary gotowych pierścieni.

Dokonał analizy publikacji z zakresu modelowania numerycznego procesu walcowania pierścieni opartego o programy Deform, Forge, Matlab i ABAQUS.

Stwierdził, że dotyczą one głównie walcowania promieniowo-osieowego, w tym walcowania na zimno stopów Al oraz, że nie zostały dostatecznie zweryfikowane podczas badań eksperymentalnych. Brak jest pełnych analiz dotyczących wpływu parametrów geometrycznych narzędzi oraz parametrów kinematycznych procesu na jakość gotowych pierścieni stalowych i wydajność procesu walcowania promieniowego.

Rozdział 4 zawiera krótkie podsumowanie przeglądu literaturowego oraz ogólny cel rozprawy, jakim było opracowanie wskazówek doboru najważniejszych parametrów procesu: temperatury wsadu, prędkości poszczególnych narzędzi i położenia rolek kalibrujących na prawidłowy przebieg procesu walcowania.

W rozdziale 5 Autor podał genezę rozprawy, której wyniki badań powinny być pomocne przy uruchamianiu w kraju produkcji walcowanych na gorąco stalowych pierścieni o średnicach do 200 mm, w walcierce promieniowej. Ze względu na stwierdzony brak danych literaturowych, Autor wykonał badania wstępne, co pozwoliło sformułować tezę rozprawy i jej cele.

W rozdziale 6 przedstawił stanowisko do badań eksperymentalnych, którego głównym elementem była typowa pionowa walcarka promieniowa D51Y-160E, stosowana w wielu zakładach produkcyjnych. Walcarka ta została wyposażona w system gromadzenia danych na karcie pomiarowej National Instruments USB-6008. W czasie badań rejestrowano 3 parametry prędkościowe (przemieszczenie liniowe walca głównego i jego prędkość obrotową oraz prędkość obrotową trzpienia) i 2 parametry siłowe (ciśnienie oleju na wlocie i wylocie cylindrów hydraulicznych napędzających walec główny). Do badań wykorzystano zestaw 3 różnych narzędzi: walce gładkie, kształtowe z podcięciami technologicznymi i modułowe ze specjalnymi pierścieniami i podkładkami, będące przedmiotem patentu.

Rozdział 7 zawiera wyniki badań modelowania numerycznego procesu walcowania pierścieni oraz analizę porównawczą dokładności uzyskanych wyników teoretycznych z rzeczywistymi wymiarami geometrycznymi pierścieni.

W rozdziale 8 Autor zamieścił wyniki badań eksperymentalnych i numerycznych nad wpływem zjawiska poślizgu i poszerzenia na prawidłowy przebieg procesu walcowania

promieniowego, a w rozdziale 9 nad wpływem parametrów walcowania na zniekształcenie przekroju poprzecznego i tzw. owalizację uzyskanych pierścieni.

W rozdziale 10 Autor przedstawił wyniki badań eksperymentalnych i analiz nad efektywnością procesu walcowania promieniowego, rozważając straty materiału powstające na skutek nierównomiernego rozkładu odkształceń, a w rozdziale 11 wyniki badań nad wpływem różnych warunków technologicznych procesu na zmiany wartości sił koniecznych do kształtowania pierścieni.

W rozdziale 12 zostały pokazane sposoby doboru parametrów technologicznych procesu walcowania i wymiarów wsadu przy wytwarzaniu nowych wyrobów, w tym przykład dla procesu walcowania pierścienia o przekroju prostokątnym.

Rozdział 13 to „Podsumowanie i wnioski”. Treść wniosków odpowiada zakresowi wykonanych badań eksperymentalnych i teoretycznych.

### **3. Ocena zastosowanego piśmiennictwa**

Spis literatury obejmuje 202 pozycje, dotyczące tematyki rozprawy oraz ogólnych zagadnień obejmujących teoretyczne i technologiczne podstawy przeróbki plastycznej metali i stopów. Cytowana w rozprawie literatura w zdecydowanej większości (193 pozycje) była opublikowana po 2000 r., a tylko 10 pozycji, w tym 5 książek i monografii, pochodzi z lat 1964+1997. Znajdują się tam wydawnictwa książkowe i monografie (21 pozycji), 1 katalog firmy SMS, artykuły w czasopismach zagranicznych i w materiałach konferencji zagranicznych (163 pozycje, z czego 5 z lat 1992÷1998) i w czasopismach krajowych (17 pozycji), 1 patent krajowy oraz 14 materiałów internetowych związanych z technologiami i urządzeniami analizowanymi w ramach rozprawy oraz metodykami badań. Cytowana w rozprawie literatura jest ściśle związana z tematyką rozprawy doktorskiej i zakresem prowadzonych badań i analiz.

P. mgr inż. Piotr Surdacki jest współautorem 5 pozycji bibliograficznych, w tym 1 patentu krajowego.

### **4. Ocena tezy i celu pracy doktorskiej**

Na podstawie analizy literatury oraz charakterystyk urządzeń i technologii stosowanych przy produkcji pierścieni i zgłoszonego przez krajowy przemysł zapotrzebowania na wyroby o średnicy do 200 mm, Autor rozprawy w rozdziale 5 na str. 77 postawił tezę, odpowiadającą na problemy związane z tematyką pracy, a jej zrealizowanie winno przyczynić się do określenia nowych warunków prowadzenia procesu walcowania na gorąco pierścieni w walcarkach promieniowych, zapewniających wytwarzanie pierścieni spełniających wymagania jakościowe i geometryczne oraz zwiększenie wydajności procesu wytwarzania

Do udowodnienia tezy pracy, Autor wyznaczył 2 cele podstawowe. Celem naukowym było określenie wpływu parametrów procesu walcowania na gorąco na jego przebieg i jakość gotowych pierścieni stalowych, a celem użytecznym było określenie wytycznych do projektowania procesu walcowania pierścieni o średnicach do 200 mm.

Teza i cele rozprawy są jasne i przejrzyste, odpowiadają charakterowi rozprawy realizowanej pod zapotrzebowanie krajowego przemysłu maszynowego.

### **5. Wskazanie i ocena zastosowanych metod badawczych**

W rozprawie zrealizowano badania teoretyczne i eksperymentalne procesu walcowania pierścieni na stanowisku badawczym, wyposażonym w odpowiednio oprzyrządowaną walcarkę doświadczalną oraz przy wykorzystaniu 3 programów komputerowych, opartych na

metodzie elementów skończonych, umożliwiającą modelowanie numeryczne procesów przeróbki plastycznej. Do badań Autor wykorzystał metodę analityczno-doświadczalną. Przeprowadził walcowanie eksperymentalne pierścieni na stanowisku badawczym i wyznaczył warunki graniczne tego procesu, a następnie dane materiałowe i parametry geometryczne i technologiczne procesu walcowania uwzględnił w czasie modelowania numerycznego.

W rozdziale 7 zawarto wyniki badań numerycznych procesu walcowania pierścieni zrealizowanego na podstawie opracowanego modelu. Do analizy numerycznej procesów walcowania zostały wykorzystane pakiety 3 programów komputerowych: Deform 2D/3D v. 11.0, Forge NxT 1.1 i Simufact.forming v. 15.0.

W ramach badań własnych Autor określił czynnik tarcia, opisujący warunki na powierzchni styku odkształcanej stali 1.0503 (C45) z narzędziem ze stali WCLV oraz wytypował program komputerowy, który najlepiej odwzorowuje rzeczywisty przebieg procesu walcowania promieniowego.

Do badań numerycznych zastosował model płynięcia plastycznego materiału Hansel'a-Spittel'a, którego współczynniki materiałowe są zawarte w bibliotece programu Forge.

Czynnik tarcia został wyznaczony metodą analityczno-doświadczalną. Najpierw wykorzystując walcarkę doświadczalną wyznaczono 2 charakterystyczne prędkości przemieszczania walca głównego, pierwszej, przy której przebieg procesu walcowania jest prawidłowy i drugiej, gdy występuje poślizg na powierzchni styku odkształcanego materiału z narzędziem. Dla pierścieniowego wsadu ze stali C45 nagrzanego do temperatury 1100°C, o wymiarach  $\Phi 110 \times \Phi 50 \times 20$  mm, walcowanego do grubości ścianki 13 mm, prędkości te wynosiły odpowiednio 30 mm/s i 35 mm/s.

Następnie przeprowadził symulacje numeryczne, stosując we wszystkich 3 programach moduł Ring Rolling i moduł ogólny. Ponieważ w programie Deform-2D/3D nie było możliwości uwzględnienia w procesie rolek kalibrujących, Autor także w pozostałych programach nie uwzględnił oddziaływania tych rolek na metal.

Na ich podstawie stwierdził, że wartości czynnika tarcia wynoszą 0,92 dla modułu ogólnego programu Deform, 0,65 dla modułu Ring Rolling programu Simufact i 0,74 dla modułu ogólnego programu Forge. Dla pozostałych symulacji nie udało się wyznaczyć wartości czynnika tarcia.

Podobnie metodą analityczno-doświadczalną Autor zastosował przy ocenie jakości (wymiarów geometrycznych) pierścieni uzyskanych podczas swobodnego walcowania metalu narzędziami z gładką powierzchnią i w procesie walcowania za pomocą narzędzi kształtowych. Do modelowania wykorzystał tylko 3 moduły obliczeniowe, które pozwoliły wcześniej na wyznaczenie wartości czynnika tarcia. Do oceny jakości pierścieni wykorzystał pomiary ich średnic w dwóch prostopadłych kierunkach oraz 6 wyników pomiarów grubości.

W przypadku walcowania na tzw. gładkiej beczce najlepsze odwzorowanie rzeczywistego procesu walcowania osiągnięto w programie Forge (dla grubości) i Simufact (dla średnic).

W przypadku walcowania z użyciem narzędzi modułowych najbardziej zbliżone do wyników eksperymentalnych wyniki uzyskano wykorzystując do modelowania moduł ogólny programu Forge. Na tej podstawie tylko ten moduł był stosowany w dalszych badaniach, przedstawionych w rozdziale 8 i 9.

W rozdziale 8 pokazał wyniki analizy zjawiska poślizgu i poszerzenia występujące podczas procesu walcowania pierścieni, dla różnych wartości współczynnika prędkości „k”, będącego stosunkiem prędkości przemieszczania się walca głównego do jego prędkości obrotowej, dla wsadu nagrzanego do temperatur 900, 1000, 1100 i 1200°C

Przytoczył i wykorzystał do analizy zależność (8.2) opracowaną przez autorów publikacji [110] do określania warunku stabilnego procesu walcowania (bez poślizgu).

Zależność ta była pomocna przy wyznaczaniu tzw. krzywych granicznych dla poszczególnych etapów kształtowania pierścieni. Przedstawione wyniki zostały uzyskane podczas badań eksperymentalnych i numerycznych. Niestety, były one często rozbieżne, ale jakościowo zgodne. Do stosowania wzoru analitycznego (8.2) konieczne było wyznaczanie zmieniającej się wartości grubości ścianki pierścienia podczas procesu jego kształtowania metodą numeryczną. Wyniki badań teoretycznych i eksperymentalnych były bardzo rozbieżne.

Autor stwierdził, że dla badanych w pracy prędkości przemieszczania walca głównego graniczna wartość współczynnika „k” wynosi 0,025 i zaleca nie przekraczanie tej wartości przy walcowaniu pierścieni z wsadu ze stali C45 o temperaturze 1100°C. Dla zakresu temperatur wsadu 900÷1200°C graniczna wartość „k” zmieniała się w przybliżeniu liniowo w granicach 0,032÷0,016. Stąd zalecenie na 110 stronie rozprawy, aby proces walcowania realizować przy niższych temperaturach wsadu.

W badaniach numerycznych procesu walcowania Autor uwzględniał chłodzenie wsadu podczas operacji pomocniczych przed procesem walcowania. Stwierdził, że wraz ze zmianą temperatury wsadu zmienia się poszerzenie walcowanego półwyrobu i dla wsadu o temperaturze 1200°C jest ono najmniejsze. Poszerzenie wzrasta wraz ze wzrostem wartości współczynnika prędkości „k”. Ten zakres badań był ważny, gdyż pozwala przewidywać wymiary gotowego pierścienia, dla zadanych wartości parametrów prędkościowych i temperatury odkształcanej stali.

W rozdziale 9, będącym uzupełnieniem poprzednich badań, przedstawiono wyniki badań numerycznych i eksperymentalnych, nad zjawiskiem płynięcia plastycznego walcowanego pasma, oceną równomierności odkształcenia plastycznego i tworzeniem się tzw. „rybiego ogona” na swobodnych powierzchniach pasma lub wypływkę, co z kolei wpływa na końcowe średnice pierścienia.

Autor wykazał, że na rozkład intensywności odkształcenia i końcowy kształt przekroju poprzecznego pierścienia, bardzo istotny jest wpływ prędkości przemieszczania się walca głównego. Dla warunków prowadzonego eksperymentu najbardziej nierównomierne płynięcie plastyczne metalu (rybi ogon) wystąpiło przy małych (5 mm/s), a najbardziej równomierny kształt przekroju poprzecznego przy największych (35 mm/s) prędkościach przemieszczania się walca. Zostało to potwierdzone w badaniach nad zmianą tzw. współczynnika rybiego ogona  $\beta$ . Rozkład tej wielkości w zależności od prędkości przemieszczania i współczynnika „k” jest paraboliczny, a jego wartości są zbliżone do zera dla największych wartości prędkości.

Wyniki symulacji i eksperymentalne były jakościowo zgodne, ale różniły się ilościowo. Opierając się na wynikach badań eksperymentalnych procesu walcowania pierścieni z wsadu o temperaturach 900, 1000, 1100 i 1200°C, przy zastosowaniu różnych prędkości przemieszczania walca i współczynnika „k” w zakresie 0,004÷0,016 Autor mógł stwierdzić, że w celu ograniczenia zjawiska powstawania rybiego ogona, a w efekcie mniejszych naddatków na obróbkę skrawaniem walcowanego półwyrobu, korzystne jest prowadzenie procesu walcowania z wsadu nagrzewanego do wyższych temperatur.

W pracy pokazano także wyniki badań numerycznych i eksperymentalnych nad wpływem kształtu narzędzi modułowych, z podcięciami powierzchni roboczej walca głównego i trzpienia oraz prędkości przemieszczania się walca (5 mm/s i 25 mm/s) na płynięcie plastyczne odkształcanej stali i kształt przekroju poprzecznego uzyskanego półwyrobu po walcowaniu. Podczas modelowania numerycznego nie udało się uzyskać prawidłowego kształtu pierścieni. Po walcowaniu na stanowisku doświadczalnym wykazano, że stosowanie narzędzi modułowych (z podcięciami na powierzchniach bocznych) jest korzystne w przypadku określonych wymiarów wsadu.

W końcowej części rozdziału 9 Autor zamieścił wyniki badań numerycznych i eksperymentalnych nad zmianami tzw. owalizacji (odchyłkami okrągłości) pierścieni przy zmiennych prędkościach narzędzi, zmiennej temperaturze wsadu i zmiennym położeniu prawej rolki kalibrującej. Ustalił, że przy największych prędkościach dosuwu walca i przy niższych temperaturach wsadu (z zakresu 900÷1200°C) oraz przy optymalnym położeniu rolek kalibrujących można wytworzyć pierścienie o kształcie najbardziej zbliżonym do okrągłego.

W rozdziale 10, na podstawie badań eksperymentalnych, Autor próbował ocenić jak niedokładności geometryczne półwyrobu po walcowaniu (wady przekroju poprzecznego, niedokładności średnicy zewnętrznej i wewnętrznej) wpływają na straty materiału i masę wsadu, za pomocą współczynnika strat materiałowych  $\delta$ . Dla wsadu o wybranej geometrii i zmieniających się wartości prędkości przemieszczania się walca (5÷35 mm/s) i współczynnika prędkości „k” (0,005÷0,300) wyznaczył wartość współczynnika strat materiałowych  $\delta$ , która wahała się od ok. 9,5% (dla małych wartości badanych parametrów) do ok. 1,0% , dla prędkości przemieszczania powyżej 20 mm/s i  $k \geq 0,0168$ , które to parametry powinny być stosowane w procesie walcowania pierścieni. Stwierdził również, że przy wyższych temperaturach wsadu (1100 i 1200°C) współczynnik strat materiałowych może być jeszcze mniejszy i wynosić:  $\delta = 0,3\%$  i  $\delta = 0,5\%$ .

W rozdziale 11 Autor przedstawił wyniki badań nad wpływem temperatury wsadu i prędkości przemieszczania się walca głównego na wartość sił kształtowania plastycznego pierścienia ze stali C45. Zmieniano prędkość przemieszczania się walca głównego od wartości 5 mm/s do wartości maksymalnej, dopuszczalnej dla danej temperatury ze względu na poślizg. Stwierdził, że podnosząc temperaturę wsadu z 900°C do 1200°C i obniżając prędkość przemieszczania walca z 40 mm/s do 5 mm/s można uzyskać 4-krotne obniżenie wartości tych sił z ok. 100 kN do ok. 25 kN.

Wyniki badań przedstawione w rozdziałach 8÷11 stanowiły podstawę do sformułowania w rozdziale 12 zasad, którymi należy kierować się przy projektowania technologii walcowania promieniowego pierścieni ze stali C45 o średnicach do 200 mm, które podzielił na 3 kolejne etapy: dobór temperatury nagrzewania wsadu, dobór parametrów prędkościowych, w tym współczynnika „k” i dobór wymiarów wsadu.

Wykorzystując wyniki badań i omówione zależności technologiczne Autor dobrał wsad i parametry procesu walcowania półwyrobu. Przeprowadził eksperyment na walcierce doświadczalnej, wykonał kalibrowanie półwyrobu i jego obróbkę mechaniczną co pozwoliło udowodnić, że wyniki badań zawarte w rozprawie mogą być wykorzystywane przy projektowaniu procesów walcowania pierścieni ze stali C45 o średnicach do 200 mm.

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań teoretyczno-doświadczalnych i eksperymentów prowadzonych na stanowisku badawczym, wyposażonym w walcarkę przemysłową można stwierdzić, że Autor zrealizował cele pracy i udowodnił tezę rozprawy.

## 6. Uwagi do rozprawy

Przy redagowaniu rozprawy z niezwykle bogatym materiałem doświadczalnym Autor nie ustrzegł się pewnych niedociągnięć i błędów redakcyjnych.

Streszczenie pracy, zdaniem recenzenta jest zbyt lakoniczne i nie odpowiada pełnemu zakresowi wykonanych badań teoretycznych i eksperymentalnych oraz opracowań konstrukcyjnych i technologicznych zawartych w rozprawie.

W wykazie ważniejszych oznaczeń nie jest wymieniony współczynnik prędkości walca głównego „k” (stosunek jego przemieszczania się do prędkości obrotowej), na który Autor powołuje się bardzo często przy analizie zjawisk występujących przy walcowaniu, jak

również rozkładach teoretycznych intensywności odkształcenia. Autor mógł pokusić się na nazwanie tego współczynnika.

We wprowadzeniu autor nie wymienił istotnego krajowego osiągnięcia, jakim było uruchomienie w latach 2016+2019 w przedsiębiorstwie Zarmen FPA Sp. z o.o. w Zdziechowicach dużej nowoczesnej walcarki specjalnej do wytwarzania pierścieni stalowych z metali nieżelaznych.

Zdaniem recenzenta praca zyskałaby na wartości, gdyby na początku badań własnych zawierała rysunek z całościowym programem badań teoretycznych i eksperymentalnych, zawierającym poszczególne czynności i wyniki przedstawione w jej poszczególnych rozdziałach.

Na rys. 9.1 nie zaznaczono osi przekroju, ani nie oznaczono powierzchni stykających się z walcem głównym i trzpieniem.

Na str. 119 wiersze 1g, 3g i 6g powinno być „rozkład intensywności odkształcenia;

Na str. 119 w. 4g powinno być „płynięcie plastyczne”;

Na str. 137 brak informacji, przy jakiej temperaturze wsadu wyznaczono zależność pokazaną na rys. 10.2;

Na str. 145 brak powołania się na literaturę przy wzorze (12.7);

W spisie literatury Autor nie powołał się na zrealizowaną w r.2020 pracę doktorską P. Jarosława Lulkiewicza p.t.: „Teoretyczno-doświadczalna analiza procesu walcowania pierścienia ze stopu aluminium 7xxx” dotyczącą wielu zagadnień poruszanych w recenzowanej rozprawie. Pozycje literaturowe 17 i 18 są takie same. Dane bibliograficzne w pozycjach 19, 51, 92, 166, 171 i 182 są niepełne, brakuje roku wydania.

W wielu miejscach pracy Autor używa określenia: „płynięcie metalu” zamiast „płynięcie plastyczne metalu”, „stopień odkształcenia” zamiast „wartość odkształcenia”, podobnie jak „prędkość posuwu walca głównego” zamiast „prędkości przemieszczania się walca głównego”.

Jak Autor prowadził nagrzewanie wsadu przed walcowaniem i jak zapewniał powtarzalność warunków nagrzewania i warunków tarcia podczas walcowania wsadu, nagrzewanego do różnych temperatur?

Jakie są zalecenia Autora, aby w przyszłych pracach bardziej opierać się na wynikach badań modelowych, które będą prawidłowo oddawać warunki prowadzenia procesu walcowania pierścieni?

Czy skład chemiczny stali C45 używanej do badań eksperymentalnych był zgodny ze składem chemicznym stali zawartej w bibliotece programu Forge?

Wymienione usterki nie rzutują na ogólną wysoką wartość merytoryczną pracy doktorskiej.

## **7. Ocena oryginalności problemu naukowego i ogólnej wiedzy teoretycznej kandydata do stopnia doktora**

**P. mgr. inż. Piotr Surdacki** trafnie dobrał temat rozprawy doktorskiej, mający istotne znaczenie zarówno poznawcze jak i praktyczne, a w przedstawionej rozprawie doktorskiej:

- rozwiązał samodzielnie określony problem naukowy w oparciu o opracowanie naukowe i technologiczne, obejmujący proces walcowania na gorąco wskazanych w temacie pracy wyrobów – pierścieni stalowych, zgodnie z postawioną tezą naukową,
- przedstawił oryginalne wyniki badań ;problemu naukowego, jakim było określenie warunków technologicznych prowadzenia procesu odkształcania metalu w procesie walcowania pierścieni w walcarkach promieniowych, pod kątem uzyskania wyrobów o podwyższonych, w stosunku do obecnych, parametrach geometrycznych i jakościowych na

podstawie teoretycznej analizy numerycznej i eksperymentalnej weryfikacji wyników tych badań,

- wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną i dobrym opanowaniem warsztatu naukowego w dyscyplinie naukowej inżynieria mechaniczna, a zwłaszcza zagadnień z obszaru przeróbki plastycznej metali, w tym modelowania numerycznego MES procesów walcowania, z wykorzystaniem projektowania CAD-CAM bardzo złożonych procesów technologicznych przeróbki plastycznej metali, a także wysoką umiejętnością planowania i prowadzenia badań eksperymentalnych, z wykorzystaniem zaawansowanej aparatury naukowo-badawczej i pomiarowej,
- zrealizował cel naukowy rozprawy i udowodnił, że istnieje ścisły związek pomiędzy parametrami technologicznymi procesu walcowania pierścieni stalowych na gorąco a stabilnym przebiegiem tego procesu i wysoką jakością wytwarzanych wyrobów,
- wykazał, że wyniki rozprawy doktorskiej, w tym opracowana technologia walcowania pierścieni w walcarkach promieniowych, ma dużą perspektywę wdrożenia w krajowych zakładach przemysłowych, co świadczy o pozytywnej realizacji celu użytecznego rozprawy.

Stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska **P. mgr. inż. Piotra Surdackiego** spełnia warunki określone w Art. 187. Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r., Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2022 poz. 574) i wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Lubelskiej w Lublinie o dopuszczenie **P. mgr. inż. Piotra Surdackiego** do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

Anna Kawalek

