

RECENZJA

**Rozprawy doktorskiej mgr inż. Roberta KRUPY
nt.” Opracowanie technologii umożliwiającej uzyskanie wymaganych właściwości
wytrzymałościowych i technologicznych wytlóczek kształtowanych ze stali 22MnB5 z
zastosowaniem chłodzenia poza tłoczniem”** przedstawionej na Radzie Dyscypliny
Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej

**Recenzja wykonana zgodnie z pismem RDIMa.512.6.2024.RM i na podstawie uchwały
nr 85/2024 Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej**

1. Zakres opiniowanej rozprawy

Różne aplikacje techniczne determinują wybór rodzaju zastosowanego materiału do spełnienia wymagań eksploatacyjnych danego wyrobu metalicznego. W przypadku wyrobów z blach stalowych o szczególnym zastosowaniu, np. na elementy karoserii pojazdów samochodowych pożądane są technologie pozwalające na tworzenie karoserii, która jest zarówno lekka, jak i wytrzymała, co sprzyja lepszym osiągom pojazdów oraz zwiększeniu ich efektywności paliwowej. Właściwości odpowiedniej stali umożliwiają także projektowanie nowoczesnych, aerodynamicznych kształtów, które zmniejszają opór powietrza i przyczyniają się do oszczędności paliwa. Przemysł motoryzacyjny potrzebuje precyzyjnie wykonanych części, aby budować bezpieczne i wydajne pojazdy. Wobec istniejących różnych technik produkcji, sektor motoryzacyjny preferuje najbardziej procesy wytłoczenia elementów metalowych. Ta technika jest nie tylko wydajna, ale również dość przystępna cenowo i umożliwia produkcję części metalowych w dużych ilościach w krótszym czasie.

W procesach obróbki plastycznej na zimno oraz obróbki cieplnej wyrobów stalowych istnieje wiele czynników wpływających na rezultaty zastosowania określonych parametrów technologicznych procesu. Złożoność tego zagadnienia wymaga badań pozwalających na właściwe rozwiązania technologiczne, do tego ekonomicznie uzasadnione.

Ważnym problemem jest dokonanie wyboru adekwatnych parametrów obu procesów w cyklu wytwarzania (kształtowania plastycznego i obróbki termicznej) z odniesieniem do cech szczególnych stali, w szczególności stali manganowo-borowych, jako materiałów z przeznaczeniem na elementy konstrukcyjne pojazdów samochodowych.

Znane są technologie wytwarzania elementów karoseryjnych z zastosowaniem formowania na gorąco i hartowania w tłoczniku. Poszukiwanie nowych rozwiązań pozwalających na obniżenie kosztów wywarzania wyrobów prowadzi do koncepcji wytwarzania droga kształtowania plastycznego na zimno i z obróbki cieplnej części karoseryjnych ze stali z dodatkiem boru i hartowanych w różnych ciekłych ośrodkach chłodzących poza narzędziem tłoczącym. Daje to szansę na obniżenie kosztów wytwarzania, będącego efektem skrócenia cyklu produkcyjnego i wzrostu produktywności. Celowym zatem jest dążenie do opracowania założeń do technologii wytwarzania z zastosowaniem hartowania poza narzędziem, tak aby uzyskać wymagane właściwości mechaniczne oraz wymaganą stabilność i dokładność kształtu wytwarzanych elementów. Takie podejście uzasadnia podjęcie tego tematu pracy przez Doktoranta. Stąd problematyka pracy związana z uzyskaniem **właściwości wytrzymałościowych i technologicznych wytłoczek kształtowanych ze stali 22MnB5 w procesie** wytłaczania i hartowania poza tłoczniem wymaga zrealizowania odpowiednio zaplanowanych teoretyczno - doświadczalnych prac badawczo-rozwojowych. Stąd realizacja programu badań w zakresie : badań dylatometrycznych, przeprowadzenia analiz mikrostrukturalnych oraz badań wytrzymałościowych stali obrobionej cieplnie według eksperymentalnego cyklu z hartowaniem w wodzie o temperaturze pokojowej, oleju o temperaturze 20°C i 80°C oraz wykonane charakterystyki materiału uzyskanej podczas prób jednoosiowego rozciągania, prób trójpunktowego gięcia oraz pomiaru twardości na przekroju wytłoczki eksperymentalnej po różnych wariantach obróbki cieplnej pozwoliły na wyciągnięcie wniosków i porównanie wyników z wymaganymi właściwościami mechanicznymi dla stali po tłoczeniu na gorąco i hartowaniu w tłoczniku.

. Badania potwierdziły tezę dla próbek hartowanych w oleju o temperaturze 20°C i 80°C, wymagane właściwości 2 mechaniczne tj. umowna granica plastyczności $R_{p0,2}$, wytrzymałość na rozciąganie R_m , wydłużenie całkowite A_{50} , twardość HV oraz kąt gięcia α F_{max} znajdowały się w granicach specyfikacji technicznej. Jednak dla próbek hartowanych w wodzie uzyskane wartości dla A_{50} oraz αF_{max} znajdowały się poza dolną granicą specyfikacji. Hartowanie w oleju skutkowało lepszą plastycznością materiału w porównaniu z hartowaniem w wodzie. Poprawa właściwości plastycznych materiału po hartowaniu w oleju spowodowana była zmniejszeniem szybkości chłodzenia oraz wystąpieniem zjawiska samoodpuszczania martenzytu poniżej temperatury rozpoczęcia przemiany martenzytycznej M_s . Zastosowane parametry temperaturowo – czasowe obróbki cieplnej miały wpływ na stabilność i dokładność kształtu wytłoczki eksperymentalnej. Wykazano, że chłodzenie w wodzie spowodowało duże odkształcenia hartownicze (wypaczenie), a odchyłki powierzchni badanej wytłoczki miały

duży rozrzut, wykraczający poza dopuszczalne granice tolerancji powierzchni. Hartowanie w oleju przyczyniło się do powstania znacznie mniejszych wartości odchyłek powierzchni wytłoczek, których rozrzut znajdował się w polu tolerancji. Zmiana temperatury oleju z 20°C na 80°C nie wpłynęła zasadniczo na zmiany odchyłek powierzchni wytłoczek eksperymentalnych oraz na zmiany właściwości mechanicznych materiału, przez co możliwe jest rozszerzenie okna technologicznego w procesie obróbki cieplnej z hartowaniem zanurzeniowym. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że hartowanie zanurzeniowe w oleju o temperaturze 20°C i 80°C wykazuje potencjał zastosowania dla określonych geometrycznie i gabarytowo komponentów. W pracy opracowano założenia obróbki cieplnej z hartowaniem zanurzeniowym dla wytłoczki eksperymentalnej, uprzednio kształtowanej na zimno. Przedstawiono również koncepcję pozwalającą zredukować odkształcenia hartownicze wytłoczek przy założeniu skrócenia cyklu produkcyjnego w porównaniu do obecnie stosowanej konwencjonalnej technologii tłoczenia na gorąco i hartowania w tłoczniku. Zaproponowano innowacyjną strategię oraz kierunek dalszych badań nad zastosowaniem tłoczenia na gorąco z niepełnym hartowaniem detalu w tłoczniku w zakresie temperatur Ms-Mf, a następnie końcowego hartowania zanurzeniowego poza narzędziem tłoczącym

Fizyka zjawisk towarzyszących procesowi tłoczenia zwłaszcza na zimno oraz hartowania poza tłocznikiem jest przedmiotem toczących się badań, których wyniki wskazują na różne interpretacje i teorie. Przedstawiona próba stosowania innego podejścia technologicznego polegającego na skróceniu cyklu wytwarzania w wyniku przyjęcia strategii hartowania, z chłodzeniem detalu na zewnątrz tłoczника, sygnalizowane przez autorów wielu prac w tym zakresie znalazły odbicie w formułowaniu części zadań badawczych Doktoranta.

W praktyce przemysłowej, w zastosowaniach technicznych poszukuje się stale sposobów coraz bardziej efektywnych i zarazem ekonomicznych rozwiązań przy utrzymaniu pożądanej wysokiej jakości wyrobów

Z tego tytułu zapowiadane w pracy wykorzystanie opracowanych wyników do precyzowania stosownych wytycznych technologicznych opierających się na doborze parametrów i warunków procesu hartowania z chłodzeniem detalu na zewnątrz tłoczника, skutkujące uzyskaniem wymaganych właściwości mechanicznych oraz dokładności kształtu wyrobów końcowych w postaci wytłoczek przeznaczonych dla przemysłu motoryzacyjnego stanowią dobre uzasadnienie podjętych przez Doktoranta badań.

Postawiony główny cel badawczy pracy opracowanie sposobu i parametrów obróbki cieplnej z hartowaniem zanurzeniowym poza narzędziem tłoczącym, pozwalających na

uzyskanie wymaganych właściwości mechanicznych oraz dokładności kształtu wyrobów końcowych w postaci wytłoczek przeznaczonych dla przemysłu motoryzacyjnego, z użyciem metod badawczych m w tym badania dylatometryczne, analizy mikrostrukturalne oraz badania wytrzymałościowe stali obrobionej cieplnie według eksperymentalnego cyklu z hartowaniem w wodzie o temperaturze pokojowej, oleju o temperaturze 20°C oraz 80°C. w oparciu o wykonane charakterystyki materiału uzyskane podczas prób jednoosiowego rozciągania, prób trójpunktowego gięcia oraz pomiaru twardości na przekroju wytłoczki eksperymentalnej po różnych wariantach obróbki cieplnej, , można uznać za dobrze postawione.

Głównym problemem badawczym jest opracowanie założeń do technologii wytwarzania z zastosowaniem hartowania poza narzędziem, tak aby uzyskać wymagane właściwości mechaniczne oraz wymaganą stabilność i dokładność kształtu wytwarzanych elementów. Rozwiązanie tych kwestii wynika z potrzeb przemysłu i stanowiło główną motywację podjęcia niniejszej tematyki badawczej.

Struktura pracy obejmuje analizę stanu wiedzy w zakresie przedstawianej problematyki, na podstawie której zaproponowano cel badawczy pracy ujmujący cele naukowe dla wykazania osiągnięcia których przedstawiono zakres i wyniki prac badawczych, których analiza pozwoliła na wyciągnięcie wniosków końcowych.

Badania własne zrealizowano w następujących etapach:

1. Opracowanie program badań, Charakteryzacja materiału do badań, przygotowanie materiału i próbek do badań, przedstawienie koncepcji eksperymentalnych cykli cieplnych, sposobu przeprowadzenia obróbki cieplnej próbek eksperymentalnych,
2. Opracowanie metodyki: badań dylatometrycznych, badań mikrostruktury z zastosowaniem mikroskopii elektronowej (SEM, TEM, EBSD), badań właściwości mechanicznych (Statyczna próba jednoosiowego rozciągania, statyczna próba trójpunktowego gięcia, badanie twardości metodą Vickersa (HV)),
3. Projekt procesu przeróbki plastycznej na zimno wytłoczki eksperymentalnej, charakterystyka i specyfikacja cech jakości wytłoczki,
4. Projekt tłoczni prototypowego, Modelowanie numeryczne MES dla operacji formowania wytłoczki,
5. Stanowisko do prób technologicznych tłoczenia na zimno
6. Opracowanie metodyki pomiaru odchyłek geometrii wytłoczki, skanowanie powierzchni wytłoczki, Określenie wskaźników zdolności procesu (Cp, Cpk)
7. Przedstawienie i opracowanie wyników badań doświadczalnych .

Dokonana analiza stanu wiedzy dotycząca problematyki pracy przedstawia najważniejsze parametry technologiczne mające wpływ na mikrostrukturę oraz właściwości wytrzymałościowe wyrobów produkowanych ze stali 22MnB5. Przedstawione różne systemy chłodzenia mogą mieć potencjał dla poszukiwania ulepszonych wersji procesów produkcyjnych. w obszarze wytwarzania elementów karoseryjnych z zastosowaniem formowania na gorąco i hartowania w tłoczniku . Koncepcja kształtowania plastycznego na zimno z obróbka cieplną poza tłocznikiem może stanowić alternatywę wytwarzania elementów konstrukcji samochodowych , z możliwością obniżenia kosztów procesów i zapewnieniem pożądanej jakości wyrobów. niedostatek wiedzy teoretycznej oraz wyników badań doświadczalnych dotyczących obróbki cieplnej części karoseryjnych ze stali z dodatkiem boru i hartowanych w różnych ciekłych ośrodkach chłodzących poza narzędziem tłoczącym, celem jest poszukiwanie rozwiązania technologicznego powodującego obniżenie kosztów wytwarzania, będący efektem skrócenia cyklu produkcyjnego i wzrostu produktywności.

Za osiągnięcie pracy można uznać możliwe wykorzystanie jej wyników do opracowania innowacyjnego rozwiązania technologicznego spełniającego założone cele, które są tak istotne dla przemysłu motoryzacyjnego i możliwej implementacji w warunkach rzeczywistego procesu przemysłowego.

II. Ocena merytoryczna rozprawy

a) Uwagi ogólne

Problem wytwarzaniu nowych materiałów o szczególnych właściwościach np. wytrzymałościowych przeznaczonych do danego zastosowania technicznego stanowi zawsze ważne zagadnienie zarówno od strony poznawczej jak i aplikacyjnej. Dotyczy to w szczególności materiałów metalicznych, których odkształcalność jest ograniczona.

Wykazano, że podejście do odkształcalności i uzyskania pożądanych właściwości w wyniku obróbki termicznej stali typu borowo- manganowych nie zostało jednoznacznie rozpoznane

Większość cytowanych przed Doktoranta prac wskazywała, że. adekwatny dobór warunków procesu kształtowania plastycznego materiałów metalicznych w tym dobór najkorzystniejszych parametrów realizacji procesu wytłaczania wyrobów z blachy karoseryjnej w powiązaniu ze skutkami zmian w strukturze wewnętrznej w wyniku zastosowanych wariantów procesu technologicznego oraz procesami obróbki cieplnej i wynikającymi z niej właściwościami – cechami finalnymi zawsze stanowi podstawowy

problem w projektowaniu procesu zwłaszcza gdy poszukuje się rozwiązań coraz lepszych i bardziej ekonomicznych.

W opiniowanej pracy przedstawiono wyniki analiz aktualnych problemów badawczych związanych z uzyskaniem żądanych właściwości wyrobów uzyskiwanych w różnych wariantach produkcji wytłaczanych części z karoseryjnych blach stalowych z punktu widzenia określenia wpływu parametrów procesu na właściwości mechaniczne i technologiczne wyrobów ze stali 22MnB5 i w procesie obróbki cieplnej co stanowi podstawę opracowywania ulepszanych wersji procesów produkcyjnych służących zmniejszeniu kosztów i zwiększeniu wydajności produkcji przy utrzymaniu wysokiej jakości wyrobów o wymaganych cechach finalnych.

Dokonana analiza stanu wiedzy w części teoretycznej pracy dotyczy technologii wytwarzania wytłoczek przeznaczonych dla przemysłu motoryzacyjnego w obszarze plastycznego kształtowania oraz obróbki cieplnej, zapewniającej uzyskanie pożądaných cech wyrobów.

W pracy przedstawiono szczegółową analizę stanu zagadnienia w oparciu o **186** dobrze dobranych pozycji literaturowych krajowych i zagranicznych obejmujących najnowsze osiągnięcia w tej dziedzinie z uwzględnieniem pozycji już historycznych oraz wielu najnowszych z 2023r.

Program badań eksperymentalnych podzielono na zasadnicze etapy:

- identyfikację mikrostruktury przy wykorzystaniu skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM) oraz pomiary twardości metodą Vickersa (HV) materiału wyjściowego, po przeróbce plastycznej na zimno oraz obróbce cieplnej, - badania kinetyki przemian fazowych zachodzących w stali metodą dylatometryczną, - badania właściwości mechanicznych w statycznej próbie jednoosiowego rozciągania oraz próbie trójpunktowego gięcia, - zaprojektowanie procesu obróbki plastycznej i wykonanie symulacji numerycznej metodą elementów skończonych (MES) dla wytłoczki eksperymentalnej, - przeprowadzenie prób technologicznych tłoczenia na zimno oraz obróbki cieplnej wytłoczki eksperymentalnej, - badania wpływu chłodzenia w wodzie i oleju o temperaturze 20°C oraz 80°C na odkształcenia hartownicze wytłoczek z wykorzystaniem skanowania powierzchni części, - analizę odchyłek geometrii wytłoczek po procesie tłoczenia na zimno oraz procesie hartowania wykorzystując statystyczne sterowanie procesem SPC, - analizę i opracowanie wyników badań, - opracowanie założeń obróbki cieplnej dla części tłoczonych na zimno i następnie hartowanych zanurzeniowo w wodzie i oleju o temperaturze 20°C oraz 80°C

Doktorant wskazał, że głównym *celem naukowym* pracy jest opracowanie sposobu i parametrów obróbki cieplnej z hartowaniem zanurzeniowym, pozwalających na uzyskanie wymaganych właściwości mechanicznych oraz dokładności kształtu wyrobów końcowych w postaci wytłoczek przeznaczonych dla przemysłu motoryzacyjnego

Osiągnięcie celu głównego wymaga realizacji wskazanych celów szczegółowych takich jak : - określenie wpływu chłodzenia w wodzie oraz oleju o temperaturze 20°C i 80°C na mikrostrukturę oraz właściwości wytrzymałościowe wytłoczek hartowanych metodą zanurzeniową, - określenie wpływu chłodzenia w wodzie, oleju o temperaturze 20°C i 80°C na odkształcenia hartownicze, rozumiane jako odchyłki geometrii wyrobu, powstające podczas hartowania zanurzeniowego wytłoczek eksperymentalnych, oraz - dobór parametrów procesu technologicznego, zapewniających wymaganą stabilność i dokładność kształtu wytłoczek po przeróbce plastycznej na zimno oraz po obróbce cieplnej z hartowaniem zanurzeniowym.

Na podstawie wstępnych badań własnych oraz studiów literaturowych została sformułowana następująca **teza naukowa**: *„Hartowanie zanurzeniowe wytłoczek, uprzednio kształtowanych na zimno ze stali manganowo - borowej 22MnB5, pozwala na uzyskanie dokładności kształtu oraz właściwości mechanicznych osiągniętych konwencjonalną metodą wytwarzania z zastosowaniem tłoczenia na gorąco i hartowania w tłoczniku „.*

. Postawiony cel badań znajduje swoje uzasadnienie w opracowanym i zrealizowanym programie badań w warunkach laboratoryjnych, ale dających podstawę do ewentualnego przyszłego zaimplementowania w warunkach przemysłowych.

Dobrze udokumentowane wyniki badań i zinterpretowane w oparciu o stan wiedzy stanowią wypełnienie celów pracy,

Ułożenie programu badań oraz zastosowane metody badawcze świadczą o znajomości problemu naukowego przez Doktoranta. .

Wobec ww. uwag ogólnych do przedstawionych wyników i ich interpretacji przez Autora pracy nasuwają się następujące pytania :

1. Czym kierował się Doktorant w formułowaniu szczegółowych celów pracy ?
2. Biorąc pod uwagę aspekt aplikacyjny, jak odnieść uzyskane wyniki badań realizowanych w warunkach laboratoryjnych do aplikacji w warunkach przemysłowych ?, Czy wobec warunków eksploatacyjnych pojazdów samochodowych a w nim części, których reprezentacje stanowi badana wytłoczka laboratoryjna nie rozważał Pan badań przy obciążeniach nie tylko statycznych, ale też zmiennych ?
3. Jakie jest bezpośrednie powiązanie celu naukowego pracy z deklarowanym celem praktycznym ?

4. Czy obniżenie kosztów wytwarzania można osiągnąć tylko przez skrócenie cyklu produkcyjnego i wzrost produktywności
5. W związku z faktem realizacji procesu wytwarzania wyrobu tłoczonego na zimno, brak jest w pracy informacji o identyfikacji efektów zjawiska umocnienia i cech strukturalnych będących jego skutkiem. Materiał wsadowy do procesu hartowania poza tłoczniem ma przecież inne cechy niż materiał wsadowy do procesu tłoczenia.
6. Na jakiej podstawie przyjął Doktorat konkretne wartości parametrów i założenia eksperymentalnego cyklu obróbki cieplnej ?

W odniesieniu do wniosków końcowych należy zwrócić uwagę na fakt, że są one zbiorem wniosków cząstkowych po poszczególnych etapach badań natomiast nie ma bezpośredniej odpowiedzi na problem wskazany przez temat pracy tj. *opracowania technologii umożliwiającej uzyskanie wymaganych właściwości wytrzymałościowych i technologicznych wytłoczek kształtowanych ze stali 22MnB5 z zastosowaniem chłodzenia poza tłoczniem*. Nie ma oczekiwanych szczegółowych danych dotyczących efektów zastosowania tych wskazanych warunków w przemyśle motoryzacyjnym. Wyniki badań w pracy wskazują na możliwości obróbki cieplnej wytłoczek ze stali 22MnB5 z hartowaniem w wodzie oraz oleju o temperaturze 20°C i 80°C.. Rezultaty tych badań dały jednak możliwość wskazania problemów związanych z hartowaniem zanurzeniowym i określenia zaleceń do dalszych badań służących poszerzeniu wiedzy i rozwojowi procesów obróbki cieplnej stali manganowo – borowej 22MnB5. Prezentowane wyniki mogą posłużyć przygotowaniu propozycji obróbki cieplnej dla danej części tłoczonej na zimno z wykorzystaniem hartowania zanurzeniowego na końcowym etapie procesu technologicznego.

b) Uwagi szczegółowe

Należy zwrócić uwagę na fakt, że pracę cechuje bardzo dobry język i styl. Czytelne jest przedstawienie zagadnienia badawczego zarówno od strony sformułowanych celów, programu badań, treści jak i zasadniczej formy rozprawy,

- Przedstawione wizualizacje wyników dobrze odzwierciedlają analizowane współzależności między parametrami materiału i procesu,
- Edycja pracy jest bardzo przejrzysta, treści zwarte ale bardzo trafnie formułowane. Jest wiele powtórzeń, ale z praktycznego punktu widzenia ułatwia to odbiór poszczególnych fragmentów pracy. Doktorant nie ustrzegł się też ale nielicznych błędów edytorskich oraz nieścisłości terminologicznych czy skrótów myślowych, których przykłady podają poniżej

Nieścisłości terminologiczne / skrótomyślowe :

- Zamiast wykazu ważniejszych oznaczeń powinien być spis skrótów i oznaczeń używanych w tekście pracy, czego brakuje.

-np.: *Temperatura* nie ma liczby mnogiej, zatem w tekście zamiar kilka temperatur powinno być *kilka wartości temperatury*

- str.77 *Tolerancje powierzchni po tłoczeniu* wymaga sprecyzowania *parametru struktury powierzchni* w odniesieniu do wartości tolerancji

- str.110 np. R_m , $R_{p0,2}$ reprezentują właściwości mechaniczne a nie parametry jak np. temperatura, czas itp.

- str.142 skrót myślowy *Odchylki powierzchni* (odkształcenia hartownicze).....wymaga wyjaśnienia

Przykładowe błędy na wskazanych stronach:

Podpisy pod niektórymi rysunkami nie oddają tego co rysunek / wykres przedstawia.

Str. 100 Np. Rys 95 Zależność twardości (czego?) od szybkości chłodzenia

Str.115, Rys 112. W podpisie zamiast Wykresy siły stempla w funkcji przemieszczenia..... winno być raczej Wykresy siły gięcia w funkcji przemieszczenia

c) Uwagi o charakterze dyskusyjnym

-1. Jak należy interpretować wpływ cech struktury (geometria, udział objętościowy) zidentyfikowanych faz (rys. 79 – 94, Rys. 134-147) na finalne właściwości stali 22MnB5?

2. -Rys. 99 – 102 dokumentują efekt transformacji mikrostruktury badanych próbek. Biorąc pod uwagę kwestie niejednorodności odkształcenia w różnych obszarach kształtowanego wyrobu to jak odnieść je do miejsca pobrania próbki z wytłoczki?

3. Z czego wynika różnica w efekcie hartowania przy zanurzeniu próbki – wytłoczki w układzie pionowym i poziomym ułożenia?

- W podsumowaniu należy zwrócić uwagę na bardzo dobre przygotowanie merytoryczne i edycyjne pracy od strony tekstu oraz graficznych elementów (wykresy, zdjęcia, schematy), ale też potrzebę skorygowania wskazanych nielicznych niedociągnięć pracy przy przygotowywaniu ewentualnych publikacji czy opracowań z wykorzystaniem prezentowanych wyników ze szczególnym udokumentowaniem zasadniczego osiągnięcia jako głównego celu, oraz deklarowanych opracowanych wytycznych do wykorzystania w praktyce.

Wykazane ww. nieliczne niedociągnięcia w pracy nie wpływają na zasadniczą bardzo pozytywną jej ocenę.

III. Wniosek końcowy

Opiniowana rozprawa doktorska **mgr inż. Roberta KRUPY nt. "Opracowanie technologii umożliwiającej uzyskanie wymaganych właściwości wytrzymałościowych i technologicznych wytłoczek kształtowanych ze stali 22MnB5 z zastosowaniem chłodzenia poza tłoczniem"** stanowi istotny wkład w rozwój wiedzy pozwalającej na wytwarzanie wytłoczek obrobionych cieplnie z hartowaniem zanurzeniowym .

W oparciu o przedstawione wyniki prac eksperymentalnych oraz ocenę dokonanej analizy ich wyników można uznać, że Autor osiągnął zamierzony cel wykazując się znajomością zagadnień inżynierii materiałowej, wybranych zagadnień technologicznych oraz nowoczesnej metodyki i technik badawczych, adekwatnie dobranych do analizowanej problematyki badawczej. Wykazał się również umiejętnością rozwiązywania postawionych zadań i pracy naukowej.

Rozprawa spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim w myśl obowiązującej Ustawy o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym .

Na tej podstawie wnioskuję o dopuszczenie Autora pracy do publicznej obrony.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'D. Skwa'.