

Dr hab. inż. Maciej Suliga, profesor uczelni

Częstochowa, 30.10.2024 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Roberta Krupy

pt.: „Opracowanie technologii umożliwiającej uzyskanie wymaganych właściwości wytrzymałościowych i technologicznych wytłoczek kształtowanych ze stali 22MnB5 z zastosowaniem chłodzenia poza tłoczniem” – wykonana

na zlecenie prof. dr hab. inż. Adama Grajcara Przewodniczącego

Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki

Śląskiej z dnia 26 września 2024 r.

Postęp techniczny wymusza na koncernach motoryzacyjnych ciągłą poprawę technologii wytwarzania karoserii samochodowych. Dodatkowym czynnikiem stymulującym rozwój przemysłu samochodowego są względy ekonomiczne, redukcja masy pojazdów oraz ograniczenia emisji zanieczyszczeń. Stąd obecnie na świecie w wielu ośrodkach naukowych prowadzone są intensywne badania nad możliwością zastosowania na karoserie samochodowe coraz to nowszych gatunków stali wysokowytrzymałych AHSS (ang. Advanced High Strength Steel) charakteryzujących się zarówno wysokimi własnościami wytrzymałościowymi, jak i plastycznymi. Zastosowana w pracy doktorskiej stal manganowo-borowa ze względu na specyficzne własności znalazła zastosowanie na elementy struktury karoserii wytwarzanych metodą tłoczenia na gorąco i hartowania w tłoczni.

Recenzowana rozprawa doktorska Pana mgr inż. Roberta Krupy, pt. „Opracowanie technologii umożliwiającej uzyskanie wymaganych właściwości wytrzymałościowych i technologicznych wytłoczek kształtowanych ze stali 22MnB5 z zastosowaniem chłodzenia poza tłoczniem” oraz podjęta przez niego tematyka badawcza jest w pełni uzasadniona. Recenzowany doktorat wpisuje się w zakres dyscypliny inżynieria materiałowa. Wyniki rozważań i doświadczeń przeprowadzonych przez Autora są cennym źródłem informacji dla zastosowań praktycznych w przemyśle samocho-

dowym, przy projektowaniu i wdrażaniu procesów tłoczenia elementów karoserii samochodowych. Badania zawarte w pracy wzbogacają również naukę o nowe informacje na temat poruszanych przez Autora problemów, które dotychczas przedstawiono w literaturze technicznej zazwyczaj w sposób fragmentaryczny.

Praca zawierająca 179 strony tekstu, 164 rysunki i 14 tabel, składa się – wyłączając wstęp oraz streszczenie – z następujących rozdziałów: Przegląd literatury; Geneza, cel i teza pracy; Badania własne; Podsumowanie i wnioski; Proponowany kierunek dalszych badań. Pracę kończy bibliografia obejmująca 186 pozycji, brak powołań na publikacje autorstwa Doktoranta. Znaczna liczba publikacji dotycząca analizowanych zagadnień potwierdza również aktualność tematyki badawczej podjętej przez Doktoranta. Bibliografia w głównej mierze składa się z najnowszych pozycji światowej literatury, które zostały opublikowane w czasopiśmie charakteryzujących się wysokim IF w okresie ostatnich 15 lat.

We wstępie Autor uzasadnia celowość podjęcia tematu rozprawy oraz opisuje główne wyzwania stawiane w kontekście wdrożenia alternatywnego procesu wytwarzania wytłoczek w procesie tłoczenia na zimno i następnie obróbki cieplnej z hartowaniem zanurzeniowym detali (poza przyrządem tłoczącym) w odniesieniu do technologii tłoczenia na gorąco i hartowania w narzędziu tłoczącym. W tym miejscu chciałbym podkreślić bardzo dobry wstęp, w którym na dwóch stronach zwięźle uzasadniono motywację podjęcia recenzowanej w pracy tematyki badawczej.

Przebieg literatury składa się z sześciu podrozdziałów. W pierwszej części Autor wyjaśnia interakcję pomiędzy procesem wytwarzania, strukturą i własnościami wyrobów, co ma kluczowe znaczenie przy projektowaniu inżynierskim nowej generacji karoserii samochodowych. W kolejnych podrozdziałach omawia wymagania stawiane elementom nadwozia, gatunki stali wysokowytrzymałościowych oraz stosowane technologie wytwarzania wyrobów konstrukcyjnych ze stali 22MnB5. Tą część pracy kończy podsumowaniem (podrozdział 2.6), w którym Doktorant wskazuje brak szerszej wiedzy teoretycznej oraz wyników badań doświadczalnych poświęconych problemom związanym z obróbką cieplną części karoseryjnych ze stali z dodatkiem boru i hartowanych w różnych ciekłych ośrodkach chłodzących poza narzędziem tłoczącym. Następnie przedstawia główny problem badawczy - opracowanie założeń do technologii wytwarzania wytwarzanych elementów karoserii z zastosowaniem hartowania poza narzędziem odznaczających się wymaganymi dla tych wyrobów właściwościami mechanicznymi, stabilnością i dokładnością kształtu.

W kolejnej części pracy mgr inż. Robert Krupa przedstawia genezę, cel i tezę pracy. Główny cel pracy zdefiniowano jako zmniejszenie kosztów wytwarzania, w wyniku skrócenia cyklu produkcyjnego wyrobu. Natomiast do celów szczegółowych pracy zaliczono:

- 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,
- dobór parametrów procesu technologicznego, zapewniających wymaganą stabilność i dokładność kształtu wytłoczek po przeróbce plastycznej na zimno oraz po obróbce cieplnej z hartowaniem zanurzeniowym.

Tezę pracy stanowi stwierdzenie, że „Hartowanie zanurzeniowe wytłoczek, uprzednio kształtowanych na zimno ze stali manganowo - borowej 22MnB5, pozwala na uzyskanie dokładności kształtu oraz właściwości mechanicznych osiąganych konwencjonalną metodą wytwarzania z zastosowaniem tłoczenia na gorąco i hartowania w tłoczniku”. Tak postawiona teza jest w pełni uzasadniona w kontekście zrealizowanych badań.

Dla osiągnięcia celu i udowodnienia tezy pracy Doktorant zrealizował następujące zadania i prace badawcze:

- 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 hartowa-

nia wykorzystując statystyczne sterowanie procesem SPC (ang. statistical process control),

- 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.

Należy podkreślić, że recenzowana praca zawiera bardzo szeroki wachlarz badań teoretyczno-doświadczalnych, a wykonane przez Doktoranta eksperymenty przeprowadzono starannie, co umożliwiło otrzymanie wyników o wysokim poziomie naukowym.

Pewnym niedociągnięciem jest przyjęty przez Doktoranta układ pracy, który utrudnia czytelnikowi analizę tak szerokiego zakresu badań naukowych. Badania własne w rozdziale 4 zostały omówione w 11 podrozdziałach, przy czym jeden podrozdział zawiera 1 stronę, a inny np. 75 stron. Przykładowo metodykę badań przedstawiono w rozdziałach 4.6 – 4.10, a wyniki badań w podrozdziałach 4.11.1 – 4.11.10. Moim zdaniem lepszym rozwiązaniem byłby układ typu: rozdział 4. Badania dylatometryczne; 4.1. Metodyka badań; 4.2. Wyniki badań dylatometrycznych; 4.3. Analiza wyników badań dylatometrycznych.

Dla opracowania parametrów procesu chłodzenia blach Autor w pierwszej kolejności przeprowadził badania dylatometryczne. Efektem tych prac było opracowanie wykresu CTPc stali 22MnB5 oraz analiza udziału składników strukturalnych w stali w zależności od szybkości chłodzenia. Na podstawie wykresu przemian fazowych próbki ze stali 22MnB5 stwierdzono, że krytyczna szybkość chłodzenia wyniosła około 45°C/s. Następnie w pracy przedstawiono wyniki mikrostruktury i twardości próbek po badaniach dylatometrycznych (rozdział 4.11.1.2). Doktorant na 7 stronach przedstawił łącznie 26 zdjęć przedstawiających struktury stali po różnych wariantach chłodzenia, natomiast ich analizę zawarł jedynie w 3 zdaniach. Moim zdaniem zbyt pobieżnie opisał struktury. W rozdziale 4.11 przedstawiono również badania z zastosowaniem eksperymentalnych krzywych chłodzenia. Rozdział ten kończy się stwierdzeniem Autora, że obróbka cieplna stali 22MnB5 w powietrzu nie ma uzasadnienia technicznego, ponieważ twardość przed i po obróbce cieplnej posiadała zbliżone wartości do materiału w stanie wyjściowym (około 180 HV10). Z tego powodu nie podjęto dalszych badań tej stali w warunkach chłodzenia w powietrzu. Stąd też kolejnym etapem pracy była analiza eksperymentalnych krzywych chłodzenia w oleju, analiza EBSD dla materiału chłodzonego w wodzie i oleju. Oprócz analizy metalograficznej stali po różnych wariantach chłodzenia, istotnym z punktu widzenia projektowania technologii wytwarzania wyrobów metalowych są badania własności materiałowych uzyskanych ze statycznej próby rozcią-

gania oraz próby trójpunktowego gięcia. W oparciu o wyniki badań przedstawionych w rozdziałach 4.11.3 oraz 4.11.4 Doktorant wykazał, że w wyniku hartowania w wodzie i oleju, w stosunku do materiału wyjściowego, odnotowano istotny wzrost własności wytrzymałościowych stali 22MnB5, przy jednoczesnym pogorszeniu jej własności plastycznych, co wydaje się dość oczywiste. Autor dość wybiórczo opisał tą część pracy. Moim zdaniem brak w pracy odwołania do wyników badań mechanicznych do struktury stali po hartowaniu.

Kolejny rozdział pracy poświęcony jest modelowaniu numerycznemu formowania blach. Dla wytłoczki eksperymentalnej wykonano modelowanie MES, co umożliwiło uzyskanie mapy odkształceń głównych (FLD), rozkładu pocienień oraz wielkości sprężynowania powrotnego. Wykazano, że po procesie formowania blachy, w zależności od miejsca, może wystąpić zarówno pocienienie, jak i pogrubienie wytłoczki. Największe obliczone pocienienie materiału wyniosło 10% oraz maksymalne pogrubienie 10,3%. Uzyskane pocienienie grubości nie przekraczało dopuszczalnej wartości 20%. Kolejnym kryterium jakości wyrobu było powrotne odkształcenie sprężyste. Wykazano, że odchyłki powierzchni wytłoczki, spowodowane efektem sprężynowania, w kilku miejscach przekroczyły dopuszczalną wartość $\pm 0,5$ mm. Następnie porównano wartości odchyłek spowodowanych sprężynowaniem materiału w symulacji MES oraz średnich wartości rzeczywistych odchyłek powierzchni dla wyprodukowanych 35 wytłoczek. Autor na narzędziu prototypowym nie prowadził działań optymalizacyjnych. Stwierdził, że nieduże różnice wartości sprężynowania w MES i zmierzone podczas pierwszych prób tłoczenia detali można uznać za zadowalające. Zdaniem recenzenta zrealizowany zakres badań teoretycznych z wykorzystaniem modelowania numerycznego jest niepełny i należało by go rozszerzyć o analizę zmiany geometrii narzędzia na proces formowania wytłoczki, pełną analizę stanu naprężeń i odkształceń blach podczas kształtowania wytłoczek. Ponadto pragnę zwrócić uwagę, że autor porównał wyniki uzyskane z MES z wynikami doświadczalnymi, które dopiero zamierza omówić w kolejnych rozdziałach pracy.

Jednym z podstawowych parametrów w przemyśle samochodowym stosowanych do określenia zdolności procesów produkcyjnych są wskaźniki C_p i C_{pk} wykorzystywane do diagnozowania poszczególnych faz procesu technologicznego, w tym do analizy odchyłek geometrycznych wytłoczek po procesie kształtowania i hartowania. Jeśli proces ma zdolność i jest sterowalny w granicach tolerancji, to spełnia warunek wdrożenia do produkcji seryjnej. Zagadnieniu temu poświęcony jest podrozdział 4.11.7. Autor przedstawił wyniki pomiaru kształtu wytłoczek z wykorzystaniem skanera 3D, sporządził indywidualne raporty pomiarowe dla każdej wytłoczki, na podstawie których obli-

czono najważniejsze parametry statystyczne (rozstęp R, średnia arytmetyczna, odchylenie standardowe s) dla charakterystycznych punktów pomiarowych P1÷ P11. Na podstawie wyników sporządzono karty kontrolne, histogram oraz podano wyniki obliczeń wskaźników zdolności Cp oraz Cpk. Autor stwierdził m.in., że rozstęp wyników R jest mały, a proces jest statystycznie ustabilizowany (sterowalny). Ponadto wysokie wartości wskaźników Cp powyżej 1,67 świadczą o małym rozrzucie wyników oraz wysokiej zdolności procesu.

Następnie Doktorant przeprowadził badania mikrostruktury wylotczek po obróbce cieplnej z hartowaniem zanurzeniowym w wodzie i oleju. Wylotczki po chłodzeniu w wodzie posiadały strukturę martenzytyczną, natomiast po chłodzeniu w oleju o temperaturze 20°C oraz 80°C stwierdzono strukturę złożoną z martenzytu odpuszczonego z drobnodispersyjnymi wydzieleniami cementytu. Badania metodą transmisyjnej elektronowej mikroskopii (TEM), dla próbki pobranej z wylotczki hartowanej w oleju o temperaturze 20°C, ujawniły występowanie w strukturze wydzieleni w postaci wydłużonych listew. Uzupełnieniem badań strukturalnych była analiza mikrotwardości wylotczek po obróbce cieplnej, która wykazała małe rozrzuty na poszczególnych przekrojach wylotczek. Średnie wartości wyników dla twardości wylotczek w przekroju I-I oraz II-II po obróbce cieplnej według trzech wariantów chłodzenia (woda, olej 20°C, olej 80°C) mieściły się w granicach specyfikacji (400 - 520 HV10). Zdaniem Doktoranta małe różnice wartości twardości, 2 – 8 HV0,5, pomiędzy warstwami na przekroju I-I oraz II-II dla wylotczek po chłodzeniu w wodzie, oleju 20°C i 80°C świadczą o jednorodności struktury po hartowaniu.

Rozdział badania własne Doktorant kończy podrozdziałem 4.11.10 „Analiza porównawcza odchylek kształtu wylotczek przed i po obróbce cieplnej”, w którym stwierdza, że obróbka cieplna wylotczki z chłodzeniem w wodzie była procesem statystycznie nieustabilizowanym (niekontrolowalnym) ze względu na duże rozproszenie wyników, co wyklucza ten sposób hartowania z praktycznego zastosowania dla wylotczki eksperymentalnej (brak możliwości utrzymania powierzchni w granicach tolerancji +/-0,7 mm). Natomiast obróbka cieplna elementów z hartowaniem w oleju o temperaturze 20 i 80°C może spełnić wymaganie tolerancji powierzchni w granicach +/-0,7 mm. Najmniejszy rozrzut wyników uzyskano dla hartowania w oleju o temperaturze 80°C z poziomą orientacją detalu podczas zanurzania.

W rozdziale podsumowanie wyników badań i wnioski końcowe mgr inż. Robert Krupa przedstawił i potwierdził nowość otrzymanych wyników badań i ich poznawczy charakter. Otrzymane wyniki badań jednoznacznie potwierdzają zrealizowanie ambitnego celu oraz udowadniają posta-

wioną tezę pracy.

Praca zakończona jest dwustronicowym rozdziałem opisującym proponowany kierunek dalszych prac.

Uwagi do pracy:

Rozprawa doktorska mgr inż. Roberta Krupy oprócz wymienionych wyżej zalet posiada również fragmenty, które wymagają szerszej dyskusji. Poniżej zostały zaprezentowane uwagi natury merytorycznej:

- 1) Zbyt rozbudowany spis treści i układ pracy. Praca doktorska zawiera ponad 40 podrozdziałów. W mojej ocenie dla lepszej przejrzystości pracy Doktorant mógł zmniejszyć liczbę podrozdziałów o połowę
- 2) Brak informacji na temat sposobu doboru temperatury oleju stosowanego w obróbce cieplnej, dlaczego Autor przyjął temperaturę 20 i 80°C. W mojej ocenie dołożenie do planu badań hartowania wytłoczek w oleju o temperaturze np. 150 °C umożliwiłoby pełniejszą analizę zależności pomiędzy temperaturą oleju, a strukturą, własnościami i odchyłkami wymiarowymi wytłoczek.
- 3) Autor proces hartowania przeprowadził w wodzie oraz w oleju. Obecnie jako czynnik chłodzący w procesach obróbki metali coraz częściej stosowane są polimery. Stąd w pracy Doktorant mógł np. porównać wytłoczkę po chłodzeniu w wodzie, oleju i polimerze. Czy rozważał Doktorant zastosowanie polimerów ?
- 4) W rozdziale 2.3 dotyczącym stali stosowanych w budowie karoserii samochodowych nie omówiono wszystkich gatunków stali, np. brak wzmianki o stalach typu TRIPEX.
- 5) Pomimo starań Doktoranta część rysunków zamieszczonych w pracy jest nieczytelna. Strona 20, rozdział 2.4.1 – nieczytelny opis rysunku 10, na kolejnych stronach np. rysunek 14 – nieczytelna podziałka osi oraz brak opisu krzywych. Strona 25, rozdział 2.4.3 – nieczytelna tabela, zbyta mała czcionka. Strona 39, rysunek 30 - brak jednostki na osi x, w jakiej jednostce wyrażony jest czas austenitowania?
- 6) W przeglądzie literatury brak podrozdziału o wpływie czynników chłodzących przy hartowaniu na strukturę, własności i odchyłki wymiarowe blach i wytłoczek.
- 7) Strona 59 – ...Wytłoczki eksperymentalne wyprodukowano przy pomocy narzędzia prototypowego. W przypadku prób jednoosiowego rozciągania oraz trójpunktowego gięcia

- Autor wyjaśnił, że próbki wycinano laserem przy założeniu kierunku walcowania wzdłuż krótszego boku próbek. Brak informacji jak wycięto próbki do tłoczenia, kierunek walcowania- wzdłużny, poprzeczny.
- 8) Strona 79 – w rozdziale 4.9.3 dotyczącym modelowania numerycznego dla operacji formowania wytłoczki brak informacji o warunkach brzegowych przyjętych do symulacji komputerowej, m.in.: temperatura, współczynnik tarcia, współczynniki wymiany ciepła, reologia stali, siatka elementów skończonych, model matematyczny itp.
 - 9) Strona 86 – Doktorant napisał: „...Dla potrzeb opracowania wykresu CTPc (Czas-Temperatura-Przemiana) przeprowadzono badania w sposób nietypowy...”. A jaki jest typowy sposób badania?
 - 10) Strona 87 brak opisu oznaczeń w tabelach 5 i 6. Czytelnik musi się domyśleć, co oznaczają symbole.
 - 11) Strona 96 – W tabeli 7 przedstawiono wyniki twardości stali. Jak obliczono wartość średnią? Jakie było odchylenie standardowe?
 - 12) Strona 96 – analizując rysunek 92 oraz tabelę 5 ze strony 87 można zauważyć wpływ prędkości chłodzenia w zakresie od 50 do 250 °C/s na twardość martenzytu. W analizowanym zakresie prędkości chłodzenia stwierdzono 100% martenzytu w strukturze. Stąd zdaniem Doktoranta czym spowodowane są różne wartości twardości martenzytu ?
 - 13) Strona 96 - Przy prędkości chłodzenia 40 °C/s odnotowano największą twardość (około 90% martenzytu i 10% bainitu), większą niż w przypadku struktury zawierającej 100% martenzytu. Dla 40 °C/s twardość HV10 wynosi 450, a dla 50 °C/s 438. Proszę o komentarz.
 - 14) Strona 97, rozdział 4.11.1.3. Wyniki badań z zastosowaniem eksperymentalnych krzywych chłodzenia – Autor stwierdził „Próbki po chłodzeniu według krzywej chłodzenia w spokojnym powietrzu posiadały strukturę ferrytyczno-perlityczną z małą ilością martenzytu”. Z danych zawartych m.in. w tabeli 6 wynika, że przy chłodzeniu z prędkością 5 °C/s składniki strukturalne stali 22MnB5 to: martenzyt+austenit szczątkowy, bainit, perlit i ferryt, natomiast przy prędkości chłodzenia 2 °C/s stal odznacza się strukturą ferrytyczno-perlityczną. Stąd wynika moje pytanie, skąd w strukturze przy chłodzeniu w spokojnym powietrzu pojawił się martenzyt. A co w takim razie z bainitem?
 - 15) Strona 109 - analizując wyniki statycznej próby rozciągania autor najpierw powinien przedstawić tabele z wynikami, a potem wykresy. Ponadto przedstawiona w rozdziale 4.11.4 ana-

liza wyników badań jest bardzo pobieżna, nie wyjaśniono, czym spowodowane są różnice w uzyskanych wartościach własności mechanicznych dla poszczególnych wariantów chłodzenia.

16) Strony 161-175 - Doktorant nie mógł się zdecydować, który styl cytowania przyjąć w pracy. Stąd różne style formatowania w bibliografii. Ponadto przy niektórych pozycjach występuje tylko rok wydania publikacji, brak jest woluminu, numeru stron lub wydawcy, przykładowo [47], [94], [96].

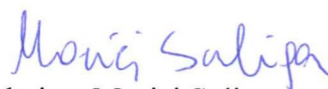
Wnioski końcowe:

Biorąc pod uwagę aktualność doboru tematu, który ma bardzo istotne znaczenie poznawcze i praktyczne, właściwą i wartościową tezę rozprawy, która została w pełni udowodniona, a także umiejętności Doktoranta, który:

- wykazał bardzo dobre opanowanie warsztatu naukowego w dyscyplinie inżynieria materiałowa oraz bardzo duże doświadczenie praktyczne z zakresu projektowania procesów formowania blach i obróbki cieplnej stali,

- potrafił zastosować wiele nowoczesnych metod badawczych począwszy od modelowania numerycznego z zastosowaniem zaawansowanych metod numerycznych, a uzyskane wyniki potwierdzić badaniami doświadczalnymi. Wykazał jednoznacznie, że zastosowanie hartowania zanurzeniowego wytłoczek (uprzednio kształtowanych na zimno) w oleju o temperaturze 20°C oraz 80°C, pozwala na uzyskanie dokładności kształtu oraz właściwości mechanicznych osiągniętych konwencjonalną metodą wytwarzania z zastosowaniem tłoczenia na gorąco i hartowania w tłoczniku,

- sformułował poprawne i wartościowe wnioski wynikające z wyników bardzo szerokiego zakresu badań teoretycznych i doświadczalnych, stwierdzam, że przedstawiona do recenzji praca doktorska pt.: „*Opracowanie technologii umożliwiającej uzyskanie wymaganych właściwości wytrzymałościowych i technologicznych wytłoczek kształtowanych ze stali 22MnB5 z zastosowaniem chłodzenia poza tłoczniem*” spełnia wszystkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez Ustawę Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce w dyscyplinie inżynieria materiałowa i wnioskuje o dopuszczenie mgr inż. Roberta Krupy do publicznej obrony.



Dr hab. inż. Maciej Suliga, profesor uczelni