

Dominika Grygier

Załącznik nr 3

Do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego

Autoreferat przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych

1. Imię i nazwisko

Dominika Grygier

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe

- 2008 **doktor nauk technicznych w dziedzinie mechanika**; rozprawa doktorska realizowana w Instytucie Materiałoznawstwa i Mechaniki Technicznej Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej, pt. Wpływ wybranych własności krzemionkowych warstw wierzchnich na możliwości ich zastosowania jako pokrycia na stenty wieńcowe, promotor pracy: dr hab. inż. Włodzimierz Dudziński.
- 2004 **magister inżynier** na kierunku Fizyka Techniczna Wydziału Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej; praca magisterska pt. Badanie wielkości biomechanicznych stentów wieńcowych, promotor pracy: prof. dr hab. inż. Romuald Będziński.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- od 2014 r. **Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczny,
Katedra Materiałoznawstwa, Wytrzymałości i Spawalnictwa**
- stanowisko: adiunkt naukowo – dydaktyczny
- wymiar czasu pracy: pełny etat
- 2009 – 2014 r. **Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczny,
Instytut Materiałoznawstwa i Mechaniki Technicznej**
- stanowisko: adiunkt naukowo – dydaktyczny
- wymiar czasu pracy: pełny etat
- 2008 – 2009r. **Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczny,
Instytut Materiałoznawstwa i Mechaniki Technicznej**
- stanowisko: asystent naukowo – dydaktyczny
- wymiar czasu pracy: pełny etat

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2016 r. poz. 882 ze zm. w Dz. U. z 2016 r. poz. 1311.)

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Jako osiągnięcie wynikające z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.) wskazuję cykl publikacji powiązanych tematycznie pt.: „*Podwyższenie odporności na uszkodzenia elementów ogumionych środków transportu i maszyn na drodze modyfikacji technologicznej wytwarzania drutów kordowych*” (dołączone kopie).

4.2. Autor, tytuł publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa, recenzenci wydawniczy

- [1] **Grygier Dominika**, *Nanokrystalizacja cementytu w stalach perlitycznych stosowanych na druty kordowe do opon*, 2017, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
Monografia
Udział habilitantki Dominiki Grygier: 100%, **Zadania zrealizowane przez habilitantkę:** opracowanie planu realizacji badań, wykonanie badań, interpretacja wyników badań oraz zebranie wyników badań w postaci monografii.
- [2] **Grygier Dominika**, *The impact of operation of elastomeric track chains on the selected properties of the steel cord wires*, Eksploatacja i Niezawodność - Maintenance and Reliability, 2017, vol. 19, nr 1, s. 95-101.
Artykuł o zasięgu międzynarodowym, Punktacja MNiSW – 25, Lista Filadelfijska – tak, IF - 1.145
Udział habilitantki Dominiki Grygier: 100%, **Zadania zrealizowane przez habilitantkę:** opracowanie planu realizacji badań, wykonanie badań mikroskopowych, wykonanie pomiarów twardości, wykonanie badań wybranych właściwości mechanicznych, interpretacja wyników badań oraz opisanie uzyskanych wyników badań w postaci artykułu.
- [3] **Grygier Dominika**, Rutkowska-Gorczyca Małgorzata, Żak Andrzej, Jasiński Robert, *Optimization of the inter-operation annealing of cold-drawn eutectoid steels*, Acta Physica Polonica A, 2016, vol. 130, nr 4, s. 931-934.
Artykuł o zasięgu międzynarodowym, Punktacja MNiSW – 15, Lista Filadelfijska – tak, IF - 0.469
Udział habilitantki Dominiki Grygier: 70%, **Zadania zrealizowane przez habilitantkę:** opracowanie planu realizacji badań, wykonanie badań mikroskopowych z zastosowaniem mikroskopii świetlnej, wykonanie pomiarów twardości, interpretacja wyników badań oraz opisanie uzyskanych wyników badań w postaci artykułu. **Udział Małgorzata Rutkowska-Gorczyca:** 10%, **Zadania zrealizowane przez Małgorzata Rutkowska-Gorczyca:** wykonanie badań mikroskopowych z zastosowaniem skaningowej mikroskopii elektronowej. **Udział Andrzej Żak:** 10%, **Zadania zrealizowane przez Andrzej Żak:** wykonanie badań mikroskopowych z zastosowaniem transmisyjnej mikroskopii elektronowej. **Udział Robert Jasiński:** 10%, **Zadania zrealizowane przez**

Robert Jasiński: wykonanie badań wybranych właściwości mechanicznych.

- [4] **Grygier Dominika**, *Analysis of the causes of damage to the wires of the steel belt of car tires*, Interdisciplinary Journal of Engineering Sciences, 2016, vol. 4, nr 1, s. 45-49.

Artykuł o zasięgu międzynarodowym, Punktacja MNiSW – 4

Udział habilitantki Dominiki Grygier: 100%, Zadania zrealizowane przez habilitantkę: opracowanie planu realizacji badań, wykonanie badań makro i mikroskopowych, interpretacja wyników badań oraz opisanie uzyskanych wyników badań w postaci artykułu.

- [5] **Grygier Dominika**, *Modification of heat treatment parameters for pearlite steel intended for cold plastic working*, Journal of Machine Engineering. 2016, vol. 16, nr 2, s. 44-51.

Artykuł o zasięgu międzynarodowym, Punktacja MNiSW – 14

Udział habilitantki Dominiki Grygier: 100%, Zadania zrealizowane przez habilitantkę: opracowanie planu realizacji badań, wykonanie badań mikroskopowych, wykonanie badań wybranych właściwości mechanicznych, interpretacja wyników badań oraz opisanie uzyskanych wyników badań w postaci artykułu.

- [6] **Grygier Dominika**, Rutkowska-Gorczyca Małgorzata, Jasiński Robert, Dudziński Włodzimierz, *The structural and strength changes resulting from modification of heat treatment of high carbon steel*, Archives of Metallurgy and Materials. 2016, vol. 61, nr 2B, s. 971-976.

Artykuł o zasięgu międzynarodowym, Punktacja MNiSW – 30, Lista Filadelfijska – tak, IF – 0.571

Udział habilitantki Dominiki Grygier: 70%, Zadania zrealizowane przez habilitantkę: opracowanie planu realizacji badań, wykonanie badań mikroskopowych z zastosowaniem mikroskopii świetlnej, wykonanie pomiarów twardości, interpretacja wyników badań oraz opisanie uzyskanych wyników badań w postaci artykułu. **Udział Małgorzata Rutkowska-Gorczyca: 10%, Zadania zrealizowane przez Małgorzata Rutkowska-Gorczyca:** wykonanie badań mikroskopowych z zastosowaniem skaningowej mikroskopii elektronowej. **Udział Robert Jasiński: 10%, Zadania zrealizowane przez Robert Jasiński:** wykonaniu badań wybranych właściwości mechanicznych. **Udział Włodzimierz Dudziński: 10%, Zadania zrealizowane przez Włodzimierz Dudziński:** konsultacja merytoryczna wyników badań wykonanych z zastosowaniem skaningowej mikroskopii elektronowej.

- [7] **Grygier Dominika**, Rutkowska-Gorczyca Małgorzata, Dudziński Włodzimierz, *The effect of a change in recrystallization annealing time on the properties and structure of cold-drawn wires*, Journal of Machine Engineering. 2015, vol. 15, nr 1, s. 90-97.

Artykuł o zasięgu międzynarodowym, Punktacja MNiSW – 14

Udział habilitantki Dominiki Grygier: 80%, Zadania zrealizowane przez habilitantkę: opracowanie planu realizacji badań, wykonanie badań mikroskopowych z zastosowaniem mikroskopii świetlnej, wykonanie badań wybranych właściwości mechanicznych, interpretacja wyników badań oraz opisanie uzyskanych wyników badań w postaci artykułu. **Udział Małgorzata Rutkowska-Gorczyca: 10%, Zadania zrealizowane przez Małgorzata Rutkowska-Gorczyca:** wykonanie badań mikroskopowych z zastosowaniem skaningowej mikroskopii elektronowej. **Udział Włodzimierz Dudziński: 10%, Zadania zrealizowane przez Włodzimierz Dudziński:** konsultacja merytoryczna wyników badań wykonanych z zastosowaniem skaningowej mikroskopii elektronowej.

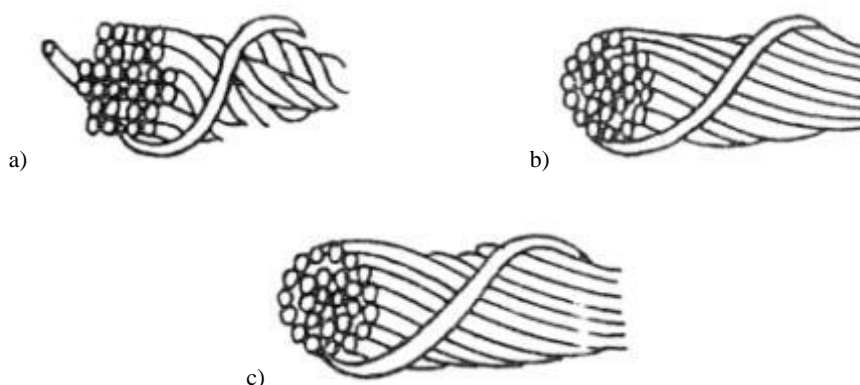
- [8] Kinga Jaskórczyńska, Bartosz Pietruszkiewicz, **Dominika Grygier**, *Budowa wewnętrzna opony samochodowej marki Continental na przełomie ostatnich 27 lat*, Interdyscyplinarność badań naukowych 2015: praca zbiorowa / pod red. Jarosława Szreka. Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2015. s.110-115
Rozdział w książce
Udział habilitantki Dominiki Grygier: 60%, **Zadania zrealizowane przez habilitantkę:** opracowanie planu realizacji badań, analiza badań makroskopowych oraz interpretacja wyników badań. **Udział Kinga Jaskórczyńska:** 30%, **Zadania zrealizowane przez Kinga Jaskórczyńska:** przygotowanie próbek do badań, wykonanie badań makroskopowych oraz opisanie uzyskanych wyników badań w postaci artykułu. **Udział Bartosz Pietruszkiewicz:** 10%, **Zadania zrealizowane przez Bartosz Pietruszkiewicz:** pozyskanie próbek do badań oraz wstępne przygotowanie próbek do badań.
- [9] Kinga Jaskórczyńska, Bartosz Pietruszkiewicz, **Dominika Grygier**, *Makroskopowa analiza najczęściej spotykanych uszkodzeń opon samochodowych*, Interdyscyplinarność badań naukowych 2015: praca zbiorowa / pod red. Jarosława Szreka. Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2015. s.116-121
Rozdział w książce
Udział habilitantki Dominiki Grygier: 60%, **Zadania zrealizowane przez habilitantkę:** opracowanie planu realizacji badań, analiza badań makroskopowych oraz interpretacja wyników badań. **Udział Kinga Jaskórczyńska:** 10%, **Zadania zrealizowane przez Kinga Jaskórczyńska:** przygotowanie próbek do badań. **Udział Bartosz Pietruszkiewicz:** 30%, **Zadania zrealizowane przez Bartosz Pietruszkiewicz:** pozyskanie próbek do badań, wykonanie badań makroskopowych oraz opisanie uzyskanych wyników badań w postaci artykułu
- [10] **Grygier Dominika**, *The effectiveness of recrystallization high carbon steel with regard to the condition of material*, Interdisciplinary Journal of Engineering Sciences, 2015 vol. 3, nr 1, s. 20-24.
Artykuł o zasięgu międzynarodowym, Punktacja MNiSW – 4
Udział habilitantki Dominiki Grygier: 100%, **Zadania zrealizowane przez habilitantkę:** opracowanie planu realizacji badań, wykonanie badań mikroskopowych, wykonanie badań wybranych właściwości mechanicznych, interpretacja wyników badań oraz opisanie uzyskanych wyników badań w postaci artykułu.

4.3. Omówienie celu naukowego ww. pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

4.3.1 Przesłanki do podjęcia tematyki

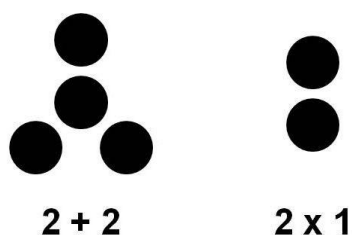
W ostatnich latach obserwuje się na świecie niesłabnące zapotrzebowanie na szybkie i niezawodne środki transportu, charakteryzujące się dodatkowo dużą ładownością. Ogumienie samochodów osobowych, dostawczych, ciężarowych, autobusów, maszyn rolniczych, górniczych czy specjalistycznego sprzętu budowlanego nie może być już dłużej zbrojone materiałami o niskiej wytrzymałości, jak przedza, wiskoza lub nylon. Do wzmocnienia elementów ogumionych środków transportu i maszyn stosuje się obecnie wysoko wytrzymałe druty wykonane z niestopowej stali perlitycznej, zawierającej od około 0,70 do 0,95% C [1, 2, 4, 8, 9].

Kord jest elementem konstrukcyjnym złożonym ze splotek utworzonych przez kilka splecionych ze sobą pojedynczych drutów [1, 4, 8]. Kord może stanowić również sama splotka wykonana z kilku drutów. Pierwsze kordy stalowe otrzymywano w wyniku splatania, pojedyncze druty były skręcane w splotkę, a następnie splotki wzajemnie zwijane tworzyły stalowy kord typu 7×4 (rys.1a). Od 1977 roku rozpoczęto produkcję nowoczesnego kordu, który miał już warstwy drutu (3+9+15) przypominające w przekroju kabel - były to tzw. struktury kablowe charakteryzujące się większą wytrzymałością zmęczeniową, lepszymi właściwościami adhezyjnymi i wysoką wytrzymałością na rozciąganie (rys.1b). Około 1980 roku kablowe konstrukcje kordu były wykonywane już w jednej operacji nazywanej „*bunching*” (rys.1c), dzięki czemu ich produkcja stała się prostsza i bardziej efektywna.

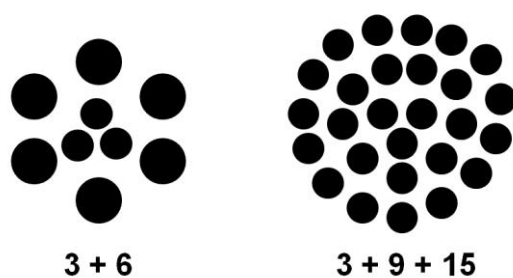


Rys. 1. Ewolucja zmiany budowy stalowego kordu: a) z 1970 r., b) z 1977 r., c) z 1982 r. [1]

Kolejne zmiany w budowie stalowego kordu wyznaczone były potrzebami spełnienia wymogów użytkowych pojazdów i uwzględniały: warunki pracy i wymiary opony oraz wymagania, co do wytrzymałości i ich trwałości. Zwracano również uwagę na koszty wytworzenia zarówno stalowego kordu, jak i opony. Do produkcji współczesnych opon samochodów osobowych stosuje się konstrukcje opracowane w 1991 r. przez Lefevera i Lombeartsa oparte o układ 2+2 oraz 2×1 wykonany z drutów kordowych o średnicach 0,15-0,38 mm (rys. 2). A w przypadku opon samochodów ciężarowych oraz autobusów – oparte o układ 3+6 oraz 3+9+15 przy zastosowaniu większych średnic drutów (rys. 3).

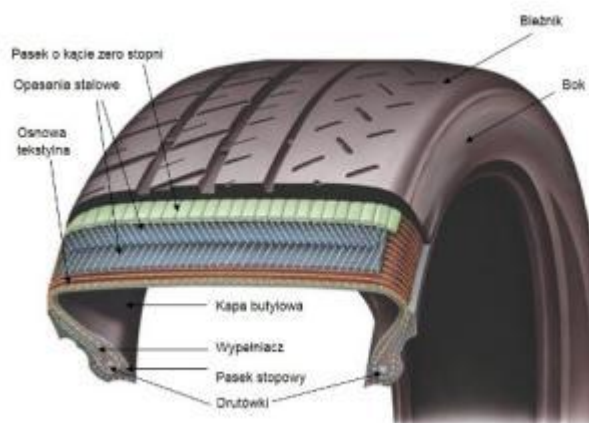


Rys.2. Konstrukcje stalowego kordu opon samochodów osobowych wprowadzone przez Lefevera i Lombeartsa [1]



Rys.3. Konstrukcje stalowego kordu opon samochodów ciężarowych i autobusów wprowadzone przez Lefevera i Lombearisa [1]

Współcześnie produkowane opony samochodowe charakteryzuje skomplikowana budowa. Składają się one nawet z kilkunastu elementów, które łączy się w jedno podczas procesu wulkanizacji. Każdy z tych elementów odpowiada za odrębne właściwości wyrobu. W typowej oponie samochodowej wyróżnia się: bieżnik, opasanie, osnowę oraz stopkę (rys.4).

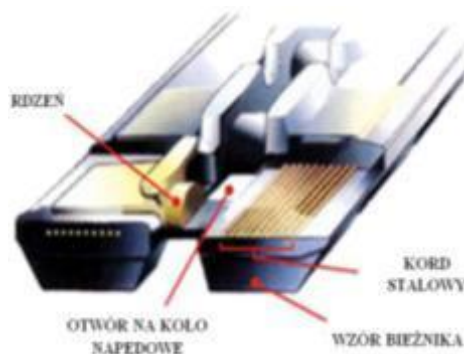


Rys. 4. Budowa współczesnej opony samochodowej [1]

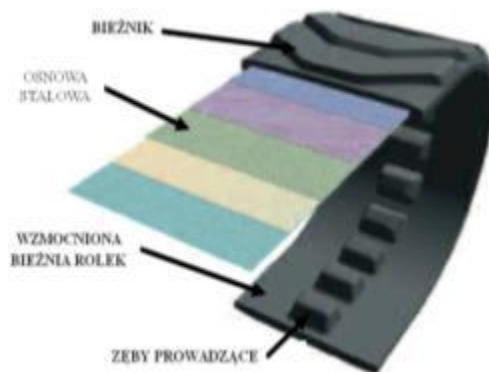
Bieżnik odpowiada za przyczepność oraz prowadzenie samochodu. Stopka składa się z drutówki oraz wypełniacza i umożliwia zamontowanie opony na obręczy koła, zapewnia także szczelność tego połączenia [1, 4, 8]. Osnowa natomiast to podstawowy element nośny w całej konstrukcji, zapewniający stałość wymiarów i wytrzymałość na rozzerwanie. Innym niezwykle ważnym elementem jest opasanie, którego podstawową funkcją to usztywnienie czoła opony i zapewnienie odporności na niszczące działanie siły odśrodkowej przy dużych prędkościach. Opasanie składa się z jednej lub kilku warstw stalowego kordu, warstwy wytrzymałych drutów o średnicy 0,2–0,5 mm wykonanych z niestopowej stali perlitycznej zawierającej ok. 0,8% węgla. Średnio w oponie samochodu osobowego jest 0,43 - 0,86 kg

stalowych drutów kordowych, natomiast w oponach samochodów ciężarowych od 2,6 do nawet 6,5 kg.

Gąsienicowe układy bieżne umożliwiają poruszanie się ciężkich pojazdów po powierzchniach nieutwardzonych oraz w trudnym terenie, zaśnieżonym, bagnistym lub grząskim, a także pokonywanie przeszkód naturalnych i sztucznych [1, 2]. Jest to możliwe przez rozłożenie masy pojazdu na większej powierzchni, co powoduje znaczny spadek nacisków jednostkowych, wzrost przyczepności pojazdu i uzyskanie większej siły napędowej. Układy te służą również poprawie jakości prowadzenia i manewrowania pojazdem w trudnych warunkach terenowych przez zmniejszenie oporów toczenia i skłonności pojazdu do grzęźnięcia. W celu usztywnienia konstrukcji gąsienicy elastomerowej, zachowania jej właściwego ugięcia podczas poruszania się pojazdu oraz nadania odpowiedniej odporności na siły rozciągające również w tym przypadku stosuje się wzmocnienie stalowym kordem, wykonanym z niestopowej stali perlitycznej (rys. 5 i 6).

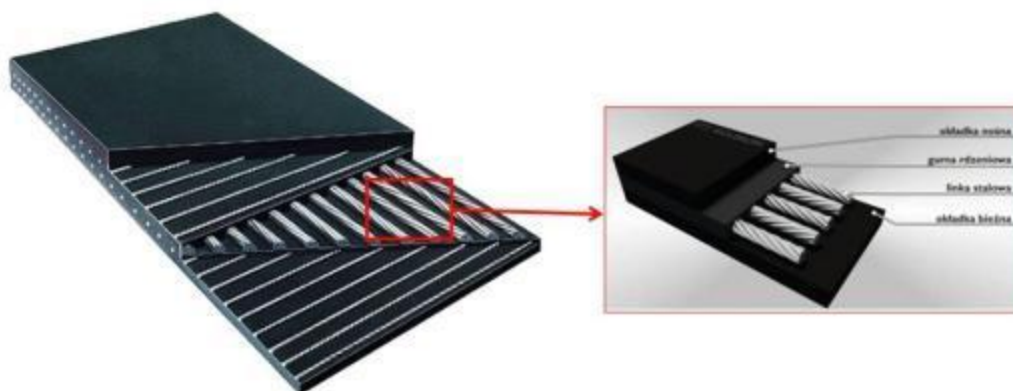


Rys. 5. Schemat budowy gąsienicy elastomerowej przeznaczonej do ciernego przenoszenia napędu; widoczny stalowy kord wzmocniająca konstrukcję [1]



Rys. 6. Schemat budowy gąsienicy elastomerowej przeznaczonej do kształtowego przenoszenia napędu; widoczna stalowa osnova wzmocniająca konstrukcję [1]

Przenośniki taśmowe są jednymi z podstawowych i najpowszechniej stosowanych środków transportu wykorzystywanych w górnictwie, energetyce, hutnictwie, przemyśle chemicznym i portach oraz na placach składowych czy przeładunkowych [1]. Najczęstszym wykorzystaniem przenośników taśmowych jest transport różnego typu kruszyw i materiałów sypkich. Taśmy przenośnikowe, aby w pełni mogły spełniać swoje zadanie, muszą zapewniać nie tylko odpowiednią wytrzymałość na rozciąganie w kierunku poprzecznym, i wzdłużnym, lecz także elastyczność w obydwu kierunkach oraz dostateczną trwałość i odporność na mechaniczne uszkodzenia i ścieranie. Właściwości te zapewnione są między innymi przez zastosowanie odpowiedniego rdzenia wzmacniającego wykonanego, jak w poprzednio opisywanych elementach ogumionych, ze stalowego kordu (rys. 7).



Rys. 7. Schemat budowy taśmy przenośnikowej z rdzeniem wzmacniającym wykonanym ze stalowego kordu [1]

Niestety jednym z poważnych problemów, szeroko opisywanych w literaturze przedmiotu jest pękanie stalowego kordu wzmacniającego elementy ogumione [1, 2, 4, 9]. Do uszkodzeń drutów dochodzi najczęściej w trakcie procesów eksploatacyjnych. Problem ten jest tym poważniejszy, że dotyczy wielu gałęzi przemysłu, w których stosowany jest stalowy kord. Jedną z opisywanych przyczyn pękania drutów kordowych jest duża kruchość płytkowych wydzieleni cementytu - jednego ze składników strukturalnych stali perlitycznej, z której wykonane są te elementy. Wydaje się, zatem uzasadnione podjęcie poszukiwań sposobów modyfikacji technologii wytwarzania drutów kordowych ze stali perlitycznej zmierzającej do poprawy ich właściwości wytrzymałościowych i użytkowych.

4.3.2 Ocena uszkodzeń elementów ogumionych środków transportu i maszyn

Użytkownicy samochodów mimo wiedzy dotyczącej trwałości opon często doświadczają problemów wynikających z ich uszkodzeń. Według firmy Continental większość uszkodzeń jest spowodowanych przez następujące czynniki [1, 4, 8]:

- niewłaściwy styl jazdy,
- niewłaściwe ciśnienie powietrza w oponach,
- jazda po bezdrożach, nierównych nawierzchniach,
- najeżdżanie na nierówności z dużą prędkością,
- niedostosowanie prędkości jazdy do obciążenia,
- niewłaściwy montaż, w tym źle dobrana opona do felgi i do samochodu,
- uszkodzenia starzeniowe gumy.

Cienki drut kordowy, odpowiedzialny za zapewnienie oponie sztywności, poddawany jest podczas eksploatacji złożonemu stanowi naprężeń. Rzeczoznawcy niezależnej organizacji Dekra na podstawie studiów przypadków stwierdzili, że po sześciu latach drastycznie zwiększa się ryzyko pęknięcia tych drutów, dlatego zalecają wymianę ogumienia najpóźniej po sześciu latach lub po przejechaniu ok. 100 000 km.

W literaturze tematu można znaleźć wyjaśnienie tego zjawiska, tym że na skutek odkształceń plastycznych materiału w wyniku eksploatacji drutów kordowych następuje niekontrolowany, bardzo silny wzrost energii na styku obu faz, czyli w przestrzeniach między płytkowych perlitu [1, 4]. Ten obserwowany wzrost energii prowadzi do termodynamicznej destabilizacji cementytu skutkującej pękaniem jego płytek, a tym samym pękaniem drutu.



Rys. 8. Uszkodzona opona nr 1, widoczne fragmenty drutów z przerwane opasania, które przebiły bieżnik opony

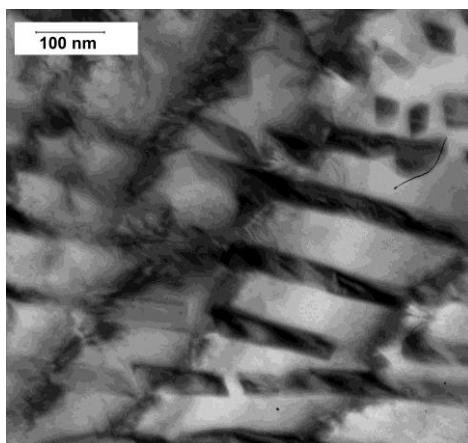


Rys. 9. Uszkodzona opona nr 2, widoczne fragmenty drutów z przerwane opasania, które przebiły ściankę boczną opony

Przeprowadzona w toku badań własnych habilitantki analiza przyczyn uszkodzeń drutów wzmacniających osnowę opon samochodowych jest zgodna z tymi założeniami [1, 4, 8].

Przedmiotem badań były opony samochodowe, do uszkodzenia których doszło w wyniku wielokrotnego uderzania czoła opon o przeszkodę lub w wyniku jazdy po nierównościach z dużą prędkością (rys. 8 i 9). Z powodu awarii doszło do przzerwania ciągłości stalowego opasania, przebicia drutami kordowymi warstwy gumy i ostatecznie uszkodzenia opony uniemożliwiającego dalszą jej pracę.

W szczegółowych badaniach materiału drutu kordowego - z zastosowaniem transmisyjnej mikroskopii elektronowej - wykazano obecność poprzecznych pęknięć pojedynczych płytek cementytu (rys. 10). Jednocześnie habilitantka dowiodła, że obserwowana zawartość wtrąceń niemetalicznych w badanych materiałach nie przekraczała wielkości wzorca nr 1 wg PN-H-04510:1964, co eliminuje ten czynnik jako odpowiedzialny za uszkodzenie struktury materiału. Obserwowane pęknięcia powstały zatem w wyniku oddziaływania złożonego stanu naprężeń podczas eksploatacji opony, a w połączeniu z niewłaściwym użytkowaniem opon doprowadziły do uszkodzenia drutów kordowych.

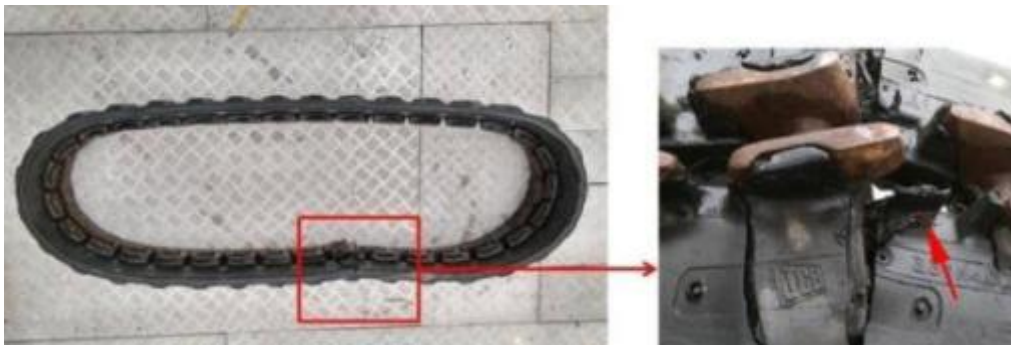


Rys. 10. Mikrostruktura próbki drutu kordowego p.O_{uszk.1/d_k}, widoczne poprzeczne pęknięcia płytek cementytu powstałe w wyniku eksploatacji opony, TEM

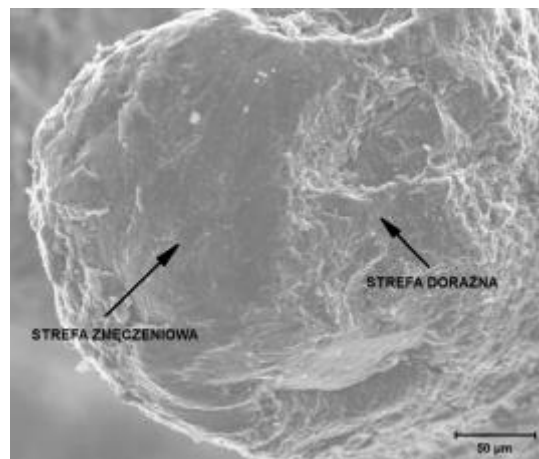
Gąsienice elastomerowe minikoparek narażone są podczas eksploatacji na ciągłą styczność z podłożem, częste hamowanie oraz liczne uderzenia w nierówności. Takie warunki pracy mogą prowadzić do uszkodzania materiału stalowego kordu, stanowiącego usztywnienie gąsienicy, a w konsekwencji do zmiany jej własności użytkowych. Wyniki ankietyzacji przeprowadzonej wśród dolnośląskich firm ogólnobudowlanych, wykazały, że średnia żywotność gąsienic elastomerowych stosowanych w minikoparkach to około 825 motogodzin, a najczęstszą przyczyną ich uszkodzeń jest rozerwanie stalowego kordu skutkujące przzerwaniem ciągłości bieźnika (rys. 11) [1, 2].

Przeprowadzone przez habilitantkę badania fraktograficzne drutów uszkodzonego stalowego kordu, wykazały obecność powierzchni wskazujących na zmęczeniowy charakter

uszkodzenia (rys. 12) [2]. Część zmęczeniowa przełomu była gładka, z charakterystycznymi prążkami zmęczeniowymi układającymi się prawie równoległe do kierunku rozwoju pęknięcia. Ognisko przełomu zlokalizowane było na krawędzi zewnętrznej drutu, czyli w obszarze największego spiętrzenia złożonych naprężeń eksploatacyjnych. Na obwodzie zewnętrznym przełomów drutów widoczna była strefa doraźna o charakterze plastycznym i rozbudowanej topografii powierzchni. Wyniki tych analiz wykazały, zatem, że uszkodzenia nie powstało na skutek przeciążenia eksploatacyjnego gąsienic, ale w wyniku innych czynników skutkujących obniżeniem wytrzymałości zmęczeniowej drutów kordowych.



Rys. 11. Uszkodzona gąsienica elastomerowa pochodząca z minikoparki JCB model 8018 CTS; widoczny fragment stalowego kordu, który przebił warstwę gumy i doprowadził do uszkodzenia bieżnika (strzałka)



Rys. 12. Mikroskopowy obraz złomu zmęczeniowego pękniętego drutu pochodzącego z gąsienicy, pokazanej na rys. 12. Widoczna gładka strefa zmęczeniowa oraz strefa doraźna o rozbudowanej topografii powierzchni. SEM

W oparciu o uzyskane wyniki analiz faktograficznych habilitantka postanowiła przeprowadzić badania mające na celu określenie wpływu eksploatacji gąsienic elastomerowych minikoparek ogólnobudowlanych na strukturę i wybrane własności mechaniczne oraz technologiczne stali perlitycznej stosowanej na druty ich kordu [1, 2]. Przedmiotem badań były dwie gąsienice elastomerowe typu 332/L5153 pochodzące

z minikoparek firmy JCB model 8018 CTS (rys. 13 i 14) różniące się stopniem eksploatacji - próbka G1 była nową, nieeksploatowaną gąsienicą, a próbka G2 była gąsienicą w stanie poeksploatacyjnym, (wcześniej wykorzystywano ją do prac ogólnobudowlanych przez 1228 motogodzin). Z obu gąsienic pobrano próbki stalowego kordu z ich wzmocnienia.



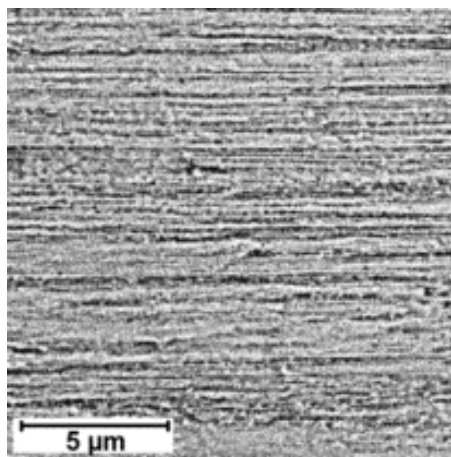
Rys. 13. Gąsienica elastomerowa G1, próbka nieeksploatowana



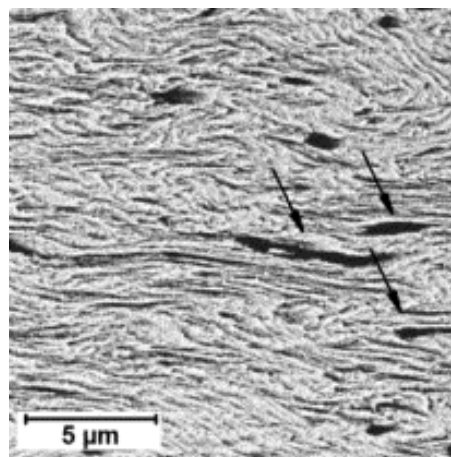
Rys. 14. Gąsienica elastomerowa G2, próbka w stanie poeksploatacyjnym wynoszącym 1228 motogodzin

Wstępne badania mikroskopowe nie wykazały znaczących różnic w strukturze badanych próbek, ale dalsze obserwacje, z zastosowaniem skaningowej mikroskopii elektronowej, uwiaryściły wyraźny wpływ eksploatacji na strukturę badanego materiału (rys. 15 i 16). Wyniki analizy mikrostruktury wykazały, iż w trakcie eksploatacji gąsienicy materiał stalowego kordu ulega niszczeniu. Zaobserwowano obecność licznych nieciągłości struktury zorientowanych pomiędzy pasmowo ułożoną strukturą perlitu, a przyczyną ich powstawania była obecność w badanych materiałach dużej ilości wtrąceń niemetalicznych.

Wyniki tych badań potwierdziły teorie o negatywnym wpływie wtrąceń niemetalicznych na wytrzymałość drutów kordowych oraz opisywane wcześniej założenie wskazujące, iż główną przyczyną pęknięcia stali perlitycznej poddawanej eksploatacji jest płytkowa struktura materiału. Następstwem opisywanych zmian strukturalnych było istotne obniżenie właściwości wytrzymałościowych oraz technologicznych badanych drutów, tym można tłumaczyć to, że najczęstszą przyczyną uszkodzeń gąsienic elastomerowych jest rozerwanie stalowego kordu skutkujące przerwaniem ciągłości bieznika.

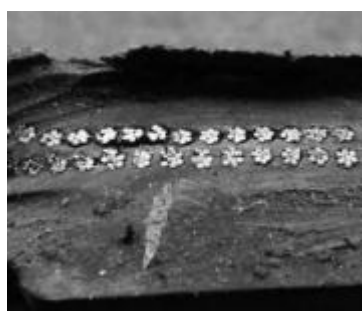


Rys. 15. Mikrostruktura próbki drutu G1; widoczna silna tekstura zgniotu materiału powstała skutkiem ciągnięcia na zimno, SEM

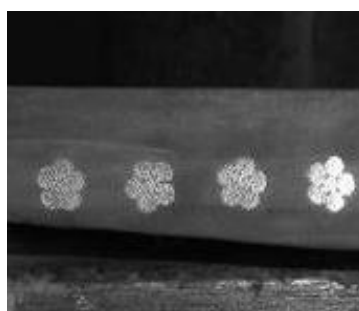


Rys. 16. Mikrostruktura próbki drutu G2; widoczne liczne rozwarstwienia materiału powstałe w trakcie użytkowania gąsienicy (czarne strzałki), SEM

Habilitantka przeprowadziła dodatkowo badania mające na celu weryfikację, czy mimo znanego i dogłębnie rozpatrywanego zagadnienia pękania stali o strukturze perlitycznej światowi producenci ogumienia nadal stosują ten gatunek stali do produkcji kordu wzmacniającego ich produkty [1]. Przedmiotem badań były cztery gąsienice elastomerowe, przenoszące napęd w sposób kształtowy, pochodzące z minikoparek, fragmenty dwóch taśm przenośnikowych ze stalowym rdzeniem przeznaczonych do transportu ciężkiego urobku pochodzącego z kopalni oraz 20 opon samochodowych różnych producentów i różnych klas jakości, pochodzących z lat 1985-2015 (rys. 17-19).



Rys. 17. Przekrój poprzeczny przez gąsienicę elastomerową, widoczny sposób rozmieszczenia stalowego kordu

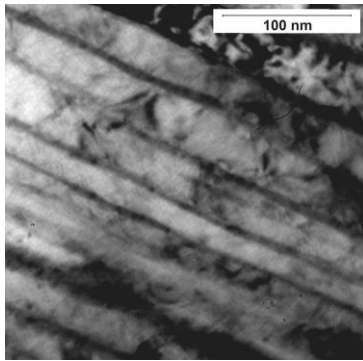


Rys. 18. Przekrój poprzeczny przez taśmę przenośnikową, widoczny sposób rozmieszczenia stalowego kordu

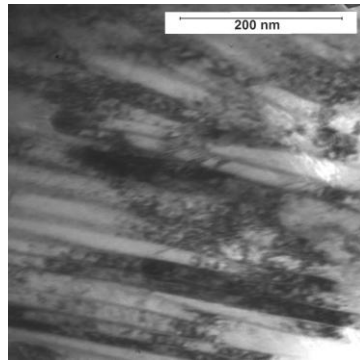


Rys. 19. Przekrój poprzeczny przez oponę samochodową wyprodukowaną po 1999 r., widoczny stalowy kord

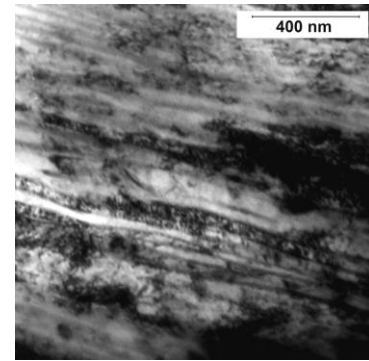
Wyniki uzyskanych rezultatów badań mikroskopowych wykazały jednoznacznie, zbrojenie gąsienic elastomerowych, taśm przenośnikowych oraz opon samochodowych jest nadal wykonywane z niestopowej stali perlitycznej, której głównym elementem strukturalnym są kruche płytkowe wydzielania cementytu. (rys. 20-22).



Rys. 20. Materiał drutu stalowego kordu gaśienicy; widoczne ułożone na przemian, silnie zgniecione jasne płytki ferrytu i ciemne cementytu. TEM



Rys. 21. Struktura materiału drutu o średnicy 0,4 mm, pochodzącego ze stalowego kordu taśmy przENOśnikowej; widoczne płytkowa struktura perlitu. TEM



Rys. 22. Materiał drutu stalowego kordu opony samochodowej; widoczne ułożone na przemian, silnie zgniecione jasne płytki ferrytu i ciemne cementytu. TEM

4.3.3. Cel badań

Stale perlityczne, jak wynika z wcześniejszych badań habilitantki [1, 2, 4, 9], znajdują zastosowanie jako druty przeznaczone do produkcji kordu wzmacniającego opony samochodowe, gaśienice elastomerowe i taśmy przENOśnikowe. Niestety jak już wiadomo jednym z poważnych problemów jest ich pękanie następujące podczas eksploatacji, a będące następstwem płytkowej budowy stali perlitycznej. Wydaje się, zatem uzasadnione podjęcie poszukiwań sposobów modyfikacji technologii wytwarzania drutów kordowych z tego gatunku stali. Tak sprecyzowane zagadnienie stało się podstawą do sformułowania konkretnych celów, a ich urzeczywistnieniu służyć miał przyjęty program planowanych badań i wybrane metody.

Celem badań było opracowanie zasad oraz weryfikacja eksperymentalna modyfikacji technologii wytwarzania drutów kordowych ze stali perlitycznej, gwarantującej uzyskanie unikatowego zespołu wysokich właściwości mechanicznych i plastycznych tej grupy materiałów. W opracowanej przez habilitantkę metodzie modyfikacji rozpatrywane były przemiany fazowe zachodzące podczas odpuszczania i wyżarzania stali. Sterowanie tymi przemianami odbywało się na dzięki odpowiednio zaprojektowanym i dobranym parametrom zabiegów obróbki cieplnej. Celem tych zabiegów było wytworzenie w stali struktur sferoidalnych będących mieszaniną ferrytu i cementytu o dużym stopniu dyspersji. Zgodnie z założeniami uzyskane tą metodą struktury powinny charakteryzować się lepszymi właściwościami plastycznymi niż struktury płytkowe powstające podczas standardowych przemian dyfuzyjnych austenitu.

4.3.4. Modyfikacja technologiczna

Głównym założeniem przyjętym w opracowaniu modyfikacji technologicznej było uzyskanie stali o strukturze skoagulowanej, cechującej się wyższymi właściwościami plastycznymi niż struktury płytkowe powstające podczas standardowych procesów technologicznych drutów kordowych [1, 3, 5-7, 10] . W toku badań rozpatrywane były przemiany fazowe zachodzące podczas odpuszczania oraz wyżarzania stali, a sterowanie tymi przemianami odbywało się na drodze precyzyjnie zaprojektowanych i dobranych parametrów zabiegów obróbki cieplnej, poprzedzających proces ciągnięcia drutów na zimno.

Materiałem przeznaczonym do badań nad opisywanym procesem koagulacji była niestopowa stal perlityczna klasy jakościowej, zawierająca ok. 0,83% węgla (C), manganu (Mn) w granicach 0,4–0,6% i krzemu (Si) poniżej 0,3% (tab. 4.1). Skład chemiczny oraz właściwości mechaniczne badanego materiału były zgodne z normą PN-EN 10323:2006.

Tabela 4.1. Skład chemiczny badanej stali perlitycznej

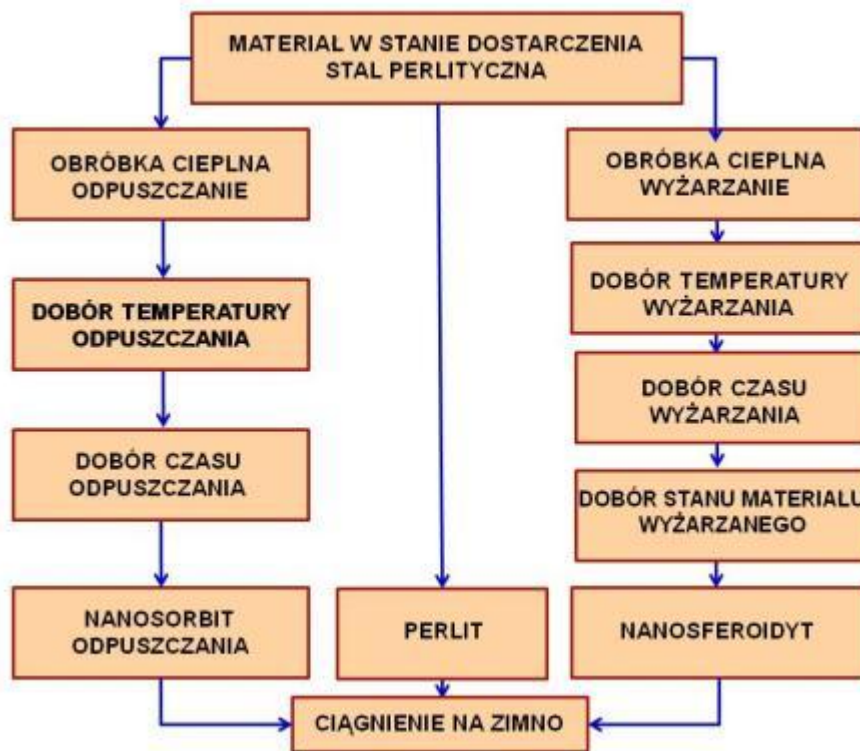
| Pierwiastek chemiczny | C | Mn | Cr | Ni | Si | S/P |
|------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| zawartość w % wag. | 0,83 | 0,4-0,6 | < 0,1 | <0,15 | <0,3 | <0,025 |

Próbki do badań przygotowano w dwóch schematach obejmujących: standardowy proces obróbki plastycznej drutów na zimno oraz proces zmodyfikowany [1, 5, 6]. W procesie zmodyfikowanym wprowadzono zabieg koagulacji jako przedwstępny etap technologiczny, poprzedzający proces obróbki plastycznej na zimno (rys. 23). Obróbka plastyczna obejmowała ciągnięcia na zimno stalowych drutów od średnicy wyjściowej wynoszącej 3,15 mm do średnicy końcowej równej 0,8 mm. Druty wykonano w następującym schemacie: 3,15 → 2,0 → 1,3 → 1,0 → 0,8 mm, przy zachowaniu gniotu sumarycznego równego 75%. Do przygotowania próbek wykorzystano laboratoryjną ciągarę ławową oraz znormalizowane ciągadła wykonane z węglików spiekanych. Dobór końcowej średnicy 0,8 mm podyktowany został możliwościami laboratoryjnymi i był wystarczający w celu wykazania zasadności wprowadzenia modyfikacji technologii.

W procesie standardowym materiał miał postać walcówki o średnicy 3,15 mm i strukturze typowej dla niestopowej stali perlitycznej (oznaczenie próbki: p.A – materiał w stanie dostarczenia o strukturze perlitu, p.A-obr.plast. – materiał po obróbce plastycznej). Proces zmodyfikowany skierowany na możliwość uzyskania struktury skoagulowanej obejmował przeprowadzanie zabiegów hartowania i odpuszczania (oznaczenie próbki: p.Aho500/1h - materiał po modyfikacji o strukturze sorbitu odpuszczania, p.Aho500/1h-obr.plast.- materiał zmodyfikowany

po obróbce plastycznej) jako przedwstępnego etapu technologicznego wytwarzania drutów kordowych.

Przeprowadzenie procesu odpuszczania jest jedną z metod uzyskania struktur o dużym stopniu dyspersji, zbliżony efekt można uzyskać w wyniku wyżarzania sferoidyzującego. Z tego też względu w opracowanej w toku badań własnych metodzie modyfikacji technologicznej stali perlitycznych proces wyżarzania sferoidyzującego również był analizowany (oznaczenie próbki: p.Aws550/15 - materiał po modyfikacji o strukturze sferoidytu, p.Aws550/15-obr.plast. - materiał zmodyfikowany po obróbce plastycznej).

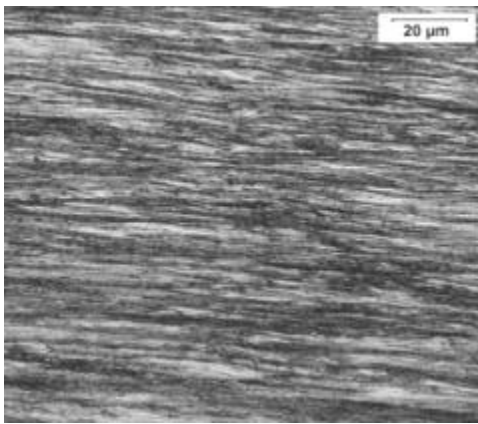


Rys. 23. Schemat przedstawiający plan eksperymentu modyfikacji technologii wytwarzania drutów kordowych

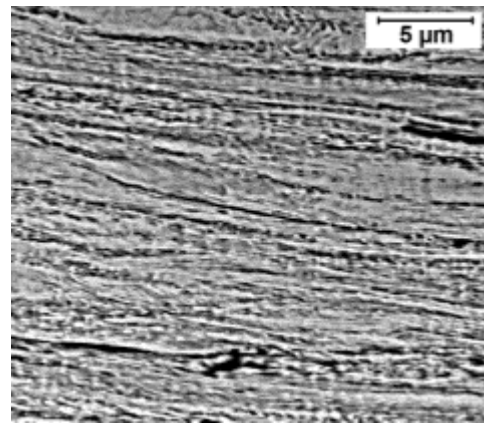
Proces hartowania obejmował nagrzanie materiału do 770°C, przetrzymanie w tej temperaturze przez 10 min, a następnie zahartowanie w oleju. Zabieg odpuszczania przeprowadzony w 500°C i obejmował on wygrzewanie uprzednio zahartowanej stali w ciągu 60 min. Zabieg wyżarzania sferoidyzującego przeprowadzono w temperaturze 550°C, obejmował on 15-minutowe wygrzewanie próbek. Wszystkie zabiegi obróbki cieplnej odbyły się w atmosferze ochronnej argonu zabezpieczającej badany materiał przed procesem utlenienia lub odwęglania. Warunki obróbki cieplnej dobrane były z uwzględnieniem wcześniejszych badań habilitantki i gwarantowały uzyskanie założonych struktur perlitu charakteryzującego się dużym stopniem dyspersji.

4.3.5. Rezultaty modyfikacji technologicznej

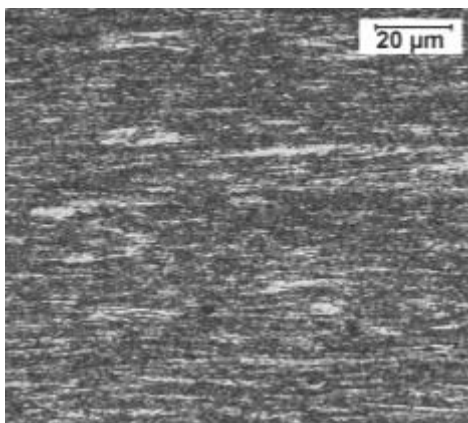
Na podstawie rezultatów badań można wykazać, że wprowadzenie zaproponowanej przez habilitantkę modyfikacji technologicznej umożliwia uzyskanie drutów kordowych charakteryzujących się lepszymi właściwościami plastycznymi niż materiał wytwarzany metodą standardową, z zachowaniem równie wysokich właściwości wytrzymałościowych [1, 3, 5-7, 10]. W opracowanej przez habilitantkę metodzie wytwarzania struktur sferoidalnych w stalach perlitycznych rozpatrywane były przemiany fazowe zachodzące podczas odpuszczania i wyżarzania stali. Głównym założeniem wytworzenia tych struktur była możliwość zmiany kształtu wydzielen cementytu z kruchych płytek na odporne na uszkodzenia kulki.



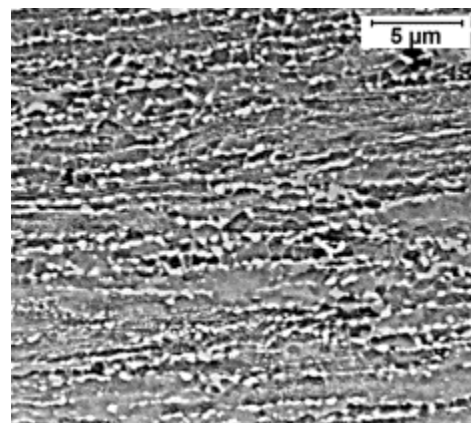
Rys. 24. Mikrostruktura próbki p.A-obr.plast. uzyskana w wyniku procesu ciągnięcia na zimno materiału o strukturze standardowej. LM



Rys. 25. Struktura materiału próbki p.A-obr.plast.; widoczna tekstura zgniotu stali o strukturze perlitycznej na poziomie 80%. SEM

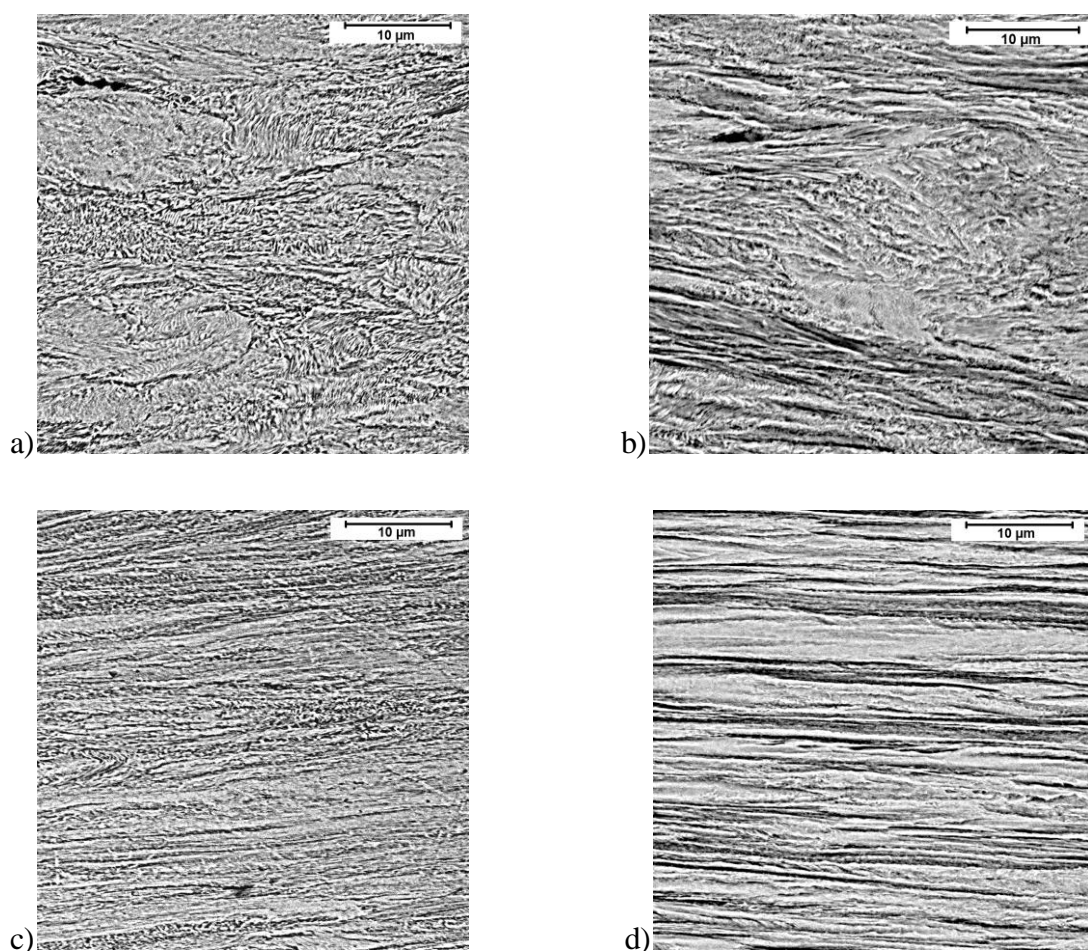


Rys. 26. Mikrostruktura próbki p.Aho500/60-obr.plast. uzyskanej w wyniku procesu ciągnięcia na zimno materiału o strukturze zmodyfikowanej. LM



Rys. 27. Struktura materiału próbki p.Aho500/60-obr.plast.; widoczna tekstura zgniotu stali o strukturze sorbitu odpuszczania na poziomie 70%. SEM

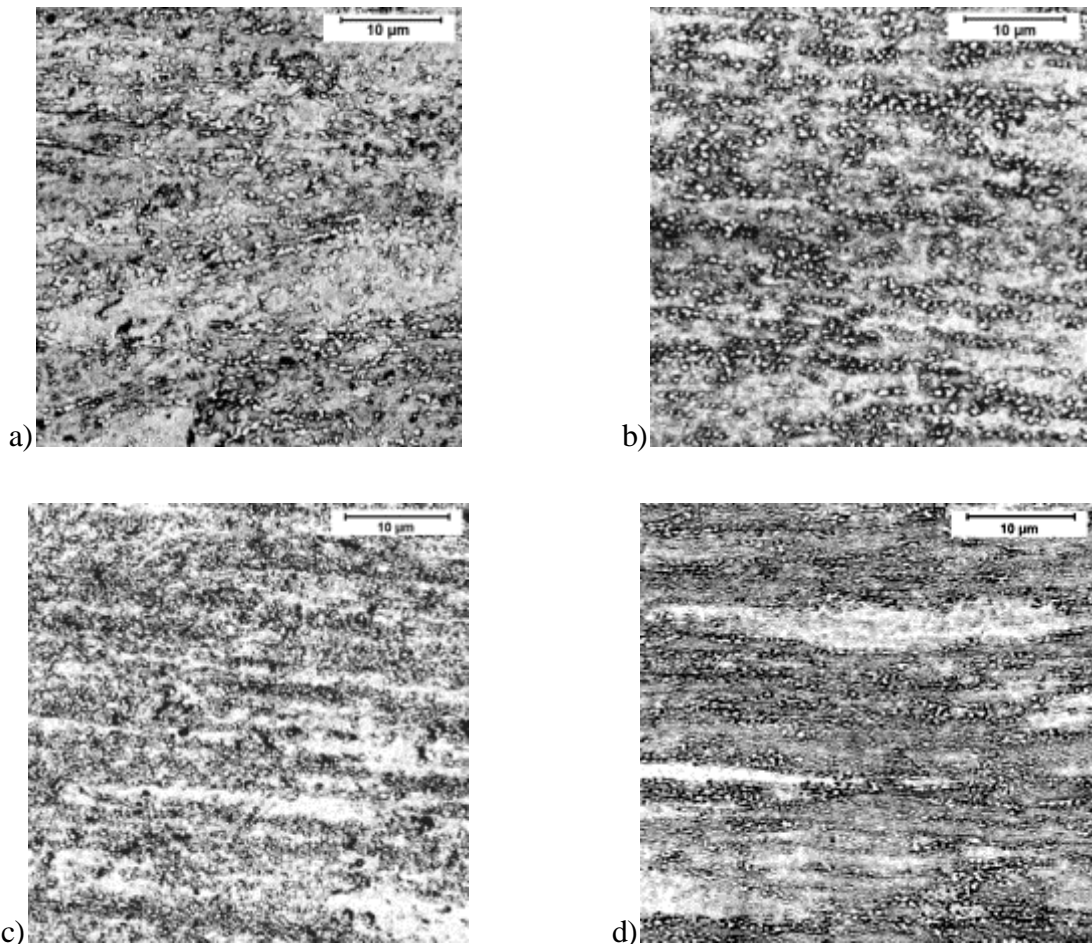
Podczas obserwacji mikroskopowych próbek standardowych - p.A-obr.plast. i zmodyfikowanych przez odpuszczanie - p.Aho500/1h-obr.plast.poddanych procesowi ciągnięcia na zimno można wnioskować, że zastosowane zabiegi modyfikacji umożliwiły uzyskanie struktur charakteryzujących się zróżnicowanym stopniem odkształcenia plastycznego [1, 5]. Największym stopniem gniotu rzędu 80% charakteryzowała się próbka w strukturze, w której dostrzeżono standardowe płytkowe wydzielenia cementytu (rys. 24 i 25). Natomiast stal perlityczna poddana modyfikacji technologicznej z zastosowaniem odpuszczania po procesie ciągnięcia na zimno charakteryzowała się niższym stopniem gniotu równym ok. 70% (rys. 26 i 27).



Rys.28. Mikrostruktury próbki standardowej o klasycznej płytkowej budowie cementytu, podanej obróbce plastycznej w następującym schemacie: a) 2,0 mm, b) 1,3 mm, c) 1,0 mm, d) 0,8 mm; widoczna tekstura zgniotu na poziomie 85% dla próbki o średnicy 0,8 mm. SEM

Podobna zależność została zaobserwowana podczas badań mikroskopowych próbek poddanych modyfikacji technologicznej przez wyżarzania sferoidyzujące [1, 5]. Materiał próbki standardowej, o klasycznej płytkowej budowie cementytu charakteryzował się dużo wyższym stopniem odkształcenia plastycznego, obserwowana tekstura zgniotu wynosiła w tym

przypadku ok. 85% dla próbki o średnicy 0,8 mm (rys. 28). Materiał próbki po procesie modyfikacji, niższym stopniem odkształcenia plastycznego na kolejnych etapach procesu ciągnięcia, tekstura zgniotu dla próbki o średnicy 0,8 mm była równa 70% (rys. 29).



Rys. 29. Mikrostruktury próbki po modyfikacji technologicznej z zastosowaniem wyżarzania sferoidyzującego, poddanej obróbce plastycznej w następującym schemacie: a) 2,0 mm, b) 1,3 mm, c) 1,0 mm, d) 0,8 mm; widoczna tekstura zgniotu na poziomie 70% dla próbki o średnicy 0,8 mm. SEM

Obserwowane w badaniach mikroskopowych różnice w stopniu odkształcenia materiałów wynikają z tego, że uzyskane w wyniku modyfikacji technologicznej struktury sferoidalne cementytu charakteryzują się wyższą plastycznością niż klasyczne struktury płytkowe [1]. Można się, zatem spodziewać, że wprowadzenie zaproponowanej przez habilitantkę modyfikacji procesu technologicznego drutów ze stali perlitycznej umożliwi uzyskanie gotowych produktów charakteryzujących się mniejszym stopniem umocnienia materiału, a tym samym wyższymi właściwościami plastycznymi i technologicznymi.

Potwierdzeniem tego założenia są wyniki badań właściwości mechanicznych materiału badanych próbek [1, 5, 6]. Zastosowanie modyfikacji technologicznej poprzez odpuszczanie

proceeds to the production of steel with high tensile strength $R_m = 1202$ MPa, low hardness - 379 $HV0,5$ and simultaneously high elongation $Z = 35\%$ (tab. 4.2). Results of technological tests additionally confirm that this process leads to the production of high plastic properties: - number of revolutions in the torsion test is 175, and the number of elongations in the elongation test - 63 (tab. 4.3)

Introduction of spheroidizing as a modification method leads to the production of steel with lower than previously tensile strength $R_m = 956$ MPa, higher hardness of 528 $HV0,5$ and simultaneously high elongation $Z = 33\%$ (tab. 4.2). Additionally, based on the results of technological tests, it was shown that this process leads to the production of lower plastic properties: number of revolutions in the torsion test is 125, and the number of elongations in the elongation test - 47 (tab. 4.3).

Despite differences in mechanical properties of wires produced as a result of both technological modification processes, it is obvious that both methods enable the production of higher plastic properties than materials with a lamellar structure formed during standard austenite diffusion transformations, while maintaining high mechanical properties. Tensile strength of a standard sample $R_m = 1420$ MPa, hardness - 647 $HV0,5$, and elongation $Z = 14\%$ (tab. 4.2). Number of revolutions in the torsion test is 76, and the number of elongations in the elongation test - 25 (tab. 4.3)

Tabela 4.2. Porównanie wyników badania właściwości mechanicznych próbek poddanych modyfikacji technologicznej w wyniku odpuszczania i wyżarzania w stosunku do materiału standardowego

| Próbka | E , [MPa] | R_m , [MPa] | Z , [%] | $HV0,5$ |
|-------------------------------|-------------------|---------------|-----------|---------|
| p.Aho500/60 | $1,78 \cdot 10^5$ | 1202 | 35 | 379 |
| p.Aw_s550/15 | $1,85 \cdot 10^5$ | 956 | 33 | 528 |
| p.A | $1,74 \cdot 10^5$ | 1420 | 14 | 647 |

Tabela 4.3. Porównanie wyników badania właściwości technologicznych próbek poddanych modyfikacji technologicznej w wyniku odpuszczania i wyżarzania w stosunku do materiału standardowego

| Próbka | Liczba obrotów w próbie skręcania | Liczba przegięć w próbie przeginania |
|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| p.Aho500/60 | 175 | 63 |
| p.Aw_s550/15 | 125 | 47 |
| p.A | 76 | 25 |

W przeprowadzonych przez habilitantkę badaniach wykazano jednoznacznie, że obie z zaproponowanych metod modyfikacji technologicznej wytwarzania drutów ze stali perlitycznej mogą ograniczyć podatność tych elementów na pękanie podczas eksploatacji - i tym samym zwiększać ich odporność na uszkodzenia skutkującą możliwością rozszerzenia zakresu ich zastosowania [1, 3, 5-7, 10]. Ostateczny wybór jednej z opisywanych metod powinien uwzględniać spektrum zastosowań produkowanych drutów oraz warunki ich eksploatacji.

4.3.6. Wnioski

Na podstawie badań własnych mających na celu opracowanie modyfikacji technologicznej wytwarzania drutów kordowych ze stali perlitycznej sformułowano następujące wnioski:

1. Obie z zaproponowanych metod modyfikacji technologicznej wytwarzania drutów kordowych ze stali perlitycznych mogą ograniczyć podatność tych elementów na pękanie w trakcie eksploatacji - tym samym zwiększyć ich odporność na uszkodzenia i w konsekwencji prowadzić do rozszerzenia zakresu zastosowania. Ostateczny wybór jednej z opisywanych metod powinien uwzględniać zakres zastosowań produkowanych drutów i warunki ich eksploatacji.
2. Mimo różnic we właściwościach mechanicznych drutów wytworzonych za pomocą obu metod modyfikacji w obu procesach możliwe jest uzyskanie wyższych właściwości plastycznych niż w przypadku materiału o strukturze płytkowej powstającej podczas standardowych przemian dyfuzyjnych austenitu, przy zachowaniu dostatecznie wysokich właściwości wytrzymałościowych.
3. Zastosowanie przemiany fazowej zachodzącej podczas odpuszczania prowadzi do uzyskania stali o wysokiej wytrzymałości na rozciąganie $R_m = 1202$ MPa, niskiej twardości - 379 HV 0,5 i jednocześnie wysokim przewężeniu $Z = 35\%$.
4. Zastosowanie zabiegu odpuszczania jako etapu poprzedzającego proces obróbki plastycznej drutów ze stali perlitycznej umożliwia ponadto uzyskanie wysokich właściwości plastycznych: liczba obrotów w próbie skręcania to 175, a liczba przegięć w próbie przeginania - 63.
5. Wprowadzenie wyżarzania sferoidyzującego jako metody modyfikacji prowadzi do uzyskania stali o niższej wytrzymałości na rozciąganie $R_m = 956$ MPa, wyższej twardości - 528 HV 0,5 i jednocześnie wysokim przewężeniu $Z = 33\%$.
6. Zastosowanie zabiegu wyżarzania sferoidyzującego jako etapu poprzedzającego proces obróbki plastycznej drutów ze stali perlitycznej umożliwia uzyskanie niższych

właściwości plastycznych: liczba obrotów w próbie skręcania to 125, a liczba przegięć w próbie przeginania - 47.

7. Mimo różnic we właściwościach mechanicznych drutów wytworzonych w wyniku obu procesów modyfikacji obie metody umożliwiają uzyskanie wyższych właściwości plastycznych niż w przypadku materiału o strukturze płytkowej powstającej podczas standardowych przemian dyfuzyjnych austenitu, przy jednoczesnym zachowaniu wysokich właściwości wytrzymałościowych. Wytrzymałość na rozciąganie próbki o strukturze typowej dla niestopowej stali perlitycznej po procesie ciągnięcia na zimno $R_m = 1420$ MPa, twardość - 647 HV 0,5, a przewężenie $Z = 14\%$. Liczba obrotów w próbie skręcania to 76, a liczba przegięć w próbie przeginania - 25.

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań można stwierdzić, że w przyszłości, kiedy znany będzie materiał dostarczenia celowe stanie się wykorzystanie matematycznej metodyki planowania eksperymentu, które umożliwi określenie funkcyjnych zależności charakterystyk użytkowych drutu, jako obiektu identyfikacji od zmiennych charakterystycznych procesu technologicznego. Stworzy to szansę na optymalizację procesu w warunkach zadanej funkcji celu.

4.3.7 Wpływ na dyscyplinę naukową

Opracowane tytułowe osiągnięcie naukowe w postaci monografii oraz cyklu publikacji monotematycznych będzie miało duży wpływ do rozwoju dyscypliny **budowa i eksploatacja maszyn** w następujących kierunkach:

1. W dostępnej literaturze przedmiotu znaleźć można badania, publikacje, raporty lub inne opracowania dotyczące analizy zjawiska pęknięcia drutów kordowych. Jednakże trudno jest znaleźć kompleksowy i usystematyzowany opis tego zjawiska, uwzględniający zastosowanie drutów oraz ich warunki eksploatacji, jak zaproponowane w moim cyklu publikacji [1, 2, 4, 8, 9].
2. Światowi producenci drutów ze stali perlitycznej, żeby nie ujawniać tajemnicy produkcji, nie podają szczegółów dotyczących procesu technologicznego wytwarzania drutów kordowych. Wiadomo jednak z literatury przedmiotu, że w procesie ciągnięcia na zimno następuje umocnienie odkształceniowe materiału i obniżenie jego właściwości plastycznych, co może prowadzić do zniszczenia materiału spowodowanego jego dekohezją. W celu kontynuowania przeróbki plastycznej na zimno między kolejnymi operacjami kształtowania należy przeprowadzić zabiegi obróbki cieplnej, producenci

wskazują, że można zastosować wyżarzanie rekrytalizujące lub patentowanie uplastyczniające materiał. Na podstawie prezentowanych w mojej dysertacji oraz w publikacjach [1, 3, 7, 10] rezultatów badań można ostatecznie wnioskować, że spośród wszystkich proponowanych w literaturze schematów obróbki cieplnej odkształconej plastycznie stali perlitycznej najodpowiedniejszą jest zaproponowane przeze mnie wyżarzanie rekrytalizujące w temperaturze 700°C w ciągu 15 minut.

3. Głównym celem opisywanych przez mnie badań było opracowanie zasad modyfikacji technologicznej wytwarzania drutów kordowych ze stali perlitycznej przez sterowanie jej przemianami fazowymi. Wyniki badań prezentowane w mojej monografii wskazują jednoznacznie, że wykorzystanie stali sferoidalnych może poprawić właściwości użytkowe wytwarzanych produktów (w szczególności odporność na pękanie) [1, 5, 6]. Uzyskane zwiększenie ich eksploatacyjnej niezawodności i bezpieczeństwa stwarza z kolei możliwość zastosowania drutów kordowych w przemyśle maszynowym, lotniczym i zbrojeniowym.
4. Należy dodatkowo podkreślić, że zaproponowane przeze mnie metoda modyfikacji struktury materiału przez wykorzystanie przemian fazowych ma tę przewagę nad dotychczasowymi, opisywanymi wielokrotnie w literaturze przedmiotu, metodami rozdrabniania ziaren przez duże odkształcenia plastyczne, że nie wymaga zmiany kształtu uformowanej wstępnie części [1, 5, 6].
5. Ważne również jest zwrócenie uwagi na fakt, że w prezentowanych w moich publikacjach badaniach procesu modyfikacji technologicznej wykazałam jednoznacznie, że obie z zaproponowanych metod wytwarzania drutów ze stali perlitycznej mogą ograniczyć podatność drutów na pękanie podczas obróbki plastycznej oraz eksploatacji, a ostateczny wybór jednej z opisywanych metod powinien uwzględniać spektrum zastosowań produkowanych drutów oraz warunki ich pracy [1, 5, 6].

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych

W punkcie numer 4 wymieniłam cykl publikacji powiązanych tematycznie pt.: *„Podwyższenie niezawodności ogumienia współczesnych środków transportu na drodze modyfikacji technologii wytwarzania drutów kordowych”*, składający się z 10 pozycji: 1 monografii, 7 artykułów oraz 2 rozdziałów w książkach. Należy jednak dodać, że jestem autorką ponad 60 publikacji naukowych oraz 24 prac niepublikowanych, w postaci raportów. W tabeli 5.1 zestawiałam sumaryczną liczbę wszystkich moich publikacji po i przed uzyskaniem stopnia doktora, z podziałem na typ publikacji.

Opublikowane przeze mnie prace umożliwiły mi uzyskanie następujących wskaźników:

1. sumaryczny Impact Factor dla prac opublikowanych na dzień 23.10.2017r. bez uwzględnienia udziału procentowego współautorów wynosi: **5.625**,
2. analiza cytowań za lata 2003-2017 przeprowadzona według bazy Web of Science bez autocytowań wykazała liczbę cytowań: **8**,
3. indeks Hirscha podawany według bazy Web of Science wynosi (z autocytowaniami): **2**.

Tabela 5.1. Zestawienie publikacji wnioskodawcy po i przed uzyskaniem stopnia doktora

| Rodzaj publikacji | | Przed uzyskaniem stopnia doktora | Po uzyskaniu stopnia doktora | Łącznie |
|---|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------|-----------|
| Monografie | | - | 1 | 1 |
| Rozdziały w książkach i monografiach | | - | 11+1 | 12 |
| Artykuły w czasopismach | ogółem | 4 | 21 | 25 |
| | w tym z listy filadelfijskiej | - | 4 | 4 |
| | w tym z listy MNiSW | 4 | 21 | 25 |
| | w tym zagraniczne | 3 | 18 | 21 |
| | w tym o zasięgu ogólnopolskim | 1 | 3 | 4 |
| Referaty opub. w materiałach konferencji międzynarodowych | ogółem | 4 | 1 | 5 |
| | w tym z bazy WoS | - | 1 | 1 |
| Referaty opub. w materiałach konferencji krajowych | | 6 | 10 | 16 |
| Komunikaty opub. w materiałach konferencji międzynarodowych | | 2 | 1 | 3 |
| Komunikaty opub. w materiałach konferencji krajowych | | - | 1 | 1 |
| Publikacje łącznie | | 16 | 47 | 63 |
| Liczba cytowań wg bazy WoS (bez autocytowań) | | - | 8 | 8 |
| Sumaryczny <i>impact factor</i> wg bazy WoS (na dzień 23.10.2017r.) | | - | 5.625 | 5.625 |
| Indeks Hirscha wg bazy WoS (z autocytowaniami) | | - | 2 | 2 |
| Patenty | | - | 2 | 2 |
| Raporty serii SPR i PRE | | 5 | 9 + 13 (poufnych) | 27 |

Moja działalność naukowo-badawcza obejmuje dodatkowo następujące składowe elementy (szczegóły w załączniku nr 5):

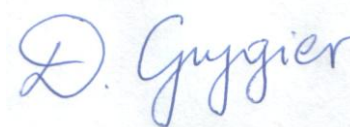
1. Jestem stałym recenzentem w czasopismach takich jak: Archives of Civil and Mechanical Engineering (czasopismo z Listy Filadelfijskiej), Interdisciplinary Journal of Engineering Sciences (czasopismo na liście MNiSW i posiada 4 punkty) i Przegląd Spawalnictwa (czasopismo na liście MNiSW i posiada 9 punktów).
2. Byłam członkiem komitetów naukowych oraz recenzowałam publikacje na 6 konferencjach naukowych o zasięgu krajowym i zagranicznym.
3. Recenzowałam 5 projektów krajowych złożonych do Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w 2009 roku.
4. Po uzyskaniu stopnia doktora uczestniczyłam w 15 konferencjach naukowych krajowych i zagranicznych wygłaszając referaty oraz prezentując plakaty.
5. Uczestniczyłam aktywnie, po uzyskaniu stopnia doktora, w 5 projektach badawczych krajowych (2 projektów byłam kierownikiem) i 1 projekcie badawczym międzynarodowym.
6. W 2016 roku uzyskałam indywidualną nagrodę Rektora Politechniki Wrocławskiej za działalność naukowo badawczą.
7. Dwukrotnie (w 2009 i 2010 roku) byłam na miesięcznym stażu zagranicznym w Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Institut für Werkstoffkunde.

6. Omówienie osiągnięć w zakresie dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego oraz współpracy międzynarodowej i krajowej

Moja działalność dydaktyczno, popularyzatorsko, organizacyjna obejmuje następujące składowe elementy (szczegóły w załączniku nr 5):

1. Po uzyskaniu stopnia doktora uczestniczyłam w 6 komitetach organizacyjnych konferencji naukowych krajowych i 1 komitecie organizacyjnym konferencji naukowej zagranicznej.
2. Brałam udział w 5 konsorcjach badawczych z dolnośląskimi firmami, takimi jak: Yuton Sp.z o.o , Multimet Sp. z o.o., Mineral Polska, Heiche Polska Sp. z o. o., Cetus Sp z o.o.
3. Współpracuję z 9 krajowymi ośrodkami naukowymi oraz z 2 zagranicznymi ośrodkami naukowo akademickimi.
4. Od dwóch kadencji jestem członkiem Rady Wydziału Techniczno-Inżynierskiego Politechniki Wrocławskiej.

5. Od dwóch kadencji jestem członkiem Wydziałowej Komisji ds. oceny i zapewnienia jakości kształcenia Wydziału Techniczno-Inżynierskiego Politechniki Wrocławskiej.
6. Jestem członkiem komisji dyplomowej Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej
7. Dwukrotnie uczestniczyłam w dniach otwartych na Wydziale Techniczno-Inżynierskim Politechniki Wrocławskiej.
8. Od 2006 roku nieprzerwanie wygłaszam wykłady oraz prowadzę pokazy w ramach Dolnośląskiego Festiwalu Nauki.
9. Jestem opiekunem Studenckiego Koła Naukowego Materiałoznawstwa im. doc. Rudolfa Haimanna działającego przy Wydziale Mechanicznym Politechniki Wrocławskiej.
10. Jestem założycielką i opiekunem grup Koła Naukowego Materiałoznawstwa im. doc. Rudolfa Haimanna działających przy Zamiejscowych Ośrodkach Dydaktycznych Politechniki Wrocławskiej w Jeleniej Górze i Wałbrzychu.
11. Biorę aktywny udział procesie dydaktycznym zespołu materiałoznawstwa prowadząc wykłady oraz zajęcia laboratoryjne w ramach kursów: Materiałoznawstwo, Materiałoznawstwo 1, Materiałoznawstwo 2 oraz Tworzywa Metaliczne.
12. Jestem autorem programu kursu Materiałoznawstwo (wykład oraz laboratorium) dla studiów inżynierskich na kierunku Inżynieria Biomedyczna realizowanych na Wydziale Mechanicznym Politechniki Wrocławskiej.
13. Byłam promotorem około 50 prac inżynierskich i kilku prac magisterskich.
14. Jestem promotorem pomocniczym dwóch doktorantek: mgr inż. Katarzyny Żegleń, tytuł rozprawy „*Wpływ składu chemicznego drutów proszkowych na właściwości złączy spawanych*” oraz mgr inż. Anny Zięty, tytuł rozprawy „*Mikrostruktura i właściwości fizyczne łuków ortodontycznych w środowisku jamy ustnej*”.
15. Wykonałam ponad 40 ekspertyz na zamówienie organów władzy publicznej, samorządu terytorialnego, podmiotów realizujących zadania publiczne lub przedsiębiorców.



.....
Podpis wnioskodawcy