# Spis treści

**Streszczenie** ..... 5

**Abstract** ..... 7

**1. Wprowadzenie** ..... 9

**2. Nowoczesne technologie prasowania i spiekania wyrobów z proszków spiekanych stosowanych w przemyśle motoryzacyjnym i lotniczym – w świetle badań literaturowych** ..... 15

2.1. Elementy ślizgowe spiekane z proszków ..... 16
2.2. Technologia prasowania i spiekania ..... 23
2.3. Stosowane metody obróbki cieplnej i powierzchniowej ..... 30
2.4. Przykłady zastosowań wyrobów z proszków metali ..... 32

**3. Prognozowane kierunki zastosowań wyrobów z proszków spiekanych w przemyśle motoryzacyjnym i lotniczym** ..... 38

3.1. Elementy konstrukcyjne ..... 38
3.2. Łożyska smarne ..... 41
3.3. Rozwój technologii smarowania w podwyższonych temperaturach ..... 44
3.4. Powłoki samosmarne ..... 48

**4. Wnioski wynikające z przeglądu literatury** ..... 52

**5. Cel i zakres pracy. Teza pracy** ..... 57

5.1. Teza i cel pracy ..... 57
5.2. Zakres pracy ..... 58

**6. Opracowanie technologii otrzymywania bazowego materiału z kompozytu proszków metali** ..... 60

6.1. Wymagania techniczne dla tulei łożyskowych ..... 60
6.2. Dobór składu chemicznego mieszanki proszkowej ..... 61
6.3. Technologie wytwarzania materiału bazowego z proszków metalu ..... 65
6.4. Dobór parametrów technologii ..... 68

**7. Wpływ kształtu i sposobu syntezy nanocząstek na własności tribologiczne** ..... 74

7.1. Dobór rodzaju nanocząstek ..... 74
7.1.1. Analiza wyników badań ..... 78
7.2. Opracowanie technologii wytwarzania siarczkowych nanocząstek grafenopodobnych ..... 84

## Spis treści

7.2.1. Grafeny i grafenopodobne nanocząstki $MoS_2$. Metody wytwarzania ..... 84
7.2.2. Metoda obrotowego rozwarstwiania ..... 89
7.2.3. Charakterystyka siarczkowych mikro i nanocząstek grafenopodobnych ..... 94
7.3. Technologia modyfikacji warstwy wierzchniej nanocząstkami ..... 101
7.3.1. Impregnacja próżniowa. Metodyka badań ..... 101
7.3.2. Impregnacja porowatego materiału bazowego ..... 104
7.3.2.1. Wprowadzenie i określenie zadania ..... 104
7.3.2.2. Urządzenie do impregnacji ciśnieniowej ..... 107
7.3.2.3. Modelowanie przesycania warstwy wierzchniej siarczkowymi strukturami grafenopodobnymi ..... 108
7.3.2.4. Wyniki eksperymentalnej impregnacji ciśnieniowej ..... 110
7.3.3. Zagęszczanie wierzchniej warstwy kompozytu ..... 112
7.3.3.1. Opis płynięcia materiału proszkowego ..... 114
7.4. Analiza wyników badań ..... 115
7.5. Wnioski ..... 120

**8. Badanie własności fizykochemicznych i tribologicznych wytypowanych wyrobów siarczkowymi nanocząstkami grafenopodobnymi ..... 121**
8.1. Ogólny opis prototypów elementów ..... 121
8.2. Struktura i własności warstwy wierzchniej nowego kompozytu ..... 126
8.3. Wpływ chropowatości powierzchni oraz siarczkowych nanocząstek grafenopodobnych na procesy tarcia ..... 135
8.4. Rola mikrokanałów w hydrodynamicznym i quasi-hydrodynamicznym smarowaniu ..... 141
8.5. Wyniki badań tarciowo-zużyciowych ..... 148
8.5.1. Badania doświadczalne właściwości ciernych tulei ślizgowych wykonanych z nowego kompozytu ..... 150
8.5.2. Badania doświadczalne narzędzi do kucia na zimno wykonanych z kompozytu z mikrokanalikami ..... 162

**9. Podsumowanie i wnioski ..... 169**

**Literatura ..... 175**