

SPIS TREŚCI

WSTĘP	7
1. ZAŁOŻENIA I CEL PRACY.....	13
2. CHARAKTERYSTYKA PROCESÓW TRIBOMECHANICZNYCH ŚLIZGOWYCH WĘZŁÓW TARCIA W ŚRODOWISKU ŚRODKA SMAROWEGO	14
2.1. Rola środka smarowego w systemie tribologicznym	14
2.2. Podstawy fizykomechanicznych procesów w strefie tarcia przy zastosowaniu dodatków do środków smarowych.....	22
2.3. Dodatki cząstek metali do środków smarowych	28
2.4. Mechanizmy tworzenia warstewek powierzchniowych w warunkach tarcia przy zastosowaniu środka smarowego z dodatkiem cząstek metali	38
2.5. Podsumowanie w zakresie analizy oddziaływania dodatków do środków smarowych na proces tworzenia warstw w strefie tarcia	43
3. ANALIZA PRZEPŁYWU ŚRODKA SMAROWEGO W STREFIE TARCIA	46
3.1. Ogólna charakterystyka węzłów tarcia	46
3.2. Równania opisujące smarowanie płynne	49
3.3. Podstawowe zależności opisujące opór podczas tarcia mieszanego	64
4. OPORY RUCHU I MODEL ZUŻYCIA PARY KINEMATYCZNEJ	65
4.1. Opory ruchu w węźle tarcia	65
4.2. Określenie adhezyjnej składowej siły tarcia	67
4.3. Model procesu zużywania pary kinematycznej w nieustabilizowanych i ustabilizowanych warunkach wymuszeń	74
5. OKREŚLENIE WARUNKÓW METALOZNAWCZYCH I TECHNOLOGICZNYCH POŁĄCZEŃ RÓŻNOIMIENNYCH METALI O SIECI A1 I A2 (STAL – Cu, Mo) W ŚRODOWISKU ŚRODKA SMAROWEGO	89
5.1. Pierwszy warunek powstawania połączenia – struktura metali	89
5.2. Drugi warunek powstawania połączenia – stan odkształcenia i naprężenia styku metali	92
5.3. Trzeci warunek powstawania połączenia – zbliżenie powierzchni w styku ciał na odległość działania sił atomowych	93

6. BADANIA LABORATORYJNE TARCIA I ZUŻYCIA PAR KINEMATYCZNYCH W ŚRODOWISKU ŚRODKA SMAROWEGO MODYFIKOWANEGO CZĄSTKAMI METALI	96
6.1. Materiały użyte do badań	97
6.2. Urządzenia i metody badawcze dotyczące badań tribologicznych	102
6.3. Badania wstępne	108
6.4. Badania tribologiczne	113
6.5. Badania warstwy wierzchniej	135
7. SKŁADOWA ADHEZYJNA SIŁY TARCIA ORAZ WARTOŚĆ ZUŻYCIA JAKO KRYTERIUM OCENY WPŁYWU ŚRODKA SMAROWEGO NA PARAMETRY TARCIA	173
7.1. Wyznaczenie sił tarcia dla układu tribologicznego: obrotowy krążek (cylinder) – nieruchomy element płaski	173
7.2. Wyznaczenie adhezyjnych parametrów siły tarcia	174
7.3. Wyznaczenie lokalnego współczynnika tarcia według współczynnika całkowitego (ogólnego)	176
7.4. Określenia zależności lokalnego współczynnika tarcia od globalnego	177
7.5. Obliczanie parametrów modelu tarcia w zakresie oddziaływań sprężystych cylindra i elementu płaskiego podczas zmiennych obciążeń	180
7.6. Model matematyczny zużycia elementów pary tribologicznej w środowisku środka smarowego modyfikowanego cząstkami miedzi .	184
7.7. Analiza wyników badań i wnioski	191
8. BADANIA STANOWISKOWE I EKSPLOATACYJNE	194
8.1. Badania stanowiskowe nad określeniem wpływu proszku miedzi wchodzącego w skład środka smarowego na parametry użytkowe sprężarki tłokowej	194
8.2. Badania eksploatacyjne samochodu osobowego „Polonez”	206
9. PODSUMOWANIE	209
LITERATURA	211
STRESZCZENIE	224

CONTENTS

INTRODUCTION	7
1. ASSUMPTIONS AND AIMS OF THE WORK	13
2. CHARACTERIZATION OF TRIBOMECHANICAL PROCESSES IN SLIDING FRICTION JOINTS IN LUBRICATING ENVIRONMENT	14
2.1. The role of lubricant in tribological system	14
2.2. Principles of physical-mechanical processes in friction zone occurring with use of additives to lubricants	22
2.3. Metal particles as additives to lubricants	28
2.4. Mechanisms of surface layers generation in friction conditions with use of lubricant with metal particles addition	38
2.5. Summary of analysis of additives to lubricants influence on process of layer creation in friction zone	43
3. ANALYSIS OF LUBRICANT FLOW IN FRICTION ZONE	46
3.1. General characterization of friction joints	46
3.2. Equations describing liquid friction process	49
3.3. Basic dependences describing the resistance during mixed friction	64
4. MOVEMENT RESISTANCE AND THE MODEL OF KINEMATIC PAIR WEAR	65
4.1. Friction resistance in friction joint	65
4.2. Determination of adhesive component of friction force	67
4.3. Model of kinematic pair wear process in unstabilized and stabilized inputs conditions	74
5. DETERMINATION OF METALLOGRAPHIC AND TECHNOLOGICAL CONNECTIONS OF HETERONYMOUS METALS OF A1 AND A2 LATTICES (STEEL – Cu, Mo) IN LUBRICATING ENVIRONMENT	89
5.1. The first condition of connections formation – metal structure	89
5.2. The second condition of connections formation – state of deformation and stress of metals contact	92

5.3. The third condition of connections formation – approaching of surfaces in contact of bodies at atomic forces distance	93
6. LABORATORY EXAMINATION OF FRICTION AND WEAR OF KINEMATIC PAIRS IN LUBRICATING ENVIRONMENT MODIFIED WITH METAL PARTICLES	96
6.1. Materials used in examination	97
6.2. Equipment and examination methods concerning tribological examination	102
6.3. Preliminary examination	108
6.4. Tribological examination	113
6.5. Examination of surface layer	135
7. ADHESIVE COMPONENT OF FRICTION FORCE AND WEAR VALUE AS CRITERION OF LUBRICANT INFLUENCE ASSESSMENT IN THE RANGE OF SLIDE FRICTION	173
7.1. Determination of friction force for tribological system: rotating ring (cylinder) – immobile flat element	173
7.2. Denomination of adhesive parameters of friction force	174
7.3. Denomination of local coefficient of friction on the basis of total coefficient (absolute)	176
7.4. Denomination of dependence of local coefficient of friction upon global	177
7.5. Calculation of friction model parameters in the range of elastic interaction between cylinder and flat element during variable loads	180
7.6. Mathematical model of wear of tribological couple elements in environment of lubricant modified with copper particles	184
7.7. Examination results analysis and conclusions	191
8. STAND AND OPERATIONAL EXAMINATIONS	194
8.1. Stand examination of influence denomination of copper powder entering into the composition of lubricant on operational parameters of piston compressor	194
8.2. Operational tests of passenger car „Polonez”	206
9. CONCLUSION	209
BIBLIOGRAPHY	211
SUMMARY	224