

Spis treści

Wykaz ważniejszych definicji, skrótów i stosowanych oznaczeń.....	10
1. Geneza tematu i stan wiedzy	13
1.1. Geneza tematu	13
1.2. Laserowe technologie modyfikacji materiałów	16
1.2.1. Zjawiska fizyczne towarzyszące modyfikacji laserowej z przetopieniem.....	18
1.2.2. Technologie laserowe modyfikacji warstwy wierzchniej.....	23
1.2.3. Właściwości warstw modyfikowanych laserowo z przetopieniem.....	28
1.2.4. Właściwości eksploatacyjne	47
1.3. Modelowanie laserowej obróbki z przetopieniem	52
1.3.1. Modele procesu przetapiania laserowego.....	52
1.3.2. Wielkość i kształt strefy przetopionej.....	57
1.4. Nagniatanie powierzchniowe	64
1.4.1. Procesy fizyczne i stan warstwy wierzchniej po nagniataniu	65
1.4.2. Właściwości użytkowe warstw nagniatanych powierzchniowo	70
1.4.3. Klasyfikacja sposobów nagniatania.....	71
1.4.4. Nagniatanie w podwyższonej temperaturze.....	74
1.5. Podsumowanie analizy stanu zagadnienia	76

2. Koncepcja powierzchniowej obróbki laserowej wspomaganej nagniataniem	79
2.1. Stanowisko do obróbki laserowej.....	83
2.2. Dobór metod nagniatania.....	84
2.3. Materiały i przygotowanie próbek.....	85
2.4. Metody oceny stanu warstwy wierzchniej.....	88
2.5. Metodyka badań.....	91
3. Analiza pola temperatury w strefie obróbki - badania własne.....	97
3.1. Analiza wiązki laserowej.....	98
3.2. Model matematyczny procesu przetapiania laserowego.....	100
3.3. Wyniki obliczeń pola temperatury w procesie przetapiania laserowego.....	108
3.3.1. Badania temperatury dla różnych prędkości skanowania.....	109
3.3.2. Badania rozkładu temperatury przy ruchu oscylacyjnym.....	112
3.4. Weryfikacja doświadczalna modelu obróbki laserowej.....	120
3.4.1. Badania kształtu strefy przetopienia.....	120
3.4.2. Weryfikacja doświadczalna rozkładu temperatury metodą termowizyjną.....	122
3.5. Analiza wyników badań eksperymentalnych i modelu obróbki laserowej.....	123
3.6. Model fizyczny procesu przetapiania powierzchni w obecności tlenu.....	133
3.7. Analiza temperatury w obszarze nagniatania	139
3.8. Wnioski.....	141

4. Obróbka hybrydowa z zastosowaniem nagniatania ślizgowego.....	143
4.1. Stanowisko obróbkowe.....	143
4.2. Badania wstępne obróbki hybrydowej	146
4.2.1. Hartowanie przetopieniowe stali 45 z nagniataniem ślizgowym	147
4.2.2. Stopowanie laserowe wspomagane nagniataniem ślizgowym	156
4.3. Badania wpływu parametrów obróbki hybrydowej na zgniot powierzchniowy i topografię powierzchni	162
4.3.1. Wyniki badań mikrostruktury i wielkości strefy zgniotu po obróbce hybrydowej z nagniataniem ślizgowym.....	163
4.3.2. Badania struktury geometrycznej powierzchni po stopowaniu laserowym z nagniataniem ślizgowym	176
4.4. Analiza wyników badań	184
5. Obróbka hybrydowa z zastosowaniem nagniatania tocznego	187
5.1. Stanowisko do nagniatana tocznego powierzchni płaskich	187
5.2. Wpływ parametrów obróbki hybrydowej z nagniataniem tocznym na stan warstwy wierzchniej	193
5.2.1. Mikrostruktura i wielkości strefy zgniotu po obróbce hybrydowej	194
5.2.2. Struktura geometryczna powierzchni po obróbce hybrydowej	204
5.3. Wnioski.....	212

6. Obróbka hybrydowa z zastosowaniem mikro-młoteczkowania.....	215
6.1. Stanowisko do mikro-młoteczkowania.....	215
6.2. Badania oddziaływań pojedynczych mikro-młoteczków z obrabianą powierzchnią.....	218
6.3. Badania wstępne na przykładzie hartowania laserowego połączonego z mikro-młoteczkowaniem.....	224
6.4. Wpływ parametrów stopowania laserowego wspomaganego mikro-młoteczkowaniem na stan warstwy wierzchniej.....	228
6.4.1. Mikrostruktura i wielkość strefy odkształceń plastycznych po obróbce hybrydowej.....	230
6.4.2. Struktura geometryczna powierzchni po obróbce hybrydowej.....	244
7. Wybrane właściwości warstw po obróbce hybrydowej.....	255
7.1. Naprężenia własne warstwy wierzchniej po obróbce hybrydowej.....	255
7.1.1. Wyniki pomiarów makronaprężeń własnych dla laserowej i hybrydowej obróbki wielościęzkowej.....	256
7.1.2. Badania makronaprężeń własnych i austenitu szczątkowego po obróbce hybrydowej z zastosowaniem różnych metod nagniatania.....	259
7.2. Sztywność kontaktowa po obróbce hybrydowej.....	264
7.2.1. Stanowisko do badań odkształceń kontaktowych.....	265
7.2.2. Charakterystyka badanych powierzchni.....	267
7.2.3. Wyniki badań sztywności kontaktowej po obróbce hybrydowej z mikro-młoteczkowaniem.....	268
7.2.4. Wnioski z badań.....	271

7.3. Badania odporności na zużycie erozyjne po obróbce	
hybrydowej.....	273
7.3.1. Stanowisko do badań zużycia erozyjnego.....	274
7.3.2. Wyniki badań odporności erozyjnej po obróbce hybrydowej	
dla różnych sposobów nagniatania.....	275
7.3.3. Analiza wyników.....	286
7.4. Badania odporności na zużycie ściernie po obróbce hybrydowej.....	289
7.4.1. Metody badań.....	289
7.4.2. Wyniki badań trybologicznych.....	289
7.4.3. Wnioski.....	299
8. Analiza końcowa wyników badań i wnioski.....	301
8.1. Analiza końcowa wyników badań.....	301
8.2 Wnioski końcowe.....	307
Literatura.....	309