

Spis treści

Wykaz ważniejszych oznaczeń i skrótów	8
1. Wprowadzenie.....	10
2. Cel i zakres pracy	13
3. Dotychczasowy stan wiedzy w zakresie przecinania strugą wodno-ścierną.....	15
3.1. <i>Powstanie technologii wysokociśnieniowej strugi wody</i>	<i>15</i>
3.2. <i>Materiały ściernie stosowane w technologii AWJ</i>	<i>16</i>
3.3. <i>Materiały obrabiane za pomocą technologii AWJ</i>	<i>17</i>
3.3.1. <i>Metale</i>	<i>17</i>
3.3.2. <i>Ceramika i szkło.....</i>	<i>19</i>
3.3.3. <i>Materiały skalne.....</i>	<i>20</i>
3.3.4. <i>Tworzywa sztuczne i kompozyty</i>	<i>21</i>
3.3.5. <i>Materiały wielowarstwowe.....</i>	<i>23</i>
3.3.6. <i>Inne materiały, także egzotyczne.....</i>	<i>24</i>
3.3.7. <i>Rozdrabnianie materiałów</i>	<i>25</i>
3.4. <i>Istniejące systemy przecinania wysokociśnieniową strugą wodno-ścierną.....</i>	<i>26</i>
3.4.1. <i>Systemy AWJ</i>	<i>26</i>
3.4.2. <i>System zawiesiny ścierniej (AWSJ).....</i>	<i>26</i>
3.5. <i>Użycie ciśnienia ponad 600 MPa</i>	<i>27</i>
3.6. <i>Wnioski</i>	<i>28</i>
4. Podstawy teoretyczne przecinania materiałów strugą wodno-ścierną.....	30
4.1. <i>Teoria przecinania strugą wodno-ścierną.....</i>	<i>30</i>
4.1.1. <i>Przyspieszenie ziarna ściernego</i>	<i>30</i>
4.1.2. <i>Energia ziarna ściernego</i>	<i>33</i>
4.2. <i>Modele procesu obróbki strugą wodno-ścierną</i>	<i>36</i>
4.3. <i>Wnioski</i>	<i>39</i>
5. Metodyka badania procesu przecinania strugą wodno-ścierną.....	40
5.1. <i>Materiały ściernie</i>	<i>40</i>
5.1.1. <i>Granat</i>	<i>40</i>
5.1.2. <i>Korund.....</i>	<i>48</i>
5.1.3. <i>Oliwin</i>	<i>54</i>
5.1.4. <i>Ilmenit</i>	<i>55</i>
5.1.5. <i>Kruszone szkło.....</i>	<i>56</i>
5.2. <i>Materiały przecinane.....</i>	<i>58</i>

5.2.1.	Stal narzędziowa	58
5.2.2.	Stal nierdzewna	59
5.2.3.	Stal konstrukcyjna	59
5.2.4.	Tytan	60
5.2.5.	Mosiądz	61
5.2.6.	Aluminium	61
5.3.	<i>Urządzenia i aparatura badawcza</i>	62
5.3.1.	Pompy wysokociśnieniowe	62
5.3.2.	Obrabiarki do przecinania strugą cieczy	62
5.3.3.	Narzędzia i inne urządzenia wysokociśnieniowe	64
5.3.4.	Aparatura pomiarowa	64
6.	Badania rozdrobnienia ścierniw i ich analiza pod kątem recyklingu	66
6.1.	<i>Stanowisko do badań rozdrobnienia ziaren</i>	66
6.2.	<i>Rozdrobnienie ziaren granatu GMA80</i>	68
6.3.	<i>Rozdrobnienie ziaren granatu GMA120</i>	70
6.4.	<i>Rozdrobnienie ziaren granatu GMR90</i>	72
6.5.	<i>Rozdrobnienie ziaren granatu GMR150</i>	74
6.6.	<i>Rozdrobnienie ziaren granatu SW25-80</i>	76
6.7.	<i>Rozdrobnienie ziaren granatu VVM90</i>	77
6.8.	<i>Rozdrobnienie ziaren korundu BFA60</i>	79
6.9.	<i>Rozdrobnienie ziaren korundu BFA80</i>	82
6.10.	<i>Rozdrobnienie ziaren korundu BFA120</i>	83
6.11.	<i>Rozdrobnienie ziaren korundu TSCTSK80</i>	85
6.12.	<i>Rozdrobnienie ziaren korundu ZZK40-80</i>	86
6.13.	<i>Rozdrobnienie ziaren korundu ZZWSK120</i>	87
6.14.	<i>Rozdrobnienie ziaren oliwinu GL60</i>	88
6.15.	<i>Rozdrobnienie ziaren ilmenitu NS90</i>	90
6.16.	<i>Rozdrobnienie ziaren szkła SPDG60</i>	92
6.17.	<i>Potencjał recyklingu</i>	93
	Granat GMA80	93
	Granat GMA120	94
	Granat GMR 90	94
	Granat GMR 150	95
	Granat SW25-80	95
	Granat VVM90	95
	Korund BFA 60	96
	Korund BFA 80	96
	Korund BFA 120	97
	Oliwin GL60	97
	Ilmenit NS90	98
	Szkło SPDG60	98

7. Badania wydajności przecinania materiałów i ich analiza 100

7.1. Rezultaty przecinania stali narzędziowej 101

7.1.1.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu GMA80	102
7.1.2.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu SW25-80 ..	104
7.1.3.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu VVM90	105
7.1.4.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu HPX80	107
7.1.5.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu GMX90	108
7.1.6.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu GMR80	109
7.1.7.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu GMR90	111
7.1.8.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu GMR150 ..	112
7.1.9.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu szkła SPDG60	113
7.1.10.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu oliwinu GL60	115
7.1.11.	Podsumowanie	116

7.2. Rezultaty przecinania stali nierdzewnej 118

7.2.1.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu GMA80	118
7.2.2.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu SW25-80 ..	120
7.2.3.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu VVM90	121
7.2.4.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu HPX80	123
7.2.5.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu GMX90	124
7.2.6.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu GMR80	126
7.2.7.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu GMR90	127
7.2.8.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu GMR150 ..	128
7.2.9.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu szkła SPDG60	130
7.2.10.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu oliwinu GL60	131
7.2.11.	Podsumowanie	133

7.3. Rezultaty przecinania stali konstrukcyjnej 135

7.3.1.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu GMA80	135
7.3.2.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu SW25-80 ..	137
7.3.3.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu VVM90	138
7.3.4.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu HPX80	140
7.3.5.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu GMX90	141
7.3.6.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu GMR80	143
7.3.7.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu GMR90	144
7.3.8.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu GMR150 ..	146
7.3.9.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu szkła SPDG60	147
7.3.10.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu oliwinu GL60	148
7.3.11.	Podsumowanie	150

7.4. Rezultaty przecinania tytanu 151

7.4.1.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu GMA80	152
7.4.2.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu SW25-80 ..	153
7.4.3.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu VVM90	155
7.4.4.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu HPX80	156

7.4.5.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu GMX90.....	158
7.4.6.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu GMR80	159
7.4.7.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu GMR90	161
7.4.8.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu GMR150 ..	162
7.4.9.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu szkła SPDG60	164
7.4.10.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu oliwinu GL60.....	165
7.4.11.	Podsumowanie	167
7.5.	<i>Rezultaty przecinania mosiądzu</i>	169
7.5.1.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu GMA80	169
7.5.2.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu SW25-80 ..	171
7.5.3.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu VVM90.....	172
7.5.4.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu HPX80	174
7.5.5.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu GMX90.....	176
7.5.6.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu GMR80	177
7.5.7.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu GMR90	179
7.5.8.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu GMR150 ..	180
7.5.9.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu szkła SPDG60	181
7.5.10.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu oliwinu GL60.....	183
7.5.11.	Podsumowanie	184
7.6.	<i>Rezultaty przecinania aluminium</i>	186
7.6.1.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu GMA80	187
7.6.2.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu SW25-80 ..	188
7.6.3.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu VVM90.....	190
7.6.4.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu HPX80	191
7.6.5.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu GMX90.....	193
7.6.6.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu GMR80	194
7.6.7.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu GMR90	196
7.6.8.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu granatu GMR150 ..	197
7.6.9.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu szkła SPDG60	199
7.6.10.	Wpływ parametrów cięcia na jego głębokość przy użyciu oliwinu GL60.....	200
7.6.11.	Podsumowanie	202
7.7.	<i>Porównanie skuteczności ścierniw.....</i>	203
7.7.1.	Dysza wodna 0,25 mm	204
7.7.2.	Dysza wodna 0,30 mm	205
7.7.3.	Dysza wodna 0,33 mm	205
7.7.4.	Skuteczność całkowita	206
7.8.	<i>Porównanie skuteczności cięcia materiałów</i>	206
7.8.1.	Dysza wodna 0,25 mm	206
7.8.2.	Dysza wodna 0,30 mm	207
7.8.3.	Dysza wodna 0,33 mm	208
7.8.4.	Skuteczność całkowita	208
7.9.	<i>Wnioski</i>	209
8.	Badania eksploatacyjne dysz.....	210

8.1.	Utrata masy dyszy wodno-ścierniej.....	210
8.2.	Zmiana średnicy wylotowej dyszy wodno-ścierniej.....	212
8.3.	Zużycie wnętrza dyszy wodno-ścierniej.....	213
8.4.	Wnioski.....	217
9.	Intensyfikacja obróbki wysokociśnieniową strugą wodno-ścierną.....	218
9.1.	Obróbka pod ciśnieniem ponad 1,0 GPa.....	218
9.1.1.	Charakterystyka przepływu przy ciśnieniu ponad 600 MPa.....	218
9.1.2.	Stanowisko badawcze.....	219
9.1.3.	Efekty cięcia.....	220
9.1.4.	Szybkie obrazowanie.....	223
9.1.5.	Temperatura procesu.....	225
9.1.6.	Potencjalne przeszkody w trakcie badań.....	226
9.1.7.	Wnioski.....	227
9.2.	Nowy system przecinania na bazie iniekcji zawiesiny ścierniej (ASIJ).....	228
9.2.1.	Systemy AWJ i AWSJ.....	228
9.2.2.	Iniekcja zawiesiny ścierniej (ASIJ).....	230
9.2.3.	Projekt koncepcyjny.....	230
9.2.4.	Badania laboratoryjne.....	235
9.2.5.	Wnioski.....	237
10.	Podsumowanie.....	238
	Literatura.....	242
	Spis rysunków.....	257
	Spis tabel.....	276