



SPIS TREŚCI

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ	9
WYKAZ WAŻNIEJSZYCH SKRÓTÓW	13
1. WPROWADZENIE	15
2. TARCIE W PROCESACH KSZTAŁTOWANIA BLACH	18
2.1. Charakterystyka zjawiska tarcia	18
2.2. Rodzaje tarcia	23
2.3. Modele tarcia	29
2.4. Struktura geometryczna powierzchni	33
2.5. Środki smarne i smarowanie	40
2.5.1. Znaczenie smarowania	40
2.5.2. Rodzaje smarowania	41
2.5.3. Klasyfikacja i charakterystyka substancji smarujących	44
2.5.4. Dodatki uszlachetniające do smarów	51
2.5.5. Smary pochodzenia naturalnego	52
2.6. Zużycie narzędzi do przeróbki plastycznej	58
2.6.1. Mechanizmy zużycia	58
2.6.2. Powłoki ochronne na narzędzia	62
2.6.2.1. Metody konstituowania warstw powierzchniowych ...	62
2.6.2.2. Powłoki wytwarzane technikami laserowymi	65
2.6.2.3. Powłoki wytwarzane w procesach PVD i CVD	67
2.6.2.4. Powłoki funkcjonalne	69
2.6.2.5. Materiały i powłoki samosmarujące	72
2.6.3. Teksturowanie powierzchni narzędzi	76
3. METODY KSZTAŁTOWANIA PLASTYCZNEGO BLACH	84
3.1. Cięcie	84
3.1.1. Cięcie i wykrawanie metodą obróbki plastycznej	84
3.1.2. Metody cięcia termicznego i strugą wodno-ścierną	91

3.2. Gięcie	97
3.2.1. Metody gięcia	97
3.2.2. Zjawisko sprężynowania	99
3.3. Kształtowanie wyrobów o powierzchni nierozwijalnej	105
3.3.1. Wytłaczanie	105
3.3.2. Wyoblanie	120
3.3.3. Zgniatanie obrotowe	124
3.3.4. Kształtowanie ciśnieniem cieczy	125
3.3.5. Kształtowanie z dużymi prędkościami	129
3.3.6. Kształtowanie przyrostowe	135
3.3.6.1. Podział metod kształtowania przyrostowego	135
3.3.6.2. Kształtowanie przyrostowe w podwyższonej temperaturze	144
3.3.6.3. Kształtowanie przyrostowe strumieniem cieczy	147
3.3.6.4. Kształtowanie przyrostowe elektromagnetyczne	149
4. METODY OCENY TARCIA W PROCESACH KSZTAŁTOWANIA BLACH	154
4.1. Klasyfikacja metod wyznaczania wartości współczynnika tarcia	154
4.2. Testy tribologiczne stosowane w procesach kształtowania blach	159
4.2.1. Test przeciągania pasa blachy	159
4.2.2. Test przeciągania blachy z gięciem	169
4.2.3. Testy gięcia blachy z rozciąganiem	176
4.2.4. Testy z redukcją grubości blachy	199
4.2.5. Testery tribologiczne	204
4.3. Wyznaczanie wartości współczynnika tarcia w procesach kształtowania przyrostowego	214
5. OCENA TRIBOLOGICZNA WYBRANYCH GATUNKÓW BLACH	224
5.1. Blachy aluminiowe i ze stopów aluminium	224
5.1.1. Charakterystyka materiałowa aluminium i jego stopów	224
5.1.2. Tarcie i smarowanie	230
5.2. Blachy stalowe	248
5.2.1. Klasyfikacja stali	248
5.2.2. Blachy głębokotłoczone	253
5.2.2.1. Charakterystyka i oznaczanie	253
5.2.2.2. Warunki tarcia blach stalowych głębokotłoczonych	255
5.2.3. Blachy wysokowytrzymałe dla przemysłu motoryzacyjnego	277
5.2.3.1. Charakterystyka materiałowa	277
5.2.3.2. Tarcie i smarowanie	287
5.2.4. Blachy nierdzewne	289
5.2.4.1. Charakterystyka materiałowa	289
5.2.4.2. Tarcie i smarowanie	293
5.3. Blachy tytanowe i ze stopów tytanu	297

5.3.1. Charakterystyka materiałowa tytanu i jego stopów	297
5.3.2. Tarcie i smarowanie	303
5.4. Blachy ze stopów magnezu	313
5.4.1. Charakterystyka materiałowa	313
5.4.2. Tarcie i smarowanie	320
6. ZAKOŃCZENIE	330
BIBLIOGRAFIA	335
Netografia	386
Normy	387
STRESZCZENIE	389
SUMMARY	391