

Spis treści

Wprowadzenie	5
1. Nowoczesna baza do symulacji fizycznej procesów wytwarzania i przetwarzania metali i stopów	9
1.1. Fizyczna symulacja procesów	9
1.2. Symulacja fizyczna procesów ciągłego odlewania i procesów obróbki cieplno-plastycznej	10
1.3. Ciągłe odlewanie stali	12
1.3.1. Plastyczność stali w procesie ciągłego odlewania	12
1.3.2. Wyznaczenie podatności stali na pękanie	13
1.3.3. Symulacja fizyczna procesu COS	15
1.4. Właściwości mechaniczne materiałów w procesach obróbki cieplno-plastycznej	19
1.4.1. Próba osiowo-symetrycznego ściskania	19
1.4.2. Próba ściskania w warunkach zbliżonych do płaskiego stanu odkształcenia	27
1.4.3. Badania plastyczności stali w operacjach obróbki cieplno-plastycznej ...	28
1.5. Modelowanie mikrostruktur w procesach obróbki cieplno-plastycznej	33
1.6. Metoda symulacji fizycznej procesów obróbki cieplno-plastycznej	36
2. Termomechaniczny model odkształcania próbek stalowych w stanie półciekłym	39
2.1. Model reologiczny stali	42
2.2. Model mechaniczny	43
2.2.1. Pole prędkości odkształcanej stali półciekłej	45
2.2.2. Model naprężeń dla rozwiązania sztywno-plastycznego	51
2.3. Model zmian gęstości	54
2.3.1. Empiryczny model zmiany gęstości metalu	55
2.4. Model zmian temperatury	59
2.4.1. Model zmian temperatury dla ustalonego przepływu ciepła	62
2.4.2. Model zmian temperatury dla nieustalonego przepływu ciepła	66
2.5. Empiryczny model mikrostrukturalny krzepnącej stali	72

3. Podstawy fizyczne modelu reologicznego oraz identyfikacja zagadnienia w odniesieniu do zastosowań przemysłowych	74
4. Badania właściwości mechanicznych stali w stanie półciekłym z wykorzystaniem symulatora termomechanicznego Gleeble 3800	81
4.1. Materiał i metodyka badań	81
4.2. Temperatury charakterystyczne	83
4.3. Próby rozciągania – wyznaczenie zależności odkształcenie – napężenie	86
4.4. Próby ściskania	92
5. Komputerowe wspomaganie projektowania procesów odkształcania stali w ekstrawysokich temperaturach	102
5.1. Model reologiczny odkształcania stali w stanie półciekłym	103
5.2. Filtrowanie (wygładzanie) danych doświadczalnych metodą szybkiej transformaty Fouriera (FFT)	104
5.3. Zastosowanie obliczeń odwrotnych oraz procedur optymalizacyjnych do identyfikacji parametrów modelu – wstępna weryfikacja modelu	106
5.4. Symulacje komputerowe oraz końcowa weryfikacja modelu	120
6. Podsumowanie i wnioski	124
Literatura	126
Załącznik 1: Wybrane właściwości fizyczne stali S355	133
Załącznik 2: Wybrane właściwości fizyczne stali S355J2G3So	136