

Spis treści

Wykaz ważniejszych oznaczeń	9
1. Wstęp	13
1.1. Przegląd literatury	15
1.2. Cel pracy	20
2. Identyfikacja obiektu badań – huta surowcowa stali	22
2.1. Sformułowanie obiektu badań i jego struktury	22
2.2. Identyfikacja systemów zapewniających ciągłość produkcji w hucie surowcowej stali	24
2.3. Otoczenie obiektu badań	24
3. Charakterystyka urządzeń produkcyjnych i transportowych	27
3.1. Analiza funkcjonowania podsystemu wytwarzania spieku żelazonośnego – SP	27
3.2. Analiza funkcjonowania podsystemu wytwarzania surówki w wielkich piecach – BF	33
3.2.1. Charakterystyka materiałów wsadowych do procesu wielkopieczowego	33
3.2.2. Charakterystyka produktów procesu wielkopieczowego	38
3.2.3. Charakterystyka techniczna wielkich pieców i urządzeń współpracujących	41
3.2.4. Technologia procesu wielkopieczowego	45
3.2.5. Metody intensyfikacji procesu wielkopieczowego	47
3.2.6. Wpływ strefy kohezijnej na pracę wielkich pieców	49
3.2.7. Zasady ustalania parametrów pracy wielkich pieców	51
3.2.8. System załadunku wielkich pieców	52
3.2.9. Urządzenia zasypowe wielkich pieców	55
3.2.10. Zasady prowadzenia procesu wielkopieczowego	57
3.2.11. Parametry oceny pracy wielkich pieców	62
3.2.12. Analiza statystyczna pracy podsystemu wytwarzania surówki – BF	65

3.3. Analiza funkcjonowania podsystemu wytwarzania stali – BOF	66
3.3.1. Charakterystyka techniczno-technologiczna urządzeń do odsiarczania surówki – HMDP	68
3.3.2. Charakterystyka parametrów techniczno-technologicznych konwertorów tlenowych i materiałów wsadowych	72
3.3.3. Charakterystyka podsystemu obróbki pozapiecowej stali – AR, LHF, RH	86
3.3.3.1. Zanieczyszczenia występujące w stali	86
3.3.3.2. Technologie obróbki pozapiecowej stali	88
3.3.3.3. Urządzenia pracujące w podsystemie obróbki pozapiecowej stali	98
3.3.3.4. Proces argonowania stali w kadziach	99
3.3.3.5. Proces obróbki stali w piecach kadziowych LHF	101
3.3.3.6. Proces próżniowego odgazowania stali	105
3.3.4. Charakterystyka podsystemu odlewania ciekłej stali	107
3.3.4.1. Charakterystyka procesu ciągłego odlewania stali CCM	107
3.3.4.2. Proces ciągłego odlewania stali w podsystemie BOF	130
3.3.4.3. Charakterystyka parametrów techniczno-technologicznych agregatu ciągłego odlewania stali CCM1	132
3.3.4.4. Charakterystyka parametrów techniczno-technologicznych agregatu ciągłego odlewania stali CCM2	137
3.3.4.5. Charakterystyka parametrów techniczno-technologicznych agregatu ciągłego odlewania stali CCM3	142
3.3.4.6. Analiza problemów w eksploatacji urządzeń CCM	147
3.3.4.7. Charakterystyka odlewni staliwa w podsystemie BOF	149
3.3.5. Charakterystyka technologicznych urządzeń transportowych	150
3.4. Analiza funkcjonowania podsystemu walcowania na gorąco wlewków ciągłych – RM	155
3.4.1. Podsystem walcowania na gorąco kształtowników grubych – RM I	155
3.4.1.1. Analiza procesów technologicznych i kontroli jakości wybranego produktu walcowni RM I	164
3.4.2. Podsystem walcowania na gorąco kształtowników średnich – RM II	168
3.4.2.1. Analiza procesów technologicznych i kontroli jakości wybranego produktu walcowni RM II	176
3.4.3. Charakterystyka procesów wykańczania produktów i kontroli jakości w walcowniach RM I i RM II	181

4. Charakterystyka przepływu strumienia materiałów	182
4.1. Surowce do produkcji w hucie surowcowej stali	182
4.2. Asortyment produktów finalnych w analizowanej hucie stali	187
4.3. Algorytm obliczania zapotrzebowania na surowce i materiały dla zadanej wielkości produkcji wyrobów finalnych	191
4.4. Analiza zdolności wytwórczych głównych podsystemów huty surowcowej stali	196
4.5. Recykling głównych odpadów poprodukcyjnych w hucie surowcowej stali	198
4.6. Analiza ilościowa odpadów materiałów ogniotrwałych powstających w procesie konwertorowo-tlenowym wytwarzania stali....	200
4.6.1. Wpływ wybranych parametrów realizacji procesu wytwarzania stali na liczbę wytopów wykonanych w jednej kampanii	200
4.6.2. Analiza danych statystycznych wytopów zrealizowanych w analizowanej stalowni konwertorowo-tlenowej	202
4.6.3. Badania w zakresie ilości powstających odpadów materiałów ogniotrwałych w procesie konwertorowo-tlenowym wytwarzania stali	207
5. Sformułowanie modelu zintegrowanego systemu wytwarzania stali	208
5.1. Model zintegrowanego systemu wytwarzania stali	208
5.2. Harmonogramowanie produkcji w hucie stali	210
5.2.1. Założenia do harmonogramowania produkcji w hucie stali	210
5.2.2. Założenia do budowy modelu matematycznego	213
5.2.3. Model matematyczny optymalizacji harmonogramów produkcji stali	214
5.2.4. Model optymalizacji harmonogramów z uwzględnieniem współczynników kar	218
5.2.5. Linearyzacja modelu optymalizacji harmonogramów	221
5.3. Dekompozycja systemu wytwarzania stali	224
5.3.1. Model wydzielonego systemu wytwarzania stali	224
5.3.2. Analiza możliwych dróg przejścia pomiędzy urządzeniami ciągu technologicznego	227
6. Analiza przepływu materiałów	229
6.1. Pomiar wybranych wielkości opisujących cykle produkcyjne i transportowe w podsystemach	229
6.2. Statystyczne opracowanie wyników pomiarów	234
6.2.1. Badania statystyczne czasów obróbki wytopów na urządzeniach ciągu technologicznego	236

6.2.2. Badania statystyczne czasów przejść pomiędzy kolejno po sobie pracującymi urządzeniami ciągu technologicznego	240
6.2.3. Badania statystyczne czasów trwania całych procesów technologicznych	245
6.2.4. Średnie czasy trwania procesów technologicznych i transportowych	253
6.2.5. Analiza przepływów z uwzględnieniem elementów pojemnościowych (buforów)	254
6.3. Charakterystyka ilościowa przepływu materiałów w stalowni	255
6.4. Charakterystyka procesów informacyjnych	259
7. Budowa harmonogramów produkcji w systemie wytwarzania stali	265
7.1. Analiza rzeczywistego harmonogramu produkcji	268
7.2. Harmonogramowanie produkcji z wykorzystaniem zintegrowanego modelu systemu wytwarzania stali	278
8. Harmonogramowanie produkcji w stalowni z wykorzystaniem pakietu informatycznego SimAL	287
8.1. Procedury przygotowawcze do harmonogramowania produkcji z użyciem pakietu SimAL	287
8.2. Budowa harmonogramu produkcji stalowni z użyciem pakietu SimAL	291
8.3. Analiza porównawcza harmonogramów produkcji w systemie wytwarzania stali	296
8.4. Modelowanie systemu wytwarzania stali z wykorzystaniem pakietu informatycznego DOSIMIS-3	298
9. Podsumowanie	302
Literatura	307
Streszczenie	313
Summary	315