

Henryk Kowalowski, Jacek Duda,
Franciszek Marecki

WERYFIKACJA PROJEKTU ZESPOŁU PIECOWNIA-ZGNIATACZ
METODĄ MODELOWANIA CYFROWEGO

Streszczenie. W artykule przedstawiono sposób weryfikacji projektu zespołu piecownia-zgniatacz, pracującego w stanach dynamicznych. Do tego celu zastosowano metodę modelowania cyfrowego. Zamieszczono także wyniki symulacji procesu wygrzewania i przepływu wlewków przez piecownię zgniatacza.

1. Wstęp

Piecownia zgniatacza jest obiektem przemysłowym o strukturze równoległej, pracującym w szeregu z walcarką-zgniataczem. Ponieważ przestoje zgniatacza na dogrzewanie wsadu oraz zbyt długie przetrzymywanie wlewków w temperaturze kontrolnej (w piecach wgłębnych) powoduje duże straty, zatem istotnym zagadnieniem jest wydajność piecowni. Liczba, czas i temperatura wlewków dostarczonych do piecowni mają charakter probabilistyczny. Piecownia pracująca w różnych stanach dynamicznych winna "wytłumić" zakłócenia i przekazywać rytmicznie wlewki do zgniatacza.

W artykule przedstawiono weryfikację projektu w sensie możliwości rytmicznego przekazywania wlewków do zgniatacza przy występowaniu zakłóceń. Zakłócenia te pochodzą z przypadkowego rozrzutu odstępów czasu pomiędzy momentami przybycia kolejnych transportów wlewków. Ponieważ problem wymagał równoczesnego uwzględnienia procesów przepływu materiału i wygrzewania wlewków do rozwiązania zastosowano metodę modelowania cyfrowego. Symulacja objęła przebieg procesów w piecowni dla różnych wariantów parametrów (np. liczby pieców wgłębnych, intensywności grzania itp.). Wyniki symulacji ilustrują efekty procesu dla różnych rozwiązań projektu piecowni. Przedstawiony problem jest zamkniętym fragmentem pracy wykonanej w Instytucie Konstrukcji i Technologii Urządzeń Automatyki i Informatyki Politechniki Śląskiej dla potrzeb przemysłu.

2. Model

Model symulacyjny [1] zespołu piecownia-zgniatacz powstał w celu badania procesu przepływu materiałów dla różnych wariantów sterowania lub konfiguracji procesu. Obejmuje on więc tylko związki czasowe dla poszczególnych etapów procesu. Uwzględnia też niektóre wielkości opisujące stan materiału, ale tylko te, które mają wpływ na czas trwania pewnych etapów procesu technologicznego. Przykładem takiej wielkości jest temperatura wlewków.

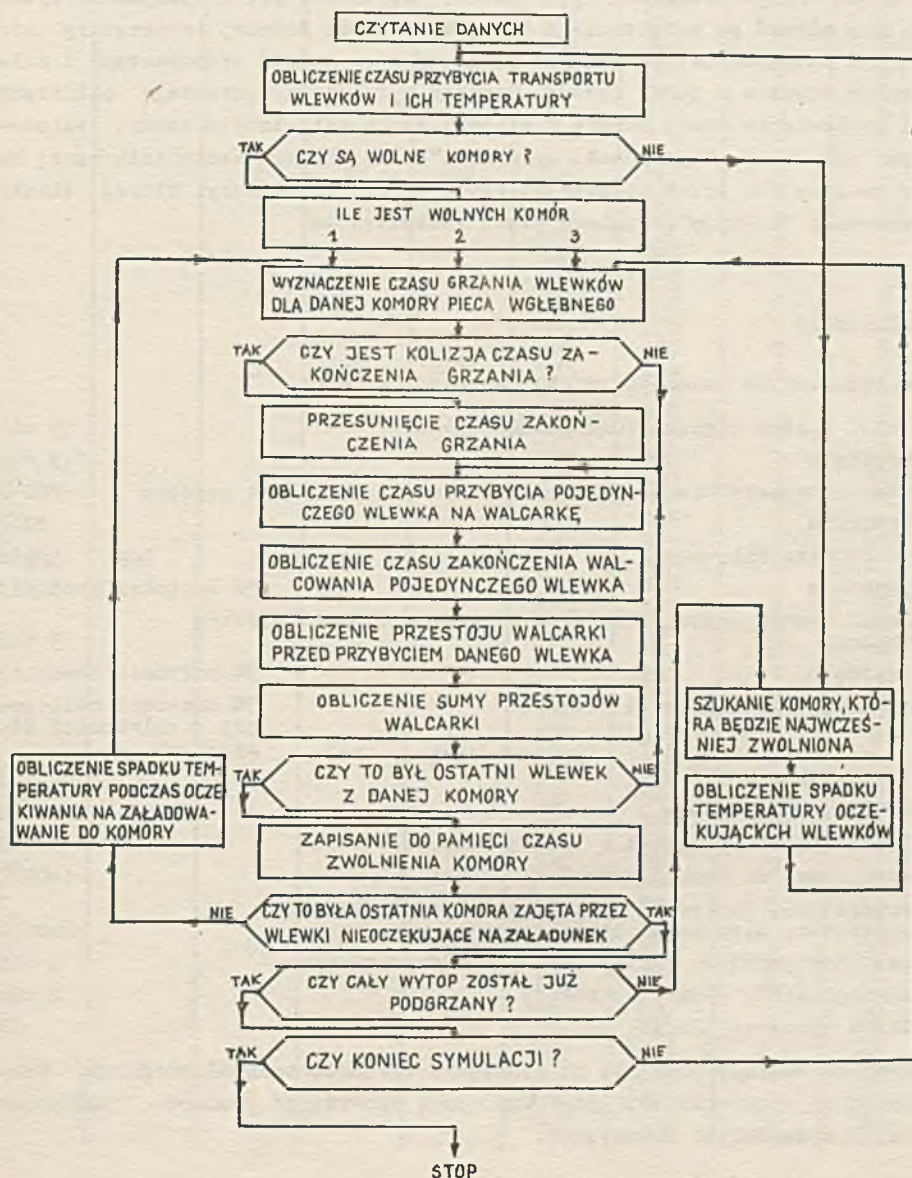
Na rozpatrywany odcinek procesu technologicznego, a więc pod piece wglębne, przybývają wlewki w transportach po 27 sztuk (z jednego wytopu). Odstępów czasu między kolejnymi chwilami przybycia transportów wlewków oraz temperatury wlewków mają charakter przypadkowy. W celu zaprogramowania generatorów liczb pseudolosowych [2] określono wartości średnie i dyspersje (przy założeniu rozkładu normalnego) dla tych wielkości. Dla podgrzania 27 wlewków potrzebne są 3 komory pieca wglębnego. Czas trwania ładowania wlewków do pieca jest stały. Podczas ładowania pierwszej komory pieca wglębnego, pozostałe wlewki oczekują na załadowanie. Model uwzględnia spadek temperatury wlewków. Również w przypadku oczekiwania na zwolnienie komory obliczany jest spadek temperatury. Spadek temperatury wlewków obliczany jest na podstawie czasu stygnięcia oraz stałej czasowej wlewka. Jako stałą czasową traktuje się wielkość uśrednioną z obserwacji procesów rzeczywistych.

Czas przebywania wlewków w piecu wglębnym wynika z temperatury, do której należy podgrzać wlewki oraz stałej czasowej wlewków. Po osiągnięciu żądanej temperatury następuje rozładowanie komór. Dla każdego wlewka czas transportu na walcarkę jest stały, a czas walcowania ma charakter przypadkowy ze znaną średnią i dyspersją (rozkład normalny). Schemat blokowy programu symulacyjnego przedstawiony został na rys. 1.

Program symulacyjny oblicza:

- czasy poszczególnych etapów procesu technologicznego tzn. przybycie transportu wlewków, zakończenie grzania w piecach wglębnych, przybycie wlewka na walcarkę - zgniatacz i zakończenie walcowania wlewka,
- temperaturę wlewków w chwili przybycia do piecowni i w momencie ładowania do komór pieców wglębnych,
- numer komory, w której odbywa się wygrzewanie danej partii wlewków,
- przestój wlewków przed rozpoczęciem walcowania każdego wlewka.

Istotnym problemem przy układaniu programu symulacyjnego był algorytm wyszukiwania komór, w których mają być podgrzewane wlewki z danego transportu. W pamięci maszyny cyfrowej każdej komorze przypisany jest czas jej zwolnienia. Czas przybycia danego transportu porównuje się z czasami zwolnienia wszystkich komór w celu stwierdzenia, która z tych komór została już opróżniona. Jeżeli wszystkie pozostałe pracujące komory są jeszcze zajęte, program bada, czy są komory które dotychczas nie były używane. Ze



Rys. 1. Schemat blokowy programu symulacyjnego

względów ekonomicznych zwiększanie liczby komór "w ruchu" następuje tylko wtedy, gdy dla przybyłych wlewków brak komór opróżnionych. Jeżeli wszystkie komory, którymi dysponuje piecownia są zajęte, lub liczba wolnych komór jest mniejsza od trzech, wlewki muszą oczekiwać na zwolnienie jednej z komór. Uwzględnione jest wtedy stygnięcie wlewków.

Innym, ważnym problemem było badanie "kolizji", czyli wykrywanie sytuacji, gdy wlewki po podgrzaniu w danej komorze do żądanej temperatury nie mogą być rozładowane, bo suwnice i walcarka są zajęte transportem i walcowaniem wlewków z innej komory. Program symulacyjny porównuje obliczony czas zwolnienia danej komory z czasami zwolnienia innych komór, załadowanych wcześniej. W przypadku wykrycia "kolizji" czas zwolnienia danej komory oblicza się przez dodanie do czasu zwolnienia komory, której wlewki spowodowały "kolizję", stałego czasu rozładowania.

3. Symulacja

W symulowanym modelu przyjęto następujące dane:

- średni odstęp między transportami wlewków	15 min
- dyspersja	1,5 min
- średnia temperatura wlewków przybywających pod piec wgiębne	700°C
- dyspersja	20°C
- średni czas walcowania	3 min
- dyspersja	5% wartości średniej
- średni odstęp czasu pomiędzy wyciągiem kolejnych wlewków z komory	3 min
- dyspersja	5% wartości średniej
- dyspersja czasu grzania wlewków	5% wartości obliczonej z zależności fizycznych
- liczba komór	40
- stała czasowa wlewka	200 min
- liczba wlewków grzanych w jednej komorze	9
- temperatura do której grzane są wlewki	1400°C
- temperatura, do której dąży asymptotycznie krzywa temperatury wlewków w czasie grzania	2000°C
- czas transportu do zgniatacza dla jednego wlewka	2 min
- czas ładowania wlewka do komory	2 min
- liczba cykli symulacji	50

Dane te zostały przyjęte na podstawie warunków technologicznych, konsultacji ze specjalistami (Biprohut) oraz obserwacji procesów technologicznych w zakładach hutniczych.

Tabela 1

Symulacja odcinka piecownia-walcownia

N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9					
30	699	1	699	229	231	234	0	0					
					234	237	0	0					
					237	240	0	0					
					240	243	0	0					
					243	246	0	0					
					246	249	0	0					
					249	252	0	0					
					252	255	0	0					
					256	259	1	1					
					2	641	259	261	263	2	3		
								264	267	1	4		
		267	270	0				4					
		270	273	0				4					
		273	276	0				4					
		276	279	0				4					
		280	282	1				5					
		284	286	2				7					
		286	289	0				7					
		3	587	289				291	294	2	9		
								294	297	0	9		
					297	300	0	9					
					300	303	0	9					
					305	308	2	11					
					308	311	0	11					
					311	314	0	11					
					314	316	0	11					
					317	321	1	12					
					59	698	4	698	321	323	327	2	14
										327	330	0	14
		330	333	0						14			
		333	336	0						14			
		336	340	0						14			
		340	343	0						14			
343	346	0	14										
346	350	0	14										
350	353	0	14										
5	640	353	355	357						2	16		
			358	360						1	17		
			360	363			0	17					
			363	366			0	17					
			367	370			1	18					
			370	373			0	18					
			373	376			0	18					
			376	379			0	18					
			379	382			0	18					
			6	586			382	384	388	2	20		
388	391	0						20					
391	394	0						20					
394	397	0			20								
397	401	0			20								
401	403	0			20								
403	406	0			20								
406	409	0			20								
409	412	0			20								

Program symulacyjny uwzględniający przedstawione dane został wczytany do systemu Mińsk-32. Wyniki symulacji przedstawiono w tabeli 1. W tabeli tej przyjęto następujące oznaczenia.

- N1 - czas przybycia transportu wlewków (z jednego wytopu)
- N2 - temperatura wlewków
- N3 - numer komory pieca wglębnego, do której należy ładować wlewk
- N4 - temperatura załadowania
- N5 - czas zakończenia grzania wlewków
- N6 - czas przybycia wlewka na walcarkę
- N7 - czas zakończenia walcowania
- N8 - czas przestoju walcarki przed przybyciem danego wlewka
- N9 - suma czasów przestoju walcarki od rozpoczęcia symulowanego procesu.

Tabela 1 przedstawia fragment wydruku otrzymanego z maszyny cyfrowej, dotyczącego symulowanego procesu. Przedstawione wyniki dotyczą symulacji procesu dla dwóch pierwszych transportów wlewków. Po przewalcowaniu wlewków z tych dwóch transportów przestoje walcarki wynoszą 20 minut (nie liczy się oczekiwania walcarki na pierwszy wlewk), co stanowi sumę krótkich przestoju (jedna lub dwie minuty) między walcowaniem poszczególnych wlewków.

Dane w kolumnie N3 wskazują numery komór, do których mają być ładowane wlewk. Ponieważ fragment wydruku dotyczy początku procesu, ładowanie do komór odbywa się po kolei. Sytuacja zmieni się po zwolnieniu niektórych, uprzednio zajętych komór.

4. Uwagi

W pracy przedstawiono wygodną i perspektywiczną metodę badania dynamiki obiektów przemysłowych. Metoda ta może być stosowana do badania różnych wariantów sterowania obiektem w sytuacji, gdy doświadczenia na obiekcie rzeczywistym są niedopuszczalne. Może być ona również stosowana do weryfikacji projektów obiektów przemysłowych, gdyż często zdarza się, że projektant nie uwzględnia stanów dynamicznych.

Przedstawiony przykład stanowi pierwszy etap stosowania symulacji do badania procesów występujących w zakładach metalurgicznych. Zawiera on pewne nieścisłości i uproszczenia nieco wypaczające obraz procesów fizycznych.

Tymi uproszczeniami są:

- przyjęcie jednego rodzaju wlewka
- założenie tylko jednej intensywności grzania w komorach pieców wglębnych
- symulowanie tylko procesu bez uwzględnienia problemów związanych z pomiarami, błędami pomiaru i sterowaniem.

Weryfikacja tych założeń oraz rezygnacja z uproszczeń na rzecz bardziej dokładnego modelu będzie celem następnych etapów rozwiązywania tego problemu.

LITERATURA

- [1] R. Zieliński: Generatory liczb losowych. WNT Warszawa.
- [2] G. Gordon: Symulacja systemów. WNT Warszawa 1974.

ПРОВЕРЕНИЕ ПРОЕКТА БОЛВАНКОВОЙ ПЕЧИ И БЛЮМИНГА МЕТОДОМ ЦИФРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Р е з ю м е

В работе представляется метод проверки проекта болванковой печи и блюминга, работающих в динамических условиях. Использован метод цифрового моделирования. Представлены результаты моделирования обжига и потока болванков.

VERIFICATION OF FURNACE AND BLOOMING MILL AGGREGATE DESIGN BY MEANS OF DIGITAL SIMULATION

S u m m a r y

A method of verification of furnace and blooming mill aggregate design has been presented. Dynamic states of blooming mill aggregates were taken into consideration. A method of digital simulation was used. Results of process simulation of furnacing of ingots and flow of ingots enclosed.