ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1976

Seria: AUTOMATYKA z. 36 Nr kol. 481

Henryk Kowalowski, Franciszek Marecki,
Magdalena E. Torońska-Łuczyńska

# IDENTYFIKACJA ADAPTACYJNA WALCARKI I PREDYKCJA PROCESU WALCOWANIA

Streszczenie. W artykule przedstawiono identyfikację adaptacyjną wybranej walcarki na walcowni ciągłej kęsów (WCK). Ponadto przedstawiono sposób predykcji jakości wyrobów walcowanych.

Koncepcję identyfikacji adaptacyjnej walcarki i sterowania jakością wyrobów walcowanych zweryfikowano metodą modelowania symulacyjnego procesu.

## 1. Założenia i koncepcje

Przedstawiona w artykule identyfikacja adaptacyjna walcarki i predykcja procesu walcowania jest pierwszym etapem prowadzonej w Instytucie Konstrukcji i Technologii Urządzeń Automatyki i Informatyki pracy, której celem jest opracowanie i zweryfikowanie na wybranym przykładzie procesu hutniczego - walcowni ciągłej kęsów (WCK) - systemu testowania jakości wyrobów z uwagi na ich wymiary geometryczne.

Przez testowanie wyrobów rozumiemy w tym wypadku, taką kontrolę i sterowanie procesem walcowania, by uzyskiwane z tego procesu kęsy miały wymiary zgodne z wymaganiami. Obiektem badań jest walcarka (złożenie, klatka) wybrana z ciągu walcarek WCK, posiadająca kilka wykrojów o jednakowych profilach.

Identyfikację stanu walcarki przeprowadza się przez pomiar grubości wyrobów odwalcowanych. W trakcie walcowania zużywa się powierzchnia części pracujących wykroju, konsekwencją czego jest wychodzenie wymiarów kęsów powyżej dopuszczalnych tolerancji, a więc obniżanie się jakości produkcji. Zużywanie się wykrojów zależy od wielu cech materiału walcowanego, między innymi od: składu chemicznego, temperatury, początkowych wymiarów slabów itp. Istotną zatem sprawą jest określenie maksymalnej dopuszczalnej liczby kęsów, które mogą być przewalcowane na wybranej klatce bez obawy zbyt dużej liczby wybraków. Do rozwiązania tego zadania zaproponowano koncepcję identyfikacji adaptacyjnej i predykcji procesu walcowania. Identyfikację stanu walcarki przeprowadza się przez cykliczną analizę pomiarów grubości kęsów.

Do analizy tej wykorzystano metody statystyczne z zakresu testowania hipotez i estymacji danych w celu określenia funkcji rozkładu i jego para-

metrów. W ogólnym przypadku rozkład wartości grubości kęsów może być dowolny. W pracy przyjęto, że wymiary kęsów są opisane rozkładem normalnym o zmiennej wartości średniej i odchyleniu standardowym, które to parametry określane są w trakcie otrzymywania kolejnych partii wyników pomiarów.

Wyznaczanie predykcji procesu walcowania można przeprowadzić dwoma metodami:

- przez znalezienie funkcji zużycia wykrojów od czynników wymienionych poprzednio, ale zagadnienie to jest bardzo złożone i jak dotychczas znane źródła literaturowe nie podają jednoznacznie określonej tej zależności;
- przez wyznaczenie tendencji zmian wyrobu walcowanego na podstawie wyników identyfikacji na przykład metodami analizy regresji.

Predykcja procesu walcowania pozwala na określenie liczby wybraków w kolejnej partii wyrobów jeszcze nieodwalcowanych. Jeżeli liczba ta jest zbyt duża podejmuje się decyzję o korekcji wykroju, zmianie wykroju ewentualnie o wymianie całej klatki. W pierwszym etapie pracy przyjęto liniowe równanie predykcji.

Koncepcję identyfikacji adaptacyjnej walcarki i predykcję procesu walcowania zweryfikowano metodą modelowania symulacyjnego. Bowiem symulacja procesu, kontroli i sterowania pozwala sprawdzić efektywność projektowanego dla WCK systemu sterowania jakością wyrobów. Symulacja obejmuje trzy kolejne etapy tego systemu: centralną rejestrację danych, centralną rejestrację i przetwarzanie danych oraz komputerowy system sterowania procesem walcowania.

## 2. Model cyfrowy

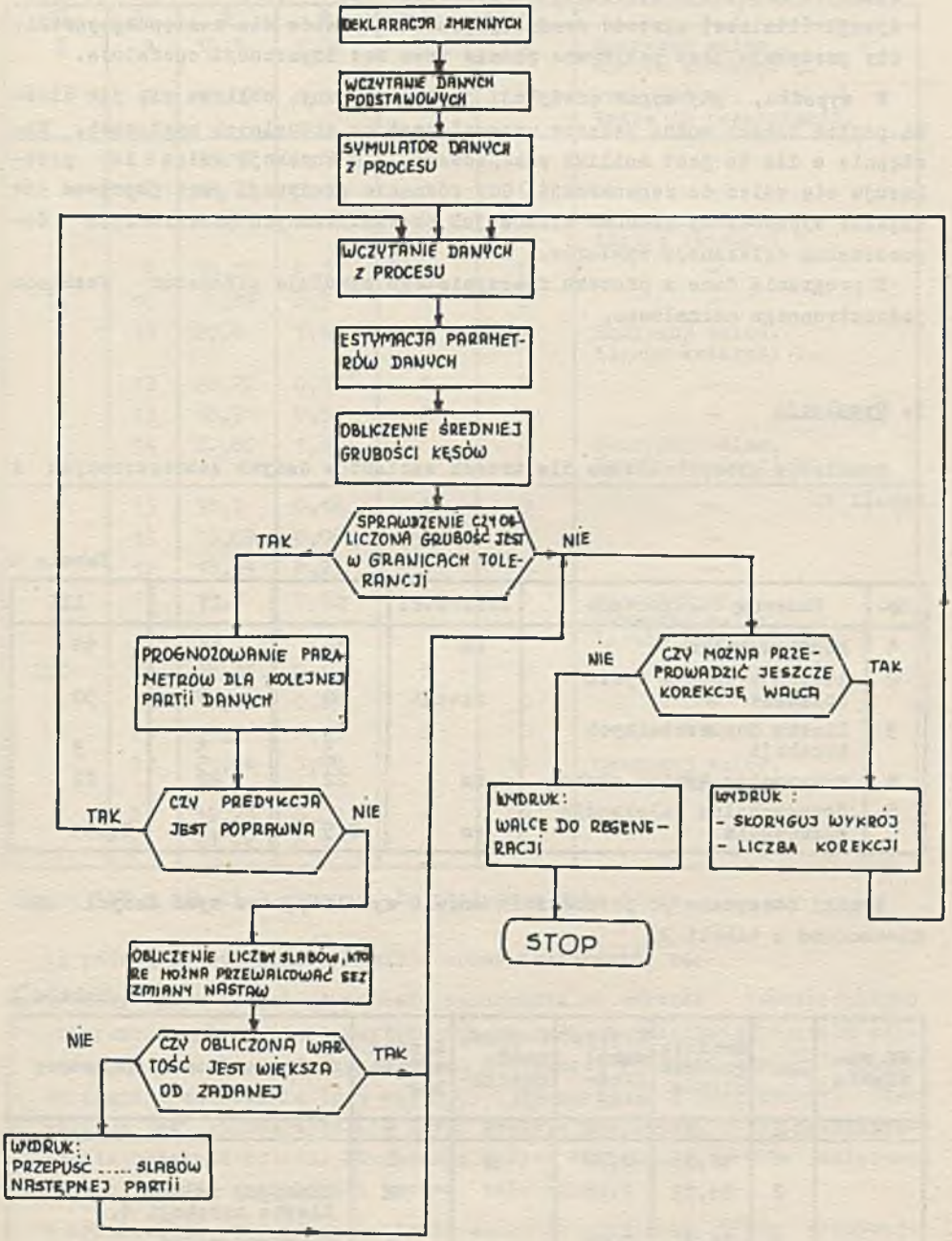
Omówione wcześniej zależności i zjawiska uwzględniono w modelu przyjmując że:

- miarą stanu wykroju jest wartość średnia i dyspersja grubości odwalcowanych na tym wykroju kęsów;
- zużycie wykroju można symulować przez generowanie zbioru wymiarów o większej wartości średniej i dyspersji;
- zmiana wartości średniej i dyspersji jest pomijalna dla partii N kęsów (N liczba danych w jednym cyklu obliczeń).

Model symulacyjny może być użyty do bieżącej kontroli i predykcji procesu walcowania jeżeli w miejsce generowanych wartości wprowadzi się dane z procesu rzeczywistego.

Schemat blokowy programu symulacyjnego przedstawia rys. 1. Organizacja programu jest następująca:

- wprowadza się partię N danych z procesu (wymiary kęsów) i przeprowadza ich estymację - określa się rozkład i jego paramet-




Rys. 1. Schemat blokowy programu

- oblicza się średnią grubość slabów. Gdy wymiar ten mieści się w dopuszczalnych granicach tolerancji, prognozuje się w oparciu o równanie predykcji (liniowe) wartość średniej grubości slabów dla następnej partii. Gdy predykcja jest pozytywna proces trwa bez ingerencji operatora.

W wypadku, gdy wynik predykcji jest negatywny, oblicza się jak liczną partię danych można jeszcze przewalcować na aktualnych nastawach. Następnie o ile to jest możliwe przeprowadza się korekcję walca lub przekazuje się walec do regeneracji. Gdy równanie predykcji jest poprawne nie zajdzie wypadek, by grubość slabów już przewalcowanych przekroczyła dopuszczalną tolerancję wymiarów.

W programie dane z procesu rzeczywistego symuluje generator rozkładu jednostronnego normalnego.

## 3. Symulacja

Symulację przeprowadzono dla trzech wariantów danych zamieszczonych w tabeli 1.

Tabela 1

| Lp. | Zmienne deklarowane | Jednostki | I | II | III |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | rozstaw walców | cm | 18 | 18 | 18 |
| 2 | liczba slabów w cyklu obliczeń | sztuki | 50 | 50 | 50 |
| 3 | liczba dopuszczalnych korekcji | | 3 | 3 | 3 |
| 4 | maksymalny wymiar slabów | cm | 22 | 22 | 22 |
| 5 | dopuszczalna tolerancja walcowania | cm | 0,5 | 0,1 | 0,005 |

Wyniki otrzymane po przebadaniu modelu symulacyjnego tymi danymi zamieszczono w tabeli 2.

Tabela 2

| Nr wariantu | Lp. | Średnia grubość slabów | Rozrzut wokół średniej | Poprawność predykcji | Liczba wybraków | Informacja dla operatora |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| | 1 | 18,85 | 0,78 | d | 0 | - |
| | 2 | 21,75 | 2,28 | | 12 | Skoryguj walce. Liczba korekcji 1. |
| I | 3 | 18,30 | 0,91 | | 1 | Skoryguj walce. Liczba korekcji 2 |

cd. tabeli 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 4 | 19,1 | 1,06 | | 2 | Skoryguj walce. Liczba korekcji 3. |
| | 5 | 19,07 | 0,8 | d | 0 | Przepuść 40. Walce do regeneracji. |
| | 6 | 18,17 | 0,16 | d | 0 | - |
| | 7 | 18,75 | 0,45 | d | 0 | - |
| | 8 | 20,6 | 1,30 | | 5 | Skoryguj walce. Liczba korekcji 1. |
| | 9 | 18,22 | 0,21 | d | 0 | - |
| II | 10 | 18,89 | 0,5 | d | 0 | - |
| | 11 | 20,4 | 1,4 | | 7 | Skoryguj walce. Liczba korekcji 2. |
| | 12 | 22,22 | 0,18 | d | 0 | - |
| | 13 | 18,91 | 0,52 | d | 0 | - |
| | 14 | 20,82 | 1,67 | | 8 | Skoryguj walce. Liczba korekcji 3. |
| | 15 | 18,2 | 0,16 | d | 0 | - |
| | 16 | 18,09 | 0,08 | d | 0 | - |
| | 17 | 18,34 | 0,23 | d | 0 | - |
| | 18 | 19,3 | 0,65 | d | 0 | Przepuść 45. Skoryguj walce. Liczba korekcji 1. |
| III | 19 | 18,11 | 0,17 | d | 0 | - |
| | 20 | 18,44 | 0,25 | d | 0 | - |
| | 21 | 19,2 | 0,69 | d | 0 | - |
| | 22 | 21,64 | 1,98 | | 11 | Skoryguj walce. Liczba korekcji 2. |
| | 23 | 18,23 | 0,09 | d | 0 | - |
| | 24 | 18,46 | 0,3 | d | 0 | - |

Uwaga: "d" w tabeli 2 oznacza, że predykcja była dobra.

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że:

1. Istotny wpływ na jakość procesu walcowania ma wartość dopuszczalnych tolerancji walcowania i wartość dopuszczalnych tolerancji wyrobów walcowanych. Symulację przeprowadzono dla trzech różnych dopuszczalnych tolerancji walcowania (0,5 0,1 0,05). Im wartość ta jest większa tym większa jest liczba wybraków i tym częściej konieczne jest przeprowadzanie korekcji walców. Nie badano wpływu tolerancji wyrobów walcowanych na jakość produkcji i proces walcowania.

2. W symulowanym procesie walcowania zachodzi przypadek, kiedy predykcja dla następnego kroku jest pozytywna tzn.: kiedy przewidywany wymiar slabów powinien mieścić się w dopuszczalnych granicach tolerancji,a wy-

nik realizacji doświadczenia nie potwierdza predykcji. Oznacza to, że przewalcowana partia materiału ma liczbę wybraków większą od dopuszczalnej.

## 4. Uwagi i wnioski końcowe

1. Rozpatrywany model cyfrowy walcarki należy uważać za pierwsze przybliżenie obiektu rzeczywistego. Dalsza praca będzie związana z uściśleniem i rozszerzeniem modelu.

2. W zakresie sterowania pracą walcarki kolejnym etapem będzie wyznaczenie dokładniejszego równania predykcji. Liniowe równanie predykcji nie dało zadowalających rezultatów.

## АДАПТАЦИОННАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПРОКАТНОГО СТАНКА И ПРОГНОЗ ПРОКАТНОГО ПРОЦЕССА

Р е з ю м е

В работе представляется адаптационная идентификация прокатного станка и метод прогноза качества выработки. Идея адаптационной идентификации и управления качеством была проверена методом цифрового моделирования.

## ADAPTATION IDENTIFICATION OF A ROLLING MILL AND PREDICTIONS OF ROLLING PROCESS

S u m m a r y

An adaptation identification of selected rolling mill in a billet mill and a method of prediction of quality of rolling products bave been presented. A suggestion of adaptation identification of a rolling mill and quality control were verified by means of digital simulation.