

MICHLOWICZ Edward, SMOLIŃSKA Katarzyna

DOSKONALENIE PRZEPIYU MATERIAŁÓW W CIĄGŁYM PROCESIE PRODUKCYJNYM

Streszczenie

Artykuł zawiera przykładową analizę wybranych procesów systemu produkcyjnego, która jest krokiem w doskonaleniu przepływu materiałów w przedsiębiorstwie. Dotyczy ona procesu produkcji płytek klinkierowych w zakładzie ceramicznym. Stosując się do obranego algorytmu analizy zbadana została struktura procesu i stworzono jego schemat technologiczny. Wyznaczono także niezawodność układu oraz jego średnią wydajność, co pozwoliło na oszacowanie ponoszonych strat materiału. W układzie zastosowano dodatkowe elementy pojemnościowe. Aby sprawdzić czy ich obecność jest celowa a umiejscowienie odpowiednie, przeanalizowano także możliwe do osiągnięcia stany dla wybranych fragmentów układu, a także przejścia między nimi. Wynikiem rozważań jest wskazanie działań, których podjęcie w omawianym przedsiębiorstwie mogło by mieć pozytywny skutek ze względu na doskonalenie przepływu materiałów.

WSTĘP

W artykule opisany jest przykład analizy procesu produkcji płytek klinkierowych w zakładzie ceramicznym. We wspomnianym przedsiębiorstwie, została przeprowadzona modernizacja, po której udało się skutecznie wyeliminować składowanie materiałów pomiędzy kolejnymi stanowiskami linii produkcyjnej. Wyjątek stanowią miejsca, w których zachodzi ujednocianie masy leejnej oraz granulatu, czyli zbiorniki magazynowe i silosy. Zatrzymanie przetwarzanego materiału w tych punktach jest jednak konieczne z punktu widzenia technologii, a proces homogenizacji ma znaczny wpływ na jakość wyrobu gotowego. Materiał może być także czasowo przechowywany w dodatkowych zbiornikach lub magazynach zamieszczonych na linii produkcyjnej.

Aby określić kierunek działań, które należało by podjąć w celu polepszenia ciągłości przepływu materiałów w przedsiębiorstwie, należy najpierw zbadać rozważany proces.

Proces technologiczny produkcji płytek klinkierowych można podzielić na kilka etapów:

1. Przygotowanie masy leejnej.
2. Przygotowanie granulatu.
3. Formowanie półfabrykatu.
4. Suszenie półfabrykatu.
5. Szklwienie i angobowanie półfabrykatu.
6. Wypał.
7. Sortowanie, pakowanie i przekazanie na magazyn wyrobów gotowych.

1. ALGORYTM ANALIZOWANIA POSZCZEGÓLNYCH PROCESÓW SYSTEMU PRODUKCYJNEGO

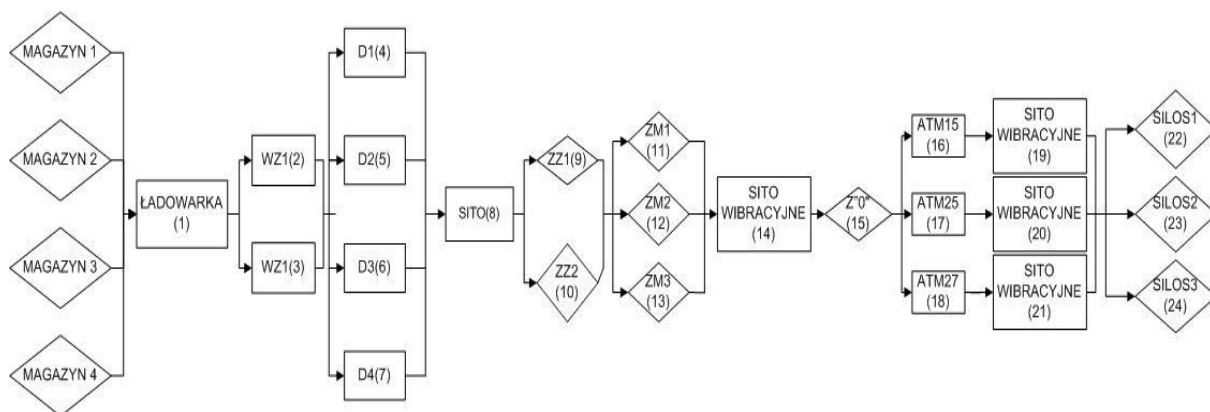
Analizę przeprowadzono dla procesów przygotowania masy lejnej i przygotowania granulatu. Procesy te mają najbardziej złożony przebieg spośród wszystkich przeprowadzanych w trakcie produkcji, wiąże się z nimi także najwięcej problemów, ponieważ jakość wyrobu gotowego w dużej mierze zależy od jakości przygotowanej masy i powstającego z niej granulatu.

Przyjęto i wykorzystano następujący algorytm analizy procesów systemu produkcyjnego:

1. Sporządzenie schematu technologicznego i struktury badanego procesu.
2. Opracowanie danych (parametry procesu takie jak wydajność urządzeń, niezawodność).
3. Analiza struktury pod względem niezawodności P .
4. Analiza struktury pod względem wydajności q .
5. Analiza stanów i przejść.

1.1. Schemat technologiczny i struktura badanego procesu

Poniższy rysunek przedstawia schemat technologiczny procesów przygotowania masy lejnej i granulatu. Kolejne urządzenia zostały ponumerowane tak, aby ułatwić późniejszą analizę danych procesu.



Rys. 1. Struktura technologiczna procesu

Na powyższym rysunku przyjęto następujące oznaczenia:

- WZ1, WZ2 - wagozasilacze,
- D1, D2, D3, D4 - młyny kulowe,
- ZZ1, ZZ2 - zbiorniki zlewowe,
- ZM1, ZM2, ZM3 - zbiorniki magazynowe,
- Z'0'' - zbiornik zerowy,
- ATM15, ATM25, ATM27 - suszarnie rozpyłowe.

Z magazynu surowców materiał ładowarką podawany jest na wagozasilacze, gdzie odmierzana jest jego odpowiednia ilość. Stamtąd trafia do czterech młynów kulowych i dalej przez sito do zbiorników zlewowych i magazynowych. Następnie, przez sito wibracyjne masa przekazywana jest do jednego zbiornika zlewowego. Kolejnym etapem jest suszenie w suszarniach rozpyłowych. W ten sposób powstaje granulatu, który po przesianiu przez sít wibracyjne trafia do silosów.

1.2. Dane - parametry procesu

Dane niezbędne do dalszej analizy to wydajność i niezawodność poszczególnych urządzeń i elementów przedstawionych na schemacie technologicznym. Dane dotyczące wydajności pochodzą w części z dokumentacji technicznej urządzeń, a w części zostały ustalone na

podstawie wiedzy i doświadczenia osób obsługujących dane stanowiska. W chwili obecnej zakład nie monitoruje wydajności poszczególnych procesów i elementów systemu produkcyjnego. Ocena dokonywana jest wyłącznie na podstawie efektu końcowego - ilości wyrobów gotowych zaliczanych do I gatunku.

W zakładzie nie jest także prowadzona statystyka dotycząca niezawodności urządzeń. Dane wykorzystane do analizy przyjęto jako typowe dla urządzeń podobnych do tych wykorzystywanych w opisywanym procesie, opierając się o ogólną wiedzę na ten temat.

1.3. Analiza struktury - niezawodność

Pojęcie niezawodności dla urządzenia lub maszyny można zdefiniować jako prawdopodobieństwo poprawnej pracy w określonych warunkach i przedziale czasu. Zgodnie z tym stwierdzeniem, oczywistym jest fakt, że aby określić niezawodność dla danego obiektu, należy przez pewien dłuższy okres czasu obserwować jego pracę. W takim ujęciu, na niezawodność obiektu wpływ będą miały między innymi takie czynniki jak warunki pracy, regularność przeglądów, napraw i konserwacji, użycie zgodne z przeznaczeniem, jakość stosowanych materiałów, ale także np. umiejętna obsługa [1].

Ponieważ, zakład nie prowadzi obserwacji stanowisk pod kątem określenia niezawodności urządzeń oraz całego układu, obliczenia przeprowadzone zostały dla danych przyjętych jako typowe dla urządzeń podobnych do badanych. Analiza ta nie opisuje więc stanu rzeczywistego, jest jedynie przykładem zastosowania analizy struktury niezawodnościowej jako jednej z metod doskonalenia przepływu materiałów w przedsiębiorstwie. Jak zostało to pokazane poniżej, na podstawie badania niezawodności układu można stwierdzić, w którym miejscu przepływ jest zaburzony lub wstrzymywany. Rozważając możliwość zmiany struktury układu lub podniesienie niezawodności niektórych elementów np. poprzez ulepszenie planu konserwacji, zastosowanie lepszego rodzaju materiałów, dodatkowe szkolenia pracowników itp., można znaleźć sposób na poprawienie stanu istniejącego.

Układ posiada strukturę szeregowo - równoległą, dlatego, aby obliczyć jego niezawodność należy najpierw stworzyć schemat zastępczy, obliczając niezawodność struktur równoległych.

Dla struktur równoległych funkcja niezawodności przyjmuje postać:

$$P_s = 1 - R_s$$

gdzie:

R_s – zawodność układu,

P_s - niezawodność struktury równoległej.

$$R_s = \prod_{i=1}^n R_i,$$

$$R_i = 1 - P_i.$$

gdzie:

R_i – zawodność elementu.

Na przykład:

- wagozasilacze

$$P_2 = P_3 = 0,9$$

$$R_2 = R_3 = 1 - 0,9 = 0,1$$

$$R_{2-3} = R_2 \cdot R_3 = (0,1)^2 = 0,01$$

$$P_{2-3} = 1 - R_{2-3} = 1 - 0,01 = 0,99$$

- młyny kulowe

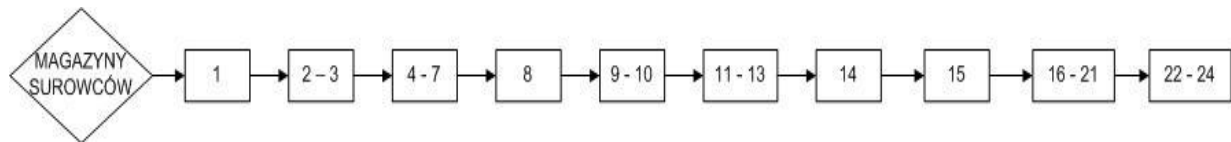
$$P_4 = P_5 = P_6 = P_7 = 0,8$$

$$R_4 = R_5 = R_6 = R_7 = 1 - 0,8 = 0,2$$

$$R_{4-7} = R_4 \cdot R_5 \cdot R_6 \cdot R_7 = (0,2)^4 = 0,016$$

$$P_{4-7} = 1 - R_{4-7} = 1 - 0,016 = 0,984$$

Po obliczeniu niezawodności struktur równoległych stworzony został schemat zastępczy widoczny poniżej.



Rys. 2. Struktura niezawodnościowa - schemat zastępczy

Dla struktur szeregowych funkcja niezawodności przyjmuje postać:

$$P_u = \prod_{i=1}^n P_i$$

Niezawodność badanego układu wyniesie więc:

$$\begin{aligned} P_u &= P_1 \cdot P_{2-3} \cdot P_{4-7} \cdot P_8 \cdot P_{9-10} \cdot P_{11-13} \cdot P_{14} \cdot P_{15} \cdot P_{16-21} \cdot P_{22-24} \\ &= 0,88 \cdot 0,99 \cdot 0,99 \cdot 0,85 \cdot 0,98 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 0,95 \cdot 0,97 \cdot 1 = 0,55 \end{aligned}$$

Stosunkowo niska, w porównaniu do niezawodności poszczególnych urządzeń, niezawodność układu wynika z dużej ilości zastosowanych połączeń szeregowych. Należy jednak zwrócić uwagę na to, jak kształtuje się wartość badanego parametru dla układów równoległych. Jako przykład rozważmy układ czterech młynów kulowych. Niezawodność każdego z nich wynosi 0,8. Oznacza to, że w danym okresie czasu, prawdopodobieństwo wystąpienia awarii każdego z nich wynosi 20%. Jeżeli zastosowano by tylko jeden młyn, taka sytuacja uniemożliwiła by załadunek surowców i spowodowała by poważne zakłócenie ciągłości przepływu materiałów. Umieszczenie w strukturze dwóch młynów połączonych równolegle zmniejsza prawdopodobieństwo przerwania produkcji ze względu na awarię tego układu do 4% (niezawodność wynosi 0,96). Ze względu na to, że młyny kulowe są jednym z najistotniejszych elementów układu, zastosowano aż cztery urządzenia tego typu. W takim przypadku, prawdopodobieństwo jednoczesnego wystąpienia awarii wszystkich młynów wynosi 1%. Taki poziom niezawodności można uznać za gwarancję utrzymania ciągłości przepływu.

Niezawodność przyjęta dla zbiorników jest w zasadzie niezawodnością układu doprowadzającego i odprowadzającego materiał. Zakłada się, że awarii może ulec na przykład układ hydrauliczny lub mechaniczny sterujący zaworami. Z obliczeń wynika, że dla układu trzech elementów pojemnościowych, niezawodność jest bardzo wysoka, w przybliżeniu równa 1. W omawianym układzie zastosowano dwa takie połączenia - dla zbiorników magazynowych i silosów, czyli w miejscach, gdzie następuje ujednocianie masy lejnej i granulatu.

1.4. Analiza struktury - wydajność średnia

Z punktu widzenia przedsiębiorcy, istotnym problemem jest ilość surowców, jaką należy podać na wejściu systemu produkcyjnego, aby na jego wyjściu otrzymać założoną ilość wyrobów gotowych spełniających pewne założenia co do jakości. Stosunek tych dwóch wielkości nazywany jest wydajnością układu [1].

Aby wyznaczyć wielkość wejściową, oprócz wydajności poszczególnych elementów układu, musimy także znać ich niezawodność. Ponieważ pod uwagę brana jest wydajność

średnia, określona dla pewnego przedziału czasu, ważną rolę odgrywa tutaj zdolność maszyn i urządzeń do wykonywania w tym czasie założonych zadań. Pomimo tego, że z analizy samych tylko wartości wydajności dla pewnego łańcucha urządzeń wynikać może, że dla zapewnienia pewnego poziomu produkcji nie jest potrzebne stosowanie redundancji, lub wystarczający jest układ równoległy dwóch elementów, to po wzięciu pod uwagę ich awaryjności, wyniki mogą okazać się zupełnie inne.

Aby zapewnić dobową produkcję płytek w analizowanym zakładzie, prasy formujące półfabrykaty muszą mieć zapewnioną możliwość pobrania z silosów 112,5 t gotowego, ujednoliconego granulatu. Przeprowadzono obliczenia mające na celu wskazanie ilości surowców podawanych z magazynu surowców dla zapewnienia takiej ilości wyrobu końcowego (granulatu). W dalszej części tekstu przytoczono ich przykładowy fragment.

Zależność pomiędzy wydajnością q , niezawodnością P oraz ilością materiału na wejściu i wyjściu dla pojedynczego elementu kształtuje się różnie dla dwóch przypadków:

a) jeżeli ilość materiału która może zostać dostarczona Q_{we} jest większa od wydajności q_i danego elementu ($Q_{we} > q_i$) to [1]

$$Q_{wy} = q_i \cdot P_i$$

b) jeżeli ilość materiału która może zostać dostarczona Q_{we} jest mniejsza od wydajności q_i danego elementu ($Q_{we} < q_i$) to [1]

$$Q_{wy} = Q_{we} \cdot P_i$$

Jak widać pod uwagę zawsze bierze się mniejszą z dwóch wartości Q_{we} i q_i . Rozważany był przypadek odwrotny:

a) jeżeli ilość materiału na wyjściu będzie większa od wydajności danego elementu ($Q_{wy} > q_i$), to

$$Q_{we} = \frac{q_i}{P_i}$$

b) jeżeli ilość materiału na wyjściu będzie mniejsza od wydajności danego elementu ($Q_{wy} < q_i$), to

$$Q_{we} = \frac{Q_{wy}}{P_i}$$

W przeciwnym wypadku mogło by się okazać, że urządzenie powinno przetworzyć większą ilość materiału, niż pozwala na to jego wydajność.

Poniżej przedstawiono przykład obliczeń dla silosów i ładowarki.

- Silosy (22-24)

$$Q_{wy} = \frac{112,5}{24} = 4,69 \frac{t}{h} ; q_{22-24} = 19,2 \frac{t}{h} ; P_{22-24} = 1$$

$$Q_{we} = \frac{Q_{wy}}{P_i} = \frac{4,69}{1} = 4,69 \frac{t}{h}$$

- Ładowarka (1)

$$Q_{wy} = 7,26 \frac{t}{h} ; q_1 = 20 \frac{t}{h} ; P_1 = 0,88$$

$$Q_{we} = \frac{Q_{wy}}{P_i} = \frac{7,26}{0,88} = 8,25 \frac{t}{h}$$

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że aby zapewnić ilość granulatu dla dobowej produkcji płytek, czyli 112,5 t na dobę, na wejściu układu musi zostać zapewnione podanie średnio 8,25 t surowców na godzinę (z taką średnią wydajnością powinno pracować urządzenie na wejściu układu). Innymi słowy, aby dobowo otrzymywać wymaganą do podtrzymania produkcji ilość granulatu, w tym samym czasie, na wejście procesu przygotowania masy lejnnej należy dostarczyć $8,25 \cdot 24 = 198$ t surowców. Wynika z tego, że straty surowca w procesie wynoszą średnio

$$S_u = 198 - 112,5 = 85,5 \frac{t}{24h} = 3,55 \frac{t}{h}$$

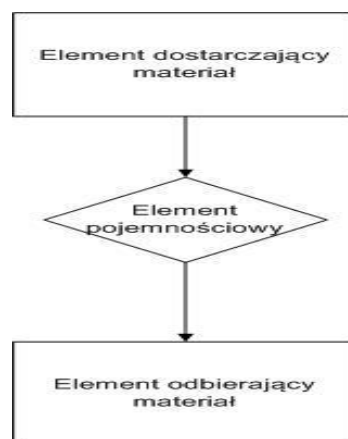
Stracony materiał stanowi aż 43% początkowej ilości surowców. Charakter procesu sprawia, że surowców utraconych w jego przebiegu, w większości przypadków nie da się odzyskać do ponownego wykorzystania.

Uzyskane wyniki ujawniły również, że stopień wykorzystania urządzeń w odniesieniu do ich wydajności jest niewielki. Przeprowadzone obliczenia nie pozwalają jednak w sposób jednoznaczny ocenić stopnia wykorzystania urządzeń i efektywności procesu. W tym celu należało by wyznaczyć dla procesu współczynnik OEE. Można jednak ocenić skalę strat materiału. Taka wiedza może być punktem wyjścia przy planowaniu konkretnych działań doskonalenia procesu. Zmniejszenie ilości traconego materiału można osiągnąć na przykład poprzez polepszenie niezawodności elementów układu (zastosowanie innych urządzeń lub redundancji) [2].

1.5. Analiza stanów i przejść

Dla zachowania ciągłości przepływu materiałów w przypadku zakłóceń procesu, a także dla zapewnienia zapasu surowców i ciągłej pracy niektórych urządzeń, zastosowano także dodatkowe zbiorniki, bez których teoretycznie, w najprostszym ujęciu, produkcja nadal mogła by się odbywać. Zastosowanie dodatkowych elementów pojemnościowych jest jedną z metod na poprawę wydajności układu.

Problemami związanymi z umieszczeniem w układzie dodatkowego elementu pojemnościowego (w tym wypadku zbiornika) są przede wszystkim kwestie ustalenia jego pojemności i miejsca jego zastosowania. Jedną z metod, mającą na celu zbadanie wpływu elementu pojemnościowego na wydajność całego układu, jest analiza możliwych stanów i przejść pomiędzy nimi. W tego rodzaju rozważaniach, przyjmuje się pewien uproszczony obraz układu, w którym występuje element dostarczający materiał do elementu pojemnościowego, sam element pojemnościowy, oraz element który materiał odbiera [3].



Rys. 3. Układ z elementem pojemnościowym [3]

Dla pierwszego i ostatniego elementu przyjmuje się trzy możliwe stany:

S - sprawny - stan poprawnej pracy urządzenia,

A - awaria - urządzenie nie jest zdolne do dalszej pracy,

P - stan postoju wymuszonego - urządzenie jest sprawne, jednak materiał nie jest do niego dostarczany dlatego jego praca nie jest możliwa.

Dla elementu pojemnościowego:

1 - pusty,

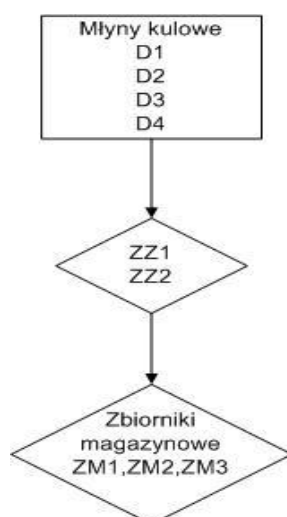
2 - częściowo zapełniony.

3 - pełny [3].

Dla takich założeń na przykład stan S1S oznacza, że zarówno urządzenie dostarczające jak i odbierające materiał pracują normalnie, a element pojemnościowy jest pusty. Stan A2S natomiast wskazywał będzie, że pierwsze urządzenie uległo awarii, ponieważ jednak element pojemnościowy zawiera pewien zapas materiału, urządzenie pobierające go, będąc sprawne, może wciąż pracować.

Teoretycznie, w takim przypadku, przedstawiony układ może znajdować się w 27 różnych stanach. W rzeczywistości jednak, zaistnieć może tylko 8 z nich. W prawidłowo funkcjonującym układzie nie zaistnieją na przykład takie stany jak S3A. W momencie awarii drugiego urządzenia, urządzenie pierwsze będzie pracować tylko dopóki nie zostanie zapelniony bufor (osiągnie stan 3). Wtedy urządzenie pierwsze przejdzie w stan postoju wymuszonego P. Osiągnięty zostanie więc stan P3A.

W procesie przygotowania masy leejnej i granulatu do układu włączone zostały trzy nadmiarowe elementy pojemnościowe. Są to dwa zbiorniki zlewowe ZZ1 i ZZ2 oraz zbiornik Z''0''. W związku z tym cały układ można uprościć na podobieństwo układu przedstawionego na rysunku 5.4 na dwa sposoby, jako element pojemnościowy traktując raz zbiornik Z''0'' a raz zbiorniki ZZ1 i ZZ2. Poniżej przedstawiony został schemat uproszczonego układu, możliwe do osiągnięcia stany oraz tabela przejść pomiędzy nimi dla drugiego ze wspomnianych przypadków.



Rys. 4. Uproszczony schemat technologiczny dla układu zbiorników ZZ1 i ZZ2 jako dodatkowego elementu pojemnościowego.

Tab. 1. Stany urządzeń i zbiorników dla układu z rysunku 4

Młyny D1, D2, D3, D4	Zbiorniki ZZ1, ZZ2	Zbiorniki ZM1, ZM2, ZM3
S	1	1
S	1	2
S	1	3
S	2	1
S	2	2
S	2	3
S	3	1
S	3	2
S	3	3
A	1	1
A	1	2

A	1	3
A	2	1
A	2	2
A	2	3
A	3	1
A	3	2
A	3	3
P	1	1
P	1	2
P	1	3
P	2	1
P	2	2
P	2	3
P	3	1
P	3	2
P	3	3

Tab. 2. Stany i możliwe przejścia między nimi dla układu z rysunku 4

Stan poprzedni (nr lp.)	Lp.	Stan obecny	Stan następny (nr lp.)
2, 3, 6, 7, 8	1	S11	2, 3, 6
1, 4, 5, 7, 8, 9, 10	2	S12	1, 3, 4, 6, 7
1, 2, 5, 8, 13	3	S13	1, 5, 6, 8
2, 9, 13	4	S22	2, 5, 9, 13
3, 4, 10	5	S23	2, 3, 4, 10, 14
1, 2, 3, 7, 8	6	A11	1
2, 9, 10	7	A12	1, 2, 6
3, 11, 12, 13, 14	8	A13	1, 2, 3, 6
4, 11	9	A22	2, 4, 7
5	10	A23	2, 5, 7
13	11	A32	8, 9, 13
14	12	A33	8, 14
4, 11	13	P32	3, 8, 11
5, 12	14	P33	3, 8, 12

Z analizy wynika, że umieszczenie zbiorników zlewowych pomiędzy młynami a zbiornikami magazynowymi, pozwala w 4 na 7 przypadków awarii młynów na podtrzymanie przez pewien czas pracy zbiorników ZM, a przez to także urządzeń w dalszej części układu, co w konsekwencji oznacza produkcję granulatu dla pras. Także odcięcie dostępu do zbiorników magazynowych w czasie homogenizacji masy leejnej nie oznacza przerwy w załadunku surowców i pracy młynów. Wpływa to pozytywnie na przepływ materiałów oraz zwiększa wydajność układu.

2. DOSKONALENIE CIĄGŁOŚCI PRZEPLYWU MATERIAŁÓW W ANALIZOWANYM ZAKŁADZIE CERAMICZNYM

Do tej pory, w opisywanym zakładzie, w wyniku działań mających na celu doskonalenie ciągłości przepływu materiałów, zlikwidowano zapasy pomiędzy stanowiskami, zastosowano dodatkowe elementy pojemnościowe, co poskutkowało zmniejszeniem liczby zdarzeń polegających na nieplanowanym zatrzymaniu produkcji, a także, w trakcie przeprowadzonej kilka lat wcześniej modernizacji, skrócono trasy transportowe oraz zakupiono odpowiedni do transportu sprzęt. Poza opisanymi działaniami, można także zaobserwować zastosowanie

w zakładzie metody 5xdlaczego i 1x jak. Także kontrola jakości ukierunkowana jest na wczesne wykrywanie przyczyn powstawania wyrobów wybrakowanych i jest ona przeprowadzana na wielu etapach procesu produkcyjnego [4].

W celu dalszego doskonalenia przepływu materiałów należałoby wprowadzić w przedsiębiorstwie stałą obserwację pracy urządzeń, która pozwoliła by na zbieranie danych dotyczących przyczyn i czasów postojów. mogłoby to być podstawą do wdrożenia w przedsiębiorstwie metody TPM (Total Productive Maintenance). Szczególnie korzystne byłoby wyznaczenie średnich czasów trwania napraw i poprawnej pracy (MTBR, MTTR) oraz globalnego wskaźnika OEE (Overall Equipment Effectiveness). Dałoby to obraz rzeczywistego stanu urządzeń w zakładzie i mogłoby być punktem odniesienia do wyznaczenia kierunku działań doskonalących proces i przepływ materiałów [4]. Korzystne mogłoby być także zastosowanie innych narzędzi służących m.in. wczesnemu wykrywaniu awarii, jak na przykład zastosowanie czujników pozwalających na określenie stopnia zużycia przenośników lub innych elementów maszyn.

Istotny problem w funkcjonowaniu przedsiębiorstwa stanowi także przepływ informacji. W celu jego poprawy można stworzyć schemat strzałkowy [4] obrazujący ten stan. Skrócenie czasu przekazywania informacji może także skrócić czas reakcji na zaistniały problem i zdecydowanie usprawnić przepływ materiałów.

WNIOSKI

1. Zastosowanie połączenia równoległego istotnych elementów układu, takich jak młyny kulowe, pozwalają na znaczne zwiększenie niezawodności P . Wpływa to na poprawę ciągłości przepływu materiałów w procesie. W przypadku młynów, zastosowanie jednego urządzenia oznaczałoby, że prawdopodobieństwo wystąpienia awarii wynosi 0,2. Zastosowanie dwóch młynów połączonych równoległe, zmniejszyłoby je do 0,04. Układ czterech urządzeń gwarantuje niezawodność na poziomie 0,99, co oznacza 1% szans na przerwanie ciągłości przepływu materiałów ze względu na awarię młynów.
2. Analiza wydajności wykazała, że straty materiału ponoszone w procesie wynoszą aż 43% materiału wejściowego. Jednocześnie uzyskane wyniki sugerują, że wykorzystywane urządzenia eksploatowane są w niewielkim stopniu w odniesieniu do ich deklarowanej wydajności. Aby jednak jednoznacznie określić jaka jest efektywność wykorzystywanego układu oraz jakie działania należało by wprowadzić dla poprawy istniejącego stanu, należało by obliczyć wskaźnik OEE.
3. Analiza możliwych do osiągnięcia stanów oraz przejść pomiędzy nimi, określonych dla układu młynów kulowych, zbiorników magazynowych i zbiorników zlewowych, pokazała celowość zastosowania zbiorników zlewowych ZZ1 i ZZ2 jako dodatkowych elementów pojemnościowych. Dzięki ich wykorzystaniu, w 4 na 7 przypadków awarii młynów, zostaje zachowana ciągłość przepływu materiałów w dalszej części układu.
4. Działania które zostały do tej pory podjęte w opisywanym zakładzie, takie jak skrócenie tras transportowych, eliminacja zapasów pomiędzy stanowiskami itd. pozwoliły na zmniejszenie ilości nieprzewidzianych zdarzeń polegających na nieplanowanym zatrzymaniu produkcji. Dalsze doskonalenie ciągłości przepływu materiałów wymagałoby przede wszystkim podjęcia regularnej obserwacji pracy maszyn i prowadzenia spójnych statystyk dotyczących ich stanu. Pozwoliłoby to następnie np. na wyznaczenie wskaźników OEE, MTTR i MTBF, co mogłoby być podstawą do wyznaczenia kierunku dalszych działań mających na celu doskonalenie przepływu materiałów.

BIBLIOGRAFIA

1. Byczek M.: *Wytwarzanie koncentratu tlenku cynku - analiza modernizacji linii technologicznej. Magisterska praca dyplomowa*, Kraków: AGH 2012
2. Red.: Kornicki L, Kubik S.: *OEE dla Operatorów, całkowita efektywność wyposażenia*, Wrocław: ProdPress.com 2009
3. Michłowicz E.: *Poprawa ciągłości przepływu poprzez zastosowanie elementu pojemnościowego*, „Gospodarka materiałowa i logistyka”, Grudzień 2012, 67-71.
4. Red.: Kornicki L., Kubik S.: *Identyfikacja marnotrawstwa na hali produkcyjnej*, Wrocław: ProdPress.com 2008. ISBN 978-83-926020-5-7

IMPROVEMENT OF MATERIALS FLOW IN CONTINUOUS PRODUCTION SYSTEM

Abstract

The text includes a sample analysis of selected processes of the production system, which is a step in the improvement of the flow of materials within the company. It applies to the production of clinker tiles in ceramic factory. Following the chosen algorithm, the structure of process has been analyzed. As a result, the flowsheet has been developed. The analysis included reliability of system and its average efficiency, which allowed the estimation of losses of material. The system uses an additional capacitive elements. To check whether their presence is justified and their location is properly chosen, the possible states of chosen parts of system and transitions between them were examined. Result of analysis is identifying actions that should be taken in enterprise to improve the materials flow.

Autorzy:

prof. dr hab. inż. **Edward Michłowicz** – Akademia Górniczo - Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

mgr inż. **Katarzyna Smolińska** – Akademia Górniczo - Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie