

# ORGANIZACJA PROCESÓW WYTWÓRCZYCH KRĄŻNIKÓW PRZENOŚNIKÓW TAŚMOWYCH

Arkadiusz KOWALSKI, Adam LESIEN

**Streszczenie:** Artykuł przedstawia przygotowanie i organizację procesu produkcyjnego krążników wraz z badaniem zmian organizacyjnych pod kątem efektywności ekonomicznej, za pomocą narzędzi symulacyjnych. Prezentowane zagadnienia można przypisać do obszaru technicznego i organizacyjnego przygotowania produkcji. Opisywane przedsiębiorstwo wytwarza na potrzeby kopalni odkrywkowej asortyment różnorodnych krążników przenośników taśmowych.

**Słowa kluczowe:** wytwarzanie, produkcja seryjna, modelowanie, rozmieszczenie stanowisk roboczych, symulacja komputerowa

## 1. Wstęp

Dzisiejszy rynek i rozwój przemysłu wytwórczego stawia obecnym producentom duże oczekiwania oraz wymagania. Świadomość konsumentów jest coraz większa, a to prowadzi do wzrostu ich oczekiwań. By je zaspokoić producenci są zmuszeni do oferowania produktów wysokiej jakości przy zachowaniu jak najniższej ceny oraz muszą szybko reagować na sygnały płynące z rynku. By temu sprostać przedsiębiorstwa dążą do szybkiego rozwoju nowych produktów, a wszystko to przy optymalnym wykorzystaniu posiadanego potencjału i zasobów.

Rozwój technologii dał przedsiębiorstwom nowe narzędzia komputerowe, który odpowiednio wykorzystane pomagają sprostać tym oczekiwaniom. Takim nowym narzędziem są techniki symulacyjne, które wraz ze wzrostem mocy obliczeniowej komputerów oraz szybkością i dokładnością pozyskiwania danych zbieranych z systemu wytwórczego w dużym stopniu wspomagają zarządzanie produkcją. Umożliwiają szeroką analizę systemu, sprawdzenie różnych scenariuszy oraz efektów wprowadzanych zmian, a wszystko to na ekranie komputera bez ponoszenia ryzyka i wielkich nakładów finansowych. Pomagają podjąć kluczowe często decyzje, przy jednoczesnej minimalizacji ryzyka, co jest bardzo ważne w obecnym, silnie konkurencyjnym otoczeniu, w którym każdy błąd zostanie bezlitośnie wykorzystany.

Artykuł przedstawia przygotowanie i zorganizowanie procesu produkcyjnego krążników oraz zbadanie zmian organizacyjnych pod kątem efektywności ekonomicznej za pomocą narzędzi symulacyjnych.

W kopalni węgla brunatnego są wykorzystywane przenośniki taśmowe o łącznej długości 120 kilometrów. Pracuje w nich około 300 tys. krążników, a ich roczna eksploatacja wymusza wymianę około 40 tys. sztuk krążników rocznie. Krążnik jest elementem konstrukcyjnym charakteryzującym się sztywną konstrukcją i odpowiadającym za prawidłowe podparcie taśmy przenośnikowej i ukształtowaniu jej w przekroju poprzecznym z jednoczesnym dostosowaniem do żądanej wydajności oraz warunków zabudowy.

## 2. Opis wytwarzanych krążników oraz systemu wytwórczego przedsiębiorstwa

W obecnych czasach coraz większą wagę przywiązuje się do obniżenia kosztów eksploatacji przenośników, w szczególności ich energooszczędności. Nabiera to szczególnego znaczenia ze względu na rosnące szybko ceny energii elektrycznej i uwarunkowania ekologiczne. Jeśli weźmiemy pod uwagę, że średnio transport urobku przenośnikami o łącznej długości przekraczającej 120 km pochłania około 50% energii elektrycznej, to widać, jaką rangę ekonomiczną (i ekologiczną) ma omawiany aspekt. Prace nad inteligentnym systemami sterowania przenośnikami taśmowymi, oszczędzającymi energię elektryczną prowadzone również w kopalniach miedzi [7].

Funkcja przenośnika jest pozornie prosta i prozaiczna - ma on przenieść wykopany przez koparkę nadkład lub węgiel do określonego miejsca - na zwałowisko lub do elektrowni. Budowa i działanie krążnika wydają się również pozornie nieskomplikowane. Ze względu na ogromną ilość krążników stosowanych w kopalni, każdy szczegół konstrukcyjny krążnika jest niezwykle istotny. Od wielu lat prowadzi się badania naukowe i próby eksploatacyjne wielu nowych rozwiązań, które mają doprowadzić do osiągnięcia jednych z niżej wymienionych celów:

- zmniejszenie oporów obracania krążnika,
- zmniejszenie emisji hałasu,
- zwiększenie niezawodności i trwałości [1].

Badany zakład wytwórczy produkuje na potrzeby kopalni cały asortyment krążników zarówno do przenośników, jak i do maszyn podstawowych, tj. krążniki górne, dolne, nadawowe. Jeżeli chodzi o krążniki dolne, to w ostatnim okresie, z uwagi na określone zapotrzebowanie kopalni, zakład przechodzi (w kooperacji) z produkcji krążników pokrytych pierścieniami gumowymi na krążniki z pokryciem poliuretanowym.

Zdolności produkcyjne zakładu przemysłowego to około 100 tysięcy sztuk krążników rocznie. W tej chwili potrzeby kopalni oscylują między 35-45 tys. sztuk, co oznacza, że zakład ma jeszcze duże rezerwy i mógłby te krążniki sprzedawać zarówno na rynku polskim, jak i na rynkach zagranicznych.

Analizowane przedsiębiorstwo, jako jedyny producent, prowadzi badania oporów dynamicznych obracania się, które nie były przewidziane w projektach technicznych. Należy podkreślić, że żywotność nowych krążników jest bardzo wysoka i wynosi średnio 6-7 lat. Natomiast u drobnych producentów, którzy nie przestrzegają wszystkich norm jakościowych, żywotność krążników wynosi 1-2 lata. Przedłużony okres eksploatacji to wymierne korzyści dla potencjalnych odbiorców i takie korzyści zauważyli przede wszystkim przedstawiciele kopalń niemieckich. Istnieją oczekiwania, że będą to główni odbiorcy wywarzanych produktów [2].

## 3. Organizacja procesów wytwórczych krążników

Organizacja procesów wytwórczych jest ostatnim etapem przygotowania produkcji. Polega na organizowaniu przepływu materiałów w systemie produkcyjnym, uwzględniając różne fazy ich przetwarzania i jest związane z przydzieleniem określonych zasobów systemu produkcyjnego do wykonania operacji procesu technologicznego, rozmieszczeniem tych zasobów i opracowaniem przepływu materiałów między tymi zasobami [3]. Z punktu widzenia organizacji procesów wytwórczych rozróżnia się typy organizacji produkcji oraz formy organizacji produkcji.

### 3.1. Typy organizacji produkcji

Typy organizacji produkcji to system jej organizacji na stanowiskach roboczych obejmujący zespół stosowanych środków i metod produkcji wyrobów, określane przez stopień specjalizacji poszczególnych stanowisk. Rozróżnia się stanowiska robocze uniwersalne, specjalizowane i specjalne co bezpośrednio odnosi się do obrabiarek stanowiących wyposażenie takiego stanowiska (obrabiarki uniwersalne, specjalizowane i specjalne).

Ze względu na specjalizację stanowisk, wielkość produkcji oraz wyposażenie stanowisk wyróżnia się następujące typy produkcji:

- jednostkową polegającą na wytwarzaniu różnego rodzaju pojedynczych wyrobów lub w małej serii. Cechuje się niepowtarzalnością albo nieznaczną powtarzalnością produkcji wyrobów co wiąże się z koniecznością posiadania wysoko wykwalifikowanej kadry pracowniczej oraz maszyn zdolnych do wykonywania różnych operacji,
- seryjną, polegającą na jednoczesnym wytwarzaniu różnych wyrobów w większych lub mniejszych seriach (partiach produkcyjnych) z góry ustalonych i ilościowo ograniczonych oraz powtarzających się okresowo,
- masową polegającą na wytwarzaniu jednego rodzaju lub asortymentu podobnych wyrobów w sposób ciągły i w dużych ilościach. Produkcję masową cechuje prawie niezmiennie obciążenie stanowisk roboczych, daleko posunięty podział czynności produkcyjnych i związana z tym specjalizacja pracy, pozwalająca na zatrudnienie mniej wykwalifikowanego zespołu oraz stosunkowo krótka droga obiegu produktu między stanowiskami pracy ze względu na łatwość ustawienia stanowisk w sposób uwzględniający stałą kolejność czynności, rozłożenie kosztów czynności przygotowawczych i zakończeniowych na duże ilości produkcji, itp. [3].

W zależności od związku z technologią produkcji wyrobów rozróżnia się produkcję złożoną:

- procesową (łańcuchową), w toku której surowiec przechodzi „łańcuchowo” (kolejno) przez szereg faz produkcyjnych (np. karoseria samochodowa, która po zespawaniu bez zniszczenia nie da się zdemontować na elementy składowe lub wytworzenie napoju chłodzącego, z którego nie da się następnie w prosty sposób wydzielić wody sodowej, cukru i soków owocowych),
- montażową (równoległą), w toku której wytwarza się z różnych surowców, w różnych wydziałach, niezależnie od siebie części składowe wyrobu, które w końcowym etapie są montowane w wyrób gotowy (np. montaż sprzętu elektronicznego, gdzie po zmontowaniu można rozłożyć sprzęt na jego składowe).

Typ produkcji wpływa na organizację produkcji, a tym samym na wysokość kosztów i wzajemne proporcje między różnymi ich pozycjami. Produkcja masowa i wielkoseryjna, oparta na daleko posuniętym podziale i specjalizacji pracy, jest z reguły tańsza od produkcji jednostkowej albo małoseryjnej, wymagającej wysokich kwalifikacji załogi, dużych nakładów przygotowawczych i specjalnych, często kosztownych i nie zawsze w pełni wykorzystanych maszyn. Warunkiem sprawnego funkcjonowania produkcji masowej jest jednak bardzo dokładne przygotowanie nowej produkcji, ścisła kooperacja z dostawcami oraz rytmiczna praca wydziałów pomocniczych. Produkcję masową i wieloseryjną cechuje jej powtarzalność, a małoseryjną i jednostkową jej niepowtarzalność lub mała powtarzalność.

Współcześnie trzeba poszukiwać kompromisu między elastycznością stanowiska roboczego, a wydajnością obróbki. Sprzyja temu automatyzacja procesów, zwłaszcza zastosowanie elastycznych systemów produkcyjnych.

### 3.2. Formy organizacji produkcji

Formy organizacji produkcji są związane ze sposobem przepływu części w różnym stopniu przetworzenia, materiałów i wyrobów gotowych w systemie produkcyjnym. Jest to sposób powiązania poszczególnych stanowisk roboczych w zakresie wszystkich wyrobów na nich wytwarzanych. Wyróżnić można następujące formy organizacji:

- stacjonarną (prostą i złożoną),
- potokową i niepotokową,
- gniazdową i liniową [4].

**Stacjonarna prosta** forma organizacji produkcji charakteryzuje się koncentracją operacji wykonywanych w procesie. Operacje te wykonywane są przez jednego pracownika bądź grupę pracowników od początku do końca. Umożliwia to zminimalizowanie zadań transportowych, ponieważ nie występuje przemieszczanie materiału między stanowiskami roboczymi, natomiast przemieszczają się między nimi pracownicy. Cechy charakterystyczne takiej formy organizacji to:

- prosta organizacja,
- różnorodne umiejętności pracowników niezbędne do wykonywania prostych operacji,
- szybka realizacja zadań,
- szybki przyrost wartości dodanej przy nieznacznym wykorzystaniu wyposażenie niezbędnego do realizacji zadań [3].

W **formie potokowej** kierunek przebiegu przedmiotów pracy pomiędzy stanowiskami jest stały i stanowiska pracy są rozmieszczone w kolejności odpowiadającej poszczególnym etapom przebiegu procesu. Wymaga ona takiego podziału operacji, aby były one realizowane w jednakowym czasie.

W **formie niepotokowej** kierunek przebiegu przedmiotów pracy pomiędzy stanowiskami jak i kolejność operacji technologicznych są zmienne. Każde stanowisko pracy może współpracować z różnymi stanowiskami. Wymaga ona podzielenia procesu na operacje oraz wykonanie każdej z operacji na całej określonej partii produktów. Trudności organizacyjne występujące w tej formie organizacji produkcji dotyczą oczekiwania partii produktu na zwolnienie się stanowisk. W związku z tym, że liczba prac zmienia się nieregularnie, ustalenie harmonogramu realizacji zadań, którego celem jest skrócenie czasu wykonania wyrobu jest problemem trudnym do rozwiązania. Niepotokowa forma produkcji zapewnia wysoką elastyczność produkcji przy wysokim stopniu wykorzystania urządzeń technologicznych.

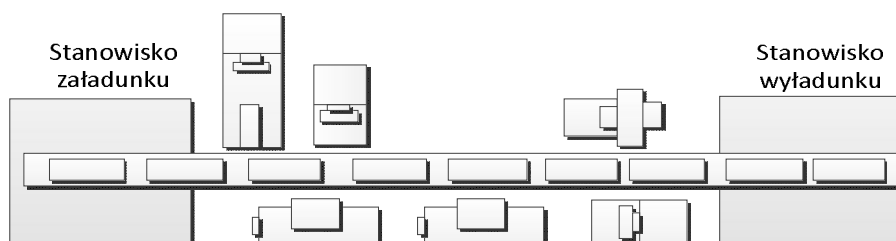
W **gniazdowej formie** organizacji identyfikuje się podobieństwo zadań (prac, wyrobów) i tworzy się ich rodziny, a niezbędne do ich wykonania zasoby łączy się w gniazda lub komórki. Asortyment produkowanych w gnieździe wyrobów jest szeroki (jednocześnie może być produkowanych wiele wyrobów). Gniazdowa forma może przyjąć postać:

- gniazd technologicznych, w których grupuje się urządzenia technologiczne w zależności od ich przeznaczenia np. gniazda tokarek,

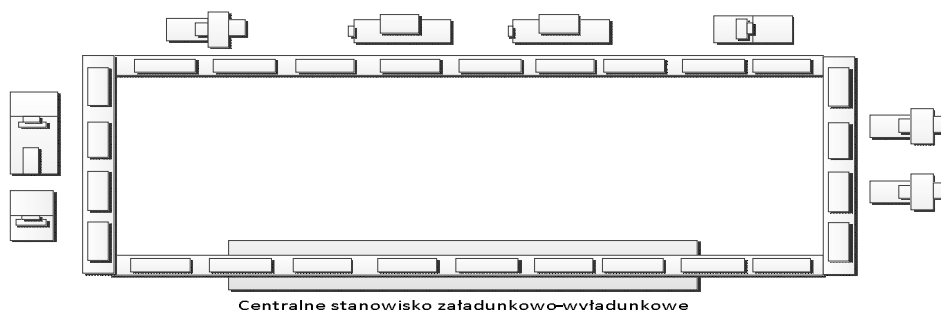
- gniazd przedmiotowych, w których grupuje się urządzenia pozwalające wytworzyć część określonej klasy np. gniazdo wałków.

W **liniowej formie** organizacji produkcji produkowane wyroby charakteryzuje podobieństwo operacji technologicznych oraz ich kolejność. Stanowiska są rozmieszczone zgodnie z kolejnością operacji i są najczęściej połączone taśmowo. W formie tej dąży się do utrzymania określonego dla danej partii wyrobów taktu linii, czyli czasu między wykonaniem dwóch kolejnych przedmiotów. Aby takt linii został zachowany należy częściowo zsynchronizować czasy obróbki na poszczególnych stanowiskach, dzięki czemu będą one równomiernie obciążone. Proces ten nazywany jest również równoważeniem lub balansowaniem linii i nie zawsze jest możliwy do zrealizowania, w związku z czym w liniowej formie organizacji produkcji stosuje się magazyny kompensacyjne wyrównujące chwilowe różnice wydajności poszczególnych stanowisk. Linie buduje się jako:

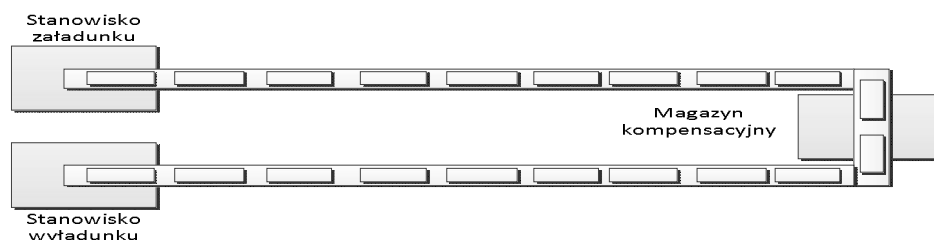
- **jednorzędowe** z wydzielonymi stacjami załadunku i wyładunku (rys. 1),
- **liniowo-kołowe** z centralną siecią załadunkowo-wyładunkową (rys. 2),
- **segmentowe** z magazynami kompensacyjnymi (rys. 3).



Rys. 1. Linia produkcyjna jednorzędowa [3]



Rys. 2. Linia produkcyjna liniowo-kołowa [3]



Rys. 3. Linia produkcyjna segmentowa [3]

W liniowych formach organizacji stosuje się także struktury produkcyjne wyposażone w magazyn centralny, który w pośredni sposób łączy ze sobą poszczególne stanowiska robocze. Elementy dostarczone do takiego magazynu są z niego transportowane na paletach pojedynczo bądź partiami, a po obróbce z powrotem do niego wracają, przez co stanowiska nie są ze sobą bezpośrednio powiązane. Upraszcza to przepływ strumienia materiałów oraz staje się on niezależny od kolejności obróbki przedmiotów.

#### **4. Przebieg procesu produkcji krążników**

Proces produkcyjny obejmuje regenerację oraz produkcję nowych krążników. Zestawy krążnikowe, które podlegają regeneracji są dostarczane z magazynów kopalni na oddział krążników przy pomocy transportu kołowego. Następuje tam ich rozładunek na specjalne palety przy pomocy suwnicy. Palety są dostarczane na miejsce składowania akumulatorowymi wózkami widłowymi, które realizują cały transport międzyoperacyjny zestawów krążnikowych. W pierwszym etapie produkcji, zestawy krążników są dostarczane do myjni na stanowisko mycia wysokociśnieniowego. Po umyciu są transportowane do oddziału, gdzie następuje ich demontaż.

Produkcja i regeneracja krążników jest zorganizowana w następujących gniazdach produkcyjnych:

- gniazdo demontażu zestawów krążnikowych i krążników, w którym pracują 3 linie:
- demontaż krążników nośnych,
- demontaż krążników dolnych,
- demontaż krążników nadawowych i nośnych.

Linie są wyposażone w prasy hydrauliczne oraz oprzyrządowanie, które umożliwia demontaż oraz przenośniki grawitacyjne do transportu międzyoperacyjnego. Zlokalizowane jest tu także stanowisko umożliwiające weryfikację osi i płaszczy krążników, na którym dokonuje się selekcji części przeznaczonych na złom oraz do napawania.

- krajalnia materiałów hutniczych (zlokalizowana poza halą),
- gniazdo mycia łożysk, płaszczy i osi krążników,
- gniazdo obróbki mechanicznej osi krążników,
- gniazdo obróbki mechanicznej płaszczy krążników,
- gniazdo spawania i napawania,
- gniazdo produkcji i regeneracji części,
- gniazdo montażu krążników i zestawów krążnikowych.

Linie są wyposażone w prasy hydrauliczne specjalne, zestaw przyrządów i urządzeń oraz przenośniki grawitacyjne do transportu międzyoperacyjnego. Osie i płaszcze nadające się do regeneracji są przewożone na paletach do mycia w urządzeniu do mycia na stanowisku zlokalizowanego w myjni, a po umyciu trafiają do poszczególnych stanowisk spawalniczych w gnieździe spawania i napawania.

Napawanie części oraz spawanie piast w płaszczech oraz czopów do rury osi odbywa się na urządzeniach specjalnych pracujących w cyklu automatycznym. Płaszcze krążników regenerowanych podlegają operacji śrutowania w gnieździe kalibrowania rur.

Nowe osie oraz te po operacji napawania przewożone są w paletach do gniazda obróbki mechanicznej osi, gdzie następuje ich obróbka przy pomocy obrabiarek sterowanych numerycznie oraz do centrum obróbczego dla wiercenia i frezowania. Gotowe osie trafiają w paletach do myjni, gdzie są myte i konserwowane. Następnie trafiają na stanowisko montażu krążników.

Nowe płaszcze krążników oraz te po regeneracji są dostarczane w paletach ze stanowisk napawania i spawania na obrabiarki zespołowe. Gniazdo produkcji płaszczy jest

wyposażone także w tokarki do obróbki piast, obrabiarkę zespołową do toczenia gniazd płaszczy i rury osi, specjalną prasę do wciskania piast w rurę płaszcza oraz w urządzenia odsysające zanieczyszczenia z wnętrza płaszcza. Następnie gotowe płaszcze są myte i konserwowane. Po tych zabiegach trafiają na stanowiska montażu krążników.

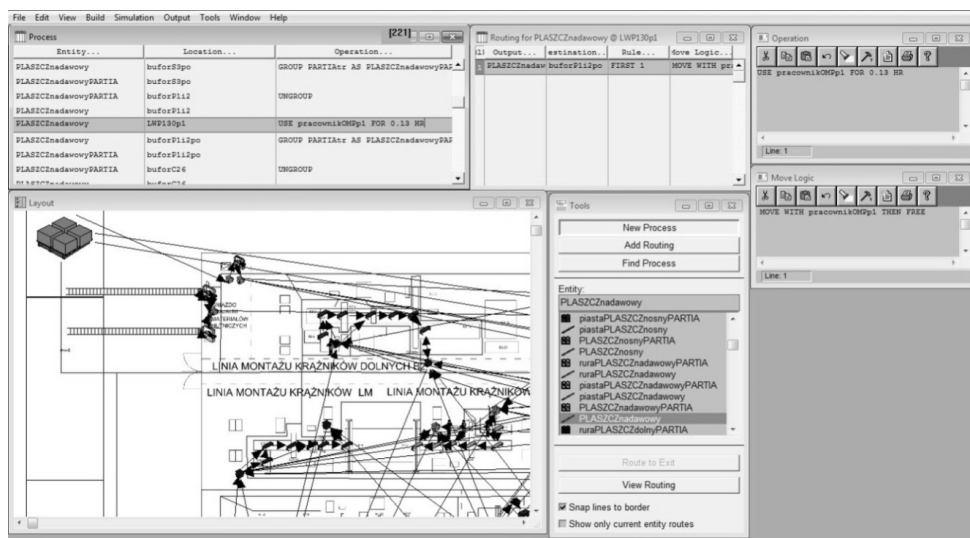
W gnieździe produkcji części znajdują się obrabiarki zadaniowe do obróbki pokrywek wewnętrznych (tłoczonych) oraz pokrywek tarnamidowych, obrabiarki do frezowania łączników zawieszenia oraz wiertarki kolumnowe do wiercenia i roztaczania obejm i łączników. Na wyposażeniu znajdują się także wiertarki sterowane numerycznie wykorzystywane również do wiercenia i frezowania osi.

Łożyska przed pomiarem są myte w myjni komorowej, następnie napełnia się także smarem tarnamidowe pokrywy zewnętrzne. Po weryfikacji i nasmarowaniu, łożyska i tarnamidowe pokrywy zewnętrzne przesyłane są na linie montażowe. Gotowe zestawy krążnikowe przewożone są w paletach do magazynu zestawów.

## 5. Budowa modelu symulacyjnego stan obecnego

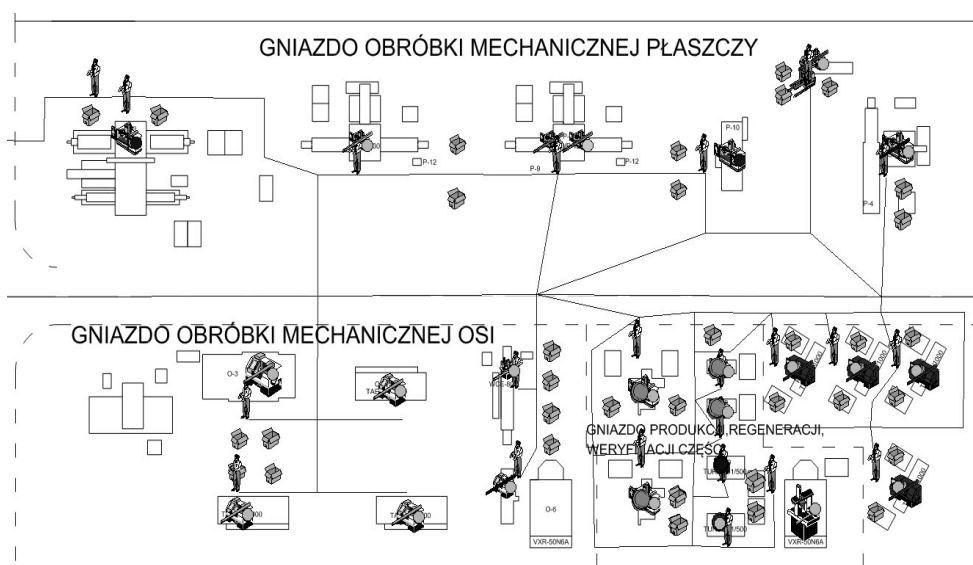
Obecnie stanowiska robocze zgrupowane są w gniazda produkcyjne nastawione na obróbkę danego typu elementu np. osi bądź płaszcza. Po obróbce są one transportowane wózkami widłowymi w partiach po 40 sztuk między kolejnymi stanowiskami. W związku z tym, że produkcja odbywa się w tego rodzaju gniazdach, elementy są między nimi często transportowane, przez co pokonują długą drogę od momentu wejścia surowca do wyrobu gotowego.

Obecny stan produkcji został przedstawiony za pomocą oprogramowania do symulacji komputerowej (rys. 4). Modelowanie rozpoczęte zostało od wprowadzenia do systemu layoutu hali i rozmieszczenia na nim parku maszynowego, pól odkładczych oraz magazynów. W modelowanym systemie, droga transportowa jest drogą dwukierunkową. Po określeniu jej typu zaznacza się poszczególne odcinki, a następnie do odpowiednich węzłów przypisuje się wcześniej zdefiniowane stanowiska tworząc tzw. interfejsy, łączące stanowiska pracy z drogą transportową.



Rys. 4. Definiowanie procesu produkcyjnego w pakiecie symulacyjnym

Po wprowadzeniu dróg transportowych można wprowadzić do modelu posiadane zasoby, którymi są wózki widłowe oraz pracownicy. Gdy posiadamy zdefiniowane zasoby, można przejść do kolejnego kroku, czyli zdefiniowania poszczególnych elementów biorących udział w procesie produkcyjnym. Po wprowadzeniu powyższych informacji do modelu można wprowadzić poszczególne procesy technologiczne zgodnie z dokumentacją. Po zdefiniowaniu procesu należy jeszcze ustalić, w jakim czasie elementy będą dostarczane na poszczególne bufory z magazynu, czyli zdefiniować dostawy. Sposób modelowania nawiązuje do dekompozycji systemu wytwórczego [5]. Po wprowadzeniu informacji dotyczących dostaw, można przejść do następnego kroku, czyli symulacji (rys. 5), bardzo ważnej walidacji wyników oraz ich analizy.



Rys. 5. Fragment symulacji linii produkcyjnej krążników – stan obecny

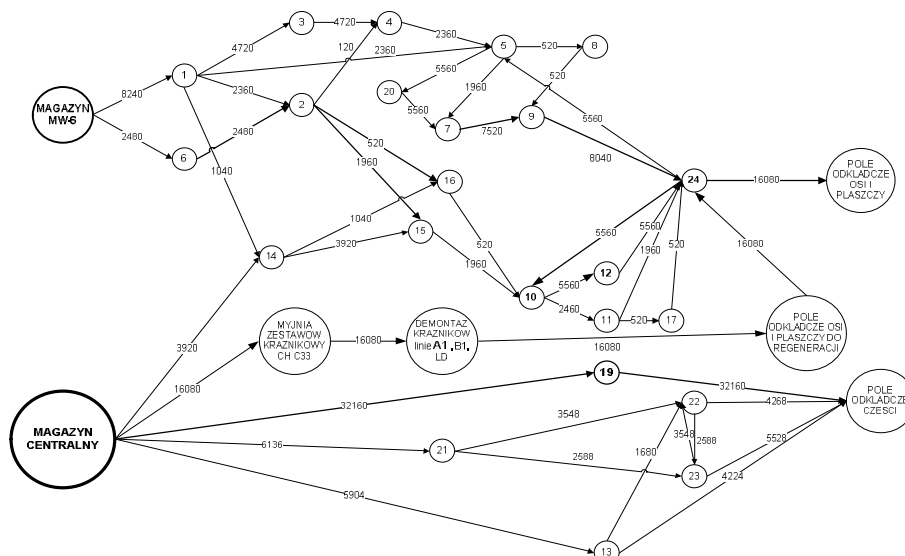
Weześniej jednak można jeszcze wprowadzić koszty związane z użytkowaniem stanowisk roboczych, wykorzystaniem pracowników, środków transportu, a także koszty materiałów wejściowych.

## 6. Reorganizacja stanowisk roboczych

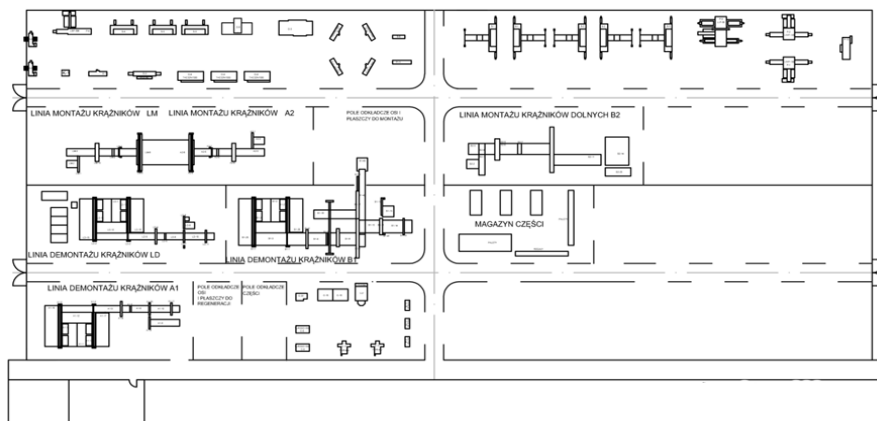
W celu opracowania rozmieszczenia stanowisk roboczych wykorzystano metodę ścieżki krytycznej. Pozwoliło to tak rozmieścić stanowiska, by te, które obrabiają najwięcej przedmiotów znajdowały się możliwie jak najbliżej siebie. Na podstawie kart technologicznych oraz programu produkcyjnego powstała macierz przepływu elementów między poszczególnymi stanowiskami. Na jej podstawie utworzony został graf przedstawiony na rys. 6, zgodnie z którym rozmieszczone zostały poszczególne stanowiska robocze.

Proponowane rozmieszczenie stanowisk zostało zaprezentowane na rys. 7. Jednym z oczekiwanych efektów powinno być skrócenie się całkowitej drogi pokonywana przez wózki widłowe.





Rys. 6. Graf przepływu elementów



Rys. 7. Layout hali produkcyjnej po zmianach

Analiza wyników sytuacji obecnej i tej po zmianach pokazała korzystny wpływ zaproponowanych rozwiązań, a szczególnie ważnym efektem ich wprowadzenia są:

- skrócenie całkowitego czasu produkcji o ok. 5%,
- skrócenie całkowitej drogi przebytej przez elementy o ok. 35%,
- zmniejszenie łącznych kosztów o ok. 4,5% (oszacowane na podstawie modelu symulacyjnego).

W celu ograniczenia kosztów magazynowania elementów krążników i zestawów krążnikowych, zdecydowano się na wprowadzenie ustalonego zapasu bezpieczeństwa. Związane jest to z tym, że magazyn centralny oraz hutniczy znajduje się na terenie zakładu, w związku z tym przedsiębiorstwo ponosi właściwie jedynie koszty związane z zakupem materiałów na zrealizowanie założonego planu produkcyjnego. Zapas ten został ustalony na poziomie 10% większym niż całkowita ilość elementów potrzebnych na produkcję, co

pozwole bezpiecznie zrealizować dwudniowy program produkcyjny oraz utrzyma zapasy na odpowiednim poziomie, bez zbędnego zamrażania środków pieniężnych.

## 7. Wnioski

Obecny rozwój technologii komputerowych dostarcza wielu narzędzi, które można wykorzystać do prawidłowego i optymalnego przygotowania procesu produkcyjnego. Coraz częściej podejmując różne decyzje w przedsiębiorstwie wykorzystuje się techniki symulacyjne. Polegają one na stworzeniu modelu badanego systemu i jego analizie. Jednak proces jego budowy jest dość złożony i wymaga dokładnego zaplanowania. [6]

Pierwszym etapem w budowie modelu symulacyjnego jest jasne zdefiniowanie problemu, który należy rozwiązać. W celu realizacji tego etapu należy pozyskać niezbędne dane z badanego systemu, które umożliwią stworzenie modelu. Po zakończeniu tego etapu, model taki należy poddać weryfikacji i walidacji. Weryfikacja i walidacja modelu polega na ustaleniu, czy model symulacyjny poprawnie opisuje system rzeczywisty poddany badaniom, czyli czy jest wiarygodny.

Narzędzia symulacyjne wykorzystano w celu zoptymalizowania procesu produkcyjnego krążników przenośników taśmowych. Dostępne oprogramowanie pozwala na dokładnie prześledzenie procesu produkcyjnego, kontrolowanie ważnych wskaźników oraz identyfikować różne problemy, dzięki czemu można je rozwiązać na ekranie komputera, a nie w czasie wprowadzania zmian na rzeczywistej hali produkcyjnej, co mogłoby się okazać bardzo kosztowne.

Zastosowanie narzędzi symulacyjnych w planowaniu procesów produkcyjnych staje się coraz bardziej popularną metodą i pozwala rozwiązać wiele problemów przy jednoczesnym ograniczaniu kosztów. Ich wykorzystanie w połączeniu z mocą obliczeniową komputerów daje wielkie możliwości i pomaga w podjęciu trudnych, często kluczowych decyzji.

## Literatura

1. Fajer R., Idziak E., Konieczka Z., Mrówka A., Orzechowski L., Szczepaniak T.: Optymalizacja rozwiązań technicznych przenośników taśmowych Kopalni Bełchatów. „Węgiel Brunatny”, nr 2/75, 2011.
2. Idziak E.: Dobrze się kręci... „Węgiel brunatny”, nr 1/50, 2005.
3. Pająk E.: Zarządzanie produkcją. Produkt, technologia, organizacja. WN PWN, Warszawa 2006.
4. Lis S., Santarek K.: Projektowanie rozmieszczenia stanowisk roboczych. PWN, 1980.
5. Chlebus E.: Techniki komputerowe CAx w inżynierii produkcji. WT 2000.
6. Ryan, J., Heavey, C.: Process modeling for simulation. Computers In Industry. Volume 57, str. 437-450, Elsevier 2006.
7. Chlebus T., Stefaniak P.: The Concept of Intelligent System for Horizontal Transport in a Copper Ore Mine. E. Corchado et al. (Eds). HAIS 2012, Part II LNCS 7209, str. 267-273, Springer 2012.

Dr inż. Arkadiusz KOWALSKI

Mgr inż. Adam LESIEN

Katedra Technologii Laserowych, Automatyzacji i Organizacji Produkcji

Politechnika Wroclawska

50-371 Wrocław, ul. Łukasiewicza 5

tel.: (0-48) 320 37 10

e-mail: arkadiusz.kowalski@pwr.wroc.pl