

ZAŁOŻENIA DOBORU METODY STEROWANIA PRODUKCJĄ NA PODSTAWIE UWARUNKOWAŃ DETERMINUJĄCYCH ICH ZASTOSOWANIE

Krzysztof ŻYWICKI, Natalia KRET

Streszczenie: Artykuł przedstawia analizę porównawczą metod sterowania produkcją w oparciu o czynniki i uwarunkowania, które determinują ich zastosowanie. Opisano warunki, które musi spełniać system produkcyjny, aby dana metoda przynosiła oczekiwane efekty oraz gwarantowała osiągnięcie wymiernych korzyści wynikających z doskonalenia organizacji przepływu materiałów i informacji. Analizie poddano trzy najczęściej stosowane metody, które warunkują przepływ materiałów i informacji: system pull, push oraz hybryda pull/push (*Drum – Buffer – Rope*). Metody te są wiodącymi koncepcjami systemów zarządzania przepływem produkcji, czyli odpowiednio Lean Manufacturing (LM), Material Requirements Planning (MRP) oraz Theory of Constraints (TOC). Efektem przeprowadzonego porównania są założenia koncepcyjne doboru danej metody do indywidualnego systemu produkcyjnego, co zostało poparte studiami przypadków. Przeprowadzone porównanie wskazuje wyraźne różnice w kluczowych aspektach oraz zwraca się szczególną uwagę na uwarunkowania, które środowisko produkcyjne powinno spełniać, aby dany system mógł prawidłowo funkcjonować. Dlatego też wskazano konkretne czynniki, które przemawiają za stosowaniem danego systemu. Oznacza to, że nie każdą metodę można wdrożyć w każdym systemie produkcyjnym a wręcz nie jest to wskazane. Zaprezentowana koncepcja polega na określeniu poprzez eliminację poszczególnych warunków, które system produkcyjny nie spełnia w doborze odpowiedniego systemu planowania i sterowania produkcją.

Słowa kluczowe: planowanie i sterowanie produkcją, system ssący, teoria ograniczeń, system push.

1. Wprowadzenie

Krótki cykl życia wyrobów spowodowany silną konkurencją oraz zmieniającymi się wymaganiami klientów powoduje, że producenci muszą poszukiwać i wdrażać zmiany mające na celu usprawnienie ich działalności. Zamówienia klientów charakteryzujące się najczęściej dużą zmiennością w specyfikacji winny być zrealizowane w krótkim czasie i z zapewnieniem jakości wymaganej przez klienta. Coraz powszechniej dominują podejście związane z tym, aby relacje trade-off¹ zamieniane były na relacje trade-up². Chcąc liczyć się na rynku, przedsiębiorstwa podążają drogą dużych koncernów i interesują się nośnymi marketingowo koncepcjami Lean Manufacturing, SixSigma czy LeanSigma.

¹ Relacja trade-off – relacje między czynnikami wpływającymi na poziom obsługi klienta - zwiększenie jednego czynnika powoduje zmniejszenie drugiego – „coś za coś” (np.: realizacja zamówienia w bardzo krótkim terminie, ale po wysokich kosztach);

² Relacja trade-up – możliwość jednoczesnego zwiększania dwóch czynników (np.: realizacja zamówienia w bardzo krótkim terminie i jednocześnie przy niskich kosztach).

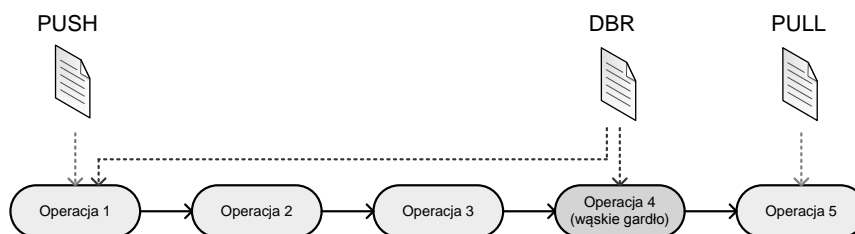
Należy jednak pamiętać, że każde wdrożenie systemu (koncepcji) zarządzania poprzedzone powinno być dogłębną analizą środowiska produkcyjnego. Natomiast „klasyczne” koncepcje, takie jak MRP II i związany z nią system przepływu materiałów „push” spotykają się ciągle z krytyką. Traktowany jest on jako źródło problemów w sterowaniu produkcją oraz jako narzędzie generowania nadmiernych kosztów produkcji. W tym momencie należy zadać sobie pytanie, czy we wszystkich systemach produkcyjnych, różniących się od siebie wieloma aspektami, lepsze efekty przyniesie sterowanie produkcją za pomocą metody „pull” czy „push”? Powszechnie znane są wady i zalety stosowania obu metod. Jednak najczęściej bardzo trudno przewidzieć przyszłe efekty stosowania wdrożonego systemu. Są to wątpliwości, dla których warto przeprowadzić syntetyczne porównanie oraz obiektywną ocenę stosowanych metod sterowania produkcją. Istotne jest także, aby zdać sobie sprawę z istnienia aspektów i czynników charakteryzujących dany system produkcyjny, mających niebagatelny wpływ na efekty stosowania danej metody sterowania przepływem materiałów.

Każda metodyka sterowania produkcją powinna być oparta o określone założenia przyjętej strategii zarządzania. Dzięki temu stosowane metody współgrają z procesami zachodzącymi w przedsiębiorstwie, tworząc spójną całość integrującą środowisko produkcyjne [3]. Natomiast każda zmiana dotycząca funkcjonowania metodyki powinna obejmować wszystkie obszary systemu produkcyjnego, przez które następuje przepływ materiałów i związany z tym przepływ informacji [1].

Współczesne strategie zarządzania, takie jak Teoria Ograniczeń czy Lean Management nie tylko determinują sposób sterowania produkcją, ale przede wszystkim stanowią koncepcje, które określają sposób, w jaki należy postrzegać wszystkie procesy zachodzące w przedsiębiorstwie. Przyjęcie takiej strategii wiąże się zawsze ze zmianą paradygmatów i mentalności, co okazuje się być niekiedy największym wyzwaniem [25].

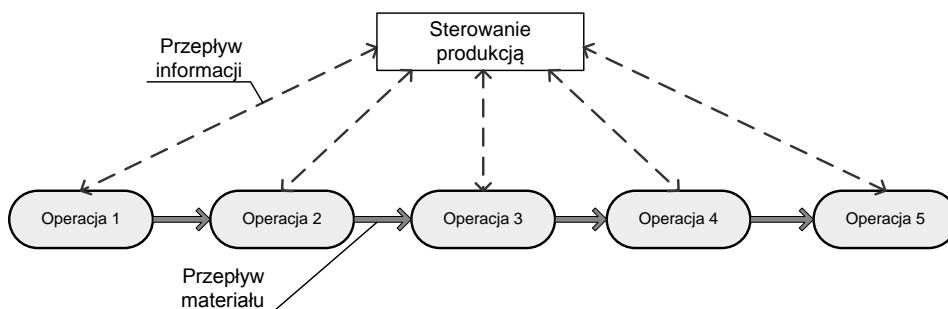
2. Charakterystyka wybranych metod sterowania produkcją

Podstawowym elementem różniącym metody sterowania produkcją jest struktura i proces przepływu informacji w procesie wytwórczym, co ma bezpośredni wpływ na przepływ materiałów. Na rysunku 1 przedstawiono model dostarczania informacji o harmonogramie produkcji w procesie wytwórczym dla różnych metod sterowania produkcją: push, pull, DBR (*Drum – Buffer – Rope*). Jest to podstawowa różnica, z której wynika przepływ materiałów i ogólny charakter poszczególnych metod. Informacja o uruchomieniu produkcji przekazywana jest do miejsc, które stanowią stymulator dla dalszych lub wcześniejszych etapów procesu wytwórczego [8].

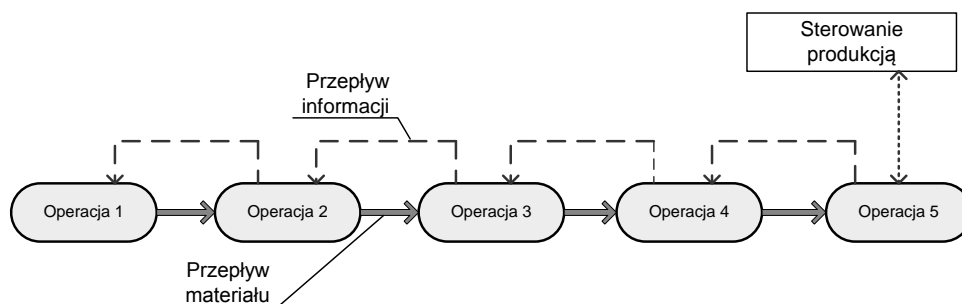


Rys. 1. Miejsce przekazywania harmonogramów w procesie wytwórczym

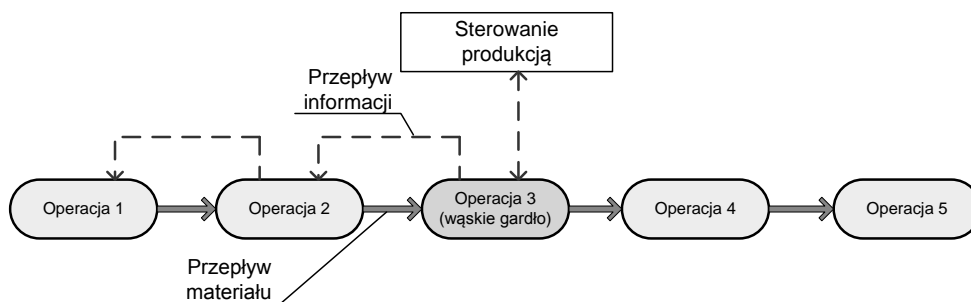
Jednak to nie od miejsca przekazywania harmonogramów do procesu wytwarzania zależy sprawny przepływ materiałów, ale od sposobów kreujących wymianę informacji w procesie. Pożądanym zjawiskiem jest powstanie efektu zasysania materiałów w procesie pomiędzy kolejnymi etapami w procesie. A to zależy przede wszystkim od sposobu przekazania informacji o zapotrzebowaniu na dany materiał. Informacja powinna być przekazywana zawsze w przeciwnym kierunku do przepływu materiału. Inaczej niezbędne będzie ręczne sterowanie przepływem i dodatkowa kontrola robót w toku [4,5]. Zależność między kierunkiem przepływu informacji, a rodzajem przepływu materiału przedstawiono na rysunkach nr 2, 3, 4.



Rys. 2. Przepływ materiałów i informacji w systemie push



Rys. 3. Przepływ materiałów i informacji w systemie pull (JIT)



Rys. 4. Przepływ materiałów i informacji w systemie pull/push (TOC)

Bardzo ważną kwestią przy organizacji przepływu produkcji jest zwrócenie uwagi na sposób myślenia i postrzegania procesu produkcyjnego przez pracowników operacyjnych, ale także i kierownictwo. Wiąże się to najczęściej ze zmianą paradygmatów, co często stanowi znaczne utrudnienie i ograniczenie blokujące wszelkie zmiany [25]. Podstawą jest tutaj podejście procesowe, pozwalające postrzegać proces wytwórczy z wielu perspektyw.

Jednak, o ile szczególna dyscyplina jest wymagana w przypadku obsługi wąskich gardeł, to tutaj obejmuje ona cały system wytwarzania. Stosowanie systemu ssącego wiąże się szczególnie ze zmianą dotychczasowego podejścia do procesu produkcyjnego. Są to warunki konieczne do spełnienia, jeżeli wdrożony system ma przynieść oczekiwane efekty. Takie uwarunkowania, jak sprawność maszyn, przebrojenia czy organizacja przepływu można osiągnąć poprzez odpowiednie działania, jednak poważną barierą mogą okazać się duża różnorodność produkowanych wyrobów, szeroki asortyment, a przy tym duża zmienność zamówień. System ssący najlepsze efekty osiąga, gdy wyroby charakteryzują się dużym podobieństwem technologicznym, dlatego dąży się do standaryzacji produkcji wyrobów już na etapie projektowym.

3. Założenia doboru systemu sterowania produkcją

Zaprezentowane cechy metod sterowania produkcją mogą przynieść korzystne efekty, gdy stosowaniu ich towarzyszą odpowiednie uwarunkowania wewnętrzne i zewnętrzne systemu produkcyjnego. Powszechnie znane zalety i wady poszczególnych metod nie powinny być traktowane, jako główne kryterium przesądzające o ich wyborze. Należy zdawać sobie sprawę z tego, że od sprawnego funkcjonowania zastosowanej metody zależy przede wszystkim poziom obsługi klienta, czyli w efekcie osiągnięte wyniki finansowe.

Istniejące uwarunkowania wewnętrzne oraz ewentualna możliwość ich zmiany czy doskonalenia to kluczowe czynniki, które warunkują powodzenie funkcjonowania danego systemu sterowania produkcją. Dlatego pierwszym krokiem w wyborze danej metody powinno być rozpoznanie i identyfikacja parametrów charakteryzujących środowisko produkcyjne.

W tabeli 1 zaprezentowano podstawowe kryteria warunkujące funkcjonowanie prezentowanych metod sterowaniem produkcją.

Wymogi stawiane przez system MRP i DBR są stosunkowo elastyczne. Dopuszczają dużą złożoność wyrobu i wiążącą się z tym złożoność przepływu produkcji. Mogą one funkcjonować także przy szerokim asortymencie produkcji. Oczywiście przy tak dużej zmienności o takim charakterze wymagane jest zwrócenie szczególnej uwagi na aspekt zarządzania informacją w systemie produkcyjnym. Szczególnie jest to istotne podczas stosowania metody DBR, gdzie powinno uwzględniać się zjawisko wędrujących wąskich gardeł, które może nasilić się wraz ze wzrostem zmienności produkcji. System pull uważany za najbardziej efektywny, charakteryzujący się samoregulacją w zakresie przepływu produkcji jednocześnie wydaje się mieć najwięcej ograniczeń. W tym przypadku preferowana jest standaryzacja produkcji (asortyment, technologia).

Tab. 1. Uwarunkowania wewnętrzne niezbędne przy zastosowaniu poszczególnych metod

Kryterium	System PUSH (MRP)	System PULL	PULL/PUSH (DBR-TOC)
Forma produkcji	Produkcja rytmiczna i nierytmiczna	Produkcja rytmiczna	Produkcja rytmiczna i nierytmiczna
Organizacja przepływu materiału	Partie i kolejki	Zasada uzupełniania	Przepływ podporządkowany zasobowi krytycznemu
Akceptowalna złożoność przepływu przez stanowiska robocze	Duża	Mała	Średnia
Asortyment produkowanych wyrobów	Duży	Preferowana standaryzacja	Dopuszczalny duży
Złożoność wyrobów	Duża	Preferowana standaryzacja	Duża
Podobieństwo technologiczne wyrobów	Dopuszczalne małe	Preferowana standaryzacja	Dopuszczalne małe
Przebrożenia	minimalizacja liczby	minimalizacja czasu	minimalizacja na zasobie krytycznym
Możliwość reorganizacji warsztatu wytwórczego (layout)	Niewymagane	Wymagane	Niewymagane
Wymagana powierzchnia magazynowa	Duża	Mała	Średnia

Powyższe determinanty należą w większości do czynników wewnętrznych i charakterystyki systemu produkcyjnego. Natomiast przy doborze metod sterowania produkcją konieczne jest uwzględnienie uwarunkowań zewnętrznych. Są to czynniki, na które w większości przypadków zarządzający nie mają większego wpływu. Często muszą być przyjmowane, jako istniejący stan rzeczy. W tabeli 2 przedstawiono czynniki zewnętrzne warunkujące stosowanie poszczególnych metod.

Tab. 2. Uwarunkowania zewnętrzne determinujące stosowanie poszczególnych metod sterowania produkcją

System PUSH (MRP)	System PULL (JIT)
Sezonowość, bardzo duże wahania popytu	Nieznaczne, trudne do przewidzenia wahania popytu
Niepewność dostaw (brak 100% jakości surowców), ograniczenia wynikające z warunków umowy dostawcy	Ograniczona pojemność miejsc zbytu położonych blisko rynku (magazyny, hurtownie, centra dystrybucji)
Wysoce zyskowe segmenty rynku	Duża zmienność zamówień (szybka reakcja poprzez stosowanie standaryzacji produktów)
Akceptowalny przez klienta czas dostawy jest krótszy niż czas produkcji	Akceptowalny przez klienta czas dostawy jest dłuższy niż czas produkcji

W przypadku uwarunkowań zewnętrznych istotne jest uwzględnienie specyfiki funkcjonowania danej branży oraz charakteru odbiorców końcowych. W przypadku branży

FMCG (ang. *Fast Moving Consumer Goods*), nie jest możliwa produkcja na podstawie zamówień klientów detalicznych, gdyż klient chce dokonać zakupu w danej chwili. Jest to sytuacja, gdy czas trwania cyklu produkcyjnego przekracza akceptowany przez klienta czas oczekiwania. Fakt ten jest najczęściej decydującym kryterium o stosowaniu danego systemu sterowania produkcją [15]. Prawidłowy wybór metody sterowania produkcją jest niemożliwy bez szczegółowej analizy powyższych aspektów.

Głównym założeniem opracowanej koncepcji jest analiza poszczególnych obszarów środowiska produkcyjnego oraz zestawienie zaprezentowanych powyżej uwarunkowań z wynikami analiz systemu produkcyjnego. Na drodze eliminacji warunków, których przedsiębiorstwo nie spełnia, wyłonione zostaje rozwiązanie, które może zostać wdrożone w danym systemie produkcyjnym.

Proponowane rozwiązanie ma na celu usprawnienie procesów operacyjnych, związanych z funkcjonowaniem systemu produkcyjnego, które wpływają na tak strategiczne czynniki, jak poziom obsługi klienta. Prezentując charakterystykę uwarunkowań przedstawiono te obszary, które mają znaczący wpływ na funkcjonowanie systemu sterowania produkcją. Pominięto aspekt związany ze strategią firm, która ma decydujący wpływ na przyszły kierunek rozwoju. Mimo to, jest to szczególnie istotne zagadnienie, gdyż może się okazać, że w przyszłości wdrożony model systemu sterowania produkcją nie spełnia swoich funkcji.

Pierwszym krokiem w procesie wyboru danej metody sterowania produkcją powinno być rozpoznanie i identyfikacja parametrów charakteryzujących środowisko produkcyjne. Przydatnym narzędziem na tym etapie jest Mapowanie strumienia wartości (ang. *Value Stream Mapping*). Od tego, jak szczegółowo przeprowadzimy analizę środowiska produkcyjnego zależy trafność wyboru systemu sterowania produkcją.

Można wyłonić obszary systemu produkcyjnego, które powinny zostać objęte analizą. Należą do nich:

- [1]. Organizacja produkcji:
 - typ organizacji produkcji (wielkość produkcji i w związku z tym stopień specjalizacji maszyn),
 - forma organizacji produkcji (gniazdowa i liniowa, potokowa lub niepotokowa),
 - typ przepływu na poszczególnych etapach produkcji (pull, push, FIFO, etc.),
 - layout hali produkcyjnej,
 - możliwość reorganizacji warsztatu wytwórczego.
- [2]. Proces produkcyjny:
 - specyfika procesu produkcyjnego – np.: proces aparaturowy,
 - ograniczenia i wymogi (np.: produkcja leków, żywności – wymogi GMP³, etc),
 - etapy procesu produkcyjnego.
- [3]. Wyrób:
 - struktura (BOM) i jej złożoność,
 - technologia wytwarzania – etapy procesu technologicznego,
 - możliwość modyfikacji.
- [4]. Technologia wykonania:
 - etapy procesu technologicznego,
 - wykorzystywane zasoby produkcyjne,
 - wariantowość procesu.
- [5]. Asortyment wyrobów:

³ GMP – (ang. Good Manufacturing Practice) zestaw standardów zapewniających wysoką jakość, czystość użytych surowców gotowego wyrobu, etc.

- wielkość asortymentu,
 - podobieństwo technologiczne między wyrobami,
 - możliwość stworzenia rodzin wyrobów.
- [6]. Park maszynowy:
- parametry i charakterystyka poszczególnych maszyn produkcyjnych,
 - uniwersalność maszyn (możliwości wytwarzania różnych wyrobów),
 - czasy przebrojeń,
 - layout hali produkcyjnej,
 - możliwość reorganizacji warsztatu wytwórczego,
 - dostępność,
 - obciążenie stanowisk (określenie zasobów współdzielonych lub wyrobów konkurujących o zasoby),
 - wąskie gardła.
- [7]. Przepływ informacji i materiałów:
- stopień złożoności przepływu przez stanowiska robocze,
 - poziom robót w toku,
 - mapa przepływu informacji,
 - lokalizacja stymulatora produkcji,
 - metodyka harmonogramowania,
 - lokalizacja istniejących supermarketów półwyrobów.
- [8]. Zaplecze magazynowe:
- wielkość powierzchni magazynowej,
 - stany magazynowe,
 - częstotliwość oraz system zamówień surowców i półproduktów,
 - wielkości buforów bezpieczeństwa.
- [9]. Historia sprzedaży:
- analiza rotacyjności oraz Sito Glenadaya,
 - zmienność oraz powtarzalność zamówień,
 - wielkości poszczególnych zamówień,
 - częstotliwość zamówień na poszczególne grupy asortymentowe,
 - kluczowi klienci.
- [10]. Uwarunkowania zewnętrzne:
- sezonowość oraz wahania popytu,
 - specyfika branży oraz segmentów rynku,
 - dostawcy – ograniczenia wynikające z warunków umowy, odległości, niepewność dostaw (np.: co do jakości i terminowości),
 - długie czasy dowozów - duża odległość od rynków zbytu,
 - umowy z kooperantami, (konieczność korzystania z outsourcingu – brak własnych zasobów).

Charakteryzując w ten sposób poszczególne obszary można dokonać analizy, które uwarunkowania umożliwiają funkcjonowanie danego system sterowania produkcją. Stwarza to także możliwość wskazania obszarów, które powinny zostać objęte doskonaleniem.

4. Studia przypadków

4.1. Producent opakowań wyrobów kosmetycznych

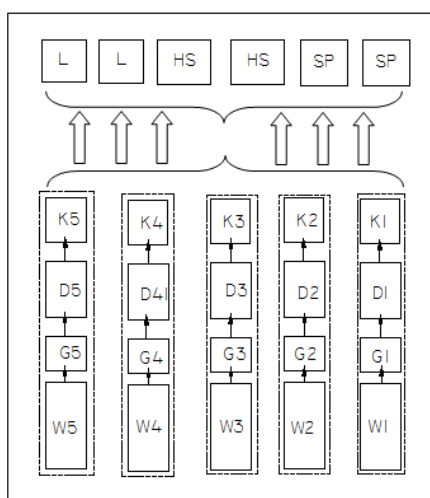
Przedsiębiorstwo zajmuje się produkcją opakowań z tworzyw sztucznych w formie tub. Jest to produkcja w dużych ilościach danej serii, którą cechuje potokowa i częściowo

liniowa forma organizacji przepływu materiałów. Wyrób składa się zawsze z wytłoczonego rękawa i kapsla.

Proces wytwarzania

Wyroby mogą być kształtowane jedno lub dwuetapowo. Pierwszy dotyczy linii wytłaczania połączonej w system ciągły (pierwszy etap produkcji), natomiast drugi odnosi się do maszyn specjalnej dekoracji (drugi etap produkcji).

Ze względu na charakter produkcji mamy do czynienia z dwoma rodzajami wydajności maszyn. Pierwszy dotyczy linii wytłaczania połączonej w system ciągły (pierwszy etap produkcji), natomiast drugi odnosi się do maszyn specjalnej dekoracji (drugi etap produkcji) (rys. 5).



Rys. 5. Schemat przepływu materiałów Oznaczenia: W – wytłaczarka, G – głowczarka, D – druk offsetowy/lakiernia, K – kapslarka, L – etykietowanie (labeling), HS – termo druk (hot stamping), SP – sitodruk (screen printing)

W przypadku linii technologicznej całkowita wydajność determinowana jest przez maszynę o najmniejszej wydajności. Różnice między wydajnością poszczególnych maszyn niwelowane są poprzez bufora materiałów. Przedsiębiorstwo dysponuje pięcioma liniami technologicznymi. Są one częściowo bliźniacze, jednak wykonują także operacje, które są specyficzne dla pojedynczych maszyn.

Struktura i asortyment wyrobów

Struktura przepływu strumieni materiałowych kształtuje się w wariant „V”. Wyroby produkowane są z niewielkiej liczby materiałów wyjściowych, i podlegają znacznemu zróżnicowaniu podczas procesu produkcyjnego. Zróżnicowanie następuje już podczas pierwszego etapu. Tuba może mieć różną średnicę i długość (wg dostępnego asortymentu), strukturę materiałową, unikalny kolor uzyskiwany przez użycie barwnika doboranego według preferencji klienta oraz unikalny nadruk aplikowany także według specyfikacji klienta.

Strategia produkcji

Przedsiębiorstwo prowadzi politykę ścisłej współpracy z klientem podczas projektowania wyrobu (*ETO – ang. Engineering to Order*). Z tego względu asortyment produktów jest nieograniczony pod względem kolorystyki i dekoracji.

Głównym problemem jest długi czas realizacji zamówienia ze względu na etap projektowania opakowania. Jednak klient, biorący bezpośredni udział w fazie projektowania, akceptuje określony termin realizacji zamówienia, a także możliwość zmiany terminu w zależności od postępów prac zespołu projektowego.

Strategia projektowania na zamówienie wiąże się z nieograniczonym asortymentem produkowanych wyrobów, ich dużą złożonością i małym podobieństwem technologicznym. Co więcej, zamówienia charakteryzują się małą powtarzalnością. Natomiast wyroby, które służą jako opakowania do kosmetyków muszą spełniać wymogi związane z ich zastosowaniem. Tymi cechami są sterylność, właściwa higiena oraz odpowiednie własności tworzywa. W związku z tym wyklucza to dłuższy czas magazynowania, który wiąże się z ryzykiem utraty tych cech.

Analiza systemu produkcyjnego

Nieograniczony asortyment, niewielkie podobieństwo technologiczne wyrobów oraz bardzo mała powtarzalność produkcji stwarzają trudne warunki stosowania systemu ssącego z zastosowaniem supermarketów (system pull). Z powyższych powodów wyodrębnienie rodziny wyrobów jest niemożliwe. Wprowadzenie buforów półproduktów z zamiarem stosowania systemu kanban na którymkolwiek etapie produkcyjnym jest także niekorzystne. Wyroby ulegają różnicowaniu już w pierwszym etapie produkcyjnym, choć czasami różnica ta polega na innym odcieniu koloru tuby. Prawdopodobieństwo, że konkretne wyroby zostaną ponownie zamówione przez klienta jest niemal zerowe, dlatego stosowanie supermarketów wyrobów gotowych jest obciążone wysokim ryzykiem. Wszystkie te czynniki wynikają ze strategii przedsiębiorstwa, którą jest projektowanie na zamówienie (ang. *ETO*). Natomiast klienci, z oczywistych względów wymagają, aby tuby ich kosmetyków się różniły, dlatego standaryzacja produktów preferowana w systemie ssącym jest niemożliwa.

Propozycja działań doskonalących

Przedstawione warunki stwarzają trudności podczas planowania produkcji. Mimo to istnieje szansa na usprawnienie przepływu materiałów oraz zmniejszenie ilości robót w toku poprzez stosowanie wytycznych Teorii Ograniczeń. Jednak pierwszym krokiem w tym kierunku powinno być jasne rozróżnienie dwóch typów wyrobów z punktu widzenia procesu produkcyjnego. Analiza historii zamówień wykazała bowiem, że 42% wszystkich zamówień dotyczy wyrobów, które są wytwarzane wyłącznie przez linie wytłaczania. Oznacza to, że status wyrobu gotowego osiągają już po pierwszym etapie produkcji, a maszyny zidentyfikowane, jako wąskie gardła nie są zaangażowane w proces produkcyjny. Z tego względu planując produkcję należy uwzględnić, do których kategorii należą zlecenia. Pozwoli to na pełniejszą kontrolę stanu obciążenia wąskich gardeł. Dodatkowo korzystną sytuacją byłoby dedykowanie konkretnych linii wytłaczania pod wyroby produkowane jednoetapowo. W ten sposób wzrosłaby szansa na eliminację zakłóceń wynikających z istniejącej sekwencji zleceń. Natomiast w przypadku wyrobów produkowanych dwuetapowo, czyli z uwzględnieniem wąskich gardeł, zmiany powinny dotyczyć podstawowych kwestii, którymi są harmonogram produkcyjny i przepływ informacji. Harmonogram produkcji dotyczący maszyn specjalnej dekoracji powinien być traktowany priorytetowo. Zlecenia należy układać zgodnie z terminem wysyłki. Oznacza to, że drugi harmonogram, dotyczący linii wytłaczania, powinien być dostosowywany do niego i to w nim powinny być uwzględniane wszelkie poprawki. Natomiast każda zmiana w sekwencji zleceń harmonogramu maszyn specjalnej dekoracji wiązać się będzie z powstaniem opóźnienia, co jest jednoznaczne z niezadowoleniem klienta.

Celem tego jest zaistnienie pożądanego efektu zasysania wyrobów przez wąskie gardło. Wyeliminuje to gromadzące się roboty w toku oraz zrównoważy przepływ materiału. Informacja o uruchomieniu zlecenia powinna być przekazywana od maszyn specjalnej

dekoracji do linii wytłaczania, czyli w górę strumienia, a nie na odwrót, z czym mamy w tej chwili do czynienia.

4.2. Producent armatury wodociągowej i gazowej

Przedsiębiorstwo jest producentem armatury wodociągowej i kanalizacyjnej. Produkcja ma charakter wielkoseryjny, a maszyny zorganizowane są w gniazda technologiczne. Taki układ maszyn daje większą elastyczność, która jest szczególnie pożądana ze względu na szeroki asortyment i dużą zmienność zamówień. Podobny wpływ na elastyczność ma niepotokowa forma organizacji produkcji stosowana w przedsiębiorstwie. Stwarza to jednak pewne trudności w transporcie wewnątrzzakładowym, natomiast droga przepływu wyrobów przez stanowiska robocze jest bardziej złożona.

Asortyment i struktura wyrobów

Przedsiębiorstwo B dysponuje szerokim asortymentem wyrobów. W celu uogólnienia całego asortymentu stworzono kategorie wyrobów, które jednak różnią się pod względem technologicznym. Ingerencja klienta w technologię jest stosunkowo ograniczona ze względu na normalizację wyrobów.

Struktura przepływu strumieni materiałowych poszczególnych rodzin wyrobów kształtuje się wariant T oraz V (analiza VAT – por. rozdz. 1.3.2). Zazwyczaj materiałem wyjściowym do produkcji jest tylko odkuwka matrycowa lub pręt, podlegający kształtowaniu w kolejnych operacjach technologicznych. W przypadku Zaworów do butli gazowych Z6, struktura przyjmuje wariant T – na wszystkich zaworach wykonywane są takie same operacje do momentu rozdziału. Oznacza to, że potencjalny bufor powinien zostać umieszczony przed operacją, w której następuje największe zróżnicowanie wyrobów. Struktury pozostałych rodzin kształtują się wariant V. Produkcja o takim przepływie powinna być z kolei wspierana buforem wyrobów gotowych w celu zapewnienia terminowej realizacji zleceń.

Proces wytwórczy

Proces wytwórczy składa się najczęściej z dwóch etapów. Technologia wytwarzania stosowane do produkcji wyrobów to przede wszystkim:

- obróbka plastyczna (kucie, tłoczenie, cięcie),
- obróbka skrawaniem (toczenie, frezowanie, wiercenie, przecinanie).

Analizując procesy wytwarzania poszczególnych wyrobów szybko można spostrzec podobieństwo technologiczne.

Strategia produkcji

Analizując zmienność popytu na produkty szybko i średnio rotujące w okresie 2009 - 2010 można zdecydowanie stwierdzić brak zjawiska sezonowości, ale także istnienie trudnych do przewidzenia fluktuacji. Dlatego też Przedsiębiorstwo B prowadzi strategię MTO (ang. *Make to Order*), co z kolei wydłuża termin realizacji zamówienia. Pomyślnie dla przedsiębiorstwa, czas dostawy akceptowalny przez klienta jest dłuższy niż czas produkcji.

Analiza systemu produkcyjnego

Podsumowując zaprezentowaną charakterystykę Przedsiębiorstwa B można wymieć jego następujące cechy:

- niepotokowa forma organizacji produkcji oraz funkcjonalne ułożenie gniazd produkcyjnych, wpływające na dużą złożoność przepływu materiałów przez stanowiska,
- szeroki asortyment produkowanych wyrobów,
- wyroby produkowane z niewielkiej ilości komponentów,

- istnienie podobieństwa technologicznego między poszczególnymi wyrobami, dzięki czemu możliwe jest stworzenie rodziny wyrobów,
- akordowy system wynagrodzeń,
- duży park maszynowy charakteryzujący się elastycznością i względną uniwersalnością,
- trudne do przewidzenia wahania popytu,
- stosowanie systemu MTO.

Propozycja działań doskonalących

Do sprzyjających uwarunkowań należy stosowany już system MTO, zgodnie z którym produkowane są tylko te wyroby, które faktycznie zamówił klient. Ułatwiają także sprawę stworzone już rodziny wyrobów.

Propozycja usprawnienia procesu sterowania produkcją oparta jest o system ssący, jednak została dostosowana do aktualnej sytuacji przedsiębiorstwa, które dysponuje ograniczonymi możliwościami. Proces wdrażania poziomowanego systemu ssącego powinien być przeprowadzany długookresowo, a przede wszystkim powinien być poprzedzony wdrożeniem innych narzędzi lean manufacturing, związanych np. z organizacją przezbrojeń (SMED) w celu wyeliminowania zakłóceń w przepływie produkcji. Dlatego też, proponowany system, choć dąży do idealnego systemu ssącego, jest kompilacją systemu pull i częściowo push. Istnienie efektu pchania prawdopodobnie będzie zauważalne w środku strumienia wartości. Wynikać to będzie z braku wyposażenia poszczególnych maszyn w supermarketu w celu uniknięcia kosztów początkowych. Proponowana koncepcja polega na utworzeniu supermarketów wyrobów gotowych z asortymentu wyrobów szybko rotujących, który dodatkowo byłby uzupełniony o wyroby średnio rotujące. Pozostałe wyroby (wyroby wolno rotujące) będą wytwarzane na zamówienie. W teorii, taka metoda określana jest jako mieszany system ssący. Pozwala on na utrzymanie umiarkowanego, kontrolowanego poziomu zapasów, jednak wymaga ręcznego sterowania produkcją wyrobów wolno rotujących. Efekt zasysania będzie dodatkowo stymulowany przez zlokalizowane w strategicznych miejscach markety półproduktów oraz system kanban, natomiast w pozostałych obszarach przepływ będzie odbywał się za pomocą metody FIFO. W praktyce, produkcja wyrobów kategorii A i B odbywałaby się w sposób systematyczny i regularny, niezależnie od ilości pobranych przez klientów wyrobów z supermarketu, jednak nie przekraczając określonych poziomów dopuszczalnych. Należy określić konkretne terminy (przykładowo, zawsze I i II zmianę produkcyjną), w których zawsze będzie odbywać się produkcja poszczególnych wyrobów w odpowiedniej poziomowanej sekwencji (produkcja na przemian wyrobów z poszczególnych rodzin). Sposób ten ma na celu osiągnięcie poziomowanego systemu ssącego. Jednak w związku z tym, że przedsiębiorstwo boryka się z problemem długich przezbrojeń, do momentu usprawnienia, należy produkować wyroby rodzinami, w określonych, niewielkich partiach produkcyjnych. Dodatkowo niezbędne byłoby określenie możliwej liczby przeprowadzonych przezbrojeń. Jednak do tego należy znać dokładne czasy przezbrojeń.

Oczywiście wraz z udoskonalaniem metod szczupłego zarządzania i systemu kanban, zakres supermarketu wyrobów gotowych powinien się poszerzać i obejmować coraz więcej produktów poziomowanym systemem ssącym.

Procesy produkcyjne będą uruchamiane wtedy, gdy zostanie zgłoszone na nie zapotrzebowanie za pomocą kart kanban. Jednak mogą pojawić się sytuacje, gdy do stanowisk, które wytwarzają kilka wyrobów z jednej rodziny zostanie zgłoszone zapotrzebowanie w pierwszej kolejności na wyroby średnio rotujące, a w następnej na szybko rotujące (aspekt konkurencji o zasoby). W takim przypadku należy priorytetyzować zlecenia według prognozowanej terminowości.

Kolejną czynnością mającą na celu usprawnienie systemu sterowania produkcją jest identyfikacja wszystkich posiadanych zdolności produkcyjnych. Analiza zdolności produkcyjnych ma na celu nie tylko weryfikację istniejących ograniczeń, które faktycznie determinują wydajność, ale przede wszystkim uświadomienie sobie posiadanych możliwości produkcyjnych, które można dodatkowo wykorzystać odciążając ewentualne wąskie gardła. Efektem przeprowadzonej analizy powinno być ponowne określenie norm wydajnościowych w oparciu w faktyczne ograniczenia. Na tej podstawie można przystąpić do modyfikacji systemu wynagrodzeń. Najlepsza sytuacja z punktu widzenia procesu produkcyjnego jest wtedy, gdy tempo pracy nie zależy od pracownika. Jednak w prezentowanym przykładzie charakter pracy nie pozwala do końca na stworzenie takich warunków.

5. Podsumowanie

Na podstawie zaprezentowanych studiów przypadku, udowodniono istnienie uwarunkowań charakterystycznych jedynie dla danego środowiska produkcyjnego, które determinują zastosowanie danego systemu sterowania produkcją. Podczas analizy systemu produkcyjnego zwracano uwagę na elementy, które mogą mieć wpływ na powstające zakłócenia w procesie. Jest to przykład, jak z pozoru mało istotne kwestie tworzą zbiór uwarunkowań określających sprawność funkcjonowania danego systemu. Prezentowane przedsiębiorstwa różnią się wieloma aspektami. Dzięki temu możliwe było zwrócenie uwagi na różne występujące uwarunkowania. Przypadek Przedsiębiorstwa A pokazał, jak stosowanie strategii ETO może ograniczyć pole rozwiązań oraz jednocześnie wskazał skutki nieumiejętnego zarządzania wąskim gardłem. W Przedsiębiorstwie B występujące uwarunkowania nie ograniczały w tak znacznym stopniu pola działania, umożliwiając zaprezentowanie metodyki wdrażania systemu ssącego.

Proponowane działania doskonalące łączą poszczególne metody tworząc hybrydowy model sterowania produkcją. Dzięki przytoczonym, rzeczywistym przykładom możliwe jest dostrzeżenie faktu istnienia wielu odmienności w różnych systemach produkcyjnych. Dodatkowo, uwidacznia to istotną wadę każdej z porównywanych metod (system pull, push oraz hybryda pull/push), którą jest brak uniwersalności. Istnienie barier w środowiskach produkcyjnych otwiera jednak drogę do kreatywności i poszukiwania rozwiązań. W proponowanych przez autora działaniach usprawniających można zauważyć wykraczanie poza schemat postępowania czy modele wdrożeniowe. Jest to efekt podążania za uniwersalną maksymą filozofii Kaizen, mówiącą, że problemy stwarzają możliwości.

Literatura

1. Chlebus E., Techniki komputerowe CAx w inżynierii produkcji, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2000.
2. Cyplik P., Hajdul M., Zastosowanie teorii ograniczeń przy rozwiązywaniu problemów w przedsiębiorstwie dystrybucyjnym uwzględniających relacje pomiędzy planowaniem procesów transportowych a zarządzaniem zapasami, Logistyka 4/2008, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 2008.
3. Domański R., Integracja produkcji i zaopatrzenia na płaszczyźnie szczupłego wytwarzania, Logistyka 4/2007, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań.
4. Dubiel Ł., System ssący, Top Logistyk 2/2009, str. 44-47.
5. Dubiel Ł., W pętli planowania Pull, Top Logistyk 3/2009, str. 48-50.
6. Glenday I., Przejdź na logikę przepływu. Przestań gasić pożary i popraw obsługę klienta, Wydawnictwo Lean Enterprise Institute Polska, Warszawa 2010.

7. Goldratt E. M., Cox J., Cel I: Doskonałość w produkcji, Mintbooks, Warszawa 2007.
8. Hadaś Ł., Cyplik P., Analiza porównawcza logik przepływu „push”, „pull”, „pull/push” w produkcji – wyniki badań, Logistyka 5/2007, str. 43-47.
9. Hadaś Ł., Cyplik P., Metodyka obliczania wielkości bufora zasobu krytycznego w systemach produkcyjnych wg koncepcji TOC (Theory of Constraints), Logistyka 4/2007, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 2007.
10. Hadaś Ł., Cyplik P., Rola systemu kanban w kontroli poziomu zapasów robót w toku – symulacje przepływu, Logistyka 4/2007, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 2007.
11. Hadaś Ł., Cyplik P., Symulacja przepływu „Push” vs. „Pull” i jej wykorzystanie w nauczaniu logistyki, Logistyka 4/2007, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań.
12. Harris R., Harris Ch., Wilson E., Doskonalenie Przepływu Materiałów, Wydawnictwo Lean Enterprise Institute Polska, Wrocław 2005.
13. Kreueger M., Cyplik P., Nowoczesne podejście do zarządzania zapasami w zintegrowanych łańcuchach dostaw, Logistyka 2/2008, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 2008.
14. Lewinson W.A., Beyond the Theory of Constraints, How to Eliminate Variation and Maximize Capacity, Productivity Press, New York, 2007.
15. Łazarski A., Strategie produkcyjne, materiały szkoleniowe Progress Project Sp. z o.o., Warszawa 2011.
16. Marek, R. P. et al., Understanding the fundamentals of Kanban and CONWIP pull systems using simulation, Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference;
17. Pająk E., Zarządzanie produkcją. Produkt, technologia, organizacja, PWN, Warszawa 2006.
18. Rother M., Harris R., Tworzenie ciągłego przepływu, The Lean Enterprise Institute, Wrocław 2004.
19. Rother M., Shook J., Learning to see. Value Stream Mapping to create value and eliminate muda, The Lean Enterprise Institute, Massachusetts 1998.
20. Simchi-Levi D., Simchi-Levi E., Inventory Optimization: The Last Frontier, IT matters 3/2004.
21. Smalley A., Poziomowany system ssący, Wydawnictwo Lean Enterprise Institute Polska, Warszawa 2011.
22. Spearman, M., Woodruff, D. and Hopp, W., CONWIP: a pull alternative to kanban. International Journal of Production Research 28, 879-894.
23. The Productivity Press Development Team, Pull Production for the shopfloor, Productivity Press, New York, 2002.
24. Vatalaro J.C, Taylor R.E., Implementing a Mixed Model Kanban System, The Lean Replenishment Technique for Pull Production, Productivity Press, New York, 2005.
25. Zasada B., Wyrwicka M.K., Utrudnienia we wdrażaniu Lean Manufacturing w przedsiębiorstwach produkcyjnych, Logistyka 2/2008, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 2008.

Dr inż. Krzysztof ŻYWICKI
 Mgr inż. Natalia KRET
 Instytut Technologii Mechanicznej Zakład Zarządzania Produkcją
 Politechnika Poznańska
 60-965 Poznań, ul. Piotrowo 3
 tel./fax: (0-61) 665 27 38
 e-mail: krzysztof.zywicki@put.poznan.pl