

Wykorzystanie symulatora WITNESS do poprawy przepływów w złożonym systemie produkcyjnym

Edward Michlowicz^{1,a)} and Katarzyna Smolińska^{2, b)}

¹AGH University of Science and Technology, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska

²AGH University of Science and Technology al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska

^{a)}Corresponding author: michlowi@agh.edu.pl

^{b)}ksmol@agh.edu.pl

Produkcja w małych i średnich przedsiębiorstwach może być realizowana wg dwóch podstawowych zasad: *make-to-order* lub *make-to-stock*. Wytwarzanie na zamówienie, a w szczególności w przypadku umożliwienia klientowi dużej swobody w indywidualizacji zmian wprowadzanych do typowego urządzenia jest zadaniem złożonym. We współczesnych systemach produkcyjnych do rozwiązywania tych problemów wykorzystuje się szereg metod znanych jako *lean toolbox*. Obok klasycznych pozycji literaturowych propagujących wykorzystanie metod *lean* do systemów produkcyjnych ukazują się także inne, przedstawiające innowacyjne podejście z wykorzystaniem klasycznej teorii kolejek. Np. Altendorfer szczegółowo analizuje wpływ zapasów i wydajności procesu na oczekiwany przez klienta czas realizacji zadania dla jedno i wielostopniowych systemów produkcyjnych. Holistyczne podejście do rozwiązywania problemów *lean management* proponuje natomiast Bhasin.

Dla złożonych urządzeń często koniecznym staje się zamawianie gotowych podzespołów i części u dostawców zewnętrznych. Dla preferowanej w tym przypadku struktury gniazdowej najistotniejsze jest sporządzenie właściwych harmonogramów produkcji w gniazdach, tak by na linii montażu finalnego przepływ materiałów przebiegał bez przestoju. Ponadto potrzebne jest zapewnienie odpowiednich dostaw zewnętrznych.

Przedmiotem analizy w artykule jest część linii produkcyjnej, składającej się z 9 maszyn. Materiałem wejściowym są kręgi blach dostarczane z magazynu komponentów. Pierwszym etapem jest ich rozkrój na odpowiednie wymiary. W późniejszym etapie wykrawania, rozkrój blach odbywa się na około 80 różnych formatek uwzględniających długość, szerokość, grubość i rodzaj blach.

Głównym celem przeprowadzonych analiz jest minimalizacja *lead time* od momentu wejścia materiału do rozpatrywanego podsystemu do czasu opuszczenia go. Ponadto założono znaczne zmniejszenie nadprodukcji, za etapem rozkroju blach i pomiędzy wykrawarkami a krawędziarkami. Drugim celem jest jak największe wykorzystanie czasu pracy maszyn, a także skrócenie czasu trwania przezbrojeń i napraw. Ograniczeniem wynikającym z zapotrzebowania przedsiębiorstwa na części blaszane jest wymagana minimalna wielkość produkcji w liczbie około 2000 elementów gotowych na zmianę. Przy wprowadzaniu zmian należy mieć na uwadze konieczność spełnienia powyższego warunku.

W wyniku przeprowadzonych badań zidentyfikowano pewne przestoje, z których najważniejsze to:

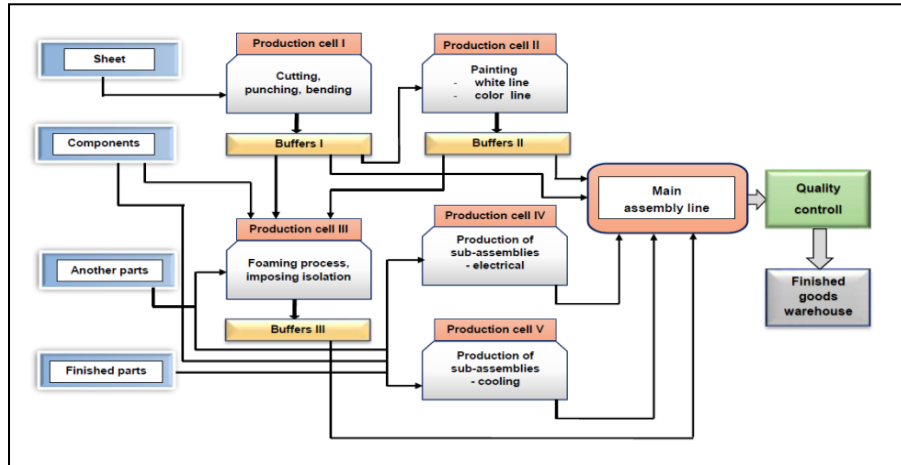
- przestoje wynikające z opóźnionych dostaw komponentów zewnętrznych,
- przestoje spowodowane złą jakością dostaw,
- przestoje na skutek niewłaściwej korelacji harmonogramów produkcji w gniazdach z harmonogramem montażu (ten rodzaj opóźnień generuje największe koszty dla przedsiębiorstwa).

Problemy te zrodziły konieczność wprowadzenia zmian mających na celu poprawę funkcjonowania systemu produkcyjnego. Zdecydowano o wykorzystaniu symulatora obiektowego WITNESS do przeprowadzenia analizy procesu i stworzenia modelu omawianego systemu.

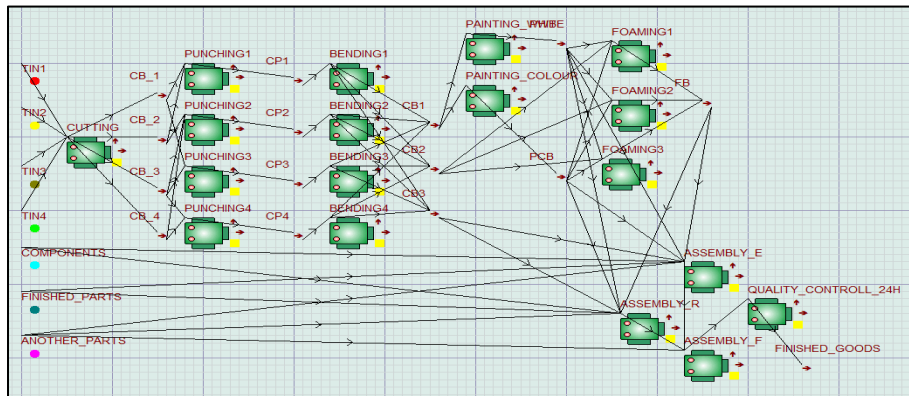
W celu odzwierciedlenia parametrów pracy układu w symulatorze, należało zebrać następujące dane: czasy trwania cykli pracy (c/t), czas przygotowawczy zakończeniowe (t_{pz}), czasy przezbrojeń (c/o), jak również czasy awarii, usterek i przestoju (t_a), czas pracy netto (t_{netto}) dla każdej zmiany, średni czas przeznaczony na utrzymanie porządku

stanowiska oraz wypełniania raportów (t_{5S}). Ze względu na bardzo duże zróżnicowanie komponentów produkcyjnych, ważne było również określenie parametrów wydajności stanowisk. Przykładowo na etapie wykrawania w czasie jednej zmiany wytwarzanych jest około 2 000 półproduktów o wymiarach od kilku centymetrów do czterech metrów, z różnych rodzajów blach. Różnorodność ta wpływała na zmienność wszystkich ww. czasów. Przy tak dużym zróżnicowaniu parametrów (rodzajów, ilości i czasów) w symulacji wykorzystano szereg zmiennych określonych różnymi rozkładami statystycznymi. Wybór rozkładu poparty był analizami na podstawie zebranych danych w okresie jednego miesiąca.

Po zebraniu i opracowaniu niezbędnych danych opracowany został model przepływów w badanym systemie (schemat przedstawiono na rysunku 1). Następnie opracowano model systemu produkcyjnego w symulatorze obiektowym WITNESS (rysunek 2).



Rysunek 1. Schemat systemu produkcyjnego



Rysunek 2. Model system produkcyjnego opracowany w symulatorze WITNESS

Czas trwania cyklu oraz liczba produkowanych arkuszy na każdym stanowisku zostały przedstawione w modelu Witness przy pomocy zmiennych. Wartości zmiennych różnią się w zależności od rodzaju rozkrawanej blachy długości i szerokości arkusza, ilości produkowanych sztuk, stopnia skomplikowania wyrobu. Czasy cykli opisane zmiennymi (np.: $x1$, $y1$) nie są podane wprost, lecz za pomocą rozkładów. W wyniku zastosowania zmiennych zależnych do parametrów wejściowych materiału oraz rozkładów statystycznych dla czasów operacyjnych, czasów awarii, przestojów, napraw, itp. dla wszystkich dziewięciu maszyn, otrzymano model, który przyjmuje wiele różnych stanów pracy. W oparciu o analizę zebranych danych opracowano także harmonogram pracy każdej z dziewięciu maszyn. Planowany czas przebrojeń na zmianę został ustalony po analizie wszystkich czasów przebrojeń, które zostały zanotowane w określonym czasie.

Wyniki przeprowadzonych analiz przedstawiono w postaci tabelarycznej i graficznej.