

Jolanta KRYSTEK
Politechnika Śląska

SYMULACJA ELASTYCZNEGO GNIAZDA MONTAŻU SZYB SAMOCHODOWYCH*

Streszczenie. W pracy przedstawiono proces planowania i sterowania produkcji przykładowego elastycznego systemu produkcyjnego. Zaimplementowano proces montażu szyb samochodowych w gnieździe produkcyjnym będącym elementem linii montażu samochodów. Do symulacji wykorzystano środowisko ProModel firmy PROMODEL Corporation.

THE SIMULATION OF THE FLEXIBLE ASSEMBLY PROCESS OF CAR PANES

Summary. In this article the planning and control production process of Flexible Manufacturing Systems is presented. The process of assembly car panes in Flexible Assembly System is implemented. The simulation was realized by using ProModel software.

1. Wprowadzenie

Współczesny rynek wywiera presję na przedsiębiorstwa w kierunku odchodzenia od produkcji masowej (na magazyn) w kierunku produkcji na zamówienie. Konkurencja pomiędzy wytwórcami zmusza ich do stałego podnoszenia jakości i skracania czasu reakcji na zamówienia klientów przy jednoczesnym obniżaniu cen. Postulaty te pozornie są ze sobą w sprzeczności, jednak w praktyce okazuje się, że możliwe jest ich spełnienie. Rozwiązaniem jest usprawnianie technologii oraz właściwa organizacja produkcji. Zakłady produkcyjne dążą do zmniejszania kosztów wytwarzania i magazynowania przez pełniejsze wykorzystanie zdolności produkcyjnych, skracanie cykli produkcyjnych i spadek zapasów oraz do dostosowania zmian asortymentu i tempa produkcji do spływających na bieżąco zamówień. Zapotrzebowanie na produkowane wyroby składane jest przez klienta jako indywidualne zlecenie. Dla przedsiębiorstw produkcyjnych coraz większe znaczenie ma elastyczność produkcji, która umożliwiłaby szybsze reagowanie na potrzeby rynku, zmienność żądań klientów, terminowość produkcji oraz zmniejszenie kosztów produkcji. Aby osiągnąć odpowiedni poziom elastyczności i skrócić cykle produkcji, niezbędne jest efektywne sterowanie produkcją.

Odpowiedzią na takie wymagania jest powstanie i rozwój elastycznych systemów produkcyjnych (ESP) [1, 4, 5]. Elastyczny system produkcyjny skutecznie

łączy podstawowe wymagania nowoczesnej produkcji: wysoką wydajność i różnorodność asortymentu produkcji. Do podstawowych cech charakteryzujących systemy ESP należą elastyczność polegająca na zdolności dostosowania do zmieniających się warunków i zadań produkcyjnych oraz automatyzacja produkcji. Elastyczny system produkcyjny jest bardzo złożonym systemem zawierającym w sobie wiele zintegrowanych elementów sprzętowych i oprogramowania. Elastyczne gniazdo produkcyjne jest jednym z typów elastycznych systemów produkcyjnych. Składa się ono z kilku elastycznych modułów produkcyjnych powiązanych typem wyrobów lub procesem technologicznym, zintegrowanych wzajemnie przez system transportu i magazynowania oraz wspólne planowanie i sterowanie [2,3].

Na etapie projektowania ESP pomocne są narzędzia służące do modelowania i symulacji procesów produkcyjnych. Jednym z wyspecjalizowanych programów profesjonalnie wspomagających modelowanie symulacyjne jest ProModel firmy ProModel Corporation [6]. Za jego pomocą stworzono model symulacyjny wzorowany na budowie i sposobie funkcjonowania elastycznego gniazda montażu szyb fabryki Opel Poland. Zaimplementowano proces montażu szyb do czterech typów karoserii samochodów osobowych:

- Opel Astra II Coupe,
- Opel Astra II Hatchback (wersja 5-drzwiowa),
- Opel Agila,
- Opel Zafira.

Implementowane gniazdo montażu szyb jest stanowiskiem roboczym, do którego w toku produkcji trafiają karoserie pozbawione bocznych drzwi. Niezbędne jest zamontowanie wszystkich wymaganych szyb do każdej z karoserii, zanim opuści ona stanowisko robocze. W każdym modelu samochodu spotyka się co najmniej dwa rodzaje szyb, z których każda jest niepowtarzalna dla danego typu karoserii, stąd wynika konieczność zmiany trajektorii nakładania kleju dla kolejnej szyby. Nie występują zatem większe partie szyb, dla których stosowana jest jedna, ta sama trajektoria, lecz proces nakładania kleju jest różny dla kolejnych szyb. W takiej sytuacji wykorzystanie zrobotyzowanego stanowiska, które w sposób elastyczny dostosowuje się do pracy z wieloma typami szyb, daje dużo lepsze wyniki niż wykonywanie tych operacji w sposób ręczny.

2. Opis implementowanego procesu produkcyjnego

Implementowane gniazdo montażu szyb będące integralną częścią linii montażu samochodów składa się z (tabela 1):

- wejścia gniazda, pełniącego jednocześnie rolę bufora wejściowego,
- czterech stanowisk montażu szyb (szyby tylnej, szyb strony lewej, szyby strony prawej oraz szyby przedniej), na których dokonywane jest zespalanie odpowiedniej szyby z karoserią,
- bufora lokalnego szyb, w którym umieszczane są szyby, zanim zostaną przetransportowane do stanowiska nakładania kleju,
- taśmy transportowej, którą szyby z bufora szyb są dostarczane do stanowiska nakładania kleju,

- stanowiska nakładania kleju, na którym za pomocą robota wyposażonego w odpowiednią końcówkę następuje proces nałożenia warstwy kleju na szybę,
- zbiornika kleju, w którym przechowywany jest klej montażowy i skąd dostarczany jest do stanowiska nakładania kleju,
- komputera sterującego ruchami robota,
- wyjścia gniazda, spełniającego jednocześnie rolę bufora wyjściowego gniazda.

Tabela 1

Wykaz elementów elastycznego gniazda montażu szyb samochodowych

Nazwa lokacji	Pełna nazwa	Pojemność
Bufor S	Bufor Szyb	300
Tasma	Taśma Transportowa	1
Nak k	Stanowisko Nakładania Kleju	1
We	Wejście Gniazda	150
Montaz T	Stanowisko Montażu Szyby Tylnej	1
Montaz L	Stanowisko Montażu Szyb Strony Lewej	1
Montaz P	Stanowisko Montażu Szyb Strony Lewej	1
Montaz C	Stanowisko Montażu Szyby Czołowej	1
Wy	Wyjście Gniazda	500
Kom	Komputer Sterujący	1
Zb k	Zbiornik Kleju	5000

Symulowany proces produkcyjny przebiega na trzech liniach. Wzdłuż pierwszej przemieszczają się karoserie od wejścia gniazda przez kolejne stanowiska montażu szyb aż do wyjścia. Na drugiej linii odbywa się transport szyb z lokalnego bufora przez stanowisko nakładania kleju aż do odpowiedniego dla danej szyby stanowiska montażu, gdzie zostaje zamontowana. Zadaniem linii trzeciej jest dostarczanie kleju ze zbiornika do stanowiska nakładania kleju.

Karoseria na początku zostaje przetransportowana z bufora wejściowego na stanowisko montażu szyby tylnej, gdzie odpowiednia szyba zostaje dostarczona i zamontowana. Następnie na stanowisku montażu szyb strony lewej zostają zamontowane wymagane dla tego typu karoserii szyby lewe, a na stanowisku montażu szyb prawych - szyby prawe. Końcowym stanowiskiem gniazda jest stanowisko montażu szyby czołowej. Następnie karoseria transportowana jest do bufora wyjściowego gniazda. Marszruta przepływu karoserii przez system nie jest identyczna dla każdego typu karoserii. W przypadku gdy dany typ karoserii nie wymaga montażu szyb bocznych (jak w przypadku Opla Astry II Hatchback, wersji 5-drzwiowej) po zamontowaniu szyby tylnej karoseria nie zatrzymuje się na stanowisku montażu szyb strony lewej oraz stanowisku montażu szyb strony prawej, lecz zostaje od razu przetransportowana na stanowisko montażu szyby czołowej. Jest to wyjątek, którego marszruta jest przykładem przepływu z omijaniem.

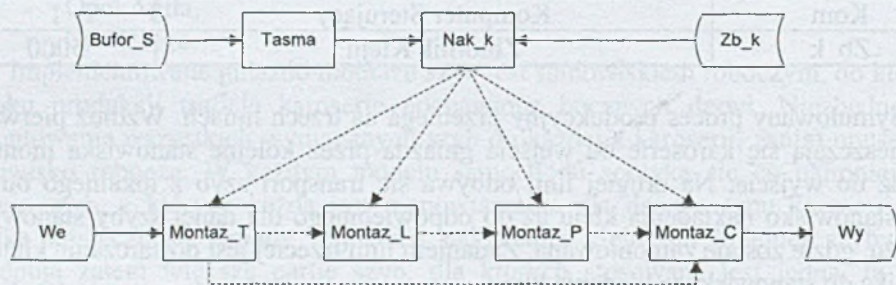
Szyby odpowiedniego typu i w odpowiedniej liczbie zostają pobrane z lokalnego bufora szyb i przetransportowane do stanowiska nakładania kleju. Na każdą z szyb za pomocą robota zostaje nałożona warstwa kleju montażowego. Różnorodność rodzajów szyb, a co za tym idzie - ich kształtów i wielkości, wymaga zastosowania do każdego typu szyby odmiennej trajektorii nakładania kleju. Zaprogramowane według zadanej

trajektorii ruchu robota sterowane są przez komputer. Następnie każda z szyb, zależnie od typu, z wykorzystaniem chwytaków lub manipulatora, zostaje przetransportowana przez monterów (w przypadku większych szyb przez dwóch monterów) do stanowiska, gdzie dokonuje się montażu szyby w odpowiednim otworze karoseryjnym. Po zamontowaniu wszystkich wymaganych szyb karoseria opuszcza gniazdo, a na jej miejsce wjeżdża następna.

Zamontowanie szyb jest trwałe i polega na zespoleniu każdej szyby z karoserią samochodu za pomocą kleju montażowego. Niektóre rodzaje szyb różnią się znacznie pod względem wielkości, tym samym różna jest ilość kleju potrzebna do ich prawidłowego montażu.

Elementem różniącym typy karoserii jest liczba szyb montowanych na stałe do danego modelu nadwozia. Marszruta dowolnego typu szyby zaczyna się w buforze lokalnym szyb. Końcowy etap jest różny dla różnych szyb. Marszruta szyby tylnej kończy się na stanowisku montażu szyby tylnej, odpowiednio przepływ przez system szyby lewej, prawej oraz szyby czołowej kończy się na stanowisku montażu szyb strony lewej, szyb strony prawej oraz stanowisku montażu szyby czołowej.

Na rysunku 1 przedstawiono przepływ materiałów w implementowanym gnieździe (opcjonalne marszruty przepływu dla różnych typów materiałów oznaczono liniami przerywanymi).



Rys. 1. Schemat przepływu materiałów

Wszystkie materiały, których przepływ zaimplementowano w systemie, tworzą indeks materiałowy elastycznego gniazda produkcyjnego (tabela 2).

Tabela 2

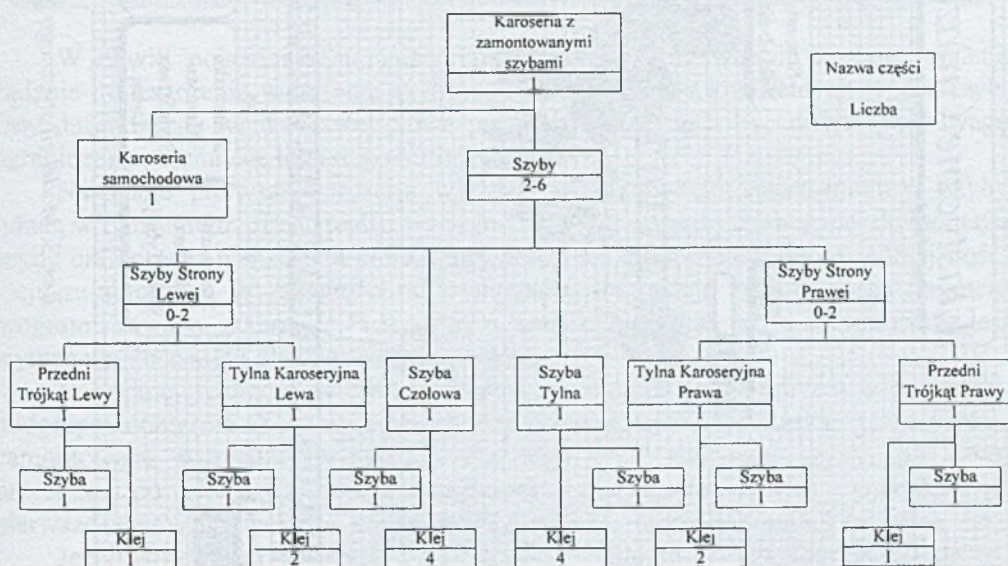
Indeks materiałowy elastycznego gniazda montażu szyb samochodowych

Nazwa pozycji	Pełna nazwa	Rodzina produktów
Agila	Opel Agila	Karoseria
Zafira	Opel Zafira	Karoseria
Coupe	Opel Astra II Coupe	Karoseria
Hatchback	Opel Astra II Hatchback	Karoseria
AT	Agila Tylna	Szyba
AC	Agila Czołowa	Szyba
AKL	Agila Karoseryjna Lewa	Szyba
AKP	Agila Karoseryjna Prawa	Szyba
ZT	Zafira Tylna	Szyba
ZC	Zafira Czołowa	Szyba
ZKL	Zafira Karoseryjna Lewa	Szyba

cd tabeli 2

ZKP	Zafira Karoseryjna Prawa	Szyba
ZPTL	Zafira Przedni Trójkąt Lewy	Szyba
ZPTL	Zafira Przedni Trójkąt Prawy	Szyba
AsC	Astra II Czołowa	Szyba
AsT	Astra II Tylna	Szyba
CKL	Astra II Coupe Karoseryjna Lewa	Szyba
CKP	Astra II Coupe Karoseryjna Prawa	Szyba
Agila_S	Opel Agila z zamontowanymi szybami	Karoseria z szybami
Zafira_S	Opel Zafira z zamontowanymi szybami	Karoseria z szybami
Coupe_S	Opel Astra II Coupe z zamontowanymi szybami	Karoseria z szybami
Hatchback_S	Opel Astra II Hatchback z zamontowanymi szybami	Karoseria z szybami
PK	Porcja Kleju	Klej

Przez odpowiednie łączenie elementów zawartych w indeksie materiałowym produkowane są wyroby końcowe, którymi są karoserie odpowiedniego typu z kompletem szyb. Zestawienie wszystkich komponentów, sposób ich łączenia oraz liczbę przedstawia drzewo struktury wyrobu (rys. 2). Ma ono uniwersalną strukturę, obejmującą wszystkie możliwe rodzaje karoserii wraz z ilościowym określeniem elementów wchodzących w skład wyrobu (liczba szyb podana zakresem jest efektem konieczności montażu różnej liczby szyb do różnych typów nadwozia). Informacje, które zaprezentowane są graficznie, można wykorzystać do wyliczenia zapotrzebowania na surowce, półprodukty i do szczegółowego opisu struktury wyrobu (BOM – Bill of Materials). Jednocześnie, znając czas wykonania poszczególnych czynności, możemy wyznaczyć harmonogram procesu.

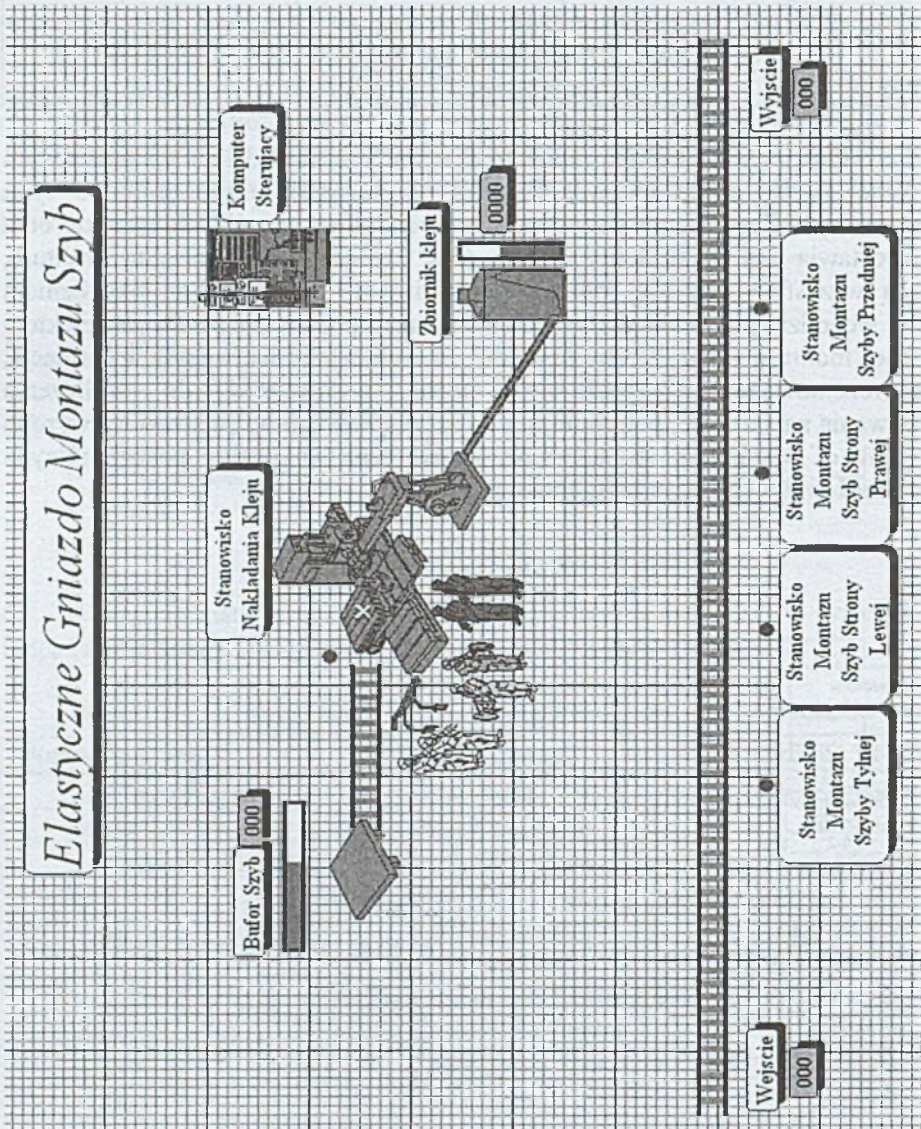


Rys. 2. Drzewo struktury wyrobu (zestawienie materiałów)

3. Budowa modelu

Proces budowy modelu symulacyjnego w środowisku ProModel składa się z następujących etapów, z których każdy wykorzystuje jeden moduł programu:

- określenie rodzajów urządzeń, maszyn, na których będą przebiegały procesy technologiczne (*Locations*),
- zdefiniowanie produktów (*Entities*),
- dodanie ścieżek pracy (*Path Networks*),
- określenie zasobów produkcyjnych (*Resources*),
- utworzenie logiki procesu (*Processing*),
- zdefiniowanie harmonogramu przepływu produktów (*Arrivals*).



Rys. 3. Model elastycznego gniazda montażu szyb

Model symulacyjny elastycznego gniazda montażu składa się z kilku rodzajów lokacji: stanowisk roboczych, linii transportowych, buforów oraz jednostki sterującej (rys. 3).

4. Opis działania modelu

Na potrzeby symulacyjne harmonogram pracy gniazda został zaplanowany dla ośmiu godzin pracy (jednej zmiany roboczej), jednak w praktyce jest on częścią harmonogramu produkcji całej linii montażowej obejmującego zwykle trzy zmiany robocze.

W chwili początkowej zbiornik kleju zostaje napełniony klejem do zadanego poziomu. W tym samym momencie na wejście modelu wchodzi pierwsze karoserie według określonej w harmonogramie kolejności. Szeregowanie wejściowe produktów, które jest zadaniem sterowania operacyjnego, tutaj zapewnia moduł *Arrivals*, gdzie zdefiniowane zostało, które typy karoserii będą wchodzić na wejście systemu, w jakiej liczbie, w jakim czasie oraz ile razy w trakcie symulacji zdarzenie to ma nastąpić. Przykładowy harmonogram wejść części do systemu przedstawia tabela 3.

Tabela 3

Harmonogram wejściowy

Arrivals				
Entity...	Location...	Qty each...	First Time	Occurrences
P_K	Zb_k	5000	0	1
Agila	We	75	0	1
Hatchback	We	100	100	1
Coupe	We	70	180	1
Agila	We	40	260	1
Zafira	We	30	305	1
Coupe	We	20	340	1
Zafira	We	120	380	1

W chwili pojawienia się każdej partii karoserii na wejściu zostaje wysłane żądanie umieszczenia w buforze szyb odpowiedniej liczby konkretnych typów szyb. Gdy definiuje się wielkość wejściową partii karoserii, musi być wzięta pod uwagę ograniczona pojemność lokalnego bufora szyb.

Następnie pierwsza karoseria wjeżdża w obszar stanowiska montażu szyby tylnej, w tym samym czasie realizowany jest proces transportu wymaganej do montażu szyby oraz proces nanoszenia kleju, który wiąże się z pobraniem odpowiedniej ilości kleju ze zbiornika. W zależności od wymaganej ilości kleju zmianie ulega fragment programu zawarty w module *Processing* w sekcji *Operation*, gdzie zdefiniowana jest wymagana ilość kleju dla danego typu szyby.

Następnie realizowany jest transport i montaż szyby przez odpowiednią podgrupę monterów. Karoseria przechodzi przez kolejne stanowiska, gdzie zostają zamontowane wszystkie wymagane dla tego typu nadwozia szyby, po czym przechodzi do ostatniej lokacji przewidzianej w marszrucie – Wyjścia gniazda, a na pierwsze stanowisko wchodzi kolejna przewidziana w harmonogramie karoseria.

Jeżeli w pewnym momencie pracy systemu (zgodnie z harmonogramem) nastąpi zmiana typu karoserii, do których montowane są szyby, musi nastąpić zmiana

programu sterującego stanowiskiem nakładania kleju. Odpowiedni, dla danego typu nadwozia, program sterujący jest przesyłany z komputera sterującego i następuje przebrojenie stanowiska. Działanie takie jest typowym przykładem sterowania operacyjnego, a konkretnie sterowania dyspozytorskiego.

Innym przykładem problemu, którego rozwiązanie związane jest z poziomem decyzyjnym sterowania operacyjnego, jest możliwość wystąpienia awarii, w której doszło do wyczerpania zapasów kleju w zbiorniku lokalnym. Następuje wówczas zatrzymanie procesu produkcji i jednocześnie wyświetlany jest komunikat o zaistniałej sytuacji.

5. Przykłady wykorzystania modelu

Stworzony model symulacyjny może być wykorzystany do wspomagania procesu planowania i sterowania produkcją elastycznego gniazda montażu.

Przykład. W ciągu jednej ośmiogodzinnej zmiany harmonogram pracy całego systemu przewiduje konieczność zamontowania, na stanowisku montażu, szyb do określonych typów karoserii:

- Opel Agila – 100 sztuk,
- Opel Astra II Hatchback – 150 sztuk,
- Opel Astra II Coupe – 75 sztuk,
- Opel Zafira – 80 sztuk.

Łącznie zaplanowany został montaż szyb do 405 sztuk karoserii.

Przypadek I – grupowanie wyrobów, praca dużymi partiami.

Pierwszym uszeregowaniem harmonogramu wejściowego karoserii będzie uszeregowanie grupujące partie jednego typu karoserii. Po uwzględnieniu ograniczenia, jakim jest lokalny bufor szyb, w zależności od wymaganej liczby montażu szyb do każdego typu nadwozia, całość zaplanowanej produkcji została podzielona na partie:

1. Opel Agila – 75 sztuk,
2. Opel Astra II Hatchback – 150 sztuk,
3. Opel Astra II Coupe – 75 sztuk,
4. Opel Zafira – 50 sztuk,
5. Opel Agila – 25 sztuk,
6. Opel Zafira – 30 sztuk.

W takiej kolejności partie karoserii pojawiają się na wejściu gniazda. Kolejność tę wraz z czasami definiującymi moment pojawienia się karoserii na wejściu systemu zawiera moduł *Arrivals*. Zmiany typów karoserii, do których montowane są szyby, wymagają czasu niezbędnego do przebrojenia stanowiska nakładania kleju. Chwile przebrożeń oraz czasy ich trwania zawiera tabela *Clock Downtimes* dla przeobrażanego stanowiska w module *Locations*.

Po przeprowadzeniu symulacji pracy gniazda przy tak założonym harmonogramie wejścia raport końcowy przedstawia tabela 4. Proces produkcyjny zakończył się kompletnym montażem szyb w 402 karoseriach. Z zaplanowanej puli jedynie do 3 karoserii nie zostały wklejone wszystkie szyby, co stanowi jedynie 0,74% wszystkich zaplanowanych w harmonogramie. Można przyjąć, że plan produkcji został wypełniony w wysocze zadowalającym stopniu.

Tabela 4

Raport końcowy dla przypadku I

Location Name	Scheduled Hours	Capacity	Total Entries	Average Minutes Per Entry	Average Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Util
Bufor S	8	300	1480	46.32	142.83	300	11	47.61
Tasma	8	1	1469	0.31	0.95	1	1	5.76
Nak k	7.9	1	1468	0.24	0.77	1	1	77.11
We	8	150	405	48.59	41.00	150	1	27.34
Montaz T	8	1	404	1.16	0.98	1	1	79.13
Montaz L	8	1	403	0.16	0.13	1	0	10.88
Montaz P	8	1	403	0.20	0.17	1	0	13.98
Montaz C	8	1	403	0.42	0.35	1	1	29.17
Wy	8	500	402	261.33	218.86	402	402	43.77
Kom	8	1	0	0.00	0	0	0	0.00
Zb k	8	5000	0	-	0	0	0	0.00

Przypadek II – duża częstotliwość przezbrojeń, praca małymi partiami.

Realizowany jest taki sam plan montażu szyb do 405 karoserii, ale całość zaplanowanej partii produkcyjnej podzielono na grupy wejściowe po 5 sztuk każda. Każda kolejna grupa wejściowa składa się z typu karoserii innego niż grupa poprzednia. Wiąże się to z koniecznością każdorazowego przezbrajania stanowiska nakładania kleju. Efekty symulacji prowadzonej według tak zmienionego harmonogramu wejściowego karoserii przedstawia tabela 5.

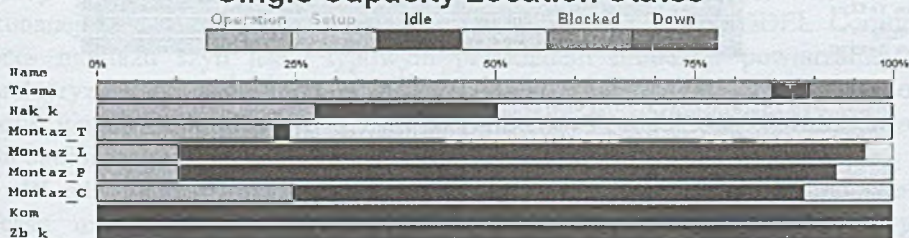
Tabela 5

Raport końcowy dla przypadku II

Location Name	Scheduled Hours	Capacity	Total Entries	Average Minutes Per Entry	Average Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Util
Bufor S	8	300	1360	17.72	50.20	104	47	16.74
Tasma	8	1	1313	0.34	0.95	1	1	5.79
Nak k	6.8	1	1312	0.21	0.70	1	0	70.50
We	8	150	360	16.87	12.65	26	11	8.44
Montaz T	8	1	349	1.35	0.98	1	1	79.81
Montaz L	8	1	348	0.21	0.15	1	0	12.22
Montaz P	8	1	348	0.24	0.17	1	0	14.51
Montaz C	8	1	348	0.47	0.34	1	1	27.98
Wy	8	500	347	239.53	173.16	347	347	34.63
Kom	8	1	0	0.00	0	0	0	0.00
Zb k	8	5000	0	-	0	0	0	0.00

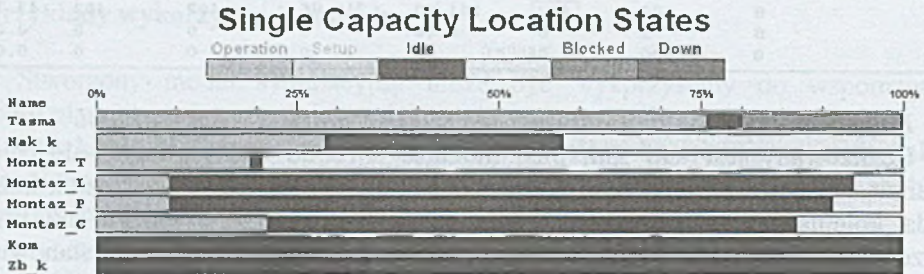
Poprawnie zakończył się proces montażu wszystkich szyb dla 347 karoserii z zaplanowanych 405. Do 58 karoserii nie zostały zamontowane szyby. Stanowi to 14,3 % całości zaplanowanej partii produkcyjnej.

Single Capacity Location States



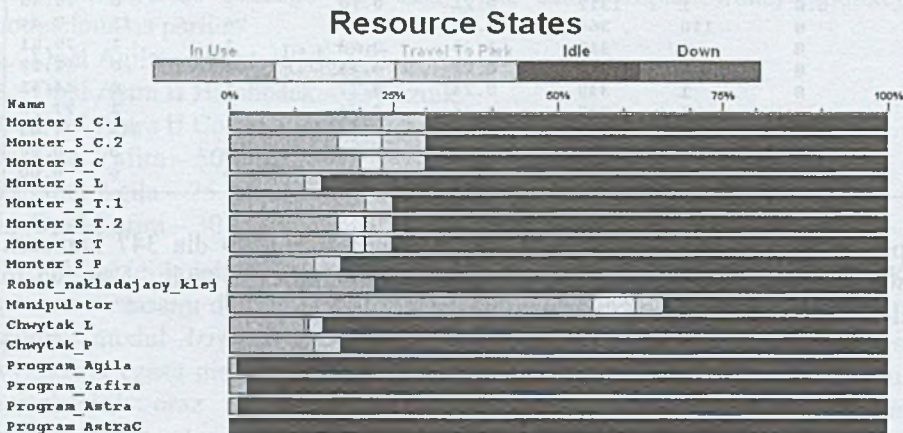
Rys. 4. Wykorzystanie stanowisk (przypadek I)

Porównując wyniki symulacji, można zauważyć, że wydajność elastycznego gniazda pracującego zgodnie z harmonogramem z przypadku II jest zdecydowanie gorsza ze względu na realizację planu produkcyjnego. Plan produkcji, realizowany w takim samym przedziale czasowym, przy harmonogramowaniu mniejszymi partiami karoserii został wykonany w dużo mniejszym stopniu. Porównując wykorzystanie stanowisk dla uszeregowania pierwszego (rys. 4) i uszeregowania drugiego (rys. 5), można zauważyć znacznie słabsze wykorzystanie mocy produkcyjnych dla wariantu drugiego, gdzie np. czas blokady taśmy transportującej szyby do stanowiska nakładania kleju jest dwa razy dłuższy.

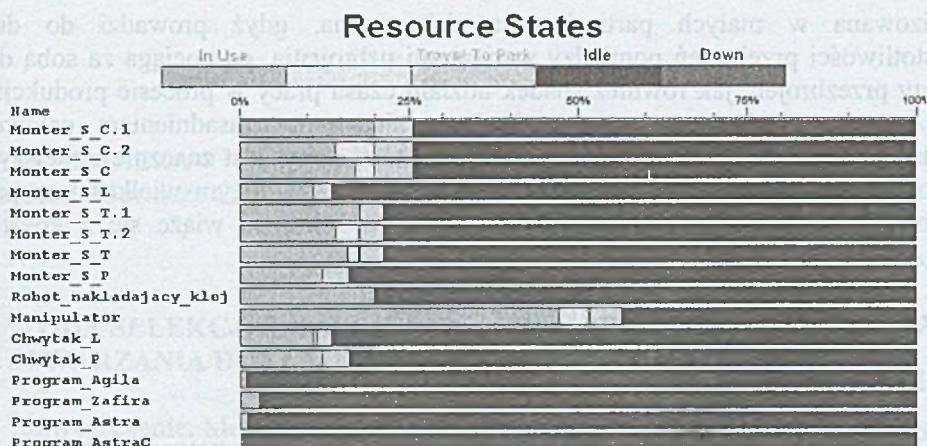


Rys. 5. Wykorzystanie stanowisk (przypadek II)

Podobny wniosek wyciągnąć można z porównania stopnia wykorzystania zasobów elastycznego gniazda dla obu uszeregowień (rys. 6 – przypadek I, rys.7 – przypadek II). Stopień wykorzystania wszystkich monterów jest ok. 5% niższy w drugim przypadku, także wykorzystanie zasobu manipulatora dla harmonogramu drugiego jest niższe o ok. 10%.



Rys. 6. Wykorzystanie zasobów (przypadek I)



Rys. 7. Wykorzystanie zasobów (przypadek II)

Wyniki potwierdzają, iż harmonogramowanie krótkich partii wymagających częstego przezbierania jest rozwiązaniem gorszym z punktu widzenia wydajności systemu niż szeregowanie, w którym unika się konieczności częstych przebrojeń stanowisk.

Podobnych testów funkcjonalności i wydajności elastycznego gniazda montażu szyb można przeprowadzić więcej z wykorzystaniem zasymulowanego modelu. Jest to rozwiązanie dużo szybsze i prostsze w realizacji, a co za tym idzie - o wiele tańsze niż symulowanie procesów planowania i sterowania produkcji w trakcie pracy rzeczywistego systemu produkcyjnego.

6. Podsumowanie

Tworzenie modeli rzeczywistych systemów produkcyjnych i symulowanie ich pracy za pomocą aplikacji podobnych do wykorzystanego programu ProModel staje się coraz powszechniejsze. Dzięki takiemu działaniu możliwe jest uzyskanie znacznie niższych kosztów związanych z projektowaniem nowego lub modernizacją istniejącego systemu oraz kosztów wynikających z planowania produkcji, zwłaszcza przy wdrażaniu produkcji nowego asortymentu. Dodatkową korzyścią przy przeprowadzaniu tego typu symulacji komputerowych jest oszczędność czasu.

Zaimplementowano model Elastycznego Gniazda Produkcyjnego, w którym przebiega proces montażu szyb do czterech różnych typów karoserii: Opla Astry II Coupe, Opla Astry II Hatchback (wersji 5-drzwiowej), Opla Agili oraz Opla Zafiry. Procesy planowania i sterowania zostały pokazane na przykładzie symulacji dokonanej za pomocą programu ProModel 2007 firmy PROMODEL Corporation. Proces montażu szyb jest typowym przykładem produkcji powtarzalnej, która charakteryzuje się skończoną liczbą wariantów uzbrojenia maszyn w komórkach produkcyjnych i odpowiadającego im asortymentowi produktów, powtarzających się w na ogół nieregularnych odstępach czasu.

W celu pokazania przydatności stworzonego modelu przeprowadzono symulacje procesu montażu, oparte na dwóch różnych harmonogramach wejściowych – różniących się wielkością partii wejściowych i częstotliwością przebrojeń. Produkcja

realizowana w małych partiach jest niekorzystna, gdyż prowadzi do dużej częstotliwości przełączeń pomiędzy wariantami uzbrojenia, co pociąga za sobą duże koszty przebrojeń, jak również spadek udziału czasu pracy w procesie produkcji na rzecz czasu niezbędnego na przebrojenia. Jedynym uzasadnieniem celowości realizacji tego typu produkcji jest sytuacja, w której popyt jest znacznie mniejszy od zdolności produkcyjnych. Z drugiej strony wiadomo, że dużym wielkościami partii odpowiadają duże wahanía zapasów produkcji w toku, co wiąże się z kosztami magazynowania.

**/ Praca częściowo finansowana z BK-209/RAul/2008*

BIBLIOGRAFIA

1. Banaszak Z., Muszyński W.: Systemy elastycznej automatyzacji dyskretnych procesów produkcyjnych. Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1991.
2. Brzeziński M. (red.): Organizacja i sterowanie produkcją. Projektowanie systemów produkcyjnych i procesów sterowania produkcją. PLACET, Warszawa 2002.
3. Lis S., Santarek K., Strzelczak S.: Organizacja elastycznych systemów produkcyjnych. PWN, Warszawa 1994.
4. Sawik T.: Optymalizacja dyskretna w elastycznych systemach produkcyjnych. WNT, Warszawa 1992.
5. Sawik T.: Planowanie i sterowanie produkcji w elastycznych systemach montażowych. WNT, Warszawa 1996.
6. <http://www.promodel.com> i podręcznik użytkownika.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Bożena Skołod

Abstract

This article presents the planning and control production process of Flexible Manufacturing System. The process of assembly car panes in Flexible Assembly System is implemented. The simulation software ProModel of PROMODEL Corporation is used and a short description of simulation model in ProModel software is given.

Simulations of assembly process were realized for showing usefulness of the created model. Two input schedules with different largeness of input batch and setup frequency are analyzed. The comparison of final effects of simulation for all of these schedules are presented.