

ZINTEGROWANE KOMPUTEROWO PROJEKTOWANIE PROCESÓW I SYSTEMÓW WYTWARZANIA W ŚRODOWISKU PLM

Jan DUDA

Streszczenie: W referacie przedstawiono koncepcję zintegrowanego projektowania procesów i systemów technologicznych montażu z uwzględnieniem współbieżnej realizacji faz technologiczno organizacyjnego przygotowania produkcji. Koncepcję zweryfikowano z wykorzystaniem aplikacji PLM CATIA i DELMIA.

Słowa kluczowe: proces, system montażu, komputerowe wspomaganie, PLM.

1. Wstęp

Projektowanie konstrukcyjne technologiczne i organizacyjne to fazy cyklu rozwoju wyrobu realizowane w obrębie przygotowania produkcji, które w sposób istotny wpływają na fazy produkcji i użytkowania wyrobów. W związku z tym fazy te należy rozpatrywać w kontekście cyklu życia wyrobu z uwzględnieniem współbieżności realizowanych działań. Zastosowanie systemów komputerowego wspomaganie w pakiecie aplikacji PLM (Product Lifecycle Management) bazujących na wspólnym modelu danych o wyrobie, procesie jego wytwarzania i zasobach przy pomocy których jest wytwarzany umożliwia iteracyjne kształtowanie wyrobu i systemu jego wytwarzania w środowisku wirtualnym, co zdecydowanie przyspiesza uzyskanie poprawnych i zweryfikowanych symulacyjnie rozwiązań.

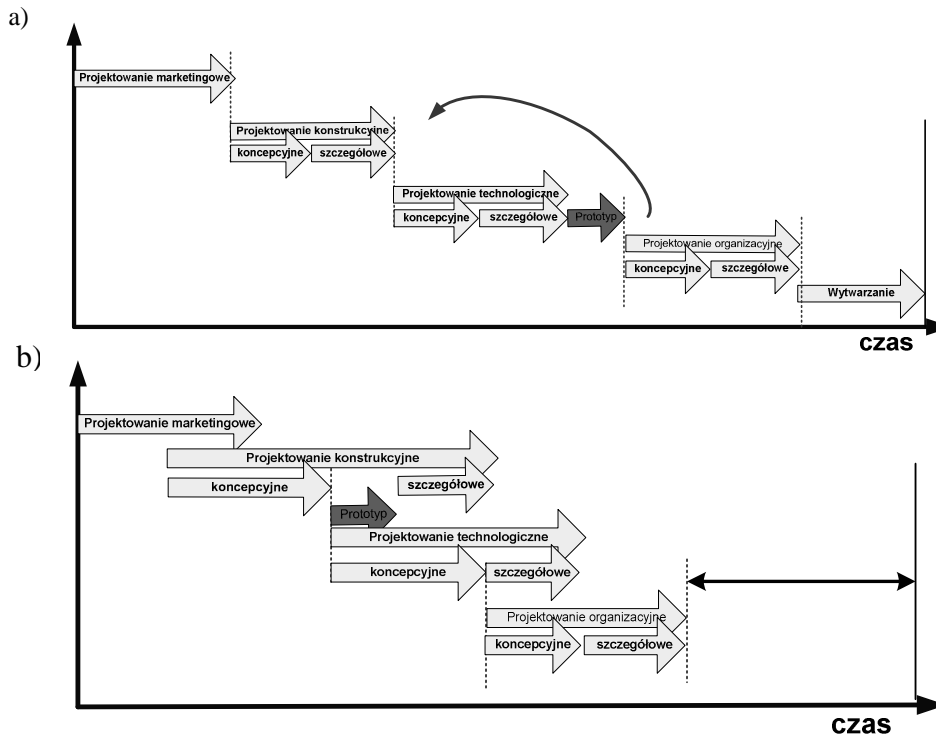
2. Koncepcja współbieżnego rozwoju wyrobu

Rozwój wyrobu zgodnie z nowymi strategiami rozwojowymi kładzie nacisk na wykonanie wszystkich niezbędnych faz w cyklu życia wyrobu możliwie równocześnie CE (Concurrent Engineering). Strategia CE zakłada, że zasoby i obiekty produkcyjne mogą być planowane we wczesnych fazach projektowych w celu skrócenia czasu uruchomienia produkcji [1,2,3] (rys.1). Zrównoleglenie realizacji faz rozwojowych wyrobu uzyskać można poprzez wyodrębnienie w kolejnych realizowanych fazach rozwojowych projektowania koncepcyjnego i szczegółowego (rys. 1a). Zakres projektowania koncepcyjnego obejmuje taki zakres czynności projektowych, który:

- umożliwia podjęcie analizy oceny przyjętego w fazach poprzedzających rozwiązania i jego poprawę w pętli sprzężenia zwrotnego,
- umożliwia rozpoczęcie projektowania koncepcyjnego kolejnej fazy w cyklu rozwoju wyrobu.

Rozwój technik RP/ RT umożliwia ponadto realizację budowy prototypu w oparciu o model cyfrowy wyrobu tworzony w systemie CAD, co pozwala na weryfikację analogicznej koncepcji wyrobu we wczesnych fazach rozwojowych (rys. 1b).

Poniżej w sposób szczegółowy opisano przebieg współbieżnego projektowania na przykładzie procesu i systemu montażu, które zweryfikowano z zastosowaniem aplikacji PLM.



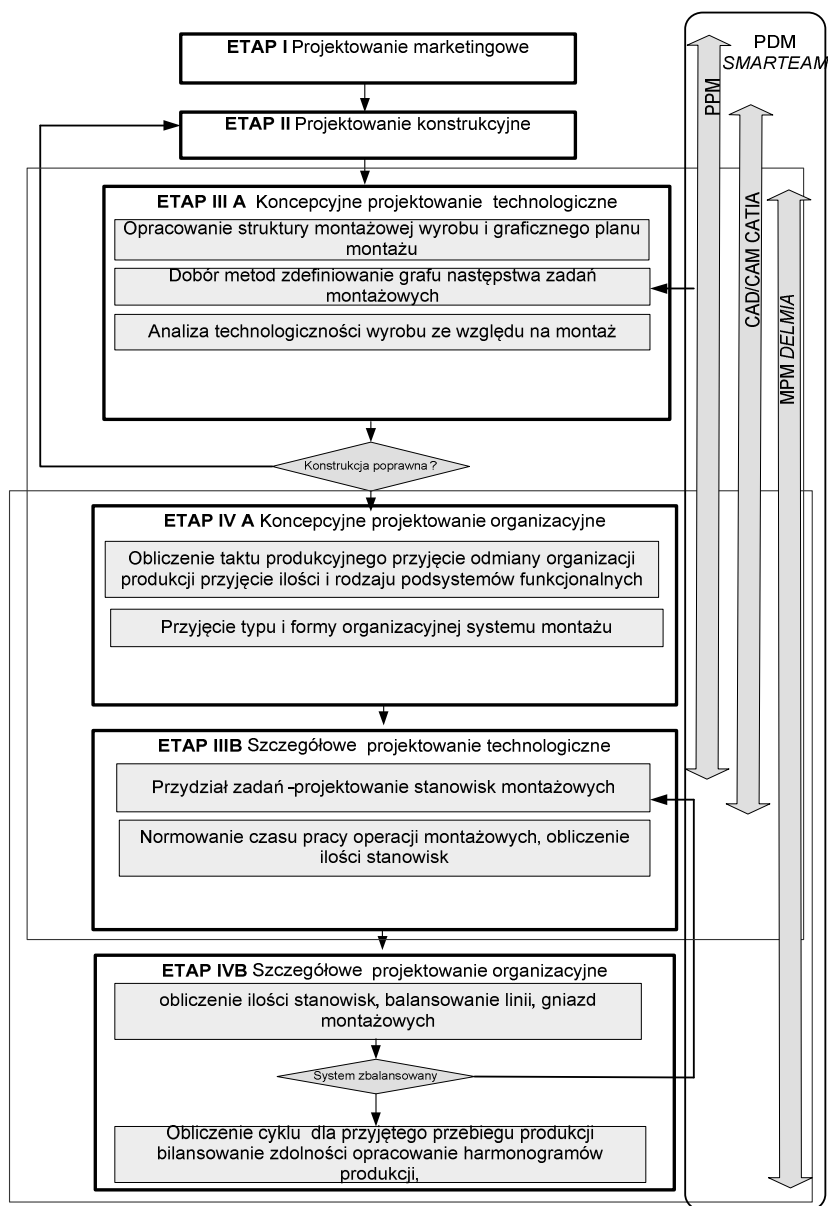
Rys. 1. Sekwencyjna a) i współbieżna b) realizacja faz rozwojowych wyrobu

Postęp umożliwiający realizację strategii rozwojowych w projektowaniu procesów i systemów wytwarzania wskazuje na konieczność integracji realizacji faz rozwojowych. Integracja w realizacji faz projektowania konstrukcyjno technologicznego wskazuje na konieczność wyodrębnienia:

- fazy koncepcyjnej projektowania technologicznego (ETAP III A). Zasadniczym celem fazy koncepcyjnej jest określenie, dla zdefiniowanej na etapie projektowania konstrukcyjnego postaci konstrukcyjnej wyrobu, wariantów procesu technologicznego.
- fazy szczegółowej projektowania technologicznego (ETAP III B) w zakresie opracowania koncepcji stanowisk wytwarzania, doboru i projektowania stanowisk obróbki/montażu. Działania projektowe realizowane w fazie szczegółowego projektowania technologicznego ujmują szereg działań projektowych prowadzących do opracowania kart instrukcyjnych operacji obróbki/montażu.

Integracja w realizacji faz technologiczno – organizacyjnego rozwoju wyrobu wskazuje na konieczność wyodrębnienia:

- fazy koncepcyjnej projektowania organizacyjnego (ETAP IV A). Zasadniczym celem tej fazy (rys. 2) jest opracowanie dla zdefiniowanego asortymentu wyrobów i wybranego dla poszczególnych składników asortymentu wariantu procesu technologicznego obróbki i montażu.



Rys. 2. Współbieżna realizacja faz rozwoju wyrobu

Decyzje podejmowane na tak wczesnym etapie projektowania należy traktować jako sugestie, które w dalszej fazie winny zostać uszczegółowione [4]. Mają one zasadnicze znaczenie dla toku późniejszych rozwiązań. Są one podejmowane w oparciu o niewielki zasób informacji we wcześniejszych etapach przygotowania produkcji określających:

- zadanie produkcyjne (asortyment wyrobów i ich program produkcyjny charakterystyki konstrukcyjne i procesy technologiczne),
- cele techniczno ekonomiczne (wzrost wydajności, oszczędność powierzchni,

- zmniejszenie zatrudnienia),
- ograniczenia infrastruktury, wielkość środków na inwestycje, parametry konstrukcyjno- instalacyjne budynku.
- fazy szczegółowej projektowania organizacyjnego (ETAP IV B) obejmującego:
 - obliczenie cyklu produkcyjnego, na długość cyklu produkcyjnego składa się nie tylko czas trwania procesu technologicznego, lecz również procesów pomocniczych, takich jak magazynowanie, transport i kontrola. Duży wpływ na czas trwania cyklu produkcyjnego ma sposób przekazywania przedmiotów pracy na kolejne stanowiska pracy i z tego względu rozróżnia się szeregowy, równoległy i szeregowo-równoległy przebieg produkcji,
 - przeprowadzenie synchronizowania w zakresie wyodrębnionych podsystemów funkcjonalnych linii gniazd produkcyjnych przez obliczenie ilości stanowisk, balansowanie linii, gniazd montażowych,
 - opracowanie harmonogramów produkcji, bilansowanie zdolności produkcyjnych dla zaprojektowanego systemu wytwarzania.

Opisany proces zintegrowanego rozwoju wyrobu przebiega w sposób iteracyjny. Kolejne wersje wyrobu, procesu i systemu wytwarzania tworzone są w postaci cyfrowej z zastosowaniem systemów komputerowego wspomaganie, co pozwala na wszechstronną analizę generowanych rozwiązań.

3. Zintegrowane projektowanie procesów i systemów montażu w środowisku PLM

Środowisko PLM tworzy zestaw aplikacji wspomagających rozwój wyrobu, w którego skład wchodzi:

- zarządzanie wyrobem i portfelem zamówień - (PPM ang. Product and Portfolio Management),
- projektowania wyrobów i procesów wytwarzania – (CAx ang. Product Design),
- zarządzania procesem wytwarzania (MPM ang. Manufacturing Process Management),
- zarządzanie danymi wyrobu (PDM ang. Product Data Management).

Weryfikację zaproponowanej koncepcji przeprowadzono z wykorzystaniem pakietu aplikacji PLM firmy Dassault, w skład którego wchodzi:

- system CAD/CAM CATIA- do wspomaganie projektowania wyrobów, procesów technologicznych i zasobów,
- systemy PDM SMARTEAM i ENOVIA - do zarządzania procesem rozwojowym,
- system MPM DELMIA do projektowania procesów i systemów wytwarzania.

Weryfikację zaproponowanej koncepcji przeprowadzono z wykorzystaniem wdrożonych w ITMiAP pakietów CATIA i DELMIA w zakresie zintegrowanego projektowania procesu i systemu montażu wyrobów [5].

Zakres testów obejmował:

- tworzenie cyfrowego modelu wyrobu,
- opracowanie dokumentacji montażowej,
- opracowanie koncepcji procesu- zdefiniowanie biblioteki procesu i systemu technologicznego montażu- wykonanie modeli cyfrowych systemu montażowego,
- tworzenie symulacji procesu analiza ergonomiczna stanowisk.

3.1. Etap koncepcyjny projektowania technologicznego

Podstawą opracowania planu montażu jest tworzony w części CAD systemu CATIA cyfrowy model wyrobu. Działanie technologa projektanta obejmuje:

- opracowanie struktury montażowej wyrobu – wydzielenie jednostek montażowych (zespołów, podzespołów części),
- opracowanie graficznego planu montażu obejmującej określenie części bazowych dla wyodrębnionych jednostek montażowych oraz metod i kolejności zhierarchizowanego łączenia jednostek montażowych zapewniającej uzyskanie złożonych cech konstrukcyjnych wyrobu,
- wykonanie, na podstawie opracowanego planu montażu, złożenia podzespołów, zespołów i wyrobu w module Assembly Design z modeli cyfrowych części wykonanych w module Part Design.

Rezultaty powyższych działań są niezbędne dla przeprowadzenia analizy technologiczności wyrobu ze względu na montaż i iteracyjnego kształtowania postaci konstrukcyjnej spełniającej wymagania montażu. Uzyskana w kolejnych iteracjach postać konstrukcyjna wyrobu i odpowiadający jej graficzny plan montażu jest podstawą do zdefiniowania grafu następstwa zadań montażowych, który ujmuje zbiór dopuszczalnych wariantów kolejności wykonania złożenia wyrobu.

3.2. Etap koncepcyjny projektowania organizacyjnego

Na etapie koncepcyjnego projektowania organizacyjnego następuje wybór odmiany produkcji uwarunkowany typem i formą organizacji procesu produkcyjnego:

- potokowej- stosowanej najczęściej w produkcji masowej i wielkoseryjnej, dla której:
 - kierunek przebiegu przedmiotu produkcji charakteryzuje się ściśle określonym powiązaniem stanowisk pracy,
 - przebieg przedmiotu produkcji ma wyraźnie wyznaczoną trasę i ustalony kierunek,
 - stanowiska pracy rozmieszczone są w kolejności przebiegu procesu produkcyjnego i przedmiot produkcji przechodzi z jednego stanowiska na drugie ściśle określone stanowisko,
 - obróbka przedmiotu produkcji odbywa się w zasadzie bez przerwy.
- niepotokowej - stosowanej najczęściej w produkcji jednostkowej i małoseryjnej, dla której:
 - kierunek przebiegu przedmiotu produkcji między stanowiskami jest zmienny,
 - więź między stanowiskami nie jest ściśle określona,
 - kolejność operacji natomiast może być zmienna.

Dalsze działania projektowe uwarunkowane były wybraną odmianą produkcji. Dla produkcji potokowej, której charakterystyczną cechą jest rytmiczność, której miarą jest takt wyznacza się średni takt roboczy linii potokowej, jaki powinien zostać osiągnięty z zaprojektowanego systemu.

$$T_s = T_p/P \quad (1)$$

gdzie: T_s - średni takt linii potokowej,

T_p - czas pracy linii potokowej w danym okresie,

P - liczba wyrobów do wykonania w danym okresie.

3.3. Etap szczegółowego projektowania technologicznego

Przyjęty typ i forma organizacyjna montażu oraz graficzny plan montażu wyrobu

ujmujący kolejność złożenia wyrobu zweryfikowaną w module DMU Fitting systemu CATIA jest podstawą opracowania procesu technologicznego montażu karta (karta technologiczna i karty instrukcyjne montażu). W tym celu następuje określenie operacji, zabiegów i czynności montażowych, dobór wyposażenia montażowego, projektowanie koncepcyjne stanowisk montażowych oraz przyjęcie koncepcji i dobór względnie zaprojektowanie komponentów systemu transportowego. Efektem powyższych działań są modele cyfrowe systemu montażu oraz obsługujących stanowiska pracowników. Niezbędne do przeprowadzenia szczegółowych obliczeń organizacyjnych dane np. do obliczenia czasu trwania czynności montażowych pozyskuje się z utworzonych modeli cyfrowych komponentów systemu. Czasy trwania czynności w procesie montażu zostały wyznaczone z zastosowaniem metody ruchów elementarnych MTM.

3.4. Etap szczegółowego projektowania organizacyjnego

Przyjęta struktura procesu technologicznego montażu i wyznaczony czas trwania czynności montażowych tworzących operację są podstawą do przeprowadzenia synchronizacji w zakresie wyodrębnionego podsystemu montażu. Dla rozpatrywanych form organizacyjnych, np. (linii montażowej) działania obejmują:

- obliczenie ilości stanowisk - dla zsynchronizowania potoku należy w miejscach, w których pracochłonność wykonywanych operacji jest większa od taktu średniego, umieścić równolegle kilka stanowisk pracy. Liczbę tych stanowisk pracy uzyskuje się dzieląc pracochłonność poszczególnych operacji przez wartość średniego taktu linii potokowej, wyznaczonej na etapie koncepcyjnego projektowania organizacyjnego i zaokrąglając wynik do pełnych jednostek.
- balansowanie linii - problem BLP dotyczy znalezienia kolejności i ilości przydzielenia czynności do operacji, celem osiągnięcia jak najwyższych wskaźników efektywności produkcji.

Opis BLM wymaga:

- znajomości liczby zadań,
- czasów ich wykonania,
- relacji kolejnościowej zachodzącej między zadaniami przydzielanymi do stanowisk roboczych.

W sytuacji, gdzie liczba stanowisk jest stała, BLM polega na grupowaniu czynności w taki sposób, aby dla istniejącej linii produkcyjnej otrzymać jak największą ilość produktów finalnych. Jest to równoznaczne z minimalizacją cyklu linii montażowej

W sytuacji, kiedy dopiero planujemy liczbę stanowisk roboczych, celem balansowania linii montażowej jest określenie minimalnej liczby maszyn wymaganych dla zapewnienia planowanych ilości wytwarzanych wyrobów finalnych. Jest to równoznaczne z minimalizacją przestrzeni roboczej hal produkcyjnych

Działania realizowano w oparciu o pierwszy wariant, klasyczny model BLM, który można sformułować jako zadanie polegające na pogrupowaniu operacji montażowych w dopuszczalne podzbiory, które tworzą stanowiska pracy na linii montażowej. Dla wybranych form organizacyjnych (gniazd montażowych) realizowane działania dotyczyły przeprowadzenia analizy ergonomiczności projektowanych stanowisk montażowych szczegółowego wykorzystaniem zaimplementowanych w module Human Activity Analysis systemu CATIA method.

Efektem szczegółowego projektowania organizacyjnego jest symulacyjny model cyfrowy systemu wytwarzania wiążący modele cyfrowe komponentów systemu z procesem montażu, ujętym w bibliotece i harmonogramie procesu. W kolejnych testach przeprowadzanych na modelu symulacyjnym następuje badanie i doskonalenie

projektowanego systemu.

4. Wnioski

Kluczowym dla zwiększenia poziomu integracji projektowania procesu i systemu montażu z zastosowaniem aplikacji PLM CATIA, DELMIA będzie wdrożenie i zastosowanie modułu Process Engineer systemu DELMIA, w którym możliwe będzie między innymi:

- przeprowadzenie procedury normowania czasu trwania czynności montażowych,
- równoważenie i balansowanie linii produkcyjnej.

Na obecnym etapie tworzenia koncepcji zintegrowanego projektowania etapy powyższe zrealizowano z zastosowaniem metod: MTM, MOST i BLP oraz systemów je wspomagających. Opierając się na dostępnych opisach, moduł Process Engineer powinien ponadto umożliwić:

- analizę wariantów wytwarzania,
- badania zdolności linii,
- estymację kosztów,
- projektowanie rozmieszczenia stanowisk.

Prace nad wdrożeniem aplikacji DELMIA do przemysłu krajowego i procesu dydaktycznego należy kontynuować, gdyż większość zadań projektowych z zakresu technologiczno-organizacyjnego przygotowania produkcji będzie można zrealizować w jednym środowisku programistycznym z wykorzystaniem wspólnego modelu danych P-Product, P-Process, R-Resours. Należy jednak nadmienić, że aplikacje PLM to tylko narzędzia, które w zdecydowany sposób przyspieszają działania związane z technologiczno-organizacyjnym przygotowaniem produkcji i dopiero użytkowane przez wysokokwalifikowanych specjalistów konstruktorów, technologów, organizatorów produkcji mogą spełnić pokładane w nich oczekiwania.

Literatura

1. Kahlert T.: From a Workgroup Tool to an Enterprise-Wide Strategy. First Int. Conf. Virtual Design and Automation, Poznań, 2004.
2. Chlebus E.: Procesowo zorientowany rozwój produktu i procesów w środowisku narzędzi IT. Konf. Automatyzacja Produkcji. Prace naukowe ITMiAP Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2003.
3. Duda J.: Wspomagane komputerowo generowanie procesów wytwarzania – obecny stan i perspektywy rozwoju. III Forum Integracyjne Polskiego Stowarzyszenia Upowszechniania Komputerowych Systemów Inżynierskich Procax, Jedlnia, 2004.
4. Santarek K., Strzelczak K.: Elastyczne systemy produkcyjne, WNT, Warszawa, 1989.
5. Duda J.: Zastosowanie systemu PLM DELMIA w zintegrowanym komputerowo projektowaniu procesów i systemów wytwarzania. Konf. Jakość, innowacyjność i transfer technologii w rozwoju przedsiębiorstw INTELTRANS 2009.

Dr hab. inż. Jan DUDA, Prof. PK
Instytut Technologii Maszyn i Automatykacji Produkcji
Politechnika Krakowska
31-864 Kraków, Al. Jana Pawła II 37
tel./fax.: (0-12) 628 32 84
e-mail: dudak@mech.pk.edu.pl