

PROBLEMY USPRAWNIANIA MONTAŻU MASZYN CIĘŻKICH – NA PRZYKŁADZIE SPYCHAREK GAŚNIENICOWYCH

Marcin PYĆ, Jerzy ŁUNARSKI

Maszyny ciężkie produkowane są przeważnie jednostkowo lub małoseryjnie, co podyktowane jest różnorodnością wymagań klientów. Wiąże się to z koniecznością dokonywania zmian konstrukcyjnych wytwarzanej maszyny i w ślad za tym również zmian w procesach technologicznych wytwarzania. Mimo tych zmian zachodzi konieczność spełnienia wymagań jakościowych przy zachowaniu ceny akceptowalnej przez klienta.

Spełnienie tych wymagań powoduje konieczność maksymalnego usprawnienia organizacji i technologii wytwarzania i montażu przy pomocy systemu wspomaganie komputerowego. Przykład takiego systemu przedstawiono na przykładzie spycharek gaśnicowych.

Z uwagi na duże gabaryty i ciężary, jednostkową produkcję i jej znaczny asortyment (kilkanaście typów spycharek gaśnicowych) dąży się do uniwersalizacji linii montażowej, w której można by montować różne maszyny do prac ziemnych o znacznym podobieństwie (układarki rur, ciągniki kołowe i in.). W takiej sytuacji procesy technologiczne i organizacja produkcji winny być dostosowane do istniejącej linii montażowej. W przypadku braku odpowiedniego wspomaganie komputerowego powoduje to szereg niedogodności: zwiększony zakres prac projektowych, wydłużenie prac przygotowawczych, możliwość pomyłek wymagających korekty i in. Przykład linii montażowej o takim uniwersalnym przeznaczeniu pokazano na rys. 1.

W związku z tym konieczne jest stworzenie specjalnego systemu wspomagającego montaż, integrującego proces technologiczny montażu oraz rysunki montażowe (z wprowadzeniem uproszczonych rysunków rozstrzelonych (3D), na rzecz zmniejszenia zastosowania rysunków płaskich) i normatywy czasowe w jeden system uwzględniający istniejące ograniczenia produkcyjne.

Funkcjonowanie takiego systemu wspomaganie wymaga opracowania:

- konstrukcyjnej bazy danych o maszynach i ich elementach składowych montowanych na istniejącej linii,
- technologicznej bazy danych o typowych operacjach i zabiegach wykonywanych na poszczególnych obiektach z przyporządkowaniem do poszczególnych stanowisk,
- uzupełniającej bazy danych technologicznych zawierających wykazy narzędzi i oprzyrządowania do poszczególnych zabiegów i operacji, normatywnych czasów kalkulowanych montażu, uśrednionych statystycznie czasów przerw między operacjami.

Z uwagi na znaczną koncentrację zabiegów i operacji na poszczególnych stanowiskach w strukturze operacji (część procesu technologicznego obejmująca montaż ze-

społu lub modułu maszyny) należy wydzielić pozycje (część operacji wykonywana na jednym wydzielonym obszarze stanowiska – obszarów takich może być kilka), ustawienia będące częścią pozycji (wykonywane przy niezmiennym położeniu części bazowej), zabiegi proste (wykonanie jednego połączenia), zabiegi złożone (wykonanie grupy zabiegów łączących dwa elementy maszyny) i zabiegi kompleksowe (wykonanie grupy zabiegów dla połączenia dwóch zespołów).

Przykład kodowania elementów konstrukcji maszyny podano poniżej:

15T3ST010101000Z1K

gdzie:

15 - umowny symbol dla grupy spycharek gaśnicowych o mocy na kole zamachowym 142 [kW] (20 - dla spycharek o mocy 168 [kW], 25 - dla spycharek o mocy 246[kW] i 40 - dla spycharek o mocy 388[kW]),

T3 - typ maszyny (XX) - symbol zmienny, w zależności od wersji maszyny, np. 0H, 0M, T3 (Tier III), itd.,

ST - stały symbol wersji maszyny: ST - podstawowa, WT - wersja WT, LT - wersja LT, LG - wersja LGP o niskim nacisku na podłoże, 6W - (6-WAY),

01 - symbol grupy zespołów głównych (01- 99) - symbol zmienny,

01 - symbol zespołu składowego, dla danej grupy zespołów (01- 99) - symbol zmienny,

01 - symbol podzespołu składowego (01- 99),

000 - symbol zespołu (w przypadku części/podzespołu: 001-999),

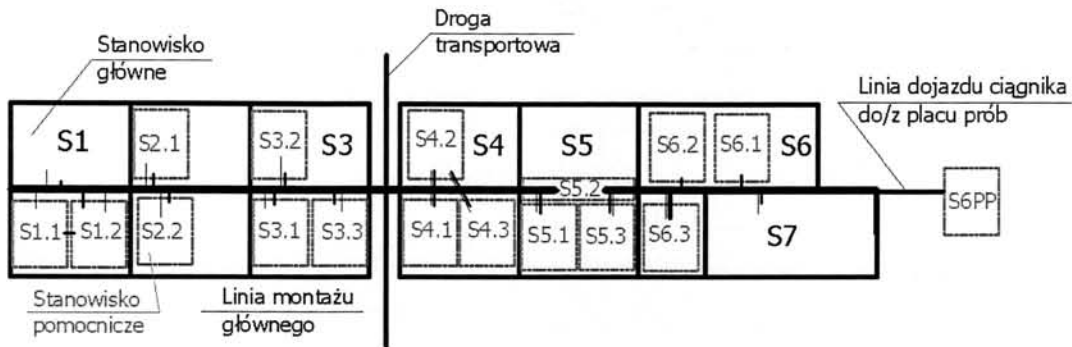
Z1 - symbol kolejnej zmiany (druga cyfra oznacza kolejną zmianę) (Z0- Z9),

K - wyróżnik pochodzenia zespołu/części (X) (K - kooperacja krajowa, I - kooperacja z zagranicą, W - produkcja własna przedsiębiorstwa).

Aby zidentyfikować miejsce występowania stanowisk montażowych na linii montażowej, stworzono jednolity system ich identyfikacji i kolejnego rozmieszczenia, przedstawiony na rys. 1.

System powinien również spełniać funkcje nadzoru nad przebiegiem procesu montażu. Nadzór polega na wprowadzaniu, przez mistrza lub operatorów na poszczególnych stanowiskach, rzeczywistych czasów realizacji prac montażowych, które mogą odbiegać od ustalonych czasów kalkulowanych wskutek:

- konieczności wykonania zwiększonego zakresu prac dopasowujących,
- awaryjności sprzętu zmechanizowanego używanego w montażu,
- przerw z przyczyn organizacyjnych (brak pracownika, potrzebnych części, energii, informacji).



Rys. 1. Schemat graficzny i kody stanowisk w linii montażowej [Opracowanie własne].

Po wprowadzeniu tych danych system może zasymulować przekroczenie danych normatywnych o ustaloną dopuszczalną wartość wskazującą na konieczność przeprowadzenia analizy przyczyn i podjęcia działań korygujących i zapobiegawczych. Jeśli daną dopuszczalną wartość ustalimy np. na 15% ustalonego czasu normatywnego, to T_{KM} - czas kalkulowany (obliczeniowy) całego montażu w [min], w którym zawarte są tylko wartości obliczeniowe poszczególnych czynności. Nie obejmuje on wszelkich czasów oczekiwania między operacjami i między stanowiskami.

Wówczas system będzie sygnalizował przekroczenie norm czasowych określonych wg:

$$T_{KMz} \geq 1,15 \cdot T_{KM}$$

gdzie: T_{KMz} - rzeczywisty czas wykonania całego montażu w [min].

W związku z tym, że jest to warunek założony (15% od czasu kalkulowanego obliczonego), jest on do przyjęcia w aktualnej sytuacji w przedsiębiorstwie. Poprzez usprawnianie techniczno-organizacyjne montażu należy dążyć do jego zmniejszenia. Dlatego gdy proces montażu będzie dobrze zorganizowany, wtedy przyjętą wartość będzie można zmniejszyć. Natomiast powiększenie jego wskaźnika będzie na pojawienie się zakłóceń w montażu. Będzie to sygnałem do rozpatrzenia i wprowadzenia korekty.

Na podstawie prowadzonych danych dotyczących rzeczywistych czasów montażu oraz danych kalendarzowych dotyczących konkretnych okresów realizacji montażu system będzie w stanie określić również planowany i rzeczywisty cykl montażu i gdy rozbieżność tych wartości przekroczy ustaloną wartość np. 20%, to zostanie to zasymulowane w celu przeprowadzenia odpowiednich analiz i korekt.

Jeśli przyjmując, że CK_M - obliczeniowy cykl montażu maszyny w [min], to:

$$CK_{Mz} \leq 1,2 \cdot CK_M$$

gdzie: CK_{Mz} - rzeczywisty cykl montażu maszyny w [min].

Gdy przyjęty warunek zostanie przekroczony, to należy przeanalizować, co było tego przyczyną. Czy wynikły one z przyczyn naturalnych, tj. dni wolne od pracy, weekendy, święta, czy też oczekiwania i przerwy spowodowane były czynnikami organizacyjnymi.

Zadaniem technologa w takim systemie będzie:

- na podstawie otrzymanego od klienta zlecenia dokonanie wyboru typu, zespołów i części maszyny koniecznej do wykonania w określonym terminie,
- z wykazu typowych operacji wybór koniecznych do zmontowania wymaganej maszyny z przyporządkowaniem ich do określonych stanowisk linii montażowej.

Na zakończenie technolog zatwierdza wykaz operacji dla określonej wersji maszyny.

Algorytm funkcjonowania takiego systemu przedstawiony jest na rys. 2.

Jeśli zajdzie potrzeba stworzenia nowej operacji lub modyfikacji operacji, będzie można dokonać tego przez wpisanie oraz wybranie odpowiednich elementów opisu operacji z rozszerzonej bazy danych typowych procesów montażowych oraz z bazy danych oprzyrządowania i pomocy montażowych, rysunków i schematów montażowych oraz bazy konstrukcyjnej.

Przykład wypełnionego opisu dla jednej operacji przedstawiono na rys. 3.

W systemie każda operacja i zabieg posiadają swój kod identyfikacyjny przedstawiony poniżej:

15S795(EL/A-Z)01Z(P/Z/K)P1/U1

gdzie:

15 - to umowne cyfrowe, oznaczenie typu maszyny (np. spycharki), np. 15 oznacza spycharkę o mocy na kole zamachowym 142kW,

S7 - zaproponowane oznaczenie dla stanowiska montażowego, w tym przypadku dla stanowiska nr VII. Gdy dana operacja wykonywana jest na stanowisku pomocniczym, do przyjętego oznaczenia dodaje się numer stanowiska pomocniczego na stanowisku głównym poprzedzo-

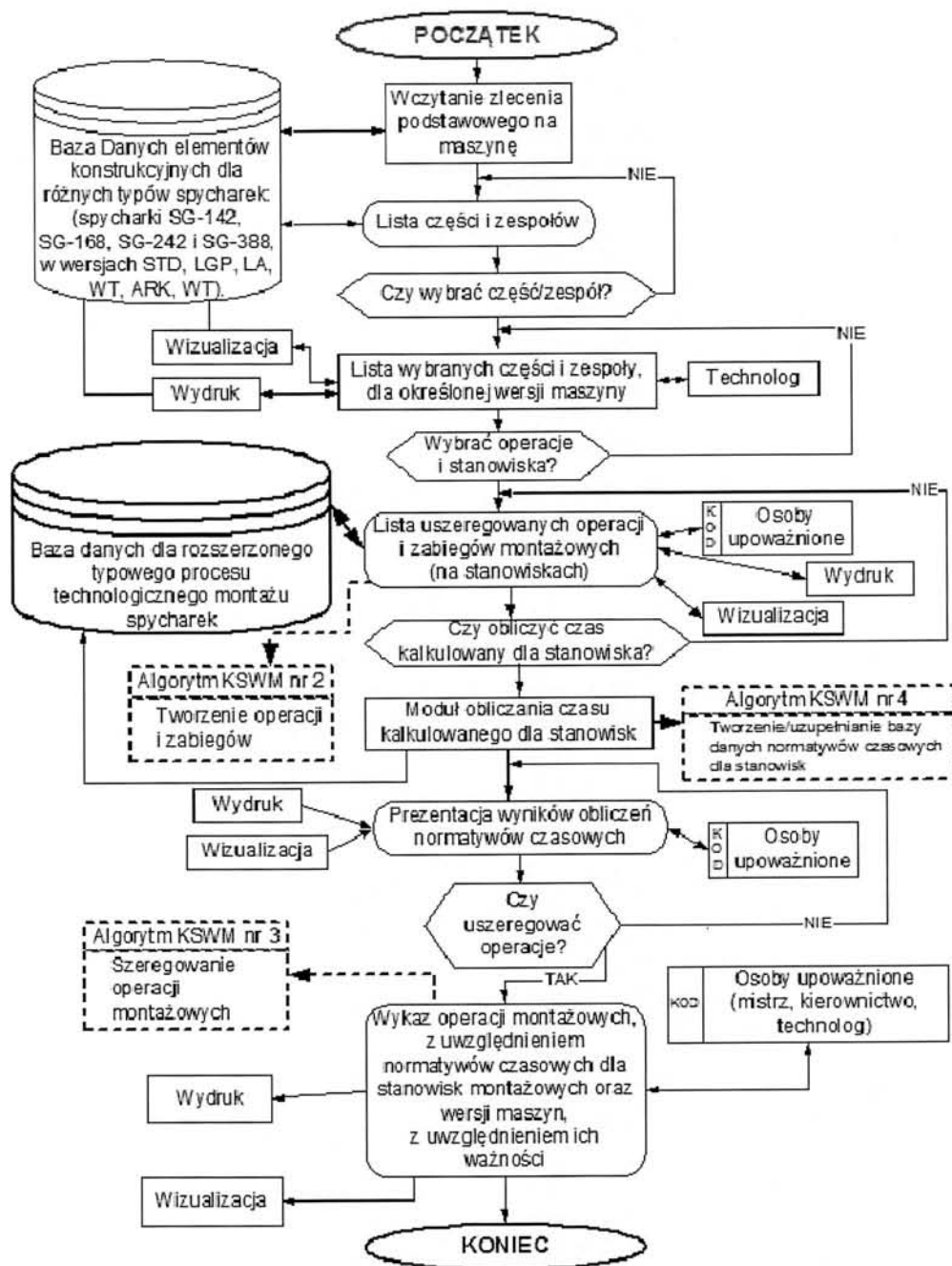
nego kropką, np. S1.2 - oznacza stanowisko do montażu wałów nośnych do ramy głównej,

95 - to oznaczenie kolejnej operacji, zaczerpniętej z przygotowanego wykazu operacji. Numeracja operacji odbywa się w notacji co 5. Gdy wykonywana jest ta sama operacja, ale dla różnych wersji zespołów lub części, wtedy po cyfrach należy wpisać kolejną dużą literę alfabetu. Gdy operacja wykonywana jest z wykorzystaniem części lub zespołów elektrycznych, wtedy po numerze operacji należy wpisać dużymi literami oznaczenie *EL* oznaczające operację elektryczną, np.: 15S7110EL,

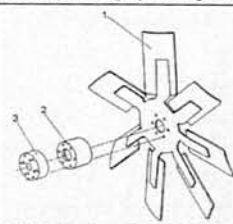
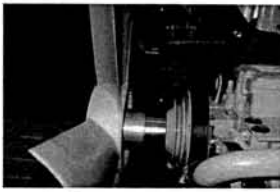
01 - oznaczenie kolejnego zabiegu dla danej operacji montażowej (numery występują kolejno po sobie),
ZK - to umowny symbol oznaczający typ zabiegu (np. ZK - zabieg kompleksowy, ZZ - zabieg złożony i ZP - zabieg prosty),

P1/U1 - oznacza symbol określający pozycję/ustawienie podczas montażu, np.: P1 - to pozycja nr 1/U1- to ustawienie nr 1.

Pierwsze trzy oznaczenia opisują operację montażową, a kolejne opisują zabieg montażowy i ustawienie/pozycję.



Rys. 2. Algorytm przedstawiający zasadę działania systemu.

LOGO FIRMY	PROCES TECHNICZNY MONTAŻU		STD		
Stanowisko: S2	Spycharka gąsienicowa SG-142 T3 Copyright by Marcin Pyć	Nr maszyny:	WT		
Opracował:		Data:	LOP		
			LT		
Nr operacji		Nazwa operacji			
185290	Montaż wentylatora stałego wydmuchowego do silnika				
 <p>Rys. 1. Montaż wentylatora stałego (widok od chłodnicy)</p>  <p>Rys. 2. Zamontowany wentylator do silnika</p>					
SPECYFIKACJA					
Nr	Nazwa części/zespołu	Ilość szt./op.	Nr nakładowy Nr rys. licencyjnego	UWAGI	
	Zespół wentylatora stałego	Wersja STD	15T3ST0316010021K		
1	Wentylator stały wydmuchowy	1	15T3ST03160100121K		
SR1	Sruba M10x140-10.9Z	6	15T3ST03160100221K		
Pd1	Podkładka C-0,8	6	15T3ST03160100321K		
2	Tuleja dystansowa	1	15T3ST03160100421K		
3	Tuleja dystansowa	1	15T3ST03160100521K		
SR3	Sruba M10x50-10.9	4	15T3ST03160100621K		
OPIS MONTAŻU					
Nr zabiegu	Treść zabiegu	Nr części na 1	Masa [kg]	Forma montażowa/wspornikowa	Inne
18529002K	Montaż wentylatora (1) z tulejami (2, 3)	SR1 (M10) 46 ±10%	46	Klucz dyn. z obrotamiem Nastarka IN40M-16 12,7-40	
		SR3 (M10) 46 ±10%	46	Klucz dyn. z obrotamiem Nastarka IN41A-8,12,7	
	Kolejność montażu:	Silnik < 3 < SR3 < 2 < 1 < Pd1 < SR1			
18529002	Kontrola techniczna				
UWAGI:					

Rys. 3. Przykładowy opis dla operacji połączenia zespołu wentylatora z silnikiem [Opracowanie własne].

Mając wyjaśnione podstawowe oznaczenia dla operacji i zabiegów, można przedstawić poszczególne elementy opisu operacji montażowej w procesie technologicznym montażu, do których należą [1,2]:

- a) *opis podstawowy* - zawiera symbol stanowiska, nazwę i nr operacji, nazwisko i imię albo kod technologa, który edytował lub aktualizował treść operacji, datę edycji lub aktualizacji operacji, pełną nazwę maszyny (spycharki) i nr maszyny,
- b) *opis graficzny* - zawiera zmodyfikowane rysunki montażowe rozstrzelone w 3D (eksplozowane), schematy montażowe pomocnicze przedstawiające umiejscowienie montowanego zespołu na zarysie maszyny lub zdjęcia po zmontowaniu zespołów,
- c) *wykaz części i zespołów przeznaczonych do montażu (specyfikacja)* - zawiera nazwę części lub zespołów, z numerami przyporządkowanymi do rysunków lub schematów montażowych oraz do opisu montażu, liczbę sztuk części lub zespołów występujących

w operacji, przyporządkowaną do danej wersji maszyny, nr rysunków wewnętrznych zakładowych) i licencyjnych oraz proponowane kody dla części i zespołów wraz z ich poprzednimi odpowiednikami,

d) *opis montażu* - zawiera kody i treści zabiegów (z przyporządkowanymi numerami części do specyfikacji i rysunków rozstrzelonych), kody montowanych elementów złącznych (gwintowanych) z przyporządkowanymi do nich wartościami liczbowymi momentów dokręcenia i kodami oprzyrządowania i pomocy montażowych, kolejność montażu w zabiegach oraz ewentualne uwagi.

Również oprzyrządowanie i pomoce montażowe mają swoje kody, których wybór z bazy danych typowego rozszerzonego procesu technologicznego montażu i zatwierdzenie dokonuje się poprzez kliknięcie przez technologa.

Tak opracowany proces technologiczny montażu spycharek stanowi wydatną pomoc podczas realizacji montażu, zarówno dla mistrzów linii montażowej, jak i elektro monterów.

WNIOSKI

1. Utworzenie i sukcesywne uzupełnianie (wynikające z nowych opracowań) konstrukcyjnej bazy danych znacznie upraszcza procesy projektowania montażu nowych typów lub konfiguracji spycharek.
2. Utworzenie technologicznej bazy danych typowych operacji powiązanych z poszczególnymi stanowiskami istniejącej linii montażowej sprowadza prace projektowania montażu do zadań wyboru i ewentualnych uzupełnień w przypadku nowych maszyn.
3. Opracowanie kompleksowego systemu wspomagania komputerowego procesów montażu spycharek gąsienicowych i rozszerzenie go na inne typy maszyn montowanych w linii pozwoli na uzyskanie znacznych oszczędności i efektywny nadzór nad przebiegiem prac.

LITERATURA

1. Pyć M.: *Assembly Low - Serial and Multivariant Crawler - Dozers of Computer Aided System*. Proceedings. I International Interdisciplinary Technical Conference of Young Scientists INTERTECH, Poznań, 17-18.04.2008, pp. 248- 251.
2. Pyć M.: *Conception of Computer Aided Bulldozers Assembly in Individual or Multivariant Production*. 11th International Symposium of Students and Young Mechanical Engineers "Advances in Mechanical Engineering", Gdańsk, 24th-26th April 2008, pp. 119- 122.
3. Pyć M., Łunarski J.: *Problemy modularyzacji na przykładzie spycharki*. Technologia i Automatyżacja Montażu nr 1, 2006.

Prof. Jerzy Łunarski jest pracownikiem IMBiGS, Warszawa oraz Politechniki Rzeszowskiej, mgr inż. Marcin Pyć – doktorantem Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej.