

TWORZENIE TYPOSZEREGÓW TECHNOLOGII Z ZASTOSOWANIEM METOD PODOBIENSTWA

RAFAŁ RZAŚIŃSKI

*Institut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania,
Politechnika Śląska
e-mail: rafal.rzasinski@polsl.pl*

Streszczenie. Artykuł przedstawia metodę przekształceń typoszeregów konstrukcji w typoszeregi technologii poprzez transformację wybranych cech konstrukcyjnych. Podstawowym narzędziem tworzenia typoszeregów technologii jest opracowana teoria podobieństwa technologicznego. Metoda określa cechy technologiczne dla podstawowych operacji procesów obróbki: toczeniem, frezowaniem i wierceniem.

1. WSTĘP

W pracy przedstawiony jest sposób tworzenia typoszeregów technologii na podstawie typoszeregów konstrukcji maszyn [4, 5]. Rozpatrywane są zbiory konstrukcji elementów o stałej postaci konstrukcyjnej, a zmieniających się wymiarach. Zbiory te, opisane za pomocą wyselekcjonowanych cech konstrukcyjnych, są algorytmizowane w celu określenia na ich podstawie składników dokumentacji technologicznej. Składniki dokumentacji technologicznej są to cechy technologiczne, które stanowią formę zapisu określonych parametrów technologicznych dotyczących struktury technologicznej i parametrów obróbki.

Proces przekształceń rozpatrywany jest w ujęciu określania technologii na podstawie rozpatrywanej konstrukcji, gdzie w przypadku typoszeregów konstrukcji tworzone są typoszeregi technologii, a w przypadku systemów modułowych konstrukcji - modułom konstrukcyjnym odpowiadają moduły technologiczne.

Realizacja tego rodzaju zagadnień związana jest z zastosowaniem teorii podobieństwa technologicznego [4]. Teoria ta bazuje na podobnym założeniu jak teoria podobieństwa konstrukcyjnego [3, 5], w której dla opracowanej wzorcowej konstrukcji elementu dobiera się jej parametry konstrukcyjne zgodnie z systemem relacji sprzężeń i przekształceń, jakie zachodzą w elemencie. W teorii podobieństwa technologicznego poszukiwane jest podobieństwo całkowite lub połowiczne określonych parametrów technologicznych w odniesieniu do wzorcowo opracowanej technologii metodami tradycyjnymi [1, 2, 3, 5].

Opracowana metoda podobieństwa i wynikające z niej algorytmy, związane z integracyjnym przekształcaniem cech konstrukcyjnych w cechy technologiczne, tworzą metodologiczne podejście w procesie tworzenia typoszeregów technologii maszyn na podstawie typoszeregów konstrukcji maszyn.

2. TYPOSZEREKI KONSTRUKCJI A TYPOSZEREKI TECHNOLOGII

Przekształcanie cech konstrukcyjnych w cechy technologiczne wymaga przeprowadzania wielu powtarzających się i zrutyinizowanych stadiów, przez co proces ten, w obrębie określonego typoszeregu konstrukcji, jest podatny na optymalizację.

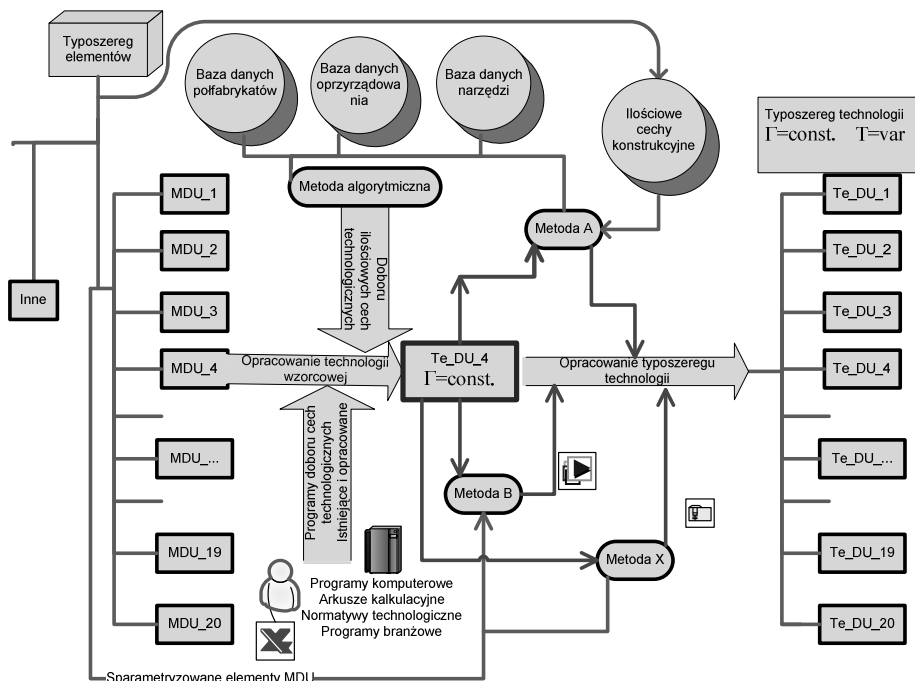
Podstawowymi narzędziami tworzenia typoszeregów technologii jest:

- agregacja wiedzy z zakresu konstrukcji i technologii,
- zastosowanie metody podobieństwa technologicznego,
- zastosowanie metod integracji konstruowania z przygotowaniem wytwarzania, [5, 6],
- tworzenie baz danych składników dokumentacji technologicznej.

Podstawowym założeniem metodologicznym w tworzeniu typoszeregów technologii elementu jest stała lub nieznacznie zróżnicowana struktura technologii Γ_{tej} oraz zmienność ilościowych składników technologicznych T_{atej} nazywanych parametrami technologicznymi [2,5].

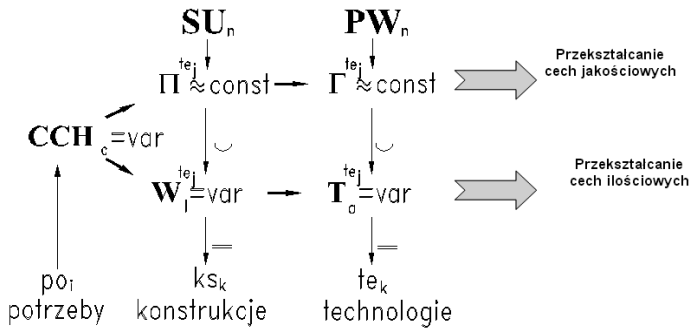
$$te_n^{te_j} = (\Gamma^{te_j})_{const} \cup (T_a^{te_j})_{var} \quad (1)$$

W pracy dąży się do integralnego (całościowego) ujęcia przygotowania typoszeregów technologii (rys. 1). Podejście to powoduje, że dla określonego typoszeregu konstrukcji k_{si} ($i = -n, \dots, 0, \dots, n$) tworzy się typoszereg technologii t_{ei} ($i = -n, \dots, 0, \dots, n$) z zachowaniem stałej (lub nieznacznie zróżnicowanej) struktury technologicznej $\Gamma = const$ oraz zmiennymi (wynikającymi z przekształceń ilościowych cech konstrukcyjnych, [4,7]) wymiarami technologicznymi $T = var$. Proces ten symbolicznie przedstawia rys. 1, gdzie określonej konstrukcji $MDU_{...}$ odpowiada określona technologia Te_{DU} .



Rys. 1. Integralne ujęcie procesu tworzenia typoszeregów technologii

Danymi wejściowymi są elementy w postaci typoszeregów. Dla jednego reprezentanta grupy MDU₄ (zazwyczaj środkowego z typoszeregu) tworzy się technologię wzorcową. Technologia wzorcową jest praktycznie zweryfikowana i stanowi podstawę przekształceń dla nowo tworzonej typoszeregowości technologicznych Te_{...}. Proces przekształceń realizowany jest w dwóch obszarach. Pierwszy to obszar przekształceń cech jakościowych, gdzie na podstawie postaci konstrukcyjnej Π^{te_j} elementu tworzona jest struktura technologiczna Γ^{te_j}. Drugi to przekształcanie cech ilościowych, gdzie na podstawie wartości wymiarów konstrukcyjnych W_i^{te_j} określane są parametry technologiczne T_o^{te_j}. Relacje między obszarami konstrukcji i technologii przedstawia rys. 2.



Rys. 2. Powiązanie między zbiorami konstrukcji i technologii [5]

Określone cechy technologiczne zapisane są zależnością 2.

$$C_{Te} = (\Gamma_s \cup \Gamma_p \cup \Gamma_n \cup \Gamma_o) \cup (T_{pf} \cup T_{ps} \cup T_n \cup T_o) \tag{2}$$

gdzie:

- Γ_s – struktura technologiczna,
- Γ_{pf} – postać półfabrykatu,
- Γ_n – postać narzędzia,
- Γ_o – postać oprzyrządowania,
- T_{pf} – wymiary półfabrykatu,
- T_n – wymiary narzędzia,
- T_o – wymiary oprzyrządowania,
- T_{ps} – parametry obróbki.

W przypadku podejścia indywidualnego uzyskuje się dużą różnorodność procesów technologicznych i ich poszczególnych składników [4]. Każda konstrukcja może mieć inną technologię wytwarzania opracowaną niezależnie, tym samym prowadzi to do wzrostu kosztów wytwarzania, powoduje zwiększenie bazy narzędziowej i oprzyrządowania.

3. PODOBIENSTWO KONSTRUKCYJNE A TECHNOLOGICZNE

Teoria podobieństwa konstrukcyjnego ma swoje podstawy w teorii podobieństwa fizycznego. Modelem w teorii podobieństwa konstrukcyjnego i technologicznego jest konstrukcja i technologia wzorcową [7, 8]. Podstawowym celem pracy jest taki dobór cech konstrukcyjnych nowo konstruowanych środków technicznych, aby uzyskać identyczne stany: fizyczne, stereomechaniczne oraz proste. Natomiast w zakresie tworzenia technologii dąży się do uzyskania identycznych stanów technologicznych: moc skrawania, siły skrawania i wydajność skrawania jak w technologii wzorcowej. To założenie pozwala na algorytmizację doboru ilościowych cech technologicznych (parametry obróbki). Cała struktura technologiczna (rodzaj obróbki, operacje, zabiegi, przejścia) pozostają niezmiennie dla wszystkich elementów typoszeregu.

3.1. Podobieństwo konstrukcyjne

Proces tworzenia typoszeregów konstrukcji z zastosowaniem podobieństwa konstrukcyjnego opisuje wzorcowa konstrukcja $ks_0\{y_{ol}^{e_j}; (l=1, lv_j)(j=1, jz)\}$ oraz wektor potrzeb $\bar{X}_0\{x_{0a}; (a=1, az)\}$ (rys.1). Na ich podstawie tworzy się konstrukcje geometrycznie podobne $ks_i\{y_{il}^{e_j}; (l=1, lv_j)(j=1, jz)\} \in RK_n$, odpowiednio do wektorów potrzeb $\bar{X}_i^u\{x_{ia}^u; (i=1, iz)(a=1, az)\}$, spełniają identyczność relacji sprzężeń i przekształceń [5, 7].

Zdefiniowano dwie podstawowe liczby podobieństwa:

$$\text{➤ podobieństwo parametru } \varphi_{ia}^u = \frac{x_{ia}^u}{x_{0a}}, \quad (3)$$

$$\text{➤ podobieństwo wymiaru } \varphi_{il}^{e_j} = \frac{y_{il}^{e_j}}{y_{0l}^{e_j}}. \quad (4)$$

Podobieństwo geometryczne dwóch konstrukcji $\langle ks_0, ks_i \rangle$ może być:

$$\text{całkowite, gdy } \bigwedge_{l=1, lv_j} \varphi_{il}^{e_j} = \varphi_l^{e_j} = const, \quad (5)$$

$$\text{lub połowiczne, gdy } \bigvee_{l_1, l_2=1, lv_j} \varphi_{il_1}^{e_j} \neq \varphi_{il_2}^{e_j}. \quad (6)$$

Tworzenie typoszeregu konstrukcji powinno zmierzać do pełnego podobieństwa geometrycznego konstrukcji z uwzględnieniem szeregów liczb normalnych.

Podobieństwo geometryczne spełniane jest przede wszystkim ze względu na możliwość stosowania podobnych technologii, a tym samym zmniejszenie kosztów wytwarzania. Jeżeli w typoszeregu konstrukcji weryfikuje się stany stereomechaniczne, to zmierza się do ich zachowania w nowo tworzonych konstrukcjach, odpowiednio jak w konstrukcji wzorcowej. Podobieństwo odnosi się wtedy do zachowania identycznych lub podobnych:

- wyteżeń materiału,
- odkształceń,
- liczb bezpieczeństwa.

3.2. Podobieństwo technologiczne

Danymi podatnymi na algorytmizację w procesie zintegrowanego przekształcania parametrów technologicznych na podstawie cech konstrukcyjnych są ilościowe cechy konstrukcyjne [4]. W teorii podobieństwa technologicznego właśnie te cechy (ilościowe) stanowią podstawę przekształceń. Ważne jest, aby metoda ta była stosowana do tworzenia dokumentacji technologicznej dla typoszeregów elementów. Typoszeregi elementów charakteryzują się tym, że posiadają stałą, niezmienną postać konstrukcyjną dla wszystkich jego elementów, natomiast zmienne są ilościowe cechy konstrukcyjne (wymiary). To założenie pozwala na algorytmizację doboru ilościowych cech technologicznych. Przedmiotem przekształceń są głównie ilościowe cechy technologiczne jak: parametry obróbki, wymiary narzędzia, oprzyrządowania, cechy półfabrykatów itp. W metodzie dąży się do określania warunków podobieństwa. Warunki podobieństwa określają stopień dyskretyzacji wartości obliczanych parametrów technologicznych. Dotyczą one

przekształcania ilościowych cech przyporządkowanych wzorcowemu procesowi technologicznemu [4].

W pracy rozpatruje się podobieństwo parametru konstrukcyjnego (dana wejściowa stanowiąca cechę konstrukcyjną ilościową, oznaczana jako p_i) oraz podobieństwo parametru obróbki (dana wyjściowa stanowiąca ilościowy parametr procesu, oznaczana jako w_i).

➤ podobieństwo konstrukcyjne
$$\varphi_{ik} = \frac{P_{ik}}{P_{0k}}, \tag{7}$$

➤ podobieństwo parametrów obróbki
$$\varphi_{ii} = \frac{W_{ik}}{W_{0k}}, \tag{8}$$

gdzie:

- p_{ik} - k-ty wymiar konstrukcyjny dla i-tej konstrukcji,
- p_{0k} - k-ty wymiar konstrukcyjny dla wzorcowej konstrukcji,
- w_{ik} - k-ty parametr technologiczny dla i-tej technologii,
- w_{0k} - k-ty parametr technologiczny dla technologii wzorcowej,

Celem tworzenia warunków podobieństwa technologicznego jest uzyskanie identycznych stanów technologicznych. Przyjęto, że stany technologiczne są identyfikowane przez 3 podstawowe wielkości:

- moc skrawania,
- objętościowa wydajność skrawania,
- siły skrawania.

W przypadku rozpatrywanych procesów obróbki (toczenie, frezowanie, wiercenie) warunki podobieństwa są zróżnicowane dla każdego rodzaju obróbki. Każdy proces wymaga uwzględnienia innych warunków wynikających z przekształcania cech konstrukcyjnych w parametry obróbki. Dlatego zależnie od typu obróbki wyprowadzane są inne warunki i inne liczby podobieństwa. Przykładowo dla operacji wiercenia będą rozpatrywane szeregi otworów, które możliwe są do wykonania w określonym zakresie średnic, np.: od 10mm do 30mm. Zakres brany jest pod uwagę jako szereg zmieniających się wymiarów zgodnie z wyznaczonym warunkiem podobieństwa uwzględniającym szeregi liczb normalnych.

Warunki podobieństwa technologicznego określają zależności między liczbami podobieństwa konstrukcyjnego a liczbami podobieństwa technologicznego.

Ogólny model przekształcania zależności matematycznych, opisujących stany technologiczne, na liczby podobieństwa dla operacji toczenia (z warunku na moc skrawania), jest następujący:

- określenie wartości stanu technologicznego,

$$P_c = \frac{v_c * a_p * f_n * k_{c0,4}}{240 * 10^3} [kW] \tag{9}$$

- określenie liczby podobieństwa dla wybranego stanu,

$$\varphi_{P_c} = \frac{P_{ci}}{P_{c0}} \tag{10}$$

po uwzględnieniu zależności 9 i 10,

$$\varphi_{P_c} = \frac{\frac{V_i * a_{pi} * f_{ni} * k_{c0,4i}}{240 * 10^3}}{\frac{V_0 * a_{p0} * f_{n0} * k_{c0,40}}{240 * 10^3}} \tag{11}$$

- liczby podobieństwa dla poszczególnych parametrów obróbki,

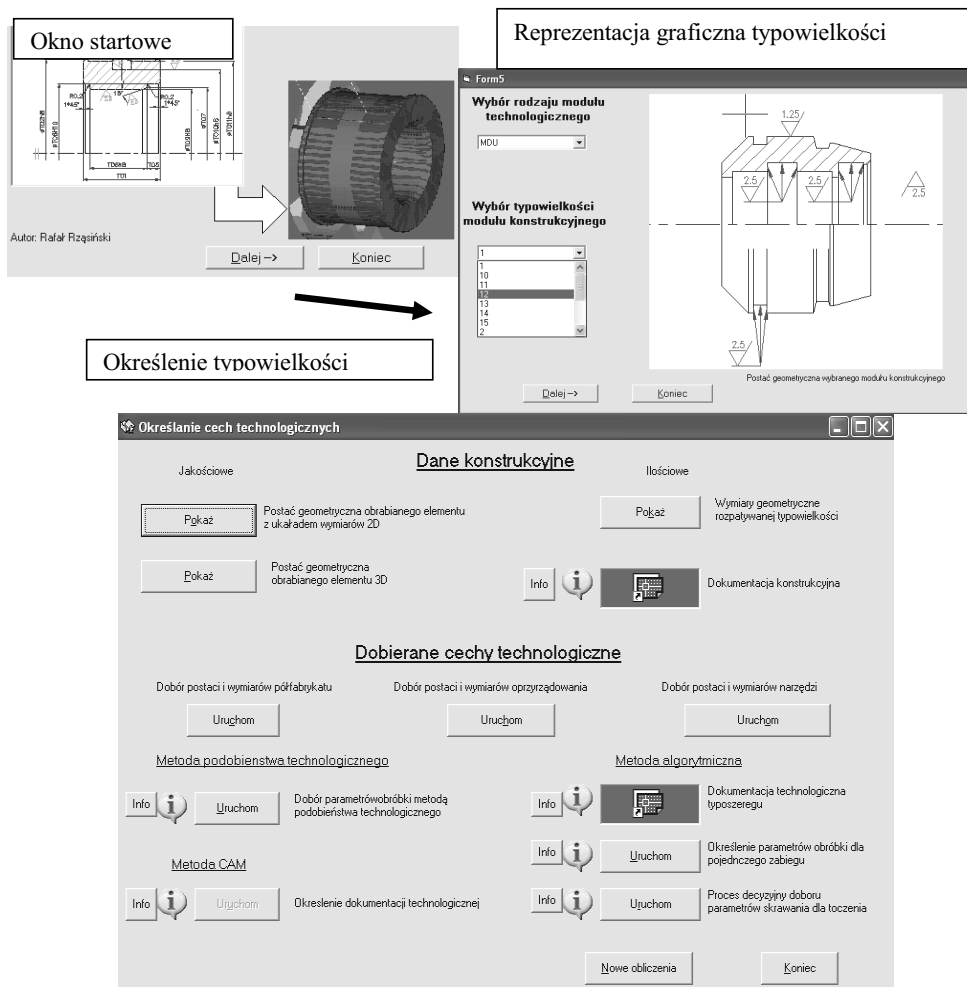
$$\varphi_v = \frac{v_i}{v_0}, \quad \varphi_{a_p} = \frac{a_{pi}}{a_{p0}}, \quad \varphi_{f_n} = \frac{f_{ni}}{f_{n0}}, \quad \varphi_{k_{c0,4}} = \frac{k_{ci}}{k_{c0}}$$

- określenie globalnych warunków podobieństwa, zależnie od cech konstrukcyjnych,

$$w1 - \varphi_{a_p} = \varphi_{D_c} \quad w2 - \varphi_{f_{ni}} = \frac{1}{\varphi_{D_c}} \quad w3 - \varphi_v = 1 \quad w4 - \varphi_n = \frac{1}{\varphi_{D_c}}$$

- obliczanie wartości parametrów dla kolejnych elementów typoszeregu z zastosowaniem obliczonych warunków.

W celu korzystania z opracowanych algorytmów i metod, określania poszczególnych cech technologicznych, opracowano aplikację do półautomatyczne generowanie ilościowych składników dokumentacji technologicznej „Technologia” [7, 8] (rys.3).



Rys. 3. Uogólniony schemat programu „Technologia”

Aplikacja pozwala na korzystanie z utworzonych zasad we współpracy z programem AutoCAD, programem Microsoft Excel i bazą danych w programie Access.

Proces fragmentu aplikacji graficznie przedstawiony jest na rys. 3. W pierwszym etapie dokonuje się wyboru:

- rodzaju typowości,
- typu metody przekształceń.

Proces doboru cech może być realizowany dla pojedynczych zabiegów lub dla całego procesu technologicznego.

Kolejne okno dialogowe pozwala na odczyt informacji na temat wybranego modułu w obszarze *Dane Konstrukcyjne*. Użytkownik ma możliwość uzyskania: rysunku 2D wybranej typowości, rysunku 3D, dokumentacji konstrukcyjnej elementów siłownika dla całego typoszeregu w postaci rysunków wykonawczych w programie AutoCAD, wymiarów konstrukcyjnych w postaci tabeli danych (Microsoft Excel).

Drugi obszar okna dialogowego pozwala na dobieranie cech technologicznych z zastosowaniem: metody algorytmicznej i podobieństwa technologicznego zgodnie z wyznaczonymi warunkami podobieństwa.

LITERATURA

1. Dietrych J. , Kocańda S., Korewa W.: Podstawy konstrukcji maszyn. Cz. 1. Warszawa: WNT, 1971.
2. Osiński Z., Wróbel J.: Teoria konstrukcji. Warszawa: PWN, 1995.
3. G. Pahl, W. Beitz: Nauka konstruowania. Warszawa: WNT, 1984.
4. Gendarz P., Rzański R.: Typoszeregi technologii :przekształcanie cech konstrukcyjnych w cechy technologiczne Gliwice: Wyd. Pol. Śl., 2009.
5. Gendarz P.: Aplikacje programów graficznych w uporządkowanych rodzinach konstrukcji. Gliwice: Wyd. Pol. Śl., 1998.
6. Gendarz P.: Metodologia tworzenia uporządkowanych zbiorów konstrukcji maszyn. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej „Mechanika” nr 141. Gliwice 2002.
7. Rzański R, Gendarz P.: Methods of creation series of types of technology. “Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering”, 2009, Vol. 36, Iss. 2., p. 150-159.
8. Rzański R.: Algorytmizacja procesu przygotowania wytwarzania zorientowana na tworzenie typoszeręgów technologii. W: Materiały konferencji „Metody i środki projektowania wspomaganego komputerowo” Warszawa – Krasiczyn 7-9.09.2009, s. 73-74.

CREATION SERIES OF TYPES OF TECHNOLOGY WITH THE USE OF SIMILARITY METHODS

Summary. This paper presents a method of transition from series of construction to technological ones through transformation of selected constructional features. The basic tools of creating of the series of types of technology on the base of the series of types of construction is technological similarity. Elaborated methods are oriented on processes of machining: turning, drilling and milling.

