METODA TWORZENIA TYPOSZEREGÓW KONSTRUKCJI MASZYN Z ZASTOSOWANIEM TEORII PODOBIEŃSTWA KONSTRUKCYJNEGO

Mateusz Cielniak[1a], Piotr Gendarz[1b]

[1]Instytut Automatyzacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Procesów Wytwarzania, Politechnika Śląska
[a]Mateusz.Cielniak@polsl.pl, [b]Piotr.Gendarz@polsl.pl

Streszczenie

Artykuł przedstawia metodę tworzenia typoszeregów konstrukcji maszyn z zastosowaniem teorii podobieństwa konstrukcyjnego. Wyszczególniono i opisano poszczególne etapy procesu tworzenia typoszeregów: uszczegółowienie systemu, określenie stanów relacji, tworzenie konstrukcji wzorcowej i jej zapis, tworzenie warunków podobieństwa konstrukcyjnego, obliczenie wartości parametrów i wymiarów, analiza stanów typoszeregu oraz jego zapis. Zaprezentowana metoda stanowi podsumowanie przeprowadzonych badań z zakresu generowania typoszeregów konstrukcji.

Słowa kluczowe: typoszeregi konstrukcji, CAD, teoria podobieństwa konstrukcyjnego

MACHINES CONSTRUCTION GENERATION METHOD WITH CONSTRUCTIONAL SIMILATIRY THEORY USE

Summary

This article shows the method of machines construction series of types generation process with constructional similarity theory use. The main stages of the process were distinguished and described: system detailing, relations states definition, model construction generation and saving process, constructional similarity conditions creation, parameters and dimensions calculation, series of types states analysis and saving process. Presented method is a summary of research on the series of types generation process.

Keywords: constructions series of types, CAD, constructional similarity theory

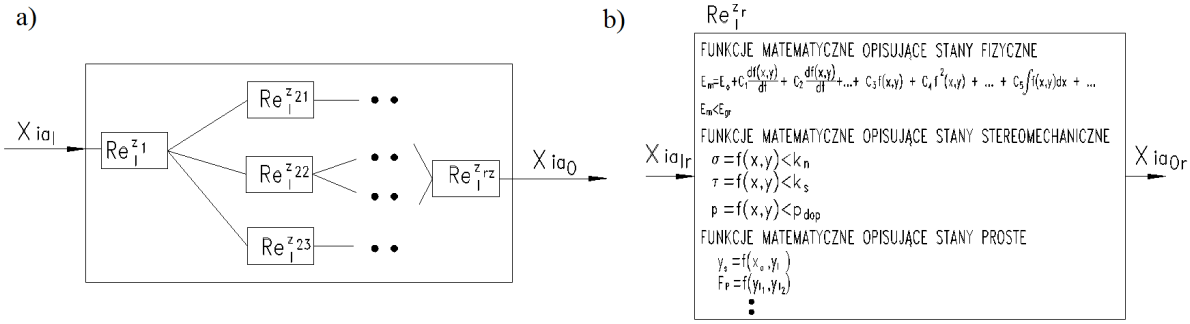
1. WSTĘP

Teoria podobieństwa konstrukcyjnego zakłada, że, bazując na konstrukcji wzorcowej środka technicznego, istnieje możliwość opracowania typoszeregu konstrukcji, zachowując identyczne stany fizyczne środków technicznych opisane przez system z zastosowaniem warunków podobieństwa konstrukcyjnego oraz zunifikowanych cech charakterystycznych [2].

System środka technicznego to układ relacji sprzężeń i przekształceń. Relacje te mogą być opisane przez funkcje matematyczne, które ujmują stany zjawisk fizycznych, stany stereomechaniczne oraz inne stany proste (rys. 1).

Dąży się do tego, aby w całym typoszeregu stany te były w przybliżeniu stałe, stosownie do stanów odpowiadających konstrukcji wzorcowej. Spełnienie teorii podobieństwa konstrukcyjnego w zakresie stanów stereomechanicznych zakłada zachowanie podobnego wytężenia materiału, odkształcenia i liczby bezpieczeństwa [2].

W artykule zaprezentowano poszczególne etapy procesu generowania typoszeregu konstrukcji maszyn. Stanowi on podsumowanie badań przeprowadzonych w ramach pracy doktorskiej M. Cielniaka pt. „Zastosowanie podobieństwa konstrukcyjnego i modelu kosztów w tworzeniu typoszeregów konstrukcji maszyn".



Rys. 1. Matematyczny opis stanów przyszłego środka technicznego [2]

2. TYPOSZEREGI KONSTRUKCJI MASZYN

2.1 USZCZEGÓŁOWIENIE SYSTEMU

Proces generowania typoszeregów konstrukcji rozpoczyna się od wyróżnienia systemu ogólnego charakteryzującego nieuporządkowaną rodzinę konstrukcji (rys. 2). System ogólny definiowany jest jako system sprowadzony do najogólniejszej postaci, najczęściej jednej relacji sprzężenia lub jednej relacji przekształcenia [1]. Pierwszym etapem pracy jest uszczegółowienie systemu ogólnego. Wyróżniona zostaje struktura systemowa, która rozumiana jest jako suma struktur systemowych rozwiązań konstrukcyjnych wchodzących w skład rodziny konstrukcji. Tworzona jest poprzez wyróżnienie układów relacji sprzężeń i przekształceń środka technicznego i stanowi podstawę do analizy różnorodności rozwiązań konstrukcyjnych [1]. Relacje sprzężeń to np. sprzężenia wymiarowe pomiędzy współpracującymi elementami. Przykładem może być relacja pomiędzy średnicą wału a średnicą otworu osadzonej na nim piasty sprzęgła kołnierzowego.

2.2 OKREŚLENIE STANÓW RELACJI

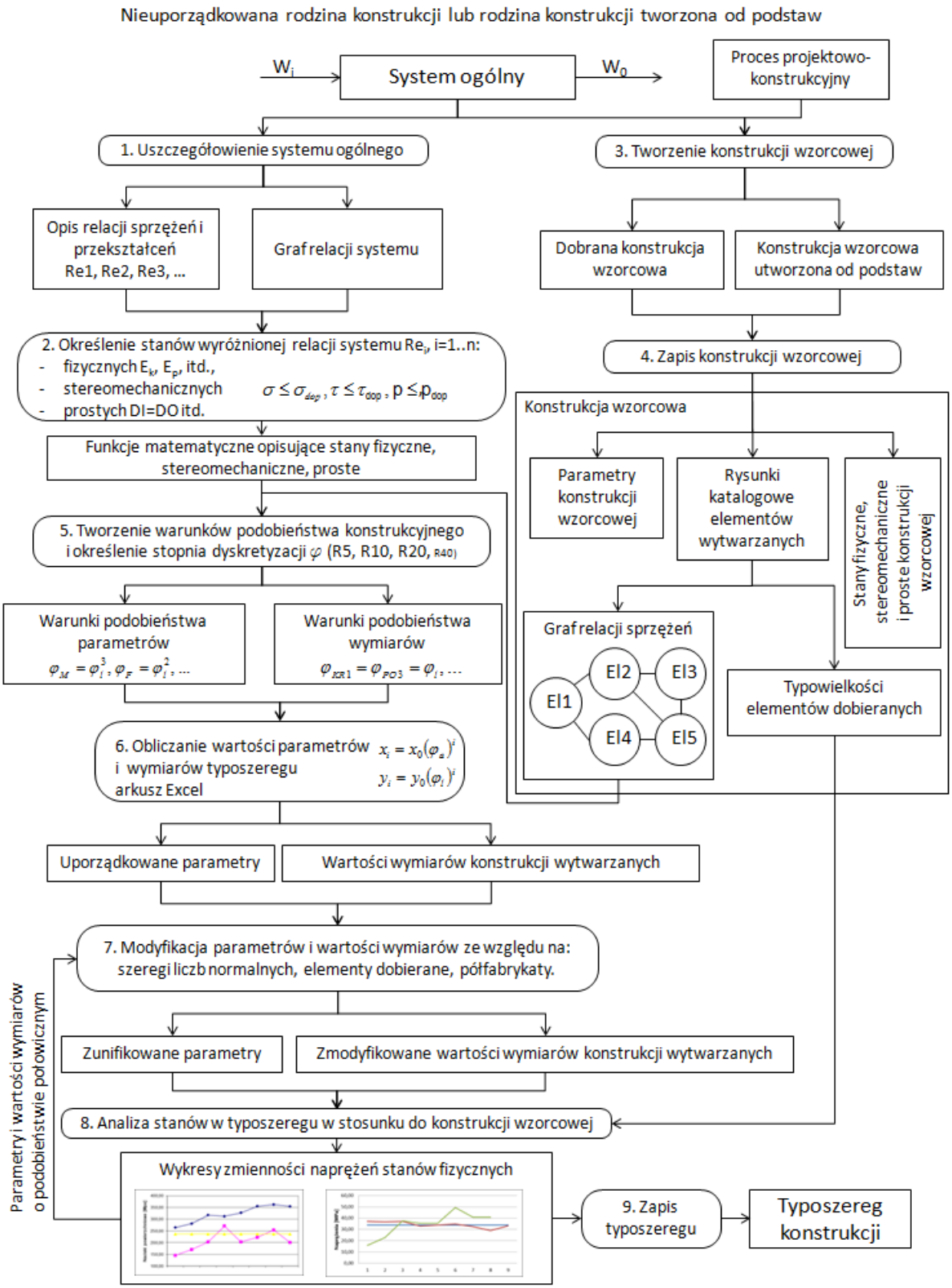
Określone zostają stany każdej z relacji (Re_i, i=1..n) wyróżnionej w poprzednim etapie. Stany mogą być podzielone na fizyczne, takie jak energia kinetyczna, potencjalna itd., stany stereomechaniczne określające naprężenia oraz stany proste, jak wymiary elementów współpracujących ze sobą. Stany te opisane są jako funkcje matematyczne. Stan stereomechaniczny występujący w chwytaku robota wynikający z naprężeń normalnych powstających podczas zginania:

$$\sigma_g = \frac{M_g}{W_x} \leq k_g \tag{1}$$

Stan fizyczny wynikający z relacji przekształcenia energii ciśnienia powietrza na energię mechaniczną :

$$p = \frac{F}{A} \tag{2}$$

Stany zapisane są w formie funkcji matematycznych. Na ich podstawie zdefiniowane zostaną warunki podobieństwa konstrukcyjnego.



Rys. 2. Schemat procesu generowania typoszeregów konstrukcji

2.3 TWORZENIE KONSTRUKCJI WZORCOWEJ

Kolejnym etapem procesu jest tworzenie konstrukcji wzorcowej. Na jej podstawie tworzony jest cały typoszereg konstrukcji. Konstrukcja wzorcowa powinna charakteryzować się optymalnym wykorzystaniem materiału. Maksymalne wytężenie materiału pozwala uzyskać minimalną masę elementu. Dzięki temu jest on tańszy w produkcji, a także w eksploatacji. Wymaga się, by konstrukcja wzorcowa była praktycznie zweryfikowana i optymalna zgodnie z kryteriami wynikającymi z racji celowości technicznej, racji możliwości wytwórczej i racji ekonomicznej. Wytwór uzyskany na jej podstawie powinien być przebadany doświadczalnie [2].

2.4 ZAPIS KONSTRUKCJI WZORCOWEJ

Parametry konstrukcji wzorcowej i stany fizyczne, stereomechaniczne i proste zostają zapisane. Tworzone są rysunki katalogowe elementów wytwarzanych. Na ich postawie powstaje graf relacji sprzężeń pozwalający w kolejnym etapie zdefiniować warunki podobieństwa konstrukcyjnego (rys. 3.)

2.5 TWORZENIE WARUNKÓW PODOBIEŃSTWA KONSTRUKCYJNEGO

Wartości wymiarów wyznaczane są na podstawie funkcji matematycznych opisujących stany fizyczne, stereomechaniczne i proste. Wyróżnić można warunki podobieństwa parametrów oraz warunki podobieństwa wymiarów. Warunek podobieństwa parametru chwytaka robota:

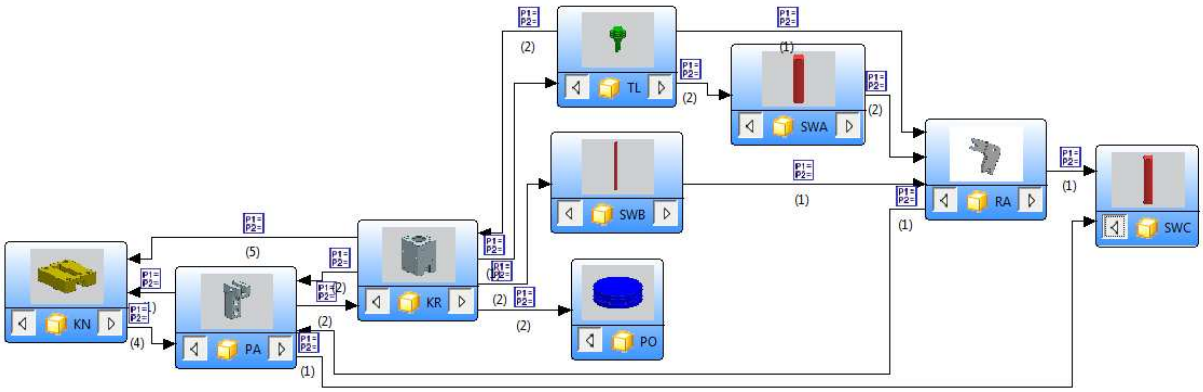
$$\varphi_F = \varphi_l^2 \tag{3}$$

określa zależność pomiędzy liczbą podobieństwa parametru (siła F) a wymiaru. Warunek podobieństwa wymiaru:

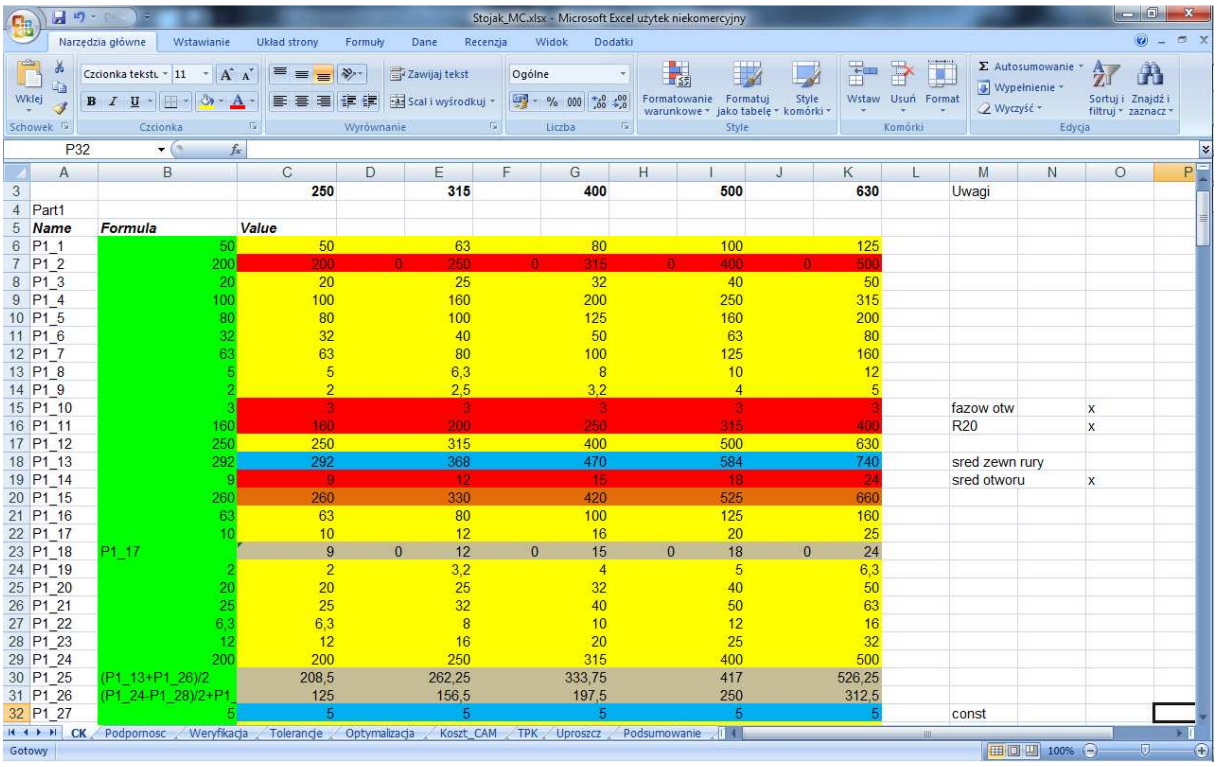
$$\varphi_b = \varphi_h = \varphi_l \tag{4}$$

2.6 OBLICZENIE WARTOŚCI PARAMETRÓW I WYMIARÓW

Wartości parametrów i wymiarów liczone są na podstawie warunków podobieństwa i cech konstrukcyjnych konstrukcji wzorcowej. Zastosowanie arkusza kalkulacyjnego Excel ułatwia ten proces. Zestawienie cech w formie tabelarycznej pozwala na szybkie wygenerowanie wartości wymiarów, wprowadzenie zmian i prezentację wyników na wykresach (rys. 4).



Rys. 3. Graf relacji sprzężeń chwytaka



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
3			250		315		400		500		630		Uwagi		
4	Part1														
5	Name	Formula	Value												
6	P1_1	50	50		63		80		100		125				
7	P1_2	200	200	0	250	0	315	0	400	0	500				
8	P1_3	20	20		25		32		40		50				
9	P1_4	100	100		160		200		250		315				
10	P1_5	80	80		100		125		160		200				
11	P1_6	32	32		40		50		63		80				
12	P1_7	63	63		80		100		125		160				
13	P1_8	5	5		6,3		8		10		12				
14	P1_9	2	2		2,5		3,2		4		5				
15	P1_10	3	3		3		3		3		3		fazow otw		x
16	P1_11	160	160		200		250		315		400		R20		x
17	P1_12	250	250		315		400		500		630				
18	P1_13	292	292		368		470		584		740		sred zewn rury		
19	P1_14	9	9		12		15		18		24		sred otworu		x
20	P1_15	260	260		330		420		525		660				
21	P1_16	63	63		80		100		125		160				
22	P1_17	10	10		12		16		20		25				
23	P1_18	P1_17	9	0	12	0	15	0	18	0	24				
24	P1_19	2	2		3,2		4		5		6,3				
25	P1_20	20	20		25		32		40		50				
26	P1_21	25	25		32		40		50		63				
27	P1_22	6,3	6,3		8		10		12		16				
28	P1_23	12	12		16		20		25		32				
29	P1_24	200	200		250		315		400		500				
30	P1_25	(P1_13+P1_26)/2	208,5		262,25		333,75		417		526,25				
31	P1_26	(P1_24-P1_28)/2+P1_	125		156,5		197,5		250		312,5				
32	P1_27	5	5		5		5		5		5		const		

Rys. 4. Cechy konstrukcyjne wyznaczane w arkuszu kalkulacyjnym Excel

2.7 MODYFIKACJA WARTOŚCI PARAMETRÓW I WYMIARÓW

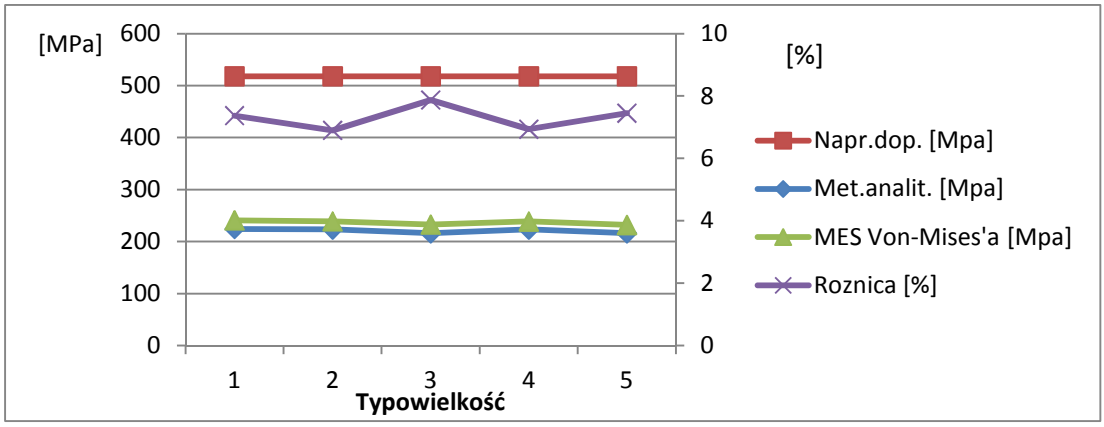
Obliczone wartości parametrów i wymiarów muszą zostać zmodyfikowane ze względu na szeregi liczb normalnych, wartości wymiarów elementów dobieranych na podstawie katalogów lub norm, wymiary półfabrykatów. Efektem przyrównania są zunifikowane wartości parametrów i wymiarów. Modyfikacja wartości obliczonych powoduje odstępstwa od podobieństwa całkowitego. Stany w poszczególnych typowielkościach nie są już identyczne, wahają się w pewnym zakresie.

2.8 ANALIZA STANÓW W TYPOSZEREGU

Zmodyfikowanie wartości wymiarów i parametrów powodują odstępstwa od stałości stanów, np. stereomechanicznych. Konieczne jest obliczenie wartości naprężeń w każdej typowielkości. Efektem procesu są wartości naprężeń stanów fizycznych przedstawionych graficznie (rys. 5). Pozwala to w prosty sposób zaobserwować przebieg zmienności naprężeń, stopień przewymiarowania oraz przekroczenie naprężeń dopuszczalnych.

W przypadku przekroczenia wartości dopuszczalnych konieczne jest zmodyfikowanie parametrów i wymiarów.

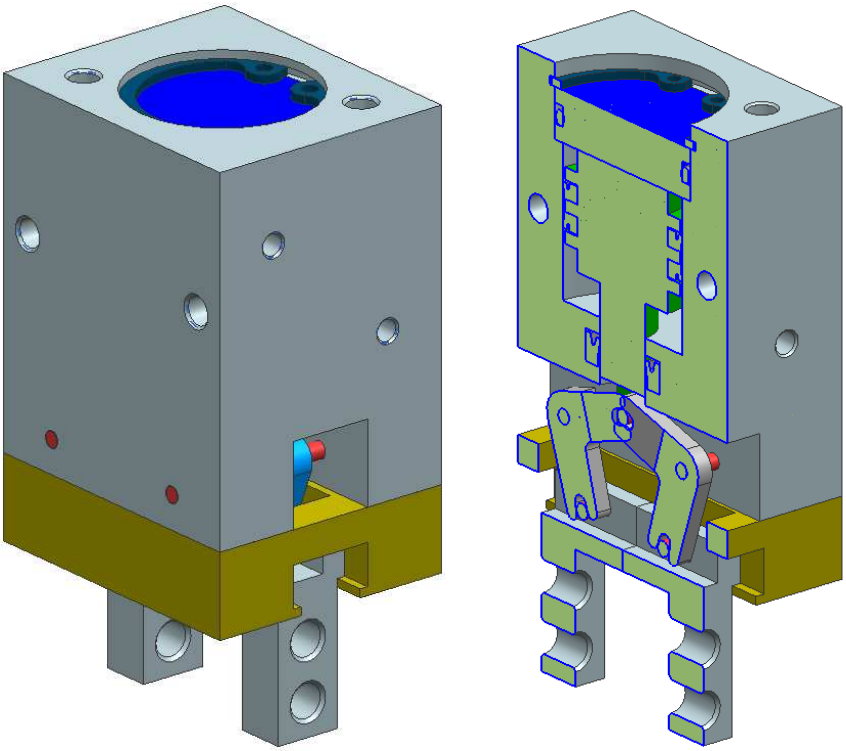
Szczegółowej analizie poddano zagadnienie wytrzymałości zmęczeniowej oraz przydatność metody elementów skończonych w teorii podobieństwa konstrukcyjnego.



Rys. 5. Wykres zmienności naprężeń

2.9 ZAPIS TYPOSZEREGU

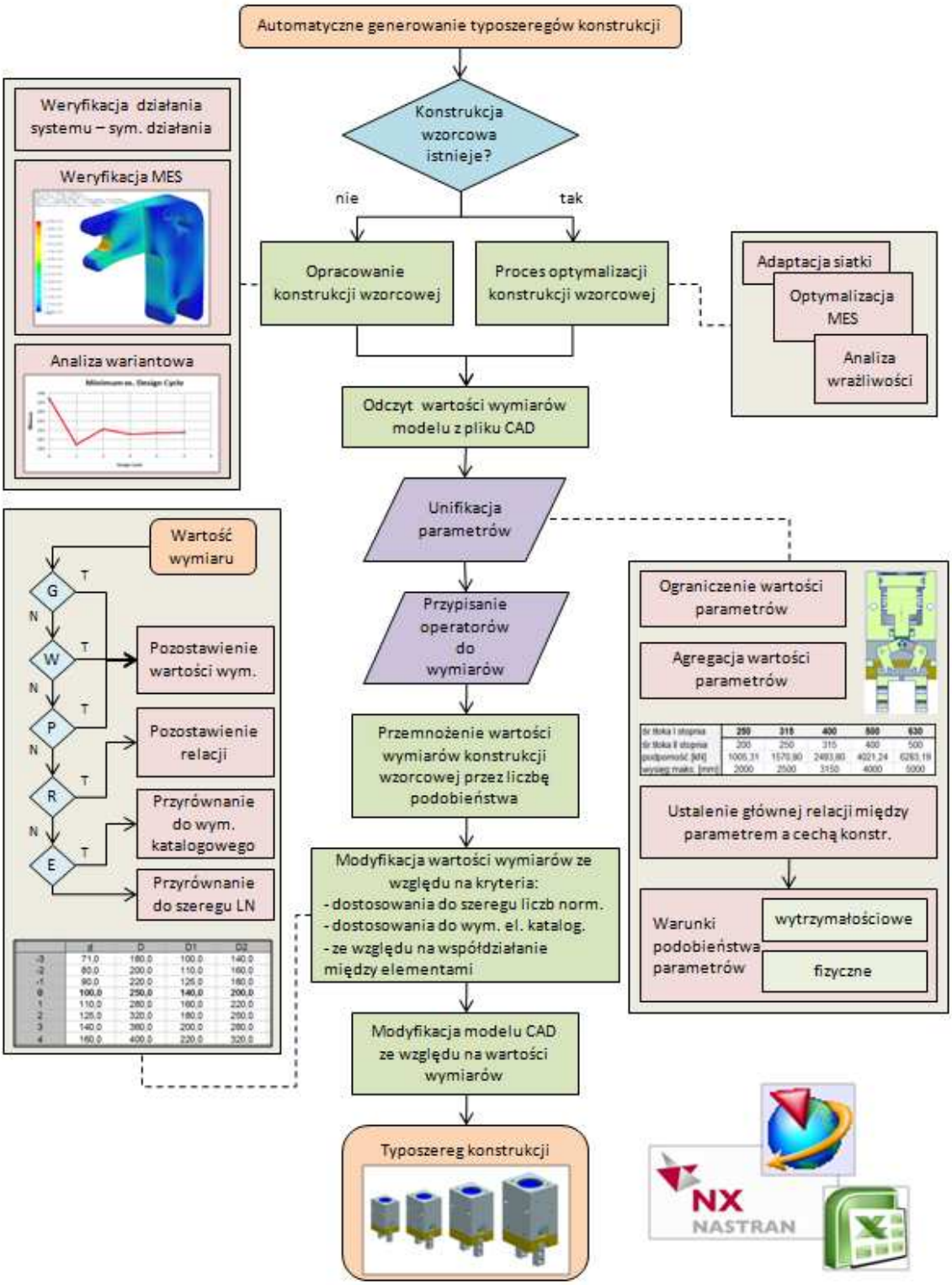
Po analizie stanów prostych ma miejsce parametryczny zapis typoszeregu. Poszczególne elementy typoszeregu zostają zapisane w formie plików CAD zawierających geometrię 3D (rys. 6) oraz rysunki złożeniowe i wykonawcze.



Rys. 6. Zapis chwytaka w programie NX

2.10 ALGORYTM TWORZENIA TYPOSZEREGÓW KONSTRUKCJI

Wyróżnione etapy procesu tworzenia typoszeregów konstrukcji stały się podstawą do zdefiniowania algorytmu. Schematyczny zapis algorytmu przedstawia rys. 7.



Rys. 7. Algorytm tworzenia typoszeregów konstrukcji

3. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone prace zostały wykonane w ramach badań z zakresu generowania typoszeregów konstrukcji i szacowania ich kosztów wytwarzania. Zaprezentowany proces generowania typoszeregów konstrukcji stanowi usystematyzowanie dotychczasowych wyników badań. Proces ten został praktycznie zweryfikowany na przykładzie typoszeregów takich konstrukcji jak: sprzęgło kołnierzowe, chwytak robota, stojak hydrauliczny stosowany w górnictwie. Typoszeregi utworzone w ten sposób potwierdzają poprawność metody.

Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki 6786/T02/2011/40.

Literatura

1. Gendarz P.: Elastyczne systemy modułowe konstrukcji maszyn. Gliwice: Wyd. Pol. Śl., 2009.
2. Gendarz P.: Metodologia tworzenia uporządkowanych zbiorów konstrukcji maszyn. Gliwice: Wyd. Pol. Śl., 2002.