

# OPRACOWANIE SYMBOLICZNEJ REPREZENTACJI WIEDZY PRODUKCYJNEJ W BUDOWIE SYSTEMU ZARZĄDZANIA WIEDZĄ

Alfred PASZEK

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono metodę reprezentacji wiedzy, opracowaną dla potrzeb budowy systemu zarządzania wiedzą produkcyjną. Punktem wyjściowym badań jest analiza procesów przygotowania produkcji, która prowadzi do określenia zbiorów wiedzy produkcyjnej o problemach decyzyjnych. Ze względu na symboliczne przetwarzanie informacji w systemie, elementy wiedzy zostały wyrażone za pomocą przyjętych symboli. Opracowana została reprezentacja wiedzy o konstrukcji oraz strukturze procesu technologicznego elementów maszyn. Wykazano związki pomiędzy tymi reprezentacjami w postaci reguł projektowania zapisywanych w systemie.

**Słowa kluczowe:** wiedza produkcyjna, procesy przygotowania produkcji, reprezentacja wiedzy, reguły projektowania.

## 1. Wprowadzenie

Zarządzanie wiedzą traktowane jest jako zespół działań nadających odpowiednią formę i kierunek procesom zachodzącym w zasobach wiedzy organizacji. Cel zarządzania wiedzą jest uzależniony od sposobu powiązania z ogólną strategią przedsiębiorstwa. Jeżeli jest wpisany w bieżącą strategię to wtedy określa, czy można ją stosować przy istniejących zasobach wiedzy przedsiębiorstwa, natomiast jeżeli jest formułowany niezależnie od strategii, wpływa na powstanie nowych możliwości strategicznych [1, 2]. W obszarze zarządzania wiedzą w przedsiębiorstwie wyodrębnia się kluczowe procesy takie jak: lokalizowanie, pozyskiwanie, rozwijanie, wykorzystanie i zachowywanie wiedzy [3].

Wyniki badań w zakresie rozwoju narzędzi przetwarzania wiedzy przyczyniły się do pojawienia nowych kierunków zastosowania komputerów. Podejmowane są próby implementacji elementów sztucznej inteligencji w systemach zarządzania, ukierunkowane na strategię kodyfikacji wiedzy i odpowiedniego jej zapisu w systemie [4, 5, 6]. W tym zakresie powstaje potrzeba opracowania takich metod przetwarzania wiedzy, które usprawniają procesy porządkowania, wartościowania, przechowywania i wymiany wiedzy [7, 8]. Badania powinny zmierzać w kierunku budowy nowych metod reprezentacji wiedzy, które powinny być związane z procesami zarządzania wiedzą produkcyjną.

Pojęcie reprezentacji wiedzy oznacza niezależny od rozpatrywanej informacji ogólny formalizm przekazywania, zapisywania i gromadzenia dowolnego zasobu wiedzy. Reprezentacja wiedzy to kombinacja struktur danych i procedur interpretacyjnych tak dobranych, że właściwie użyte prowadzą do inteligentnego zachowania i wykorzystania w systemie komputerowym. Zależnie od sposobu przedstawiania wiedzy symbolicznej, reprezentację wiedzy można ogólnie podzielić na proceduralną i deklaratywną [3]. W artykule położono główny nacisk na tworzenie reprezentacji deklaratywnej ze względu na potrzebę opracowania reguł projektowania, zapisywanych w bazie wiedzy systemu.

## 2. Analiza procesu przygotowania produkcji

Opracowanie reprezentacji wiedzy produkcyjnej rozpoczyna się od analizy procesów przygotowania produkcji wybranych elementów maszyn. Analiza ta prowadzi do ustalenia problemów decyzyjnych, których rozwiązanie wymaga określonych zbiorów wiedzy produkcyjnej, gromadzonej w systemie. Pod kątem opracowania wiedzy analiza dotyczy:

- konstrukcji elementów maszyn, np. rodzaj tworzywa, wymiary geometryczne, dokładności wymiarowo-kształtowe powierzchni, chropowatość powierzchni, obróbka cieplna, twardość powierzchni, rodzaj powłoki galwanicznej itp.,
- charakterystyki technologicznej systemu wytwarzania tzn. analiza możliwości wytwórczych danego zakładu produkcyjnego, dane techniczne obrabiarek, zakres zadań realizowanych na danym stanowisku technologicznym, baza narzędzi skrawających i oprzyrządowania technologicznego itp.,
- związków pomiędzy konstrukcją danego elementu oraz strukturą procesu technologicznego, tzn. określenie zabiegów technologicznych oraz środków technicznych, które trzeba zastosować dla uzyskania wymaganych cech elementu,
- możliwości tworzenia nowych rozwiązań konstrukcyjnych elementów oraz właściwych im procesów technologicznych, tj. określenie możliwych zbiorów wyróżnionych cech elementu, które można otrzymać w rzeczywistym systemie wytwarzania na danym parku maszynowym i oprzyrządowaniu technologicznym).

Przygotowanie zbiorów wiedzy bazuje na wieloetapowej strukturze procesu technologicznego elementów maszyn. Kolejność wyróżnionych etapów decyzyjnych wynika z doboru działań wytwórczych, mających na celu zwiększanie dokładności wymiarowo-kształtowej i nadawanie odpowiednich własności przedmiotom obrabianym, aż do momentu uzyskania gotowego wyrobu. W poszczególnych etapach projektowania wybrano cząstkowe problemy decyzyjne, co pozwoliło na ich uporządkowanie według przyjętych zbiorów wiedzy. Poniżej przedstawiono wyróżnione etapy i problemy decyzyjne:

1. Etap doboru materiału wejściowego:
  - określenie zasadniczego rodzaju materiału (np. pręt walcowany, odkuwka),
  - dobór cech charakterystycznych materiału wejściowego (np. wymiarów charakterystycznych).
2. Etap doboru obróbki wstępnej:
  - dobór operacji wejściowych (np. prostowanie, cięcie, toczenie wstępne),
  - przygotowanie podstawowych baz obróbkowych,
  - dobór wstępnej obróbki cieplnej.
3. Etap doboru obróbki zasadniczej:
  - określenie wymaganych podstawowych metod obróbki elementu (np. toczenie, frezowanie),
  - podział obróbki na zgrubną i kształtującą,
  - dobór operacji technologicznych (struktury i kolejności),
  - dobór zabiegów technologicznych dla danej operacji,
  - dobór stanowisk technologicznych i oprzyrządowania,
  - określenie warunków skrawania.
4. Etap doboru obróbki końcowej:
  - dobór rodzaju powłoki oraz linii galwanicznej,

- dobór obróbki powierzchni o specjalnych wymaganiach technicznych (np. polerowania).

Proces rozwiązywania problemów decyzyjnych wymaga utworzenia dopuszczalnych wariantów rozwiązań z punktu widzenia możliwości technologicznych systemu wytwarzania oraz opłacalności produkcji w zakresie minimalizacji kosztów produkcji oraz czasu jednostkowego obróbki. Uwzględniając stopień szczegółowości opisu struktury procesu technologicznego warianty tworzone są na następujących poziomach [3]:

- poziom I - warianty materiałów wejściowych,
- poziom II - warianty operacji technologicznych,
- poziom III - warianty stanowisk technologicznych,
- poziom IV - warianty zabiegów technologicznych,
- poziom V - warianty oprzyrządowania technologicznego.

Warianty poziomu I zależą od rodzaju materiałów wejściowych jakie są możliwe do zastosowania w badanym przedsiębiorstwie. Wielkość produkcji elementów maszyn wpływa na liczbę operacji w procesie technologicznym, co decyduje o liczbie wariantów na poziomie II. Na poziomie III zróżnicowanie wariantów wynika z analizy możliwości wytwórczych parku maszynowego danego przedsiębiorstwa i określenia na jakich stanowiskach można przeprowadzić daną operację. Poziomy: IV i V charakteryzują się mniejszą liczbą wariantów w porównaniu z poprzednimi poziomami. Wynika to z tego, że dla danej operacji jednoznacznie określany zbiór zabiegów technologicznych i w większości przypadków nie ma potrzeby tworzenia nowych zbiorów. Warianty poziomu V ustalane są na podstawie opracowania zestawu dopuszczalnych narzędzi skrawających, przyrządów i uchwytów obróbkowych stosowanych na danym stanowisku technologicznym. Należy zauważyć, że w miarę wzrostu poziomu tworzenia wariantów rośnie poziom szczegółowości opisu procesu technologicznego [6].

### **3. Metoda symbolicznej reprezentacji konstrukcji elementów maszyn**

W systemie zarządzania wiedzą występuje symboliczne przetwarzanie informacji i z tego względu opis konstrukcji powinien być wyrażony za pomocą symboli. Symbole w postaci ciągów znaków alfanumerycznych, budowane są na podstawie przyjętej semantyki i syntaktyki języka opisu konstrukcji elementu. Metoda symbolicznej reprezentacji konstrukcji bazuje na identyfikacji geometrycznych cech konstrukcyjnych elementów maszyn.

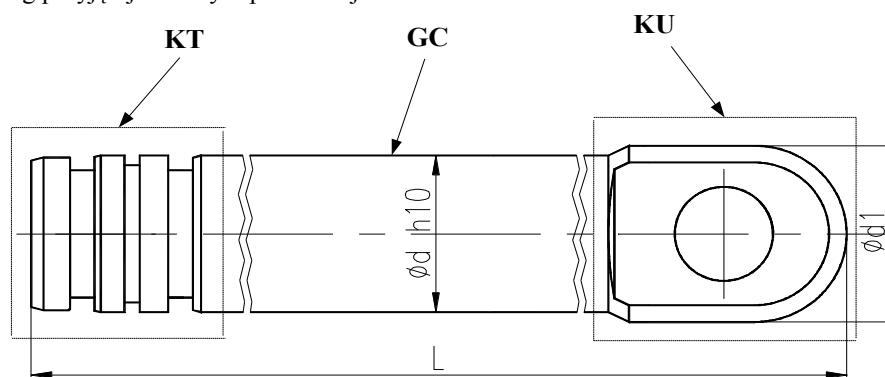
Proces tworzenia symbolicznej reprezentacji konstrukcji elementu przebiega etapowo. W pierwszym etapie ustala się wymiary charakterystyczne nadając im odpowiednie symbole. Wymiarami charakterystycznymi są wymiary gabarytowe elementu jak również wymiary istotnych powierzchni funkcjonalnych elementu, współpracujących z powierzchniami innych elementów (np. wymiarem istotnym jest średnica otworu w kole zębatym osadzonym na powierzchni wałka). Przykładowo dla elementów typu tuleja wymiarami charakterystycznymi są: maksymalna średnica zewnętrzna ( $D_z$ ), średnica wewnętrzna ( $D_w$ ) i długość całkowita ( $L$ ). W następnym etapie dokonuje się podziału konstrukcji na obiekty elementarne zapisując je za pomocą symboli. Obiekty elementarne opisują grupy powierzchni lub pojedyncze powierzchnie elementu spełniające istotną funkcję we współdziałaniu danego elementu z innymi elementami maszyn. Przykładami takich obiektów są: powierzchnie walcowe zewnętrzne i wewnętrzne, powierzchnie czołowe, rowki pod pierścienie uszczelniające, powierzchnie stożkowe itp. Obiekty elementarne scharakteryzowano za pomocą geometrycznych cech konstrukcyjnych.

Przyjęto, że cechy te mogą być stałe lub zmienne. Stałe cechy są ściśle związane z danym obiektem elementarnym, a ich wartość pozostaje niezmienna w trakcie tworzenia zbioru opisującego konstrukcję. Są to np. kąty pochylenia powierzchni stożkowych, promienie zaokrąglenia naroży, a także dokładność wymiarowa gładzi cylindrycznej, tolerancja długości tulei itp. Natomiast zmienne cechy określane są w trakcie dialogu użytkownika z systemem. Przykładami takich cech są podstawowe wymiary obiektu elementarnego, w przypadku rowka - szerokość, głębokość i odległość od bazy wymiarowej, a dla otworu - średnica wewnętrzna, a także chropowatość i dokładność wyróżnionych powierzchni. Do opisu obiektów elementarnych zastosowano symbole, z którymi związane nazwę cechy oraz jej wymiary.

### 3.1. Przykład zastosowania metody symbolicznej reprezentacji konstrukcji

Podstawą zastosowania metody symbolicznej reprezentacji konstrukcji jest analiza dokumentacji konstrukcyjnej elementów siłowników hydraulicznych. Analizowane siłowniki hydrauliczne stosowane są w górniczych zmechanizowanych obudowach ścianowych i wykonywane są jako siłowniki dwustronnego działania. Składają się z rury cylindra wraz z przyłączami zasilającymi, wysuwne tłoczyska z tłokiem, tulei dławnicy zamykającej cylinder oraz kompletu pierścieni i uszczeltek. Koniec tłoczyska oraz rura cylindra wyposażone są w uchwyty (tzw. ucha) służące do zamocowania cylindra. Jako czynnik roboczy stosuje się emulsję wodno-olejową lub olej.

Spośród wyróżnionych grup elementów siłowników wybrano przykładową grupę tłoczysk i opracowano dla niej symboliczną reprezentację konstrukcji. Na Rys. 1 zaprezentowano postać konstrukcyjną tłoczyska, na której zaznaczono cechy opracowane według przyjętej metody reprezentacji.

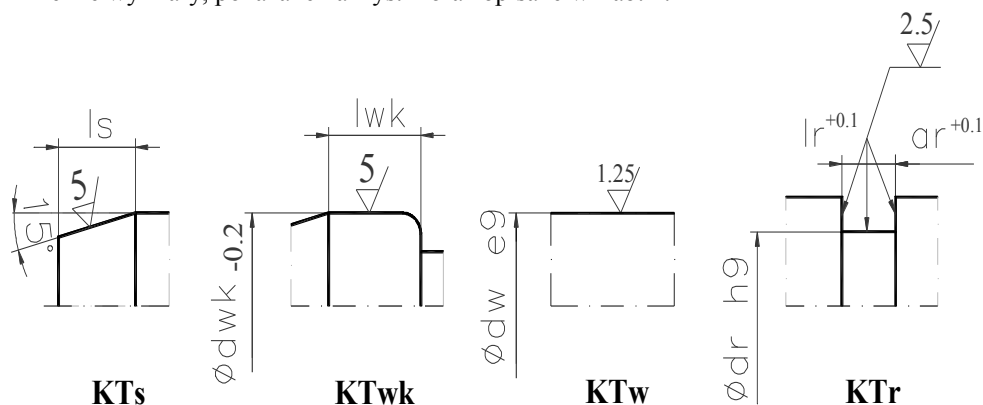


Rys. 1. Postać konstrukcyjna tłoczyska siłownika hydraulicznego

Określono wymiary charakterystyczne grupy tłoczysk, którym przyporządkowano symbole, a mianowicie: długość całkowita tłoczyska (L), maksymalna średnica (lub wymiar poprzeczny) tłoczyska ( $d1$ ) oraz średnica gładzi cylindrycznej ( $d$ ). Kolejnym etapem jest budowa obiektów elementarnych. Przyjęto obiekt elementarny ujmujący gładź cylindryczną tłoczyska (GC) oraz grupy obiektów elementarnych powiązane elementami siłownika hydraulicznego współpracującymi z tłoczyskiem, którymi są:

- końcówka tłoczyska od strony tłoka - KT,
- końcówka tłoczyska od strony ucha - KU.

Grupa KT zawiera obiekty elementarne, dla których zostały wybrane stałe i zmienne wymiary, pokazane na Rys. 2 oraz opisane w Tab. 1.



Rys. 2. Geometryczne cechy konstrukcyjne obiektów elementarnych grupy KT

Tab. 1. Opis cech konstrukcyjnych obiektów elementarnych KT i GC grupy tłoczysek

Symbol obiektu	Geometryczne cechy konstrukcyjne			
	wymiary zmienne		wymiary stałe	
	nazwa	symbol	nazwa	symbol
GC	średnica gładzi cylindrycznej	d	klasa dokładności	ITd = h10
			chropowatość	Rgc = 0,63 [μm]
KTs	długość powierzchni stożkowej	ls	kąt powierzchni stożka	f = 15°
			chropowatość	Rkts = 5 [μm]
KTwk	długość powierzchni walcowej	lwk	chropowatość	Rktwk = 5 [μm]
	średnica powierzchni walcowej	dwk	tolerancja średnicy	Tdwk = -0,2 [mm]
KTw	średnica zewnętrzna	dw	klasa dokładności	ITdw = e9
			chropowatość	Rktw = 1,25 [μm]
KTr	liczba rowków	n	chropowatość	Rktr = 2,5 [μm]
	średnica dna rowka	dr	klasa dokładności	ITdr = h9
	szerokość rowka	lr	tolerancja szerokości	Tlr = +0,1 [mm]
	odległość od gładzi cylindrycznej	ar	tolerancja odległości od gładzi cylindrycznej	Tar = +0,1 [mm]

Na Rys. 3 przedstawiono warianty obiektów elementarnych KU, a w tabeli 2 opisano ich cechy stałe i zmienne.



cd. tab. 2

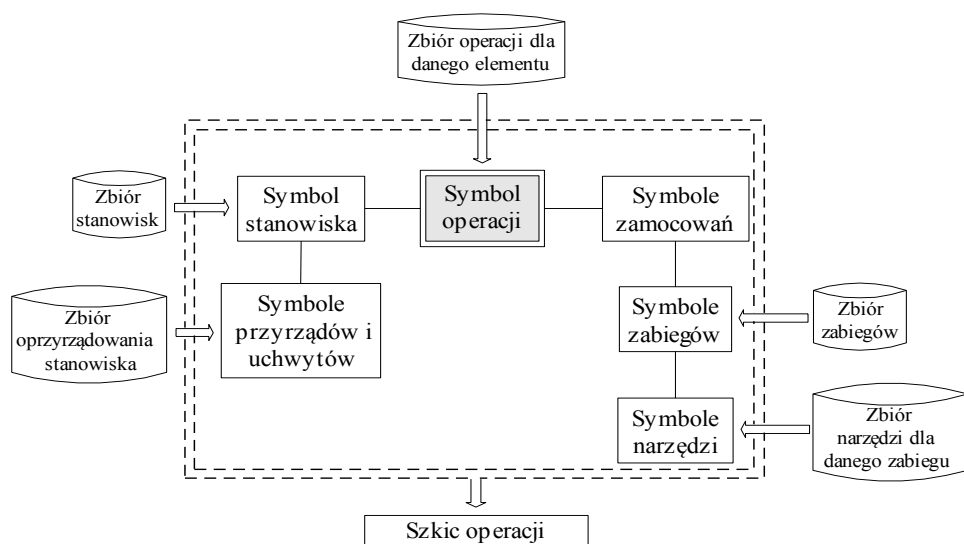
KUC		długość końcówki	lu	kąt sfazowania	f = 30°
				długość fazy	l1 = 5 [mm]
				wymiary fazy	l2 = 2*45°
	PW	średnica	d1	-	-
	OTW	średnica otworu	d	-	-
odległość osi otworu		lo			

Budowa symbolicznej reprezentacji konstrukcji kończy się procedurą nadawania wartości zmiennym wymiarom, co prowadzi do uzyskania wiedzy o konstrukcji wybranego elementu w systemie zarządzania wiedzą.

#### 4. Metoda symbolicznej reprezentacji struktury procesu technologicznego

W budowie systemu zarządzania wiedzą produkcyjną należy opracować symboliczną reprezentację struktury procesu technologicznego. Taką reprezentację stanowią odpowiednie symbole, które w powiązaniu z symbolami reprezentującymi dane wejściowe i konstrukcję elementu maszyny pozwalają na wygenerowanie procesu technologicznego dla tego elementu maszyny. Podstawą budowy reprezentacji jest analiza dokumentacji konstrukcyjnej i technologicznej elementów maszyn przeprowadzone pod kątem ustalenia związków pomiędzy konstrukcją i strukturą procesu technologicznego.

W początkowym etapie utworzono zbiory symboli na podstawie zastosowania poszczególnych wariantów w projektowaniu procesów technologicznych. W kolejnym kroku przyjęto sposób tworzenia symbolicznej reprezentacji struktury procesu technologicznego. Reprezentacja ta jest tworzona na bazie opisu operacji technologicznej, a źródłem tego opisu są zbiory odpowiednich wariantów. Schemat budowy i sposób tworzenia symbolu pokazano na Rys. 4.



Rys. 4. Budowa symbolicznej reprezentacji struktury procesu technologicznego

Ogólną budowę reprezentacji struktury procesu technologicznego przedstawia się jako zbiór symboli uszczegółowionych wiedzą pochodzącą ze zbiorów źródłowych. Stanowi to całościową wiedzę o procesie technologicznym wybranego elementu maszyny. Zapis symbolu struktury procesu technologicznego bazuje na następującej ogólnej formule:

$$\{<OPERACJA>, <STANOWISKO>, <ZAMOCOWANIE\ n>, <ZABIEGI\ n>, (PRZYRZĄDY\ I\ UCHWYTY\ OBRÓBKOWE), (NARZĘDZIA)\}$$

Na podstawie symbolu struktury operacji procesu technologicznego otrzymuje się informacje przedstawiane w formie opisu operacji i szkiców operacji, które mogą wystąpić w odpowiednich miejscach stosowanej dokumentacji technologicznej w systemie zarządzania wiedzą.

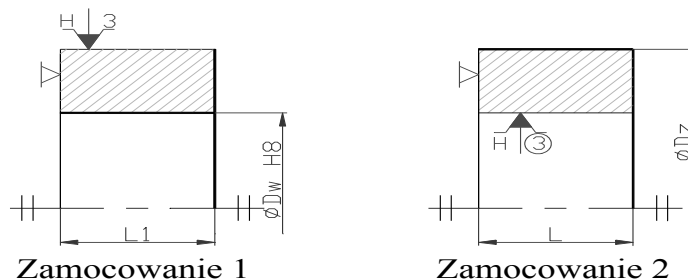
#### 4.1. Przykład zastosowania metody symbolicznej struktury procesu technologicznego

Prezentowany przykład dotyczy projektowania procesu technologicznego elementów maszyn typu tuleja o następujących wymiarach charakterystycznych przedstawionych w symbolicznej reprezentacji konstrukcji: średnica zewnętrzna  $D_z$ , średnica otworu  $D_w$  wykonana w tolerancji H8 i długość całkowita  $L$ . Zapis symbolu operacji procesu technologicznego tulei przedstawiono poniżej:

{Toczenie, EMAG MSC-22, Z1, TCz(L1), WZ(Dwz), WK(Dw), Z2, TCz(L), TZ(Dzz), TK(Dz), (A243/52, A259/25), (hR117.26\_3225-TNMG160408, hR123.26\_3225-CNMG2204, MAUb-150, MMZb/1)}

Na podstawie tego symbolu można scharakteryzować wiedzę o sposobie realizacji danej operacji, a mianowicie:

Obróbka toczenia zewnętrznego i wewnętrznego tulei wykonywana jest na automacie numerycznym typu EMAG MSC-22 w dwóch zamocowaniach. W pierwszym zamocowaniu przeprowadzane są takie zabiegi, jak: toczenie powierzchni czołowej na wymiar  $L_1$ , wytaczanie zgrubne otworu do średnicy  $D_{wz}$  i wytaczanie kształtujące otworu do średnicy  $D_w$ . W drugim zamocowaniu przeprowadzane jest: toczenie powierzchni czołowej na wymiar  $L$ , toczenie zgrubne powierzchni zewnętrznej do średnicy  $D_{zz}$  i toczenie kształtujące powierzchni zewnętrznej do średnicy  $D_z$ . Tuleja jest mocowana w uchwycie tokarskim o szczękach typu: A 243/52 i A 259/25. Narzędziami skrawającymi są noże tokarskie oprawkowe. Pierwszy nóż zbudowany jest z oprawki hR117.26 - 3225 i płytki skrawającej TNMG 160408, zaś drugi nóż posiada oprawkę hR123.26 3225 i płytkę skrawającą CNMG2204. Do pomiarów zostały użyte: suwmiarka MAUb-150 i mikrometr MMZb/1. Odpowiednie szkice operacji przedstawiono na Rys. 5.

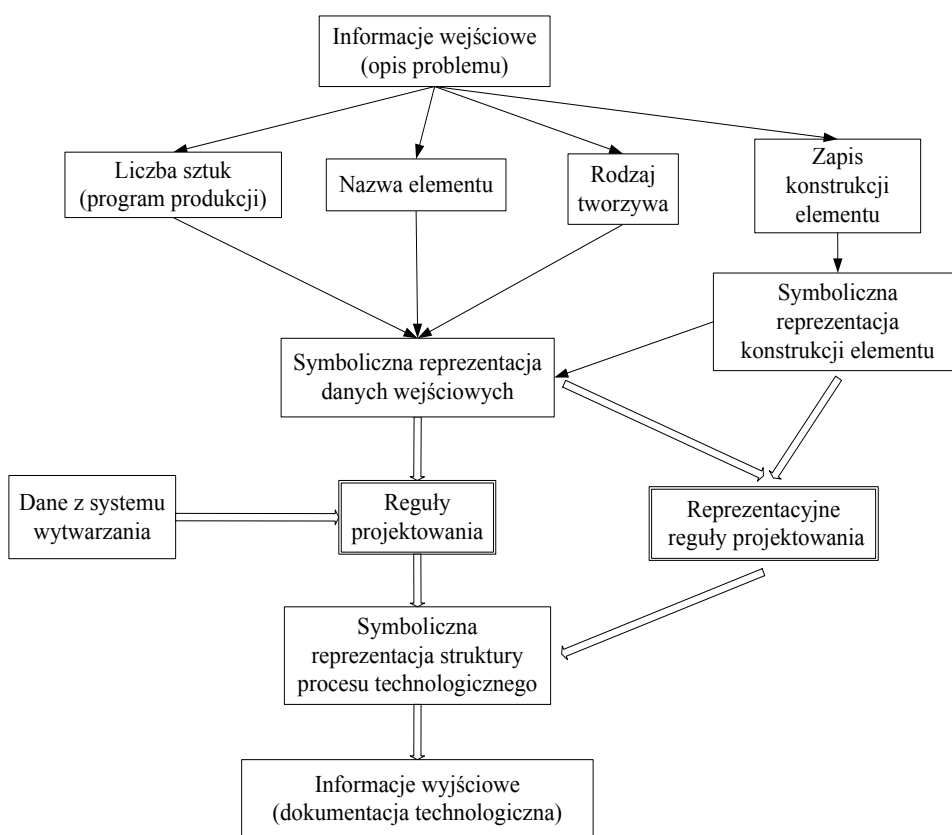


Rys. 5. Szkice operacji toczenia tulei



## 5. Związki symbolicznych reprezentacji konstrukcji i struktury procesu technologicznego

Z istoty projektowania procesów technologicznych elementów maszyn wynika ścisła zależność pomiędzy konstrukcją elementu, a przebiegiem procesu technologicznego w zakresie doboru operacji i środków technicznych potrzebnych do ich realizacji. Na tej podstawie przeprowadzono badania zmierzające do ustalenia związków zachodzących pomiędzy reprezentacjami wiedzy o konstrukcji i strukturze procesu technologicznego elementów maszyn oraz opracowano schemat procesu projektowania z zastosowaniem reprezentacji symbolicznych pokazany na Rys. 6.



Rys. 6. Schemat procesu projektowania z zastosowaniem symbolicznych reprezentacji

Badania prowadzą do opracowania tzw. reguł projektowania, których cel stosowania jest następujący:

- przedstawianie zależności pomiędzy informacjami wejściowymi o problemach decyzyjnych, a wiedzą opisującą rozwiązania tych problemów,
- zapis związków występujących w opisie konstrukcji elementu - reguły przedstawiają uporządkowanie opisu (wymiarów charakterystycznych i obiektów elementarnych) oraz kolejność nadawania wartości wymiarom zmiennym,

- tworzenie wiedzy charakteryzującej strukturę projektowanego procesu technologicznego - wychodząc z zapisu symbolu wyróżnionego elementu struktury na podstawie reguł opisujących symboliczną reprezentację struktury procesu, można otrzymać pozostałe informacje o procesie według założonego poziomu szczegółowości opisu.

Reguły te zostały otrzymane na podstawie analizy procesu przygotowania produkcji elementów maszyn. Ogólna budowa reguły przedstawia się następująco:

**Jeżeli** <konstrukcja> **to** <struktura procesu technologicznego>

W części warunkowej reguły występuje opis wyróżnionych składników konstrukcji elementu maszyny, natomiast część działaniowa zawiera odpowiadający im opis struktury procesu technologicznego (operacji, zabiegów itp.) według założonego poziomu szczegółowości.

Po opracowaniu związków pomiędzy symbolicznymi reprezentacjami tworzone są reprezentacyjne reguły projektowania, które w częściach warunkowych i działaniowych zawierają wyróżnione symbole. Ogólną budowę tych reguł przedstawiono poniżej:

**Jeżeli** <symbol reprezentacji konstrukcji>  
**to** <symbol reprezentacji struktury procesu technologicznego>

Opracowane reguły projektowe oraz ich reprezentacje stanowią reprezentację wiedzy w zapisie bazy wiedzy systemów doradczych, które funkcjonują w ramach systemów zarządzania wiedzą produkcyjną w przedsiębiorstwie.

### 5.1. Przykłady budowy reguł projektowania procesów technologicznych

Budowa reguł projektowania rozpoczyna się od badań wpływu wymiarów charakterystycznych na dobór materiałów wejściowych i operacji w procesie technologicznym elementów typu tłoczysko siłowników hydraulicznych. Przykładowo są to następujące reguły:

- R1: **Jeżeli** maksymalny wymiar poprzeczny  $d1$  jest większy bądź równy 40% od średnicy gładzi cylindrycznej, czyli  $d1 \geq 1,4*d$  **to** materiałem wejściowym jest odkuwka matrycowa
- R2: **Jeżeli** maksymalny wymiar poprzeczny  $d1$  jest mniejszy o 40% od średnicy gładzi cylindrycznej, czyli  $d1 < 1,4*d$  **to** materiałem wejściowym jest pręt walcowany
- R3: **Jeżeli** materiałem wejściowym jest pręt walcowany **to** przeprowadzić operację cięcia materiału i operację frezowania i nakielkowania
- R4: **Jeżeli** materiałem wejściowym jest odkuwka matrycowa **to** przeprowadzić operację frezowania czół i nakielkowania obustronnego

Reguły R1 i R2 określają zależności wymiaru i rodzaju materiału wejściowego, natomiast reguły R3 i R4 stanowią wejście do struktury procesu poprzez dobór operacji wstępnych.

Kolejne przykłady są związane z badaniami związków obiektów elementarnych tłoczyska oraz zabiegów potrzebnych do obróbki zasadniczej tych obiektów. Danemu obiektowi o określonej dokładności wymiarowo-kształtowej odpowiada zbiór zabiegów, wynikających z podziału obróbki na: zgrubną, kształtującą i wykańczającą (Tab. 3). Dla zmiennych cech konstrukcyjnych obiektu, na podstawie normatywów naddatków

technologicznych, dobierane są wartości pośrednie wymiarów, charakteryzujące daną obróbkę.

Tab. 3. Opis związków symboli obiektów elementarnych z zabiegami technologicznymi

Symbol obiektu	Opis zabiegów	Symbole zabiegów
GC	Toczyć zgrubnie do średnicy dz na długości Ldz Toczyć kształtująco do średnicy dk na długości Ldk Dogniatać do średnicy d h10 na długości Lgc	TZGC(dz, Ldz) TKGC(dk, Ldk) DGC(d, Lgc)
KTs	Toczyć kształtująco powierzchnię stożkową 15° na długości ls	TKKTS(ls)
KTwk	Toczyć kształtująco do średnicy dwk na długości lwkk	TKKTwk(dwk, lwkk)
KTW	Toczyć kształtująco do średnicy dw na długości lw	TKKTW(dw, lw)
KTr	Toczyć kształtująco rowek lr do średnicy dr w odległości ar	TKKTr(lr, dr, ar)
PW	Toczyć zgrubnie do średnicy d1z na długości lu Toczyć kształtująco do średnicy d1 na długości lu	TZPW(d1z, lu) TKPW(d1, lu)
PŁ	Toczyć zgrubnie kulę o promieniu Rk Toczyć kształtująco kulę o promieniu Rk	TZPŁ(Rk) TKPŁ(Rk)
PS	Toczyć zgrubnie powierzchnię stożkową na długości ls Toczyć kształtująco powierzchnię stożkową na długości ls	TZPS(ls) TKPS(ls)
PP	Frezować pierwszą stronę ucha do szerokości a1 na długości b Frezować drugą stronę ucha do szerokości a na długości b	F1PP(a1, b) F2PP(a, b)
OTW	Wiercić wstępnie otwór d0 w odległości lo Powiercić otwór d w odległości lo	Ww(do, lo) Pw(d, lo)

Przykład reguły projektowania procesu technologicznego dla wyróżnionego obiektu elementarnego wygląda następująco:

R1: **Jeżeli** *gładź cylindryczna posiada średnicę d wykonaną w klasie dokładności h10 to toczenie zgrubne do średnicy dz na długości Ldz i toczenie kształtujące do średnicy dk na długości Ldk i dogniatanie gładzi do średnicy d z tolerancją h10*

Na podstawie powyższej reguły opracowano reprezentacyjną regułę projektowania:

R1r: **Jeżeli** GC(d) **to** TZGC(dz, Ld) i TKGC(dk, Ld) i DGC(d, Lgc)

W części warunkowej reguły umieszczono symbol obiektu elementarnego GC, a w części działaniowej symbole wymaganych zabiegów technologicznych, związanych z obróbką tego obiektu.

## 6. Podsumowanie i wnioski

Opracowane reguły projektowania zostają zastosowane w procesie implementacji systemu zarządzania wiedzą. Proces ten jest ukierunkowany na komputerowe przetwarzanie elementów wiedzy i wiąże się z procesami wykorzystania i zachowywania

wiedzy. Struktura wiedzy w postaci reguł projektowania zostaje wprowadzona do bazy wiedzy systemu zarządzania przedsiębiorstwem. Niezbędne jest przy tym zastosowanie odpowiedniego narzędzia programowego. Reguły projektowania opracowane na etapie stosowania reprezentacji wiedzy, są przetwarzane według zasad syntaktyki i semantyki zastosowanego języka programowego.

Przeprowadzone badania związane z symboliczną reprezentacją wiedzy produkcyjnej bazują na metodach eksperckich. Uzasadnieniem wyboru takiej metodyki jest specyfika samej wiedzy, która osadzona jest w realiach przedsiębiorstwa i zawiera zbiory informacji o produktach, procesach i systemach produkcyjnych. Opracowana metoda reprezentacji wiedzy powinna wspomagać kluczowe procesy zarządzania wiedzą produkcyjną w przedsiębiorstwie, stąd niezbędne jest korzystanie w takim przypadku z wiedzy specjalistów-ekspertów zajmujących się przygotowaniem i realizacją procesów produkcyjnych. Umożliwia to odwzorowanie sposobu rozumowania ekspertów, rozwiązujących wybrane problemy decyzyjne, które wymagają szczegółowych zasobów wiedzy. Zastosowana metodyka badań pozwala na uzyskanie wyselekcjonowanej, skondensowanej i przeanalizowanej informacji oraz ułatwi podejmowanie decyzji związanych z produkcją.

#### **Literatura**

1. Probst B., Raub S., Romhardt K.: Zarządzanie wiedzą w organizacji. Oficyna Ekonomiczna, Kraków, 2002.
2. Jashapara A.: Zarządzanie wiedzą. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2006.
3. Trajer J., Paszek A., Iwan S.: Zarządzanie wiedzą. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2012.
4. Knosala R. i zespół: Zastosowania metod sztucznej inteligencji w inżynierii produkcji. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2002.
5. Paszek A.: Budowa systemu zarządzania wiedzą w przedsiębiorstwie produkcyjnym. Część I: Metodyka, Zarządzanie przedsiębiorstwem, nr 2/2009, s. 58-64.
6. Paszek A.: Budowa systemu zarządzania wiedzą w przedsiębiorstwie produkcyjnym. Część II: Przykład, Zarządzanie przedsiębiorstwem, nr 1/2011, s. 35-43
7. Kowalczyk A., Nogalski B.: Zarządzanie wiedzą. Koncepcja i narzędzia. Wydawnictwo DIFIN, Warszawa, 2007.
8. Perechuda K. (red. nauk.): Zarządzanie wiedzą w przedsiębiorstwie. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2005.

Dr inż. Alfred PASZEK  
Instytut Innowacyjności Procesów i Produktów  
Politechnika Opolska  
45-370 Opole, ul. Ozimska 75  
tel./fax.: 77 449 8849  
e-mail: a.paszek@po.opole.pl