

# METODA KOMPUTEROWEGO ZAPISU WIEDZY TECHNICZNEJ O PRZEDMIOTACH KLASY KORPUS W KONTEKŚCIE DOBORU OBRABIAREK W ESP

Arkadiusz GOLA, Antoni ŚWIC

**Streszczenie:** Jednym z podstawowych problemów stających na drodze opracowania narzędzia wspierającego człowieka w procesie doboru obrabiarek dla projektowanego systemu produkcyjnego jest możliwość komputerowego zapisu wiedzy o przedmiotach przeznaczonych do obróbki w systemie w sposób umożliwiający proste i szybkie ich przetwarzanie z punktu widzenia efektywności procesu doboru. W artykule zaprezentowano metodę zapisu wiedzy technicznej o przedmiotach klasy korpus zaimplementowaną w systemie zarządzania bazami danych MS Access wykorzystaną w procesie doboru podsystemu obrabiarek w elastycznym systemie produkcyjnym.

**Słowa kluczowe:** wiedza techniczna, zapis wiedzy technicznej, dobór obrabiarek, elastyczny system produkcyjny, wyrób klasy korpus, podsystem obrabiarek ESP.

## 1. Wprowadzenie

Aktualne wymagania rynkowe przejawiające się m.in. w skracających się długościach cyklu życia produktów na rynku narzucają konieczność innego spojrzenia na organizację procesów wytwarzania [1]. Przed projektantami systemów produkcyjnych stawiane są wyzwania projektowania systemów umożliwiających elastyczną a zarazem wysokowydajną produkcję w coraz mniejszych seriach produkcyjnych przy możliwie najniższych kosztach. Z drugiej zaś strony wzrost liczby różnorodnych urządzeń wytwórczych, funkcjonalne połączenie podsystemów technologicznych, transportowych i informatycznych zwiększa stopień trudności problematyki projektowania, rozszerzając ją o zagadnienia sterowania, operatywnego kierowania i zarządzania [2]. W konsekwencji by sprostać stawianym wymaganiom, już na etapie projektowania niezbędne staje się sięgnięcie po sformalizowane metody wspomagające projektanta w realizacji kolejnych zadań projektowych [3]. Najefektywniej zadania te można zrealizować, jeżeli twórczość projektanta wspierana jest techniką komputerową. Dotyczy to zwłaszcza problemu gromadzenia i przetwarzania informacji niezbędnych w procesie projektowym a także generowania różnorodnych wariantów niezbędnych przy próbach zbliżania się do rozwiązania optymalnego [4].

Jednym z aktualnych problemów badawczych w obszarze organizacji systemów produkcyjnych jest konieczność opracowania efektywnego narzędzia wspomagającego projektanta w procesie doboru obrabiarek dla projektowanych systemów produkcyjnych [5,6,7]. Wybór odpowiednich obrabiarek jest zadaniem trudnym, gdyż na decyzję zakupu ma wpływ wielorakość i duża liczba parametrów. Należy przy tym dobrać takie obrabiarki, które będą dawać pewność, że są w stanie obrabiać przewidziane przedmioty (lub rodzinę przedmiotów) o wymaganej jakości, z wymaganą wydajnością i przy odpowiedniej opłacalności [8,9]. W konsekwencji narzędzie takie musi zawierać w sobie rozwiązania umożliwiające gromadzenie i przetwarzanie odpowiednich danych, metodykę selekcji oraz

optymalizacji przyjętych rozwiązań.

W pracy zaprezentowano metodę zapisu wiedzy o przedmiotach klasy korpus mającą zastosowanie m.in. w procesie doboru obrabiarek w elastycznym systemie produkcyjnym.

## **2. Dobór obrabiarek w elastycznym systemie produkcyjnym części klasy korpus – istota zapisu wiedzy o przedmiotach przeznaczonych do obróbki**

Elastyczne systemy produkcyjne (ESP) są nowoczesną i przyszłościową formą organizacji produkcji umożliwiającą wysokowydajną produkcję określonej grupy wyrobów w dowolnym (zgodnym z zapotrzebowaniem) porządkiem, bez istotnego wpływu na ekonomiczne wskaźniki produktywności, w niewielkich partiach o różnej liczności [10].

Podstawowym zagadnieniem projektowym przy budowie ESP jest odpowiedni dobór maszyn technologicznych (obrabiarek). Jest to pierwszy i bardzo ważny etap projektowania, w którym z jednej strony określa się możliwość realizacji procesu technologicznego, a z drugiej formułuje koncepcję wyboru wszystkich pozostałych podsystemów pomocniczych [3,7].

Systemem wspomagającym proces doboru obrabiarek w ESP klasy korpus jest program komputerowy OPTSELECT opracowany w Instytucie Technologicznych Systemów Informacyjnych Politechniki Lubelskiej. Dobór realizowany jest poprzez realizację czterech etapów stanowiących istotę metodyki doboru podsystemu obrabiarek w elastycznym systemie produkcyjnym części klasy korpus [11,12]:

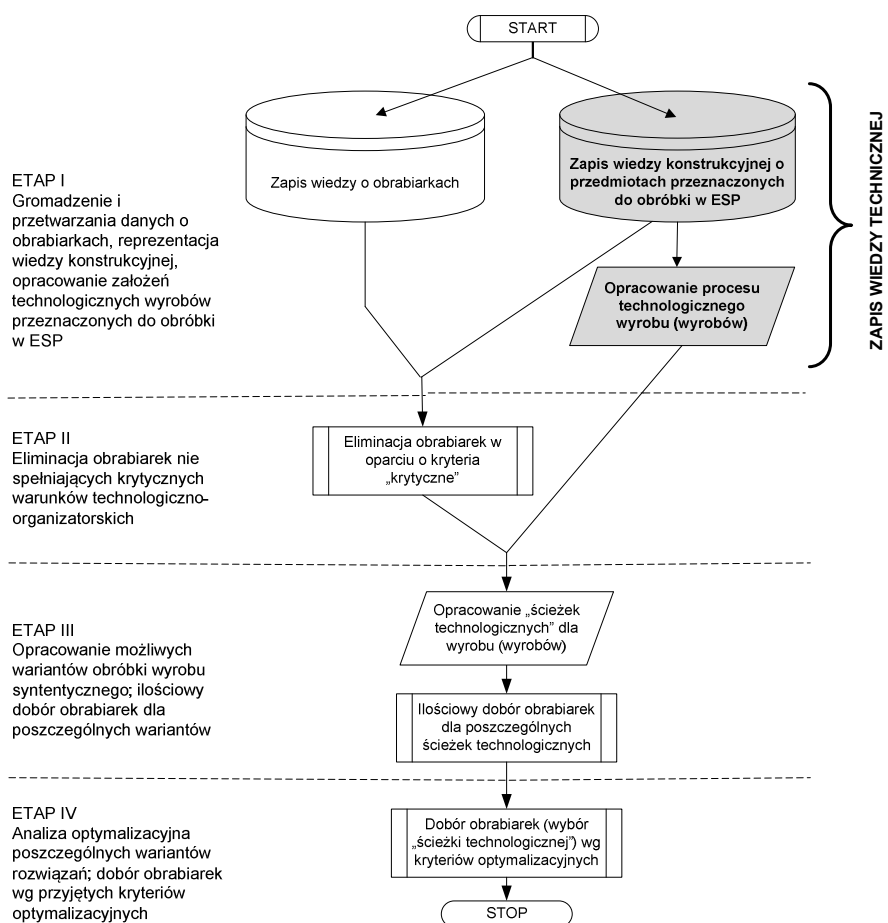
- ETAP I: Gromadzenie i przetwarzanie danych o obrabiarkach, reprezentacja wiedzy konstrukcyjnej, opracowanie założeń technologicznych przeznaczonych do obróbki w ESP,
- ETAP II: Eliminacja obrabiarek nie spełniających krytycznych warunków technologiczno-organizatorskich,
- ETAP III: Opracowanie możliwych wariantów obróbki wyrobu syntetycznego; ilościowy dobór obrabiarek dla poszczególnych wariantów,
- ETAP IV: Analiza optymalizacyjna poszczególnych wariantów rozwiązań; dobór obrabiarek wg przyjętych kryteriów optymalizacyjnych

Jednym z warunków koniecznych dających możliwość wykorzystania systemu komputerowego wspomagającego proces doboru obrabiarek jest uprzednie wprowadzenie odpowiednich parametrów technicznych o przedmiotach przeznaczonych do obróbki w systemie (rys. 1). Aby było to możliwe opracowano metodę reprezentacji i zapisu wiedzy o charakterze konstrukcyjnym, technologicznym i organizacyjnym dla części klasy korpus. Metoda została zaimplementowana w sposób praktyczny przy wykorzystaniu systemu zarządzania bazami danych MS Access.

## **3. Struktura bazy danych do zapisu wiedzy konstrukcyjnej o przedmiotach klasy korpus**

Podstawowym kryterium oceny efektywności doboru maszyn technologicznych w systemie jest możliwość obróbki wszystkich wyrobów przeznaczonych do wykonania w projektowanym systemie z uwzględnieniem określonych parametrów technicznych i założeń projektowych. Sam proces doboru realizowany jest w dużej mierze m.in. poprzez porównywanie odpowiednich parametrów obrabiarki z parametrami przedmiotu według określonych kryteriów i zasad. Istotna jest więc możliwość takiego komputerowego zapisu

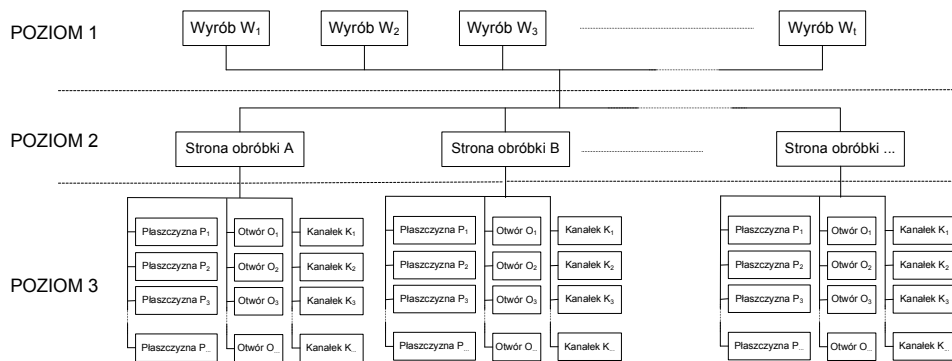
wiedzy konstrukcyjnej o przedmiotach, która będzie umożliwiała proste i szybkie przetwarzanie danych w celu zwiększenia efektywności procesu doboru.



Rys. 1. Ogólny algorytm metodyki doboru obrabiarek w ESP klasy korpus [11]

Po analizie tradycyjnej dokumentacji konstrukcyjnej i technologicznej części klasy korpus z jednoczesnym uwzględnieniem przebiegu procesu doboru obrabiarek, opracowano trójpoziomową strukturę bazy danych umożliwiającą relatywnie szybkie i łatwe wprowadzenie odpowiednich parametrów (rys. 2).

Z poziomu pierwszego użytkownik ma możliwość wprowadzenia danych o charakterze informacyjnym definiującym jednoznacznie wyrób przeznaczony do obróbki w projektowanym ESP. W szczególności wprowadzane są takie dane jak: nazwa wyrobu, symbol wyrobu, wymiary gabarytowe półfabrykatu (wraz z odległościami niezbędnymi do zamocowania przedmiotu na palecie obróbkowej lub przyrządzie), masę półfabrykatu, zakładany roczny program produkcyjny części.



Rys. 2. Struktura bazy danych do zapisu wiedzy konstrukcyjnej o częściach klasy korpus

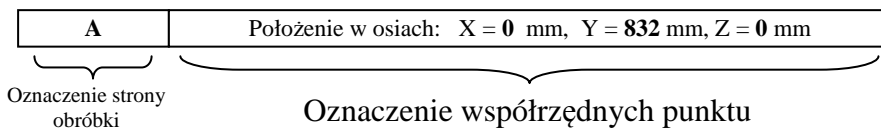
Z poziomu drugiego definiowane są bazowe strony obróbki wyrobu. Przez pojęcie bazowej strony obróbki rozumie się rzeczywistą lub wirtualną płaszczyznę w przestrzeni obróbkowej zdefiniowaną pod względem położenia, umożliwiającą jednoznaczne sparametryzowanie współrzędnych obiektów przeznaczonych do obróbki dla określonego wyrobu. Dla potrzeb opisu bazowych stron obróbki opracowano jednolity system klasyfikacji stron obróbki (punkt 3.1).

Z poziomu trzeciego bazy danych definiowane są kolejne obiekty przeznaczone do obróbki w odniesieniu do określonych wyrobów klasy korpus. W szczególności istnieje możliwość zdefiniowania trzech podstawowych obiektów obróbki – obiekt typu płaszczyzna, otwór lub kanałek (punkt 3.2).

### 3.1. Klasyfikacja bazowych stron obróbki dla przedmiotu klasy korpus

Aby możliwe było automatyczne sprawdzenie możliwości obróbki określonego wyrobu na określonej obrabiarce niezbędne staje się jednoznaczne zdefiniowanie położenia zarówno samego wyrobu jak i wszystkich obiektów przeznaczonych do obróbki w przestrzeni roboczej obrabiarki. Istotne jest przy tym zdefiniowanie położenia, jak i określenie strony, z której realizowany będzie proces obróbkowy.

Przedmioty klasy korpus są przedmiotami o charakterze przestrzennym, których obróbka w elastycznym systemie produkcyjnym realizowana może być z wielu stron po uprzednim zamocowaniu na palecie technologicznej (obróbkowej) [13]. Do opisu bazowych stron obróbki przyjęto system literowo-cyfrowy określający stronę obróbki i współrzędne punktu bazowego charakteryzującego położenie bazowej strony obróbki (rys. 3).

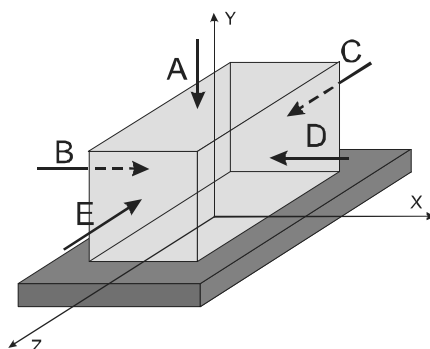


Rys. 3. Przykład oznaczenia bazowej strony obróbki

System klasyfikacji stron obróbki oparty został na pięciu podstawowych stronach obróbki oznaczonych symbolami (rys. 4):

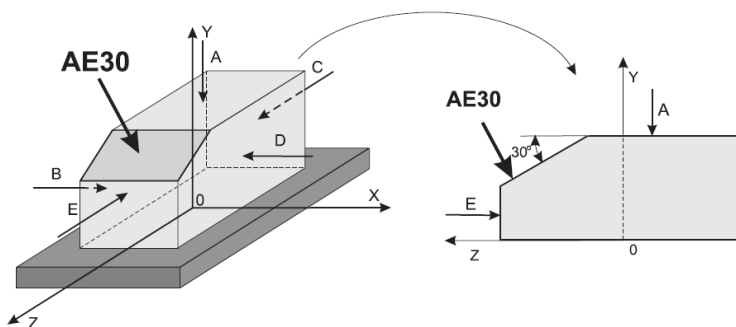
A – bazowa strona obróbki (płaszczyzna) równoległa do powierzchni palety

- technologicznej,
- B – bazowa strona obróbki (płaszczyzna) prostopadła do powierzchni i równoległa do jednej z dłuższych krawędzi palety technologicznej,
  - C,D,E – bazowe strony obróbki (płaszczyzny) prostopadłe do powierzchni palety technologicznej, obrócone zgodnie z ruchem wskazówek zegara o kąty odpowiednio  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  i  $270^\circ$  w stosunku do przyjętej bazowej strony obróbki B.



Rys. 4. Oznaczenia literowe podstawowych stron obróbki

W przypadku dodatkowych bazowych stron obróbki położonych pod określonym kątem względem podstawowych stron obróbki oznaczenie ma charakter literowo-cyfrowy, gdzie litery oznaczają bazowe strony obróbki, względem których określone jest położenie i liczba określająca kąt położenia płaszczyzny względem płaszczyzn bazowych (np. oznaczenie AE30 określa bazową stronę obróbki między płaszczyznami A i E nachyloną pod kątem  $30^\circ$  względem bazowej płaszczyzny A – rys. 5).



Rys. 5. Przykład oznaczenia bazowej strony obróbki położonej pod kątem  $30^\circ$  względem podstawowych bazowych stron obróbki A i E

Dla jednoznacznego określenia położenia bazowej strony obróbki w przestrzeni definiuje się współrzędne położenia jednego dowolnego punktu bazowego na płaszczyźnie względem układu współrzędnych, którego środek pokrywa się ze środkiem płaszczyzny czołowej palety obróbkowej, na której zamocowany jest wyrób (zob. rys. 6).

### 3.2. Zapis wiedzy konstrukcyjnej o obiektach przeznaczonych do obróbki

Zdefiniowanie bazowej strony obróbki wg klasyfikacji przedstawionej w punkcie 3.1 daje możliwość zdefiniowania strony obróbki w przestrzeni oraz określa płaszczyznę odniesienia strony obróbki dla każdego z obiektów przeznaczonych do obróbki w danym wyrobie. Przeprowadzona analiza właściwości przedmiotów klasy korpus [14] pozwoliła na wyodrębnienie 3 podstawowych obiektów poddawanych obróbce:

- Płaszczyzny,
- Otwory,
- Kanałki.

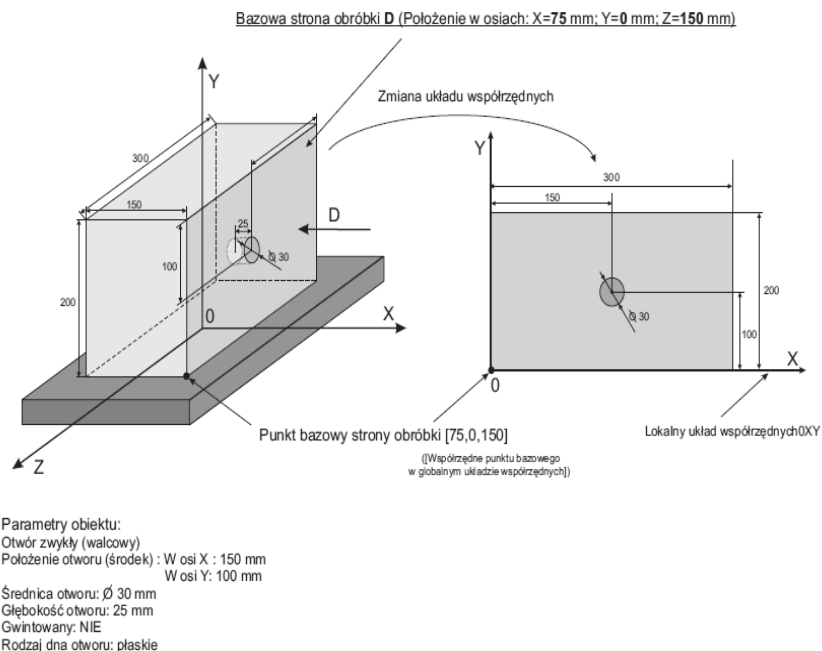
Płaszczyzny obrabiane są najczęściej w celu uzyskania narzuconej przez konstruktora chropowatości powierzchni lub jej płaskości. Wyróżnia się dwa rodzaje płaszczyzn: wewnętrzne (rowki) lub zewnętrzne (występy), dla których określa się: współrzędne zakresu obróbki w osiach X i Y (w układzie lokalnym na bazowej stronie obróbki względem położenia punktu bazowego), wartość odsunięcia od bazowej strony obróbki, chropowatość powierzchni czołowej i/lub bocznej (dla rowków) oraz inne informacje dotyczące obrabianej płaszczyzny (np. odchyłka płaskości).

Otwory podzielić można na otwory walcowe (proste) i stożkowe (zbieżne). W przypadku otworów definiowane są współrzędne środka otworu, jego wymiary (średnica lub średnice, kąt nachylenia), parametry chropowatości, odchyłki położenia i wymiaru), informacje o przelotowości, gwincie, głębokości obróbki i inne.

Charakterystycznym rodzajem obiektu występującym w wyrobach klasy korpus są kanałki wykonywane pod mocowanie pierścieniem osadczym (tzw. segerem). Obiekty te wykonywane najczęściej obróbką frezowaniem lub rozwiercaniem stanowią pewnego rodzaju „wycięcie” w wykonanych uprzednio otworach. Dla obiektów typu kanałek określone są takie parametry jak: współrzędne położenia środka kanałka, szerokość i średnica kanałka, odsunięcie od płaszczyzny bazowej, wartość chropowatości powierzchni walcowej i czołowej kanałka oraz inne wartości związane z obiektem (np. odchyłki położenia i wymiaru).

Wszystkie z powyższych obiektów definiowane są indywidualnie i niezależnie względem siebie, każdy zaś z nich identyfikowany jest przez niepowtarzalny symbol nadawany przez użytkownika w momencie wprowadzania obiektu do bazy. W przypadku otworów złożonych (z pogłębieniem walcowym, stożkowym) są one dekomponowane na elementy podstawowe (otwór walcowy, stożkowy), z których każdy definiowany jest oddzielnie.

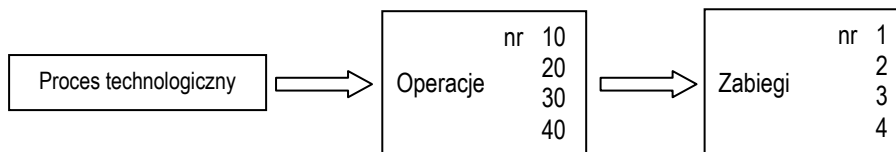
Dla jednoznacznego określenia położenia wszystkich z powyższych obiektów w przestrzeni obróbkowej obrabiarki niezbędne jest zdefiniowanie współrzędnych położenia względem związanej z obiektem bazowej strony obróbki. Współrzędne położenia punktu charakterystycznego (lub punktów charakterystycznych) – np. środka otworu, kanałka, określa się w dwuwymiarowym lokalnym układzie współrzędnych na płaszczyźnie pokrywającej się z bazową stroną obróbki, którego środek pokrywa się z punktem bazowym strony obróbki (rys. 6).



Rys. 6. Przykład zapisu położenia i wybranego parametrów obiektu typu otwór walcowy

#### 4. Zapis wiedzy technologicznej o obróbce części klasy korpus

Drugą, obok zapisu wiedzy konstrukcyjnej, kwestią pozostaje zapis informacji o procesach technologicznych dla przedmiotów przeznaczonych do obróbki w systemie. Przez proces technologiczny wyrobu rozumie się wykaz czynności wykonywanych w ściśle określonej kolejności prowadzących do zmiany kształtu, wymiarów i właściwości obiektów obrabianych w wyrobie [13]. W tradycyjnej formie proces technologiczny składa się sekwencyjnie z dwóch elementów głównych: operacji i zabiegu (rys. 7).



Rys. 7. Elementy głównego procesu technologicznego [15]

Operacja jest podstawowym elementem procesu, którego celem jest zmiana wymiarów, kształtu i położenia danej części. Zabiegiem nazywa się tę część operacji, której czynności główne odbywają się:

- w celu uzyskania jednej powierzchni lub zespołu powierzchni,
- bez zmiany narzędzi pracy,
- bez zmiany parametrów obróbki,
- przy jednym ustawieniu i zamocowaniu.

Podział operacji na zabiegi nie zawsze jest wyraźny i niezbędny. W przypadku projektowania procesu doboru obrabiarek dla ESP zapis procesu technologicznego został ograniczony do listy zabiegów wykonywanych kolejno na poszczególnych obiektach poddawanych obróbce.

Dzięki przyjętej metodzie zapisu wiedzy konstrukcyjnej w przebiegu procesu technologicznego wyeliminowano potrzebę zapisu wymiarów i innych parametrów obiektu. Dla każdego zabiegu definiowane są jedynie:

- numer zabiegu (określający jego miejsce w procesie technologicznym),
- rodzaj obróbki (frezowanie, wiercenie, rozwiercanie, itd.),
- dokładność obróbki (zgrubna, kształtująca, wykańczająca, na gotowo),
- typ obiektu (płaszczyzna, otwór, kanałek),
- obiekt będący przedmiotem zabiegu (poprzez wczytanie z bazy danych – zapis konstrukcyjny),
- naddatek na obróbkę (tylko w przypadku obróbki zgrubnej i wykańczającej).

Informacja o przebiegu procesu technologicznego części wczytywana jest przez użytkownika na bazie opracowanej dokumentacji technologicznej. W momencie zdefiniowania obiektu dla określonego zabiegu system automatycznie pobiera odpowiednie dane na temat położenia obiektu, jego wymiarów, dokładności położenia i wymiarów, chropowatości powierzchni itd. Przykład zapisu fragmentu procesu technologicznego części został przedstawiony w tabeli 1.

Tab. 1. Przykład procesu technologicznego części (fragment)

Nr zabiegu	Rodzaj obróbki	Dokładność obróbki	Typ obiektu	Obiekt	Naddatek na obróbkę [mm]
1	Frezować	zgrubnie	płaszczyznę	P6	0,8
2	Frezować	na gotowo	płaszczyznę	P5	-
3	Frezować	na gotowo	płaszczyznę	P2	-
4	Frezować	na gotowo	płaszczyznę	P3	-
5	Frezować	na gotowo	płaszczyznę	P4	-
6	Wytaczać	zgrubnie	otwór	O17	3,0

## 5. Podsumowanie

Jednym z podstawowych zagadnień występujących przy projektowaniu i tworzeniu oprogramowania wspierającego człowieka w realizacji jakichkolwiek działań jest zapewnienie możliwości prostego i szybkiego wprowadzania odpowiednich danych w sposób umożliwiający ich selekcjonowanie, przeglądanie i weryfikowanie. Często by było to możliwe należy uprzednio opracować koncepcję gromadzenia informacji w sposób ustrukturalizowany, dający późniejszą możliwość szybkiego dostępu do nich i szybkiego ich przetwarzania.

Problemem tego rodzaju jest możliwość komputerowego zapisu wiedzy technicznej (konstrukcyjnej i technologicznej) o przedmiotach przeznaczonych do obróbki w systemie produkcyjnym w sposób umożliwiający optymalny dobór maszyn technologicznych wykorzystywanych do ich wytwarzania. W niniejszym opracowaniu przedstawiono metodę reprezentacji i zapisu wiedzy technicznej o przedmiotach klasy korpus w kontekście doboru obrabiarek w elastycznym systemie produkcyjnym. Metoda ta umożliwia relatywnie szybkie i proste „przeniesienie” danych zapisanych w formie tradycyjnej dokumentacji konstrukcyjnej i technologicznej do programu komputerowego wspomagającego dobór podsystemu obrabiarek ESP.

Zaprezentowana metoda oparta została na trójpoziomowej strukturze bazy danych



umożliwiającej zapis konstrukcji i związanym z nią modułem do zapisu wiedzy technologicznej. Niniejsza koncepcja została zaimplementowana w środowisku systemu zarządzania bazami danych MS Access i stanowi integralny moduł programu OPTSELECT do doboru podsystemu obrabiarek w elastycznym systemie produkcyjnym części klasy korpus. Może być ona jednakże wykorzystywana niezależnie dla celów komputerowego zapisu i archiwizowania dokumentacji technicznej a także zastosowana w innych aplikacjach użytkowych.

## Literatura

1. Zawadzka L.: Współczesne problemy i kierunki rozwoju elastycznych systemów produkcyjnych. Wyd. Politechniki Gdańskiej, Gdańsk, 2007.
2. Brzeziński M.: Organizacja i sterowanie produkcją. Projektowanie systemów produkcyjnych i procesów sterowania produkcją. Agencja Wydawnicza Placet, Warszawa, 2002.
3. Lis S., Santarek K., Strzelczak S.: Organizacja elastycznych systemów produkcyjnych. PWN, Warszawa, 1994.
4. Banaszak Z., Jampolski L.: Elastyczne systemy produkcyjne. Komputerowo wspomagane modelowanie elastycznych systemów produkcyjnych. WNT, Warszawa, 1991.
5. Honczarenko J.: Obrabiarki sterowane numerycznie, WNT, Warszawa, 2008.
6. Харченко А.О.: Станки с ЧПУ и оборудование гибких производственных систем. Видавничий дим ПРОФЕСІОНАЛ, Київ, 2004.
7. Świć A., Taranenko W.: Projektowanie technologiczne elastycznych systemów produkcyjnych. Wyd. Politechniki Lubelskiej, Lublin, 2003.
8. Honczarenko J., Słaby I.: Metodyka doboru podsystemu obrabiarek skrawających. Mechanik, nr 3/2009.
9. Kosmol J.: Automatyzacja obrabiarek i obróbki skrawaniem. WNT, Warszawa, 2000.
10. Dorf R., Kusiak A.: Handbook of Design, Manufacturing and Automation. John Wiley & Sons, Inc., New York, 2000.
11. Gola A., Świć A.: Intelligent decision support system for FMS machine tool subsystem design. Applied Computer Science Vol. 3, No 1, 2007.
12. Gola A., Świć A.: Brief preliminary design for a method of FMS machine tools subsystem selection. ZAMM Journal of Applied Mathematics and Mechanics – w druku.
13. Feld M.: Podstawy projektowania procesów technologicznych typowych części maszyn. WNT, Warszawa, 2003.
14. Świć A.: Elastyczne systemy produkcyjne. Technologiczno-organizacyjne aspekty projektowania i eksploatacji. Wyd. Politechniki Lubelskiej, Lublin, 1998.
15. Karpiński T.: Inżynieria produkcji. WNT, Warszawa, 2004.

Mgr inż. Arkadiusz GOLA  
Dr hab. inż. Antoni ŚWIĆ, prof. PL  
Instytut Technologicznych Systemów Informacyjnych  
Politechnika Lubelska  
20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 36  
tel.: (0-81) 538 42 76, fax.: (0-81) 538 44 96  
e-mail: a.swic@pollub.pl  
a.gola@pollub.pl