

PROBLEMATYKA GROMADZENIA WIEDZY O PRECYZYJNEJ OBRÓBCE MATERIAŁÓW O SPECJALNYCH WŁAŚCIWOŚCIACH

Józef GAWLIK, Anna KIELBUS, Dariusz KARPISZ

Streszczenie: kształtowanie precyzyjnych wyrobów z materiałów trudnoobrabialnych wymaga częstokroć zastosowania niekonwencjonalnych technik i technologii wytwarzania. Prowadzone badania są praco- i kosztochłonne. Opracowanie bazy danych, w której są gromadzone i udostępniane informacje niezbędne dla konstruktorów urządzeń technologicznych oraz dla technologów projektujących procesy, obróbki jest zagadnieniem o istotnym znaczeniu. W referacie przedstawiono zasady konstruowania i strukturę bazy danych DBSMP (DataBase Special Materials Processing).

Słowa kluczowe: materiały o specjalnych właściwościach, struktura bazy danych

1. Wprowadzenie

Rozwój systemów obróbkowych oraz możliwości, jakie dają obecne systemy gromadzenia i przetwarzania danych spowodowały powstanie lub rozwinięcie się wielu rodzajów systemów informacyjnych, wspomagających proces przygotowania wyrobu od fazy projektowej do produkcji wielkoseryjnej. Dostępność nowoczesnych, komercyjnych systemów zarządzania produkcją nie wypełnia wszystkich potrzeb związanych np. z zapewnieniem jakości, optymalizacji procesu obróbczego, czy gromadzenia informacji i transferu wiedzy specjalistycznej [18].

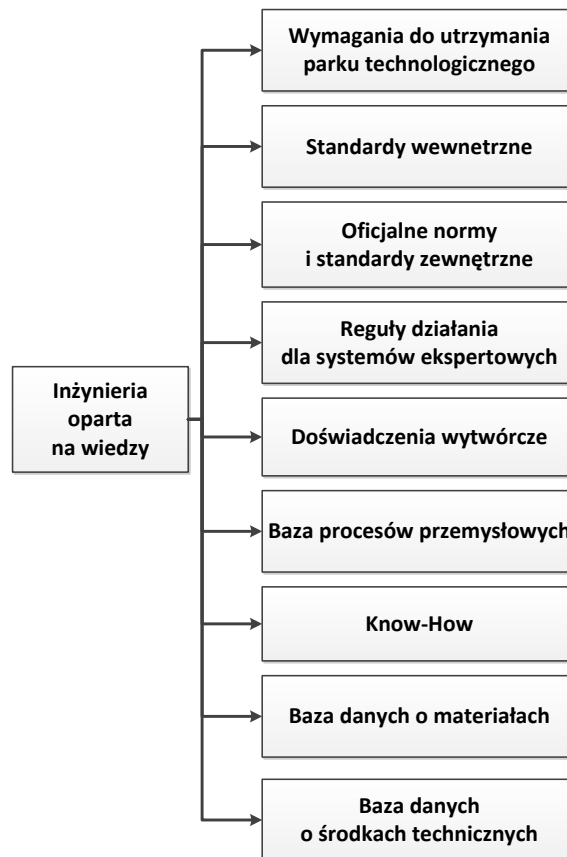
Systemy do wspomagania procesu wytwarzania definiowane pod szeroko rozumianą rodziną CIM (Computer Integrated Manufacturing) mimo wpisania do niej systemów CAD/CAM oraz CAP/CAQ, a nawet ERP i MRP [17], wciąż pozostawiają wiele obszarów wymagających uzupełnienia nowymi narzędziami i standardami; np. Knowledge Based Engineering oraz Knowledge Based (Expert) Systems.

Spośród licznych informacji, które mogą być wykorzystane w procesie przygotowania i wytwarzania produktu oraz utrzymania zdolności produkcyjnych (rys. 1) można wymienić m. in.:

- szeroko rozumiane know-how, tj. wiedzę poszczególnych pracowników oraz doświadczenie przedsiębiorstwa w wybranych dziedzinach. Trudno jednoznacznie sprecyzować zakres informacji nadającej się do użycia w konkretnych przypadkach, trudno również skatalogować, czy też skompletować informacje typu know-how. Dobrym rozwiązaniem jest przekładanie know-how na przedmioty własności intelektualnej tj. wynalazki, wzory użytkowe lub wewnętrzny system rejestracji wniosków racjonalizatorskich, również w zakresie usprawnień i przyrządów tworzonych np. do SMED [9] (Single Minutes Exchange of Die), redukcja czasu przebrojenia maszyny np. przez gotowe, stworzone „na miarę” zestawy do przezbierania sprzętu i procedury temu towarzyszące;

- doświadczenie w wytwarzaniu określonej grupy produktowej (ang. Manufacturing Experience), przekładające się na posiadanie, prócz wiedzy know-how, jak przedstawiono wcześniej, np. zestawów charakterystyk do procesów obróbczych, czy też określonej konfiguracji dla maszyn, narzędzi i oprzyrządowania. Główną grupę informacji w tym zakresie mogą stanowić pliki z programami dla maszyn, pliki opisowe z charakterystykami procesowymi, konfiguracje, dokumenty koncepcyjne, pliki CAD/CAM, itp. W przypadku użytkowania zintegrowanych systemów informatycznych typu CAD/CAM część z tych informacji może być uporządkowana w wewnętrznej strukturze systemu informatycznego CAD/CAM lub PLM. Istnieje możliwość eksportu i importu plików między różnymi systemami informatycznymi przedsiębiorstwa, w szczególności w zakresie rysunków 2D i 3D. Podstawowym problemem w tej grupie informacji może być trudność w adaptacji istniejących projektów i wiedzy w innych wyrobach, niezależnie od wielkości serii [5], co wpisywałoby się w wymagania koncepcji Agile/Lean Manufacturing;
- wymagania utrzymania parku technologicznego tj. maszyn, narzędzi i oprzyrządowania oraz elementów technicznych wspomagających realizację produkcji (Maintenance Requirements), które muszą być katalogowane i przestrzegane w ścisłych ramach czasowych, co jest zgodne z koncepcją TPM (Total Productive Maintenance) [2]. Ten zakres informacji jest istotny nie tylko ze względu na utrzymanie bieżącego ruchu technologicznego, ale również zapewnienie dostępności urządzeń krytycznych, zapewnienia odpowiedniej jakości wyrobów jak i przeciwdziałaniu wypadków przy pracy, powodowanych przekroczeniem dopuszczalnych ram czasowych i zakresów parametrów dla urządzeń technicznych. Spełnienie powyższych czynników jest również istotne ze względu na zgodność z różnorodnymi systemami jakości, choćby TQM (Total Quality Maintenance). Mimo coraz bardziej zaawansowanych technik tworzenia strategii w ramach TQM [1], rzadko mówi się o gromadzeniu danych nt. funkcjonowaniu maszyn w czasie rzeczywistym lub cyklicznym, o węższych wymaganiach czasowych, niż przyjmowane np. przez producenta obrabiarki. Możliwości takie dają systemy CMMS (ang. Computerized Maintenance Management Systems), ale podobnie jak w przypadku systemów CAD/CAM są one zamknięte pod względem zgodności z innymi systemami informatycznymi, używanymi w produkcji [19]. Korzystając z wiedzy zgromadzonej w bazach danych można za pomocą systemów wielokryterialnych [6] i rozmytych [1] oraz w szerszym kontekście systemów eksperckich [13] kreować np. optymalne plany przeglądów wewnętrznych. Działania takie mają szczególne znaczenie w przypadku produkcji wymagającej dużej dokładności wykonania;
- katalog obowiązujących norm (Official Standards), regulujących aspekty materiałowe, technologiczne np. ASTM, ANSI, DIN, ISO [14] i inne. Z punktu widzenia zarządzania procesem produkcji istotne jest ściśle powiązanie takich elementów, jak np. materiałów z ich normami oraz powiązanie norm z maszynami i narzędziami w celu zapewnienia odpowiednich warunków procesów technologicznych [12]. Wybrane obszary informacji dostępnych dla przedsiębiorstwa przedstawiono na rys.1;
- zestaw wewnętrznych regulacji, zaleceń i nakazów, jako katalog standardów wewnętrznych (Internal Standards) obowiązujących w przedsiębiorstwie (grupie

przedsiębiorstw) i/lub w jego oddziałach. Posiadanie takowych regulacji w sposób znaczący może usprawnić funkcjonowanie całego procesu produkcyjnego, w szczególności, jeśli produkcja podzielona jest na większą ilość niezależnych od siebie stanowisk. Informacje z tego zakresu są za zwyczaj dobrze udokumentowane, lecz niekoniecznie fizycznie powiązane z informatycznymi systemami wsparcia produkcji [8]. Warto zwrócić uwagę, iż w tym zakresie istnieją już uregulowania w postaci normy ISO 10303 – STEP [SCRA 2006] wraz z dedykowanym językiem opisu EXPRESS;



Rys. 1. Identyfikacja wybranych obszarów informacji dostępnych dla przedsiębiorstwa

- algorytmy, lub w szerszym zakresie moduły systemów informatycznych, odpowiadające za wspomaganie decyzji w zakresie przebiegu i organizacji procesu produkcyjnego (Expert Systems Algorithms). Jest to szeroki zakres informacji z wielu dziedzin organizacji pracy przedsiębiorstwa, gdyż każdy z podsystemów takich, jak CAD/CAM, ERP/MRP czy PLM może być wyposażony w takowe narzędzia.

Ilość informacji związana z procesem produkcyjnym, jaka może być wyizolowana, składowana oraz przetwarzana jest ogromna i trudno byłoby objąć takie zagadnienie

w postaci jednego, zintegrowanego narzędzia. Z drugiej zaś strony rozczłonkowanie informacji rodzi problemy w postaci trudności udostępniania wiedzy zarówno wewnątrz w obrębie jednej organizacji, lub grupy organizacji, a także udostępniania wiedzy w postaci komercyjnych baz danych, czy też np. popularnych w ostatnich czasach pakietów offsetowych. Dlatego też skupiono się na zbudowaniu narzędzia wspierającego niektóre z wcześniej wymienionych zakresów wiedzy dla obróbki materiałów o specjalnych właściwościach. Kształtowanie materiałów trudnoobrabialnych często wymaga specjalnych metod, maszyn i urządzeń technologicznych, narzędzi i oprzyrządowania. Wymaga również wielu kosztownych prób, co uzasadnia sens stworzenia odpowiedniej bazy wiedzy na ten temat.

2. Opis problemu

Na podstawie przedstawionej analizy problemu identyfikacji, składowania oraz użytkowania wiedzy w kontekście katalogowania informacji niezbędnych do obróbki materiałów o specjalnych właściwościach, opracowano szereg założeń mających usprawnić projektowanie i implementację bazy danych, zwanej dalej **DBSMP (DataBase Special Materials Processing)**.

A. Problem składowania i zarządzania normami, standardami wewnętrznymi, czy też różnego rodzaju dokumentami o charakterze pomocy i wytycznych projektowych lub produkcyjnych. Założenia:

- możliwość katalogowania norm/standardów, z podaniem wendoru i typu normy/standardu;
- budowa hierarchii dokumentów, tj. możliwość ustalania norm nadrzędnych i podrzędnych lub dokumentów składowych;
- składowanie dowolnej ilości dokumentów powiązanych z normami/standardami w sposób umożliwiający definiowanie różnych wersji dla tego samego standardu, czyli budowa hierarchii dokumentacji.

B. Problem składowania informacji o materiałach podlegających obróbce w procesie technologicznym, a następnie określonym procesie obróbczym. Założenia:

- możliwość katalogowania materiałów w zakresie określenia ich rodzaju, typu, itd.;
- powiązanie rodzajów materiałów z normami, np. ASTM, składowanymi w module norm i standardów (A);
- określenie dowolnej liczby parametrów charakterystycznych dla danej kategorii i typu materiału np. podanie zakresów temperatur roboczych, w jakich mogą być stosowane oraz określenie norm dla tych parametrów;
- definiowanie dowolnej ilości materiałów przyporządkowanych do rodzaju materiału wraz z ich podstawowymi danymi opisowymi, np. wzorów;
- określenie dla materiału dowolnej ilości norm, według których powinien on być przygotowany, obrabiany, czy np. składowany;
- określenie dowolnej liczby parametrów charakterystycznych dla materiału, np. podanie zakresów temperatur roboczych, itd.;
- składowanie dowolnej ilości dokumentów powiązanych z materiałem oraz budowanie hierarchii dokumentacji dla materiału.

C. Problem obsługi informacji o elementach parku technologicznego, niebędącego maszynami obróbczymi, tj. oprzyrządowania i narzędzi oraz ich zestawów. Założenia:

- możliwość opisu dowolnej ilości oprzyrządowania w ramach rozgraniczenia rodzaju i typu, które może być:
- samodzielnym elementem czynności procesu obróbczego,
- elementem zestawu dla maszyny/obrabiarki,
- elementem samodzielnego zestawu nieużywanego w maszynie/obrabiarce;
- określenie dowolnej liczby parametrów charakterystycznych dla danego oprzyrządowania, wraz z podaniem normy dla danego parametru;
- składowanie dowolnej ilości dokumentów powiązanych z oprzyrządowaniem, np. rysunki, instrukcje oraz budowanie hierarchii dokumentacji dla oprzyrządowania.

Dla narzędzi przyjęto identyczne założenia jak dla oprzyrządowania z uwzględnieniem, że są one:

1. samodzielnym elementem czynności procesu obróbczego;
2. elementem zestawu dla maszyny/obrabiarki;
3. elementem samodzielnego zestawu, nieużywanego w maszynie/obrabiarce.

Odrębne traktowanie ustanowiono dla rejestracji zestawów obróbczych używanych w procesach obróbki materiałów, niebędących maszynami, ale mogących składać się z dowolnej ilości narzędzi i oprzyrządowania. Definiowane w ten sposób zestawy nie będą zestawami do wykonania pojedynczej operacji (zabiegów) w ramach procesu obróbczego, ale obok maszyn, narzędzi i oprzyrządowania mogą tworzyć pełny zestaw dla operacji obróbki. W związku z tym powinno się uwzględnić:

- określenie dowolnej liczby parametrów charakterystycznych dla zestawu oraz określenie norm dla tych parametrów, jeśli to możliwe;
- składowanie dowolnej ilości dokumentów powiązanych z zestawem np. rysunki, instrukcje oraz budowanie hierarchii dokumentacji dla zestawu;
- włączanie do zestawu dowolnej ilości wcześniej zdefiniowanych oprzyrządowania i narzędzi.

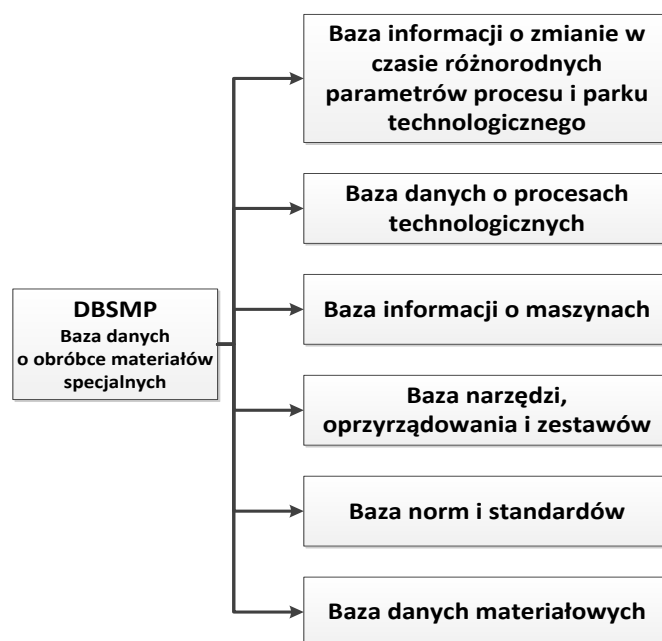
Wsparcie dla budowy zestawów zawiera się również w metodach typu SMED [16] oraz RMS (Reconfigurable Manufacturing Systems) [7], co należy uznać za konieczność w przypadku kreowania rozwiązań typu Lean Manufacturing.

D. Problem obsługi informacji o maszynach uwzględniając specyfikację TPM i TQMain. Założenia:

- możliwość katalogowania dowolnej liczby maszyn technologicznych, używanych np. w procesach obróbki materiałów z podziałem na grupę i rodzaj;
- określenie dowolnej liczby parametrów charakterystycznych dla danej grupy i rodzaju maszyn oraz określenie norm dla tych parametrów;
- możliwość definiowania przeglądów okresowych maszyn (resursów) z rejestracją czasów planowanych i wykonania;
- definiowanie dowolnej ilości parametrów dla przeglądów, definiowanie parametrów roboczych oraz rejestracja wartości przed i po przeglądzie;
- składowanie dowolnej ilości dokumentów powiązanych z przeglądami oraz budowanie hierarchii dokumentacji;
- rejestracja zdarzeń, które można przypisać do eksploatacji maszyny, np.: awarie;
- składowanie dowolnej ilości dokumentów powiązanych ze zdarzeniami oraz budowanie hierarchii dokumentacji.

E. Problem opisu procesów technologicznych i procesów obróbczych realizowanych na konkretnym materiale, w określonym zakresie operacji i przy założonej dostępności różnorodnych środków technicznych z parku technologicznego, jako głównego modułu „receptur”, dostępnego w bazie danych (rys.2). Założenia:

- możliwość katalogowania dowolnej liczby procesów obróbczych powiązanych z procesami technologicznymi i obrabianym materiałem;
- składowanie dowolnej ilości dokumentów powiązanych z procesami obróbczymi np. zestawów charakterystyk oraz budowanie hierarchii dokumentacji;
- definiowanie poszczególnych operacji obróbki materiału w ramach procesu obróbczego, przy czym operacja może być wykonywana na danym materiale albo przy wykorzystaniu zestawu, maszyny, narzędzia, oprzyrządowania lub wszystkich tych elementów łącznie, należy również deklarować operacje poprzedzające i następujące;



Rys. 2. Podział tematyczny informacji składowanej w ramach DBSMP

- składowanie dowolnej ilości dokumentów, które użytkownik może dołączyć do operacji w ramach procesu obróbczego (np. rysunki obrabianego elementu z etapami jego wykonania w ramach poszczególnych zabiegów w operacji) oraz budowanie hierarchii dokumentacji;
- definiowanie dowolnej ilości zabiegów w ramach operacji obróbczej,
- składowanie dowolnej ilości dokumentów, które użytkownik może dołączyć do zabiegu (np. rysunki obrabianego elementu) oraz budowanie hierarchii dokumentacji;
- definiowanie pełnego zestawu w ramach operacji obróbczej złożonego z dowolnej ilości maszyn, narzędzi, oprzyrządowania i zestawów narzędziowych zdefiniowanych w punkcie C, również zestawów przezbrających typu SMED.

F. Problem rejestracji w czasie rzeczywistym lub w dowolnych oknach czasowych zmienności parametrów obrabianego materiału i oprzyrządowania używanego w procesie obróbki, na potrzeby doświadczalne, sprawdzania poprawności przebiegu procesu obróbki czy też na potrzeby TQMMain i innych systemów zapewniania jakości. Założenia:

- składowanie danych z rejestracji (również Real-Time) zmienności wybranych parametrów w czasie dla danego materiału podczas operacji obróbki, z uwzględnieniem wskazanej normy;
- składowanie danych z rejestracji (również Real-Time) zmienności wybranych parametrów w czasie dla danego narzędzia i oprzyrządowania dla operacji obróbki z uwzględnieniem wskazanej normy.

Istotą proponowanych rozwiązań jest skupienie się nad obsługą takich informacji, które pomogą zdefiniować park technologiczny wraz z dostatecznie szeroką wiedzą na jego temat, w połączeniu z bazą standardów i materiałów pozwalającą na rejestrację dowolnych procesów technologicznych i obróbczych w celu skorzystania z nich w późniejszym okresie do realizacji wybranego procesu technologicznego. Całość uzupełnia wiedza doświadczalna oraz wsparcie dla systemów jakości i systemów pomocniczych takich, jak CAD/CAM, SMED, TQM, TPM, TQMMain i innych.

3. Przyjęte rozwiązania

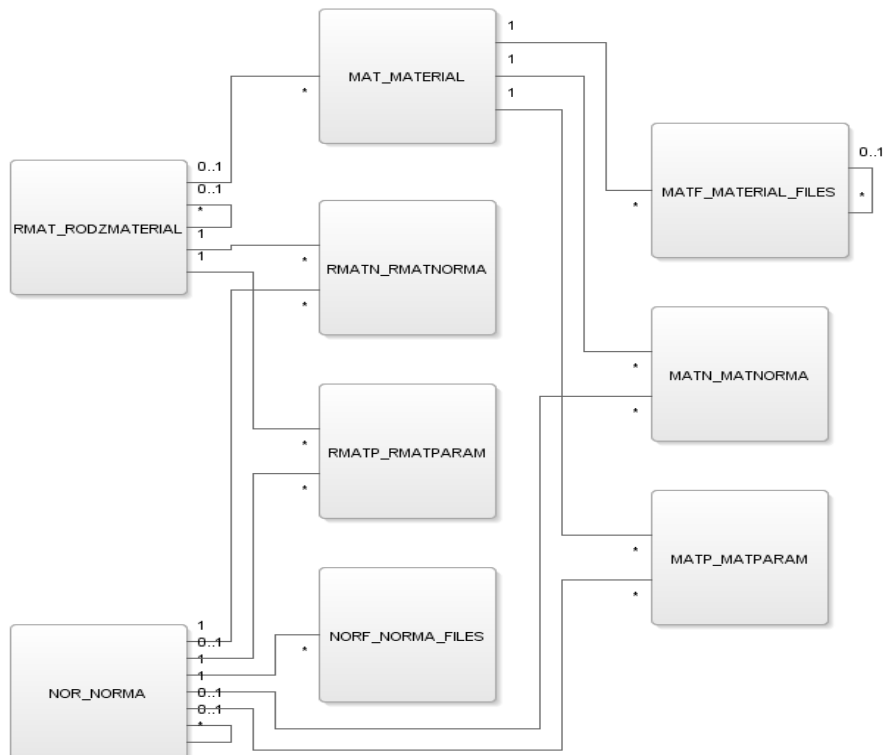
Wykonanie projektu i implementacja systemu opiera się na podstawowych strukturach danych w postaci relacji z relacyjnego modelu danych [3]. Mimo upływu czasu i rozwoju nowszych modeli danych, dotychczas nie opracowano lepszej metody do projektowania i użytkowania struktur do składowania danych [10]. Ze względu na złożoność samej bazy danych problem budowy aplikacji klienckiej zostanie poruszony w oddzielnym opracowaniu.

Do implementacji projektu przewidziano użycie serwera baz danych MySQL dla wersji „lekkiej” oraz serwera baz danych Oracle dla dużych systemów produkcyjnych. Zgodnie z założeniami projekt podzielono na moduły, poszerzając je o możliwość audytu danych, wsparcie dla opcji autoryzacji i autentyfikacji użytkowników (A&A) oraz tabele pomocnicze dla aplikacji klienckich. Obecnie w ramach projektu DBSMP zaimplementowano 112 tabel, dlatego zobrazowanie przyjętych rozwiązań zostanie przedstawione na jego mniejszych fragmentach.

Bazę danych oparto na uniwersalnych strukturach słownikowych (nieujętych na przedstawionych diagramach ERD) oraz specjalizowanych encjach dla poszczególnych elementów rzeczywistości oraz encjach łączących.

Pierwszym modulem bazy danych (rys. 3) jest zestaw tabel, który daje możliwość operowania na standardach tak wewnętrznych, jak i zewnętrznych (np. normach), zgodnie ze studium wiedzy (punkt 1) i założeniami (punkt 2), w zakresie katalogowania z uwzględnieniem ich hierarchii oraz dokumentacji.

Znacznie bardziej rozbudowanym elementem jest katalogowanie informacji o materiałach od możliwości szczegółowego opisu rodzajów materiałów przez dołączenie konkretnych materiałów wraz z plikami oraz powiązaniem z normami. Co istotne, możliwe jest definiowanie dowolnej ilości parametrów tak dla rodzajów materiałów, jak i konkretnych materiałów (z uwzględnieniem pełnej hierarchii) np. stale żaroodporna: stal chromowo-aluminiowo-krzemowa, itp.



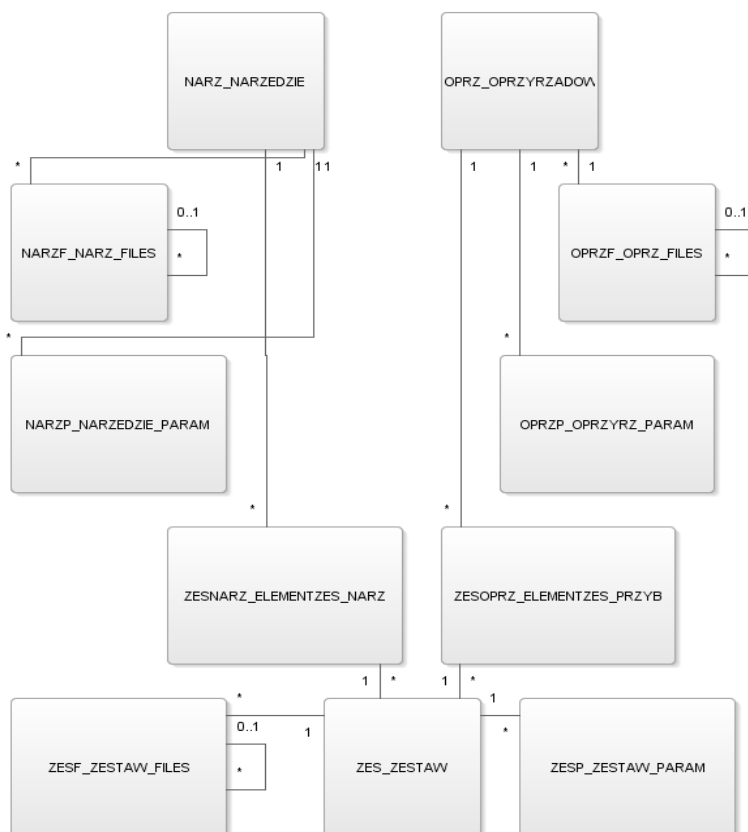
Rys. 3. Uproszczony diagram struktury logicznej bazy danych DBSMP do opisu norm i materiałów

Drugim elementem bazy, który pokazano w wersji uproszczonej na rys. 4, jest zestaw tabel i struktur pomocniczych do katalogowania informacji o oprzyrządowaniu i narzędziach, które mogą być użyte, jako:

1. samodzielny element czynności procesu obróbczego;
2. element zestawu dla maszyny/obrabiarki;
3. element samodzielnego zestawu, nieużywanego w maszynie/obrabiarence.

Ze względu na powyższe stało się konieczne zbudowanie kompozycji do tworzenia tego typu zestawów. Wraz z narzędziami, oprzyrządowaniem i ich zestawami możliwe jest katalogowanie dowolnej ilości plików oraz parametrów (również powiązanych z normami).

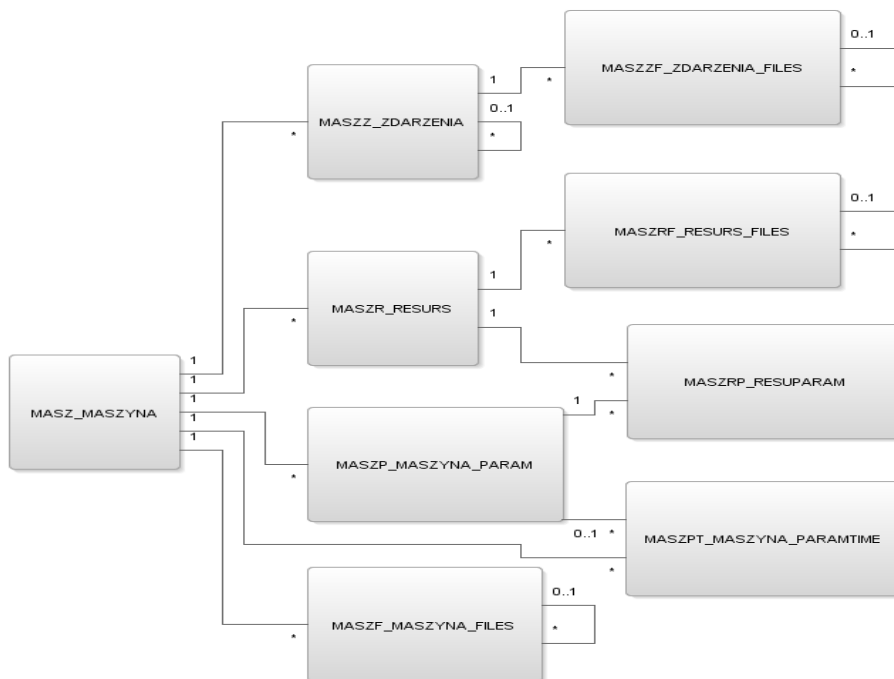
Obsługa informacji o maszynach jest znacznie bardziej rozbudowana (rys. 5), ze względu na większą ilość informacji niezbędnych np. dla TPM, TQMain. Prócz plików i parametrów, dla maszyn skonstruowano kontenery relacyjne do przechowywania informacji serwisowych o rewersach technologicznych i dowolnych zdarzeniach wraz z możliwością monitoringu dowolnych parametrów z tym związanych oraz rejestracją parametrów maszyny w czasie, np. w trakcie przebiegu procesu obróbki.



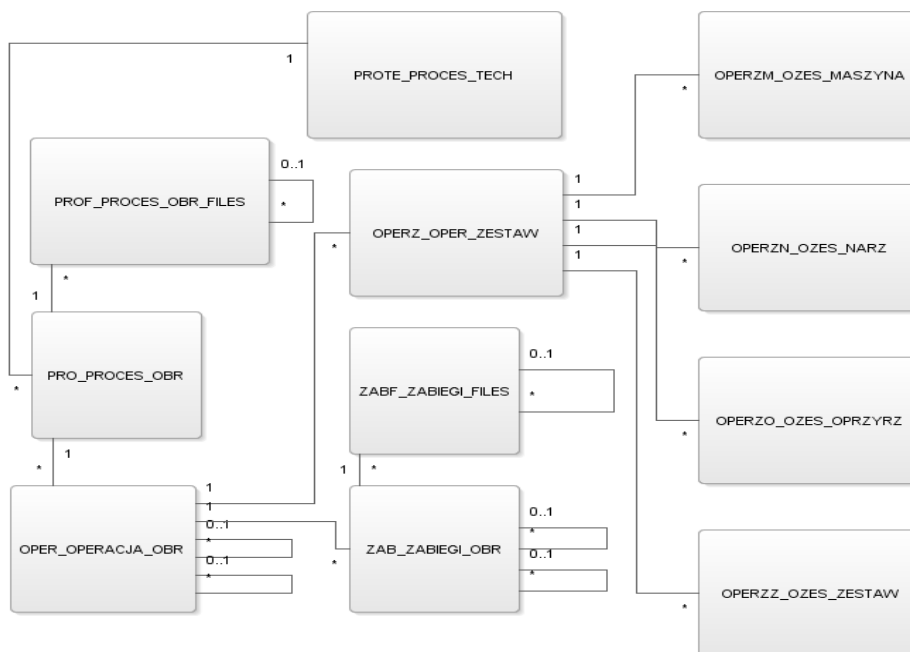
Rys. 4. Uproszczony diagram struktury logicznej bazy danych DBSMP do opisu narzędzi i oprzyrządowania

Na bazie skatalogowanych norm, materiałów i środków technicznym możliwe jest definiowanie nadrzędnego elementu, jakim jest proces technologiczny, a następnie w jego obrębie dowolnej ilości procesów obróbczych opisujących zabiegi (opisanym również za pomocą zestawu rysunków i dowolnej ilości innych dokumentów), co przedstawia w formie uproszczonej diagram ERD (rys. 6). Zarówno procesy, jak i zabiegi, mogą posiadać dowolną ilość zhierarchizowanych dokumentów. W ramach operacji jest możliwe tworzenie zestawu środków technicznych złożonych z dowolnej ilości maszyn, narzędzi, oprzyrządowania i samodzielnych zestawów wcześniej zdefiniowanych.

Osoba korzystająca z systemu, np. główny technolog przy odpowiednio sprecyzowanym zapytaniu może otrzymać dane dotyczące obróbki określonego materiału przy wymaganych normami warunkach i zestawie środków technicznych. W ramach omawianego systemu zaimplementowano również funkcjonalności niezbędne do katalogowania danych o wartościach dowolnych parametrów zmiennych w określonym czasie (również Real-Time), ale w zależności od możliwości środków technicznych i digitalizacji danych.



Rys. 5. Uproszczony diagram struktury logicznej bazy danych DBSMP do opisu maszyn i ich obsługi



Rys. 6. Uproszczony diagram struktury logicznej bazy danych DBSMP do opisu procesów technologicznych i obróbczych

4. Podsumowanie

Wspomaganie działań inżynierskich za pomocą rozwiązań z innych dziedzin nauki znajduje swoje odzwierciedlenie w rozwoju różnorodnych systemów, w których motywacją jest pewna idea np. usprawnienie utrzymania parku technologicznego, a realizacją wyspecjalizowane oprogramowanie. Jak wskazano, w zakresie katalogowania informacji o obróbce materiałów specjalnych, przez specyficzność tej dziedziny, istnieje pewna luka informacyjna. Brak jest kompletnych systemów wspomagających inżynierów-technologów przy wyborze konkretnego procesu obróbki.

Proponowany system DBSMP (rys.2) obejmuje możliwości operowania na różnych zakresach wiedzy, w znacznie szerszym kontekście niż pojedyncze systemy wsparcia produkcji używane w przedsiębiorstwie. Należy podkreślić fakt, że DBSMP został tak zaprojektowany, aby umożliwiać katalogowanie znacznie większej ilości informacji, niż uwzględnia to bieżąca jego implementacja. Ze względu na możliwość składowania wartości parametrów w kontekście czasu, możliwe jest jego użytkowanie zarówno do celów naukowych jak i doświadczalnych, np. w oddziałach R&D.

Literatura

1. Al-Najjara B., Alsyoub I.: Selecting the most efficient maintenance approach using fuzzy multiple criteria decision making. *International Journal of Production Economics*, Vol. 84, Issue 1, 11, 2003, pp.85–100
2. Chana F.T.S., Laub H.C.W., Ipc R.W.L., Chana H.K., Konga S.: Implementation of total productive maintenance: A case study. *International Journal of Production Economics*, Vol 95, Issue 1, 28, 2005, pp.71–94
3. Codd E.F.: A relational model of data for large shared data banks. *Communications of ACM*, Vol. 13, No 6, 1970, pp.377-387
4. Codd E.F.: Relational Database: A Practical Foundation for Productivity. *Communications of ACM*, Vol. 25, No 2, 1982, pp. 109-117.
5. Duguay C. R., Landry S., Pasin F.: From Mass Production to Flexible/Agile Production. *Journal of Operations and Production Management*, 1997, 17, 12, pp.1183-1195.
6. Gawlik J., Kiełbus A.: Komputerowo wspomaganą analizą jakości wyrobów na przykładzie maszyn technologicznych. *Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie*, Oficyna wydawnicza PTZP, Opole, 2009, s.324-333
7. Gawlik J., Kiełbus A.: Zastosowania metod sztucznej inteligencji w nadzorowaniu urządzeń technologicznych i jakości wyrobów. *Praktyka zarządzania jakością w XXI wieku*. (monografia pod red. Tadeusza Sikory i Mariusza Giemzy). Wydawnictwo Naukowe PTTŻ, Kraków 2012, ISBN 978-83-929209-7-7, s.508-534
8. Golshani F., Park Y.: Perspective: A Standards-Based System for Manufacturing Information Integration. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 1999, Volume 26, Issue 3-4, pp.231-247
9. Karlsoon C., Ahlstrom P.: Assessing Changes toward Lean Production. *Journal of Operations and Production Management*, 16, 2, 1996, pp.24-41.
10. Karpisz D.: Nie tylko relacyjny model danych, *Czasopismo Techniczne*, Nr 7 (108), 2011, pp.187-194

11. Karpisz D.: Implementacja asercji w relacyjnych bazach danych na przykładzie systemu ORACLE, Czasopismo Techniczne, Nr 7 (108), 2011, pp.179-186.
12. Khan W.A., Raouf A.: Standards for engineering design and manufacturing. CRC/Taylor&Francis, 2006
13. Knosala R.: Zastosowanie metod sztucznej inteligencji w inżynierii produkcji, WNT, Warszawa, 2002
14. Kverneland O. K.: Metric standards for worldwide manufacturing. ASME Press, 2007.
15. SCRA: Step Application Handbook ISO 10303 version 3. SCRA, 2006.
16. Shingo S.: Revolution in Manufacturing: Single-minute Exchange of Die System. Productivity Press, 1985
17. Unger K.: Manufacturers' Needs Not Changing – But Acronyms Are. Industrial Computing, International Society of Automation, 11, 2001, pp.46-48.
18. Weiss Z. (red.): Virtual Design and Automation. Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2005
19. Wireman T.: Total Productive Maintenance. Industrial Press Inc., 2005, pp.129-141

Prof. dr hab. inż. Józef GAWLIK
Dr inż. Anna KIEŁBUS
Instytut Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji
Katedra Inżynierii Procesów Produkcyjnych
Politechnika Krakowska im. T. Kościuszki
31-864 Kraków, al. Jana Pawła II 37
tel. 12 3743246
e-mail: jgawlik.pk@gmail.com
akielbus@poczta.onet.pl

Dr inż. Dariusz KARPISZ
Instytut Informatyki Stosowanej
Katedra Podstaw Informatyki i Biocybernetyki
Politechnika Krakowska im. T. Kościuszki
31-864 Kraków, al. Jana Pawła II 37
tel.: 12 628 36 30; fax: 12 648 82 67
e-mail: drejku@poczta.onet.pl

System bazy danych jest tworzony w ramach projektu rozwojowego N R03 0031 10/2010 „Technologiczny system innowacyjnych metod obróbki materiałów o specjalnych właściwościach”, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.