

ZASTOSOWANIE SYSTEMU EKSPERTOWEGO DO DOBORU TECHNOLOGII WYKONANIA ODLEWÓW

A. MACIOŁ¹, A. STAWOWY², M. WRONA³

1,2, 3. Wydział Zarządzania, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

STRESZCZENIE

Wybór technologii wykonania odlewu jest uzależniony od jego pożądanych cech oraz od uwarunkowań i ograniczeń technicznych. Prawidłowy dobór sposobu wykonania odlewu ma istotny wpływ na efektywność procesu wytwarzania, a także poziom spełnienia wymagań klienta. W pracy przedstawiono sposób rozwiązywania tego problemu przy użyciu regułowego systemu ekspertowego. Przedstawiony został model problemu decyzyjnego oraz przykład rozwiązywania konkretnego zadania z wykorzystaniem systemu szkieletowego. Przedstawione zostały także kierunki dalszych badań zmierzających do rozpowszechnienia opisaney metody.

Keywords: casting selection, expert system

1. WPROWADZENIE

Jednym z podstawowych etapów projektowania procesu produkcyjnego jest dobór odpowiedniej technologii. Ten proces decyzyjny musi uwzględniać zarówno wymagania i ograniczenia techniczne jak i ekonomiczność produkcji uzależnioną od wielkości i powtarzalności partii produkcyjnych, konkurencyjności produktu, pożądanej jakości wyrobu oraz niezawodności procesu produkcyjnego. Decyzje takie podejmowa-

¹ dr inż., amaciol@zarz.agh.edu.pl

² dr inż., astawowy@zarz.agh.edu.pl

³ mgr inż., marek_wrona@yahoo.com

ne są przez projektantów wyrobów oraz projektantów zakładów produkcyjnych, których zadaniem jest ustalenie jednej lub kilku komplementarnych odmian procesów technologicznych stosowanych w nowoprojektowanym lub modernizowanym zakładzie. Istnieje możliwość takiej formalizacji procesu decyzyjnego polegającego na doborze technologii dla konkretnego odlewu, by dostępne narzędzia sztucznej inteligencji pozwalały na automatyzację lub przynajmniej wspomaganie wyboru spośród wielu wariantów [1, 2].

W przemyśle odlewniczym jest dostępnych wiele informacji zgromadzonych w bazach danych przedsiębiorstw, firm softwarowych i dostawców wyposażenia oraz danych literaturowych. Dane te pozwalają na klasyfikowanie cech odlewów takich jak materiał, waga, cienkościenność, kształt, jakość powierzchni, dokładność wymiarów itp. Jednocześnie istnieją dane i wzorce postępowania pozwalające określić, jakie technologie pozwalają osiągnąć założone parametry wyrobu gotowego przy spełnieniu odpowiednio dobranych kryteriów technicznych, organizacyjnych i ekonomicznych. Powyższe czynniki powinny być uwzględniane przez system ekspertowy, który na wyjściu winien prezentować uporządkowany ranking rozważanych technologii.

2. SFORMUŁOWANIE PROBLEMU

Założmy, że mamy do dyspozycji opis produktów (odlewów) sformułowany zgodnie z pewnym modelem informacyjnym. Model ten obejmuje zbiór czwórek typu:

<ODLEW>, <CECHA>, <WARTOŚĆ CECHY>, <WYMAGANY POZIOM>
na przykład:
<korpus X>, <cienkościenność>, <3 mm>, <nie więcej niż>

Jednocześnie każda z możliwych technologii opisana jest przy pomocy zbioru następujących czwórek wskazujących czy i/lub w jakim stopniu możliwe jest osiągnięcie odpowiedniej wartości danej cechy:

<TECHNOLOGIA>, <CECHA>, <WARTOŚĆ CECHY>, <MOŻLIWY POZIOM>
na przykład:
<odl. ciśnieniowe>, <cienkościenność>, <0,5 mm>, <najmniejsza możliwa>

Istnieje także zbiór informacji opisujących poziom wypełnienia różnego rodzaju kryteriów przez poszczególne technologie, niezależnie bądź zależnie od cech wykonywanego odlewu. W przypadku uwarunkowań niezależnych od wytwarzanych odlewów zbiór ten obejmuje następujące trójki:

<TECHNOLOGIA>, <KRYTERIUM>, <WARTOŚĆ KRYTERIUM>
na przykład:
<odl. ciśnieniowe>, <dokładność wymiarów>, <bardzo wysoka>

ARCHIWUM ODLEWNICTWA

W przypadku zależności stopnia spełnienia kryterium od wymagań odnośnie cech odlewu związek ten jest bardziej złożony i ma następującą postać:

<TECHNOLOGIA>, <CECHA>, <WARTOŚĆ CECHY>, <KRYTERIUM>, <WARTOŚĆ KRYTERIUM>

na przykład:

<odl. ciśnieniowe>, <złożoność kształtu>, <wysoka>, <koszt oprzyrządowania>, <bardzo wysoki>

Związki pomiędzy relacjami opisującymi odlewy, technologie i kryteria mogą być zapisane zgodnie z zasadami teorii mnogości, rachunku predykatów lub – co najczęściej stosowane w systemach ekspertowych – w postaci regułowej. Reguły te w omawianym przypadku mogą mieć postać reguł weryfikujących:

<TECHNOLOGIA>, <MOŻLIWY POZIOM> *if*
<CECHA>, <WARTOŚĆ CECHY>, <WYMAGANY POZIOM> *and*
<CECHA>, <WARTOŚĆ CECHY>, <WYMAGANY POZIOM> *and*

.....

na przykład:

<odl. ciśnieniowe>, <dopuszczalne> *if*
<cienkościenność>, <1 mm>, <mniejsza niż> *and*
<cienkościenność>, <0,5 mm>, <większa niż>

lub reguł wartościujących:

<KRYTERIUM>, <WARTOŚĆ KRYTERIUM> *if*
<TECHNOLOGIA> *and*
<CECHA>, <WARTOŚĆ CECHY>, <WYMAGANY POZIOM> *and*
<CECHA>, <WARTOŚĆ CECHY>, <WYMAGANY POZIOM> *and*

.....

na przykład:

<koszt oprzyrządowania>, <bardzo wysoki> *if*
<odl. ciśnieniowe> *and*
<złożoność kształtu>, <wysoka>

Problem polega na porównaniu wymagań odnośnie odlewu z możliwościami, jakie dostarczają poszczególne technologie i wyborze spośród dopuszczalnych takiej, która w największym stopniu spełnia zadane kryteria efektywnościowe.

3. PRZYKŁAD

Budowa użytecznego narzędzia do eksploracji wiedzy ekspertów wymaga sformułowania jej w postaci zrozumiałej dla konkretnego mechanizmu wnioskującego. Do rozwiązania problemu doboru technologii wykorzystano szkieletowy system ekspertowy PC-SHELL 3.0 firmy AITECH [3]. Jest to system regułowy, stąd całość wiedzy o charakterze heurystycznym jest kodowana za pomocą reguł i faktów. Definiowanie wiedzy w tym programie polega na określeniu zbioru atrybutów opisujących fakty oraz zbioru reguł pozwalających na operowanie na faktach w oparciu o potwierdzone wartości atrybutów. Wybrane atrybuty opisuje się deklaracjami zwanymi fasetami.

Pierwszy etap definiowania wiedzy polega w tym przypadku na wyróżnieniu atrybutów opisujących odlew. Zarówno dobór atrybutów jak i deklaracji ich wartości nie może być przypadkowy. Wybór wartości w fasetach musi gwarantować możliwość rozróżnienia obiektów w możliwie najprostszy sposób. Na rysunku 1. przedstawiono fragment bloku deklaracji faset dla omawianego przykładu.

Zapis deklaracji atrybutu *metal* należy rozumieć następująco: wartość atrybutu, która może być jedną spośród wymienionych („wszystkie”, Al, Mg, Zn, Cu” lub „Al, Mg, Cu”) system będzie określał zadając pytanie „Metal:”.

Kolejny (choć realizowany po części równolegle) etap zapisu wiedzy to formułowanie zbioru reguł. Fragment bloku deklaracji reguł przedstawia rysunek 2.

W przedstawionym na rysunku zestawie wybranych reguł widzimy zarówno reguły bezpośrednio wskazujące na ostateczne rozstrzygnięcie jak i reguły dotyczące cząstkowych hipotez. Pierwsza z reguł wskazuje, że jedyną możliwą technologią realizującą produkt opisany przez użytkownika jest odlewanie metodą modeli wytapianych, gdyż żadna inna technologia nie pozwala na uzyskanie tolerancji na poziomie 0,003 cm/cm. Natomiast trzecia reguła grupuje wszystkie produkty, które mogą być wykonane metodami odlewania ciśnieniowego, skorupowego, ciągłego, odśrodkowego, modeli wytapianych i w formach piaskowych.

Sesja doboru technologii realizowana jest w formie dialogu pomiędzy systemem a użytkownikiem. Jeżeli system potrafi ocenić wymagania użytkownika prezentuje wynik wnioskowania i – na życzenie – uzasadnienie rozstrzygnięcia. Na rysunku 3. przedstawiono wyjaśnienie wnioskowania dla doboru technologii wykonania żebrowanej pokrywy zaworów silnika spalinowego opisanego następującymi wymaganiami: tolerancja – 0,025 cm/cm, chropowatość – maksymalnie 2 mikrometry, minimalna cienkościenność 2,5 mm, ciężar 11 kg, wielkość partii 10 tys. sztuk, wymagana bardzo duża dokładność wymiarowa.

```

metal:
query "Metal:"
val oneof
{"wszystkie", "Al, Mg, Zn, Cu", "Al, Mg, Cu"};

tolerancja:
query "Tolerancja [cm/cm]:"
val oneof
{"od 0,003", "od 0,01", "od 0,015", "od 0,02", "od 0,03"};

zakres_tonazowy:
query "Maksymalny ciężar odlewu:"
val oneof
{"do 10 kg", "do 20 kg", "do 50 kg", "do 10 Mg", "do 30 Mg"};
    
```

Rys. 1. Deklaracja faset
Fig 1. Facets declaration

```

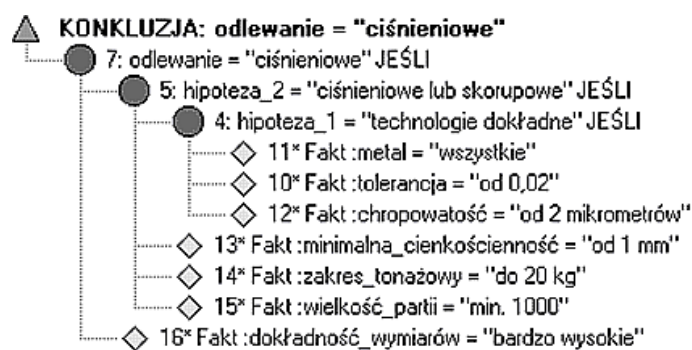
rules

odlewanie = "modeli wytapianych" if
    tolerancja = "od 0,003",
    zakres_tonazowy = "do 10 kg",
    wielkość_partii = "min. 100";

odlewanie = "ciśnieniowe" if
    tolerancja = "od 0,015",
    metal = "Al, Mg, Zn, Cu",
    zakres_tonazowy = "do 50 kg";

hipoteza_1 = "dowolna technologia" if
    metal = "wszystkie",
    tolerancja = "od 0,03",
    minimalna_cienkościenność = "od 6 mm",
    chropowatość = "od 5 mikrometrów";
    
```

Rys. 2. Deklaracja reguł
Fig 2. Rules declaration



Rys. 3. Wyjaśnienia procesu wnioskowania
Fig 3. Inference process explanation

4. PODSUMOWANIE

Stosowanie systemów ekspertowych do rozstrzygania zagadnień technologicznych może być niezwykle efektywne, ale wymaga rozwiązania szeregu problemów, z których część zaprezentowano powyżej. Zagadnieniem najtrudniejszym jest stworzenie metodyki pozwalającej na zapis i przetworzenie wiedzy eksperckiej do postaci akceptowalnej przez automatyczne systemy wnioskujące.

Szczególnie istotne jest także opracowanie zasad wymiany informacji o odlewach i ich charakterystykach oraz technologiach. Konieczne jest wypracowanie wzorców opisu (ontologii) pozwalających na prezentację wiedzy zarówno w formie czytelnej dla uczestników procesu projektowania technologii jak i dla sformalizowanych systemów wnioskujących.

LITERATURA

- [1] R.G. Chougule, B. Ravi: *Casting Process Planning Using Case Based Reasoning*, Transactions of the American Foundry Society, 2003, nr 111, str. 1321-1330.
- [2] S.M. Darwish, A.M. El-Tamimi: *The selection of the casting process using an expert system*, Computers in Industry, 1996, nr 30, str. 77-86.
- [3] www.aitech.com.pl.

CASTING PROCESS SELECTION USING RULE BASED REASONING

SUMMARY

Designing casting process requires extensive knowledge of various casting techniques including their capabilities and limitations. A proper choice of the casting process has a significant influence on the effectiveness of the production process but also on the level of customer requirements fulfillment

This paper presents the model of decision problem and rule-based expert system for the selection of casting process. The shell system has been used to illustrate this concept. The directions for further research are also described.

Praca naukowa finansowana ze środków KBN w latach 2003-2006 jako projekt badawczy

Recenzował: prof. zw. dr hab. inż. Józef Gawroński