

Baza danych technologii w odlewniach żeliwa i staliwa z wykorzystaniem systemu SimulationDB

P. Malinowski ^{a*}, J.S. Suchy ^a

^a Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Odlewnictwa, ul. Reymonta 23, 30-059 Kraków, Polska

*Kontakt korespondencyjny: e-mail: pamalino@agh.edu.pl

Otrzymano 22.10.2013, zaakceptowano do druku 12.12.2013

Streszczenie

Dotychczasowy sposób przechowywania danych technologicznych w postaci zdjęć, animacji, wykresów, zestawów parametrów, wyników symulacji, danych produkcyjnych umieszczonych w określonej strukturze katalogów uniemożliwia przetwarzanie i powtórne wykorzystanie tych informacji.

Rosnąca w szybkim tempie liczba wykonywanych symulacji w branży odlewniczej powoduje generowanie bardzo dużej ilości cyfrowych danych liczonych w terabajtach, które należy odpowiednio przetworzyć i zinterpretować – natychmiast reagując na powstałe nieprawidłowości podczas procesu zalewania i/lub krzepnięcia odlewu. Mogą to jedynie wykonać wysoko wyspecjalizowani inżynierowie-eksperci. Ich wiedza, doświadczenie praktyczne i umiejętność posługiwania się nowatorskimi narzędziami inżynierskimi, wspomagającymi różne etapy przygotowania produkcji decyduje o szybkości przygotowania technologii przy zachowaniu parametrów jakościowych i wytrzymałościowych. Umiejętnie spisana wiedza praktyczna, opis postępowania technologa, wyniki symulacji oraz cały proces produkcji odlewniczej zawarte w technologicznej bazie wiedzy SimulationDB tworzą niezbędne narzędzie nowoczesnego technologa. Wykorzystanie wiedzy technologicznej zawartej w systemie SimulationDB umożliwia szybsze opracowanie technologii, skuteczne rozwiązywanie problemów technologicznych, szkolenie kadry specjalistów, co w efekcie tworzy dodatkową wartość dodaną.

Słowa kluczowe: komputerowe wspomaganie produkcji odlewniczej, zarządzanie jakością odlewów, technologiczna baza wiedzy, system zarządzania odlewnią

1. Wprowadzenie

Coraz większe możliwości obliczeniowe komputerów oraz zoptymalizowane algorytmy obliczeniowe znacząco zwiększają ilość wykonywanych symulacji komputerowych, które generują bardzo duże ilości informacji. Dane te ze względu na sposób przechowywania (struktura katalogów) oraz brak jakichkolwiek możliwości wyszukiwania będą bardzo rzadko wykorzystywane powtórnie na potrzeby opracowania nowych technologii. Ponadto sprawne i efektywne zarządzanie tak dużą ilością informacji jest

niemożliwe bez specjalistycznych, dedykowanych narzędzi informatycznych.

Najważniejszym czynnikiem utrudniającym dotychczasowy sposób gromadzenia danych jest brak możliwości łatwego i szybkiego wyszukiwania (identyfikacji) konkretnych informacji dotyczących projektu, symulacji, zastosowanej technologii, stopu, masy formierskiej, itd.

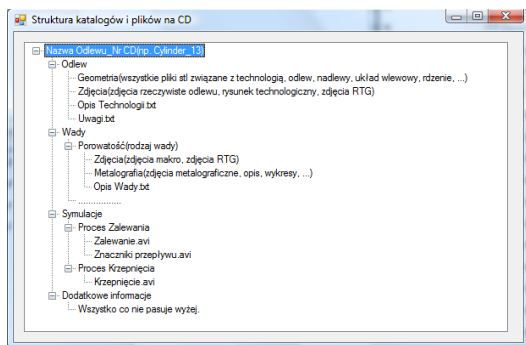
Opracowanie systemu SimulationDB wymaga nie tylko adaptacji istniejących rozwiązań i procedur, ale przede wszystkim opracowania nowych metod opisu matematycznego procesu

technologicznego oraz autorskich procedur połączenia i wykorzystania wiedzy technologicznej pochodzącej z różnych źródeł.

Idea utworzenia bazy wiedzy technologicznej wzięła się z braku specjalistycznych narzędzi informatycznych do zarządzania, archiwizowania i analizowania szczegółowych informacji dotyczących procesu przygotowania technologii odlewniczej. Na rynku istnieją systemy do zarządzania takie jak: SAP, Documentum i wiele innych. Są to systemy uniwersalne, stosowane w wielu branżach, jednakże nie dostosowane do specyficznych warunków branży odlewniczej w szczególności do procesu przygotowania produkcji odlewniczej (opracowanie technologii z wykorzystaniem programów symulacyjnych). Brak możliwości sprawnego i efektywnego zarządzania wiedzą technologiczną powodował, że technologie(projekty, procesy technologiczne) nie są w pełni powtórnie wykorzystane w celu opracowania technologii dla nowych odlewów.

2. Charakterystyka bazy danych technologii SimulationDB

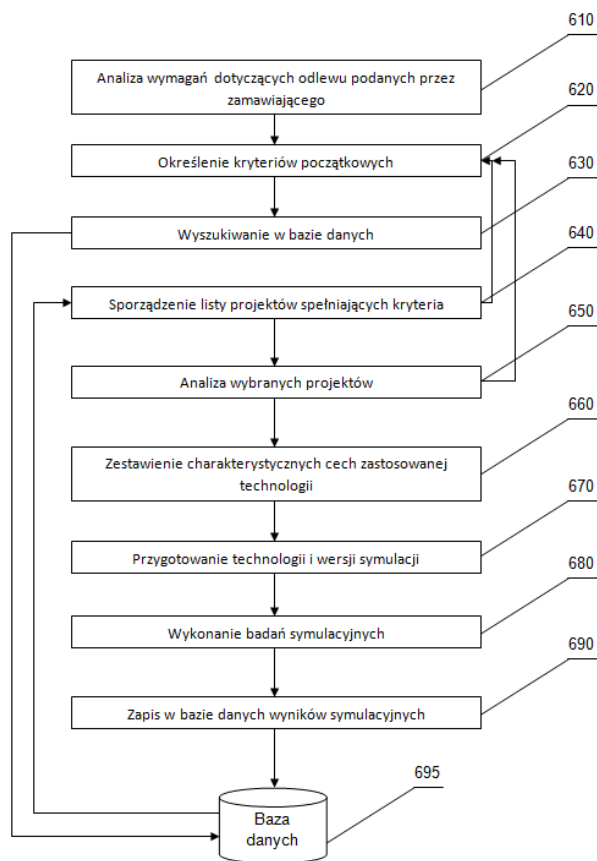
Dotychczasowy sposób przechowywania danych technologicznych w postaci zdjęć, animacji, wykresów, zestawów parametrów, wyników symulacji, danych produkcyjnych umieszczonych w określonej strukturze katalogów (pokazany na rysunku 1) uniemożliwia przetwarzanie i powtórne wykorzystanie tych informacji.



Rys. 1. Struktura katalogów dla projektów technologicznych

System SimulationDB jest narzędziem, które umożliwi szybsze opracowanie technologii z wykorzystaniem procedur pokazanych na rysunkach 2 i 3. Specjalny moduł systemu CaseStudyDB będzie platformą integrującą dane z poszczególnych modułów systemu, a głównym zadaniem modułu będzie umożliwienie studiowania przypadków, analizowania kompletnych technologii od momentu ich opracowania(CAD), zweryfikowania przez programy symulacyjne (CAE), rzeczywistego zastosowania technologii w odlewni, wykonania gotowego odlewu, przeprowadzenia testów kontroli jakości do momentu dostarczenia odlewu spełniającego wymagania klienta. Zastosowanie systemu SimulationDB w praktyce przemysłowej, umożliwi wdrożenie nowej procedury opracowywania technologii odlewniczej z wykorzystaniem istniejącej bazy wiedzy technologicznej.

System bazodanowy SimulationDB jest rozwiązaniem innowacyjnym na skalę światową. Projekt jest rozwinięciem i jednocześnie kontynuacją pracy doktorskiej, której rozwiązaniem

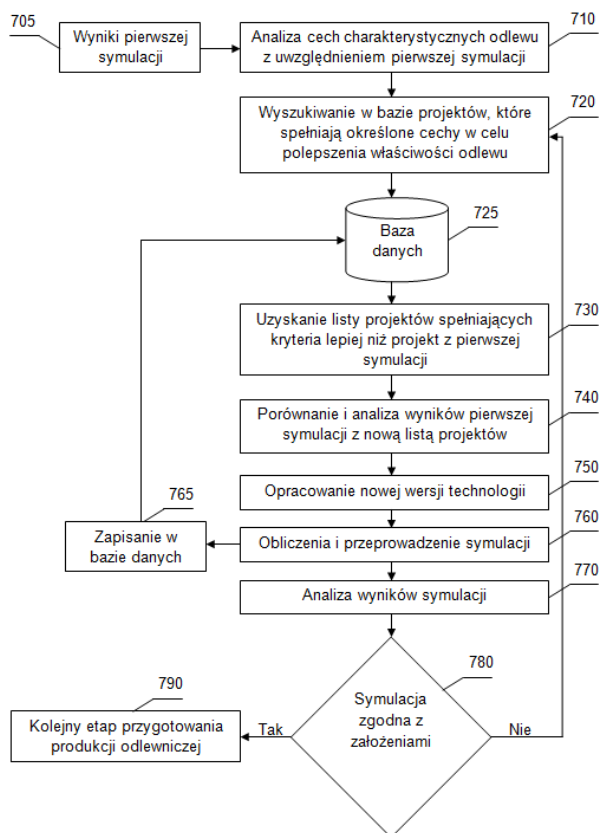


Rys. 2. Schemat postępowania z systemem SimulationDB - część 1

zostało zgłoszone w Urzędzie Patentowym RP – P.391362, w Europejskim Urzędzie Patentowym (EPO – ang. European Patent Office) – 10461517.4 oraz w Amerykańskim Urzędzie Patentowym (USPTO – ang. United States Patent and Trademark Office) – 13/106,523. Przedstawione rozwiązanie charakteryzuje się innowacją produktową – system SimulationDB oraz innowacją procesową – nowy sposób opracowywania technologii z wykorzystaniem systemu SimulationDB przy użyciu procedur pokazanych na rysunkach 2 i 3.

Nowa metoda opracowywania technologii z wykorzystaniem bazy wiedzy technologicznej SimulationDB niesie ze sobą następujące korzyści:

- krótszy czas przygotowania nowej technologii (do około 30% oszczędności), a tym samym niższe koszty produkcji,
- doskonalenie umiejętności praktycznych, zdobywanie wiedzy i niezbędnego doświadczenia,
- lepsze wykorzystanie zasobów ludzkich (technologów) oraz bardzo drogiego oprogramowania do symulacji wraz z wydajnym sprzętem komputerowym.
- zaoszczędzone zasoby można wykorzystać do realizacji nowych projektów. Na podstawie własnych badań i analiz concernu Alstom Power potwierdzono oszczędność czasu przygotowania produkcji odlewniczej na poziomie 32% w przypadku odlewów wielkogabarytowych.



Rys. 3. Schemat postępowania z systemem SimulationDB - część 2

Obecny stan techniki w zakresie zarządzania wiedzą technologiczną, w tym wynikami symulacji kształtuje się następująco. Niektóre duże odlewnie posiadają systemy typu SAP do zarządzania przedsiębiorstwem. Jednakże na rynku nie istnieje żaden dedykowany dla odlewnictwa moduł czy system służący do zarządzania wszystkimi etapami procesu przygotowania produkcji odlewniczej, w tym opracowywania technologii z wykorzystaniem programów symulacyjnych. Do dnia dzisiejszego wyniki symulacji przechowywane są w katalogach. Taka struktura archiwizowania uniemożliwia łatwego i szybkiego przeszukiwania danych w celu wykorzystania ich do ponownego opracowywania technologii. Przewagą proponowanego rozwiązania nad obecnie stosowanymi odnosi się do następujących cech systemu SimulationDB:

- metoda archiwizowania informacji w uporządkowany sposób,
- możliwość sprawnego przeszukiwania zasobów bazy wiedzy technologicznej,
- możliwość wykorzystania opracowanych technologii i doświadczenia inżynierów do opracowywania nowych technologii w krótszym czasie,
- dostęp do informacji z każdego etapu procesu produkcyjnego,
- analiza danych z wykorzystaniem np. komputerowej analizy obrazu, macierzy kontrolnych, porównania parametrów wejściowych oraz wyjściowych dla różnych wersji symulacji,

porównanie rzeczywistego procesu z wirtualnym modelem symulacyjnym, itp.

Zastosowanie systemu SimulationDB w praktyce przemysłowej zwiększa wydajność produkcji poprzez skrócenie czasu przygotowania technologii.

2. Opis przyjętej metodologii badawczej

Problemem badawczym jest brak dedykowanych narzędzi informatycznych służących do zarządzania, archiwizowania i analizowania wiedzy technologicznej, którą można wykorzystać do tworzenia technologii dla nowych odlewów oraz szkolenia kadry inżynierskiej.

Przykładowo symulacja wielkogabarytowego (60 ton) odlewu, w którym znajduje się ponad 100 mln komórek siatki zajmuje około 150 GB. Statystycznie średnio wykonuje się około 7 symulacji. Wyniki symulacji tak dużego odlewu dla całego projektu zajmują ponad 1 TB danych. A co gdy odlewnia produkuje kilkanaście podobnych odlewów rocznie?

Drugim bardzo istotnym elementem jest czas wykonywania symulacji. Dla tak dużego odlewu wykonanie obliczeń dla jednej symulacji na dedykowanej stacji roboczej trwało 238 godzin i 30 minut. Na 32 procesorowym klastrze te same obliczenia skróciły się do 91 godzin 33 minut i 25 sekund (rys. 4).

Wykorzystując powtórnie wiedzę zapisaną w systemie SimulationDB poprzez analizę wybranych projektów dzięki zaawansowanym kryteriom wyszukiwawczym, stosując procedury zawarte w zgłoszeniach patentowych możemy zmniejszyć ilość wykonywanych symulacji o co najmniej 14%.

Oszczędzając jedną symulację zyskujemy dla stacji roboczej 9,94 doby, a dla 32 procesorowego klastra 3,83 doby.

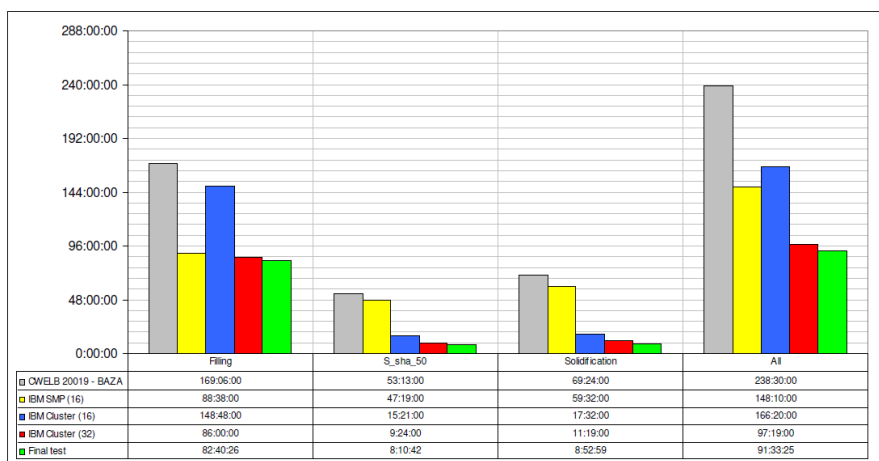
Idea systemu SimulationDB polega na archiwizowaniu wiedzy technologicznej w postaci: opisów procedur technologicznych, plików CAD, wyników symulacji (zdjęcia, animacje, zestawy parametrów), wskazówek technologów. Innowacyjnym podejściem jest zapisanie skryptu wraz z plikami CAD, które umożliwia odtworzenie kompletnej symulacji. Poprzez taki sposób przechowywania informacji oszczędność objętości dyskowej oscyluje od 40 – 70% w stosunku do oryginalnej objętości wyników symulacji.

Oprócz zaoszczędzonej objętości dyskowej, zmniejszenia ilości wykonywanych symulacji, szybszego i łatwego przeszukiwania bazy danych oraz platformy do szkolenia młodych, niedoświadczonych technologów system oferuje kilka niezmiernie przydatnych modułów pokazanych na rysunku 5.

Moduł CastingDefectsDB jest to elektroniczny katalog wad połączony z wynikami symulacji, określoną przyczyną powstania wady i zaleceniami technologa jak można wyeliminować tę wadę.

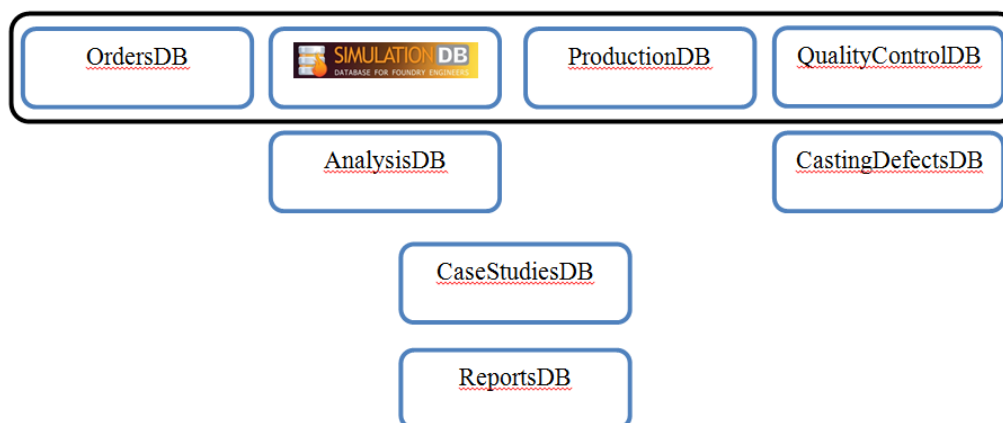
Moduł ProductionDB jest to moduł do przechowywania i analizowania wszystkich parametrów produkcyjnych pokazanych na rysunku 6.

Moduł QualityControlDB jest to moduł kontroli jakości. Kontrola jakości w odlewni jest jednym z ważniejszych etapów procesu produkcyjnego. Decyduje ona o zakwalifikowaniu odlewu do sprzedaży lub o jego nieprzydatności.



- Equipment efficiency test before hardware final selection
- Equipment efficiency test implemented in TMUF

Rys. 4. Porównanie czasu obliczeń na stacji roboczej i 32 procesorowym klastrze IBM



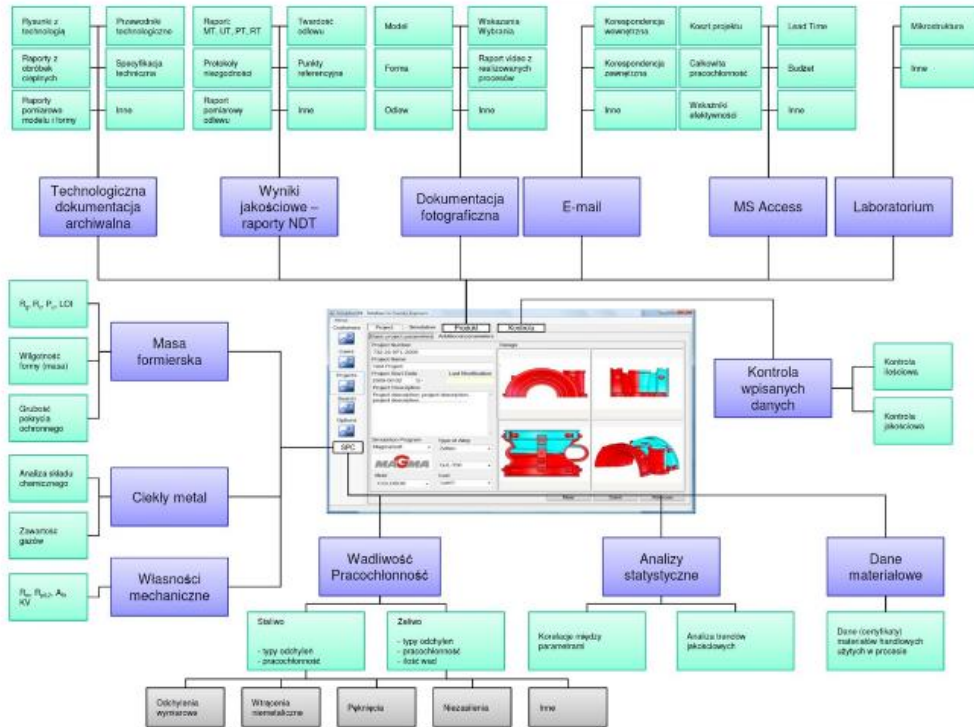
Rys. 5. Schemat modułów systemu SimulationDB

Coraz istotniejsze jest by wytwarzać produkty jak najwyższej jakości przy zachowaniu cen na konkurencyjnym poziomie. Oznacza to konieczność stałej poprawy wydajności i dokładności procesów wytwarzania, co wymaga zastosowania przez producentów coraz doskonalszych rozwiązań w zakresie produkcji oraz jej monitoringu i nadzorowania. Moduł ten podzielony jest na dwie części. Pierwsza z nich to zestaw kilku matryc dla: modelarni, formiarni, wytapialni, oczyszczalni. Przykładową matrycę pokazano na rysunku 7.

Drugą część stanowi moduł kontroli jakości, w którym przechowywane są informacje z testów jakości odlewu, badań wytrzymałościowych, metalograficznych, rentgenowskich. Zapisywane są również informacje dla konstruktorów, technologów ze wskazówkami jak zmodyfikować technologię by ustrzec się wad odlewniczych.

Moduł QualityControlDB zawiera szczegółowe informacje dotyczące badania odlewu pod kątem zgodności z zamówieniem oraz stosowanym norm jakościowych. Serie testów kontrolnych zgodne z procedurą systemu kontroli jakości przeprowadzonych na wybranych odlewach lub wszystkich odlewach w zależności od polityki przedsiębiorstwa zapisana będzie w jednym systemie przeznaczonym dla technologa. Moduł kontroli jakości powiązany jest z elektronicznym katalogiem wad odlewniczych.

Moduł AnalysisDB jest modułem służącym do zaawansowanej analizy poprzez automatyczną, komputerową analizę obrazu porównywanych wyników dla różnych wersji symulacji, wykonywaną po stronie klienta. Umożliwia porównywanie zdjęć, animacji z procesu zalewnia i krzepnięcia, szczegółową analizę składu chemicznego oraz analizę kilkudziesięciu parametrów wejściowych mających wpływ na wyniki symulacji.



Rys. 6. Rozbudowany moduł produkcji - ProductionDB

	Obszar procesu	Krytyczne dla jakości	Zakres realizowanej kontroli	Kryteria akceptowalności	Osoba kontrolująca	Metoda kontroli	Częstotliwość kontroli	Wyniki kontroli	Miejsce archiwizacji	Osoby informowane
Materiał	Dokumentacja techniczna	Długość czasu								
		Czytelność								
		Zgodność rysunku z zestawem modalowym								
	Zespół modalowy	Identyfikacja i interpretowanie								
		Dokładność wymiarowa								
		Kompletność								
	Odbiór	Brak uszkodzeń								
		Czystość								
	Pasek formierski	Identyfikowalność elementów								
		Termin przydatności								
	Zwornia / uzwardobacz (furan/alkid)	Analiza złotowa								
		LDI								
	Materiały ceramiczne	Łepkość								
		Brak zanieczyszczeń w zbiornikach								
		Dokładność wymiarowa								
	Pakiet ochronny	Brak uszkodzeń								
		Gęstość materiału								
		Skład chemiczny								
	Zasiłka izolecyjna	Skład chemiczny								
		Gęstość								
Konsystencja										
Ociskadzielnik	Brak zanieczyszczeń									
	Skład chemiczny									
Oczyszczacz	Wymiary									
	Łoż									

Rys. 7. Przykładowa macierz kontrolna do modułu kontroli jakości - QualityControlDB

Kolejnym modułem jest CaseStudiesDB integrujący wszystkie poprzednie moduły w jedną całość. Jest to zarazem platforma szkoleniowa bazująca na opracowanych w danej odlewni technologiach. W dobie dużego deficytu wykwalifikowanej kadry specjalistów jest to bardzo przydatne narzędzie do przeprowadzania szkoleń związanych z każdym etapem produkcji. Szkolenia

polegały będą na studiowaniu i analizowaniu przypadków, krok po kroku od momentu zamówienia, poprzez opracowanie technologii, analizę, produkcję, po kontrolę jakości i porównanie czy produkt zgodny jest z zamówieniem. Na każdym etapie procesu inżynier poznaje działania technologa wraz ze szczegółowym opisem oraz skutki tych działań.

Ostatnim modulem jest ReportsDB, który służy do drukowania wybranych lub wszystkich informacji z dowolnego etapu procesu.

4. Wnioski

Niepodważalną cechą systemu SimulationDB jest rzeczywista oszczędność czasu i kosztów przygotowania produkcji w przypadku odlewów wielkogabarytowych sięgająca 32%.

Projekt innowacyjnej bazy wiedzy technologicznej – SimulationDB posiada bardzo duży potencjał aplikacyjny, co potwierdza duże zainteresowanie systemem na rynku.

Nowe podejście do opracowywania technologii niesie ze sobą następujące korzyści: skrócenie czasu przygotowania technologii, mniejsze zużycie zasobów ludzkich jak i drogiego sprzętu wraz ze specjalistycznym oprogramowaniem do symulacji procesów odlewniczych. W zaoszczędzonym czasie zasoby te można wykorzystać do opracowywania innych projektów w celu zwiększenia wydajności przedsiębiorstwa. Zastosowanie systemu oprócz aspektów technologicznych ma również duże znaczenie ekonomiczne. Wdrożenie interaktywnego systemu bazodanowego umożliwi optymalizację działań podejmowanych przez technologów, co przyczyni się do zwiększenia wydajności produkcji, poprawy jakości odlewów, zmniejszenia ilości braków, obniżenia kosztów produkcji, a w konsekwencji do zwiększenia konkurencyjności odlewni. Oprócz oczywistych skutków ekonomicznych i technologicznych zastosowanie nowej metody zmienia dotychczasowy proces podnoszenia kwalifikacji przez niedoświadczonych technologów.

Wdrożenie nowoczesnego systemu informatycznego do katalogowania, archiwizacji wyników symulacji, monitorowania i zapewnienia jakości odlewniczych procesów produkcyjnych oraz do optymalnego sterowania procesem produkcyjnym jest przedsięwzięciem, które powinno doprowadzić do poprawy jakości odlewanych części maszyn i urządzeń przy jednoczesnym skróceniu czasu optymalizacji procesów wytwórczych.

Informacje zwrotne docierające od technologów wskazują 32% oszczędność czasu przygotowania technologii, co ma realne przełożenie na oszczędności odlewni i poprawę konkurencyjności na arenie międzynarodowej.

Podziękowania

Publikacja została przygotowana dzięki wsparciu Narodowego Centrum Badań i Rozwoju z projektu nr PBS2/A5/39/2013.

Literatura

- [1] Malinowski, P. & Suchy, J.S. (2010). Database for Foundry Engineers – SimulationDB – a modern database storing simulation results. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, ISSN 1734-8412, 43, 1, pp. 349-353.
- [2] Malinowski, P., Suchy, J.S. & Pater, M. (2012). SimulationDB – technological knowledgebase – new trend of data management, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, ISSN 1734-8412, 55, 1, pp. 129-134.
- [3] Malinowski, P., Suchy, J.S. & Jakubski, J. (2013). Technological knowledge management system for foundry industry, *Archives of Metallurgy and Materials*. Polish Academy of Sciences. Committee of Metallurgy. Institute of Metallurgy and Materials Science, vol. 58 iss. 3, pp. 965–968.
- [4] Jakubski, J., Malinowski, P., Dobosz, S.M. & Major-Gabryś, K. (2013). ANN modelling for the analysis of the green moulding sands properties, *Archives of Metallurgy and Materials*. Polish Academy of Sciences. Committee of Metallurgy. Institute of Metallurgy and Materials Science, vol. 58 iss. 3, pp. 961–963.

Database of Technologies in Cast Iron and Steel Foundries Using SimulationDB System

The method used so far for storing technological data – i.e. images, animations, charts, sets of parameters, simulation results and production data contained in a defined directory structure makes processing and re-using this information basically impossible.

The number of simulations carried out in the casting industry is growing very rapidly. This generates terabytes of digital data that need to be processed and interpreted properly, as irregularities arising during the process of pouring and/or solidification of the casting have to be addressed immediately. Only highly-specialized engineers/experts can perform these tasks. Their knowledge, experience and ability to use innovative engineering tools, that support various stages of the production preparation process, are crucial factors determining how fast a technology can be developed in compliance with the given quality and strength parameters. An appropriate record of practical knowledge, technologists' guidance, simulation results, as well as the entire process of casting production, that are included in the technological knowledge base SimulationDB, provide for an essential tool of a modern technologist. The use of technological knowledge provided by the SimulationDB system allows for faster development of technologies, effective problem-solving in technological processes, and training of specialists. As a result, this all creates additional added value.