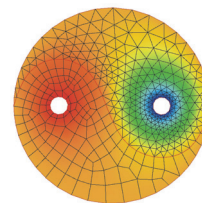




Publishing House
AKAPIT



PLATFORMA *E-COLLABORATION* DLA BRANŻY PLASTYCZNEJ PRZERÓBKI METALI, SKONSTRUOWANA W OPARCIU O ONTOLOGIĘ TESTÓW MATERIAŁOWYCH MATTEST

ŁUKASZ RAUCH

Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków, Poland

COMPARISON OF STATISTICAL AND NEURAL NETWORKS-BASED METHODS IN ANALYSIS OF SIGNIFICANCE AND INTERACTION OF MANUFACTURING PROCESSES PARAMETERS

Abstract

Structured communication between trading partners is crucial in everyday business life. A lot of solutions of this problem exist, allowing application to application (A2A), human to application (H2A) and human to human (H2H) communication. Such formalized exchange of information is, in most cases, based on the XML language structures, standardized by different organizations e.g. OASIS, RosettaNet. However, the content of these structures should also be recognized properly, thus it has to originate from specific ontology. Unfortunately, the lack of ontologies dedicated for various business activities often impedes creation of efficient trading communication. Idea of the e-Collaboration platform, which combines various innovative technologies, allowing business processes description and ontology-based exchange of information, is presented in this paper. The proposed solution is dedicated to companies trading in Metal Forming branch and to academic entities interested in metallurgical sciences. The example of such trading activities, based on material tests performance and determination of material rheological properties, is described in the following sections as well.

Key words: semantic enterprise, metal forming, material test

1. WPROWADZENIE

Dynamiczny rozwój produktów wytwarzanych za pomocą metod przeróbki plastycznej metali miał w ostatnich latach znaczący wpływ na sektor przemysłu metalowego, a przez to również na gospodarkę wielu krajów. W szczególności, zjawisko to zaobserwować można poprzez analizę wzrostu wielkości produkcji nowo projektowanych towarów. Niestety w większości przypadków wytworzenie produktów trafiających do odbiorców końcowych jest bardzo skomplikowanym i kosztownym procesem. Ponadto, stanowi istotny czynnik rozwoju przedsiębiorstwa produkcyjnego wpływając na jego efektywność, kondycję finansową i konkurencyjność na rynku. Spowodowane jest to przede wszystkim

ogromną dywersyfikacją wiedzy, która rozdrobiona jest pomiędzy jednostkami sektora przemysłowego oraz instytucjami akademickimi jak uniwersytety czy też instytuty badawcze. Dlatego też, wspomniany proces wytwórczy wymaga dobrze zorganizowanej współpracy pomiędzy partnerami reprezentującymi różne branże nauki i przemysłu, co umożliwi efektywną wymianę usług i wiedzy w następujących dziedzinach:

- testy materiałowe – próby plastometryczne np: ściskanie lub rozciąganie, pozwalające na wyznaczenie parametrów charakteryzujących badany materiał poprzez analizę jego odkształcenia podczas eksperymentu. Wiele jednostek badawczych posiada wystarczającą wiedzę i sprzęt potrzebny do realizacji testów. Ostatecznie

otrzymane wyniki służą jako dane wejściowe do analizy odwrotnej i symulacji metodą elementów skończonych (MES).

- analiza nowych kształtów produktów za pomocą metod symulacji numerycznych – proces symulacji pozwoli w sposób wirtualny odwzorować rzeczywisty proces wytworzenia nowego produktu. Rozwiązaniem alternatywnym dla tego typu badań jest przeprowadzenie testów plastometrycznych, wykorzystując modele woskowe. W celu podniesienia wiarygodności badań zastosowane mogą zostać obydwie metody, a ich wyniki porównane ze sobą dostarczą bardziej precyzyjnej odpowiedzi.

Wspomniane powyżej usługi wykonywane przez jednostki reprezentujące grupę akademicką pozwolą przedstawicielom sektora przemysłu na wprowadzenie oszczędności finansowych eliminując kosztowne metody prób i błędów wykonywanych w laboratoriach przy użyciu rzeczywistego materiału. Jedynie sektor dużych przedsiębiorstw może pozwolić sobie na utworzenie własnych działów badawczo-rozwojowych, odpowiedzialnych za tworzenie nowych procesów i technologii. Dlatego też w celu wzmocnienia konkurencyjności sektora SME powinien zostać utworzony precyzyjny kanał wymiany informacji i usług pomiędzy przedstawicielami różnych sektorów rynku. Rozwiązaniem, które umożliwiłoby osiągnięcie tego celu jest platforma e-Collaboration oparta na strukturach języka biznesowego (Ericsson & Finn, 1997). System tego typu umożliwiłby tworzenie jednoznacznie opisanych potrzeb użytkowników, ich oczekiwań oraz ofert, wzmacniając jednocześnie współpracę pomiędzy jednostkami przemysłowymi i partnerami akademickimi, w tym przypadku w dziedzinie testów materiałowych i symulacji numerycznych.

1. ANALIZA UŻYTKOWNIKÓW DOCELOWYCH

Grupa docelowych odbiorców platformy e-Collaboration składa się z dwóch podgrup, w skład których wchodzi przedsiębiorstwa przemysłu metalowego oraz jednostki akademickie specjalizujące się w metalurgii i inżynierii materiałowej. Wzrost ekonomiczny lub recesja w sektorach wybranych odbiorców uzależniona jest przede wszystkim od efektywnej wymiany informacji i usług pomiędzy nimi. Dlatego też bardzo istotny wpływ na gospodarkę ma podtrzymanie dobrych stosunków handlowych pomiędzy przedsiębiorstwami, uniwersytetami i instytutami badawczymi. Głównym problemem,

który został zidentyfikowany przed rozpoczęciem takiej współpracy jest nieprecyzyjny sposób komunikacji, uniemożliwiający dokładny opis potrzeb klienta i możliwości dostawców na rynku usług. Niestety problem ten może mieć zdecydowanie poważniejsze konsekwencje przejawiające się w przyszłości spadkiem jakości produkowanych towarów. Proponowana platforma Internetowa wspomagająca komunikację współpracy powinna zatem posiadać funkcjonalność zadowalającą następujące oczekiwania jej użytkowników:

- Przedsiębiorstwo A (niezależnie od rozmiarów) chce stworzyć nowy produkt – po zakończeniu szczegółowego projektu finalnego produktu następuje faza wyboru odpowiedniego materiału i procesu produkcyjnego. Te kwestie mogą być rozwiązane w dwojaki sposób – poprzez metodę prób i błędów lub poprzez zastosowanie symulacji numerycznych. Pierwszy ze sposobów powinien zostać ograniczony do niezbędnego minimum przede wszystkim w fazie testów wstępnych. Wówczas powinien być zastąpiony symulacjami numerycznymi niewymagającymi tak dużo nakładów finansowych. Przedsiębiorstwo powinno, zatem w większości przypadków skorzystać z pomocy jednostek uniwersyteckich posiadających odpowiednie oprogramowanie MES i analizy odwrotnej. Efektem współpracy na tej płaszczyźnie byłoby opracowanie nowych technologii produkcji, materiałów o innowacyjnych właściwościach lub aplikacja istniejących technologii w nowatorski sposób. Aby jednak zaszła taka kooperacja konieczne jest wstępne porozumienie stron oraz dokładny opis ich potrzeb i możliwości,
- Przedsiębiorstwo B (uniwersytet lub instytut) potrzebuje stworzyć komercyjny opis swojego potencjału badawczego w formie oferty wystosowanej do partnerów biznesowych. Oferta zawiera opis metodologii wykonywania testów materiałowych, analizy wyników oraz otrzymanych rezultatów,
- Przedsiębiorstwo C (niewielka kilkuosobowa firma) zajmuje się przetwórstwem metali na niewielką skalę i jest zarazem dostawcą próbek materiałowych o określonej jakości potrzebnych do wykonywania eksperymentów. Przedsiębiorstwo takie potrzebuje stworzyć krótki opis biznesowy swojego profilu oraz oferty zawierające usługi i ceny,
- Przedsiębiorstwo D specjalizuje się w wykonywaniu symulacji MES procesów plastycznej



przeróbki metali. Aby sprzedać swoje usługi na konkurencyjnym rynku, potrzebuje stworzyć ofertę opisującą jej usługi i dostarczyć ją do odpowiedniej ilości innych przedsiębiorstw,

- Przedsiębiorstwo E (średniej wielkości firma, laboratorium lub instytut) specjalizuje się w badaniach materiałowych zawierających wytworzenie próbek oraz ich kompleksową analizą łącznie z symulacjami fizycznymi i numerycznymi oraz porównaniem wyników końcowych. Firma posiada najbardziej złożoną infrastrukturę biznesową, a opis jej oferty zawiera większość elementów opisanych uprzednio w prostszych przypadkach firm B, C i D.

Oferty przedsiębiorstw B, C i D nie są ofertami kompleksowymi i dlatego powinny być ze sobą łączone jako komplementarna odpowiedź na potrzeby firmy A, będącej w tym przypadku Klientem. Przeciwnie do tego przypadku prezentuje się oferta firmy E, która może być potraktowana jako samowystarczalna i powinna być analizowana niezależnie od innych. Wówczas, oferty zgromadzone jako odpowiedź na zapytanie przedsiębiorstwa A mogą zostać ze sobą połączone (jeżeli zachodzi taka potrzeba), a następnie porównane w różnych aspektach. Aby taka funkcjonalność mogła zostać osiągnięta, wszystkie oferty, a także zapytania powinny być opisane w jednym języku, który byłby zrozumiały dla wszystkich uczestników rynku. Co więcej, język taki powinien być na tyle sformalizowany, aby stworzone opisy mogły być umieszczone w strukturalizowanej bazie danych i przetworzone w sposób automatyczny za pomocą dedykowanego oprogramowania.

Językiem, który spełnia wszystkie powyższe wymagania jest XML i dlatego też został on zaproponowany jako podstawowa technologia konieczna do stworzenia platformy e-Collaboration (Decker et al., 2000). Kilka najważniejszych rozwiązań z dziedziny inżynierii materiałowej i plastycznej przeróbki metali, które zostały zaimplementowane właśnie przy użyciu XML i innych technologii Internetowych, zostało opisane w kolejnym rozdziale.

2. DOSTĘPNE ROZWIĄZANIA

Technologia XML została stworzona przez konsorcjum W3 (www.w3.org) i jest szeroko rozpowszechniona w wielu aplikacjach. Jedną z najważniejszych korzyści aplikacji XML jest możliwość rozgraniczenia warstwy treści od jej prezentacji, dzięki czemu technologia ta jest bardzo potężnym

i elastycznym narzędziem (Benz & Durant, 2003). Ciekawym rozwiązaniem zbudowanym w oparciu o XML jest idea warstwowo budowanych sieci semantycznych, również zaproponowanych przez organizację W3. W tym przypadku XML jest używany jako podstawowy moduł opisu informacji zawartych w określonych ontologiach, ale również może być z powodzeniem używany w innych aplikacjach wymagających strukturalizacji przechowywania danych czy też przesyłu informacji np.: bazy danych i bazy wiedzy, usługi Internetowe, rozwiązania e-Collaboration. Obecnie istnieje wiele takich systemów (Albert et al., 2004), jednak żaden z systemów nie oferuje funkcjonalności, która w pełni satysfakcjonowałaby potrzeby użytkowników wymienione w rozdziale 1. Przykładem popularnych rozwiązań tego typu są następujące systemy Internetowe:

- <http://web.steel24-7.com/> – najbardziej doświadczony serwis Internetowy oferujący wirtualny rynek dla jednostek zajmujących się sprzedażą i kupnem stali, zaopatrzonej w profesjonalną wielojęzyczną pomoc dla Klientów portalu. Jednakże system jest ograniczony jedynie do produktów ze stali i nie wspiera w żaden sposób wymiany usług i komunikacji.
- <http://www.metalworld.com> – obszerna światowa baza informacji handlowych, która została stworzona w celach promowania handlu w przyszłości metalowym. Każde przedsiębiorstwo może dodać do bazy informacje o swoich produktach i usługach. Niestety głównym mankamentem tego serwisu jest brak języka sformalizowanego, który ułatwiałby późniejszą analizę przedstawionych opisów w sposób automatyczny. Każda informacja dodawana jest w formie prostych wypowiedzi w języku angielskim. W efekcie możliwości analizy tak ogromnej bazy są dość utrudnione,
- <http://www.commerce-database.com/metal-forming.htm> – dziedzina plastycznej przeróbki metali jest jedynie mniejszym wycinkiem dużego portalu dedykowanego gromadzeniu informacji o różnych branżach i przedsiębiorstwach. Wortal zawiera informacje statyczne o wyżej wymienionych danych bez możliwości dynamicznego zaawansowanego wyszukiwania.

Wszystkie opisane rozwiązania stanowią bardzo istotny wkład w codzienne życie biznesowe przedstawicieli przemysłu, a także jednostek uczelnianych. Jednakże ich funkcjonalność jest skupiona głównie na handlu produktami, a nie wymianą usług



i informacji pomiędzy współpracującymi partnerami. Z drugiej zaś strony, rozwijane są systemy wspomagające prototypowanie produktów on-line oraz projektowanie procesów produkcyjnych metodami przeróbki plastycznej metali. Niestety wspomniane rozwiązania nie oferują w żadnym ze swoich modułów wspomaganie aktywności biznesowych dla użytkowników. Natomiast cechą wspólną wszystkich omawianych aplikacji jest podstawa zbudowana przy użyciu technologii XML (Mervyn et al., 2004; Zhang et al., 2004). A zatem rozwiązania te mogą zostać połączone w odpowiedni sposób w formie jednego systemu posiadającego zróżnicowane możliwości, który satysfakcjonowałby wszystkie potrzeby jego przyszłych użytkowników (rozdz. 1).

3. IDEA PLATFORMY E-COLLABORATION

Niniejszy rozdział zawiera szczegółowy opis wspomnianej uprzednio platformy e-Collaboration dedykowanej dla dziedziny testów materiałowych. Zaprezentowane rozwiązanie korzysta z narzędzi, których standaryzacja potwierdzona została przez organizacje międzynarodowe. Krótki opis wykorzystywanych rozwiązań związanych z językami opisu ontologii OWL i RDF umieszczony został w podrozdziale 3.1. W kolejnych podrozdziałach zamieszczono opis własnej koncepcji ontologii testów materiałowych (3.2) oraz projektu implementacji proponowanej platformy (3.3).

3.1. Narzędzia Pomocnicze

Nowoczesne podejście w tworzeniu skomplikowanych aplikacji komputerowych, w tym również złożonych serwisów Internetowych, zakłada wykorzystanie gotowych komponentów wielokrotnego użytku, które charakteryzują się określoną funkcjonalnością. Architektura oprogramowania zbudowanego w oparciu o takie podejście jest dzięki temu znacznie łatwiej zarządzana i gwarantuje elastyczność w doborze kierunków dalszego rozwoju. W przypadku zaproponowanego systemu, następujące komponenty zostały wzięte od uwagi:

- ebXML (<http://www.ebxml.org>) – Electronic Business XML jest inicjatywą, która została opracowana przez dwie organizacje międzynarodowe: UN/CEFACT i OASIS. Zasięg funkcjonalny ebXML pokrywa prawie wszystkie aspekty codziennego życia biznesowego przedsiębiorstwa bez względu na jego rozmiar. Technologia ta skupia się przede wszystkim na od-

powiednim strukturalizowaniu informacji biznesowych wymienianych podczas współpracy handlowej pomiędzy kilkoma partnerami na kilka sposobów: A2A, A2H, H2H. Do celów budowy platformy e-Collaboration wybrane zostały dwa moduły: ebCPP (Collaboration-Protocol Profile) i ebCPA (Collaboration-Protocol Agreement). Dzięki oferowanej przez nie funkcjonalności wiele czynności biznesowych może zostać opisane w sposób umożliwiający łatwą, wręcz mechaniczną, interpretację np.: definicje procesów biznesowych, zarządzanie zasobami, opis kontraktu,

- RosettaNet Community (<http://www.rosettanet.org>) – umożliwia przejrzystą prezentację procesów biznesowych przedsiębiorstwa podzielonych na najmniejsze z możliwych elementy zwane PIPsami (Partner Interface Processes). Proponowane standardy są ogólnie dostępne z poziomu dokumentów DTD i używane obecnie na świecie przez ponad 1600 firm. Najistotniejszymi modułami z punktu widzenia dziedziny przetwórstwa plastycznego metali są PIP 2A13 i PIP 2A15 (obecnie w trakcie tworzenia),
- MatML Language (<http://www.matml.org>) – serwis Internetowy zawierający propozycję języka opisu właściwości materiałowych w oparciu o XML. Umożliwia on stworzenie zunifikowanego opisu materiału i przekazanie go do dalszej analizy jak np.: symulacje numeryczne lub materiałowe bazy danych (Mynors et al., 2004).

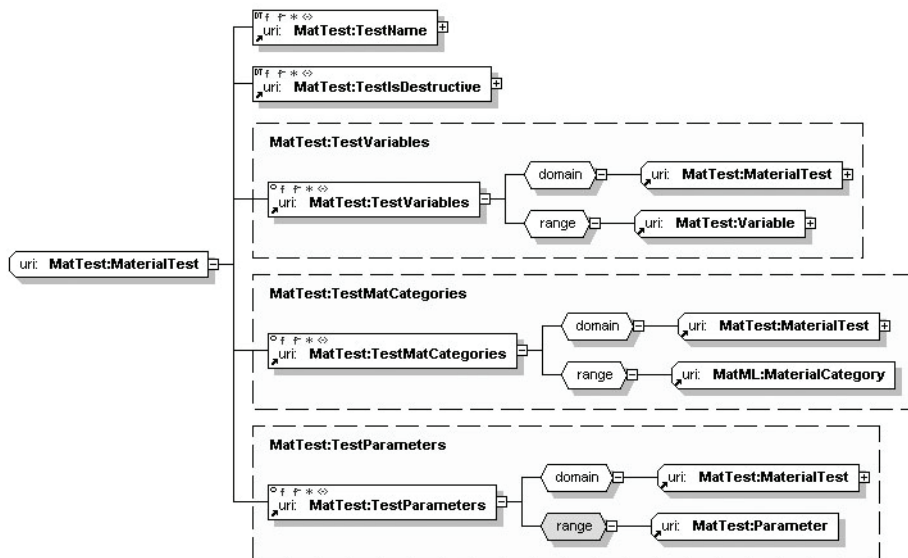
Wymienione powyżej technologie wydają się być wystarczające dla przedsiębiorstw zainteresowanych wyłącznie handlem materiałami. Jednakże można łatwo zauważyć, że z powodu braku odpowiedniej ontologii opis usług związanych z przeróbką plastyczną metali jest bardzo utrudniony. Natomiast komunikacja pomiędzy partnerami jest nieefektywna i mało wiarygodna.

3.2. Ontologia Testów Materiałowych (MatTest)

Rozdział zawiera jedynie wycinek zaproponowanej ontologii MatTest z powodu jej sporych rozmiarów. Do stworzenia rozwiązania MatTest użyto następujących technologii: RDF i RDF Schema – <http://www.w3.org/RDF/>, OWL Full – <http://www.w3.org/2004/OWL/> (zaproponowane i standaryzowane przez konsorcjum W3). Rozwiązanie to pozwala nie tylko na strukturalizowany, łatwo inter-



pretowalny opis testów materiałowych, ale powinno być traktowane przede wszystkim jako zewnętrzna biblioteka w formie specjalizowanej ontologii.



Rysunek 1. Uproszczony diagram OWL dla głównej klasy MaterialTest. Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 1 prezentuje główną klasę zaproponowanej ontologii, enkapsulującą kilka atrybutów opisujących testy materiałowe np: kategoria testu, zmienne lub parametry. Ponadto dodatkowa klasa *MaterialCategory* wykorzystana jest do wyznaczenia, dla jakiego materiału test powinien zostać wykonany. Klasa ta jest zaczerpnięta ze wspomnianej uprzednio zewnętrznej biblioteki języka MatML. Dzięki takiemu rozwiązaniu utworzone zostaje połączenie pomiędzy testami materiałowymi oraz istniejącym opisem materiałów w formie architektury rozproszonej. Dodatkowo wprowadzone połączenia z modułami ebCPP, ebCPA i PIPsami Rosetta pozwalają zbudować podstawy w pełni funkcjonalnej platformy e-Colaboration, przedstawionej w kolejnym podrozdziale.

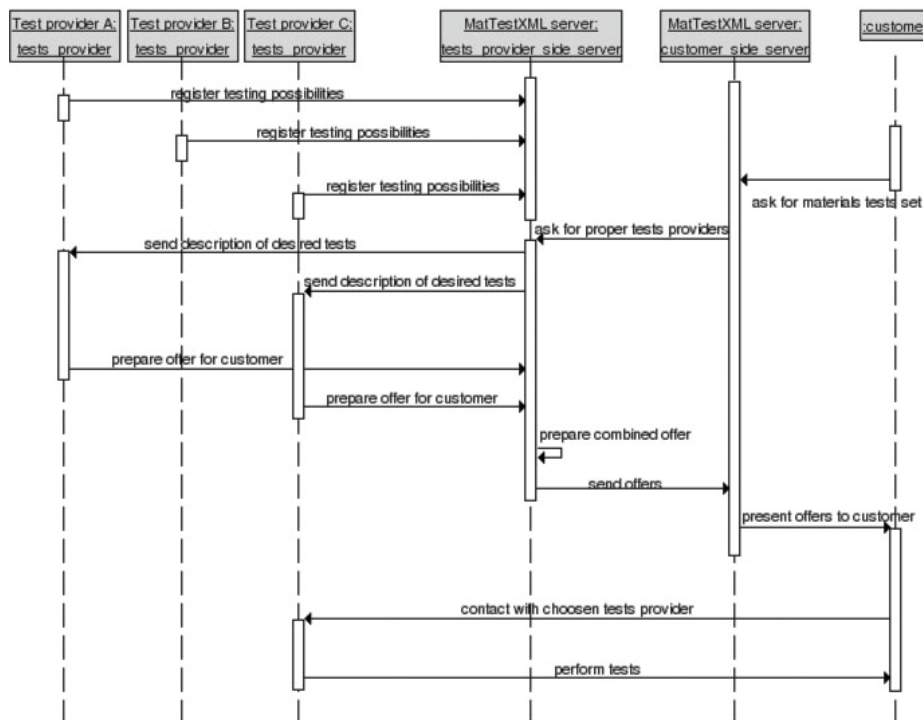
3.3. Projekt oraz Implementacja Platformy

Główna funkcjonalność proponowanego systemu zaprezentowana została na diagramie sekwencyjnym (rysunek 2). Jednostki wykonujące

usługi w dziedzinie testów materiałowych przesyłają swoje oferty na serwer bazy ontologii MatTest. Zarejestrowane informacje przygotowane są w oparciu o specyfikację właściwości materiałowych, testów materiałowych oraz biznesowy profil przedsiębiorstwa. W kolejnym kroku użytkownicy będący w tym przypadku Klientami kierują na serwer opis swoich potrzeb i oczekiwań. Zakończony z powodzeniem proces umieszczenia zapytań Klienta powoduje uruchomienie głównego modułu serwera, który odpowiedzialny jest za porównanie ofert innych przedsiębiorców. Zaimplementowany nieskomplikowany algorytm, parsujący dane zapisane w technologii XML, jest w stanie szybko i precyzyjnie przetworzyć wszystkie oferty i zwrócić te właściwe, które całkowicie lub częściowo odpowiadają potrzebom Klienta. W przypadku częściowej odpowiedzi na zapytanie Klienta następuje proces wyszukiwania ofert uzupełniających. Wówczas utworzone zostaje konsorcjum partnerów, które

usługi w dziedzinie testów materiałowych przesyłają swoje oferty na serwer bazy ontologii MatTest. Zarejestrowane informacje przygotowane są w oparciu o specyfikację właściwości materiałowych, testów materiałowych oraz biznesowy profil przedsiębiorstwa. W kolejnym kroku użytkownicy będący w tym przypadku Klientami kierują na serwer opis swoich potrzeb i oczekiwań. Zakończony z powodzeniem proces umieszczenia zapytań Klienta powoduje uruchomienie głównego modułu serwera, który odpowiedzialny jest za porównanie ofert innych przedsiębiorców. Zaimplementowany nieskomplikowany algorytm, parsujący dane zapisane w technologii XML, jest w stanie szybko i precyzyjnie przetworzyć wszystkie oferty i zwrócić te właściwe, które całkowicie lub częściowo odpowiadają potrzebom Klienta. W przypadku częściowej odpowiedzi na zapytanie Klienta następuje proces wyszukiwania ofert uzupełniających. Wówczas utworzone zostaje konsorcjum partnerów, które

sane w technologii XML, jest w stanie szybko i precyzyjnie przetworzyć wszystkie oferty i zwrócić te właściwe, które całkowicie lub częściowo odpowiadają potrzebom Klienta. W przypadku częściowej odpowiedzi na zapytanie Klienta następuje proces wyszukiwania ofert uzupełniających. Wówczas utworzone zostaje konsorcjum partnerów, które

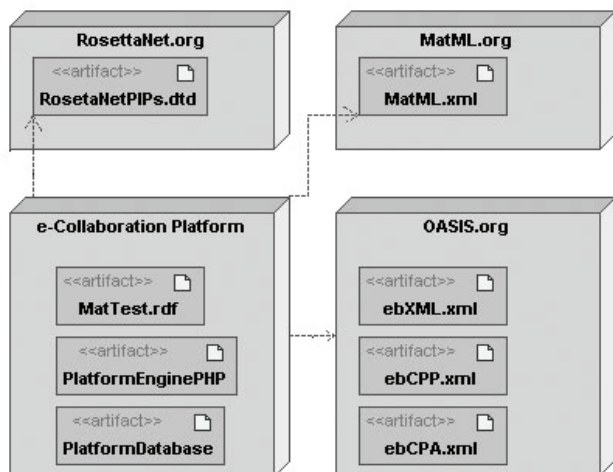


Rysunek 2. Główny diagram sekwencji platformy e-Collaboration. Źródło: opracowanie własne.



przesyłane jest do wszystkich zainteresowanych odbiorców wyników zapytania.

Podstawowy projekt pakietów (rysunek 3), z których złożony jest proponowany system powstał jako wynik analizy wymagań funkcjonalnych. Główne cztery elementy diagramu przedstawiają wszystkie opisane powyżej moduły, wykorzystane elementy zewnętrzne jak i pakiety własnej koncepcji.



Rysunek 3. Diagram pakietów proponowanej aplikacji. Źródło: opracowanie własne.

Najważniejszym elementem diagramu jest pakiet 'e-Collaboration Platform', który zbudowany został z trzech modułów wewnętrznych tj. interpretera PHP, silnika bazodanowego oraz pliku MatTest.rdf (zawierającego proponowany opis zasobów ontologii związanej z testami materiałowymi). Natomiast dwa pierwsze moduły odpowiedzialne są za interakcje z użytkownikami aplikacji oraz zarządzanie danymi.

Dodatkowe trzy pakiety zewnętrzne (OASIS.org, MatML.org oraz ResettaNet.org) również muszą być dostępne w czasie działania aplikacji, aby była ona w pełni funkcjonalna. Zaproponowane rozwiązanie modułowe wprowadza wystarczającą funkcjonalność, aby partnerzy mogli nawiązać i utrzymywać ze sobą współpracę poprzez platformę e-Collaboration.

4. PODSUMOWANIE

Koncepcja platformy e-Collaboration dedykowanej dla dziedziny przeróbki plastycznej metali, zarówno dla przedstawicieli branży przemysłowej jak i akademickiej, została przedstawiona w niniejszym artykule. Podstawowa funkcjonalność prezentowanego systemu skupia się na wspomaganie procesów nawiązania i utrzymania współpracy pomiędzy jednostkami przemysłu i partnerami środowiska akademickiego, zainteresowanymi w przeprowadzaniu

testów materiałowych, opracowaniu właściwości nowych materiałów lub tworzeniu innowacyjnych procesów przeróbki plastycznej metali. W chwili obecnej nawiązanie współpracy tego typu szczególnie dla przedsiębiorstw sektora SME jest często jedynym słusznym rozwiązaniem w celu polepszenia swojej konkurencyjności na rynku, a stworzenie własnego centrum badawczego barierą nie do sforsowania. Dlatego też stworzenie aplikacji Internetowej, która umożliwiałaby rozpoczęcie współpracy, znalezienie odpowiedniego partnera w krótkim czasie i opis swoich potrzeb, wymagań lub ofert, jest pomysłem uzasadnionym merytorycznie i ekonomicznie.

Zaproponowane rozwiązanie MatTest wypełnia pustkę pomiędzy różnymi dostępnymi aplikacjami opartymi o XML, wspierającymi zarówno biznesową stronę działalności przedsiębiorstwa jak i merytoryczną, związaną z wykorzystywanymi technologiami materiałowymi. Kolejne prace związane z ontologią MatTest mają na celu dalszy jej rozwój, pozwalający na coraz bardziej złożony opis działań w dziedzinie testów materiałowych.

UWAGA KOŃCOWA

Projekt jest częścią działalności Centrum Doskonałości CeKoMat.

LITERATURA

- Albers, M., Jonker, C.M., Karami, M., Treur, J., 2004, Agent Models and Different User Ontologies for an Electronic Market Place, Knowledge and Information Systems, 6, 1-41.
- Benz, B., Durant, J.R., 2003, XML Programming Bible, Wiley Publishing Inc.
- Erikson, J., Finn, N., 1997, Market space: an open agent-based market infrastructure. Master's thesis, Computer Science Department, Uppsala University, Sweden, <http://www.sics.se/joakime/>.
- Decker, S., Melnik, S., Van Harmelen, F., Fensel, D., Klein, M., Broekstra, J., Erdmann, M., Horrocks, I., 2000, The Semantic Web: The Roles of XML and RDF, IEEE Internet Computing, 5.
- Mervyn, F., Kumar, A.S., Bok, S.H., Nee, A.Y.C., 2004, Developing distributed applications for integrated product and process design, Computer Aided Design, 36, 679-689.
- Mynors, D.J., Broomhead, P., Grieve, R.J., 2004, Web-based material properties for use with metal forming simulation packages, Journal of Material Processing Technology, 153-154, 688-693.
- Zhang, X., Peng, Y., Ruanb, X., 2004, A web-based cold forging process generation system, Journal of Material Processing Technology, 145, 1-6.

Received: July 15, 2006
Received in a revised form: October 2, 2006
Accepted: October 5, 2006

