

Wirtualne laboratorium inżynierii materiałowej

Rafał Honysz, Leszek Adam Dobrzański

Artykuł opisuje Wirtualne Laboratorium Inżynierii Materiałowej Instytutu Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych w Politechnice Śląskiej. Jest to otwarte środowisko naukowo-badawczo-symulacyjne pomocne w realizacji zadań dydaktycznych i naukowych z dziedziny nauki o materiałach. Laboratorium jest zbiorem symulacji i trenerów odwzorowują budowę, zasadę działania, funkcjonalność i metodykę obsługi sprzętu badawczego zainstalowanego i dostępnego w rzeczywistych laboratoriach naukowych. Zastosowanie wirtualnego sprzętu, który jest praktycznie niezniszczalny, tanie w eksploatacji i łatwy w użyciu zachęca studentów i pracowników naukowych do niezależnych badań i doświadczeń w sytuacjach, gdy możliwości ich realizacji w prawdziwym laboratorium śledcze będą ograniczone ze względu na wysokie materiału kosztów, trudności w dostępie do rzeczywistych urządzeń lub potencjalnego ryzyka jego uszkodzenia.

Wstęp

Wirtualne laboratorium jest umieszczonym w rzeczywistości wirtualnej zbiorem symulatorów trenerów, których głównym celem jest symulowanie pracy rzeczywistego sprzętu badawczego umieszczonych w rzeczywistych laboratoriach naukowych. Oprócz nich użytkownik znajdzie tu instrukcje obsługi urządzeń, rzeczywistych i wirtualnych, opisy eksperymentów treningowych możliwych do samodzielnego wykonania i mnóstwo innych materiałów wspomagających procesy poznawcze metodologii pracy badawczej [1].

Wirtualne laboratorium jest idealnym środowiskiem treningowym dla pracowników i studentów, którzy dopiero rozpoczynają prace z danym typem urządzenia. Mogą oni nabrać podstawowych umiejętności i wprawy w obsłudze urządzenia bez obawy

o uszkodzenie kosztownego sprzętu lub spowodowanie zagrożenia dla życia lub zdrowia swojego i innych osób przebywających w laboratorium. Nieprawidłowa obsługa symulowanego urządzenia kończy się jedynie na jego symulowanej nieprawidłowej pracy lub uszkodzeniach widocznych wyłącznie na ekranie monitora. Wtedy wystarczy wyzerować symulację do stanu początkowego i powtórzyć eksperyment z wprowadzonymi właściwymi parametrami. Programy symulujące rzeczywiste urządzenia muszą w miarę dobrze przedstawiać metodologię prowadzenia badań na ich prawdziwych odpowiednikach. Jest rzeczą oczywista, że symulator nigdy nie osiągnie pełnej funkcjonalności prawdziwego urządzenia, ale podstawowe funkcje niezbędne do rozpoczęcia pracy z daną maszyną powinny zostać oddane

wiernie, gdyż mają charakter poznawczy. Student ma w prosty i przystępny sposób poznać podstawy obsługi sprzętu, który będzie obsługiwał w świecie rzeczywistym a o którym w chwili obecnej niewiele wie. Jeśli symulacja będzie trudna w obsłudze lub jeśli nie będzie odzwierciedlać funkcji maszyny rzeczywistej nie będzie wiele warta i zniechęci do pracy [1-7].

Wirtualne laboratorium jest niezwykle tanie w utrzymaniu i eksploatacji. Poza kosztami uruchomienia, czyli przygotowania niezbędnego systemu komputerowego, wykonania wirtualnych symulacji urządzeń i niezbędnych do ich obsługi materiałów są to jedynie koszty utrzymania systemu „na chodzie”. Nie trzeba przygotowywać żadnych próbek materiałowych ani innych materiałów eksploatacyjnych, niekiedy niezwykle kosztownych, nie są konieczne prze-

glądy techniczne maszyn, wszelkie uszkodzenia likwidujemy zerując maszynę do stanu początkowego [1-7].

Jak wykazują badania prowadzone w ośrodkach akademickich możliwość wykonania danego eksperymentu w domowym zaciszu bez opieki prowadzącego wpływa pozytywnie na morale studenta. Nie czuje się on bezradny i nie popełnia tylu błędów ile student obeznany jedynie z opisanymi teoretycznymi maszynami i mający pierwszy kontakt z urządzeniem dopiero na zajęciach pod okiem prowadzącego przedmiot instruktora. Nawet najlepiej oprogramowane wirtualne laboratorium nigdy nie zastąpi laboratorium prawdziwego. Nie należy tych systemów traktować jako równorzędnych i nie należy jednego z nich zastępować drugim. Technologie rzeczywista i wirtualna wzajemnie się rozszerzają. Zastosowane

razem oferują większe możliwości treningowo-edukacyjne niż stosowane niezależnie od siebie [8-10].

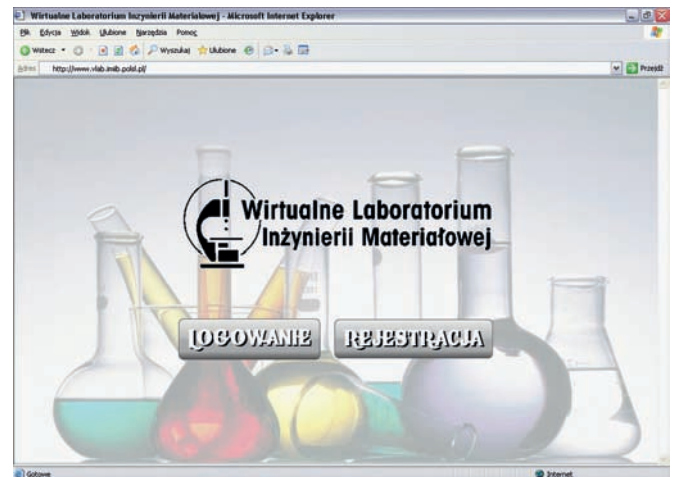
Opis wirtualnego laboratorium inżynierii materiałowej

Wirtualne laboratorium inżynierii materiałowej jest własnym narzędziem mającym na celu wizualizację wyników badań, symulacji i predykcji wykonanych z użyciem opracowanego obliczeniowego modelu zależności stali, jak również zapoznanie studentów i młodych pracowników nauki z warsztatem naukowo-badawczym stosowanym w szeroko rozumianej nauce o materiałach inżynierskich. W laboratoriach znajdują się m.in. wirtualne mikroskopy świetlne i elektronowe, maszyny do badań wytrzymałościowych, udarowości, twardościomierze i wiele, innych. Koncepcja wirtualnego laboratorium Inżynierii Materiałowej prezentowana na licznych konferencjach naukowych została przyjęta bardzo przychylnie i uznano ją za bardzo obiecującą inicjatywę z dziedziny inżynierii materiałowej. W pracach nad laboratorium aktywnie uczestniczyli również studenci [11-15].

Umieszczenie laboratorium na platformie e-learning Instytutu Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych [16] (rysunek 1) umożliwi wszystkim użytkownikom zapoznanie się ze sprzętem badawczym Instytutu. W szczególności studenci uzyskują możliwość gruntownego przygotowania się do zajęć laboratoryjnych prowadzonych tradycyjnie. Studenci zdalni oraz inżynie-

rowie zatrudnieni w przemyśle mają szanse odbycia zajęć ćwiczeniowych na odległość. Szeroki zespół młodych naukowców i studentów może poznać podstawy badań własności mechanicznych i zapoznać się z mikrostrukturami materiałów inżynierskich niezależnie od miejsca aktualnego pobytu. Opisane laboratorium jest unikatową szansą na zaznajomienie się z metodologią badawczą dla osób nieposiadających dostępu do rzeczywistego sprzętu badawczego. Wirtualne symulacje dla takich osób często są jedyną szansą na zapoznanie się z budową takiego sprzętu i metodologią prowadzenia badań z zakresu inżynierii materiałowej w świecie rzeczywistym.

Aby korzystać z laboratorium potrzebny jest jedynie komputer klasy PC z dostępem do globalnej sieci internetowej. Języki programowania sieciowego zastosowane przy opracowywaniu laboratorium umożliwiają dostęp do laboratorium bez względu na konfigurację sprzętu użytkownika. Nie ma znaczenia ani zainstalowany system operacyjny ani przeglądarka zasobów internetowych użyta do wyświetlenia zawartości laboratorium na ekranie monitora. Minimalne wymagania sprzętowe, jakie musi spełnić komputer osobisty to: procesor Pentium II 300 MHz, 64 MB pamięci RAM, i karta sieciowa 10 Mb/s. Wygodną i efektywną pracę zapewnia: procesor Pentium III 500 MHz, 512 MB pamięci RAM, karta sieciowa 100 Mb/s. Wymagania programowe to system operacyjny



Rys. 1. Wirtualne laboratorium inżynierii materiałowej. Strona główna



Rys. 2. Wirtualne laboratorium inżynierii materiałowej a) główne wejście, b) główny korytarz, c) tablica ogłoszeń, d) widok na pracownię

z graficznym interfejsem użytkownika i przeglądarka internetowa z zainstalowanym plug-inem systemu Adobe Flash. Działanie laboratorium zostało przetestowane na kilkunastu komputerach o różnej konfiguracji pracujących operacyjnych, takich jak Windows, Linux i FreeBSD. Przeglądarki użyte w testach to

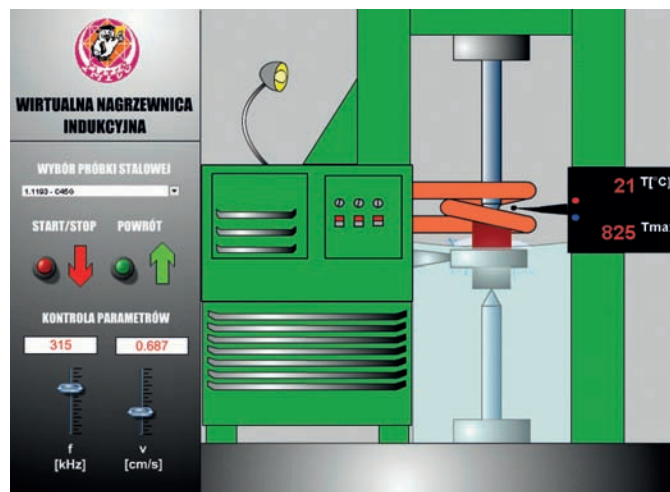
Microsoft Internet Explorer/Edge, Firefox, Opera, Chrome, Epiphany i Konqueror. W żadnym z przypadków nie stwierdzono nieprawidłowości w działaniu i obsłudze symulacji.

Aby rozpocząć pracę z wirtualnymi urządzeniami należy zalogować się na stronie laboratorium. Użytkownicy, którzy dopiero rozpoczynają

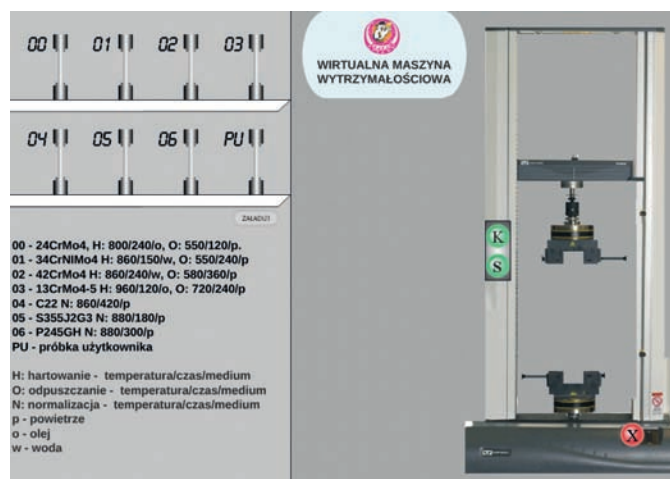
pracę muszą zarejestrować się korzystając z formularza rejestracyjnego. Otrzymają wtedy klucz dostępu. Po podaniu nazwy użytkownika i klucza dostępu laboratorium udostępnia całość zgromadzonych w nim zasobów. Będąc w środku należy przejść wirtualnym korytarzem do interesującej nas pracowni (rysunek 2) i wybrać symulację sprzętu, z którym zamierza się pracować. Obecnie do wyboru jest dziewięć symulacji umieszczonych w siedmiu pracowniach. Dodatkowo w każdej pracowni znajdują się interaktywne materiały dydaktyczne opisujące sprzęt, ułatwiające jego poznanie i rozpoczęcie pracy oraz opisy eksperymentów treningowych i badawczych możliwych do wykonania podczas prowadzenia badań oraz na zajęciach lekcyjnych prowadzonych w sposób tradycyjny lub e-learningowo, bądź też w domu, jako przygotowanie do rzeczywistej pracy z wykorzystaniem rzeczywistej aparatury. Symulatory i pomoce dydaktyczne dotyczące wymienionych laboratoriów wykonano w środowisku Adobe Macromedia Flash 8 z wykorzystaniem języka skryptowego ActionScript 2.

Opis symulacji sprzętu badawczego

Na wyposażeniu Laboratorium obróbki cieplnej znajduje się symulacja indukcyjnej nagrzewnicy powierzchniowej (rysunek 3). Umożliwia ona sterowanie szybkością przesuwu próbki stalowej przez wzbudnik i częstotliwością prądu wzbudnika.



Rys. 3. Wirtualna nagrzewnica powierzchniowa – hartowanie stali C45G



Rys. 4. Wirtualna maszyna wytrzymałościowa. Przeglądanie wyników badań



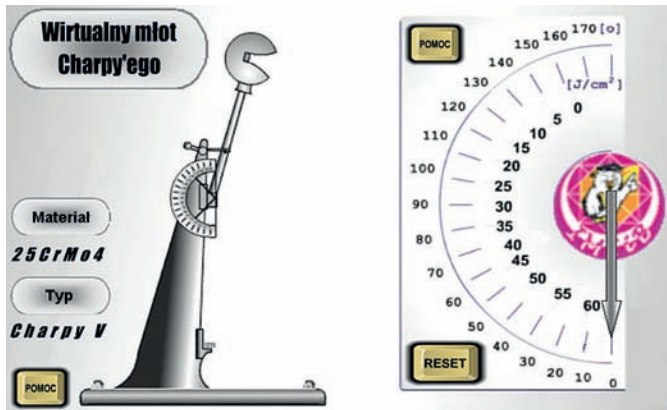
Rys. 5. Wirtualny uniwersalny twardościomierz AEDT. Wynik pomiaru

powiednią częstotliwość prądu płynącego przez wzbudnik oraz prędkość przesuwu elementu przez wzbudnik. Proces hartowania przebiega automatycznie po naciśnięciu przycisku startowego.

W pracowni wytrzymałości materiałów znajduje się wirtualna symulacja uniwersalnej maszyny wytrzymałościowej (rysunek 4). Wzorowana na modelu Zwick ZSN100 posiada funkcjonalność umożliwiającą wykonanie statycznych prób wytrzymałościowych w zakresie sprężystym i plastycznym. Po uruchomieniu i przeprowadzeniu kalibracji maszyny należy w jej szczękach zamontować próbkę. Znajdują się one w zasobniku umieszczonym po lewej stronie maszyny. Próbkę należy zamocować zatrzaszkując dźwignie szczęk. Po jej zamocowaniu przechodzi się do panelu sterującego pracą maszyny i ustawia parametry próby. Po jej uruchomieniu można obserwować zarówno zachowanie próbki w maszynie, jak również graficzną reprezentację wyników prezentowaną na ekranie monitora.

W laboratorium badania materiałów znajdują się uniwersalny twardościomierz oraz młot typu Charpy do badań udarności. Wirtualny uniwersalny twardościomierz (rysunek 5) odpowiada funkcjonalnością modelowi AEDT firmy Antonik. Możliwe jest wykonanie badania twardości próbek płaskich, metodami Brinella, Vickersa i Rockwella w skalach BiC. Zasympulowano także komplet penetratorów i zestaw próbek. Po uruchomieniu maszyny w pierwszej

Symulowana jest temperatura warstwy wierzchniej i jej struktura po procesie obróbki cieplnej. Ze względu na budowę nagrzewnic, jako urządzeń wysoko specjalizowanych nie wzorowano się na żadnym konkretnym modelem dostępnym na rynku. Jako ogólny wzór przyjęto nagrzewnicę G013 wyprodukowaną przez Zakłady Doświadczalne - Koźbiel Polska służącą do hartowania powierzchniowego sworzni stalowych. Jej obsługa jest niezwykle prosta. Po wybraniu materiału i zamocowaniu elementu w kłach urządzenia należy dobra od-



Rys. 6. Wirtualny młot Charpy'ego. Stan przed wykonaniem badania udarności stali

kolejności użytkownik musi zamocować penetrator, oraz, zgodnie z wyborem, zaprogramować twardościomierz do pomiarów wybraną metodą. Następnie do urządzenia należy załadować próbkę. Pomiar następuje automatycznie i zostaje rozpoczęty w chwili kontaktu próbki z penetratorem. Po zakończeniu badania użytkownik otrzymuje komunikat o wyniku pomiaru, lub o błędzie, jeżeli badanie się nie powiodło.

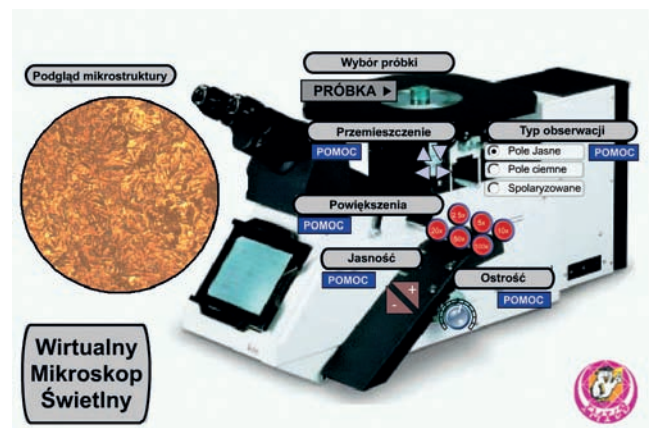
Do przeprowadzania badania udarności używa się młotów wahadłowych typu Charpy. Symulacja (rysunek 6) bazuje na młocie Amsler RKP450 produkcji Roell-Amsler GmbH. W zależności od rodzaju badanego materiału i rozmiarów i próbki, w symulacji młota można wybrać odpowiedni zakres siły. Nastawienie zakresu odbywa się przez zmianę masy wahadła lub zmianę kąta wzniesienia ramienia wahadła. Poprzez odpowiednie efekторы możliwa jest manipulacja wahadłem. W zasobniku przygotowano próbki wykonane z różnych materiałów inżynierskich i o różnym kształcie karbu. Metodologia

przewodzenia badań udarności na wirtualnym młocie odpowiada badaniom w rzeczywistości. Należy uchwycić kursorem młot wahadłowy i zablokować go w górnym położeniu. Pojawi się zasobnik z próbkami. Należy pobrać próbkę z zasobnika i umieścić ją na stoliku maszyny. Wybór myszą zaczepu zwalnia młot, który uderza w próbkę. Wychylenie, a tym samym pracę zużytą na złamanie próbki, odczytujemy z tarczy młota, która po wykonanej próbie w powiększeniu pojawi się z prawej strony młota.

W wirtualnym laboratorium mikroskopii świetlnej i konfokalnej znajdują się dwie symulacje urządzeń: metalograficznego mikroskopu świetlnego oraz laserowego skaningowego mikroskopu konfokalnego. Wirtualny metalograficzny mikroskop świetlny symuluje pracę metalograficznego mikroskopu świetlnego Leica MEF 4A/M (rysunek 7). Aplikacja symuluje podstawowe funkcje tego urządzenia, takie, jak: przesuwanie stolika przedmiotowego z umieszczoną na nim próbką, zmianę powiększenia, regulację

natężenia światła padającego na próbkę, ostrości obrazu, techniki obserwacji mikrostruktury w polu jasnym, polu ciemnym i świetle spolaryzowanym z kontrastem. W rzeczywistym urządzeniu wszystkie funkcje są wywołane przez użycie odpowiednich dźwigni lub przycisków, w symulacji funkcje te wywoływane są poprzez wybór myszą na odpowiadających tym funkcjom symbolach lub poprzez naciśnięcie odpowiedniego klawisza na klawiaturze. Wszystkie symbole są umieszczone w miejscach odpowiadających położeniu prawdziwych efektorów w rzeczywistych maszynach. Praca z symulacją zaczyna się od wyboru interesującej wirtualnej próbki z menu umieszczonego nad stolikiem przedmiotowym blisko rzeczywistej próbki w mikroskopie. Teraz użytkownik musi wybrać technikę obserwacji mikrostruktury zaznaczając wybraną opcję znajdującą się przy suwaku z trójdzielnym obiektywem. Następnie dokonuje wyboru skali powiększenia obrazu obserwowanego materiału. Służy do tego panel znajdują-

cy się z prawej strony korpusu. W dolnej części mikroskopu umieszczone jest pokrętko, które reguluje ostrość obserwowanego obrazu. Poniżej panelu zmiany powiększenia znajdują się przyciski, za pomocą których należy dostosować jasność obrazu. Przyciski w kształcie strzałek poniżej panelu powiększeń regulują jasność obserwowanego obrazu. Do regulacji jego ostrości należy skorzystać z pokrętki umieszczonego u podstawy mikroskopu. Strzałkami znajdującymi się na śrubach pozycjonowania stolika przedmiotowego przesuwa się pole obserwacji próbki. Przez cały czas korzystania z symulacji użytkownik ma dostęp do podręcznej pomocy. W aplikacji zostały umieszczone przyciski, pod którymi kryją się informacje na temat danej funkcji, skutków jej użycia oraz sposobu użycia w maszynie rzeczywistej i wirtualnej. Dodatkowo odnaleźć można przycisk powrotu stolika przedmiotowego do pozycji referencyjnej. Jest on pomocny, gdy próbka „ucieknie” z pola obserwacji i są kłopoty z jej odnalezieniem. Obecnie



Rys. 7. Wirtualna symulacja metalograficznego mikroskopu świetlnego LeicaMEF 4A/M



Rys. 8. Wirtualna symulacja laserowego skaningowego mikroskopu konfokalnego Zeiss LSM500

można zapoznać się ze strukturami ponad dwudziestu różnych materiałów inżynierskich, których dane zostały wprowadzone do bazy mikroskopu jako wirtualne próbki. Baza jest stale rozbudowywana o nowe materiały. Symulacja wirtualnego skaningowego mikroskopu konfokalnego została oparta na mikroskopie konfokalnym Zeiss LSM500 (rysunek 8). Symulacja daje kontrolę nad trzema kanałami gromadzenia danych, odpowiednio dla

lasera o barwie czerwonej, zielonej i niebieskiej, sterowanego przez symbole na mikroskopie. Symbol umieszczony po prawej stronie korpusu reguluje głębokość skanowania próbki. Opcje umieszczone na klawiaturze regulują parametry obrazu obserwowanego preparatu, są to jasność, kontrast, nasycenie i barwa. Dodatkowo przyciski pomocy wyjaśniają znaczenie odpowiednich opcji i sposobu ich użycia. Metodyka badań jest podobna do przedstawionej



Rys. 9. Wirtualna symulacja elektronowego mikroskopu skaningowego Opton DSM940

w opisie mikroskopu świetlnego. Obserwacje rozpoczynane są od wyboru próbki z menu umieszczonego na korpusie mikroskopu. Następnym krokiem jest dobór wymaganej głębokości penetracji, a następnie regulacja parametrów wiązki promieni laserowych. Obrazy struktur są przedstawione na ekranie monitora. Opcje podglądu to szybkie skanowanie próbki z niską jakością obrazu lub powolne prowadzenie wiązki dające obraz dobrej jakości. Do przesuwu próbki w komorze preparatu służą symbole w postaci niebieskich strzałek umieszczonych na pozycji rzeczywistych regulatorów. Strzałki koloru zielonego umieszczono na panelu kontrolującym powiększenie.

W wirtualnym laboratorium skaningowej mikroskopii elektronowej zainstalowano elektronowy mikroskop skaningowy. Opracowany wirtualny model mikroskopu skaningowego ma na celu symulowanie działania mikroskopu DSM 940 firmy Opton (rysunek 9). Pozwala on symulować podstawowe funkcje wykorzystywane podczas badań, takie jak: nastawienie odpowiedniego napięcia przyspieszającego, zmiana powiększenia, zgrubna i dokładna regulacja ostrości, możliwość przełączania pomiędzy dwoma

trybami wyświetlania obrazu. Możliwy jest przesuw i obrót stolika z próbką wewnątrz komory. Samo wirtualne badanie próbki poprzedzone jest interaktywnymi animacjami obrazującymi zapowietrzenie komory próbek, umieszczenie próbki na stoliku oraz wytwarzanie niezbędnej próżni wewnątrz komory.

W laboratorium przetwórstwa materiałów polimerowych znajduje się symulacja wtryskarki tworzywa sztucznego (rysunek 10). Po uaktywnieniu zakładki procesu technologicznego użytkownik ma możliwość uruchomienia wirtualnego procesu wtryskiwania. Pierwszym krokiem jest wybór tworzywa sztucznego, z którego będą wykonywane wirtualne produkty. Do wyboru są polietylen, polipropylen, polistyren i polichlorek winylu. Po wybraniu materiału, który od tej chwili będzie podświetlony w oknie symulacji, należy podać parametry jego przetwórstwa. Symulacja uwzględnia kilka parametrów procesu, m.in. temperatury stref ślimaka, ciśnienia wtrysku i docisku, prędkość obrotową ślimaka i szybkość wtrysku materiału. Ze względu na swoją prostotę symulowana maszyna pracuje wyłącznie w trybie ręcznym. Po wybraniu rodzaju materiału i wprowadzeniu do symulacji



Rys. 10. Okno symulacji przedstawiające budowę wtryskarki



Rys. 11. Biblioteka Wirtualnego Laboratorium Inżynierii Materiałowej

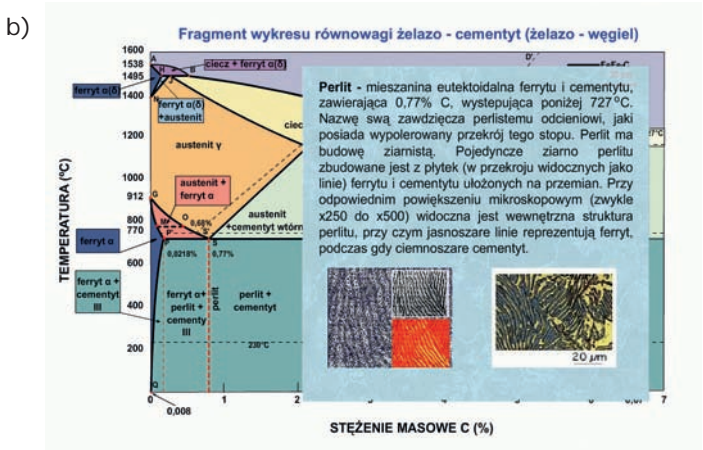
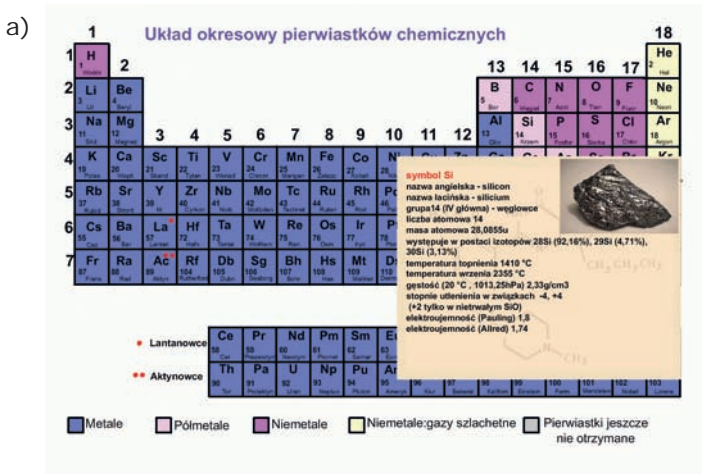
wartości wszystkich parametrów można przystąpić do symulacji procesu. Po zakończeniu wirtualnego procesu produkcji wyświetlony zostanie produkt prawidłowy, jeżeli

parametry zostały ustawione prawidłowo, lub wyświetlony zostanie produkt wadliwy. W zależności od rodzaju nieprawidłowości symulacja uwzględni kilkanaście rodzajów błędów wyprasek. W celu wykonania wirtualnych eksperymentów opracowano umieszczony w pracowni preparatyki wirtualnej panel generowania próbek służący do tworzenia plików reprezentujących w przestrzeni wirtualnej rzeczywiste próbki materiałowe. Te pliki należy następnie umieścić w symulatorach maszyn badawczych celem zbadania własności mechanicznych

lub strukturę utworzonego modelu materiału. W zasobnikach z próbkami materiałów zaimplementowanych w symulacjach „na stałe” znajduje się opcja służąca do załadowania wygenerowanej próbki do symulacji. Po jej wybraniu otworzy się panel służący do wczytania danych z pliku.

Materiały wspomagające proces nauczania

Biblioteka Wirtualnego Laboratorium Inżynierii materiałowej (rysunek 11) jest dostępna z każdego laboratorium poprzez ikony instrukcji umieszczone w każdej pracowni. Bibliotekę podzielono na trzy



INSTYTUT MATERIAŁÓW INŻYNIERSKICH I BIOMEDYCZNYCH
Zakład Technologii Procesów Materiałowych, Zarządzania i Techniki Komputerowych w Materiałoznawstwie
Wydział Mechaniczny Technologiczny
POLITECHNIKA ŚLĄSKA

INSTRUKCJA DO ĆWICZEŃ LABORATORYJNYCH

Przedmiot: BADANIA WŁASNOŚCI MECHANICZNYCH	Kod przedmiotu: NITK04000S111; IITK04000S111
Temat: POMIARY TWARDOŚCI	Kod ćwiczenia: BWMED1C000101
	Nr ćwiczenia: 01
	Kierunek: NITPM_s1; Specjalizacja: -
	ISzKNoM_S1

1. Zadanie

Zapoznać się ze sposobem przeprowadzenia pomiarów twardości, wykonanie statycznych pomiarów twardości metodą Rockwella i Vickersa.

2. Wyposażenie stanowiska

- Prezentacja multimedialna przedstawiająca metody pomiarów twardości materiałów inżynierskich oraz

Rys. 12. Wirtualne pomoce dydaktyczne: a) interaktywny układ okresowy pierwiastków chemicznych, b) interaktywny wykres żelazo-węgiel, c) wirtualna książka nt. badania wytrzymałości materiałów, d) instrukcja do ćwiczenia z zakresu badania twardości

sekcje. W pierwszej z nich zawarto interaktywne prezentacje takie jak układ okresowy pierwiastków i wykres równowagi fazowej żelazo-węgiel, które zawierają kompendium wiadomości na dany temat, umożliwiając szybki i łatwy dostęp. Tylko jednokrotny wybór myszą jest konieczny na polu poszukiwanego pierwiastka lub struktury, aby wyświetlić szczegółowe dane wraz z rysunkiem i przykładami. Dostępny jest również kalkulator wspomagający obliczenia inżynierskie. W odpowiedniej sekcji znajdują się elektroniczne książki na tematy związane z badaniami i ćwiczeniami realizowanymi w laboratorium (rysunek 12). Dostępne są opracowania na temat mikroskopii świetlnej, konfokalnej i skaningowej, badań wytrzymałości, udurowienia i twardości, jak również informacje o preparatyce próbek do celów badawczych. W laboratoriach rzeczywistych współpracujący ze sobą studenci często wymieniają się doświadczeniami, podnosząc swoje kwalifikacje. W celu zapewnienia komunikacji pomiędzy użytkownikami laboratorium w każdej pracowni znajduje się chat-room służący do rozmów. Jeśli informacja ma zostać skierowana do wszystkich użytkowników należy umieścić ją na tablicy ogłoszeń. Sporządzono również specjalny panel służący do wyrażania uwag i opinii na temat działania laboratorium. Można go uruchomić z okna tablicy ogłoszeń. Wszystkie informacje są przekazywane administratorowi laboratorium.

Ważnym aspektem podczas opracowywania laboratorium było zapewnienie jakości w wirtualnym laboratorium inżynierii materiałowej poprzez opracowanie i wdrożenie Systemu Zarządzania Jakością. Dokumentację systemu zarządzania jakością w wirtualnym laboratorium inżynierii materiałowej, w skład której wchodzi księga jakości i komplet procedur ogólnych i szczegółowych, opracowano na podstawie norm oraz dokumentacji, którą zebrano w rzeczywistym laboratorium badawczym.

Podsumowanie

Przedstawione symulacje pokazują potencjalne możliwości korzystania z wirtualnej rzeczywistości do celów naukowych i edukacyjnych. Interakcja z symulacją sprzętu badawczego otwiera nowe możliwości w zdobywaniu wiedzy i umiejętności z zakresu inżynierii materiałowej. Wirtualne laboratorium jest nowoczesną platformą edukacyjną dostępną dla wszystkich użytkowników. Dostarcza wiedzy nie tylko dla studentów, ale także nauczycieli i innych osób, którzy chcą pogłębić swoją wiedzę z funkcjonowania i obsługi sprzętu badawczego. Wirtualne urządzenia są atrakcyjnym wprowadzeniem do pracy badawczej i mogą być stosowane bezpośrednio na zajęciach, jako podstawy programu nauczania lub jako zajęcia dodatkowe. W obu przypadkach proces kształcenia jest bogatszy o nowe możliwości uczenia się tradycyjnie i na odległość.

Literatura

- [1] Honysz R., *Metodyka projektowania materiałowego z wykorzystaniem wirtualnego laboratorium inżynierii materiałowej*, Rozprawa doktorska, Gliwice, 2009.
- [2] Lau, H.Y.K., Mak, K.L., and Lu, M.T., A virtual design platform for interactive product design and visualization *Journal of Materials Processing Technology* 139, (2003), 402-407.
- [3] Mischke J. Dylematy współczesnej edukacji: tradycyjne, czy zdalne nauczanie?, *Międzynarodowe Seminarium Naukowe, WSP-ZNP, Warszawa, 2004.*
- [4] Referowski L., Rokosz R., Świsulski D., *CD-Rom laboratory wersus internet laboratory as an aid in educational programme*, Third International Conference on Quality, Reability & Maintenance QRM, Oxford, 363-366, 2000.
- [5] Stec, K. (1996) *Symulacja komputerowa jako narzędzie wspomagające w laboratorium elektrotechniki teoretycznej* Materiały konferencyjne *Zastosowania Komputerów w elektrotechnice*, Poznan/Kiekrz, 397-398.
- [6] Wodecki A. (2005) *Po co e-learning na uczelni? E-learning w kształceniu akademickim*, Warszawa, 9-14.
- [7] Zajac, M. (2004) *Metodyczne aspekty projektowania kursów online. Rozwój Edukacji w ekonomicznym szkolnictwie wyższym*, Warszawa, 24-31.
- [8] Mucha A., *Wirtualne maszyny, Projektowanie i Konstrukcje Inżynierskie*, 5(8) (2008) 34-38.
- [9] Białynicki-Birula I., Białynicki-Birula I., *Modelowanie rzeczywistości*, WNT, Warszawa, 2013.
- [10] J. Okrajni (red.). *Laboratorium mechaniki materiałów*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2003.
- [11] Dobrzański L.A., Honysz R., *Artificial intelligence and virtual environment application for materials design methodology*, *Journal of Machine Engineering* 11/1-2 (2011) 102-119.
- [12] Dobrzański L.A., Honysz R., *On the Implementation of Virtual Machines in Computer Aided Education*, *Journal of Materials Education* 31/1-2, 131-140, 2009.
- [13] Dobrzański L.A., Honysz R., *Materials science virtual laboratory as an example of the computer aid in materials engineering*, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 24/2, 2007, 219-222.
- [14] Dobrzański L.A., Honysz R., *Przykłady wirtualnych symulacji rzeczywistego sprzętu badawczego stosowanego w badaniach materiałów polimerowych*, *Tworzywa sztuczne w przemyśle*, 1, (2013), 42-45.
- [15] L.A. Dobrzański, R. Honysz: *On the Implementation of Virtual Machines in Computer Aided Education*, *International Conference on Electronic Materials IUMRS-ICEM 2008*, Sidney, Australia (2008).
- [16] <http://www.platforma.imiib.polsl.pl/>. Platforma E-learning Instytutu Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych.