

Zastosowanie metod haptycznych w modelowaniu i analizach inżynierskich – przykłady

Dr inż. Marek WYLEŻOŁ – Politechnika Śląska

Wśród współczesnych systemów komputerowych istnieje grupa systemów do wspomagania prac wykonywanych głównie przez tzw. stylistów (designerów). Budowa takich systemów jest trudna, ponieważ muszą one uwzględniać specyfikę różnych dziedzin sztuki (rysunek, rzeźba, grafika itp.), dyscyplin nauk teoretycznych (geometria, materiałoznawstwo, fizyka itd.) i typowej inżynierii (stosowanie systemów CAX, obróbka ubytkowa, kształtowanie przyrostowe, dbałość o technologiczność konstrukcji itp.).

Jedną z trudniejszych do komputerowego zaimplementowania działalności człowieka było – i wciąż jest – manualne kształtowanie tworzyw plastycznych. Rozwój techniki komputerowej oraz oprogramowania umożliwił jednak bardzo realistyczne symulowanie również tej czynności. Symulacji podlegają głównie działania wykonywane z użyciem rąk zaopatrzonych w proste narzędzia (dłuta, ryłce, gładziki itp.), ale nie tylko.

Rozwój tych systemów symulacyjnych stał się możliwy dzięki wynalezieniu i zbudowaniu nowego rodzaju interfejsów – tzw. haptycznych (gr. *haphe* – dotykowy, odbierany przez dotyk).

Celem referatu jest przedstawienie możliwych scenariuszy praktycznego zastosowania przykładowego systemu haptycznego (system ClayTools oraz ramię dotykowe Phantom Omnix) w zastosowaniach inżynierskich. Szczególną uwagę zwrócono na kształtowanie tzw. wirtualnej gliny, możliwości współpracy z systemami klasy CAX (transformacja wirtualnej gliny do postaci modelu powierzchniowego) oraz na możliwo-

ści współpracy z systemami digitalizacji trójwymiarowej (korekta efektów procesu digitalizacji) w ramach inżynierii odwrotnej.

Poza tym w referacie zostały przedstawione możliwości zastosowania programistycznego pakietu OpenHaptics Toolkit. Pakiet ten, bazując na obiektowym języku C++, umożliwia tworzenie własnych aplikacji z użyciem ramienia dotykowego, jako interfejsu dotykowego. Celem tworzenia takich aplikacji jest przede wszystkim symulowanie procesów fizycznych (głównie dynamicznych) z możliwością bezpośredniej ingerencji w ich przebieg.



Ramię dotykowe Phantom Omnix podczas modelowania

CAX w przemyśle meblarskim

Prof. dr hab. inż. Jerzy SMARDZEWSKI – Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań

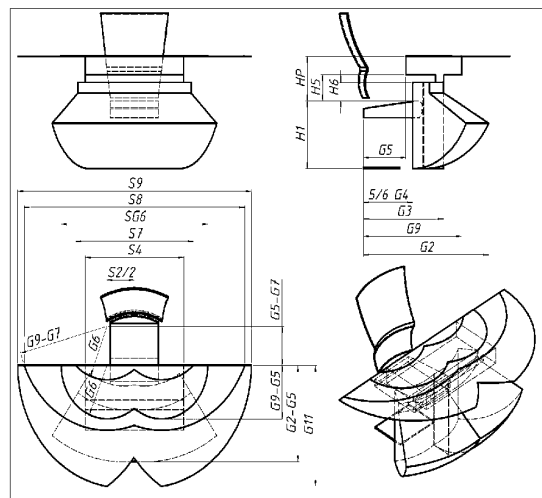
Coraz krótszy cykl życia mebli obciąża do doskonalenia procesu ich rozwoju, począwszy od fazy projektu, przez produkcję, po kontrolę jakości. Dlatego trzeba wykorzystać wszystkie możliwe powiązania pomiędzy zintegrowanym systemem informatycznym zarządzania (ZSI) a systemami CAX. W pracy omówiono możliwe do wykorzystania w branży meblarskiej funkcje systemów CAX i ich wzajemne relacje.

Powiązanie systemu CAD z bazami wiedzy umożliwia transfer danych pomiędzy tymi systemami, podnosi jakość posiadanych informacji, upraszcza zarządzanie, eliminuje problemy organizacyjne i przyczynia się do bardziej elastycznego reagowania przedsiębiorstwa na zmieniające się wymagania klientów. W znaczący sposób redukuje również czas rozwoju produktu i umożliwia wcześniejsze wprowadzenie go na rynek. W aktualnej rzeczywistości gospodarczej tworzenie struktur BOM powinno odbywać się w środowisku CAD.

Zgodnie z dyrektywą Unii Europejskiej nr 2001/95/EC, odnoszącą się do ogólnego bezpieczeństwa produktów, wyprodukowane meble nie mogą stwarzać żadnego zagrożenia dla użytkownika. Zatem każde badanie atestacyjne powinno być poprzedzone odpowiednimi symulacjami numerycznymi zarówno w zakresie oceny twardości siedziska krzesła, fotela, sofy, łóżek (rys.), jak i wytrzymałości stelaży.

Konsumencki charakter rynku przynosi nabywcom mebli wiele korzyści i zmusza ich producentów do wyjątkowej aktywności w zakresie nieustannego dostosowywania się do potrzeb i zachowań konsumentów. Znaczącym ułatwieniem na tej drodze jest zastosowanie zintegrowanego systemu informatycznego zarządzania (ZSI) klasy ERP.

Globalna gospodarka, oparta na wiedzy, technologiach informatycznych czy telekomunikacyjnych, wymusza kształtowanie nowych umiejętności we wszystkich zawodach, zarówno tak tradycyjnych, jak meblarstwo czy stolarstwo, jak i nowych oraz tych, które dopiero powstaną. Być może powstanie nowa modułowa organizacja gospodarcza, przypominająca uporządkowane legiony, które zmierzać będą wspólnie w tym samym kierunku, a ich struktury ulegną zdecydowanemu spłaszczeniu.



Obliczenia numeryczne kontaktu ciała ludzkiego z siedziskiem

System automatycznego odwzorowania kształtu obiektów przestrzennych – 3DMADMAC

Dr inż. Robert SITNIK

– Instytut Mikromechaniki i Fotoniki, Wydział Mechatroniki, Politechnika Warszawska

Na Politechnice Warszawskiej we współpracy z Muzeum Pałac w Wilanowie opracowywano system do automatycznych pomiarów obiektów przestrzennych. Głowica pomiarowa, wykorzystująca technikę z oświetleniem strukturalnym, zamontowana jest na ramieniu robota o sześciu stopniach swobody. W celu zwiększenia zasięgu pomiaru ramię robota może być przemieszczane na prowadnicy pionowej. Obiekt mierzony umieszczony jest na stoliku obrotowym, zintegrowanym z pozostałymi elementami wykonawczymi.

Zadaniem systemu jest automatyczne wykonanie pomiaru zadaną dokładnością (jedyne parametry specyfikowane przez użytkownika) dowolnego elementu przestrzennego umieszczonego wewnątrz zdefiniowanej objętości pomiarowej. Ze względu na założenie nieznanego kształtu obiektu badanego został opracowany i zaimplementowany system detekcji kolizji. Jego zadaniem jest eliminacja kierunków pomiarowych, mogących doprowadzić do kontaktu systemu pomiarowego z obiektem lub elementami systemu. Objętość pomiarowa jest początkowo nieznana i mierzone są także obszary, w których system pomiarowy ma znaleźć się w następnym kroku.

Parametry użytkowe opracowanego systemu to: objętość pomiaru równa $2,5 \times 1,2 \times 1,2$ m, niepewność pomiaru $\leq \pm 50 \mu\text{m}$, maksymalna masa obiektu – 200 kg. Opracowany system umożliwia realizację w pełni automatycznego pomiaru, dzięki czemu zwiększa się jego obiektywność (ze względu na wyeliminowanie czynnika ludzkiego z procesu pomiarowego), zmniejsza się czas pomiaru (dla badanych obiektów ponad dziesięciokrotnie) oraz zmniejszają się koszty całego procesu.

rowego), zmniejsza się czas pomiaru (dla badanych obiektów ponad dziesięciokrotnie) oraz zmniejszają się koszty całego procesu.



System aktualnie jest testowany w pracowni w Muzeum Pałac w Wilanowie, gdzie jest przygotowywany do digitalizacji 3D obiektów dziedzictwa kultury. Stanowi to szczególne wyzwanie dla technik pomiarowych, ponieważ każdy badany obiekt ma cechy indywidualne (różne formy geometryczne, materiały i wykończenie powierzchni).

Omawiany system został opracowany dzięki wsparciu finansowemu ze środków na naukę w latach 2007÷2010 w ramach projektu badawczego-rozwojowego.

Wybrane analizy złożonych układów mechanicznych w ujęciu numerycznym

Dr inż. Jerzy MAŁACHOWSKI, mgr inż. Kamil SYBILSKI

– Katedra Mechaniki i Informatyki Stosowanej, Wojskowa Akademia Techniczna

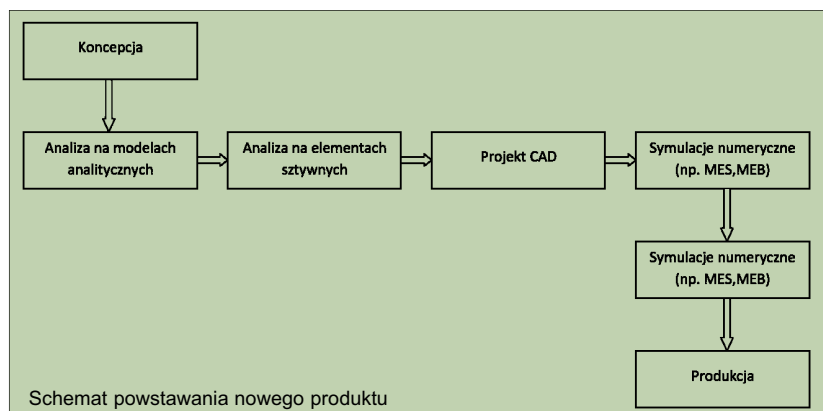
Obecnie dąży się do skracania czasu powstawania nowego produktu od chwili stworzenia jego koncepcji do rozpoczęcia jego produkcji. Oczekiwania przyszłych nabywców, nowe normy oraz względy ekonomiczne powodują, że konstruktorzy zmuszeni są do projektowania urządzeń mechanicznych coraz bardziej optymalnych pod względem kształtu oraz własności. Skutkiem tego jest dążenie do maksymalnego „odchudzenia” konstrukcji, przy jednoczesnym zachowaniu jej bezpieczeństwa. Wymusza to zastosowanie odpowiednich metod wspomagających pracę konstruktora, które pomagają przewidzieć zachowanie konstrukcji pod wpływem różnych czynników (rys.). Jedną z nich jest analiza na modelach analitycznych, która umożliwia określenie, jak zachowa się dany układ mechaniczny przy założonych warunkach początkowo-brzegowych.

Inną metodą służącą do zbadania układu mechanicznego jest analiza na elementach sztywnych. Jej zalety to skrócenie czasu obliczeń oraz możliwość realizacji analiz kinematycznych i dynamicznych, dających wstępne wyniki w postaci m.in. przebiegów przemieszczeń, prędkości, przyspieszeń oraz sił występujących w modelu.

Najwięcej możliwości analizy konstrukcji dają symulacje numeryczne (np. MES, MEB). Obliczenia te bazują na dyskretyzacji analizowanych obiektów i przypisaniu im odpowiednich cech. Taki sposób obliczeń umożliwia uzyskanie

wyników dla konstrukcji cechujących się złożoną geometrią oraz pozwala na realizację symulacji zachowania dla wielowariantowych układów obciążeń cieplno-mechanicznych. Całość zagadnienia jest symulowana w pamięci komputera, bez budowania skomplikowanych prototypów wymagających opracowania technologii wykonania oraz dużych nakładów finansowych.

W trakcie wykładu zostaną przedstawione przykłady obliczeń numerycznych wybranych układów mechanicznych (np. wybranego układu podwozia samolotu). Omówione będą problemy towarzyszące rozwijaniu modeli numerycznych oraz korzyści wynikające z zastosowania analizy numerycznej tam, gdzie nie można przeprowadzić testów laboratoryjnych.



Zintegrowane analizy symulacyjne w projektowaniu i użytkowaniu maszyn wytwórczych

Dr inż. Stanisław IŻKOWSKI, dr inż. Piotr GÓRSKI

– Wydział Mechaniczny, Instytut Technologii Maszyn i Automatyzacji, Politechnika Wroclawska

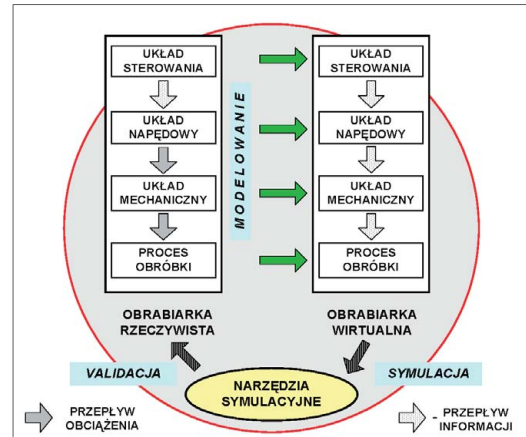
Współczesne obrabiarki należą do grupy maszyn wytwórczych, charakteryzujących się dużą złożonością konstrukcji. Zastosowanie nowoczesnych rozwiązań w budowie obrabiarek narzuca potrzebę mechatronicznego podejścia do problemu ich projektowania, którego istotą jest interdyscyplinarność. Stąd podstawowe zadania, jakie stoją przed konstruktorami tych maszyn, powinny się koncentrować wokół optymalizacji konstrukcji mechanicznej, napędów i sterowania.

Realizacja tak sformułowanych zadań wymaga stosowania nowoczesnych narzędzi informatycznych, służących modelowaniu i symulacji struktur geometryczno-ruchowych obrabiarek. Szczególną rolę należy tu przypisać narzędziom symulacyjnym w postaci systemów klasy:

- CAD (*Computer Aided Design*),
- FEM (*Finite Element Method*),
- MSS/MBS (*Mechanical System Simulation / Multi-Body System*),
- CACE (*Computer Aided Control Engineering*).

Integracja wymienionych narzędzi pozwala realizować idee prototypowania wirtualnego (*Virtual Prototyping*). Zasadniczym celem stosowania tej techniki w projektowaniu maszyn wytwórczych jest budowa „wirtualnej obrabiarki” (rys.). Pojęcie to oznacza możliwość ujęcia istotnych zachowań obrabiarki z punktu widzenia rozpatrywanych założeń konstrukcyjnych (dla przypadku konstruowania nowej maszyny), a także z punktu widzenia optymalizacji (dla przypadku użytkowanej maszyny) na drodze modyfikacji istniejącego rozwiązania.

Podstawowe efekty wynikające z zastosowania techniki wirtualnych prototypów to: skrócenie czasu projektowania, zwiększenie



Zakres badań symulacyjnych wirtualnej obrabiarki

szczenia pewności i wydajności procesu projektowo-konstrukcyjnego oraz lepsze cechy użytkowe produkowanych obrabiarek.

W referacie omówiono rolę badań symulacyjnych w projektowaniu obrabiarek na przykładzie maszyny o kinematyce równoległej. Przedstawiono problemy integracji podstawowych narzędzi symulacyjnych do budowy wirtualnego modelu tego typu maszyny. Opisano sposoby realizacji badań służących ocenie konstrukcji obrabiarki wraz z układem sterowania. Zamieszczono wyniki wybranych analiz symulacyjnych.

Wykorzystanie analiz MES w badaniach prototypów obrabiarek

Dr inż. Krzysztof LEHRICH – Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska

Wykorzystanie analiz numerycznych i oprogramowania MES ma szczególne znaczenie w przypadku opracowywania nowych konstrukcji. Symulacje z wykorzystaniem systemów MES znalazły zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu, również w przemyśle obrabiarkowym. Spośród obrabiarek produkowanych w Polsce najbardziej liczą się na światowych rynkach obrabiarki ciężkie. Charakteryzują się one dużymi gabarytami, nawet do kilkudziesięciu metrów, i masą dochodzącą do kilkuset ton. Obrabiarkom ciężkim stawiane są duże wymagania dotyczące dokładności. Przykładowo, gwarantowana przez producenta dokładność pozycjonowania dla tokarek karuzelowych serii KCI wynosi 10 µm. Oczekuje się od nich również krótkiego czasu realizacji zlecenia oraz produkcji jednostkowej. Można przyjąć, że prawie każda z wyprodukowanych obrabiarek jest prototypem. Rzadko zamawianych jest kilka sztuk. Doświadczenia pokazują, że często czas na badania jest maksymalnie skrócony, nawet do kilkunastu godzin. Stwarza to dodatkowe utrudnienie w ocenie konstrukcji, a tym samym wyciągnięciu wniosków odnośnie do poprawy podobnych konstrukcji w przyszłości. Dlatego coraz większego znaczenia nabierają badania symulacyjne, np. Metodą Elementów Skończonych, które pozwalają na przewidywanie zachowań konstrukcji jeszcze na etapie projektowania. Celem analiz MES obrabiarek ciężkich jest, w pierwszej kolejności, ocena sztywności statycznej. Decyduje ona w zasadniczy sposób o dokładności obrabiarki. Określana jest na podstawie wartości przemieszczeń uzyskanych w wyniku obciążenia siłą w miejscu mocowania narzędzia

(rys). Drugim, nie mniej istotnym, celem analiz jest ocena częstotliwości i postaci drgań własnych, które mogą w znaczący sposób wpływać na chropowatość i falistość obrabianej powierzchni. W dalszej kolejności analizowany jest wpływ ciepła powstającego w podłożach realizujących ruch główny i ruchy posuwowe na dokładność obrabiarek. Chodzi tu głównie o ciepło generowane przez elektrowrzeciona, układy łożyskowe śrub tocznych, przekładnie śrubowo-toczone oraz silniki liniowe. W ostatnim czasie uwagę zwrócono również na optymalizację konstrukcji korpusów.

