

STUDY OF THE DESIGN OF COMPONENTS FOR PERSONAL BALLISTIC PROTECTION (PBP) SYSTEMS USING CAD/CAM/CAE SYSTEMS

Stamen Antonov¹, Petya Gencheva²

¹ National military university „Vasil Levski“, 5000 Veliko Tarnovo, Bulgaria Blvd. No. 76

² Defense institute “Professor Tzvetan Lazarov”, 1592 Sofia, 2 Professor Tzvetan Lazarov blvd.

p.gencheva@di.mod.bg

Abstract: The development of science and manufacturing technology tied to the introduction of innovation is the continuous drive to develop the world's armies, a process that involves daily projecting, research and experimentation, fortunately modern technology allows many of the processes to be designed and simulated virtually before any item is physically created.

Digital prototyping with CAD systems of a specific item of personal ballistic protection equipment allows the creation and study of the entire product before it is ever manufactured. With CAD systems, digital prototyping could easily be implemented by integrating 2D drawings and 3D data into a single digital model. This model is a virtual representation of the final product and helps engineers to design better and more efficiently. This significantly reduces development costs and time to realize new products.

In physical research, it is necessary to use a number of functional models of the existing or future product due to the need to collect sufficient data to draw valid conclusions. There is also the 'black box' effect, which is characterised by the fact that there are a large number of variables in the experiments that can influence the results and make it very difficult to understand the final outcome (need for technical means, technological systems to change geometry and mass characteristics, place to conduct the study, etc.).

On the other hand, virtual analyses implemented by CAE (Computer Aided Engineering) products provide almost unlimited possibilities to study an object and simulate it in the desired environment. These possibilities to consider a large number of indicators determine the "white box" effect that occurs precisely in virtual studies. Another plus in these analyses is the elimination of the need for physical prototypes of the object under study, as well as the possibility of immediate optimization in the models when analysing previous results. For the construction of this type of studies, good computational power and experience in the field are required in the creation of the mathematical model and the correct interpretation of the results obtained.

One of the areas where there are numerous studies and the possibility of creating models for virtual studies is the production of personal ballistic protection components (ballistic panels and inserts for body armor, ballistic shields, combat helmets, etc.).

In this regard, modern CAD/CAM/CAE systems could be successfully used for three-dimensional modeling of the individual elements of the individual ballistic protection means, from which the graphical part of the design documentation is prepared - the drawings, engineering calculations and analyses, rapid prototype preparation, technological preparation of production, preparation of control programs for machines with digital program control for the manufacture of different complexity of products entering the set, as well as for the overall management of the design

Keywords: CAD/CAM/CAE systems, personal ballistic protection, equipment.

ПРОУЧВАНЕ НА ДИЗАЙНА НА КОМПОНЕНТИ ЗА СИСТЕМИ ЗА ЛИЧНА БАЛИСТИЧНА ЗАЩИТА (РВР) С ИЗПОЛЗВАНЕ НА CAD/CAM/CAE СИСТЕМИ

Стамен АНТОНОВ¹, Петя ГЕНЧЕВА²

¹ *Национален военен университет „Васил Левски“, 5000 Велико Търново, бул. „България“ № 76*

² *Институт по отбрана „Проф.Цветан Лазаров“, 1592 София, бул. „Професор Цветан Лазаров“ 2
p.gencheva@di.mod.bg*

Резюме: Развитието на науката и производствените технологии, свързани с въвеждането на иновации, е непрекъснатият стремеж за развитие на световните армии, процес, който включва ежедневно проектиране, изследване и експериментиране, за щастие съвременната технология позволява много от процесите да бъдат проектирани и симулирани практически преди каквото и да е елементът е физически създаден.

Цифровото прототипиране с CAD системи на конкретен елемент от личното балистично защитно оборудване позволява създаването и проучването на целия продукт, преди той изобщо да бъде произведен. С CAD системите дигиталното прототипиране може лесно да се реализира чрез интегриране на 2D чертежи и 3D данни в един цифров модел. Този модел е виртуално представяне на крайния продукт и помага на инженерите да проектират по-добре и по-ефективно. Това значително намалява разходите за разработка и времето за реализиране на нови продукти.

При физичните изследвания е необходимо да се използват и на брой функционални модели на съществуващ или бъдещ продукт поради необходимостта да се съберат достатъчно данни, за да се направят валидни заключения. Съществува и ефектът на „черната кутия“, който се характеризира с факта, че в експериментите има голям брой променливи, които могат да повлияят на резултатите и да направят много трудно разбирането на крайния резултат (необходимост от технически средства, технологични системи), за промяна на геометричните и масови характеристики, място за провеждане на изследването и др.).

От друга страна, виртуалните анализи, реализирани от CAE (Computer Aided Engineering) продукти, предоставят почти неограничени възможности за изследване на обект и симулирането му в желаната среда. Тези възможности за разглеждане на голям брой показатели обуславят ефекта на "бялата кутия", който се получава именно при виртуалните изследвания. Друг плюс при тези анализи е премахването на необходимостта от физически прототипи на изследвания обект, както и възможността за незабавна оптимизация в моделите при анализ на предишни резултати. За изграждането на този вид изследвания са необходими добра изчислителна мощност и опит в областта при създаването на математическия модел и правилната интерпретация на получените резултати.

Една от областите, в които има много изследвания и възможността за създаване на модели за виртуални изследвания, е производството на компоненти за лична балистична защита (балистични панели и вложки за бронезилетки, балистични щитове, бойни каски и др.).

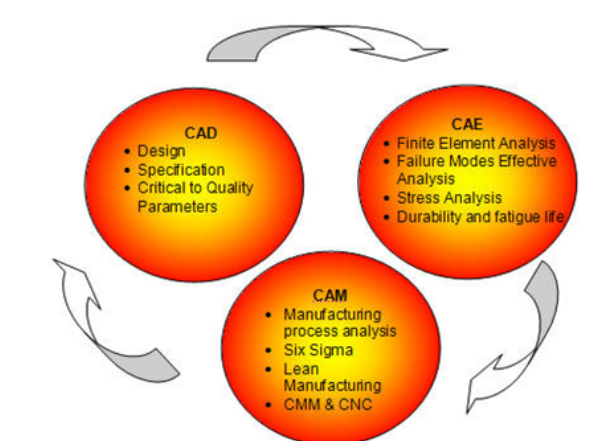
В тази връзка съвременните CAD/CAM/CAE системи могат успешно да се използват за триизмерно моделиране на отделните елементи на средствата за индивидуална балистична защита, от които се изготвя графичната част на проектната документация – чертежи, инженерни изчисления и анализи. , бърза подготовка на прототипи, технологична подготовка на производството, изготвяне на програми за управление на машини с цифрово програмно управление за производство на различни по сложност продукти, влизачи в комплекта, както и за цялостно управление на дизайна

Ключови думи: CAD/CAM/CAE системи, лична балистична защита, оборудване.

Въведение

В настояще време най-добра организация на автоматизираното проектиране се постига при използването на системи за автоматизирано проектиране (САПР или CAD/CAM/CAE системи). В тях математическите методи и компютърната техника служат като основа за систематизация на процеса „проектиране“ на обща методологична, информационна и техническа основа.

Безспорно най-добрата форма на организация на автоматизираното проектиране е създаване на 3D модели и визуализация на поведението на характерни елементи от средствата за индивидуална защита са системите за автоматизирано проектиране и производство, наричани CAD/CAM/CAE (Computer Aided Design/ Computer Aided Manufacturing/ Computer Aided Engineering) – фиг. 1.



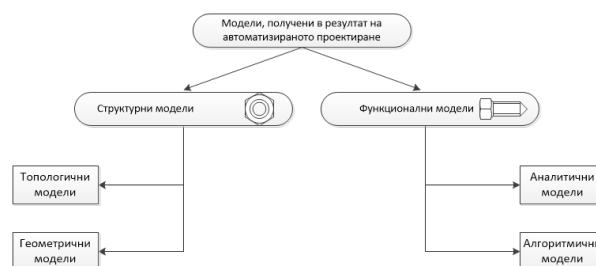
CNC - computer (or computerized) numerical control
CMM - Coordinate Measuring Machines

Фиг. 1. Връзки между модулуите на системите за автоматизиран дизайн и инженеринг

2. Класификация на моделите, краен продукт на САД приложенията за машиностроителен инженеринг.

Тъй като в момента на проектирането обектът реално не съществува, е необходимо да се работи с негов модел (един или няколко). Моделите са основното средство за синтезиране и оценяване на проектирания обект по различни критерии. Те се използват както за комуникация между участниците в процеса, така и за връзка с участниците в производството, реализацията и експлоатацията на продукта. За целите на автоматизираното проектиране се използват математически модели, видът на които зависи от свойствата на проектирания обект, които трябва да се моделират и от проектните задачи, които следва да се решават.

Според характера на моделираните свойства математическите модели се делят на структурни и функционални. Структурните модели се използват при описание на структурата и формата на проектираните обекти и от своя страна се подразделят на топологични и геометрични (Фиг. 2).



Фиг.2. Видове модели, според характера на моделираните свойства

Чрез топологични модели се описва структурата на обектите, т.е. съвкупността от елементи, изграждащи обекта и връзките между тях. Като математически

апарат за тяхното съставяне се използват графи, матрици, таблици, списъци и др.

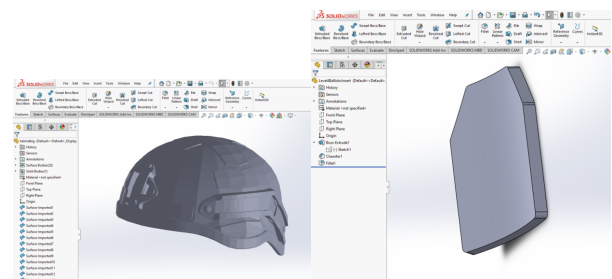
Геометричните модели съдържат информация за геометричната форма и размерите на проектираните обекти (детайли и разположението им в сглобената единица). Математическият апарат за съставяне на геометрични модели включва: уравнения на линии и повърхнини, графи, матрици, списъци и др..

Чрез функционални модели се моделират физическите и информационните процеси, протичащи в обектите при тяхното изработване и функциониране. Според начина, по който се представят свойствата на обекта, функционалните модели се делят на аналитични и алгоритмични.

Аналитичните модели съдържат явни математически зависимости, изразяващи показателите за качество на обекта като функции на параметрите на елементите от обекта и средата, в която той функционира (уравнения, неравенства или системи от тях). При алгоритмичните модели тези зависимости се дават във вид на алгоритми.

Като основа при автоматизираното конструктивно проектиране се използват геометричните модели. Структурата на проектираните обекти (компоненти) се синтезира на тяхна база и в зависимост от спецификата на обекта се създават различни функционални модели, които могат да бъдат кинематични, динамични, якостни, деформационни, топлинни и др. С тяхна помощ се оценяват работоспособността и показателите за качеството на проектирания обект. Въз основа на геометричните модели се генерира конструкторска документация и информация за производството и

изпитването на продукта (изделието). Дигиталното прототипиране с САД системите на конкретен елемент от СИБЗ дава възможност за създаване и изследване на цял един продукт преди той изобщо да е произведен (Фиг. 3). Посредством системите за компютърно подпомагане на дизайна, потребителите лесно могат да осъзнаят предимствата от дигиталното прототипиране, като интегрират 2D чертежи и 3D данни в единен цифров модел. Този модел представлява виртуална репрезентация на крайния продукт и помага на инженерите за по-добро и по-ефективно проектиране. Така значително се намаляват разходите за развой и времето за реализиране на нови продукти.



Фиг.3. 3D модели на бойна каска и бронеплоча (SolidWorks)

Обектно параметрично твърдото (Solid) моделиране на компоненти на СИБЗ

При параметричното проектиране на компоненти на СИБЗ чертежите на всички варианти са с една и съща топология. Променливи са само параметрите, които определят размерите. Решението, т.е. алгоритъмът на конструкцията, е предварително известен и може да се запише в компютърна програма.

Параметричното моделиране на твърди тела (обемно или 3D моделиране) в САД/САМ/САЕ системите предлага

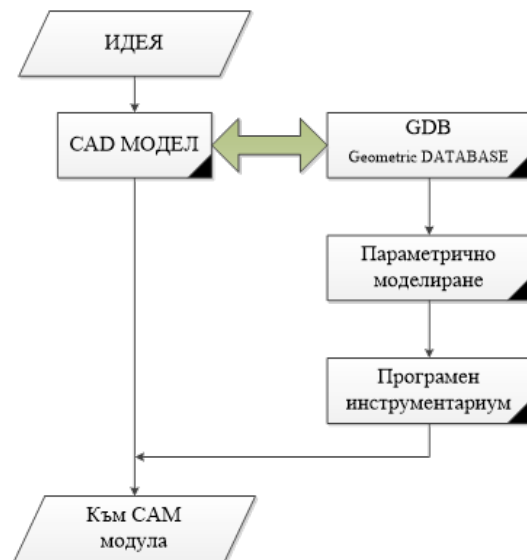
възможности за конструиране на ротационни и корпусни детайли, свързани с технологията на изработване. Някои от по-съществените функционалности са:

- създаване на базови тела (блокове, цилиндри, обхващащи блокове, обхващащи цилиндри, конуси, сфери);
- екструдирани форми с или без наклон с база – контур или повърхнина;
- ротационни форми с база – контур или повърхнина;
- тръба от произволно сечение;
- геометрични форми, построени от уравнение.

Построяването и манипулирането на моделите при обектното параметрично моделиране при CAD/CAM системите е процедурно, чрез използването на определен инструментариум за създаване на структурни дизайни от готови параметрични компоненти за многократна употреба. Системите за обектно параметрично моделиране осигуряват единна електронна среда за моделиране, анализ, оптимизиране, документиране, производство и тестване. По този начин развит на продукта е интегрирана част от целия му жизнен цикъл, тъй като интегрираните CAD/CAM/CAE системи притежават средства за: 3D моделиране, работа със сложни повърхнини, създаване и изследване на сглобени единици, 2D чертане и изготвяне на техническа документация, широк набор от инженерни анализи, генериране на ЦПУ програми. Те позволяват паралелна работа на специалисти по CAD/CAM системи относно проектиране на структурни дизайни по конвенционален начин или чрез предефинирани параметрични компоненти, както в локални мрежи, така и чрез Интернет.

Идеята, заложената в обектното параметрично моделиране (Фиг.4) при

CAD/CAM системите, е създаването на 3D CAD модела да се каталогизира в геометрична база данни GDB (Geometric DATABASE), която чрез възможностите на параметричното моделиране на CAD средата да стане потребителска, за дадени производствени условия. Чрез вграденият програмен инструментариум PT (Program tools) се конфигурират гама детайли, сходни и типоразмерни по принципа на типове и групите технологични процеси.



Фиг.4. Създаване на CAD модел, натрупване на геометрична база данни приложение на параметричното моделиране чрез инструментариума

Виртуален инженерен анализ (CAE)

Непрестанното желание за развитие на армиите по света кара специалисти в дадени области да извършват ежедневни експерименти и изследват интересни за тях променливи с цел оптимизирането им. За извършване на подобни процедури са познати две възможности за направата на изследвания – физически и виртуални.

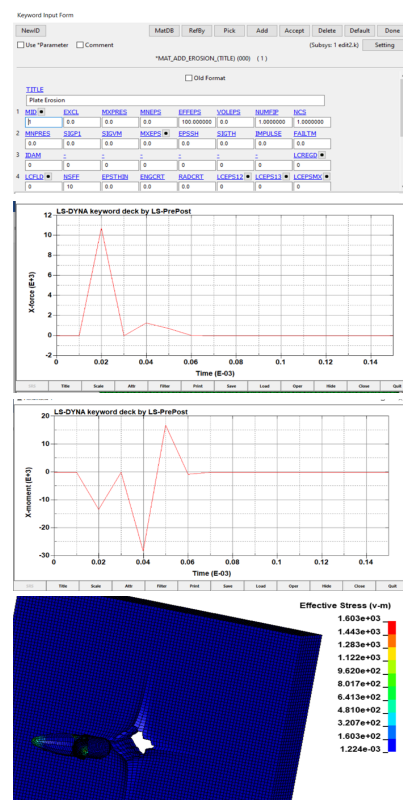
При физическите изследвания е необходимо да се използват n на брой

функционални модели на съществуващото или бъдещо изделие, поради необходимостта от събиране на достатъчен брой данни за изготвяне на валидни заключения. Също така се наблюдава ефекта на „черната кутия“, който се характеризира с това че при извършване на експериментите има голям брой променливи, които могат да повлияят на резултатите и да затруднят значително разбирането на крайния резултат (необходимост от технически средства, технологични системи за промяна на геометри и масови характеристики, място за изследването и т.н.).

От друга страна, при виртуалните анализи, осъществявани чрез САЕ (Computer Aided Engineering) продукти (Фиг.5), дават почти неограничени възможности за изследвания на даден обект и симулирането в желаните среди. Тези възможности за разглеждане на голям брой показатели обуславят ефекта на "бяла кутия", който се среща именно при виртуалните изследвания. Друг плюс при тези анализи е отменянето на необходимостта от физически прототипи на изследвания обект, както и възможността от непосредствена оптимизация в моделите при анализ на предходните резултати. За изграждане на подобен тип изследвания са необходими добри изчислителни мощности и експертиза в областта по създаването на математическия модел и правилното разчитане на изведените резултати.

Едно от направленията, в което има многобройни изследвания и възможността от създаване на модели за виртуално изследване, това е производството на компоненти за СИБЗ (балистични панели и вложки за бронежилетки, балистични щитове, бойни каски и др.).

Както става ясно, съвременните автоматизирани системи за проектиране дават възможност в много ранен стадий от проектирането, да се предвиди какво ще бъде поведението на крайния продукт, в случая СИБЗ, също така според очакваните крайни резултати, да бъдат подбрани видове материали, с цел окончателно удовлетворяване на изискванията. Всичко това се извършва във виртуална среда с минимален разход на ресурси и труд, с широко използване на възможностите за колективна работа на автоматизирани инженерни приложения, като по този начин се постига пълна оптимизация на параметрите на крайното изделие, както и значително намаляване себестойността му.



Фиг.5. Въвеждане на входни данни и генериране на резултати при виртуален инженеринг (САЕ), софтуерен пакет за мултифизична симулация с общо предназначение LS-DYNA

ИЗВОДИ

Системите за автоматизирано проектиране заемат изключително място сред компютърните приложения, тъй като те са индустриални технологии, влияещи непосредствено на материалното производство чрез цялостно решение за машиностроителен инженеринг, снабдяващо всеки инженерен екип с пълен комплект средства за 3D проектиране, изследване, управление на данните и комуникация. В тази връзка съвременните CAD/CAM/CAE системи биха могли да се използват успешно за тримерно моделиране на отделните елементи на средствата за индивидуална балистична защита, от които се изготвя графичната част на конструкторската документация – чертежите, инженерните изчисления и анализи, бързото изготвяне на прототип, технологичната подготовка на производството, изготвяне на управляващи програми за машини с цифрово програмно управление за изработване на различни по сложност изделия, влизаци в комплекта, както и за цялостно управление на проектните и инженерните данни.

Благодарност: Национална научна програма – Сигурност и отбрана се финансира от Министерството на образованието и науката на Република България в изпълнение на Националната стратегия за развитие на научните изследвания 2017-2030 г. и е приета с Решение на Министерския съвет № 731 от 21 октомври 2021 г.

Литература

- Ангелов П., САД системи, Русе, Издателски център при Русенски университет "А. Кънчев", 2015, ISBN 978-954-712-638-1;
- Ангелов, П. Автоматизация на проектирането. Ръководство за упражнения. Русе, Русенски университет "А. Кънчев", 2003, ISBN 954-712-254-1;
- Димитров В. Компютърни системи за проектиране в машиностроенето, Top Solid'design 2012, Сливен, 2013;
- Здравков, З., Проектиране на защитени автоматизирани информационни системи, монография, София, издателство "Дио Мира", 2019 г., страници 210, ISBN 978-954-2977-55-1;
- Маринов Р., Мястото на 3D технологиите в областта на военната сигурност, Научна конференция „Актуални проблеми на сигурността” 2018, 25-26 октомври 2018г., Издателски комплекс на НБУ „Васил Левски”, ВТ, стр. 237-244, ISSN 2367-7473;
- Мат Ломбард, SolidWorks: Овладяване Том.1, Алекссофт, София, ISBN: 789546564047;
- Мат Ломбард, SolidWorks: Овладяване Том.2, Алекссофт, София, ISBN: 9789546564108;
- Славянов К., Тенденции в технологиите за изкуствен интелект, Годишник на НБУ „Васил Левски”, Издателски комплекс на НБУ „Васил Левски”, 2019, с. 211-219, ISSN 1312-6148;
- Сидеров В., Приложение на съвременните технологии в процеса на обучение, Научна конференция „Мениджмънт в динамично променяща се среда за сигурност” Велико Търново 2011 том 4, с. 118-122, Издателски комплекс на НБУ „Васил Левски”, ВТ, 2011, ISBN 978-954-753-089-8;
- Сидеров В., Възможности за обучение и подготовка на специалисти с моделиране и симулации, Годишник на ВА „Г.С. Раковски”, кн. 1, София, 2012 ISSN 1312-2991, стр. 63-71, София, ВА;
- Теодора Петрова, Живо Петров,

„Особености при разпределяне на температурата при въздействие на лазерния лъч в многокомпонентна среда“, Сборник доклади „Tenth Anniversary Scientific Conference with International Participation SPACE, ECOLOGY, SAFETY“, София 2014 г., стр. 201;

Ganev V., Antonov S., Dimitrova Y., Fast prototyping in the manufacturing of complex armament parts, Сборник доклади от International scientific conference CONFSEC, Borovec 2018, year 2, issue 2(4), с. 200-204, ISSN (print) 2603-2945, ISSN (online) 2603-2953;

David Planchard, Engineering Design with SOLIDWORKS 2020, ISBN: 978-1-63057-310-2;

Divya Davim, J. Paulo, Rapid Prototyping, Rapid Tooling and Reverse Engineering, De Gruyter, 2020, ISBN: 978-3-11-066324-2;

Marlon Wesley Machado Cunico, 3D Printers and Additive Manufacturing: The rise of industry 4.0, Concep 3D, 2020, ISBN: 9781695364981;

<https://www.marsarmor.com/bg/>.