

ИЗСЛЕДВАНЕ НА УСТРОЙСТВО ЗА ИЗПИТВАНЕ НА УМОРА С ПОМОЩТА НА SOLID (COSMOS) WORKS

A SOLID (COSMOS) WORKS STUDY ON A FATIGUE TESTING MACHINE

Боян СТОЙЧЕВ

Bobist_2002@abv.bg
Катедра ТМ, ТУ-Габрово,
5300, "Х. Димитър" 4, БЪЛГАРИЯ

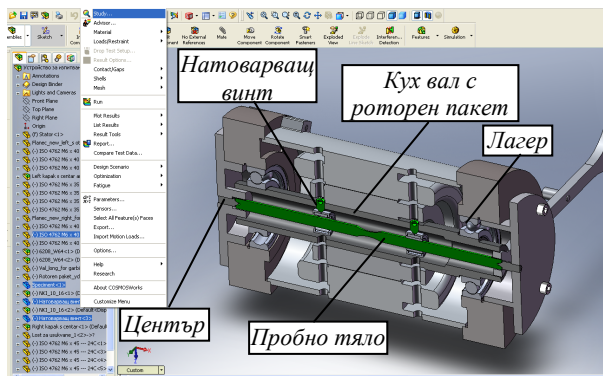
Abstract

The paper represents a Solid Works (SW) model of one newcreated device for fatigue testing of specimen under combined loading of rotating bending with torsion. The device is in process of producing at department of Applied Mechanics of TU Gabrovo. There are presented also the important features of the module for strength and deformation calculations Cosmos Works (CW) (version 2007) and the results of its application for analysis of basic devise parts. The illustrated examples are useful for the SW workers

Keywords: fatigue testing machines; rotating/rotated bending; steady or cyclic torsion; Cosmos Works.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Изследва се с помощта на Solid(Cosmos) Works едно новосъздадено в катедра ТМ на ТУ - Габрово лабораторно устройства за изпитване на умора при комбинирано натоварване. Изглед на екрана с въведения в SW и тестван за колизии геометричен модел на устройството е показан на фиг. 1, а подробното му описание е дадено в [4 и 5].



Фиг. 1. Изглед на екрана на SW с модела на изследваното устройство и активиран CW

Пробното тяло, с предварително поставени върху него иглени лагери в местата на натоварване на огъване, се помещава в кух вал, като се установява между центри. Така то остава неподвижно през време на изпитването му. Натоварване на огъването се постига чрез навиване на винтовете, които се носят от кухня вал с роторния пакет (ротора), когато челата им са в контакт с външните гривни на иглените лагери. Реакциите от натоварването на пробното тяло на огъване се поемат от ротора. При това той трябва да бъде с достатъчна якост и коравина, за да може да се гарантират неговата надеждност и постоянство на зададеното натоварване. Недопустима е ситуация, при която вместо да се "уморява" изпитваното пробно тяло, да се стига до "уморяване" на ротора.

Изхождайки от тези съображения, изследванията се съсредоточиха върху пробно тяло и кухня вал на ротора.

2. ГЛАВНИ ОСОБЕНОСТИ НА SW (ВЕРСИЯ 2007) [1, 2]

Продуктът SW е приложение към CAD-системата SW, предназначено за решаване на задачи на механиката на твърдото тяло с МКЕ. Интегрираният пакет SW (версия 2007) има следните особености:

◇ Използват се три типа базови крайни елементи (КЕ): обемни изопараметрични тетраедри (4 или 10 възлови); триъгълни черупкови КЕ (3 или 6 възлови) и гредови КЕ (2 възлови).

◇ Допустимо е съществуването в един модел на твърдотелни и черупкови КЕ, при което хибридните мрежи са работоспособни както в линейни, така и в нелинейни изчислителни модели. Гредовите КЕ обаче не се съчетават с други видове КЕ!

◇ Контактни КЕ, в явен вид, в програмата отсъстват. Отчитането на съответстващите гранични условия се осъществява чрез изменение на глобалната коравинна матрица на системата. Виртуални обекти от типа на болтове, стебла/ шпилки, пружини са реализирани на базата на гредови/ прътови КЕ.

◇ Обработката на детайли, съставени от много тела и на сглобени единици се провежда по един и същи алгоритъм. Всяко тяло се обработва като самостоятелен детайл.

◇ В рамките на една сглобена единица се допуска съществуването на произволни комбинации на контактни гранични условия от типа влизане в контакт и излизане от контакта.

◇ В SW присъстват p - и h -адаптивни методи за построяване на мрежата от КЕ.

◇ В рамките на еластичен анализ е възможно използването на ортотропни материали. Възможно е да се назначава цилиндрична изотропия, но не и криволинейна. Тези свойства могат да се назначават както за твърди тела, така и за черупки.

◇ При оценка на якостта на сглобени единици посредством функцията Design Check Wizard за всички материали се използва един и същи якостен критерий. По такъв начин, използването на тази функция за анализ на сборни изделия, съдържащи крехки и пластични материали е проблемно.

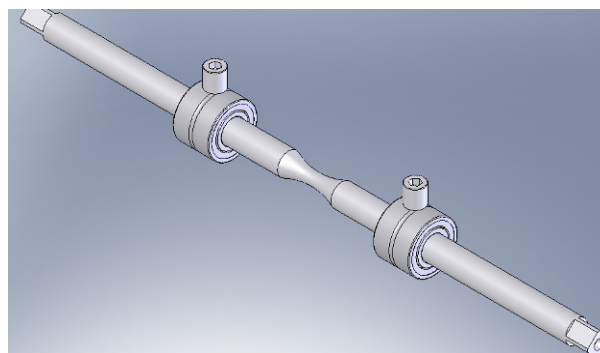
◇ В CosmosWorks е вграден модул за оптимизация, основан на метода на прякото търсене с външна функция. При това стартовата точка се намира на границите на допустимата област, съответствайки на критичните (максимални и минимални) значения на променливите. Анализиранияте точки са вътре в допустимата област. Оптимизация по критерия минимум/ максимум на еквивалентното напрежение е невъзможна! Оптимизацията на сглобени единици, детайлите на които са от различни типове материали, в присъствието на ограничение на допустимите еквивалентни напрежения е проблематична.

SW има стандартния интерфейс на приложението на SW. Инструментите са групирани в следните отделни панели: основни функции; натоварвания; топлинни натоварвания; инструменти за резултатите в числен вид; резултати; сценарии на проектирането и оптимизация.

Последователността при изпълнение на анализите с SW изисква съблюдаване на базовия алгоритъм на МКЕ, предоставяйки на всеки етап определена свобода в последователността от стъпки за подготовка на модела и разглеждане на резултатите.

3. РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗСЛЕДВАНЕТО НА ПРОБНОТО ТЯЛО

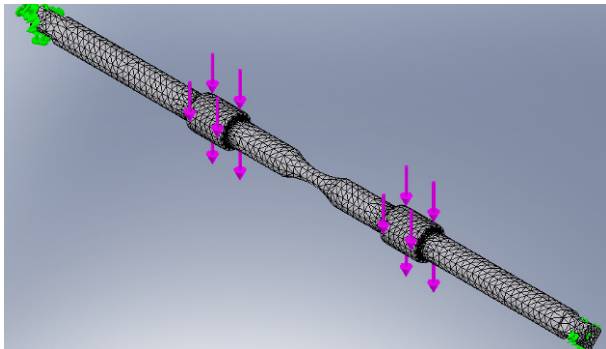
Моделът, включващ пробното тяло с монтирани върху него иглени лагери и натоварващи винтове е показан на фиг. 2.



Фиг. 2. Изглед на модела на пробното тяло

Този модел се оказва проблематичен за моделиране с SW. Проблем възниква при дискретизацията на иглените лагери заради различните им по форма и размери съставни елементи, изискващо специална настройка на мрежата. Предвижда се в бъдеща

работа да се направи специално изследване на лагерите, а тук се възприе по-опростен вариант на модел, включващ пробното тяло само с вътрешните гривни на лагерите, към които е приложено натоварването на огъване (фиг. 3).



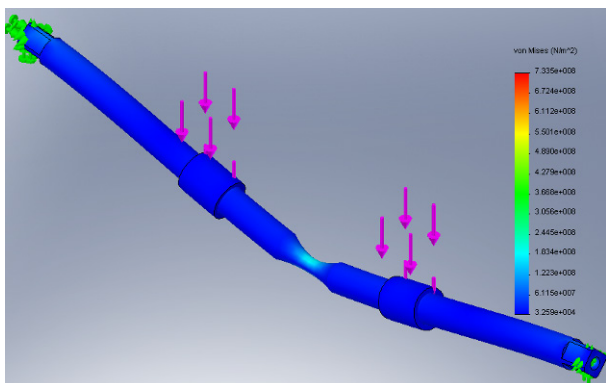
Фиг. 3. Изглед на пробното тяло със закрепването, натоварването и мрежата от КЕ

За оценка на якостта на детайли от изотропни материали при сложно напрегнато състояние се препоръчва използването на критерия на von Mises, според който еквивалентното напрежение в коя да е точка на тялото се пресмята по формулата [3]

$$\sigma_{\text{екв}}^{\text{von Mises}} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}}, \quad (1)$$

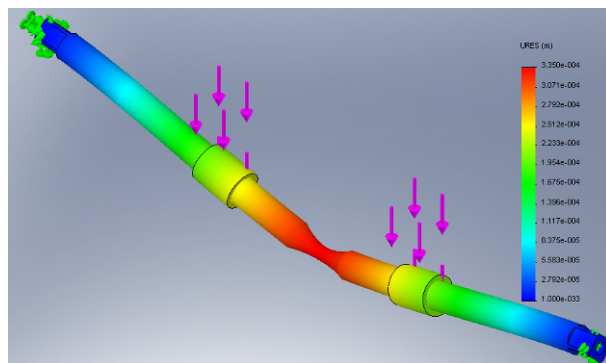
където σ_1 , σ_2 и σ_3 са главните напрежения.

Фиг. 4 представя получените резултати от изчисленията на еквивалентните напрежения при максималното натоварване от 100 N във всяко от местата.

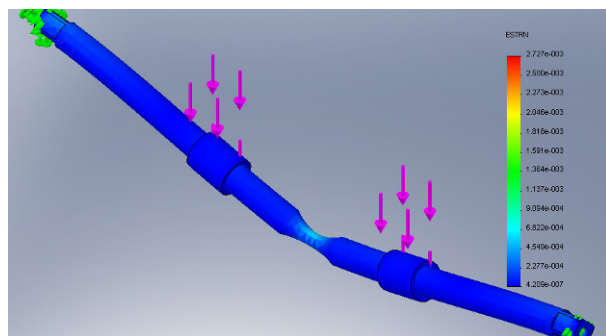


Фиг. 4. Напреженията по von Mises, изобразени върху деформираната геометрия

Следващите фигури 5 и 6 представят съответно резултатите от пресмятанията на преместванията и деформациите при същото натоварване.



Фиг. 5. Разпределение на преместванията, изобразени върху деформираната геометрия



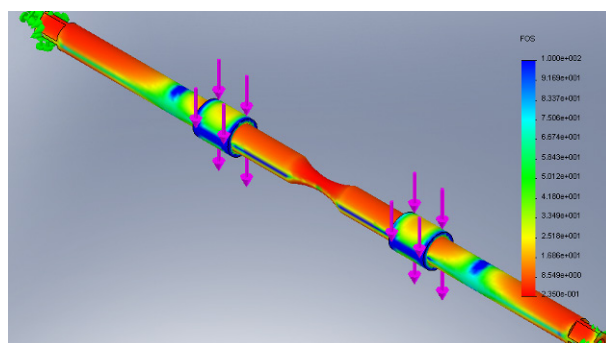
Фиг. 6. Разпределение на деформациите, изобразени върху деформираната геометрия

CW предоставя и резултати от изчисление на коефициента на сигурност FOS (Factor of Safety), пресмятан по формулата

$$k = \sigma_{\text{limit}} / \max \sigma_{\text{екв}}^{\text{von Mises}}, \quad (2)$$

където σ_{limit} в общия случай е лимитиращата материална характеристика - якост на опън, граница на провлачане и др.

Разпределението на коефициента на сигурност за модела на пробното тяло при максимално натоварване е представен на фиг. 7.



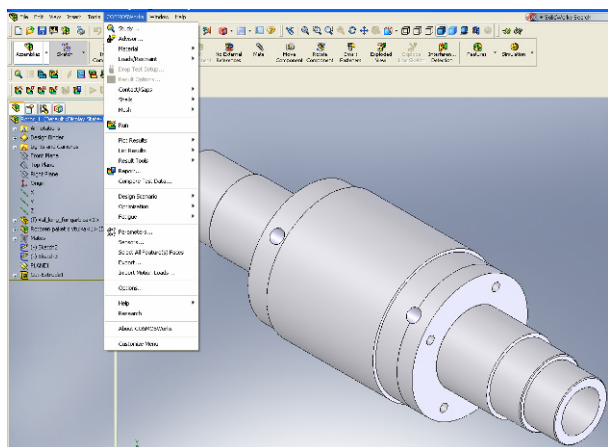
Фиг. 7. Разпределение на коефициента на сигурност FOS

От представените резултати за пробното тяло могат да се направят следните изводи:

Възникващите в пробното тяло напрежения и деформации, по големина и разпределение, съответстват на очакваните. Това дава основание модела за изследване с помощта на SW да се счита за адекватен, но се планира и бъдеща експериментална проверка чрез непосредствено тензометриране на специално подготвено пробно тяло (еталон). Предстои също да се създаде и изследва модел, при който натоварването на пробното тяло на огъване се комбинира с натоварване на усукване. По този начин се получават различни съотношения между възникващите нормални (от огъването) и тангенциални (от усукването) напрежения, имащи отношение към умората на изпитваните материали.

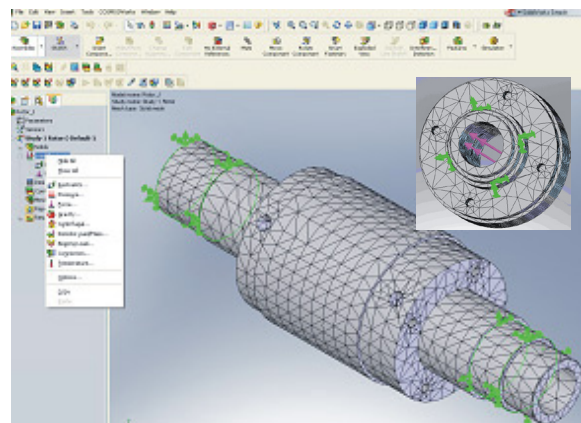
4. РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗСЛЕДВАНЕТО НА РОТОРА

Модела на ротора в SW с активирано меню на CW е представен на фиг. 8.



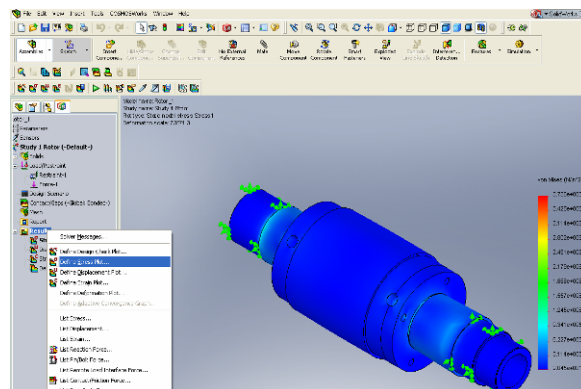
Фиг. 8. Изглед на модела на ротора в SW

Роторът се разглежда като един монолитен детайл (part според терминологията на SW). При навиване на натоварващите винтове той поема реакциите от натоварването на пробното тяло на огъване. На фиг. 9 е показан изгледа на екрана с ротора след въвеждане на закрепването и натоварването му и неговата дискретизация. Натоварването, което е във вътрешността на ротора, е показано на допълнителното изображение горе вдясно.

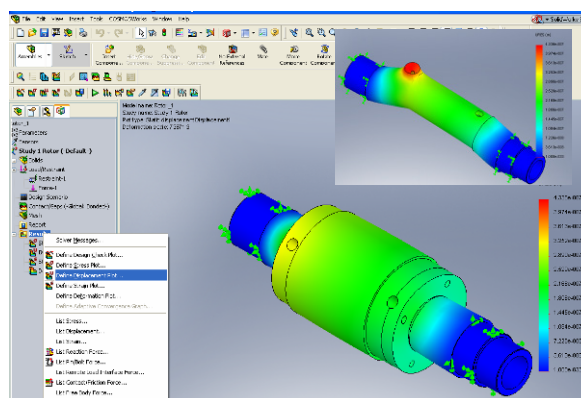


Фиг. 9. Изглед на закрепването, натоварването и мрежата от KE на ротора

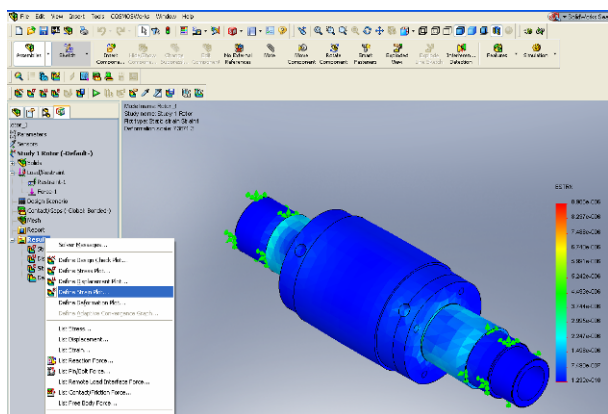
Резултатите от изчисленията на еквивалентните напрежения в ротора при максималното натоварване (100 N във всяко от местата) са представени на фиг. 10. На следващите фигури 11 и 12 са представени резултатите съответно от пресмятанията на преместванията и на деформациите на ротора при същото натоварване. Допълнително показаното изображение на фиг. 11, горе вдясно, илюстрира деформираната геометрия само на модела на кухия вал (при потиснат роторен пакет).



Фиг. 10. Разпределение на напреженията по von Mises в модела на ротора

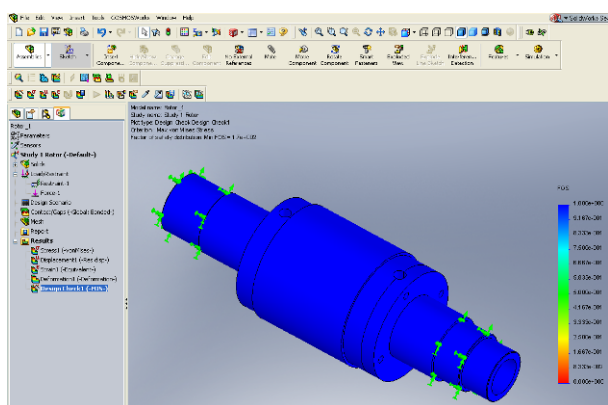


Фиг. 11. Разпределение на преместванията в модела на ротора



Фиг. 12. Разпределение на деформациите в модела на ротора

Разпределението на коефициента на сигурност за модела на ротора при максимално натоварване е представен на фиг. 13.



Фиг. 13. Разпределение на коефициента на сигурност FOS за ротора

От представените резултати за ротора могат да се направят следните изводи:

Кухият вал на ротора е достатъчно корав и може сигурно да издържи максималното проектно натоварване на устройството. Възникващите при това напрежения са едва 3,74 МПа и са пренебрежимо малки в сравнение с допустимите за материала.

Незначителни са и възникващите при максимално натоварване деформации (от порядъка на 1 μm).

Въз основа на тези резултати може да се заключи, че изпълненият с тези размери ротор няма да породи радиално биене (и свързаните с него вибрации и шумове) по време на въртенето си при навиване на натоварващите винтове, съответстващо на максималното налягане на огъване на пробното тяло.

Няма опасност и от настъпване на умора на материала на ротора заради много ниското ниво на напреженията.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Създаден е Solid Works модел на ново-създадено устройство за изпитване на умора при комбинирано натоварване.

Приложен е модула Cosmos Works за изследване на напреженията и деформациите при максимално статично натоварване в основните елементи на устройството - кух роторен вал и пробно тяло.

Представените резултати от изследването не дават основания за съмнения в надеждността на конструкцията на изследваното устройство.

Илюстрираните пример, както и представените главни особености на използвания софтуер Solid(Cosmos)Works - 2007, са полезни за обучение на студенти и други ползватели на SW.

Предвижда се в следващи работи да се представят резултати от изследвания и на други елементи от устройството, както и съпоставка на резултатите от моделиране с аналогични такива, получени експериментално чрез непосредствено тензометриране.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Алямовский, А. А. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике. БХВ-Петербург, 2008
- [2] Алямовский, А. А. SolidWorks/COSMOSWorks Инженерный анализ методом конечных элементов. М., 2004
- [3] Стефанов, С. Съпротивление на материалите. Изд. къща на ЛТУ – София, 2007.
- [4] Stoychev B., S. Stefanov. A New Device for Fatigue Testing Under Rotating (Now "Rotated") Bending Combined with Torsion. Proc. 8th International Conference "Research and Development in Mechanical Industry" RaDMI 2008, 14-17 September 2008, Užice, Serbia, 2008, стр. 361÷365
- [5] Stoychev B., S. Stefanov. An Additional Mechanism for Torsion to the New Device for Fatigue Testing Under Rotated Bending Combined With Torsion. Proc. 9th International Conference "Research and Development in Mechanical Industry" RaDMI 2009, 16-19 September 2009, Vrnjačka Banja, Serbia, 2009, pp. 390÷394