

ОПРЕДЕЛЯНЕ РАЗМЕРИТЕ НА ГАЙКА С ИЗПОЛЗВАНЕ НА ОПТИМИЗАЦИОНЕН АНАЛИЗ

DETERMINE THE SIZE OF A NUT WITH THE USE OF OPTIMIZED ANALYSIS

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ГАЙКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПТИМИЗАЦИОННОГО АНАЛИЗА

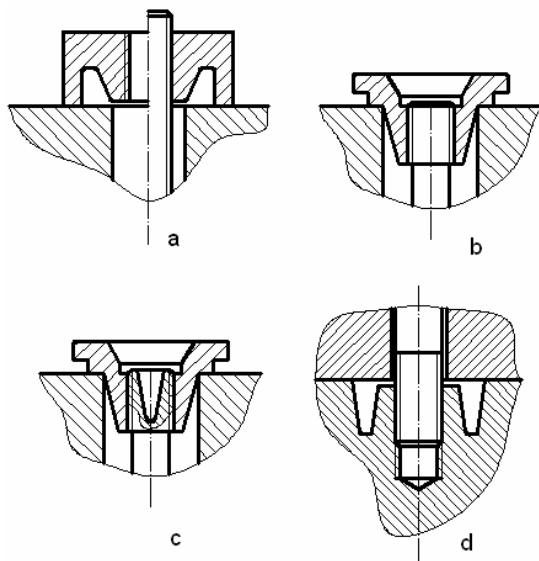
Assis. Prof. Dr. Tashev M.
Technical College "John Atanasoff" – Technical University – Sofia,
Plovdiv Branch, Bulgaria

Abstract: Examined is a way to improve the size of different types of nut. The main objective is to minimize the maximum size of equivalent stress, equally distributed between the volutions. For the purpose of engineer examine, Finite Element Analysis (FEA) is used. Examined is the distribution of arising equivalent stress in the screw's stem while reading the screw's line upsurge angle. The study is with ideal precision.

KEYWORDS: NUT, FEA, COSMOS WORKS, FINITE ELEMENTS METHOD, CAE SYSTEMS

1. Увод

Опитно е установено наличието на неравномерно разпределение на натоварването между отделните навивки на винта и гайката от проф. Н.Е.Жуковски. Като причини за наличието на неравномерно натоварване в [1] е посочена невъзможността за постигане на абсолютна точност при изработка и невъзможността гайката и стеблото на винта да са неподатливи. За избягване на това явление има предложени редица конструктивни варианти с които се цели равномерно разпределение на натоварването между навивките. На фиг.1 са показани подходящи конструктивни решения, които могат да бъдат намерени в [1], а и в друга аналогична специализирана литература.



Фиг.1. Конструктивни варианти за равномерно разпределение на натоварването между навивките

2. Постановка на задачата, предпоставки и начини за решаване на проблема

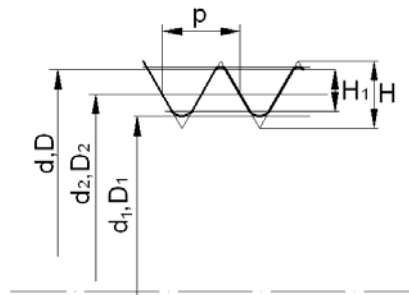
Целта на настоящата работа е да се оптимизират размерите на конкретен конструктивен вариант с цел минимизиране на максимална стойност на еквивалентното напрежение и съответно по-равномерно разпределение на натоварването между навивките. Изследва се разпределението на възникващите еквивалентни напрежения в стеблото на винта на едно предварително ненапрегнато винтово съединение изпълнено от винт и гайка с 6 навивки, използвайки числен

метод за инженерен анализ с отчитане на ъгъла на подема на винтовата линия и при абсолютна точност на изработка.

3. Решение на задачата

3.1. Конкретен пример

За изработване на твърдотелния модел на винтовото съединение са използвани основните размери на профила на резба метрична с едра стъпка. На фиг.2 са показани основните параметри на профила. Конкретните числени стойности на размерите за избраната резба M16x2 са дадени в табл.1.

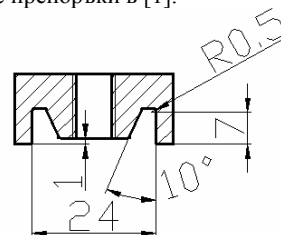


Фиг.2. Основни параметри на профила

Табл.1

резба метрична с едра стъпка M16x2		
параметър	означение	стойност mm
външен диаметър	$d=D$	16
среден диаметър	$d_2=D_2$	14.701
вътрешен	$d_1=D_1$	13.835
стъпка	p	2
пълна височина	H	1.732
работна височина	H_1	1.082

На фиг.3 са показани изходните размери на направеното освобождаване на използваната гайка с цел преразпределение на натоварването между навивките. Приетите размери са на база на направените препоръки в [1].



Фиг.3. Размери за освобождаването на гайката

3.2. Изчислителна схема и 3D модел

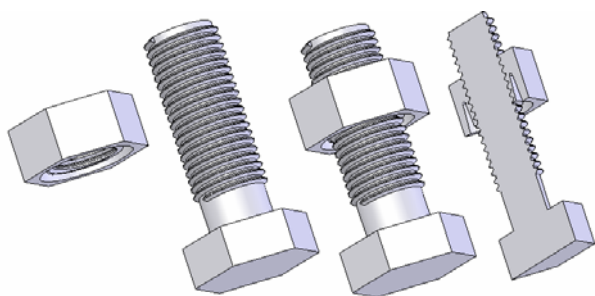
Изследване с използване на числен метод за инженерен анализ на винтово съединение е извършено от редица автори. В посочените източници [2], [3], [4] и [5] авторите правят редица допускания, между които и следните:

- Навивките са с ъгъл на подема 0° , при което те не са по винтова линия, а са успоредни помежду си.
- Прието е, че няма относително движение между контактуващите повърхнини на винта и гайката.

В своите работи авторът използва модели с реален ъгъл на подема на винтовата линия, като е използвана среда на SolidWorks - [6].

При работа с действителния ъгъл на подема първо е изграден моделът на винта, като профилят на резбата е получен чрез завъртане на профила на една навивка около винтова линия – команда Sweep. Резбовият профил на гайката е получен чрез използването на командата Cavity, при което се осигурява пълна еднаквост на двата профила.

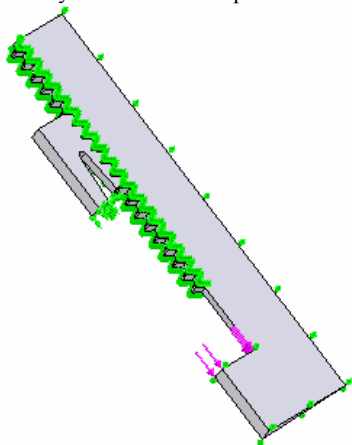
На фиг. 4 е показан използваният 3D модел при реален ъгъл на подема на винтовата линия на гайката, винта и сглобената единица.



Фиг.4. 3D модел при реален ъгъл на подема на винтовата линия

3.3. Изходни данни – дефиниране на свойства на материалите, ограничения и натоварване

За облекчаване на изчислителния процес е използван сегмент от изградените 3D модели с централен ъгъл 10° . Детайлите са осево симетрични и тази апроксимация не оказва влияние върху точността на получените резултати. Численият експеримент е реализиран с помощта на надграждащия SolidWorks продукт CosmosWorks. За стабилизиране на модела е използвана опцията имитираща симетрия (по този начин са отнети необходимите степени на свобода на винта). Повърхнина от гайката е фиксирана, а натоварването е зададено като равномерно разпределена сила нормална на челната повърхнина на главата на винта. На фиг. 5 са показани граничните условия и натоварването.



Фиг.5. Гранични условия и натоварване

Задаването на ограниченията е извършено с помощта на **Restraint Property Manager**, на натоварването – **Force Property Manager**.

Задаването на материалите е извършено с помощта на диалога **Material**, като са използвани данни от **COSMOS material library**. Използван е един и същ материал за винта и гайката. На фиг. 6 са показани свойствата на заложения материал **Alloy Steel**.

Material Details	
Study name	Study 1 (-Default-)
Material name	Alloy Steel (SS)
Material source	COSMOS library
EX	$2.1\text{E}+011 \text{ N/m}^2$
NUXY	0.28
GXY	$7.9\text{E}+010 \text{ N/m}^2$
DENS	7700 kg/m^3
SIGXT	$7.2383\text{E}+008 \text{ N/m}^2$
SIGYLD	$6.2042\text{E}+008 \text{ N/m}^2$
ALPX	$1.3\text{E}-005 \text{ /Kelvin}$
KXX	50 W/(m.K)

Фиг.6. Свойства на използвания материал

Дефиниран е контактът между двата детайла. Контактният анализ описва взаимодействието на границата между отделни детайли, които първоначално се допират или са в контакт по време на натоварването, т.е. за сглобени единици. В нашия случай имаме допирателни повърхнини и е използвана опцията **No Penetration** (без проникване). Това условие предотвратява интерференцията между детайлите след прилагане на натоварване, но позволява формирането на хлабина. Този избор отнема най-много машинно време. Програмата създава съвместима мрежа от крайни елементи във всички контактни петна. Върховете (възлите), принадлежащи към различни детайли в контактните петна съвпадат един с друг. За статичен анализ, програмата използва коефициент на триене установен в свойствата на анализа. Използването на тази опция позволява адекватно моделиране на системата винт-гайка. Генерираната мрежа от крайни елементи е показана на фиг. 7.

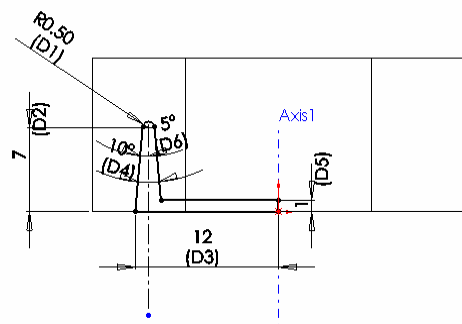


Фиг.7. Използвана мрежа от крайни елементи

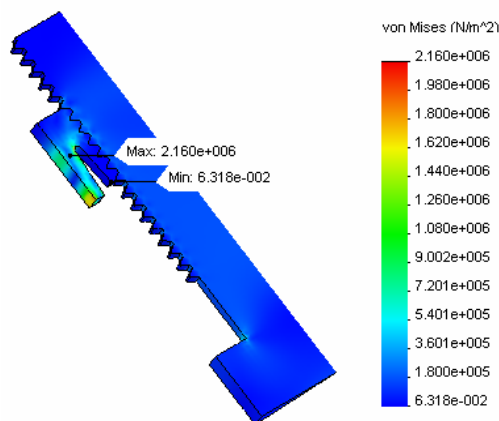
3.4. Дефиниране на оптимизационна задача

За стартиране на оптимизационна задача с САЕ системата **COSMOS Works** е необходимо първо да създадем анализи които да се използват като базови при оптимизацията. В случая условията които поставяме са свързани с напрежения и деформации, затова е създаден базов статичен анализ. Изходните стойности на променливите в проекта заложили в базовия анализ са показани на фиг.8. На фиг.9 е показано

разпределение на еквивалентното напрежение за базовия статичен анализ.



Фиг.8.Исходни стойности на променливите



Фиг.9.Разпределение на еквивалентното
напрежение за базовия анализ

Дефинирането на оптимизационната задача е свързано с извършването на следните дейности:

- Създаване на оптимизационен анализ. При изборът на оптимален вариант се използва дефиниция на ограниченията и целева функция.
- Определяне на целите. Целта на задачата е минимизиране по максимална стойност за еквивалентното напрежение. Поради факта, че такава опция липсва се използва опцията за минимизиране на обема на гайката.
- Дефиниране на променливите от проекта. Размерите които са променливи и диапазонът на тяхното изменение са дадени в табл.2.
- Дефиниране на ограниченията относно еквивалентното напрежение. За максимална допустима стойност е посочена $1,3 \cdot 10^6$ Pa.

Табл.2.

размер	D3	D2	D5	D1	D6	D4
	mm	mm	mm	mm	°	°
базова стойност	12.00	7.00	1.00	0.50	10°	5°
минимална стойност	11.00	3.00	1.00	0.50	1°	0.5°
максимална стойност	13.00	7.50	0.50	1.00	10°	5°

След дефиниране на задачата тя се стартира. Времето за изпълнение зависи от използвания хардуер. След изпълнение на задачата получените резултати се анализират и се извършва при необходимост ново дефиниране на променливите и съответно задаване на нова по-малка стойност на еквивалентното напрежение. Задачата се стартира отново. Тази стъпка може да бъде повторена няколкократно до получаване на удовлетворяващи ни резултати.

4.Получените резултати

Част от получените резултати са показани в табл.3.

Табл. 3.

	D3	D2	D5	D1	D6	D4	$\sigma_{\max}$
	mm	mm	mm	mm	°	°	10 ⁶ Pa.
1	12.00	7.07	1.00	0.50	10	5	3.149
2	12.50	7.07	1.00	0.50	10	5	4.777
3	12.75	7.07	1.00	0.50	10	5	8.098
4	11.75	7.07	1.00	0.50	10	5	2.462
5	11.75	6.75	1.00	0.50	10	5	2.486
6	11.75	7.00	1.00	0.50	9	4.5	2.415
7	11.75	7.00	1.00	0.50	8	4	2.412
8	11.75	7.00	1.00	0.50	7	3.5	2.412
9	11.75	7.00	1.00	0.50	5	2.5	2.458
10	11.75	7.00	1.00	1.00	5	2.5	2.260
11	11.75	5.00	1.00	1.00	5	2.5	1.782
12	11.75	5.00	0.50	1.00	6	3	1.763
13	11.75	5.00	0.50	1.00	1	0.5	1.767
14	11.75	4.50	0.50	1.00	1	0.5	1.643
15	11.75	4.00	0.50	1.00	1	0.5	1.461
16	11.75	3.50	0.50	1.00	1	0.5	1.291
17	11.75	7.00	0.50	1.00	1	0.5	1.687

5. Изводи

В резултат на получените резултати от извършения оптимизационен инженерен анализ с CAE системата COSMOS Works, върху изградените в CAD системата Solid Works 3D модели могат да се направят следните изводи:

- При оптимизационен инженерен анализ на винтови съединения с CAE системата COSMOS Works се препоръчва да се работи с модел на съединението отчитащ ъгъла на подема на винтовата линия.
- С цел намаляване на времето за анализ и използване на по-малки гранични елементи да се използва наличността на осева симетрия, при което е необходимо да се наложат допълнителни ограничения, които използваната CAE система позволява.
- С възможните за задаване на критерии може да се получи оптимизиране на размерите при задаване на максимална стойност на еквивалентното напрежение.
- Отработена е последователност за оптимизационен анализ на сглобена единица с цел минимизиране на напреженията в конкретен детайл.
- Полученото разпределение на натоварването между навивките на резбата на гайката е сравнително равномерно.
- По аналогичен начин могат да бъдат решавани и други задачи от същия клас.

6. Литература

1. Арнаудов К. Машинни елементи. С., Техника 1980.
2. Джонов Ц., Петров М. Методично ръководство за решаване на задачи по метода на крайните елементи (Cosmos/M 1.71) Част I Берлин/София ALMA MATER INTERNATIONAL 1999
3. Максимов Й. Компютърни методи за инженерен анализ Г., Университетско издателство 1999
4. Максимов Й., Дунчева Г., Анчев А. Компютърни методи за инженерен анализ – линейна статика на негредови конструкции Г., ЕКС-ПРЕС 2005
5. Алямовский А., Собачкин А., Одинцов Е. SolidWorks Компютърно моделиране в инженерной практике Санкт-Петербург БХВ- Петербург 2005
6. Ташев М. Числено изследване на напрежения в стеблото на винт. JOURNAL OF THE TECHNICAL UNIVERSITY AT PLOVDIV 2007.