

ISSN 1311-3321

РУСЕНСКИ УНИВЕРСИТЕТ „Ангел Кънчев“
UNIVERSITY OF RUSE „Angel Kanchev“

Факултет „Машинно-технологичен“
Faculty of Mechanical and Manufacturing Engineering

СБОРНИК ДОКЛАДИ

на

СТУДЕНТСКА НАУЧНА СЕСИЯ – СНС’12

СБОРНИК ДОКЛАДОВ

СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУЧНОЙ СЕСИИ – СНС’12

PROCEEDINGS

of

the SCIENTIFIC STUDENT SESSION – SSS’12

Русе
Ruse
2012

Изследване възможностите за реализиране на часовников механизъм чрез бързо прототипиране

автори: инж. Калоян Стоянов, д-р инж. Николай Станков
научен ръководител: гл. ас. д-р инж. Александър Иванов

Clock mechanism design: The paper presents investigation of the possibilities to produce clockwork using rapid prototyping. It is determined that module m should be no less than 1 mm. An original approach to remove the tracks of initial contour extruding points has been applied.

Key words: Clock Design, CAD Modeling, Involute Profiles, Rapid Prototyping Accuracy.

ВЪВЕДЕНИЕ

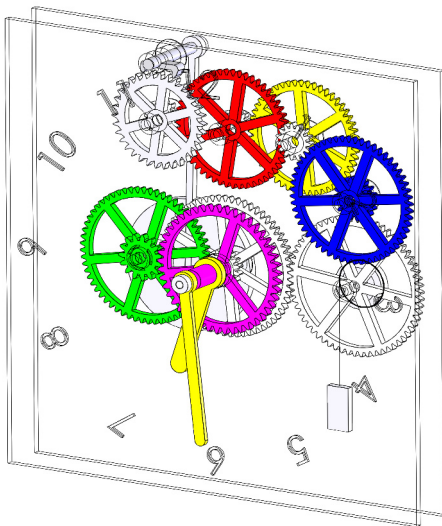
До 1657 г. съществува голямо разнообразие от конструкции на часовникови механизми, като при всяка от тях са били на лице редица проблеми, довели до тяхното ограничено използване, както и редица недостатъци свързани с начина им на работа [1].

В началото на XIV век механикът Енрико Джанти е изобретил часовник с механично задвижване с помощта на пружина и регулируем махален механизъм [2]. Точността, с която е отмервал времето е била толкова висока, че е съизмерима с тази на съвременните механични часовници.

В настоящата работа се представя изследването на възможността за реализиране на часовников механизъм (фиг. 1), разработен на базата на конструкцията на Джанти, като вместо пружина се използва тежест. Конструкция е съобразена с изискванията на бързо прототипиращото оборудване, налично в лабораторията по „Ресурсоспестяващи технологии и бързо прототипиране“ към катедра ТММРМ на Русенския университет.

За реализирането на конструкцията на часовников механизъм чрез бързо прототипиране, са предявени следните ограничения:

- да се минимизират разходите за изработване на прототипите;
- при минимални възможни размери на прототипите да се провери тяхната точност и работоспособност;
- за целите на бързото прототипиране, при проектирането на елементите да се работи с номинални размери. Ходовите слобки трябва да са с хлабина 0.15 – 0.20 mm, а слобките с гарантирана стегнатост трябва да са реализирани с номинални размери;
- разположението на осите на зъбните колелета да гарантира нулева радиална хлабина;
- където е нужно да се предвидят елементи за избягване на начално – крайните следи от бързото прототипиране.



Фиг. 1 Общ вид на тримерния модел на конструкцията на часовника.

ИЗЛОЖЕНИЕ

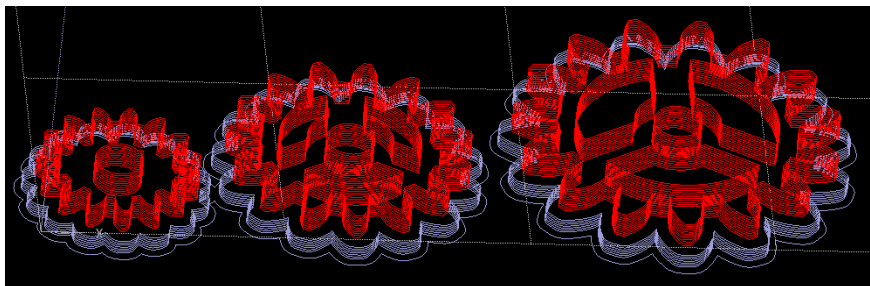
1. Определяне модула на зъбните предавки.

Преди да се пристъпи към окончателното тримерно моделиране на представената конструкция на часовников механизъм, са проведени няколко експериментални изследвания свързани с предявените към разработката изисквания.

Себестойността на прототипите зависи почти изцяло от обема на използвания при прототипирането моделен и поддържащ материали. За да се минимизират разходите за изработване на прототипите, което е едно от поставените изисквания, са проведени предварителни изследвания, чрез които са определени минималните възможни размери на прототипите, при които те запазват своята работоспособност.

За тримерното моделиране на използваните зъбни предавки е нужно и да се определи модулът им, който при постоянна големина на останалите конструктивни елементи, се оказва основният фактор, от който зависи обема на използваните моделен и поддържащ материали.

За провеждане на необходимите изследвания са изработени 66 броя зъбни колела с различен модул m и брой зъби z (фиг. 2).



Фиг. 2 Схема на послойно изграждане на прототипи на зъбни колела с брой зъби $z=15$ и модул $m=1, 1.5$ и 2

За модулът m са използвани 22 различни стойности (от 0.8, 0.9, 1, 1.05, 1.1, 1.15 до 1.8, 1.85, 1.9 и 2), а за всяка отделна стойност на модула са направени по три зъбни колелета с брой на зъбите $z - 15, 52$ и 62 .

За всеки комплект зъбни колела с еднакъв модул m са направени оси със съответните междусосови разстояния, на които да се поставят зъбните колела.

Работоспособността на прототипите на зъбните колела зависи най-вече от точността, с която те са изработени. За комплексното определяне точността на изработените зъбни профили е използвана дължината на общата нормала, измервана с инструментален микроскоп.

Втората част от направеното изследване е свързано с проверка на плавността на работа на зъбните предавки.

Проведено е и трето изследване имащо за задача да провери до каква степен еволвентния профил на прототипите на зъбните колела се отклонява от теоретичния еволвентен



Фиг. 3 Формиране на единичен слой от прототип на зъбно колело с модул $m=1$ и брой зъби $z=52$

профил.

За реализирането на това изследване е направено сканиране на зъбните колела, изработени само от един слой моделен материал (фиг. 3) с дебелина 0.33mm, при резолюция на сканиращата система 3600 dpi.

Полученото сканирано изображение се вмъква в средата на SolidWorks и се напасва върху тримерния модел на съответното зъбно колело. След което контурът му се копира и се отчита максималното отклонение спрямо аналитично профилирания еволвентен профил.

Установено е, че при модул $m \geq 1$, отклонението на общата нормала, с която са изработени зъбните профили е в рамките на ± 0.08 mm, което за целите на настоящата разработка е напълно достатъчно. С увеличаване на модула m и броя на зъбите z , точността с която се изработват профилите на зъбните колела не се променя.

Установено е, че при модул $m \geq 1$, плавността на работата на изработените зъбни колела удовлетворява целите на настоящата разработка. С увеличаване на модула m и броя на зъбите z , плавността на работата на зъбните колела се подобрява.

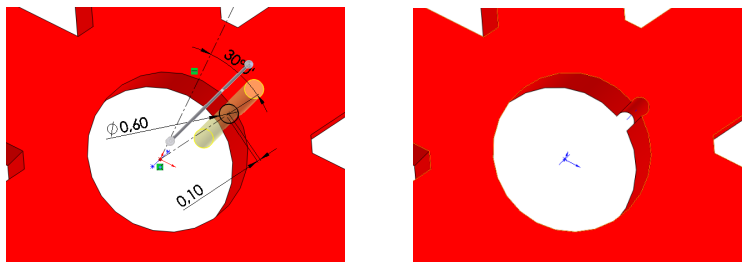
При зъбните колела с модули $m=0.8$ и 0.9 mm, и брой зъби $z=15$, 52 и 62 , отклонението на общата нормала, с която са изработени зъбните профили е в рамките на ± 0.75 mm, а несъвпадането на профила на зъбите с аналитично определения е значително.

При сдружаване на зъбните колела с модул $m=0.8$ и брой зъби $z=15$ се наблюдава заклиняване.

В зависимост от получените резултати е взето решение конструкцията на часовника да се изработи със зъбни колела с модул $m=1$.

2. Елементи за избягване на начално – крайните следи от бързото прототипиране.

Характерен ефект наблюдаван върху повърхнината на детайли изработени чрез FDM технологията за бързо прототипиране, е появата на изпъкналости в зоната, в която екструзионната глава започва и завършва полагаането на контурния слой моделен материал. Съществен момент при моделирането на всички детайли от конструкцията на часовника, при които има наличие на присъединителни отвори или сдружавани повърхнини, е предвиждането и добавянето на елементи за избягване на начално – крайните следи от бързото прототипиране.

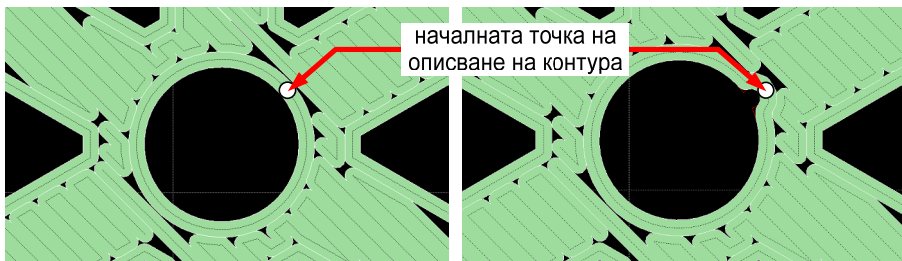


Фиг. 4 Елементи за избягване на начално – крайните следи при бързото прототипиране. Не съществува точно определен подход, чрез който да се реши този проблем.

В представената работа е използвано оригинално решение, приложено при моделирането на тримерните файлове – изрязване на канал с точно определена геометрия и положение спрямо централният отвор на зъбното колело (фиг. 4).

Както се вижда от фиг. 5, след използване на елемент за избягване на начално – крайните следи от бързото прототипиране, екструзионната глава измества началната точка на описание на контура извън централния отвор. По този начин

следите излизат извън контактната зона, без да се нарушава целостта на контурния слой моделен материал.



Фиг. 5. Оформяне на отвора на зъбното колело, преди и след използване на елемент за избягване на начално – крайните следи при бързото прототипиране

Същият подход е необходимо да бъде използван и при тримерното моделиране на осите, върху които ще се монтират всички зъбни колела.

Ефектът от използването на елементи за избягване на начално – крайните следи при бързото прототипиране, се изразява в значително подобряване на плавността на завъртане на зъбните колела около техните оси.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В резултат на направеното може да се обобщи:

1. Установено е, че при модул $m \geq 1$ отклонението на общата нормала, с която са изработени зъбните профили е в рамките на ± 0.08 mm, което за целите на настоящата разработка е напълно достатъчно. С увеличаване на модула m и броя зъби z , точността с която се изработват профилите на зъбните колела не се променя.
2. Установено е, че при модул $m \geq 1$, плавността на работата на изработените зъбни колела удовлетворява целите на настоящата разработка. С увеличаване на модула m и броя зъби z , плавността на работата на зъбните колела се подобрява.
3. Възможно е изработването на работещ прототип на представената конструкция на часовников механизъм, ако зъбните предавки са с модул $m=1$.
4. Използван е оригинален подход за извеждане на начално - крайните следи от бързото прототипиране, извън зона на контакт между централните отвори на зъбните колела и техните оси.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. www.britannica.com

[2]. www.clockmakers.com/john_harrison_sea_clock

За контакти:

гл. ас. д-р инж. Александър Кирилов Иванов, Катедра ТММРМ, Факултет „Машинно-технологичен“, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082/888 714, url: <http://rapidprototype.uni-ruse.bg> ; e-mail: akivanov@uni-ruse.bg

д-р инж. Николай Тодоров Станков, Катедра ТММРМ, Факултет „Машинно-технологичен“, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082/888 714, e-mail: nstankov@uni-ruse.bg

инж. Калоян Стефанов Стоянов, Факултет „Машинно-технологичен“, Русенски университет “Ангел Кънчев”, e-mail: kokostoyanov@yahoo.com