

METHODOLOGY FOR DESIGN MACHINE ELEMENTS OF GEAR REDUCERS WITH INCREASED STRENGTH³

Yuliyana Dimitrova, PhD

Department of Machine Science, Machine Elements and Engineering graphics,
University of Ruse, Bulgaria
Tel.: +82 888 492
E-mail: yuliyana.dimitrova@uni-ruse.bg

Yordanka Dimitrova, PhD Student

Department of Machine science, machine elements and engineering graphics and physics
University of Ruse "Angel Kanchev"
E-mail: yordanka.dimitrova@uni-ruse.bg

Abstract: The report presents an analysis of an improved methodology for designing the main elements of gear reducers (shafts, gears, housing) with increased strength. The most important factors have been selected from the existing design methodologies, which in combination with modern CAD systems give a good result in the design of these elements with increased strength. The characteristics of these factors and their influence on the strength of the elements are analyzed. The relationships between these factors and CAD systems are examined in order to improve results in design processes.

Keywords: gear reducers shafts, gears, CAD system, design of elements

ВЪВЕДЕНИЕ

В техническата литература са представени различни методики за проектиране на машинни елементи използвани в машиностроенето. При разработването им са разгледани различни фактори и критерии които трябва да се вземат при процесите на проектиране. Цялостните анализи на критериите обхващат много фактори с различна тежест, които имат различно влияние на якостта на детайлите. В доклада е представен анализ на факторите с най-голямо значение за якостта при проектиране на основните машинни елементи за зъбни редуктори - валове, зъбни колела, корпус, капачки, съобразени със съвременните изисквания. Тъй като зъбните редуктори имат много голямо приложение в механичните задвижвания, разработване на една методика за проектиране на машинни елементи с повишена якост и приложението съвместно с CAD системи ще окаже положително въздействие при проектирането на нови елементи и конструкции редуктори.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Същност на Методика за проектиране на машинни елементи на редуктори с повишена якост

Основните принципи на които е базирана методиката са принципите с най голяма тежест - на оптималното натоварване и оптималния материал. Други принципи, като оптималната стабилност и оптимално съотношение на характерни технически показатели на определени елементи могат да се компенсират чрез подходяща конструкция, подходяща кинематична верига и др.

Принципа на оптималното натоварване се осъществява чрез изпълнението на следните изисквания:

³ Докладът е представен на научна сесия на 27 октомври 2023 с оригинално заглавие на български език: МЕТОДИКА ЗА ПРОЕКТИРАНЕ НА МАШИНИ ЕЛЕМЕНТИ НА ЗЪБНИ РЕДУКТОРИ С ПОВИШЕНА ЯКОСТ

- на равномерно разпределение на натоварването или напреженията, като максимално трябва да се доближава формата на реалния детайл до идеалната равнोजакостна форма;
- при възможност силовия поток да се разпределя и да се разделя натоварването върху повече елементи (например, конструкцията на планетен редуктор позволява разпределение на силовия поток през много на брой сателити);
- да се създават при възможност предварителни напрежения;
- да се избягват или намаляват ударните натоварвания (динамични знакопроменливи натоварвания, пулсиращи натоварвания и вибрации);
- намаляване на механичните загуби (енергийните) и повишаване на коефициента на полезно действие на машините (КПД).

Друг важен принцип който конструкторите е необходимо да спазват при проектирането на детайли с повишена якост е принципа на оптималния материал. При изборът на материал е необходимо да се отчетат следните съображения: технологични (свойствата на материала трябва да съответстват на проектирания метод за получаване на заготовката), якостни (якостните свойства да отговарят на основния критерий за работоспособност на детайла) и икономически (заложените материали да са налични на пазара за материали, да не са дефицитни и да не са с прекалено висока цена). Целта при проектирането да се получи детайл който да има необходимата якост и работоспособност с възможно най-малко количество материал и ниска цена.

В представената методика се посочва последователността от дейности на конструктора при определяне формата на машинните елементи, материала и технологията за получаване на заготовката, чрез анализ на критерии, които са приети за повишаване на якостта в процеса на проектиране. Тези действия включват са следните стъпки:

- определяне тежестта на всеки критерий по фиг.2.8
- извеждане на извод за специфичните особености на проектирания детайл на база анализа на критериите.
- определяне като резултат варианти за възможен избор на материал, технология за получаване на заготовка и теоретична себестойност;
- избор на оптимален вариант на база направения анализ от предните стъпки, което ще доведе до повишена якост на проектирания детайл.

Преди проектирането на определен машинен елемент от техническото изделие механичен зъбен редуктор е необходимо конструкторът да извърши анализи за тежестта на всички критерии. На базата на извършения анализ се дава оценка за отделни варианти за избор на материал, конфигурация и технология за получаване на заготовката. След което се избира оптимален вариант и пристъпване към проектирането на детайла.

Блок схема на Методика за проектиране на машинни елементи на редуктори с повишена якост е показана на фиг.1.

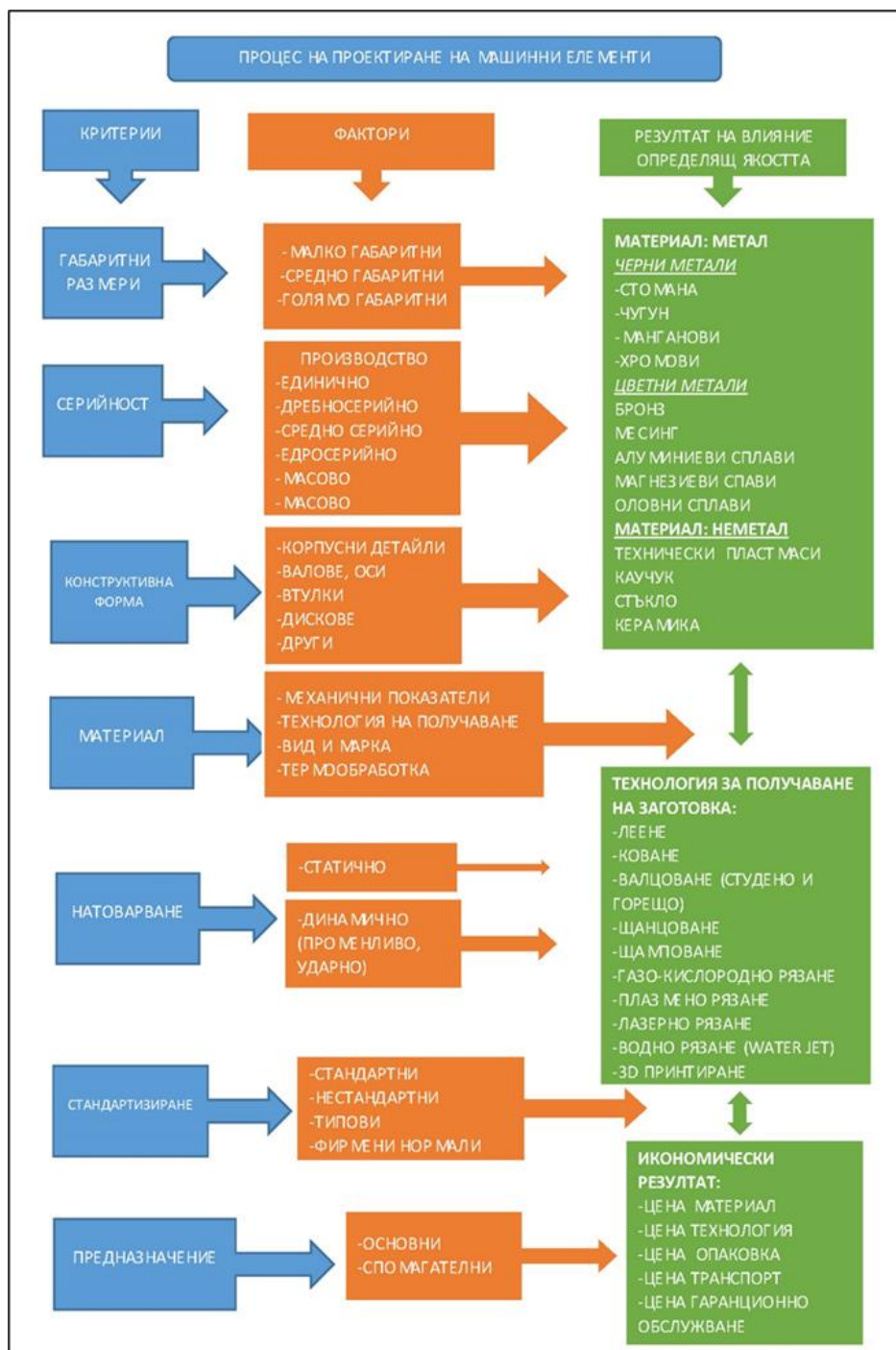
Основни критерии за оценка и фактори влияещи за избора на оптимален вариант

При разработването на методиката са прецизирани критериите с най-голяма тежест и факторите които влияят за избор на оптимален краен вариант. Основните критерии и фактори към тях са:

- Габаритни рамери – малко- средно- и голямо габаритни детайли;

Необходимо е да се определи към коя група машинни елементи спада проектирания детайл. Размерите в комбинация с останалите критерии имат голямо значение за избора на материал и технологията за получаване на заготовката на проектирания детайл.

- Сериийност – тип на производството, единично производство, дребносерийно производство, средносерийно производство, едросерийно производство, масово производство;



Фиг. 1. Блок схема на Методика за проектиране на машинни елементи на редуктори с повишена якост

За части със сложна форма (корпусни детайли) за едросерийното производство се предпочитат заготовки получени чрез леене. За единично производство на такива изделия се залага производството им чрез заварена конструкция. За едросерийно производство се използва машинно коване в матрици – формата и сложността на конфигурацията на изковката зависи от серийността. Серийността на изработване на един машинен елемент влияе основно на избора на материал, избор на технология за получаване на заготовката и технология за изработване на детайла.

-Конструктивна форма – особености на конфигурацията, корпусни детайли, валове, оси, втулки, дискове и др.;

Формулират няколко основни принципа при конструирането на машинните елементи според този критерий.

1. При конструирането на машинните елементи не трябва да се допускат резки изменения във формата, за да се избегне концентрацията на напреженията, която води до значително понижаване на якостта им.

2. Желателно е формата на машинния елемент да осигурява еднаква якост във всичките му сечения.

3. Намаление върховите стойности на концентрацията на напреженията чрез отвеждане на силовия поток и по-равномерното му разпределение по обема на машинния елемент.

4. Осигуряване на равномерно разпределение на натоварването по цялата проектирана повърхнина на контакта.

5. Осигуряване на подходяща конфигурация на повърхнините на детайлите, улесняващи технологиите за тяхната механична обработка (технологичност на конструкцията).

-Материал – вид на материала, механични показатели, термична обработка, химическа обработка, технология на получаване на заготовката;

Изборът на подходящ материал за всеки машинен елемент е една от най-трудните задачи на конструктора. Номенклатурата на материалите, които се използват в машиностроенето, е доста голяма. Стойността на материалите представлява основна част от стойността на машините и в зависимост от техния тип делът на материалите може да достигне до 75%. Избора на материал се влияе основно от: свойствата на материала, специфични изисквания към детайла, специфични технологични качества, стойност и дефицитност на материала. Най-често върху машинните елементи действуват променливи натоварвания. Тяхното изменение зависи от систематични или случайни фактори. От голямо значение за якостта на машинните елементи има на какъв вид натоварване ще са подложени – статично или променливо натоварване и какви напрежения поражда.

Напречните сечения на машинните елементи трябва да бъдат така избрани, че при дадено лице на сечението да се получи максимална якост и устойчивост. При това напреженията в различните сечения трябва да бъдат еднакви или близки до стойност, т.е. якостта на детайла да бъде по възможност еднаква във всичките му сечения.

-Натоварване – статично, динамично (ударно, променливо);

В процеса на експлоатацията на машините техните елементи и възли се натоварват с различни по големина и характер сили и моменти. Тези натоварвания се наричат работни.

-Степен на стандартизация – наличие на стандартни елементи, нестандартни елементи, типови детайли, заводски нормали;

Стандартизацията е научно-техническа и икономическа дейност за утвърждаване на възможния най-малък брой, най-изгодни за производството технически решения на повтарящи се случаи.

-Предназначение – основни и спомагателни детайли.

На базата на правилна оценка по посочените критерии и фактори може да се направят точни изводи за избор на материал, конструктивната форма и технологията на получаване на изходната заготовка и детайла в които се закодирва повишена якост на машинните елементи. За получаване на оптимален резултат от процеса на проектиране е необходимо анализа на критериите да се осъществява с помощта на съвременни CAD системи. По този начин се намалява оперативното време за проектиране на нови детайли и конструкции с повишена якост. CAD системите могат да намалят времето за анализ и избор на оптимален вариант при работа с критериите конструктивна форма, материал и натоварване.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложената методика (фиг.1) подпомага инженерите конструктори да изберат оптимален вариант при проектирането на машинни елементи за редуктори. В резултат от направените анализи по горепосочените критерии и съобразени с факторите, които им влияят се дава възможност да се проектират машинни елементи с подобрена якост. Чрез анализите в методиката се отчита влиянието на най-важните критерии и техни фактори

определящи до голяма степен правилния избор на конфигурация на детайла, материал и технология за получаване на заготовката.

REFERENCES

Dimitrov, Y. & Dimitrova, Y., (2022) Comparative analysis of specific capabilities of CAD systems for design, 61th Annual conference of Ruse University, Ruse, University of Ruse, 2022, pp. 24-28, ISSN 1311-3321.

Dimitrov, Y. & Kamenov, K., (2019) Application of AutoCAD .net api for simulation of cylindrical gears profiling; International BAPT Conference POWER TRANSMISSIONS 2019, Varna, 2019, ISBN 978-619-7383.

Dimitrov, Y. & Kamenov, K., (2019) Specific opportunities through CAD systems for profiling a real involute curves of a spur gear; DAAAM International Scientific Book 2019, 2019, ISSN 1726-9687.

Dimitrov Y. (2015) Comparative analysis of technical indicators of gearboxes, Technics.Technologies.Education.Safety '15 Proceedings Volume 3, Veliko Tarnovo, Bulgaria, III International Scientific and Technical Conference, 2015, pp. 57-60, ISBN 1310 – 3946.

Dimitrov, Y. & Dobrev, V. (2015) A method for design of coaxial gearboxes, Technical Sciences and Industrial Management, Burgas, Bulgaria, IX International conference for young researchers, 2015, pp. 67-69, ISBN 1310-3946.

Dobrev, V., S. Stoyanov, A. Dobreva, (2015) Design, Simulation and Modal Dynamics of Gears and Transmissions, "International Conference on Gears 2015", VDI-Bericht 2255, Munich, pp. 695-707, ISSN 978-3-18-092255-3.

Dimitrov, Y., (2021) Influence of the design features of the shafts on their mechanical strength, 60th Annual conference of Ruse University, Ruse, University of Ruse, 2021, pp. 52-56

Dimitrov, Y., (2021) Strength research of a gear from a car gearbox - processing of the results, 60th Annual conference of Ruse University, Ruse, University of Ruse, 2021, pp. 48-51

Dimitrov, Y., (2020) Якостно изследване на зъбно колело от скоростна кутия на автомобил, 59th Annual conference of Ruse University, Ruse, University of Ruse, 2021, pp. 45-50, , ISSN 1311-3321