

¹Мироненко Е.В., *д.т.н., професор*, ²Шелковий О.М., *д.т.н., професор*, ¹Клочко О.О. *к.т.н., доцент*, ³Кравцов О.М., *аспірант*

¹Донбаська державна машинобудівна академія

²Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

³Уральський федеральний університет ім. першого Президента Росії Б.М. Єльцина

ВИБІР І ПРИЗНАЧЕННЯ СИСТЕМИ ПАРАМЕТРІВ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ЦИЛІНДРИЧНИХ КРУПНОМОДУЛЬНИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС, ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ

The decision of task of choice and setting of the system of parameters of superficial layer of cylindrical large module gear - wheels, determining their operating properties on the basis of analysis of their functional setting and external environments is considered

Keywords: Superficial layer, technological providing, formoobrazovanie, large module gear - wheels

Розглянуто рішення задачі вибору і призначення системи параметрів поверхневого шару циліндричних крупномодульних зубчастих коліс, що визначають їх експлуатаційні властивості на основі аналізу їх функціонального призначення і умов експлуатації

Ключові слова: Поверхнева куля, технологічне забезпечення, формоутворення, крупномодульні зубчасті колеса

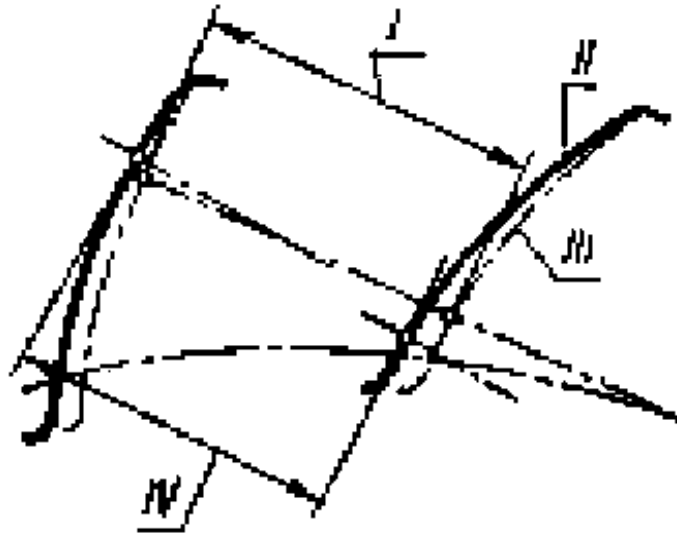
Вступ

Рішення задачі вибору і призначення системи параметрів поверхневого шару циліндричних крупномодульних зубчастих коліс, що визначають їх експлуатаційні властивості повинно базуватися на ретельному аналізі функціонального призначення того або іншого вузла виробу і умов його роботи. При проектуванні важких токарних верстатів з ЧПК необхідно забезпечити експлуатаційні властивості циліндричних крупномодульних зубчастих коліс (втомна міцність, зносостійкість, контактна жорсткість, надійність і точність роботи вузла і виробу в цілому. Це пов'язано з тим, що залежно від необхідних експлуатаційних властивостей повинні здійснюватися вибір матеріалів циліндричних зубчастих коліс, призначення точності розмірів і параметрів стану їх поверхневого шару. При цьому необхідно керуватися відповідними залежностями і рекомендаціями, отриманими в результаті теоретичних і експериментальних досліджень. Так, при необхідності забезпечення необхідних значень контактної жорсткості, коефіцієнта тертя, зносостійкості, межі витривалості можна користуватися залежностями, приведеними в [1].

Основна частина

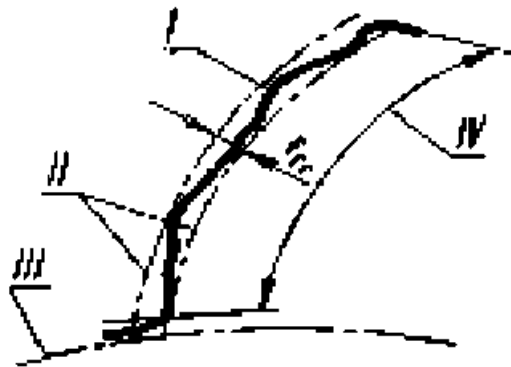
Параметри стану робочих поверхонь і точність розмірів необхідно призначати з урахуванням їх функціонування на «робочих осях» (швидкості відносного ковзання, реверсивності зубчастої передачі, умов навантаження, наявності мастила, температурні умови експлуатації і тому подібне). Зазвичай проектуваний вузол зубчастих передач важких токарних верстатів з ЧПК повинен задовольняти декільком експлуатаційним показникам [1, 2].

Для забезпечення плавності зубчастих передач необхідно отримати граничні відхилення кроку зачеплення (мал. 1) відповідно до вимог ГОСТ1643-81.



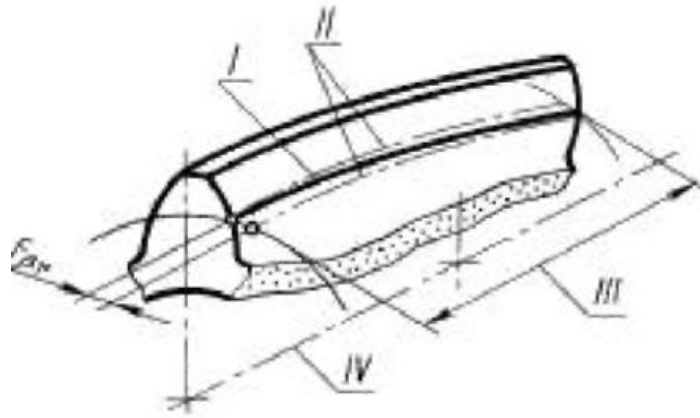
Верхнє відхилення - $+f_{pb}$; Нижнє відхилення - $-f_{pb}$; I - номінальний крок зачеплення; II - дійсний профіль зуба; III - номінальний профіль зуба; IV - дійсний номінальний крок
Мал. 1 Граничні відхилення кроку зачеплення

Шумові характеристики високошвидкісних важконавантажених циліндричних загартованих крупномодульних зубчастих коліс в передачах визначається погрішністю профілю зуба (мал. 2).



I - дійсний торцевий профіль зуба; II - номінальні торцеві профілі зуба; III - основаня коло;
IV - межі активного профілю зуба
Мал. 2. Погрішність профілю зуба

Параметри зносостійкості зубчастих передач, довговічності забезпечуються параметрами відхилення допуску на напрями зуба F_{β} (мал. 3)

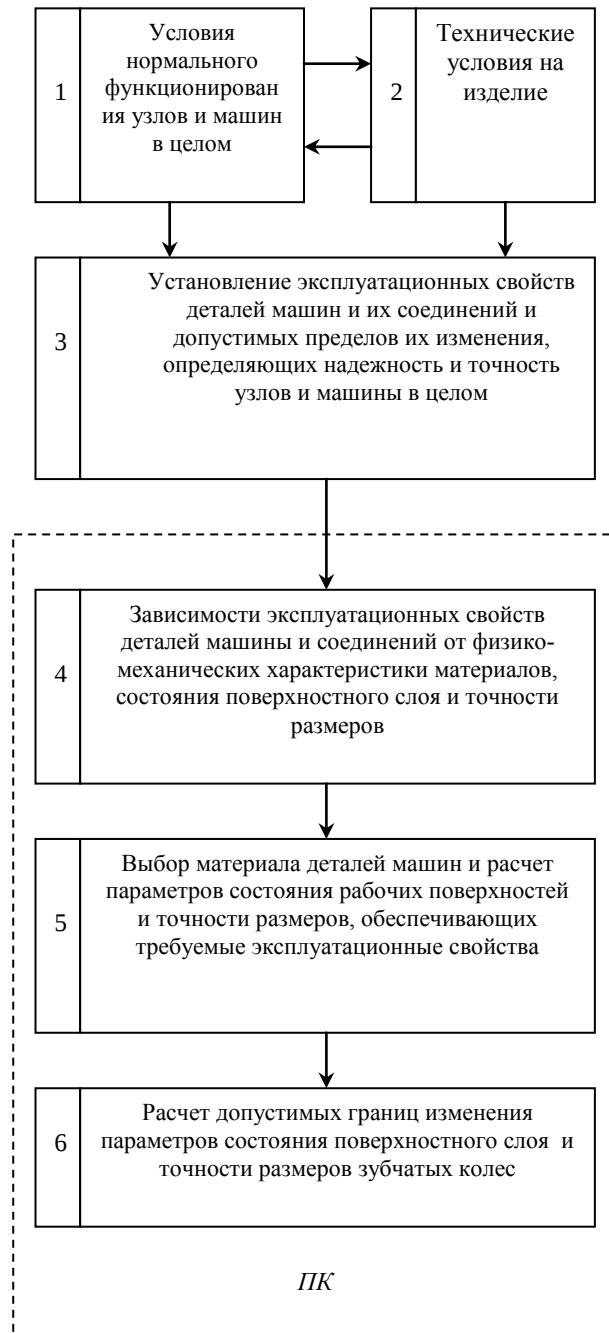


I - дійсна ділительна лінія зуба; II - номінальна ділительна лінія зуба; III - ширина зубчастого вінця; IV - робоча вісь зубчастого колеса

Мал. 3. Погрішність профілю зуба F_β

З вищевикладеного виходить, що при рішенні задачі раціонального призначення системи параметрів стану робочих поверхонь і точності розмірів циліндричних загартованих крупномодульних зубчастих коліс необхідно зробити значне число обчислень по відповідних теоретичних або експериментальних залежностях за допомогою розрахункових керівників програм, що дозволить забезпечити точність результатів розрахунку.

Структурна схема рішення задачі показана на мал. 4. На основі спільного аналізу умов нормальної експлуатації (блок 1) і технічних умов на виготовлення циліндричних зубчастих коліс (блок 2) здійснюється визначення необхідних експлуатаційних властивостей циліндричних зубчастих коліс і допустимих меж їх зміни (блок 3). Наприклад, якщо сумарне зближення поверхонь, що сполучаються, під навантаженням при терті-ковзанні за увесь термін їх служби не повинне перевищувати 16 - 20 мкм, а величина контактного зближення поверхонь під навантаженням за рахунок пластичних і пружних деформацій їх поверхневих шарів складає 5 - 6 мкм, то це означає, що знос циліндричних зубчастих коліс, що сполучаються, за увесь термін їх служби не повинен перевищувати 10 - 14 мкм. Знаючи термін служби важких токарних верстатів з ЧПК і вичисливши фактичний час роботи даного вузла за увесь термін служби T , легко визначити допустиму інтенсивність зношування з'єднання $J = (10 \dots 14) / T$, мкм/с.



Мал. 4. Структурна схема завдання конструктора

Таким чином визначаються експлуатаційні властивості циліндричних зубчастих коліс важких токарних верстатів з ЧПК і допустимі межі їх зміни, лімітуючі надійність роботи передньої бабки, механізму подовжнього і поперечного переміщення супорта, ламелей, задньої бабки верстата в цілому. Перехід від блоків 1 і 2 до блоку 3 є неформалізованим, т. е. він не піддається алгоритмізації. Це означає, що на цьому етапі проектування дуже важливими чинниками є наявні статистичні дані по експлуатації прототипів проєктованих вузлів зубчастих передач важких токарних верстатів з ЧПК.

Після того, як визначені необхідні експлуатаційні властивості проєктованих циліндричних загартованих крупномодульних зубчастих коліс і допустимі межі їх зміни, здійснюється пошук

відповідних теоретичних або експериментальних залежностей, які характеризують кількісну сторону взаємозв'язку між цими експлуатаційними властивостями, фізико-механічними властивостями матеріалів контактуючих циліндричних загартованих крупномодульних зубчастих коліс, параметрами стану поверхні і умовами функціонування (блок 4).

У блоці 5 здійснюється вибір матеріалу циліндричних загартованих крупномодульних зубчастих коліс за фізико-механічними властивостями, розрахунок точності розмірів і параметрів стану робочих поверхонь циліндричних загартованих крупномодульних зубчастих коліс, що забезпечують необхідні експлуатаційні властивості в допустимих межах їх зміни, т. е. підбираються значення аргументу, що задовольняють заданій функції. Рішення цієї задачі ускладнюється тією обставиною, що на аргумент накладаються обмеження, оскільки фізико-механічні властивості матеріалів, параметри стану реальних поверхонь і точність розмірів не можуть змінюватися в нескінченних межах. Тому у ряді випадків спільне забезпечення декількох експлуатаційних властивостей може виявитися неможливим. При цьому необхідно вибирати найбільш важливі з них або розширити допустимі межі їх зміни і повторити розрахунок. Необхідно відмітити, що чим ширше допустимі межі зміни експлуатаційних властивостей, тим легше вирішити завдання за визначенням необхідного матеріалу, точність розмірів і параметрів стану робочих поверхонь циліндричних загартованих крупномодульних зубчастих коліс. Вичислені параметри стану поверхневого шару циліндричних загартованих крупномодульних зубчастих коліс повинні знаходитися в діапазоні технологічних можливостей, т. е. додатково накладаються технічні обмеження;

$$\left. \begin{array}{l} R_{amin} \leq Ra \leq R_{amax} \\ W_{zmin} \leq Wz \leq W_{zmax} \\ k_{min} \leq k \leq k_{max} \\ \rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max} \end{array} \right\} \quad (1)$$

Враховуючи це, слід обґрунтовано визначати допустимі межі зміни експлуатаційних властивостей поверхонь і не прагнути до їх штучного звуження.

У блоці 6 здійснюється розрахунок допустимих меж зміни параметрів стану поверхневого шару циліндричних загартованих крупномодульних зубчастих коліс і точності розмірів з урахуванням забезпечення необхідних експлуатаційних властивостей в заданих межах їх зміни. Таким чином, чим вужчий визначені допустимі інтервали зміни експлуатаційних властивостей у блоці 3, тим вже виходять розрахункові допустимі межі зміни параметрів поверхневого шару і точності розмірів циліндричних загартованих крупномодульних зубчастих коліс (блок 6).

Отже, рішення задачі, починаючи з блоку 4, є достатньою мірою формалізованим, тобто може бути алгоритмізовано і з успіхом здійснено на ПК. З аналізу отриманих рівнянь для розрахунку експлуатаційних властивостей циліндричних загартованих крупномодульних зубчастих коліс [1, 4] можна визначити вектор постійних параметрів, використовуваних при рішенні задачі і незалежних параметрів, що оптимізуються;

$$\vec{K} = (\delta\delta Y, \Gamma, M, P, \mu, \sigma T) \quad (2)$$

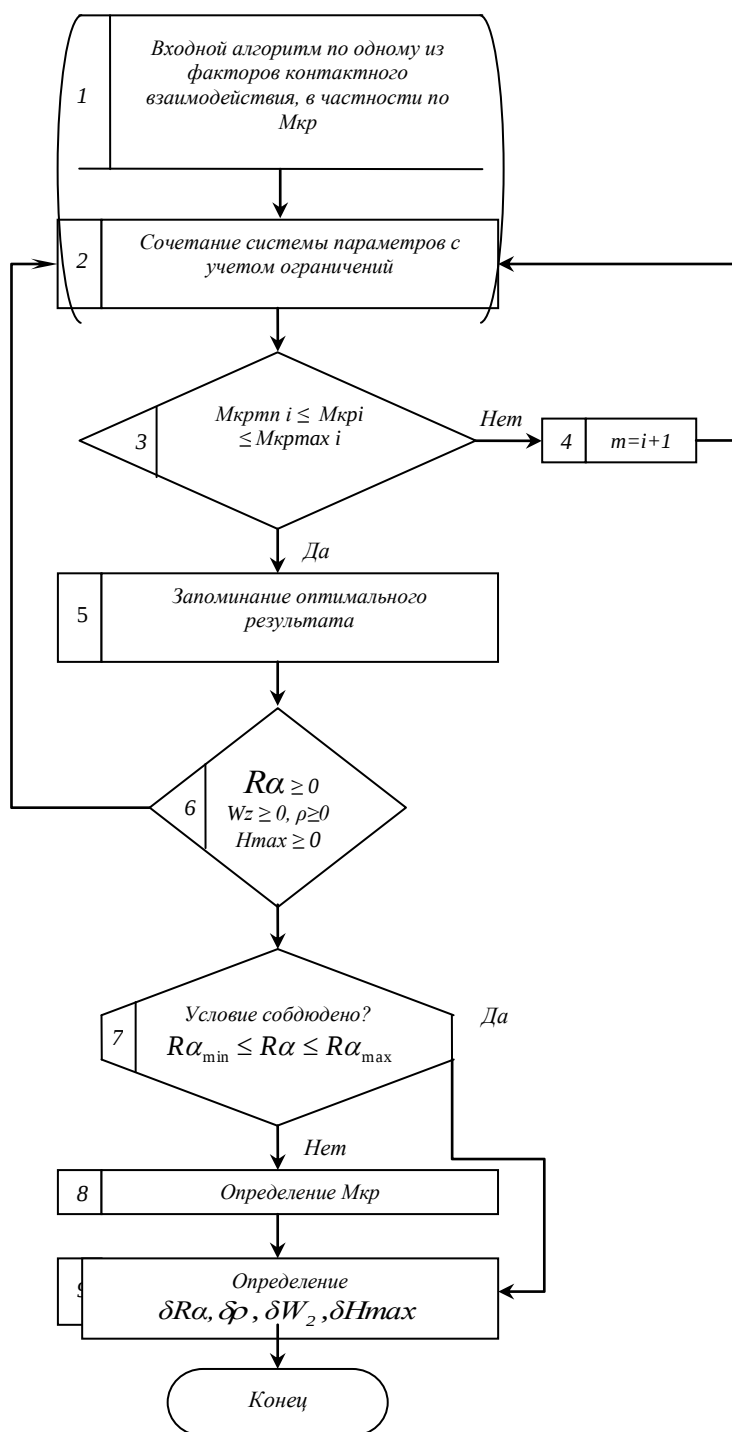
$$\vec{X} = (RRa1, Ra2, \rho1, \rho2, w \square 1, w \square 2, \dots) \quad (3)$$

Система рівнянь чинників контактної взаємодії, технічних обмежень, постійних параметрів, що оптимізуються, є початковою для розробки алгоритму у блоках 5 і 6.

Блок-схема оптимізаційного алгоритму за розрахунком параметрів стану поверхневого шару циліндричних загартованих крупномодульних зубчастих коліс по одній з експлуатаційних властивостей, моменту, що зокрема крутить, приведена на мал. 4. У цьому алгоритмі генерація

випадкових значень незалежних змінних робиться з урахуванням обмежень (1). Далі здійснюється розрахунок передаваного моменту, що крутить, а результат розрахунку порівнюється з попереднім значенням; запам'ятовується значення моменту, найбільш близьке до потрібного, а також величини параметрів стану поверхні, при яких воно отримане.

Ця частина алгоритму здійснюється по черзі для кожного навантаження із заданими значеннями передаваних моментів, що крутять. Після визначення оптимальних значень параметрів стану поверхонь (одного або декількох) і передаваних моментів, що крутять, робиться розрахунок допусків на параметри стану поверхневого шару залежно від допусків на передаваний момент, що крутить. Функції блоку 5 можна структурно розмежувати на вибір матеріалів і визначення точності розмірів і параметрів стану поверхневого шару, зв'язавши їх з функціями блоку 6, тобто робити одночасно визначення усіх параметрів поверхні і меж їх зміни.



Мал. 5. Блок-схема розрахунку оптимальних параметрів стану контактуючих поверхонь циліндричних крупномодульних зубчастих коліс з урахуванням системи параметрів, що характеризують стан їх поверхневого шару

Висновки

Таким чином визначають надійність і довговічність вузла або машини в цілому по втомній міцності, зносостійкості, довговічності циліндричних загартованих крупномодульних зубчастих

коліс при використанні комплексних параметрів для оцінки стану поверхневого шару циліндричних загартованих крупномодульних зубчастих коліс, зокрема для зносостійкості.

На цьому завершується рішення задачі по обґрунтованому вибіру матеріалів, призначенню параметрів стану робочих поверхонь і точності розмірів циліндричних загартованих крупномодульних зубчастих коліс, що забезпечують задані експлуатаційні властивості, а отже, надійність і точність роботи експлуатаційних властивостей циліндричних зубчастих коліс вузлів, редукторів, систем приводів важких токарних верстатів.

Література:

1. *Технологические особенности обработки крупномодульных закаленных зубчатых колес [Текст] / Н.В. Кравцов, Ю.В. Тимофеев, А.А.Клочко [и др.]; Науч. Ред.. А.А.Пермяков; ВолГТУ – Тольятти: ЗАО «ОНИКС», 2012 – 254 с., ил., табл.; - (Серия: Управление качеством технологических процессов в машиностроении / общ. ред. Ю.М. Соломенцев), ISBN 978-59903090-6-7.2. Инженерия поверхностей деталей / Колл. авт.; под ред. А.Г. Сулова. М.: «Машиностроение», 2008. – 320 с.3. Технология производства и методы обеспечения качества зубчатых колес и передач / Под общ. ред. В. Е. Старжинского, М. М Кане. – С-Пб.: Профессия, 2007. – 832 с.4. Тимофеев Ю.В. Научные предпосылки определения условий формирования величин упроченного слоя при формообразовании крупномодульных зубчатых колес / Ю. В. Тимофеев, А. Н. Шелковой, А. А. Клочко //Вісник Національного технічного університету КПІ: зб. наук. пр. Тематичний випуск: Проблеми механічного приводу. – Київ : НТУ КПІ, 2012. – № 64. – С. 288–293.*