

Е.В. Мироненко¹, О.М. Шелковий², О.О. Клочко¹, О.М. Кравцов³

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 ВЕЛИКОМОДУЛЬНИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС, ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ

© Мироненко Е.В., Шелковий О.М., Клочко О.О., Кравцов О.М., 2013

Розглянуто завдання вибору і призначення системи параметрів поверхневої кулі циліндрових великомодульних зубчастих коліс, що визначають експлуатаційні властивості на основі аналізу їхнього функціонального призначення і умов експлуатації.

Ключові слова: поверхнева куля, технологічне забезпечення, формоутворення, великомодульні зубчасті колеса.

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.

Вступ. Виконання завдання вибору і призначення системи параметрів поверхневого шару циліндричних великомодульних зубчастих коліс, що визначають їх експлуатаційні властивості, повинно ґрунтуватися на ретельному аналізі функціонального призначення того чи іншого вузла виробу і умов його роботи. Під час проектування важких токарних верстатів з ЧПК необхідно забезпечити експлуатаційні властивості циліндричних великомодульних зубчастих коліс (втомна міцність, зносостійкість, контактна жорсткість, надійність і точність роботи вузла і виробу загалом. 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, за необхідності забезпечення необхідних значень контактної жорсткості, коефіцієнта тертя, зносостійкості, межі витривалості можна користуватися залежностями, наведеними 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, температурних умов експлуатації тощо). Переважно проєктований вузол зубчастих передач важких токарних верстатів з ЧПК повинен задовольняти кілька експлуатаційних показників [1, 2].

Для забезпечення плавності зубчастих передач необхідно отримати граничні відхилення кроку зачеплення (рис. 1), відповідно до ГОСТ 1643-81.

Шумові характеристики високошвидкісних важконавантажених циліндричних загартованих великомодульних зубчастих коліс у передачах визначається погрішністю профілю зубця (рис. 2).

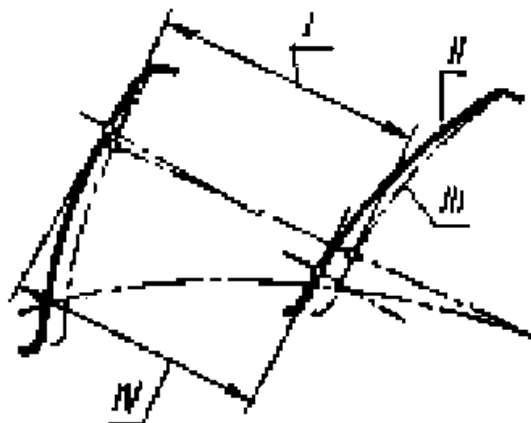


Рис. 1. Граничні відхилення кроку зачеплення:
 верхнє відхилення – $+f_{pb}$; нижнє відхилення – $-f_{pb}$;
 I – номінальний крок зачеплення;
 II – дійсний профіль зубця;
 III – номінальний профіль зубця; IV – дійсний номінальний крок



Рис. 2. Погрішність профілю зубця:
 I – дійсний торцевий профіль зубця; II – номінальні торцеві профілі зубця; III – основа кола; IV – межі активного профілю зубця

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

З вищевикладеного випливає, що під час розв'язання задачі раціонального призначення системи параметрів стану робочих поверхонь і точності розмірів циліндричних загартованих великомодульних зубчастих коліс, необхідно зробити велику кількість обчислень з відповідних теоретичних або експериментальних залежностей за допомогою розрахункових керівних програм, що дасть змогу забезпечити точність результатів розрахунку.

Структурну схему розв'язку задачі показано на рис. 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

повинно перевищувати 16 – 20 мкм, а величина контактного зближення поверхонь під навантаженням за рахунок пластичних і пружних деформацій їх поверхневих шарів становить 5 – 6 мкм, то це означає, що зношення циліндричних зубчастих коліс, що сполучаються, за увесь термін їх служби не повинно перевищувати 10 – 14 мкм. Знаючи термін служби важких токарних верстатів з ЧПК і врахувавши фактичний час роботи цього вузла за увесь термін служби T , легко визначити допустиму інтенсивність зношування з'єднання: $J = (10... 14)/T$, мкм/с.

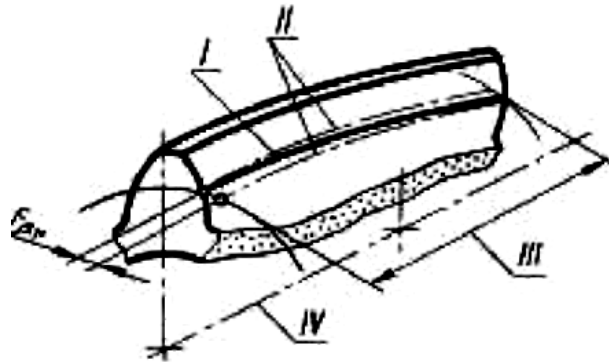


Рис. 3. Погрішність профілю зубця F_p : I – дійсна ділительна лінія зубця;
II – номінальна ділительна лінія зубця; III – ширина зубчастого вінця;
IV – робоча вісь зубчастого колеса

У такий спосіб визначаються експлуатаційні властивості циліндричних зубчастих коліс важких токарних верстатів з ЧПК і допустимі межі їхньої зміни, що лімітують надійність роботи передньої бабки, механізму поздовжнього і поперечного переміщення супорта, ламелей, задньої бабки верстата загалом. Перехід від блоків 1 і 2 до блока 3 є неформалізованим, тобто він не піддається алгоритмізації. Це означає, що на цьому етапі проектування дуже важливими чинниками є наявні статистичні дані з експлуатації прототипів проєктованих вузлів зубчастих передач важких токарних верстатів з ЧПК.

Після того, як визначені необхідні експлуатаційні властивості проєктованих циліндричних загартованих великомодульних зубчастих коліс і допустимі межі їх зміни, здійснюється пошук відповідних теоретичних або експериментальних залежностей, які характеризують кількісний бік взаємозв'язку між цими експлуатаційними властивостями, фізико-механічними властивостями матеріалів контактуючих циліндричних загартованих великомодульних зубчастих коліс, параметрами стану поверхні і умовами функціонування (блок 4).

У блоці 5 здійснюється вибір матеріалу циліндричних загартованих великомодульних зубчастих коліс за фізико-механічними властивостями, розрахунок точності розмірів і параметрів стану робочих поверхонь циліндричних загартованих великомодульних зубчастих коліс, що забезпечують необхідні експлуатаційні властивості у допустимих межах їх зміни, тобто підбираються значення аргументу, що задовольняють задану функцію. Розв'язок 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 у нескінченних межах. Тому здебільшого спільне забезпечення кількох експлуатаційних властивостей може виявитися неможливим. При цьому необхідно вибирати найважливіші з них або розширити допустимі межі їх зміни і повторити розрахунок. Необхідно відмітити, що чим ширше допустимі межі зміни експлуатаційних властивостей, тим легше виконати завдання за визначенням необхідного матеріалу, точність розмірів і параметрів стану

робочих поверхонь циліндричних загартованих великомодульних зубчастих коліс. Розраховані параметри стану поверхневого шару циліндричних загартованих великомодульних зубчастих коліс повинні знаходитися в діапазоні технологічних можливостей, тобто додатково накладаються технічні обмеження:

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

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



Рис. 4. Структурна схема завдання конструктора

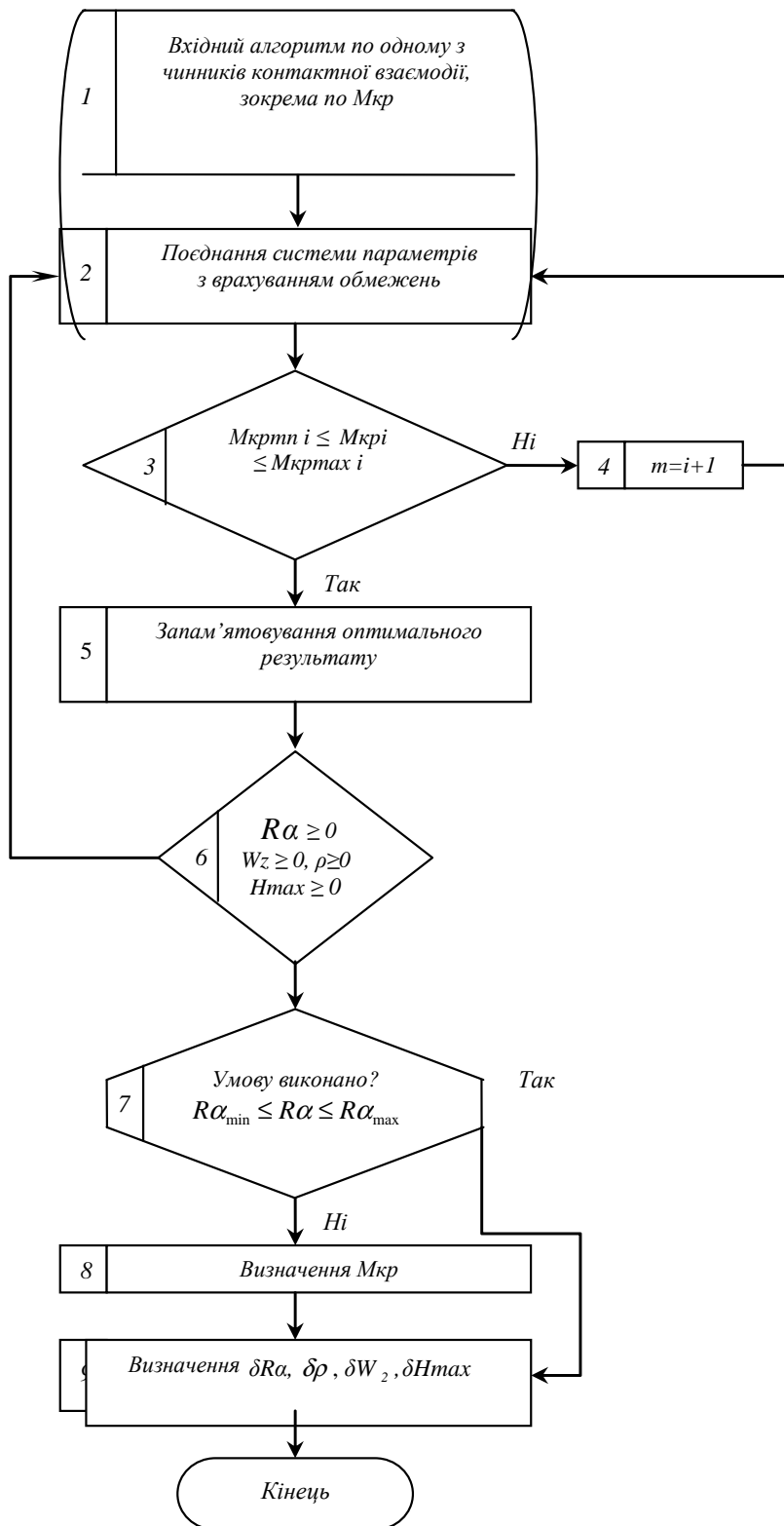


Рис. 5. Блок-схема розрахунку оптимальних параметрів стану контактуючих поверхонь циліндричних великомодульних зубчастих коліс з урахуванням системи параметрів, що характеризують стан їх поверхневого шару

У блоці 6 здійснюється розрахунок допустимих меж зміни параметрів стану поверхневого шару циліндричних загартованих великомодульних зубчастих коліс і точності

розмірів з урахуванням забезпечення необхідних експлуатаційних властивостей у заданих межах їх зміни. Отже, чим вужче визначені допустимі інтервали зміни експлуатаційних властивостей у блоці 3, тим більшими стають розрахункові допустимі межі зміни параметрів поверхневого шару і точності розмірів циліндричних загартованих великомодульних зубчастих коліс (блок 6).

Отже, розв'язок задачі, починаючи з блока 4, є достатньою мірою формалізованим, тобто може бути алгоритмізований і з успіхом здійснений на ПК. З аналізу отриманих рівнянь для розрахунку експлуатаційних властивостей циліндричних загартованих великомодульних зубчастих коліс [1, 4] можна визначити вектор постійних параметрів, що використовується під час розв'язання задачі, і незалежних параметрів, що оптимізуються:

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

$$\vec{X} = (R Ra1, Ra2, \rho I, \rho 2, w_c I, w_c 2, \dots). \quad (3)$$

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

Блок-схему оптимізаційного алгоритму за розрахунком параметрів стану поверхневого шару циліндричних загартованих великомодульних зубчастих коліс по одній з експлуатаційних властивостей моменту, що, зокрема, крутить, показано на рис. 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, найближче до потрібного, а також величини параметрів стану поверхні, за 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 кількох) і передаваних моментів, що крутять, робиться розрахунок допусків на параметри стану поверхневого шару залежно від допусків на передаваний момент, що крутить. Функції блока 5 можна структурно розмежувати на вибір матеріалів і визначення точності розмірів і параметрів стану поверхневого шару, пов'язавши їх з функціями блока 6, тобто робити одночасно визначення усіх параметрів поверхні і меж їхньої зміни.

Висновки. В такий спосіб визначають надійність і довговічність вузла або машини загалом по втомній міцності, зносостійкості, довговічності циліндричних загартованих великомодульних зубчастих коліс під час використання комплексних параметрів для оцінки стану поверхневого шару циліндричних загартованих великомодульних зубчастих коліс, зокрема, для зносостійкості.

На цьому завершується розв'язок задачі з обґрунтованого вибору матеріалів, призначення параметрів стану робочих поверхонь і точності розмірів циліндричних загартованих великомодульних 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.

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. – (Серия: Управление качеством

технологических процессов в машиностроении) / под общ. ред. Ю.М. Соломенцева. 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. – СПб.: 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. – К.: НТУ КПІ, 2012. – № 64. – С. 288–293.