

В.Д. Ковальов, д.т.н., проф.¹,
Я.В. Васильченко, д.т.н., проф.¹,
О.А. Охріменко, д.т.н., доц.²,
Б.С. Воронцов, д.т.н., доц.²,
М.І. Гасаново, д.т.н., проф.³,
О.О. Ключко, д.т.н., проф.³,

*Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ¹,
Національний технічний університет України «КПІ ім. І. Сікорського»²,
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»³*

ПРОГНОЗУВАННЯ СТРУКТУРИ І ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ ЗУБООБРОБКИ КРУПНОМОДУЛЬНИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

Задачі моделювання процесів оптимального управління параметрами точності, якості і продуктивності зубообробки крупногабаритних зубчастих коліс пропонується вирішувати методами впливу з урахуванням специфічних умов формування зубчастих коліс [1, 2]. Аналіз причин виходу з ладу зношених і відновлюваних крупногабаритних зубчастих коліс показав, що в 90 % руйнування крупногабаритних зубчастих коліс починається з поверхневого шару через появу мікротріщин, абразивного зносу, викришування активних поверхонь зубів, відшаровування поверхневого шару зубів, прогресуючого заїдання, пластичних деформацій зубів [3].

При зубофрезеруванні евольвентної поверхні зубчастого колеса переміщення ріжучого леза інструмента з початкового положення в кінцеве положення під дією керуючих впливів може бути здійснено за різними траєкторіями в рамках техніко–економічних обмежень. Кожній траєкторії відповідає певне значення критерію оптимальності. Геометрія проектованої передачі визначається параметрами початкового контуру інструмента і його зміщеннями при нарізанні коліс передачі. Тому при проектуванні, перш за все, слід задати початковий виробляючий контур інструменту і вибрати розрахункові зміщення. Якщо циліндричне зубчасте колесо нарізається рейковим інструментом, то верстатне зачеплення розглядають в торцевій площині, перпендикулярній осі зубчастого колеса. Таке зачеплення є зачепленням рейкового початкового виробляючого контуру з колесом, що нарізується.

Задача оптимального управління процесом зубообробки крупномодульних зубчастих коліс диференційно апроксимується на два етапи:

перший пов'язаний з обґрунтуванням вибору значень параметрів режиму різання, що задовольняють заданому критерію якості, параметрів формування товщини зрізаного шару (глибини різання); другий передбачає управління режимами різання з метою підтримки оптимального значення показника критерію якості в умовах дії на процес збурюючих впливів.

Для управління параметрами зубообробки зношених і відновлених крупногабаритних зубчастих коліс з урахуванням режимів різання, розрахункових параметрів ріжучого леза, радіуса округлення різальної крайки, розрахункових параметрів коефіцієнта усадки стружки в I блоці, розрахункових зусиль різання і пластичних деформацій в зоні обробки, розрахунку залишкових напруг і глибини наклепу, температур, швидкостей зносу різальних крайок зуба фрези в зоні обробки в II блоці і розрахунку стану параметрів шорсткості обробленої поверхні зношених і відновлених крупногабаритних зубчастих коліс розроблений алгоритм багатокритеріальної оптимізації формування зношених і відновлених крупногабаритних зубчастих коліс.

У тому випадку, коли основними показниками оцінки режимів різання є забезпечення точності обробки та якості поверхневого шару, як критерій оцінки процесу використовують коефіцієнт функціонального формування поверхневого шару – K_p .

Період стійкості (T) інструменту визначається глибиною різання t , подачею S_0 , швидкістю V і радіусом округлення різальної крайки зубів фрези ρ , тобто параметрами режиму різання і умовами формування з урахуванням параметра функціонального формування поверхневого шару

при зубофрезеруванні $K_p = f(\alpha/\rho, R_z, t_m(k), H, \mu_0, \sigma_0, h, H, \mu)$ і оброблюваності матеріалу C_v .

Враховуючи, що зустрічне зубофрезерування нестабільне через переривчастого характеру різання, товщини зрізаного шару (a_i), що постійно змінюється, зі зміною кута ковзання ($\psi_{ков}$) товщина шару, що знімається, виходить змінною по перетину зрізу [4].

Товщина шару, що зрізається після

$$a_i = S_z \cdot \sin \psi_{ков} \cdot \sin \varphi \quad (1)$$

де S_z – подача на зуб; φ – кут профілю зуба фрези в нормальному перерізі

Мінімальні значення кутів ковзання без мастильно–охолоджуючої рідини (МОР):

$$= \psi_{ков} = \arcsin \frac{0,5 \cdot \rho}{S_z \cdot \sin \varphi} \quad (2)$$

Мінімальні значення кутів ковзання із застосуванням МОР:

$$= \psi_{ков} = \arcsin \frac{0,31 \cdot \rho}{S_z \cdot \sin \varphi} \quad (3)$$

Проведені теоретичні та експериментальні дослідження дозволяють визначити оптимальні кути ковзання $\Psi_{ков}$, при яких забезпечуються стабільність процесу зубофрезерування, необхідні умови по стійкості інструмента і якість оброблюваної поверхні по відношенню до найбільшого куту контакту зуба фрези Ψ_{max} з оброблюваним зубчастими виробом при найвищій продуктивності.

Література:

1. Гасанов М.И., Клочко А.А., Черкашина Г.И., Перминов Е.В Групповые маршрутные технологические процессы восстановления крупногабаритных зубчатых колес на основе имитационного моделирования с учетом прогрессирующих видов износа // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем: зб.наук. пр. – Краматорськ : ДДМА, 2018. – Вип. 42. – С. 28–36.
2. Гасанов М.І., Пермяков О.А.1, Шелковий О.М., Клочко О.О., Набока О.В., Охрименко О.А. Функціональний аналіз процесу експлуатації і пов'язані з ними проблеми відновлення експлуатаційних властивостей крупномодульних зубчастих коліс / Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2020): матеріали тез доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 29–30 квітня 2020 р.): у 2-х т. / Національний університет «Чернігівська політехніка» [та ін.]; – Чернігів : ЧНТУ, 2020. – Т. 1. – С. 43–44.
3. Kovalov, V.D.; Vasilchenko, Y.V.; Klochko, A.A. & Gasanov, M.I.: Chapter 10: Technology of restoration of large gear boxes. In: Modern Manufacturing Processes and Systems, Vol.2: Fundamentals. Vrnjačka Banja (Serbia): SaTCIP Publisher Ltd. & Belgrade (Serbia): Faculty of Information Technology and Engineering (FITI), 2020, pp. 223–246.
4. Беловол А.В., Гасанов М.И., Клочко О.О., Набока О.В., Скоркин А.О., Шелковой О.М. Імітаційне моделювання в задачах машинобудівного виробництва: навч. пос. / за ред. О.М.Шелкового. – Харків: НТУ «ХПИ», 2019. – 500 с. ISBN 978-617-05-0284-1.