

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ МЕХАНІКИ ТА АВТОМАТИКИ АПВ НААН
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



***ЗБІРНИК
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ***

***X Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди
116-ї річниці від дня народження
доктора технічних наук, професора,
члена-кореспондента ВАСГНІЛ,
віцепрезидента УАСГН
КРАМАРОВА
Володимира Савовича
(1906-1987)***

«КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»

***23-24 лютого 2023 року
м. Київ***

УДК 621.833: 621.891

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЗУБЧАТИХ ПЕРЕДАЧ МЕХАНОЕЛЕКТРОХІМІЧНИМ ПРИПРАЦЮВАННЯМ

В. В. АУЛІН, д.т.н., проф.,

А. Є. ЧЕРНАЙ, здоб.,

А. В. ГРИНЬКІВ, к.т.н., старший дослідник,

С. В. ЛИСЕНКО, к.т.н., доц.

Центральноукраїнський національний технічний університет,

м. Кропивницький

E-mail: AulinVV@gmail.com

Працездатність зубчатих передач, їх надійність визначаються механічними властивостями матеріалу зубів, способом остаточної, фінішної оброблювання, що забезпечує досягнення необхідної точності геометричної форми зубів і якості оброблюваної поверхні. Залежно від твердості або термооброблювання сталеві зубчасті колеса поділяють на дві основні групи: твердістю <350 НВ – зубчасті колеса, нормалізовані або поліпшені; твердістю> 350 НВ – з об'ємним загартуванням, загартуванням струмами високої частоти (СВЧ), цементациєю, азотуванням і ін. Ці групи різні за технологією, здатністю навантаження і здатністю до припрацювання.

Твердість матеріалу до 350 НВ дозволяє робити чистову обробку зубів після термооброблювання без застосування малопродуктивних оздоблювальних операцій. При цьому можливе отримання високої точності (без застосування шліфування, притирання і т.п.). Зубчасті колеса цієї групи добре припрацьовуються і не схильні до крихкого руйнування при динамічних навантаженнях.

Після термооброблювання твердість зубців може становити 50 ... 60 НРС, при цьому допустимі контактні напруження збільшуються в 2-2,5 рази, а здатність навантаження зубчастої передачі зростає до 4 разів у порівнянні з зубчастими колесами, не підданими термообробці.

Застосування матеріалів з підвищеною твердістю істотно збільшує навантажувальну здатність зубчатих передач і обумовлює необхідність вирішення низки завдань:

– формоутворення бічних поверхонь зубів після термооброблювання ускладнене, тому термообробку виконують після нарізування зубів, що супроводжується значним викривленням функціональних поверхонь зубчастого колеса. Для виправлення форми зубів потрібні додаткові операції: шліфування, притирання, обкатування і т.д.;

– високотверді матеріали погано припрацьовуються, що вимагає підвищеної точності виготовлення, підвищеної жорсткості валів і опор.

З проведеного аналізу відомих методів фінішної оброблювання зубчатих коліс впливає:

– заготовки зубчатих коліс із зубами високої твердості і великими похибками після термічної або хіміко-термічної обробки по радіальному биттю, коливань довжини загальної нормалі, вимірювального міжосьової відстані на одному зубі, відхилення кроку вимагають застосування високоефективного методу оброблювання, що забезпечує хорошу оброблюваність і високу виправну здатність;

– механічні методи оброблювання, забезпечуючи хорошу виправність вихідного контуру зуба, мають недостатню продуктивність через важку оброблюваність;

– раніше розроблені технологічні схеми на основі електрохімічного методу оброблювання, забезпечуючи хорошу оброблюваність при малій залежності від твердості поверхні зубів, не створюють умов для достатньої локалізації процесу і, як наслідок, не завжди забезпечують необхідну точність оброблювання.

Запропоновано високоефективний метод фінішного оброблювання високотвердих зубів зубчатих коліс механоелектрохімічним припрацюванням.

Механоелектрохімічне фінішне припрацювання зубів шестерень, цементованих і загартованих до HRC 60...62, є комбінованим процесом, що забезпечує високу ефективність в отриманні зубчатих коліс з підвищеною зносостійкістю і здатністю навантаження.

Даний спосіб забезпечує підвищення продуктивності і точності оброблювання за рахунок поліпшення геометричних параметрів зачеплення інструменту і деталі і кінематичних параметрів оброблювання. Поліпшення технологічних показників досягається способом електроалмазного оброблювання зубів зубчатих коліс, що полягає в безперервному прокачуванні обмеженої кількості електроліту через міжелектродний зазор між зубчастою заготівкою (анод) і інструментальним зубчастим колесом (катод), утворення на оброблюваних поверхнях зубів заготовки зубчастого колеса поверхневої плівки і подальшого зняття його інструментальним зубчастим колесом.

В роботі побудована математична модель механоелектрохімічної обробки зубчатих коліс, що дозволить визначати якісні характеристики обробленої поверхні в залежності від таких параметрів, як товщина зміцненого шару, товщина шару розчину електролітів відхилення по кроку і радіальне биття. Встановлено, що найкраще уточнення евольвентного профілю відбувається при рівномірному розподілі припуску по бічній поверхні зубів, товщині алмазозносного шару 0,1 мм і товщині шару розчину електроліту 0,15 мм.

Вивчено вплив характеру розподілу припуску по поверхні зуба на процес уточнення. Найкраще уточнення профілю зуба досягається при рівномірному розподілі припуску на обробку (в 1,45 рази). Найгірші результати за відносним уточненням досягаються при максимальному значенні припуску у вершини зуба заготовки практично незалежно від умов подачі електроліту в міжелектродний зазор (в 1,2 раза).

Показано, що усунення відхилення по кроку під час обробки не відбувається. Вплив величини кута відхилення бічної поверхні зуба на точність

обробки бічних поверхонь сусідніх зубів практично не проявляється. Радіальне биття при заданих числових параметрах не здійснює істотного впливу на уточнення евольвентного профілю.

Для виконання експериментальних досліджень створена експериментальна установка для здійснення процесу механоелектрохімічної обробки в умовах вільного припрацювання з додаванням притискної сили. Установка дозволяє здійснювати обробку при частоті обертання катода-інструменту від 200 до 1000 об/хв. при максимальному струмі до 600 А. Дослідження показали, що збільшення частоти обертання з 300 до 1000 хв⁻¹ призводить до збільшення продуктивності в 1,5-2,0 рази.

Виконано експериментальні дослідження точності параметрів зубчатих коліс, шорсткості поверхні евольвентних профілів, зносу алмазозносного шару катода-інструменту, а також продуктивності процесу. Встановлено, що шорсткість бічних поверхонь зуба знижується в 3-10 разів при тривалості припрацювання 8...10 хв.

Для визначення періоду стійкості катода-інструменту з алмазозносним шаром виконано експериментальне дослідження зносу алмазозносного шару в процесі обробки. Встановлено, що переважає знос у вигляді випадання алмазних зерен з зв'язки без утворення майданчиків зносу на алмазних зернах. Це пояснюється малими швидкостями різання (до 7 м/хв.) і малою дугою контакту евольвентної поверхні зуба з катодом-інструментом. Величина зносу для алмазів 125/100 становить 0,1мкм/деталь. Період "стійкості" катода-інструменту становить 500-1000 деталей.

Досліджено динаміка і характер зносу катода-інструменту. Встановлено, що знос носить характер випадання зерен алмазу з зв'язки без утворення майданчиків зносу. Це пояснюється малими швидкостями різання і малою дугою контакту евольвентної поверхні зуба з катодом-інструментом.

У процесі дослідження мікротвердості поверхонь зубів після механоелектрохімічної обробки встановлено, що має місце деяке знеміцнення бічної поверхні зуба в межах 9...17%. Тому рекомендується на завершення циклу припрацювання здійснювати вигладжування без накладення струму.

Досліджено вплив виду зачеплення (без зміщення, передполюсне, позаполюсне) на величину швидкості ковзання як фактора, що визначає процес різання алмазним зерном. Встановлено, що вид зачеплення несуттєво впливає на процес уточнення профілю зуба. При зміні частоти обертання колеса і катода-інструменту з 250 до 1000 об/хв. швидкість ковзання змінюється з 0,2 до 5,76 м/хв. Більш істотний вплив на процес обробки надає зміна напрямку ковзання як фактор видалення стружки із зони обробки. При передполюсному зачепленні вектор швидкості ковзання спрямований в бік ніжки зуба, що ускладнює процес видалення стружки.

Експериментально досліджено процес уточнення зубчатого колеса після механоелектрохімічної обробки. Встановлено, що за радіальним биттям має місце уточнення в 1,41 рази, по довжині загальної нормалі – в 1,22 рази, по відхиленню кроку – в 1,23 рази, по коливанню вимірювальної відстані за один

оберт – в 1,34 рази, по відхиленню вимірювальної міжосьової відстані на одному зубі – в 1,84 рази.

Таким чином, проведені дослідження показали ефективність механоелектрохімічного способу припрацювання зубчатих передач і підвищення їх ресурсу, а отже і надійності.

УДК:621.771

ОКРЕМІ ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ РОБОЧОГО ШАРУ ЧАВУННИХ ФОРМУЮЧИХ ІНСТРУМЕНТІВ

А. К. АВТУХОВ, доктор технічних наук, професор
Є. В. КОВАЛЕВСЬКИЙ, здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії
М. О. СТІЛЯНИЙ, здобувач вищої освіти СВО «Магістр»
Державний біотехнологічний університет, м. Харків

При прокатуванні металу в поверхневому шарі чавунних хромонікелевих формуючих інструментів, відбувається складний комплекс механічних, теплових і хімічних процесів. Нагрівання і охолодження, що багато разів повторюються, сприяють накопиченню розмірних і об'ємних змін у робочому шарі [2]. До причин таких явищ відносяться зміна розширення, в результаті графітизації цементиту, окислення, тріщиноутворення, пороутворення, газонасиченість, поліморфні перетворення, напруги і деформації, які призводять до прискорених змін його структури та властивостей, що спричиняє знос валків. Зношування може бути природним, прискореним або передчасним.

Природне зношування - використання валка до граничного діаметра за відсутності проміжного пошкодження бочки. Прискорене зношування валків виникає внаслідок непродуктивної витрати (сошліфування, обточування) частини робочого шару для видалення неглибоких дефектів (тріщин, включаючи розпал, викришки, зони підвищеного вироблення). Передчасне зношування виникає внаслідок зниження твердості бочки нижче рівня вимог, відповідних нормативно-технічної документації по діаметру бочки, недостатньому для продовження експлуатації валка [1].

Вітчизняні та зарубіжні публікації, що стосуються зниження швидкості зношування валків з хромонікелевого чавуну показують, що виконано велику кількість досліджень з розробки нових та оптимізації застосовуваних складів валкових сплавів їх модифікації, удосконалення технології виливки та термообробки [3]. Проте, до сьогодні питання створення чавунів з оптимальними зносостійкими властивостями потребує подальших рішень.

Список використаних джерел

1. Скобло Т. С. Автухов А. К., Климанчук В. В. Причины и характеристика