

УДК 621.862

Сидоренко М.В.<sup>1</sup>, Фролов Р.О.<sup>2</sup>, Лятуринський В.О.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup> старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

## ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ ПТМ

Руйнування робочих поверхонь зубчастих коліс під дією контактних навантажень є однією з основних причин їх виходу з ладу. Відомо, що допускні контактні напруження пропорційні твердості зубців. Тому все більше застосування для виготовлення зубчастих коліс знаходять матеріали, які дозволяють отримати у поверхневому шарі високу твердість. Широко розвинуті методи, спрямовані на підвищення твердості поверхневого шару, такі як хіміко-термічна і оздоблювально-зміцнююча обробка. При цьому передові технології, що використовуються для механічної обробки зубчастих коліс, повинні забезпечувати як прийнятну ступінь точності, так і високу якість поверхневого шару. Наприклад, при цементації, внаслідок значної температурної дії, відбувається жолоблення зубчастих коліс, при цьому їх точність знижується на 2-3 ступені, це викликає необхідність подальшого шліфування. Азотування вигідно відрізняється меншою температурою процесу та відсутністю фазових перетворень. Проте газовому азотуванню притаманні і недоліки – відносна крихкість зміцненого шару, розкид властивостей та значна тривалість процесу. Вказаних недоліків позбавлений перспективний процес дифузійного насичення в плазмі тліючого розряду - іонне азотування.

Незважаючи на розвиток нових технологій при виробництві редукторів для підйомних машин в Україні ще широко застосовуються технології, розроблені в сімдесятих роках минулого століття. На ринку України практично відсутні послуги з іонного азотування, ультразвукового зміцнення зубчастих коліс, які в багатьох країнах є доступними та затребуваними. Однією з пріоритетних робіт є вдосконалення технології обробки зубчастих коліс.

Враховуючи складні умови роботи та навантаження, це завдання для підйомно-транспортного машинобудування важливе і актуальне.

Іонне азотування поширене в машинобудуванні при зміцненні деталей різного призначення, проте для зубчастих коліс підйомно-транспортних машин застосовується поки що мало. Саме тому спільно з Podem Gabrovo Ltd було проведено роботу з випробування високонавантажених зубчастих коліс та впровадження прогресивних технологій їх хіміко-термічної обробки.

Вміст хімічних елементів у структурних складових визначали якісними та кількісними методами. Розподіл вмісту елементів визначає багатоцільовий растровий мікроскоп JSM-6360LA з приставкою для рентгеноспектрального енергодисперсійного аналізу JED 2200. Результати представлені у вигляді кольорових карт, на яких ділянках з підвищеним вмістом хімічного елемента відповідає області з більш інтенсивною окраскою. Слабкотравний змінний шар представляє собою збиткову  $\epsilon$  - фазу, що відповідає технології іонного

азотування. На всіх запропонованих режимах добивалися рівномірного розподілу легуючих елементів.

Для визначення глибини азотованого шару був використаний замір мікротвердості по перерізу зуба від поверхні до серцевини. Встановлено, що на відміну від рекомендацій по призначенню ефективного шару в авіаційній промисловості при виробництві ПТМ необхідно застосовувати менш крутіший градієнт твердості. Визначення ефективної глибини азотованого шару є питанням дискусійним в залежності розуміння порогового значення величини твердості, тому поки що запропонований один із компромісних підходів.

На цей час разом із нашими партнерами відпрацьовано технології іонного азотування зубчастих коліс для електричних талей. Для забезпечення необхідного ступеня точності циліндричних зубчастих коліс із внутрішнім та зовнішнім зачепленням їх виробляють на високопродуктивних зубообробних верстатах фірми Gleason-Pfauter Maschinenfabrik GmbH (Німеччина).

Також на перший план виходить необхідність цехового контролю зубчастих коліс. Для цих цілей на базі лабораторій НУ «Запорізька політехніка» та ТОВ «Запоріжжкранзавод» було розвинуто методики контролю твердості приладом ERNST ESATEST MTR (Швейцарія), який дозволяє проводити вимірювання твердості на робочій поверхні зубців і навіть у западинах зубців. Прилад здійснює реєстрацію величини твердості при безперервному вдавлюванні конічного індентора покритого провідним шаром. Результатом вимірювань є залежність твердості від величини навантаження на індентор, що дозволяє більш достовірно оцінити якість хіміко-термічної або зміцнюючої обробки. Для зубчастих коліс із великим модулем за замовленням атомної промисловості була розроблена комплексна оцінка величини твердості виміряної ультразвуковим та динамічним методом.

Проведена комплексна робота дозволила вже на цьому етапі отримати результати по забезпеченню технологічної надійності зубчастих коліс ПТМ.