

УДК 621.862

Фролов Р.О.¹, Сидоренко М.В.²

¹ старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ

Контактне викришування робочих поверхонь зубчастих коліс є однією з основних причин їх виходу з ладу. Допускні контактні напруження в більшій степені залежать від твердості зубців. Часто для виготовлення зубчастих коліс використовують матеріали, які дозволяють отримати у поверхневому шарі високу твердість. Широко застосовують методи підвищення твердості поверхневого шару, наприклад хіміко-термічна обробка. Передові технології, що застосовуються для зміцнення зубчастих коліс, мають забезпечувати не лише належну точність, але й високу якість поверхневого шару. Зокрема, під час цементації через значну температурну дію спостерігається жолоблення зубчастих коліс, що призводить до зниження їхньої точності на 2...3 ступені й потребує подальшого шліфування. Азотування має переваги у вигляді нижчої температури процесу та відсутності фазових перетворень. Однак газове азотування не позбавлене недоліків, серед яких відносна крихкість зміцненого шару, варіативність властивостей і тривалість процесу. Перспективним варіантом є процес іонного азотування, що використовує дифузійне насичення у плазмі тліючого розряду й позбавлений вказаних недоліків. Водночас, попри впровадження нових технологій, у виробництві редукторів для підйомних машин в Україні продовжують широко застосовувати відверто застарілі методи. На вітчизняному ринку фактично відсутні послуги з іонного азотування та ультразвукового зміцнення зубчастих коліс, які є доступними та популярними в багатьох країнах. Однією з важливих задач залишається вдосконалення технології обробки зубчастих коліс, враховуючи їхню складну експлуатацію й значні навантаження. Іонне азотування набуває поширення у машинобудуванні для зміцнення різноманітних деталей, однак наразі мало застосовується для зубчастих коліс саме підйомно-транспортних машин.

Саме тому викладачами кафедри ДМ і ПТМ спільно з Podem Gabrovo Ltd було проведено роботу з випробування високонавантажених зубчастих коліс та впровадження прогресивних технологій їх хіміко-термічної обробки. Розподіл вмісту елементів визначали багатоцільовим растровим мікроскопом JSM-6360LA з приставкою для рентгеноспектрального енергодисперсійного аналізу JED 2200. Слабкотравний змінний шар представляв собою збиткову ϵ – 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 при виробництві зубчастих передач підйомно-транспортних машин, на відміну від рекомендацій для авіаційної промисловості, необхідно застосовувати менш крутий градієнт твердості. Питання визначення ефективної глибини азотованого шару залишається дискусійним через різне розуміння порогового значення величини твердості, тому наразі запропоновано один із компромісних підходів. У співпраці з партнерами вже розроблено технології іонного азотування зубчастих коліс для електричних талей. Для досягнення необхідної точності циліндричних зубчастих коліс із внутрішнім та зовнішнім зачепленням їх виготовляють на високопродуктивних зубообробних верстатах фірми Gleason-Pfauter Maschinenfabrik GmbH (Німеччина).

Були розроблені методики контролю твердості приладом ERNST ESATEST MTR (Швейцарія), який дає змогу вимірювати твердість як на робочій поверхні зубців, так і в їхніх западинах. Прилад реєструє значення твердості під час безперервного вдавлювання конічного індентора, покритого високопровідним шаром. Вимірювання дозволяли отримувати залежність твердості від величини навантаження на індентор, забезпечуючи більш достовірну оцінку якості хіміко-термічної або зміцнюючої обробки. Результатом проведеної комплексної роботи стало забезпечення технологічної надійності зубчастих коліс вже на цьому етапі.