

УДК 621.9

**ТЕХНОЛОГІЯ РЕМОНТУ ТА ВІДНОВЛЕННЯ КРУПНОМОДУЛЬНИХ  
ЗАГАРТОВАНИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС МЕТОДОМ  
ВИСОКОШВИДКІСНОЇ ЛЕЗОВОЇ ОБРОБКИ**

**Клочко Олександр Олександрович**

д.т.н., професор

**Анциферова Олеся Олександрівна**

к.т.н., старший викладач

**Лисиця Дмитро Олександрович**

к.т.н., старший викладач

**Камчатна-Степанова Катерина Валеріївна**

інженер I категорії НДЧ

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

**Анциферова Ольга Василівна**

молодший науковий співробітник

Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН

м. Харків

**Анотація:** розробка технології ремонту і відновлення великогабаритних зубчастих коліс, приводів крокуючих екскаваторів, рудорозмельних млинів, кульових млинів для помолу вугілля є актуальним напрямком через відносно малого терміну служби коліс, які працюють в агресивно абразивному середовищі, і, при цьому, високою собівартістю і трудомісткістю їхнього виготовлення.

**Ключові слова:** якість, крупномодульні зубчасті колеса, режими різання, лезова обробка, чистове зубонарізування, точність.

Теоретично при числі зубів (200 ... 400), модулем від 12 до 65 мм зношені зуби коліс можна відновити за допомогою кутової корекції, але з виготовленням нової провідної шестерні при постійному міжцентровій відстані.

При реверсивної роботі великогабаритного зубчастого колеса зуб зношується по лівому і правому профілем, зміщення інструменту при відновленні для модуля  $m = 28$  мм може становити  $h = 30$  мм, що є неприпустимим зменшить перетин і міцність основи зуба і зовнішній діаметр зубчастого вінця. Ремонт і відновлення зубів наплавленням під шаром флюсу збільшує час наплавлення через малу довжину наплавляються валиків і необхідності після нанесення кожного валика ретельно виконувати зачистку западини зубів від шлаку.

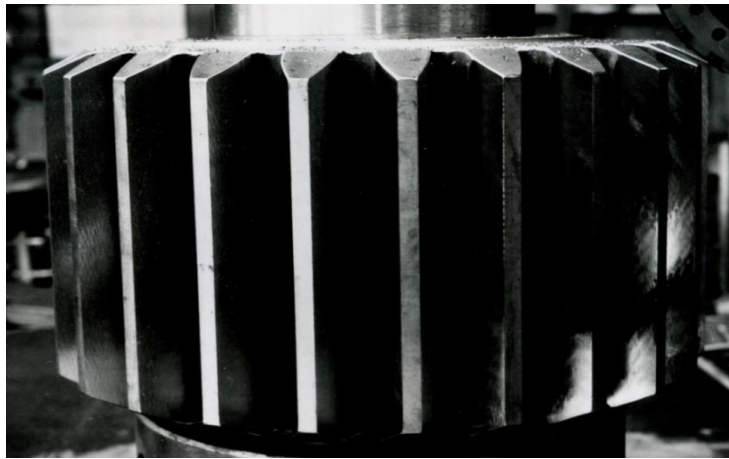
Застосування технології електрошлакового наплавлення зубів з використанням плавиться мундштука для великогабаритних коліс викликає деформації зубів [1]. При наплавленні зношених зубів в середовищі вуглекислого газу з подальшою механічною обробкою венцових коліс виготовляються з литої середньовуглецевої сталі з утриманням вуглецю (0,4 ... 0,5)% через швидке термічного нагріву і охолодження можлива поява гартівних структур з високою твердістю і низькою пластичністю. При накладенні наступних валиків температура нагріву цієї зони не вище критичної, тому перекристалізації не відбувається, а ефект відпустки проявляється слабо. Дослідження мікроструктури і мікротвердості в процесі експериментального підбору режиму наплавлення підтверджує можливу появу ділянок товщиною до  $0,3 \times 5$  мм з твердістю понад HRC 48-63. Режим наплавлення першого валика і час накладення наступного шару підбирають так, щоб поява гартівних структур максимально виключити. Забезпечити такі умови можна, якщо перед накладенням другого валика температура ділянки зони термічного впливу поруч з лінією сплаву не буде нижчою температури початку мартенситного перетворення. Нагрівання наступними валиками забезпечить розпад аустеніту з утворенням феррито-перлітною структури. Наплавлення рекомендується проводити полуавтоматом А537 з джерелом живлення ВДУ505. Наплавочний дріт Св 08Г2С діаметром 1,6 мм. Режим наплавлення: напруга 26 В;

зварювальний струм (250-300) А; швидкість наплавлення близько 230 м / год. Після наплавлення зуби попередньо зачищали для підготовки до попередньої і остаточної обробки на зубофрезерних верстатах підвищеної надійності із застосуванням спеціальних технологій і лезового інструменту з формуванням западини зуба по висоті. Тому для попереднього і остаточного проходу зубообробки коліс великого модуля ( $m = 12-65$  мм) запропонований метод переривчастого обката з використанням дискових не модульних фрез (розміри фрези не залежить від модуля оброблюваних зубів), оснащених керамічними пластинками і спеціальними фрезерні супорти [1].

Метод переривчастого обката використовується на зубостругальних і зубошліфувальних верстатах і має ту перевагу, що в момент робочого ходу інструменту заготівля або нерухома, або робить незначний поворот, тобто обробка протікає в порівнянні з методом обкатки, в більш жорстких умовах.

Крім того, при цьому методі частота обертання інструменту не пов'язана кінематично з частотою обертання заготовки, що дозволяє використовувати в якості ріжучих матеріалів кераміку і надтверді матеріали, тобто збільшити швидкість різання в 3-4 рази (до 5-8 м / сек) і забезпечити підвищення продуктивності обробки при високій якості обробленої поверхні зубів. Обробка проходить при збільшеному в порівнянні з черв'ячною фрезою, кількості різів, профільюючих евольвентної поверхню зубів, що формує високу їх точність і низьку шорсткість.

На рис. 1 показаний загальний вигляд загартованого зубчастого колеса  $m=28$  мм,  $z_1=24$ , обробленого за новою технологією.



**Рис.1. Зубчасте колесо  $m=28$  мм,  $z_1=24$ , яке оброблене за новою технологією лезової обробки**

У порівнянні з процесом зубшліфування, при якому в поверхневому шарі деталі створюються розтягують напруги, лезова обробка, як бачимо більш сприятлива. Стискають напруги підвищують зносостійкість деталей, контрактну і згинальну міцність зубчастих передач. Промислове впровадження нової технології лезової обробки загартованих коліс після наплавлення з використанням зубостругальних верстатів, було також проведено для вінців діаметром до 8м.

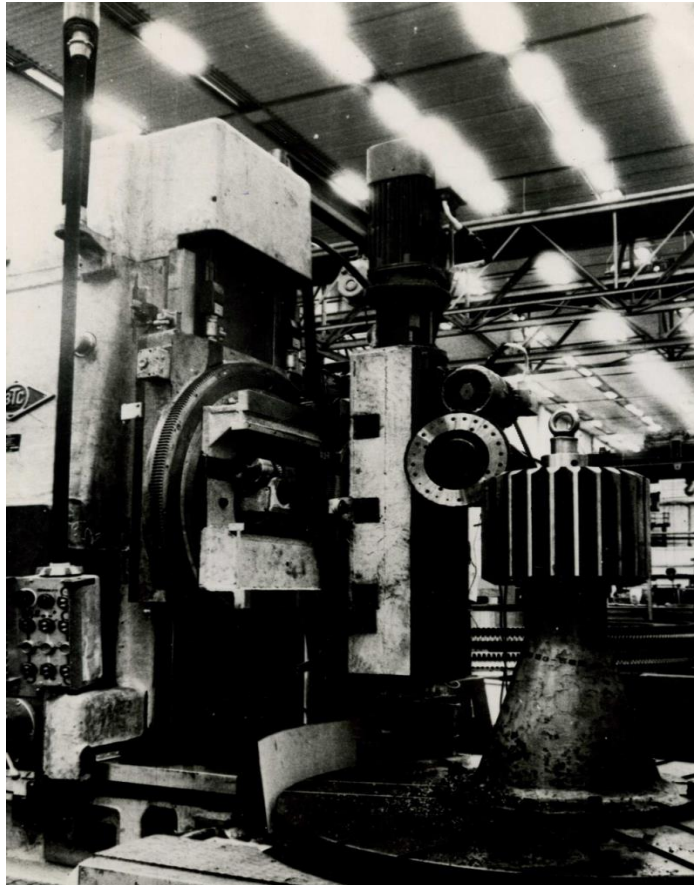
За технічним завданням був виготовлений спеціальний супорт (рис.2) до вертикально-зубофрезерні верстати мод. 5А342П.

**Технічна характеристика спецсупорта наступна:**

1. Діаметр оброблюваних зубчастих коліс, мм:  
найбільший -1500  
Найменший-300
2. Найбільша ширина оброблюваних коліс, м:  
Прямозубих-500  
Косозубих з кутом нахилу  $15^\circ$  -400
3. Найбільший кут нахилу оброблюваних зубів, градус- $15^\circ$
4. Найбільший модуль оброблюваних коліс, мм-305.
5. Частота обертання фрези, об / хв-187,5 (3,1сек-1)
6. Найбільша вертикальна подача фрези, мм / хв-15000
7. Найбільша кількість різів при обробці евольвенти зуба-60

8. Діаметр фрези, мм-450.

Настоянка і налагодження верстата при роботі спецсупорта проводиться так само, як і при нарізанні косозубих зубчастих коліс методом одиничного поділу. Обробка зубів відбувається при узгоджених рухах обертання столу із заготівлею і тангенціального переміщення каретки з інструментом.



**Рис.2. Обробка загартованого колеса  $m = 20$  мм,  $z = 29$  з використанням спеціального супорта для вертикально-зубофрезерного верстата мод. 5А342П**

Супорт призначався, в першу чергу, для чистової обробки відновлених загартованих коліс і приводних шестерень рудо і вугілля вуглерозмольних млинів замість зубошліфування і з метою виключення кооперації виробництва або придбання імпортного дорогого зубошліфувального обладнання.

Дискові фрези одностороннього і двостороннього різання були оснащені 4-х гранями поворотними пластинами розміром 12,7x12,7 мм, з кераміки марки ВОК-71.

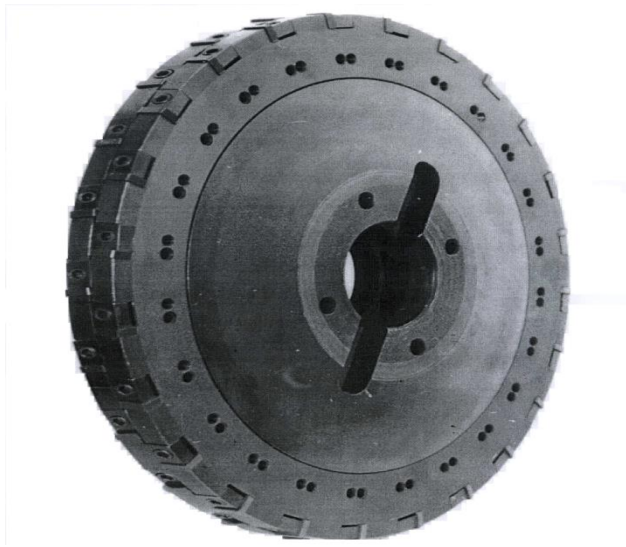
Оброблялися загартовані зубчасті колеса з наступною характеристикою:  $m = 20$  мм  $z_k = 29$ ;  $b = 420$  мм,  $\beta_0 = 5^\circ 38'$ ; сталь 45; HRC 50...55.

Чистове зубонарізування здійснювалося зустрічним і попутним фрезеруванням на кожен подвійний хід інструмента без зміни охолодження.

#### **Режими різання наступні:**

- глибина різання- 0,25-0,35 мм;
- число подвійних ходів інструменту за один цикл обробки -80 дв.х .;
- швидкість руху повзуна-6 м / хв;
- частота обертання фрези-250 хв-1;
- швидкість переміщення інструментальної каретки 8м / хв.

Машинне час обробки колеса склало бчасов, що в 6-7 разів менше, ніж у випадку застосування зубошліфування. По різниці сусідніх окружних кроків зубів і кроку зачеплення колесо відповідно 7-го ступеня точності по ГОСТ 1643-81. Шорсткість оброблених поверхонь зубів перебувала в межах Ra 2,5-1,25 мкм. Встановлено, що новий технологічний процес чистової зубообробки по точності і якостю не поступається зубошліфування, але в 6-7 разів більш продуктивний і виключає в виробничих умовах АТ «СЗТМ» придбання за імпортом важких зубошліфувальних верстатів. Для скорочення допоміжного часу зубообробки за рахунок усунення переустановлень дискових фрез на спецупорті розроблена дискова фреза двостороннього різання (рис.3), що дозволяє вести обробку обох бічних поверхонь зубів колеса [2]. Відмінною особливістю фрези двостороннього різання є наявність другого ряду ріжучих пластин, зміщених щодо першого ряду на половину окружного кроку. В процесі обробки спочатку одним рядом пластин обробляють одну з бічних поверхонь зубів колеса, наприклад, праву, а потім, після реверсу колеса і напрямки тангенціального переміщення каретки з інструментом, обробляють другу - ліву бічну поверхню. Така конструкція дискової фрези дозволяє скоротити номенклатуру зуборізних інструментів і економити допоміжний час на переустановлення інструменту [3].



**Рис. 3. Дискава фреза двостороннього різання  $m = 20-36$  мм**

Впровадження нової технології зубообробки ремонтних і відновлених великогабаритних зубчастих коліс дозволяє в 3-4 рази знизити трудомісткість чистової операції, а також виключає необхідність придбання за імпортом дорогих і малопродуктивних зубшліфувальних верстатів. При цьому якість поверхні зубів вище, ніж в разі зубшліфування, тому що виключаються такі дефекти, як прижоги, мікротріщини, а в поверхневому шарі утворюються сприятливі напруги стиснення. Експлуатація ремонтних і відновлених великогабаритних зубчастих коліс показала, що термін служби коліс того ж порядку що і нових.

### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Тимофеев Ю. В. Технологические особенности обработки крупномодульных закалённых зубчатых колёс / Ю. В. Тимофеев; Н. В. Кравцов; А. А. Клочко ; науч. ред. А. А. Пермяков ; общ. ред. Ю. М. Соломенцев. – Тольятти : ЗАО «ОНИКС»; 2012. – 254 с.
2. Анцыферова О.А. Новые способы высокоскоростной обработки закалённых цилиндрических зубчатых колёс абразивным инструментом / А.А. Клочко, М.И. Гасанов, О.А. Анцыферова // Информатика, управління та штучний інтелект. Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції студентів, магістрів та аспірантів. – Харків: НТУ «ХПИ» – 2017. – С. 54-55.

3.Шелковой А.Н. Технологические возможности зубообработки высокоточных крупногабаритных зубчатых венцов / А.Н. Шелковой, А.А. Пермяков, А.А. Ключко, О.А. Анцыферова, В.Ф. Шаповалов // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2017) : матеріали тез доповідей VII Міжнародної науково-практичної конференції: у 2-х т. / Чернігівський національний технологічний університет [та ін.]; відп. за вип.: Єрошенко.