

## ШЛИФОВАНИЕ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ТАРЕЛЬЧАТЫМИ КРУГАМИ ИЗ СТМ

Рябченко С.В. (ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, Киев)

*Рассматриваются вопросы повышения эффективности шлифования высокоточных зубчатых колес 3–4 степени точности, основанной на использовании инструмента из сверхтвердых материалов. Исследована работоспособность тарельчатых шлифовальных кругов из кубического нитрида бора на различных связках и даны рекомендации по их применению при зубошлифовании.*

**Введение и постановка задачи.** Зубошлифование является одним из методов финишной обработки закаленных зубчатых колес. Зубошлифование двумя тарельчатыми кругами позволяет получать зубчатые колеса 4–5-й степени точности с шероховатостью поверхности  $Ra = 1,0-0,3$  мкм [1].

Повышение производительности зубошлифования при сохранении достаточно высокой точности – основной путь совершенствования этого метода. В связи с этим предпринимались попытки создания кругов для зубошлифования из сверхтвердых материалов [2].

**Целью исследований** было изучение работоспособности и износа тарельчатых кругов и разработка на их основе технологии финишного шлифования зубчатых колес.

**Результаты исследований.** Исследование осуществляли на специальном стенде, созданном на базе зубошлифовального станка модели 5891 [3]. Станок был модернизирован для шлифования зубчатых колес с охлаждением и правкой кругов электроэрозионным методом. Зубошлифовальный станок настраивали на нулевой метод шлифования зубчатых колес. Скорость шлифовального круга  $v_k = 27$  м/с, глубина шлифования  $t = 0,01-0,1$  мм.

При проведении исследований по шлифованию зубчатых колес применялись круги 12A2-20° из кубического нитрида бора (КНБ) зернистостью 125/100 на металлической связке. Шлифовались зубчатые колеса из стали ХВГ (59–61 HRC) с модулем  $m = 6$  мм, числом зубьев  $z = 21$  зуб, шириной венца  $B = 20$  мм.

Работоспособность тарельчатых кругов из КНБ при шлифовании зубчатых колес оценивали следующими показателями: мощностью шлифования ( $N$ ), шероховатостью обработанной поверхности ( $Ra$ ), точностью эвольвентного профиля зуба ( $f_p$ ), величиной съема обрабатываемого материала и износом круга. Износ тарельчатого круга оценивали по изменению профиля слепка, оставленного на тонкой металлической пластине режущей частью вращающегося круга. Износ круга определяли по двум параметрам: износом по торцу –  $h$  и по диаметру –  $l$ .

Исследования работоспособности тарельчатых кругов из КНБ при зубошлифовании на керамических, металлических и органических связках производили при интенсивном охлаждении зоны шлифования.

Предварительные испытания показали, что при работе без охлаждения на поверхности зубчатого колеса образуются «прижоги», а шлифовальные круги быстро теряют режущую способность. Анализ результатов показал, что мощность шлифования кругами из КНБ на керамической связке на 30–40 % выше по сравнению со шлифованием кругами из КНБ на органических связках. При прямом и обратном ходе каретки станка мощность шлифования практически не зависит от времени обката зубчатого колеса, хотя небольшой рост мощности замечен при уменьшении времени обката. Шлифование зубчатых колес кругами из КНБ на керамической связке обеспечивало высокую точность ( $f_{fr} = 4\text{--}5$  мкм) эвольвентного профиля зуба по сравнению с исходным профилем ( $f_{fr} = 8\text{--}14$  мкм).

Исследование работоспособности тарельчатых кругов из КНБ на металлической связке (12A2-20° 225x3x3x40-КР 125/100-М2-09-100) производили с использованием правки круга электроэрозионным методом. Установлено, что мощность шлифования кругами из КНБ на металлической связке при прямом и обратном ходе каретки станка на 15–20 % выше по сравнению со шлифованием кругами из КНБ на органических связках. Шероховатость поверхности зубчатого колеса при всех исследуемых режимах соответствовала  $Ra = 0,7\text{--}0,75$  мкм, при этом ее большее значение определялось меньшим значением времени обката ( $t = 3$  с). Глубина резания на шероховатость не оказывала существенного влияния.

Шлифование зубчатых колес кругами из КНБ на металлической связке обеспечивает высокую точность эвольвентного профиля зуба ( $f = 5\text{--}6$  мкм) по сравнению с исходным профилем ( $f = 11\text{--}12$  мкм). Для получения высокой точности эвольвентного профиля необходимо проведение 2–3 чистовых проходов с последующим выхаживанием. Шлифование зубчатых колес кругами из КНБ на металлических связках обеспечивает разность соседних шагов зубчатого колеса равным 2–4 мкм, что является показателем высокой точности обработки.

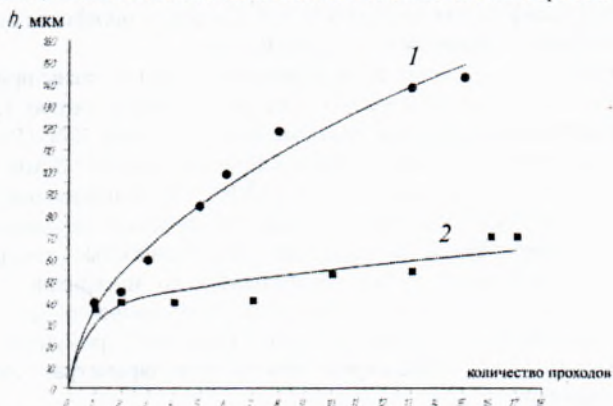


Рис. 1. Зависимость износа круга по торцу  $h$  от количества проходов (1 – при  $t = 0,05$  мм, 2 – при  $t = 0,02$  мм).

Исследование износа тарельчатых кругов и его влияние на точность эвольвентного профиля зубчатого колеса производилось при черновом (с глубиной  $t = 0,05$  мм) и чистовом (с глубиной  $t = 0,02$  мм) зубошлифовании.

Установлено, что после ускоренного износа круга в течение первого прохода величина интенсивности износа в дальнейшем стабилизируется (рис. 1, рис. 2). Шлифовальный круг работает равномерно без наступления критического износа. Это характерно как для чернового, так и чистового зубошлифования. В то же время характер изменения погрешности профиля и мощности шлифования говорит о том, что правка круга на чистовых режимах не требуется.

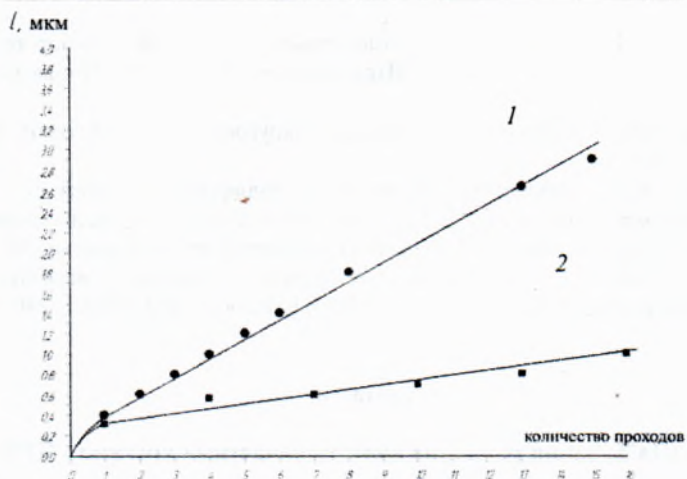


Рис. 2. Зависимость износа круга по диаметру  $l$  от количества проходов (1 — при  $t = 0,05$  мм, 2 — при  $t = 0,02$  мм).

### Выводы

1) Анализ проведенных экспериментов показал, что лимитирующим параметром точности обработки зубчатого колеса является размерный износ тарельчатого круга, который практически пропорционален количеству обработанных зубьев без правки.

2) Величина износа определяет точность обрабатываемого зубчатого колеса. Изменение износа показывает, что после ускоренного периода приработки круга в течение первого прохода величина его в дальнейшем стабилизируется.

3) В течение всей обработки мощность резания практически остается на одном уровне. Не изменяется и фактический съем материала, находясь в пределах 0,61–0,50. Это обстоятельство говорит о том, что в процессе

шлифования зубчатых колес тарельчатый круг из КНБ работает в режиме самозатачивания. Изменяются только геометрические параметры шлифовального круга за счет его износа.

4) Таким образом, разработанная технология зубошлифования, основанная на кругах из КНБ, позволяет повысить производительность обработки, обеспечить требуемое качество и точность зубчатых колес из железистых сплавов.

### Список литературы

1. Гулида Э.Н. Технология отделочных операций зубообработки цилиндрических колес. – Львов: Издательское объединение "Вища школа", 1977. – 168 с.
2. Мишнаевский Л.Л. Износ шлифовальных кругов. – Киев: Наукова думка, 1982. – 192 с.
3. Рябенко С.В. Разработка технологии шлифования зубчатых колес тарельчатыми кругами из СТМ. С. 161–168 // Сучасні процеси механічної обробки інструментами з НТМ та якість поверхні деталей машин: Зб. наук. праць (Серія Г «Процеси механічної обробки, верстати та інструменти»)/НАН України. ІНМ ім. В.М. Бакуля. – Київ, 2006. – 240 с.

### Анотація

#### Шліфування зубчастих коліс тарілоччастими кругами з НТМ

*Розглядаються питання підвищення ефективності шліфування високоточних зубчастих коліс 3–4 ступеня точності, заснованої на використанні інструмента з надтвердих матеріалів. Досліджена працездатність тарілоччастих шліфувальних кругів з кубічного нітриду бору на різних зв'язках і дані рекомендації з їхнього застосування при зубошліфуванні.*

### Abstract

#### Tooth grinding mop disc from STM

*The problems of increasing the efficiency of grinding highly precision gear-wheels of the 3–4 degree of precision using superhard material tools are discussed. The efficiency of cubic boron nitride dish grinding wheels in various bonds has been studied. Recommendations how to use cubic boron nitride wheels in gear grinding are given.*