

Рис. 5. Загальний вигляд алмазного круга на гальванічній зв'язці з упорядкованим положенням алмазних зерен (а) та збільшене зображення ланцюжків алмазів (б)

Результати дослідження показників оброблення дослідного зразка такого інструменту порівняно з стандартним інструментом з такою самою концентрацією і зернистістю алмазів засвідчили, що продуктивність обробки цим інструментом підвищилася вдвічі за незначного підвищення шорсткості Ra (1,22 проти 0,95) [4].

Література

1. Study for cutting performance in arrayed diamond saw blade / Pyun S. P., Lee Lee H.W., Park J. H. // 1st Intern. Industrial Diamond Conf. 20–21 October, 2005.
2. Weber G., Weiss C. DIAMIX – A family of bonds based on DIABASE-V21// Industrial diamond rev. – 2005. – № 6. – P. 27–28.
3. Лавриненко В. И., Пасичний О. О., Сытник Б. В. Особенности инструмента со структурно-ориентированным рабочим слоем // Физические и компьютерные технологии: Тр. 14-го Междунар. научно-техн. конф. 24–25 сент. 2008 г. – Харьков: Изд-во ХНПК “ФЭД”, 2008. – С. 131–135.слом /
4. Исследование особенностей спеченного композита с упорядоченной структурой / Лавриненко В. И., Пасичний О. О., Сытник Б. В., Девицкий А. А. // Процеси механічної обробки в машинобудуванні: Зб. наук. пр. — Житомир: Вид-во ЖДТУ, 2009. – Вип. 7. – С. 3–12.

Поступила 01.07.10

УДК 621.923

С. В. Рябченко

Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев

ИЗНОС КРУГОВ ИЗ СТВ ПРИ ЗУБОШЛИФОВАНИИ

The problems of increasing the efficiency of grinding highly precision gearwheels 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.

Зубошлифование является основным методом финишной обработки закаленных зубчатых колес, устраняющей деформации, возникшие при химико-термической обработке. Шлифование

зубчатых колес тарельчатыми кругами на зубошлифовальных станках типа «МАОГ», обеспечивает более высокую (3–4 степень) точность по сравнению с другими методами [1].

Одним из путей повышения производительности и качества обработки зубчатых колес является применение для зубошлифования кругов из сверхтвердых материалов (СТМ) [2]. Сравнительные испытания показали увеличение производительности обработки при шлифовании кругами из СТМ в 1,5 раза по сравнению со шлифованием абразивными кругами, отсутствие «прижогов» на поверхности зуба и возможность получения зубчатых колес 4–5 степени точности. Режущая способность кругов из СТМ на 25–30 % больше, чем электрокорундовых кругов [3]. Меньший размерный износ кругов из СТМ позволяет отказаться от механизмов компенсации износа.

Известно, что профиль сечения режущей части тарельчатого круга при шлифовании зубчатых колес отличается от прямоугольного [4]. Некоторые исследователи указывали на образование площадки износа на режущей кромке круга на органических связках. Однако до настоящего момента не установлена форма износа режущей кромки тарельчатых кругов из СТМ при шлифовании зубчатых колес.

Исследованию износа кругов из СТМ при зубошлифовании посвящена данная работа.

Шлифование зубчатых колес осуществляли на специальном стенде, созданном на базе зубошлифовального станка модели 5891, работающего одним тарельчатым кругом. Станок был модернизирован для шлифования зубчатых колес с охлаждением и правкой кругов электроэрозионным методом [5].

При проведении исследований по шлифованию зубчатых колес применялись круги 12А2-20° 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_j), 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 .

Для исследования износа круга при зубошлифовании, первоначально устанавливалась площадь контакта круга с эвольвентным профилем зубчатого колеса. Экспериментально, определение площади контакта предусматривало введение инструмента в зацепление с колесом и измерение полученного следа. Во всех известных случаях, контурная площадь представлялась как сегмент с максимальной толщиной в центре, размеры которого значительно превосходят реальную площадь контакта. Это обусловлено тем, что не учитывалось наличие переходного участка (зоны резания) и обработанной ранее поверхности (рис. 1, 2).

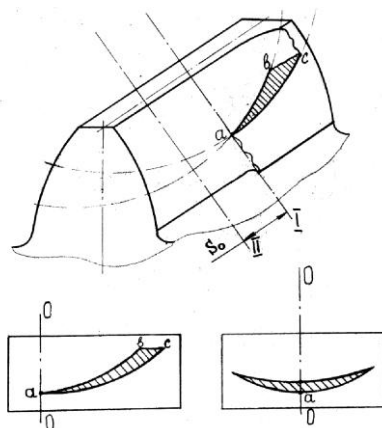


Рис. 1. Площадь контакта шлифовального круга и зубчатого колеса



Рис. 2. Фотографии площадей контакта: а – шлифование на станке МААГ, б – шлифование на станке 5891

Для того чтобы учесть эти особенности процесса формообразования, зубчатое колесо предварительно обрабатывалось на часть ширины его зубчатого венца, соответствующей исследуемой фазе зацепления инструмента с колесом, затем инструмент выводился из зацепления и смешался в направлении рабочей подачи на величину пути обката. Шлифовальный круг оставлял след на обрабатываемом зубчатом колесе и в дальнейшем происходил замер величины контурной площади.

Для построения модели износа тарельчатого круга рассмотрена модель шлифовального круга, сформированного из большого числа абразивных слоев, толщиной Δy каждый. Шлифовальный круг совершает вращательное движение со скоростью $V_{кр}$ (м/с), зубчатое колесо осуществляет движение обката $S_{обк}$ (мм/мин), глубина резания при этом t (мм).

При зубошлифовании в резании участвуют i слоев алмазоносной части круга, при этом $t = i \cdot \Delta y$. Каждый из i слоев в первый момент времени работает в равных условиях и напоминает шлифовальный круг прямого профиля (с размерами $D_{кр} \cdot \Delta y$), работающий методом врезания. При этом условия работы самого крайнего слоя ($i = 1$), формирующего окончательно эвольвентную поверхность зуба, отличается от работы всех остальных слоев – этот слой работает как периферией, так и торцом. Поэтому, возникающие на его поверхности силы и температуры, приводят к более быстрому износу в направлении движения обката – $S_{обк}$. Как только линейная величина износа в направлении, параллельном $S_{обк}$, достигает некоторой величины Δx , начинается ускоренный износ предпоследнего слоя и т.д. Процесс продолжается до того момента, когда в резание периферией и торцом не вступает i слой. К этому времени формируется макропрофиль поперечного сечения круга ступенчатой формы (рис. 3).

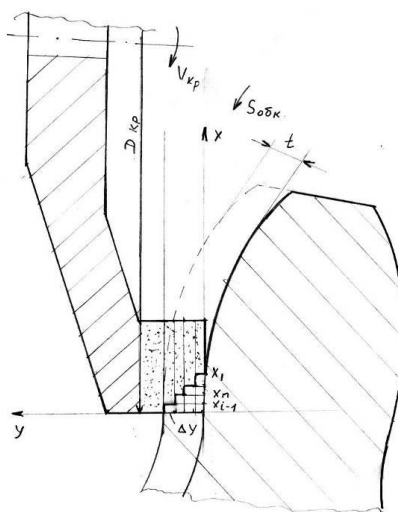


Рис. 3. Макропрофиль поперечного сечения круга

Все множество значений X_n ($1 \leq n \leq i$) представляет собой убывающую арифметическую прогрессию:

$$X_1, X_2, X_3, \dots, X_{i-1}, X_i$$

с разностью прогрессии ΔX , где X_n – член убывающей арифметической прогрессии определяется:

$$X_n = X_1 - (n - 1) \cdot \Delta X.$$

Если ордината n -го слоя – Y_n , а толщина каждого слоя – ΔY , то количество слоев $n = Y_n / \Delta Y$. Следовательно:

$$X_n = X_1 - (Y_n / \Delta Y - 1) \cdot \Delta X.$$

Для определения линейного износа самого крайнего слоя X_i , считаем, что рассматриваемый круг работает по схеме врезного шлифования и относительный расход абразива определяем из выражения:

$$q = P_{\text{алм.}} / P_{\text{м}} = Q_{\text{алм.}} \cdot \rho_{\text{алм.}} \cdot K / Q_{\text{м}} \cdot \rho_{\text{м}},$$

где $P_{\text{алм.}}$, $Q_{\text{алм.}}$, $\rho_{\text{алм.}}$ и $P_{\text{м}}$, $Q_{\text{м}}$, $\rho_{\text{м}}$ – соответственно масса, объем и плотность алмазоносного слоя и удаленного материала, K – концентрация алмазов.

Объем алмазоносного слоя:

$$Q_{\text{алм.}} = \pi \cdot D_{\text{кр}} \cdot X_1 \cdot \Delta Y.$$

Объем удаленного материала:

$$Q_{\text{м}} = a \cdot b \cdot \Delta Y,$$

где a – глубина внедрения круга, b – ширина внедрения круга.

Произведение величин a и b является величиной площади контактной тарельчатого круга с зубом.

При $\Delta X, \Delta Y \rightarrow 0$ получим:

$$X = q \cdot a \cdot b \cdot \rho_{\text{м}} / \pi \cdot D_{\text{кр}} \cdot \rho_{\text{алм.}} \cdot K - (Y / \Delta Y - 1) \cdot dX.$$

После интегрирования получаем:

$$Y = C / (X - q \cdot a \cdot b \cdot \rho_{\text{м}} / \pi \cdot D_{\text{кр}} \cdot \rho_{\text{алм.}} \cdot K),$$

где C – константа интегрирования.

После преобразования:

$$Y = 1 / (\alpha X - \beta),$$

где $\alpha = 1/C$, $\beta = q \cdot a \cdot b \cdot \rho_{\text{м}} / C \cdot \pi \cdot D_{\text{кр}} \cdot \rho_{\text{алм.}} \cdot K$.

Анализ результата математических преобразований показывает, что макропрофиль радиального сечения алмазоносного слоя может быть описан уравнением дробно-линейной функции и аппроксимирован гиперболой. Аналогичные рассуждения можно выполнить для условий обратного хода тарельчатого шлифовального круга от ножки зуба к его головке. Результаты преобразований имеют аналогичный вид и могут быть описаны уравнением дробно-линейной функции.

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. 4, 5). Шлифовальный круг работает равномерно без наступления критического износа. Это характерно как для черного, 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.

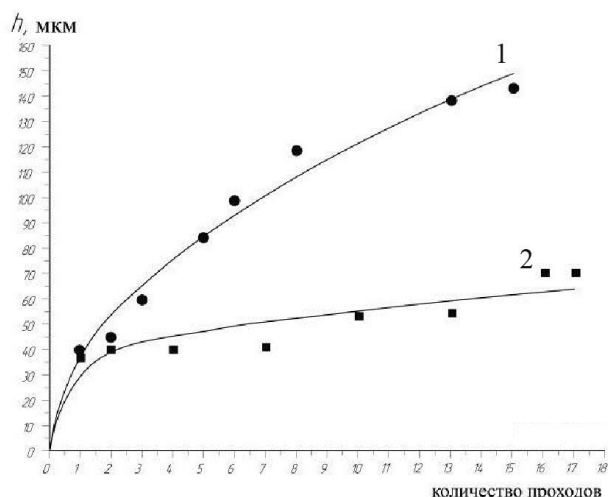


Рис. 4. Зависимость износа круга по торцу h от количества проходов (1 – при $t = 0,05$ мм, 2 – при $t = 0,02$ мм)

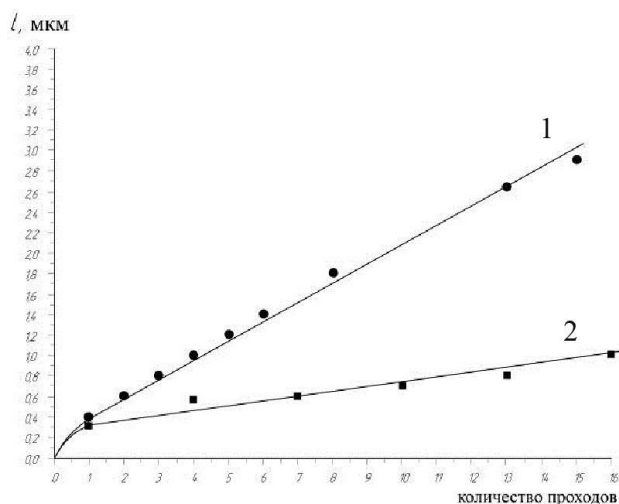


Рис. 5. Зависимость износа круга по диаметру l от количества проходов (1 – при $t = 0,05$ мм, 2 – при $t = 0,02$ мм)

Анализ проведенных экспериментов показал, что лимитирующим параметром для достижения точности обработки зубчатого колеса является размерный износ тарельчатого круга, который практически пропорционален количеству обработанных зубьев без правки. Величина износа определяет точность обрабатываемого зубчатого колеса. В течение всего процесса 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. На режущей кромке круга образуется площадка износа, размеры которой определяются износом по торцу h и по диаметру l круга.

В результате анализа износа тарельчатого круга по торцу установлено, что для сокращения периода приработки кругов при зубошлифовании на режущей кромке необходимо предварительно формировать площадку с размером $h = 0,03$ – $0,05$ мм, что соответствует величине приработочного износа круга. Такая площадка на режущей поверхности круга формируется соответствующей правкой под углом 5 – 7° или обеспечивается конструкцией инструмента.

Литература

1. Гинзбург Е. Г., Халебский Н. Т. Производство зубчатых колес. – Л.: Машиностроение, 1978, – 136 с.
2. Высокопроизводительное зубошлифование кругами из кубического нитрида бора / Л. Л. Мишнаевский, А. А. Сагарда, В. М. Емельянов и др. // Синтетические алмазы. – 1970. – № 5. – С. 40–42.
3. Эльбор в машиностроении / Под. ред. В. С. Лысанова – Л. Машиностроение, 1978. – 280 с.
4. Мишнаевский Л. Л. Износ шлифовальных кругов. – К.: Наук. думка, 1982. – 192 с.
5. Рябченко С. В. Разработка технологи шлифования зубчатых колес тарельчатыми кругами из СТМ. // 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. – С. 161–168.

Поступила 09.07.10

УДК 620.179.14(088.8)

В. І. Скицюк, І. М. Діордіца

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ*

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СПОСОБІВ РУХУ ЗА ДОВЖИНОЮ КРОКУ ПРИ ВИМІРЮВАННІ РОЗМІРІВ ЦИЛІНДРИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ.

The article is devoted questions, to related to geometrical exactness of making of details of cylindricity on lathes with the systems of CNC. Possibility of receipt of high-fidelity geometrical forms of cylindrical kind is probed by the complex adaptive system at metal-workingness.

Нині у галузі металообробки існує безліч проблем пов'язаних з виготовленням окремих деталей для яких важливо не стільки отримати високу точність розміру, скільки довершено геометрію форми. Здебільшого ця проблема вирішуються посередньо, тобто мова йде про застосування проміжних приладів контролю результати вимірювання яких автоматично перекладаються на інструмент обробки. Подібне вирішення проблеми, має низку нездоланих вад, основною з яких є ігнорування властивості різального інструменту як вимірювального. Досягти необхідних (технологічних) результатів можливо лише за оптимізації кількості технологічних рухів інструменту поряд з чергуванням його технологічних властивостей, тобто різально-вимірювальний і навпаки. Звідси виникає і актуальність проблеми й відповідна постановка задачі її вирішення.

Зазначена проблема обумовлює постановку таких завдань:

- визначення математичного апарату, щодо отримання достеменної форми об'єкту обробки;
- розгляд ідеалізованих ситуацій, що виникають у процесі вимірювання з поступовим переходом до реальної ситуації;
- визначення кінематики оптимального руху щодо балансу між часом вимірювання та мінімальною необхідною інформацією (самодостатньою) для коригування форми деталі.

Означені завдання можна розв'язати лише шляхом аналізу впливу на кінцевий результат системи контролю в ідеалізованих випадках з подальшим переходом до узагальнень.

Загальний випадок порівняльного аналізу способів руху інструменту

Насамперед зведемо всі умови руху до єдиних початкових умов. Першою необхідною умовою є необхідності рівності часу входження у торкання T часу виходу з торкання \bar{T} . У