

УДК 621.923

А.В. Байков, к.т.н., доцент
Донецкий национальный технический университет, Украина
Тел. +38(062)3010805; E-mail: tm@mech.dgtu.donetsk.ua

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТОНКОГО ШЛИФОВАНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Предложена схема шлифования крупногабаритных плоских поверхностей, определены показатели геометрической точности поверхности при применении инструментов с различной конструкцией рабочего слоя.

Ключевые слова: торцовое шлифование, траектория перемещения инструмента, коэффициент перекрытия, неравномерность съема материала.

1. Введение

В настоящее время в машиностроении все более широко применяют детали из природного гранита и синтегранта. Это обусловлено тем, что детали из данных материалов обладают повышенной виброустойчивостью, сохраняют длительную размерную стабильность, а теплопроводность и теплоемкость этих материалов обеспечивает незначительное реагирование деталей из этих материалов на колебания температуры. Одним из наиболее важных этапов обработки деталей из ПК является тонкое алмазное шлифование, т.к. качество поверхности на заданном этапе определяет трудоемкость заключительной операции обработки - полирования. На этапе тонкого алмазного шлифования деталей из природного камня в настоящее время все более активно используется инструмент на полимерном эластичном связующем [1], обладающий определенной спецификой характера съема материала.

Из гранита и синтегранта изготавливают станины, стойки, траверсы, столы, угольники, аэроэластические направляющие и измерительные плиты станков и контрольно-измерительных машин [2]. К деталям последних предъявляются повышенные требования к качеству обработанных поверхностей, в частности, требования к отклонению от плоскостности. Эта величина является результатом неравномерности съема материала, определяемой геометрией рабочего слоя торцового инструмента, искажением поверхности инструмента вследствие его износа, характером траектории перемещения инструмента по поверхности заготовки, жесткостью технологической системы и другими технологическими факторами. Глубокие исследования закономерностей торцового шлифования и влияние конструкции рабочего слоя торцового инструмента на показатели процесса обработки для различных схем однопроходного шлифования проведены авторами работ [3, 4, 5].

При многопроходной обработке, характеризующейся наложением друг на друга полос прохода шлифовального круга, необходимо, помимо прочего, учитывать характер наложения полос обработки. Ранее рассматривалась схема обработки крупногабаритных деталей из природного камня [6], позволяющая получать регулярный прогнозируемый характер съема материала по поверхности детали. Однако вопрос взаимовлияния схемы перемещения инструмента и конструкции рабочей поверхности торцового шлифовального круга на обеспечение геометрической точности деталей требует дальнейшего исследования.

2. Основное содержание и результаты работы

Аналитическое представление изменения поверхности детали в процессе обработки принято представлять в матричной форме:

$$A_1 = A_0 - B, \tag{1}$$

где A_1, A_0 - матрицы порядка $m \times n$, отражающие текущие аппликаты, отсчитываемые от базовой поверхности детали в момент времени соответственно t_1 и t_2 ($m \times n$ - число элементарных площадок размером $\partial x \times \partial y$ на поверхности детали);

B - матрица порядка $m \times n$, определяющая величину съема материала по каждой элементарной площадке поверхности детали за время $\Delta t = t_2 - t_1$.

Величина съема материала в каждой точке заготовки определяется путем наложения величин съема при каждом проходе инструмента:

$$z_0 = z_1 + z_2 + \dots + z_n. \tag{2}$$

Выражения (1) и (2) позволяют определить величину съема материала в любой точке детали при многократном прохождении через нее шлифовального круга. Отношение максимальной величины съема к минимальной будет характеризовать неравномерность съема Ψ , определяемую кинематическими параметрами при данной схеме обработки.

С целью возможности управления величиной съема материала на каждой элементарной площадке обрабатываемой поверхности предложена схема построчного трассирования, характеризующаяся подъемом шлифовального круга при перемещении на очередную строку (рис. 1). Шлифовальный круг перемещается от одного края изделия к другому, приподнимается над обрабатываемой поверхностью до прекращения контакта, смещается на величину, обеспечивающую требуемое значение перекрытия полос обработки, и перемещается в обратном направлении. Далее цикл повторяется.

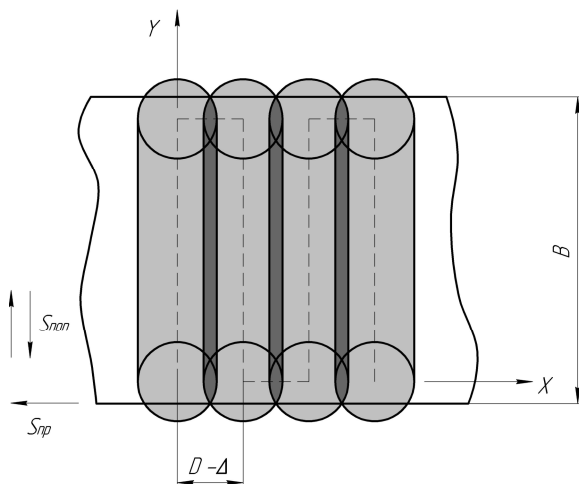


Рис. 1. Наложение полос обработки при движении шлифовального круга по схеме «ступенька с подъемом»

Величина съема материала будет постоянной вдоль направления поперечной подачи и переменной вдоль продольной подачи вследствие неравномерности съема поперек полосы обработки и разного количества проходов шлифовального круга по элементарной площадке. Она будет определяться степенью перекрытия полос обработки Δ и конструкцией алмазного слоя шлифовального инструмента.

Величина съема материала будет описываться следующей системой уравнений:

$$\left. \begin{aligned} x_k &= x - (k - 1) \cdot (D - \Delta); \\ y_k &= y; \\ z_k &= f(x_k); \\ z_k &= 0. \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{при } |x_k| \leq R \\ \text{при } |x_k| > R \end{array} \tag{3}$$

где x и x_k – абсцисса точки поверхности в системе координат соответственно обрабаты-

ваемой детали и шлифовального круга;

Δ – величина перекрытия полос обработки, традиционно измеряется в долях диаметра шлифовального круга;

$f(x_k)$ – функция распределения величины съема вдоль радиуса шлифовального круга;

z_k – величина съема в данной точке поверхности при k -ом проходе;

k – количество проходов шлифовального круга по поверхности детали;

D – диаметр шлифовального круга;

R – радиус шлифовального круга.

При однократном проходе шлифовального круга величина съема материала поперек полосы обработки описывается выражением [7]:

$$Z = C_m p k \frac{4\pi n}{1000} \int_0^{t_1} \sqrt{R^2 - 2St\sqrt{(2Rx_k - x_k^2)} + (St)^2} dt, \quad (4)$$

где z – линейный съем в данной точке поверхности детали;

x_k – абсцисса рассматриваемой элементарной площадки.

На основании выражений (2)–(4) рассматривалось влияние геометрии рабочей поверхности торцовых шлифовальных кругов с различной конструкцией рабочей поверхности (алмазосносный слой в форме радиальных лучей, в форме логарифмической спирали и с вырезами ромбической формы) и степени перекрытия параллельных полос обработки, на неравномерность съема материала. Зависимости коэффициента неравномерности съема материала Ψ от степени перекрытия полос обработки представлены на рис. 2.

Анализ схемы перемещения шлифовального круга по поверхности детали показал, что при величине перекрытия полос обработки $0,1D \leq \Delta \leq 0,5D$ количество проходов по элементарной площадке может быть 1 или 2, при $\Delta=0,6D$ соответственно 2 или 3, при $\Delta=0,7D$ – 3 или 4. Начиная с $\Delta=0,75D$ количество проходов n по всем элементарным площадкам одинаковое: при $\Delta=0,75D$ $n=4$, при $\Delta=0,8D$ $n=5$, при $\Delta=0,9D$ $n=10$. В

этих случаях неравномерность съема определяется характером суперпозиции полос обработки при соответствующем распределении величины съема поперек полосы, определяемой коэффициентом заполнения алмазосносного слоя.

Для шлифовальных кругов всех рассматриваемых конструкций алмазосносного слоя характерно, что существенное уменьшение коэффициента неравномерности съема наблюдается при превышении степени перекрытия полос величины $\Delta > 0,5D$. Это обусловлено тем, что начиная с этой величины степени перекрытия, рабочая поверхность шлифовального круга многократно проходит по поверхности заготовки. Характерно, что для шлифовальных

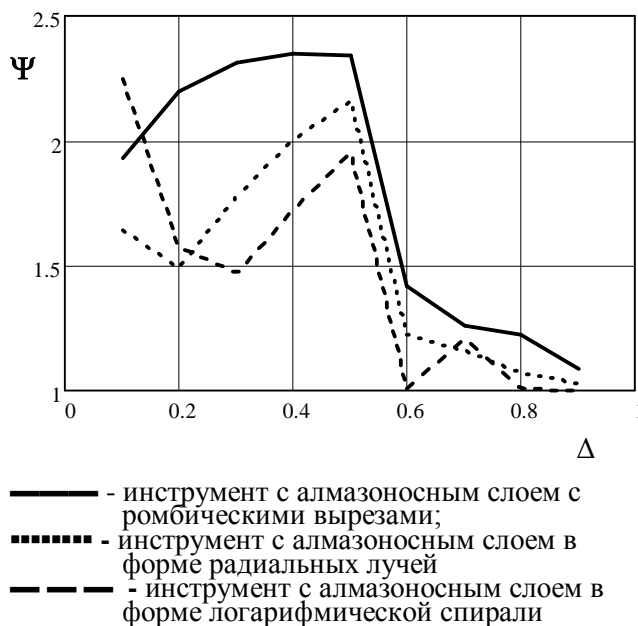


Рис. 2. Зависимость коэффициента неравномерности съема от степени перекрытия полос обработки

всех рассматриваемых кругов, с увеличением кратности проходов коэффициент неравномерности приближается к значению $\Psi \approx 1$. Для круга с рабочей поверхностью в форме логарифмической спирали значение $\Psi \approx 1$ достигается уже при $\Delta = 0,6D$.

На рис. 3 представлен характер изменения величины съема обрабатываемого материала поперек полосы обработки при различной степени перекрытия полос.

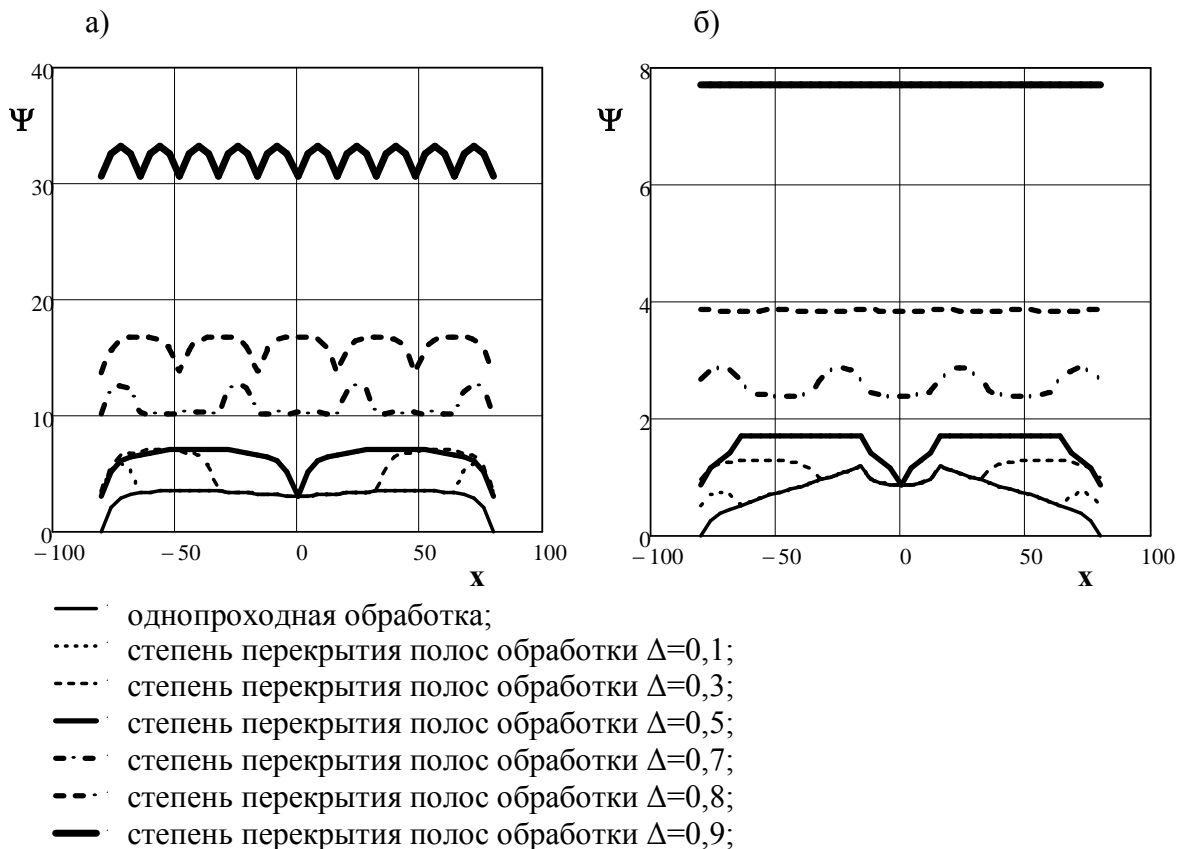


Рис. 3. Изменение величины съема обрабатываемого материала поперек полосы обработки для кругов с конструкцией рабочего слоя: а) вырезы в форме ромба; б) в форме логарифмической спирали

При степени перекрытия полос обработки менее $\Delta \leq 0,5D$ на величину неравномерности съема, а соответственно, на геометрическую точность детали определяющее влияние оказывает характер изменения съема вдоль радиуса шлифовального круга в периферийной его части. Обеспечение равномерности съема в данном случае можно решить за счет назначения соответствующих значений коэффициента заполнения алмазного слоя. При степени перекрытия полос $\Delta \geq 0,5D$ обеспечивается высокая геометрическая точность детали, однако инструмент многократно проходит по обрабатываемой, что не всегда необходимо для удаления требуемого припуска.

3. Заключение

Расчеты неравномерности съема припуска для предложенной схемы обработки «ступенька с подъемом» позволили определить рациональную степень перекрытия полос обработки. При удалении необходимого припуска за один проход инструмента по

поверхности заготовки, необходимо выбирать минимальную величину степени перекрытия и конструировать рабочую поверхность инструмента, обеспечивающую линейное нарастание величины съема в периферийной зоне шлифовального круга. При удалении припуска за несколько проходов, целесообразно принимать степень перекрытия более чем $\Delta > 0,5$, корректируя режимные параметры обработки.

Список литературы:

1. Курілович В. Д. Підвищення ефективності фактурної алмазно-абразивної обробки природного каменю / В. Д. Курілович, С. В. Ковальов, Ю. Д. Філатов // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія «Машинобудування». - Київ. - 2012. - № 64 – С. 106-112.
2. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: Справочник-учебник. В 3-х т. Т. 2. Ч. II. Расчет и конструирование узлов и элементов станков / А.С. Проников, Е.И. Борисов, В.В. Бушуев и др.; Под общ. ред. А.С. Проникова. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана: Машиностроение, 1995 – 320 с.
3. Финишная алмазно-абразивная обработка неметаллических деталей / Рогов В.В. – К.: Наук. Думка, 1985. – 264 с.
4. Сидорко В. И. Научные основы процессов финишной алмазно-абразивной обработки природного и синтетического камня: дис... доктора техн. наук : 05.03.01 / Сидорко Владимир Игоревич. - К., 2006. - 396с.
5. Скрыбин В.В., Сидорко В.И., Филатов Ю.Д. Характер износа рабочего слоя инструмента при финишной обработке плоских поверхностей изделий из алюмосиликатных материалов // Сверхтвердые материалы.-2004.-№4.-С.69-74.
6. Байков А.В. Рациональные схемы тонкого шлифования крупногабаритных плоских поверхностей / Байков А.В., Михайлов А.Н Феник Л.Н., Кошевой В.О. // Известия ТТИ ЮФУ – ДонНТУ. Материалы Тринадцатого Международного научно-практического семинара «Практика и перспективы развития партнерства в сфере высшей школы». В 3-х кн. - Таганрог. Изд-во ТТИ ЮФУ. Кн. 3. 2012, №12. – 292 с. – С. 10–14.
7. Михайлов А.Н. Формообразование плоской поверхности при обработке эластичным шлифовальным инструментом / А.Н. Михайлов, А.В. Байков, М.С. Ковалев // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Междунар. сб. науч. тр. – Донецк : ДонГТУ, 2000. - Вып.10. - С.137-143.

Надійшла до редколегії 08.05.2014 р.

А.В. Байков

ЕФЕКТИВНІСТЬ ТОНКОГО ШЛІФУВАННЯ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ДЕТАЛЕЙ

Запропоновано схему шліфування великогабаритних плоских поверхонь, визначені показники геометричної точності поверхні при застосуванні інструментів з різною конструкцією робочого шару.

Ключові слова: *Торцеве шліфування, траєкторія переміщення інструмента, коефіцієнт перекриття, нерівномірність знімання матеріалу.*

A.V. Baykov

EFFICIENCY FINE GRINDING OF LARGE PARTS

A scheme for sanding large flat surfaces are proposed, geometric accuracy indicators identified in the application surface with different design tools of the working layer are defined.

Key words: *mechanical grinding, the tool path, the overlap factor, uneven material removal.*