

УДК 621.923

Ф.В. Новиков, С.А. Дитиненко

Харьковский национальный экономический университет

Пути уменьшения шероховатости обработки при шлифовании

В работе приведены результаты аналитических исследований шероховатости обработки при шлифовании алмазными кругами на металлических связках.

На практике получил применение процесс шлифования твердосплавных изделий алмазными кругами на металлических связках с их непрерывной электроэрозионной правкой [1]. Он позволяет существенно повысить производительность обработки за счет обеспечения высокой режущей способности алмазного круга.

Вместе с тем приводит к довольно большим значениям шероховатости обработки $R_a = 1...2$ мкм.

В работе [2] показаны возможности применения алмазных кругов на металлических связках для решения задачи уменьшения параметра шероховатости обработки R_a . Для этого производится специальная подготовка к работе алмазного круга на металлической связке М1-01 путем шлифования алмазным кругом алмазного карандаша с продольной подачей. В результате происходит срезание вершин алмазных зерен круга (т.е. притупление режущих кромок), что позволяет в процессе шлифования твердого сплава получить шероховатость обработки на уровне $R_a = 0,2$ мкм и ниже при одновременном обеспечении высокой производительности обработки. Для выявления условий эффективного использования данного процесса шлифования, в настоящей работе дано теоретическое обоснование путей снижения параметра шероховатости обработки R_a за счет искусственного притупления режущих кромок алмазных зерен круга.

Расчет параметра R_a произведем по методике, предложенной в работе [3]. Ее суть состоит в аналитическом описании приведенного режущего профиля, образованного от наложения проекций режущих зерен на фиксированную плоскость обрабатываемой детали, расположенную перпендикулярно движению зерен круга. Для описания приведенного режущего профиля предложено использовать функцию - относительную полноту профиля круга - аналогичную классической функции относительной опорной длины микропрофиля обработанной поверхности (рис. 1).

Относительная полнота профиля круга $\varepsilon(y)$, без учета перекрытия проекций зерен, равна

$$\varepsilon(y) = \frac{2 \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot y \cdot n}{B}, \quad (1)$$

где $n = k \cdot B \cdot l$ - число зерен, расположенных на площади рабочей части круга $B \cdot l$; k - поверхностная концентрация зерен круга, шт/м²; B - ширина круга, м; l - длина рабочей поверхности круга, участвующая в формировании параметра шероховатости R_a , м; γ -

половина угла при вершине конусообразного режущего зерна; y – координата, вдоль которой определяется высота профиля круга (высота выступания зерен над уровнем связки круга), м.

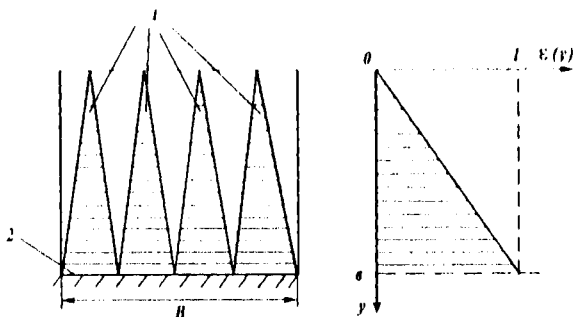


Рис. 1. Расчетная схема: 1 – зерна круга; 2 – связка круга

Подчиняя зависимость (1) условию $\varepsilon(y = R_{max}) = 1$, имеем

$$R_{max} = \frac{1}{2 \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot k \cdot l}. \quad (2)$$

Параметр шероховатости обработки $R_{max} = 5 \cdot R_a$ тем меньше, чем больше k и l . Зернистость круга явно не входит в зависимость (2), а влияет на параметр R_{max} посредством изменения параметра k .

Расчетные значения R_a в мкм

| l , мм | 10 | 20 | 50 | 100 |
|--------------------------|-------|-------|--------|--------|
| k , шт/мм ² | | | | |
| 50 | 0,2 | 0,1 | 0,04 | 0,02 |
| 500 | 0,02 | 0,01 | 0,004 | 0,002 |
| 5000 | 0,002 | 0,001 | 0,0004 | 0,0002 |

Как следует из таблицы, при $l = 10$ мм и $k = 50$ шт/мм² параметр R_a принимает значение 0,2 мкм, что соответствует практическим данным. Увеличение параметров k и l приводит к существенному уменьшению параметра R_a , чего добиться на практике затруднено.

При плоском шлифовании торцом круга с одновысотным выступанием зерен $l = V_{кр} \cdot B / V_{дет}$, где $V_{кр}, V_{дет}$ – соответственно скорости круга и детали, м/с. Тогда

$$R_a = \frac{0,1 \cdot V_{дет}}{\text{tg} \gamma \cdot k \cdot B \cdot V_{кр}}. \quad (3)$$

При плоском шлифовании периферией круга с одновысотным выступанием зерен $l = V_{кр} \cdot L / V_{дет} = V_{кр} \cdot \sqrt{2 \cdot R_{кр} \cdot R_{max}} / V_{дет}$, где $R_{кр}$ – радиус круга, м. Тогда

$$R_a = 2,5 \cdot 3 \sqrt{\left(\frac{V_{дет}}{\text{tg} \gamma \cdot k \cdot V_{кр}} \right)^2 \cdot \frac{1}{R_{кр}}}. \quad (4)$$

При шлифовании торцом круга параметры k , $V_{дет}$ и $V_{кр}$ в большей степени влияют на R_a , чем при шлифовании периферией круга. Параметр B входит в зависимость (3) в первой степени, тогда как параметр $R_{кр}$ входит в зависимость (4) в степени 0,33, т.е. за счет увеличения параметра B можно значительно уменьшить R_a .

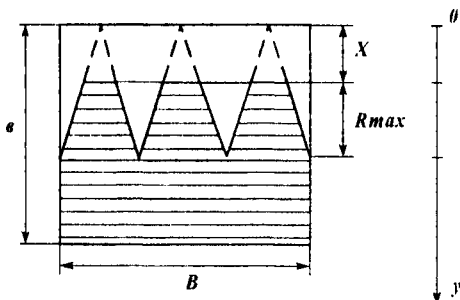


Рис. 2. Расчетная схема, учитывающая износ зерен круга

С учетом износа зерен (рис. 2) параметр шероховатости R_{max} определится из зависимости (1) при условии $\varepsilon(y = R_{max} + x) = 1$:

$$R_{max} = \frac{1}{2 \cdot \text{tg} \gamma \cdot k \cdot l} - x, \quad (5)$$

где x – величина линейного износа зерен, м.

При плоском шлифовании торцом круга для $l = V_{кр} \cdot B / V_{дет}$:

$$R_{max} = \frac{V_{дет}}{2 \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot k \cdot B \cdot V_{кр}} \cdot x. \quad (6)$$

При плоском шлифовании периферией круга для $l = V_{кр} \cdot \sqrt{2 \cdot R_{кр} \cdot R_{max}} / V_{дет}$:

$$x = \frac{V_{дет}}{2 \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot k \cdot V_{кр} \cdot \sqrt{2 \cdot R_{кр} \cdot R_{max}}} \cdot R_{max}. \quad (7)$$

Согласно зависимостям (6) и (7), параметр R_{max} уменьшается с увеличением x . При шлифовании торцом круга более интенсивно.

При выполнении условия $x \rightarrow \frac{V_{дет}}{2 \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot k \cdot B \cdot V_{кр}}$ параметр шероховатости $R_{max} \rightarrow 0$, т.е. для каждого режима шлифования и каждой характеристики круга существует вполне конкретное значение x , при котором $R_{max} \rightarrow 0$. Для реализации данного условия необходимо затупить режущие зерна на величину $x = \frac{V_{дет}}{2 \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot k \cdot V_{кр}}$.

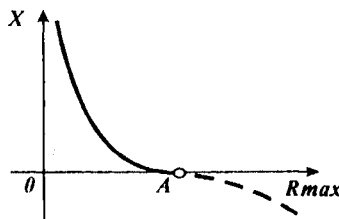


Рис. 3. Примерная зависимость величины x от R_{max}

Данное условие выполнимо при плоском шлифовании торцом круга. При плоском шлифовании периферией круга, исходя из зависимости (7), условие $R_{max} \rightarrow 0$ требует неограниченного роста первого слагаемого и величины x . Согласно рис. 3, с увеличением величины x от 0 до ∞ параметр шероховатости R_{max} уменьшается,

асимптотически приближаясь к значению $R_{max} \rightarrow 0$. Для того чтобы уменьшить x , необходимо существенно увеличить множитель $\frac{2 \cdot t_{gy} \cdot k \cdot V_{кр} \cdot \sqrt{2} \cdot R_{кр}}{V_{дем}}$ за счет увеличения k , $V_{кр}$ и $R_{кр}$ и уменьшения $V_{дем}$. Так как увеличение параметров k , $V_{кр}$ и $R_{кр}$ ограничено, выполнить данное условие можно за счет уменьшения $V_{дем} \rightarrow 0$. Однако реализовать условие $V_{дем} \rightarrow 0$ затруднено, вследствие необходимости снижения производительности обработки. Таким образом показана возможность уменьшения вплоть до нуля параметра шероховатости обработки R_a при плоском шлифовании торцом круга за счет регулирования величины износа зерен x .

Для оценки возможностей практического использования данного теоретического решения были проведены экспериментальные исследования процесса круглого наружного шлифования твердосплавных инструментов алмазным кругом формы 1А1 300/25 зернистостью АС6 125/100 на металлической связке М1-01, в ходе которых измерялся параметр шероховатости обработки R_a . После установки круга на станок, с помощью электроэрозионной правки произведено выведение биения круга и вскрытие алмазного слоя круга, а с помощью алмазного карандаша типа "Славутич", установленного в специальное устройство для правки на круглошлифовальном станке, произведено притупление режущих кромок алмазного круга. Опытами установлено, что подготовленный таким образом к работе круг в процессе шлифования в начальный период обеспечивал шероховатость обработки $R_a = 0,1 - 0,2$ мкм.

Приблизительно через 30 минут работы круга параметр шероховатости увеличился до значения 0,3 - 0,4 мкм. Наблюдение за процессом показало, что это произошло вследствие выпадения из связки круга затупленных зерен и подключение в работу новых зерен с острыми кромками. Режущий рельеф стал более развитым, что привело в конечном итоге к уменьшению степени затупления зерен (уменьшению величины x) и в соответствии с зависимостью (7) – к увеличению параметра шероховатости обработки. Повторное притупление режущих кромок алмазного круга с помощью алмазного карандаша позволило опять же добиться при шлифовании снижения параметра шероховатости обработки R_a до значений 0,1 - 0,2 мкм.

Опытами установлено также то, что с уменьшением производительности обработки алмазный круг более длительное время сохраняет исходный режущий рельеф (после притупления режущих кромок) и обеспечивает при шлифовании меньшие значения параметра шероховатости обработки R_a .

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Беззубенко, Н.К. Повышение эффективности алмазного шлифования путем введения в зону обработки дополнительной энергии в форме электрических разрядов [Текст]: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.03.01 / Беззубенко Н.К.; Харьк. гос. техн. ун-т. Харьков, 1995. 56 с.
2. Новиков, Г.В. Теоретический анализ путей повышения точности и качества алмазно-абразивной обработки [Текст] / Г.В. Новиков, С.А. Дитиненко // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. 2002. Вип. 10. С.197-202.
3. Теоретические основы резания и шлифования материалов [Текст]: учеб. пособие / А.В. Якимов, Ф.В. Новиков, Г.В. Новиков, Б.С. Серов, А.А. Якимов. Одесса: ОГПУ, 1999. 450 с.