

ДОСТИЖЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ШЛИФОВАНИЯ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ РЕЖУЩИХ СВОЙСТВ КРУГА

Полтавец В.В. (ДонГТУ, г.Донецк, Украина)

It is considered the technique of determination of actual productivity and the ways of attaining of maximum productivity of flat infeed grinding by elastic and rigid setup taking into account the change of wheel cutting capacity in time of machining.

Важнейшим выходным показателем процесса шлифования является его производительность, достигаемая при обязательном удовлетворении требований по качеству обработки. Фактическая производительность процесса обработки является функцией режущей способности круга, под которой будем понимать максимальный объём данного материала, который может удалить рабочая поверхность круга (РПК) при заданном качестве обработанной поверхности.

Установление и использование в практических целях указанной функциональной зависимости является актуальной научно-производственной проблемой. Одна из основных задач, возникающих при решении этой проблемы, состоит в согласовании фактической производительности процесса шлифования с режущей способностью шлифовального круга. При таком подходе имеется возможность определить режимы резания, обеспечивающие максимальную производительность процесса при минимальной его себестоимости.

Выбор управляемого режима обработки обусловлен видом аналитической зависимости для расчёта производительности обработки при шлифовании. В общем случае производительность процесса алмазно-абразивной обработки определяется объёмом материала, сошлифованного в единицу времени [1]:

$$Q = V_m / \tau,$$

где V_m – объём материала, сошлифованного за время τ , мм³;

τ – время обработки, мин.

Объём сошлифованного материала при плоском шлифовании определяется по формуле [1]:

$$V_m = a b c, \quad (1)$$

где $a b$ – длина и ширина обрабатываемой поверхности, мм;

c – толщина сошлифованного слоя, мм.

Из формулы (1) видно, что в качестве управляемых режимных параметров могут быть выбраны только те, изменение которых влияет на значение множителей в правой части равенства (1). При плоском шлифовании

в настоящее время для изменения производительности обработки управляют следующими режимами: скоростью стола V_∂ [2] и фактической глубиной шлифования t_ϕ [3].

Целью работы является исследование возможности применения иных способов изменения производительности обработки, кроме перечисленных, и определение параметра, управление которым позволяет обеспечить максимальную производительность процесса без снижения качества обработанной поверхности. Для достижения поставленной цели проанализируем аналитические зависимости, которые используются для расчёта производительности обработки при шлифовании по различным схемам.

Определение производительности шлифования по формуле (1) не вызывает затруднений для более распространённой в производственных условиях жёсткой схемы обработки (когда величины в формуле (1) постоянны во времени τ), но имеет некоторые особенности для упругой схемы.

Рассмотрим методику определения производительности обработки на примере плоского врезного шлифования. При шлифовании по упругой схеме, когда снижение режущих свойств РПК во время обработки компенсируется уменьшением глубины шлифования, фактическая производительность рассчитывается по следующей формуле

$$Q_{\phi.y} = B_\partial \cdot L_\partial \cdot n_{cm} \cdot t_\phi(\tau), \quad (2)$$

где B_∂ и L_∂ – соответственно ширина и длина заготовки, мм;

n_{cm} – количество ходов стола в минуту, ход/мин;

$t_\phi(\tau)$ – зависимость, описывающая влияние времени обработки τ на фактическую глубину шлифования t_ϕ .

Количество ходов стола в минуту связано с длиной обрабатываемой заготовки через время одного хода стола τ_x : $n_{cm} = 1/\tau_x$, которое составляет

$$\tau_x = \frac{L_\partial + 2l_{nep}}{1000V_\partial},$$

где l_{nep} – величина перебега шлифовального круга, мм;

V_∂ – продольная скорость стола, м/мин.

Соответственно,

$$n_{cm} = \frac{1000V_\partial}{L_\partial + 2l_{nep}}. \quad (3)$$

После подстановки (2) в (1) получим

$$Q_{\phi.y} = \frac{B_\partial \cdot L_\partial \cdot 1000V_\partial}{L_\partial + 2l_{nep}} \cdot t_\phi(\tau), \quad (4)$$

При шлифовании по жёсткой схеме, когда фактическая глубина шлифования постоянна, производительность рассчитывается по формуле, которая является частным случаем выражения (4)

$$Q_{ф.жс} = \frac{B_{\delta} \cdot L_{\delta} \cdot 1000V_{\delta}}{L_{\delta} + 2l_{неp}} \cdot t_{\phi}. \quad (5)$$

В формулах (4) и (5) правая часть включает две группы величин: изменяемые во времени в процессе обработки (параметры V_{δ} и t_{ϕ}) и постоянные (параметры, обусловленные геометрией заготовки). Из этих формул видно, что фактическая производительность обработки при плоском врезном шлифовании в общем случае определяется по формуле, включающей отмеченные нами зависимости величин от времени обработки:

$$Q_{\phi} = \frac{1000 \cdot B_{\delta} \cdot L_{\delta}}{L_{\delta} + 2l_{неp}} \cdot V_{\delta}(\tau) \cdot t_{\phi}(\tau), \quad (6)$$

где $V_{\delta}(\tau)$ – зависимость, описывающая изменение во времени скорости стола шлифовального станка, м/мин.

Из формулы (6) непосредственно следуют три возможных способа управления производительностью шлифования при снижении режущей способности шлифовального круга за период его стойкости:

- 1) изменение во времени скорости стола V_{δ} ;
- 2) изменение во времени фактической глубины шлифования t_{ϕ} ;
- 3) одновременное изменение скорости стола V_{δ} и глубины t_{ϕ} .

Как указано ранее, первый и второй способы известны и могут быть реализованы на современных шлифовальных станках. Использование третьего (одновременного изменения скорости V_{δ} и глубины шлифования t_{ϕ}) ограничено возможностями существующего технологического оборудования и представляет интерес при проектировании новых конструкций шлифовальных станков с ЧПУ с увеличенным количеством программно управляемых параметров и режимов обработки.

Сопоставим целесообразность выбора одного из способов управления производительностью с точки зрения обеспечения требуемого качества обработанной поверхности. При первом способе путём изменения скорости стола поддерживается постоянная составляющая силы резания P_z , во втором – путём изменения глубины шлифования поддерживается постоянная составляющая силы резания P_y .

Как показали проведенные нами исследования [4], шлифование по упругой схеме с постоянной тангенциальной силой P_z может привести к увеличению температуры поверхности резания и снижению качества обработки, а использование в качестве постоянного параметра обработки радиальной силы P_y обеспечивает отсутствие фазово-структурных превращений в материале заготовки. На этом основании предпочтительным способом согласования фактической производительности процесса шлифования с режущей способностью круга является изменение во времени фактической глубины шлифования t_{ϕ} .

Закономерность изменения во времени обработки τ глубины алмазного шлифования по упругой схеме описывается экспоненциальным выражением вида

$$t_{\phi}(\tau) = t_{уст} + \Delta t \cdot \exp(-\alpha \tau), \quad (6)$$

где $t_{уст}$ – установившаяся глубина шлифования;

t_0 – исходная глубина шлифования рельефом, который сформирован после электроэрозионной правки круга;

$\Delta t = t_0 - t_{уст}$ – амплитуда снижения глубины шлифования;

α – эмпирический коэффициент.

Эта закономерность, представленная уравнением (6), является проявлением экспоненциального характера снижения режущей способности алмазного шлифовального круга во время обработки (рис. 1).

Стабилизация в процессе шлифования заготовки через определённый промежуток времени (период стабилизации $\tau_{уст}$) режущей способности круга на уровне, соответствующем установившейся глубине шлифования $t_{уст}$, вынуждает устанавливать в качестве режима обработки по жёсткой схеме именно это значение глубины резания. Даже незначительное его превышение по истечении времени обработки, равного $\tau_{уст}$, может привести к появлению фазово-структурных изменений в поверхностном слое заготовки (прижогов).

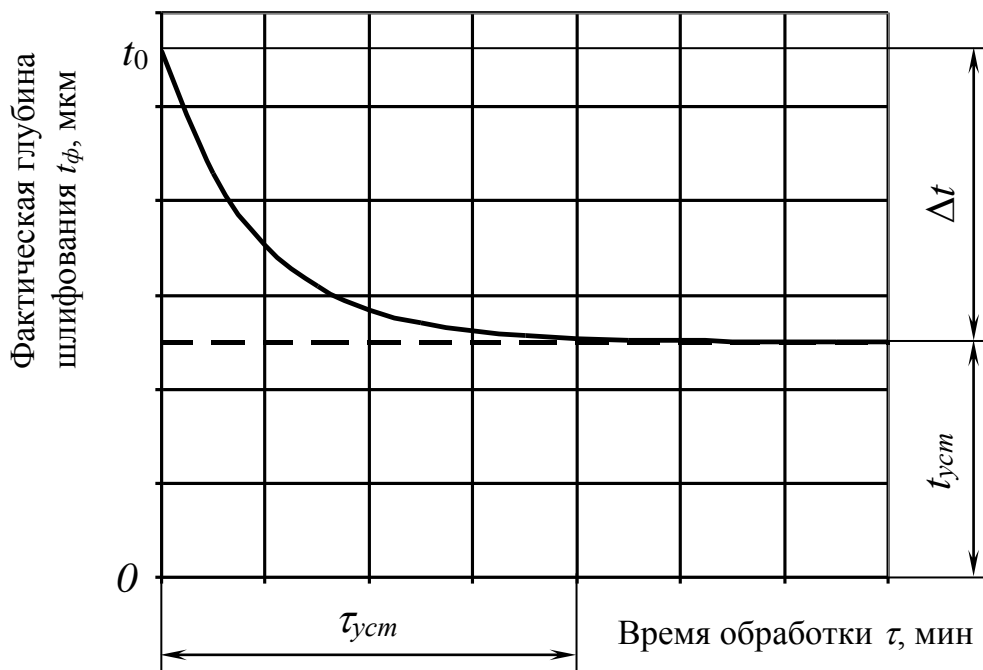


Рис. 1. Изменение глубины шлифования во время обработки по упругой схеме

Это приводит к существенному недоиспользованию режущей способности круга при $\tau < \tau_{уст}$ для случая обработки по жёсткой схеме с постоянной глубиной резания.

Управлять фактической глубиной шлифования t_f и достигнуть наиболее полного использования режущих свойств круга и, соответственно, максимальной производительности обработки позволяют два способа обработки. Первый хорошо известен – это шлифование по упругой схеме с постоянной радиальной силой P_y , когда изменение фактической глубины резания происходит автоматически в процессе обработки. Вторым предложен нами – это шлифование по жёсткой схеме на шлифовальном станке с ЧПУ, когда глубина шлифования изменяется по программе в соответствии с зависимостью вида (6).

Параметры уравнения (6), описывающего изменение глубины шлифования в результате процесса изнашивания зёрен, определяются с помощью разработанной нами математической модели процесса плоского шлифования по упругой схеме. Параметры этого же уравнения, отражающего совместное влияние на глубину шлифования процессов засаливания межзёренного пространства и изнашивания зёрен на РПК, находятся экспериментальным путём при обработке опытного образца по упругой схеме.

В результате выполненных исследований установлено, что наиболее удобным параметром управления для выравнивания фактической производительности шлифования и режущей способности круга является фактическая глубина шлифования. Полученные результаты будут использованы при разработке методики определения оптимальных режимов обработки по критерию режущей способности круга. Такие режимы обеспечивают максимальную производительность шлифования данным кругом.

Дальнейшие исследования в этом направлении связаны с повышением режущей способности алмазного круга в процессе обработки с помощью электроэрозионных управляющих воздействий.

Список литературы: 1. Маслов Е.Н. Теория шлифования материалов. – М.: Машиностроение, 1974. – 320 с. 2. Иванов Н.П., Пыжов И.Н., Воронков В.И. Методика оценки работоспособности кругов из СТМ// Резание и инструмент. Респ. межвед. научно-техн. сб. – Харьков: Изд-во “Основа”. – 1989. – Вып. 42. – С. 19-22. 3. Глейзер Л.А. О сущности процесса круглого шлифования// Вопросы точности в технологии машиностроения. – М.: Машгиз, 1959. – С. 5-24. 4. Матюха П.Г., Полтавец В.В. Изменение температуры поверхности резания при различных способах шлифования по упругой схеме быстрорежущей стали Р6М5Ф3// Надежность режущего инструмента и оптимизация технологических систем. Сб. статей. – Краматорск: ДГМА, 1999. – С. 191-197.