

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ И УДЕЛЬНАЯ СЕБЕСТОИМОСТЬ ВНУТРЕННЕГО ВРЕЗНОГО АЛМАЗНОГО ШЛИФОВАНИЯ ТВЕРДОГО СПЛАВА С ПЕРИОДИЧЕСКИМИ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫМИ ВОЗДЕЙСТВИЯМИ

Досліджений вплив зернистості алмазного круга на продуктивність та питому собівартість внутрішнього врізного шліфування за пружною схемою твердого сплаву VK15. Встановлено, що використання періодичних електроерозійних впливів (ЕЕВ) на робочу поверхню круга з оптимальною періодичністю забезпечує збільшення продуктивності оброблення на 396% та зниження питомої собівартості на 305% в порівнянні зі шліфуванням без ЕЕВ.

Ключові слова: внутрішнє врізне шліфування, пружна схема, продуктивність оброблення, питома собівартість.

Исследовано влияние зернистости алмазного круга на производительность и удельную себестоимость внутреннего врезного шлифования по упругой схеме твердого сплава VK15. Установлено, что использование периодических электроэрозионных воздействий (ЭЭВ) на рабочую поверхность круга с оптимальной периодичностью обеспечивает увеличение производительности обработки на 396% и снижение удельной себестоимости на 305% по сравнению со шлифованием без ЭЭВ.

Ключевые слова: внутреннее врезное шлифование, упругая схема, производительность обработки, удельная себестоимость.

Influence of grittiness of diamond circle is investigational on the productivity and specific prime price of the internal mortise grinding on the spring chart of carboloy of VK15. It is set that the use of the periodic electro-erosive affecting (EEA) on the working surface of circle with optimal periodicity provides the increase of the productivity of treatment on a 396% decline of specific prime price on to the 305% comparing with grinding without EEA/

Keywords: internal mortise grinding, spring chart of grinding, productivity of treatment, specific prime price.

Повышение производительности обработки при минимальных затратах на производство является одним из условий выпуска конкурентоспособной продукции. Решение этой

задачи возможно за счет применения прогрессивных процессов обработки и использования высокопроизводительного инструмента.

В машиностроении и инструментальной промышленности при обработке высокопрочных труднообрабатываемых материалов используются шлифовальные круги из алмазов на металлической связке. При этом обеспечение необходимой режущей способности кругов осуществляется электроэрозионной правкой и поддержанием режущих свойств круга в процессе обработки за счет непрерывных либо периодических электроэрозионных воздействий на рабочую поверхность круга (РПК). Однако, обеспечить высокую производительность обработки при минимальной удельной себестоимости процесса возможно лишь путем его оптимизации.

В работах [1, 2, 3] оптимизация режимов плоского врезного шлифования твердого сплава с периодическими ЭЭВ на РПК осуществляется по критерию минимальной удельной себестоимости обработки, с использованием текущей лимитированной режущей способности круга (ТЛРСК). К ее недостаткам необходимо отнести то, что время обновления РПК с помощью ЭЭВ принято постоянным независимо от состояния РПК, с которого начинается восстановление режущих свойств. Кроме того, в литературе отсутствуют сведения о применении текущей лимитированной режущей способности круга для оптимизации процесса внутреннего врезного шлифования, а также о влиянии зернистости на производительность и удельную себестоимость внутреннего врезного шлифования по упругой схеме.

Цель работы: исследование влияния зернистости алмазных кругов на производительность и удельную себестоимость внутреннего врезного шлифования твердого сплава по упругой схеме с периодическими электроэрозионными воздействиями на РПК по критерию минимальной удельной себестоимости обработки.

Исследование влияния зернистости алмазного круга на производительность и удельную себестоимость внутреннего врезного шлифования по упругой схеме (в дальнейшем «внутреннего шлифования») твердого сплава с периодическими электроэрозионными воздействиями на рабочую поверхность круга осуществляли в два этапа. На первом этапе экспериментально находили параметры законов, описывающих изменение текущей лимитированной режущей способности круга и текущего лимитированного расхода алмазов в процессе шлифования, на втором – выполняли оптимизацию времени между периодическим ЭЭВ на рабочую поверхность круга по критерию минимальной удельной себестоимости обработки.

Параметры законов, описывающих изменение текущей лимитированной режущей способности кругов и расхода алмазов в процессе шлифования, определяли при внутреннем шлифовании на станке модели 3А227П, модернизированном для ЭЭВ на РПК и обеспечива-

ющем шлифование по упругой схеме [4] (рис. 1) с использованием в качестве источника технологического тока для ЭЭВ генератора импульсов модели ИТТ-35.

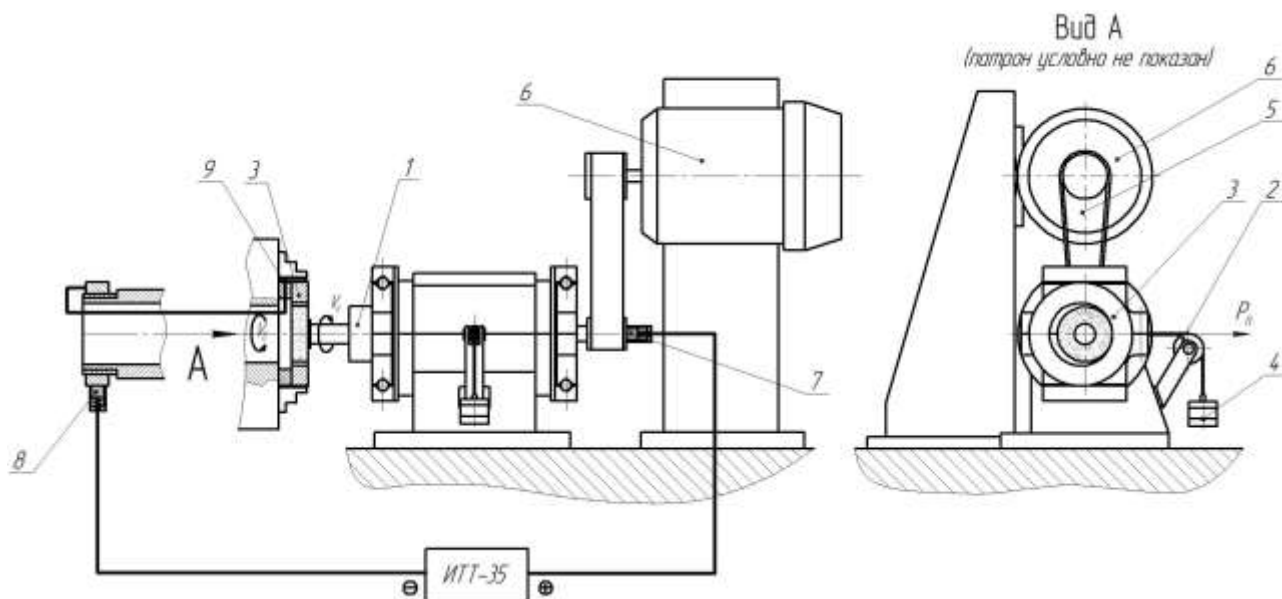


Рис. 1. Схема внутреннего шлифования по упругой схеме с периодическими ЭЭВ на рабочую поверхность круга

Особенностью конструкции шлифовальной бабки является то, что шлифовальная головка 1 установлена с возможностью перемещения на шариковых направляющих относительно стола станка в горизонтальной плоскости. На корпусе шлифовальной бабки закреплено нагрузочное устройство 2, которое обеспечивает поджим рабочей поверхности шлифовального круга к обрабатываемой поверхности образца 3 с постоянной силой P_n за счет груза 4 определенной массы. Кроме того, ось 5, которая проходит через центры шкивов электродвигателя 6 и шлифовальной головки 1, расположена в вертикальной плоскости, что минимизирует влияние силы натяжения ремня на усилие поджима РПК к поверхности образца. Для осуществления ЭЭВ на рабочую поверхность круга в процессе правки и периодических воздействий при шлифовании положительный полюс источника технологического тока подключен через скользящий контакт 7 к шпинделю шлифовальной головки 1, а отрицательный – к образцу 3 через скользящий контакт 8 и изолированную от кулачка патрона пластину 9.

Шлифование образца из твердого сплава ВК15 осуществляли кругами 1А1 40×16×10×3 из алмазов АС6, зернистостью 100/80, 125/100, 200/160 на металлической связке М2-01 100%-й концентрации. Начальный диаметр шлифуемого отверстия $D_o = 45$ мм, ширина обрабатываемой поверхности $B = 10$ мм.

Перед экспериментом круги правили электроэрозионным способом на чугунном электроде со средней величиной тока $I_{cp} = 10$ А до полного обновления РПК. Значение напряжения на межэлектродном промежутке, образованном кругом и образцом, в процессе электроэрозионных воздействий $U_{sm} = 1,5$ В. Рабочая среда – 0,3%-ный водный раствор кальцинированной соды.

Восстановление режущих свойств круга до значения $Q_I = 350$ мм³/мин в процессе шлифования твердого сплава ВК15 электроэрозионные воздействия на РПК осуществляли на тех же режимах.

Режущую способность РПК и расход алмазов при шлифовании по упругой схеме определяли в процессе обработки в периоды 0,25; 0,5; 1; 2; 5; 10; 15; 30; 45 мин на режимах $V_k = 26$ м/с, $V_d = 24$ м/мин и силе прижима РПК к образцу $P_n = 20$ Н, которые обеспечивают точность обработки по 6-му качеству с параметром шероховатости $R_a = 1,25$ мкм при обработке кругом зернистостью 100/80.

В результате экспериментов было установлено, что изменение текущей лимитированной режущей способности кругов $Q(\tau)$ и текущего лимитированного расхода алмазов $M(\tau)$ при шлифовании без ЭЭВ описываются экспоненциальными зависимостями вида:

$$Q(\tau) = Q_{уст} + \Delta Q \cdot \exp(-\beta_Q \cdot \tau), \quad (1)$$

$$M(\tau) = M_{уст} + \Delta M \cdot \exp(-\beta_M \cdot \tau), \quad (2)$$

где $Q(\tau)$, $Q_{исх}$, $Q_{уст}$; $M(\tau)$, $M_{уст}$, $M_{исх}$ – соответственно текущее, исходное и установившееся значение режущей способности круга и расхода алмазов;

$\Delta Q = Q_{исх} - Q_{уст}$ – амплитуда снижения режущей способности, мм³/мин;

$\Delta M = M_{исх} - M_{уст}$ – амплитуда снижения текущего расхода алмазов, мг/мин.

β_Q , β_M – эмпирические коэффициенты, 1/мин;

τ – продолжительность шлифования, мин.

При восстановлении режущей способности РПК за счет ЭЭВ, повышение режущей способности РПК и рост текущего расхода алмазов описывается линейными зависимостями вида:

$$Q_{ЭЭВ}(\tau) = K_Q \cdot \tau + B_Q, \quad (3)$$

$$M_{ЭЭВ}(\tau) = K_M \cdot \tau + B_M. \quad (4)$$

Коэффициенты уравнений (1) – (4) для исследуемых алмазных кругов, описывающие закон изменения текущей лимитированной режущей способности и расхода алмазов в процессе шлифования и шлифования с восстановлением режущей способности приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1 – Составляющие уравнений (1), (3), описывающие закон изменения текущей лимитированной режущей способности круга в процессе шлифования без ЭЭВ и шлифования с восстановлением режущей способности с помощью ЭЭВ в зависимости от зернистости алмазных зерен

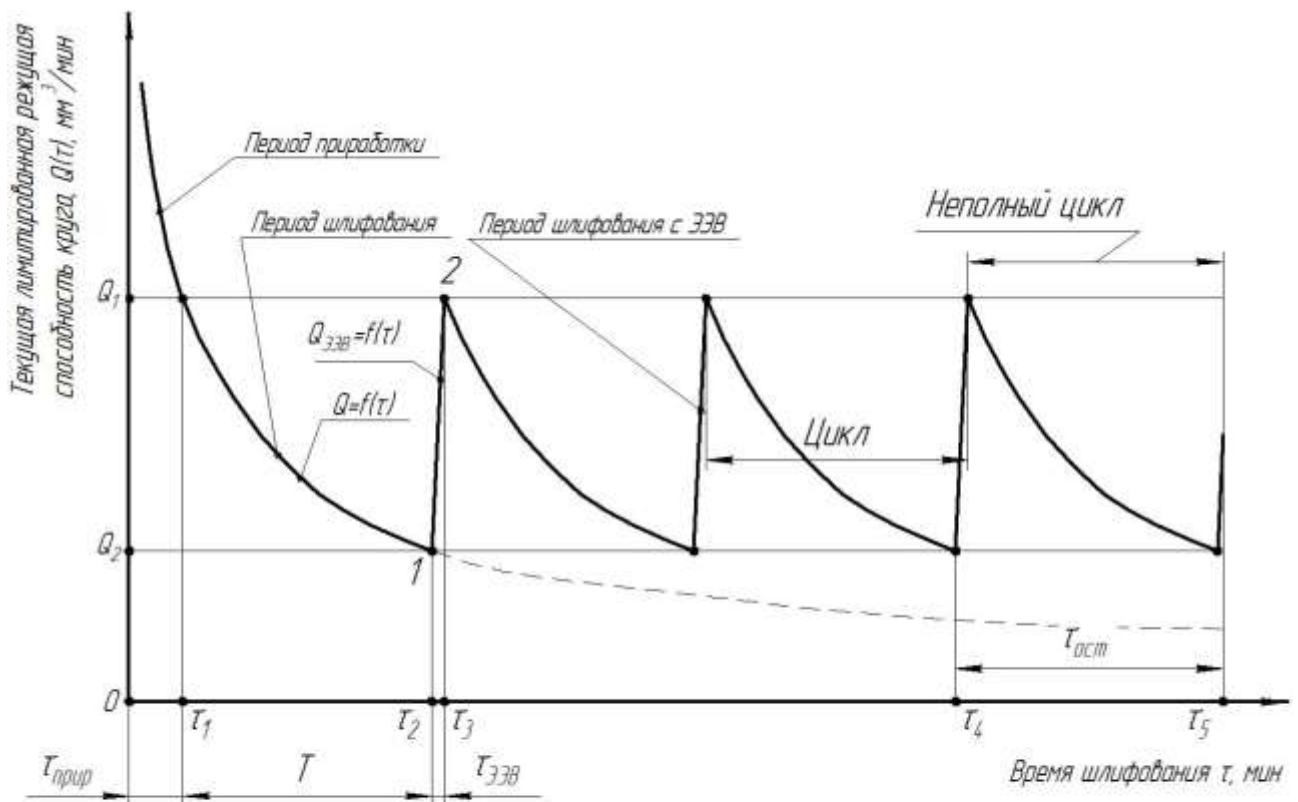
| Зернистость круга | Шлифование без ЭЭВ | | | Шлифование с ЭЭВ | |
|-------------------|--|--|------------------------------|---|--|
| | Установившееся значение режущей способности $Q_{уст}$, мм ³ /мин | Амплитуда снижения режущей способности ΔQ , мм ³ /мин | Показатель степени β_Q | Интенсивность восстановления режущей способности K_Q , мм ³ /мин | Свободный коэффициент B_Q , мм ³ /мин |
| 100/80 | 40 | 371,7 | -0,24 | 384,3 | 35 |
| 125/100 | 30 | 409,2 | -0,28 | 732,1 | 25,4 |
| 200/160 | 20 | 400,1 | -0,13 | 250,4 | 17,5 |

Таблица 2 – Составляющие уравнений (2), (4), описывающие закон изменения текущего лимитированного расхода алмазов в процессе шлифования без ЭЭВ и шлифования с восстановлением режущей способности с помощью ЭЭВ в зависимости от зернистости круга

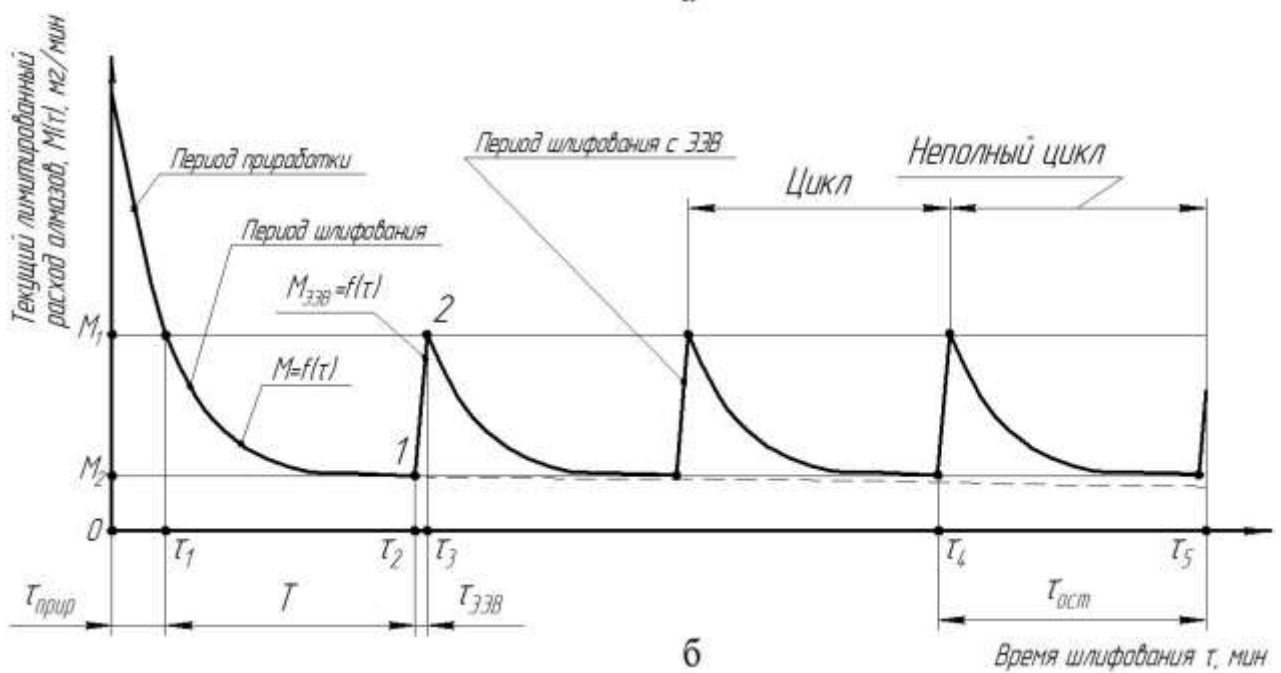
| Зернистость круга | Шлифование без ЭЭВ | | | Шлифование с ЭЭВ | |
|-------------------|---|---|------------------------------|--|--------------------------------------|
| | Установившееся значение текущего расхода алмазов $M_{уст}$, мг/мин | Амплитуда снижения текущего расхода алмазов ΔM , мг/мин | Показатель степени β_M | Интенсивность расхода алмазов K_M , мг/мин | Свободный коэффициент B_M , мг/мин |
| 100/80 | 0,4 | 105,4 | -1,56 | 170 | 0,23 |
| 125/100 | 0,7 | 114,3 | -0,76 | 63,1 | 0,72 |
| 200/160 | 0,5 | 166,8 | -0,98 | 121,6 | 22,7 |

Используя параметры уравнений (1) – (4), приведенные в таблицах 1, 2, была выполнена оптимизация времени между ЭЭВ с целью восстановления режущих свойств РПК с использованием методики, которая рассматривает процесс шлифования с периодическими ЭЭВ как чередование циклов «шлифование – шлифование с ЭЭВ» [1, 2]. Отличие предложенной нами методики заключается в том, что расчет удельной себестоимости внутреннего шлифования выполнен с учетом фактического расхода алмазов в циклах «шлифование – шлифование с ЭЭВ», а также состояния РПК, с которого начинается ее обновление

Рассмотрим процесс шлифования с периодическими ЭЭВ на РПК за станко-час как ряд повторяющихся циклов (рис. 2).



а



б

Рис. 2. Изменение во времени текущей лимитированной режущей способности круга (а) и текущего лимитированного расхода алмазов (б) при внутреннем шлифовании с периодическими электроэрозионными воздействиями на РПК.

Промежуток времени $0 - t_1$ соответствует этапу приработки РПК, сформированного в процессе электроэрозионной правки. Этап приработки характеризуется наибольшим значением режущей способности РПК и интенсивным износом рабочего слоя круга. Этап прира-

ботки считается законченным, когда текущая режущая способность круга достигает определенного значения Q_1 (см. рис. 2, а), соответствующего моменту, когда стабилизация текущего расхода алмазов M_1 за счет выпадения наиболее выступающих из связки зерен прекращается (см. рис. 2, б).

Этап $\tau_1 - \tau_2$ описывает изменение текущей лимитированной режущей способности круга в процессе шлифования. Значение времени τ_2 соответствует значению режущей способности круга Q_2 , при достижении которого начинается восстановление режущей способности круга.

Этап $\tau_2 - \tau_3$ описывает изменение ТЛРСК при введении ЭЭВ в зону резания одновременно с процессом обработки. При этом происходит восстановление режущей способности круга от значения Q_2 до Q_1 . Данный период характеризуется интенсивным ростом режущей способности за счет удаления продуктов засаливания круга и частиц связки, что приводит также к интенсификации расхода рабочего слоя круга.

В момент времени τ_3 , когда текущая режущая способность круга достигает исходного заданного значения Q_1 , введение ЭЭВ прекращается и круг продолжает работу в режиме обычного шлифования до очередного падения режущей способности до уровня Q_2 , после чего цикл повторяется.

Таким образом, весь период обработки $0 - \tau_5$ можно разбить на этап приработки $\tau_{прир}$ и периоды $\tau_1 - \tau_3$, образующие определенное количество $N_{ц}$ целых циклов, состоящих из этапов шлифования и шлифования с ЭЭВ на РПК. Как следует из рис. 2, количество целых циклов $N_{ц}$ определяется выражением:

$$N_{ц} = \frac{\tau_5 - \tau_{прир}}{T + \tau_{ЭЭВ}}. \quad (5)$$

Полученное значение $N_{ц}$ необходимо округлить до меньшего целого значения.

Время оставшегося неполного цикла будет равно:

$$\tau_{ост} = \tau_5 - \tau_{прир} - N_{ц} \cdot (T + \tau_{ЭЭВ}). \quad (6)$$

В зависимости от значения $\tau_{ост}$, величина последнего неполного цикла может включать в себя как часть периода шлифования T (если $\tau_{ост} \leq T$), так и период шлифования T с частичным восстановлением режущей способности за счет ЭЭВ (если $\tau_{ост} > T$).

Очевидно, что объем сошлифованного материала за время выполнения цикла «шлифование – шлифование с ЭЭВ» будет одинаковым независимо от его порядкового номера $N_{ц}$, поскольку уравнения $Q(\tau)$ и $Q_{ЭЭВ}(\tau)$, описывающие изменение режущей способности круга для всех циклов одинаково и имеет место лишь смещение выполнения цикла по шкале времени. Поэтому, для определения объема удаленного материала за время шлифования τ_5 , до-

статочно рассчитать объем материала, удаленный за один цикл и общее количество циклов. С учетом этого, а также наличия этапа приработки круга τ_{np} и времени неполного оставшегося цикла $\tau_{ост}$, объем удаленного материала в процессе обработки за время шлифования τ_5 будет составлять:

$$Q_{0-\tau_5} = \int_0^{\tau_{np}} Q(\tau) d\tau + N_{\text{ц}} \cdot \left(\int_{\tau_{np}}^{\tau_{np}+T} Q(\tau) d\tau + \int_{\tau_{np}+T}^{\tau_{np}+T+\tau_{\text{ЭЭВ}}} Q_{\text{ЭЭВ}}(\tau) d\tau \right) + \int_{\tau_{np}}^{\tau_{np}+\tau_{\text{ост}}} Q(\tau) d\tau,$$

если $\tau_{\text{ост}} \leq T$;

$$Q_{0-\tau_5} = \int_0^{\tau_{np}} Q(\tau) d\tau + N_{\text{ц}} \cdot \left(\int_{\tau_{np}}^{\tau_{np}+T} Q(\tau) d\tau + \int_{\tau_{np}+T}^{\tau_{np}+T+\tau_{\text{ЭЭВ}}} Q_{\text{ЭЭВ}}(\tau) d\tau \right) + \int_{\tau_{np}}^{\tau_{np}+T} Q(\tau) d\tau + \int_{\tau_{np}+T}^{\tau_{np}+\tau_{\text{ост}}} Q_{\text{ЭЭВ}}(\tau) d\tau$$

если $\tau_{\text{ост}} > T$. (7)

Аналогичным образом можно записать и выражения для определения количества израсходованного алмазов за время обработки τ_5 :

$$M_{0-\tau_5} = \int_0^{\tau_{np}} M(\tau) d\tau + N_{\text{ц}} \cdot \left(\int_{\tau_{np}}^{\tau_{np}+T} M(\tau) d\tau + \int_{\tau_{np}+T}^{\tau_{np}+T+\tau_{\text{ЭЭВ}}} M_{\text{ЭЭВ}}(\tau) d\tau \right) + \int_{\tau_{np}}^{\tau_{np}+\tau_{\text{ост}}} M(\tau) d\tau,$$

если $\tau_{\text{ост}} \leq T$;

$$M_{0-\tau_5} = \int_0^{\tau_{np}} M(\tau) d\tau + N_{\text{ц}} \cdot \left(\int_{\tau_{np}}^{\tau_{np}+T} M(\tau) d\tau + \int_0^{\tau_{\text{ЭЭВ}}} M_{\text{ЭЭВ}}(\tau) d\tau \right) + \int_{\tau_{np}}^{\tau_{np}+T} M(\tau) d\tau + \int_{\tau_{np}+T}^{\tau_{np}+\tau_{\text{ост}}} M_{\text{ЭЭВ}}(\tau) d\tau$$

если $\tau_{\text{ост}} > T$. (8)

Длительность периода шлифования с электроэрозионными воздействиями $\tau_{\text{ЭЭВ}}$ определяется с учетом закона восстановления режущей способности (3).

Себестоимость периода шлифования $0 - \tau_5$ определяется в зависимости от величины периода приработки τ_{np} , количества циклов «шлифование – шлифование с ЭЭВ», и величины неполного цикла $\tau_{ост}$.

Если $\tau_{\text{ост}} \leq T$, то себестоимость шлифования за время шлифования τ_5 определяется по формуле:

$$C_{\text{шл}} = (Z_o + A_m + P_{\text{тм}} + \text{Э}_{\text{шл}}) \cdot \tau_5 + C_{\text{СТМ}} + \text{Э}_{\text{ЭЭВ}} \cdot \tau_{\text{ЭЭВ}} \cdot N_{\text{ц}}, \quad (9)$$

где Z_o – часовая заработная плата шлифовщика, грн; A_m – амортизация производственного оборудования, грн; $P_{\text{тм}}$ – затраты на текущий ремонт и содержание оборудования, грн; $\text{Э}_{\text{шл}}$ – затраты на технологическую электроэнергию, грн; $C_{\text{СТМ}}$ – затраты на износ круга, грн; $\text{Э}_{\text{ЭЭВ}}$ – затраты на технологическую электроэнергию, грн.

Если $\tau_{\text{ост}} > T$, то себестоимость шлифования равна:

$$C_{\text{шл}} = (Z_o + A_m + P_{\text{тм}} + \text{Э}_{\text{шл}}) \cdot \tau_5 + C_{\text{СТМ}} + \text{Э}_{\text{ЭЭВ}} \cdot \tau_{\text{ЭЭВ}} \cdot N_{\text{ц}} + \text{Э}_{\text{ЭЭВ}} \cdot (\tau_{\text{ост}} - T). \quad (10)$$

Составляющие формул (9) – (10) определялись по рекомендациям работы [5].

Для выполнения расчета удельной себестоимости шлифования по формулам (1) – (10) в зависимости от периода T между ЭЭВ, составлена программа расчета на ПЭВМ в среде программирования Mathcad.

По предложенной программе были рассчитаны оптимальный период между ЭЭВ при внутреннем шлифовании отверстия образца из твердого сплава ВК15 исследуемыми кругами за время обработки $\tau_5 = 60$ мин.

Расчеты составляющих себестоимости осуществляли по нормативным данным на декабрь 2011 г. [6]. Средняя месячная заработная плата в машиностроительной отрасли составляла 3438 грн; первоначальная стоимость станка модели 3А227П $C_{cm} = 40000$ грн; первоначальная стоимость источника технологического тока $C_{ИТТ} = 5000$ грн; категория ремонтной сложности механической части оборудования K_m : станка – 8,5, ИТТ – 1; категория ремонтной сложности электрической части оборудования $K_э$: станка – 12, ИТТ – 3 [7]; стоимость 1 кВт·ч электроэнергии $C_э = 0,2$ грн/(кВт·ч); мощность двигателя гидропривода станка $N_г = 2,2$ кВт; мощность двигателя насоса охлаждения, $N_o = 0,12$ кВт; мощность двигателя привода бабки изделия $N_u = 0,76$ кВт; стоимость одного карата алмазов зернистостей: $C_{а 100/80} = 0,72$ грн/карат, $C_{а 125/100} = 0,87$ грн/карат, $C_{а 200/160} = 0,91$ грн/карат.

Результаты расчета оптимального времени между ЭЭВ T_{opt} и удельной себестоимости шлифования твердого сплава ВК15 по разработанной программе в соответствии с описанной методикой представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Влияние зернистости круга на производительность шлифования твердого сплава ВК15 с периодическими ЭЭВ при минимальной удельной себестоимости обработки

| Зернистость круга | Время между ЭЭВ T_{opt} , мин | Время ЭЭВ $\tau_{ЭЭВ}$, мин | Производительность обработки $Q_{ст ч}$, мм ³ /мин | Повышение производительности, % | Удельная себестоимость обработки, $C_{уд}$, грн/мм ³ | Снижение удельной себестоимости, % |
|-------------------|---------------------------------|------------------------------|--|---------------------------------|--|------------------------------------|
| 100/80 | 1 | 0,21 | 275 | 318 | 0,0016 | 244 |
| 125/100 | 1 | 0,12 | 270 | 396 | 0,0019 | 305 |
| 200/160 | 3 | 0,37 | 296 | 315 | 0,0016 | 269 |

Среднюю производительность шлифования за станко-час при шлифовании без ЭЭВ, оценивали количеством сошлифованного материала, найденного путем интегрирования уравнения (1) в пределах 0 – 60 минут. В этом случае, для зернистости 100/80 средняя производительность обработки составила 66 мм³/мин; для зернистости 125/100 – 54 мм³/мин и для зернистости 200/160 – 71 мм³/мин. Слабое влияние зернистости на производительность об-

работки объясняется использованием упругой схемы шлифования с одинаковой силой поджима РПК к поверхности образца, определяемой точностью обработки. В этом случае увеличение зернистости приводит к уменьшению количества одновременно работающих зерен, а также уменьшению глубины их внедрения в обрабатываемый материал. Удельная себестоимость при этом равнялась: для зернистости 100/80 – 0,0055 грн/мм³; для зернистости 125/100 – 0,0077 грн/мм³; для зернистости 200/160 – 0,0059 грн/мм³.

Как видно из приведенной таблицы 3, наибольшая производительность обработки достигается при шлифовании кругом зернистостью 200/160 при минимальной удельной себестоимости. При этом, повышение производительности при шлифовании твердого сплава ВК15 с периодическими ЭЭВ с оптимальным временем между электроэрозионными воздействиями на РПК кругами исследованных зернистостей находится в пределах 315 – 396 %, а снижение себестоимости обработки – в пределах 244 – 305 % по сравнению с аналогичными показателями шлифования без ЭЭВ кругом, запрограммированным электроэрозионным способом.

Выводы

1. При шлифовании твердого сплава ВК15 с периодическими ЭЭВ с оптимальным временем между электроэрозионными воздействиями кругами исследованных зернистостей находится в пределах 315 – 396 %, а снижение себестоимости обработки – в пределах 244 – 305 % по сравнению со шлифованием без ЭЭВ кругом, запрограммированным электроэрозионным способом.

2. Зернистость шлифовального круга оказывает влияние на величину времени между ЭЭВ, обеспечивающую минимальную себестоимость обработки.

3. При шлифовании без ЭЭВ по упругой схеме с одинаковой силой поджима РПК к поверхности образца зернистость практически не влияет на производительность обработки, так как увеличение зернистости приводит к уменьшению количества одновременно работающих зерен и глубины их внедрения в обрабатываемый материал.

1. Матюха П.Г., Полтавец В.В., Стрелков В.Б. Определение оптимального интервала времени между электроэрозионными воздействиями на рабочую поверхность круга при алмазном шлифовании твердого сплава. // Прогресивні технології і системи машинобудування. Донецьк: ДонНТУ. – 2006. – Вип. 31. – С. 203-209.

2. Стрелков В.Б. Определение себестоимости алмазного шлифования твердых сплавов при периодических электроэрозионных воздействиях на рабочую поверхность круга. // Накові праці Донецького національного технічного університету. Серія Машинобудування і машинознавство. Випуск 92. / Редкол.: Башков Є.О. (голова) та інш.– Донецьк: ДонНТУ. – 2005. – С. 109 – 117.

3. Матюха П.Г., Стрелков В.Б. Расчет объема сошлифованного материала в процессе алмазного шлифования твердого сплава ВК8 с периодическими электроэрозионными воздействиями на рабочую поверхность круга. // Сверхтвердые материалы. Научно теоретич. журнал, Киев. – 2005. – №1. – С. 51-57.

4. Пат. 94813 С2. Україна, МПК В24В 47/00. Шліфувальна бабка. / П.Г. Матюха, В.В. Габітов, М.С. Войтов, А.О. Благодарний. – Заявл. 19.11.2009; опубл. 10.06.2011, Бюл. №11.

5. Полтавец В.В. Себестоимость шлифования с управляющими воздействиями на РПК // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научн. трудов. – Донецк: ДонГТУ. – 2000. – Вып. 10. – С. 202-207.

6. Середня номінальна заробітна плата за видами економічної діяльності у 2011 році. www.donetskstat.gov.ua/statinform – Дата доступу: груд. 2011. – Назва з екрана.

7. Типовая система технического обслуживания и ремонта металло- и деревообрабатывающего оборудования / Минстанкопром СССР, ЭНИМС,- М.: Машиностроение, 1988. – 672с.