

УДК 621.923

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ АЛМАЗНО-ИСКРОВОГО ШЛИФОВАНИЯ НА ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ПРОЦЕССА

Краснощек Ю.С., к.т.н., доцент

*(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенко)*

Рассмотрено влияние функциональных параметров алмазно-искрового шлифования на энергоемкость процесса. Проведен анализ физических явлений, происходящих в зоне резания.

Одной из главных технических задач машиностроения является применение новых технологий с целью интенсификации производства и достижения высокого качества продукции. Современные технологии особо эффективны для механической обработки труднообрабатываемых материалов с повышенными прочностными и эксплуатационными свойствами. К таким материалам относятся инструментальные материалы – быстрорежущие и штамповые стали, твердые сплавы, легированные конструкционные стали, наплавки из различных материалов, нанесенные на изношенные поверхности и т.д.

Среди вышеупомянутых материалов следует отметить группу твердых сплавов – вольфрамсодержащих и безвольфрамовых. Особо низкой обрабатываемостью обладают безвольфрамовые твердые сплавы (БТС) вследствие их специфических свойств – повышенной окалорийности и коэффициента термического расширения, пониженной теплопроводности и модуля упругости [1]. Указанные свойства определяют большую чувствительность этих материалов к ударным и тепловым нагрузкам.

Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод, что наиболее прогрессивным способом обработки является алмазное шлифование. Однако пониженная шлифуемость БТС обнаруживается при алмазной обработке кругами на бакелитовых связках и на металлических в режиме алмазного, а также электролитического шлифования. Поэтому алмазное шлифование кругами на бакелитовых связках можно рекомендовать для доводки поверхностей.

Высокие показатели работоспособности алмазных кругов на металлических связках достигаются в условиях алмазно-искрового шлифования (АИШ) путем введения в зону резания дополнительной энергии в виде электрических импульсов. При этом в процессе АИШ происходит механическое резание алмазными зернами и за счет возникающих эрозионных разрядов – удаление частиц, засаливающих круг, самозатачивание его поверхности. В результате производительность обработки длительное время находится на высоком уровне, практически отсутствует контакт связки с

обрабатываемым материалом и выступание развитых зерен обеспечивает высококачественную обработку [2].

Оценка режущей способности кругов производится с помощью различных критериев, которые позволяют установить особенности взаимодействия рабочей поверхности инструмента с обрабатываемым материалом. Надежными критериями оценки режущей способности кругов, а также обрабатываемости материалов являются энергетические показатели – удельная работа и удельная энергоемкость шлифования [3]. Удельная работа шлифования учитывает работу, затрачиваемую на сьем определенного объема материала. Удельная энергоемкость процесса шлифования (B_m) оценивает энергию (работу A), расходуемую на снятие массы (ΔM) материала:

$$B_m = \frac{A}{\Delta M} = \frac{\int P_z \cdot V_{кр} \cdot d\tau}{\Delta M},$$

где P_z - тангенциальная составляющая силы резания, $V_{кр}$ - скорость круга,
 τ - время опыта.

Оптимальными следует считать такие условия обработки, при которых будут минимальные удельные энергетические затраты, приходящиеся на сьем единицы массы сошлифованного материала. По уровню значений удельной энергоемкости процесса можно судить об эффективности работы кругов и оценить обрабатываемость материалов.

Удельную энергоемкость шлифования определяли при резании различных по обрабатываемости твердых сплавов, включая безвольфрамовые: Т15К6, ТН-20, КНТ-16. Тангенциальные силы резания P_z , необходимые для нахождения удельной энергоемкости шлифования, определялись по упругой схеме взаимодействия при постоянной радиальной силе. В этом случае сила P_z характеризует нагрузку, необходимую для преодоления пластических деформаций, сил трения и образования новых поверхностей. Следует отметить, что в отличие от жесткой схемы шлифования в условиях упругого взаимодействия круга и детали большему значению силы P_z соответствуют лучшие режущие свойства кругов (более высокая производительность) и лучшая обрабатываемость материала.

Измерение силы P_z при заданной силе P_y производилось с помощью специального динамометра, установленного на приспособлении для упругой схемы шлифования. Конструкция тензометрической балки динамометра позволила исключать влияние заданной радиальной силы P_y на измеряемую силу P_z . Это достигается путем совмещения осей заготовки и тензометрической балки, а также ее разгрузки от сжимающих усилий с помощью шарнира, устанавливаемого в передней части динамометра (рис.).

Проводились исследования влияния важнейших факторов на силы резания, что дало возможность оценить удельную энергоемкость шлифования. В условиях АИШ влияние нормального давления на удельную энергоемкость

шлифования проявляется неодинаково при обработке различных марок твердых сплавов (табл.1). Зависимость критерия V_m от P_n для сплава Т15К6 характеризуется наличием максимума. При малых нормальных давлениях работа круга определяется, в основном, взаимодействием субмикроромок с обрабатываемым материалом, поэтому удельная энергоемкость шлифования невысокая, т.к. припуск снимается с незначительными пластическими деформациями и трением.

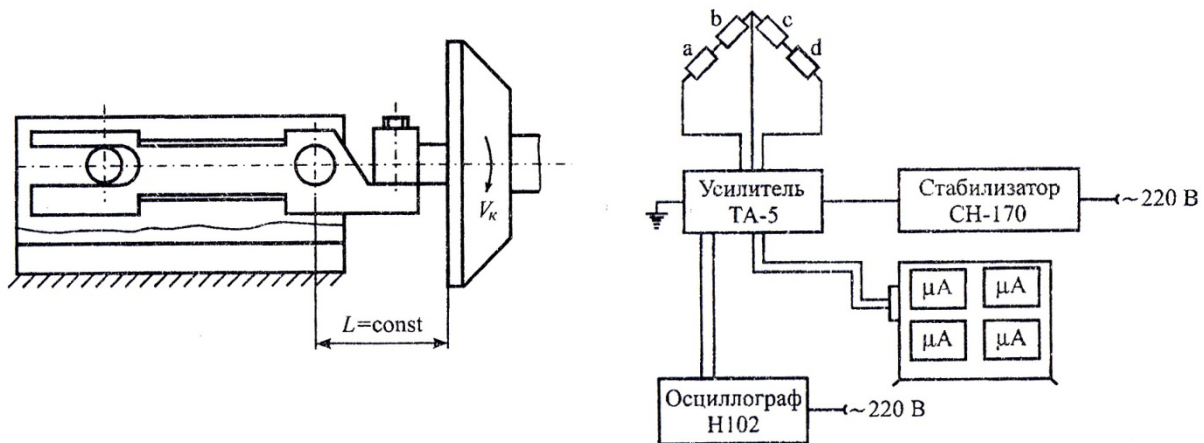


Рисунок 1 - Схема изменения сил резания

Таблица 1 - Влияние нормального давления V_m ($\text{Дж/г} \cdot 10^3$) при АИШ

Сплав	Нормальное давление - P_n , МПа							
	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
Т15К6	3,8	4,2	5,1	5,1	5,2	5,0	4,9	4,9
ТН-20	7,0	8,2	8,3	8,4	8,5	8,9	9,3	10,0
КНТ-16	64,2	49,8	42,6	39,1	39,5	33,0	33,6	37,2

Условия шлифования:

Круг 12А2-45° АС6 100/80 М1-01-4, $V = 25$ м/с.

Увеличение нормального давления до 1,0...1,2 МПа способствует повышению глубины внедрения алмазных зерен в обрабатываемый материал и ослаблению роли субмикроромок в резании, что вызывает возрастание значения V_m . Дальнейшее повышение P_n приводит к снижению удельной энергоемкости шлифования, что объясняется снижением степени роста усилия P_z по сравнению с ростом производительности. Указанное обстоятельство, по-

видимому, объясняется достижением благоприятного соотношения $\frac{a_z}{\rho}$, определяющего характер трения и пластической деформации [3].

При обработке сплавов ТН-20 удельная энергоёмкость шлифования растёт во всем испытываемом диапазоне давлений (табл. 1). Такая закономерность связана с интенсивным затуплением субмикроромок алмазных зерен и образованием на них площадок износа вследствие низкой теплопроводности сплава ТН-20 и высокой твердости карбидов титана. При этом затрудняется внедрение режущих элементов кругов в целом из-за

$$\frac{a_z}{\rho}$$

ухудшения соотношения ρ , поэтому рост энергетических затрат несколько опережает увеличение съема материала.

Обработка сплава КНТ-16 характеризуется крайне низкой производительностью и небольшим уровнем сил, что приводит к высоким значениям удельной энергоёмкости. Так, при $P_n = 1,2$ МПа B_m сплава КНТ-16 составляет $39,5 \text{ Дж/г} \cdot 10^3$, что в 7,6 раза выше, чем для сплава Т15К6 и в 4,6 раза выше, чем для сплава ТН-20. Такая тенденция связана с превышением темпа роста производительности над повышением темпа роста сил резания.

Отставание темпа роста силы P_z связано с тем, что она в рассматриваемом случае определяется в большей степени не резанием, а трением алмазных зерен об обрабатываемую поверхность вследствие интенсивного образования площадок износа (работу круга можно представить как работу диска трения). При этом особенно в зоне низких давлений может происходить массовое проскальзывание затупленных зерен, что обуславливает значительные пластические оттеснения и трение, повышая удельную энергоёмкость шлифования.

Подтверждением вышеизложенного может служить сравнение коэффициента трения безалмазного круга на связке М1-01-4 и коэффициента шлифования при обработке сплава КНТ-16. Эти параметры имеют близкие значения в особенности при малом нормальном давлении; с его увеличением несколько возрастает коэффициент шлифования, а коэффициент трения снижается, что повышает производительность.

Увеличение скорости резания приводит к некоторому росту энергетических затрат при шлифовании всех марок сплавов (табл. 2). Повышение скорости резания приводит к возрастанию работы резания алмазными зернами и является главной причиной увеличения энергоёмкости процесса.

Таблица 2 - Влияние скорости резания на B_m ($\text{Дж/г} \cdot 10^3$) при АИШ

Сплав	Скорость резания, м/с					
	15	20	25	30	35	40
Т15К6	3,0	4,0	5,0	6,0	6,9	7,9
ТН-20	5,9	7,6	8,9	10,3	11,4	12,6
КНТ-16	25,0	28,9	33,0	37,9	42,0	46,6

Условия шлифования:

Круг 12A2-45° AC6 100/80 M1-01-4, $P_n = 1,4$ МПа.

При повышении зернистости алмазных кругов наблюдается некоторое увеличение энергоемкости шлифования (табл. 3). Это объясняется большими размерами площадок износа на крупных зернах, что увеличивает работу трения об обрабатываемый материал. При работе мелкозернистыми кругами происходит более интенсивное обновление режущей поверхности, приводящее к росту производительности, что уменьшает энергетические затраты.

Таблица 3 - Влияние зернистости кругов на B_m (Дж/г·10³) при АИШ

Сплав	Зернистость кругов			
	50/40	100/80	160/125	200/160
Т15К6	4,7	5,0	5,2	5,3
ТН-20	8,4	8,9	9,0	9,1
КНТ-16	30,9	33,0	34,4	35,3

Условия шлифования:

Круг 12A2-45° AC6 M1-01-4, $V = 25$ м/с, $P_n = 1,4$ МПа.

Влияние относительной концентрации алмазов кругов на энергоемкость процесса можно считать слабым (табл. 4), но все-таки с ростом концентрации наблюдается снижение B_m из-за повышения производительности. Следует учитывать также, что с ростом концентрации уменьшается работа трения связки.

Таблица 4 - Влияние относительной концентрации алмазов на B_m (Дж/г·10³) при АИШ

Сплав	Относительная концентрация			
	50	100	150	200
Т15К6	5,24	5,0	4,7	4,5
ТН-20	9,2	8,9	5,6	8,12
КНТ-16	35,2	33,0	31,3	30,4

Условия шлифования:

Круг 12A2-45° AC6 100/80 M1-01-4, $V = 25$ м/с, $P_n = 1,4$ МПа.

Анализ уровня и характера изменения удельной энергоемкости шлифования дает возможность оценить режущую способность кругов в зависимости от условий обработки. Сопоставляя значения B_m при алмазном шлифовании кругами на бакелитовых связках и АИШ, можно сделать вывод о

существенной разнице в удельных энергетических затратах рассматриваемых процессов. В условиях АИШ удельная энергоемкость шлифования значительно ниже, чем при обычном алмазном шлифовании, например, при обработке сплава ТН-20 примерно в 20 раз, что является свидетельством высокой эффективности процесса.

Следует иметь в виду, что удельная энергоемкость шлифования не может однозначно характеризовать эффективность процесса, т.к., например, малое значение энергоемкости возможно при малой производительности и небольших энергетических затратах. Так, для сплавов Т15К6 и ТН-20 изменение нормального давления незначительно влияет на удельную энергоемкость шлифования, поэтому условия шлифования целесообразно выбирать в сочетании с другими показателями процесса – производительностью или качеством поверхностного слоя.

Список литературы:

1. Узунян М.Д. Алмазно-искровое шлифование твердых сплавов. – Харків: НТУ «ХП», 2003. – 399 с. 2. Краснощек Ю.С. Взаимосвязь производительности с функциональными параметрами процесса алмазно-искрового шлифования. - Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка, Харків, 2010, вип.. 96, с. 96-103. 3. Маслов Е.Н. Теория шлифования материалов. – М.: Машиностроение, 1979. – 320 с.

Анотація

Вплив умов алмазно-іскрового шліфування на енергоємність процесу Краснощек Ю.С.

Розглянуто вплив функціональних параметрів алмазно-іскрового шліфування на енергоємність процесу. Проведено аналіз фізичних явищ, які відбуваються у зоні різання.

Abstract

Influence of conditions of the diamonde and spark grinding upon energy capacitance of the process

Krasnoshek Y.S.

The influence of functional parameters of diamonde and spark grinding upon energy capacitance is considered. The analysis of physical phenomena occured in the zone of cutting is performed.