

Определение расхода алмазов при алмазном шлифовании по упругой схеме титанового сплава ВТ14

Н.Н. Шаповалова, В.В. Полтавец
Донецкий национальный технический университет, г. Донецк,
Донецкая народная республика

Аннотация: В статье рассмотрено математическое описание текущего расхода алмазов при плоском врезном шлифовании образцов из титанового сплава ВТ14. Приведены описания использовавшихся измерительных установок и методик измерений. По экспериментальным данным выведены регрессионные зависимости текущего расхода алмазов от времени при шлифовании по упругой схеме без электроэрозионных управляющих воздействий на рабочую поверхность круга и при шлифовании с одновременными электроэрозионными управляющими воздействиями на максимальных электрических режимах.

Ключевые слова: титан, алмазное шлифование, зернодержащий слой, расход алмазов

Одной из важных зависимостей, используемых при оптимизации режимов шлифования кругами из сверхтвёрдых материалов (СТМ), являются математические выражения, описывающие изменение во времени обработки расхода зёрен СТМ. Большое практическое значение имеет получение таких описаний для титановых сплавов, характеризующих плохой обрабатываемостью алмазно-абразивным инструментом [1].

Рассмотрим изменение текущего расхода алмазов при плоском врезном шлифовании образцов из титанового сплава ВТ14 в отожженном состоянии по упругой схеме с постоянной силой поджима образца к кругу алмазным шлифовальным кругом 1А1 250х76х16х5 АС6-200/160-4-М2-01. Обработка велась на плоскошлифовальном станке модели ЗГ71, модернизированном для осуществления алмазного шлифования твердых сплавов с управлением параметрами рабочей поверхности круга (РПК) электроэрозионным способом и формирования параметров РПК на стадии правки, на режимах, приведенных в табл. 1.

Таблица 1

Режимы резания при плоском врезном алмазном шлифовании образцов
из титанового сплава ВТ14 по упругой схеме шлифовальным кругом
1А1 250х76х16х5 АС6-200/160-4-М2-01

Скорость круга V_k , м/с	Скорость де- тали V_d , м/мин	Поперечная подача S_n , мм/ход	Глубина резания t_ϕ , мкм	Сила поджима образца к кругу P_n , Н
35	6	0	<i>var</i>	40

Для определения толщины износившегося при обработке зерносодержащего слоя, которая необходима для расчета расхода алмазов, использовалось специальное устройство (рис. 1), конструкция которого описана в работе [2].

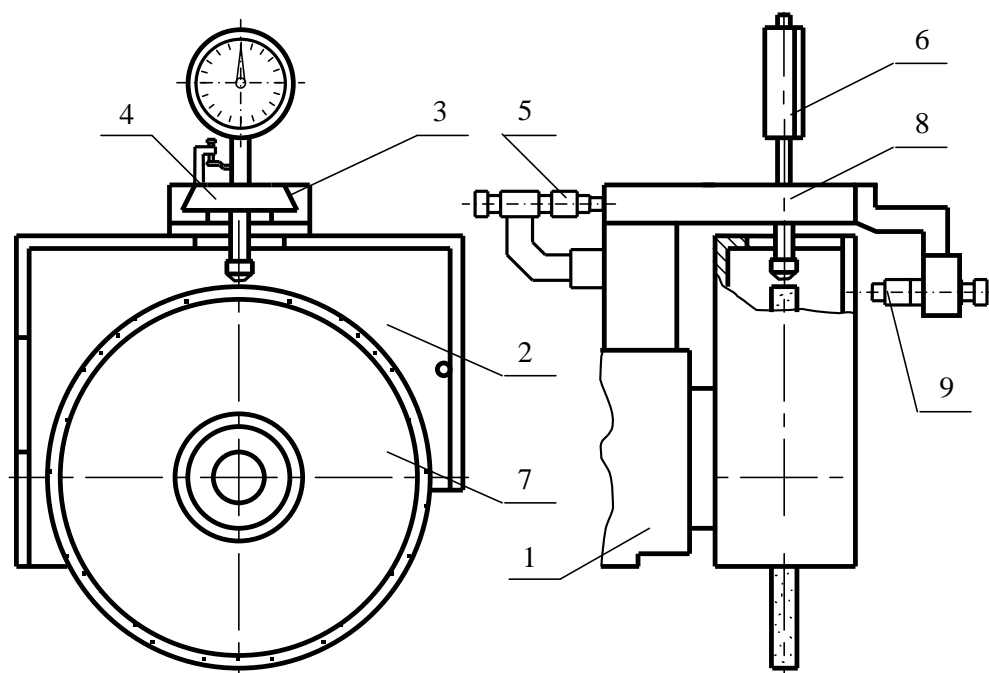


Рисунок 1 – Устройство для измерения удаленного зерносодержащего слоя на шлифовальном круге

Устройство смонтировано в корпусе 8, устанавливаемом на шлифовальной бабке 1 плоскошлифовального станка. Корпус содержит направляющие 3 типа “ласточкин хвост”. В направляющие установлен ползун 4, перемещаемый ножкой микрометра 5. На ползуне закреплен индикатор часового типа 6 с ценой деления 0,001 мм и лупа Бринелля 9.

Для обеспечения доступа к рабочей поверхности круга кожух шлифовального круга имеет съёмную часть, которая убиралась перед проведением измерения.

На торцевой поверхности круга нанесены шесть симметричных маркированных радиальных рисок, по которым с помощью шкалы на лупе Бринелля в радиальном направлении с высокой точностью устанавливаются исследуемые продольные сечения РПК в измерительное положение. С помощью микрометра 4 измерительный наконечник индикатора выводится в точку с заданной координатой в осевом направлении вдоль оси круга, после чего ножка индикатора опускается на РПК. Показания индикатора в заданной точке регистрируются.

С целью исключения влияния возникающих в процессе обработки вибраций на положение измерительной базы индикатора при выполнении шлифования ползун снимался с корпуса устройства.

Для контроля идентичности баз перед измерением в каждом сечении проводилась проверка базы индикатора (рис. 2). Поверочное устройство состоит из

плиты 1 и плоскопараллельной концевой меры 2, на которую опирается ножка 5 индикатора 4. Контрольная плита имеет высокоточную опорную поверхность 3, по которой базируется измерительный ползун при проверке базы индикатора.

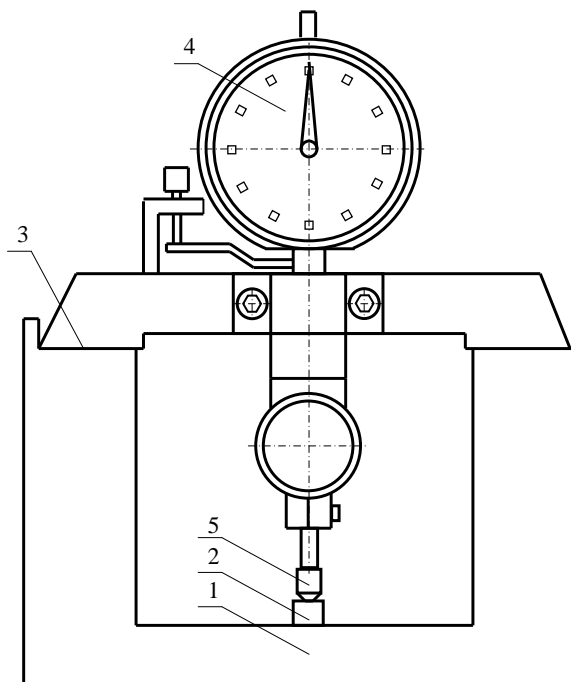


Рисунок 2 – Устройство для проверки базы индикатора при измерениях удаленного зерносодержащего слоя

Описанное устройство для измерения износа круга отличается надежностью базирования измерительной плиты относительно РПК;

Определение расхода алмазов при шлифовании основывалось на расчете объема изношенного алмазоносного слоя по данным измерения радиальных координат отдельных точек РПК до и после проведения обработки образца по методике, изложенной в работе [3].

Объем износившегося либо удаленного в процессе электроэрозионных воздействий на РПК алмазоносного слоя оценивали по формуле

$$V_{ac} = \frac{F_1 + F_2 + \dots + F_k}{k} \cdot \pi \cdot D_{кр},$$

где F_1, F_2, \dots, F_k – площадь износившегося алмазоносного слоя в k -м сечении РПК в радиальном направлении, мм²;

k – количество исследуемых сечений РПК в радиальном направлении;

$D_{кр}$ – средний диаметр рабочей поверхности круга, мм.

Площадь износившегося алмазоносного слоя в каком-либо сечении определяли по формуле

$$F_k = \left[\frac{\Delta h_1 + \Delta h_n}{2} + \sum_{i=2}^{n-1} \Delta h_i \right] \cdot \frac{B_K}{n-1},$$

где Δh_i – разность радиальных координат отдельных точек РПК в осевом направлении (рис. 3), мм;

$\Delta h_1, \Delta h_n$ – разность радиальных координат крайних точек РПК, мм;
 n – количество замеров радиальных координат в осевом сечении, включая крайние точки;
 B_k – высота круга, мм.

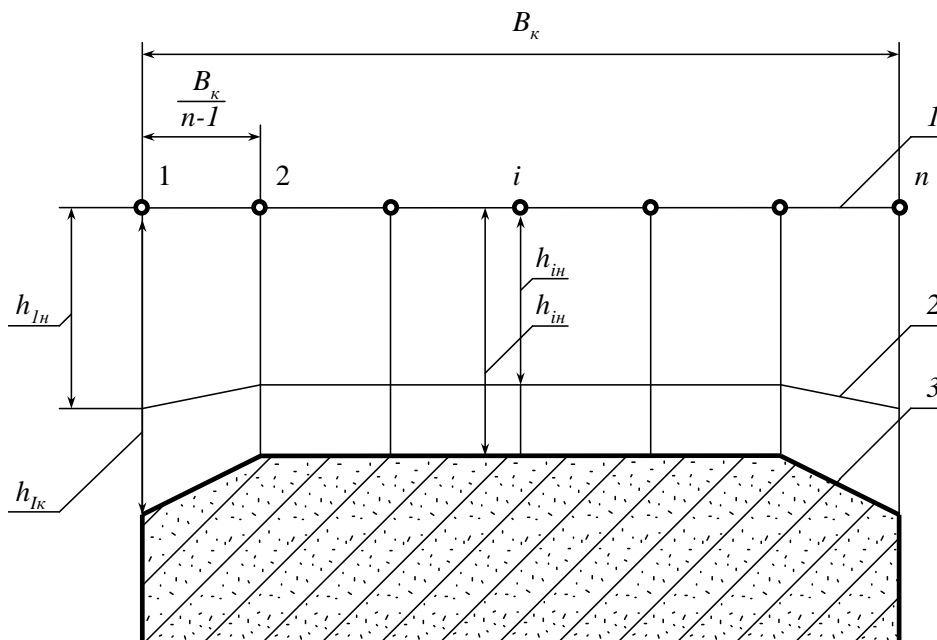


Рисунок 3 – Схема определения площади износившегося зерносодержащего слоя в k -м сечении:

1 – начало отсчета; 2 – профиль круга до проведения опыта;
 3 – профиль круга после проведения опыта

Величину $D_{\text{крп}}$ рассчитывали по формуле

$$D_{\text{крп}} = \frac{2 \cdot \sum_{j=1}^{k/2} D_j}{k},$$

где D_j – диаметр рабочей поверхности круга в измеряемом сечении, мм.

Массу израсходованных алмазов определяли, используя формулу

$$M_a = \frac{0,878 \cdot V_{ac} \cdot K}{100},$$

где 0,878 – масса алмазов в 1 мм^3 алмазоносного слоя, мг;

K – относительная концентрация алмазов, %.

Закономерность изменения текущего расхода алмазов M во времени обработки τ аппроксимировали экспоненциальной зависимостью вида

$$M(\tau) = M_{\text{уст}} + \Delta M \cdot \exp(\gamma\tau), \quad (1)$$

где $M_{\text{уст}}$ – установившийся текущий расход алмазов, мг/мин;

$\Delta M = M_0 - M_{\text{уст}}$ – амплитуда снижения текущего расхода алмазов, мг/мин;

M_0 – исходный текущий расход алмазов при рельефе РПК, параметры которого сформированы после электроэрозионной правки круга, мг/мин;

γ – эмпирический коэффициент.

После определения методом наименьших квадратов значения эмпирического коэффициента γ уравнение (1), описывающее изменение текущего расхода алмазов во времени при шлифовании титанового сплава ВТ14, приняло вид:

$$M = 13 + 706 \cdot \exp(-0,182 \tau), \text{ мг/мин} \quad (2)$$

Используя полученные экспериментальные данные, проанализируем изменение текущего расхода алмазов во времени при шлифовании титанового сплава ВТ14 и при шлифовании быстрорежущей стали Р6М5Ф3, принятой за эталонный материал, на идентичных режимах (кроме силы поджима образца к кругу: для ВТ14 $P_n = 40$ Н, для Р6М5Ф3 $P_n = 80$ Н) (рис. 4).

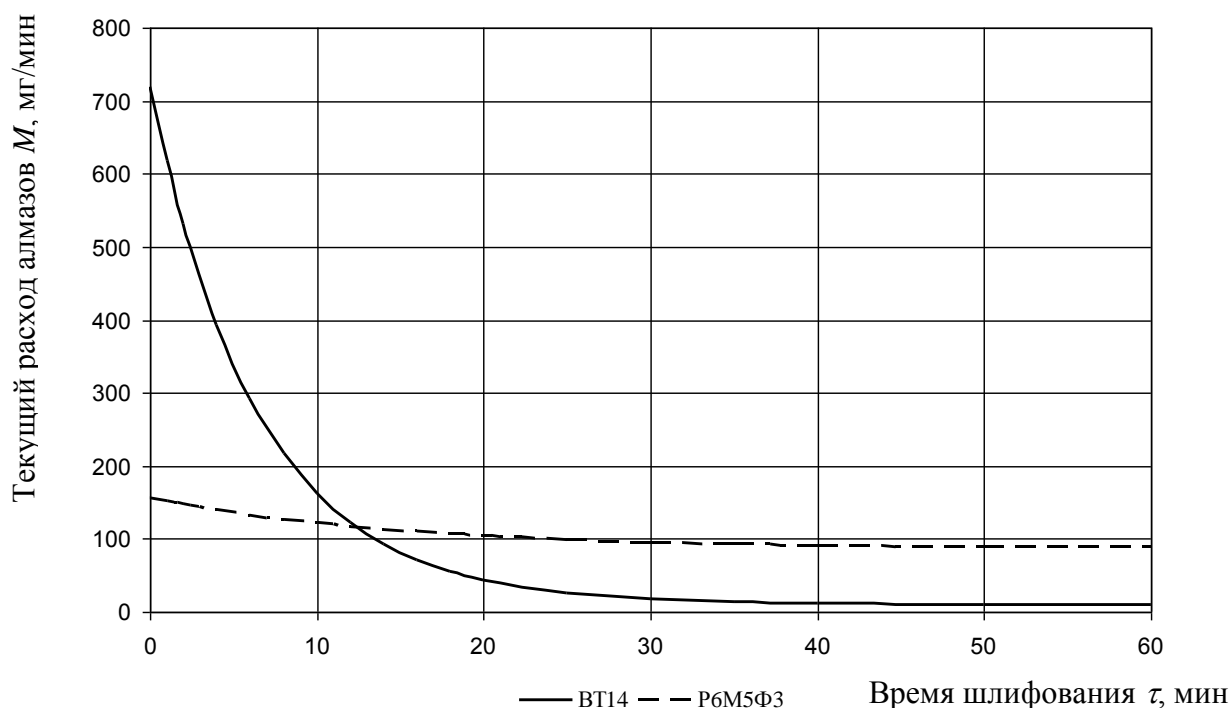


Рисунок 4 – Изменение текущего расхода алмазов шлифовального круга 1А1 250x76x16x5 АС6-200/160-4-М2-01 во времени при плоском врезном шлифовании по упругой схеме титанового сплава ВТ14 и быстрорежущей стали Р6М5Ф3 на режимах: $V_k = 35$ м/с, $V_d = 6$ м/мин, $P_{n \text{ ВТ14}} = 40$ Н, $P_{n \text{ Р6М5Ф3}} = 80$ Н

Из рис. 4 видно, что, несмотря на меньшее значение силы поджима образца к кругу, текущий расход алмазов при шлифовании титанового сплава ВТ14 в начальный момент времени в 4,5 раза больше, чем при шлифовании быстрорежущей стали Р6М5Ф3. Это объясняется хорошо заметными адгезионными явлениями при взаимодействии титанового сплава с поверхностью шлифовального круга, что приводит к вырыву из РПК слабо закреплённых в связке алмазных зёрен. В дальнейшем (после 15-35 минут обработки) текущий расход

алмазов при шлифовании титанового сплава ВТ14 стабилизируется на существенно более низком уровне, чем при шлифовании быстрорежущей стали Р6М5Ф3, что вызвано сильно выраженным наростобразованием титана на алмазных зёрнах и преимущественным участием сформировавшегося нароста, а не режущих элементов алмазных зёрен, в процессе резания.

Закономерность изменения текущего расхода алмазов M во времени обработки τ при одновременных электроэрозионных управляющих воздействиях на максимальных электрических режимах (средняя сила тока электроэрозионных воздействий $I_{cp} = 10$ А) аппроксимировали линейной зависимостью вида

$$y = b_1 \cdot \tau + b_0, \quad (3)$$

где b_0 – начальная ордината,

b_1 – коэффициент при переменной τ .

Соответствующая выражению (3) закономерность изменения текущего расхода алмазов M_g во времени обработки с одновременными электроэрозионными управляющими воздействиями на максимальных электрических режимах описывалась уравнением:

$$M_g = 9,26 \cdot \tau - 13,75, \text{ мг/мин.} \quad (4)$$

График полученной по экспериментальным данным зависимости (4) приведен на рис. 5.

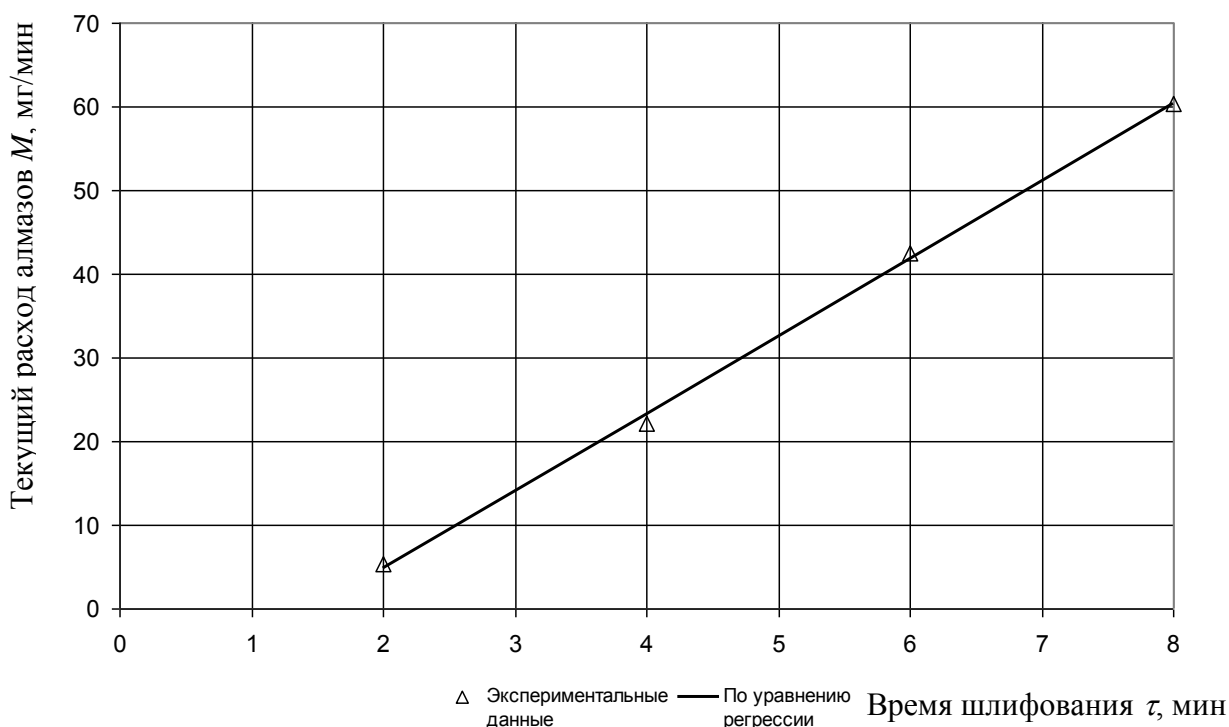


Рисунок 5 – Изменение текущего расхода алмазов шлифовального круга 1А1 250х76х16х5 АС6-200/160-4-М2-01 во времени при плоском врезном шлифовании по упругой схеме титанового сплава ВТ14 с одновременными электроэрозионными управляющими воздействиями на максимальных электрических режимах

Экспериментальные данные, приведенные на рис. 5, подтверждают четко выраженный линейный характер изменения текущего расхода алмазов M_g во времени обработки τ при восстановлении режущих свойств шлифовального круга за счёт одновременных электроэрозионных управляющих воздействий на максимальных электрических режимах.

Выводы:

1. Зависимость текущего расхода алмазов от времени обработки при шлифовании титанового сплава ВТ14 по упругой схеме без электроэрозионных управляющих воздействий на РПК имеет явный нелинейный характер, а при шлифовании с одновременными электроэрозионными управляющими воздействиями на РПК на максимальных электрических режимах – линейный.

2. Полученные по экспериментальным данным математические выражения (2) и (4), отражающие изменение текущего расхода алмазов при разных способах осуществления алмазного шлифования титанового сплава ВТ14, являются необходимым компонентом оптимизационной модели рассматриваемого процесса.

Библиографический список:

1. Илларионов, А.Г. Технологические и эксплуатационные свойства титановых сплавов: учебное пособие / А.Г. Илларионов, А.А. Попов. – Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2014. – 137 с.
2. Матюха, П.Г. Устройство для определения износа алмазных шлифовальных кругов / П.Г. Матюха, В.П. Цокур, В.Р. Габитов; Донецкий политехн. ин-т. – Ред. журнала “Сверхтвёрдые материалы”. – Киев, 1984. – 8 с.: Деп. в ВИНТИ № 7006-84 Деп.
3. Попов, С.А. Алмазно-абразивная обработка металлов и твердых сплавов / С.А. Попов, Н.П. Малевский, Л.М. Терещенко – М.: Машиностроение, 1977. – 263 с.