

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕТАЛЛООБРАБОТКИ ПО КРИТЕРИЯМ СЕБЕСТОИМОСТИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Традиционно выбор оптимальных технологических процессов в металлообработке производится на основе экономических критериев. Поэтому в работе обоснован выбор оптимального варианта технологического процесса шлифования твердосплавного режущего инструмента (табл. 1), широко применяемого в машиностроительном производстве, на основе проведенных исследований [1–3].

Таблица 1

Сравниваемые варианты технологического процесса обработки цилиндрической поверхности специального твердосплавного режущего инструмента – развертки (диаметр – 20 мм, длина – 30 мм, припуск – 1 мм)

№ варианта	Операция круглого наружного продольного шлифования	Операция доводки алмазной пастой	Время обработки, мин
1	Алмазный круг 1А1 300х20х5 АС6 125/100 М1-10 4 после электроэрозионной правки и обтачивания алмазным правящим карандашом; $R_a = 0,1$ мкм; $\tau = 2$ мин	Нет	2
2	Алмазный круг 1А1 300х20х5 АС6 125/100 М1-10 4 после электроэрозионной правки; $R_a = 1,0$ мкм; $\tau = 1$ мин	Припуск – 0,02 мм; $R_a = 0,1$ мкм; $\tau = 4$ мин	5
3	Алмазный круг 1А1 300х20х5 АС4 100/80 В2-01 4; $R_a = 0,4$ мкм; $\tau = 3$ мин	Припуск – 0,02 мм; $R_a = 0,1$ мкм; $\tau = 4$ мин	7

Как видим, первый вариант обеспечивает наименьшее время обработки, т.е. наибольшую производительность, не требует применения операции доводки алмазной пастой. Необходимая шероховатость обработки $R_a = 0,1$ мкм формируется на операции круглого наружного продольного шлифования, включающего переходы черного шлифования и выхаживания. Переход выхаживания обеспечивает точность размера обрабатываемой поверхности в пределах 0,01 мм.

Производительность обработки при круглом наружном продольном шлифовании алмазным кругом на органической связке В2-01 меньше, чем при шлифовании алмазным кругом на металлической связке М1-10 (как

после электроэрозионной правки круга, так и после его обтачивания алмазным правящим карандашом).

Проведем анализ технологической себестоимости обработки в соответствии с зависимостью, приведенной в работе [4], учитывающей три основные изменяющиеся статьи затрат:

$$C = a_1 \cdot q + \frac{a_2}{Q \cdot \rho_m} + E_n \cdot K_{\text{доп}}, \quad (1)$$

где a_1 – стоимость алмазного порошка в инструменте, грн/мг; a_2 – зарплата рабочего, грн/с; q – удельный расход алмаза, мг/г; ρ_m – плотность обрабатываемого материала, г/мм³; Q – производительность обработки, мм³/с; E_n – нормативный коэффициент окупаемости ($E_n = 0,15$); $K_{\text{доп}}$ – дополнительные капитальные вложения, грн.

Из зависимости (1) следует, что первое слагаемое обусловлено расходом алмазного порошка инструмента, а второе – производительностью обработки. С увеличением производительности обработки Q технологическая себестоимость обработки C уменьшается. Следовательно, второе слагаемое зависимости (1) будет наименьшим для первого рассматриваемого варианта технологического процесса (табл. 1).

Нами были проведены экспериментальные исследования удельного расхода алмаза q при шлифовании алмазным кругом 1A1 300x20x5 AC6 125/100 M1-10 4 (после его электроэрозионной правки, а также после его обтачивания алмазным правящим карандашом) и алмазным кругом 1A1 300x20x5 AC4 100/80 B2-01 4, рис. 1. Как видим, наименьший удельный расход алмаза q достигается при шлифовании алмазным кругом на металлической связке M1-10 после его обтачивания алмазным правящим карандашом. Исходя из этого, можно заключить, что для первого варианта технологического процесса обеспечивается наименьшее первое слагаемое зависимости (1), а третье слагаемое равно нулю. Следовательно, наименьшая технологическая себестоимость обработки C достигается по первому варианту технологического процесса. Поэтому его необходимо рекомендовать для практического применения.

Разработанный технологический процесс финишной обработки цилиндрических твердосплавных поверхностей, включающий лишь операцию круглого наружного продольного шлифования алмазным кругом на металлической связке (после его обтачивания алмазным правящим карандашом), был внедрен на Харьковском машиностроительном заводе “ФЭД”. Для этого круглошлифовальный станок был модернизирован под электроэрозионную правку алмазных кругов на металлических связках, укомплектован специальным источником технологического тока мощностью 4,5 кВт.

Технологический процесс шлифования обеспечивает съем больших припусков – 0,5...2,0 мм, а, например, при шлифовании последней ступени многоступенчатых твердосплавных зенкеров – до 10 мм. При этом

обеспечивается шероховатость обработки в пределах $R_a = 0,1 \dots 0,2$ мкм, точность размера обрабатываемой поверхности – в пределах 0,01 мм.

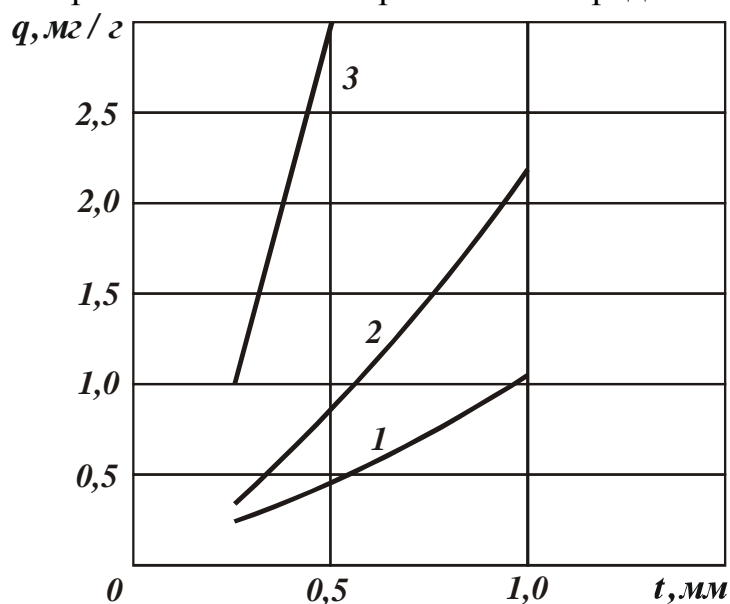


Рис. 1. Зависимость удельного расхода алмаза q от глубины шлифования t при шлифовании алмазным кругом на металлической связке после притупления режущих кромок (1) и после электроэрозионной правки (2), при шлифовании алмазным кругом на органической связке (3).

Для эффективного ведения процесса шлифования важно правильно подготовить к работе впервые устанавливаемый на станок алмазный круг на металлической связке: устранить биение круга и произвести его качественную правку. Для устранения биения необходимо произвести динамическую и статическую балансировку круга. При балансировке предельное значение смещения центра тяжести круга относительно оси вращения не должно превышать 32 мкм. После установления круга на планшайбу, с помощью оправки и балансировочного приспособления, круг балансируют по четырем точкам. Затем устанавливают на станок и производят предварительную правку. После чего круг повторно балансируется на оправке по 6 – 8 точкам, устанавливается на станок и производится окончательная его правка. Нормальная эксплуатация алмазных кругов возможна при осевом и радиальном биении не выше соответственно 0,01 и 0,025 мм при предварительной обработке и 0,003 и 0,015 мм – при окончательной обработке.

Опытами установлено, что обеспечение радиального биения алмазного круга на металлической связке в пределах 0,01 мм позволяет производить эффективную качественную обработку специальных твердосплавных режущих инструментов и других ответственных твердосплавных изделий. Притупление режущих кромок алмазного круга путем его обтачивания алмазным правящим карандашом, рекомендуется производить после электроэрозионной правки алмазного круга. Это обеспечивает более свободное размещение продуктов обработки на рабочей поверхности

алмазного круга в процессе шлифования и снижает трение металлической связки круга с обрабатываемым материалом.

Рекомендуемые варианты технологического процесса круглого наружного продольного шлифования твердосплавных изделий с применением алмазного круга 1А1 300х20х5 на металлической связке М1-10:
Вариант 1:

Окончательное шлифование алмазным кругом после его обтачивания алмазным правящим карандашом ($R_a = 0,1 \dots 0,2$ мкм, повышение производительности в 2 – 5 раз по отношению к действующей технологии); глубина шлифования $t = 0,01 - 0,05$ мм.

Вариант 2:

- 1) предварительное высокопроизводительное шлифование алмазным кругом на металлической связке после его электроэрозионной правки (съем основной части припуска, увеличение в 2 – 4 раза производительности по отношению к шлифованию алмазным кругом на органической связке, снижение расхода алмаза); глубина шлифования $t = 0,05 - 0,1$ мм.
- 2) окончательное чистовое шлифование алмазным кругом на металлической связке после его обтачивания алмазным правящим карандашом ($R_a = 0,1$ мкм, многократное повышение производительности по отношению к доводке на доводочной бабке); глубина шлифования $t = 0,01$ мм.

Список литературы: 1. *Дитиненко С.А., Новиков Ф.В.* Автоматизированный расчет шероховатости поверхности при шлифовании. – Високі технології в машинобудуванні: Збірник наукових праць НТУ"ХПІ". – Харків, 2006. – Вип. 2 (13). – С. 35-40. 2. Теоретические основы резания и шлифования материалов: Учебное пособие / *А.В. Якимов, Ф.В. Новиков, Г.В. Новиков, Б.С. Серов, А.А. Якимов.* – Одесса: ОГПУ, 1999. – 450 с. 3. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общей редакцией *Ф.В. Новикова и А.В. Якимова.* В десяти томах. – Т.4. “Теория абразивной и алмазно-абразивной обработки материалов” – Одесса: ОНПУ, 2002. – 802 с. 4. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общей редакцией *Ф.В. Новикова и А.В. Якимова.* В десяти томах. – Т.7. “Точность обработки деталей машин” – Одесса: ОНПУ, 2004. – 546 с. 5. *Новиков Ф.В., Дитиненко С.А.* Технология и теория прецизионной обработки твердосплавных инструментов алмазными кругами на металлических связках. - Физические и компьютерные технологии. - Труды 8-й Международной научно-технической конференции, 9-10 декабря 2003г. – Харьков: ХНПК “ФЭД”, 2003. – С. 34-39.