

# ОСОБЕННОСТИ ГЕОМЕТРИИ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КРУГА ПРИ ВНУТРЕННЕМ ШЛИФОВАНИИ

*А.В. Попова*

Шлифование это процесс множественного скоростного микрорезания абразивными зёрнами, при котором обрабатываемая поверхность формируется в результате наложения рисок, оставленных от срезания микростружек, друг на друга [1].

Существует большое количество разнообразных видов шлифования: круглое наружное шлифование с продольной подачей, круглое наружное шлифование врезанием, бесцентровое шлифование, внутреннее шлифование, плоское шлифование периферией круга, плоское шлифование торцом круга. Рассмотрим более подробно наиболее часто встречающиеся – круглое наружное шлифование с поперечной подачей и внутренне шлифование.

Наружное круглое шлифование с поперечной подачей, иногда называемое шлифованием «в упор» или врезным шлифованием, применяется при сравнительно небольшой длине шлифуемой поверхности (шейки коленчатых валов и др.). Обеспечивает высокую производительность за счет максимального числа абразивных зёрен круга, приходящихся на данную шлифуемую поверхность.

Особенности наружного шлифования рассмотрены в работах многих авторов: Г.Б. Лурье, Е.Н. Маслова, Л.Н. Филимонова, С.А. Поповым, Н.П. Ма-

левским, Л.М. Терещенко и др. Не малое внимание в данных работах было уделено оценки работоспособности шлифовального круга.

Одним из первых решений комплексного учета эксплуатационных свойств шлифовальных кругов на этапе проектирования шлифовальных операции стали карты шлифования, разработанные французскими учеными J. Peters, A. Decneut, R. Aarens.

Позднее, в 90-х годах в Челябинской школе шлифования под руководством профессора С.Н. Корчака был разработан паспорт эксплуатационных показателей шлифовального круга, в котором применены расчетные модели составляющих силы шлифования.

На основе предшествующих работ была разработана Д.В. Ардашевым структура технологического эксплуатационного паспорта шлифовального круга для наружного круглого шлифования с радиальной подачей, описанная в работе [2].

Внутреннее шлифование с продольной подачей. В этом случае круг находится в отверстии шлифуемой детали, поэтому диаметр круга должен быть меньше диаметра шлифуемого отверстия. Круг и деталь вращаются обычно в противоположных направлениях. Кругу относительно детали сообщаются продольная и поперечная подачи.

В отличие от наружного круглого шлифование внутреннее шлифование имеет ряд особенностей: 1) зависимость диаметра шлифовального круга от диаметра шлифуемого отверстия детали; 2) необходимость ввода круга в отверстие, что требует значительного вылета шпинделя, несущего шлифовальный круг, особенно при шлифовании длинных отверстий. Это приводит к снижению жесткости системы и ограничивает применение производительных режимов; 3) необходимость применения очень высокой частоты вращения шпинделя шлифовального круга для обеспечения оптимальной скорости резания; 4) дуга контакта при внутреннем шлифовании больше, чем при круглом наружном и плоском шлифовании; 5) при внутреннем шлифовании возникают трудности с подачей СОЖ в зону резания.

Наиболее значимой особенностью внутреннего шлифования является наибольшая длина дуга контакта по сравнению с длиной контакта при других видах шлифования ( $L_{вн} > L_{пл} > L_n$ ). Для определения численного сравнения длин дуг контакта при внутреннем шлифовании и наружном шлифовании с радиальной подачей были произведены расчеты на основе формул, представленных в работе Е.Н. Маслова [3].

Длина дуги контакта при наружном шлифовании:

$$L_n = \sqrt{\frac{dDt}{d+D}}, \quad (1)$$

где  $D$  – диаметр шлифовального круга, мм;  $d$  – диаметр обрабатываемой заготовки, мм;  $t$  – номинальная глубина резания (поперечная подача), мм/дв. ход.

Значения диаметров обрабатываемых заготовок и поперечных подач, находящиеся в зависимости между собой, были взяты из справочника [4]. Диаметр шлифовального круга были принят равный 600 мм.

Длина дуги контакта при внутреннем шлифовании:

$$L_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{dDt}{d-D}}, \quad (2)$$

где  $D$  – диаметр шлифовального круга, мм;  $d$  – диаметр обрабатываемое отверстие, мм;  $t$  – номинальная глубина резания (поперечная подача), мм/дв. ход.

Значения диаметров обрабатываемых отверстий и поперечных подач аналогично, как и при наружном шлифовании с радиальной подачей, взяты из справочника [4]. Диаметр шлифовального круга приняли равным 0,8 диаметра отверстия.

В процессе расчета также были учтены поправочные коэффициенты для поперечной подачи. В результаты внутреннее и наружное шлифование подразделилось на тонкое и грубое.

Результаты произведенных расчетов численно подтвердили утверждение, что длина дуги контакта при внутреннем шлифовании больше длины дуги контакта при наружном шлифовании. На рис. 1 и 2 графически представлена зависимость между длиной дуги контакта, обрабатываемым материалом и диаметром шлифовального круга для внутреннего и наружного шлифования при ширине круга 25 мм.

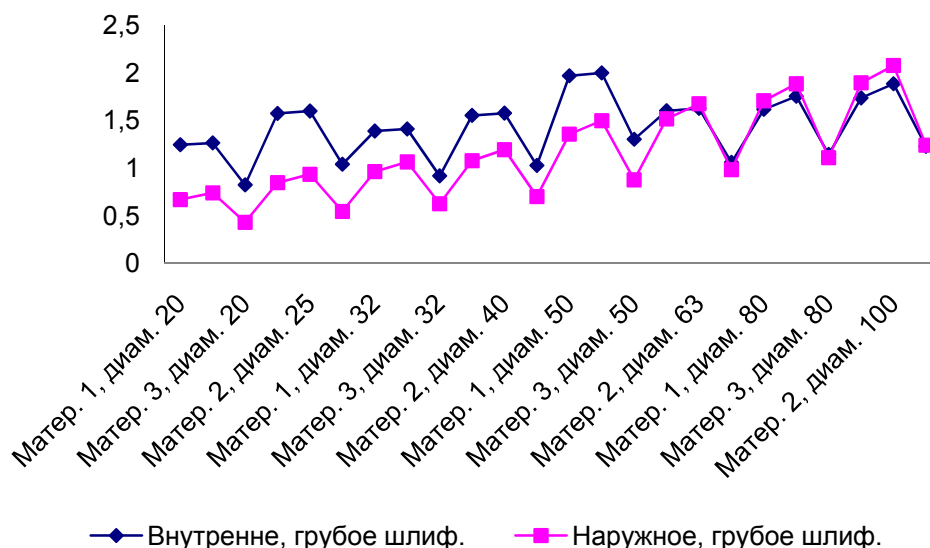


Рис. 1. Изменение длины дуги контакта при грубом внутреннем и наружном шлифовании при ширине круга 25 мм (материал 1– Сталь HRCэ < 30 чугуны, бронза; материал 2 – Сталь HRCэ 30 – 50; материал 3 – Сталь конструкционная HRCэ > 50, коррозионностойкая, жаропрочная, инструментальная)

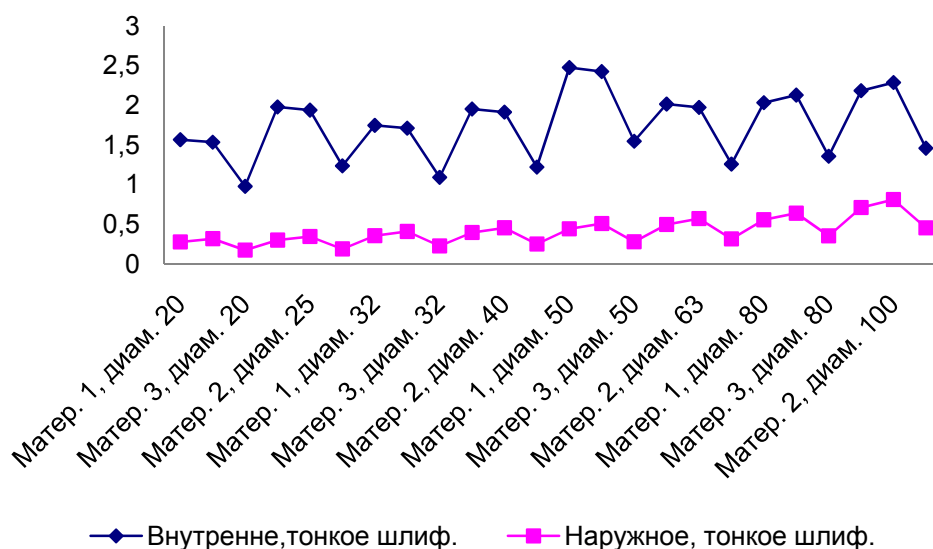


Рис. 2. Изменение длины дуги контакта при тонком внутреннем и наружном шлифовании при ширине круга 25 мм (материал 1– Сталь HRCэ < 30 чугун, бронза; материал 2 – Сталь HRCэ 30 – 50; материал 3 – Сталь конструкционная HRCэ > 50, коррозионностойкая, жаропрочная, инструментальная)

При грубом шлифовании длина дуги контакта при внутреннем шлифовании в среднем 20,44 % превышает длину дуги при наружном шлифовании с радиальной подачей. А при тонком шлифовании длина дуги контакта при внутреннем шлифовании в среднем 311,86 % превышает длину дуги контакта при наружном шлифовании. Средние значения результатов произведенных расчетов представлены в таблице. В отдельных случаях наблюдалось превышение длины дуги контакта при тонком внутреннем шлифовании по отношению длине дуги контакта при тонком наружном шлифовании с радиальной подачей на 377 %, 463 % и 556 %.

Среднее значение длины дуги контакта при различных условиях шлифования

Ширина круга, мм	Грубое		Тонкое	
	Внутреннее шлифование	Наружное шлифование	Внутреннее шлифование	Наружное шлифование
25	1,433	1,153	1,749	0,409
40	1,432	1,293	1,747	0,465
63	1,349	1,334	1,647	0,482

В отличие, от наружного круглого шлифования, для внутреннего шлифования пока не существует работ, описывающих его эксплуатационные показатели в комплексе. На данный момент для внутреннего шлифования существуют лишь отдельные специальные показатели, предлагаемых для оценки эксплуатационных свойств шлифовального круга.

## Библиографический список

1. Корчак, С.Н. Производительность процесса шлифования стальных деталей / С.Н. Корчак. – М.: Машиностроение, 1974. – 280 с.
2. Ардашев, Д.В. Оценка работоспособности шлифовального круга по комплексу эксплуатационных показателей: дис. ... канд. техн. наук / Д.В. Ардашев. – Челябинск, 2005 – 261 с.
3. Маслов, Е.Н. Основы теории шлифования металлов / Е.Н. Маслов. – М.: Машгиз, 1951. – 190 с.
4. Режимы резания на работы, выполняемые на шлифовальных и доводочных станках с ручным управлением и полуавтоматах: справ. – Челябинск: Изд-во АТОКСО, 2007. – 384 с.