

## ФОРМИРОВАНИЕ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ШЛИФОВАНИИ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Зеленогурский университет*

*Зелена Гура, Польша*

В современном машиностроении широко применяются материалы, полученные методами порошковой металлургии. В зависимости от химического состава и свойств они используются в качестве антифрикционных, фрикционных, уплотняющих, электротехнических, инструментальных, конструкционных. В последнем случае сфера их использования весьма широка (производство всевозможных втулок, колес, пластин, зубчатых и храповых колес, небольших корпусных деталей и т.д.).

Порошковые материалы характеризуются сложным химическим составом и микроструктурой, наличием остаточной пористости в теле детали, наличием включений высокой твердости – карбидов, интерметаллидов и т.д. Детали из порошковых материалов в ряде случаев требуют финишной механической обработки для удаления дефектов, возникших в результате термической или химико-термической обработки, обеспечения требуемой точности поверхностей, формирования поверхностей, которые невозможно изготовить методами порошковой металлургии. В этих случаях важно обеспечить высокое качество обработанной поверхности.

Обработка наружных поверхностей деталей может осуществляться точением, фрезерованием или шлифованием. Эти технологии имеют свои достоинства и недостатки, как с точки зрения производительности, так и с точки зрения качества обработанной поверхности. Ниже приводятся результаты анализа формирования обработанной поверхности из порошковых (пористых) материалов при круглом и плоском шлифовании. Исследовались материалы на базе железа (табл. 1) при обработке на круглошлифовальных станках ЗБ12 и ЗБ153 и плоскошлифовальном ЗГ71 кругами из белого и нормального электрокорундов и зеленого карбида кремния на керамической связке, имеющих разную твердость, зернистость и структуру. Микроструктура материалов ПЖ, ЖГр2 и ЖГр1Д3 – соответственно феррит, перлит + феррит + раздробленная сетка цементита; перлит + феррит.

При обработке мягких спеченных материалов очень важен правильный выбор характеристики круга. Так, мелкозернистые круги при их шлифовании неработоспособны. Круги с размером зерна 50 и выше также не обеспечивают получения низкой шероховатости поверхности. В этом случае сказывается отличие в срезании стружки единственным зерном при шлифовании монолитных и пористых материалов. В первом случае формирование микрорельефа обработанной поверхности идет за счет копиро-

вания формы и траектории зерна, а также за счет пластического течения металла [1]. Во втором – дополнительно наблюдается хрупкое разрушение поверхностного слоя в виде отдельных блоков. В случае применения крупнозернистых кругов эффект хрупкого разрушения усиливается, и шероховатость растет. Важное влияние на достижение малой шероховатости имеет выбор твердости шлифовального круга. С ее уменьшением достигаются положительные результаты, поскольку для мягких кругов более вероятна работа в режиме самозатачивания.

**Таблица 1**  
**Химический состав и свойства исследованных материалов**

Химический состав, %			Остаточная пористость, %	Твердость НВ	Коэффициент теплопроводности, Вт/м·К
Fe	C*	Cu			
99,8	-	-	15 – 20	60 – 70	38,6
98	2,0	-	14 – 17	90 – 100	20,0
96	1,0	3,0	14 – 17	90 – 110	22,5

производства материалов углерод вводится в форме графита

Исследование режима шлифования на шероховатость обработанной поверхности проводилось в два этапа. На первом этапе оценивалось влияние характеристики круга, роль СОЖ и процесса выхаживания, на втором – влияние режимов резания.

Известно [1 – 4 и др.], что выхаживание, которое осуществляется за несколько проходов при уменьшенной или нулевой подаче, является одним из наиболее сильных факторов, резко уменьшающим высоту микронеровностей. При выхаживании интенсивность съема убывает и упругая система возвращается в первоначальное положение, что и предопределяет уменьшение шероховатости обработанной поверхности. Установлено, что при шлифовании железографитовых материалов особенно значительно снижается высота микронеровностей в начальный период выхаживания (рис. 1), после того, как за первые 2 - 3 прохода натяг снижается примерно вдвое и снимается основная масса металла; затем эффективность процесса выхаживания резко снижается. Это позволяет рекомендовать производить шлифование мягких некомпактных материалов с выхаживанием 2 - 3 прохода.

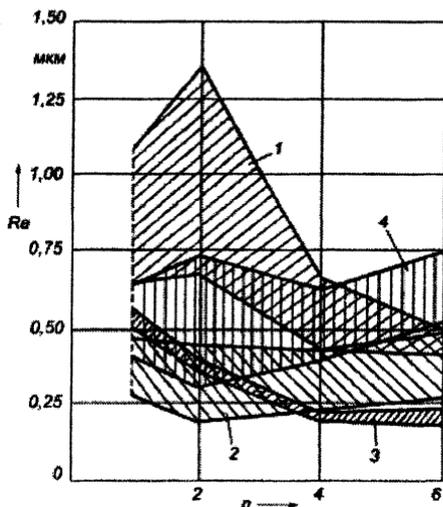


Рис. 1. Влияние числа проходов выхаживания на шероховатость поверхности деталей их пористых материалов: 1 – круг 24А40НСМ17К5; 2 – 14А40НСМ27К5; 4 – 25А40ПСМ16К5; 4 – 63С40НСМ27К5

Из приведенных графиков легко заметить, что наилучшая шероховатость поверхности и стабильность последней при круглом шлифовании достигается кругом из белого электрокорунда 25А40ПСМ16К5, тогда как другие круги обеспечивают худшую шероховатость и с рассеиванием ее до 50% от среднего значения. Эффективность кругов снижается в направлении электрокорунд белый → карбид кремния зеленый → электрокорунд нормальный. Влияют на шероховатость поверхности также однородность строения круга и его структура. Применение индекса зернистости Н вместо П и 7 структуры (48% зерен) вместо 6 (50% зерен) увеличивают шероховатость в 1,15 раза. Повышение твердости круга (С вместо СМ) также приводит к ухудшению шероховатости поверхности, поскольку способствует более быстрому засаливанию режущей поверхности шлифовального круга.

Высокая работоспособность круга при шлифовании мягких некомпактных материалов обеспечивается только при использовании СОЖ (5%-й эмульсии). Работа всухую не только вызывает очень быстрое засаливание круга, но и ухудшает шероховатость обработанной поверхности в 1,2-1,25 раза.

Характер влияния режимов круглого и плоского шлифования на шероховатость различается. Принято считать, что с увеличением поперечной подачи шероховатость обработанной поверхности увеличивается, так как зерна, врезаясь в металл, оставляют более глубокие риски, растет количество выделяемой теплоты, что может вызвать возникновение прижогов. Проведенные исследования процесса шлифования пористых материалов не всегда подтверждают эту закономерность. При использовании оптимальных (с точки зрения шероховатости обработанной поверхности) шлифовальных кругов увеличение поперечной подачи круглого шлифования приводит к увеличению шероховатости только при обработке чистого железа, при шлифовании деталей, легированных графитом и медью шероховатость практически постоянна (рис. 2). При плоском шлифовании для всех рассматриваемых материалов шероховатость с ростом глубины резания уменьшается (рис. 3). Как отмечается в [1], зерна при работе с малыми глубинами шлифования скользят по шлифуемой поверхности и активно изнашиваются, что приводит к возрастанию шероховатости. Важно отметить, что подобное влияние характерно только для оптимальных характеристик шлифовальных кругов. Во всех других случаях шероховатость с ростом глубины шлифования растет.

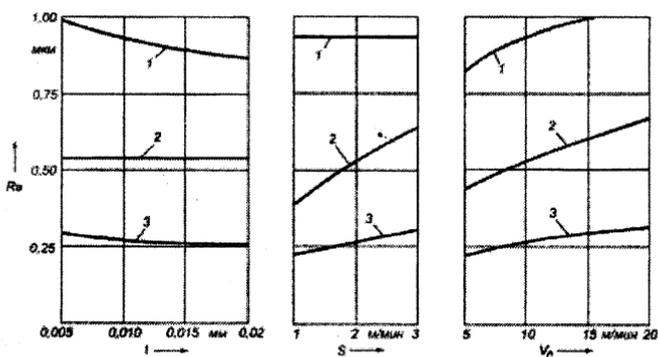


Рис. 3. Влияние условий плоского шлифования на шероховатость поверхности детали:

1 – ЖГр2; 2 – ЖГр1Д3; 3 – ПЖ; круг 25A250ПСМ27К5

С увеличением продольной подачи шероховатость шлифованной поверхности при плоском и круглом шлифовании растет (рис. 2, 3), поскольку увеличение числа двойных ходов стола увеличивает инерционные напряжения при реверсировании поступательного движения, технологическая система подвергается дополнительным вибрациям, и высота микронеровностей возрастает. Чтобы уменьшить такое воздействие продольной подачи, необходимо соблюдать перебег шлифовального круга  $\Delta L$  в пределах  $B/3 < \Delta L < B/2$ , где  $B$  – ширина круга. Кроме того, возрастание продольной

подачи уменьшает число единичных резов на базовой длине, что также приводит к росту шероховатости [5].

С увеличением скорости детали при плоском шлифовании шероховатость обработанной поверхности растет (рис. 3), так как, в соответствии с известными представлениями [1], чем больше скорость детали, тем чаще будет контакт каждой элементарной площадки изделия с кругом, но тем меньше будет продолжительность каждого контакта и число срезов, снятых за время каждого контакта. С уменьшением же скорости вращения число мгновенных срезов возрастает и шероховатость уменьшается. При круглом шлифовании наблюдается обратная тенденция – с ростом скорости детали шероховатость уменьшается (рис. 2). Это, возможно, объясняется одновременным действием геометрических факторов и пластических деформаций в зоне шлифования. По мнению авторов работ [4, 6], при высоких температурах металл срезаемой стружки и обрабатываемой поверхности размягчается и покрывает прорезанные абразивными зёрнами риски, снижая высоту микронеровностей. Этот факт зафиксирован при визуальном анализе топографии шлифованных поверхностей (см. ниже). При очень высоких скоростях и температурах резания на шлифованной поверхности наблюдаются бесформенные густки, резко ухудшающие шероховатость.

Относительную обрабатываемость железуграфитовых материалов шлифованьем можно оценить следующими коэффициентами (табл. 2).

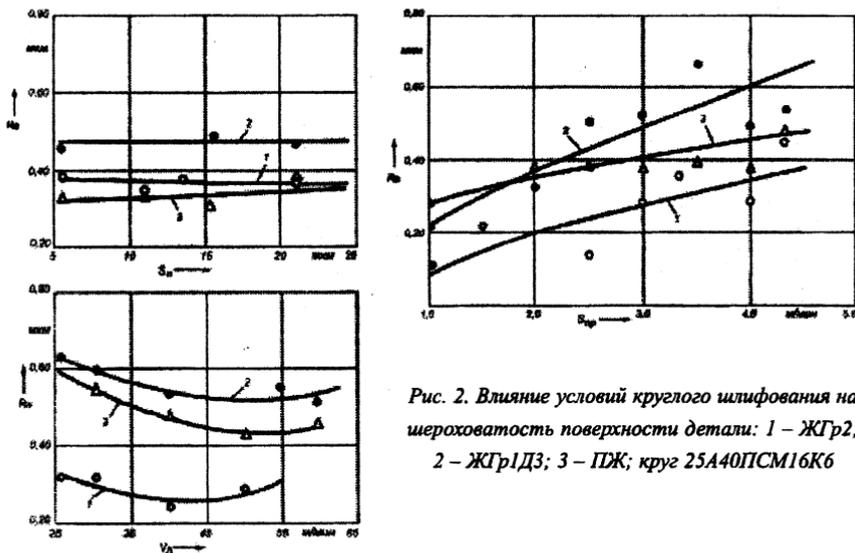


Рис. 2. Влияние условий круглого шлифования на шероховатость поверхности детали: 1 – ЖГр2; 2 – ЖГр1Д3; 3 – ПЖ; круг 25А40ПСМ16К6

Таблица 2

Коэффициенты обрабатываемости при шлифовании пористых материалов

Вид шлифования	Обрабатываемый материал		
	ПЖ	ЖГр2	ЖГр1Д3
Плоское	0,45	1,75	1,0
Круглое	0,55	0,45	1,0

Топография шлифованных поверхностей при круглом наружном и плоском шлифовании в значительной степени определяется уровнем режимов резания и свойствами обрабатываемого материала (рис. 4). Наиболее благоприятная поверхность формируется при малых значениях продольной и поперечной подачи и скорости вращения детали. С их возрастанием топография поверхности ухудшается, появляются налипсы, микротрещины. Наиболее существенно в этом случае влияние скорости детали. При значительных скоростях наблюдаются вибрации, поры открыты. Зафиксированы частицы, впрессованные в крупные поры. Существенное влияние на поверхностную пористость оказывает число проходов выхаживания. При их отсутствии поверхность более грубая, поры закрыты, а после выхаживания поры открываются.

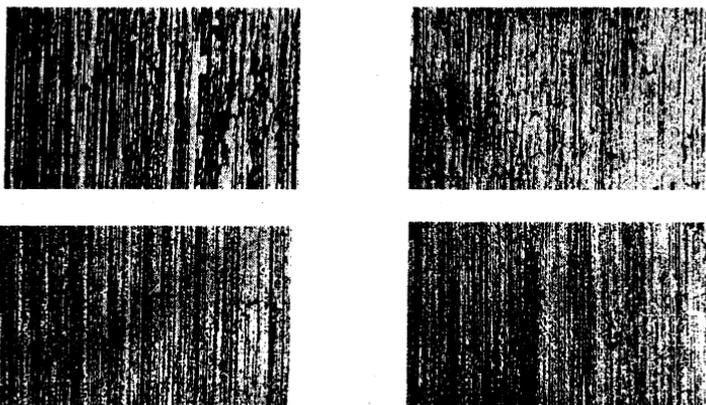


Рис. 4. Топография обработанных поверхностей при круглом (а, б) и плоском (в, г) шлифовании: а –  $S_n = 0,02$  мкм/2 х.,  $S_{np} = 2,75$  м/мин,  $v_d = 25$  м/мин; б –  $S_n = 0,012$  мкм/2х.,  $S_{np} = 2,75$  м/мин,  $v_d = 60$  м/мин,  $n = 5$ ; в –  $t = 15$  мкм/2 х.,  $S = 2,2$  м/мин,  $v_d = 6$  м/мин; г –  $t = 22$  мкм/2 х.,  $S = 3,3$  м/мин,  $v_d = 7$  м/мин

Правильный выбор условий шлифования позволяет обеспечить благоприятную шероховатость и топографию обработанных поверхностей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Маслов Е.Н. Основы теории шлифования материалов. – М.: Машиностроение, 1974. – 318 с.
2. Ящерицын П.И., Рыжов Э.В., Аверченков В.И. Технологическая наследственность в машиностроении. – Мн.: Наука и техника, 1977. – 254 с.
3. Ящерицын П.И., Мартынов А.Н. Чистовая обработка деталей в машиностроении. – Мн.: Выш. шк., 1983. – 191 с.
4. Якимов А.В. Оптимизация процесса шлифования. – М.: Машиностроение, 1975. – 176 с.
5. Ящерицын П.И., Жалнерович Е.А. Шлифовани металлов. – Мн.: Беларусь, 1970. – 324 с.
6. Маталин А.А. Качество поверхности и эксплуатационные свойства машин. – М.–Л.: Машгиз, 1956. – 252 с.

Рецензент — проф. Кочергин А. И.