

Рис. 9. Результат поиска

ЛИТЕРАТУРА

1. Лейчик, В. М. Предмет, методы и структура терминоведения / В. М. Лейчик — 3-е изд. - М.: ЛКИ, 2007. - 256 с.
2. Портянкин, И. Swing: Эффективные пользовательские интерфейсы / И. Портянкин.— Санкт-Петербург: Питер, 2005. - 528 с.
3. Дейт, К. Дж. Введение в системы баз данных / К. Дж. Дейт.— 8-е изд. — М.: Вильямс, 2006.- 1328 с.

УДК 621.923

Фельдштейн Е.Э.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРАВКИ ФАСОННЫХ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ АЛМАЗНЫМИ ПРАВЯЩИМИ ИНСТРУМЕНТАМИ

*Зеленогурский университет
Зелена Гура, Польша*

Правка и профилирование шлифовальных кругов производится с целью устранения следов их износа (налипов металла, выкрашиваний и т.п.) и потерь точности профиля. В зависимости от требований к точности и шероховатости обрабатываемой поверхности в промышленности традиционно используют следующие методы правки [1]: обтачиванием алмазным инструментом; обкатыванием абразивными, твердосплавными и металлическими дисками; шлифованием кругами из карбида кремния и алмазно-металлическими роликами; накатыванием роликом. Правильный выбор метода правки особенно важен в случае восстановления фасонных поверхностей шлифовальных кругов. В настоящее время возможности эффективной правки значительно расширились благодаря развитию конструкций и технологии изготовления алмазных правящих инструментов.

Правка фасонных профилей шлифовальных кругов может быть осуществлена различными кинематическими способами, с использованием неподвижных или вращающихся правящих инструментов (рис. 1).

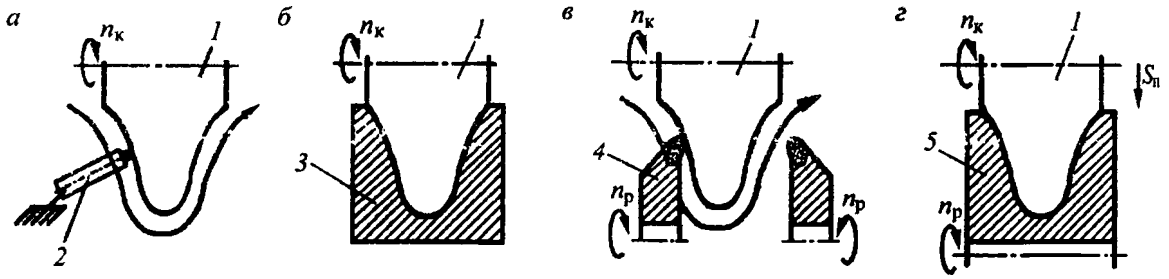


Рис. 1. Способы правки шлифовальных кругов: 1 – неподвижным алмазным карандашом; 2 – неподвижным профильным диском (шарошкой); 3 – вращающимся диском простой формы; 4 – вращающимся профильным диском [2, 3]

Неподвижные столбчатые правящие инструменты не оказывают влияния на относительную скорость правки в точке контакта и требуют стабильного прочного закрепления в оправке. В противном случае возможно возникновение колебаний, которые могут вызвать появление микротрещин в связке шлифовального круга и понижают его стойкость. Микротрещины возникают также в результате слишком большой глубины правки, поэтому последняя не должна превышать 0,03 мм за один проход, а если требуется обеспечить отсутствие рисок на поверхности детали – 0,01 мм. Правка с нулевой глубиной не улучшает качество поверхности шлифуемой детали, поскольку в этом случае не обеспечивается оптимальная топография поверхности круга. Если в процессе шлифования имеют место значительные погрешности формы обработанной поверхности детали либо большие налипы на поверхности круга, рекомендуется использовать многопроходную правку.

При правке кругов с зёрнами из эльбора или спеченного корунда износ правящего инструмента ускоряется. Поэтому в качестве связки рядов столбчатых алмазных зёрен используются твёрдые сплавы или вольфрам.

При выборе режима правки наиболее существенную роль играет скорость перемещения инструмента v_s (его продольная подача). Ее можно определить на основе зависимости [4]:

$$v_s = \frac{b_{п.и} n_k}{k_n},$$

где $b_{п.и}$ – активная ширина правящего инструмента; n_k – частота вращения шлифовального круга; k_n – коэффициент перекрытия.

Для черного шлифования рекомендуется $k_n = 2 \dots 3$, для чистового – $3 \dots 4$, для окончательного – $4 \dots 6$, для прецизионного шлифования k_n свыше 6.

Вращающиеся правящие инструменты работают в условиях формования (см. рис. 1, б) или профилирования (см. рис. 1, в) поверхности круга. Формующая правка образует контур круга вследствие криволинейного перемещения вращающегося правящего инструмента, имеющего форму диска, относительно круга по заданной траектории. В случае профилирующей правки профиль ролика соответствует форме профиля круга. Отсюда легко выделить наиболее важные условия правки: для формующей правки это радиус R рабочей поверхности инструмента и коэффициент перекрытия, для профилирующей правки – расположение алмазов на поверхности правящего инструмента, а также радиальная подача ролика относительно шлифовального круга, направления вращения и соотношение скоростей вращения ролика и круга.

На современных станках для шлифования профилей зубчатых колес используются преимущественно формующие ролики в связи с лучшей стабильностью процесса правки во времени. Активная ширина роликов меньше ширины шлифовального круга. Требуемый профиль круга формируется при использовании системы ЧПУ станка. Ролики при этом крепятся на дополнительном шпинделе. Большое количество кристаллов алмазов в правящем инструменте обеспечивает стабильность размеров и формы шлифовального круга, т.е. их высокую размерную стойкость. Работоспособность самих роликов также может многократно восстанавливаться без потери их правящих характеристик.

Формующие правящие ролики отличаются в первую очередь по количеству и расположению кристаллов алмазов (рис. 2).

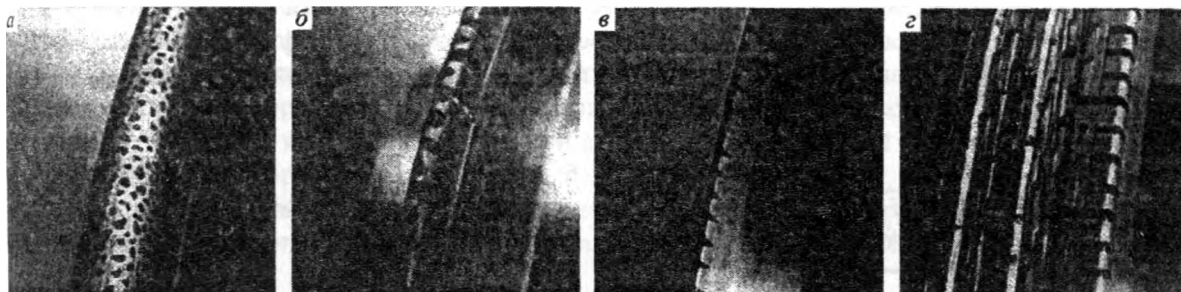


Рис. 2. Разновидности рабочей поверхности формирующих алмазных роликов: а – случайное расположение алмазов ($R > 1$ мм); б – упорядоченное расположение алмазов ($R > 0,3$ мм); в – столбчатые алмазные зерна ($R > 0,03$ мм); г – многорядное расположение фасонных алмазных пластин ($R > 0,06$ мм) [2, 3]

Ролики с радиусом округления $R > 0,4$ мм (преимущественно с $R = 1,5 \dots 5,0$ мм) изготавливаются со случайным расположением алмазов на правящей поверхности. Работоспособность таких роликов обычно не восстанавливается, либо осуществляется в ограниченном объеме, когда кристаллы алмазов слабо изношены и не наблюдается существенных изменений в величине радиуса R .

Меньшие радиусы округления ($R = 0,3 \dots 0,5$ мм) обеспечиваются при использовании столбчатых (игольчатых) кристаллов алмазов. Наиболее эффективно расположение алмазов в виде «замка-молнии». Кристаллы в этом случае попеременно располагаются на боковых сторонах профиля ролика и близко сходятся друг с другом в зоне округления. Кристаллы глубоко заходят в слой связки, что обеспечивает их надежное удерживание как при шлифовании радиуса, так и в ходе правки. Для таких правящих роликов могут использоваться как естественные монокристаллы алмазов (рис. 3, а), так и синтетические моно- и поликристаллы (рис. 3, б), полученные осаждением из газовой фазы. Синтетические столбчатые кристаллы более длинные, крепко удерживаются в связке и могут обеспечить радиус округления ролика до $R = 0,03$ мм.

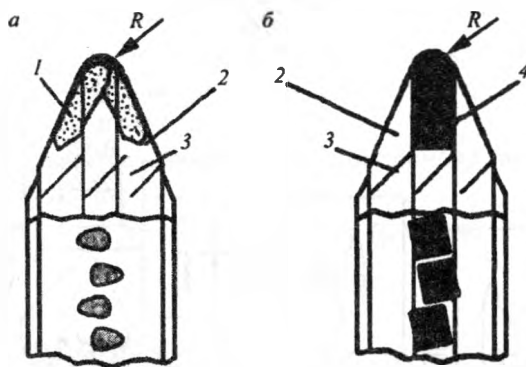


Рис. 3. Формующие ролики с расположением алмазов в виде «замка-молнии»: 1 – кристаллы естественных алмазов; 2 – связка; 3 – стальной корпус; 4 – столбчатые кристаллы искусственных алмазов [2, 3]

Обработка шлифованием конических зубчатых колес с криволинейными зубьями осуществляется циклически – формируются внутренняя и внешняя дуги профиля одного зуба, затем выполняется деление и процесс повторяется. Для шлифования используются чашечные шлифовальные круги, а для их правки выполняется система ЧПУ шлифовального станка. Это позволяет использовать универсальный правящий инструмент вне зависимости от размеров и геометрии зубчатого контура.

На практике используются два различных способа правки, отличающиеся взаимным расположением круга и правящего инструмента. В способе фирмы «Klingenberg» (рис. 4, а) оси круга и правящего инструмента параллельны. Условия правки не зависят от размеров шлифо-

вального круга, исключается возможность подрезания профиля, правка выполняется зоной округления R правящего ролика, но необходимо два взаимно противоположных направления его вращения. В способе фирмы «Gleason» (рис. 4, б) нет необходимости изменять направление вращения ролика, для правки используется более широкая область профиля ролика (вне радиуса R), процесс правки зависит от размеров круга и может сопровождаться подрезанием профиля круга.

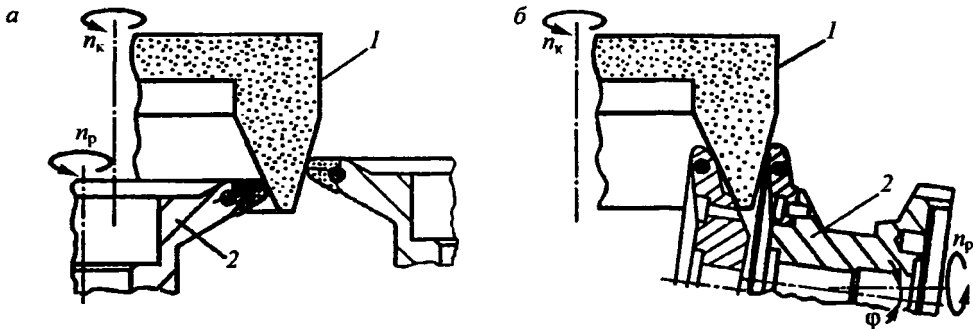


Рис. 4. Правка чашечных шлифовальных кругов:
а – методом фирмы «Klingenberg»; б – методом фирмы «Gleason» [5]

В серийном производстве зубчатых колес достаточно широко используется шлифование методом обкатки с помощью червячных шлифовальных кругов. Достоинствами данного метода являются высокая точность профиля зуба, возможность комплексной обработки всех поверхностей зуба, включая закругления ножки и головки, а также обработка модифицированных профилей.

На рис. 5 показаны возможные способы правки червячных шлифовальных кругов, различающиеся производительностью и эластичностью (легкостью переналадки). Каждый из представленных способов имеет как достоинства, так и недостатки.

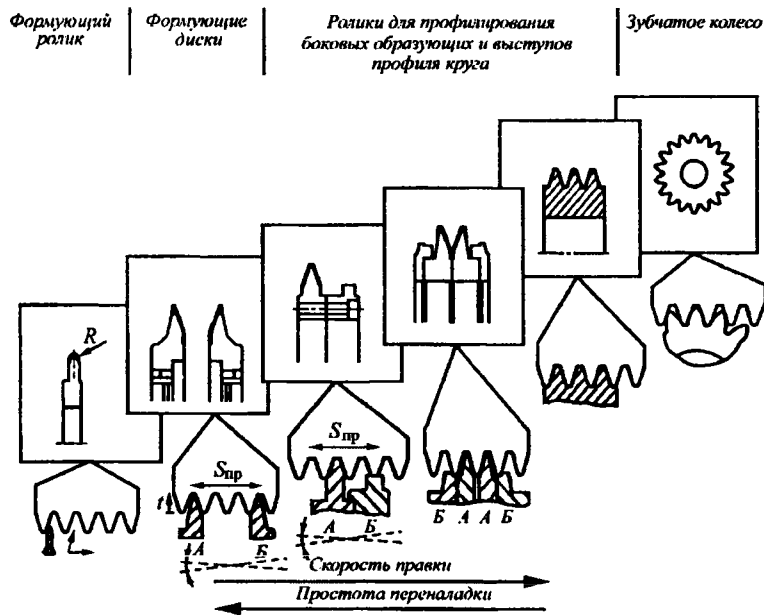


Рис. 5. Способы правки червячных шлифовальных кругов [2, 3]

Профиль червяка может формироваться также в ходе «строчного» перемещения правящего инструмента. Строка за строкой с помощью формующего ролика с радиусом R и зоной правки 180° переносятся все модификации профиля. В результате перекрытия строк формируется профиль. Поскольку геометрия ролика не зависит от геометрии зуба, можно индивидуаль-

но дорабатывать любые модификации профиля, что важно в условиях мелкосерийного производства и в продукции прототипов.

Наиболее широко используется правка с помощью комплекта формующих дисков (шарошек). Данный способ характеризуется высокими производительностью и эластичностью.

Использование комплектов профилирующих роликов *A* и *B*, предложенное фирмой «Liebhert», позволяет корректировать угол профиля и ширину зуба, используя дополнительную ось системы ЧПУ. При использовании данной схемы на шлифованной поверхности зубьев не остается сетка следов обработки.

Полнопрофильные правящие инструменты в виде зубчатого колеса, покрытого слоем алмазов, используется на зубошлифовальных автоматах или при суперфинишной обработке профиля.

Правка кругов для обработки мелко модульных зубчатых колес с модулем 0,3...0,8 мм требует использования малых радиусов округления на формующих роликах и шарошках. При обкаточном шлифовании мелко модульными червячными кругами возникает проблема прочности правящего инструмента, имеющего весьма малую ширину у основания зуба. Ширина головки профиля менее 0,3 мм может быть обеспечена при использовании двухконусных роликов с упорядоченным равномерным размещением столбиковых искусственных алмазов в связке (рис. 6). Алмазные зерна в этом случае работают так же, как зубья дисковой фрезы.

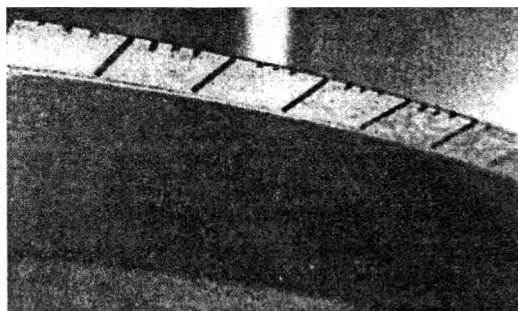


Рис. 6. Ролик для правки мелко модульных шлифовальных кругов (фирма «Dr. Kaiser Diamantwerkzeuge»)

Эффективность правки шлифовальных кругов обусловлена правильным программированием процесса, учитывающего требуемую геометрию круга и сложность требуемого профиля. Правка может осуществляться двумя способами:

- в крупносерийном и массовом производстве – на основе применения роликов сложной формы, имеющих радиальную подачу (рис. 7, а);
- универсальный способ – на основе применения роликов, имеющих кромочный стык со шлифовальным кругом (рис. 7, б).

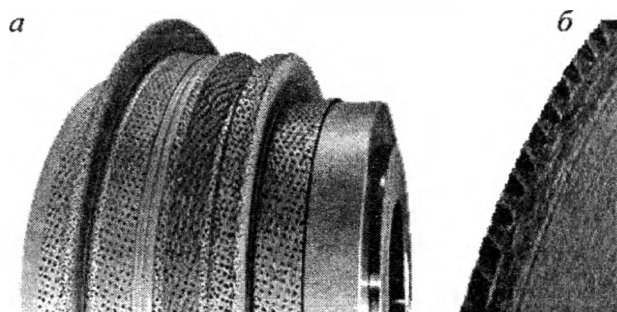


Рис. 7. Формы правящих алмазных роликов (фирма «Dr. Kaiser Diamantwerkzeuge»)

Во втором случае правящий инструмент имеет радиальную подачу при постепенном перемещении по траекториям, являющимся эквидистантами окончательного профиля. Требуемая геометрия круга формируется в результате удаления соответствующего слоя (припуска), не требуется информации об окончательной геометрии круга, правящий инструмент полностью

повторяет форму профиля. Это приводит на первых проходах к холостым перемещениям правящего инструмента – «правке воздуха».

В настоящее время предложен комбинированный способ профилирования: на первом этапе ролик приближенную форму профиля методом врезания; на втором этапе ролик перемещается по программе, окончательно формируя профиль (рис. 8).

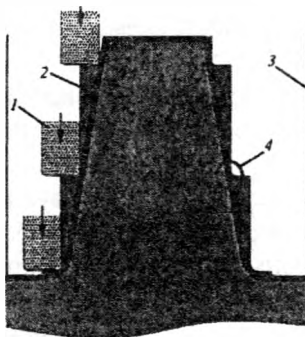


Рис. 8. Схема комбинированного способа профилирования [5]:
1 – правящий инструмент; 2 – остаточные выступы после правки врезанием;
3 – исходная поверхность круга; 4 – припуск на окончательное профилирование

Знание исходного и окончательного профилей шлифовального круга позволяет ликвидировать все неэффективные участки траектории правящего ролика типа «правки воздуха». Необходимые холостые ходы и позиционирование ролика осуществляется со скоростью быстрых перемещений, а сам профиль формируется сначала по упрощенным кривым, а в конце цикла правки – на базе эквидистант. Как следствие, имеется возможность оптимизации процесса правки с точки зрения минимально необходимого времени, либо с точки зрения минимального объема удаляемого в ходе правки материала. Такая ситуация возможна при условии некоторого перемещения окончательного профиля круга вдоль его оси.

Современные методы правки обеспечивают существенное повышение точности обработки фасонных поверхностей как на универсальных шлифовальных станках, так и на шлифовальных станках с ЧПУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фельдштейн Е.Э., Корниевич М.А., Михайлов М.И. Режущий инструмент. Минск: Новое знание, 2007. – 399 с.
2. Lierse T. Abrichten von Schleifwerkzeugen für die Verzahnungsbearbeitung. Abrichten von Schleifwerkzeugen – Seite 1. Seminar: Feinbearbeitung von Stirnrädern in der Serie. 3 – 04 Dezember 2003, Aachen.
3. Lierse T., Kaiser M. Dressing of grinding wheels for gearwheels //Industrial diamond review. – 2002. – № 4. – P. 1 – 10.
4. Каталог 215615.00 «Winterthur Technology Group». Зубошлифование. 2007. – 178 с.
5. Oczóś K.E., Harbat W. Innowacje w obróbce ściernej. Część III. Obciąganie ściernic i programowanie szlifowania. – Mechanik. – 2009. – Nr 1. – S. 6 – 17.

УДК 621.791

Дечко Э.М., Зюзенок В.П., Heidebrecht P.

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ РЕЗКИ МЕТАЛЛОВ

Совершенствование способов, технологий резки материалов и разработка новых систем, установок для реализации этих способов обусловлено постоянно возрастающими требованиями к повышению производительности выполняемых работ, обеспечению точностных и качественных параметров деталей, стоимостные показатели и т.п. К качественным показателям резки относятся усредненная шероховатость, допуска по прямоугольности и наклону, точность размера.