

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПРАВКИ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ

Д. Илиас

Кафедра Технологии Машиностроения, Будапештского Технического Университета

Представил: проф. М. Хорват

Поступило: 30 сентября 1980 г.

## 1. Введение

Большинство отечественной и иностранной литературы, занимающейся правкой шлифовальных кругов, рассматривает конструктивные вопросы правки, оформление инструмента для правки. В последние годы на первый план выдвинулись вопросы связанные с влиянием правки на технологические параметры обработки (1, 2, 3, 4). Это влияние, при некоторых условиях, в значительной степени воздействует на условия обработки, оказывает влияние на достигаемую шероховатость поверхности, на мощность стружкоотделения и т. д.

Исследование правки в таком смысле имеет экономические преимущества. Согласно экспериментам (5), 7—10% расхода шлифовального инструмента было бы достаточно для выполнения такого же количества работы, это же относится и к дорогостоящим инструментам для правки. Это было действительно и в отечественном отношении, как это и было выявлено в (6).

Давность этих данных уже больше чем 15—20 лет, и с тех пор положение намного улучшилось, но всё же ещё на многих предприятиях можно наблюдать, что во время правки вместо необходимых 0,02—0,2 мм-ов, больше «переправят». Повторение процесса шлифования требует однозначной фиксации условий правки.

Целью статьи является подчеркнуть значение правки шлифовального инструмента и познакомить с теми экспериментами, которые были проведены с этой целью в БТУ на Кафедре Технологии Машиностроения.

## 2. Необходимость правки и её задачи

В ходе обработки режущие кромки шлифовального инструмента постепенно теряют свою режущую способность; образуются выщербины, зёрна выпадают из связывающего материала и большая часть их изнашивается под влиянием термической нагрузки и трения. Увеличивается поверхность трения зёрен, это ведёт к увеличению термического

воздействия в области обработки. Это термическое воздействие плавит отделённую стружку, часть которой забивает поры инструмента. Пory ещё могут забиваться шербатыми частями зёрен, остатками связывающего материала, а также остатками охлаждающей жидкости.

В процессе обработки шлифовальный инструмент снашивается неравномерно вдоль его окружности, что ведёт к образованию неблагоприятных самовозбуждённых колебаний и значительно портит макро- и микрогеометрию отшлифованной поверхности. Эти явления, если превзойдут допустимую величину, делают необходимым создание новой режущей поверхности. Таким образом, задачей правки является:

а) Вращение без биения и восстановление точной геометрической формы.

б) Заточка износившихся абразивных зёрен, вскрытие нового слоя.

в) Очистка рабочей поверхности от прилипших остатков стружки и охлаждающей жидкости, от частиц связывающего материала.

### 3. Средства для экспериментов и измерений, экспериментальные данные

Эксперименты были выполнены на станке типа КЕ—250—04. На станке было проверено:

— биение центра укрепленного в суппорте: 0,002 мм;

— плавность подачи: 1,5%;

— статическая жёсткость зажима детали, смещение центра: 0,2 мкм/Н.

Шлифовальным кругом был круг производства ТИРОЛИТ размерами 400 × 25 × 204 с характеристиками 91 А 120 3V 17. Настройка производилась только статическим образом. Образцы были изготовлены из материала С45. Твердость по Роквеллу была 45—50.

Образцы были насажены на цилиндрическую оправку посадкой 50 h6/H8 и закреплены затяжными винтами.

Параметры эксперимента были выбраны таким образом, чтобы они содержали крайние случаи, а также включали в себя параметры правки используемые в промышленности. Другой важной точкой зрения было то, чтобы меняющиеся величины наладки снизили до минимума расхождение результатов.

Постоянные параметры:

- |   |                    |
|---|--------------------|
| — окружная скорость шлифовального круга | $V_s = 30,2$ м/сек |
| — окружная скорость детали              | $V_t = 30$ м/мин   |
| — соотношение скоростей                 | 60,3               |
| — глубина шлифования                    | 0,005 мм/об. дет.  |

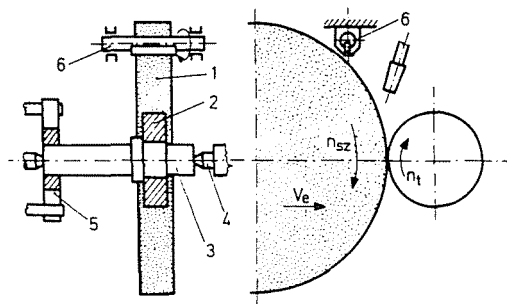


Рис. 1. 1. Шлифовальный круг; 2. Образец; 3. Оправа для зажима; 4. Динамометр; 5. Поводок; 6. Приспособление к взятию пробы для определения износа круга

- смазывающая-охлаждающая жидкость SYNTILO 4 CASTROL
- скорость истечения смазывающей-охлаждающей жидкости 12 л/мин.

Переменные параметры:

$f_{gy} = 0,02; 0,04; 0,06; 0,08; 0,1; \text{ и } 0,12 \text{ мм,}$

$eg_y = 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 \text{ мм/об.}$

где  $f_{gy}$  глубина правки (мм),

—  $eg_y$  подача правки (мм/об. круга).

Правка была выполнена однокристалльным 1,5 каратным инструментом в четыре захода без холостого хода, справа налево с характеристиками согласно порядку испытания, при рабочих оборотах шлифовального круга.

Принципиальная схема исследования изображена на рис. 1.

Измеренные параметры можно разделить на две группы:

- в ходе испытания непрерывно регистрируемые параметры,
- параметры, измеренные после окончания отдельных испытаний.

К первой группе относится изменение соотношения радиальной и тангенциальной силы, а также радиальная сила.

Ко второй группе можно отнести износ круга, изменение диаметра детали, измерение шероховатости поверхности.

Составляющие силы были измерены центром динамометра, установленного со стороны бабки, снабжённого 2-мя парами индуктивных датчиков перемещения типа RFT 3. Датчик устанавливался так, чтобы его ось совпала с осью действия сил шлифования. Поводка, во избежание синусоидального возбуждения, была выполнена силовыравнивающей поводковой шайбой.

Износ инструмента измерялся таким образом, что был снят оттиск круга на бакелитовую плиту, который сигнализировался индуктивным датчиком перемещения (WITK).

В направлении образующей поверхности шероховатости измерение было выполнено с помощью Perth-0-Meter, по длине перемещения в 10 мм шуплом типа НТ 3/25.

#### 4. Обработка и оценка измеренных данных

Для определения минимальной толщины слоя необходимого для полного восстановления затупленной поверхности шлифовального инструмента, то есть числа правок, был проведён ряд предварительных испытаний. Для определения минимальной толщины слоя правки, в качестве критерия была выбрана режущая способность круга (7). Показатель режущей способности круга теоретически может быть записан следующим образом:

$$Kf = \frac{Vf}{Fr} \quad (\text{мм}^3/\text{мин}, \text{Н}),$$

где  $Vf$  — объём металла поминутно срезаемого шлифовальным кругом,  $Fr$  — радиальная сила шлифования.

Режущая способность круга непостоянна в период между двумя правками, а уменьшается с износом абразивных зёрен. Как экспоненциальная функция может быть записана в следующем виде:

$$Kf = Kf_0 e^{-\lambda t},$$

где  $Kf_0$  — режущая способность инструмента в момент времени  $t=0$ , то есть после правки,  $\lambda$  — показатель.

Определив две точки этого уравнения путём измерений,  $Kf_0$  и  $\lambda$  могут быть рассчитаны следующим образом:

$$\lambda = \frac{\ln \frac{Kft_1}{Kft_2}}{t_2 - t_1}; \quad Kf_0 = Kft_1 e^{\lambda t_1} \quad (\text{мм}^3/\text{мин}, \text{Н}).$$

Как указано в литературе, правка шлифовального круга была начата с 12 правок, с глубиной правки 0,02 мм, с подачей правки 0,3 мм/об. и с постепенным сокращением на две правки, величины  $Kf_0$  были определены вышеизложенным образом. Полученные результаты изображены на рис. 2. Из рисунка видно, что режущая способность круга после 4—5 правок (ходов) едва изменяется, то есть инструмент восстанавливает исходную режущую способность. Таким образом было

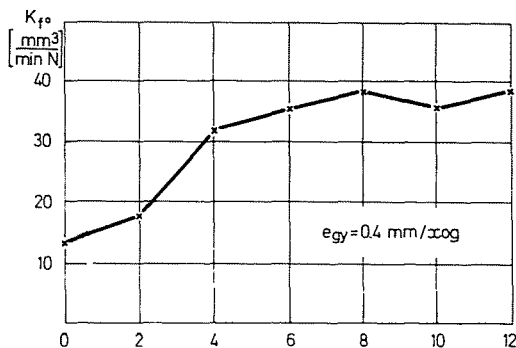


Рис. 2. Число ходов (n). Зависимость теоретической режущей способности шлифовального круга от числа ходов правки

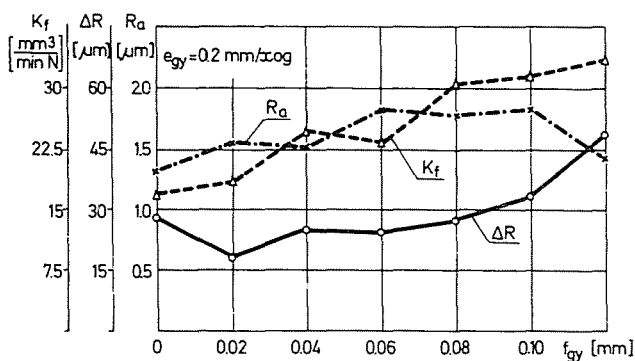


Рис. 3. Влияние глубины правки на режущую способность и износ круга, а также на шероховатость поверхности детали

определено минимальное число правок, и дальнейшие исследования были выполнены правящим инструментом с пятью ходами.

По ходу одной серии испытаний, обычно, было отшлифовано 8—10 образцов. По окончании серии испытаний для каждого образца было получено три параметра; суммарный вектор тангенциальной и радиальной сил, и радиальная сила. Измеренные данные после шлифования: диаметр образца, радиальный износ, средняя шероховатость поверхности, диаметр шлифовального инструмента.

Для выявления изменений появляющихся в результате правки шлифовального инструмента, непосредственно может быть использовано только несколько измеренных данных, другая же часть данных может быть сопоставлена только после некоторых пересчётов, то есть посредством показателей рассчитанных по данным. В дальнейшем коротко ознакомим с полученными данными нанесёнными на диаграммы.

Рис. 3. — при постоянной скорости стола, то есть при неизменной подаче правки, в зависимости от глубины правки показывает влияние,

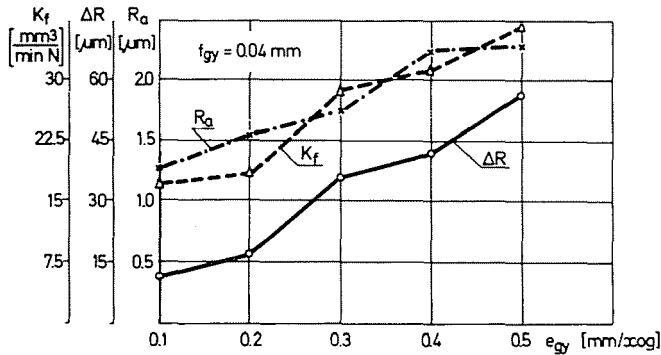


Рис. 4. Влияние подачи правки на режущую способность и износ круга, а также на шероховатость поверхности детали

оказываемое на режущую способность шлифовального инструмента, на среднюю шероховатость поверхности детали, а также на износ круга. Оказывается, что с изменением глубины правки режущая способность инструмента меняется незначительно. Это положение действительно для шероховатости поверхности детали. А для износа круга характерны некоторые изменения. На рисунке хорошо можно проследить, что при малой глубине правки наблюдается большой износ, затем равномерный, далее, после глубины правки большей 0,08 мм, наблюдается интенсивный износ.

Скорость правки, то есть подача правки, оказывающая влияние на режущую способность круга, то есть на износ и шероховатость поверхности детали изображена на рис. 4. Глубина правки была постоянной: 0,03 мм. На рисунке видно, что подача правки оказывает намного большее влияние на все три характеристики, чем изменение глубины правки.

С увеличением подачи правки значительное увеличение режущей способности шлифовального инструмента можно объяснить тем, что от подачи правки в большой степени зависит исходное состояние поверхности круга. Более грубые условия правки увеличивают стойкость кромки, так как в таком случае дольше сохраняется влияние правки и коэффициент отделения стружки станет большим.

Относительно большой износ можно объяснить тем, что большая подача правки вырывает большее число зёрен из инструмента, то есть то же самое количество материала режет меньшее количество зёрен, в результате чего на одно зерно приходится большая удельная сила.

Увеличение шероховатости поверхности детали с увеличением подачи правки можно объяснить следующим образом. Во время правки круг вращается с рабочим числом оборотов, а правящий инструмент

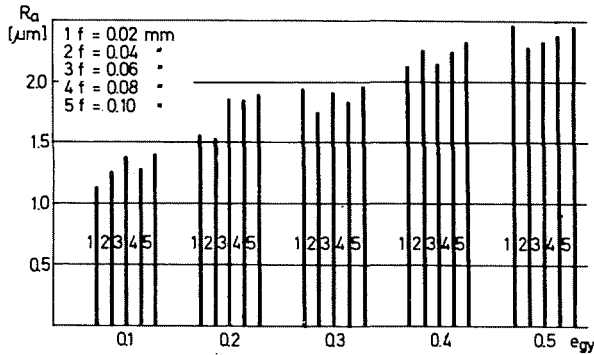


Рис. 5. Влияние глубины и подачи правки на шероховатость поверхности детали

движется с установленной подачей. Условия движения полностью соответствуют условиям обточки на токарном станке; так правящий инструмент нарезает один виток на кругу. Кромку резьбы по окружности образуют абразивные зёрна, расположенные беспорядочно друг за другом, и осуществляющие резания. То, что эти режущие кромки насколько плотно расположены — частота их зависит от подачи — в значительной мере оказывает влияние на шероховатость поверхности детали. Это явление можно объяснить так — с некоторым преувеличением —, что при некоторых условиях резьба круга передаётся на деталь, оказывая влияние на шероховатость его поверхности. Это явление можно связать с, так называемой, эффективной глубиной неравномерности круга (8).

На рис. 5 изображено изменение шероховатости поверхности детали при различной подаче и глубине правки. В предыдущем уже было приведено объяснение изменения этого явления.

## 5. Выводы

а) Шероховатость поверхности шлифованной детали увеличивается с увеличением подачи правки, а незначительно меняется с изменением глубины правки. Так, с изменением подачи и глубины правки, шероховатость поверхности шлифованной детали может меняться в заданных пределах.

б) Режущая способность шлифовального инструмента больше при более грубых условиях правки. В результате этого будет большей и стойкость кромки.

в) Правильным выбором технологических данных правки и шлифовки можно достигнуть, чтобы при стойкой кромке инструмента шероховатость поверхности шлифованной детали была одинакова.

г) Глубина и подача правки косвенно влияют на точность шлифованной детали, главным образом через режущую способность шлифовального инструмента и через шлифовальные силы, изменяющиеся в ходе шлифования.

д) В случае правильного сочетания материала детали с инструментом шлифования, а также после удаления слоя толщиной 0,04—0,14 при средних технологических параметрах шлифования, шлифовальный инструмент восстанавливает свою режущую способность, поэтому, обычно достаточно 4—5 ходов. Нецелесообразно перешагивать величины:  $fgv = 0,1$  мм и  $lgy = 0,2$  мм/об и применять искровыделяющий ход.

е) В случае сильно забитого и некруглого шлифовального инструмента, в зависимости от степени забитости и волнистости правку нужно производить несколько раз с большей глубиной хода. Но при последнем ходе правки нужно принять во внимание вышеустановленное, так как это обеспечивает шлифовальному станку действительную режущую поверхность.

## Резюме

Для определения оптимальной толщины слоя правки установили, что в случае хорошо подобранного для работы и хорошего качества круга, требуется совсем незначительная правка для того, чтобы круг восстановил свою режущую способность и геометрическую форму. В качестве критерия для установления минимальной толщины слоя правки, за основу было принято то количество материала, которое срезает круг усилием  $N$  за одну минуту. При постоянных условиях правки исследовали влияние глубины и подачи правки на износ и режущую способность круга, а также на шероховатость поверхности детали.

## Литература

1. Байкалов, А. К.—Дубовик, Н. П.: Режущая способность шлифовальных кругов после правки их алмазным инструментом. «Станки и инструмент» № 6. 1972.
2. OPITZ, FRANK: Richtwerke für das Aussenrundsleifen, Westdeutscher Verlag Köln und Opladen 1971. Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen. Nr. 965.
3. БЕЛЯЕВ, Б. В.: Влияние ультразвуковой правки абразивных кругов на процесс шлифования. «Станки и инструмент» № 11. 1978.
4. VITERA, Z.: A köszörűkorong szabályozás szerepe és a Gránit-roll típusú szabályozók kísérleti vizsgálata. II. Szerszámanyagok és szerszámok. Konferencia. Budapest, 1971.
5. НЕСМЕЛОВ: Правка шлифовальных кругов. Машгиз, 1953.
6. HORNUNG, A.: Takarékoskodjunk a köszörűkoronggal és a lehúzó szerszámmal. „Gép”. 1955. 7. sz.
7. ЛУРЬЕ, Г. Б.: Критерий оценки работоспособности шлифовальных кругов. Вестник Машиностроения, 1967, № 4.
8. ILIASZ, D.: A köszörűszerszám szabályozásának hatása a köszörülés eredményeire. „Korszerű Technológiák” 1976. III. sz.

Dimitrisz ILIASZ H-1521 Budapest