

# ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ОБРАБОТКЕ ЗАГОТОВОК ИЗ ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

## INCREASING OF ABRASIVE TOOLS GRIND-ABILITY IN GRINDING OF HARD-TO-MACHINE MATERIALS

Assoc. Prof. D.Sc. Unyanin A., M.Sc. Gusev S.

Faculty of Mechanical – Ulyanovsk State Technical University, Russia

**Abstract:** The main issues are considered in this topic: the technology of grinding wheel conditioning by the abrasive tapes in grinding of ductile and hard-to-machine materials; mathematical models to determine minimal length of the abrasive tape for conditioning and the optimal force for adjusting it to the grinding wheel; experimental research of the abrasive tape grit size influence on the grinding efficiency.

**KEYWORDS:** CONDITIONING, ADHESION, GRINDING, DUCTILE MATERIALS

### 1. Введение

Целью исследований является повышение эффективности шлифования заготовок из труднообрабатываемых пластичных материалов.

Режущая способность шлифовального круга (ШК) снижается с увеличением наработки вследствие затупления и засаливания его рабочей поверхности. Наиболее интенсивно ШК теряет режущую способность при шлифовании заготовок из труднообрабатываемых пластичных материалов, поскольку основной причиной засаливания является налипание частиц материала заготовки на абразивные зерна ШК, а интенсивность налипания увеличивается с повышением пластичности материала обрабатываемой заготовки.

В результате засаливания и затупления рабочей поверхности ШК увеличиваются силы и температура шлифования, вследствие чего возрастает вероятность появления дефектов детали.

Для повышения режущей способности ШК можно использовать ряд технологических приемов: непрерывную правку и гидроочистку рабочей поверхности круга, а также механическую очистку этой поверхности абразивными инструментами.

При реализации непрерывной правки ШК процесс шлифования сопровождается значительными вибрациями вследствие постоянного контакта алмазного правящего ролика и ШК. Для очистки рабочей поверхности круга подачей смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) под давлением требуются специальные насосы высокого давления для подачи СОЖ и ее тонкая фильтрация перед повторной подачей в зону обработки через тонкие сопла. Кроме того, увеличивается расход экологически небезопасных СОЖ.

Применение очистки абразивными инструментами позволяет обеспечить повышение эффективности шлифования наравне с данными приемами, однако, обеспечивает сокращение расхода инструментов из сверхтвердых материалов, объема СОЖ, издержек на дополнительное оборудование и повышение экологической чистоты производства.

### 2. Предпосылки и средства для решения проблемы

Для удаления с абразивных зерен налипов материала заготовки предлагается использовать механическую очистку рабочей поверхности ШК, которая осуществляется периодически несколько раз между его правками.

К настоящему времени достаточно хорошо отработаны технологии очистки кругов из сверхтвердых материалов абразивными брусками и кругами [1, 2], а также технологии очистки кругов из традиционных материалов абразивными брусками [3].

В качестве инструмента для очистки возможно применение абразивных лент. Их использование вместо брусков имеет ряд преимуществ: возможность очистки сложных профилей круга, отсутствие необходимости приработки бруска к очищаемой поверхности ШК, простота замены ленты. Однако механическая очистка рабочей поверхности ШК абразивными лентами до настоящего времени не исследована.

Сущность метода очистки лентой заключается в следующем. Абразивная лента 2 на упругом элементе 3 периодически (несколько раз за период стойкости круга) прижимается к рабочей поверхности вращающегося круга 1 с силой, достаточной для микрорезания налипов металла заготовки, находящихся на зернах круга (рис. 1). Усилие прижима абразивного инструмента регулируется с помощью винта 4.

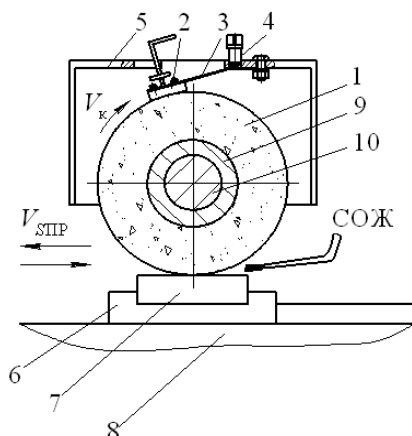


Рис. 1. Установка для механической очистки ШК упругозакрепленной абразивной лентой: 1 – ШК; 2 – инструмент для очистки; 3 – упругая пластина; 4 – винт; 5 – кожух; 6 – динамометр УДМ-100; 7 – заготовка; 8 – стол станка; 9 – планшайба; 10 – шпиндель

Эффективность удаления налипов с зерен круга зависит, в частности, от размеров ленты и силы прижима ленты к засаленной поверхности круга, поэтому необходимо определить оптимальные значения этих параметров.

Геометрическую форму АЗ круга 2 (рис. 2) приняли в виде усеченного конуса, диаметр малой окружности которого равен размеру площадки затупления. Для определения размера  $H_{и}$ , ленты 3, обеспечивающего с заданной вероятностью удаление налипов металла с зерен круга за определенное время получена зависимость:

$$(1) \quad H_{и} = \frac{\lg(1 - P_m) \cdot e^{c \cdot h_m}}{\lg(1 - P_{ни}) \cdot \sqrt{z_{0и}} \cdot n_k \cdot T_0},$$

где  $P_m$  – суммарная вероятность удаления налипов с поверхности круга;  $z_{0и}$  – число зерен на единице поверхности

ленты,  $1/m^2$ ;  $c$  – коэффициент;  $P_{лип}$  – вероятность удаления налипов зернами ленты, расположенными в сечении, параллельном оси вращения ШК;  $h_{лип}$  – размер площадки затупления на зернах ленты, м;  $n_k$  – частота вращения ШК,  $c^{-1}$ ;  $T_0$  – продолжительность очистки, с.

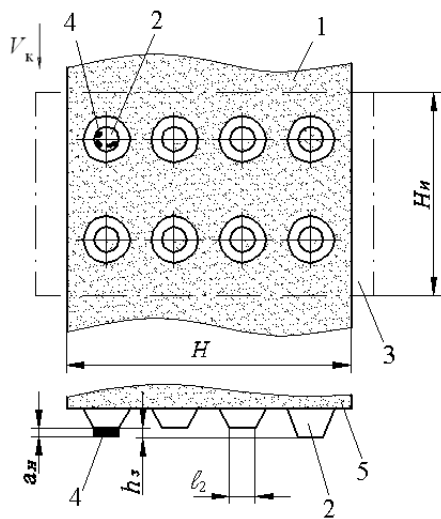


Рис. 2. Схема взаимодействия абразивной ленты и электрокорундового ШК: 1 – ШК; 2 – АЗ круга; 3 – абразивная лента; 4 – налип; 5 – условная наружная поверхность связи круга

Сила прижима ленты должна быть достаточной, чтобы осуществить диспергирование налипов на зернах круга, однако не должна вызывать повышенного износа круга. Получена зависимость для расчета силы прижима  $Q$  абразивной ленты к рабочей поверхности вращающегося шлифовального круга:

$$(2) \quad Q = \tau_s \cdot 0,5 \cdot l_2 \cdot c_{к1} \cdot \sqrt{z_0} \cdot H \cdot \left(\frac{h_{лип} + h_3}{d_0}\right)^\alpha \cdot K_y \cdot K'_3,$$

где  $K_y$ ,  $c_{к1}$ ,  $\alpha$ , – коэффициенты;  $\tau_s$  – напряжение сдвига при диспергировании зерном ленты налипа на зерне круга, Па;  $z_0$  – число абразивных зерен на единице поверхности круга,  $1/m^2$ ;  $l_2$  – размер площадки затупления на зерне круга, м;  $H$  – высота рабочей поверхности шлифовального круга, м;  $h_{лип}$  – средний износ зерен ШК, м;  $h_3$  – разность высот АЗ круга;  $d_0$  – средневероятный размер АЗ круга, м;  $K'_3$  – коэффициент засаливания, равный отношению площади налипов на зерне круга к площади площадки затупления на зерне.

### 3. Результаты и дискуссия

Экспериментальные исследования провели при плоском маятниковом шлифовании заготовок из коррозионностойкой стали X18H10T (легирующие элементы - Cr = 17...19 %, Ni = 9...11 %, Ti = 0,6...0,8 %) кругом 1 250x25x32 25A F46 (размер зерна 400 мкм) О 6 V 35м/с 2кл. Рабочая скорость круга составляла 35 м/с, скорость продольной подачи  $V_{спр} = 10$  м/мин, врезная подача  $S_b = 0,01$  мм/дв.ход. В зону шлифования подавали 3% - ный раствор кальцинированной соды с расходом 10  $dm^3/мин$ . После правки шлифовального круга к его рабочей поверхности прижимали на время  $T_0 = 2$  с, с периодичностью  $\tau_0 = 2$  мин, абразивную ленту на упругом элементе с силой  $Q = 1$  Н, рассчитанной по формуле (2).

В качестве критериев оценки эффективности процесса шлифования использовали: период стойкости шлифовального круга  $\tau_c$ , составляющие силы шлифования  $P_y$  и  $P_z$ , параметры шероховатости шлифованной поверхности  $Ra$ ,  $Rz$ ,  $Rmax$ , коэффициент шлифования  $K_{ш}$  и коэффициент режущей способности ШК  $K_p$ .

На первом этапе выявляли материал АЗ ленты для очистки рабочей поверхности ШК, обеспечивающий максимальную

эффективность шлифования. Использовали ленты с АЗ 14А, 91А, 95А, 51С и 54С с зернистостью P180 (размер зерна 80 мкм) на тканевой основе. Ранее было установлено, что в условиях эксперимента более подходящей основой ленты является тканевая, тогда как при использовании лент на бумажной основе выше вероятность их разрыва.

При очистке ШК лентами из всех перечисленных материалов период стойкости круга оказался выше, чем при шлифовании без очистки, что свидетельствует о том, что сила прижима ленты, определенная по зависимости (2), достаточна для диспергирования налипов с поверхности ШК, но не вызывает интенсивного затупления АЗ круга.

Максимальную эффективность обеспечила очистка лентой с АЗ из карбида кремния черного 54С P180: составляющие силы  $P_y$  и  $P_z$  снизились на 17 и 28 % соответственно, а период стойкости увеличился на 50 % в сравнении с обработкой без очистки.

Связано это, по нашему мнению, с тем, что значения микротвердости АЗ ленты (32,4 ... 35,3 ГПа) из 54С в 1,7 раза больше, чем АЗ круга из электрокорунда белого 25А (19,2 ... 19,8 ГПа), а значит они подвергаются меньшему износу.

Высокая эффективность от очистки этой лентой подтверждается тем, что ленту с АЗ из 54С рекомендуют применять при обработке мягких материалов, в том числе и заготовок из труднообрабатываемых материалов, следовательно, данная лента способна диспергировать налипы с АЗ круга.

На следующем этапе исследовали влияние зернистости АЗ ленты на эффективность очистки и шлифования. Сравнивали ленты с АЗ из карбида кремния черного 54С с зернистостью P40 (400 мкм), P120 (120 мкм), P180 (80 мкм) и P220 (40 мкм). Оптимальным оказалось использование абразивной ленты зернистостью P120 - период стойкости увеличился на 80 % (рис. 3, рис. 4, б), составляющие силы шлифования  $P_y$  и  $P_z$  снизились на 18 и 30 % (рис. 4, а) в сравнении с обработкой без очистки.

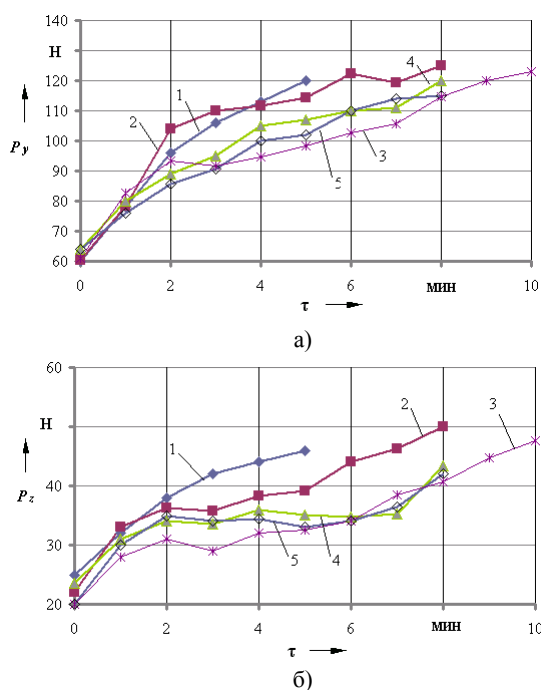


Рис. 3. Влияние зернистости АЗ ленты на радиальную  $P_y$  (а) и касательную  $P_z$  (б) составляющие силы шлифования: 1 – без воздействий; 2 – очистка абразивной лентой 54С P40; 3 – 54С P120; 4 – 54С P180; 5 – 54С P220

Следует отметить, что при использовании одинаковой зернистости АЗ ленты (P40) и круга (F46) обеспечивается меньший эффект от очистки по сравнению с использованием лент с АЗ зернистостью P120 и P180. Это можно объяснить

недостаточным количеством зерен ленты, участвующих в диспергировании налипов. При использовании же ленты с размером зерен намного меньшим размеров АЗ круга (М40) отмечено интенсивное изнашивание зерен ленты, вырывание их из основы и, вследствие этого, шаржирование зерен ленты в поверхность заготовки.

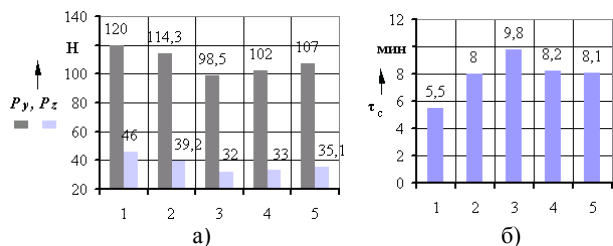


Рис. 4. Влияние зернистости АЗ ленты на силы  $P_y$  и  $P_z$  (а) и период стойкости ШК  $\tau_c$  (б), остальные условия см. в подписи к рис. 3

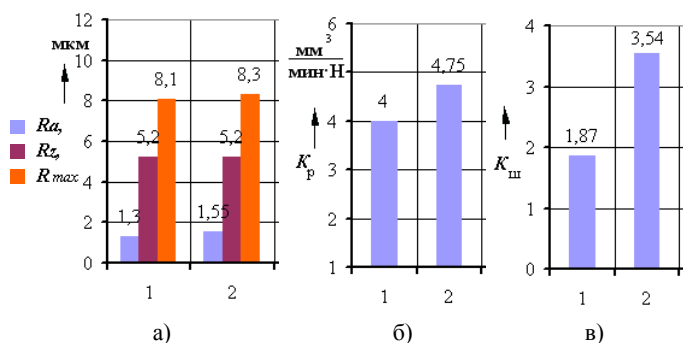


Рис. 5. Влияние очистки ШК на параметры шероховатости  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$  (а), коэффициент режущей способности (б), коэффициент шлифования (в) в конце периода стойкости круга: 1 – без очистки; 2 – очистка абразивной лентой 54С Р120

Экстремальную зависимость показателей шлифования от зернистости АЗ ленты можно объяснить тем, что для очистки требуется лента с размером зерен, близким к размеру впадин субмикрпрофиля на поверхности зерна круга. При выборе зернистости АЗ ленты также следует учитывать истирание вершин зерен ШК и ленты.

Применение механической очистки практически не изменяет высотные параметры обработанной поверхности, но в то же время значительно (на 19 и 90 % соответственно) увеличиваются коэффициенты  $K_{ш}$  и  $K_p$  (рис. 5).

#### 4. Заключение

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования показывают, что механическая очистка абразивными инструментами рабочей поверхности ШК при шлифовании труднообрабатываемых материалов является эффективным средством повышения режущей способности шлифовальных кругов. Применение механической очистки позволяет увеличить период стойкости ШК на 80 %, уменьшить силы шлифования на 20 - 30 %, при обеспечении заданного качества шлифованных деталей.

#### 5. Литература

1. Marinescu, I., M. Hitchener, E. Uhlmann, B. Rowe, I. Inasaki. Handbook of Machining with Grinding Wheels. CRC Press, 2007, с. 160 – 164.
2. Chen, X., B. Rowe, R. Cai. Precision Grinding Using CBN Wheels. Tools & Manuf. 42, 2002, с. 585–593.
3. Худобин, Л., А. Унянин. Минимизация засаливания шлифовальных кругов. Ульяновск, УлГТУ, 2007, 298 с.