

# Оценка применения абразивного инструмента с прерывистой поверхностью для заточки инструментов из быстрорежущих сталей

## Evaluation of the application abrasive tool with a discontinuous surface for sharpening tools from high-speed steels

### **Богущий В.Б.**

Канд. техн. наук, доцент кафедры технологии машиностроения ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», г. Севастополь  
e-mail: bogutskivb@yandex.ru

### **Bogutsky V. B.**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Technology of Mechanical Engineering, Sevastopol State University, Sevastopol  
e-mail: bogutskivb@yandex.ru

### **Аннотация**

Показаны существующие конструкции абразивного инструмента с прерывистой рабочей поверхностью и предлагается метод формирования прерывистой поверхности круга для заточки инструментов из быстрорежущих сталей. Приведены результаты сравнения эксплуатационных показателей шлифовальных кругов с прерывистой и со сплошной рабочей поверхностью при заточке инструментов из быстрорежущих сталей.

**Ключевые слова:** заточка металлорежущих инструментов, абразивный круг с прерывистой поверхностью, метод профилирования, сравнение эксплуатационных показателей.

### **Abstract**

The article shows the existing designs of the abrasive tool with a discontinuous working surface and proposes the method of forming a discontinuous surface of the circle for sharpening tools from high-speed steels. The authors present the results of comparison of performance indicators of grinding wheels with intermittent and continuous working surface when sharpening tools from high-speed steels.

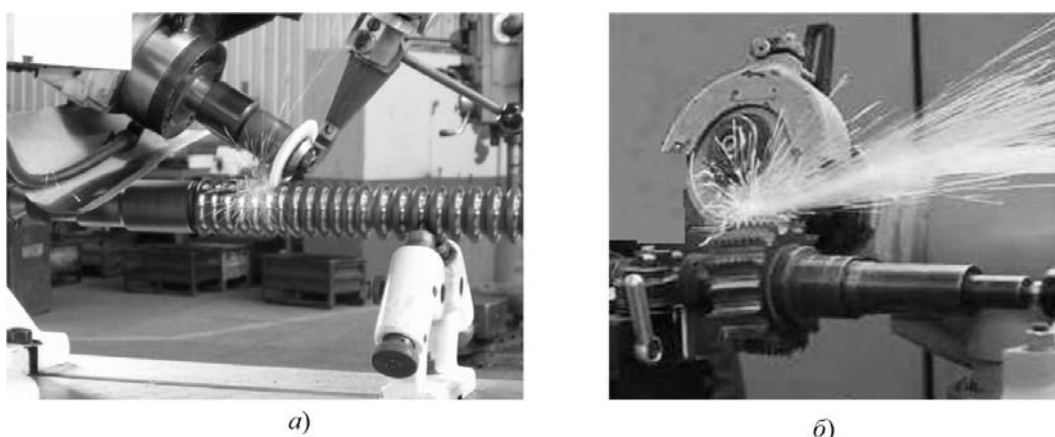
**Keywords:** sharpening of metal-cutting tools, abrasive wheel with a discontinuous surface, profiling method, a comparison of operational performance.

**Введение.** Эффективность механической обработки деталей в значительной степени определяется свойствами и качеством применяемого металлорежущего инструмента [1-3 и др.]. Анализ причин выхода из строя металлорежущих инструментов из быстрорежущих сталей, выполненный по результатам их эксплуатации на ряде производственных предприятий (табл. 1) показывает, что поломка режущей части, скалывание отдельных зубьев, схватывание являются относительно редким явлением и возможны на заключительных стадиях эксплуатации инструмента. Основной причиной выхода из строя инструментов из быстрорежущих сталей следует признать его износ, который протекает особенно интенсивно при наличии термических дефектов, возникающих в процессе заточки инструмента.

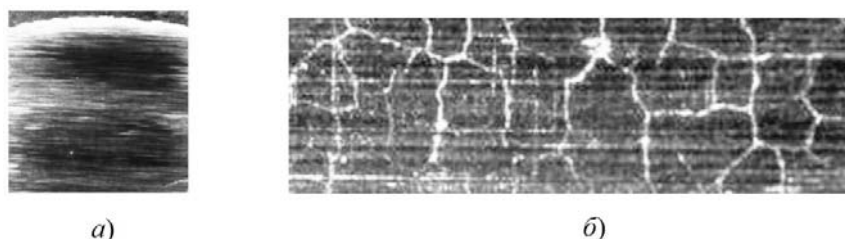
**Основные факторы, определяющие выход из строя металлорежущих инструментов из быстрорежущих сталей**

№ n/n	Вид инструмента	Степень влияния на частоту выхода из строя, %			
		Поломка	Скалывание	Износ поверхностей зубьев	Схватывание
1	Прошивка	1...3	2...6	82...87	1...3
2	Фреза червячная	1...2	2...4	73...86	4...8
3	Зенкер	2...4	2...6	72...81	7...9
4	Фреза концевая	2...4	2...5	65...81	5...9
5	Сверло	12...15	2...4	66...76	3...4
6	Протяжка	2...4	6...15	64...72	2...5

**Постановка проблемы.** При заточке зубьев инструментов из быстрорежущих сталей (особенно имеющих сложнопрофильную поверхность и нелинейную зону контакта абразивного инструмента с поверхностью зубьев – см. рис. 1) в зоне резания возникают неблагоприятные термодинамические процессы. Поверхностный слой закаленной быстрорежущей стали подвергается вторичной закалке и высокому отпуску, в результате достаточно часто структурные изменения сопровождаются возникновением на обрабатываемой поверхности цветов побежалости – «прижога» (рис. 2, а). Участки поверхности с изменившейся структурой подвергаются сжатию или растяжению соседними участками и, как следствие, в поверхностном слое возникают внутренние напряжения. В случае, когда величина внутренних напряжений превышает величину сопротивления обрабатываемого материала на разрыв, на поверхности детали появляются шлифовочные трещины (рис. 2, б) [4, 5 и др.].



**Рис. 1.** Заточка зубьев: а – протяжки; б – червячной фрезы

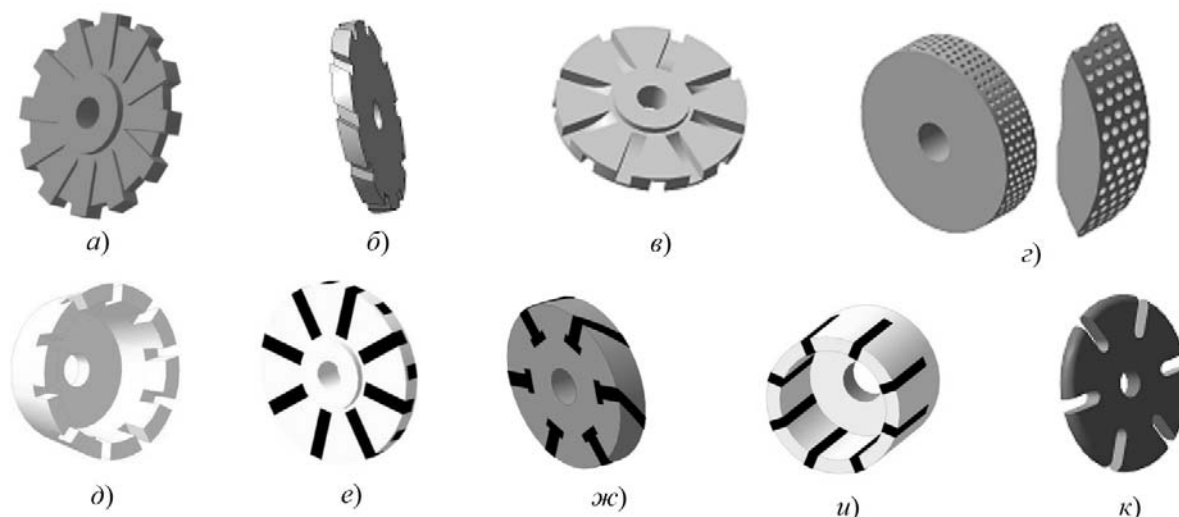


**Рис. 2.** Шлифовочные дефекты: а – прижог; б – шлифовочные трещины.

Прижог, который наведен на предварительных проходах шлифования, устранить на последующих чистовых проходах не представляется возможным. Уменьшение твердости материала режущей кромки вызывает снижение стойкости инструмента. Обнаружить его в заводских условиях также сложно. Этот дефект проявляется в дальнейшем при работе инструментов, например, на автоматических линиях, вызывая неоправданные простои оборудования,

что приводит к непредвиденным производственным затратам. С учетом невысокой размерной стойкости абразивного инструмента и вероятностью образования прижогов на поверхностях инструментов, для обеспечения заданного качества занижают режимы обработки, выполняют более частую правку абразивного инструмента, что, как следствие, снижает производительность операции заточки. Следовательно, при шлифовании лезвий режущих инструментов необходимо подбирать такие режимы и характеристику круга, чтобы температура в зоне контакта не достигла критических точек структурных превращений.

Конструкции шлифовальных кругов с прерывистой рабочей поверхностью. Анализ возможных способов снижения температуры [6, 7 и др.] в зоне резания показывает, что для шлифования зубьев инструментов из быстрорежущих сталей по передней поверхности можно применять абразивные круги с прерывистой рабочей поверхностью (см. рис. 3).



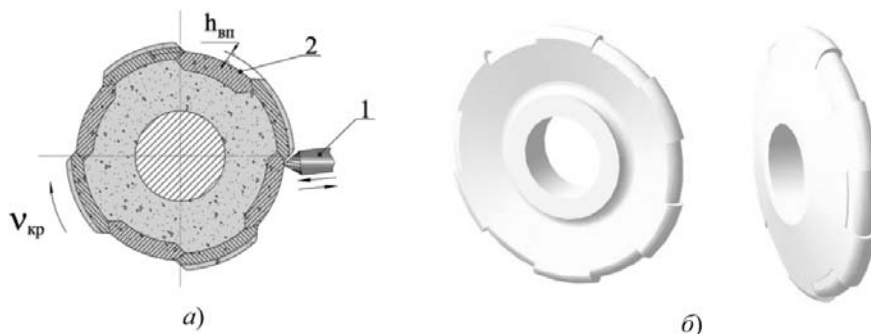
**Рис. 3.** – Конструкции шлифовальных кругов с прерывистой рабочей поверхностью: *а* – с пазами по периферии и торцу; *б*, *в* – с прямыми и косыми пазами по периферии; *г* – с радиальными отверстиями; *д* – чашечный с пазами по торцу; *е*, *ж*, *и* – с композиционным наполнителем; *к* – для стружечных канавок.

Как недостаток большинства конструкций абразивных кругов с прерывистой рабочей поверхностью, можно отметить довольно большой расход объема шлифовального круга на его правку и профилирование его рабочей поверхности, а также затраты времени на его профилирование вне станка, что является сдерживающим фактором для их широкого применения в промышленности. В дополнение необходимо отметить, что практически для каждой операции заточки зубьев инструментов из быстрорежущих сталей необходим свой, специфический профиль прерывистой поверхности круга. Как показано в [8-10 и др.], прерывистость рабочей поверхности шлифовального круга вызывает появление периодически действующей силы резания, которая служит причиной возникновения дополнительных колебаний в технологической системе. При изменении конструкции или размера затачиваемого инструмента, а также применяемого оборудования или оснастки, жесткость технологической системы изменяется и, соответственно, изменяются частоты собственных колебаний системы. В некоторых случаях, при совпадении частоты возникающих колебаний с частотами собственных колебаний элементов технологической системы возникает резонанс, и как результат, возрастание шероховатости и волнистости поверхности, а также погрешности формы. Для исключения вышеуказанных процессов, необходимо выполнять формирование прерывистого профиля на рабочей поверхности абразивного круга и его корректировку непосредственно на заточном станке.

**Метод формирования прерывистого профиля на рабочей поверхности абразивного круга.** Поставленную задачу можно решить, используя методику формирования впадин небольшой глубины (глубина прорезей ограничивается прочностью круга) на круге непосредственно

ственно на заточном станке (рис. 4, а) [11–12]. Процесс создания прерывистой рабочей поверхности круга, вращающегося с частотой  $v_{кр}$ , выполняется правящим инструментом 1, возвратно-поступательно движущимся в радиальном направлении (возвратно-поступательное перемещение инструмента синхронизировано с частотой вращения круга).

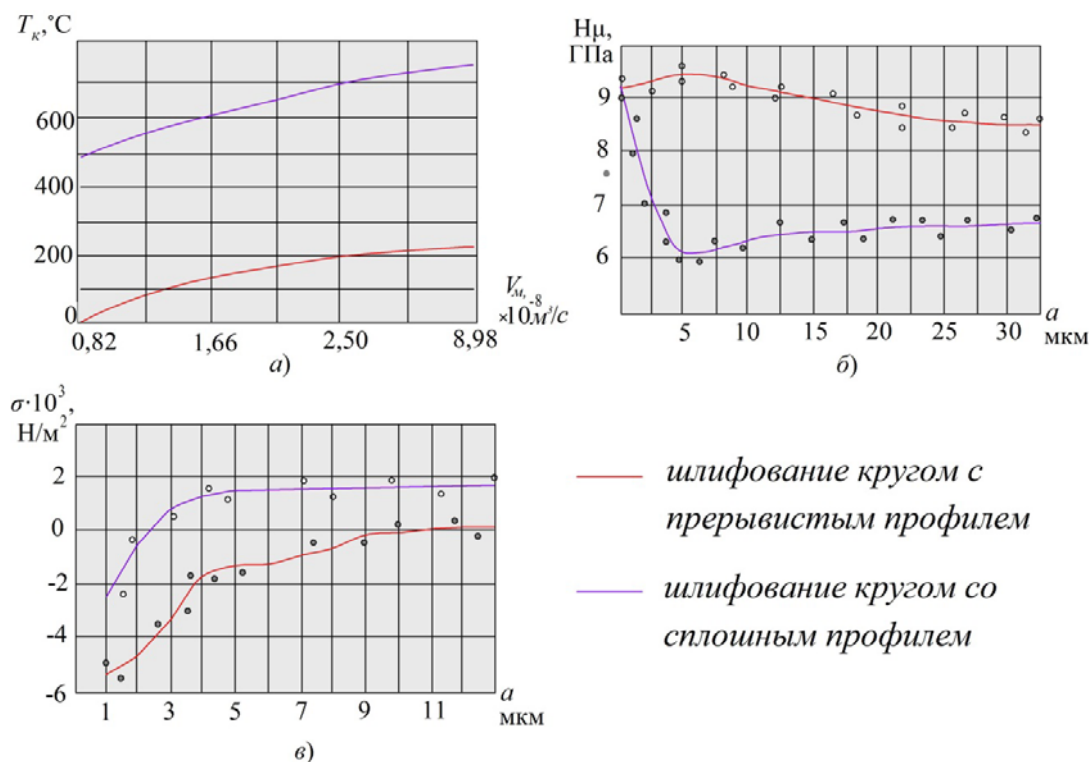
В результате контакта с рабочей поверхностью круга инструмент создает на ней равные по длине впадины 2 и выступы. При последующей правке профиля круга, фаза колебаний правящего инструмента сдвигается на заранее рассчитанный угол. На рис. 4, б показан тарельчатый шлифовальный круг для заточки протяжек с выступами, полученными по предлагаемому методу.



**Рис. 4.** Метод формирования впадин небольшой глубины на заточном станке: а – схема формообразования прерывистой поверхности; б – круг тарельчатый с прерывистой поверхностью для заточки инструмента.

Производственная проверка возможностей и сравнение эксплуатационных показателей шлифовального круга с прерывистой рабочей поверхностью и шлифовального круга со сплошной рабочей поверхностью производилась на ООО «Таврида электрик» (г. Севастополь). Заготовки из быстрорежущей стали Р6М5 (HRC 62...65) обрабатывались на станке модели 3Е642Е кругом 14 50/80x20x32 25AF54М6V. Режимы обработки: скорость круга  $V_k=35$  м/с, продольная подача 3,5 м/мин., поперечная подача 0,03 мм/дв.ход. В качестве СОТС использовался 3%-ый раствор эмульсола Укринол-1 в воде. Основные требования: отсутствие прижогов, шероховатость обработанных поверхностей  $Ra=0,63...0,32$  мкм. Результаты проверки приведены на рис. 4.

Результаты расчетов (рис. 5, а) и сравнительного исследования физико-механического состояния поверхностного слоя обработанных деталей показали, что при обработке кругом с прерывистым профилем контактная температура на поверхности заготовки значительно ниже, в тонком поверхностном слое заготовки возрастает микротвердость (рис. 5, б) и появляются остаточные напряжения сжатия (рис. 5, в).



**Рис. 5.** Сравнительные результаты исследования процесса шлифования кругами с прерывистой и сплошной рабочей поверхностью образцов из закаленной быстрорежущей стали: *а* – расчетная контактная температура на поверхности заготовки; *б* – распределение микротвердости; *в* – остаточные напряжения в поверхностном слое.

Проверка показала, что при шлифовании кругом с прерывистой рабочей поверхностью отсутствуют изменения физико-механических свойств поверхностного слоя материала по глубине. Как правило, при шлифовании обычными кругами в поверхностном слое возникает слой материала с пониженной микротвердостью, появление которого является следствием структурных превращений, возникающих в материале при высоких температурах в зоне контакта заготовки с кругом. Расчеты показывают, что время контакта обрабатываемой поверхности (при использовании кругов с прерывистой рабочей поверхностью) уменьшается до  $(1,6 \dots 2,7) \cdot 10^{-4}$  с и соответственно возрастает до  $(1,9 \dots 3,7) \cdot 10^6$  °C/с.

При шлифовании кругами с прерывистой рабочей поверхностью уменьшается время контакта обрабатываемой поверхности с инструментом до  $(1,8 \dots 3,7) \cdot 10^{-4}$  с, а скорость протекания термических процессов в поверхностном слое возрастает до  $(2,1 \dots 3,6) \cdot 10^6$  °C/с, уменьшая вероятность возникновения отпущенного слоя материала.

**Заключение.** Приведенные результаты показывают целесообразность применения абразивного инструмента с прерывистой рабочей поверхностью на операциях заточки металлорежущих инструментов из быстрорежущих сталей. Для реализации предлагаемого метода профилирования рабочей поверхности абразивного инструмента необходимо разработать методику расчета геометрических размеров впадин и выступов на поверхности круга с учетом размерных характеристик затачиваемого инструмента параметров и используемой технологической системы.

### Литература

1. Кручининский С.М. Отчет по маркетинговому исследованию рынка металлорежущего инструмента РФ. – СПб.: Питер-Консалт 2013. – 23 с.
2. Металлорежущий инструмент: обзор зарубежных и отечественных производителей. М.: ООО «РТБ-КОНСАЛТИНГ», 2017. – 20 с.

3. Narasimha M., Sridhar K., Reji Kumar R., Achamyelah Aemro Kassie. Improving Cutting Tool Life a Review// International Journal of Engineering Research and Development. Vol. 7, Iss.1, 2013. P. 67-75.
4. *Евсеев Д.Г.* Формирование свойств поверхностных слоев при абразивной обработке. Саратов: Изд-во Саратовск. ун-та, 1975. – 127 с.
5. *Резников А.Н.* Теплофизика процессов механической обработки материалов М.: Машиностроение, 1981. – 279 с.
6. *Якимов А.В.* Оптимизация процесса шлифования. – М.: Машиностроение, 1975. – 175 с.
7. *Старков В.К.* Шлифование высокопористыми кругами. – М.: Машиностроение, 2007. – 688 с.
8. Novoselov Y., Bogutsky V., Shron L. Patterns of removing material in workpiece - grinding wheel contact// Procedia Engineering. Vol. 206, (2017) 4nd International Conference on Industrial Engineering (ICIE-2017). P. 991-996.
9. Stephen Malkin, Changsheng Guo. Grinding technology. Theory and Applications of Machining with Abrasives. Industrial press, New York. 2008. – 372 p.
10. *Новоселов Ю.К., Братан С.М., Богуцкий В.Б.* Влияние случайной составляющей отклонений профиля инструмента на динамику процесса круглого наружного шлифования//Научно-технические технологии в машиностроении. – 2016. – № 5 (59). – С. 10–17.
11. *Новоселов Ю.К.* Способ правки шлифовального круга с прерывистой рабочей поверхностью /А.С. СССР №952556, 1982. Бюл. № 31.
12. *Богуцкий В.Б.* Приспособление для правки шлифовального круга с прерывистой рабочей поверхностью/ Патент №37655, Украина, 2008, Бюл. №23.