

УДК 621.922.025

DOI: 10.35211/1990-5297-2023-8-279-34-38

*В. А. Носенко, А. А. Исаева, Р. А. Белухин***ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ И ТВЕРДОСТИ АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА
НА ПОКАЗАТЕЛИ ШЛИФОВАНИЯ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ****Волжский политехнический институт (филиал)****Волгоградского государственного технического университета**

E-mail: vladim.nosenko2014@yandex.ru

Приведены результаты испытаний абразивных инструментов из корунда на операции плоского врезного шлифования заготовок быстрорежущей стали. Определены закономерности изменения составляющих силы резания, коэффициента шлифования и среднего арифметического отклонения профиля обработанной поверхности при шлифовании кругами различной твердости и структуры. Даны рекомендации по выбору характеристики абразивного инструмента, режимов чистового и чернового шлифования быстрорежущей стали.

Ключевые слова: быстрорежущая сталь, абразивный инструмент, структура, твердость, качество поверхности, сила резания, коэффициент шлифования.

*V. A. Nosenko, A. A. Isaeva, P. A. Belukhin***THE INFLUENCE OF THE STRUCTURE AND HARDNESS OF THE ABRASIVE
TOOL ON THE GRINDING PERFORMANCE OF HIGH-SPEED STEEL****Volzhsky Polytechnic Institute (branch)
of the Volgograd State Technical University**

The operation of flat mortise grinding of high-speed steel blanks are presented. The regularities of changes in the components of the cutting force, the grinding coefficient and the arithmetic mean deviation of the profile of the treated surface during grinding with circles of different hardness and structure are determined. Recommendations on the choice of characteristics of the abrasive tool, modes of finishing and rough grinding of high-speed steel are given.

Keywords: high-speed steel, abrasive tool, structure, hardness, surface quality, cutting force, grinding coefficient.

Одним из этапов изготовления лезвийного режущего инструмента является шлифование. К числу основных показателей качества обработанной поверхности относятся шероховатость, образование прижогов и трещин [1]. Существенное влияние на качество обработанной поверхности оказывают износ инструмента (коэффициент шлифования) и составляющие силы резания. В работах [2, 3] рассмотрен процесс шлифования пластин из быстрорежущей стали Р6М5 высокопористыми кругами из синтеркорунда и традиционных абразивных материалов. Даны рекомендации по выбору характеристики и режимов шлифования. Обрабатываемость быстрорежущих сталей кругами различных характеристик нормальных структур рассмотрена в работе [4]. Показано влияние условий обработки на параметры шероховатости, силы резания, коэффициент шлифования [5–7]. В меньшей степени изучено влияние структуры абразивного инструмента.

Цель работы – исследование влияния структуры и твердости абразивного инструмента на показатели процесса шлифования быстрорежущей стали.

Методика исследований

Обработку осуществляли на станке с ЧПУ модели CHEVALIER SMART-B1224 III методом плоского врезного шлифования. Контролировали следующие показатели процесса: составляющие силы резания P_z , P_y ; коэффициент шлифования K_g ; среднее арифметическое отклонение профиля Ra обработанной поверхности; наличие шлифовочных прижогов и трещин. Составляющие силы резания измеряли силоизмерительным комплексом Amti MC36-1000 ИР, шероховатости обработанной поверхности – профилометром Mitutoyo Surftest SJ-410, износ абразивного инструмента – индикатором многооборотным тип 1 МИГ. В работе приведены средние значения показателей процесса. Составляющие силы резания приводили к единице ширины обрабатываемой поверхности заготовки.

В качестве обрабатываемого материала использовали быстрорежущую сталь Р6М5. Шлифование осуществляли абразивными инструментами из электрокорунда, изготовленными на ОАО «Волжский абразивный завод». Характеристики абразивных инструментов: 25AF120J7V (J7),

25AF120K7V (K7); 25AF120L7V (L7);
25AF120M7V (M7); 25AF120J9V (J9);
25AF120K9V (K9); 25AF120L9V (L9);
25AF120M9V (M9). Твердость инструментов определяли ультразвуковым методом на приборе «Звук-110М» по приведенной скорости распространения акустических волн c_1 согласно ГОСТ 52710. Испытания шлифовальных кругов проведены по методике [8] на режимах: скорость шлифования – 35 м/с, подача на глубину шлифования – 0,005 и 0,015 мм/х; скорость продольной подачи стола – 8 м/мин, припуск 1 мм.

Результаты исследований, обсуждение результатов

При шлифовании абразивным инструментом твердостью J с увеличением структуры на два номера от 7 до 9 составляющая силы резания P_{bz} снижается на 9 %, P_{bz} изменяется на границе значимости (рис. 1). Коэффициент шлифования K_g кругами твердостью I с увеличением структуры снижается на 15 % (рис 2, а), шероховатость поверхности Ra с увеличением структуры на 2 номера возрастает на 25 % (рис. 2, б).

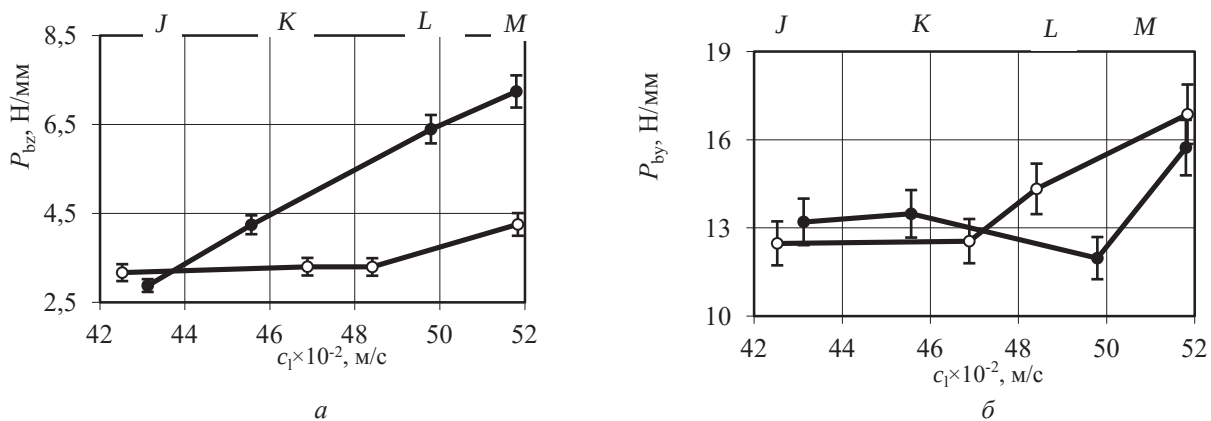


Рис. 1. Составляющие силы резания P_{bz} (а) и P_{by} (б) в зависимости от твердости круга c_1 , подача 0,005 мм/х:
○ – структура 7; ● – структура 9

Теплонапряженность процесса шлифования определяется составляющей силы резания P_{bz} . Поэтому, с целью снижения вероятности образования прижогов на обработанной поверхности из рассмотренных кругов целесообразно использовать круг J9.

С увеличением твердости кругов структуры 7 от J до K составляющие силы резания кругом и шероховатость обработанной поверхно-

сти изменяются незначимо (рис. 1, 2, б), K_g возрастает почти на 30 %. Значительное увеличение коэффициента шлифования свидетельствует об увеличении силы удержания зерна в связке. Поэтому основной причиной износа следует считать скалывание зерен, за счет чего происходит самозатачивание круга и некоторое сдерживание роста силы резания.

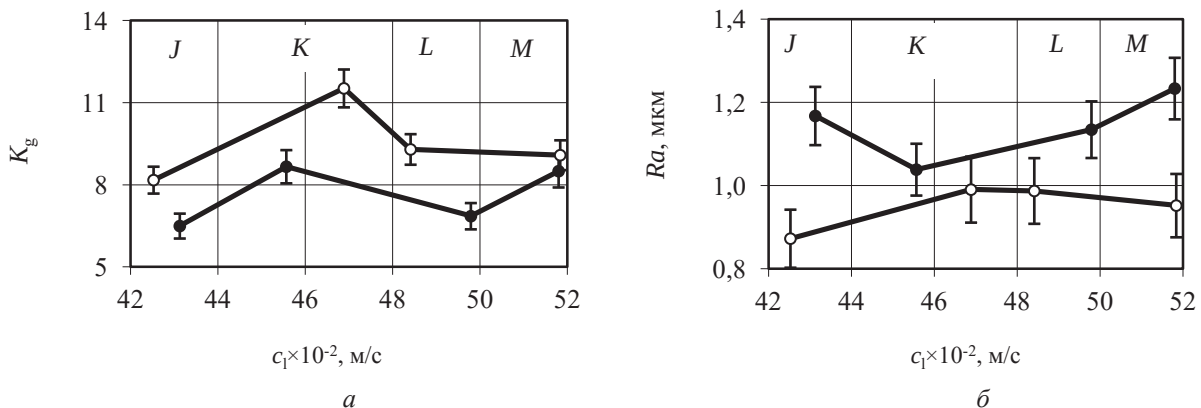


Рис. 2. Коэффициент шлифования K_g (а) и шероховатость обработанной поверхности Ra (б) в зависимости от твердости круга c_1 , подача 0,005 мм/х:
○ – структура 7; ● – структура 9

При дальнейшем увеличении твердости кругов структуры 7 составляющая P_{bz} изменяется незначимо, P_{by} – возрастает. Коэффициент шлифования снижается на 19 %, шероховатость поверхности не изменяется. При шлифовании кругом твердостью M все составляющие силы резания по сравнению с кругом твердостью L возрастают: P_{bz} – на 22 %, P_{by} – на 15 %. Шероховатость обработанной поверхности и коэффициент шлифования кругами $L7$ и $M7$ одинаковы.

С увеличением структуры инструмента твердостью K на два номера составляющие силы резания P_{bz} и P_{by} возросли, соответственно, на 22 и 7 %, K_g – на 25 %, Ra , с учетом доверительных интервалов на средние арифметические значения, значимо не различаются (рис. 2). На кругах твердостей L и M с увеличением структуры составляющая силы резания P_{bz} и шероховатость поверхности Ra возрастают, коэффициент шлифования K_g снижается.

В соответствии со сделанным анализом лучшие эксплуатационные показатели при шлифовании стали Р6М5 на черновых режимах обеспечивает круг характеристик $J7$. С целью снижения вероятности образования шлифовочных прижогов рекомендуется круг $J9$, но K_g по сравнению с кругом $J7$ снижается на 15 %.

Рассмотрим закономерности изменения показателей процесса шлифования абразивными инструментами различной структуры и твердости при подаче на глубину 0,015 мм/х.

Для кругов твердостью J с увеличением структуры на две единицы составляющие силы резания, коэффициент шлифования и шероховатость поверхности в общем случае снижаются (рис. 3, 4). Учитывая небольшое снижение K_g , с целью уменьшения вероятности образования шлифовочных прижогов для чернового шлифования стали Р6М5 рекомендуется круг $J9$, обеспечивающий меньшую шероховатость обработанной поверхности. С увеличением твердости инструмента $J7$ на степень до K составляющие силы резания и шероховатость обработанной поверхности изменяются незначимо, но существенно, более чем на 30 %, повышается коэффициент шлифования. Повышение твердости высокоструктурного круга до степени K сопровождается ростом силы резания, шероховатость поверхности изменяется незначимо. Коэффициент шлифования возрастает почти на 30 %, но не достигает K_g при обработке инструментом $K7$.

На основе сделанного анализа из четырех рассмотренных кругов для чернового шлифования стали Р6М5 рекомендуются два круга: $J9$ и $K7$. Круг $J9$ целесообразно использовать при черновой обработке для обеспечения бесприжогового шлифования. Износ данного круга приблизительно на 9 % больше, чем $J7$, но составляющая P_{bz} почти на 30 % меньше. При шлифовании кругом $K7$ износ инструмента снижается на 45 %, но составляющая P_{bz} возрастает на 35 %, что увеличивает вероятность образования шлифовочных прижогов.

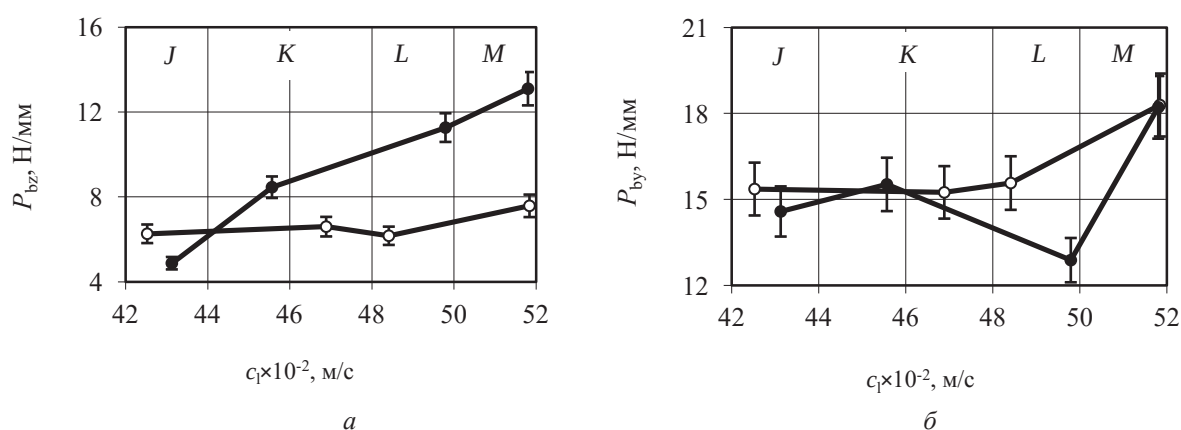


Рис. 3. Составляющие силы резания P_{bz} (а) и P_{by} (б) в зависимости от твердости круга c , подача 0,015 мм/х:
○ – структура 7; ● – структура 9

При дальнейшем увеличении твердости инструмента структуры 7 до L составляющие P_{bz} и P_{by} изменяются незначимо, коэффициент шлифования снижается на 7 %, шероховатость уве-

личивается на 9 %. Такое соотношение между составляющими силы резания, коэффициентом шлифования и Ra свидетельствует о нестабильной работе инструмента, на шлифованной по-

верхности появляются следы вибрации. При шлифовании инструментом твердостью M все составляющие силы резания и коэффициент шлифования по сравнению с кругом твердо-

стью L возрастают: P_{bz} – на 19 %, P_{by} – на 15 %, K_g – на 13 %. Шероховатость заготовки изменяется незначимо, но на поверхности металла появились прижоги.

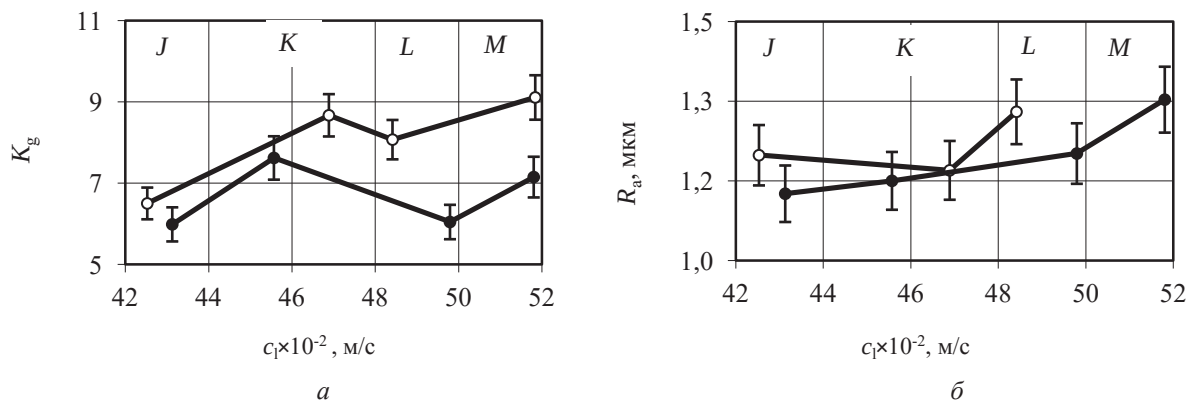


Рис. 4. Коэффициент шлифования K_g (а) и шероховатость обработанной поверхности R_a (б) в зависимости от твердости круга c , подача 0,015 мм/х:
○ – структура 7; ● – структура 9

На высокоструктурном круге твердостью L по сравнению с кругом структуры 7 составляющая силы P_{by} , коэффициент шлифования K_g , и шероховатость R_a снижаются соответственно на 17, 25 и 7 процентов. Составляющая P_{bz} с увеличением структуры возрастает на 45 %. Инструмент работает нестабильно, на поверхности заготовки образуются прижоги и следы вибрации абразивного инструмента. При шлифовании инструментом твердостью M составляющая силы резания P_{bz} возрастает почти 40 %, коэффициент шлифования снижается на 22 %. Шероховатость поверхности возрастает всего на 6 %, но процесс шлифования также нестабилен, на обработанной поверхности появились следы вибрации круга и прижоги. Из этого следует, что круги твердостью L и M для чернового шлифования применять нецелесообразно.

Выводы

1. На операции чистового шлифования быстрорежущей стали Р6М5 наилучшие эксплуатационные показатели на чистовых режимах обеспечивает круг характеристики 25AF120J7V. С целью снижения вероятности образования шлифовочных прижогов возможно использование абразивного инструмента более высокой структуры характеристики 25AF120J9V при снижении коэффициента шлифования на 15 %.

2. Для шлифования на черновых режимах закаленной быстрорежущей стали рекомендуется круг характеристики 25AF120J9V. По сравнению инструментом 7 структуры коэффи-

циент шлифования снижается всего на 7 %, касательная составляющая силы резания более чем на 20 %.

3. Круги твердостью L и M обычной и повышенной структуры для чернового шлифования не рекомендуются в связи с появлением на обработанной поверхности шлифовочных прижогов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Справочник технолога / под общ. ред. А. Г. Суслова. – Москва : Инновационное машиностроение, 2019. – 800 с. ISBN 978-5-907104-23-5.
2. Солер, Я. И. Оптимальный выбор кругов из синтеркорунда при плоском шлифовании пластин Р6М5 по критерию макрогеометрии / Я. И. Солер, В. К. Нгуен // Новые материалы и технологии в машиностроении. – 2015. – № 21. – С. 66–72.
3. Статистические методы исследования работоспособности кругов из традиционных абразивов высокой пористости по критерию шероховатости при плоском шлифовании пластин Р6М5 без выхаживания / Я. И. Солер, А. В. Прокопьева, Д. Ю. Казимиров [и др.] // Механика XXI века. – 2011. – № 10. – С. 51–58.
4. Обрабатываемость различных сталей при шлифовании с чисткой кругов / Д. П. Салова, П. М. Салов, Т. Г. Виноградова, С. С. Сайкин // Высокие технологии в машиностроении : материалы всероссийской науч.-техн. интернет-конф. – Самара : Самарский государственный технический университет. – 2014. – С. 21–23.
5. Суслов, А. Г. Экспериментально-статистический метод обеспечения качества поверхностей деталей машин / А. Г. Суслов, О. А. Горленко. – М. : Машиностроение-1, 2003. – 303 с. – ISBN 5-94275-041-6
6. Шлифование стали ШХ15 кругами различной структуры / В. А. Носенко, А. Н. Довгаль, Д. В. Цибермановский, Р. А. Белухин // Известия ВолгГТУ : межвуз. сб. науч. ст. № 9 / ВолгГТУ. – Волгоград, 2008. – С. 26–29.

7. Влияние твердости и структуры круга на показатели процесса шлифования жаропрочного сплава / В. А. Носенко, А. Н. Довгаль, Т. П. Бондарчук, Р. А. Белухин // Известия ВолгГТУ : межвуз. сб. науч. ст. № 20(123) / Волг-ГТУ. – Волгоград, 2013. – С. 42–44.

8. Испытательный комплекс на базе прецизионного профилешлифовального станка с ЧПУ CHEVALIER модели SMART-B1224 III / В. А. Носенко, Р. А. Белухин, А. В. Фетисов, Л. К. Морозова // Известия ВолгГТУ : научный журнал № 5 (184) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2016. – С. 35–39.