

# ШЛИФОВАНИЕ МИКРОПОРИСТЫХ ПОКРЫТИЙ ИМПРЕГНИРОВАННЫМИ КРУГАМИ

*Н.С. АЛЕКСЕЕВ, канд. техн. наук, доцент  
В.А. КАПОРИН, инженер  
С.В. ИВАНОВ, инженер  
(РИИ АлтГТУ, г. Рубцовск)*

Поступила 30 апреля 2015  
Рецензирование 29 мая 2015  
Принята к печати 30 июня 2015

**Алексеев Н.С.** – 658207, г. Рубцовск, ул. Тракторная, 2/6,  
Рубцовский индустриальный институт АлтГТУ,  
e-mail: tm@rubinst.ru

Высокая химическая и адгезионная активность микропористых покрытий на никелевой и железной основе к абразивным зернам шлифовальных кругов способствует схватыванию контактирующих тел и интенсивному налипанию частиц покрытия на рабочую поверхность режущего инструмента. Эти явления вызывают рост тепловой и силовой напряженности процесса, вследствие чего возрастает износ кругов, шероховатость поверхности, в поверхностных слоях деталей происходят структурные и фазовые превращения. Поэтому одной из первоочередных задач для повышения эффективности шлифования является, с одной стороны, снижение температуры, а с другой – уменьшение бесполезных затрат энергии. Адгезионно-химическую активность микропористых покрытий к абразивным зернам можно уменьшить за счет изыскания способов, снижающих поверхностную энергию контактирующей пары. В теории физико-химической механики материалов основным является положение об облегчении деформирования тел в присутствии среды, содержащей поверхностно-активные вещества.

В статье предлагается путь повышения эффективности процесса шлифования микропористых покрытий за счет снижения взаимодействия контактирующих пар внедрением в зону резания специальных составов, которые при соприкосновении с ювенильными поверхностями обрабатываемого материала образуют на нем защитные пленки и тем самым препятствуют прямому контакту покрытия с зернами круга. С этой целью испытаны новые составы жидких импрегнаторов при обработке микропористых покрытий на плоскошлифовальном станке методом врезного шлифования без применения смазочно-охлаждающих жидкостей. Импрегнаторами для кругов служили водорастворимые полимеры, а также водные растворы аминов, жирных кислот и карбамидов.

В результате проведенных комплексных исследований режущей способности кругов из электрокорунда на керамической связке, пропитанных различными составами импрегнаторов, в сравнении с непропитанным кругом и влияния импрегнаторов на основные показатели процесса шлифования (стойкость и износ абразивного инструмента, энергетические затраты, шероховатость шлифованной поверхности) установлено, что в рассмотренных условиях импрегнированные круги из электрокорунда обладают более высокой режущей способностью по сравнению с непропитанным кругом. Оценка результатов исследований по рейтинговому методу показала, что наибольшей режущей способностью при плоском шлифовании микропористых покрытий на никелевой и железной основе обладают круги, пропитанные импрегнатором на основе триэтаноламина и олеиновой кислоты.

**Ключевые слова:** микропористые покрытия, абразивный инструмент, шлифование, пропитка, стойкость кругов, режущая способность, импрегнатор.

DOI: 10.17212/1994-6309-2015-3-66-74

## Введение

Шлифование труднообрабатываемых микропористых покрытий (далее покрытий) деталей обычным абразивным инструментом (АИ) в настоящее время является малоэффективным способом обработки прежде всего из-за низкой стойкости шлифовальных кругов вследствие их «засаливания», интенсивного затупления и износа [1]. Применение традиционных путей улучшения процесса шлифования (подбор режимов резания [2–4] и кругов оптимальной характеристики [5, 6], повышение однородности зернового состава [7], способов и режимов правки АИ [8, 9], специальных смазочно-охлаждающих жидкостей [10–13] и др.) часто не дает необходимого эффекта.

В то же время существует еще один путь совершенствования процесса абразивной обработки покрытий, заключающийся в изменении технологической среды путем так называемой пропитки, или импрегнирования, кругов специальными веществами, улучшающими их режущие свойства [14]. Импрегнирование представляется исключительно перспективным методом в силу гибкости, простоты его применения и высокой эффективности. Пропитка готовых абразивных кругов может осуществляться в соответствующих растворах, расплавах, суспензиях как в нагретом, так и в холодном состоянии.

Выбор импрегнатора определяется характером его воздействия на обрабатываемый металл и абразивный круг. В общем случае импрегнатор может оказывать влияние на процесс шлифования [15]: а) косвенное, через изменение физико-механических и других свойств инструмента; б) непосредственное, участвуя в контактных процессах зоны резания. Более важным, особенно при жидкой пропитке, является непосредственное воздействие. В основе контактных процессов лежит взаимодействие поверхностей абразивного и обрабатываемого материалов, т. е. образование поверхностных связей, их работа и разрушение. Практическим результатом такого взаимодействия является схватывание инструментального и обрабатываемого материала, которое часто приводит к «засаливанию» кругов. Оно обусловлено потенциальной реакционной способностью контактирующих тел. Импрегнатор, создавая прослойку между абразивным

и обрабатываемыми материалами, препятствует схватыванию и ликвидирует «засаливание» кругов.

В машиностроении при изготовлении деталей из однородных (монокристаллических) материалов широко применяются комплексные составы, например, на основе стеарина с добавками серы и стеарата алюминия [16, 17], а также кислород- и фторсодержащих веществ [18]. В результате снижаются коэффициент трения, сила резания и износ круга, повышается качество поверхности по параметру шероховатости. Пропитка абразивных кругов на керамической связке водным раствором йодистого натрия и эпалама [19] и водными дисперсиями сополимеров акрилатного и стирольного типов [20] позволяет исключить прижоги обработанной поверхности и повысить стойкость АИ. Для повышения эффективности шлифования фасонных деталей из труднообрабатываемых материалов и заточки режущего инструмента из быстрорежущих сталей применяют пропитку кругов поверхностно- и химически-активными веществами и полимерными соединениями [21, 22].

Все вышеупомянутые импрегнаторы используются для пропитки кругов на керамической связке при изготовлении деталей как с применением смазочно-охлаждающих жидкостей, так и без СОЖ. Вместе с тем в технической литературе пока нет аналогичных данных, относящихся к обработке износостойких покрытий деталей. В связи с этим в филиале ФГБОУ ВПО «АлтГТУ» в г. Рубцовске авторами совместно с ООО «Научные исследования и химические продукты» (г. Новосибирск) проводятся широкие исследования влияния импрегнаторов на процессы шлифования труднообрабатываемых покрытий. Цель этих исследований – определение эффективного вида импрегнатора для предварительного шлифования микропористых покрытий.

## Методика

### экспериментального исследования

Импрегнаторы вводились в поры круга в жидком виде путем свободного капиллярного поднятия раствора. Жидкие импрегнаторы значительно упрощают операцию пропитки и создают условия для непосредственного влияния на процесс шлифования путем участия в кон-

тактных процессах зоны резания. По результатам предварительных исследований в качестве импрегнаторов использовали пропиточные составы трех групп: водорастворимые полимеры, амины и жирные кислоты, карбамиды.

В итоге для исследований влияния импрегнаторов на режущую способность кругов при шлифовании покрытий были подготовлены следующие пропиточные составы (указаны в процентах):

*Состав № 0:* без пропитки (базовый).

*Состав № 1:* 0,01 %-й раствор полиакриламида.

*Состав № 2:*

масло индустриальное – 8,9;

ПАВ – 2,4;

жирные кислоты – 2,7;

вода – 86.

*Состав № 3:*

карбометилцеллюлоза – 0,45;

водный раствор силиката натрия (жидкое стекло) – 9,0;

вода – 90,55.

*Состав № 4:*

карбометилцеллюлоза – 1,0;

водный раствор силиката натрия (жидкое стекло) – 50,0;

вода – 49,0.

*Состав № 5:*

полиакриламид – 0,02;

неонол – 0,45;

вода – 99,53.

*Состав № 6:*

полиакриламид – 0,08;

тиокарбамид – 0,05;

вода – 99,87.

*Состав № 7:*

полиакриламид – 0,1;

тиокарбамид – 1,0;

вода – 98,9.

*Состав № 8:*

триэтаноламин – 27,8;

олеиновая кислота – 5,2;

0,01 %-й раствор полиакриламида – 67.

*Состав № 9:*

триэтаноламин – 7,0;

олеиновая кислота – 1,3;

0,01 %-й раствор полиакриламида – 91,7.

*Состав № 10:*

триэтаноламин – 40;

вода – 60.

*Состав № 11:*

триэтаноламин – 60;

вода – 40.

*Состав № 12:*

тиокарбамид – 1,0;

вода – 99,0.

*Состав № 13:*

тиокарбамид – 5,0;

вода – 95,0.

*Состав № 14:*

карбамид – 5;

тиокарбамид – 5;

вода – 90.

*Состав № 15:*

триэтаноламин – 6,0;

олеиновая кислота – 4,0;

вода – 90.

*Состав № 16:*

триэтаноламин – 7,0;

олеиновая кислота – 1,3;

вода – 91,7.

*Состав № 17:*

триэтаноламин – 27,8;

олеиновая кислота – 5,2;

вода – 67.

*Состав № 18:*

триэтаноламин – 69,6;

олеиновая кислота – 13,1;

вода – 17,3.

*Состав № 19:*

триэтаноламин – 41,7;

олеиновая кислота – 7,9;

вода – 50,4.

Все пропитанные круги проходили испытания на специальном стенде при скорости 44 м/с в течение 20...30 с для проверки влияния составов импрегнаторов на прочностные свойства АИ. Установлено, что прочность инструмента после импрегнирования не снижается. Это свидетельствует об отсутствии влияния пропитки на имеющиеся в инструменте связи.

Технологические испытания указанных составов проведены на плоскошлифовальном станке модели 3601 периферией круга методом врезного шлифования с использованием абразивных кругов формы 1 с размерами 150 × 20 × 32 мм ГОСТ Р52781–2007 с характеристикой 25AF60O6V35 (25A25HCT16K7).

Обработке подвергали широко распространенные плазменные покрытия на никелевой (по-

крытие ПВ) и железной (покрытие ПЖ) основе [2]. Обрабатывались плазменно-напыленные образцы призматической формы с размерами  $100 \times 70 \times 22$  мм. Режимы шлифования: скорость резания – 22 м/с; скорость продольного хода стола – 7 м/мин; вертикальная подача – 0,01 мм/дв. ход. Шлифование производилось без применения смазочно-охлаждающих жидкостей. Для оценки технологической эффективности различных импрегнаторов использовали следующие критерии:

– период стойкости  $T$ , мин абразивного круга, определяемый по появлению следов дробления или прижогов на шлифованной поверхности покрытий;

– коэффициент шлифования по объему  $K_{ш}$ , мм<sup>3</sup>/мм<sup>3</sup>;

– удельную мощность шлифования  $K_N$ , Вт·мин/мм<sup>3</sup>;

– комплексный критерий  $K_M$ , мм<sup>3</sup>/мин·Вт·мкм;

– параметр шероховатости шлифованных образцов  $R_a$ , мкм.

Продолжительность каждого опыта равнялась периоду стойкости круга. Размерный износ

АИ измеряли индикатором часового типа с ценой деления 0,001 мм. Шероховатость шлифованной поверхности контролировалась на профилографе – профилометре АБРИС – ПМ7. Для замера мощности шлифования применялся однофазный лабораторный ваттметр Д539. Каждую серию испытаний повторяли не менее трех раз, что обеспечивало достоверность полученных результатов с вероятностью  $P = 0,95$ . По каждой серии экспериментов определялись средние значения показателей.

### Результаты экспериментальных исследований и обсуждение

Усредненные результаты по выбранным показателям для всех испытанных пропиточных составов при шлифовании покрытий представлены в табл. 1.

Из результатов испытаний (см. табл. 1) видно, что варьируя составами импрегнаторов при шлифовании покрытий ПВ и ПЖ, можно более чем в 4 раза изменить значение  $T$ , более чем

Таблица 1

**Усредненные показатели плоского врезного шлифования покрытий на никелевой (числитель) и железной (знаменатель) основе кругом 25AF60O6V, пропитанным различными импрегнаторами**

Составы импрегнаторов	$T$ , мин	$R_a$ , мкм	$K_{ш}$ , мм <sup>3</sup> /мм <sup>3</sup>	$K_N$ , Вт·мин/мм <sup>3</sup>	$K_M$ , мм <sup>3</sup> /мин·Вт·мкм
№ 0	0,35/0,68	0,62/0,42	7,7/13,3	0,79/0,85	2,05/2,81
№ 1	0,28/0,57	0,63/0,53	6,1/11,8	0,86/0,88	1,85/2,14
№ 2	0,32/0,68	0,61/0,49	7,4/16,0	0,86/0,86	1,90/2,36
№ 3	0,30/0,62	0,73/0,50	7,1/12,1	0,96/0,92	1,43/2,16
№ 4	0,22/0,53	0,68/0,47	5,8/10,0	1,34/0,87	1,10/2,45
№ 5	0,28/0,66	0,65/0,50	6,8/12,6	0,93/0,96	1,66/2,08
№ 6	0,35/0,52	0,67/0,51	8,6/12,1	0,96/0,92	1,56/2,13
№ 7	0,50/0,73	0,61/0,49	11,7/15,3	0,90/0,89	1,81/2,30
№ 8	0,46/0,73	0,69/0,46	10,7/17,4	0,78/0,90	1,86/2,41
№ 9	0,41/0,69	0,66/0,49	10,0/15,9	0,87/0,90	1,73/2,26
№ 10	0,68/0,90	0,60/0,48	15,6/20,8	0,82/0,91	2,04/2,29
№ 11	0,70/0,92	0,62/0,48	16,1/21,5	0,85/0,89	1,90/2,34
№ 12	0,52/0,74	0,59/0,46	12,7/16,4	0,83/0,93	2,04/2,34
№ 13	0,63/0,86	0,56/0,46	14,1/18,6	0,83/0,90	2,16/2,42
№ 14	0,81/0,95	0,56/0,51	17,9/22,7	0,86/0,89	2,09/2,19
№ 15	0,50/0,72	0,66/0,52	10,9/16,9	0,84/0,90	1,79/2,14
№ 16	0,46/0,79	0,66/0,47	10,6/17,4	1,04/0,89	1,46/2,39
№ 17	0,56/0,82	0,61/0,50	14,2/19,5	0,86/0,87	1,90/2,29
№ 18	0,93/1,03	0,58/0,51	19,5/24,1	0,86/0,93	2,00/2,11
№ 19	0,86/0,97	0,61/0,45	18,5/22,6	0,86/0,91	1,91/2,43

в 3,3 раза – размерный износ круга, более чем в 1,3 раза – энергетические затраты.

Очевидно, для практических целей оценка импрегнаторов по одному критерию неприемлема, а по нескольким критериям одновременно затруднен выбор их рационального состава. Однако можно избежать затруднения, если использовать рейтинговый метод оценки результатов испытаний [23]. В табл. 2 представлены результаты оценки испытаний при ранжировании составов импрегнаторов по важнейшим критериям: периоду  $T$  стойкости круга, коэффициентам шлифования по объему  $K_{\text{ш}}$  и комплексному критерию  $K_{\text{м}}$ , характеризующим энергетические затраты, производительность и шероховатость шлифованных поверхностей. Число баллов, характеризующее каждый критерий, равно единице для состава, имеющего по данному критерию наименьшую технологическую эффективность и максимальное значение для импрегнатора, показавшему лучшие результаты. Из табл. 2 видно,

что при шлифовании покрытия ПВ к лучшему импрегнатору относится состав № 18 (55 баллов), а при обработке покрытия ПЖ наибольшую технологическую эффективность показал состав № 19 (55 баллов).

Рейтинговый критерий оценки можно использовать также и для выбора универсальных импрегнаторов, предназначенных для шлифования покрытий различных типов кругами на керамической связке (табл. 2).

Видно, что наиболее универсальным импрегнатором для шлифования покрытий на никелевой и железной основе кругами на керамической связке является состав № 19 (107 баллов) на основе триэтаноламина и олеиновой кислоты. Хорошие результаты получены также при использовании импрегнаторов № 11 (92,5 балла) и № 14 (99 баллов).

Повышение режущей способности кругов, пропитанных составом № 19, объясняется образованием в процессе шлифования граничного

Таблица 2

**Рейтинговая оценка различных импрегнаторов при плоском шлифовании покрытий на никелевой (числитель) и железной (знаменатель) основе кругом 25AF60O6V**

Составы импрегнаторов	Число баллов, характеризующих критерии			Суммарное число баллов	Суммарное число баллов при обработке двух видов испытанных покрытий
	периода стойкости $K_T$	износа круга $K_{K_{\text{ш}}}$	энергетических затрат и качества $K_{K_{\text{м}}}$		
№ 0	6,5/6,5	6/6	18/20	30,5/32,5	63
№ 1	2,5/3	2/2	9/4,5	13,5/9,5	23
№ 2	5/6,5	5/9	12/14	22/29,5	51,5
№ 3	4/4	4/3,5	2/6	10/13,5	23,5
№ 4	1/2	1/1	1/19	3/22	25
№ 5	2,5/5	3/5	5/1	10,5/11	21,5
№ 6	6,5/1	7/3,5	4/3	17,5/7,5	25
№ 7	11,5/10,5	12/7	8/11	31,5/28,5	60
№ 8	9,5/10,5	10/13	10/16	29,5/39,5	69
№ 9	8/8	8/8	6/8	22/24	46
№ 10	16/16	16/16	16,5/9,5	48,5/41,5	90
№ 11	17/17	17/17	12/12,5	46/46,5	92,5
№ 12	13/12	13/10	16,5/12,5	42,5/34,5	77
№ 13	15/15	14/4	20/17	49/36	85
№ 14	18/18	18/19	19/7	55/44	99
№ 15	11,5/9	11/11	7/4,5	29,5/24,5	54
№ 16	9,5/13	9/12	3/15	21,5/40	61,5
№ 17	14/14	15/15	12/9,5	41/38,5	79,5
№ 18	20/20	20/20	15/2	55/42	97
№ 19	19/19	19/18	14/18	52/55	107

смазочного слоя, предотвращающего схватывание ювенильных поверхностей абразивного зерна и обрабатываемых плазменных покрытий. Указанный смазочный слой образуется в результате разрушения слабых химических связей поверхности абразивных зерен с молекулами триэтаноламина и олеиновой кислоты.

## Выводы

1. Круги, пропитанные предложенными импрегнаторами (№ 1–19), в основном оказались эффективнее непропитанного круга. Импрегнирование абразивного инструмента на керамической связке оказывает влияние на все показатели операции шлифования микропористых покрытий, но больше всего на стойкость круга между правками и среднюю скорость его износа.

2. Исследования показали, что наиболее эффективным при шлифовании микропористых покрытий на никелевой и железной основе является импрегнатор № 19: стойкость кругов увеличивается в 1,5–2,5 раза, коэффициент шлифования возрастает в 1,7–2,4 раза при низкой шероховатости шлифованной поверхности.

## Список литературы

1. Надежность и ремонт машин / В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов, В.И. Савченко, В.Н. Бугаев, А.Н. Батищев; ред. В.В. Курчаткин. – М.: Колос, 2000. – 776 с.: ил. – (Учебники и учебные пособия для высших учебных заведений). – ISBN 5-10-003278-2.

2. Алексеев Н.С., Капорин В.А., Иванов С.В. Влияние скорости шлифования плазменных покрытий на режущую способность кругов // Техника в сельском хозяйстве. – 2014. – № 5. – С. 26–30.

3. Неклюдов В.И. Выбор режущего инструмента и режимов при точении и шлифовании покрытия ПН85Ю15 // Трение. Износ. Смазка. – 2003. – Т. 5, № 4. – С. 65–69.

4. Fan X.R. Force modeling for intermittent grinding process: PHD thesis / Michigan Technology University. – Michigan, 2005. – 129 p.

5. Алексеев Н.С. Влияние зернистости кругов на некоторые показатели шлифования // Вестник машиностроения. – 2003. – № 4. – С. 66–69.

6. Kremen Z.I. A new generation of high-porous vitrified CBN wheels // Industrial Diamond Review. – 2003. – № 4. – Р. 53–56.

7. Коротков А.Н., Цехин А.А. Влияние формы абразивного зерна на режущую способность и износ шлифовальных кругов // Вестник Кузбасского госу-

дарственного технического университета. – 1999. – № 2. – С. 17–19.

8. Казаков С.Н. Выбор СОЖ и метода правки абразивного круга для врезного предварительного шлифования валов с плазменными покрытиями // Машиностроение: республиканский межведомственный сборник научных трудов / Белорусский национальный технический университет. – Минск: Технопринт, 1980. – № 14. – С. 58–62.

9. Горленко О.А., Бишутин С.Г. Взаимосвязь числа активных зерен с характеристиками и режимами правки абразивного инструмента // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 1999. – № 1. – С. 62–66.

10. Выбор смазочно-охлаждающей жидкости для шлифования плазменных покрытий на железной основе / Р.Ф. Мустафаев, Н.С. Алексеев, В.А. Капорин, А.В. Рязанов, С.В. Иванов // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2012. – № 4 (57). – С. 28–30.

11. Белоус В.И. Модифицирование смазочно-охлаждающих жидкостей при шлифовании труднообрабатываемых материалов // Авиационно-космическая техника и технология. – 2011. – № 7 (84). – С. 66–70.

12. C60 fullerol formation catalysed by quaternary ammonium hydroxide / J. Li, A. Takeuchi, M. Ozawa, X. Li, K. Saigo, K. Kitazawa // Journal of the Chemical Society, Chemical Communications. – 1993. – Iss. 23. – P. 1784–1785.

13. Performance of novel MoS<sub>2</sub> nanoparticles based grinding fluids in minimum quantity lubrication grinding / B. Shen, A.P. Malshe, P. Kalita, A.J. Shih. – 2008. – Vol. 36. – P. 357–364.

14. Островский В.И. Теоретические основы процесса шлифования. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1981. – 144 с.

15. Никитин А.В. Шлифование труднообрабатываемых материалов импрегнированными кругами как способ повышения их режущих свойств // Инструмент и технологии. – 2010. – № 28. – С. 52–58.

16. Исследование процесса шлифования инструментальных сталей абразивными кругами, пропитанными специальным составом / Г.Г. Садыгов, Э.А. Ахундов, Ф.М. Мамедов, Ч.Г. Байрамов // Перспективы развития производства асинхронных двигателей в свете решений XXVI съезда КПСС: материалы VI Всесоюзной научно-технической конференции. – Владимир: ВНИПТИЭМ, 1983. – С. 136–140.

17. Доронин Ю.В. Опыт применения импрегнированного абразивного инструмента при шлифовании труднообрабатываемых материалов // Прогрессивные процессы шлифования, инструмент и его рациональная эксплуатация: тезисы докладов Все-

союзной научно-технической конференции, Ереван, 14–16 октября 1986 г. – М.: [б.и.], 1986. – С. 62–64.

18. Применение кислород- и фторсодержащих импрегнаторов для пропитки шлифовальных кругов / Р.М. Мубаракшин, Ю.В. Доронин, В.И. Бардин, С.А. Гребенкин // Современные способы повышения качества абразивно-алмазной и упрочняющей обработки: межвузовский сборник научных трудов. – Пермь: ППИ, 1985. – С. 94–97.

19. Влияние вида импрегнатора на коэффициент режущей способности абразивного инструмента / И.Г. Попов, В.К. Кононов, Ю.А. Шабалин, Г.М. Мещеряков // Высокоэффективные методы и инструмент для механической обработки авиационных материалов: межвузовский сборник научных трудов. – Куйбышев: КуАИ, 1984. – С. 53–54.

20. Данилова Е.А., Лукина Н.В., Рублева О.О. Исследование эксплуатационных свойств импрегнированных абразивных инструментов // Труды ТГТУ:

сборник научных статей молодых ученых и студентов / Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2007. – Вып. 20. – С. 95–96.

21. Мубаракшин Р.М. Управление режущей способностью и износостойкостью абразивного инструмента методом импрегнирования // Вестник машиностроения. – 1991. – № 5. – С. 45–47.

22. Шестаков И.Л., Мубаракшин Р.М., Гребенкин И.В. Повышение эффективности процесса заточки быстрорежущих сталей импрегнированными кругами // XXVII научно-техническая конференция по результатам научно-исследовательских работ, выполненных в 1988–1990 гг.: тезисы докладов. – Пермь: ППИ, 1991. – С. 23.

23. Современные смазочно-охлаждающие жидкости / Е.С. Киселев, А.Н. Унянин, З.С. Курзанова, М.А. Кузнецова // Вестник машиностроения. – 1996. – № 7. – С. 30–34.

## ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ

(METAL WORKING AND MATERIAL SCIENCE)

N 3(68), July – September 2015, Pages 66–74

### Grinding of microporous coatings using impregnated grinding wheels

Alexeev N. S., Ph.D. (Engineering), Associate Professor, e-mail: tm@rubinst.ru

Kaporin V. A., Engineer, e-mail: kaporinvl@mail.ru

Ivanov S. V., Engineer, e-mail: vitsal\_72@mail.ru

Rubtsovsk Industrial Institute, Branch of I.I. Polzunov Altai State Technical University, 2/6 Traktornaya st., Rubtsovsk, 658207, Russian Federation

#### Abstract

High chemical and adhesive activity of the nickel- and iron-based microporous coatings in contact with abrasive grinding wheels helps to fasten contacting bodies and to maximize adherence of the coating particles to the working surface of the cutting tool. These phenomena increase heat and power intensity of the process that in turn causes the increasing wheel wear, surface roughness as well as structural and phase transformations in surface layers of some parts. Consequently, one of the primary targets in order to improve the grinding efficiency is to reduce the temperature, on the one hand, and to reduce the useless energy consumption, on the other hand. The adhesive and chemical activity of microporous coatings with respect to abrasive grains can be reduced by finding ways reducing the surface energy of the contacting pair. The central idea in the theory of physical-chemical mechanics of materials is a concept to facilitate the deformation of bodies in the medium with surface-activated substances. These substances embrittle metal and accelerate its deformation through adsorption and electrocapillary effects.

The paper proposes a method to improve the efficiency of grinding the microporous coatings by reducing the interaction between the contacting pairs through the introduction of special compounds in the cutting area, which in contact with juvenile surfaces of the material being processed form protective films on the material and thus prevent direct contact of the coating with wheel grains. New compounds of liquid impregnators are tested when grinding the microporous coatings using a flat surface grinder and a plunge-cut grinding method without lubricating-cooling fluids. Water soluble polymers and aqueous solutions of amines, fatty acids and carbamides are used as impregnators for wheels.

The paper provides the results of comprehensive studies of the cutting power of electrocorundum wheels with ceramic bond impregnated with different compounds compared with non-impregnated wheels. The influence of impregnators on core parameters of the grinding process such as resistance and wear of an abrasive tool, energy consumption and roughness of a ground surface are studied. The studies revealed that when grinding the microporous coatings under given conditions the electrocorundum impregnated wheels have higher cutting power as compared with non-impregnated wheels. Comprehensive analysis of the studies based on a rating method revealed that when using the flat grinding method for the nickel- and iron-based microporous coatings the highest cutting power is attributed to wheels impregnated by triethanolamine and oleic acid impregnators.

**Keywords:**

microporous coatings, abrasive tool, grinding, impregnation, wheel resistance, cutting power, impregnator.

DOI: 10.17212/1994-6309-2015-3-66-74

**References**

1. Kurchatkin V.V., Tel'nov N.F., Achkasov K.A., Savchenko V.I., Bugaev V.N., Batishchev A.N. *Nadezhnost' i remont mashin* [Reliability and repair of machines]. Moscow, Kolos Publ., 2000. 776 p. ISBN 5-10-003278-2
2. Alekseev N.S., Kaporin V.A., Ivanov S.V. Vliyanie skorosti shlifovaniya plazmennyykh pokrytii na rezhushchuyu sposobnost' krugov [Effect of grinding speed plasma coatings on cutting ability of wheels]. *Tekhnika v sel'skom khozyaistve – Equipment for agriculture*, 2014, no. 5, pp. 26–30.
3. Neklyudov V.I. Vybory rezhushchego instrumenta i rezhimov pri tochenii i shlifovanii pokrytiya PN85Yu15 [The choice of cutting tools and modes for turning and grinding coating ПН85Ю15]. *Trenie, iznos, smazka – Friction, wear, lubricant*, 2003, vol. 5, no. 4, pp. 65–69.
4. Fan X.R. *Force modeling for intermittent grinding process*. PhD thesis. Michigan Technology University, Michigan, 2005. 129 p.
5. Alekseev N.S. Vliyanie zernistosti krugov na nekotorye pokazateli shlifovaniya [Influence of grain wheels on some parameters grinding]. *Vestnik mashinostroeniya – Russian Engineering Research*, 2003, no. 4, pp. 66–69. (In Russian)
6. Kremen Z.I. A new generation of high-porous vitrified CBN wheels. *Industrial Diamond Review*, 2003, no. 4, pp. 53–56.
7. Korotkov A.N., Tsekhin A.A. Vliyanie formy abrazivnogo zerna na rezhushchuyu sposobnost' i iznos shlifoval'nykh krugov [Influence of the form of abrasive grains of the cutting ability and wear of grinding wheels]. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta – Bulletin of Kuzbass State Technical University*, 1999, no. 2, pp. 17–19.
8. Kazakov S.N. [Selection of coolant and abrasive wheel dressing method for pre-plunge grinding rollers with plasma coatings]. *Respublikanskii mezhvedomstvennyi sbornik nauchnykh trudov Belorusskogo natsional'nogo tekhnicheskogo universiteta "Mashinostroenie"* [Republican interdepartmental collection of scientific works of the Belarusian National Technical University "Mechanical Engineering"]. Minsk, Tekhnoprint Publ., 1980, no. 14, pp. 58–62.
9. Gorlenko O.A., Bishutin S.G. Vzaimosvyaz' chisla aktivnykh zeren s kharakteristikami i rezhimami pravki abrazivnogo instrumenta [The relationship of active grains with features and modes dressing abrasive tools]. *Problemy mashinostroeniya i nadezhnosti mashin – Journal of Machinery Manufacture and Reliability*, 1999, no. 1, pp. 62–66. (In Russian)
10. Mustafaev R.F., Alekseev N.S., Kaporin V.A., Ryazanov A.V., Ivanov S.V. Vybory smazочно-okhlazhdayushchei zhidkosti dlya shlifovaniya plazmennyykh pokrytii na zheleznoi osnove [The selection of lubricant – coolants for grinding iron-based plasma coatings]. *Obrabotka metallov (tekhnologiya, oborudovanie, instrumenty) – Metal Working and Material Science*, 2012, no. 4 (57), pp. 28–30.
11. Belous V.I. Modifikatsirovaniye smazочно-okhlazhdayushchikh zhidkostey pri shlifovanii trudnoobrabatyvayemykh materialov [Modification of cutting fluids in grinding of hard materials]. *Aviatsionno-kosmicheskaya tekhnika i tekhnologiya – Aerospace Technic and Technology*, 2011, no. 7 (84), pp. 66–70.
12. Li J., Takeuchi A., Ozawa M., Li X., Saigo K., Kitazawa K. C 60 fullerol formation catalysed by quaternary ammonium hydroxide. *Journal of the Chemical Society, Chemical Communications*, 1993, iss. 23, pp. 1784–1785.
13. Shen B., Kalita P., Malshe A.P., Shih A.J. Performance of novel MoS<sub>2</sub> nanoparticles based grinding fluids in minimum quantity lubrication grinding. *Transactions of the North American Manufacturing Research Institution of SME*, 2008, vol. 36, pp. 357–364.



14. Ostrovskii V.I. *Teoreticheskie osnovy protsessa shlifovaniya* [Theoretical foundations of the grinding process]. Leningrad, Leningrad University Publ., 1981. 144 p.
15. Nikitin A.V. Shlifovanie trudnoobrabatyvaemykh materialov impregnirovannymi krugami kak sposob povysheniya ikh rezhushchikh svoystv [Grinding hard materials impregnated wheels as a way to improve their cutting properties]. *Instrument i tekhnologii – Tools and Technology*, 2010, no. 28, pp. 52–58.
16. Sadygov G.G., Akhundov E.A., Mamedov F.M., Bairamov Ch.G. [Investigation of the process of grinding tool steels by abrasive wheels impregnated with a special compound]. *Materialy VI Vsesoyuznoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii “Perspektivy razvitiya proizvodstva asinkhronnykh dvigatelei v svete reshenii XXVI s”ezda KPSS”* [Proceedings of the VI All-Union Scientific and Technical Conference “Prospects of development of manufacture of induction motors in the light of the XXVI Congress of the CPSU”]. Vladimir, 1983, pp. 136–140.
17. Doronin Yu.V. [Experience with impregnated abrasive tools for grinding hard materials]. *Tezisy dokladov Vsesoyuznoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii “Progressivnye protsessy shlifovaniya, instrument i ego ratsional’naya ekspluatatsiya”*, Erevan, 14–16 oktyabrya 1986 g. [Abstracts of the All-Union Scientific and Technical Conference “Progressive grinding processes, tools and rational exploitation”, Yerevan, 14–16 October, 1986]. Moscow, 1986, pp. 62–64.
18. Mubarakshin R.M., Doronin Yu.V., Bardin V.I., Grebenkin S.A. [Application of oxygen- and fluorinated impregnator for impregnating grinding wheels]. *Mezhvuzovskii sbornik nauchnykh trudov “Sovremennye sposoby povysheniya kachestva abrazivno-almaznoi i uprochnyayushchei obrabotki”* [Interuniversity Collection of Proceedings “Modern Ways of Improving the Quality of the Diamond Abrasive and Hardening Treatment”], 1985, pp. 94–97.
19. Popov I.G., Kononov V.K., Shabalin Yu.A., Meshcheryakov G.M. [Influence of the type impregnator by a factor cutting ability of abrasive tools]. *Mezhvuzovskii sbornik nauchnykh trudov “Vysokoeffektivnye metody i instrument dlya mekhanicheskoi obrabotki aviatsionnykh materialov”* [Interuniversity Collection of Proceedings “Highly Efficient Methods and Tools for Machining Aircraft Materials”], 1984, pp. 53–54.
20. Danilova E.A., Lukina N.V., Rubleva O.O. [Research of operational properties impregnated abrasive tools]. *Trudy TGTU: sbornik nauchnykh statei molodykh uchenykh i studentov* [Proceedings of the TGTU: Collection of Scientific Papers of Young Scientists and Students], 2007, iss. 20, pp. 95–96.
21. Mubarakshin R.M. Upravlenie rezhushchei sposobnost’yu i iznosostoikost’yu abrazivnogo instrumenta metodom impregnirovaniya [Management of cutting capacity and durability of abrasive tools by impregnating]. *Vestnik mashinostroeniya – Russian Engineering Research*, 1991, no. 5, pp. 45–47.
22. Shestakov I.L., Mubarakshin R.M., Grebenkin I.V. [Improving the efficiency of the grinding process of high-speed steels using a impregnated wheels]. *Tezisy dokladov XXVII nauchno-tekhnicheskoi konferentsii po rezul’tatam nauchno-issledovatel’skikh rabot, vypolnennykh v 1988–1990 g.* [Abstracts of XXVII Scientific Conference on the Results of the Research Work Carried out in 1988–1990]. Perm’, 1991, p. 23.
23. Kiselev E.S., Unyanin A.N., Kurzanova Z.S., Kuznetsova M.A. Sovremennye smazочно-okhlazhdayushchie zhidkosti [Modern coolants]. *Vestnik mashinostroeniya – Russian Engineering Research*, 1996, no. 7, pp. 30–34.

#### Article history:

Received 30 April 2015

Revised 29 May 2015

Accepted 30 June 2015