

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЛУБИНЫ РЕЗАНИЯ НА ИЗНОС АБРАЗИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ*

Н.С. АЛЕКСЕЕВ, канд. техн. наук
В.А. КАПОРИН, аспирант
А.В. РЯЗАНОВ, студент
(РИИ, АлтГТУ, г. Рубцовск)
Ю.Н. РОМАШОВА, магистрант
(НГТУ, г. Новосибирск)

Статья поступила 1 октября 2012 года.

Капорин В. А. – 658207, г. Рубцовск, ул. Тракторная 2/6,
Рубцовский индустриальный институт (филиал)
Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, e-mail: tm@rubinst.ru

Приведены результаты исследований на износостойкость единичных абразивных зерен из электрокорунда и карбида кремния при микрорезании плазменных покрытий на никелевой и железной основе. Установлены количественные и качественные закономерности износа указанных шлифовальных материалов в зависимости от глубины микрорезания.

Ключевые слова: плазменные покрытия, абразивные материалы, микрорезание, износостойкость, микрорельеф, риска.

При сегодняшнем острейшем дефиците сельскохозяйственной техники, ее интенсивном старении и снижении показателей работоспособности особое значение имеет максимальное использование имеющихся резервов ресурсосбережения, важнейшим из которых является восстановление изношенных деталей.

К высокоэффективным технологиям восстановления и упрочнения изношенных деталей относятся различные способы нанесения износостойких микропористых покрытий газотермическим напылением, в частности, плазменное напыление металлических порошков [1]. Для достижения необходимой точности и качества поверхности деталей, восстановленных этим методом, используется абразивная обработка.

Однако высокая адгезионно-химическая активность и низкая теплопроводность указанных покрытий создают трудности при их обработке

шлифованием. Эти трудности обусловлены повышенным износом абразивного инструмента и интенсивным засаливанием его рабочей поверхности, что приводит к снижению производительности обработки и качества шлифованной поверхности (прижоги, огранка, трещины).

Известно [2], что с увеличением глубины резания и одновременно с повышением температуры в зоне контакта абразива с покрытием возрастают нагрузки на абразивные зерна. Эти обстоятельства и определяют закономерности изменения износа абразивов в зависимости от глубины резания. Поэтому цель данной работы – исследование влияния глубины резания на износ абразивных материалов при обработке плазменных покрытий.

Указанные исследования проводились при резании одним зерном (микрорезании) по методике [3]. Применение такой методики упрощает наблюдение за изменением рельефа контакт-

* Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы, соглашение № 14.В37.21.2065.

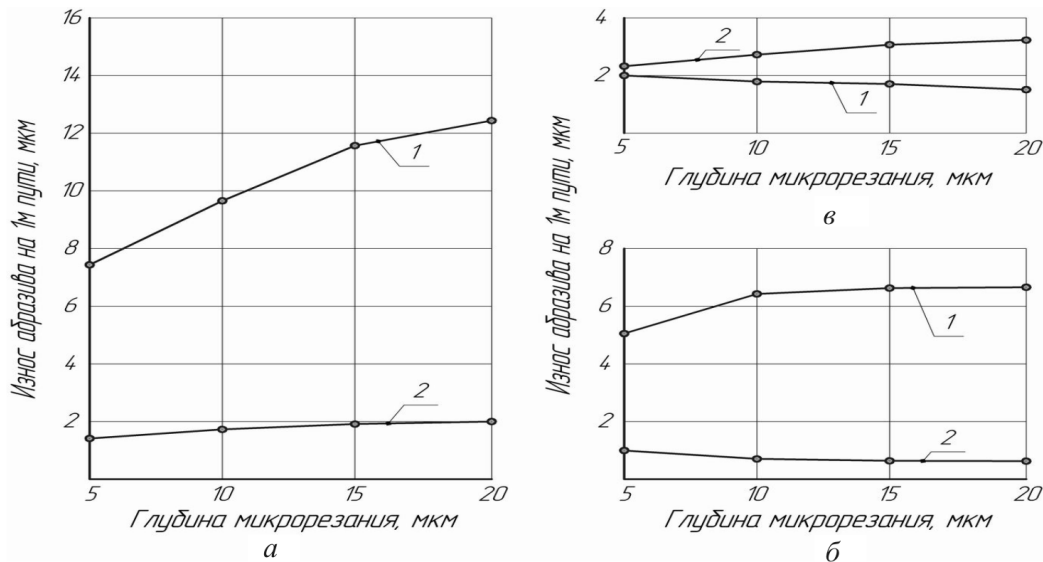


Рис. 1. Влияние глубины на износ абразивов при микрорезании:

а – износ корунда (1) и карбида кремния (2) по покрытию на никелевой основе; б – износ корунда (1) и карбида кремния (2) по покрытию на железной основе; в – износ корунда (1) и карбида кремния (2) по стали 45

ных поверхностей абразивного зерна в процессе износа.

Микрорезание выполняли со скоростью 35 м/с, продольной подаче стола 425 мм/мин и глубинах резания 5, 10, 15 и 20 мкм. Привод вращения изделия во время опытов отключался.

Для проведения исследований были выбраны электрокорунд белый (24А)¹ и карбид кремния зеленый (64С)², являющиеся представителями двух типов материалов (оксидов и карбидов). В экспериментах применялись серийные абразивные зерна из этих шлифовальных материалов зернистостью №40 по ГОСТ3647-80.

В качестве обрабатываемых материалов использовалось покрытие из порошка интерметаллида марки ПВ – Н85Ю15 на никелевой основе, нанесенное плазменным способом, а также плазменное покрытие из порошковой смеси на железной основе, состоящей из 10 % по массе порошка интерметаллида марки ПВ – Н85Ю15, 10 % самофлюсующего порошкового сплава ПР-НХ17СР4, остальное – железный порошок ПЖРВ 2.200.26.

Металлографический и рентгеноструктурный анализ показал, что структура покрытия из порошка ПВ – Н85Ю15 состоит из легированного твердого раствора и сложной эвтектики на никелевой основе с различными включениями в виде оксидов и интерметаллидов типа NiAl;

¹ Далее просто корунд.

² Далее просто карбид.

структура покрытия из порошковой смеси состоит из легированного твердого раствора и сложной эвтектики на железной основе с различными включениями в виде оксидов железа и никеля, а также интерметаллидов типа FeNi.

Микрорезанию подвергали также образцы из закаленной стали 45 твердостью 39...42 HRC.

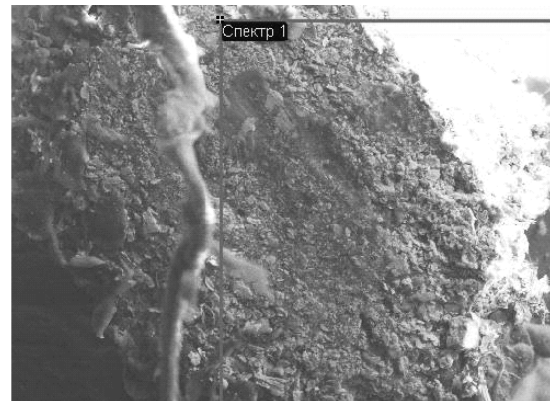
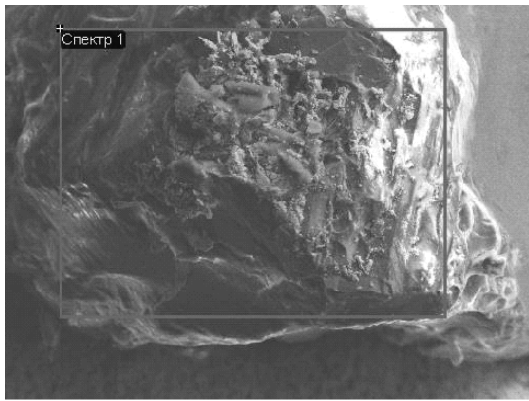
Результаты экспериментов по влиянию глубины резания на износ абразивов при обработке покрытий представлены на рис. 1.

Из рис. 1 следует, что величины износа карбида при обработке обоих покрытий имеют близкие значения и практически не зависят от глубины микрорезания.

В то же время износ корунда с повышением глубины микрорезания от 5 до 20 мкм резко интенсифицируется как для покрытия на никелевой (рис. 1, а), так и для покрытия на железной основе (рис. 1, б). При этом износ корунда в 5-7 раз выше карбида.

Повышенный износ корунда с возрастанием глубины резания можно объяснить его меньшей прочностью (твердостью) по сравнению с карбидом [4], а также повышением интенсивности физико-химического взаимодействия с покрытиями.

Так, на рис. 2 и 3 показаны снимки общего вида рабочих поверхностей абразивных зерен из корунда и карбида и результаты обработки спектра после микрорезания покрытия на никелевой основе на глубинах 5 и 20 мкм. После микро-



Элемент	Весовой %	Атомный%
O	46.23	64.07
Al	37.58	30.14
C	10.01	3.44
Ni	6.19	2.34
Итого	100.00	

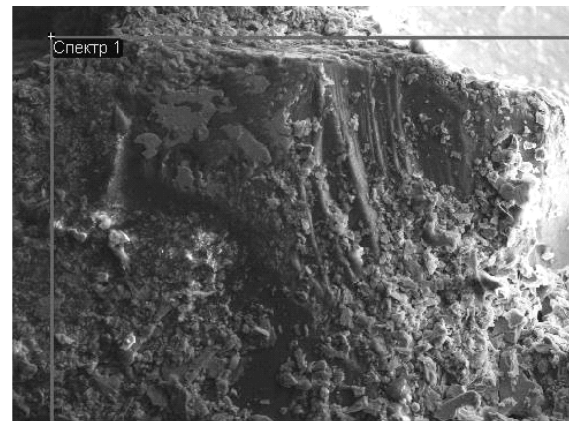
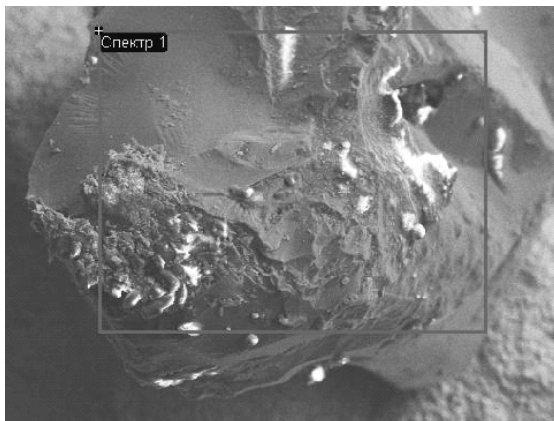
a

Элемент	Весовой %	Атомный%
O	29.98	54.63
Al	21.62	20.65
C	10.79	6.05
Ni	37.60	18.67
Итого	100.00	

б

Рис. 2. Общий вид рабочей поверхности абразивного острья из корунда и результаты обработки спектра после микрорезания покрытия на никелевой основе:

a – с глубиной 5 мкм; *б* – с глубиной 20 мкм



Элемент	Весовой %	Атомный%
O	26.25	39.91
Al	1.50	1.36
Si	61.06	53.14
C	7.44	4.04
Ni	3.75	1.56
Итого	100.00	

a

Элемент	Весовой %	Атомный%
C	30.04	52.96
O	11.04	14.61
Al	7.20	3.45
Si	27.12	20.45
Ni	23.61	8.51
Итого		

б

Рис. 3. Общий вид рабочей поверхности абразивного острья из карбида и результаты обработки спектра после микрорезания покрытия на никелевой основе:

a – с глубиной 5 мкм; *б* – с глубиной 20 мкм

резания на глубине 5 мкм на площадках износа как корунда (рис. 2, *а*), так и карбида (рис. 3, *а*) видны лишь отдельные адгезионные налипсы обрабатываемого материала, в то время как при микрорезании на глубине 20 мкм масштабы адгезии распространяются по всей площадке износа корунда (рис. 2, *б*) и на значительной ее части у карбида (рис. 3, *б*).

Микрорентгеноспектральный анализ рабочих поверхностей исследуемых зерен показал (рис. 2 и 3), что после микрорезания с глубиной 5 мкм количество никеля, перенесенного с покрытия на зерно, составляет для корунда и карбида 6,19 и 3,75 вес.%, а после микрорезания с глубиной 20 мкм – 37,60 и 23,61 вес.% соответственно.

Микрорентгеноспектральный анализ рабочих поверхностей зерен корунда и карбида после микрорезания покрытия на железной основе показал аналогичные результаты.

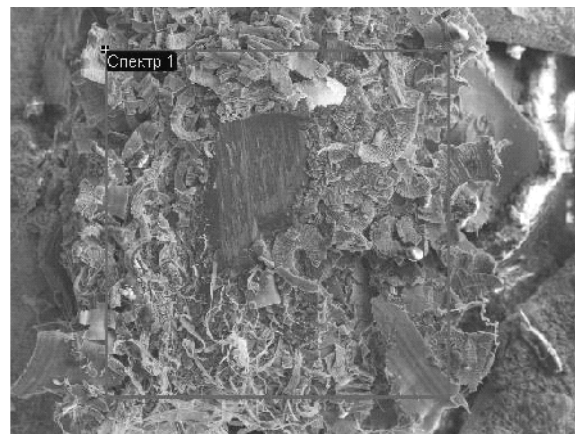
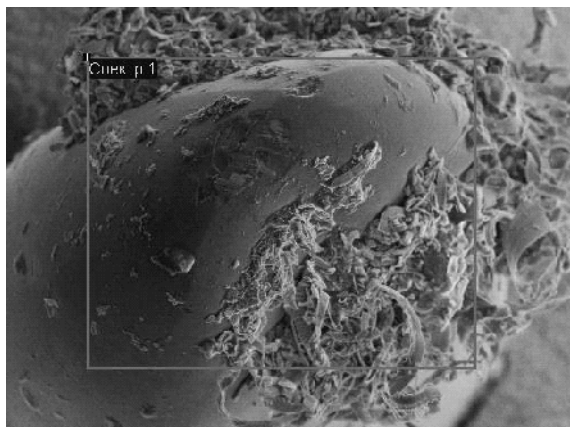
Полученные данные свидетельствуют о более высокой интенсивности физико-химического взаимодействия корунда по сравнению с карбидом по мере увеличения глубины микрорезания

плазменных покрытий на никелевой и железной основе.

Таким образом, в различных условиях микрорезания покрытия износ абразивов определяется, с одной стороны, соотношением прочностных свойств с обрабатываемым покрытием, а с другой – протеканием физико-химического взаимодействия абразивов с покрытием.

Как видно из рис. 1, *в*, при микрорезании стали 45 с глубиной 5 мкм износ карбида и корунда примерно одинаков. Однако с повышением глубины резания от 5 до 20 мкм износ карбида возрастает более интенсивно по сравнению с корундом. Наблюдаемое различие в износостойкости можно объяснить химическим средством карбида кремния со сталью, которое активизирует адгезионно-химические процессы в контакте абразив-покрытие и оказывает существенное влияние на износ карбида.

Так, на рис. 4 показаны рабочие поверхности абразивного острья из карбида после микрорезания стали 45 на глубине 5 мкм (рис. 4, *а*) и 20 мкм (рис. 4, *б*). При микрорентгеноспектральном анализе поверхностного слоя пока-



Элемент	Весовой %	Атомный%
C	50.48	71.82
O	8.17	8.73
Si	22.50	13.69
Fe	18.85	5.77
Итого	100.00	

а

Элемент	Весовой %	Атомный%
C	24.23	52.34
O	6.91	10.75
Si	8.51	8.09
Fe	60.35	28.83
Итого	100.00	

б

Рис. 4. Общий вид рабочей поверхности абразивного острья из карбида и результаты обработки спектра после микрорезания стали 45:

а – с глубиной 5 мкм; *б* – с глубиной 20 мкм

занных участков установлено, что содержание в них железа, перенесенного со стального образца, при глубине микрорезания 5 мкм составляет около 19 вес. % (рис. 4, а), а при глубине 20 мкм возрастает почти в 3 раза и составляет более 60 вес. % (рис. 4, б). Эти данные свидетельствуют о более активном химическом взаимодействии карбида со сталью 45 по сравнению с корундом.

В результате интенсивной адгезии происходит контакт налипшего металла с обрабатываемым, что приводит к увеличению силы микрорезания и возрастанию износа абразивного острия из карбида с повышением глубины резания (рис. 1, в, кривая 2).

На основании изложенного материала можно сделать следующие выводы.

1. Получены качественные и количественные характеристики износа корунда и карбида кремния в зависимости от глубины резания при обработке плазменных покрытий на никелевой и железной основе. Установлено, что при повышении глубины микрорезания износ корунда и карбида кремния увеличивается. При этом интенсивность возрастания износа корунда значительно выше.

2. Путем исследования износостойкости карбида кремния на разных глубинах резания установлены его более высокие показатели по сравнению с корундом, и тем самым показана экономическая целесообразность применения карбида кремния для шлифования плазменных покрытий на никелевой и железной основе.

3. Полученные данные свидетельствуют о существенной инертности карбида кремния по отношению к покрытиям как на никелевой, так и на железной основе, а следовательно, наблю-

дается и меньшая интенсивность износа этого абразивного материала при микрорезании указанных покрытий.

4. Комплексными исследованиями с привлечением современных методов анализа (растровая электронная микроскопия, локальный микрорентгеноспектральный анализ) установлено значительное влияние адгезионно-химических явлений в зоне абразив-покрытие на износ абразива.

5. Использование установленных закономерностей позволит наметить пути уменьшения износа абразивов за счет снижения активности их взаимодействия с плазменными покрытиями. И одним из основных путей совершенствования процесса шлифования плазменных покрытий на никелевой и железной основе является изыскание абразивов, обладающих повышенной износостойкостью.

Список литературы

1. *Ремонт машин в агропромышленном комплексе* / под ред. М. И. Юдина. – 2-е изд., перераб. и доп. – Краснодар: КГАУ, 2000. – 688 с.
2. *Носенко В.А.* Шлифование адгезионно-активных металлов. – М.: Машиностроение, 2000. – 261 с.
3. *Алексеев Н.С., Иванов С.В., Бойко Е.А., Капорин В.А.* Выбор абразивных материалов для шлифования плазменных покрытий на железной основе // *Тракторы и сельхозмашины.* – 2012. – № 2. – С. 51–55
4. *Алексеев Н.С., Иванов С.В., Капорин В.А.* Механические свойства шлифовальных материалов и их износостойкость // *Современные проблемы машиностроения: труды V Междунар. науч.-техн. конф., Томский политехн. ун-т. Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2010. – С. 155–157.*

The research of deep cutting on wear-out of abrasive material during polishing plasma coatings

N.S. Alexeev, V.A. Kaporin, A.V. Ryazanov, Yu.N. Romashova

Presented are wear resistance testing results of single abrasive grains made of corundum and silicon carbide during microcutting nickel and iron based plasma coatings. Qualitative and quantitative relationship of the wear-out of the above-mentioned grinding materials during deep microcutting has been established.

Key words: plasma coating, abrasive materials, microcutting, wear-proof quality, microrelief, notch.