

proposed methodology allowed us to establish the clear stochastic character of movement trajectories of the spindle with hydrostatic supports, especially under relatively small harmonic load. The results of the analysis of indicators accuracy of spindle rotation, depending on the operating parameters of the hydrostatic supports are presented.

Originality. Statistical descriptions of the spindle trajectories and their influence on the formation of the spindle block accuracy indicators depending on the operational parameters of hydrostatic supports and technological loads were established.

УДК 621.924.1

А.Ф. Саленко¹, д-р техн. наук, проф.,
А.Н. Федотьев², канд. техн. наук, доц.,
Л.П. Федотьева¹, канд. техн. наук, доц.,
А.М. Мана¹, канд. техн. наук, доц.

Practical value. The proposed methodology of the research on the accuracy of the spindle movement trajectories based on the modern precision information-measuring complex can be used to analyze the accuracy of a wide range of rotating units of technological equipment.

Keywords: *spindle, accuracy, trajectory, laser sensor, hydrostatic bearing*

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук В.В. Кальченком. Дата надходження рукопису 30.10.14.

1 – Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского, г. Кременчуг, Украина

2 – ООО Производственно-внедренческое, конструкторско-технологическое и научно-исследовательское предприятие „Инструмент“, г. Светловодск, Украина, e-mail: fan450@yandex.ru

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ БУРОВЫХ ДОЛОТ

A.F. Salenko¹, Dr. Sci. (Tech.), Professor,
A.N. Fedotiev², Cand. Sci. (Tech.), Assoc. Professor,
L.P. Fedotieva¹, Cand. Sci. (Tech.), Assoc. Professor,
O.M. Mana¹, Cand. Sci. (Tech.), Assoc. Professor

1 – Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine

2 – “Instrument” Ltd., Svetlovodsk, Ukraine, e-mail: fan450@yandex.ru

METHODS OF PRODUCTION AND PROCESSING OF WEAR-RESISTANT COATINGS FOR DRILL BITS

Цель. Для бурения газовых и нефтяных скважин применяют долота, оснащенные поликристаллическими алмазными резаками (PDC). Резервом в снижении себестоимости изготовления наплавленных износостойких покрытий является использование отходов как вольфрамовых твердых сплавов, так и безвольфрамовых. Однако процессы лезвийной обработки таких покрытий не исследовались. Совершенствование существующих и создание новых методов обработки этих поверхностей является актуальной задачей научных исследований современности и целью данной работы.

Методика. Проведение сравнительных испытаний различных инструментальных материалов при точении покрытий из твердого сплава. Формирование рекомендаций по выбору рациональных режимов обработки при пирамидальном точении покрытий из твердого сплава материалом марки СВБН. Определение стойкости исследуемого инструмента при точении резаками покрытий из твердого сплава группы ВК и ТН.

Результаты. Проведенные экспериментальные исследования показали, что из исследуемых режущих материалов „Эльбор-Р“, „Карбонадо“, СВБН-1 и СВБН-5В лучшие результаты по производительности обработки получены при использовании СВБН-5В. Силы резания, возникающие при точении, могут являться критерием для определения рациональных режимов резания, исходя из максимального съема обрабатываемого твердого сплава. С повышением содержания связки от 8 до 20% обрабатываемость покрытий из твердых сплавов точением снижается в 2–3 раза; шероховатость поверхности при обработке покрытий из твердых сплавов ВК8, ТН20 – Ra = 2–2,5 мкм; ВК15С, ВК20КС – Ra = 0,5 мкм; рациональные режимы при точении покрытий из твердых сплавов ВК8 – ВК20 материалом СВБН-5В, V = 18–20 м/мин, S = 0,11–0,13 мм/об, t = 0,7–0,9 мм.

Научная новизна. Установлены эмпирические зависимости и разработаны математические модели производительности обработки точением покрытий из твердых сплавов и сил резания, возникающих при этом.

Практическая значимость. Разработанные математические модели могут использоваться при определении оптимальных режимов точения покрытий из твердых сплавов, применяемых для повышения износостойкости изделий, работающих в условиях абразивного и умеренного ударного воздействия, например, корпусов буровых долот.

Ключевые слова: *буровое долото, регенерация отходов твердого сплава, износостойкое покрытие, точение износостойких покрытий*

Постановка проблеми. На современном этапе развития техники бурения газовых и нефтяных скважин широкое применение нашли долота, оснащенные поликристаллическими алмазными резцами (PDC), обладающие высокой износостойкостью и работоспособностью.

Однако при производстве стальных корпусов таких долот необходимо использование высокоточного дорогостоящего оборудования со специально разработанными управляющими программами. Стальные корпуса долот обладают недостаточной стойкостью к истирающему воздействию пород.

Анализ исследований и публикаций. Повышение износостойкости и срока службы таких корпусов может быть достигнуто одним из следующих методов: рациональным конструированием; соответствующим выбором материала; термической или химико-термической обработкой; износостойкой наплавкой.

Радикальным способом повышения износостойкости корпусов долот является применение матричного корпуса. Отличительной особенностью матричных долот и буровых головок PDC является корпус из спеченного твердого сплава на основе карбида вольфрама, позволяющий, в сравнении со стальным корпусом,кратно повысить эрозионную стойкость корпуса [1]. Однако использование всего объема материала корпуса в этом случае не эффективно, т.к. износу подвергается незначительный объем поверхностного слоя корпуса.

Постановка задания. Снижения себестоимости изготовления наплавленных износостойких покрытий можно достичь, используя отходы твердых сплавов. Однако процессы лезвийной обработки таких покрытий не исследовались. Поэтому совершенствование существующих и создание новых методов обработки этих поверхностей является актуальной задачей научных исследований современности.

Основная часть. Для повышения износостойкости корпусов долот более эффективно, на наш взгляд, использование стального сборного корпуса с износостойким покрытием из твердого сплава [2].

Кафедра процессов и оборудования механической и физико-технической обработки Кременчугского национального университета имени М. Остроградского совместно с ООО предприятием „Инструмент“ (г. Светловодск) создала технологию по переработке кусковых отходов твердых сплавов и конверсионного лома (сердечников бронеснарядов) в вибрационной мельнице для получения порошков, применяемых для изготовления твердосплавных изделий.

Анализ выполненных исследований показал, что порошки, полученные по данной технологии, можно успешно использовать для изготовления различных твердосплавных изделий [2].

Дальнейшие исследования проведены в плане разработки метода дуговой наплавки твердых сплавов. Преимущества этого метода, заключающиеся в возможности широкого варьирования свойств наплавленного металла и нанесения его на поверхность как тонким (до 0,3 мм), так и толстым слоем (до 5 мм), предопределили широкую перспективу наплавки в различных отраслях

машиностроения. Основу этого метода составляют электроды для дуговой наплавки, изготовленные из порошков, регенерированных методом виброразмола [2].

При наплавке поверхностей буровых долот, подвергающихся износу (практически все наружные поверхности), особого внимания требует калибрующая наружная цилиндрическая поверхность. Традиционные методы обработки шлифованием подобных поверхностей малопродуктивны. Большей энергетической эффективностью обладает лезвийная обработка. Однако этот метод обработки наплавленных твердым сплавом поверхностей еще мало изучен [3]. В основном, исследования проводились при обработке либо высококобальтовых вольфрамовых твердых сплавов, либо при обработке наплавленных и напыленных покрытий на основе карбидов, боридов и нитридов металлов группы [3].

Резервом в снижении себестоимости изготовления наплавленных износостойких покрытий является использование отходов как вольфрамовых твердых сплавов, так и безвольфрамовых. Однако процессы лезвийной обработки таких покрытий не исследовались. Поэтому совершенствование существующих и создание новых методов обработки этих поверхностей является актуальной задачей научных исследований современности.

Для проведения исследований по лезвийной обработке наплавленных покрытий из твердого сплава были изготовлены электроды из регенерированных порошков вольфрамовых сплавов ВК20КС, ВК15С, ВК8 и безвольфрамового ТН 20. Покрывали заготовки из стали 10.

В качестве режущего инструмента использовались резцы, оснащенные сверхтвердыми материалами: Эльбор-Р, АСПК, СВБН-1, СВБН-5В.

С целью сокращения числа опытов во время экспериментов было выполнено математическое планирование. Этапы проведения работ следующие:

1. Проведение сравнительных испытаний различных инструментальных материалов (Эльбор-Р, АСПК, СВБН-1, СВБН-5В) при точении покрытий из твердого сплава ВК20КС. Разработка рекомендаций по выбору рациональных режимов обработки при точении покрытий из твердого сплава материалом марки СВБН. Режимы резания, на которых проводились эксперименты: $v = 9 - 14$ м/мин; $s_{np} = 0,07 - 0,11$ мм/об; $t = 0,1 - 0,5$ мм.

2. Определение стойкости исследуемого инструмента при точении резцами заготовок, покрытых твердым сплавом. Материал инструмента, режим резания – по 1-му этапу. Обработываемый материал – покрытия из ВК8, ТН20, ВК15С, ВК20КС.

На всех этапах определяли составляющие силы резания (P_x, P_y, P_z) и объем снятого материала $Q, \text{см}^3$.

В табл. 1 приведены конкретные режимы обработки покрытий из твердого сплава ВК20КС, различными сверхтвердыми материалами.

При планировании эксперимента выбирались факторы, характеризующие инструментальные материалы, режимы обработки, геометрию инструмента.

Все исследования выполнялись на токарно-винторезном станке мод. 1К62, без охлаждения. Критерий износа резца брали $h_3 = 0,3$ мм. Точение твердосплавного матери-

ала осуществлялось резцами с механическим креплением.

Таблица 1

Режимы обработки покрытий на основе сплава ВК20К

Наименование материала	Скорость, v, м/мин	Подача, S, мм/об	Глубина резания, t, мм
Эльбор-Р	8–12	0,04–0,1	0,1–0,5
АСПК	10–15	0,04–0,18	0,1–0,2
СВБН-1	10–15	0,09–0,15	0,7–1,0
СВБН-5В	10–15	0,09–0,15	0,7–1,5

Для замера величины силы резания использовался динамометр с тензодатчиками, усилитель, аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) и ЭВМ, которая регистрирует данные.

В соответствии с планом эксперимента были проведены опыты. Методом наименьших квадратов была осуществлена математическая обработка эксперимен-

тальных данных на ПЭВМ при помощи ППО „MS Excel“.

Такая обработка позволила установить взаимосвязь между силами резания и съемом материала с одной стороны и параметрами, характеризующими процесс обработки, с другой стороны (прочность, твердость режущего материала, скорость, подача, глубина резания).

Аналитическая взаимосвязь при этом имеет вид

$$y = A_0 + \sum_{i=1}^5 A_i x_i + \sum_{\substack{i=1 \\ j=8}}^5 A_{ij} x_i x_j, \quad (1)$$

где $i \neq j$; y – объем или силовой фактор; $A_0 A_1 + A_5 A_{12} + A_{45}$ – коэффициенты; x_1 – прочность; x_2 – твердость; $x_3 = v$ м/мин; $x_4 = s$ мм/об; $x_5 = t$ мм.

Величину связи между характером и параметрами механической обработки представлено в табл. 2.

Прочность инструментального материала в сочетании с режимами $x_1 x_3$; $x_1 x_4$; $x_1 x_5$ – значимая, а в сочетании с твердостью режимов $x_2 x_3$; $x_2 x_4$; $x_2 x_5$ – не значимая.

Таблица 2

Взаимосвязь между силами резания, объемом снятого материала и составляющими силы резания

Характеристики	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_1 x_4$	$x_1 x_5$	$x_2 x_3$	$x_2 x_4$	$x_2 x_5$	$x_3 x_4$	$x_3 x_5$	$x_4 x_5$	Свободный член
Q, см ³	-0,1003	-0,994	-0,3934	0,963	3,442	1,356	0,738	0,108	0,522	0,224	-0,307	-0,41	0,256	0,078	0,752	5,83
P_x	-2,971	-1,265	0,324	1,477	22,76	1,618	1,09	-0,44	3,0	4,2	1,38	-1,765	-0,206	-1,0	0,53	45,68
P_y	-9,03	-0,147	-0,794	3,853	3,818	3,853	1,74	6,74	-0,059	9,03	-4,32	-1,94	2,74	-3,71	1,29	121,03
P_z	-2,353	-6,297	-1,06	0,412	0,268	7,29	0,647	1,765	0,56	2,59	-0,765	-1,959	-1,294	-1,2647	0,912	46,75

Из полученных результатов, приведенных в табл. 2, обращает на себя внимание влияние прочности инструментального материала в сочетании с режимами обработки на объем снятого материала. Эти факторы, в сочетании с твердостью, практически не оказывают заметного влияния. Также обращают на себя внимание большие числовые значения сил P_y , которые превышают P_x и P_z в 2–2,5 раза.

На основании проведенного анализа представляет интерес выявление доли влияния каждого параметра на объем снятого материала и силовые характеристики.

С этой целью проведены методом линейного регрессионного анализа обработки экспериментальных данных с использованием ЭВМ.

Получена аналитическая зависимость вида

$$y = A_0 + \sum_{i=1}^5 A_i x_i, \quad (2)$$

а для конкретно выполненных экспериментов

$$y = A_0 + A_1 x_1 + A_2 x_2 + A_3 x_3 + A_4 x_4 + A_5 x_5. \quad (3)$$

Влияние каждого выделенного основного параметра резания на величину съема обрабатываемого материала и на силовые характеристики показано в табл. 3.

Полученные результаты показывают, что прочность, подача, глубина – увеличивают объем снятого материала, а скорость и твердость – уменьшают его.

На силы резания большое влияние оказывает подача и глубина, меньше – скорость, прочность и твердость.

Для того, чтобы определить величину влияния того или иного материала на характеристики процесса резания, было проведено нормирование полученных зависимостей. Нормирование осуществлялось относительно основного уровня параметров с определенным шагом выравнивания по формуле

$$x'_i = \frac{x_i - x_{основ}}{\Delta x}, \quad (4)$$

где $i = 1 - 5$; x_i – значение t -параметра; Δx – шаг выравнивания параметра; $x_{основ}$ – основной уровень параметра.

Значение основных уровней параметров резания, а также шаг их выравнивания приведены в табл. 4.

В результате проведенного нормирования выражения (3), приведенные коэффициенты приняли значения, которые указаны в табл. 5.

Анализируя влияние каждого параметра на съем материала и силовые характеристики, следует, что наибольшее влияние на величину съема оказывают глубина, подача и прочность. В данной области проведения экспериментов сильнее проявляется влияние увеличения величины съема, величины глубины и подачи, а влияние скорости, твердости и прочности на порядок ниже. Самое слабое влияние оказывает скорость.

Учитывая, что процесс резания в данном эксперименте на прочность и твердость материала оказывает разноточное влияние (прочность увеличивает, твердость

уменьшает), были проведены дополнительные исследования с использованием режущего материала СВБН-5В, имеющего повышенную прочность.

Для исследования был составлен план экспериментов, в котором переменными факторами служили параметры резания (v м/мин; S мм/об; t мм).

В результате математической обработки были получены аналитические выражения вида

$$y = B_0 + B_1 x_1 + B_2 x_2 + B_3 x_3, \quad (5)$$

где y – объем снятого материала; B_0 ; B_1 ; B_2 ; B_3 – коэффициенты.

Таблица 3

Влияние основного параметра резания на величину съема обрабатываемого материала и на силовые характеристики

Характеристики	Прочность, x_1	Твердость, x_2	x_3 , м/мин	x_4 , мм/об	x_5 , мин	Свободный член	Коэффициент коррекции
$Q, \text{см}^3$	0,00085	-0,00079	-0,004	49,79	17,71	2,0839	0,8538
P_x	-0,0011	0,0017	1,23	42,38	118,1	-21,84	0,938
P_y	-0,0065	0,0024	1,905	-214,35	9,54	100,29	0,142
P_z	-0,04	-0,0022	-1,103	104,35	95,22	31,455	0,8389

Таблица 4

Значения основных уровней параметров резания, а также шаг их выравнивания

Параметры	Основной уровень	Шаг варьирования
Прочность	542	342
Твердость	830	800
Скорость v , м/мин	11,75	275
Подача s , мм/об	0,09	0,02
Глубина t , мм	0,3	0,2

Значения коэффициентов приведены в табл. 6.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод: скорость и глубина увеличивают съем материала,

подача уменьшает его в выбранной области эксперимента, которая определяется параметрами, приведенными в табл. 7.

Для определения величины влияния каждого параметра на характеристику резания, проведено нормирование полученных аналитических зависимостей (4) и (5). В результате нормирования приведенные коэффициенты приняли значения, приведенные в табл. 8.

Анализируя влияние каждого параметра на съем материала и силовые характеристики, следует подчеркнуть, что наибольшее влияние на величину съема оказывают глубина и скорость. Причем влияние глубины (0,94) и скорости (0,92) проявляется в данной области экспериментирования почти одинаково, имеет один уровень подачи (-0,31) и влияет в меньшей мере, аналогично силам резания.

Таблица 5

Влияние основного параметра резания на величину съема обрабатываемого материала и на силовые характеристики после нормирования

Характеристики	A_0'	A_1'	A_2'	A_3'	A_4'	A_5'
$Q, \text{см}^3$	5,831	0,2924	-0,63	-0,01	1,0	3,54
P_x	48,73	-0,36	1,39	3,39	0,85	23,61
P_y	122,53	-2,21	1,91	5,24	-4,29	1,91
P_z	48,29	-1,36	1,79	0,03	2,09	19,04

Таблица 6

Коэффициенты регрессии

Характеристики	B_1	B_2	B_3	B_0	R_m
$Q, \text{см}^3$	0,3	-13,92	4,27	6,9	0,67
P_x	0,65	39,78	88,52	5,74	0,84
P_y	2,06	103,92	157,64	34,76	0,85
P_z	3,47	328,19	12,93	-20,21	0,81

Таблица 7

Область эксперимента

Характеристики	v м/мин – x_3	S мм/об – x_4	t мм – x_5
низкий уровень	14,50	0,11	0,5
высокий уровень	20,00	0,15	0,9
основной уровень	17,25	0,13	0,7
шаг варьирования	2,75	0,02	0,2

Таблица 8

Приведенные коэффициенты

Характеристики	B_0	B_1	B_2	B_3
$Q, \text{см}^3$	14,675	0,92	-0,31	0,94
P_x	92,5	1,97	0,875	19,5
P_y	226,37	6,23	4,26	34,67
P_z	100,5	10,5	7,23	2,84

В результате был осуществлен поиск оптимальной области режима резания сплава ВК20КС материалом СВБН-5В и при этом критерием оптимизации служила максимальная величина съема и минимальное значение суммарного усилия, которое определялось по формуле

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2}. \quad (6)$$

В результате обработки по формуле (5) для съема материала и силовых характеристик в области изменения режима резания ($v=14-20$ м/мин; $S=0,11-0,15$ мм/об; $t=0,1-0,9$ мм), которые определены технико-эксплуатационными возможностями эксперимента с учетом выбранных критериев оптимизации, получены оптимальные режимы обработки сплава ВК20КС инструментом, оснащенным СТМ марки СВБН-5В: $v = 20$ м/мин; $S = 0,13$ мм/об; $t = 0,9$ мм.

При этом величина съема материала составляет $Q = 18,03$ см³, а суммарное усилие $P = 2773$ Н.

Определение обрабатываемости покрытий из твердых сплавов группы ВК в зависимости от содержания кобальта. Для выполнения эксперимента были использованы образцы в виде колец из стали 10, наплавленные твердым сплавом. Размеры: $D_k = 140$ мм, $d_m = 55$ мм, $H = 43$ мм, толщина напавленного слоя $h = 3$ мм из сплавов ВК20КС, ВК15С, ВК10, ВК8.

Все образцы были обработаны по наружному диаметру. В процессе экспериментов замерялись силы резания и рассчитывался объем снятого материала. Полученные результаты приведены в табл. 9.

Таблица 9

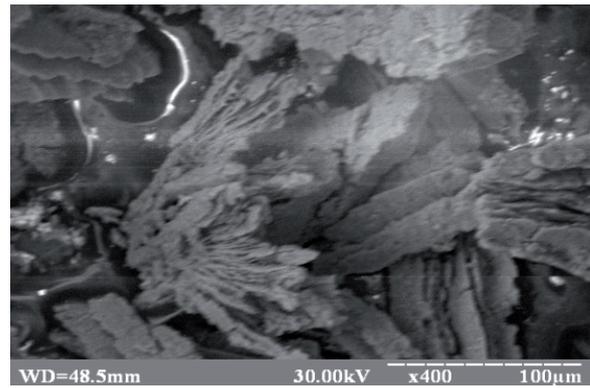
Объем снятого материала и силы резания при точении покрытий из различных марок твердого сплава

Марка сплава	$Q, \text{ см}^3$	$P_x, \text{ Н}$	$P_y, \text{ Н}$	$P_z, \text{ Н}$
ВК20КС	13,8	930	3400	1150
ВК15С	21,0	1090	3470	1050
ВК10	36,4	1070	2310	1000
ВК8	30,6	1200	2640	1180

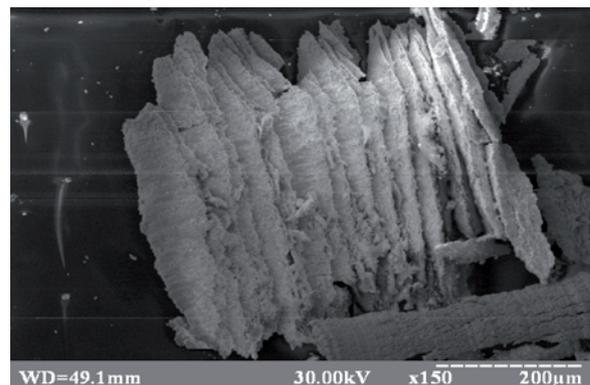
Полученные результаты показывают, что с уменьшением процентного содержания кобальта объем снятого материала увеличивается, а силы резания имеют тенденцию к возрастанию. Такое увеличение объема снятого материала объясняется тем, что сплав ВК20КС имеет более вязкую структуру и обработка его сопровождается более высокими температурами в результате плотного контакта режущей кромки и обрабатываемого материала. Подтверждением этого служит полученная стружка (рис. 1, а). При обработке сплава ВК20КС она суставчатая, а при обработке сплава ВК8 – скалывания (рис. 1, б).

Из рассмотрения данных по износу видно, что при обработке сплава ВК20КС на задней грани имеются мелкие полосы, перпендикулярные к режущей кромке, что свидетельствует о начальной стадии адгезионного износа, причем выкрашивание на режущей кромке отсутствует.

При обработке сплава ВК8 наблюдается механическое разрушение режущей кромки, а также вырывы по задней грани. Объясняется это тем, что контакт инструмента с обрабатываемым материалом имеет релаксационный характер ввиду малого содержания связки и большого содержания зерен карбида вольфрама, а так как оба материала (обрабатываемый и обрабатывающий) имеют в основе твердую составляющую (зерна карбида вольфрама и алмаза), то процесс стружкообразования при обработке ВК8 определяется явлением хрупкого отрыва, а износ инструмента – механическим разрушением.



а



б

Рис. 1. Фотографии стружки, полученной при обработке покрытий из сплавов: а – ВК20КС; б – ВК8

Подтверждением этого может служить шероховатость обработанной поверхности (рис. 2). Шероховатость обработанной поверхности заготовок из обрабатываемых материалов исследовалась с помощью растрового электронного микроскопа с системой энергодисперсионного микроанализа РЭМ-106И. Данные эксперимента по определению шероховатости следующие: ВК20КС – $R_a = 2,1$ мкм; ВК15С – $R_a = 2,5$ мкм; ВК10 – $R_a = 0,5$ мкм; ВК8 – $R_a = 0,5$ мкм.

Виды износа резца из сверхтвердого материала при обработке сплавов ВК8 и ВК20КС приведены на рис. 3, 4.

Выводы. На основании выполненных исследований и экспериментов установлено:

1. Из исследуемых режущих материалов „Эльбор-Р“, „Карбонадо“, СВБН-1 и СВБН-5В лучшие результаты по производительности обработки получены при использовании СВБН-5В.

2. Силы резания, возникающие при точении, могут являться критерием для определения рациональных режимов резания, исходя из максимального съема обрабатываемого твердого сплава.

3. С повышением содержания связки от 8 до 20% обрабатываемость покрытий из твердых сплавов точением снижается в 2–3 раза.

4. Шероховатость поверхности при обработке покрытий из твердых сплавов ВК8, ТН20 – $R_a = 2-2,5$ мкм; ВК15С, ВК20КС – $R_a = 0,5$ мкм.

5. Рациональные режимы при точении покрытий из твердых сплавов ВК8 – ВК20 материалом СВБН-5В, $V = 18-20$ м/мин, $S = 0,11-0,13$ мм/об, $t = 0,7-0,9$ мм.

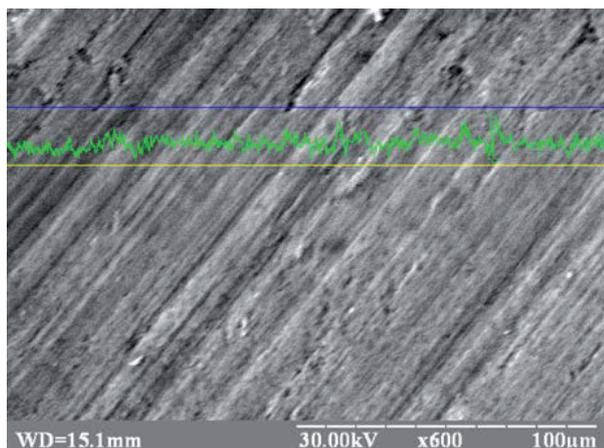


Рис. 2. Фотографії поверхностей сплава ТН-20 при наступних режимах обробки: $t=0,5\text{мм}$; $S_f=0,11\text{мм/об}$; $V_f=14,5\text{м/мин}$

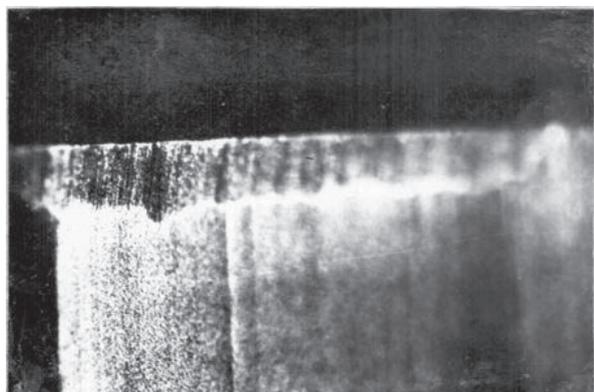


Рис. 3. Вид износа резца из СВБН-5В при обработке покрытия из сплава ВК20КС

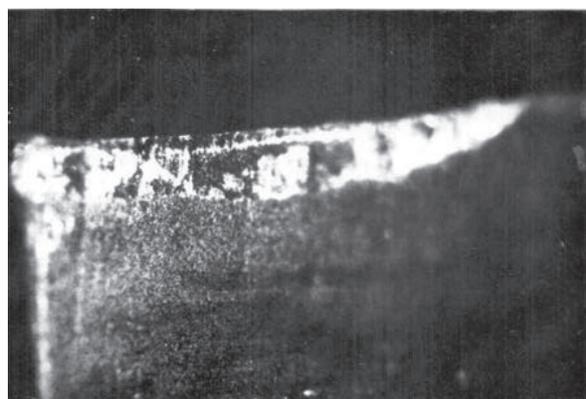


Рис. 4. Вид износа резца из СВБН-5В при обработке покрытия из сплава ВК8

Список литературы / References

1. Пат. 2429104 Российская федерация, МПК С23С 30/00, Е21В 10/46, В22F 7/06, В23К 5/18, В23К 9/04. Буровые долота на основе композита „матрица-частицы“ с твердосплавным упрочнением и способы изготовления и ремонта таких долот с использованием твердосплавных материалов / Оверстрит Джеймс Л. (US); заявитель и патентообладатель БЕЙКЕР ХЬЮЗ ИНКОРПОРЕЙТЕД (US). – №

2009115953/02; заявл. 28.09.2007; опубл. 27.07.2012. Бюл. № 21.

Pat. 2429104 Russian Federation, IPC C23C 30/00, E21B 10/46, B22F 7/06, B23K 5/18, B23K 9/04. Drill bits on the basis of the composite “matrix-particle” with carbide hardening and methods of manufacture and repair of drill bits with carbide materials / Overstreet James L. (US); applicant and patentee Baker Hughes INCORPORATED (US). – No.2009115953/02; appl. 28.09.2007; publ. 27.07.2012. Bull. No. 21.

2. Саленко А.Ф. Перспективные технологии в производстве бурового и режущего инструмента / А.Ф. Саленко, А.Н. Федотьев, Н.А. Федотьев / Журнал технического университета Габрово. – 2011. – Т. 42. – С. 39–44.

Salenko, A.F., Fedotiev, A.N. and Fedotiev, N.A. (2011), “Promising technologies in production of drilling and cutting tools”, *Journal of Technical University of Gabrovo*, vol. 42, Technical University of Gabrovo, Gabrovo, Bulgaria, pp. 39–44.

3. Точение износостойких защитных покрытий / Клименко С.А., Муковоз Ю.А., Полонский Л.Г., Мельничук П.П. – К.: Техніка, 1997. – 146 с.

Klimenko, S.A., Mukovoz, Yu.A., Polonskiy, L.G. and Melnichuk, P.P. (1997), *Tocheniye iznosostoykikh zaschitnykh pokrytiy* [Turning Wear-Proof Coatings], Tekhnika, Kyiv, Ukraine.

Мета. Для буріння газових і нафтових свердловин застосовують долота, оснащені полікристалічними алмазними різцями (PDC). Резервом у зниженні собівартості виготовлення наплавлених зносостійких покриттів є використання відходів як вольфрамових твердих сплавів, так і безвольфрамових. Однак процеси лезової обробки таких покриттів не досліджувалися. Удосконалення існуючих і створення нових методів обробки цих поверхонь є актуальною задачею наукових досліджень сучасності та метою даної роботи.

Методика. Проведення порівняльних випробувань різних інструментальних матеріалів при точінні покриттів із твердого сплаву. Формування рекомендацій щодо вибору раціональних режимів обробки при пірамідальному точінні покриттів із твердого сплаву матеріалом марки СВБН. Визначення стійкості досліджуваного інструменту при точінні різцями покриттів із твердого сплаву групи ВК і ТН.

Результати. Проведені експериментальні дослідження показали, що з досліджуваних різальних матеріалів „Ельбор-Р“, „Карбонадо“, СВБН-1 і СВБН-5В кращі результати з продуктивності обробки отримані при використанні СВБН-5В. Сили різання, що виникають при точінні, можуть бути критерієм для визначення раціональних режимів різання, виходячи з максимального знімання оброблюваного твердого сплаву. З підвищенням вмісту зв'язки від 8 до 20% оброблюваність покриттів із твердих сплавів точінням знижується у 2–3 рази; шорсткість поверхні при обробці покриттів із твердих сплавів ВК8, ТН20 – $Ra = 2-2,5\text{ мкм}$; ВК15С, ВК20КС – $Ra = 0,5\text{ мкм}$; раціональні режими при точінні покриттів із твердих сплавів ВК8– ВК20 матеріалом СВБН-5В, $V = 18-20\text{ м/хв}$, $S = 0,11-0,13\text{ мм/об}$, $t = 0,7-0,9\text{ мм}$.

Наукова новизна. Встановлені емпіричні залежності та розроблені математичні моделі продуктивності обробки точінням покриттів із твердих сплавів і сил різання, що виникають при цьому.

Практична значимість. Розроблені математичні моделі можуть використовуватися при визначенні оптимальних режимів точіння покриттів із твердих сплавів, застосовуваних для підвищення зносостійкості виробів, працюючих в умовах абразивного та помірного ударного впливу, наприклад, корпусів бурових доліт.

Ключові слова: *бурове долото, регенерація відходів твердого сплаву, зносостійке покриття, точіння зносостійких покриттів*

Purpose. Drill bits equipped with polycrystalline diamond cutters (PDC) are applied for drilling of oil and gas wells. The utilization of tungsten carbide and tungsten-free carbide wastes is a reserve to reduce the cost of production of the built-up wear-resistant coatings. However, edge cutting processing of such coatings have not been investigated. The improvement of existing methods of processing and the creation of new methods of processing of such surfaces is an actual problem and the purpose of the research.

Methodology. Comparative tests of various tool materials were carried out during turning operations with. The recommendations on the choice of rational modes of the hard face pyramidal turning with SVBN materials were developed.

The resistance of the investigated tools when turning hard face of “BK” and “TH” groups was determined.

Findings. The experimental results showed that, among the cutting materials “Elbor-P”, “Carbonado” СВБН-1 and СВБН-5В, the last-mentioned has the best processing performance. Cutting forces occurring during turning can be a criterion for determining the rational cutting conditions based on the maximum removal of the processed hard alloy. With the increase of binder content from 8 to 20%, the coating machinability carbide turning reduces 2–3 times. The surface roughness of the coatings in the processing of hard alloys BK8, TN20 – $Ra = 2-2.5$ microns BK15S, BK20KS – $Ra = 0.5$ microns; rational modes during turning coatings of carbide BK8 – BK20 material of СВБН-5В, $V = 18-20$ m / min, $S = 0.11-0.13$ mm / rev, $t = 0.7-0.9$ mm.

Originality. We have determined the empirical relationships and mathematical models of hard face turning operations performance and the cutting forces arising.

Practical value. The mathematical models can be used for determination of the optimal modes of turning of hard face, which improves the wear resistance of products operating under conditions of moderate abrasion and shock action, such as the drill bit body.

Keywords: *drill bit, regeneration of waste carbide, turning wear resistant coatings*

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук В.П. Франчуком. Дата надходження рукопису 21.11.14.