

Рисунок 8 — График зависимости тяги ВИГ от изменения крутки лопастей для максимального диаметра $D_{\rm max}$ винта, частоте вращения n=200 об/мин



ВИГ от частоты вращения винта, для минимального диаметра D_{\min} .

симального диаметра D_{\max}

Таблица 1 – Эффективность модернизированной ветровой станций D=33/48 по сравнению с стандартными станциями

Тип	E-33		Е-33 Модерн.		Эффект	E-48		E-33/48		Эффект	
V м/с	Dm	PkW	Dm	PkW	kW	Dm	PkW	Dm	PkW	kW	+%
1	33	0.0	33	0.0	-	48	0.0	48	0.0	0.0	0
2	33	0.0	33	0.0	-	48	2.0	48	2.0	2.0	0
3	33	5.0	33	5.0	-	48	12.0	48	12.0	7.0	240
4	33	13.7	33	13.7	-	48	32.0	48	32.0	18.3	233
5	33	30.0	33	30.0	-	48	66.0	48	66.0	36.0	120
6	33	55.0	33	55.0	-	48	120.0	48	120.0	65.0	118
7	33	92.0	33	92.0	-	48	191.0	48	191.0	99	207
8	33	138.0	33	138.0	-	48	284.0	48	284.0	146	179
9	33	196.0	33	196.0	-	48	405	44	335.0	139	171
10	33	2500	33	2500	-	48	555	42	335.0	85	134
11	33	292.0	33	292.0	-	48	671	40	335.0	43	114
12	33	320.0	33	320.0	-	48	750	38	335.0	15	104
13	33	335.0	33	335.0	-	-	-	33	335.0	-	-
14	33	335.0	33	335.0	-	-	-	33	335.0	-	-
15	33	335.0	33	335.0	-	-	-	33	335.0	-	-
16	33	335.0	33	335.0	-	-	-	33	335.0	-	-
17	33	335.0	33	335.0	-	-	-	33	335.0	-	-
18	33	335.0	33	335.0	-	-	-	33	335.0	-	-
19	33	335.0	33	335.0	-	-	-	33	335.0	-	-
20	33	335.0	33	335.0	-	-	-	33	335.0	-	-
21	33	335.0	33	335.0	-	-	-	33	335.0	-	-
22	33	335.0	33	335.0	-	-	-	33	335.0	-	-
23	33	335.0	33	335.0	-	-	-	33	335.0	-	-
24	33	335.0	33	335.0	-	-	-	33	335.0	-	-
25	33	335.0	33	335.0	-	-	-	33	335.0	-	-
26	-	-	31,1	335.0	335.0	-	-	31,1	335.0	335.0	100
27	-	-	29,4	335.0	335.0	-	-	29,4	335.0	335.0	100
28	-	-	27,8	335.0	335.0	-	-	27,8	335.0	335.0	100
29	-	-	26,4	335.0	335.0	-	-	26,4	335.0	335.0	100
30	-	-	25,1	335.0	335.0	-	-	25,1	335.0	335.0	100
31	-	-	23,9	335.0	335.0	-	-	23,9	335.0	335.0	100
32	-	-	22,3	335.0	335.0	-	-	22,3	335.0	335.0	100
33	-	-	21,7	335.0	335.0	-	-	21,7	335.0	335.0	100
34	-	-	20,8	335.0	335.0	-	-	20,8	335.0	335.0	100

Из таблицы видно при каких скоростях какая ижидаемая эффективность новой станций до скорости 22 м/сек. А с выше этой скорости эффективность новой станций будет 100%, так как при этих скоростях существующие станций сегодня не в состояний работать.

314

УДК 621.922.02.9

М. Н. Шейко, канд. техн. наук, И. В. Бондарь, канд. техн. наук, Киев, Украина

КИНЕТИКА ГИДРОАБРАЗИВНОГО ИЗНОСА СВЯЗКИ ОДНОСЛОЙНОГО АЛМАЗНОГО ПРАВЯЩЕГО ИНСТРУМЕНТА С ПРОТЕКЦИЕЙ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

Досліджено знос нікелевої зв'язки одношарового азмазного правлячого інструменту на прикладі правлячих брусків, висотовлених методом гальванопластики, в процесі вірізої правки абразивних кругів. Підтверджено закон гідорабразивного зносту, гідног з яким обсяг вимитої зв'язки, що дорівного об'єму межегеренного простору робочого шару, із зростанням обсягу диспергованного матеріалу асимптотично наближається до граничного значення, що залежить від велични середньої товщини одиничного зрізу (опосередковано через подачу на глибину). Встановлено вплив іонно-плазмових покриттів робочої поверхні правлячого інструменту на вивидкість процесу гідорабразивного зносу зв'язки. Показано, практичный ефект уповільення зносу зв'язки спостерігався при її протекції іонно-плазмовим покриттям ТіN / Со, а покриття TiC / Со виявилося не ефективним, ймовірно, в сиху мениої адгезії до підкладжи, що вимагає подальших досліджень.

Исследован износ никелевой связки однослойного азмазного правящего инструмента на примере правящих брусков, изготовленных методом гальванопластики, в процессе врезной правки абразивных кругов. Подтвержден закон гидорабразивного износа, согласно которому объем вымытой связки, равный объему межзеренного пространства рабочего слоя, с росстом объема диспергированного материала асимптотически приближается к предельному значению, зависяцему от величины средней толщимы единичного среза (опосредовано через подачу на глубину). Установлено влияние ионно-плазменных покрытий рабочей поверхности правящего инструмент на на скоростть процесса гидорабразивного автоса с вязки. Показано, правтический эффект замедления износа связки наблюдался при ее протекции ионно-плазменным покрытием TIN/Co, а покрытие TIC/Co оказалось не эффективным, вероятно, в силу меньшей адгезии к подложее, что требует дальнейших исследований.

Studied the wear-layer nickel-binding ruling diamond tool on the example of the ruling bars fabricated by electroforming, in the process of editing mortise abrasive wheels. Confirmed by the law hydroabrasive wear, according to which the volume of washed bundles of equal volume of intergranular space of the working layer, with an increase in the volume of the dispersed material asymptotically approaches the limiting value, which depends on the size of the average thickness of a single cut (mediated through the depth of flow.) The effect of ion-plasma coatings the working surface of the tool of the ruling on the rate of wear Waterjet ligament. We show the practical effect of slowing down wear and tear ligaments observed in the protection of its ion-plasma coating TIN / Co, and the coating TIC / Co was not effective, probably due to less adhesion to the substrate, which requires further research.

Одной из составляющих ресурсосберегающих и энергоэффективных технологий обработки резанием является врезные фасонное шлифование абразивными кругами с использованием прецизионного однослойного алмазного правящего инструмента – роликов и брусков. Одной из проблем повышения ресурса алмазного правящего инструмента, изготовленного методом гальванопластики, является надежное удержание алмазных зерен в никелевой связке, подвергаемой абразивному износу продуктами диспергирования ма-

Разработаны несколько вариантов конструкции роторов для ветровых станций с разнымы мощностями, некоторые из них находятся на стадии патентования.

Воздушные винты с изменяемыми геометрическими параметрами в динамике также эффективно можно использовать в таких отрослях техники как дирижаблестроение, производство гребных винтов для судостроения и другое.

Список использованных источников: 1. В.П.Харитонов. Автономные Ветроллектрические Установки. 2006 г. М.:Государственное научное учреждение «Всероссийский НИИ Эллектрофикации сельского хозяйства (ПНУ ВИЭСХ)». 2006 г. – 280 стр. 2. Р.Я.Янсон. Встроустановки. Москва. Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2007 г. –20 стр. 3. Т.Аl.Shemmeri. Wind Turbines. Publisher: BookBoon 2010. ISBN-13: 9788776816926. –Number of pages: 88. 4. V.Animitsa, V.Golovin, M.Krainov, V.Novak, N.Tarasov, V.Shcheglova. Experiment-Calculated Investigations of Fields of Inductive Velocities Behind the Rotor on Aerodynamic Characteristics of the Antitorque Rotor at Small Flight Speeds at Lateral Wind. TSAGI. Moscow. The 4th Forum of the Russian Helicopter Society. February, 2004. 5. R. Turmanidze, L. Dadone, G. Sanadze. Increase of Flight and Technical Characteristics of Flying Vehicles By Means of Application of the Variable Geometry Rotor. Materials of the 5th Forum of the Russian Helicopter Society. Moscow, 2002. p. V139-V148. 6. R.S. Turmanidze, L. Dadone, J.-J. Philippe, B. Demaret, Investigation, Development and Tests Results of the Variable Geometry Rotor. 33 rd European Rotorcraft Forum. Kazan, 10–14 September 2007, Pages 11. 7. Dadone L.; Liu J.; Acree C. Proprotor Design Issues for High Speed Tiltotors. Boeing Defense & Space Group, Helicopter Society, Washington, DC, May 1994. 8. J.C. Walchko, J. Kim, K. W. Wang, E.C. Smith, Hybrid Feed forward-Feedback Control for Active Helicopter Vibration Suppression. The Pennsylvania State University, University Park, PA 16802. AHS Forum Penn State Papers May 1-3, 2007.

Поступила в редколлегию 15.05.2012

³¹³

териала шлифовальных кругов, и как следствие, - ослабляющему заделку алмаза в ней.

Решение проблемы неразрывно связано с задачей: 1) установления закономерностей выработки связки и образования карманов в межзеренном пространстве и 2) управления скоростью этого процесса.

Теория процесса правки с позиции абразивно-алмазной обработки построена в [1, 2], но многие вопросы требуют экспериментального изучения, так как немногочисленные опыты [3] носят поверхностный характер. В [4] выполнены исследования влияния покрытий на работоспособность, в основном, многослойных правящих инструментов. В работе [5] доказывается, что в процессе износа алмазного слоя однослойного правящего инструмента достигается динамическое равновесие между износом алмазов и вымыванием никелевой связки, а средний вылет зерен над связкой и объемы карманов в межзеренном пространстве стабилизируются на значительный период времени. В однослойном правящем инструменте износ рабочей поверхности происходит двумя путями: посредством абразивного износа алмазных зерен и посредством вырывания их из связки. Анализ характера износа рабочей поверхности алмазных правящих роликов и брусков показал: в ряде случаев второй механизм превалирует над первым. Это происходит за счет гидроабразивного вымывания связки вокруг зерна. Заделка зерна в связке уменьшается, прочность удержания ослабевает. Было показано, что величина, количественно характеризующая вымывание связки, и, как следствие, вылет зерна над связкой и прочность его удержания, - это удельный объем (на единицу площади рабочей поверхности) межзеренного пространства $\omega, {}_{MM}{}^3/{}_{MM}{}^2$. Эта величина стремиться к своему пределу ω_{max} , зависящему от режимов резания, а скорость роста, кроме прочего, определяется твердостью связки в заделке зерна. Чем выше твердость, тем меньше величина ω , достигаемая за какой-то промежуток времени [6]. Была выдвинута гипотеза, согласно которой ионноплазменное покрытие, повышая твердость и износостойкость поверхности никелевой связки, замедляет темпы гидроабразивного вымывания связки и, следовательно, темпы вырывания наиболее нагруженных и выступающих зерен. В этом состоит предполагаемый механизм уменьшения удельного из-

носа алмазов. Целью настоящей работы являлось исследование влияния ионноплазменных покрытий рабочей поверхности правящего инструмента (на примере алмазного бруска) на скорость процесса абразивного износа связки. Ставилась задача: установить закономерности выработки связки и образования карманов в межзеренном пространстве рабочей поверхности, защищенной ионно-плазменными покрытиями.

Экспериментальный правящий брусок (рис. 1) был изготовлен по особой технологии с осаждением толстого слоя никеля. Это позволило исключить необходимость укрепления оболочечной конструкции заливкой сплава Вуда, 317

температура плавления которого ниже технологической температуры нанесения ионно-плазменного покрытия. Брусок был, аналогично [6], изготовлен многодорожечным. Это позволило нанести покрытие на две дорожки, а оставшиеся две оставить контрольными и с одной установки в единых условиях, на одинаковых режимах производить правку абразивных кругов и наблюдать за состоянием защищенной и не защищенной рабочей поверхностью.

Покрытие было нанесено на стадии, когда рабочая поверхность достаточно вскрыта. Таким образом, была защищена поверхность межзеренных карманов, что по нашим прогнозам должно было замедлить темп дальнейшего расширения этих карманов. Покрытия (ТіС/Со, мелкозернистое, толщина 15 мкм и TiN/Co, крупнозернистое, толщина 15 мкм, причем компенсирующие прослойки из кобальта предназначены для уменьшения внутренних напряжений на границе покрытие-подложка) наносили на модернизированной установке ВУ2МБС-М, которая оснащена двумя дуготронами, двумя нагревательными элементами и оптическим пирометром частичного излучения «Смотрич-7»



Рисунок 1 - Экспериментальный правящий брусок, изготовленный методом гальванопластики с осаждением толстого слоя никеля

Параметры рабочего слоя: АС125Т 500/400. Правка производилась на плоскошлифовальном станке мод. ЗЕ721BC, на столе которого устанавливался брусок. Режим правки: подача на глубину to=0,001-0,010 мм на ход стола, скорость стола $V_k=22,5$ м/мин, скорость заправляемого круга $V_n=30$ м/с (средняя для Ø 200...300), отношение скоростей |q|=80. Правка проводилась с охлаждением 10%-ным содовым раствором, а абразивный материал заправляемых кругов – 24А25СТ2. Рабочая поверхность бруска (как защищенная, так и контрольная) исследовалась с периодичностью порядка 20000 циклов. Измерения объемов межзеренных карманов производилось по методике [5].

Результаты исследований отражены на обобщающем графике (рис. 2) изменения удельного объема межзеренного пространства с ростом объема диспергированного материала заправляемых шлифовальных кругов на разных режимах правки и для различных состояний рабочей поверхности инст-318

румента. Для наглядности объем измерялся в условных единицах (1 у.е. = 4524 мм³ на 1 мм ширины круга).

Оказалось, поверхность связки, защищенной ионно-плазменным покрытием TiC/Co, изнашивается с такой же скоростью, что и без покрытия. На это указывают участки кривых износа связки при диспергировании материала шлифовальных кругов в диапазоне объемов от 0 до 4 у. е. и от 4 у. е. до 8,3 у. е. (при подачах на глубину $t_0 = 0,001$ мм и $t_0 = 0,005$ мм соответственно). Каждый из участков экспериментальных кривых, построенных для случая нанесения покрытия, совпадает с участком, построенным для случая без покрытия (контрольной рабочей поверхности).



Рисунок 2 - Зависимость изменения удельного объема межзеренного пространства рабочей поверхности правящего инструмента от объема диспергированного материала заправляемых шлифовальных кругов, обобщающая влияние протекции изна ваемой связки правящего инструмента и режима правки. Точки - экспериментальные данные, кривые - теоретико-экпериментальные в соответствии с [5].

Визуальные исследования поверхности также указывало на это. Исходная рабочая поверхность инструмента после нанесения слоя TiC/Co (рис. 3, a) значительно отличается от контрольной, без покрытия, но после вскрытия (рис. 3, б) практически неотличима от контрольной (рис. 4, а). После диспергирования 4 у. е. объема шлифовальных кругов поверхность с покрытием (рис. 3, в) также ничем не отличается от контрольной на этом же этапе испытаний. Повторно нанесенное покрытие ТіС/Со (рис. 3, г) также практически было сразу удалено при диспергировании 1,4 у. е. (рис. 3, д) и 2,9 у. е. (рис. 3, е) кругов на режимах правки с подачей $t_0 = 0,005 \text{ мм}$. Соответствующие этим этапам испытаний контрольные рабочие поверхности показаны на рис. 4, б и рис. 4, в.

Иная картина наблюдалась при покрытии TiN/Co. На графике износа (рис. 2) в диапазоне от 8,3 у. е. до 12,8 у. е. двум ветвям соответствует износ связки, защищенной слоем TiN/Co (нижняя ветвь) и связки контрольной рабочей поверхности (верхняя) на режимах правки с $t_0 = 0,010$ мм. Замедление темпов износа участка с покрытием в этом случае не вызывает сомнений



Рисунок 3 - Рабочая поверхность (при увеличениях, отличающихся вдвое) алмазного правящего инструмента, защищенная ионно-плазменным покрытием TiC/Co, на различных стадиях износа: a) исходная поверхность после нанесения TiC/Co; б) после вскрытия; в) после диспергирования 4 у. е. объема шлифовальных кругов на режиме правки с подачей на глубину $t_0 = 0,001$ мм и достижения предельного значения $\omega_{max} = 74.10^{-3} MM$; г) после повторного нанесения TiC/Co; д) после диспергирования 2,9 у. е. объема шлифовальных кругов на режиме правки с подачей на глубину t0 = 0,005 мм и достижения предельного значения $\omega_{\rm max} = 87 \cdot 10^{-3}$ мм ·



Рисунок 4 – Рабочая поверхность (при увеличениях, отличающихся вдвое) алмазного правящего инструмента без покрытия на различных стадиях изиоса: а) после вскрытия; б) после диспергирования 4 у. е. объема шлифовальных кругов на режиме правки с подачей на глубину $t_0 = 0,001$ мм и диспергирования 1,4 у. е. на режиме $t_0 = 0,005$ мм; b) при достижении предельного (для $t_0 = 0,005$ мм) значения $\omega_{\max} = 87 \cdot 10^{-3}$ _{*MM*}; г) после дополнительного диспергирования 0,6 у. е. на режиме $t_0 = 0,010$ мм ; д) после суммарного диспергирования 1,6 у. е. на режиме $t_0 = 0,010$ мм и достижения предельного значения $\omega_{\max} = 101 \cdot 10^{-3}$ _{*MM*}.

д

321

Таким образом, полученные данные позволяют сделать следующие выводы:

 Подтвержден закон гидроабразивного износа (вымывания) никелевой святки алмазного однослойного правящего инструмента, согласно которому объем вымытой связки, равный объему межзеренного пространства рабочего слоя, с ростом объема диспергированного материала асимптотически приближается к предельному значению, зависящему от величины средней толщины единичного среза (опосредовано через подачу на глубину).

 Скорость стремления к предельному значению, т.е. время достижения установившегося режима, определяется соотношением твердости связки (либо покрытия) и диспергируемого абразивного круга.

 Практический эффект замедления гидроабразивного износа связки наблюдался при ее протекции ионно-плазменным покрытием TiN/Co, а покрытие TiC/Co оказалось не эффективным, вероятно, в силу меньшей адгезии к подложке, что требует дальнейших исследований.

Список использованных источников: 1. Шейко М. Н. Врезная правка алмазными брусками в свете механико-статистических представлений об абразивно-алмазной обработке. Сообщение 1. Редукция к схеме обработки с непрерывной подачей на глубину / М. Н. Шейко, О. В. Химач // Сверхтвердые материалы. – 2004. – № 1. – С. 36–45. 2. Шейко М. Н. Врезная правка алмазными брусками в свете механико-статистических представлений об абразивно-алмазной обработке. Сообщение 2. Некоторые теоретические вопросы инструмента с неоднородной рабочей поверхностью / М. Н. Шейко, О. В. Химач // Сверхтвердые материалы . – 2004. – № 2. – С. 47–52. З. Stevens C. Elektroplated Diamond Dressing Blocks. // Proceeding of the International Industrial Diamond Conference, Chicago, 1969, р. 137-140, 4. Лавриненко В. И. Влияние ионно-плазменных покрытий на эксплуатациионные свойства алмазного правящего інструмента / В. И. Лавриненко, М. Н. Шейко, Е. В. Дабижа, И. В. Бондарь, П.И. Бологов, А. Г. Лубнин // Сверхтвердые материалы.-2008.- № 6.- С. 73-80. 5. Шейко М. Н. Эволюция рабочей поверхности алмазных брусков в процессе врезной правки / М. Н. Шейко, В. П. Мацкевич, В. М. Немец, В. Н. Скок //Сучасні процеси механічної обробки інструментами з НТМ та якість поверхні деталей машин: Зб. наук. праць - Київ: ІНМ НАН України, 2006. - с. 118-125.6. Шейко М. Н. Эволюция рабочей поверхности алмазных правящих брусков на стадии, предшествующей ее разрушению / М. Н. Шейко, Д. Н. Бородавко, В. Н. Скок // Сверхтвердые материалы. – 2007. – № 2. – С. 65–72.

Поступила в редколлегию 15.05.2012







б





Рисунок 5 – Рабочая поверхность (при увеличениях, отличающихся вдвое) алмазного правящего инструмента, защищенная ионно-плазменным покрытием TiN/Co, на различных стадиях износа: а) после нанесения покрытия на поверхность с «карманами» $\omega = 87 \cdot 10^{-3}$ _{MM} и вскрытия; б) после диспергирования 0,6 у. е. объема шлифовальных кругов на режиме правки с подачей на глубину $t_0 = 0,010$ мм; в) после суммарного диспергирования 1,6 у. е. на режиме $t_0 = 0,010$ мм и (предельное значение $\omega_{max} = 101 \cdot 10^{-3}$ _{MM} все еще не достигнуто).

Фотография рабочей поверхности после нанесения слоя TiN/Co и вскрытия (рис. 5, а) указывает на наличие TiN/Co с характерным цветом. После диспергирования 0,6 у. е. и 1,6 у. е. объема шлифовальных кругов (рис. 5, б и рис. 5, в соответственно) при $t_0 = 0,010$ мм карманы в межзеренном прострвнстве выглядят мельче, чем в случае контрольной рабочей поверхности на этих же этапах испытаний (рис. 4, г и рис. 4, д соответственно).

Второе, на что следует обратить внимание, каждому режиму правки соответствовала своя «полка» ω_{max} : при $t_0 = 0.001 \text{ мм} \ \omega_{\text{max}} = 74 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$, при $t_0 = 0.005 \text{ мм} \ \omega_{\text{max}} = 87 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$ и при $t_0 = 0.010 \text{ мм} \ \omega_{\text{max}} = 101 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$ (рис. 2).

322

УДК 621.9.031

Ч.Ф. Якубов, канд. техн. наук, С.Р. Меметов, Симферополь, Украина

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ И СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД

У статті досліджено можливість зміцнення контактних шарів швидкорізального інструменту в умовах мінімізованої витрати COT3. Представлені експериментальні результати стойкостних випробувань свердла при обробці нержавіючої сталі. Показано, що стійкість метапорізального інструменту істотно залежить від початкових умов його експлуатації.

В статье исследована возможность упрочнения контактных слоев быстрорежущего инструмента в условиях минимизированного расхода СОТС. Представлены экспериментальные результаты стойкостных испытаний сверла при обработке нержавеющей стали. Показано, что стойкость металлорежущего инструмента существенно зависит от начальных условий его эксплуатации.

The article shows the possibility of contact layers strengthening of metal-cutting tools during the process of cutting in MQL conditions where lubricant. Experimental results stoykostnyh test drill in the processing of stainless steel. It is shown that the resistance of cutting tools depends on the initial conditions of use.

Постановка проблемы. Проблема повышения работоспособности металлообрабатывающего инструмента продолжает оставаться одной из основных задач современной науки о резании, пути решения которой лежат в спектре динамично развивающихся технологий поверхностного упрочнения.

К общеизвестным способам повышения стойкости металлорежущего инструмента относится применение смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС), роль которых в процессах механической обработки достаточно глубоко изучена и широко освещена в литературе. Тем не менее, существующая практика эксплуатации СОТС при увеличении основных и вспомогательных расходов (транспортировка, хранение, утилизация и т.д.) в условиях современных производств значительно снижает рентабельность от их применения. Кроме того, подавляющее большинство базовых минеральных компонентов, входящих в состав повсеместно используемых в металлообрабатывающей промышленности СОТС, влекут за собой ощутимую техногенную нагрузку на окружающую среду и являются причиной роста ряда профессиональных заболеваний. В результате, на сегодняшний день обозначены тенленции перехода к эксплуатации экологически безвредных составов СОТС на основе растительных масел, относительно высокая стоимость которых компенсируется совершенствованием различных технологий их минимизированного расхода [1, 2]

Вместе с тем, за последнее десятилетие уже накоплен и отчасти систематизирован опыт украинских, российских и зарубежных ученых в области ул-