



ВЕСТНИК

Брестского государственного технического университета

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Научно-теоретический журнал
Издаётся с января 2000 г.
Периодичность - 6 раз в год

4(94) '2015

СОДЕРЖАНИЕ

- РАКИЦКИЙ А.А.** Перспективные конструкции подвесок наземных мобильных машин 2
- ОМЕСЬ Д.В., ДРАГАН А.В.** Применение вейвлет-анализа при исследовании ударных взаимодействий в зубчатых передачах многовальных приводов 4
- МЕДВЕДЕВ О.А.** Оценка эффективности гибких автоматизированных участков мехобработки 8
- АНТОНЮК В.Е., СКОРОХОДОВ А.С., АЛЕКСАНДРОВА В.С., РУСЕЦКИЙ В.Н.** Взаимосвязь параметров измерительного межосевого расстояния с показателями шума цилиндрических зубчатых передач 12
- ГУЩА А.А., ДУДАН А.В., ЖОРНИК В.И.** Повышение ресурса узлов трения модифицированием смазочного материала наноразмерными алмазами 15
- ДУДАН А.В., ВОРОНА Т.В., АГЕЕВ М.С., ЛЯШЕНКО Б.А.** Применение гибридных технологий для реновации и повышения ресурса деталей судовых машин и механизмов 18
- НЕРОДА М.В., НАРАНОВИЧ О.И., ШАХ А.В.** Компьютерное моделирование гидравлического удара в элементах трубопровода 22
- ГОРБУНОВ В.П., ГРИГОРЬЕВ В.Ф., МИЩИРУК О.М.** Моделирование погрешности перемещений в передаче винт-гайка качения под воздействием тепловых факторов 26
- ДЕМЯНЧИК А.С., НАРАНОВИЧ О.И.** Влияние комбинированной высокоэнергетической обработки на износостойкость твердосплавных дереворежущих ножей 28
- ПРОКОПЕНЯ О.Н., ВЛАСОВЕЦ А.А., ОЛЕХ А.Г.** Особенности синтеза приводов роботов методом размещения полюсов 30
- АКУЛИЧ Я.А., АКУЛИЧ А.П.** Исследование взаимодействия пар трения в процессе приработки при различных методах чистовой обработки их поверхностей 33
- ВЕРЕМЕЙЧИК А.И., САЗОНОВ М.И., ХВИСЕВИЧ В.М.** Исследование формирования турбулентной плазменной дуги и полей температур плазменной струи 36
- РЮМЦЕВ А.А., ОСТРИКОВ О.М.** Методика расчета полей напряжений у криволинейной полосы сдвига типа чешуйчатого навала, находящегося у поверхности металлического стекла 39
- РУСАН С.І., ГАЎРЫЛЕНЯ А.К.** Аналітичны метаад кінематычнага аналізу трохпавадкавай структурнай групы 47
- МОНТИК С.В., САНЮКЕВИЧ Ф.М.** Анализ методик оценки технико-экономических показателей технологического проектирования автотранспортных предприятий 49
- НАСКЕВИЧ В.Ю., ЛЕЩИК С.Д., КАЛУГИН Ю.К.** Экспериментальное определение средних контактных напряжений в поверхностном слое деталей машин, изготовленных из стали 40Х, подвергнутых химико-термической обработке 52
- СИТОВСКИЙ О.Ф., ДЕМБИЦКИЙ В.Н., КАШУБА А.Н.** Математическое моделирование процесса движения автомобиля с электрическим приводом 55
- БАРСУКОВ В.Г., ХВИСЕВИЧ В.М., ЧИКОВА Т.С., БАРСУКОВ В.В.** Расчетная оценка параметров стесненного упруго-пластического деформирования материала при индентировании 57
- ШТЕПА В.Н., ПРОКОПЕНЯ О.Н., КОТ Р.Е., ПУХА В.М.** Микропроцессорная система дозирования реагентов на основе нечёткой логики 60
- САВЧУК С.В.** Процесс функционирования электрогидропривода в составе системы автоматического регулирования глубины обработки почвы 64
- ХВИСЕВИЧ В.М., ВЕРЕМЕЙЧИК А.И., ГАРБАЧЕВСКИЙ В.В., ОНЫСЬКО С.Р.** Влияние формы рабочей зоны пуансона на его напряженно-деформированное состояние при пробивке отверстий 67
- ДОВГЯЛЛО А.И., КРЮКОВА Д.Е., БЛАГИН Е.В., УГЛАНОВ Д.А.** Оценка возможности получения дополнительной электроэнергии в комплексах СПГ 72

Демянчик А.С., Наранович О.И.

ВЛИЯНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ДЕРЕВОРЕЖУЩИХ НОЖЕЙ

Введение. Республику Беларусь вполне обоснованно можно назвать деревообрабатывающей страной, поскольку практически в каждом населенном пункте имеется крупное, среднее или совсем небольшое деревообрабатывающее предприятие. Резание древесины и древесных материалов с использованием лезвийного инструмента является основным видом обработки при изготовлении мебели, столярных изделий, получения технологической щепы и в других производствах. Согласно прогнозным показателям, только концерн «Беллесбумпром» в 2015 году планирует увеличить производство мебели и строительных изделий на 50% и достигнуть суммы валовой продукции 1,2 трлн. рублей [1], поэтому значительно повышаются требования к стойкостным показателям соответствующего деревоорежущего инструмента. Для увеличения или сохранения конкурентоспособности выпускаемых изделий на международном и внутреннем рынках современное промышленное производство остро нуждается в новых прогрессивных технологиях, позволяющих получать изделия высокого качества и при этом снижать материало- и энергоёмкость, трудоёмкость и т.д.

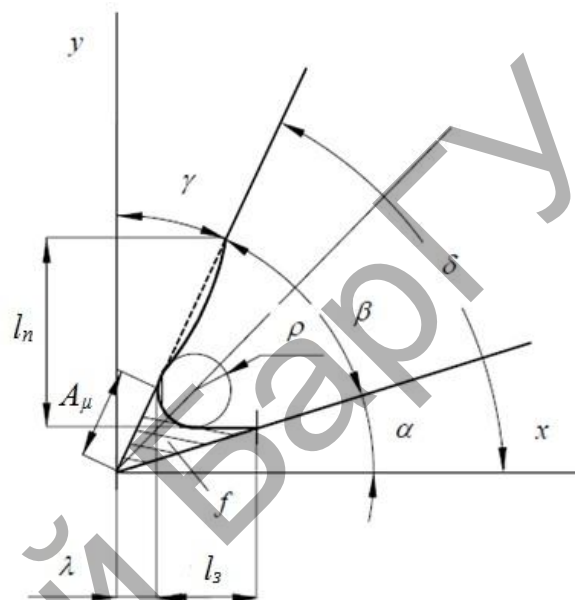
В физико-техническом институте Национальной Академии наук Беларуси совместно с Барановичским государственным университетом выявлен и исследован эффект упрочнения сильным импульсным электромагнитным полем в комбинировании с нанесением высокопрочного покрытия стальных изделий, как закаленных, так и не закаленных, а также твердосплавных изделий — деревоорежущих ножей, что открывает широкие перспективы в области упрочняющих технологий [2–4]. Этот метод отличается от других традиционных методов упрочнения (плазменное, детонационное напыление, электроискровое легирование, термомеханическая обработка, наплавка) — простотой исполнения, низкими трудозатратами, высокой производительностью, малой энергоёмкостью и экологической чистотой [5–8].

В связи с возрастающими требованиями деревообрабатывающего производства к эксплуатационным характеристикам инструмента, возникла необходимость создания комбинированных методов обработки, сочетающих различные виды высокоэнергетических и механических воздействий; например, магнитно-импульсная обработка (МИО) и химико-термическая обработка (ХТО), ионное азотирование и МИО, пластическое деформирование и МИО и т.д. В данной статье рассматривается комбинированная упрочняющая обработка нанесения вакуумного покрытия на деревоорежущие ножи и последующая их обработка магнитно-импульсным воздействием.

Для описания поперечной микрогеометрии режущего инструмента используют следующие основные показатели: радиус закругления режущей кромки ρ , линейный износ A_{μ} , износ по задней l_3 и по передней l_n поверхностям, изменение переднего $\Delta\gamma$ и заднего $\Delta\alpha$ углов инструмента (рис. 1).

Численные значения указанных на рис. 1 параметров затупления инструмента находятся в определенной зависимости от общего пути лезвия в обрабатываемой древесине. Приоритетное значение на изменение и качество обработки древесины оказывает радиус закругления ρ режущей кромки и линейный износ A_{μ} .

Одной из задач исследования в данной статье является изучение величины износа A_{μ} и радиуса закругления ρ твердосплавных ножей, устанавливаемых на деревообрабатывающий фрезерный станок модели SCM при обработке древесных материалов.



ρ – радиус закругления режущей кромки; A_{μ} – линейный износ; l_3 – износ по задней поверхности; l_n – износ по передней поверхности; α – задний угол; β – угол лезвия режущего инструмента; γ – передний угол; f – площадь износа; λ – износ по высоте лезвия

Рис. 1. Характер износа и затупления деревоорежущего инструмента

При проведении экспериментов постоянными факторами являлись: обрабатываемый материал – брус квадратный (массив дуба) и скорость вращения шпинделя – 6000 мин⁻¹, а переменным фактором – количество обработанных погонных метров древесины. Для проведения равного по условиям эксперимента было принято решение снимать ножи при достижении контрольной точки (ножи подвергались проверке на предмет разрушения режущей кромки, а также выполнялись необходимые замеры).

Для данного исследования были взяты стандартные деревоорежущие ножи в количестве 12 штук из твердого сплава ВК8 с нанесенным упрочняющим покрытием TiN на вакуумной установке ВУ-1Б и последующим магнитно-импульсным упрочнением (с числом импульсов равным 5 и энергией импульса 6 кДж) на магнитно-импульсной установке (рис. 2), разработанной и изготовленной в ФТИ НАН Беларуси.

Для нанесения покрытий на стальную подложку был использован метод конденсации с ионной бомбардировкой (КИБ). Процесс нанесения покрытия заключается в переводе материала катода в плазменное состояние, ускорении металлической плазмы в направлении упрочняемого инструмента, обеспечении плазмохимической реакции с подаваемым в вакуумную камеру реактивным газом и осаждении его на подложку.

Этот метод характеризуется тем, что обеспечивает хорошую адгезию покрытия к подложке, имеет высокую производительность, универсальность по напыляемым материалам, равномерность по толщине покрытия и др. Одним из главных недостатков метода КИБ является наличие капельной фазы, однако при оптимальных режимах нанесения ее наличие сводится к минимуму и не оказывает существенного влияния на работоспособность покрытия.

Демянчик Александр Сергеевич, м.т.н., аспирант, преподаватель кафедры оборудования и автоматизации производства Барановичского государственного университета.

Беларусь, БарГУ, 225404, Брестская обл., г. Барановичи, ул. Войкова, 21.



Рис. 2. Магнитно-импульсная установка для упрочняющей обработки дереворежущих ножей

Для исследования износостойкости дереворежущих ножей – величины линейного износа A_{μ} режущей кромки ножей, использовали универсальный измерительный микроскоп УИМ-23 (рис. 3). Процесс выполнения измерений на данном микроскопе можно проводить как с использованием проекционного (теневого) метода, так и с использованием метода осевого сечения. Измерение величины A_{μ} режущей кромки дереворежущих ножей проводили при совмещении штриховых линий окулярной сетки с линиями контура исследуемого ножа, ограничивающими тот или иной размер. Для исследования величины линейного износа дереворежущих ножей использовали проекционный метод в проходящем свете – измерения проводили в полярной системе координат.



Рис. 3. Универсальный измерительный микроскоп УИМ-23

На рис. 4 представлены графики зависимости величины линейного износа A_{μ} дереворежущих ножей из твердого сплава ВК8 в зависимости от количества обработанного материала. Для дереворежущих ножей, не подвергавшихся комбинированной высокоэнергетической обработке, максимальное значение величины износа составляло 75 мкм. Из рис. 4 видно, что дереворежущие ножи до КВО позволили обработать 5200 м. п. древесины. После того, как на другую партию твердосплавных ножей нанесли упрочняющее покрытие нитрида титана, их стойкость увеличилась в 1,6 раз. Дереворежущие ножи с нанесенным покрытием нитрида титана позволили обработать примерно на 60% больше древесины, по сравнению с ножами без покрытия. Ножи с нанесенным покрытием TiN и подвергнутые последующей магнитно-импульсной обработке с энергией импульса 6 кДж позволили обработать практически в 2 раза больше материала – бруса квадратного, а их стойкость увеличилась в 1,9 раз по сравнению с дереворежущими ножами, не подвергавшихся КВО.

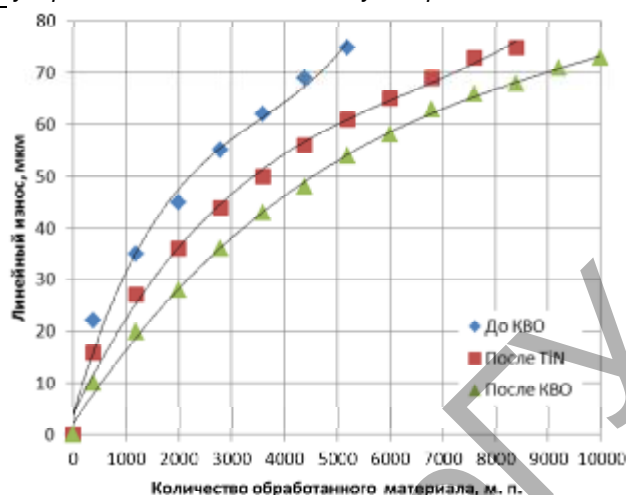


Рис. 4. Графики зависимости величины линейного износа A_{μ} дереворежущих ножей из твердого сплава ВК8 от количества обработанного материала

Исследовался износ дереворежущих ножей при обработке древесины от 400 м.п. до 10000 м.п. с шагом 800 м.п. На основе проведенного корреляционного и регрессионного анализов экспериментально полученных данных были построены математические модели зависимости величины линейного износа A_{μ} от количества обработанного материала L . Таким образом, для ножей, не подвергавшихся КВО, была получена следующая математическая зависимость:

$$A_{\mu} = 21,35 + 0,01 \cdot L, \quad (1)$$

где A_{μ} – величина линейного износа, мкм;

L – количество обработанных погонных метров древесины, м.п.

Для дереворежущих ножей, с нанесенным упрочняющим покрытием (2) и ножей, подвергнутых дополнительно магнитно-импульсному воздействию (3), были получены следующие математические зависимости:

$$A_{\mu} = 20,45 + 0,007 \cdot L, \quad (2)$$

$$A_{\mu} = 15,76 + 0,006 \cdot L. \quad (3)$$

Кроме величины линейного износа, в период проведения производственных испытаний измерялся также и радиус закругления ρ этих же дереворежущих ножей.

Измерения величины радиуса закругления ρ режущих кромок твердосплавных дереворежущих ножей проводили на инструментальном микроскопе ММИ-2 с радиусной головкой ОГР-23.

На рис. 5 приведены графики зависимости величины радиуса закругления ρ режущей кромки дереворежущих ножей из твердого сплава ВК8 от количества обработанных погонных метров древесины.

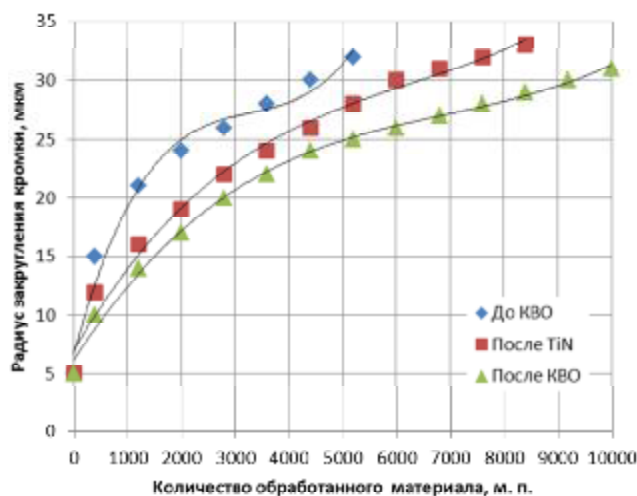
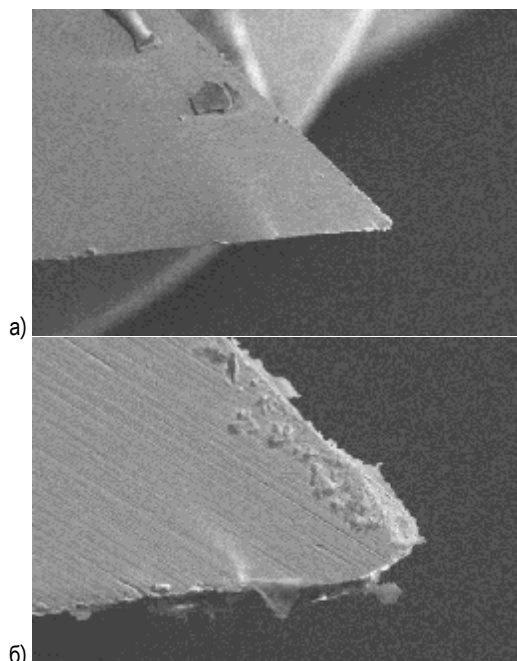


Рис. 5. Графики зависимости величины радиуса закругления ρ режущей кромки дереворежущих ножей из твердого сплава ВК8 от количества обработанных погонных метров древесины

Производственные испытания твердосплавных ножей ВК8 проводили на УП Мебельная фабрика «Явид» г. Барановичи.

На рис. 6 представлены фотографии острия лезвия дереворежущего ножа из твердого сплава ВК8 перед началом производственных испытаний (рис. 6, а) и после испытаний упрочненным комбинированным методом (рис. 6, б).



а) до испытаний; б) после испытаний с КВО

Рис. 6. Фотографии острия дереворежущего ножа из твердого сплава ВК8 ($\times 100$)

Значение радиуса закругления всех дереворежущих ножей из твердого сплава ВК8 до производственных испытаний составляло 5 мкм (рис. 6, а).

Средний радиус закругления режущих кромок ножей, не обработанных КВО, по окончании испытаний составил 32 мкм (рис. 6, б).

Полученные результаты позволяют рекомендовать применение разработанного в ФТИ НАН Беларуси и УО «БарГУ» комбинированного высокоэнергетического метода упрочнения для упрочняющей обработки фрезерных ножей, изготовленных из твердого сплава ВК8 и применяемых для обработки деталей из различных древесных материалов.

Данные исследования проводились в рамках выполнения задания 5.2.07 «Разработка научных и технологических основ создания высокопрочных градиентных слоев на поверхности изделий из стали и сплавов, работающих в условиях ударных нагрузок, интенсивного износа, комбинированными методами высокоэнергетических и механических воздействий» Государственной программы научных исследований «Функциональные и композиционные материалы, наноматериалы» (подпрограмма «Высокоэнергетические технологии»).

Заключение. Таким образом, результаты проведенных исследований показывают высокую эффективность и перспективность разработанного специалистами ФТИ НАН Беларуси и УО «БарГУ» комбинированного метода высокоэнергетического воздействия дереворежущих ножей из твердого сплава ВК8. В результате комбинированной высокоэнергетической обработки дереворежущих ножей, значительно повысилась их износостойкость, а период их эксплуатации увеличился в 1,9 раз, что позволяет рекомендовать предложенный метод для использования в деревообработке.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Программа развития мебельного производства концерна «Беллесбумпром» на период до 2020 года – Мн.: Белорусский производственно-торговый концерн лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности, 2014.
2. Алифанов, А.В. Магнитно-импульсная упрочняющая обработка изделий из конструкционных и инструментальных сталей / А.В. Алифанов, А.В. Акулов, Ж.А. Попова, А.С. Демянчик // Литье и металлургия. – 2012. – № 3. – С. 77–83.
3. Алифанов, А.В. Влияние режимов упрочняющей магнитно-импульсной обработки на прочностные характеристики дереворежущих ножей / А.В. Алифанов, Ж.А. Попова, А.С. Демянчик // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. – 2012. – С. 74–78.
4. Алифанов, А.В. Механизм упрочнения легированных сталей в импульсном магнитном поле / А.В. Алифанов, Ж.А. Попова, Н.М. Ционенко // Литье и металлургия. – 2012. – № 4. – С. 151–155.
5. Кудинов, В.В. Нанесение покрытий напылением. Теория, технология и оборудование / В.В. Кудинов, Г.В. Бобров. – М.: Металлургия, 1992. – 432 с.
6. Процессы плазменного нанесения покрытий: теория и практика / А.Ф. Ильющенко, С.П. Кундас, А.П. Достанко; под общ. ред. акад. НАН Беларуси А.П. Достанко, П.А. Витязя. – Мн.: Научный центр политехники и бизнеса Аринта – Маркетинг, Менеджмент, 1999. – 544 с.
7. Зверев, А.И. Свойства и применение детонационных покрытий / А.И. Зверев, Е.А. Астахов. – Киев: Знание, 1980. – 28 с.
8. Балтер, М.А. Упрочнение деталей машин / М.А. Балтер. – М.: Машиностроение, 1978. – 184 с.

Материал поступил в редакцию 25.03.15

DEMYANCHIK A.S., NARANOVICH O.I. Influence of the combined high-energy processing on wear resistance of hard-alloy woodcutting knives

The results of pilot tests of saw blades made of carbide BK8 treated with combined high energy – deposition of hardening coatings and subsequent magnetic-pulse treatment was shown that the wear resistance of saw blades treated proposed in this paper the method is significantly higher than the same wear resistance of saw blades, rough at all; treated with knives showed increasing resistance of 1,9 times on the square timber milling operation of solid oak, which indicates a high efficiency and prospects of application of this method in the wood.

УДК 681.5+621.52

Прокопеня О.Н., Власовец А.А., Олех А.Г.

ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА ПРИВодОВ РОБОТОВ МЕТОДОМ РАЗМЕЩЕНИЯ ПОЛЮСОВ

Введение. Электромеханические приводы с двигателями постоянного тока (ДПТ) широко применяются в составе роботов. Традици-

онно такой привод строился как система автоматического регулирования (САР) по перемещению с использованием пропорционально-

Прокопеня Олег Николаевич, к.т.н., зав. кафедрой автоматизации технологических процессов и производств Брестского государственного технического университета.

Власовец Артем Алексеевич, магистрант кафедры автоматизации технологических процессов и производств Брестского государственного технического университета.

Олех Анна Григорьевна, м.т.н., ассистент кафедры автоматизации технологических процессов и производств Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.