

УДК 621.316.13

Гончар Н. В.

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Технологии машиностроения» Национального университета «Запорожская политехника», Запорожье, Украина, e-mail: gonchar@zntu.edu.ua

Тришин П. Р.

аспирант кафедры «Технологии машиностроения» Национального университета «Запорожская политехника», Запорожье, Украина, e-mail: trishin87@gmail.com

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА РАЗМЕРНЫЙ ИЗНОС ДИСКОВЫХ ЩЕТОЧНЫХ ПОЛИМЕРНО-АБРАЗИВНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

**Цель работы.** Исследование влияния параметров дисковой полимерно-абразивной щетки (ПАЩ), режимов обработки и физико-механических свойств обрабатываемого материала на длинноволновый износ волокон при полировании различных материалов.

**Методы исследования.** Для проведения исследований использовали авторский метод расчета способности обрабатываемых материалов стирать полимерно-абразивное волокно (ПАВ), который лег в основу разработанной модели расчета длинноволнового износа дисковых ПАЩ. Для построения модели зависимости износа ПАЩ от параметров обработки применяли корреляционный и регрессионный анализы. Экспериментальный метод применен для апробации предложенной модели – проверка проводилась на оригинальном стенде, позволяющем варьировать исходными факторами и периодически измерять массовый износ щеток в процессе полирования.

**Полученные результаты.** Решена задача прогнозирования степени износа дисковой ПАЩ при полировании различных, в том числе труднообрабатываемых материалов. Авторами предложен метод определения способности обрабатываемого материала стирать полимерно-абразивные волокна щетки, основываясь на его физико-механических свойствах. Проведены натурные исследования износа дисковой ПАЩ при обработке образцов из различных материалов. В результате проведенных экспериментов выявлены зависимости износа от размеров щетки, параметров обработки, обрабатываемого материала и предложена математическая модель. Экспериментально показано, что в исследованном диапазоне изучаемых факторов основное влияние на износ волокон оказывает материал детали, скорость обработки и натяг, заданный инструменту, а зернистость и длина волокна влияют незначительно. Основываясь на полученных результатах можно утверждать, что скорость обработки без СОТС не следует назначать выше 15–17 м/с, натяг выше 1–2 мм, так как в противном случае степень износа интенсивно растет.

**Научная новизна.** Впервые получена аналитическая зависимость физико-механических свойств обрабатываемого материала и износа полимерно-абразивных волокон. В результате проведенной работы получена модель интенсивности износа дисковой ПАЩ.

**Практическая ценность.** Использование полученных результатов способно увеличить стойкость дисковых ПАЩ, производительность полирования деталей из различных, в том числе и труднообрабатываемых, материалов на станках с ЧПУ, своевременно корректировать положение инструмента, уменьшить число замен щеток, а также и брака деталей, связанного с их износом.

**Ключевые слова:** полимерно-абразивная щетка; износ; полимерно-абразивное волокно; труднообрабатываемые материалы.

### ВВЕДЕНИЕ

Прогресс в финишной обработке деталей не стоит на месте, и всё большее количество новых разновидностей инструментов применяется для её интенсификации – повышения качества и производительности. Одним из таких инструментов являются полимерно-абразивные щетки (ПАЩ), которые достаточно хорошо проявили себя при обработке деталей как простых, так и сложных пространственных форм из материалов разной степени труднообрабатываемости. В настоящее время в литературе можно найти информацию

об изготовлении таких щеточных инструментов и области их применения [1, 2], зависимости качества поверхности от режимов обработки [3], силового [4] воздействия инструмента на деталь и температурное поле [5] в зоне инструмент-деталь. Но до настоящего времени интенсивность износа при обработке труднообрабатываемых материалов не изучена. Износ ограничивает стойкость ПАЩ, а от продолжительности срока её эксплуатации, в том числе зависит себестоимость обработки деталей [6]. Оценка износостойкости инструмента особенно важна при обработке на станках с числовым программным управлением

(ЧПУ), так как плановая замена инструмента уменьшает количество бракованных деталей из-за износа инструмента. Перенос полировальных работ с ручных операций на обрабатывающие центры показал обнадеживающие результаты. Однако при обработке различных групп труднообрабатываемых материалов ПАЩ показали различную интенсивность изнашивания волокон.

## 1 АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В работе по оценке технологических возможностей щеточных полимерно-абразивных инструментов Яковлев Д.Р. [7] утверждает, что на величину износа влияют высота режущих зерен на уровне связки, количество абразивных зерен на единице рабочей поверхности волокна, параметры обработки и возможное засаливание. Наибольшее значение имеют усилие прижима щетки, диаметр полимерного волокна, зернистость абразивного материала и свойства обрабатываемого материала. Показателем износостойкости щетки является площадка износа на торце волокна, под углом примерно равным углу отклонения волокна, который зависит от усилия прижима. Но зависимостей величины износа от параметров обработки в своей работе не приводит.

В работе Абрашкевича Ю. Д. [8, 9] установлено, что производительность ПАЩ находится в параболической зависимости от износостойкости, которая определяется тепловыми процессами обработки, определяющимися в большей мере натягом и окружной скоростью. Утверждается, что с увеличением вдвое производительности работы ПАЩ её износостойкость уменьшается почти в два раза. Однако в своей работе Абрашкевич Ю.Д. не учитывает зависимость износа от материала обрабатываемых деталей и геометрии, и других параметров используемых щеток.

Для прогнозирования изнашивания полимерных щеток коммунальных машин Лепешем А. Г. [10, 11] была разработана математическая модель высокоскоростного трения и изнашивания. Установлена зависимость интенсивности износа ворса щетки в условиях высокоскоростного трения от времени контактного взаимодействия. Скорость изнашивания щёток зависит от нескольких факторов, определяемых как конструкцией щетки и свойствами материала ее волокон (механическими, теплофизическими и др.), так и условиями функционирования, т. е. характером силового и скоростного взаимодействия с очищаемой поверхностью, факторами окружающей среды и др. Автор установил, что трение и износ при работе щеток протекают в условиях «насыщенного» контакта и тепловыделения. Износ трущейся поверхности скользящего элемента при высокоскоростном трении обусловлен: потерей механических

свойств, большой адгезией и переносом сильно нагретых и оплавливаемых тонких поверхностных слоев скользящего элемента ворса на контртело (поверхность дорожного полотна). Методы исследования износа щеток коммунальных машин могут лечь в основу исследования ПАЩ, так как имеют много общего.

В работе Димова Ю. В. [12] с помощью экспериментальных данных были получены зависимости интенсивности изнашивания эластичных абразивных кругов из трехмерного нетканого полотна от режимов обработки. Доказано, что износ инструмента находится в линейной зависимости от силы резания и температуры. Было установлено, что интенсивность изнашивания увеличивается с увеличением скорости, а изменение значения продольной подачи не оказывает влияние. Так как в экспериментах использовался дисковый круг, состоящий из полимерных волокон, образующих трехмерное нетканое полотно, по всему объему которого, равномерно распределены абразивные зерна и который подобен по принципу работы ПАЩ, поэтому данные методы исследования могут быть аналогом для проведения требуемых экспериментов.

## 2 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью данной работы является исследование влияния параметров дисковых ПАЩ, режимов и условий обработки на длинновой (размерный) износ щеток при полировании различных материалов и разработка математической модели с помощью регрессионного анализа. Задачами исследования являются, в том числе, разработка моделей влияния физико-механических свойств обрабатываемых материалов на износ дисковой ПАЩ и аргументация ограничения режимов обработки, связанного с ростом степени износа инструмента.

## 3 ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА И АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Перед началом проведения экспериментов были проанализированы представленные на рынке ПАЩ. Обработку было принято решение производить дисковыми щетками фирм «Osborn», «Пиранья», «LESSMANN» с абразивом (карбид кремния) размером 80/100 мкм в зависимости от диаметра волокна. Диаметр волокна составлял 0,5; 1,1 и 1,7 мм. Длину вылета волокна в диапазоне 10...30 мм регулировали специальными боковыми накладками. Шероховатость поверхности лабораторных образцов (100×50×10 мм), изготовленных из материалов: сталь 20, алюминий АМГ3, латунь Л63, медь М2, титан ВТ8-М, никелевый сплав ХН45МВТЮБР, соответствовала чистовому фрезерованию  $Ra = 3,2$  мкм. Чтобы оценить

максимально возможный износ и влияние параметров на него, обработку проводили без смазочно-охлаждающей технологической среды (СОТС).

Для проведения корреляционного анализа значимости параметров ПАЩ обработку для всех щеток проводили на образцах из разных материалов. В качестве исходных факторов группы параметров инструмента служили: длина волокна ( $L$ , мм), диаметр волокна ( $d$ , мм) и величина абразивных зерен ( $F$ , мкм). В качестве выходного количественного критерия (целевой функции) в данном случае был выбран длинновынос волокон ( $\Delta l$ , мм/ч).

Для определения влияния физико-механических свойств материалов образцов на величину износа ПАЩ был проведен ряд предварительных экспериментов, результаты которых представлены в работе [13]. Было установлено, что наиболее существенное влияние оказывают теплопроводность, твердость, ударная вязкость, модуль Юнга обрабатываемого материала. Из полученных данных видно, что у самого труднообрабатываемого из исследуемых материалов (никелевый сплав) наименьший износ. Сравнивая износ ПАЩ на исследуемых материалах при одних и тех же режимах обработки со значениями для никелевого сплава, было установлено, что на стали 20 в среднем износ в 1,04 раза больше, для АМГ3 в 3,07 раза, для ВТ8-М1 в 5,72 раза.

Так как на величину износа ПАЩ влияет комплекс физико-механических свойств обрабатываемого материала, и каждый в отдельности не дает требуемой зависимости, поэтому для упрощения дальнейших расчетов был предложен коэффициент материала ( $K_M$ ), характеризующий способность истирания волокон дисковой щетки. Была получена эмпирическая формула (1), которая объединила все значимые параметры исследуемых материалов:

$$K_M = \frac{0,3 \cdot 10^{12}}{HB^2 \cdot KCU \cdot E \cdot \lambda} \quad (1)$$

Данная модель позволяет рассчитать коэффициент влияния свойств обрабатываемых материалов  $K_M$  с погрешностью до 10 %.

И далее мы будем использовать коэффициент  $K_M$  для уменьшения громоздкости математических зависимостей величины износа дисковой ПАЩ от ее параметров и режимов полирования различных материалов.

В качестве входных факторов регрессионного анализа кроме коэффициента материала ( $K_M$ ) также после предварительных экспериментов были выбраны только значимые режимы обработки – натяг ( $i$ , мм), скорость обработки ( $v$ , м/с).

Обработку проводили на плоскошлифовальном станке ЗГ71, образцы закрепляли на специ-

альной оправке. Полирование образцов производили в течении часа, ПАЩ взвешивали до начала и в конце обработки. Взвешивание щетки осуществляли на лабораторных весах ГВЕ-0,3-0,01. Серию экспериментов каждой щетки повторяли трижды для исключения ошибок наблюдения, затем рассчитывали среднее арифметическое значение массового износа ( $\Delta m$ , г/ч). Затем массовый износ ПАЩ переводили в износ длины волокна ( $\Delta l$ , мм/ч). Скорость обработки изменяли за счет оборотов двигателя с помощью частотного преобразователя в диапазоне 6...22 м/с. Величину продольной подачи приняли  $S = 1$  мм/мин, как рациональное значение для обеспечения высокого качества полирования. Натяг щетки  $i$  при обработке изменяли путем вертикального перемещения шпинделя в диапазоне – 13 мм; контроль установленного натяга производили периодически, через каждые 5 минут.

По результатам испытания всех типов щеток получены графики зависимости, интенсивности износа от режимов обработки, параметров инструмента и обрабатываемого материала. Пример одного из этих графиков для материалов с наибольшим (ВТ8-М1), наименьшим (ХН45МВТЮБР) и промежуточным (АМГ3) износом при определенных режимах показан на рисунке 1.

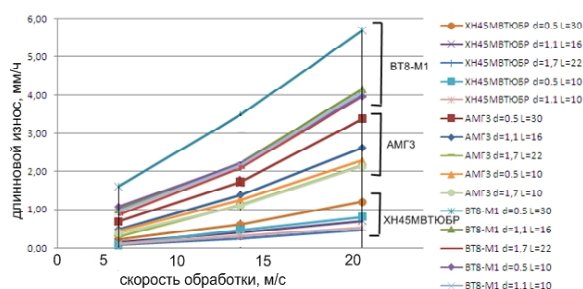


Рисунок 1. Результаты исследования износа ПАЩ при  $i = 1,5$  мм,  $S = 1$  мм/мин

Чтобы изучить степень влияния каждого из факторов обработки на интенсивность износа ПАЩ были проведены корреляционный анализ на основе 216 экспериментов и проверка значимости факторов ( $p$ -уровень) с помощью программного пакета «Statistica» (рис. 2).

Размер абразивных зерен, используемый в щетке, напрямую зависит от диаметра волокна, вследствие чего между данными факторами существует сильная корреляционная связь, эти факторы зависимы. При полировании деталей более важным является зернистость абразивного материала и зависящая от него остаточная шероховатость поверхности, поэтому для построения модели оставили фактор «зернистость».

Полученная матрица парных коэффициентов корреляции свидетельствуют о том, что все ос-

тальные факторы — независимы и оказывают влияние различной степени на интенсивность изнашивания ПАЩ. В наибольшей степени влияют свойства обрабатываемого материала (коэффициент  $K_M$ ), а также скорость обработки  $v$ . Затем по влиятельности следуют вылет волокон, натяг и зернистость.

Variable	коэф. матер.	скорость	диаметр волок	длина волок	натяг	зернистость	износ
коэф. матер.	1,000000	-0,000000	-0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,520343
скорость	-0,000000	1,000000	0,000000	-0,000000	-0,000000	0,000000	0,549254
диаметр волок	-0,000000	0,000000	1,000000	-0,201008	-0,000000	-0,993399	-0,232877
длина волок	0,000000	-0,000000	-0,201008	1,000000	0,697518	0,199681	0,308124
натяг	0,000000	-0,000000	-0,000000	0,697518	1,000000	-0,000000	0,261871
зернистость	0,000000	0,000000	-0,993399	0,199681	-0,000000	1,000000	0,238475
износ	0,520343	0,549254	-0,232877	0,308124	0,261871	0,238475	1,000000

а

	Beta	Std. Err. of Beta	B	Std. Err. of B	t(210)	p-level
Intercept			-3,21551	0,241160	-13,3336	0,000000
коэф. матер.	0,520343	0,037118	0,40060	0,028576	14,0188	0,000000
скорость	0,549254	0,037118	0,12088	0,008169	14,7976	0,000000
диаметр волок	0,164370	0,053936	0,02806	0,009206	3,0475	0,002604
длина волок	0,147220	0,052860	0,27218	0,097710	2,7856	0,005831
натяг	0,205654	0,038649	0,00694	0,001304	5,3211	0,000000
зернистость						

б

Рисунок 2. Результаты корреляционного анализа (а) и значимости факторов (б)

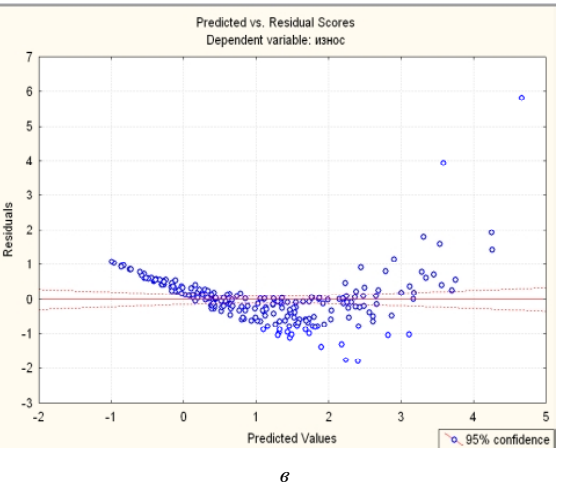
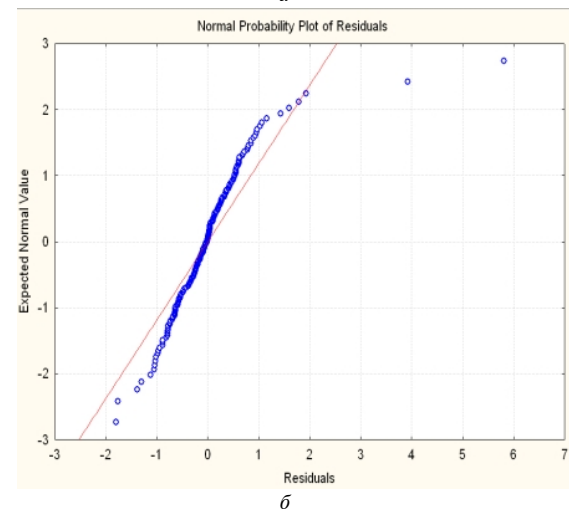
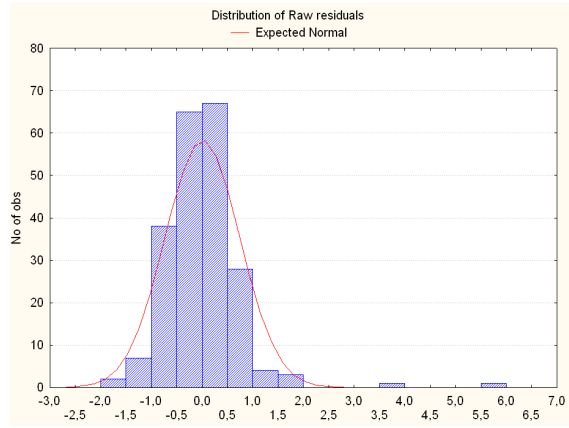
От этих факторов в той или иной мере зависит площадь пятна контакта и/или уровень температур в зоне обработки, что в свою очередь определяет интенсивность износа щетки в целом.

В результате проведенного регрессионного анализа получен общий вид уравнения зависимости величины износа волокон щетки от вышеречисленных параметров:

$$\Delta l = -3,21 + 0,4 \cdot K_M + 0,12 \cdot v + 0,03 \cdot L + 0,27 \cdot i + 0,007 \cdot F. \quad (2)$$

На гистограмме (рис. 3а) регрессионные остатки распределены достаточно симметрично, следовательно, гипотезу о нормальности закона распределения не отвергаем. На графике (рис. 3б) видно, что системных отклонений фактических данных от теоретической нормальной прямой практически не наблюдается — остатки распределены нормально. Согласно диаграмме (рис. 3в) в расположении точек рассеивания нет направления в движении, нет симметричности, они располагаются достаточно хаотично, поэтому можно утверждать, что остатки не зависят от предсказанных значений.

Выбранная регрессионная модель хорошо описывает истинную зависимость, так как остатки являются независимо нормально распределенными случайными величинами с нулевым средним, и в их значениях отсутствует тренд. Анализ регрессионных остатков показал, что модель достаточно качественная (уровень значимости модели меньше 0,05), следовательно, можно утверждать, что модель приемлема.



в

Рисунок 3. Результаты анализа регрессионных остатков: гистограмма остатков (а); отклонение остатков от нормальной прямой (б); отношения прогнозируемых и остаточных оценок (в)

### ВЫВОДЫ

В результате проведенной работы получена модель интенсивности износа дисковой ПАЩ в зависимости от параметров обработки, которая описывает процесс с погрешностью менее 5%. Установлено, что наибольшее влияние на износ

ПАЩ оказывают обрабатываемый материал, скорость обработки и натяг, а зернистость и длина волокна оказывают незначительное влияние. Основываясь на полученных результатах можно утверждать, что скорость обработки без СОТС не следует назначать выше 17–18 м/с, натяг выше 1...2 мм, так как степень износа интенсивно растет. Практическое использование полученных результатов способно увеличить стойкость дисковых ПАЩ без уменьшения производительности полирования деталей из различных, в том числе трудно-обрабатываемых, материалов на станках с ЧПУ, уменьшить число замен щеток, обеспечить своевременную автоматическую поднастройку и отсутствие брака деталей, связанного с износом инструмента.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрашкевич Ю. Д. Эффективная эксплуатация полимерно-абразивной щетки / Ю. Д. Абрашкевич, Г. М. Мачишин // Вестник ХНАДУ. – 2016. – Вып. 73. – С. 59–62.
2. Проволоцкий А. Е. Технологические возможности полимер-абразивного инструмента / А. Е. Проволоцкий, С. Л. Негруб // Наук. праці Донецького нац. техн. ун-ту. Серія : машинобудівництва. Вип. 1. – 2004. – № 71. – С. 125–133.
3. Гончар Н. В. Оценка качества поверхности образцов из никелевого сплава после обработки полимерно-абразивным инструментом / Н. В. Гончар, Д. Н. Степанов и др. // Авиационно-космическая техника и технология. – 2009. – № 10/67. – С. 69–71.
4. Димов Ю. В. Силы резания при обработке эластичными абразивными кругами / Ю. В. Димов, Д. Б. Подашев // Вестник ИрГТУ. – 2015. – № 7 (102). – С. 47–54.
5. Мачишин Г. М. Математична модель теплових процесів при роботі полімерно-абразивної щітки / Г. М. Мачишин, Ю. Д. Абрашкевич, О. В. Човнюк // Наукове видання «Гарничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини». – 2014. – Вып. 33. – С. 91–96.
6. Кравець Н. Г. Економічна доцільність використання полімерно-абразивних інструментів для фінішної обробки дисків газотурбінних двигунів / Н. Г. Кравець, Т. М. Семерюк, Н. В. Гончар // Машинобудування очима молодих : прогресивні ідеї – наука – виробництво : матеріали XVI Міжнар. молод. наук. конф., 26–29 жов. 2016 р. – Суми : СумДУ. – С. 35–36.
7. Яковлев Д. Р. Теоретическое и экспериментальное исследование технологических возможностей абразивно-полимерных щеток с определением эффективных областей их использования / Д. Р. Яковлев // Автомобили и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовка кадров : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Москва, 17 ноября 2010 г. – М. : МГТУ, 2010. – С. 293–299.
8. Абрашкевич Ю. Д. Полимерно-абразивные щеточные инструменты для обработки металлических и неметаллических поверхностей / Ю. Д. Абрашкевич, Л. Е. Пелевин, Г. Н. Мачишин // Нефть и газ Западной Сибири : материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2013. – Т. 2. – С. 8–14.
9. Абрашкевич Ю. Д. Влияние различных факторов на износостойкость абразивного инструмента / Ю. Д. Абрашкевич // Монтажные и специальные работы в строительстве. – 2008. – № 3. – С. 9–13.
10. Лепеш А. Г. Прогнозирование изнашивания щеток коммунальных машин / А. Г. Лепеш // Технико-технологические проблемы сервиса : науч.-техн. журнал. – 2010. – № 2 (12). – С. 25–34.
11. Лепеш А. Г. Методика экспериментального определения износостойкости щеточного ворса коммунальной уборочной техники / А. Г. Лепеш, Г. В. Лепеш, И. И. Воронцов // Технико-технологические проблемы сервиса: науч.-техн. журнал. – 2011. – № 2 (16). – С. 7–19.
12. Димов Ю. В. Износостойкость эластичных абразивных кругов при обработке деталей / Ю. В. Димов, Д. Б. Подашев // Вестник машиностроения. – 2014. – № 1. – С. 48–51.
13. Тришин П. Р. Оцінка впливу фізичних і механічних властивостей оброблювального матеріалу на зношення полімерно-абразивної щітки / П. Р. Тришин, Ю. Р. Мерлікова, О. С. Федоренко // Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво : матеріали XVIII Міжнар. наук.-практ. конф., Москва, 31 жовт. – 2 лист. 2018 р. – Краматорськ : ДДМА, 2018. – С. 184–185.

Статья поступила в редакцию 10.06.2019

**Гончар Н.В.** канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри «Технології машинобудування» Національного університету «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна, e-mail: gonchar@zntu.edu.ua;  
**Тришин П.Р.** аспірант, аспірант кафедри «Технології машинобудування» Національного університету «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна, e-mail: trishin87@gmail.com.

## КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА РОЗМІРНЕ ЗНОШУВАННЯ ДИСКОВИХ ЩІТКОВИХ ПОЛІМЕРНО-АБРАЗИВНИХ ІНСТРУМЕНТІВ

**Мета роботи.** Дослідження впливу параметрів дискової полімерно-абразивної щітки (ПАЩ), режимів обробки та фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу на довжинне зношення волокон при поліруванні різних матеріалів.

**Методи дослідження.** Для проведення досліджень використовували авторський метод розрахунку коефіцієнта, який характеризує здатність оброблюваних матеріалів стирати полімерно-абразивне волокно (ПАВ), який ліг в основу розробленої моделі розрахунку розмірного зношення дискових ПАЩ. Для побудови моделі залежності зношення ПАЩ від параметрів обробки застосовували кореляційний і регресійний аналізи. Експериментальний метод використано для апробації запропонованої моделі – перевірка проводилась на оригінальному стенді, який дозволяє варіювати вихідними факторами та періодично вимірювати вагове зношення щіток в процесі полірування.

**Отримані результати.** Розв'язано задачу прогнозування ступеня зношення дискової ПАЩ при поліруванні різних, зокрема важкооброблюваних, матеріалів. Авторами запропоновано метод визначення здатності оброблюваного матеріалу стирати полімерно-абразивні волокна щітки, ґрунтуючись на його фізико-механічних властивостях. Проведено натурні дослідження зношення дискової ПАЩ при обробці зразків з різноманітних матеріалів. В результаті проведених експериментів виявлено залежності зношення від розмірів щітки, параметрів обробки, оброблюваного матеріалу і запропонована математична модель. Експериментально показано, що в дослідженому діапазоні вивчаємих факторів основний вплив на зношення ПАВ здійснює матеріал деталі, швидкість обробки і натяг, наданий щітці, а зернистість і довжина волокна мають порівняно незначний вплив. Ґрунтуючись на отриманих результатах можна стверджувати, що швидкість обробки без СОТС не слід призначати більше 15–17 м/с, натяг більше, ніж 1...2 мм, тому що тоді ступінь зношення інтенсивно зростає.

**Наукова новизна.** Вперше отримано аналітичну залежність фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу та зношення ПАВ. В результаті проведеної роботи отримано модель інтенсивності зношення дискової ПАЩ.

**Практична цінність.** Використання отриманих результатів здатне збільшити стійкість дискових ПАЩ, продуктивність полірування деталей з різних, зокрема важкооброблюваних, матеріалів на верстаках з ЧПУ, своєчасно коригувати положення інструменту, зменшити число замін щіток, а також брак деталей, пов'язаний з їх зношенням.

**Ключові слова:** полімерно-абразивна щітка; зношення; полімерно-абразивне волокно; важкооброблювані матеріали.

Gonchar N. V.

Ph.D, Associate professor of department «Technologies of mechanical engineering», National University «Zaporizka politeknika», Zaporizhzhia, Ukraine, e-mail: gonchar@zntu.edu.ua

Tryshyn P. R.

graduate student of department «Technologies of mechanical engineering», National University «Zaporizka politeknika», Zaporizhzhia, Ukraine, e-mail: trishin87@gmail.com

## COMPLEX EVALUATION OF FACTORS INFLUENCING THE MEASUREMENT WEAR OF DISK POLYMER-ABRASIVE BRUSHES

**Purpose.** It is the study of the influence of disk polymer-abrasive brush parameters processing modes and the physic-mechanical properties of the material being processed on the dimensional wear during polishing difficult materials.

**Methodology.** For research, the author method of calculating the coefficient which characterizes the ability of the processed materials to wear out polymer-abrasive fibers, was used. It formed the basis for development model of calculating the dimensional wear of the disk brushes. Correlation and regression analyses were used to build a model for the dependence of the wear on the processing parameters. The experimental method was applied to test the proposed model – the test was carried out on an original stand, which allowed varying the initial factors and periodically measuring the mass wear of brushes in the polishing process.

**Findings.** The problem of predicting the degree of wear of a disk brushes during polishing various materials, including hard-to-work materials was solved. The authors proposed a method for determining the ability of the processed material to wear out the polymer-abrasive fibers of the brush, based on its physical and mechanical properties. Full-scale studies of wear of the disk brushes in the processing of samples from various materials were carried out. As a result of the experiments performed, the dependences of wear on the size of the brush, processing parameters, and the material being processed were revealed and a mathematical model was

proposed. It was experimentally shown that, in the researched range of factors the main influence on the wear of fibers is exerted by the material of the part, the processing speed and tension, the grain size and fiber length influence a little. Based on the obtained results, it can be argued that the processing speed without a coolant-cutting fluid should not be prescribed above 15–17 m/s, and the tension should be higher than 1–2 mm, since otherwise the degree of wear increases rapidly.

**Scientific novelty.** The analytical dependence of the physic-mechanical properties of the material being processed and the wear of polymer-abrasive fibers is obtained for the first time. As a result of the work carried out, a model of the intensity of wear of the disk brushes from complex of parameters was obtained.

**Practical value.** The using of the obtained results can increase the resistance of disk polymer-abrasive tools, the productivity of polishing of difficult-to-cut materials on CNC machines, timely adjust the tool positions, reduce the number of brush replacements and parts rejection associated with their wear.

**Key words:** polymer-abrasive brush; wear; polymer-abrasive fiber; difficult-to-work materials.

## REFERENCES

1. Abrashkevich Yu.D., Machishin G.M. (2016) Effektivnaya ekspluatatsiya polimerno-abrazivnoi shchetki [Efficient operation of the polymer abrasive brush]. *Vesnik KhNADU*, 73, 59–62.
2. Provolotskii A.E., Negrub S.L. (2004) Tekhnologicheskie vozmozhnosti polimer-abrazivnogo instrumenta [Technological capabilities of polymer-abrasive tools]. *Nauk. pratsi Donets'kogo nats. tekhn. un-tu. Seriya: mashinobladnannya*, 1, 71, 125–133.
3. Gonchar N.V., Stepanov D.N. (2009) Otsenka kachestva poverkhnosti obraztsov iz nikelovogo splava posle obrabotki polimerno-abrazivnym instrumentom [Evaluation of the quality of the surface of nickel alloy samples after processing with a polymer-abrasive tool]. *Aviatsionno-kosmicheskaya tekhnika i tekhnologiya*, 10/67, 69–71.
4. Dimov Yu.V., Podashev D.B. (2015) Sily rezaniya pri obrabotke elastichnymi abrazivnymi krugami [Cutting forces when machining with elastic abrasive wheels]. *Vesnik IrGTU*, 7(102), 47–54.
5. Machyshyn H.M., Abrashkevych Yu.D., Chovnyuk O.V. (2014) Matematychna model' teplovykh protsesiv pry robota polimerno-abrazivnyoi shchitky [Mathematical model of thermal processes during the work of a polymer-abrasive brush]. *Naukove vydannya «Harnychi, budivel'ni, dorozhni ta melioratyvni mashyny»*, 33, 91–96.
6. Kravets' N.H., Semeryuk T.M., Honchar N.V. (2016) Ekonomichna dotsil'nist' vykorystannya polimerno-abrazivnykh instrumentiv dlya finishnoyi obrobky diskiv hazoturbinykh dyvuniv [Economic expediency of using polymer-abrasive tools for the finishing of gas turbine engine disks] *Mashynobuduvannya ochyma molodykh: prohresyvi ideyi – nauka – vyrobnytstvo: materialy KhVI Mizhnar. molod. nauk. konf.* [Machine building by the eyes of the young: progressive ideas - science - production: materials of the XVI Int. young Sci. Conf.], 35–36.
7. Yakovlev D. R. (2010) Teoreticheskoe i eksperimental'noe issledovanie tekhnologicheskikh vozmozhnostei abrazivno-polimernykh shchetok s opredeleniem effektivnykh oblastei ikh ispol'zovaniya [Theoretical and experimental study of the technological capabilities of abrasive-polymer brushes with the definition of effective areas of their use]. *Avtomobile- i traktorostroenie v Rossii: priority razvitiya i podgotovka kadrov : materialy Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.* [Automotive and tractor construction in Russia: development priorities and training: materials of the Int. Sci. Tech. Conf.], Moscow, 293–299.
8. Abrashkevich Yu.D., Pelevin L.E., Machishin, G.N. (2013) Polimerno-abrazivnye shchetochnye instrumenty dlya obrabotki metallicheskikh i nemetallicheskh poverkhnostei [Polymer-abrasive brush tools for machining metal and non-metal surfaces]. *Neft' i gaz Zapadnoi Sibiri: materialy Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.* [Oil and gas of Western Siberia: materials of the Int. Sci. Tech. Conf.], Tyumen', 2, 8–14.
9. Abrashkevich Yu.D. (2008) Vliyaniye razlichnykh faktorov na iznosostoikost' abrazivnogo instrumenta [The influence of various factors on the wear resistance of abrasive tools]. *Montazhnye i spetsial'nye raboty v stroitel'stve*, 3, 9–13.
10. Lepesh, A.G. (2010) Prognozirovaniye iznashivaniya shchetok kommunal'nykh mashin [Prediction of utility machine brushes]. *Tekhniko-tekhnologichnye problemy servisa: nauch.-tekhn. Zhurnal*, 2(12), 25–34.
11. Lepesh A.G., Lepesh G.V., Vorontsov I. I. (2011) Metodika eksperimental'nogo opredeleniya iznosostoikosti shchetochnogo vorsa kommunal'noi uborochnoi tekhniki [Methods of experimental determination of the wear resistance of the brush pile of municipal cleaning equipment]. *Tekhniko-tekhnologichnye problemy servisa: nauch.-tekhn. Zhurnal*, 2 (16). 7–19.
12. Dimov Yu.V., Podashev D.B. (2014) Iznosostoikost' elastichnykh abrazivnykh krugov pri obrabotke detalei [Wear resistance of elastic abrasive wheels when processing parts]. *Vesnik mashinostroeniya*, 1, 48–51.
13. Tryshyn P.R., Merlikova Yu.R., Fedorenko O.S. (2018) Otsinka vplyvu fizichnykh i mekhanichnykh vlastyvostry obroblyval'noho materialu na znoshennya polimerno-abrazivnoyi shchitky [Estimation of the influence of physical and mechanical properties of the processing material on the wear of a polymer-abrasive brush]. *Mashynobuduvannya ochyma molodykh: prohresyvi ideyi – nauka – vyrobnytstvo: materialy KhVI Mizhnar. molod. nauk. konf.* [Machine building by the eyes of the young: progressive ideas - science - production: materials of the XVI Int. young Sci. Conf.]. Kramators'k, 184–185.