



## Обработка металлов (технология • оборудование • инструменты)

Сайт журнала: [http://journals.nstu.ru/obrabotka\\_metallov](http://journals.nstu.ru/obrabotka_metallov)



### Высоковольтный разряд как фактор повышения режущих свойств неперетачиваемых пластин

Сергей Ковалевский <sup>1, а</sup>, Елена Ковалевская <sup>1, б, \*</sup>, Андрей Кошевой <sup>2, с</sup>

<sup>1</sup> Донбасская государственная машиностроительная академия, ул. Академическая, 72, г. Краматорск, 84313, Украина

<sup>2</sup> PRAMET Tools, ул. Березинская, 80, оф. 301, г. Днепр, 49000, Украина

<sup>а</sup> <https://orcid.org/0000-0002-4708-4091>, [kovalevskii@dgma.donetsk.ua](mailto:kovalevskii@dgma.donetsk.ua), <sup>б</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5884-0430>, [olenakovalenskaya@gmail.com](mailto:olenakovalenskaya@gmail.com),

<sup>с</sup> <https://orcid.org/0000-0001-8904-6854>, [koshovii2000@ukr.net](mailto:koshovii2000@ukr.net)

#### ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

УДК 621.787

#### История статьи:

Поступила: 23 апреля 2018

Рецензирование: 15 мая 2018

Принята к печати: 21 июня 2018

Доступно онлайн: 15 сентября 2018

#### Ключевые слова:

Высоковольтный разряд

Неперетачиваемые пластины

Контроль

Амплитудно-частотная

характеристика

Моделирование

Прогнозирование

Износ неперетачиваемых пластин

#### АННОТАЦИЯ

**Актуальность.** Повышение качества режущего инструмента путем создания нового способа воздействия на режущую часть неперетачиваемых пластин для сборного режущего инструмента и методики идентификации и группирования неперетачиваемых режущих пластин является актуальным. Объектом исследования служит комплект неперетачиваемых сменных режущих пластин фирмы PRAMET. **Цель работы** – создание нового способа воздействия на режущую часть неперетачиваемых сменных пластин для сборного режущего инструмента и новой методики их идентификации и группирования. **Метод.** Предложен новый способ повышения качества режущего инструмента на основе обнаруженного авторами статьи эффекта воздействия высоковольтного электрического разряда на режущую часть неперетачиваемых пластин и методики акустической диагностики для их сравнительной идентификации. Для исследований применены методы планирования эксперимента, методы статистического анализа, методы моделирования с применением спектрального нейросетевого анализа. **Результаты.** Обоснована и экспериментально подтверждена возможность воздействия высоковольтного разряда на режущую часть неперетачиваемых пластин для сборного инструмента с целью повышения их качества, в том числе путем применения предложенной методики акустической идентификации и группирования неперетачиваемых пластин на основе амплитудно-частотных характеристик собственных колебаний, вызванных вынужденными акустическими колебаниями в виде «белого шума» в интервале 20...20 000 Гц. Это позволило увеличить время непрерывного использования неперетачиваемых пластин до 1,8 раз. **Область применения.** Высоковольтная разрядная обработка неперетачиваемых пластин позволяет уменьшить рассеяние признаков износа пластин по сравнению с необработанными, тем самым может способствовать снижению их износа при металлообработке. Данный способ имеет перспективу практического применения для уменьшения износа многогранных сменных неперетачиваемых пластин для режущего инструмента. **Выводы.** Проведенные эксперименты по исследованию оценки качества режущих пластин с помощью акустических спектров собственных колебаний, а также воздействия высоковольтным разрядом подтвердили перспективность таких подходов к идентификации и группированию пластин по принципу близости свойств и способа повышения качества неперетачиваемых пластин разрядами высокого напряжения (не ниже 25,0 KV). Перспективы дальнейших исследований могут заключаться в исследовании механизма физических явлений изменения структуры упрочняющих покрытий, их послойных связей и степени адгезии с основным материалом режущей части неперетачиваемых пластин под влиянием частоты высоковольтных разрядов, их частоты и продолжительности воздействия на пластины.

**Для цитирования:** Ковалевский С.В., Ковалевская Е.С., Кошевой А.О. Высоковольтный разряд как фактор повышения режущих свойств неперетачиваемых пластин // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2018. – Т. 20, № 3. – С. 6–17. – doi: 10.17212/1994-6309-2018-20.3-6-17.

### Введение

Обработка изделий на основе использования дополнительных источников энергии для технологических целей находит все более широкое распространение в условиях машиностроительного производства. В частности, интенсивно развиваются интегрированные технологии мо-

#### \*Адрес для переписки

Ковалевская Елена Сергеевна, к.т.н., доцент

Донбасская государственная машиностроительная академия

ул. Академическая, 72,

84313, г. Краматорск, Украина,

Тел.: +380 951 59-50-37, e-mail: olenakovalenskaya@gmail.com

дификации свойств поверхностного слоя обрабатываемых деталей за счет последовательного или комбинированного осуществления различных по своей физической сущности методов воздействия на поверхность изделия и (или) технологического инструмента [1–4]. В таких условиях становится более емким понятие технологической системы, которое, помимо традиционных составляющих «станок-приспособление-инструмент-деталь», требует учитывать влияние среды и источников энергии различной природы для проектирования технологических операций, включая металлорежущий инструмент и режимы его эксплуатации [5].

Появляются новые материалы, обработка которых требует применения технологических режимов, часто не полностью реализуемых даже на границах технологических возможностей оборудования и инструмента. При этом интенсивно развиваются интегрированные технологии модификации свойств режущих неперетачиваемых пластин путем дополнительного воздействия на их рабочую поверхность [11–13]. Таким образом, поиск дополнительных резервов повышения износостойкости режущих инструментов для металлообработки остается актуальным несмотря на значительные успехи в этом направлении [6–10]. Одним из результатов такого поиска является расширение спектра воздействия на режущую часть металлорежущего инструмента источниками энергии различной природы [14–17].

В связи с этим целью работы является создание способа воздействия на износ режущего инструмента на основе использования высоковольтного электрического разряда на его рабочую поверхность и разработка метода акустической диагностики изменения свойств обработанных неперетачиваемых пластин.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- обосновано и экспериментально подтверждено существование взаимосвязи износа режущих многогранных неперетачиваемых пластин (в дальнейшем – пластин) и акустических спектров их собственных колебаний;

- разработано экспериментальное устройство для обеспечения эффекта воздействия высоковольтного электрического разряда на пластину металлорежущего инструмента;

- разработаны рекомендации по применению метода для повышения эффективности технологических процессов обработки резанием.

## Методика исследований

Объектом исследования были выбраны экспериментальные образцы, представленные комплектом сменных режущих пластин фирмы Pramet ADMX 070202SR-M, ADMX 070204SR-M, ADMX 070208SR-M, ADMX 070220SR-M в количестве 30 шт. Оценка акустических спектров, возникающих в пластинах благодаря влиянию «белого шума», производилась их амплитудно-частотными характеристиками (АЧХ). Источником «белого шума» служит пьезоэлектрический излучатель, возбуждаемый широкополосным генератором с нормированным сигналом. Исследование влияния высоковольтных разрядов происходит на основе оценки взаимосвязей амплитуд частотных степеней спектров амплитудно-частотных характеристик и признаков изменений режущих пластин с помощью пакетов прикладных программ: «Frequency analyzer», «Wavetool», «Visual analyzer». Для оценки признаков износа использовано пиксельное представление, при этом световой диапазон распределения цветов преобразован с помощью карт Кохонена в пакете программы «Photoshop CS Extended».

Подтверждение существования взаимосвязи изменений свойств режущих пластин от воздействия на них высоковольтного разряда с акустическими спектрами их же собственных колебаний состояло в применении измерений АЧХ до и после разрядной обработки режущих частей пластин обработки данных с использованием кластерного анализа. Это позволило проводить ранжирование сопоставления признаков износа пластин на постоянной длине пути резки образцов до и после разрядной обработки с прогнозируемыми по данным АЧХ признакам и их износа.

Подготовка к экспериментальному исследованию проводилась в четыре этапа:

- первый – создание экспериментального стенда для обработки высоковольтными разрядами электрического тока режущих частей пластин режущего инструмента;

- второй – создание экспериментального стенда для генерирования «белого шума» и изме-

рений амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) возбужденных им собственных колебаний необработанных и обработанных режущих пластин и компьютеризированного микроскопа «Conrad Microscope-camera 1.3 Mega Pixel»;

третий – подготовка и настройка токарного станка 1К625;

четвертый – подготовка заготовок путем предварительного снятия материала.

На первом этапе был изготовлен экспериментальный стенд, изображение которого представлено на рис. 1.

Экспериментальный стенд состоит из блока питания 1, высоковольтного преобразователя «Разряд 1» 2 и приспособления для фиксации электрода на изменяемой высоте и установки режущих пластин 3.

Выполненный монтаж электрической схемы генерирования «белого шума» позволил осуществить предварительное измерение амплитудно-частотных характеристик собственных колебаний режущих пластин. Измерения осуществлялись следующим образом. С помощью программного продукта Visual Analyzer, который установлен на ПЭВМ, сигнал в виде «бело-

го шума» посредством пьезоизлучателя преобразовывался в механические колебания, которые фиксировались пьезодатчиком, установленным на противоположной стороне образца. С помощью программного пакета Visual Analyzer для каждой режущей пластины были зафиксированы оцифрованные амплитудно-частотные характеристики их собственных колебаний.

Подготовка к проведению экспериментальных исследований выполнялась путем подготовки цилиндрической поверхности предыдущим обтачиванием (рис. 2).

Последовательно, но рандомизированно были обработаны заготовки режущими пластинами из одной партии при одинаковых режимах резания:  $t = 0,2$  мм;  $s = 0,2$  мм / об;  $n = 1260$  об / мин, при длине резки  $l = 285$  мм. Такой режим был выбран исходя из возможностей оборудования и не ставил цели оптимизации, а служил только для обнаружения износа пластин по предложенным методам диагностирования. В частности, по каждой неперетачиваемой пластине были определены признаки износа, которые обосновывались следующими соображениями.

Площадка износа режущих пластин имеет крайне малые размеры, поэтому было принято решение определять признак износа режущих пластин по количеству пикселей ( $px$ ) измененной области каждой из пластин при обработке резанием. Специализированное программное обеспечение позволило получить гистограмму распределения цветов на поверхности износа и определить количество пикселей на выделенных измененных контурных участках, подвергнутых износу. Пример представлен на рис. 3. Условия фиксации пиксельных оценок для всех исследованных пластин были одинаковы.

Таким образом, реализован новый подход по сравнению с методом пиксельного представления признаков износа режущего инструмента. Спектр распределения пикселей определялся с помощью программного пакета «Photoshop CS Extended».

Исследование влияния высоковольтных разрядов на режущую часть пластин проводилось следующим образом. Пластины обрабатывались высоковольтным

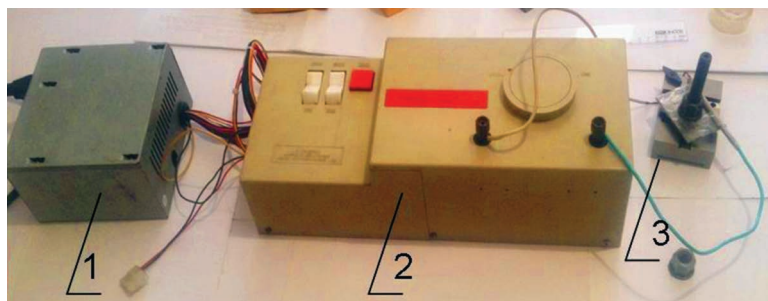


Рис. 1. Экспериментальный стенд генерирования высоковольтных разрядов

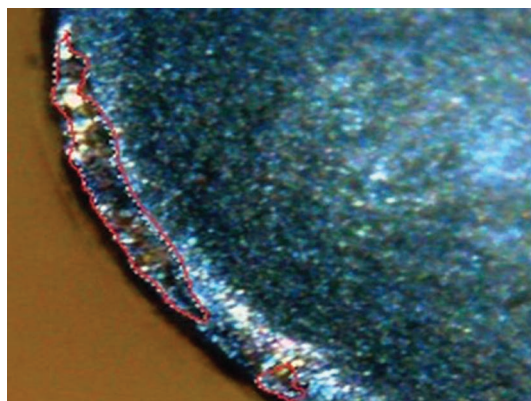
Fig. 1. Test bench for high-voltage discharges generation



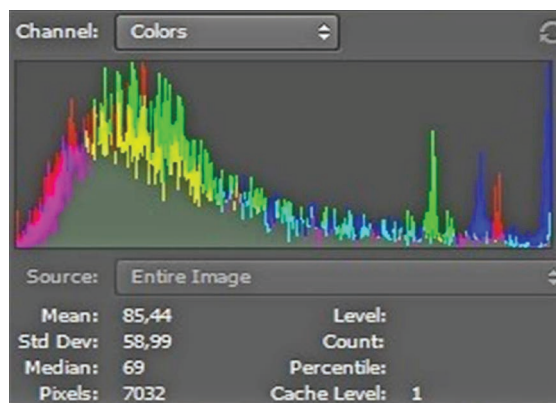
Рис. 2. Подготовка заготовки

Fig. 2. Workpiece preparation





a



б

Рис. 3. Определение признаков износа:

*a* – по изменению состояния области износа пластины; *б* – по спектру распределения цвета пикселей в измененной области износа

Fig. 3. Determination of signs of wear:

*a* – by changing the state of the wear area of the insert; *б* – from the spectrum of color distribution of pixels in the changed wear area

разрядом путем наведения на режущие поверхности инструмента высоковольтного разряда с напряжением 25 кВ. Между электродом и инструментом при достижении пробойного расстояния возбуждался электрический разряд.

Воздействие высоковольтного разряда на исходную поверхность экспериментального образца (режущей пластины) проводилось на уровнях 3, 5 и 7 мин. Расстояние электрода от поверхности пластины изменялось ступенчато: 5, 7 и 10 мм. Было установлено, что самый значительный эффект был достигнут при наибольшем расстоянии электрода от рабочей поверхности, при котором электрический разряд напряжением 25 кВ остается стабильным.

Изменение свойств поверхности режущих пластин обусловлено, по нашему мнению, взаимодействием высоковольтного разряда с токопроводящим материалом пластин: из-за импульсного характера высоковольтного разряда и сопровождающего его скин-эффекта на поверхности каждой пластины формировалось быстро изменяющееся магнитное поле, которое служило причиной наведения токов Фуко. Вследствие этого происходит изменение ориентации зерен и перемещение дислокаций в поверхностном слое материала пластин, тем сильнее проявляющее себя при приближении частоты разрядов к частоте собственных колебаний пластин.

Это обстоятельство позволило выдвинуть предположение о взаимосвязи амплитудно-

частотных характеристик (АЧХ) собственных колебаний каждой пластины, которые одинаковы при идентичности их свойств, включая эксплуатационные характеристики, но различаются при наступлении признаков износа, изменении физико-механических свойств в процессе эксплуатации. Кроме того, АЧХ могут изменяться при упрочнении режущей части пластин. Все это позволяет прогнозировать эффективность мероприятий по улучшению эксплуатационных характеристик неперетачиваемых пластин для сборного металлорежущего инструмента.

Для каждой режущей пластины, обработанной высоковольтным разрядом, были определены амплитудно-частотные характеристики их собственных колебаний [18]. При планировании экспериментов в качестве переменных факторов были приняты высокое напряжение и продолжительность его воздействия на экспериментальные образцы [19, 20].

Для обеспечения однородности плана при обработке заготовки, диаметр которой изменяется при последующих переходах, применен коэффициент, учитывающий фактор изменения скорости резания при изменении диаметра заготовки,

$$k_i = \frac{D_B}{D_i},$$

где  $D_B$  – исходной диаметр заготовки, мм, а  $D_i$  – диаметр заготовки, соответствующий

обработке  $i$ -й пластиной, мм. Таким образом, признак износа определен согласно формуле

$$p_{Bi} = p_i k_i,$$

где  $p_{Bi}$  – пиксельная характеристика износа, приведенная к условиям  $D_B$ .

При этих условиях была проведена обработка заготовки режущими пластинами, упрочненными высоковольтным разрядом, на режимах реза-

ния:  $t = 0,2$  мм;  $s = 0,2$  мм / об;  $n = 1260$  об / мин,  $l = 285$  мм и определены  $p_{Bi}$  – для каждой пластины, подверженные воздействию высоковольтного разряда.

## Результаты и их обсуждение

По данным экспериментальной части сформирована таблица результатов (табл. 1).

Таблица 1

Table 1

### Результаты экспериментов

#### Experimental results

Пластины с исходными свойствами / Inserts with initial properties					Пластины, обработанные высоковольтным разрядом / Inserts processed by high-voltage discharge				
№ п/п	$i$	$D_i$ , мм	$k_i$	$p_{Bi}$	№ п/п	$i$	$D_i$ , мм	$k_i$	$p_{Bi}$
1	11	48	1	36 960	1	1	48	1	22 134
2	21	47,7	1,006	4707,1	2	25	47,88	1,01	4758,1
3	12	47,5	1,011	6329,9	3	10	47,42	1,01	8692,1
4	15	47,3	1,015	606,9	4	18	46,88	1,02	5178,5
5	16	47,02	1,021	76582,1	5	9	46,38	1,03	5400,3
6	13	46,9	1,023	3366,7	6	8	46,22	1,03	14203,7
7	2	46,7	1,028	9966,5	7	5	46,04	1,04	6881,7
8	29	46,5	1,032	9411,8	8	20	45,45	1,05	3891,3
9	20	45,95	1,045	6578,3	9	17	45,34	1,06	4679,9
10	7	45,7	1,50	15543	10	14	45,12	1,06	6898,5
11	25	45,4	1,057	5853,7	11	13	44,90	1,06	4092,7
12	5	45,37	1,058	12831,4	12	15	44,58	1,07	7105,9
13	27	44,97	1,067	9939,1	13	7	44,40	1,08	7866,7
14	3	44,79	1,072	10238,7	14	16	44,28	1,08	6777
15	6	44,5	1,078	11875,2	15	22	44,17	1,08	4408,6
16	24	44,13	1,088	12341,2	16	19	43,90	1,09	2272,6
17	26	43,95	1,092	13354,1	17	30	43,71	1,09	3566,5
18	10	43,71	1,098	9928,1	18	23	43,46	1,10	2946,9
19	17	43,51	1,103	7665,9	19	27	43,13	1,11	2751,7
20	8	43,31	1,108	11734,8	20	6	42,84	1,12	624,9
21	22	43,13	1,113	7937,916	21	2	42,39	1,13	2802,4
22	1	42,90	1,119	12693,9	22	29	42,26	1,13	2562,8
23	28	42,70	1,124	13422,8	23	24	41,91	1,14	3806,5
24	4	42,40	1,132	13070,1	24	28	41,71	1,15	3361,5
25	19	42,21	1,137	16769,6	25	4	41,27	1,16	5445,1
26	9	42,13	1,139	10425,3	26	26	41,01	1,17	8207,5
27	14	41,84	1,147	5964,4	27	12	40,62	1,18	2089,8
28	30	41,64	1,153	11018,1	28	11	40,31	1,19	6965,1
29	18	41,44	1,158	12360,5	29	21	40,20	1,19	2059,9
30	23	41,20	1,165	11997,2	30	3	40,08	1,19	3832,9

Для пластин, пронумерованных от 1 до 30 с исходными свойствами, сформированы кластеры по сходству их АЧХ:

1-й кластер – 1, 4, 5, 7, 11, 16, 18, 19, 26, 28;

2-й кластер – 2, 3, 6, 8, 9, 10, 23, 24, 27, 30;

3-й кластер – 12, 13, 14, 15, 17, 20, 21, 22, 25, 29.

После обработки пластин высоковольтными разрядами:

1-й кластер – 1, 5, 7, 8, 10, 11, 14, 15, 16, 26;

2-й кластер – 4, 9, 18, 25, 17, 22, 13, 20, 3, 24;

3-й кластер – 2, 6, 12, 19, 21, 23, 27, 28, 29, 30.

Для расчета средних значений показателей износа и доверительного интервала были использованы данные, представленные в табл. 2 и 3.

В табл. 2 приведены следующие обозначения:  $a$  – количество пикселей (характеристик износа пластин);  $\sigma$  – среднее квадратическое распределение признаков износа пластин в кластере;  $P$  – уровень достоверности;  $\Phi(t)$  – интеграл вероятности (интеграл Лапласа);  $t$  – критерий Стьюдента;  $n$  – количество пластин в кластере.

Таким образом, выполнены кластерные группировки режущих пластин по трем показателям (признак износа, распределение цвета пикселей, амплитудно-частотные характеристики) (рис. 4, а, б).

Кластерный анализ позволил сформировать в пределах производственной партии сменных многогранных пластин кластеры наиболее схожие, с большей вероятностью гарантирующие единообразие результатов обработки. Так, для каждого из кластеров повышение длины пути резания составило: по кластеру № 1 – в 1,8 раза; по кластеру № 2 – в 2,7 раза; по кластеру № 3 – в 2,5 раза.

Одним из результатов представленных исследований явился вывод о повышении степени идентичности пластин после обработки высоковольтными разрядами.

Для оценки качества пластин при ранжировании по прогнозируемым значениям  $\rho_{Bi}$  применена аппроксимация на основе однородных сетей

Таблица 2

Table 2

#### Исходные данные для расчета показателей распределения признаков износа пластин

#### Initial data for calculating the indicators of distribution of signs of insert wear

	1-й кластер	2-й кластер	3-й кластер
Исходные свойства пластин / Initial properties of inserts	$a = 9751$ $\sigma = 36620$ $P = 0,95$ $\Phi(t) = 0,475$ $t = 0,63$ $n = 13$	$a = 17586$ $\sigma = 22615$ $P = 0,95$ $\Phi(t) = 0,475$ $t = 0,63$ $n = 8$	$a = 13421$ $\sigma = 9015$ $P = 0,95$ $\Phi(t) = 0,475$ $t = 0,63$ $n = 9$
После обработки высоковольтными разрядами / Inserts processed by high-voltage discharge	$a = 5312$ $\sigma = 5163$ $P = 0,95$ $\Phi(t) = 0,475$ $t = 0,63$ $n = 13$	$a = 6387$ $\sigma = 3513$ $P = 0,95$ $\Phi(t) = 0,475$ $t = 0,63$ $n = 8$	$a = 5346$ $\sigma = 2406$ $P = 0,95$ $\Phi(t) = 0,475$ $t = 0,63$ $n = 9$

Таблица 3

Table 3

#### Границы доверительного интервала

#### Confidence limits

Исходные характеристики пластин / Initial properties of inserts	1-й кластер	2-й кластер	3-й кластер
	$9118 < \alpha < 10384$	$5605 < \alpha < 12549$	$11528 < \alpha < 15314$
После упрочнения / After hardening	$4410 < \alpha < 10384$	$5605 < \alpha < 7169$	$4841 < \alpha < 5851$

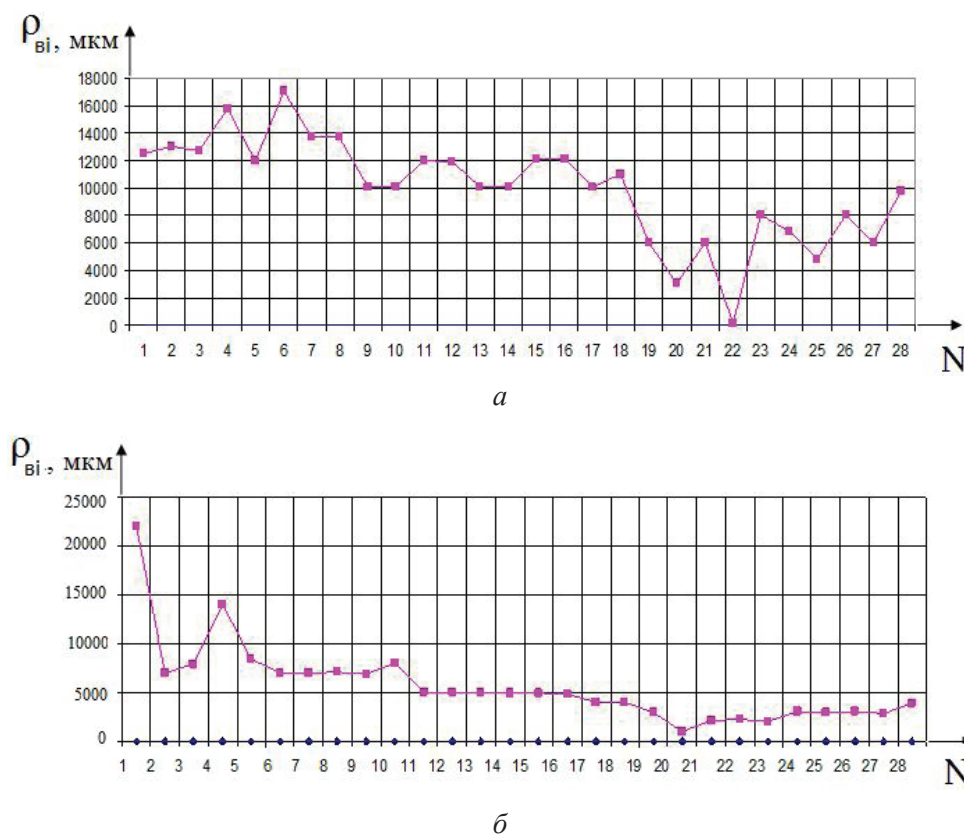


Рис. 4. График изменения величины признака износа пластин:  
а – для необработанных пластин; б – для пластин, обработанных высоковольтными разрядами

Fig. 4. Graph of behaviour in the inserts signs of wear:  
а – for initial inserts; б – for inserts processed by high-voltage discharge

с нейроподобными элементами в программном пакете «NeuroPro 0.25» (рис. 5), а затем для сравнения результатов – в «Matlab R2011b» (рис. 6).

Созданная нейронная сеть была получена по данным экспериментально созданных амплитудно-частотных характеристик (исходные данные) и характеристик износа режущих пластин после точения образца (см. рис. 2).

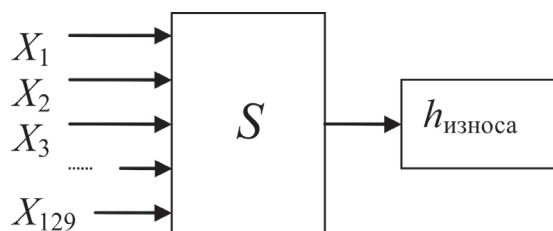


Рис. 5. Схематическое изображение модели нейронной сети для обучения в пакете «NeuroPro 0.25»

Fig. 5. Schematic illustration of the neural network model for training in the NeuroPro 0.25 package

Сравнительный анализ модели нейронной сети в «NeuroPro 0.25» и «Matlab R2011b» показал идентичные результаты и подтвердил, что предложенный метод позволяет получить прогнозируемое значение признаков износа пластины в зависимости от значений АЧХ собственных колебаний пластин как до, так и после обработки образца и после обработки высоковольтными разрядами в течение 3, 5 и 7 мин.

Нейросетевая аппроксимация подтвердила, что предложенный способ обработки высоковольтным разрядом рабочей поверхности пластин позволяет добавить его в перечень средств и методов с целью сокращения их износа. Поскольку расходы на обеспечение технологического воздействия на режущую часть пластины требуют не более 8...10 Вт мощности энергетического источника, такое предположение, по нашему мнению, имеет перспективу практического применения для уменьшения износа многогранных неперетачиваемых пластин для режущего инструмента. Однако недостатком



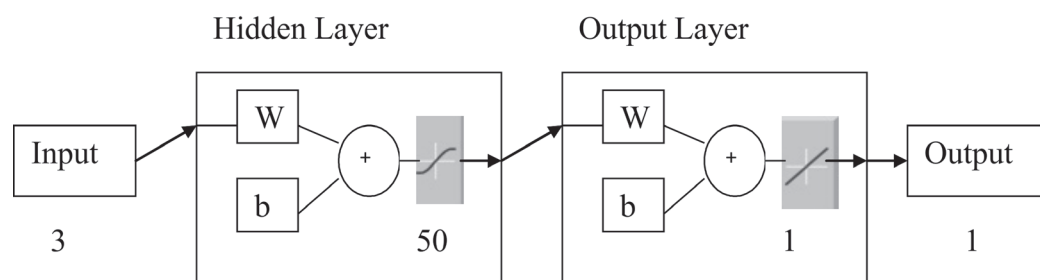


Рис. 6. Модель нейронной сети, выполненная в «Matlab R2011b»

Fig. 6. The model of the neural network, made in «Matlab R2011b»

предложенного способа является необходимость соблюдения мер безопасности при использовании электрического тока высокого напряжения.

### Выводы

1. Обоснована и экспериментально подтверждена возможность оценки качества режущих пластин с помощью акустических спектров собственных колебаний.

2. Разработан способ снижения износа пластин с помощью высоковольтных электрических разрядов, воздействующих на необработанную поверхность режущей части инструмента (для представленных условий эксперимента) в течение 5 мин на расстоянии 7 мм от поверхности с напряжением 25 кВ.

### Список литературы

1. Сафонов С.В., Григорьев С.Н., Смоленцев В.П. Модификация поверхностного слоя металлических изделий // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2015. – Т. 11, № 2. – С. 19–26.
2. Иващенко А.П. Анализ способов повышения стойкости материалов режущих инструментов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 12 (3). – С. 389–392.
3. Тарануха Г.В. Применение композиционных материалов для режущих инструментов в металлообработке // Альманах современной науки и образования. – 2013. – № 9 (76). – С. 171–172.
4. Середя Б.П., Кругляк Д.О. Формирование износостойких покрытий на медных сплавах в условиях СВЧ // Инженерия поверхностного слоя деталей машин: сборник материалов II Международной научно-практической конференции, 27–28 мая 2010 г.: посвященной 85-летию со дня рождения академика

О.В. Романа, 55-летию кафедры «Порошковая металлургия, сварка и технология материалов» БНТУ / редкол.: Б.М. Хрусталева, Ф.И. Пантелеенко, В.Ю. Блюменштейн. – Минск: БНТУ, 2010. – С. 96–97.

5. Повышение износостойкости и коррозионной стойкости изделий из конструкционных и инструментальных сталей путем нанесения ионно-плазменных покрытий / Л.Л. Ильичев, В.И. Рудаков, Г.В. Клевков, Н.А. Клевцова // Современные проблемы науки и образования. – 2006. – № 6. – С. 45–46.

6. Чекалова Е.А., Чекалов П.Д. Повышение износостойкости режущего инструмента путем диффузного сетчатого покрытия // Известия МГТУ «МАМИ». – 2014. – № 1 (19). – С. 230–233.

7. Клименко С.А., Копейкина М.Ю. Повышение эффективности процессов обработки инструментами с ПСТМ на основе КНБ // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков, 2012. – Вып. 55. – С. 79–83.

8. Stancioiu A., Csofu F. Research on increasing active life of cutting tools // Fiabilitate și Durabilitate. – 2012. – N 1. – P. 212–217.

9. Yasa E., Kruth J. Application of laser re-melting on Selective laser melting parts // Advances in Production Engineering and Management. – 2011. – Vol. 6, N 4. – P. 259–270.

10. Additive manufacturing by direct metal deposition / B. Dutta, S. Palaniswamy, J. Choi, L.J. Song, J. Mazumder // Advanced Materials & Processes. – 2011. – Vol. 169, N 5. – P. 33–36.

11. Kruglov I.A. Neural networks modeling of multivariable vector functions in ill-posed approximation problems // Journal of Computer and System Sciences International. – 2013. – Vol. 52, N 4. – P. 503–518.

12. Improving tool life in multi-axis milling of Ni-based superalloy with ball-end cutter based on the active cutting edge shift strategy / M. Luo, H. Luo, D. Zhang, K. Tang // Journal of Materials Processing Technology. – 2018. – Vol. 252. – P. 105–115.

13. Binder M., Klocke F., Lung D. Tool wear simulation of complex shaped coated cutting tools // Wear. – 2015. – Vol. 330–331. – P. 600–607.



14. Kianinejad K., Uhlmann E., Peukert B. The influence of the cooling conditions on the cutting tool wear and the chip formation mechanism // *Procedia CIRP*. – 2015. – N 26. – P. 533–538.
15. Willian A. Tribological and wear behavior of HfN/VN nanomultilayer coated cutting tools // *Ingeniería e Investigación*. – 2014. – N 34. – P. 22–28.
16. Measuring diagnostic stand for experimental researches in technology machining / A. Dreval', V. Vasilev, D. Vinogradov, O. Malkov // *Nauka i Obrazovanie*. – 2014. – N 12. – P. 22–58.
17. Influence of the cutting parameters on flank wear of coated inserts during turning of AISI 316L / Z. Yusimit, M. Yoandrys, L. Arlys, B. Roberto // *Enfoque*. – 2015. – N 6. – P. 13–24.
18. Ковалевский С.В., Тулунов В.И., Тулунова К.В. Разработка и исследование метода контроля деталей машин на основе эффекта акустической эмиссии // *Науковий Вісник Донбаської державної машинобудівної академії*. – 2014. – № 3 (15Е). – С. 50–55.
19. Ковалевский С.В., Нагиева А.И. Акустический контроль размеров и показателей шероховатости поверхностей деталей с применением нейросетевых моделей // *Нейросітьові технології та їх застосування*. – Краматорск, 2014. – С. 24–35.
20. Kovalevskyy S.V. Acoustic monitoring with neural network diagnostics // *American Journal of Neural Networks and Applications*. – 2015. – Vol. 1, iss. 2. – P. 39–42.

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© 2018 Авторы. Издательство Новосибирского государственного технического университета. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



# Obrabotka metallov - Metal Working and Material Science

Journal homepage: [http://journals.nstu.ru/obrabotka\\_metallov](http://journals.nstu.ru/obrabotka_metallov)





## High-Voltage Discharge as a Factor of Increasing the Cutting Properties of Disposable Inserts

*Sergiy Kovalevskyy*<sup>1, a</sup>, *Olena Kovalevska*<sup>1, b, \*</sup>, *Andrii Koshovii*<sup>2, c</sup>

<sup>1</sup> Donbass State Engineering Academy, 72 Mashinostroiteley str., Kramatorsk, 84313, Ukraine

<sup>2</sup> PRAMET Tools, 80 Berezhinskaya str., Dnipro, 49000, Ukraine

<sup>a</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-4708-4091>,  [kovalevskii@dgma.donetsk.ua](mailto:kovalevskii@dgma.donetsk.ua), <sup>b</sup>  <https://orcid.org/0000-0001-5884-0430>,  [olenakovalevskaya@gmail.com](mailto:olenakovalevskaya@gmail.com),

<sup>c</sup>  <https://orcid.org/0000-0001-8904-6854>,  [koshovii2000@ukr.net](mailto:koshovii2000@ukr.net)

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received: 23 April 2018

Revised: 15 May 2018

Accepted: 21 June 2018

Available online: 15 September 2018

#### Keywords:

High-voltage discharge

Disposable inserts

Control

Amplitude-frequency response

Modeling

Forecasting

Disposable inserts wear

### ABSTRACT

**Relevance.** Improving the quality of the cutting tools by creating a new method of influencing the cutting part of disposable inserts for the built-up tooling and the method for identifying and grouping disposable cutting inserts are important today. The object of the study is a set of replaceable disposable inserts by PRAMET. **The purpose** of the work is to create a new method of influencing the cutting part of replaceable disposable inserts for the composite cutting tool and a new method for its identification and grouping. **Method.** A new method for improving the quality of the cutting tool based on the effect of a high-voltage electric discharge action on the cutting part of disposable inserts and the method of acoustic diagnostics for its comparative identification is found by the authors of the paper. The methods of planning the experiment, methods of statistical analysis, modeling methods using spectral neural network analysis are applied. **Results.** The possibility of a high-voltage electric discharge action on the cutting part of disposable inserts for the built-up tooling has been substantiated and experimentally confirmed with the aim of improving its quality, in particular by applying the proposed method of acoustic identification and grouping the disposable inserts on the basis of the amplitude-frequency characteristics of natural oscillations caused by forced acoustic vibrations in the form “White noise” in the interval 20...20000 Hz. This allowed to increase the time of continuous use of disposable inserts in 1.8 times. **Application area.** High-voltage discharge processing of disposable inserts makes it possible to reduce the scattering of signs of inserts wear in comparison with the untreated ones, thereby reducing its wear in metalworking. This method has the prospect of practical application to reduce the wear of the multifaceted replaceable disposable inserts for the cutting tool. **Conclusions.** The conducted experiments on the evaluation of the quality of cutting inserts with the help of acoustic spectra of natural oscillations and also the action of high-voltage discharge have confirmed the prospects of such approaches to the identification and grouping of plates according to the principle of proximity of properties and the method of improving the quality of disposable inserts by high voltage discharges (at least 25.0 KV). Prospects for further research involve the investigation of the mechanism of physical phenomena in the structural change in the hardening coatings, its layer bonds, and the degree of adhesion to the main material of the cutting part of disposable inserts under the influence of the frequency of high-voltage discharges, its frequency and the exposure time.

**For citation:** Kovalevskyy S.V., Kovalevska O.S., Koshovii A.O. High-voltage discharge as a factor of increasing the cutting properties of disposable inserts. *Obrabotka metallov (tekhnologiya, oborudovanie, instrumenty) = Metal Working and Material Science*, 2018, vol. 20, no. 3, pp. 6–17. doi: 10.17212/1994-6309-2018-20.3-6-17. (In Russian).

### References

1. Safonov S.V., Grigoriev S.N., Smolentsev V.P. Modifikatsiya poverkhnostnogo sloya metallicheskih izdelii [Surface layer modification of metal products]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = The Bulletin of Voronezh State Technical University*, 2015, vol. 11, no. 2, pp. 19–26.

#### \* Corresponding author

Kovalevska Olena S., Ph.D. (Engineering) Associate Professor  
 Donbass State Engineering Academy  
 72 Mashinostroiteley str.  
 84313, Kramatorsk, Ukraine  
 Tel.: +380 951 59-50-37, e-mail: [olenakovalevskaya@gmail.com](mailto:olenakovalevskaya@gmail.com)

2. Ivashchenko A.P. Analiz sposobov povysheniya stoikosti materialov rezhushchikh instrumentov [Analysis of ways to increase the durability of cutting tool materials]. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy = International journal of applied and fundamental research*, 2015, no. 12 (3), pp. 389–392.
3. Taranukha G.V. Primenenie kompozitsionnykh materialov dlya rezhushchikh instrumentov v metalloobrabotke [Application of composite materials for cutting tools in metalworking]. *Al'manakh sovremennoi nauki i obrazovaniya = Almanac of Modern Science and Education*, 2013, no. 9 (76), pp. 171–172.
4. Sereda B.P., Kruglyak D.O. [Formation of wear-resistant coatings on copper alloys under SHS conditions]. *Inzheneriya poverkhnostnogo sloya detalei mashin: sbornik materialov II Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Proceedings 2<sup>nd</sup> International scientific-practical conference “Engineering of the surface layer of machine parts”]. Minsk, 2010, pp. 96–97. (In Russian).
5. Il'ichev L.L., Rudakov V.I., Klevkov G.V., Klevtsova N.A. Povyshenie iznosostoikosti i korrozionnoi stoikosti izdelii iz konstruktsionnykh i instrumental'nykh stadii putem naneseniya ionno-plazmennyykh pokrytii [Increase of wear resistance and corrosion resistance of products from structural and tool steels by applying ion-plasma coatings]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya = Modern problems of science and education*, 2006, no. 6, pp. 45–46.
6. Chekalova E.A., Chekalov P.D. Povyshenie iznosostoikosti rezhushchego instrumenta putem diffuznogo setchatogo pokrytiya [Increasing the wear resistance of the cutting tool by diffuse mesh coating]. *Izvestiya MGTU “AMI”*, 2014, no. 1 (19), pp. 230–233. (In Russian).
7. Klimenko S.A., Kopeikina M.Yu. Povyshenie effektivnosti protsessov obrabotki instrumentami s PSTM na osnove KNB [Increasing the efficiency of processing processes with tools based on NSC]. *Otkrytye informatsionnye i komp'yuternye integrirovannye tekhnologii* [Open information and computer integrated technologies]. Khar'kov, 2012, iss. 55, pp. 79–83.
8. Stancioiu A., Csofu F. Research on increasing active life of cutting tools. *Fiabilitate și Durabilitate*, 2012, no. 1, pp. 212–217.
9. Yasa E., Kruth J. Application of laser re-melting on Selective laser melting parts. *Advances in Production Engineering and Management*, 2011, vol. 6, no. 4, pp. 259–270.
10. Dutta B., Palaniswamy S., Choi J., Song L.J., Mazumder J. Additive manufacturing by direct metal deposition. *Advanced Materials & Processes*, 2011, vol. 169, no. 5, pp. 33–36.
11. Kruglov I.A. Neural networks modeling of multivariable vector functions in ill-posed approximation problems. *Journal of Computer and System Sciences International*, 2013, vol. 52, no. 4, pp. 503–518.
12. Luo M., Luo H., Zhang D., Tang K. Improving tool life in multi-axis milling of Ni-based superalloy with ball-end cutter based on the active cutting edge shift strategy. *Journal of Materials Processing Technology*, 2018, vol. 252, pp. 105–115.
13. Binder M., Klocke F., Lung D. Tool wear simulation of complex shaped coated cutting tools. *Wear*, 2015, vol. 330–331, pp. 600–607.
14. Kianinejad K., Uhlmann E., Peuker B. The influence of the cooling conditions on the cutting tool wear and the chip formation mechanism. *Procedia CIRP*, 2015, no. 26, pp. 533–538.
15. Willian A. Tribological and wear behavior of HfN/VN nanomultilayer coated cutting tools. *Ingeniería e Investigación*, 2014, no. 34, pp. 22–28.
16. Dreval' A., Vasilev V., Vinogradov D., Malkov O. Measuring diagnostic stand for experimental researches in technology machining. *Nauka i Obrazovanie*, 2014, no. 12, pp. 22–58.
17. Yusimit Z., Yoandrys M., Arlys L., Roberto B. Influence of the cutting parameters on flank wear of coated inserts during turning of AISI 316L. *Enfoque*, 2015, no. 6, pp. 13–24.
18. Kovalevskii S.V., Tulupov V.I., Tulupova E.V. Razrabotka i issledovanie metoda kontrolya detalei mashin na osnove effekta akusticheskoi emissii [Development and research of the method of control of machine parts based on the effect of acoustic emission]. *Naukovii Visnik Donbas'koï derzhavnoi mashinobudivnoi akademii = Scientific Herald of the DSEA*, 2014, no. 3 (15E), pp. 50–55.
19. Kovalevskii S.V., Nagieva A.I. Akusticheskii kontrol' razmerov i pokazatelei sherokhovatosti poverkhnostei detalei s primeneniem neirosetevykh modelei [Acoustic control of dimensions and indicators of sur-

face roughness with the use of neural network models]. *Neirosit'ovi tekhnologii ta ikh zastosuvannya*, 2014, pp. 24–35.

20. Kovalevskyy S.V. Acoustic monitoring with neural network diagnostics. *American Journal of Neural Networks and Applications*, 2015, vol. 1, iss. 2, pp. 39–42.

### Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

© 2018 The Authors. Published by Novosibirsk State Technical University. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).