

ЭФФЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ЗАТОЧКИ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДИЙОДИДА ХРОМА

В.И. Бутенко

М.М. Чаава

Ф.А. Пастухов

Р.Г. Кадач

Ю.С. Сопранцова

butenkowiktor@yandex.ru

miho_ch@list.ru

vibrotech@mail.ru

rkad925@mail.ru

soprik83@mail.ru

ДГТУ, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Рассмотрены возможности применения дийодида хрома в процессах заточки металлорежущих инструментов из твердых сплавов и быстрорежущей стали в целях повышения их стойкости и обеспечения заданного качества поверхностного слоя обрабатываемых деталей. Исследованы особенности состояния передней и задней поверхностей инструментов после заточки способами, обеспечивающими создание на них нанослоев йодидов железа. Приведены результаты металлографических, спектральных и квантово-химических исследований нанослоев йодидов железа, образующихся на поверхностях инструментов в процессе заточки. Установлены составы охлаждающих жидкостей, содержащих дийодид хрома и обеспечивающих наиболее эффективную заточку инструментов из твердых сплавов и быстрорежущей стали. Проведены сравнительные исследования способов заточки резцов и сверл при обработке различных конструкционных материалов и определены области наиболее эффективного их использования. Доказано, что заточку твердосплавных режущих пластин резцов с подачей в зону обработки охлаждающей жидкости, содержащей дийодид хрома, целесообразно проводить при обработке деталей из железоуглеродистых сплавов. Показано, что применение дийодида хрома в процессах заточки металлорежущих инструментов из твердых сплавов и быстрорежущей стали позволяет не только существенно повысить стойкость инструментов

Ключевые слова

Способ заточки, инструмент, дийодид хрома, заточной круг, стойкость, шероховатость, йодиды железа

при обработке деталей из железоуглеродистых сплавов, но и уменьшить шероховатость обработанных поверхностей

Поступила 31.07.2025

Принята 25.11.2025

© Автор(ы), 2026

Введение. В современном машиностроительном производстве при обработке деталей резанием широко используются резцы, сверла, зенкеры, фрезы, долбяки и другие металлорежущие инструменты, у которых режущая часть выполнена из твердого сплава или быстрорежущей стали. В процессе эксплуатации эти инструменты подвергаются заточке и переточке различными способами. В настоящее время исследованиям в области технологии машиностроения, направленным на повышение эффективности способов заточки металлорежущих инструментов, не уделяется должного внимания, а имеющиеся в технической литературе сведения носят частный характер и описывают особенности заточки специального инструмента [1–4]. В машиностроительном производстве стала острой проблема выбора наиболее эффективного способа заточки металлорежущих инструментов из твердых сплавов и быстрорежущей стали, обеспечивающего не только увеличение стойкости инструмента, но и повышение эксплуатационных показателей качества поверхностного слоя обрабатываемых деталей.

Решение этой проблемы возможно путем внесения в зону контакта режущего инструмента с обрабатываемыми поверхностями деталей из железоуглеродистых сплавов йода или его соединений [5–9]. Это позволяет снизить температуру резания за счет образования на контактирующих поверхностях йодидов железа, которые нивелируют шероховатость рабочих поверхностей режущих инструментов и вследствие своего структурного строения имеют низкий коэффициент трения [9, 10].

Цель настоящей работы — обоснование и объяснение эффективности разработанных способов заточки металлорежущих инструментов из твердых сплавов и быстрорежущей стали с использованием диоксида хрома при обработке деталей из конструкционных материалов, при этом решали следующие задачи:

- изучение состояния рабочих поверхностей и характера износа металлорежущих инструментов, подвергнутых заточке с применением диоксида хрома;
- сравнительное исследование различных способов заточки металлорежущих инструментов по показателям их стойкости и шероховатости обработанной поверхности детали в зависимости от периода сохраняемости йодидов железа на рабочих поверхностях инструмента;

– определение оптимальной толщины нанослой йодидов железа на рабочих поверхностях инструментов, обеспечивающей максимальные период сохранения и стойкость инструмента.

Материалы и методы решения задач, принятые допущения. Исследования по обоснованию и объяснению эффективного применения дийодида хрома при заточке режущих пластин резцов из твердого сплава проводили на токарно-винторезном станке мод. 1И611П с автономной подачей смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ), в качестве которой использовался 5%-ный водный раствор эмульсола «Укринол-14». Токарной обработке подвергались бесступенчатые валики из стали 12ХМФА, сплава 45Х25Н20С2А, чугуна СЧ15, алюминиевого и титанового сплавов Д16 и ВТ3-1.

Использовались резцы с механическим креплением режущих пластин из твердых сплавов ВК8, Т15К6 и Т14К8 размером $B \times H \times L = 12 \times 18 \times 6$ мм. Режимы обработки и углы заточки пластин устанавливали в зависимости от материала валиков по справочным данным¹.

В качестве показателей эффективности способа заточки режущих пластин приняты стойкость T резцов и шероховатость Ra обработанной поверхности детали. Стойкость резцов вычисляли по интенсивности износа режущих пластин, которую определяли, измеряя износ пластин на микроскопе БМИ-1. За критерий износа твердосплавных режущих пластин принят износ по задней поверхности пластин, равный 1,2 мм. Для измерения шероховатости обработанной поверхности детали использовали портативный профилометр мод. Surftest SJ-210.

Проанализированы три способа заточки режущих твердосплавных пластин резцов с использованием чашечного алмазного круга типа 11 с характеристикой 175-13-32 AC2 100/80 M1.

1. Заточка без применения СОЖ.

2. Электроалмазная заточка с подачей в зону обработки электролита следующего состава: 5 % нитрата калия, 0,3 % нитрата натрия, 94,7 % воды; режимы электроалмазной заточки — рабочее напряжение 10 В, плотность тока 80 А/см^2 , скорость подачи электролита 6 л/мин.

3. Заточка с подачей в зону обработки со скоростью 3 л/мин СОЖ в виде водного раствора, содержащего 3,6 г/л дийодида хрома CrI_2 и 42 г/л сульфата железа FeSO_4 [5–7].

¹ Дальский А.М., Суслов А.Г., Косилова А.Г. и др. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. М., Машиностроение, 2003.

Эффективность способов заточки спиральных сверл исследовали на вертикально-сверлильном станке мод. 2Н135 как с автономной подачей СОЖ (5%-ного водного раствора эмульсола «Укринол-14»), так и без охлаждения; сквозные отверстия длиной 20 мм сверлили в брусках из стали 12ХМФА, сплава 45Х25Н20С2А, алюминиевого и титанового сплавов Д16 и ВТЗ-1 спиральными сверлами диаметром 14 мм из быстрорежущей стали Р6М5.

Сравнивали эффективность заточки спиральных сверл из быстрорежущей стали, выполненную следующими тремя способами.

1. Заточка чашечным абразивным кругом ЧК 11 125-50-6264 (зернистость F46) без охлаждения.

2. Электроалмазная заточка чашечным алмазным кругом ЧК 11 175-13-32 АС2 100/80 М1 с подачей в зону обработки электролита следующего состава: 5 % нитрата калия, 0,3 % нитрата натрия, 94,7 % воды; режимы заточки — рабочее напряжение 10 В, плотность тока 80 А/см², скорость подачи электролита 6 л/мин.

3. Заточка абразивным кругом ЧК 11 125-50-6264 (зернистость F46), импрегнированным диодидом хрома, с подачей в зону обработки водного раствора, содержащего в своем составе 42 г/л диодида хрома [5–7, 11].

В качестве показателя эффективности способов заточки сверл принята их стойкость T , которая вычислялась делением принятого критерия износа сверла, равного 0,8 мм, на интенсивность изнашивания режущей кромки сверла вдоль задней поверхности на периферийном участке. Износ измеряли на микроскопе БМИ-1, используя специальную подставку [5, 7]. Эксперименты и обработку полученных результатов проводили в соответствии с используемыми в технологии машиностроения методами планирования эксперимента и анализа статистических данных [12–14].

Режущие пластины резцов затачивали на универсальном заточном станке мод. 3А64М, используя поворотные трехкоординатные тиски, а для заточки сверл — специальное поворотное устройство, позволяющее обрабатывать заднюю поверхность инструмента по конусу [5–7].

Металлографические исследования состояния рабочих поверхностей инструментов проводили на микроскопе МИМ-8. Состав и период сохранения образующихся в процессе заточки йодидов железа изучали на сканирующем электронном микроскопе Quanta 200 (FEI Company Holland) [15–17] с проведением квантово-химических расчетов адгезионно-когезионных связей в адсорбированных нанослоях йодидов железа методами, основанными на приближении GGA BL YP (базис TZ2P и опция Small), используя пакет прикладных программ ADF (BAND) [18–22].

Элементный состав состояния поверхностного слоя изучали с помощью сканирующего (растрового) электронного микроскопа (SEM) Zeiss EVO MA 18 с приставкой энергодисперсионного анализатора X-Max 50N и программного обеспечения Azies на основе спектрального анализа. Толщину нанослойа йодидов железа на рабочих поверхностях инструментов определяли с помощью толщиномера «Константа К-5», работающего с использованием электромагнитного поля и позволяющего в зависимости от настройки прибора измерять толщину токопроводящих материалов в диапазоне $10^{-2} \dots 10^2$ мкм с точностью $\pm 0,01$ мкм.

Результаты. Микроструктуры передней поверхности режущей пластины из твердого сплава Т14К8 после алмазной заточки без охлаждения, электроалмазной заточки, алмазной заточки с подачей в зону обработки водного раствора, содержащего CrI_2 и FeSO_4 приведены на рис. 1.

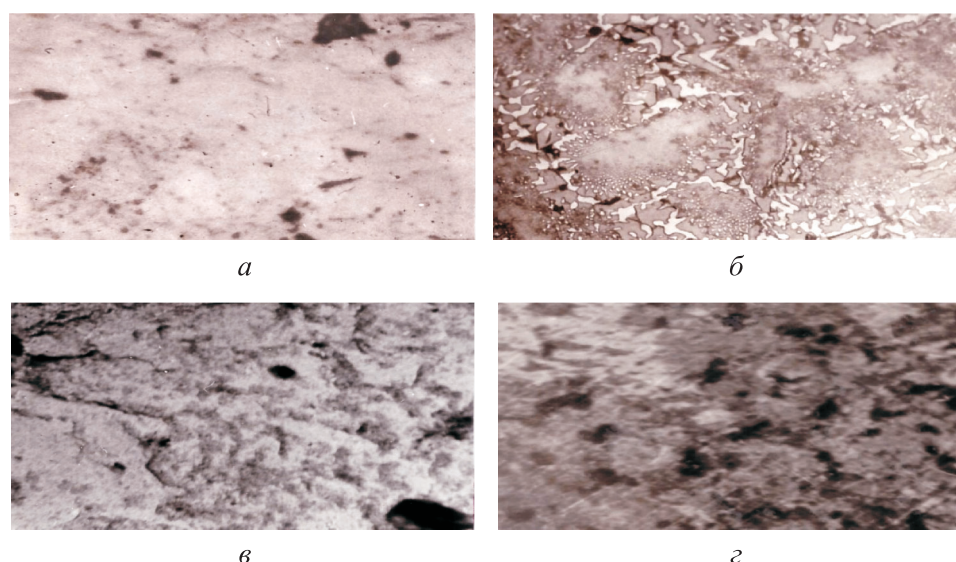


Рис. 1. Микроструктуры передней поверхности режущей пластины из твердого сплава Т14К8 после алмазной заточки без охлаждения (а), электроалмазной (б), алмазной заточки с подачей в зону обработки водного раствора, содержащего 1,50 и 10 г/л (в) и 3,6 и 42 г/л (г) CrI_2 и FeSO_4 ($\times 12$)

Скриншот спектрограммы поверхности режущей пластины из твердого сплава Т14К8 после алмазной заточки с подачей в зону обработки йодосодержащего водного раствора, подтверждающей наличие на поверхности йода, реагирующего с атомами железа с образованием йодидов железа, приведен на рис. 2.

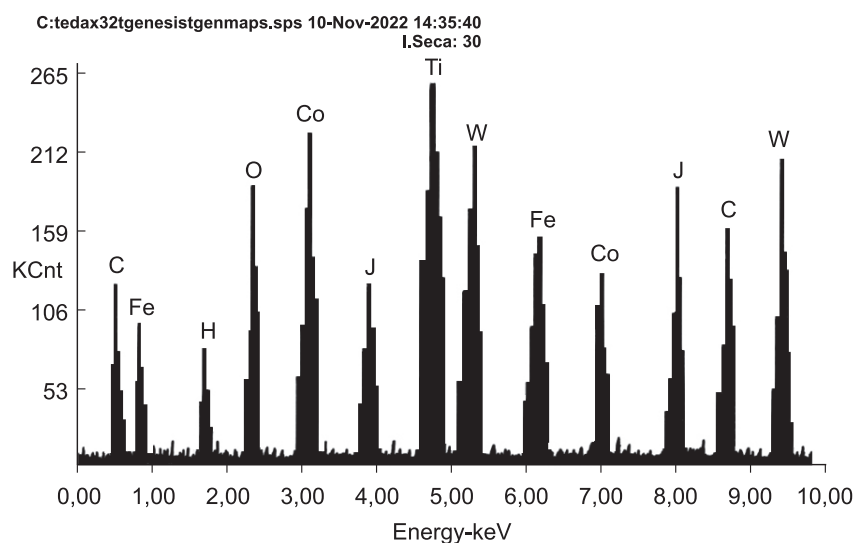


Рис. 2. Скриншот спектрограммы поверхности режущей пластины из твердого сплава Т14К8 после алмазной заточки с подачей в зону обработки йодосодержащего водного раствора с 3,6 г/л CrI_2 и 42 г/л FeSO_4

Результаты исследования эффективности заточки режущих пластин резцов из твердых сплавов ВК8 и Т15К6 при токарной обработке различных конструкционных материалов приведены на рис. 3 и в табл. 1. Гистограммы стойкости режущих пластин из твердых сплавов строили по данным среднеарифметических значений стойкостей, полученных при токарной обработке 10 образцов из сплава 45Х25Н20С2А при одном и том же способе заточки пластин.

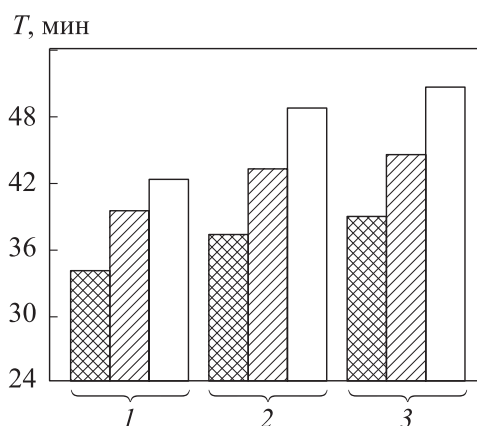


Рис. 3. Гистограммы стойкости режущих пластин из твердых сплавов ВК8 (1), Т15К6 (2) и Т14К8 (3) при алмазной заточке (▨), электроалмазной (▧) и алмазной заточке с охлаждением водным раствором $\text{CrI}_2 + \text{FeSO}_4$ (□)

Показатели стойкости T режущей пластины резца, заточенного разными способами, и шероховатости Ra обработанной поверхности детали при точении конструкционных материалов

Способ заточки режущей пластины	Обрабатываемый материал	Режимы и условия резания	T , мин	Ra , мкм
Материал режущей пластины резца ВК8				
1	Алюминиевый сплав Д16	$V = 0,774$ м/с, $S = 0,2$ мм/об, $t = 2,5$ мм, с охлаждением	39	10,9
2			47	7,5
3			44	8,8
1	Титановый сплав ВТ3-1	$V = 0,502$ м/с, $S = 0,15$ мм/об, $t = 1,5$ мм, без охлаждения	20	9,5
2			26	6,7
3			23	8,1
1	Серый чугун СЧ15	$V = 1,046$ м/с, $S = 0,2$ мм/об, $t = 3$ мм, без охлаждения	42	11,6
2			45	10,2
3			47	9,0
Материал режущей пластины резца Т15К6				
1	Сталь 12ХМФА	$V = 0,628$ м/с, $S = 0,15$ мм/об, $t = 2$ мм, с охлаждением	44	12,8
2			49	8,5
3			55	6,2
1	Сплав 45Х25Н20С2А	$V = 0,392$ м/с, $S = 0,1$ мм/об, $t = 1,5$ мм, с охлаждением	37	12,3
2			43	9,4
3			49	6,6

Топография задней поверхности сверла после заточки различными способами, используемыми в металлообработке, приведена на рис. 4, значения стойкости сверл T при сверлении конструкционных материалов инструментом, заточенным сравниваемыми способами, — в табл. 2.

Результаты исследования зависимости стойкости T сверла из быстрорежущей стали Р6М5 от числа последовательных переточек различными способами приведены на рис. 5. Гистограммы стойкости T сверл, заточенных различными способами, при сверлении отверстий разной длины l_0 без охлаждения в образцах из стали 12ХМФА при постоянной суммарной их длине 240 мм, приведены на рис. 6.

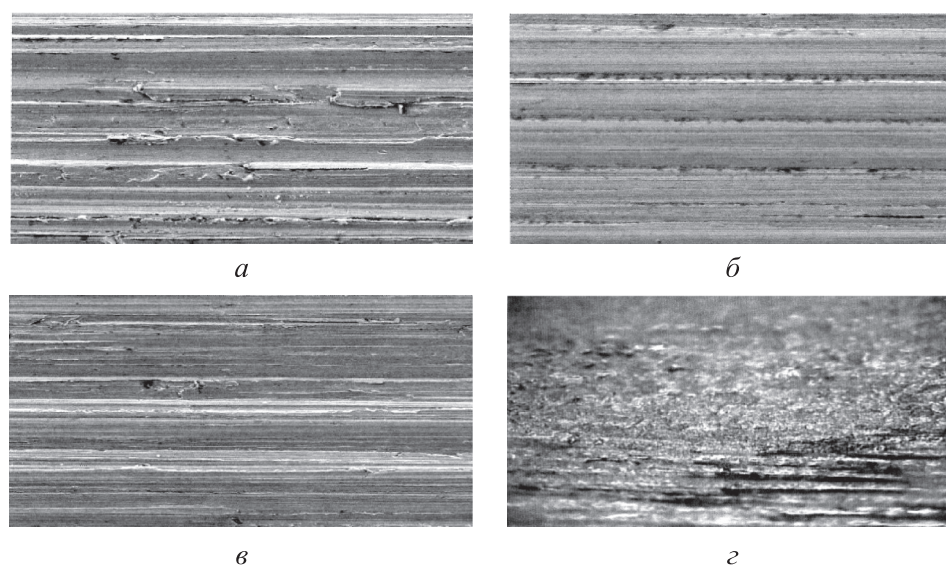


Рис. 4. Топография задней поверхности сверла после заточки абразивным кругом без охлаждения (а), алмазным кругом (б), электроалмазной заточкой (в), абразивным кругом, импрегнированным диодидом хрома (г) ($\times 5$)

Таблица 2

Стойкость T сверла из быстрорежущей стали Р6М5, заточенного разными способами, при сверлении конструкционных материалов

Способ заточки сверла	Режимы и условия резания	T, мин
Сталь 12ХМФА		
1	V = 0,293 м/с, S = 0,15 мм/об, с охлаждением	27
2		34
3		40
Сплав 45Х25Н20С2А		
1	V = 0,232 м/с, S = 0,1 мм/об, с охлаждением	25
2		32
3		37
Серый чугун СЧ15		
1	V = 0,366 м/с, S = 0,15 мм/об, без охлаждения	28
2		35
3		36
Алюминиевый сплав Д16		
1	V = 0,461 м/с, S = 0,15 мм/об, с охлаждением	30
2		39
3		36

Способ заточки сверла	Режимы и условия резания	Стойкость сверла T , мин
<i>Титановый сплав BT3-1</i>		
1	$V = 0,232$ м/с, $S = 0,11$ мм/об, без охлаждения	18
2		26
3		24

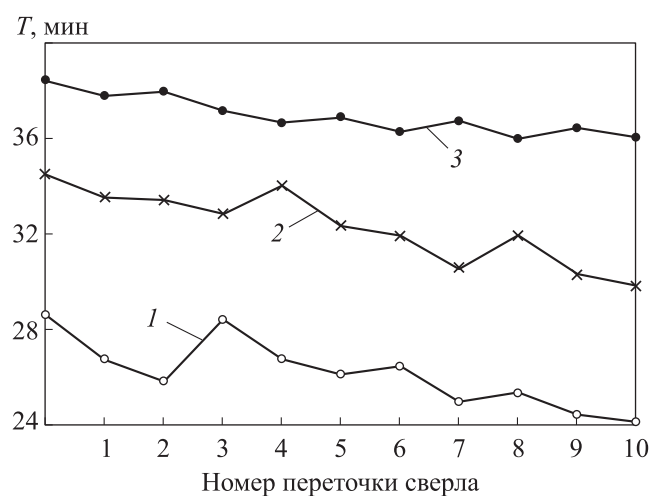


Рис. 5. Зависимости стойкости сверла из быстрорежущей стали Р6М5 от числа последовательных переточек абразивным кругом без охлаждения (1), электроалмазной заточкой (2), абразивным кругом, импрегнированным диоксидом хрома (3)

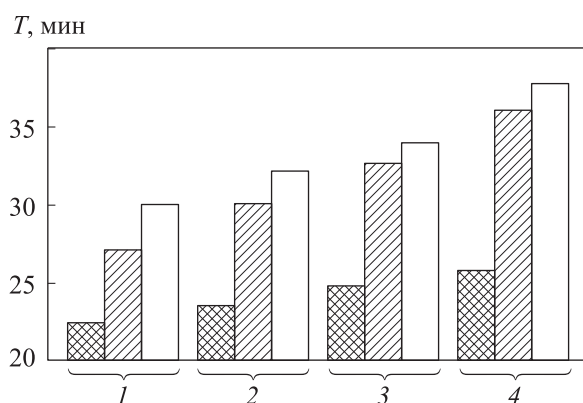


Рис. 6. Гистограммы стойкости сверл при заточке обычным абразивным кругом (■), электроалмазной заточкой (▨) и абразивным кругом, импрегнированным диоксидом хрома (□), при длине просверливаемых отверстий $l_0 = 10, 20, 30, 40$ мм (1–4 соответственно)

В результате изучения элементного состава поверхностного слоя с помощью спектрального анализа состояния материала определено, что содержание йода в созданном в процессе заточки на передней поверхности режущей пластины из твердого сплава Т14К8 нанослое толщиной 25...30 нм при токарной обработке детали из стали 12ХМФА уменьшается с 4,7... 5,0 % до 0,5...0,8 % после 10 мин непрерывной работы инструмента. При начальной толщине 40...50 нм нанослоя йодидов железа на задней поверхности режущей пластины при сверлении отверстий в заготовках из стали 12ХМФА сверлом из быстрорежущей стали Р6М5 содержание йода в материале поверхностного слоя уменьшается с 5,5...5,8 % до 2,4...2,7 % после 20 мин непрерывной работы инструмента.

Обсуждение результатов. При температуре более 600 °С диiodид хрома разлагается с выделением активных ионов йода [5–8], которые реагируют с ювенильными поверхностями обрабатываемых металлов, образуя йодиды металлов. Это позволяет использовать диiodид хрома для повышения эффективности заточки металлорежущих инструментов из твердых сплавов и быстрорежущей стали, которая обусловлена следующими факторами: нивелированием шероховатости рабочих поверхностей металлорежущих инструментов, низким коэффициентом трения образующихся йодидов железа и их сравнительно длительным периодом сохранности в поверхностном слое. Доставлять диiodид хрома в зону контакта заточного круга с обрабатываемой поверхностью инструмента можно либо путем внесения его в СОЖ при заточке режущих пластин из твердого сплава алмазным кругом, либо путем импрегнирования абразивного заточного круга в водном растворе диiodида хрома.

Из рис. 1 следует, что при электроалмазной заточке твердосплавных пластин на отдельных участках обработанной поверхности появляются зоны из солей азотистого калия и натрия, имеющие достаточно высокую адгезионную связь с материалом твердосплавных пластин, но не имеющие антифрикционных свойств (рис. 1, б). При алмазной заточке пластин с использованием в качестве СОЖ водного раствора с CrI_2 и FeSO_4 на передней поверхности образуется фрагментарный нанослой йодидов железа уже при незначительном содержании CrI_2 и FeSO_4 в растворе (рис. 1, в). При оптимальном содержании CrI_2 и FeSO_4 на обрабатываемой при заточке рабочей поверхности пластин режущего инструмента образуется сплошной нанослой йодидов железа толщиной 25...30 нм (рис. 1, г), о чем свидетельствует приведенная на рис. 2 спектрограмма. В этом случае имеет место максимальный период сохранности йодидов железа на передней поверхности

режущих твердосплавных пластин, обеспечивая повышение их стойкости на 25...32 % (см. табл. 1). Аналогичные результаты по характеру образования йодидов железа и их периоду сохраняемости получены при исследовании состояния режущих пластин по задней поверхности.

Данные, приведенные в табл. 1, свидетельствуют о том, что заточку твердосплавных пластин резцов с подачей в зону обработки охлаждающей жидкости, содержащей диоксид хрома и сульфат железа (третий способ заточки резцов), целесообразно проводить при токарной обработке деталей из железоуглеродистых сталей и сплавов, при которой в зоне резания образуются устойчивый нанослой йодидов железа. При обработке деталей из алюминиевого и титанового сплавов эффективность такой заточки режущих пластин из твердого сплава ниже, чем при электроалмазной заточке (второй способ заточки). По-видимому, при обработке деталей из алюминиевых и титановых сплавов образующиеся в зоне резания йодиды алюминия и титана не имеют антифрикционных свойств, вследствие чего сформировавшийся из них нанослой сохраняется в процессе резания на рабочих поверхностях инструмента и не влияет на термодинамические процессы в зоне резания [6, 23–25].

В результате исследований определено, что эффективность применения диоксида хрома при заточке твердосплавных пластин зависит от их состава. Об этом свидетельствует гистограмма стойкости режущих пластин, выполненных из различных твердых сплавов (см. рис. 3). Однако алмазная заточка твердосплавных режущих пластин с охлаждением зоны обработки водным раствором CrI_2 и FeSO_4 позволяет обеспечить более высокую их стойкость по сравнению с алмазной или электроалмазной заточками у всех испытанных пластин. При оптимальной толщине нанослоя йодидов железа 25...30 нм период их сохраняемости при обработке деталей из железоуглеродистых сплавов составляет 45...55 мин (см. табл. 1).

Квантово-химические расчеты адгезионно-когезионных связей в адсорбированных слоях йодидов металлов показали, что энергия адгезии йодидов вольфрама и кобальта, образующихся на передней и задней поверхностях пластин из твердых сплавов при алмазной заточке их с охлаждением йодосодержащим водным раствором, составляет 9,8 и 11,2 эВ, что меньше энергии адгезии слоя йодидов железа в системе железо–йодиды железа, равной 14,9 эВ [5]. Такая сравнительно невысокая энергия адгезии йодидов вольфрама и кобальта, не имеющих антифрикционных свойств, в условиях высоких температур и давлений в зоне резания, согласно исследованиям [18–23, 26], приводит к нарушению сплошности нанослоя йодидов железа

на рабочих поверхностях твердосплавных пластин, что сокращает период их сохраняемости и, как следствие, приводит к уменьшению стойкости инструментов. В связи с этим предложено восстанавливать сплошность нанослой йодидов железа на рабочих поверхностях твердосплавных пластин, внося в используемые смазочно-охлаждающие технологические средства микродозы кристаллического йода или диiodида хрома (0,6 и 3,6 г/л). В этом случае стойкость режущих пластин из твердого сплава увеличивается на 30...40 % вследствие снижения в зоне резания коэффициента трения и сохранения его значения в течение всего процесса резания [5, 6].

На топографии задней поверхности сверл при различных способах их заточки (см. рис. 4) видно, что использование абразивного круга, импрегнированного диiodидом хрома, позволяет получать поверхность практически без рисков со сформировавшимся на ней нанослой йодидов железа толщиной 40...50 нм (рис. 4, з) при длительном периоде его сохраняемости. В результате существенно повышается стойкость инструмента и сопротивляемость термодинамическим нагрузкам [24–26]. Данные, приведенные в табл. 2, указывают на то, что заточка сверл абразивным кругом, импрегнированным диiodидом хрома (третий способ заточки), повышает на 27...48 % стойкость инструментов при обработке деталей из железоуглеродистых сталей и сплавов и на 20...33 % при сверлении отверстий в деталях из алюминиевого и титанового сплавов по сравнению с заточкой абразивным кругом без охлаждения (первый способ заточки). При этом заточка сверл абразивным кругом, импрегнированным диiodидом хрома, вследствие достаточно длительного периода сохраняемости на рабочих поверхностях инструмента нанослой йодидов железа в 1,5–2 раза снижает разброс их стойкости по мере выполнения последовательных переточек (см. рис. 5), что особенно важно при использовании в металлообработке многоинструментальных наладок и автоматизации производства [27–29].

В результате исследований установлено (см. рис. 6), что с увеличением длины просверливаемых отверстий и уменьшением числа отверстий при одной и той же их суммарной длине стойкость сверл увеличивается при всех способах заточки. Наилучшие результаты достигаются при заточке сверл абразивным кругом, импрегнированным диiodидом хрома, так как образующиеся на рабочих поверхностях сверла йодиды железа, которые, согласно спектральным исследованиям, имеют период сохраняемости нанослой рабочей поверхности в диапазоне 25...40 мин в зависимости от свойств обрабатываемого материала, режимов и условий обработки, способствуют снижению уровня температурно-динамических

нагрузок в зоне резания, повышая тем самым термодинамическую устойчивость быстрорежущей стали, уменьшая интенсивность изнашивания инструмента и обеспечивая требуемые показатели качества обработанных поверхностей деталей [5–7, 30–32].

Заключение. Применение диоксида хрома в процессах заточки и переточки металлорежущих инструментов из твердых сплавов и быстрорежущей стали вследствие нивелирования шероховатости поверхностного слоя, низкого коэффициента трения и достаточно длительного периода сохранности образующихся на рабочих поверхностях оксидов железа позволяет существенно повысить стойкость инструментов и качество обработанных поверхностей деталей в условиях любых типов и видов машиностроительного производства. Это способствует решению многих производственных задач по адаптации металлообрабатывающего инструмента и технологического оборудования в целом к конкретным условиям работы машиностроительного предприятия [16, 33].

Благодарности

Авторы выражают благодарность академику РАН профессору В.И. Колесникову за поддержку и ценные советы при проведении исследований и подготовке настоящей работы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Балова Д.Г., Реченко Д.С., Бабаев А.С. Сверхскоростное затачивание мелкогабаритного концевой твердосплавной инструмента. *Вестник МГТУ СТАНКИН*, 2020, № 4, с. 109–113. DOI: https://doi.org/10.47617/2072-3172_2020_4_109
- [2] Реченко Д.С., Балова Д.Г., Попов А.Ю. Исследование адгезионных свойств поверхностей твердосплавной пластины, обработанных сверхскоростным шлифованием. *Вестник МГТУ СТАНКИН*, 2020, № 4, с. 114–117. DOI: https://doi.org/10.47617/2072-3172_2020_4_114
- [3] Суслов А.Г. Технологическое обеспечение и повышение эксплуатационных свойств деталей и их соединений. М., Машиностроение, 2006.
- [4] Солоненко В.Г., Солоненко Л.А., Дзадзено И.В. и др. Повышение качества режущего инструмента. *СТИН*, 2007, № 6, с. 12–16. EDN: KEZTUL
- [5] Бутенко В.И. Применение йода и его соединений в процессах обработки и эксплуатации деталей машин. Ростов н/Д, ДГТУ, 2023.
- [6] Бутенко В.И. Эффективные технологии и процессы обработки деталей машин. Ростов н/Д, ДГТУ, 2025.
- [7] Бутенко В.И., Лебедев В.А., Колганова Е.Н. и др. Эффективные способы заточки металлорежущих инструментов из быстрорежущей стали и твердых сплавов. *Наукоемкие технологии в машиностроении*, 2024, № 11, с. 44–48. DOI: <https://doi.org/10.30987/2223-4608-2024-44-48>

- [8] Бутенко В.И., Лебедев В.А., Кадач Р.Г. Научные технологии, обеспечивающие повышение производительности и надежности изделий машиностроения. *Научные технологии в машиностроении*, 2025, № 4, с. 32–39.
DOI: <https://doi.org/10.30987/2223-4608-2025-4-32-39>
- [9] Латышев В.Н., Наумов А.Г., Раднюк В.С. и др. Применение йода как компонента СОТС при резании металлов. *Металлообработка*, 2008, № 3, с. 9–14.
- [10] Латышев В.Н. Повышение эффективности СОЖ. М., Машиностроение, 1985.
- [11] Бутенко В.И., Давыденко К.В. Способ импрегнирования абразивных инструментов. Патент РФ 2703063. Заявл. 21.05.2019, опубл. 15.10.2019.
- [12] Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М., Наука, 1976.
- [13] Кацев П.Г. Статистические методы исследования режущего инструмента. М., Машиностроение, 1974.
- [14] Нагоркин М.Н. Параметрическая надежность технологических систем чистовой и отделочно-упрочняющей обработки поверхностей деталей машин инструментами из сверхтвердых синтетических материалов. М., Спектр, 2017.
- [15] Чабина Е.Б., Алексеев А.А., Филонова Е.В. и др. Применение методов аналитической микроскопии и рентгеноструктурного анализа для исследования структурно-фазового состояния материалов. *Труды ВИАМ*, 2013, № 5.
URL: http://viam-works.ru/ru/articles?art_id=37
- [16] Yuan Y., Jing X., Ehmann K.F., et al. Modeling of cutting forces in micro end-milling. *J. Manuf. Process.*, 2018, vol. 31, pp. 844–858.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2018.01.012>
- [17] Landers R.G., Min R.K., Koren Y., et al. Reconfigurable machine tools. *CIRP Annals*, 2001, vol. 51, no. 1, pp. 269–274. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0007-8506\(07\)62120-9](https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)62120-9)
- [18] Колесников В.И., Мигаль Ю.Ф., Доронькин В.Н. Квантово-химический анализ межатомных взаимосвязей на зернограничных поверхностях в стали. *Трение и смазка в машинах и механизмах*, 2010, № 12, с. 8–13. EDN: NBLIUB
- [19] Мигаль Ю.Ф., Колесников В.И. Квантово-химический анализ межатомных связей на большеугловых границах зерен в железе. *Наука Юга России*, 2019, т. 14, № 4, с. 46–52. DOI: <https://doi.org/10.7868/S25000640180406>
- [20] Sidashov A.V., Kozakov A.T., Kolesnikov V.I., et al. The influence of the elemental composition of friction materials on the composition, microrelief and the mechanical characteristics of metal counterbody's surface layers. In: *Springer proceedings in physics*. Vol. 193. Springer, 2017, pp. 419–433.
DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-3319-56062-5_35
- [21] Sidashov A.V., Kolesnikov I.V. Nonequilibrium processes of segregation and diffusion in metal-polymer tribosystems *AIP Conf. Proc.*, 2017, vol. 1915, art. 020007.
DOI: <https://doi.org/10.1063/1.5017319>

- [22] Sidashov A.V., Kozakov A.T., Yaresko S.I. Auger and X-Ray photoelectron spectroscopy study of the tribocontact surface after laser modification. *Mater. Sc. Forum*, 2016, vol. 870, pp. 298–302. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.870.298>
- [23] Бровкова М.Б., Купцова А.В., Купцов П.В. Технология и результаты изучения процесса изменения состояния металлорежущего инструмента. *Научные технологии в машиностроении*, 2025, № 4, с. 24–31. DOI: <https://doi.org/10.30987/2223-4608-2025-4-24-31>
- [24] Рыжкин А.А. Синергетика изнашивания инструментальных материалов при лезвийной обработке. Ростов н/Д, ДГТУ, 2019.
- [25] Табаков В.П., Смирнов М.Ю., Циркин А.В. и др. Исследование теплового и напряженного состояния режущего инструмента с износостойкими покрытиями в условиях резания. *Технология машиностроения*, 2010, № 6, с. 11–16. EDN: NTUTCL
- [26] Кабалдин Ю.Г. Самоорганизация и нелинейная динамика в процессах трения и изнашивания инструмента при резании. Комсомольск-на-Амуре, Изд-во КнАГТУ, 2003.
- [27] Liu M., Fang S., Dong H., et al. Review of digital twin about concepts, technologies, and industrial applications. *J. Manuf. Syst.*, 2021, vol. 58-B, pp. 346–361. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.06.017>
- [28] Бутенко В.И., Дуров Д.С., Гусакова Л.В. и др. Перспективы применения импрегнированных абразивных материалов на металлообрабатывающем предприятии. *Экономика: вчера, сегодня, завтра*, 2020, № 9-1, с. 239–246. EDN: XHNSDI
- [29] Butenko V., Gusakova L., Durov D., et al. Method for improving the quality of the product obtained by abrasive treatment with impregnated tools. *Adv. Sc. Technol. Eng. Syst. J.*, 2020, vol. 5, no. 6, pp. 398–402. DOI: <https://dx.doi.org/10.25046/aj050647>
- [30] Бутенко В.И., Чаава М.М., Пастухов Ф.А. Применение йода для стабилизации динамики контактного взаимодействия поверхностей твердых тел. *ФОМ*, 2024, № 13, с. 29–32. DOI: <https://doi.org/10.26160/2542-0127-2024-13-29-32>
- [31] Бутенко В.И., Гусакова Л.В., Дуров Д.С. и др. Обеспечение качественных показателей деталей, обработанных импрегнированным абразивным инструментом. *Вестник Брянского государственного технического университета*, 2021, № 7, с. 4–11. DOI: <https://doi.org/10.30987/1999-8775-2021-7-4-11>
- [32] Бутенко В.И. Прогнозирование и оценка эффективного состояния поверхностного слоя деталей машин при использовании наукоемких технологий. *Наукоемкие технологии в машиностроении*, 2018, № 8, с. 44–48. DOI: https://doi.org/10.30987/article_5b536402f28fa1.99514191
- [33] Чигиринский Ю.Л., Крайнев Д.В., Тихонова Ж.С. Трансформация информационной структуры как инструмент повышения эффективности многономенклатурного производства. *Наукоемкие технологии в машиностроении*, 2024, № 4, с. 29–40. DOI: <https://doi.org/10.30987/2223-4608-2024-4-29-40>

Бутенко Виктор Иванович — д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Технология машиностроения» ДГТУ (Российская Федерация, 344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1).

Чаава Михаил Мегонович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Технология машиностроения» ДГТУ (Российская Федерация, 344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1).

Пастухов Филипп Андреевич — старший преподаватель кафедры «Технология машиностроения» ДГТУ (Российская Федерация, 344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1).

Кадач Роман Геннадьевич — аспирант кафедры «Технология машиностроения» ДГТУ (Российская Федерация, 344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1).

Сопранцова Юлия Сергеевна — старший преподаватель кафедры «Иностранный язык в сфере технических наук и технологий» ДГТУ (Российская Федерация, 344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1).

Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Бутенко В.И., Чаава М.М., Пастухов Ф.А. и др. Эффективные способы заточки металлорежущих инструментов с применением диоксида хрома. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение*, 2026, № 2 (157), с. 49–68.

EDN: IDXUPL

EFFECTIVE METHODS OF SHARPENING METALCUTTING TOOLS USING CHROMIUM DIOXIDE

V.I. Butenko

M.M. Chaava

Ph.A. Pastukhov

R.G. Kadach

Yu.S. Soprantsova

butenkowiktor@yandex.ru

miho_ch@list.ru

vibrotech@mail.ru

rkad925@mail.ru

soprik83@mail.ru

DSTU, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

The article discusses the possibilities of using chromium dioxide in the processes of sharpening metal-cutting tools made of hard alloys and high-speed steel to increase their durability and ensure the required quality of the surface layer of the machined parts. The features of the condition of the front and back surfaces of tools after sharpening of incisors and drills by the methods providing creation of nanolayers

Keywords

Sharpening method, tool, chromium dioxide, grinding wheel, durability, roughness, iron oxides

of iron iodides on them are investigated. The results of metallographic, spectral, and quantum chemical studies of iron iodide nanolayers formed during sharpening on tool surfaces are presented. The compositions of cooling fluids containing chromium diiodide have been established, ensuring the most effective sharpening of tools made of hard alloys and high-speed steel. Comparative studies of the methods of sharpening cutters and drills in the processing of various structural materials have been carried out and the areas of their most effective use using chromium diiodide have been identified. It has been proven that it is advisable to sharpen carbide cutting inserts with the use of coolant containing chromium diiodide when processing parts made of iron-carbon alloys. It is shown that the use of chromium diiodide in the sharpening of metalcutting tools made of hard alloys and high-speed steel makes it possible not only to significantly increase the durability of tools when processing parts made of iron-carbon alloys, but also to reduce the roughness of the treated surfaces

Received 31.07.2025

Accepted 25.11.2025

© Author(s), 2026

REFERENCES

- [1] Balova D.G., Rechenko D.S., Babaev A.S. Ultra-fast sharpening of small-size carbide end tools. *Vestnik MGTU STANKIN* [Vestnik MSTU Stankin], 2020, no. 4, pp. 109–113 (in Russ.). DOI: https://doi.org/10.47617/2072-3172_2020_4_109
- [2] Rechenko D.S., Balova D.G., Popov A.Yu. Investigation of the adhesion properties of the surfaces of the carbide plate processed by ultra high speed grinding. *Vestnik MGTU STANKIN* [Vestnik MSTU Stankin], 2020, no. 4, pp. 114–117 (in Russ.). DOI: https://doi.org/10.47617/2072-3172_2020_4_114
- [3] Suslov A.G. Tekhnologicheskoe obespechenie i povyshenie ekspluatatsionnykh svoystv detaley i ikh soedineniy [Technological support and improvement of the performance properties of parts and their connections]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2006.
- [4] Solonenko V.G., Solonenko L.A., Dvadenko I.V., et al. Improving the quality of cutting tools. *STIN*, 2007, no. 6, pp. 12–16 (in Russ.). EDN: KEZTUL
- [5] Butenko V.I. Primenenie yoda i ego soedineniy v protsessakh obrabotki i ekspluatatsii detaley mashin [The use of iodine and its compounds in the processing and operation of machine parts]. Rostov-on-Don, DGTU Publ., 2023.
- [6] Butenko V.I. Effektivnye tekhnologii i protsessy obrabotki detaley mashin [Efficient technologies and processes for processing machine parts]. Rostov-on-Don, DGTU Publ., 2025.

- [7] Butenko V.I., Lebedev V.A., Kolganova E.N., et al. Effective ways of sharpening metal-cutting tools made of rapid steel and hard alloys. *Naukoemkie tekhnologii v mashinostroenii* [Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering], 2024, no. 11, pp. 44–48 (in Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30987/2223-4608-2024-44-48>
- [8] Butenko V.I., Lebedev V.A., Kadach R.G. High-tech technologies for the improvement of the productivity and reliability of mechanical engineering products. *Naukoemkie tekhnologii v mashinostroenii* [Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering], 2025, no. 4, pp. 32–39 (in Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30987/2223-4608-2025-4-32-39>
- [9] Latyshev V.N., Naumov A.G., Radnyuk V.S., et al. The use of iodine as a component of STS in metal cutting. *Metallrobrabotka* [Metalworking], 2008, no. 3, pp. 9–14.
- [10] Latyshev V.N. Povyshenie effektivnosti SOZh [Increasing the efficiency of the liquid cooling system]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1985.
- [11] Butenko V.I., Davydenko K.V. Sposob impregnirovaniya abrazivnykh instrumentov [Abrasive tools impregnation method]. Patent RU 2703063. Appl. 21.05.2019, publ. 15.10.2019 (in Russ.).
- [12] Adler Yu.P., Markova E.V., Granovskiy Yu.V. Planirovanie eksperimenta pri poiske optimalnykh usloviy [Experimental planning in the search for optimal conditions]. Moscow, Nauka Publ., 1976.
- [13] Katsev P.G. Statisticheskie metody issledovaniya rezhushchego instrumenta [Statistical methods of researching cutting tools]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1974.
- [14] Nagorkin M.N. Parametricheskaya nadezhnost tekhnologicheskikh sistem chistovoy i otdelechno-uprochnyayushchey obrabotki poverkhnostey detaley mashin instrumentami iz sverkhтвердых синтетических материалов [Parametric reliability of technological systems in machinery finishing and finish-strengthening with superhard synthetic tools]. Moscow, Spektr Publ., 2017.
- [15] Chabina E.B., Alekseev A.A., Filonova E.V., et al. The use of methods of analytical microscopy and X-ray diffraction analysis for the study of the structural phase state materials. *Trudy VIAM* [Proceedings of VIAM], 2013, no. 5 (in Russ.). Available at: http://viam-works.ru/ru/articles?art_id=37
- [16] Yuan Y., Jing X., Ehmann K.F., et al. Modeling of cutting forces in micro end-milling. *J. Manuf. Process.*, 2018, vol. 31, pp. 844–858. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2018.01.012>
- [17] Landers R.G., Min R.K., Koren Y., et al. Reconfigurable machine tools. *CIRP Annals*, 2001, vol. 51, no. 1, pp. 269–274. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0007-8506\(07\)62120-9](https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)62120-9)
- [18] Kolesnikov V.I., Migal Yu.F., Doronkin V.N. Quantum-chemical analysis of interatomic interactions on grain-boundary surfaces in steel. *Trenie i smazka v mashinakh i mekhanizmax* [Friction & Lubrication in Machines and Mechanisms], 2010, no. 12, pp. 8–13 (in Russ.). EDN: NBLIUB

- [19] Migal Yu.F., Kolesnikov V.I. Quantum-chemical analysis of strength of interatomic bonds on high-angle grain boundaries in iron. *Nauka Yuga Rossii* [Science in the South of Russia], 2019, vol. 14, no. 4, pp. 46–52 (in Russ.).
DOI: <https://doi.org/10.7868/S25000640180406>
- [20] Sidashov A.V., Kozakov A.T., Kolesnikov V.I., et al. The influence of the elemental composition of friction materials on the composition, microrelief and the mechanical characteristics of metal counterbody's surface layers. In: *Springer proceedings in physics*. Vol. 193. Springer, 2017, pp. 419–433.
DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-3319-56062-5_35
- [21] Sidashov A.V., Kolesnikov I.V. Nonequilibrium processes of segregation and diffusion in metal-polymer tribosystems *AIP Conf. Proc.*, 2017, vol. 1915, art. 020007.
DOI: <https://doi.org/10.1063/1.5017319>
- [22] Sidashov A.V., Kozakov A.T., Yaresko S.I. Auger and X-Ray photoelectron spectroscopy study of the tribocontact surface after laser modification. *Mater. Sc. Forum*, 2016, vol. 870, pp. 298–302. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.870.298>
- [23] Brovkova M.B., Kuptsova A.V., Kuptsov P.V. Technology and results of studying the diversification of the operative conditions of metal cutting tools. *Naukoemkie tekhnologii v mashinostroenii* [Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering], 2025, no. 4, pp. 24–31 (in Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30987/2223-4608-2025-4-24-31>
- [24] Ryzhkin A.A. Sinergetika iznashivaniya instrumentalnykh materialov pri lezviynoy obrabotke [Synergetics of tool materials wear during blade processing]. Rostov-on-Don, DGTU Publ., 2019.
- [25] Tabakov V.P., Smirnov M.Yu., Tsirkin A.V., et al. Study of the thermal and stress state of a cutting tool with wear-resistant coatings under cutting conditions. *Tekhnologiya mashinostroeniya*, 2010, no. 6, pp. 11–16 (in Russ.). EDN: NTUTCL
- [26] Kabaldin Yu.G. Samoorganizatsiya i nelineynaya dinamika v protsessakh treniya i iznashivaniya instrumenta pri rezanii [Self-organization and nonlinear dynamics in the processes of friction and tool wear during cutting]. Komsomolsk-na-Amure, KnAGTU Publ., 2003.
- [27] Liu M., Fang S., Dong H., et al. Review of digital twin about concepts, technologies, and industrial applications. *J. Manuf. Syst.*, 2021, vol. 58-B, pp. 346–361.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.06.017>
- [28] Butenko V.I., Durov D.S., Gusakova L.V., et al. Prospects for the use of impregnated abrasive materials in metalworking enterprises. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 2020, no. 9-1, pp. 239–246.
EDN: XHNSDI
- [29] Butenko V., Gusakova L., Durov D., et al. Method for improving the quality of the product obtained by abrasive treatment with impregnated tools. *Adv. Sc. Technol. Eng. Syst. J.*, 2020, vol. 5, no. 6, pp. 398–402. DOI: <https://dx.doi.org/10.25046/aj050647>
- [30] Butenko V.I., Chaava M.M., Pastukhov F.A. The use of iodine to stabilize the dynamics of contact Interaction of solid surfaces. *FOM*, 2024, no. 13, pp. 29–32 (in Russ.).
DOI: <https://doi.org/10.26160/2542-0127-2024-13-29-32>

[31] Butenko V.I., Gusakova L.V., Durov D.S., et al. Qualitative index assurance for parts machined with impregnated abrasive tool. *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of Bryansk State Technical University], 2021, no. 7, pp. 4–11 (in Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30987/1999-8775-2021-7-4-11>

[32] Butenko V.I. Prediction and assessment of effective state of machinery surface layer at science intensive technologies use. *Naukoemkie tekhnologii v mashinostroenii* [Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering], 2018, no. 8, pp. 44–48 (in Russ.). DOI: https://doi.org/10.30987/article_5b536402f28fa1.99514191

[33] Chigirinskiy Yu.L., Kraynev D.V., Tikhonova Zh.S. Transformation of the information structure as a tool for efficiency increase in high-variety production. *Naukoemkie tekhnologii v mashinostroenii* [Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering], 2024, no. 4, pp. 29–40 (in Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30987/2223-4608-2024-4-29-40>

Butenko V.I. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Department of Mechanical Engineering Technology, DSTU (Gagarina ploshchad 1, Rostov-on-Don, 344003 Russian Federation).

Chaava M.M. — Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Professor, Department of Mechanical Engineering Technology, DSTU (Gagarina ploshchad 1, Rostov-on-Don, 344003 Russian Federation).

Pastukhov Ph.A. — Senior Lecturer, Department of Mechanical Engineering Technology, DSTU (Gagarina ploshchad 1, Rostov-on-Don, 344003 Russian Federation).

Kadach R.G. — Post-Graduate Student, Department of Mechanical Engineering Technology, DSTU (Gagarina ploshchad 1, Rostov-on-Don, 344003 Russian Federation).

Soprantsova Yu.S. — Senior Lecturer, Department of Foreign Language in the Field of Technical Sciences and Technologies, DSTU (Gagarina ploshchad 1, Rostov-on-Don, 344003 Russian Federation).

Please cite this article in English as:

Butenko V.I., Chaava M.M., Pastukhov Ph.A., et al. Effective methods of sharpening metalcutting tools using chromium diiodide. *Herald of the Bauman Moscow State Technical University, Series Mechanical Engineering*, 2026, no. 2 (157), pp. 49–68 (in Russ.). EDN: IDXUPL