УДК 621.3

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА ОБРАБОТКОЙ ТЛЕЮЩИМ РАЗРЯДОМ

ЮМАНОВА АННА НИКОЛАЕВНА
старший преподаватель
РАБЫКО МАРИНА АЛЕКСАНДРОВНА
канд. техн. наук, доцент кафедры
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет»

Научный руководитель: Шеменков Владимир Михайлович
канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Технология машиностроения»
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет»

Аннотация: приведены результаты влияния на эксплуатационные характеристики рабочих поверхностей деталей, изготовленных из твердых сплавов ВК8 и Т15К6 при обработке тлеющим разрядом.
Ключевые слова: тлеющий разряд, твердый сплав, износостойкость.

INCREASING THE WEAR RESISTANCE OF A CARBIDE TOOL BY GLOW DISCHARGE TREATMENT

Yumanova Anna Nikolaevna,
Rabyko Marina Aleksandrovna

Scientific supervisor: Shemenkov Vladimir Mikhailovich

Abstract: the results of the influence on the operational characteristics of the working surfaces of parts made of hard alloys VK8 and T15K6 during glow discharge processing are presented.
Keywords: glow discharge, hard alloy, wear resistance.

Твердые сплавы являются одним из ключевых инструментальных материалов, широко применяемых в металлообрабатывающей промышленности. Согласно статистическим данным, до 70 % всего объема стружки удаляется с использованием твердосплавного инструмента [1]. Однако интенсивное развитие технологий обработки, включающее внедрение труднообрабатываемых материалов, станков с ЧПУ, многоцелевых обрабатывающих центров и гибких производственных систем, предъявляет повышенные требования к эксплуатационным характеристикам инструмента, таким как работоспособность, надежность и износостойкость.

Решение данной проблемы возможно в двух направлениях:

1. Разработка новых видов твердых сплавов с оптимизированными свойствами.

2. Совершенствование структуры существующих сплавов за счет модификации их фазового состава и усиления межатомных связей между структурными компонентами [2].

Повышение прочности и износостойкости инструментальных материалов является критически важ-

ным фактором для обеспечения эффективности современных металлообрабатывающих процессов.

Твердые сплавы, как инструментальные материалы широко и эффективно применяются в металлообработке. Твердосплавным инструментом снимается до 70 % всей стружки. Однако качественные изменения в металлообработке, связанные с появлением труднообрабатываемых материалов, применение станков с числовым программным управлением, многоцелевых станков, гибких производственных систем повышают требования к работоспособности и надежности твердосплавного инструмента. Проблема может быть решена как созданием новых твердых сплавов с заданными свойствами, так и улучшением качества наиболее распространенных существующих путем модифицирования их структурных составляющих и повышения прочности связи между ними

Как известно, твердые сплавы обладают высокими эксплуатационными свойствами, такими как твердость, теплостойкость и износостойкость, что делает их идеальными для изготовления режущего инструмента. Несмотря на их широкую номенклатуру твердых сплавов в инструментальном производстве большую долю занимают инструменты, изготовленных из таких сплавов как ВК8 и Т15К6.

Указанные марки твердых сплавов и их зарубежные аналоги широко используются при изготовлении инструментов, работающих со знакопеременными тепловыми и силовыми нагрузками.

В данных условиях трибохимического воздействия на режущую кромку инструмента, которые существенного от стационарного резания (токарной обработки). В условиях знакопеременного трибомеханического воздействия наиболее остро стоит вопрос об обеспечении необходимой износостойкости инструмента.

Данная задача в современном машиностроении решается двумя путями. Первый путь создание структур с градиентными свойствами, это требует разработки новых твердосплавным материалов либо технологии получения новых градиентных структур, что связано с большими материальными затратами. Второе направление связано с разработкой технологии по упрочнению поверхностных слоев и создание защитных износостойких покрытий на режущем инструменте.

Однако, опираясь на опыт получения защитных износостойких покрытий можно констатировать, что они зачастую неприемлемы, так как разность температурных линейных расширений между покрытием и основным материалов зачастую приводит к формированию микротрещин с последующим выкрашиванием. Данная задача решается с разработкой новых технологий и специальных составов покрытий, что также, как и в случае разработки новых материалов приводит к удорожанию технологии.

Одним из перспективных является энергетическое воздействие на поверхность, такое как лазерное, а также обработка тлеющим разрядом. Из этих методов обработка тлеющим разрядом является перспективным в следствии лазерного упрочнения вблизи режущих кромок инструмента высок риск их оплавления, что требует последующей доработки и высокой культуры производства. В связи с этим обработка тлеющим разрядом, отличающаяся относительно простой конструкцией оборудования и позволяющая нивелировать огрехи подготовительных является наиболее перспективной [3,4].

На протяжении многих лет в Белорусско-Российском университете проводились исследования влияния тлеющего разряда на качественные характеристики поверхностных слоев инструментальной технологической оснастки.

При выполнении данной работы в качестве исследуемых образцов были выбраны многогранные неперетачиваемые пластины твердого сплава ВК8 и Т15К6. Выбор многогранных пластин был обусловлен наличием прямолинейных режущих кромок, что делает простоту измерения износа этих пластин.

Проведенные экспериментальные исследования позволили установить, что характер износа многогранных пластин из твердого сплава ВК8 в состоянии поставки полностью соответствует классической модели изнашивания инструмента при резании. На кривой износа отчетливо наблюдаются три характерные стадии:

Зона приработки – начальный период, характеризующийся интенсивным износом вследствие микрогеометрической адаптации контактных поверхностей.

Стадия нормального износа – период стабильного изнашивания с приблизительно постоянной скоростью.

Зона катастрофического износа – этап неконтролируемого разрушения режущей кромки, приводящий к выходу инструмента из строя.

Однако пластины, подвергнутые модифицирующей обработке тлеющим разрядом, демонстрируют иную кинетику изнашивания. В данном случае зона катастрофического износа отсутствует, а процесс изнашивания протекает равномерно на протяжении всего времени резания. Это свидетельствует о повышении термической и механической стабильности модифицированного поверхностного слоя.

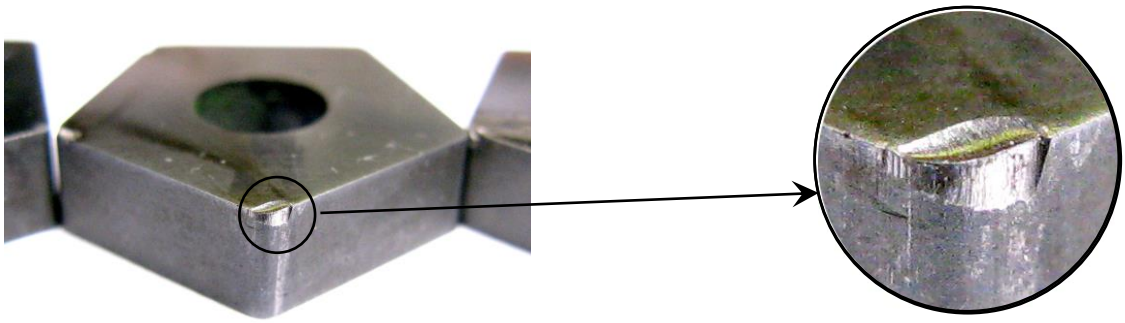


Рис. 1. Типичная картина износа твердосплавных пластин из твердого сплава ВК8 при фрезеровании стали 45

Полученные результаты позволяют предположить, что обработка тлеющим разрядом способствует формированию на поверхности пластин ВК8 упрочненного слоя с повышенной сопротивляемостью адгезионному и диффузионному износу.

При фрезеровании стали 45 было отмечено наростообразование около режущей кромки. В процессе срыва нароста происходит образования лунки на передней поверхности. Так как при торцовом фрезеровании контактной поверхностью является задняя поверхность инструмента, то в результате процесса резания образуется площадка износа по задней поверхности (рисунок 1).

При фрезеровании чугуна СЧ 20 образуется элементная или суставчатая стружка, снижающая площадь контакта с передней поверхностью твердосплавного инструмента. В результате контактные напряжения в большей степени испытывает режущая кромка. Так как в чугуне содержится твердый цементит, то в процессе обработки в большей степени происходит абразивный износ задней поверхности инструмента. Модифицирующая обработка твердосплавных пластин приводит к повышению их стойкости в среднем в 2,1 раза при обработке серого чугуна.

При фрезеровании коррозионностойкой стали 12Х18Н10Т совокупность адгезионных явлений, повышенных температур в зоне резания, больших удельных давлений и низкой теплопроводности обрабатываемого материала способствует интенсивному схватыванию между стружкой и передней поверхностью инструмента, что приводит к интенсивному выкрашиванию режущей кромки или скалыванию тонких поверхностных слоев твердосплавной пластины. Модифицирующая обработка приводит к повышению стойкости твердосплавных пластин при обработке коррозионностойкой стали в среднем в 1,3 раза.

Для установления зависимости приращения коэффициента износостойкости твердого сплава от основных факторов процесса модифицирующей обработки в тлеющем разряде зависимость $k_L = f(U, I, T)$ было аппроксимировано полиномом второй степени. Где U – напряжение тлеющего разряда, I – сила тока, T – время обработки.

Оценив отклонения приращения коэффициентов стойкости от приращения коэффициентов стойкости, найденных экспериментально, а также оценив погрешность эксперимента, был рассчитан критерий Фишера. Были получены следующие результаты для обработки различных материалов F_{45} = 1,98, $F_{СЧ20}$ = 1,33, $F_{12Х18Н10Т}$ = 1,75, что меньше табличного значения $F_{ТАБ}$ = 2,9 при 5 - процентном уровне значимости.

Следовательно, в исследуемом диапазоне параметров процесса модификации пластин твердого сплава ВК8 в тлеющем разряде принимаем гипотезу адекватности моделей.

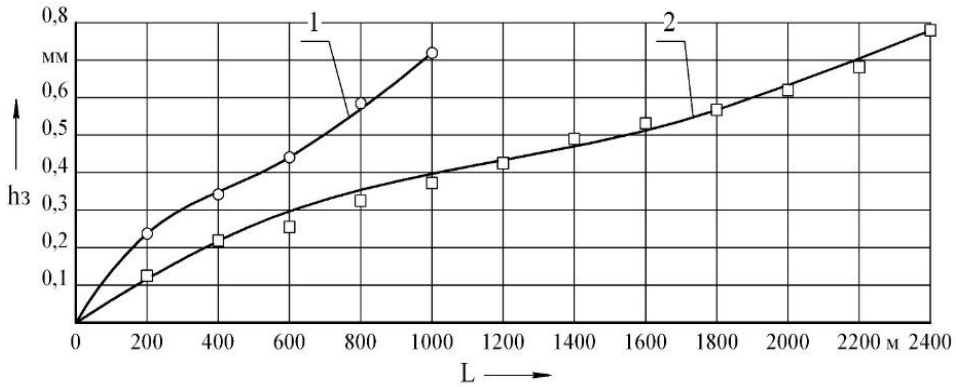
Проведенные исследования износостойкости многогранных пластин из твердого сплава ВК8 позволили выявить следующие закономерности:

Повышение периода стойкости: ообработка пластин в тлеющем разряде приводит к значительному увеличению их эксплуатационной стойкости при фрезеровании. Это обусловлено формированием модифицированного поверхностного слоя с улучшенными трибологическими характеристиками.

Зависимость эффективности обработки от типа стружки: ннаибольшая эффективность модифицирующей обработки наблюдается при обработке материалов, склонных к образованию элементной или суставчатой стружки. В данном случае снижается площадь контакта стружки с передней поверхностью инструмента, что приводит к уменьшению абразивного и адгезионного износа передней поверхности, а также сохранению целостности модифицированного слоя в течение более длительного времени.

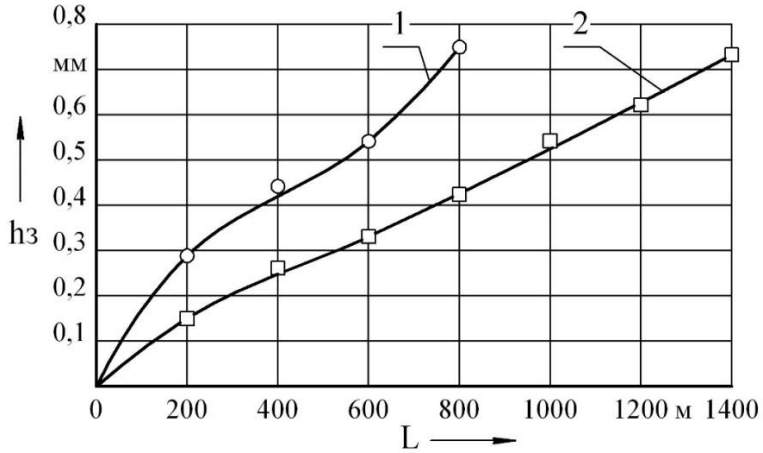
Критическая роль износа передней поверхности: иинтенсивный износ передней поверхности способствует быстрому удалению модифицированного слоя, что нивелирует положительный эффект от обработки. Следовательно, для максимального повышения стойкости инструмента необходимо минимизировать контактные нагрузки на переднюю поверхность.

Полученные результаты согласуются с данными других исследований, подтверждающих, что модификация поверхности твердых сплавов позволяет повысить их износостойкость на 20-40% в зависимости от условий обработки.



1 – ВК6 в состоянии поставки; 2 – ВК6 после обработки в тлеющем разряде;

Рис. 2. Результаты стойкостных испытаний, при фрезеровании серого чугуна СЧ 20 торцовыми фрезами, оснащенными пластинами из твердого сплава ВК6



1 – ВК15 в состоянии поставки; 2 – ВК15 после обработки в тлеющем разряде;

Рис. 3. Результаты стойкостных испытаний, при фрезеровании серого чугуна СЧ 20 торцовыми фрезами, оснащенными пластинами из твердого сплава ВК15

Аналогичная картина изнашивания наблюдалась при использовании в качестве режущих элементов торцовых фрез многогранных пластин из твердых сплавов ВК6 и ВК15 при фрезеровании серого чугуна СЧ20. В результате сравнительного анализа было выявлено, что при обработке твердым сплавом ВК6, стойкость повысилась в среднем в 2,3 раза, а при использовании твердого сплава ВК15 стойкость повысилась в 1,8 раза (рисунки 2 и 3).

Анализируя результаты можно выделить значения основных характеристик обработки твердосплавного инструмента в тлеющем разряде, соответствующие наибольшим значениям приращения коэффициента износостойкости при обработке различных материалов в условиях прерывистого резания. влияние факторов модифицирующей обработки в тлеющем разряде на стойкость инструмента из однокарбидного твердого сплава, работающего в тлеющем разряде; реализована математическая модель описывающая область оптимума, согласно которой максимальные значения стойкости твердосплавного инструмента наблюдаются при обработке его в тлеющем разряде со следующими параметрами: при фрезеровании стали 45 напряжение горения тлеющего разряда U = 2,7 кВ, плотность тока J = 0,325 А/м^2 и время обработки T = 30 мин [3]; при фрезеровании серого чугуна СЧ20 напряжение горения тлеющего разряда U = 0,8 кВ, плотность тока J = 0,25 А/м^2 и время обработки T = 15 мин; при фрезеровании коррозионно-стойкой стали 12Х18Н10Т напряжение горения тлеющего разряда U = 2,7 кВ, плотность тока J = 0,325 А/м^2 и время обработки T = 30 мин.

Список источников

1. Иванов А.А., Сидоров В.Б. Современные инструментальные материалы. – М.: Машиностроение, 2020. – 256 с.

2. Петров К.Л. Структура и свойства твердых сплавов. – СПб.: Наука, 2019. – 184 с.

3. Структурно-фазовое модифицирование инструментальных материалов тлеющим разрядом : [монография] / В.М. Шеменков [и др.] ; под общ – Могилев: Белорус.-Рос. Ун-т, 2017. – 270 с. : ил.

4. Шеменков, В. М. Инженерия поверхностного слоя инструментальной оснастки тлеющим разрядом / В. М. Шеменков, М. А. Рабыко, А. Н. Юманова ; Министерство образования Республики Беларусь, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования «Белорусско-Российский университет». – Могилев : Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования «Белорусско-Российский университет», 2023. – 250 с.: ил.

А. Н. Юманова, М. А. Рабыко, 2025