

УДК 621.91.01

doi 10.54708/22259309_2025_23398

ОЦЕНКА РЕЖУЩИХ СПОСОБНОСТЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИЗНОСОСТОЙКИМИ ПОКРЫТИЯМИ

А. А. САЗАНОВ¹, П. П. ЧЕРНИКОВ², С. Х. ХАДИУЛЛИН³, А. Р. САЙДУГАНОВ⁴

¹ aasazan23@gmail.com, ² chernikov.pp@ugatu.su, ³ hadiullin.sh@ugatu.su, ⁴ andrewsai@mail.ru

^{1–4} ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» (УУНиТ)

Аннотация. В работе приведен сравнительный анализ режущих способностей инструментального материала без покрытия, с интерметаллидными и нитридными покрытиями TiBAiYSiN, TiNCO, TiAlN. Определено, что фактором, влияющим на износостойкость режущего инструмента, является качество подготовки поверхности инструментальной пластины. Применение базового микроскопа «МИР-2» и современного электронного микроскопа «DigiMicro» для измерения износа инструмента по задней поверхности (h_3) позволяет сделать вывод, что современное измерительное оборудование значительно превосходит базовое по точности, быстродействию, объёму получаемой информации и возможностью хранения данных для дальнейшей обработки.

Ключевые слова: режущий инструмент; покрытия; токарная обработка; микроскоп.

ВВЕДЕНИЕ

Для широкой номенклатуры конструкционных материалов, применяющихся в настоящее время в машиностроении, требуется большое разнообразие инструментальных материалов. Вместе с тем инструментальные материалы играют решающую роль в повышении производительности труда и формировании поверхностного слоя обрабатываемых деталей. Производительность режущего инструмента в значительной степени зависит от продолжительности работы, в течение которой сохраняется его режущая способность [1, 2].

Одним из наиболее эффективных путей повышения работоспособности режущего инструмента является нанесение на его рабочие поверхности износостойких покрытий (ИП). Известно, что строение покрытия, его физико-механические и теплофизические свойства могут значительно отличаться от соответствующих свойств инструментального материала и увеличивать сопротивляемость контактных площадок режущего инструмента макро- и микро-разрушениям, а также влиять на характеристики процесса резания. Получаемые покрытия обладают повышенными физико-механическими свойствами, а физико-химические процессы, протекающие на контактных площадках инструмента, оказывают существенное влияние на тепловое и напряженное состояние что, в конечном итоге, сказывается на износе инструмента, поэтому при нанесении износостойких покрытий необходимо учитывать условия резания, в которых находятся контактные площадки режущего инструмента [1, 2].

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

Сравнительные износостойкие испытания проводились на токарно-винторезном станке 16К20 с частотным управлением для операции чистового точения ($v=150$ м/мин; $s=0.1$ мм/об; $t=0.5$ мм) стали 12Х18Н10Т. Критерием износа резца по задней поверхности являлась величина 0,5 мм ($h_3=0.5$ мм). В качестве инструментального материала использовался металлокерамический сплав В35 (ВК8).

На подготовленную поверхность из инструментального материала были нанесены покрытия, состоящие из интерметаллических и нитридных слоев, методом PVD. Покрытия имеют следующий химический состав: TiBAIYSiN, TiAlN, TiNCO. Для определения эффективности покрытий были проведены сравнительные испытания на операции точения пластинами B35 без покрытия и с указанными покрытиями. Величина фаски износа по задней поверхности измерялась инструментальным микроскопом «МИР-2».

Для сравнения возможностей и увеличения объёма получаемой информации, наглядной демонстрации износа инструмента по задней поверхности от длины пути резания совместно с «МИР-2» применялся электронный микроскоп «DigiMicro», позволяющий получать картину износа и хранить эту информацию для дальнейших исследований и получения результатов экспериментов.

Путь резания рассчитывался по формуле [1]:

$$l = \frac{\pi D L}{1000 * s}, \quad (1)$$

где D – диаметр обрабатываемой заготовки, мм;

L – линейное перемещение резца вдоль заготовки, мм;

s – величина подачи, мм/оборот.

Для оценки режущей способности инструмента использовали безразмерный критерий интенсивности износа, который рассчитывался по формуле [1]:

$$J_h = \frac{h_{3K} - h_{3H}}{l_2 - l_1} * 1000, \quad (2)$$

где h_{3H} – линейный износ по задней поверхности при первом проходе инструмента;

h_{3K} – линейный износ по задней поверхности, соответствующий критерию износа;

l_2 – длина пути резания, соответствующая критерию износу, м;

l_1 – длина пути резания, соответствующая первому проходу инструмента, м.

Результаты сравнительных износостойких исследований представлены в табл. 1 и на рис. 1–3.

Таблица 1

Результаты сравнительного анализа износостойких покрытий при точении резцами B35 без покрытия и с покрытиями

Инструмент	Номер образца	Пройденный путь l , м	Предрабочий износ h_{3H} , мм	Интенсивность износа J_h
B35	1	1240	0,13	0,33
	2	860	0,136	0,49
TiBAIYSiN	3	1240	0,152	0,30
TiNCO	4	1175	0,17	0,32
TiAlN	5	1100	0,192	0,34

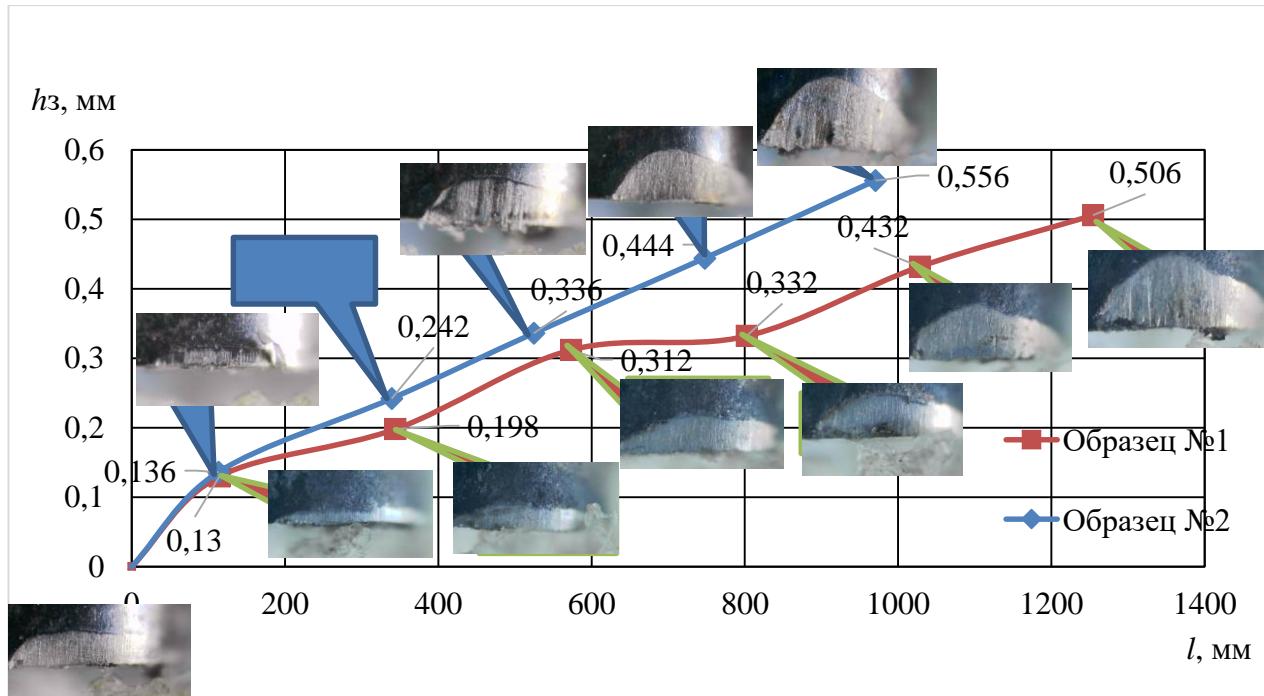


Рис. 1. Влияние длины пути резания l на износ инструмента по задней поверхности h_3

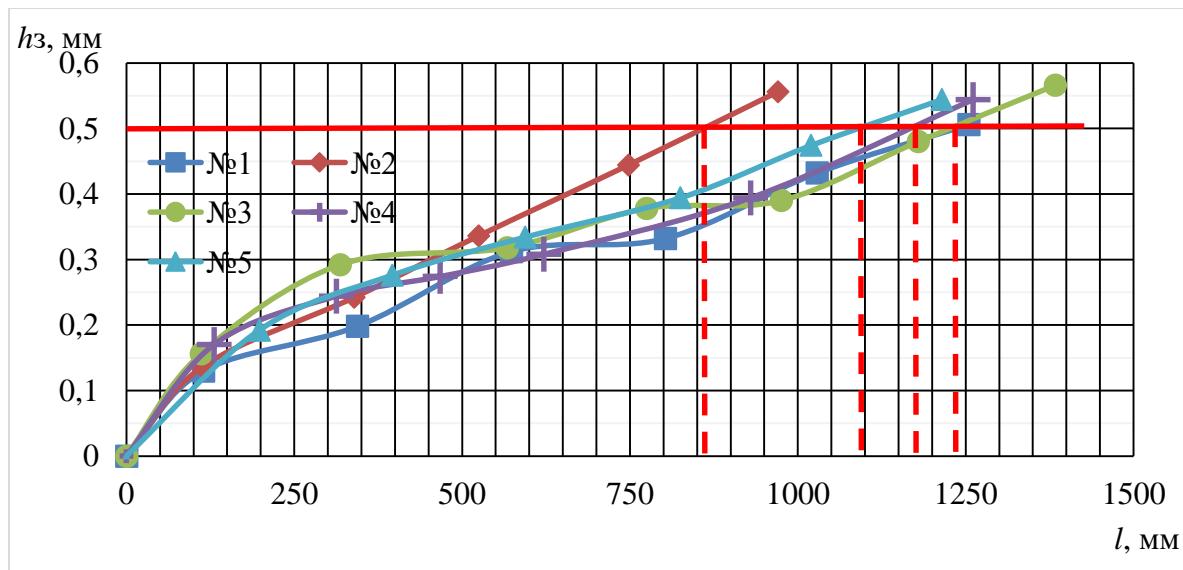


Рис. 2. Влияние длины пути резания l на износ инструмента по задней поверхности h_3 .

Анализ результатов исследования (рис. 1–2) показал, что нанесённые на инструмент покрытия не увеличивали длины пути резания, и причин здесь может быть несколько. Во-первых, при подготовке подложки с помощью электролитно-плазменной полировки могло быть оказано отрицательное воздействие на главную режущую кромку. Это можно видеть (рис. 1) по образцу №2 без покрытия, но с полировкой, у которого длина пути резания до критерия износа по h_3 по сравнению с образцом №1, не подвергшимся никаким воздействиям, оказалась в 1,3 раза меньше. Во-вторых, следует обратить внимание на технологию нанесения покрытий и их непрочное сцепление с инструментальной основой (возможные отслоения и срыв покрытия).

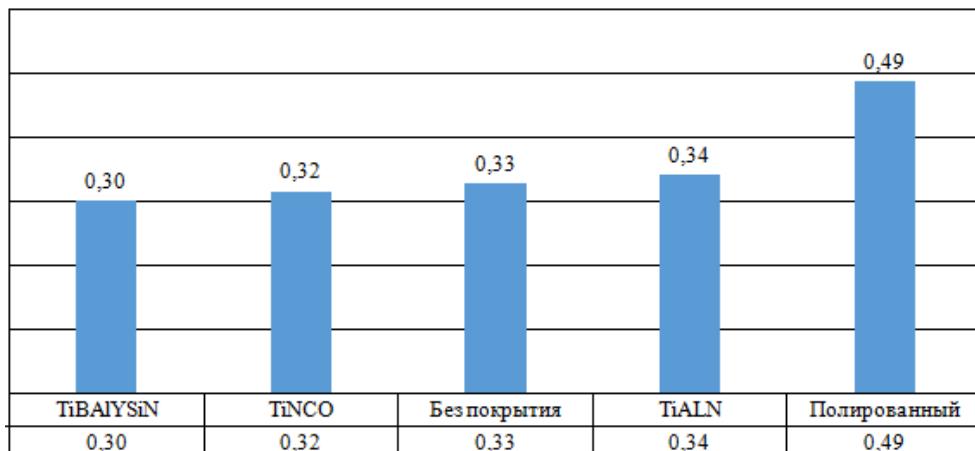


Рис. 3. Гистограмма влияния вида нанесенного покрытия инструмента на интенсивность его износа

Образцы №3 (TiBAISiN), №4 (TiNCO) и №5 (TiAlN) дали результат по длине пути резания на уровне образца №1 без покрытия.

Однако есть и положительный результат исследований. Так, интенсивность износа инструмента с TiBAISiN (рис. 3) оказалась наименьшей ($J_h=0,30$), а это дает возможность предполагать, что нанесение покрытия снижает силы резания, оказывая эффект смазки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, основным параметром, влияющим на износостойкость режущего инструмента, является качество подготовки поверхности инструментальной пластины.

Применение базового микроскопа «МИР-2» и современного электронного микроскопа «DigiMicro» для измерения износа инструмента по задней поверхности (h_3) позволяет сделать вывод, что современное измерительное оборудование значительно превосходит базовое по точности, быстродействию, объему получаемой информации и возможности хранения данных для дальнейшей обработки.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания «Исследование физико-химических и механических процессов при формообразовании и упрочнении деталей для авиакосмической и транспортной техники» № FEUE-2023-0006.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Хадиуллин С. Х. Повышение эффективности использования инструментальных твердых сплавов на основе прогнозирования их режущих свойств. Уфа, 2011.
- Латыпов Р. Р., Постнов В. В., Хадиуллин С. Х. Методы диагностики состояния режущего инструмента в станочных системах. Уфа: УГАТУ, 2009.

ОБ АВТОРАХ

САЗАНОВ Андрей Александрович, студент группы МХ-201М, инженер каф. АТП, УУНиТ, г. Уфа, aasazan23@gmail.com
ЧЕРНИКОВ Петр Петрович, к.т.н., доцент каф. АТП, УУНиТ, г. Уфа, chernikov.pp@ugatu.su
ХАДИУЛЛИН Салават Хакимович, к.т.н., доцент каф. АТП, УУНиТ, г. Уфа, hadiullin.sh@ugatu.su
САЙДУГАНОВ Андрей Радионович, ассистент каф. АТП, УУНиТ, г. Уфа, andrewsai@mail.ru.

METADATA

Title: Assessment of cutting abilities of various tool materials with wear-resistant coatings.

Authors: A.A. Sazanov¹, P.P. Chernikov², S.H. Hadiullin³, A.R. Saiduganov³.

Affiliation:

¹⁻⁴ Ufa University of Science and Technology (UUST), Russia.

Email: ¹aasazan23@gmail.com, ²chernikov.pp@ugatu.su, ³ hadiullin.sh@ugatu.su, ⁴ andrewsai@mail.ru.

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa University of Science and Technology), no. 2 (33), pp. 98-102, 2025.
ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: The paper presents a comparative analysis of the cutting capabilities of uncoated tool material with intermetallic and nitride coatings TiBAiYSiN, TiNCO, TiAlN. It is certain that the quality of the surface preparation of the tool plate is a factor affecting the wear resistance of the cutting tool. The use of the «MIR-2» base microscope and the modern «DigiMicro» electron microscope to measure tool wear on the back surface (hZ) allows us to conclude that modern measuring equipment significantly exceeds the basic one in accuracy, speed, volume of information received and the ability to store data for further processing..

Key words: cutting tools, coatings, turning, microscope.

About authors:

SAZANOV Andrey Alexandrovich, student of the MX-201M group, engineer. Dept. of Automation of Technological Processes (UUST).

CHERNIKOV Petyr Petrovich, docent, Dept. of Automation of Technological Processes (UUST).

HADIULLIN Salavat Hakimovich, docent, Dept. of Automation of Technological Processes (UUST).

SAIDUGANOV Andrey Radionovich, assistant, Dept. of Automation of Technological Processes (UUST).