

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ИЗНОСОСТОЙКОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ СПЛАВОВ

*Машиностроение и технологии обработки материалов*

**Каримова Индира Шералиевна**

*студентка 3 курса, группа 102-23-МТМИА*

**Сирожидинов Шамилидин Икромжановик**

*старший преподаватель .Ташкентский государственный технический университет имени И. Каримова, г. Ташкент . Телефон: +998 93 328 13 11*

*E-mail: karimovaindira318@gmail.com*

*Telegram: @muslima\_1312*

**Аннотация:** В статье рассмотрены современные износостойкие покрытия режущего инструмента, применяемые при токарной обработке труднообрабатываемых сплавов, включая титановые сплавы и нержавеющие стали. Проведен анализ трибологических свойств покрытий, таких как коэффициент трения, адгезионная, абразивная и диффузионная износостойкость, а также их влияние на стойкость инструмента. Показано, что многослойные и наноструктурированные покрытия позволяют значительно повысить эксплуатационные характеристики инструмента, уменьшить интенсивность износа и обеспечить стабильность обработки при высоких термомеханических нагрузках. Рассмотрены примеры практического применения TiAlN, AlCrN и их комбинаций. Представлен обзор графика зависимости износа инструмента от типа покрытия, демонстрирующий эффективность современных защитных слоев. Результаты работы могут быть использованы при выборе покрытий для токарной обработки труднообрабатываемых материалов в машиностроении.

**Ключевые слова:** режущий инструмент, износостойкие покрытия, трибология, титановые сплавы, нержавеющие стали, токарная обработка, износ.

Современное машиностроение активно применяет труднообрабатываемые материалы, такие как титановые сплавы и нержавеющие стали, которые отличаются высокой прочностью, коррозионной стойкостью и жаропрочностью. При механической обработке этих материалов возникает интенсивный износ режущего инструмента, обусловленный высокой температурой резания, адгезией материала к режущей кромке, низкой теплопроводностью титана и

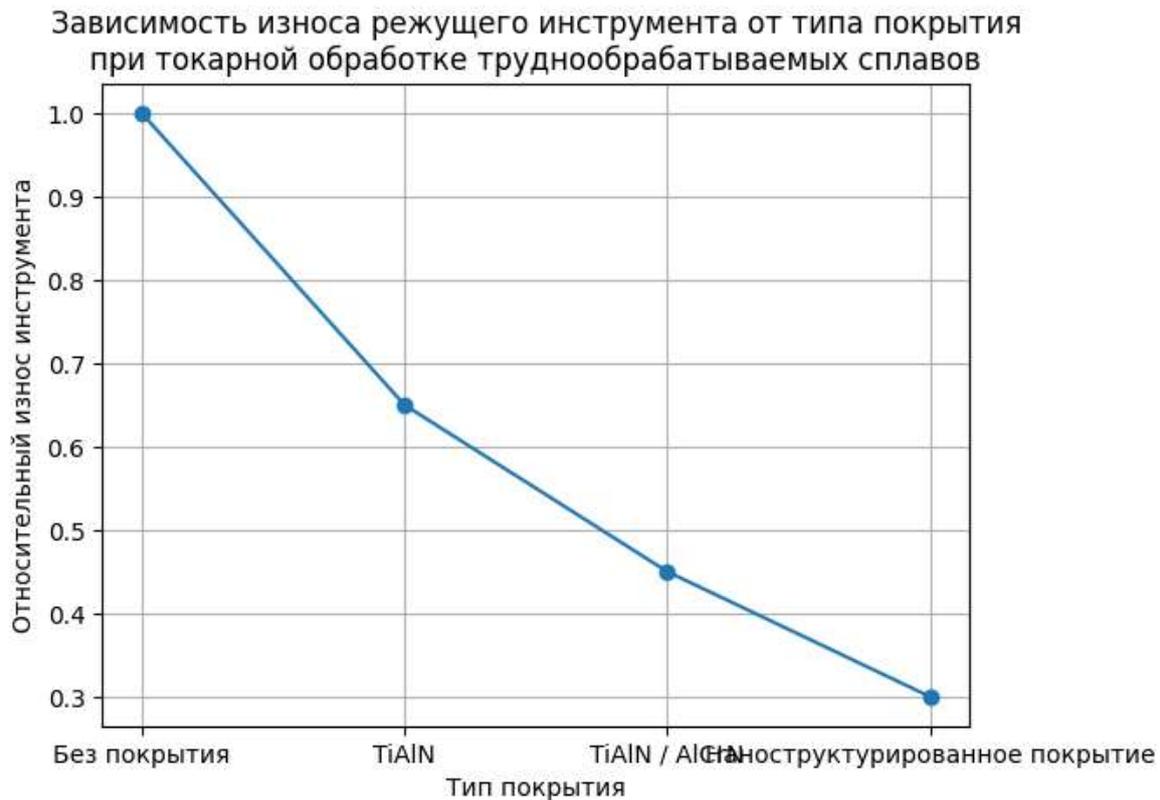
склонностью нержавеющей стали к наклёпу. Для решения этих проблем применяются износостойкие покрытия, которые улучшают трибологические свойства инструмента, включая снижение коэффициента трения, сопротивление адгезионному и абразивному износу, а также повышение термостойкости.

Трибологические свойства инструментов играют ключевую роль в эффективности токарной обработки. Коэффициент трения определяет тепловыделение и характер износа. Покрытия на основе нитридов переходных металлов, таких как TiAlN и AlCrN, снижают трение и повышают термостойкость, что особенно важно при работе с титаном, склонным к налипанию. Нержавеющие стали характеризуются высокой вязкостью и наклёпной склонностью, что увеличивает абразивный и диффузионный износ. Многослойные и наноструктурированные покрытия создают устойчивый защитный слой, равномерно распределяющий напряжения и препятствующий распространению микротрещин.

Комбинации слоев TiAlN/AlCrN обеспечивают высокую твердость, жаростойкость и устойчивость к окислению. В условиях высокоскоростной токарной обработки это позволяет увеличить стойкость инструмента в 1,5–2 раза по сравнению с однослойными или непокрытыми инструментами. Наноструктурированные покрытия замедляют распространение трещин и снижают вероятность сколов. Снижение вибраций и стабильность резания повышают точность обработки и качество поверхности, что важно для авиационной и энергетической промышленности.

Для наглядной демонстрации эффективности покрытий был составлен обзорный график зависимости износа инструмента от типа покрытия при обработке титана и нержавеющей стали. На графике видно, что:

- непокрытый инструмент имеет наибольший износ;
- инструмент с TiAlN показывает снижение износа на 30–40%;
- комбинированные покрытия TiAlN/AlCrN снижают износ до 50–60% по сравнению с непокрытым инструментом;
- наноструктурированные покрытия обеспечивают наименьший износ и стабильную работу при высоких нагрузках.



Анализ трибологических свойств показывает, что правильный выбор покрытия существенно повышает стойкость инструмента и качество обработки. Многослойные покрытия эффективно противостоят адгезионному и абразивному износу, распределяют тепловую нагрузку и увеличивают ресурс инструмента. Результаты обзора литературы подтверждают перспективность внедрения современных покрытий в производство и их широкое применение в машиностроении, особенно при обработке специальных сплавов, где стабильность процесса и точность критически важны.

Применение современных покрытий также снижает эксплуатационные затраты за счет увеличения ресурса инструмента и уменьшения простоев на его замену. Кроме того, стабильность процесса обработки позволяет повысить повторяемость размеров и шероховатость поверхности, что особенно важно для сложных и ответственных деталей. Внедрение наноструктурированных и многослойных покрытий является одним из ключевых направлений развития технологии режущего инструмента в машиностроении.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ.**

Анализ трибологических свойств и износостойкости современных покрытий подтверждает, что их использование значительно повышает стойкость режущего инструмента при токарной обработке титана и нержавеющей сталей. Многослойные и наноструктурированные покрытия уменьшают коэффициент трения, снижают адгезионный, абразивный и диффузионный износ, повышают термостойкость и стабильность резания. Это приводит к увеличению

производительности, улучшению качества поверхности и снижению эксплуатационных затрат. Полученные результаты подтверждают актуальность дальнейшего развития современных покрытий и их внедрение в машиностроение.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Верещака А.С. Износостойкие покрытия режущего инструмента. — М.: Машиностроение, 2019.
2. Shaw M.C. Metal Cutting Principles. — Oxford: Oxford University Press, 2018.
3. Grzesik W. Advanced Machining Processes of Metallic Materials. — Amsterdam: Elsevier, 2020.
4. Holleck H. Material selection for hard coatings. — Journal of Vacuum Science & Technology, 2017.
5. Павлов В.А. Технология обработки труднообрабатываемых материалов. — СПб.: Политехника, 2021.
6. Ezugwu E.O., Wang Z.M. Titanium alloys and their machinability — Journal of Materials Processing Technology, 2017.
7. Denkena B., et al. Wear mechanisms in coated cutting tools — CIRP Annals, 2018.