

УДК 621.9.02:621.785.5

Исследование влияния имплантируемого вещества на силы и износ режущих инструментов.

Баранов Глеб Игоревич

*Студент 6 курса,
кафедра «Инструментальная техника и технологии»
Московский государственный технический университет*

*Научный руководитель: Д.В. Виноградов,
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Инструментальная техника и технологии»*

*Научный консультант: Е.Е. Ашкинази,
Научный консультант, доцент, старший научный сотрудник лаборатории
Алмазные материалы отдела Светоиндуцированных поверхностных явлений
Федерального исследовательского центра Института общей физики им. А.М.
Прохорова РАН.*

В основе ионной имплантации режущего инструмента лежит внедрение в его поверхностный слой ускоренных ионизированных атомов легирующего вещества (циркония, ниобия и др.). Этот метод поверхностной обработки может быть использован для упрочнения рабочих поверхностей инструмента из быстрорежущих сталей, твердых сплавов, режущей керамики и даже сверхтвердых материалов [1, 2]. При ионной имплантации в поверхностном слое облучаемого материала образуются радиационные дефекты, которые приводят к изменению таких свойств материала, как микротвердость, прочность, пластичность, теплопроводность и др.

Ионная имплантация может быть также использована для модификации подповерхностного слоя режущего клина при нанесении на нее алмазного покрытия [3]. Это позволяет улучшить адгезию покрытия к поверхности и повысить износостойкость инструмента [4, 5].

Для выявления влияния ионной имплантации на силы резания и износостойкость режущих инструментов было выполнено исследование точения сменными многогранными пластинами ромбической формы с углом при вершине 80° и задним углом 7° из сплава ВКЗ (97% WC, 3% Co) с упрочняющим покрытием из поликристаллического алмаза (PCD) и имплантацией ионов циркония (Zr) и ниобия (Nb). Пластины были предоставлены Федеральным исследовательским центром Института общей физики им. А.М. Прохорова РАН, марки: Nice cutt, China. Пластины обрабатывали высокими дозами низкоэнергетических ионов ниобия и циркония. Ионную имплантацию проводили в вакуумной камере установки ННВ 6.6.И1 при ускоряющем напряжении 20 кэВ и плотности ионного тока = $0,1 \text{ mA/cm}^2$.

Синтез алмазного покрытия выполняли в СВЧ-реакторе Ardis-100 в газовой смеси метан-водород-азот при концентрации метана 4%, давлении 65 Торр, мощности СВЧ-излучения 5 кВт и температуре подложки $800 \pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$, контролируемой двухлучевым пирометром METIS M322. Предварительно в центрифуге (2000 об/мин) образец засеивали наночастицами алмаза (5 нм) из водной суспензии. Покрытия состояли из чередующихся слоев, выращенных в режимах микрокристаллического алмаза ($\text{H}_2/\text{CH}_4 = 480/20 \text{ см}^3/\text{мин}$) в течение 25 мин и нанокристаллического алмаза ($\text{N}_2/\text{CH}_4/\text{H}_2 = 20/20/460 \text{ см}^3/\text{мин}$) в

течение 5 мин. Общее время синтеза составляло 6 ч. В процессе синтеза были получены 12-слойные пленочные покрытия толщиной 4,5—5,0 мкм.

Измерения силы резания проводилось на форсированных режимах ($V=260$ м/мин, $t=2$ мм) при продольном точении резцом с $\varphi=90^\circ$ силумина (12% Si) на токарно-винторезном станке 16К20 с подключением к нему динамометра УДМ 600 [6, 7]. Проекции силы резания P_x , P_y , P_z измеряли при пяти значениях подачи – от 0,075 до 0,3 мм/об. Результаты измерений позволили определить уменьшение силы резания при точении пластиной с ионной имплантацией по сравнению с пластиной без покрытия. Уменьшения проекций силы резания, выраженные в процентах от величины силы резания для непокрытой пластины, представлены на рис.1.

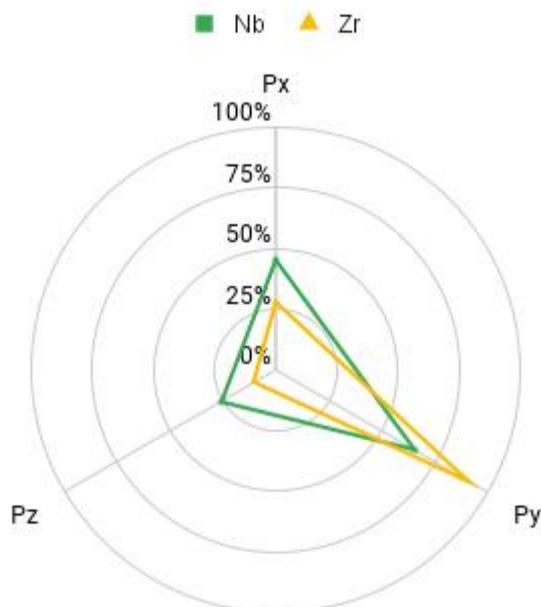


Рисунок 1. Изменение составляющих сил резания относительно контрольной пластины.

Наблюдается разное снижение сил для разных проекций силы резания – больше всего уменьшаются главные составляющие силы резания P_x и P_y , что говорит о снижении силы трения на передней поверхности лезвия. Осевая проекция P_x уменьшается меньше, а радиальная проекция P_y заметно больше, т.к. ее величина мала.

При исследовании износостойкости пластин на универсальном измерительном микроскопе УИМ-21 была измерена площадка износа на задней поверхности лезвия. Нарботка составила 5 мин. Получены следующие величины износа по задней поверхности: пластина с имплантацией ниобия (Nb) имеет износ 253 мкм, пластина с имплантацией циркония (Zr) – 199 мкм, контрольная пластина – 307 мкм.

Выводы.

1. Имплантирование цирконием пластины обеспечивают силу резания в 1,2 раза меньшую, а имплантированные ниобием – в 1,6 раза, по сравнению с непокрытыми пластинами.
2. Имплантирование подповерхностного слоя режущих пластин цирконием и ниобием повышает износостойкость в 1,5 и в 1,2 раза соответственно.

Литература

1. Повышение стойкости инструмента методом ионной имплантации. /В. В. Брюхов// Томск: Изд-во НТЛ - 2003.
2. Бобровский С.М. Теоретические и экспериментальные исследования процесса ионной имплантации режущего инструмента. / Н. П. Резникова // 1998.

3. Исследование стойкости к разрушению алмазных покрытий сплава WC-Co, модифицированного ионной имплантацией / Е. Е. Ашкинази, С. В. Федоров, А. К. Мартыанов, В. С. Федоров // Деформация и разрушение материалов. – 2022.

4. Влияние на трибологические свойства кристаллической структуры алмазных покрытий на твердом сплаве ВК6 / Е. Е. Ашкинази, В. С. Седов, М. И. Петржик [и др.] // Трение и износ. – 2017. – Т. 38, № 3. – С. 280-288.

5. Frictional Coefficients between Aluminum–Silicon Alloy and Cutting Inserts with MPCVD Diamond Coatings / E. E. Ashkinazi, V. G. Ral'chenko, V. I. Konov [et al.] // Russian Engineering Research. – 2018. – Vol. 38, No. 6. – P. 457-461. – DOI 10.3103/S1068798X18060047.

6. Dreval, A. E. Package for modeling tool and structural materials wear / A. E. Dreval, S. G. Vasiliev, D. V. Vinogradov // AIP Conference Proceedings, Moscow, 01–02 апреля 2020 года. – Moscow, 2022. – P. 040001. – DOI 10.1063/5.0077396.

7. Физические основы механической и физико-технической обработки материалов / В. Булошников, Л. Малькова, С. Васильев [и др.]. – Москва : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), 2016. – 92 с. – ISBN 978-5-7038-4420-5.