

The possibility of using the magnitude of the electrostatic field of sludge as an assessment criterion, the magnitude of which can be seen on the wear resistance of diamond wheels with the introduction of the working layer of granular impurities. Shown to reduce the intensity electrization in the grinding zone and, as a consequence, to improve the durability of the replacement of grinding wheels diamond grains in their working layer should be carried out by CBN compacts micropowders and granular mineral concentrate rutile.

Key words: wheels of SHM, abrasive grinding, electrical phenomena accompanying the process of grinding.

Література

1. Підвищення ефективності шліфування матеріалів кругами з НТМ врахуванням електричних явищ, що супроводжують абразивну обробку // Автореф. дис. канд. техн. наук. / О.А. Девицький – К., 2014. – 20 с.
2. Вплив функціональних домішок у робочому шарі кругів з надтвердих матеріалів та покриттів зерен на процеси електризації при шліфуванні / В.І. Лавріненко, О.А. Девицький, Б.В. Ситник та ін. // Процеси механічної обробки в машинобудуванні: зб. наук. пр. ЖДТУ. – Житомир: ЖДТУ, 2010. – Вип. 9. – С. 92–98.
3. Исследование возможностей эффективного использования минеральных зернистых концентратов в качестве опорных элементов в рабочем слое алмазных кругов / В.И. Лавриненко, В.Ю. Солод, Б.В. Сытник и др. // Сверхтвердые матер. – 2012. – № 1. – С. 75–83.

Надійшла 03.06.14

УДК 621.941:534.647

Л. Н. Девин, д-р техн. наук, А. А. Осадчий, канд. техн. наук, С. В. Рычев¹,
А. В. Смерчинский²

¹Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев

²Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

УЧЕТ АНИЗОТРОПИИ КРИСТАЛЛОВ АЛМАЗА ПРИ РАСЧЕТЕ ВЕРОЯТНОСТИ РАЗРУШЕНИЯ РЕЗЦОВ ИЗ НИХ

Исследована вероятность разрушения резцов из монокристаллов алмаза с учетом их анизотропии при тонком косоугольном точении алюминиевых сплавов. Приведены результаты расчета вероятности разрушения резцов из монокристаллов алмаза при различных значениях скорости резания и угла наклона режущей кромки.

Ключевые слова: монокристаллы алмаза, анизотропия, вероятность разрушения, косоугольное точение, алюминиевые сплавы.

Алмазные монокристаллы наиболее эффективно применяют в резцах для чистовых операций при обработке деталей из цветных сплавов [1]. Традиционные операции, для которых используют алмазные резцы – чистовые, т.е. алмазное тонкое или микроточение. При чистовой обработке сила резания не значительна, однако напряжение, возникающее в остро заточенном лезвии резца, может быть высоким. Кроме того, с учетом высокой хрупкости алмаза, его анизотропии и сравнительно незначительной прочности при растяжении [2] даже небольшие вибрации могут способствовать сколу вершины резца. В этой связи целесообразно оценить вероятность разрушения (сколов) вершины такого резца с учетом анизотропии его свойств.

Цель работы - количественно оценить вероятность разрушения резцов из алмазных монокристаллов с учетом их анизотропии при изменении скорости резания и угла наклона режущей кромки резца при косоугольном точении алюминиевых сплавов.

Напряжение, возникающее в опасных точках вершины резца при точении, обозначим S_R , прочность монокристалла алмаза при растяжении и сжатии – соответственно S_p и S_c . В процессе обработки за счет неоднородности свойств материала детали и нестационарности процесса стружкообразования величина сил резания колеблется. С учетом этого максимальное напряжение в опасных точках резца на протяжении резания обозначим S_R^{\max} [3].

Прочность монокристалла алмаза характеризуют средний предел прочности при растяжении и сжатии и среднеквадратические отклонения σ_{Sp} , σ_{Sc} [4]. Для учета анизотропии алмаза прочность со стороны передней грани [001] обозначим $S_p^{[001]}$ и $S_c^{[001]}$, со стороны задней [111] – соответственно $S_p^{[111]}$ и $S_c^{[111]}$.

Для упрощения расчетов допустим, что распределение прочности S_p и S_c подчиняется нормальному закону (рис. 1) [5].

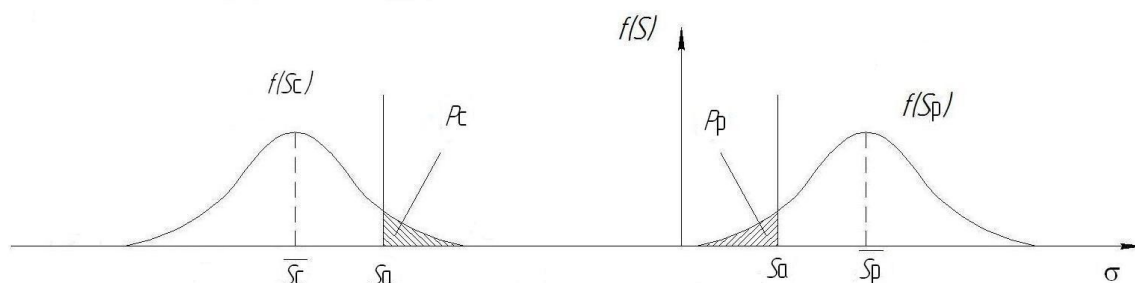


Рис.1. Дифференциальная функция распределения S_p и S_c

Вероятность разрушения резца P равна площади фигуры, образованной пересечением S_R^{\max} с одной из функций распределений прочности при растяжении $f(S_p)$ и сжатии

$f(S_c)$ [5]. Тогда $P = \int_0^{S_a} f(S_p) dS$ для растягивающего напряжения, $P = \int_{S_a}^0 f(S_c) dS$ – для

сжимающего, где S_a – напряжение, соответствующее точке A пересечения дифференциальной функции $f(S_p)$ или $f(S_c)$ (в зависимости от знака) с максимальным напряжением при резании S_R^{\max} .

Напряжение на передней и задней гранях резца рассчитываем по формуле [6; 7]

$$S_R = -\frac{2R}{br} \left\{ \frac{\cos \left[\nu_0 - \left(\frac{\beta}{2} + \gamma \right) \right] \cos \left[\theta - \left(\frac{\beta}{2} + \gamma \right) \right]}{\beta + \sin \beta} + \frac{\sin \left[\nu_0 - \left(\frac{\beta}{2} + \gamma \right) \right] \sin \left[\theta - \left(\frac{\beta}{2} + \gamma \right) \right]}{\beta - \sin \beta} \right\},$$

где r , θ – полярные координаты; R – равнодействующая сила резания; b – ширина среза; γ – угол резца соответственно передний и задний; ν_0 – угол, определяющий направление оси резания; β – угол заострения резца.

С учетом анизотропии свойств алмаза [8] в расчетах приняли $S_p^{[001]} = 150$ МПа, $S_p^{[111]} = 200$ МПа, $S_c^{[001]} = 1800$ МПа, $S_c^{[111]} = 1960$ МПа.

Для измерения сил резания при тонком косоугольном точении монокристаллами алмаза в ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины использовали автоматизированную систему измерения сил резания [9]. Блок-схема аппаратной части системы показана на рис. 2.

Для экспериментов по косоугольному точению разработали специальную конструкцию резцедержателя, позволяющую поворачивать режущую кромку резца на угол λ (рис. 3). Для

точения использовали резовую вставку с монокристаллом синтетического алмаза фирмы «De Beers» массой 0,1 карат с ориентацией {111}. Монокристалл алмаза закрепляли в режущей вставке 1 методом пайки. Кристалл затачивали на станке ЗАР3637. Доводку осуществляли на чугунном притире, шаржированном алмазным порошком марки АМ 40. Геометрия реза после доводки следующая: радиус при вершине – 1 мм, углы $\gamma = 0^\circ$, $\alpha = 1,5^\circ$.

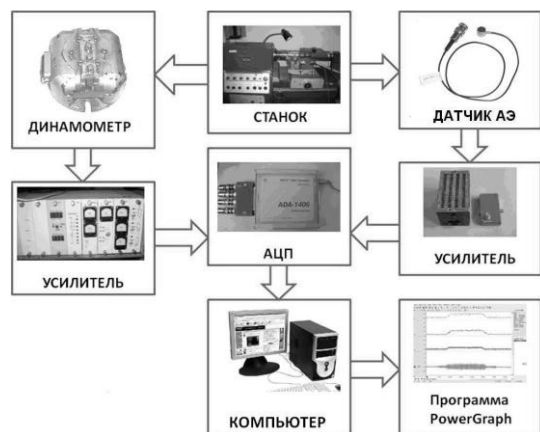


Рис. 2. Блок-схема автоматизированной измерительной системы

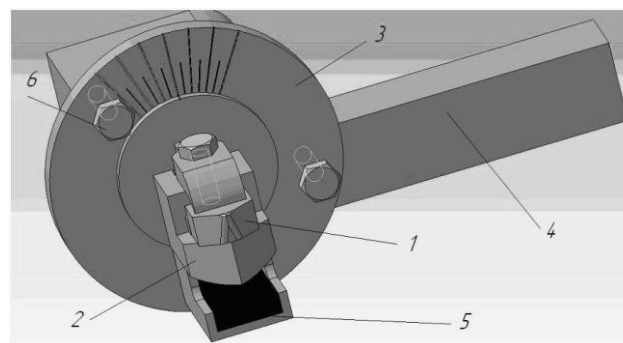


Рис. 3. Схема державки реза для косоугольного резания

Автоматизированная система измерения составляющих силы резания включала универсальный динамометр УДМ-100 конструкции ВНИИ(Россия), разработанный в ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины тензоусилитель «Топаз», АЦП ADA 1406 фирмы «HOLIT Data Systems» и персональный компьютер. Управление АЦП, регистрацию и предварительную обработку экспериментальных данных для сигнала АЭ и силы резания выполняли с помощью программы PowerGraph.

Силу резания исследовали с использованием высокоточного токарного станка ТПК-125ВМ с бесступенчатым регулированием частоты вращения шпинделя главного движения от 100 до 2400 об./мин. Применяли торцевое точение, обрабатываемый материал – алюминиевый сплав АМг6.

Поскольку сила резания была незначительна и соизмерима с возникающей от вибраций шпинделя и механизма подачи, приняли дополнительные меры по уменьшению вибраций путем ревизии и смазки подшипников. Датчики виброускорений (акселерометры) крепили к подшипникам привода шпинделя и подшипников привода коллектора передней бабки, а также на двухкоординатном суппорте.

Подшипники передней бабки смазывали консистентной смазкой ЦИАТИМ–201 согласно ГОСТ 6267-74. Заменяли смазку путем заполнения полостей трущихся пар согласно техническому паспорту станка. Трущиеся пары ходовых винтов и зубчатых колес редуктора электродвигателя РД-09 смазывали маслом «Индустриальное» И-20А (ГОСТ 20799-75) через специальные заливные отверстия, используя для этого пресс-масленку.

Виброускорение в подшипниках измеряли при частоте вращения 100–2500 об./мин. Зависимости среднеквадратического виброускорения от частоты вращения шпинделя до и после ревизии показаны на рис. 4, от перемещения суппорта – на рис. 5.

Виброускорение на двухкоординатном суппорте измеряли при частоте вращения шпинделя $n = 500$ об./мин., поперечной подаче $S = 30$ мм/мин. и продольной $S = 60$ мм/мин.

Как видим, с применением смазки в ключевых узлах станка амплитуда вибраций уменьшилась в 1,2–2,1 раза.

Максимальные значения составляющих силы резания показаны на рис. 6.

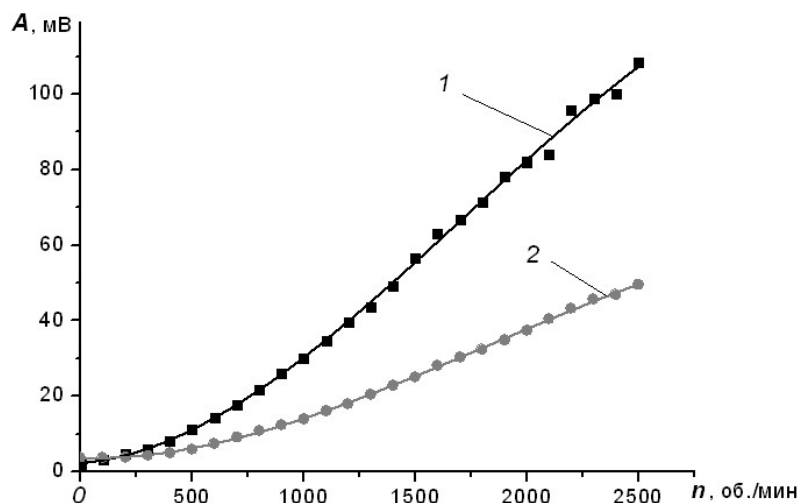
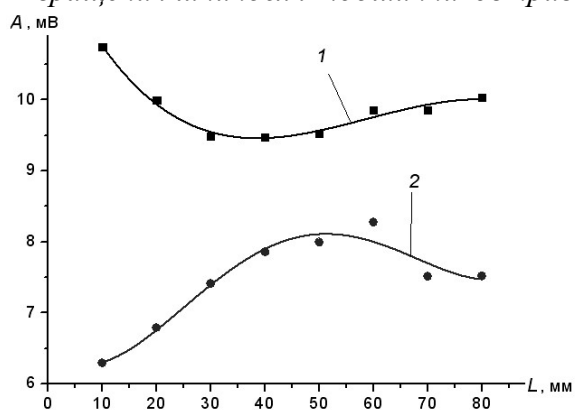
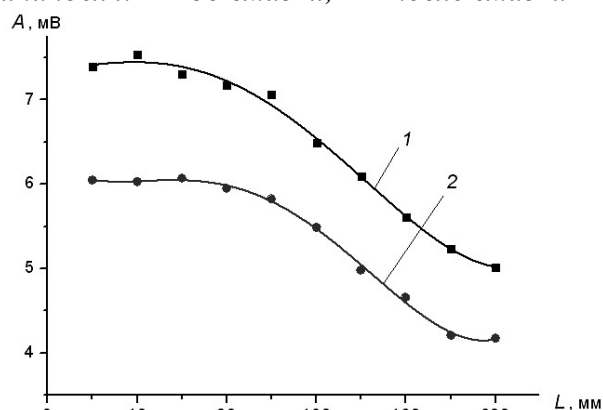


Рис. 4. Зависимости среднеквадратического значения виброускорения от частоты вращения шпинделя подшипников привода шпинделя: 1 – до смазки; 2 – после смазки

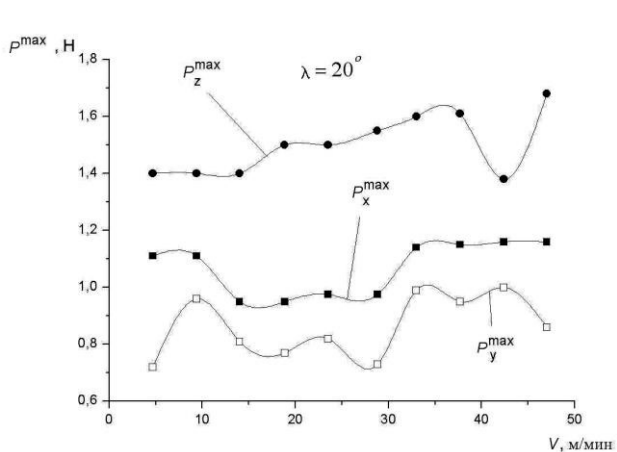


а

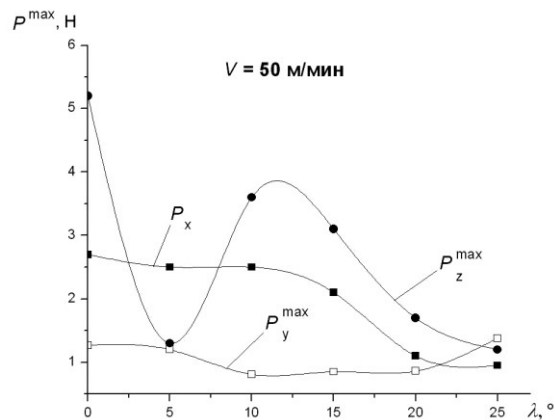


б

Рис. 5. Зависимости среднеквадратических значений виброускорений от перемещения суппорта при подаче поперечной (а) и продольной (б): 1 – до смазки; 2 – после смазки



а



б

Рис. 6. Зависимости составляющих силы резания от скорости резания V (а) и угла λ (б)

По полученным максимальным значениям силы резания рассчитали максимальное напряжение на гранях реза (рис. 7).

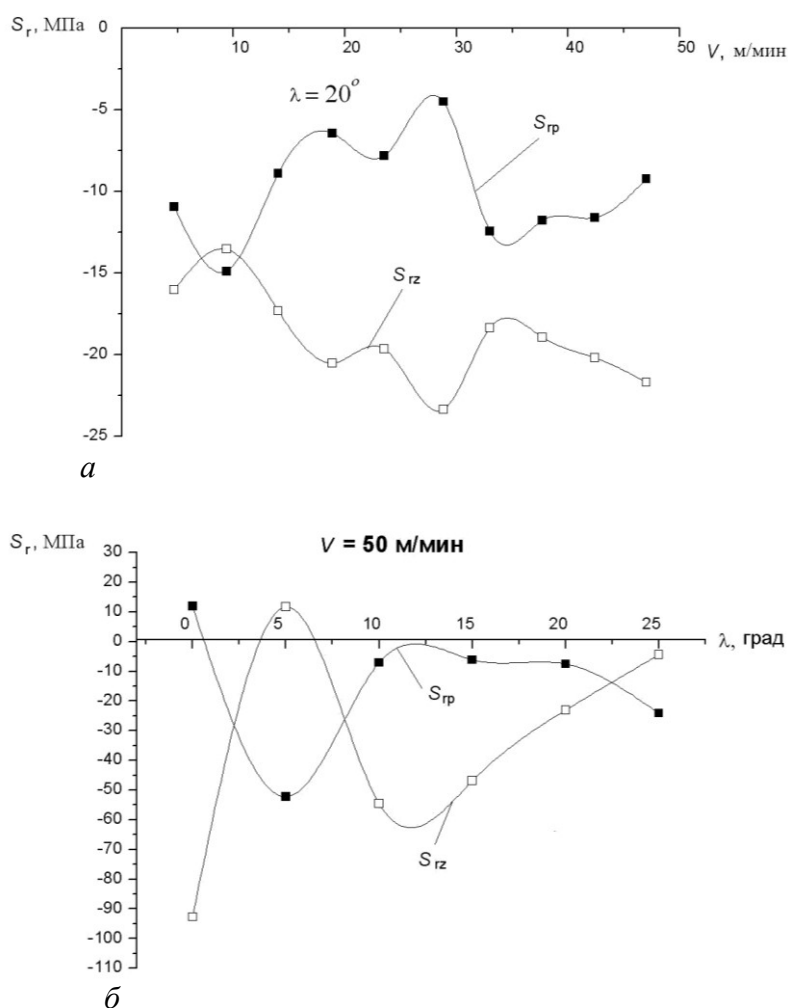


Рис. 7. Зависимости напряжения на передней S_p и задней S_z гранях резца от скорости резания при $\lambda = 20^\circ$ (а) и от угла λ (б)

Поскольку в период стойкости резца могла разрушиться его передняя или задняя грань, для расчета вероятности разрушения напряжения на гранях резца сравнивали с соответствующим каждой грани пределом прочности при растяжении и сжатии, которые вследствие анизотропии алмаза различались.

Кроме того, поскольку вероятности разрушения передней и задней граней резца являются независимыми случайными величинами, вероятность его разрушения в целом рассчитывали по формуле $P = P_n + P_z - P_n P_z$ [10].

Зависимости вероятности разрушения резцов J , от скорости резания и угла λ показаны на рис. 8.

Как видим вероятность разрушения задней грани резца больше, чем передней и усиливается с повышением скорости резания. Только при $V = 10$ м/мин и $\lambda = 20^\circ$ (рис. 7б) вероятность разрушения задней грани ниже, чем передней. Для выяснения причин этого составили графики изменения угла ν от скорости и угла наклона режущей кромки (рис. 9). Из данных рис. 9 следует, что при любой скорости, кроме $V = 10$ м/мин угол, $\nu > 45^\circ$ и вектор равнодействующей направлен к задней грани резца, что способствует увеличению напряжения на задней его грани. Именно в этой связи резко увеличивается вероятность сколов задней грани резца при $V = 10$ м/мин (рис. 9 а).

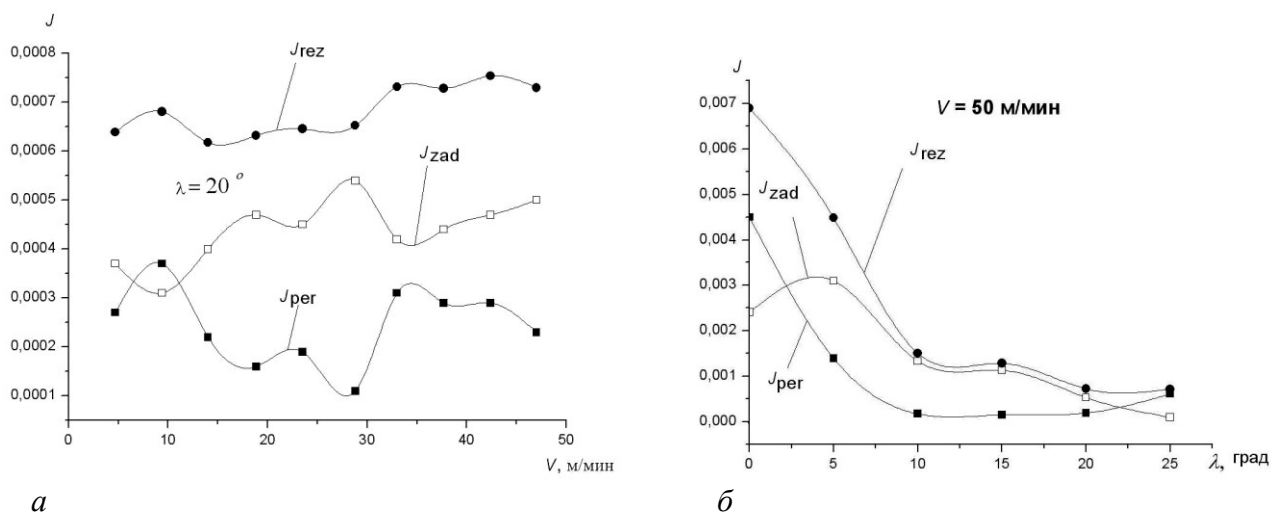


Рис. 8. Зависимости разрушения резцов J от скорости резания при $\lambda = 20^\circ$ (а) и угла λ при скорости 50 м/мин (б)

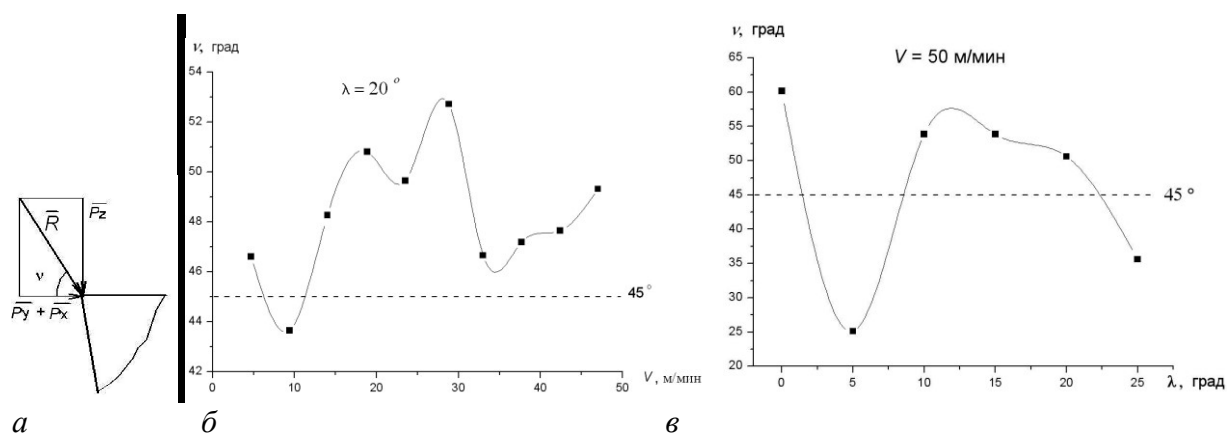


Рис. 9. Графики изменения составляющих, равнодействующей силы резания R (а) и угла ν , определяющего напряжение при повышении скорости резания (б) и изменении угла λ (в)

Изменение угла наклона режущей кромки λ также существенно влияет на изменение угла ν (рис. 9 б) и при $\nu > 45^\circ$ вектор равнодействующей направлен к задней грани резца, что также способствует повышению напряжения на задней его грани (рис. 7 б) и усилению вероятности сколов этой грани резца при $\lambda = 0^\circ$. Высокая вероятность разрушения при $V = 10$ м/мин и $\lambda = 0^\circ$ связана с появлением растягивающего напряжения на передней грани резца (рис. 7 б).

Выводы

Таким образом, с учетом анизотропии прочности монокристалла алмаза, возможно, более точно определить влияние скорости резания и угла наклона режущей кромки резца при тонком косоугольном точении алюминиевых сплавов на вероятность разрушения резцов.

Установлено, что вероятность сколов на задней грани резца при повышении скорости резания от 15 до 50 м/мин повышается в 1,5 – 2 раза, а в случае косоугольного резания при увеличении угла λ от 0 до 10° в 3 раза снижается общая вероятность сколов. Максимальная вероятность сколов наблюдалась при $\lambda = 0^\circ$ вследствие появления растягивающего напряжения на передней грани резца.

Выявленные закономерности позволяют более обоснованно выбирать режимы резания и угол наклона резца из синтетических алмазов при тонком точении.

Выражаем благодарность сотрудникам лаборатории 18/1 ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины Н.Е. Стахниву и В.Н. Ничипоренко за помощь в проведении экспериментов, С.Н. Иванову и Н.Я. Карлюченко – за изготовление резцовых вставок из алмаза.

Досліджено ймовірність руйнування різців з монокристалів алмазу з урахуванням їх анізотропії при точінні алюмінієвих сплавів. Наведено результати розрахунку ймовірності руйнування різців з монокристалів алмазу за різних значень швидкості різання та кута нахилу різального леза.

Ключові слова: монокристали алмазу, анізотропія, ймовірність руйнування, косокутне точіння, алюмінієві сплави.

We study the reliability of the cutters of diamond single crystals with oblique turning thin aluminum alloys. The research results of the cutting force and the probability of fracture of diamond single crystals cutters with different cutting speeds and angles of inclination.

Key words: single crystals diamond, anisotropy, probability of fracture, oblique angle cutting, aluminum alloys.

Литература

1. Алмазные инструменты в промышленности / А.Ф. Несмелов. – М.: Машиностроение, 1964. – 277 с.
2. Физические свойства алмаза: справочник / Н.В. Новиков. – К.: Наук. думка, 1987. – 188 с.
3. Прочность режущего инструмента / Г.Л. Хаег. – М.: Машиностроение, 1975. – 168 с.
4. Прочность материалов при высоких температурах / Г.С. Писаренко, В.Н. Руденко, Г.Н. Третьяченко, В.Г. Трощенко. – К.: Наук. думка, 1966. – 791 с.
5. Девин Л.Н., Стахнив Н.Е. Исследование влияния износа резца из композита на основе КНБ на вероятность его разрушения при чистовом точении закаленных сталей // Сверхтвердые матер. – 2012. - № 4. – С. 67 – 74.
6. Прочность и износостойкость режущего инструмента / Т.Н.Лоладзе. – М.: Машиностроение, 1982. – 320 с.
7. Расчет хрупкой прочности режущей части инструмента / А.И. Бетанели // Надежность режущего инструмента. – К.: Техника, 1972. – с. 96 – 105.
8. Новиков Н.В., Дуб С.Н., Мальнев В.И. Трещиностойкость кристаллов алмаза // Сверхтвердые матер. – 1992. – № 5. – С. 5–11.
9. Прогнозирование работоспособности металлорежущего инструмента / Л.Н. Девин. – К.: Наук. думка, 1992. – 131 с.
10. Введение в теорию вероятности и математическую статистику / В.Е. Гмурман. – М.: Высш. Шк., 1963. – 238 с.

Поступила 22.05.14