



ВЕСТНИК машиностроения

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

4
1997

ИЗДАЕТСЯ С НОЯБРЯ 1921 ГОДА

Журнал переводится
на английский язык,
переиздается
и распространяется
во всем мире фирмой
"Аллертон Пресс" (США)

ГОСУДАРСТВЕННОГО КОМИТЕТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО НАУКЕ И ТЕХНОЛОГИЯМ

АО "КОМПАНИЯ "РОССТАНКОИНСТРУМЕНТ"

РОССИЙСКОГО СОЮЗА ПРОМЫШЛЕННИКОВ
И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЕЙ

РОССИЙСКОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ АКАДЕМИИ

Ордена Трудового Красного
Знамени издательство
"Машиностроение"

Главный редактор Д.И. Поляков

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ: Алексейчук Г.П.,
Арзамасов Б.Н., Братухин А.Г., Гановский В.С.,
Древаль А.Е. (председатель секции технологии
машиностроения), Дроздов Ю.Н. (председатель секции
конструирования и расчета машин), Коновалов Л.В.,
Кузьмицкий А.А., Кутин А.А., Логунов А.В.,
Пименов А.Ф., Попов Д.Н., Рыбакова Л.М., Савкин А.И.
(заместитель главного редактора), Салтыков М.А.,
Семенов Е.И. (председатель секции обработки
материалов без снятия стружки), Сумский С.Н.,
Третьяков Э.А. (председатель секции организации
и экономики производства), Цыганкова И.А.
(ответственный секретарь)

Адрес редакции:
129836, Москва, ГСП-110,
проспект Мира, д. 106
Телефоны: 287-87-93, 287-23-20

Оригинал-макет изготовлен
в издательстве "Машиностроение".

Отпечатано в Подольской
типографии Чеховского
полиграфического комбината.
142110, г. Подольск, ул. Кирова, 25

**КОНСТРУИРОВАНИЕ, РАСЧЕТ, ИСПЫТАНИЯ
И НАДЕЖНОСТЬ МАШИН**

Сорокин Г.М. – Особенности становления трибологии как науки	3
Овакимов А.Г. – Кинестатика передач манипуляторов с приводными двигателями на основании	8
Сидорин И.Д. – Кулачковый привод топливного насоса дизеля	12
Поletaev В.А., Щелкунов В.П., Лушин А.С. – Высокопрочные зубчатые колеса из термопластичного композита с формованным зубом	16

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Грубый С.В., Татьяна Н.А. – Исследование и применение кристаллов природных алмазов и резцов повышенной износостойкости	19
Чумаченко Е.Н., Дзанашвили Г.Ф., Эльперин А.И. – Компьютерное проектирование основных элементов технологических процессов, инструмента и оснастки в кузнечно-прессовом производстве подшипниковой промышленности	24
Абасов В.А. – Особенности образования стружки при электрохимическом плоском шлифовании	26
Ваїцехович С.М., Кужель А.Е. – Комплексная система оценки применения конструкционных материалов в промышленности	29
Амрахов И.Г., Павлов И.О., Никитин Б.Е. – Анализ технологических решений в условиях неполной исходной информации	33

Обработка материалов без снятия стружки

Шендеров И.Б. – Моделирование и оптимизация технологического цикла правка – термообработка длинномерных заготовок	35
---	----

**ОРГАНИЗАЦИЯ И ЭКОНОМИКА
ПРОИЗВОДСТВА**

Павленко В.В. – Экономические проблемы фирменного ремонта и сервисного обслуживания машин и оборудования в условиях технического перевооружения промышленности	38
--	----

ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Алексеичук Г.П. – Проблемы стабилизации и развития тяжелого, энергетического и транспортного машиностроения	42
Бровман М.Я., Козлов Г.Ф., Скиба А.П. – Комплексный механизированный агрегат для переработки металлической стружки и шлама	43
Ахметханов Р.С., Гудушаури Э.Г. – Установка для производства гранулированного чая	45
Корягин Н.И., Сергеев А.В. – Международный салон-выставка "Наука – машиностроение – рынок"	47
Реклама	18
Вниманию читателей	41

**DESIGN, CALCULATION, TESTS AND RELIABILITY
OF MACHINES**

Sorokin G.M. – Features of tribology formation as a science	3
Ovakimov A.G. – Kinetostatics of manipulators gears with drive motors installed on the foundation	8
Sidorin I.D. – Fuel pump cam drive	12
Poletaev V.A., Shchelkunov V.P., Lunin A.S. – The thermoplastic composite high-strength gear wheels with formed gears	16

MANUFACTURING ENGINEERING

Gruby S.V., Tatianina N.A. – Research and application of natural diamond crystals and lathe tools with increased wear resistance	19
Chumachenko E.N., Dzanashvili G.F., Elperin A.I. – CAD of main elements for technological processes, tools and equipment in bearing production press forging	24
Abasov V.A. – Chip forming features at electrochemical flat grinding	26
Vaitsekhovich S.M., Kuzhel A.E. – The complex evaluation system of construction materials application in industry	29
Amrakhov I.G., Pavlov I.O., Nikitin B.E. – The analysis of technological solutions under conditions of incomplete initial information	33

Chipless materials working

Shenderov I.V. – Simulation and optimization of the technological cycle dressing-heat treatment for long-measured workpieces	35
--	----

PRODUCTION ORGANIZATION AND ECONOMICS

Pavlenko V.V. – The economical problems of the firm repair and service maintenance for machines and equipment in conditions of the industry technical reconstruction	38
--	----

TECHNICAL INFORMATION

Alexeichuk G.P. – Stabilization and development problems of heavy, power and transport engineering industry	42
Brovman M.Ya., Kozlov G.F., Skiba A.P. – The complex mechanized plant for metal chip and slurry processing	43
Akhmetkhanov R.S., Gudushauri E.G. – The granulated tea production unit	45
Koryagin N.I., Sergeev A.V. – International salon-exhibition "Science – Mechanical engineering – Market"	47

Художественный редактор Т.Н. Галицына
Технический редактор С.А. Жиркина
Корректоры Л.Е. Сотошкиса, А.П. Сизова, Л.А. Ягупьева

Сдано в набор 3.02.97. Подписано в печать 12.03.97.
Формат 60×88 1/8. Бумага книжно-журнальная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 5,88. Усл. кр.-отт. 7,35. Уч.-изд. л. 7,76. Заказ 282.

УДК 621.941.1

С.В. ГРУБЫЙ, канд. техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана),
Н.А. ТАТЬЯНИНА (ГИНалмаззолото, Москва)

Исследование и применение кристаллов природных алмазов и резцов повышенной износостойкости

В современном приборостроении и машиностроении существует целый класс деталей, взаимодействующих в процессе эксплуатации с направленным электромагнитным излучением. По назначению можно выделить металлооптические элементы, входящие в состав лазерных резонаторов и фокусирующих оптических систем, которые являются прецизионными металлическими поверхностями с требованиями к отклонению формы в десятые доли микрометра, с максимальной высотой неровностей профиля менее 50 нм, с высокой отражательной способностью.

Наряду с традиционным методом финишной обработки таких поверхностей полированием свободным абразивом находит применение и развитие метод алмазного микроточения, имеющий некоторые технологические особенности [1, 2]. Преимущества метода реализуются, если на операции алмазного микроточения применены специальные резцы, оснащенные природными монокристаллическими алмазами. Известны такие резцы, как ИР227, ИР292, ИР361 и др., разработанные в НПО "ВНИИАлмаз" и изготовленные на Томилинском заводе алмазного инструмента. В качестве исходного сырья в резцах используется алмазное сырье по ТУ 47-2-73: природные монокристаллические алмазы группы VII подгруппы "в" и группы XXVI подгрупп "а" и "б" исходной массой 0,31±0,85 карата. Резцы аналогичного назначения изготавливают также в ИСМ АН Украины.

В технологических исследованиях и при обработке поверхностей металлооптических элементов на операции алмазного микроточения в производственных условиях применялись резцы ИР361 или аналогичные по конструктивному исполнению, изготовленные во ВНИИАлмазе и ИСМ, оснащенные кристаллами природных алмазов в форме октаэдра и ромбододекаэдра плотной структуры, прозрачные или полупрозрачные, без трещин и других видимых дефектов в рабочей части. Качество доводки режущей кромки контролировали металлографическим микроскопом "Неофот" при увеличении ×1000 (отсутствие сколов, выкрашиваний и других дефектов). Геометрические параметры режущей части резцов: передний угол 0°-2°; задний угол 11°-13°; радиус при вершине 2±3,5 мм. Косвенная оценка

радиуса скругления режущей кромки после доводки предполагает радиус, равный 0,01 мкм.

Алмазные резцы применены на специальных особо точных станках мод. МК6516 (МСПО "Красный пролетарий"), МО1805, САТ1805, САТ1815 (ИСМ) на технологической базе НПО "Композит". Опыт использования резцов указывает на возможность их работы при предварительной обработке поверхности после расточки и термообработки с подачей $s \leq 20$ мкм/об и глубиной резания $t \leq 15$ мкм без предъявления требований по качеству обработанной поверхности. Окончательное алмазное микроточение новым (переточенным) резцом при $s \leq 9$ мкм/об и $t = 3-4$ мкм обеспечивает получение медных и алюминиевых поверхностей оптического класса [3]. В качестве СОТС используется спиртовоздушная смесь при подаче в зону со стороны передней поверхности резца с расходом спирта 100±130 мл/ч.

Накоплен положительный опыт по окончательному алмазному микроточению поверхностей металлооптических элементов различного типа (рис. 1). На рис. 1, а показаны поверхности деталей в виде диска и кольца, центр которых совпадает с осью вращения планшайбы станка, что обеспечивает непрерывный характер обработки. Наибольший радиус R обрабатываемой поверхности определяется конструкцией станка, например станок мод. САТ1815 позволяет обрабатывать поверхности с радиусом до 750 мм.

Алмазное микроточение имеет прерывистый характер при обработке поверхностей деталей, приведенных на рис. 1, б: с внеосевым расположением обрабатываемых деталей; в виде прямоугольника и эллипса; с большим числом отверстий (перфорированных).

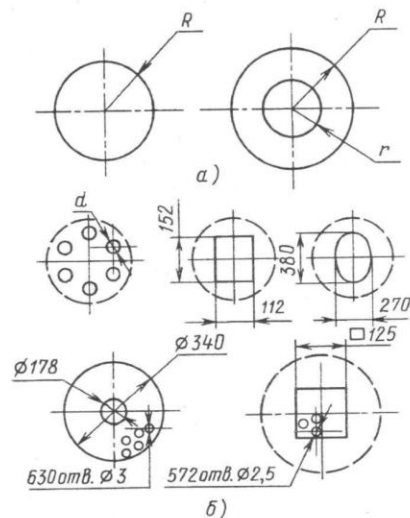


Рис. 1. Типы обрабатываемых поверхностей элементов металлооптики

Период стойкости резцов оценивали для каждого типа поверхности по суммарному пути до выхода параметров качества обработанной поверхности за пределы допустимого. Установлены допустимые параметры качества обработки, соответствующие периоду нормального изнашивания резца: наибольшая высота неровностей профиля менее 50 нм, отсутствие круговых рисок, царапин и других дефектов. Период катастрофического изнашивания соответствует появлению на режущей кромке резца микросколов усталостного характера и площадки износа. Величина износа в зависимости от пути резания аппроксимирована степенной функцией [4].

В соответствии с кинематикой станков путь L резания при непрерывном точении детали типа диска определяется как длина дуги Архимеда:

$$L = a/2(\varphi^2 + \ln 2\varphi), \quad (1)$$

где a – отношение скоростей равномерного движения вершины инструмента и равномерного вращения заготовки; φ – величина, равная произведению скорости вращения на время.

После преобразований и упрощений выражение (1) приводится к виду

$$L = \frac{3R^2n}{R_c v_c} 10^{-6}, \quad (2)$$

где L – путь резания, км; R – габаритный радиус поверхности, мм; n – частота вращения шпинделя станка, об/мин; R_c – кинематический параметр станка, мм; v_c – скорость круговой подачи резца, градус/с.

Частота вращения шпинделя станка контролируется электронным тахометром с дискретностью 1 об/мин, кинематический параметр определен для каждого типа станка, скорость круговой подачи регистрируется индуктивным датчиком с дискретностью 0,001 градус/с.

Учитывая характерные диапазоны режимов резания, можно отметить практически полное соответствие расчетных данных по выражению (2) и по формуле $L = \pi R^2/s_0$, приведенной для расчета пути резания в работе [4], где s_0 – подача резца на оборот детали.

Путь резания при прерывистом точении внеосевых поверхностей определяется в соответствии со схемой рис. 2, на которой показано расположение трех деталей радиусом R_d с центром каждой на окружности радиуса R_s относительно оси вращения O_p планшайбы станка. Планшайба имеет главное движение резания D_r с частотой вращения n , а резец – круговое движение подачи D_s со скоростью v_c , обеспечивая заданное значение s_0 . Тогда путь резания рассчитывается с использованием ЭВМ как сумма дуг 1-2 с шагом, равным подаче на оборот:

$$L_d = \left(\sum_{i=1}^{q-1} RA \right) k 10^{-6}, \quad (3)$$

где $R = (R_s - R_d) + (i - 1)s_0/1000$ – текущий радиус; $q = 2R_d/1000/s_0$ – число расчетных точек; A – текущий центральный угол; k – число обрабатываемых деталей; s_0 – подача, мкм/об.

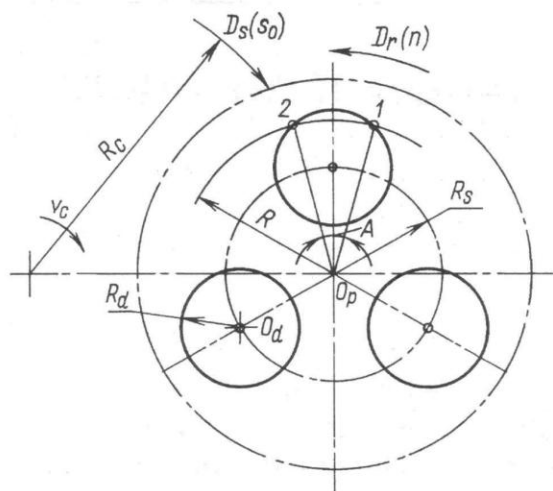


Рис. 2. Схема для расчета пути резания при внеосевом расположении обрабатываемых поверхностей

На основании технологических исследований и алмазного микроточения образцов и натуральных изделий с поверхностями из бескислородной меди или алюминиевого сплава определяются средняя стойкость алмазных резцов (191,1 и 69,7 км), их среднее квадратическое отклонение (53,5 и 30,1 км); коэффициент вариации (0,28 и 0,43 соответственно для 17 непрерывных и 8 прерывистых обработок).

Результаты анализа работоспособности алмазных резцов указывают на актуальность проблемы повышения их стойкости и стабильности режущих свойств, особенно при обработке крупногабаритных поверхностей. Например, путь резания одного прохода при непрерывном алмазном микроточении поверхности диаметром 1000 мм может составить $L \geq 150$ км [1], что сопоставимо со средним значением стойкости инструмента. Аналогичные результаты можно получить при прерывистой обработке внеосевых крупногабаритных поверхностей. Расчетные значения подачи и пути резания одного прохода в зависимости от скорости v_c круговой подачи при обработке трех внеосевых поверхностей с параметрами: $R_d = 203$ мм, $R_s = 254$ мм, $R_c = 726,8$ мм, $n = 150$ об/мин приведены ниже:

Значение параметра при $v_c, 10^{-3}$ градус/с:

	1,5	2,2	3	5	8
s_0 , мкм/об.	7	11	14	25	39
L , км.	52	35	26	16	10

Из приведенных данных следует, что возможно значение $L \geq 50$ км и путь резания приближается к средней стойкости резцов.

Следует учитывать, что в производственных условиях при алмазном микроточении крупногабаритных поверхностей стойкость резцов, как правило, уменьшается по сравнению с установленным средним значением вследствие влияния технологических факторов (табл. 1).

Характеристики поверхности				Суммарный путь резания, км	Износ кромки реза	
Вид, размеры, мм	Форма	Материал	Расположение			
Кольцо $\varnothing 798 \times \varnothing 120$	Плоскость	AMg6	Осевое	64	—	
Кольцо $\varnothing 798 \times \varnothing 120$	Плоскость			115,6	Отдельные сколы	
Кольцо $\varnothing 798 \times \varnothing 120$	Сфера $R = -6700$			133,1	Отдельные сколы	
Кольцо $\varnothing 798 \times \varnothing 120$	Сфера $R = -6700$			220,2	Сколы 15+20 мкм	
Кольцо $\varnothing 798 \times \varnothing 120$	Сфера $R = -6700$					
Круг $\varnothing 995$	Сфера $R = -6700$	Cu	AMg6	125	Сколы 1+6 мкм	
Круг $\varnothing 500$	Плоскость	Внеосевое, 3 детали		35,8	—	
Круг $\varnothing 406$	Парабола			95,2	—	
Круг $\varnothing 406$	Парабола			24,9	—	
Круг $\varnothing 500$	Сфера $R = -5090$	Осевое		174,3	Отдельные сколы	
Круг $\varnothing 406$	Парабола	Внеосевое, 3 детали				
Эллипс 380×270	Плоскость	Cu		Осевое	18,4	—

Целью исследований являлась разработка рекомендаций по отбору и аттестации кристаллов природных алмазов, обеспечивающих повышение средней стойкости резцов. На первом этапе из групп сырья по ТУ 47-2-73 были отобраны кристаллы массой 0,65+1,06 карата группы VII подгруппы "в", относящиеся к типу I-а разновидностей I и IV (алмазы с оболочкой "coatid diamonds") по классификации Ю.Л. Орлова. На последующих этапах выполнена аттестация отобранных кристаллов с применением общей методики и различных методов [5].

Внутреннее строение и напряжение кристаллической решетки исследовали методами: поляризационно-оптическим с помощью поляризационного микроскопа МПС-2У42, фотометрическим на фотополяризационном микроскопе "Orton" с автоэкспонетром. Электронно-микроскопические исследования поверхности {111} исходных кристаллов и рабочих поверхностей резцов {100} и {110} после предварительной огранки, после доводки перед эксплуатацией и после первой рекуперации проведены на электронном микроскопе-анализаторе ЭММА-2 методом реплик.

По результатам аттестации отобраны 35 кристаллов природных алмазов, уплощенных по осям L_3 . В скрещенных поляроидах при визуальной оценке внутренних напряжений все кристаллы имели характерную черно-серую интерференционную окраску. Яркость отдельных участков визуально различима (чувствительность глаза до 10^{-6} кд/м²). Количественную оценку яркости провели методом микроскопической фотометрии, причем диапазон яркости составил $0,3 \cdot 10^{-4} - 7,2 \cdot 10^{-3}$ кд/м².

Отобранные кристаллы отличались лишь внутренним строением и узорами аномального двупреломления в виде изоклин, радиально-лучистого, звездообразного и четырехлепесткового узора около включений. Характерными по люминесценции при длине волны возбуждения $\lambda = 365$ нм были случаи без видимой люминесценции, с ярко-голубой, локально проявляющейся бело-голубой и желтой люминесценцией.

Концентрация примесного азота в различной форме определена с использованием спектрофотометрического метода поглощения в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной областях спектра (спектрофотометр "Perkin Elmer-402,983") при длине волны края поглощения $\lambda = 308 + 418$ нм.

Проведенная спектрофотометрическими методами аттестация подтвердила соответствие кристаллов природных алмазов разновидностям I и IV. В табл. 2 приведены аттестационные данные некоторых кристаллов.

Из трех кристаллов, относящихся к разновидности I, кристалл 72-ки имеет наименьшее значение яркости интерференционной окраски и проявляет хорошие качественные характеристики в процессе эксплуатации и низкую интенсивность изнашивания даже в условиях прерывистого микрооточения. Электронно-микроскопические исследования передней и задней поверхностей реза после затупления показали наличие раковинных локальных сколов вблизи режущей кромки и начало фрагментационного процесса.

В кристалле 75-ки с более высоким значением яркости интерференционной окраски, т.е. с более

Кристалл	Разновидность	Окраска (оболочка)	Край поглощения λ , нм	Коэффициент поглощения, см^{-1} при $\lambda = 415,6$ нм	Люминесценция ($\lambda_{\text{возб}} = 365$ нм)	Узор аномального дупреломления	Яркость, 10^{-4} кд/м ²	Концентрация азота СА, ат/см ³
72-ки	I	Светло-изумрудно-зеленый нацвет	313	0,39	Н/л	Изоклины, расположенные крестообразно	2,57	$16,771 \cdot 10^{19}$
75-ки	I	Изумрудно-зеленый нацвет	314	—	Н/л	Изоклины, расположенные крестообразно и узор, связанный с включением в центре кристалла	7,87	$21,67 \cdot 10^{19}$
84-ки	I	Светло-желтовато-серый нацвет	318	5,43	Ярко-голубая	Изоклины, фантом звездообразный (пирамиды роста граней куба {100})	14,97	10^{20}
106-ки	IV	Матово-зеленовато-серая	313	0,11	Н/л	"Татами"	0,67	$28,87 \cdot 10^{19}$
97-ки	IV	То же	311	0,40	Бело-голубая	Неясен	1,17	$27,37 \cdot 10^{19}$
81-ки	IV	Ядовито-желтая	418	—	Н/л	Плохо различим, желтая и зеленая окраска	1,07	10^{20}
79-ки	IV	Матово-желто-зеленая	317	—	Н/л	Изоклины "осьминог"	2,27	10^{20}
89-ки	IV	Матовая	314	0,39	Н/л	Крестообразные изоклины	4,07	$31,37 \cdot 10^{19}$

Примечание. Н/л – не люминесцирует.

высокой степенью удельной оптической анизотропии, вызванной напряжением кристаллической решетки в обширной части объема кристалла около инородного микровключения, процесс разрушения начинается уже на стадии изготовления реза. Электронно-микроскопические исследования кристалла показали наличие хрупкого разрушения и образование микротрещин в виде прямоугольной сетки, т.е. начало разрушения по спайности. На макроуровне зафиксирован аналогичный характер разрушения образца, который произошел по спайности.

Кристалл 84-ки имел высокое значение яркости интерференционной окраски, вместе с тем показал высокую износостойкость (до затупления в условиях непрерывного микроточения $L = 220$ км). Можно предположить, что наличие примесного азота в форме N_2 в некоторой степени может являться положительным фактором и препятствовать разрушению кристалла даже при достаточно высокой степени напряжения кристаллической решетки. Электронно-микроскопические исследования показали наличие вторичных структур, возникших в результате пластической деформации, имеющей место в процессе изготовления и эксплуатации реза. Наблюдаются появление характерной тонкой полосчатой текстуры и на ее фоне – развитие фрагментации. Помимо типичных раковинных локальных сколов, близко расположенных к режущей кромке, наблюдаются следы интенсивного фрагментационного разрушения и вырывания целых фрагментов на самой режущей кромке. При визуальном контроле изношенного реза

с увеличением $\times 500$ и $\times 1000$ заметны сколы на передней поверхности и кромке с линейными размерами 15–20 мкм.

Исследования природных алмазов и полученные результаты испытаний резов, изготовленных из алмазов первой разновидности, показывают, что напряжение кристаллической решетки является одним из основных факторов, влияющих на выход годного в процессе изготовления резов.

Данные аттестации алмазов разновидности IV показывают, что низкое значение яркости интерференционной окраски может быть обусловлено не низкой степенью напряжения кристаллической решетки, а полупрозрачностью образцов с более утолщенной оболочкой. Так, кристалл 81-ки, имеющий яркость интерференционной окраски, равную $1 \cdot 10^{-4}$ кд/м², и утолщенную оболочку, разрушился в процессе изготовления реза. Однако резы, изготовленные из кристаллов 106-ки, 79-ки и 89-ки, также имеющих оболочку, но меньшей толщины, позволяющие определить тип узора аномального дупреломления, показали в процессе эксплуатации высокую износостойкость, в частности при обработке прерывистых поверхностей.

Электронно-микроскопические исследования передней поверхности кристаллов разновидности IV выявили наличие локальных раковинных сколов вблизи режущей кромки. Развитие фрагментационного разрушения наблюдается как на передней, так и на задней поверхности резов. Кроме того, обнаружено, что вдоль границ фрагментационного разрушения практически

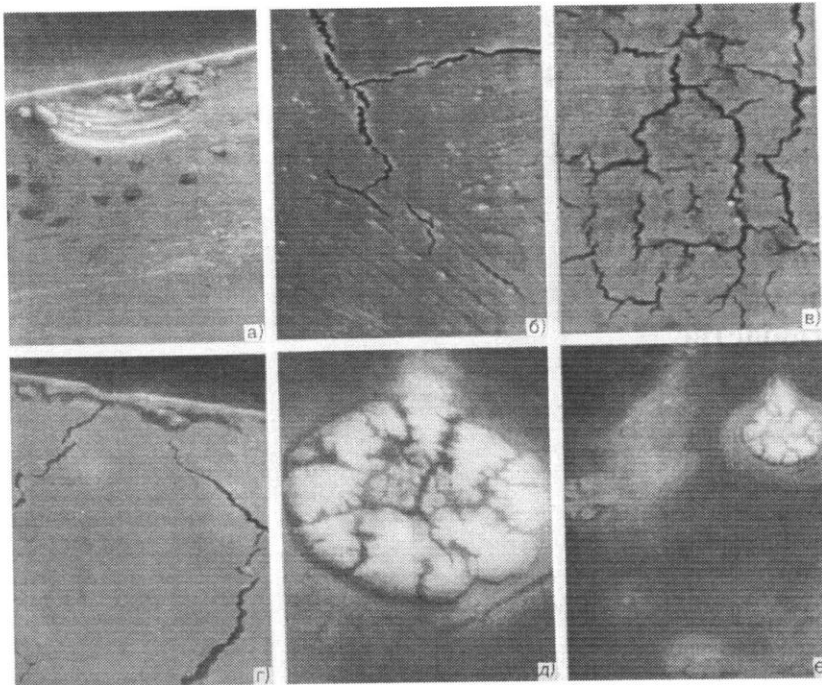


Рис. 3. Характер разрушения кристаллов алмазных резцов:
a – локальные сколы в виде раковин на режущей кромке ($\times 2400$); *б* – фрагментационное разрушение, декорируемое "blister"-образованиями на фоне полосчатой текстуры ($\times 4400$); *в* и *г* – фрагментационное разрушение на передней ($\times 4900$) и задней ($\times 1700$) поверхностях; *д* – "blister"-образование на передней поверхности ($\times 4100$); *е* – "blister"-образования и фрагментационное разрушение ($\times 3500$)

всегда наблюдаются мелкие белые пятна, которые при увеличении более $\times 4100$ имеют вид "blister"-образований с фрагментационным разрушением внутри, в некоторых случаях являющихся как бы центрами разрушения близрасположенной матрицы. Близкое расположение нескольких "blister"-образований с фрагментационным строением создает сетчатую картину разрушения образца.

Результаты сравнительного анализа электронно-микроскопических исследований этих кристаллов до обработки и после эксплуатации показали, что "blister"-образования проявляются в процессе эксплуатации в местах, где до обработки фиксировалась полосчатая текстура, на фоне которой отчетливо видны округлые образования или округлые образования видны на фоне идеально чистой поверхности.

Исследование характера разрушения и появления "blister"-образований позволяет предположить, что основной причиной износа в кристаллах разновидностей I и IV является наличие примеси азота. И если в процессе изготовления резцов присутствие азота в виде N_3 в некоторой степени препятствует разрушению кристалла, то в процессе эксплуатации резцов при соприкосновении алмаза с обрабатываемым металлом азот является основной причиной разрушения. По всей видимости, в процессе резания на контактных площадках образуются азиды, содержащие одну или несколько групп N_3 , которые и "взрываются" в условиях взаимного контакта. Разрушение поверхности резца тем интенсивнее, чем больше плотность "blister"-образований. Характерные особенности разрушения кристаллов

алмазных резцов показаны на рис. 3.

По результатам исследований кристаллов и испытаниям резцов разработаны рекомендации по отбору и аттестации природных алмазов. Так, при отборе алмазов разновидности I в первую очередь следует проводить аттестацию по яркости интерференционной окраски и по узорам аномального двупреломления. К характерным узорам, снижающим выход годного в процессе изготовления резцов, следует добавить узоры, связанные с неоднородными включениями. Алмазы со значением яркости интерференционной окраски более $14 \cdot 10^{-4}$ кд/м² следует отнести к резервной группе. При отборе алмазов разновидности IV необходимо проводить аттестацию по узорам аномального двупреломления и отбраковывать те кристаллы, в которых узоры неразличимы вследствие значительной толщины оболочки.

Для кристаллов с неоднородным внутренним строением необходимо оптимальное расположение характерных областей и недопустимо наличие макродефектов и протяженных дефектов (дислокаций) в рабочей части резца. Особое значение имеет одно-

родность по примесному составу, так как некоторые алмазы относятся к смешанному типу. В таких кристаллах, если обработке подвергается зона с пониженным содержанием азота, наблюдаются разрушения по границам фрагментации и полигонизации, которые могут уменьшать износостойкость резца.

Проведенные исследования расширили представления о механизме изнашивания алмазных резцов. Подтверждена необходимость предварительной аттестации, отбора и ориентации кристаллов с учетом особенностей их внутреннего строения. Создание и проверка работоспособности резцов повышенной износостойкости требует проведения специальных комплексных технологических исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грубый С.В. Выбор условий алмазного микрооточения крупногабаритных поверхностей // Вестник машиностроения. 1994. № 11. С. 40–43.
2. Грубый С.В., Милов И.В. Технологические особенности алмазного микрооточения крупногабаритных прецизионных поверхностей // Вестник машиностроения. 1995. № 6. С. 37–40.
3. Грубый С.В., Боговцева Л.П., Костеев В.А. Исследования состояния прецизионных поверхностей, обработанных методом алмазного микрооточения // Вестник машиностроения. 1996. № 7. С. 19–24.
4. Добровольский Г.Г., Дятлов Ю.А. Точность формы изделий при алмазном микрооточении // Сверхтвердые материалы. 1990. № 4. С. 58–62.
5. Татьяна Н.А., Кулаков В.М. Особенности разрушения алмазов Iа и промежуточного типов в процессе их обработки // Процессы производства и свойства благородных металлов, алмазов и изделий из них. М.: ГИНалмазолото. 1990. С. 159–164.