

Г.П. КУЗЬМИЧЕВ, А.М. ГРИГОРЬЕВ,
Е.Л. КЛЕЦКОВ, В.И. ТУРОМША, Т.В. ВАСИЛЕНКО

СНИЖЕНИЕ ДЕФОРМАЦИИ ТВЕРДОКАМЕННЫХ БАЗОВЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Применение природных твердокаменных материалов (ТКМ) в машино- и приборостроении позволяет наряду с экономией металлов улучшить эксплуатационные характеристики технологического оборудования благодаря высоким физико-механическим свойствам горных пород. ТКМ обладают высокой твердостью и износостойкостью, малой плотностью, низким коэффициентом трения и небольшим коэффициентом температурного расширения, не корродируют в агрессивных средах, имеют более высокую по сравнению с металлами демпфирующую способность в широком диапазоне частот и отличаются практически полным отсутствием внутренних напряжений. Основные физико-механические и теплотехнические характеристики ТКМ, широко применяемых для изготовления базовых деталей машин и приборов, в сравнении со сталью и чугуном приведены в табл. 1.

Основными эксплуатационными параметрами прецизионных базовых деталей являются точность и стабильность геометрической формы поверхности. По этим показателям ТКМ значительно превосходят сталь, чугун и цветные металлы.

ТКМ находят применение при изготовлении деталей прецизионной точности (неплоскостность не должна превышать 3 мкм) для специального техноло-

Т а б л и ц а 1

Характеристика	Гранит	Габбро-диабаз	Сталь 40Х13	Чугун СЧ21-40
Предел прочности, МПа:				
при растяжении	10...12	22...24	1600	210
при сжатии	170...220	280...310	—	750
при изгибе	20...26	30...32	—	400
Твердость				
HRC ₃	46...69	50...62	51...56	Менее 18...24
НВ	460...652	477...627	495...555	170...240
Модуль упругости, МПа	$(0,6...0,8) \cdot 10^5$	$0,94 \cdot 10^5$	$2,2 \cdot 10^5$	$1,1 \cdot 10^5$
Плотность, кг/м ³	2500...2700	3000	7800	7250
Коэффициент линейного термического расширения, К ⁻¹	$(1,6...6,2) \cdot 10^{-6}$	$(4,7...6,1) \cdot 10^{-6}$	$10,3 \cdot 10^{-6}$	$10,4 \cdot 10^{-6}$
Теплопроводность, Вт/(м·К)	2,8	3,37	46	29,3
Удельная теплоемкость, Дж/(кг·К)	895...920	879	703	624

гического оборудования (основания, плиты, направляющие) электронного машиностроения [1].

В силу особенностей природного состава и строения ТКМ обладают пористостью. На разных этапах обработки и в процессе эксплуатации в поры изделия попадает влага, что сопровождается деформированием базовых деталей [2]. Способность ТКМ поглощать влагу характеризуется параметрами, приведенными в табл. 2.

Деформирование базовых деталей вследствие насыщения влагой приводит к снижению их точности. Для сложных изделий, например статоров линейных шаговых двигателей, представляющих плиту из ТКМ с наклеенной пластиной и из электротехнической стали, изменения формы плиты обуславливают возникновение напряжений в плоскости склеивания и в ряде случаев разрушение контакта. В связи с этим возникает необходимость изоляции поверхности деталей из ТКМ от воздействия атмосферной влаги.

Поверхностные покрытия (лаки, краски и т. п.) не обладают необходимым сцеплением с ТКМ, истираются при эксплуатации, ухудшают эстетические показатели изделия и поэтому не могут применяться для влагозащиты. Наиболее приемлемым методом является пропитка ТКМ полимером. Пропитка повышает также прочностные характеристики ТКМ.

Модуль упругости ТКМ зависит от упругих деформаций, что объясняется наличием в структуре этих минералов микродефектов: межкристаллических пор и микротрещин. При небольших нагрузках нормальные напряжения распределены по сечению образца, исключая микронарушения сплошности. По мере увеличения нагрузки края микротрещин смыкаются, напряжения распределяются на большей площади, деформации уменьшаются, а модуль упругости возрастает. При напряжениях, близких к предельным для ТКМ, микротрещины развиваются, эффективное сечение образца уменьшается, что ведет к увеличению его деформирования и снижению модуля упругости. Заполнение микронарушений сплошности полимеризующимся материалом, близким по свойствам к ТКМ, позволяет повысить прочностные характеристики минералов.

Исследовались следующие варианты герметизации образцов из ТКМ:

- 1) пропитка погружением в циакриновый клей;

Т а б л и ц а 2

Материал	Месторождение	Плотность, кг/м ³	Пористость, %	Водопоглощение, %		Кэф-фициент насыщения пор
				по массе	по объему	
Габбро-диабаз	Ропручейское	3061	0,69	0,04	0,12	0,17
Гранит	Глушковичское	2722	1,11	0,03	0,09	0,08
Гранит	Капустинское	2681	1,52	0,09	0,24	0,16
Кварцит	Шокшинское	2671	0,86	0,13	0,34	0,39
Лабрадорит	Головинское	2797	0,39	0,04	0,1	0,26

2) вакуумная пропитка олитоэфиром и стиролом с последующей полимеризацией под действием γ -облучения, обеспечивающего поглощенную дозу радиации 25 Мрад;

3) пропитка погружением в смесь (1:1) диметилдихлорсилана и метилтрихлорсилана на 10...15 мин при $t < 17^\circ\text{C}$ с последующей полимеризацией при $t = 60...70^\circ\text{C}$ в течение 2...2,5 ч;

4) вакуумная пропитка герметиком "Анатерм-ИУ" в течение 15...30 мин при $t < 25^\circ\text{C}$ с полимеризацией при $t = 60...70^\circ\text{C}$ в течение 15...60 мин.

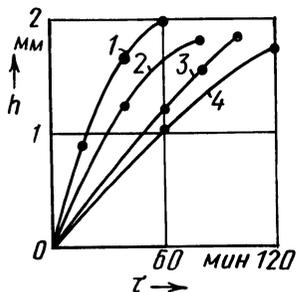
Пропитка циакрином обеспечивает хорошую защиту от влаги, но механические свойства покрытия в условиях трения поверхностей неудовлетворительны.

Пропитка олитоэфиром и стиролом позволяет получить надежное защитное покрытие толщиной до 3 мкм, но необходимость воздействия γ -облучением для полимеризации состава вызывает технологические трудности в условиях массового производства и особенно производства крупногабаритных деталей.

Третий метод позволяет получить достаточно прочную стекловидную пленку регулируемой толщины на поверхности детали из ТКМ. Однако высокая токсичность кремнийорганических жидкостей ограничивает применение данной технологии.

Наиболее приемлемой является пропитка герметиком "Анатерм-ИУ", обладающим хорошей смачиваемостью и проникающей способностью по отношению к ТКМ. После полимеризации герметика образуется соединение, по прочности превосходящее клеевое соединение на эпоксидной основе.

Рис. 1. Зависимость глубины проникновения герметика "Анатерм-ИУ" в габбро-диабаз от продолжительности пропитки T и степени разрежения p :
 1 - $p = 1,333$ Па; 2 - $p = 13,33$ Па; 3 - $p = 133,3$ Па;
 4 - $p = 1333$ Па



На рис. 1 показана зависимость глубины проникновения герметика в габбро-диабаз от продолжительности процесса и степени разрежения. Учитывая, что для надежной защиты поверхности от воздействия влаги достаточно проникновения герметика на глубину 0,1...0,3 мм, на основе графиков можно определить требуемые режимы пропитки.

На фотографии шлифа габбро-диабаза после пропитки отчетливо видно, что микротрещины и поры заполнены заподимеризовавшимся герметиком "Анатерм-ИУ" (рис. 2).

Изменение отклонения от прямолинейности δ диагонали статора линейного шагового двигателя, имеющего форму параллелепипеда размером 396 x 432 мм с основанием из габбро-диабаза, после шлифования и доводки

показано на рис. 3. Процесс релаксации напряжений в первом случае длится более 4 сут, во втором в течение 1...2 сут. Однако, как показали наблюдения за статорами в течение года, непрямолинейность их диагонали постоянно колеблется и может превышать исходное значение, полученное после окончательной обработки (рис. 4). Это объясняется влагонасыщением габбро-диабаз вследствие колебаний влажности воздуха.

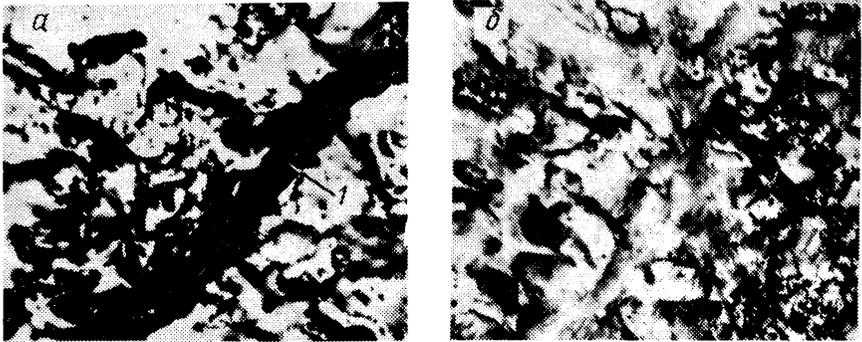


Рис. 2. Шлифы габбро-диабазы в исходном состоянии (а) и после пропитки герметиком "Анатерм-1У" (б):

1 – микротрещина

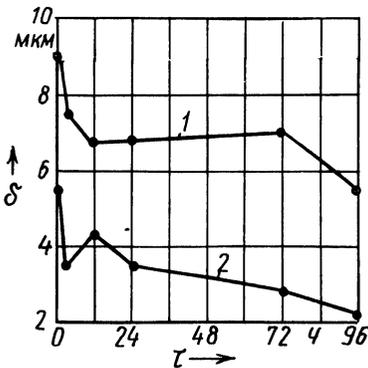


Рис. 3. Изменение непрямолинейности диагонали статора во времени:

1 – после шлифования; 2 – после доводки

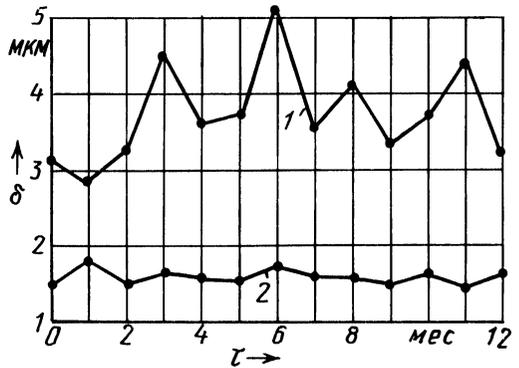


Рис. 4. Изменение непрямолинейности диагонали статора во времени:

1 – без пропитки основания; 2 – с пропиткой основания герметиком "Анатерм 1У"

Пропитка основания статора позволяет, во-первых, существенно повысить его точность (δ снижается примерно в 2 раза и составляет в среднем 1,6 мкм) и, во-вторых, стабильность геометрической точности во времени. В течение года у статоров, прошедших пропитку, δ изменяется в незначительных пределах, от 1,5 до 1,8 мкм.

Таким образом, герметизация полимером базовых деталей машин и приборов из ТКМ позволяет существенно повысить их точность и стабильность геометрической формы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмичев Г.П. и др. Камень вместо металла // Пром-сть Белоруссии. — 1983. — № 6. — С. 22–23. 2. Туромша В.И., Кузьмичев Г.П., Григорьев А.М., Клецков Е.Л. Особенности абразивной обработки твердокаменных материалов // Алмазная и абразивная обработка деталей машин и инструмента. — Пенза: Пензен. политехн. ин-т., 1987. — Вып. 15. — С. 9–13.

УДК 621.91.01:678.5

В.И. ХОДЫРЕВ, М.Н. ФИЛИППОВ

О ПРОЦЕССЕ ОБРАЗОВАНИЯ ВОРСА ПРИ РЕЗАНИИ ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

Механическая обработка полимерных материалов, армированных волокном, существенно отличается от обработки резанием других материалов, например металлов. Обработанная поверхность детали из волокнистого композита характеризуется как параметрами шероховатости Ra , Rz , так и сугубо специфическим параметром — ворсистой, часто являющейся определяющей характеристикой качества обработанной поверхности.

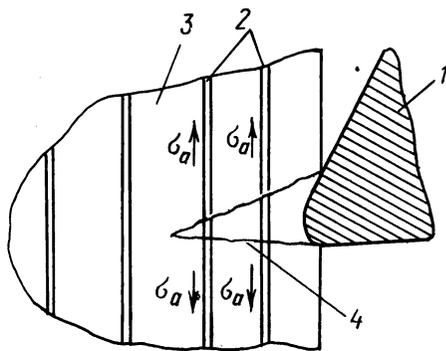


Рис. 1. Схема начального раскрытия трещины:

1 — режущий клин инструмента; 2 — армирующие волокна; 3 — матрица; 4 — трещина

Изучение методом скоростной кино съемки камерой СКС-1М-16 со скоростью 1000 кадров в 1 с процесса свободного прямоугольного резания композиционного материала, армированного стекловолокном, показало следующее. При врезании инструмента в обрабатываемый материал возникает трещина, которая затем развивается и углубляется. Начальное раскрытие трещины столь мало, что волокна между ее плоскостями не разрушаются (рис. 1). Продвижение режущего клина приводит к диспергированию матрицы перед передней поверхностью инструмента и либо к разрушению волокон, либо к их вытя-