

УДК 674.053

А.В. Алифанов, д-р техн. наук (ГНУ ФТИ НАНБ); Н.В. Бурносков, доцент

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ОКСИДНО-СУБОКСИДНОЙ КЕРАМИКИ ДЛЯ ОСНАЩЕНИЯ ДЕРЕВОРЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

This article is about use of ceramic elements for equipment woodcutting instruments.

Режущие свойства керамики весьма высоки. Однако применительно к условиям резания древесины и древесных материалов возникают проблемы снижения хрупкости и повышения ударной вязкости керамических режущих элементов. Из анализа литературных источников, посвященных вопросам снижения хрупкости керамик можно сделать вывод, что для повышения вязкости изделий из керамических материалов целесообразно использовать не чистые керамики, а металлокерамические материалы, представляющие собой гетерогенные композиции одной или нескольких керамических фаз с металлами. Керамической фазой могут быть оксиды, карбиды, нитриды и бориды, а металлической – алюминий, железо или тугоплавкие металлы.

Применительно к оксидной керамике отсутствуют данные о возможности получения основы из высшего и низших оксидов (субоксиды), например алюминия, так как его субоксиды ( $Al_2O$  и  $AlO$ ) обычно стабильны только при высоких температурах, приближающихся к температуре плавления высшего оксида ( $Al_2O_3$ ). В то же время отмечается, что наличие в оксидной керамике неполных оксидов может привести к снижению ее хрупкости. Изделия из порошковых материалов чаще всего получают двумя способами.

Первый способ заключается во введении в основной оксид одноименного металла в количестве 1–10% (мас.), хорошо смачивающего (при плавлении) свой оксид и растворяющегося в нем (в твердой фазе) до 5% и более.

В качестве таких композиций можно предложить, например, системы:

$Al_2O_3+Al$ ;  $TiO_2+Ti$ ;  $ZrO_2+Zr$ ;  $HfO_2+Hf$  и т. д.

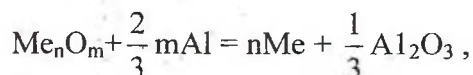
В процессе горячего прессования на воздухе (для  $Al_2O_3$ ) и в восстановительной или нейтральной атмосферах (для  $TiO_2$ ;  $ZrO_2$ ;  $HfO_2$ ) и при дефиците кислорода на границе фазового раздела «оксид-металл» образуются следующие субоксиды в соответствии с применяемой композицией:  $AlO$  и  $Al_2O$ ;  $TiO$  и  $Ti_2O_3$ ;  $Zr_3O_2$ ;  $Hf_3O$ .

Образующиеся субоксиды в процессе быстрого охлаждения от температуры прессования частично распадаются на высший оксид и металлическую пластичную фазу. Часть субоксидов стабилизируется при комнатной температуре в связи с быстрым охлаждением, располагаясь по границам зерен высшего оксида или образуя с ним гетерогенную смесь в зависимости от степени измельчения высшего оксида и количества вводимого металла. Металлическая (пластичная) фаза выделяется в микро- и макропорах и является препятствием (барьером) на пути распространения микротрещин, что хорошо согласуется с теоретическими предположениями [1–5].

В то же время за счет выделения и стабилизации субоксидов повышается прочность керамики, так как низшие оксиды (субоксиды) обладают большей вязкостью, чем высшие [4]. Этот эффект является основополагающим для увеличения вязкости и снижения хрупкости керамики.

Вторым направлением получения оксидно-субоксидных керамик является метод введения в порошок высшего оксида порошка металла-восстановителя, который обладает большим сродством к кислороду, чем металл основного оксида, например алюминия.

Основным условием самопроизвольного протекания реакции, представленной в общем виде:



где Me – какой-либо металл, составляющий основу оксида, является более высокая прочность оксида алюминия по сравнению с оксидами восстанавливаемых элементов [3]. По убыванию степени прочности в ряду элементов Zr, Ti, Si, B, Cr, Nb, Mn, V, W, Mo все оксиды этих элементов восстанавливаются алюминием. Элементы, образующие более прочные соединения в указанном ряду, могут служить восстановителями для менее прочных. В соответствии с принципом последовательности превращений высшие оксиды сначала восстанавливаются до низших, которые затем восстанавливаются до элемента [4].

Введение металла-восстановителя в количестве 1–10% (мас.), значительно меньшем теоретического (20–30%) [3], необходимого для полного восстановления, приводит к неполному восстановлению оксида с образованием субоксидов и небольшого количества металлической (восстанавливаемый металл) фазы.

С целью дальнейшего исследования механических и эксплуатационных свойств оксидно-субоксидной керамики на основе  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , используемой в качестве режущих пластин, были изготовлены соответствующие пластины квадратной формы размерами 13,5x13,5 мм и толщиной 5,6 мм. Пластины были получены горячим прессованием. Порошковая смесь «оксид алюминия (95% мас.) и алюминий (5% мас.)», включающая фракции порошков 10–20 мкм, помещалась в графитовую пресс-форму, реализующую схему двухстороннего сжатия. Пресс-форма нагревалась в металлическом контейнере при помощи спирали сопротивления, питаемой от стационарной теристорной установки, позволяющей регулировать выходное напряжение в пределах от 0 до 180 В. Максимальная потребляемая мощность установки 5,0 кВт при напряжении 180 В.

Спеченная оксидно-субоксидная керамика имеет черный цвет. Рентгенофазовый анализ, выполненный на рентгеновском дифрактометре ДРОН-ЗМ, выявил в полученных образцах четыре фазы:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}$ ,  $\text{AlO}$  и  $\text{Al}$  (табл. 1).

Таблица 1

**Результаты рентгенофазового анализа образцов оксидно-субоксидной керамики**

Выявленная фаза	Количество линий для идентификации	Объемная концентрация, %	Окно расшифровки, град
$\text{Al}_2\text{O}_3$	19	54,5	0,3
$\text{Al}_2\text{O}$	21	13,7	0,3
$\text{AlO}$	18	9,3	0,3
$\text{Al}$	6	9,3	0,4
Неидентифицируемые фазы	5	13,2	–

Высокопрочные режущие пластины из керамики на основе оксида алюминия с различными включениями производит ряд известных зарубежных фирм, например американско-германская «Кеннаметал-Хертель», шведская «Сандвик», израильская «Искар» и др. В странах-членах СНГ наиболее качественные режущие пластины изготов-

ливает Московский завод твердых сплавов на основе разработок ВНИИТС. Эти пластины при хорошем качестве дешевле зарубежных в 3 и более раз.

Механические свойства полученных оксидно-субоксидных образцов на основе  $Al_2O_3$ , отшлифованных алмазными кругами до размеров 13,7x13,7x4,76 мм, исследовались в сравнении с пластинами ВО-100 и ВОК-200, изготовленными во ВНИИТС. Пластины ВО-100 являются керамикой оксидного типа на основе  $Al_2O_3$  с добавками других оксидов. Пластины ВОК-200 являются керамикой оксидно-карбидного типа на основе  $Al_2O_3$  и TiC с добавками других оксидов. В табл. 2 приведены механические свойства режущих пластин, изготовленных во ВНИИТС, и оксидно-субоксидных керамических пластин (ОС), полученных по новой технологии.

Таблица 2

## Механические свойства керамик

Механические свойства	Единицы измерения	Образцы керамик		
		ВО-100	ВОК-200	ОС
Плотность	г/см <sup>3</sup>	4,16	4,2–4,3	4,1–4,2
Твердость	–	91–92	92–93	91–92
Предел прочности при изгибе	МПа	600	650	650
Предел прочности при сжатии	МПа	4800	5200	5010
Коэффициент трения по стали	–	0,29	0,27	0,21

Из табл. 2 видно, что по основным механическим свойствам образцы пластин из оксидно-субоксидной керамики на основе  $Al_2O_3$  (ОС) не уступают образцам ВО-100 ( $Al_2O_3$ ) или даже превосходят их и приближаются к показателям образцов ВОК-200, изготовленным на основе  $Al_2O_3$  и TiC, а по коэффициенту трения превосходят и ВО-100, и ВОК-200 за счет внутренней твердой смазки, в качестве которой служат включения свободного алюминия.

Наиболее высокие требования по износостойкости предъявляются к дереворежущему инструменту, используемому в процессах обработки плитных материалов. Процессы пиления круглыми пилами весьма распространены, и, кроме этого, здесь более благоприятные условия с точки зрения динамических нагрузок на режущие элементы. Возникшие проблемы крепления пластинок на остов пилы (в обычных условиях поверхности пластинок практически не смачиваются флюсами и припоями) было предложено решить также по новой технологии. В ионно-плазменную установку помещался заранее подготовленный остов пилы со специальной технологической оснасткой, в которой крепились пакеты пластинка–флюс–припой. Далее в глубоком вакууме направленным лучом проводился разогрев пакета и осуществлялся процесс пайки.

Были изготовлены две опытные пилы следующих параметров: диаметр – 250 мм, количество зубьев – 24, посадочный диаметр – 40 мм. После соответствующей подготовки – заточки кругами на основе алмазосодержащих материалов с угловыми параметрами: передний угол –  $20^\circ$ , угол заточки –  $50^\circ$ , задний угол –  $20^\circ$  пилы испытаны в производственных условиях на участке раскроя плит с контролем периода стойкости (времени переточек). Полученные результаты показали, что период переточек сравним с круглыми пилами, оснащенными твердым сплавом ВК-15.

Это свидетельствует о возможности и перспективности использования режущих элементов из оксидно-субоксидной керамики в процессах обработки древесины и древесных материалов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Тонкая техническая керамика / Под ред. Х. Янагида. – М.: Металлургия, 1986.–276 с.
2. Шведков Е.Л. «Вязкая» керамика за рубежом . – Киев, 1987. – 21 с. – (Препринт / Институт проблем материаловедения АН УССР; № 7, № 8).
3. Аллюминотермия / Н.П. Лякишев, Ю.Л. Плинер, Г.Ф. Игнатенко, С.И. Лапко; Под ред. Н.П. Лякишева. – М.: Металлургия, 48. – 423 с.
4. Степаненко А.В., Алифанов А.В., Бурносов Н.В., Лысов Д.С., Лысов В.Д. Получение режущих пластин из оксидно-субоксидной керамики на основе оксида алюминия // Разработка импортозамещающих технологий и материалов в химико-лесном комплексе: Материалы МТК.–Минск: БГТУ, 1997.

УДК 621.373.8

А.П. Клубков, доцент; А.А. Гришкевич, канд. техн. наук; В.И. Гиль, инженер

#### **ТЕРМОУПРОЧНЕНИЕ ЗУБЬЕВ ПИЛЬНОГО ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ЛУЧОМ ЛАЗЕРА**

In article it is told about processing woodworking the tool by a beam of the laser.

Одним из видов лазерной обработки металлов является лазерное поверхностное упрочнение. Термическое упрочнение лазерным излучением основано на локальном нагреве излучением участка поверхности и охлаждением его со сверхкритической скоростью после прекращения воздействия за счет теплоотвода во внутренние слои металла.

В отличие от закалки токами высокой частоты, электронагрева и других известных процессов, нагрев при лазерной обработке не является объемным процессом, а осуществляется с поверхности. При этом не требуется применять какие-либо охлаждающие среды. Лазерное термоупрочнение характеризуется малым временем воздействия и обеспечивает отсутствие деформации деталей. Тепловое воздействие при лазерном термоупрочнении регулируется в широких пределах за счет изменения параметров лазерного излучения. Это обеспечивает регулирование скорости нагрева и охлаждения металла, времени его пребывания при высоких температурах, что позволяет получать требуемую структуру и свойства поверхности.

Технологические возможности лазерного термоупрочнения позволяют использовать этот процесс в качестве заключительной операции без последующей механической обработки. Следует особо подчеркнуть возможности автоматизации процесса лазерного термоупрочнения.

В настоящее время как у нас в республике (ФТИ АН РБ, МАЗ и др.), так и за рубежом выполнен достаточно большой объем исследований в этом направлении. Имеются результаты промышленной апробации и использования в конкретных производственных процессах технологий лазерного упрочнения, доказывающие его высокую эффективность и перспективность.

Направленное изменение состояния поверхности материала с помощью лазерного облучения является сложным многофакторным процессом. При облучении в поверхно-