

УДК 621.921

Г.П. Богатырева, д-р техн. наук**В.И. Лавриненко**, д-р техн. наук**Ю.И. Никитин**, канд. техн. наук**В.Г. Полторацкий**, канд. техн. наук**И.В. Лещук**, канд. техн. наук**А.А. Девицкий**, преподаватель

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

СОВРЕМЕННЫЕ ПАСТЫ И ПОЛИРОВАЛЬНЫЕ СОСТАВЫ ИЗ СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ В МАШИНО- И ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Представлены результаты исследований широкой номенклатуры абразивных паст и полировальных составов на основе порошков из сверхтвердых материалов, а также экспериментальные технологии и технологический процесс их изготовления.

Введение

В Институте сверхтвердых материалов НАН Украины (ИСМ) для шлифовки и финишной обработки (доводки и полирования) разработаны и успешно применяются пасты и суспензии широкой номенклатуры и назначения на основе порошков из сверхтвердых материалов (СТМ): синтетических алмазов (СА) и кубического нитрида бора (КНБ) – торговая марка кубонит. Ими обрабатываются детали из металлов, сплавов, ферритов, кварца, кремния, германия, самоцветов и ряда других материалов, обеспечивая высокое качество поверхности, что способствует их успешному применению в машино- и приборостроении, в ювелирном деле и ряде других отраслей [1].

Современные пасты и суспензии (полировальные составы) различной консистенции – сложные, многокомпонентные структурированные системы, состоящие из точно классифицированных порошков СТМ и основы – композиционной связки. В качестве основы используют различные химические вещества и соединения, которые можно подразделить на следующие группы: поверхностно-активные вещества (ПАВ), структурообразователи (воски, стеарины, парафины), высокомолекулярные полимерные соединения, смазывающе-охлаждающие жидкости (СОЖ), смывные жидкости, присадки, растворители, вспомогательные вещества.

Пасты и суспензии из СТМ, изготавливаемые на основе мелкозернистых микропорошков (менее 10 мкм) и субмикropорошков, применяются в основном в качестве полировальных составов.

Выбор соответствующих химических веществ, ингредиентов зависит от требований, предъявляемых к пастам и суспензиям. Пригодность каждого вещества определяется в основном его физико-химическими и структурно-механическими свойствами, от которых зависят эксплуатационные характеристики данной абразивной продукции и условия ее применения.

Результаты исследований

В результате выполненных в ИСМ научных исследований свойств различных ПАВ установлена возможность модификации составов композиционных систем (основ) паст и суспензий из СА и кубонита с целью получения их с оптимальными физико-механическими и физико-химическими свойствами.

Изучена также возможность регулирования структуры рабочей пленки, создаваемой пастой или суспензией на обрабатываемой поверхности, путем образования на ней адсорбционных слоев ПАВ, изменяющих скорость диффузии рабочего слоя через адсорбционный слой. Для этой цели рекомендуется вводить в состав паст и суспензий соединения

оксиэтилированных высших аминов и амидов, блок-сополимеров оксидов этилена и пропилена на основе этиленгликоля и этилендиамина, эфиров многоатомных спиртов, т.е. представителей высокомолекулярных (полимерных) ПАВ.

По смываемости пасты и полировальные составы изготавливаются и подразделяются на: смываемые водой «В»; смываемые органическими растворителями «О»; смываемые водой и органическими растворителями. Кроме химических соединений и ПАВ, в состав паст и суспензий могут входить ряд других веществ, в частности, ароматические, способные не только придавать приятный запах, но и способствовать улучшению экологической среды [2].

В составе разработанных в ИСМ паст различного назначения используются шлифпорошки из синтетических алмазов марок АС2, АС4, АС6 зернистостью от 125/100 до 50/40, микропорошки марок АСМ, АСН и др. зернистостью от 60/40 до 1/0, субмикропорошки марок АСМ1, АСМ5 зернистостью 1/0,5, 0,7/0,3, 0,5/0,1, 0,5/0, 0,3/0, 0,1/0, микропорошки из кубонита (КМ) зернистостью 60/40 – 1/0. Суспензии изготавливаются из алмазных и кубонитовых микропорошков зернистостью от 10/7 до 1/0 и субмикропорошков. В зависимости от назначения в табл. 1 приведены рекомендации о применении марок и зернистостей алмазных порошков в пастах и полировальных составах.

Таблица 1

Назначение паст и полировальных составов, изготавливаемых из алмазных порошков различных марок и зернистостей

Марка алмазного порошка	Зернистость алмазного порошка, мкм	Рекомендуемая область применения паст и полировальных составов
А2, А3, АС2, АС4, АС6	125/100 100/80 80/63 63/50 50/40	Шлифование, грубая доводка различных материалов. Параметр шероховатости обработанной поверхности R_a от 2,50 до 0,32 мкм
АМ, АСМ, АН, АСН	60/40 40/28 28/20 20/14 14/10 10/7 7/5	Полирование и доводка различных материалов (сталь, сплавы, цветные металлы, неметаллические материалы). Параметр шероховатости обработанной поверхности R_a от 0,320 до 0,050 мкм
АМ, АСМ	5/3 3/2 2/1 1/0	Тонкое полирование и доводка металлов, сплавов и неметаллических материалов. Параметр шероховатости обработанной поверхности R_a от 0,250 до 0,020 мкм
АМ1, АСМ1, АМ5, АСМ5	0,7/0,3 0,5/0,1 0,3/0 0,1/0	Тонкое полирование и доводка сталей, сплавов и неметаллических материалов. Параметр шероховатости обработанной поверхности R_z не более 0,040 мкм

Основными показателями качества паст и суспензий из СТМ, которые контролируются при изготовлении и в процессе применения, являются абразивная способность, параметр шероховатости обработанной поверхности, содержание порошка из СТМ, консистенция, термостойкость, скорость съема и параметр шероховатости поверхности, обработанной пастами и суспензиями из субмикропорошков, коллоидная и механическая стабильность. В ИСМ разработаны все необходимые методики [3; 4].

Сущность метода определения абразивной способности паст заключается в определении разности массы блока с образцами из твердого сплава марки ВК6 или ВК8 (для алмазных паст и суспензий) и образцов из стали ШХ15 (для кубонитовых паст) до и после проведения испытания на установке УАС-2М конструкции ИСМ.

Метод определения консистенции паст заключается в определении пенетрации (числа проницаемости), которая характеризует ее значение. Число проницаемости определяют с помощью пенетromетра, снабженного плунжером с конусом. Результатом является среднеарифметическое трех измерений глубины погружения конуса в образец пасты.

Для испытания скорости съема и параметра шероховатости поверхности, обработанной пастами и суспензиями из субмикророшков, используют шлифовальный станок настольного типа с частотой вращения 80 об/мин, специальные приспособления и приборы.

Термостойкость паст характеризуется наибольшей температурой, при которой паста сохраняет эксплуатационные свойства. Для определения термостойкости используют установку конструкции ИСМ НАН Украины с нагреваемым стержнем, на который наносится навеска пасты массой 0,3 г. При первых видимых изменениях состояния нагреваемого образца регистрируют показания термометра. Проба пасты может расплавиться и из нее начинает вытекать, испаряться или выгорать наименее стойкий компонент. Температура нагрева, зарегистрированная при этом, и будет характеризовать термостойкость пасты.

Для определения коллоидной стабильности алмазных паст типа «О» на специальную подставку прибора устанавливают чашечку, заполненную навеской испытуемой основы пасты, накрывают кружком фильтровальной бумаги, предварительно пропитанным испытуемой основой. Затем наверх помещают еще несколько кружков фильтровальной бумаги, устанавливают прижимное устройство с грузом массой 1 кг, выдерживают 30 мин при комнатной температуре и под давлением отпрессовывают жидкие ингредиенты, входящие в основу пасты. Результатом служит среднеарифметическое значение двух параллельных испытаний.

Пасты и суспензии из СТМ изготавливаются нормальной (Н), повышенной (П) и высокой (В) массовыми долями алмазного или кубонитового порошка. Содержание микропорошков из СТМ в суспензиях соответствующих зернистостей то же, что и в пастах.

По консистенции пасты из СТМ подразделяются на мазеобразные (М) и твердые (Т). Для мазеобразных паст при температуре $20 \pm 5^\circ\text{C}$ консистенция должна соответствовать в пределах от 100 до 400 делений пенетromетра, твердых – от 20 до 80 делений.

Содержание массовых долей порошков в пастах разных зернистостей, а также абразивная способность и шероховатость поверхности паст из алмазных шлиф- и микропорошков с массовыми долями порошков в пастах по ГОСТ (Н, П и В) приведены в табл. 2. Скорость съема обрабатываемого материала при полировании пастами и суспензиями из алмазных субмикророшков приведены в табл. 3, а абразивная способность паст и суспензий из кубонита – в табл. 4. Значение абразивной способности и съема обрабатываемого материала пастами и суспензиями из кубонита в среднем в 2 раза ниже, чем алмазных.

Пример условного обозначения пасты из микропорошка марки АСМ зернистостью 28/20 с повышенной массовой долей алмаза (П), смываемых водой (В), твердой консистенции (Т): паста алмазная АСМ 28/20 ПВТ ГОСТ 25593-83.

Массовая доля порошка в пастах и суспензиях из СТМ существенно влияет на эффективность обработки материалов. Пониженное содержание порошка в пастах приводит к снижению производительности обработки. Высокое содержание порошка в пастах, превышающее оптимальное значение, приводит к нарушению структуры пасты и накоплению шлама, что также значительно снижает работоспособность пасты.

Таблица 2

Содержание алмазного и кубонитового порошка в пасте, абразивная способность и шероховатость поверхности паст и суспензий из алмазных шлиф- и микропорошков

Зернистость алмазного порошка, мкм	Содержание алмазного и кубонитового порошка в пасте (мас., %)			Абразивная способность пасты, мг, не менее, при массовой доле алмазов			Параметр шероховатости поверхности R _a , по ГОСТ 2789-73, мкм, не более	
	Н	П	В	Н	П	В	до обработки	после обработки
125/100	40	60	–	160	220	–	–	–
100/80	40	60	–	150	200	–	–	–
80/63	40	60	–	140	190	–	–	–
63/50	20	40	–	130	180	–	–	–
50/40	20	40	–	125	175	–	–	–
60/40	8	20	40	65	125	160	0,400	0,200
40/28	8	20	40	60	110	150	0,200	0,160
28/20	6	15	30	55	100	145	0,160	0,125
20/14	6	15	30	50	95	140	0,125	0,100
14/10	6	15	30	45	90	135	0,100	0,080
10/7	4	10	20	40	85	130	0,080	0,063
7/5	4	10	20	35	75	125	0,063	0,050
5/3	4	10	20	30	60	95	0,050	0,040
3/2	2	5	10	–	–	–	0,040	0,032
2/1	2	5	10	–	–	–	0,032	0,025
1/0	2	5	10	–	–	–	0,025	0,020
1/0,5	2	5	10	–	–	–	–	–
0,7/0,3	2	5	10	–	–	–	–	–
0,5/0,1	2	5	10	–	–	–	–	–
0,3/0	2	5	10	–	–	–	–	–
0,1/0	2	5	10	–	–	–	–	–

Пасты, смываемые органическими растворителями, рекомендуются для обработки металлов и сплавов, применяются в основном при доводке и полировании. Они обеспечивают высококачественную зеркальную поверхность с чистым и ровным отражением. Разбавляются они различными маслами, керосином, их смесью. Смываются керосином, бензином и другими органическими растворителями.

Пасты и суспензии, смываемые водой («В»), рекомендуются для обработки неметаллических твердых материалов, а также металлов в тех случаях, когда недопустимо применение огнеопасных жидкостей для промывки обработанных изделий. Они разбавляются и смываются 1%-ым водным раствором тринатрийфосфата, слабыми растворами соды или дистиллированной водой.

Пасты и суспензии из СТМ, смываемые водой и органическими растворителями («ВО»), рекомендуются для обработки металлов, сплавов и неметаллических материалов. Они обладают хорошей смачивающей способностью, хорошо разбавляются и смываются дистиллированной водой, а также органическими растворителями.

При использовании паст и суспензий из СТМ взамен обычных абразивных (из карбида кремния, карбида бора, электрокорунда и др.) при той же зернистости производительность обработки увеличивается в 2-3 раза и более.

Таблица 3

Скорость съема материала при полировании пастами и суспензиями из алмазных субмикророшков, мкм/мин

Зернистость алмазного порошка, мкм	Доля алмаза (мас,%)	АМ, АСМ1 (не менее)	АМ5, АСМ5 (не менее)
0,7/0,3	2	0,60	0,45
	5	0,70	0,50
	10	0,80	0,60
0,5/0,1	2	0,40	0,35
	5	0,45	0,40
	10	0,50	0,45
0,3/0	2	0,30	0,25
	5	0,35	0,30
	10	0,40	0,35
0,1/0	2	0,10	0,05
	5	0,12	0,07
	10	0,15	0,10

Таблица 4

Абразивная способность паст и суспензий из кубонита, мг

Зернистость алмазного порошка, мкм	Н		П		В	
	норма (не менее)	фактически	норма (не менее)	фактически	норма (не менее)	фактически
60/40	30	35	50	76	75	80
40/28	30	32	50	75	75	79
28/20	28	30	45	60	65	72
20/14	26	28	42	56	62	68
14/10	22	25	40	50	54	63
10/7	18	20	27	35	47	60
7/5	13	18	24	30	42	48
5/3	9	12	15	20	30	41

В ИСМ проведены исследования физико-механических характеристик составов паст, включающих смеси порошков различных абразивных материалов, с целью снижения расхода порошка из СТМ и стоимости пасты. Известно, что присутствие дополнительного абразивного материала в смеси улучшает качество обработанной поверхности. Обычно в такие смеси дополнительно вводят абразивный материал, зернистость которого меньше или равна зернистости основного абразивного порошка. Так, некоторые алмазные пасты содержат карбид кремния или карбид бора в качестве наполнителя [5].

Пасты с повышенной термостойкостью оцениваются максимальной температурой, при которой они удерживаются в зоне обработки. Их целесообразно применять в тех случаях, когда процесс сопровождается выделением большого количества тепла. Исследовались алмазные пасты, основа которых включала смесь термостойких органических соединений с температурой плавления выше 150°C. В результате проведенных исследований был создан целый ряд высокоэффективных составов паст и суспензий на основе ПАВ, структурообразователей, термостойких соединений, обладающих смачивающими, диспергирующими, адгезионными, антистатическими и другими свойствами, обеспечивающими высокую работоспособность.

При использовании алмазных паст необходимо создать условия, исключаящие возможность их загрязнения или попадания в данную пасту более крупных зерен. Любое более крупное зерно может оставить на обрабатываемой поверхности глубокие риски, что ведет к дополнительной затрате труда на повторную обработку деталей, а в некоторых случаях может привести к браку.

Притир применяют только для одной зернистости. Для этого его маркируют или окрашивают в цвет, присвоенный этикетке пасты данной зернистости. В качестве материала для притира используют чугуны, незакаленную сталь, латунь, медь, фибру, древесину, кожу, войлок, фетр и др. Выбор притира зависит от обрабатываемого материала, его твердости и требуемой шероховатости поверхности. Для осуществления доводки необходимо, чтобы абразивные зерна вдавливались в поверхность притира. Этот процесс называется шаржированием притира.

При выборе материала для изготовления притира руководствуются следующими правилами. Чем глубже риски на поверхности от предыдущей обработки, тем больший припуск снимают при доводке и тем крупнее должна быть зернистость применяемой алмазной пасты, тверже притир. Если имеются алмазные пасты мелких зернистостей и необходимо получить высокое качество обрабатываемой поверхности, применяют наиболее мягкие притиры. Используя притиры различной твердости, можно получить разные результаты при одной и той же зернистости.

Проводились исследования, целью которых было определить влияние характеристик материалов, контактирующих с абразивным порошком, на возникновение электрических явлений в зоне обработки [6]. Результаты показали, что наибольшая величина электризации наблюдается при контакте абразивных зерен с медными материалами и материалами, имеющими в своем составе медь, в том или ином процентном соотношении, наименьшая величина – при контакте с диэлектриками. Также на величину электризации в зоне шлифования влияют характеристики абразивного материала, обрабатываемого материала и режимы обработки. Кроме того, было определено, что повышение величины электризации в зоне обработки способствует повышению продуктивности процесса, следуя из вышеприведенного, достичь этого можно, в том числе, используя в качестве материала притира медь и латунь.

Доводка производится последовательно двумя-тремя алмазными пастами с постепенным переходом от более крупной к более мелкой. Количество последовательно применяемых паст зависит от припуска и требуемой шероховатости обрабатываемой поверхности. При небольших припусках и малых рисках доводка осуществляется пастой одной зернистости.

Одним из важнейших достоинств паст из СТМ является обеспечение высокоэффективной обработки деталей из твердых неметаллических материалов, сплавов, закаленных сталей, а также доводки сопрягаемых поверхностей деталей.

Применение паст из АС и кубонита при изготовлении гидравлической, пневматической и топливной аппаратуры из различных материалов обеспечивает необходимое качество уплотнительных поверхностей (перед притиркой уплотнительные поверхности обрабатываются до требуемой шероховатости поверхности).

С целью улучшения эксплуатационных характеристик, повышения производительности и качества обработки в ИСМ разработаны новые высокоэффективные составы суспензий из СТМ в аэрозольной упаковке. Основой являются специально подобранные ПАВ, совмещающиеся с используемым при аэрозольной упаковке пропеллентом, который создает давление в баллоне для суспензии. Для улучшения экологической среды в настоящее время в качестве пропеллентов вместо фреонов используют пропан-бутановые смеси, которые совмещаются со многими органическими ПАВ. Аэрозольный способ экономически выгоден, так как в 2-3 раза уменьшается удельный расход алмазного порошка, повышается эф-

флект его действия и сокращается трудоемкость обработки. Алмазные суспензии в аэрозольной упаковке испытаны и применены на ряде промышленных предприятий различных отраслей промышленности. Результаты испытаний подтвердили высокую эффективность и целесообразность их внедрения при обработке специальных изделий.

Выводы

Обеспечение возросших требований к повышению качества абразивной обработки является важнейшей задачей в современном машино- и приборостроении, ювелирном деле, решение которой во многих случаях невозможно без применения паст и полировальных составов из СТМ на операциях доводки и полирования деталей (изделий) из труднообрабатываемых материалов. В связи с этим весьма перспективным направлением в решении сложных проблем в данной области по повышению работоспособности паст является использование в их составах композиционных порошков с углеродной матрицей, получаемых методом эпитаксиального синтеза [7-9]. Научно-технологический алмазный концерн НАН Украины и ИСМ обладают надежной технологией изготовления широкой номенклатуры паст и полировальных составов из СТМ – синтетических алмазов и кубонита, что позволяет удовлетворять все более возрастающие потребности промышленности в качественной абразивной продукции для шлифования, доводки и полирования деталей в машино- и приборостроении [10].

Список использованных источников

1. Новиков Н.В. Итоги и современные тенденции получения инструментальных сверхтвердых материалов / Новиков Н.В. // Сверхтвердые инструментальные материалы на рубеже тысячелетий: получение, свойства, применение: материалы международной научно-технической конференции, 4-6 июля 2001 г. – Киев: ИСМ НАН Украины, 2001. – С. 4-6.
2. Сверхтвердые материалы. Получение и применение: монография в 6 томах. Том 4. Инструменты и технологические процессы в прецизионной финишной обработке / под общей ред. Н.В. Новикова. – Киев: ИСМ им. В.Н.Бакуля, НПЦ «Алкон» НАНУ, 2006.
3. Новиков Н.В. Методы испытаний инструментальных материалов / Новиков Н.В., Лощак М.Г. – Москва 2005. С. 90 – 111.
4. Новиков Н.В. Однородность шлифпорошков синтетических алмазов и критерии ее количественной оценки / Новиков Н.В., Никитин Ю.И., Петасюк Г.А. // Сверхтвердые материалы. – 1999. – № 5. – С. 65-73.
5. Синтетические сверхтвердые материалы: ВЗХ т. 2 / редкол.: Н.В. Новиков (отв. ред.) и др. – Киев: Наукова думка, 1986. – 264 с.
6. Лавріненко В.І. Дослідження зміни напруженості електростатичного поля при шліфуванні / Лавріненко В.І., Ситник Б.В., Девицький О.А. // Високі технології в машинобудуванні: збірник наукових праць НТУ «ХП». – Харків, 2008. – С. 215-220.
7. Новиков Н.В. Целенаправленное получение композиционных алмазных материалов с углеродной связкой и дифференцированными свойствами / Новиков Н.В., Никитин Ю.И., Полторацкий В.Г., Федосеев А.В. // Сверхтвердые материалы. – 1995. – № 3. – С. 13-19.
8. Новиков Н.В. Способ оценки однородности абразивного порошка: патент Украины № 53964 / Новиков Н.В., Никитин Ю.И., Богатырева Г.П., Петасюк Г.А.; опубл. 15.02.2006, Бюл. № 2.
9. Новиков Н.В. Абразивная паста: патент Украины № 4940 / Новиков Н.В., Никитин Ю.И., Богатырева Г.П., Полторацкий В.Г., Муровский В.А.; опубл. 15.02.2005.
10. Новиков Н.В. Современные технологии обработки и инструменты из сверхтвердых материалов ИСМ НАН Украины в машино- и приборостроении / Новиков Н.В., Шепелев А.А. // Инструментальный світ. – 2001. – № 10-11. – С. 10-16.