

Ювелирные эпоксидные компаунды: свойства и особенности применения



Фото: www.Fito-Art.ru

Приведены оптические, технологические и эксплуатационные характеристики ювелирных эпоксидных компаундов марки ПЭО и известных зарубежных аналогов марок Crystal resin и EpoxAcast 690. На основании результатов исследований даны рекомендации по выбору ювелирных компаундов исходя из их конкретного применения в бижутерии, включая создание объемных покрытий, заливку в форму и имитацию воды. Показано, что марочная серия отечественных компаундов ПЭО не уступает импортным аналогам в оптическом качестве и стойкости к УФ-облучению, охватывая при этом более широкий диапазон по вязкости и жизнеспособности.

С. А. Гейдур, к. т. н., Лаборатория физики полимеров СПбГТИ(ТУ) (Санкт-Петербург)

Оптически прозрачные эпоксидные компаунды широко используются в различных областях науки и техники – оптоэлектронике, медицинском приборостроении, атомной энергетике, квантовой электронике [1, 2]. В последние годы к этому добавилось новое направление – так называемое «ювелирное». Эпоксидные компаунды стали широко применяться при изготовлении бижутерии, сувениров, оригинальных столешниц, ручек ножей и т. д. – как в быту, так и в производственных условиях. В интернете им посвящено несколько обзоров, фото и видео-мастер-классов [3–5], из которых видно, какой замечательный материал появился в руках мастеров и каковы его потенциальные возможности. Прозрачный как лед, он прекрасно окрашивается, при заливке в форму может принимать любую заданную конфигурацию, в отвержденном состоянии может использоваться как объемное глянцевое покрытие (с эффектом «линзы») и обладает гибкостью в определенных условиях. Но чтобы начать собственный бизнес в этой области или просто увлечься этим видом так называемого «хэндмэйд»-творчества, необходимо более глубоко разобраться в особенностях свойств эпоксидных компаундов ювелирного назначения. Большой опыт по этому пово-

ду накоплен в Лаборатории физики полимеров Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) – СПбГТИ(ТУ).

Целью настоящей работы было сравнить технологические и эксплуатационные (в том числе оптические) свойства ювелирных эпоксидных компаундов отечественного и импортного производства и выдать рекомендации по выбору компаундов в зависимости от их назначения и по работе с ними.

На какие характеристики ювелирного эпоксидного компаунда следует обратить внимание мастеру? Одна из самых главных – оптическое качество компаунда, и прежде всего, **коэффициент светопропускания**, требования к которому, в свою очередь, существенно зависят от толщины полимерного слоя будущего изделия. Какое изделие получится – бесцветное, с легким или сильным желтым оттенком? Это можно определить навскидку, и для этого даже не нужен спектрофотометр, достаточно посмотреть на прозрачные баночки с компонентами А (эпоксидной основой) и В (отвердителем). Известно, что в производстве бижутерии и сувениров ювелирные компаунды могут иметь по крайней мере 3 основные области применения (табл. 1):

Таблица 1. Основные области применения ювелирных эпоксидных компаундов и примерная толщина слоя h

№	Область применения	h , мм
I	Создание объемного покрытия	До 2
II	Заливка в форму	3–40
III	Имитация воды	50–150

Для первого применения (I) допускается использовать компаунды, один из компонентов которого имеет слабое желтое окрашивание. Чем тоньше покрытие, тем требования к цветности исходных продуктов слабее и наоборот. Ярким примером могут служить оптические эпоксидные клеи еще советской разработки – ОК-50 и ОК-72 (ГОСТ 14887-80). Они изготовлены из компонентов желтого цвета. Тем не менее, коэффициент пропускания клеевой прослойки в видимой области спектра для них составляет 99 %, но... при ее толщине до 10 мкм.

Для второго (II) и особенно третьего (III) применений бесцветность обоих компонентов обязательна. Таким образом, если в изделиях предполагаются толщины эпоксиполимерного слоя менее 1–2 мм, подойдет любая из ювелирных марок; если более 2 мм, нужно использовать компаунды только с бесцветными компонентами. На фото 1 приведены примеры различных ювелирных изделий, изготов-



Фото 1. Примеры изделий, изготовленных из ювелирных эпоксидных компаундов марочной серии ПЭО [5]

ленных с применением эпоксидных компаундов.

Иногда компонент А имеет слабый сине-фиолетовый оттенок. Не стоит пугаться, он тоже годится. Просто в компонент А введена **отбеливающая добавка**. Это делается для улучшения эстетического восприятия ювелирного компаунда. Здесь используется свойство человеческого глаза. Когда о чем-то говорят «кристально чи-

стый», подразумевается обязательно наличие голубизны (синева). Особенно это важно при изготовлении «толстых» изделий с толщиной свыше 30–50 мм. Во многих зарубежных компаундах, например марок Crystal resin, ICE resin и др., используется этот прием. Отечественные компаунды ПЭО [4, 5] выпускаются в двух вариантах – с отбеливающим эффектом (например, ПЭО-510КЭФ-20/0) и без него

(ПЭО-510КЭ-20/0). Возможен еще третий вариант, когда мастер сам может добавить в компаунд отбеливающий концентрат с подобранной «по собственному вкусу» концентрацией (ПЭО-510КЭ-20/0 плюс ЭПОКСИКОН-400 (110А)).

Важнейшие технические характеристики ювелирных эпоксидных компаундов ведущих производителей приведены в табл. 2. Показатели качества компаундов ПЭО регламентируются ТУ 2257-407-02068474-2003, ТУ 2257-435-02068474-2009 и ТУ 2257-441-02068479-2011. В качестве основы компонентов А этих компаундов использованы диановые эпоксидные олигомеры с эпоксидивалентной молекулярной массой 176–192 г/экв, полученные взаимодействием бисфенола А с эпихлоргидрином и модифицированные специальными добавками. Компонентом В служит смесевой отвердитель полиаминного типа. Коэффициент светопропускания компонентов А и В в слое толщиной 10 мм на длине волны 555 нм, соответствующей максимуму кривой видности глаза, составляет не менее 99 %.

Соотношение между компонентами А и В. Поскольку плотности компонентов различны, соответственно соотношение А:В будет различно «по массе» и «по объему». Неучет этого обстоятельства – частая причина ошибок при



Тел.: 8-800-700-67-24

Тел.: 8-4812-29-40-20

Сайт: www.tpk-ps.ru

E-mail: prom-sistem@mail.ru

изготовление электронагревателей

КОЛЬЦЕВЫЕ | ПАТРОННЫЕ | ПЛОСКИЕ | ВИТКОВЫЕ

ВСЕ СПЕКТР ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТЧИКОВ ПЛАСТМАСС И ПОЛИМЕРОВ



Таблица 2. Технические характеристики ювелирных эпоксидных компаундов

Характеристика	Марка компаунда						
	ПЭО-10К-20/0	ПЭО-610КЭ-20/0	ПЭО-510КЭ-20/0	ПЭО-10КЭ-20/0	ПЭО-210КЭ-20/0	Crystal resin	EpoхАсast 690
Фирма-производитель	СПБГТИ(ТУ), Россия					РЕВЕО S.A., Франция	Smooth-On, Inc., США
В неотвержденном состоянии							
Упаковка	150 г, 300 г, 600 г, 1200 г и любая масса в пределах 10–200 кг					150 мл, 300 мл, 750 мл*	1,18 кг, 4,72 кг*
Соотношение А:В по массе	100:25					–	100:30*
Соотношение А:В по объему	100:30					100:50*	–
Вязкость, мПа·с (при 25 °С)	900	780	640	480	240	430	200*
Жизнеспособность, ч (при 25 °С)	2–3	3–4	5–6	8–10	12–15	2	5*
Время отверждения, ч (при 25 °С)	42–54		54–66	66–84		24*	24–48*
Срок хранения, мес. (температура хранения, °С)	6 (20–25) или 12 (3–8)					6 (15–25), беречь от холода*	Ограниченный срок (23)*
В отвержденном состоянии							
Внешний вид	Бесцветный, выпускается с отбеливающим эффектом и без него					Бесцветный, с отбеливающим эффектом	
Фотостойкость по 5-балльной шкале	4					3	4
Максимальная температура эксплуатации, °С	80			75	70	50*	46*
Твердость по Шору (метод D), отн. ед.	80		75–78	65–70	50–60	80	80*
Вид применения (см. табл. 1)	I	I, II	I, II	II, III	II, III	I, II	I, II
Максимальная толщина слоя, мм	15	30	50	100	150	20–50*	50*
Максимальный объем компаунда, л	0,05	0,1	0,2	0,5	1,0	0,15*	–

* Литературные данные.

работе с эпоксидными компаундами. При «правильном» (иначе – стехиометрическом) соотношении компонентов все эпоксидные группы прореагируют с отвердителем и будет образована однородная трехмерная полимерная структура. Избыток или недостаток отвердителя в эпоксидном компаунде негативно отражается на качестве конечного эпоксидного полимера: снижаются прочность, химическая стойкость, термостойкость, увеличивается влагопоглощение. При значительном излишке отвердителя на поверхности изделия наблюдается его постепенное «выпотевание», а при недостатке – «липкость», уже за счет несвязанной эпоксидной основы (компонента А).

Приготовление компаунда производится обычно вручную и требует навыка. К таким же печальным последствиям, как и при неправильном соотношении компонентов (включая разводы на поверхности), может привести их плохое перемешивание. Для качественного смешения компонент В наливают в А медленно тонкой струйкой при постоянном перемешивании. Пе-

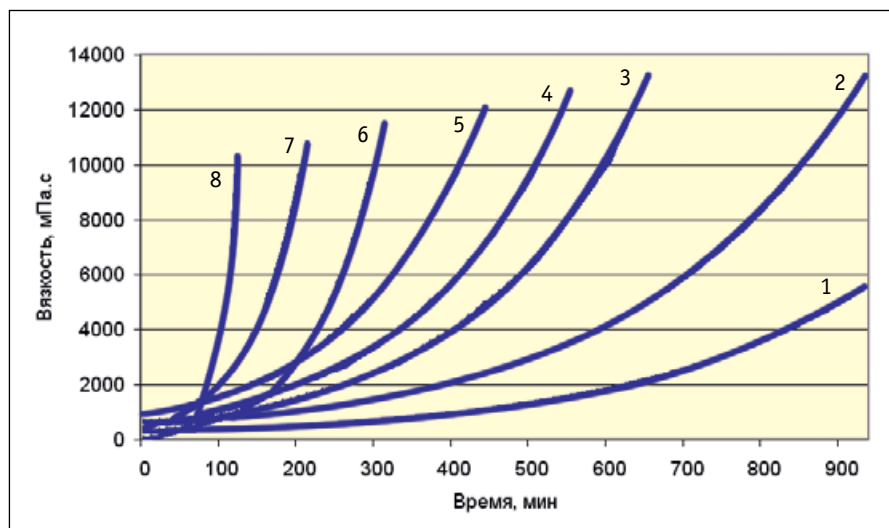
ремешивание нужно производить не интенсивно, чтобы в смесь попало как можно меньше пузырьков воздуха; продолжительность перемешивания – не менее 5–10 мин до получения однородной массы, в которой не должно быть оптических неоднородностей.

Вязкость жидкого компаунда определяет технологические условия его применения. Одному потребителю нужен достаточно вязкий состав для заливки «линз» с высоким куполом, другому, напротив, – композиция с предельно малой вязкостью для заливки (пропитки) объектов с испещренной порами поверхностью. Очевидно, ни одна марка ювелирного компаунда всех задач решить не может – слишком они разные у разных мастеров. В этом плане марочная серия компаундов ПЭО предоставляет возможность выбора оптимальной композиции для того или иного применения (см. табл. 2). За счет комбинации активных разбавителей с различными эпоксидным числом и вязкостью, входящих в состав компонента А, пять марок ПЭО перекрывают практически

весь диапазон вязкости, значимый для работ с ювелирными эпоксидными компаундами, – от 200 до 1000 мПа·с.

Ввиду сильной зависимости от температуры вязкость компаунда всегда измеряется в изотермических условиях. На рисунке приведены кривые изменения вязкости ряда отечественных и зарубежных ювелирных эпоксидных компаундов в процессе их отверждения при температуре 25 и 55 °С. Измерения динамической вязкости проводили на цилиндрическом ротационном вискозиметре модели РЕОТЕСТ 2.

Если принять в качестве «предельной» вязкости величину, равную 1500 мПа·с (когда пузырьки все еще выходят из компаунда естественным путем при комнатной температуре), из рисунка можно видеть, что время, которым располагает мастер при работе с компаундом Crystal resin (75 мин) в два раза меньше, чем с ПЭО-610КЭ-20/0 и EpoхАсast 690 (150 мин), и почти в три раза меньше – с ПЭО-510КЭ-20/0 (200 мин). И следовательно, при заливке в форму одного и того же объема из



Реокинетические кривые отверждения ювелирных компаундов ПЭО-210КЭ-20/0 (1), ПЭО-10КЭ-20/0 (2), ПЭО-510КЭ-20/0 (3), ПЭО-610КЭ-20/0 (4), ПЭО-10К-20/0 (5), EpoxAcast 690 (6) и Crystal resin (7) при 25 °С, а также ПЭО-510КЭ-20/0 (8) при 55 °С

всех перечисленных марок труднее всего будет избавиться от пузырей в Crystal resin.

Повышение температуры существенно понижает вязкость компаунда в начале отверждения. Например, вязкость свежеприготовленного компаунда ПЭО-510КЭ-20/0 уменьшается в несколько раз – с 640 до 50 мПа·с при повышении температуры от 25 до 55 °С. Но с ростом температуры одновременно запускается другой конкурирующий процесс – ускорение процесса полимеризации. Это приводит к тому, что вязкость, достигнув определенного минимума, вскоре начинает стремительно нарастать. Из ри-

сунка видно, что при температуре $T = 55\text{ °C}$ время достижения вязкости в 1500 мПа·с для компаунда ПЭО-510КЭ-20/0 составит 75 мин, как для Crystal resin при $T = 25\text{ °C}$. Таким образом, небольшой подогрев является полезной технологической операцией, способствующей эффективной дегазации компаунда и одновременно уменьшающей время его отверждения.

Жизнеспособность, т. е. период времени, в течение которого компаунд после перемешивания компонентов все еще остается в достаточно жидком и пригодном для использования состоянии, является одним из важнейших его технологических

свойств (см., табл. 2). Эпоксидные компаунды, отверждаемые при комнатной температуре, с жизнеспособностью менее получаса (обычно они продаются в блистерной упаковке) не представляют интереса, так как за столь малый срок пузырьки не успевают выйти из полимерной массы. Наиболее популярны составы с жизнеспособностью 2–6 ч (ПЭО-10К-20/0, ПЭО-610КЭ-20/0, ПЭО-510КЭ-20/0, Crystal resin, EpoxAcast 690). Этого времени хватает, чтобы пузырьки воздуха вышли из массы естественным путем при комнатной температуре или с небольшим подогревом – как из объемных покрытий, так и из небольших по объему отливок, отверждаемых в формах. Некоторым потребителям этого мало, и они хотели бы работать с единой приготавливаемым компаундом всю рабочую смену – 8–9 ч или более (ПЭО-10КЭ-20/0, ПЭО-210КЭ-20/0).

Жизнеспособность эпоксидного компаунда зависит от температуры отверждения. Последняя, как известно, определяется температурой окружающей среды и прибавкой температуры вследствие экзотермического эффекта в процессе реакции. Количество выделяемого экзотермического тепла зависит от толщины и площади полимеризуемого компаунда. Об этом нужно всегда помнить. Если обычный компаунд приготовить в большой массе и длительное время не разливать или



www.bpc-chem.ru

**КРУПНЕЙШИЙ РОССИЙСКИЙ
ЭКСПОРТЕР СПЕЦИАЛЬНОЙ ХИМИИ**

Продукты Rich YU Chemical Co.,LTD (Тайвань):

- | | |
|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| ◇ Антиоксиданты - фенольные, фосфитные, тиоэфирные | ◇ Этиленпропиленовый каучук (EPDM) Royalene, США |
| ◇ УФ-стабилизаторы | ◇ Диоксид титана Tiona, Саудовская Аравия |
| ◇ УФ-абсорберы – бензотриазольного, бензофенонового типа | ◇ Диоксид титана BLR, Китай |
| ◇ Дезактиваторы металла | ◇ Акриловые модификаторы, хлорированный полиэтилен |
| ◇ ПУ и эпоксидные отвердители | ◇ Комплексные стабилизаторы для ПВХ |
| ◇ Суперконцентраты компании Cromex S.A. (Бразилия) | ◇ Бленды |

ООО «БПЦ Химические Технологии»
109028, Россия, ул. Земляной Вал, д. 50А/8, стр.2
Тел. (495)780-31-65, e-mail: contact@bpc.ru

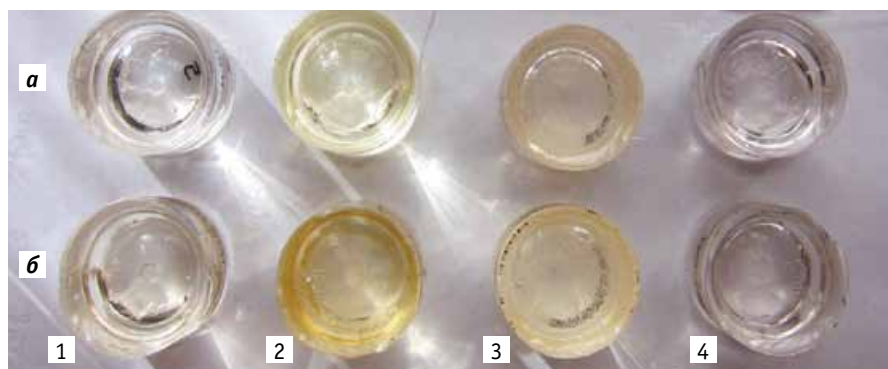


Фото 2. Внешний вид отвержденных образцов ювелирных эпоксидных компаундов различных марок после фотостарения в течение 1,1 года в комнатных (а) и уличных (б) условиях: 1 – ПЭО-610КЭ-20/0; 2 – Crystal resin; 3 – MG-EPOX-GLASS; 4 – EpoxAcast 690

использовать для заливки изделия в виде «толстой» объемной бульки, тогда в толще будет затруднен теплоотвод, это тепло ускорит процесс отверждения, который, в свою очередь, приведет к выделению новой порции экзотермического тепла и т.д. Процесс может стать неуправляемым, компаунд вскипит (вспенится), станет мутно-белым, совершенно непригодным к применению.

Режим отверждения компаунда определяется двумя параметрами – **временем** и **температурой отверждения**. Если планируется работать только при комнатной температуре, то, в принципе, для управления процессом достаточно одного параметра – времени отверждения (см. табл. 2). С другой стороны, комнатная температура – понятие довольно расплывчатое, это может быть и 16, и 25, и 30 °С. Поскольку температура существенно влияет на вязкость, жизнеспособность и конечное время отверждения компаунда, то нужно исходить из того, что режим отверждения компаунда, рекомендованный в инструкции по эксплуатации, служит ориентиром, а оптимальный режим устанавливается потребителем, исходя из конкретной задачи.

В процессе отверждения эпоксидный компаунд проходит три стадии своего состояния. Каждая из них по-своему важна. Первая стадия – жидкофазного состояния – практически совпадает по времени с жизнеспособностью. Далее следует фаза гелеобразования, на рисунке она занимает место в области перегиба кривых. Эпоксидная композиция становится более не «работоспособной», возрастает

липкость и, в конце концов, гелеобразная консистенция становится эластичной (ее внешним признаком может служить вмятина, которая остается на поверхности отливки при нажатии). Если требуется подзаливка эпоксидной смолой, то ее рекомендуется производить именно в этот период, так как химические процессы еще не закончились и в результате совместного отверждения поверхность раздела будет незаметной. В конце второй стадии эпоксидный компаунд еще пластичен, и в это время его можно доработать, придав желаемую форму. На третьей стадии – стадии доотверждения – компаунд уже находится в твердом состоянии. Значения времени отверждения компаундов при температуре 25 °С приведены в табл. 2. Они соответствуют, как правило, степени завершенности реакции на уровне 76–80 %. Образцы становятся прочными, твердыми, похожими на стекло, их можно без опасения эксплуатировать и подвергать всем видам механической обработки. Окончательный процесс отверждения завершается через 7–10 суток (при повышенной температуре – быстрее).

Эксплуатационные характеристики. После отверждения большинство ювелирных компаундов представляют собой стеклообразную массу с глянцевой поверхностью, близкой к полированной, и твердостью в пределах 75–80 отн. ед. по шкале *Шора* (см. табл. 2). Исключение составляют эпоксидные компаунды, обладающие большей эластичностью: ПЭО-10КЭ-20/0 и ПЭО-210КЭ-20/0. По оптической прозрачности они напоминают

стекло, а по гибкости – стирательную резинку (ластик). За счет низкой реакционной способности эти компаунды, в отличие от многих других, позволяют осуществлять заливку крупногабаритных изделий объемом до 1 л за один цикл при комнатной температуре без опасности экзотермического эффекта.

На фото 2 представлены снимки отвержденных образцов ювелирного эпоксидного компаунда ПЭО-610КЭ-20/0 и зарубежных аналогов марок Crystal resin, MG-EPOX-GLASS и EpoxAcast 690 после испытания на фотостойкость. Образцы экспонировались в неприкрытом состоянии внутри (на подоконнике) и снаружи (на балконе) помещения в условиях Санкт-Петербурга и до начала эксперимента выглядели одинаково бесцветными. Фото сделано после инсоляции образцов в течение 1,1 года внутри (верхний ряд) и снаружи (нижний ряд) помещения. Естественно, что более высокую дозу УФ-облучения получили образцы, расположенные снаружи, которые, кроме того, подверглись воздействию ветра, пыли, снега и дождя. Из фото 2 видно, что эпоксидные компаунды ПЭО-610КЭ-20/0 и EpoxAcast 690 после инсоляции в комнатных условиях не пожелтели совсем, а на улице – пожелтели лишь незначительно в отличие от образцов Crystal resin и MG-EPOX-GLASS, чья фотостойкость оказалась заметно ниже (см. также табл. 2).

Еще один важный параметр – максимальная температура эксплуатации отвержденного компаунда. Конечно, в быту редко встречается температура свыше 45 °С, но если планируется поездка на пляжный отдых в жаркие страны или комбинированная работа с отвержденным эпоксидным компаундом и другими материалами, требующая подвода тепла, следует учесть и этот параметр. Особенно это актуально для зарубежных компаундов, чья теплоустойчивость относительно невелика (см. табл. 2).

Условия транспортировки и хранения компонентов ювелирных эпоксидных компаундов в принципе аналогичны таковым в обращении с другими компонентами эпоксидных композиций. Един-

ственное, что при примерно одинаковом гарантийном сроке хранения у компаундов ПЭО и Crystal resin компоненты последнего нужно беречь от холода (см. табл. 2), и вследствие этого возможны проблемы при их транспортировке в зимнее время.

Меры безопасности при работе с ювелирными эпоксидными компаундами. Многие продавцы – по незнанию или чтобы сбыть поскорее товар – утверждают, что их ювелирный компаунд нетоксичен и совершенно безвреден для здоровья. Это миф. Эпоксидный компаунд может пахнуть меньше или больше, но все равно имеет 3-й класс опасности по ГОСТ 12.1.007-76 (вещества умеренно опасные). От этого никуда не деться, такова природа материала. Важно быть информированным об опасностях при работе с ними и соблюдать необходимые меры безопасности, характерные для эпоксидных композиций и их компонентов. Сравнение результатов санитарно-эпидемиологической экспертизы компаундов ПЭО с аналогичными данными компаундов Crystal resin и EpoxAcast 690, взятыми из их паспорта безопасности, показало, что они практически не отличаются.

По заключению ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии города Санкт-Петербурга», отвержденные эпоксидные компаунды ПЭО не оказывают местно-раздражающего действия на кожные покровы и слизи-

стые оболочки глаз и рекомендованы к применению в ювелирной промышленности, производстве бижутерии и сувениров, в том числе в быту.

Выводы

На основании результатов исследований сделаны рекомендации по выбору ювелирных эпоксидных компаундов исходя из конкретного применения в бижутерии, в том числе для создания объемных покрытий, заливки в форму и имитации воды. Показано, что марочная серия ПЭО отечественных компаундов не уступает импортным аналогам в оптическом качестве и стойкости к УФ облучению, но при этом охватывает более широкий диапазон по вязкости и жизнеспособности. Это значительно расширяет области их применения и позволяет решать задачи, недоступные другим материалам.

Литература

1. Гейдур С. А. Сравнительные характеристики эпоксиполимерных оптических материалов // Оптический журнал. 1999. Т. 66. № 2. С. 60–63.
2. Эпоксидные компаунды и клеи для оптико-электронного приборостроения / С. А. Гейдур, В. В. Ромашов, Н. И. Степанова и др. // 6-я Международная конференция «Прикладная оптика»: Сб. трудов Оптического общества имени Д. С. Рождественского. СПб. 2004. Т. 2. С. 178–182.

3. Самсонова Е. Эпоксидная смола. Материалы [Электронный ресурс] // Живой журнал: Полимерная глина. 2008. 24 августа. URL: <http://polymerclayfimo.livejournal.com/1229420.html> (дата обращения 20.02.2016).
4. Семенихина И. Работа с эпоксидными компаундами ПЭО в бижутерии [Электронный ресурс] // Лаборатория физики полимеров СПбГТИ(ТУ): Каталог/ Научно-технические статьи. 2012. 8 июня. URL: http://www.lfpti.ru/lp_article_09.htm (дата обращения 31.03.2014).
5. Ювелирные эпоксидные смолы ПЭО от lfpti.ru [Электронный ресурс] // lfpti – YouTube. 2015. 24 марта. URL: http://www.youtube.com/watch?v=88EjQx_bIqo (дата обращения 20.02.2016).

Jewelry Epoxy Compounds: Properties and Features of Application

S. A. Geidur

Optical, technological and operational properties on jewelry epoxy compounds of the PEO brand and known foreign analogs of Crystal resin and EpoxAcast 690 are considered. On the basis of results of researches recommendations about a choice of jewelry compounds proceeding from concrete application in bijouterie, including for creation of volume coverings, casting in a form and imitations of water are made. It is shown that the line of domestic compounds of PEO-10K-20/0, PEO-610KE-20/0, PEO-510KE-20/0, PEO-10KE-20/0 and PEO-210KE-20/0 doesn't concede to import materials in optical quality and resistance to UF radiation, thus covers bigger range on viscosity and pot life.

КРУПНЕЙШИЙ РОССИЙСКИЙ ЭКСПОРТЁР НЕНАСЫЩЕННЫХ ПОЛИЭФИРНЫХ СМОЛ



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

КАМТЭКС-ПОЛИЭФИРЫ

614047 РФ, город Пермь, улица Соликамская 293, А/я № 3630

телефакс: +7-342+294 02 35 / 294 40 01, тел. бухг.: +7 342+294 44 54. E-mail : kamtexpol@yandex.ru

- Смолы для процессов намотки
- Смолы для центробежного формования (литья)
- Смолы для производства искусственного камня
- Смолы для ламинирования

www.kamtexpol.ru

Мы всегда готовы к нестандартным решениям Ваших проблем