



Как работать со смолами для новичков



Существует большое количество различных клеящих и связующих композиций. Наиболее распространёнными и популярными на рынке являются связующие холодного отверждения. Клеящие и связующие составы, отверждаемые при повышенной температуре, как правило, обладают механическими характеристиками, значительно превосходящими прочностные свойства составов холодного отверждения и служат для изготовления высокотемпературных композиционных материалов или создания термостойких клеевых соединений. Наиболее распространённые системы холодного отверждения - это эпоксидные и полиэфирные смолы с катализаторами и различными добавками. Эпоксидные связующие обычно состоят из смоляной части и отвердителя, полиэфирные связующие чаще всего содержат три компонента - смоляную часть, ускоритель и пероксид - катализатор отверждения. И эпоксидные, и полиэфирные смолы токсичны, пары их ядовиты, как правило, эпоксидные связующие обладают слабым запахом, в то время как полиэфирные композиции в связи с наличием в составе стирола и других реагентов имеют сильный химический запах. Работы с большими объёмами смол необходимо производить с применением всех возможных средств индивидуальной защиты и только при наличии хорошей



вентиляции. Отвердители и катализаторы полимеризации как правило являются очень агрессивными химическими веществами, которые в случае эпоксидных смол могут стать причиной химического ожога, а в случае полиэфирных - также стать причиной пожара или взрыва при неправильном использовании (многие катализаторы-пероксиды взрывоопасны, нельзя подогревать пероксиды, а также пытаться зачерпнуть или растереть слежавшийся порошковый пероксид, также запрещается подносить открытый огонь). Обычно все прочностные характеристики, указанные в листе данных для смол, даны на расчётный возраст отверждения 7 суток при комнатной температуре, если не оговорено иных условий отверждения.

Эпоксидные смолы - самые распространённые в быту и на небольших производствах. На рынке имеется большой выбор эпоксидных связующих как холодного, так и горячего отверждения. Эпоксидные смолы как правило стойки к водной среде, маслам, топливам, обладают хорошими характеристиками по газо- и паропроницаемости. Эпоксидные смолы обладают большими значениями электрического сопротивления и используются в качестве заливочных компаундов при производстве электротехнической продукции. Смешивать эпоксидную смолу и отвердитель необходимо обязательно согласно пропорции, указанной в инструкции при помощи весов. При недостатке отвердителя возможно неполное отверждение смеси, либо полное отсутствие отверждения при грубых нарушениях состава. При избытке отвердителя получаемый пластик становится токсичным (отвердитель, как правило, токсичен) и менее жёстким и прочным. Эпоксидные смолы бывают как очень жидкими при комнатной температуре, так и твёрдыми, могут содержать различные наполнители. Чаще всего соотношение смешивания компонентов приводится в весовых частях (например 100:30 в граммах, килограммах), массовых процентах (77:23 в %) или массовых долях (0,77:0,23 в долях единицы). Чтобы приготовить связующее, имея соотношение 100:30 в весовых частях, необходимо на 100 г смолы добавить 30 г отвердителя - всего получится 130 г смеси. Количество компонентов в пропорции можно увеличивать и уменьшать, например: на удвоенное количество смолы - 200 г понадобится удвоенное количество - 60 г отвердителя. Весовые части позволяют удобно установить лишь количество отвердителя, необходимое для реакции со смолой. Приготовить точное количество связующего, например 220 г, пользуясь соотношением в массовых частях неудобно, гораздо удобнее приготовить необходимое количество смеси, применяя процентное/долевое соотношение, которое легко вычислить из весовых частей. Например, если соотношение в весовых частях дано 100:30, значит нужно смешать



100 г смолы и 30 г отвердителя, всего же смеси получится 130 г. Содержание смолы в смеси будет: $100/130=0,77$ (или 77%), а содержание связующего будет: $30/130=0,23$ (или 23%). Вычислив процентное/долевое соотношение (77:23 или 0,77:0,23), можно точно рассчитать, сколько потребуется компонентов для приготовления 220 г смеси, например: масса смолы $220*0,77=169$ г и масса отвердителя $220*0,23=51$ г. Смешав 169 г смолы и 51 г отвердителя, мы получим 220 г связующего.

Работа со связующим горячего отверждения не значительно отличается от работы со связующим холодного отверждения. Если связующее горячего отверждения поставляется в виде готовой смеси и содержит смоляную часть и отвердитель, оно требует хранения при низких температурах, обычно от -40 до -18 °С. Если связующее поставляется в виде отдельных компонентов, они, как и в случае со связующим холодного отверждения, смешиваются непосредственно перед применением. Отверждение связующих горячего отверждения производится по режиму, разработанному производителем и может включать в себя термообработку при различных температурах в несколько ступеней, например режим отверждения может выглядеть так: выдержка 60 минут при 50 °С, подъём температуры до 100 °С и выдержка при 100 °С в течение 180 минут. Для каждого связующего режим отверждения индивидуален, нет какого-либо единого режима отверждения для всех связующих.

Полиэфирные связующие - это также как эпоксидные, в основном, связующие холодного отверждения. Полиэфирные связующие чаще всего бывают трёхкомпонентными и содержат смоляную часть, ускоритель и пероксид (катализатор отверждения). Полиэфирные смолы состоят из полиэфирной части и разбавителя - стирола или какого-нибудь другого реакционно способного разбавителя (бесстирольные). Ускоритель - раствор органического соединения кобальта в стироле, обычно добавляется в количестве от 1 до 3 % по массе сверх массы смолы, ускоритель может быть добавлен в смолу в процессе производства или поставляться отдельным компонентом. Пероксид служит инициатором процесса отверждения и добавляется в количестве от 1 до 2 % по массе сверх массы смолы. Например, на 100 г полиэфирной смолы потребуется 3 г (3 % от 100 г) ускорителя и 1г (1 % от 100 г) пероксида - это общая рецептура, в случае с каждой конкретной смолой, ускорителем и пероксидом, состав подбирается опытным путём. Количество пероксида влияет на время жизни



системы, увеличение количества катализатора в два раза для полиэфирных систем приводит к уменьшению времени жизни примерно в два раза. Пероксидный катализатор может быть жидким или твёрдым, следует соблюдать меры предосторожности при работе с чистыми пероксидами - например, нельзя заливать назад в большую ёмкость никаких остатков пероксида, это может привести к возгоранию при наличии загрязнений в прибавляемых остатках (проверить чистоту посуды "на глаз" нельзя, даже абсолютно новый полимерный стаканчик может содержать песок или стружку, которая будет являться катализатором разложения пероксида), всё что отлито из большого сосуда должно храниться отдельно, обычно из большой ёмкости наполняют малую ёмкость с дозатором, из которой отмеряют пероксид для работ.

Для трёхкомпонентного комплекта полиэфирного связующего важен порядок смешивания компонентов. Сначала тщательно смешивают смолу и ускоритель, только после этого добавляют пероксид. Смешивание ускорителя и пероксида без смолы приводит к активному разложению пероксида, смешивание больших количеств может вызвать возгорание или взрыв.

Полиэфирные связующие подразделяются на две основные группы - полиэфирные и эпоксивинилэфирные (винилэфирные). Полиэфирные связующие обладают плохой водостойкостью и паропроницаемостью по сравнению с винилэфирными, из них изготавливаются изделия, не контактирующие непосредственно с водой. При применении качественного гелькоута, изделия на основе полиэфирной смолы могут использоваться под открытым небом (например, дорожные отбойники, скамейки). Эпоксивинилэфирные связующие химически модифицированы и поэтому имеют гораздо более высокую водостойкость, такие связующие применяют в судостроении, а также для изготовления изделий, постоянно контактирующих с водой - корпусов бассейнов и ванн. Полиэфирные смолы обычно имеют меньшую стоимость, чем эпоксидные, поэтому на их основе изготавливают различные крупные элементы, в том числе водные суда с палубой длиной более 50 метров. В общем случае полиэфирные смолы имеют большую усадку, чем эпоксидные, поэтому матрицы для более точной передачи поверхности изготавливают без применения полиэфирных смол.

И полиэфирные и эпоксидные смолы применяют для изготовления изделий из полимерных композиционных материалов. При необходимости ремонта изделий из композитов стараются подобрать "родственную" смолу, то есть если изделие изготовлено с применением полиэфирной



смолы ремонтируют с использованием полиэфирной смолы, а изделия из эпоксидной - с использованием эпоксидной. Поверхность обязательно должна быть подготовлена - тщательно зашлифована и обеспылена. Активность поверхности полиэфирной смолы в гораздо большей мере, чем эпоксидной, с течением времени падает и "старая" смола теряет способность химически связываться с "новой" смолой. Для полиэфирных композиций по этой причине есть специальные составы топкоуты, содержащие активирующие добавки, позволяющие ремонтировать поверхность полностью отверждённых изделий. Полиэфирные смолы могут содержать парафин для снижения липкости поверхности, для таких связующих тщательная шлифовка поверхности необходима и для свежей смолы, при отсутствии воскующих добавок полиэфирная смола способна в течение нескольких дней сцепляться сама с собой - новые порции связующего со старыми. Винилэфирная смола, как правило, химически более инертная и также требует шлифовки при наложении нового слоя даже на свежее отверждённую смолу.

Нельзя смешивать полиэфирные смолы с эпоксидными, отвердители для эпоксидных смол не подходят для отверждения полиэфирных смол и отвердители полиэфирных смол не подходят для эпоксидных. Нельзя добавлять в смолы промышленные растворители (ацетон, 646 и т.д.) с целью снижения вязкости, в небольших количествах это приведёт к снижению прочности смолы, при введении больших количеств растворителя смесь не отвердится. Для снижения хрупкости добавляют специальные добавки-пластификаторы, обычно несколько процентов по массе, согласно инструкции по применению.

Существует большое количество различных других типов связующих, но эпоксидные и полиэфирные - наиболее распространены и доступны для применения в композитной индустрии. Композиционные материалы позволяют реализовать самые невероятные технические и дизайнерские решения. Правильный подбор связующего определяет экологичность изделия, возможность его эксплуатации в специфических климатических условиях и место изделия на рынке в целом.