

**ЖИДКИЕ ЭПОКСИДНЫЕ СМОЛЫ
КОМПАНИИ DOW**

ЖИДКИЕ ЭПОКСИДНЫЕ СМОЛЫ КОМПАНИИ DOW

Примечание: информация по безопасному обращению с новолачными эпоксидными смолами, органическими растворителями, разбавителями, модифицирующими добавками и другими материалами, обычно используемыми в эпоксидных композициях, имеет очень важное значение. Тем не менее, действующие на заводах условия и состояние рабочей среды могут изменяться в столь широких пределах, что производители не могут предоставить никаких гарантий безопасности. При использовании любого из этих материалов составители эпоксидных композиций - потребители должны обращаться к изготовителям за конкретными рекомендациями по безопасному обращению с данными веществами. В отделе компании Dow Plastics (Thermoset Applications – применение термореактивных пластмасс), а также у сотрудничающего с вами торгового представителя компании Dow вы можете получить следующие материалы: Бюллетени компании, Руководство по работе и хранению эпоксидных смол компании DOW (DOW Epoxy Resins Product Stewardship), Инструкции по безопасному обращению и хранению (форма № 296-00312), а также Руководство по работе с отвердителями эпоксидных смол (DOW Epoxy Curing Agents Product Stewardship), Инструкции по безопасному обращению и хранению (форма № 296-0331). © 1966, 1969, 1976, 1988, 1990, 1998, 1999, авторские права компании The Dow Chemical Company защищены.

Содержание

Введение	4
Продукты и их свойства	6
Структура смолы	9
Отвердители	10
Первичные и вторичные полифункциональные амины	10
Алифатические полиамины	11
Ароматические полиамины	11
Расчет стехиометрических отношений	11
Ангидриды	14
Полиамиды	16
Каталитические отвердители	18
Химически активные разбавители, модификаторы, наполнители	19
Химически активные разбавители	19
Модификаторы смол	21
Наполнители	22
Методы приготовления эпоксидных смесей	24
Оборудование	24
Регулирование температуры	24
Зависимость вязкости от температуры для жидких эпоксидных смол	25
Эксплуатационные характеристики смолы	26
Методы испытаний	27
Химическая стойкость и стойкость к воздействию органических растворителей	27
Режимы отверждения смолы	28
Жидкие эпоксидные смолы, отверждаемые с использованием D.E.H.* 24	
Физические свойства	29
Электрические свойства	30
Химическая стойкость и устойчивость к воздействию органических растворителей и тепловому разложению	31

Жидкие эпоксидные смолы, отверждаемые с использованием 1,2-циклогександиамина	
Физические свойства	32
Электрические свойства	32
Химическая стойкость и устойчивость к воздействию органических растворителей и тепловому разложению	33
Жидкие эпоксидные смолы, отверждаемые с использованием Nadic метилангидрида	
Физические свойства	34
Электрические свойства	35
Химическая стойкость и устойчивость к воздействию органических растворителей и тепловому разложению	36
Жидкие эпоксидные смолы, отверждаемые с использованием BF3 · MEA (МЭА)	
Физические свойства	37
Электрические свойства	38
Химическая стойкость и устойчивость к воздействию органических растворителей и тепловому разложению	39
Жидкие эпоксидные смолы, отверждаемые с использованием полиамидного отвердителя	
Физические свойства	40
Электрические свойства	41
Химическая стойкость и устойчивость к воздействию органических растворителей и тепловому разложению	42
Жидкие эпоксидные смолы, содержащие химически активный разбавитель	
Физические свойства	42
Электрические свойства	43
Химическая стойкость и устойчивость к воздействию органических растворителей и тепловому разложению	43
Дополнительные данные по свойствам смол	44
Хранение	46
Факторы, представляющие опасность для здоровья и меры предосторожности при работе	47
Опасности для здоровья	47
Меры предосторожности при работе с эпоксидными композициями	50
Воспламеняемость	51
Проливы материалов и их уборка	51
Приложение – Сокращения	53
Надзор за продуктом	54

ВВЕДЕНИЕ

Жидкие эпоксидные смолы типа D.E.R.*, разработанные и продаваемые компанией Dow Chemical, находят широкое промышленное распространение в виде основных исходных материалов, применяемых в следующих областях промышленности: изготовление инструментальной оснастки, герметизация, клейка, изготовление ламинатов и нанесение покрытий.

Аналогичного коммерческого успеха добились также твердые эпоксидные смолы, растворы смол, эластичные эпоксидные смолы, бромированные эпоксидные смолы семейства D.E.R., а также новолачные эпоксидные смолы D.E.N.* и отвердители для эпоксидных смол D.E.H.* также производимые и продаваемые компанией Dow. Так как эти продукты используются с различными отвердителями, разбавителями и модификаторами, то это приводит к получению практически неограниченного диапазона и разнообразия свойств получаемых полимерных смол.

*Торговая марка The Dow Chemical Company.

В данном бюллетене описываются предлагаемые компанией Dow жидкие эпоксидные смолы на основе бисфенола А (4,4'-изопропилендифенол), а также эпоксидные смолы на основе алифатического гликоля. Информацию по другим эпоксидным и связанным с ними продуктам компании Dow, можно получить у сотрудничающего с вами торгового представителя компании Dow или, позвонив по телефону 1-800-441-4369.

Процесс отверждения жидкой эпоксидной смолы – т.е. превращение ее в твердую термореактивную пластмассу – является основой ее промышленного использования. Это также относится к эпоксидным, полиэфирным, фенольным и меламиновым смолам. Тем не менее, благодаря своей структуре и методу отверждения, эпоксидные смолы значительно превосходят вышеуказанные смолы по следующим свойствам:

- В процессе отверждения продукта **не выделяются летучие вещества**.
- **Стабильность размеров (формоустойчивость) в процессе отверждения.** Эти смолы обладают малой усадкой и могут применяться для получения очень точных копий изделий.
- **Химическая стойкость.** Высокая устойчивость к воздействию различных химических реагентов (включая органические растворители, кислоты и щелочи), которая свойственна правильно отвержденным композициям.
- **Химическая инертность.** В жидкие эпоксидные смолы могут вводиться самые разнообразные наполнители и пигменты; они не оказывают воздействия на герметизируемые с их использованием детали или общие корпуса.
- **Долговечность.** Отвержденные композиции обладают высокой твердостью, прочностью на удар (ударной вязкостью) и жесткостью.
- **Адгезия.** Прочность сцепления эпоксидного полимера с практически любой поверхностью не имеет себе равных среди органических покрытий.
- **Универсальность в выборе отвердителя и условий отверждения смолы.**

Как правило, смолы, приготовленные на основе бисфенола А/эпихлоргидрина, новолачные эпоксидные смолы и другие ди- или многофункциональные смолы, содержащие ароматическое кольцо, отверждаются с получением жестких композиций, обладающих довольно низкими характеристиками по ударопрочности и относительному удлинению. Существует много подходов по улучшению этих свойств и повышению гибкости (эластичности) систем на основе эпоксидных смол. К ним относится применение модификаторов на основе растительных масел, полиамидных или полисульфидных отвердителей или полигликолей с большой длиной цепи. Тем не менее, такие модифицирующие вещества часто оказывают отрицательное влияние на физические и химические свойства полимера или же на устойчивость эпоксидной системы к

воздействию органических растворителей, кроме того, они могут ограничивать выбор отвердителей и, таким образом, ограничивать возможность использования эпоксидных полимеров во многих областях применения.

D.E.R. 732 и D.E.R. 736 представляют собой эластичные эпоксидные смолы, разработанные для устранения многих из конкретных недостатков, присущих для других пластифицирующих систем. Они совместимы практически со всеми другими эпоксидными смолами и сохраняют устойчивость после смешивания. Являясь истинными полимерными смолами, они взаимодействуют со всеми отвердителями и становятся неотъемлемой частью отвержденной системы.

В Таблице 1 (на странице 5) перечислены типичные свойства жидких эпоксидных смол компании DOW; в Таблице 2 перечисляются типичные свойства двух жидких эпоксидных смол, содержащих химически активный разбавитель (алифатический глицидиловый эфир, C₁₂-C₁₄), обеспечивающий уменьшение значений вязкости композиций. В последующих параграфах приводится краткое описание каждой смолы. В Таблице 3 перечислены типичные свойства двух эластичных эпоксидных смол.

Примечание: Перед началом работы с данными смолами или соответствующими отвердителями, разбавителями, катализаторами или органическими растворителями убедитесь в том, что вы получили от вашего поставщика (поставщиков) всю необходимую информацию, относящуюся к обеспечению безопасного выполнения работ вашими рабочими и на вашем заводе. Запросите у поставщика спецификацию по безопасному обращению с каждым из полученных продуктов. Смотрите раздел «Потенциальные опасности», стр. 47-49, а также бюллетени, упомянутые в примечании, находящемся на внутренней стороне титульного листа.

ПРОДУКТЫ И ИХ СВОЙСТВА

Эпоксидная смола D.E.R. 317

Жидкая эпоксидная смола с высокой вязкостью и высокой скоростью реакции (на 20% выше, чем в случае D.E.R. 331), предназначенная для использования в процессах склеивания, требующих быстрого загустевания при введении аминовых отвердителей.

Эпоксидная смола D.E.R. 324

Специальная композиция, полученная смешиванием D.E.R. 331 и алифатического глицидилового эфира с длиной цепи C₁₂-C₁₄, обладающая низкой вязкостью. Данный продукт находит применение в виде композиций с наполнителями при производстве материалов для обработки полов, при изготовлении стяжек, при склеивании, нанесении декоративных покрытий, а также для получения покрытий с высоким содержанием твердых частиц. Соотношение D.E.R. 331 и разбавителя при их смешивании составляет 83/17.

Эпоксидная смола D.E.R. 325

Смола, обладающая средней вязкостью и представляющая собой смесь D.E.R. 331 и алифатического глицидилового эфира с длиной цепи C₁₂-C₁₄, взятых в отношении 92/8. Используется в тех же областях применения, что и D.E.R. 324.

Эпоксидная смола D.E.R. 330

Жидкая полимерная смола с низким эквивалентным весом эпоксидной группы, прошедшая специальную обработку для получения очень низкой вязкости без использования химически активного разбавителя

Эпоксидная смола D.E.R. 331

Широко применяемая жидкая смола общего назначения. Является общепризнанным стандартом, на основе которого были разработаны различные варианты эпоксидных композиций.

Эпоксидная смола D.E.R. 332

Уникальность эпоксидной смолы D.E.R. 332 отражается в ее максимальном эквивалентном весе эпоксидной группы, составляющем 178 (эквивалентный вес эпоксидной группы химически чистого диглицидилового эфира или бисфенола А был бы равен 170). Благодаря высокой степени чистоты и отсутствию полимерных фракций, смола D.E.R. 332 обеспечивает постоянные эксплуатационные характеристики, а также исключительно низкую вязкость и степень окраски. При некоторых условиях отверждения, представленных в режимах отверждения и данных по свойствам получаемого материала (стр. 27-43), она обеспечивает улучшенные свойства при повышенной температуре.

При комнатной температуре часто происходит кристаллизация смолы D.E.R. 332. Чистый диглицидиловый эфир бисфенола А представляет собой твердое вещество с температурой плавления около 42°C (108°F). Причиной кристаллизации может быть охлаждение, попадание в смолу частиц пыли или введение в нее наполнителя. Нагрев смолы до 50-55°C (122-131°F) возвращает ее в жидкое состояние. Длительное хранение смолы в теплом помещении может привести к незначительному изменению ее окраски, не оказывающему влияния на эксплуатационные характеристики продукта.

Эпоксидная смола D.E.R. 337

Полужидкая эпоксидная смола на основе бисфенола А с промежуточным значением эпоксидного эквивалента. Используется в качестве склеивающих составов и при нанесении покрытий или в качестве модификатора для других полимерных смол – с целью повышения их ударопрочности, относительного удлинения и адгезии.

Эпоксидные смолы D.E.R. 362 и D.E.R. 364

Жидкие эпоксидные смолы на основе бисфенола А средней вязкости, обладающие уникальной характеристикой устойчивости к кристаллизации. D.E.R. 362 и D.E.R. 364 не содержат органических растворителей, разбавителей и пригодны для разнообразных областей применения: от нанесения покрытий и до получения композиционных материалов.

Эпоксидная смола D.E.R. 383

Жидкая эпоксидная смола, предназначенная для обеспечения снижения вязкости и обладающая продолжительным сроком годности, при сохранении исходных свойств, во многом эквивалентных характеристикам эпоксидной смолы D.E.R. 331.

Эпоксидные смолы D.E.R. 732 и D.E.R. 736

D.E.R. 732 и D.E.R. 736 представляют собой полигликолевые диэпоксиды. Эластичные эпоксидные смолы компании Dow в основном применяются в качестве добавок к основным эпоксидным системам в композициях, которые должны обладать более высоким относительным удлинением, более высокой ударопрочностью и повышенной гибкостью.

†Примечание: При определенных обстоятельствах может происходить кристаллизация жидких эпоксидных смол. Это может выражаться в появлении помутнения или в присутствии кристаллов в объеме материала или на стенке контейнера. В редких случаях кристаллизация может продолжаться до момента полного застывания смолы. Возникновение кристаллизации ни в коем случае не свидетельствует о том, что уровень содержания в смоле загрязнений превышает уровень, установленный техническими условиями. Кристаллизация, скорее, представляет собой явление, которое может иногда происходить во время хранения смолы при комнатной или более низкой температуре.

Материал, демонстрирующий признаки кристаллизации, может быть возвращен в свое первоначальное жидкое состояние путем его нагрева до температуры около 50°C (122°F). Эта температура должна поддерживаться до полного растворения кристаллов. Рекомендации по указанному нагреву предусматривают использование стандартной вентилируемой конвекционной лабораторной печи или водяного пара. При использовании пара, он должен циркулировать вокруг плотно закрытых контейнеров, которые были установлены под брезентом. (Примечание: при работе с использованием повышенной температуры всегда соблюдайте правила техники безопасности. Кроме того, для получения дополнительной информации и/или рекомендаций по растворению кристаллов позвоните по телефону или напишите письмо представителям компании отдела работы с заказчиками: The Dow Chemical Company, Dow Plastics, Customer Information Group, P.O. Box 1206, Midland, MI 48641-1206, (1-800-441-4369), факс 517-832-1465.

Кристаллизация является, главным образом, результатом высокой степени чистоты и однородности жидкой эпоксидной смолы. Например, чистый диглицидиловый эфир бисфенола А (DGEBA) представляет собой твердое вещество. К факторам, которые могут способствовать кристаллизации, относятся циклическое изменение температуры, а также присутствие наполнителя, который играет роль материала затравки, облегчающего образование кристаллов. Для предотвращения кристаллизации хранение эпоксидных смол должно проводиться при комнатной или более высокой температуре. Кроме того, следует избегать ситуаций, при которых температура циклически изменяется от комнатной - до более низких температур, что иногда происходит на складах.

Таблица 1 Типичные свойства[†] жидких эпоксидных смол компании DOW

Смола	Эквив. вес эпоксигруппы	Диапазон вязкости (сПз при 25°C)	Цвет, не более (по Гарднеру)	Темп. вспышки, (°F) ²	Удельн. вес, 25/25°C	Вес (фунт./гал.) при 25°C
D.E.R. 317	192-203	16000-25000	5	485	1,16	9,7
D.E.R. 330	176-185	7000-10000	125 ³	485	1,16	9,7
D.E.R. 331	182-192	11000-14000	125 ³	485	1,16	9,7
D.E.R. 332	172-176	4000-6000	75 ³	485	1,16	9,7
D.E.R. 337	230-250	400-800 ¹	3	485	1,16	9,7
D.E.R. 362	185-205	4500-6500	1	480	1,14	9,5
D.E.R. 364	190-210	4000-7000	2	480	1,16	9,7
D.E.R. 383	176-183	9000-10500	125 ³	485	1,16	9,7

1 Содержание нелетучих веществ в растворителе DOWANOL* DB составляет 70%.

2 Pensky-Martens, ASTM D-93.

3 APHA Color — Методика 1209 ASTM.

† Типичные свойства; не следует рассматривать их в качестве технических условий.

Таблица 2 Типичные свойства[†] жидких эпоксидных смол компании DOW, содержащих химически активный разбавитель

Смола	Эквив. вес эпоксигруппы	Диапазон вязкости (сПз при 25°C)	Цвет, не более (по Гарднеру)	Темп. вспышки, (°F) ¹	Удельн. вес, 25/25°C	Вес (фунт./гал.) при 25°C
D.E.R. 324	197-206	600-800	3	350	1,11	9,3
D.E.R. 325	185-206	850-2800	2	375	1,14	9,5

1 Pensky-Martens, ASTM D-93.

† Типичные свойства; их не следует рассматривать в качестве технических условий.

Таблица 3

Типичные свойства[†] жидких эпоксидных смол компании DOW, на основе полигликолей диэпоксидов

Смола	Эквив. вес эпоксигруппы	Диапазон вязкости (сПз при 25°C)	Цвет, не более (APHA)	Темп. вспышки, (°F) ²	Удельн. вес, 25/25°C	Вес (фунт./гал.) при 25°C
D.E.R. 732	305-335	55-100	125	310	1,06	8,9
D.E.R. 736	175-205	30-60	125	320	1,14	9,5

¹ Закрытая чашка Pensky-Martens.

[†] Типичные свойства; их не следует рассматривать в качестве технических условий.

ОТВЕРДИТЕЛИ

Многие промышленные материалы пригодны для использования в качестве добавок, выполняющих реакционное сшивание жидких эпоксидных смол. Наиболее распространенными типами отвердителей являются:

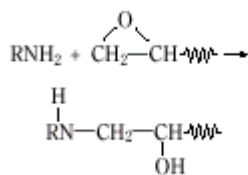
- первичные и вторичные полиамины и их смеси;
- ангидриды;
- полиамиды;
- соединения каталитического типа.

Первичные и вторичные полифункциональные амины

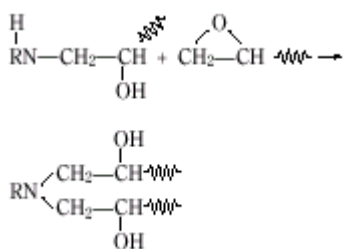
Типичными представителями отвердителей этого класса являются соединения алифатических аминов, таких как отвердитель эпоксидной смолы D.E.H. 20 (диэтилентриамин), отвердитель D.E.H. 24 (триэтилтетрамин) и отвердитель D.E.H. 26 (тетраэтиленпентамин). Кроме того, в качестве отвердителей также используются смеси вышеуказанных аминов с эпоксидными смолами, разбавителями или другими соединениями, взаимодействующими с амином. Как правило, применяются отвердители, обеспечивающие отверждение смолы при комнатной температуре.

Для получения эпоксидных смол, обладающих более высокой устойчивостью к сохранению размеров при воздействии высокой температуры, широко применяются ароматические амины, такие как метафенилендиамин и диаминодифенилсульфон. Отверждение смолы, как правило, осуществляется при повышенной температуре.

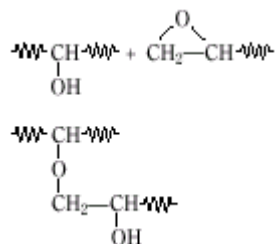
Взаимодействие аминов с эпокси-группой происходит с участием активного водорода аминогруппы. Каждая группа первичного амина теоретически способна вступать в реакцию с двумя эпоксидными группами, а каждая группа вторичного амина – с одной эпоксидной группой. Взаимодействие первичного амина с эпоксидным соединением можно представить следующим образом:



Образующийся, таким образом, вторичный амин, продолжает реакцию:



Исходя из теоретических соображений, образующиеся гидроксилы должны быть способны взаимодействовать с эпоксидными группами, образуя эфирную связь:



Эта реакция часто катализируется третичными аминами. Тем не менее, третичные амины, образующиеся в ходе реакции эпоксидного соединения и вторичного амина, являются, по-видимому, слишком малоподвижными и стерически блокированными, чтобы играть роль катализатора.

Тем не менее, присутствие гидроксильных групп имеет важное значение, выражающееся в том, что они способствуют разрыву эпоксидного кольца. Гидроксильные группы спиртов или фенолов ускоряют процесс отверждения, протекающий с участием первичных и вторичных аминов и, таким образом, способствуют достижению более короткого времени отверждения смесей аминов, а также получению смол с более высоким молекулярным весом.

Алифатические полиамины

Жидкие алифатические полиамины и их смеси удобны в обращении, обеспечивают получение отличных характеристик отвержденной смолы, включая химическую стойкость и устойчивость к воздействию органических растворителей, а также обеспечивают отверждение при комнатной или умеренно высоких температурах. Хорошее долговременное сохранение полимерами своих характеристик возможно при температурах до 100°C. Получаемые материалы также способны выдерживать кратковременное воздействие более высоких температур. Срок годности смеси является незначительным. При использовании толстых слоев и больших масс смолы с отвердителем выделяется большое количество тепла. См. Таблицу 4.

Ароматические полиамины

Большинство ароматических полиаминов представляют собой твердые вещества, поэтому их введение в состав смолы, как правило, производится путем плавления при повышенных температурах. Срок годности таких композиций намного выше, чем в случае алифатических полиаминов, причем для обеспечения оптимальных характеристик готового материала отверждение требуется проводить при повышенной температуре. См. Таблицу 5.

Отвержденные системы демонстрируют отличные эксплуатационные характеристики до температуры около 150°C (302°F). Они применяются в клеевых композициях, при изготовлении укладываемых влажным способом ламинатов, в технологической оснастке, герметизации небольших деталей, а также при нанесении покрытий. Усадка эпоксидных смол, отвержденных с использованием ароматических полиаминов, и, в частности, смол с высоким молекулярным весом, является очень небольшой, что является очень полезной характеристикой в процессах герметизации и заливки герметиком.

Расчет стехиометрических отношений

Для получения оптимальных свойств отвержденного материала при использовании полифункциональных отвердителей, взаимодействующих с эпоксидными группами (в частности, аминов), желательно, чтобы участвующие в реакции смола и отвердитель были взяты примерно в стехиометрических количествах. Для определения необходимого соотношения могут быть выполнены следующие расчеты, например, при использовании отвердителя D.E.H. 20 ($\text{NH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{NH}_2$):

1. Для расчета эквивалентного веса входящего в состав амина водорода воспользуйтесь следующим уравнением:

Уравнение (1):

Эквивалентный вес водорода в составе амина = Мол. вес амина / число активных атомов водорода

Пример:

Эквивалентный вес водорода в составе амина для D.E.H. 20 = $103,2/5 = 20,6$

2. Для расчета стехиометрического отношения DEH 20, используемого с эпоксидной смолой D.E.R. 331, имеющей эквивалентный вес эпоксида, равный 189:

Уравнение (2):

$\text{phr}^\dagger \text{ амина} = (\text{Экв. вес водорода в амине} \times 100) / \text{экв. вес эпоксиды в смоле}$

$\text{phr}^\dagger = \text{частей на } 100 \text{ частей смолы}$

Пример:

phr отвердителя D.E.H. 20, используемого с эпоксидной смолой D.E.R. 331.
 $\text{phr} = (20.6 \times 100) / 189 = 10.9$

3. Достаточно часто эпоксидные смолы смешиваются с различными химическими веществами, наполнителями, а также с химически активными или инертными модификаторами. В этом случае следует скорректировать концентрацию отвердителя таким образом, чтобы произошло отверждение лишь реакционноспособной части смеси; например, смолы и любых присутствующих химически активных разбавителей. Это может быть легко сделано путем расчета эквивалентного веса эпоксиды (EEW) всей смеси с последующим применением уравнения (2) для определения количества отвердителя, которое необходимо добавить к 100 частям композиции.

Уравнение (3):

EEW (вес эпоксидного эквивалента) смеси = (Общий вес) / [(Вес a/EEWa) + (Вес b/EEWb) + (Вес c/EEWc)]

Общий вес включает вес всех материалов, как химически активных, так и инертных.

a,b,c и т.д. – представляют собой только химически активные материалы, взаимодействующие с отвердителем, и характеризуются наличием эпоксидного кольца.

Пример:

100 частей D.E.R. 331	Средний EEW 189
100 частей D.E.R. 337	Средний EEW 240
30 частей BGE (разбавитель)	Средний EEW 130
230 частей наполнителя	—
Всего: 460 частей	

$\text{EEW смеси} = 460 / [(100/189) + (100/240) + (30/130)] = 460 / 1,1766 = 391$

По уравнению (2):

Количество D.E.H. 20 = $(20,6 \times 100) / 391 = 5,27$ (на 100 частей содержащей наполнитель композиции)

Таблица 4

Алифатические полиамины и смеси †

Отвердитель	Вес на активн. Н	PHR D.E.R. 331	Предлагаемый режим отверждения	Источник	Замечания
D.E.H. 20 (диэтилентетрамин, ДЭТА)	20,6	10,9	Застывание при комн. температуре плюс несколько дней при комн. т. или 1-2 час при 100°C – до полного отверждения.	The Dow Chemical Company	Отвердитель общего назначения, действующий при комн. темп. Значительное выделение тепла при использовании большой массы композиции. При высокой влажности возможно помутнение отвержденной смолы.
D.E.H. 24 (триэтилентетрамин, ТЭТА)	24,4	12,9	Застывание при комн. т. плюс несколько дней при комн. т. или 1-2 час при 100°C – до полного отверждения.	Dow	Отвердитель общего назначения, действующий при комн. темп. Значительное выделение тепла при использовании большой массы композиции. Более низкое давление паров, чем у D.E.H. 20. При высокой влажности возможно помутнение.
D.E.H. 26 (тетраэтиленпентамин, ТЭПА)	27,1	14,3	Застывание при комн. т. плюс несколько дней при комн. т. или 1-2 час при 100°C – до полного отверждения.	Dow	Отвердитель, действующий при комн. т-ре, часто используется в 2-компонентных системах защитных покрытий.
D.E.H. 29 (смесь аминов)	28,8	15,2	Застывание при комн. т. плюс несколько дней при комн. т. или 1-2 час при 100°C – до полного отверждения.	Dow	Аминовый отвердитель с низким давлением паров, более безопасен в обращении. По свойствам аналогичен D.E.H. 24, однако отвержденные образцы имеют меньшую тенденцию к помутнению при отверждении во влажных условиях.
D.E.H. 39 (аминоэтилпиперазин, АЭП)	43	22,8	Застывание при комн. т. плюс несколько дней при комн. т. или 1-2 час при 100°C – до полного отверждения.	Dow	Трехфункциональный амин с коротким сроком годности. Обеспечивает умеренную степень пластичности и повышает ударопрочность (ударную вязкость).
D.E.H. 52 (смесь амина и эпоксидной смолы)	53	28,0	Застывание при комн. т. плюс несколько дней при комн. т. или 1-2 час при 100°C – до полного отверждения.	Dow	Смесь амина с D.E.R. 331. Короткое время отверждения. Вязкость 6000-8000 сПз. Более низкое давление паров и менее существенная точность определения соотношения компонентов обеспечивает улучшенные характеристики при работе с данной композицией.
D.E.H. 58 (активированный алифатический амин)	30	15,9	Застывание при комн. т. плюс несколько дней при комн. т. или 1-2 час при 100°C – до полного отверждения.	Dow	Амин-содержащий ускоритель отверждения, предназначенный для реакционных систем, быстроотверждающихся при температуре окружающей среды.
XUS 19036.00 (полиэтиленполиамин)	34	18,0	Застывание при комн. т. плюс несколько дней при комн. т. или 1-2 час при 100°C – до полного отверждения.	Dow	Аминный отвердитель со слабым запахом, не обладает коррозионной активностью. Обеспечивает получение материала с отличной химической стойкостью, особенно при использовании для вторичной герметизации. Обладает пониженной склонностью к помутнению при отверждении во влажных условиях.

RT = Комнатная температура

† Типичные свойства, их не следует рассматривать в качестве технических условий.

Таблица 5

Ароматические полиамины[†]

Отвердитель	Вес на активн. Н	PHR D.E.R. 331	Предлагаемая схема отверждения	Замечания
Метафенилендиамин (МФДА)	27	14,3	Застывание при 55°C + 2 часа при 125°C + 2 часа при 175°C.	Ароматический диамин с температурой плавления около 60°C. Может использоваться для приготовления эвтектических смесей. Обеспечивает хорошие характеристики отвержденного материала при высокой температуре. Используется в ламинатах, при изготовлении отливок, а также для заливки обмоток.
Диаминодифенил-сульфон (ДДС или ДАДС)	57	30,2	1 час при 150°C 3 часа при 220°C.	Ароматический полиамин с температурой плавления около 175°C. Используется в ламинатах. Имеет хорошую долговечность при хранении. Отверждение может быть ускорено применением BF ₃ •МЭА или алифатических аминов.
Диэтилтолуолдиамин	44,6	23,6	2 часа при 100°C 4 часа при 175°C.	Жидкий ароматический диамин, имеющий низкую вязкость. Обладает более продолжительным сроком годности по сравнению с другими ароматическими аминами. При отверждении выделяется небольшое количество тепла.

[†] Приводятся лишь типичные составы композиций и схемы отверждения, их не следует рассматривать в качестве технических условий.

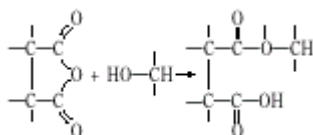
Ангидриды

Для отверждения эпоксидных смол широко применяются жидкие и твердые ангидриды. В Таблице 6 показаны типичные представители этого класса отвердителей.

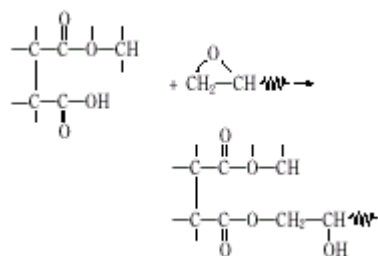
Скорость взаимодействия некоторых ангидридов с эпокси-соединениями является низкой. Для ускорения застывания и отверждения смолы в качестве ускорителя (катализатора) часто применяются третичные амины (от 0,5 до 3%). Подбор оптимального количества отвердителя, как правило, имеет существенное значение и определяется типами используемого ангидрида и смолы, а также режимами отверждения. Применение слишком большого или слишком малого количества отвердителя (относительно необходимого значения) может ухудшить эксплуатационные характеристики полимера при высокой температуре. Величина «наилучшей» концентрации отвердителя должна определяться экспериментально. Для снижения температуры плавления смолы могут применяться эвтектические смеси.

Взаимодействие ангидридов с эпоксидными группами представляет собой сложный процесс, характеризующийся возможностью протекания нескольких конкурирующих реакций. К трем наиболее важным реакциям относятся:

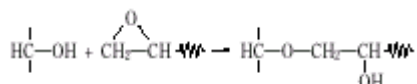
1. Разрыв ангидридного кольца с участием гидроксильной группы спирта – с образованием моноэфира:



2. После протекания реакции (1) образующиеся карбоксильные группы взаимодействуют с эпоксидом, образуя сложное эфирное соединение:



3. Эпоксидные группы взаимодействуют с активированными кислотой образующимися или существующими гидроксильными группами, образуя эфирное соединение:



Если отверждение осуществляется при незначительном повышении температуры, то образование простых и сложных эфиров протекает с практически одинаковой скоростью. При более высоких температурах образование сложных эфирных соединений происходит более часто, что, вероятно, и является причиной, ответственной за снижение эксплуатационных характеристик при повышенной температуре систем, первоначальное застывание которых происходило при высоких температурах. Так как в кислой среде реакция (3) может протекать независимо, то отношение ангидрида к эпоксидной смоле является менее важным, чем при использовании в качестве отвердителя амина. Оно может изменяться от 0,5 до 0,9 эквивалентов ангидрида на эквивалент эпоксидной смолы и для достижения необходимых свойств готового продукта должно определяться экспериментально.

Срок годности смеси (жизнеспособность) обычно является достаточно продолжительным; количество тепла, выделяемое при отверждении – небольшое. Для достижения необходимых предельных свойств отверждение должно проводиться при повышенной температуре с последующей длительной выдержкой после отверждения. Электрические и физические характеристики отвержденного материала остаются высокими в широком диапазоне температуры. Химическая стойкость по отношению к некоторым реагентам является несколько более низкой, чем для систем, отвержденных аминными отвердителями, но превышает их стойкость к воздействию водных растворов кислот.

Таблица 6

Ангидриды[†]

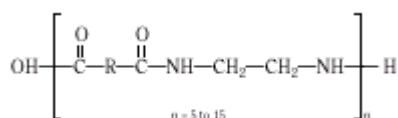
Отвердитель	PHR D.E.R. 331	Предложенный режим отверждения	Замечания
Nadic метилангидрид (NMA)	60-90 ¹	2 часа при 90°C + 4 часа при 165°C + 16 часов при 200°C	Жидкий ангидрид обладающий продолжительной жизнеспособностью при комнатной температуре. Обеспечивает отличные свойства материала при повышенных температурах.
Гексагидрофталевый ангидрид (ГГФА)	60-75 ¹	2 часа при 100°C + 2-6 часов при 150°C	Твердое вещество с низкой температурой плавления (около 35°C), растворимо в жидкой смоле при комнатной температуре. Используется для герметизации, заливки обмоток, получения прозрачных отливок.
Триметиллитовый ангидрид (ТМА)	60-90 ¹	24 часа при 150-180°C	Хорошие электрические свойства, отличные свойства при высокой температуре. Быстрое взаимодействие при высоких температурах.
Додеценилентарный ангидрид (ДДЯА)	95-130 ¹	2 часа при 100°C + 4-6 часов при 150°C	Жидкий ангидрид. Придает пластичность отвержденной композиции.
Фталевый ангидрид (ФА)	40-65	24 часа при 120°C или 8 часов при 150°C	Твердый ангидрид с температурой плавления 128°C. Низкое тепловыделение, продолжительная жизнестойкость. Используется при выполнении больших объемов работ по герметизации.
Метилгексагидрофталевый ангидрид (МГГФАА)	60-75 ¹	3 часа при 100°C + 6 часов при 140°C	Отличная светостойкость, быстрое застывание.
Тетрагидрофталевый ангидрид (ТГФА)	60-75 ¹	24 часа при 120°C или 8 часов при 150°C	Твердый ангидрид с температурой плавления 100°C. По свойствам отвержденной смолы аналогичен гексагидрофталевому ангидриду. Используется для заливки и герметизации.
Метилтетрагидрофталевый ангидрид (МТГФА)	70-90 ¹	2 часа при 90°C + 4 часа при 150°C	Жидкий ангидрид с более высокой реакционной способностью, чем NMA, однако аналогичен ему по физическим свойствам отвержденной смолы.

¹ Плюс соответствующий ускоритель.

[†] Проводятся только типичные составы композиций и режимы отверждения; их не следует рассматривать в качестве технических условий.

Полиамиды

Так как эти вещества наиболее широко применяются в качестве продуктов конденсации димеризованных жирных кислот и дифункционального амина, такого как этилендиамин, то этот класс соединений может рассматриваться как модифицированные полифункциональные алифитические амины. Их теоретическое строение имеет следующий вид:



Реакционная способность полиамидов по отношению к эпоксидам аналогична реакционной способности алифитических аминов. Так как полиамиды представляют собой полимеры относительно большого размера, то отношение количества полиамида к эпоксиду является менее важным, чем в случае аминов с низким молекулярным весом. Это соотношение может

изменяться в достаточно широких пределах, обеспечивая получение отвержденных полимеров, свойства которых изменяются от высокой жесткости до достаточно высокой гибкости. С этой точки зрения полиамиды могут считаться как модификаторами смолы, так и отвердителями.

Композиции, отвержденные с использованием полиамида имеют более высокую жизнестойкость по сравнению с композициями, отвержденными алифатическими полиаминами и их смесями. Происходящее под их воздействием отверждением протекает при комнатной температуре, не приводит к помутнению смолы и обеспечивает отличную адгезию. Эти композиции имеют высокую вязкость и иногда бывают несовместимы со смолой до начала протекания реакции. Обычно они окрашены в темный цвет. При повышении температуры полиамидные системы быстро теряют конструкционную прочность и изолирующие свойства, в связи с чем температура их применения обычно ограничивается величиной ниже 65°C (149°F). В Таблице 7 представлены аналогичные изделия, произведенные двумя компаниями, выпускающими полиамидные отвердители.

Таблица 7

Полиамиды[†]

Отвердитель	PHR D.E.R. 331	Предлагаемый режим отверждения	Замечания
Versamid ¹ 100 Ancamide ² 100	70-110	Комн. т-ра + несколько дней до полного отверждения.	Полужидкая полиамидная смола, которая в основном используется для уменьшения количества растворителя - при отверждении эпоксидных смол с промежуточным молекулярным весом, в процессах нанесения покрытий. Так же выпускается в виде растворов. Может применяться для отверждения смол на влажных подложках.
Versamid 115 Ancamide 220	60-100	Застывание при комн. т-ре + несколько суток до полного отверждения или 1-2 часа при 100°C.	Жидкий полиамид, обладающий высокой вязкостью. Может применяться при 100%-ном содержании твердых веществ – при условии подогрева для уменьшения вязкости. Используется в ламинатах, клеевых составах, при герметизации, в качестве материала для заливки и нанесения покрытий. Выпускается также и в виде раствора.
Versamid 125 Ancamide 260A	50-100	Застывание при комн. т-ре + несколько суток до полного отверждения или 1-2 часа при 100°C.	Жидкий полиамид, обладающий промежуточной вязкостью. Может смешиваться при комн. т-ре или слабом нагреве (для уменьшения вязкости). Используется в композициях, наносимых на влажную основу, в клеевых составах, при герметизации, в качестве материала для заливки и нанесения покрытий, в качестве эпоксидно-цементных смесей, при изготовлении инструментальной оснастки.
Versamid 140 Ancamide 350A	30-70	Застывание при комн. т-ре + несколько суток до полного отверждения или 1-2 часа при 100°C.	Полиамид, обладающий низкой вязкостью, обеспечивает более высокую устойчивость к высокотемпературным изменениям формы, отличную адгезию и низкую усадку. Используется при нанесении порошковых покрытий (100%-ное содержание твердых веществ), в композициях, наносимых на влажную основу, в эпоксидно-цементных смесях, при изготовлении отливок, инструментальной оснастки и в клеящих композициях.

[†] Типичные свойства, которые, не следует рассматривать в качестве технических условий.

¹ Торговая марка компании Henkel

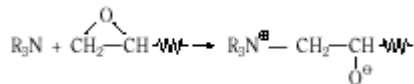
² Торговая марка компании Air Products and Chemicals, Inc.

Каталитические отвердители

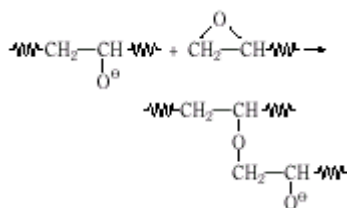
К каталитическим отвердителям относятся соединения, ускоряющие взаимодействие эпоксид-эпоксид или эпоксид-гидроксид, не являясь при этом соединениями, участвующими в непосредственном образовании поперечных связей. К этому классу соединений относятся третичные амины, соли аминов, бортрифторидные комплексы, а также амин бораты.

Механизм реакции полимеризации типа эпоксид-эпоксид, протекающей при использовании в качестве катализатора третичного амина (или другого каталитического отвердителя), теоретически может быть описан следующим образом:

1. Разрыв связей эпоксидной группы:



2. Образующийся таким образом ион способен разорвать связи следующей эпоксидной группы:



Это продолжается до тех пор, пока не образуется плотносшитая структура, содержащая стабильные эфирные связи.

Это чрезвычайно упрощенное объяснение не учитывает эфирных гидроксильных групп, присутствующих в гомологах смолы с более высоким молекулярным весом, или вводимых вместе со смолой модификаторов и отвердителей. Несмотря на различие стадий взаимодействия эпоксида и гидроксильной группы, получаемая в результате конечная структура очень похожа на структуру, которая предполагается для реакции, протекающей между эпоксидными группами. Третичные амины и соли аминов имеют среднюю жизнеспособность (от 2 до 24 часов). В то время как жизнеспособность латентных катализаторов, таких как комплекс $BF_3 \cdot MЭА$ (трифторид бора моноэтиламина) или дициандиамида, является очень продолжительной и достигает нескольких месяцев. Действие латентных катализаторов зависит от процесса тепловой диссоциации; образующиеся при этом продукты диссоциации способны инициировать отверждение эпоксидной смолы.

Количество используемого катализатора может изменяться от 2 до 10 частей на 100 частей смолы. Конкретное количество катализатора, необходимое для получения оптимальных свойств данной системы, должно определяться экспериментально. Например, используемые в малых количествах (в качестве катализатора) третичные амины, способствуют ускорению отверждения комбинаций «ангидрид-эпоксид» или «ароматический амин-эпоксид». Кроме того, для достижения различных степеней полимеризации, они также применяются совместно с латентными катализаторами.

Примерами каталитических отвердителей являются бензилдиметиламин (БДМА), BF_3 моноэтиламина ($BF_3 \cdot MЭА$), диметиламинометилфенол.

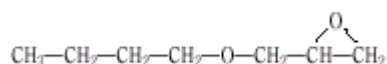
ХИМИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ РАЗБАВИТЕЛИ, МОДИФИКАТОРЫ, НАПОЛНИТЕЛИ

Химически активные разбавители

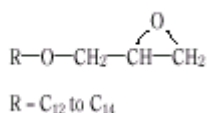
Химические активные разбавители используются, главным образом, для снижения вязкости композиции. Добавление такого разбавителя также позволяет вводить в композицию большее количество наполнителя, обеспечивая при этом лучшие условия смачивания и пропитки.

Предпочтительно, чтобы скорость реакции разбавителя с отвердителем была примерно такой же, как и скорость взаимодействия смолы с отвердителем. Разбавитель должен уже при низких концентрациях способствовать значительному снижению вязкости композиции. Он не должен взаимодействовать со смолой при нормальных условиях хранения.

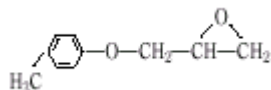
В качестве химически активных растворителей обычно используются[†]:



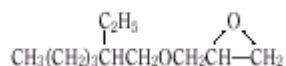
Бутилглицидиловый эфир (БГЭ)
(Молекулярный вес — 130)



Алифатический глицидиловый эфир, C₁₂-C₁₄
(Молекулярный вес — 242-270)



Крезилглицидиловый эфир (КГЭ)
(Молекулярный вес — 165)



2 — Этилгексилглицидиловый эфир
(Молекулярный вес — 186)

[†] Являются всего лишь типичными разбавителями, не должны рассматриваться как соединения, рекомендуемые компанией Dow.

Модифицирование эпоксидных смол может производиться по нескольким причинам:

- для обеспечения определенных физических свойств, таких как ударопрочность и сила сцепления с основой;
- для изменения вязкости композиции;
- для увеличения срока годности, снижения экзотермичности реакции или уменьшения усадки, а также
- для уменьшения стоимости композиции.

Применение бутилглицидилового эфира обеспечивает максимальное уменьшение вязкости. Тем не менее, длительное соприкосновение с этими продуктами может представлять

серьезную опасность для здоровья. Перед использованием данного соединения ознакомьтесь с имеющимися на продукте этикетками, а также с данными, указанными в текущей спецификации по безопасному обращению с этим материалом. Химически активные разбавители с более высоким молекулярным весом – такие как алифатические эфиры с длиной цепи C12-C14, являются менее опасными при работе с ними, но не обеспечивают столь же высокой эффективности как бутилглицидиловый эфир.

На Рисунке 1 показана зависимость вязкости от концентрации разбавителя для типичных представителей семейства эпоксидных смол компании DOW. Количество отвердителя (при его использовании на стехиометрической основе) должно быть скорректировано с учетом изменения величины эпоксидного эквивалента смолы, модифицированной за счет введения разбавителя. Сммотри раздел «Расчет стехиометрических отношений», стр. 11.

Рисунок 1:
Влияние разбавителей на эпоксидные смолы D.E.R.

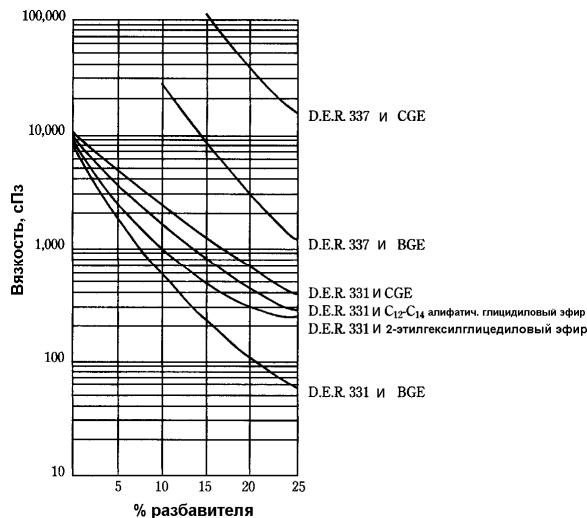
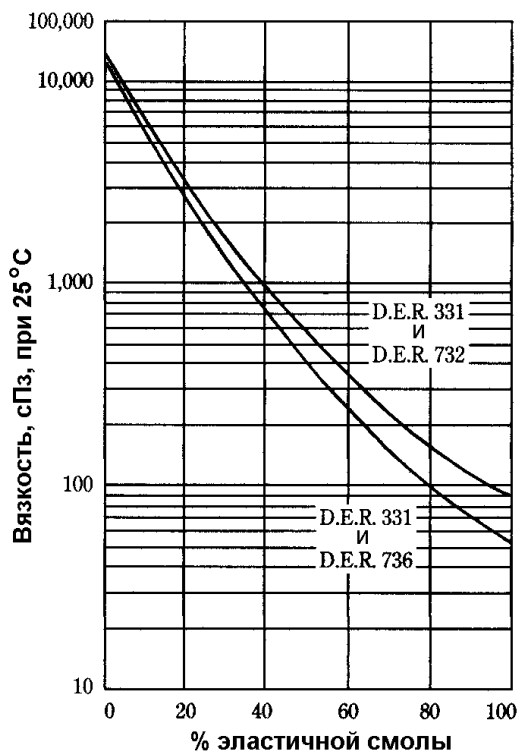


Рисунок 2:
Зависимость вязкости от концентрации смолы, придающей гибкость (пластичность) отвержденному материалу (D.E.R. 331 с D.E.R. 732 и D.E.R. 736)



† Приводится лишь в иллюстративных целях, не следует рассматривать в качестве технических условий.

Модификаторы смол

Модификаторы смолы применяются для улучшения стойкости отвержденного материала к механическим и тепловым воздействиям, для повышения относительного удлинения, а также для получения более высокой ударпрочности и гибкости. Обычно это, приводит к некоторому ухудшению эксплуатационных характеристик материала: механической прочности, электрических свойств, химической стойкости или стойкости к воздействию растворителей или же поведению при повышенной температуре.

Представителями химически активных модификаторов эпоксидного типа являются эпоксидные соединения, такие как алифатические диэпоксиды (эластичные эпоксидные смолы D.E.R. 732 и D.E.R. 736) или монофункциональные эпоксидные соединения (такие как глицидиловый эфир с длиной цепи C₁₂ - C₁₄). Для получения эластичной (пластичной) отвержденной композиции эти материалы могут применяться в отношении до 1:1. Будучи смешанными со смолой, они обладают дополнительным преимуществом устойчивости при хранении.

Смолы D.E.R. 732 и D.E.R. 736, имеющие низкую вязкость и слабую окраску, обеспечивают возможность уменьшения вязкости эпоксидных композиций без изменения цвета отвержденных полимеров. Эти преимущества отсутствуют у большинства остальных пластификаторов (компонентов, повышающих эластичность отвержденного материала). На Рисунке 2 показано влияние на вязкость увеличения содержания пластичной смолы в смесях с D.E.R. 331.

На практике часто используются модификаторы, которые, как и отвердители, могут обладать химической активностью. К ним обычно относятся полисульфидные полимеры, трифенилфосфит и различные полиамиды. Последние легко взаимодействуют с эпоксидом и уже обсуждались в разделе «Отвердители», стр. 10. При индивидуальном использовании полисульфидных полимеров скорость их взаимодействия с эпоксидом является низкой. В этом случае для ускорения отверждения применяются 1-3 части (на 100 частей смолы) активного каталитического амина или соли амина, например, 2,4,6-три(диметиламинометил)фенола.

Введение в состав композиции трифенилфосфита снижает ее вязкость и уменьшает стоимость. Установлено, что использование этого соединения в количестве до 25 частей на 100 частей смолы не оказывает значительного влияния на физические свойства материала при комнатной температуре. Несмотря на то, что трифенилфосфит способен вступать в реакцию с эпоксидом, он, сам по себе, не является эффективным отвердителем. В этом случае для обеспечения эффективного отверждения необходимо использовать полифункциональный отвердитель. При этом оптимальные результаты дает его введение в количестве примерно 75% от нормального стехиометрического отношения - для смолы D.E.R. 331, содержащей 25 частей трифенилфосфита на 100 частей смолы.

Химически инертные модификаторы не получили широкого распространения. Это объясняется тем, что они приводят к ухудшению эксплуатационных характеристик отвержденной смолы. Целью их применения чаще всего является снижение стоимости композиции. Для этого могут использоваться такие соединения как дибутилфталат, нонилфенол, скипидар, а также простые гликолевые эфиры. К основным, предъявляемым к ним требованиям относятся: совместимость с эпоксидной смолой до и после отверждения, отсутствие образования паров или пены в процессе отверждения, а также отсутствие избыточной миграции из отвержденной композиции.

Наполнители[†]

Использование в эпоксидных композициях наполнителей может снизить их стоимость, уменьшить экзотермичность процесса отверждения, увеличить жизнеспособность состава и добиться улучшения одного или более из указанных ниже свойств отвержденной смолы:

- **Улучшенная обрабатываемость**
 - порошкообразный алюминий или медь;
 - карбонат кальция;
 - силикат кальция.
- **Улучшенная стойкость к истиранию**
 - окись алюминия;
 - порошкообразный кварц;
 - карборунд;
 - диоксид кремния;
 - дисульфид молибдена.
- **Улучшенная ударпрочность (ударная вязкость)**
 - стеклянная крошка;
 - другие волокнистые материалы.
- **Улучшенные электрические свойства**
 - слюда;
 - двуокись кремния;
 - порошок или чешуйки стекла.
- **Улучшенная теплопроводность**
 - металлические наполнители;
 - крупный песок;
 - окись алюминия.
- **Улучшенная стойкость к расслоению, улучшенная текучесть или триксотропные свойства**
 - коллоидная двуокись кремния;
 - глины.

Указанные улучшения обычно достигаются за счет ухудшения таких характеристик как прочность на разрыв, изгиб и ударная вязкость (при использовании гранулированных наполнителей). Большинство наполнителей снижают коэффициент теплового расширения и степень усадки, причем указанные изменения характеристик отвержденного продукта происходят пропорционально от количества используемого наполнителя и не зависят от его типа.

Использование относительно небольших концентраций (от 10 до 25 частей на 100 частей смолы) волокнистых и чешуйчатых наполнителей, таких как измельченное стекловолокно, стеклянные чешуйки и слюда, приводят к увеличению вязкости композиции. Зернистые наполнители, имеющие средний вес, такие как порошкообразный алюминий, окись алюминия и двуокись кремния, могут вводиться в композиции в количестве до 200 частей на 100 частей смолы. Содержание в эпоксидной композиции тяжелых наполнителей, таких как порошкообразное железо, оксид железа и крупный песок, может достигать 800 частей на 100 частей смолы.

Частицы более мелкого размера легче вводятся в состав композиции и имеют меньшую тенденцию к оседанию. Крупные же и тяжелые наполнители имеют тенденцию к отстаиванию и слеживанию при стоянии – при условии, что в составе композиции также не используются более легкие наполнители или стабилизирующие добавки. Соединения двуокиси кремния очень мелкого размера являются очень эффективными стабилизаторами и триксотропными добавками.

† Приводятся лишь как типичные наполнители, данный материал не следует рассматривать в качестве рекомендаций компании Dow.

МЕТОДЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Достижение максимальных преимуществ использования эпоксидных смол, особенно в случаях крупномасштабного применения, зависит от состава всей композиции, т.е. от типа смолы, отвердителя и т.д., а также от использования правильных методик подготовки композиции.

Каждая область применения имеет свои уникальные требования к эксплуатационным характеристикам материала. Тем не менее, ряд особых соображений является общим для многих областей применения эпоксидных полимеров, поэтому их знание имеет большое значение для принятия практических решений.

Ниже приводятся некоторые из указанных соображений:

- Создание и поддержание безопасных условий работы с материалом, а также методов его обезвреживания, что необходимо для максимального повышения безопасности людей и предприятия.
- Подготовка (быстрая и удобная) необходимого количества тщательно перемешанной композиции при соблюдении правильного соотношения отвердителя и эпоксидной смолы.
- Предотвращение избыточного выделения тепла, преждевременного застывания композиции и «перевода» в отходы смешанных партий материала.
- Предотвращение захвата воздуха смолой, применяемой для изготовления отливок, ламинатов и клеевых стыков.
- Предотвращение пролива материалов и связанных с этим проблем по соприкосновению с токсичными материалами и их удалением.

Оборудование

В настоящее время промышленностью выпускается несколько типов оборудования для автоматического смешивания и дозирования эпоксидных композиций. Использование правильно сконструированного оборудования позволяет автоматически отмерить, смешать и подать требуемое количество композиции. Смесь является однородной, что позволяет предотвратить изменения вязкости при начале взаимодействия компонентов партии смеси. Так как смешивание смолы и отвердителя с последующей доставкой композиции к месту ее применения происходит практически мгновенно, это обеспечивает возможность использования очень быстродействующих отвердителей. Кроме того, для снижения вязкости и/или сокращения времени отверждения указанное оборудование позволяет производить подогрев смеси, или удалять из ее компонентов воздух – для тех областей применения, в которых требуются не содержащие воздуха смеси. Промышленностью также выпускается оборудование, позволяющее подавать продукт непосредственно в формы для литья под вакуумом. Использование такого оборудования сводит до минимума необходимость непосредственного соприкосновения с материалами, входящими в состав композиции.

Смешивание партий композиции может производиться в обычном смешивающем оборудовании для приготовления краски или строительного раствора. Для лабораторного использования или приготовления небольших партий смесей вполне пригодны одноразовые контейнеры и переносные мешалки. Обязательно убедитесь в полноте перемешивания смеси. Плохо размешанные смеси, содержащие области с высоким или низким содержанием катализатора, могут привести к неравномерному отверждению и получению отвержденного материала, обладающего низкими эксплуатационными характеристиками. Примечание: при периодическом смешивании порций раствора особое внимание следует уделять тому, чтобы не допустить воздействия на работающий персонал смол, отвердителей и других компонентов композиции. Сммотри раздел «Факторы, представляющие опасность для здоровья», стр. 47.

Регулирование температуры

При необходимости использования больших партий композиций или смесей, обладающих средней реакционной способностью (т.е. таких смесей, жизнеспособность которых должна составлять нескольких часов или несколько дней), для увеличения срока годности композиций

должно применяться охлаждающее и циркуляционное оборудование. Эта методика особенно пригодна для композиций с малой вязкостью, предназначенных для пропитывания, обработки погружением и т.п. Жизнеспособность (срок годности) таких композиций может быть дополнительно увеличен путем постепенного (ступенчатого) добавления в резервуар со смолой свежеприготовленной смеси. Это также способствует регулированию вязкости по мере старения партии композиции.

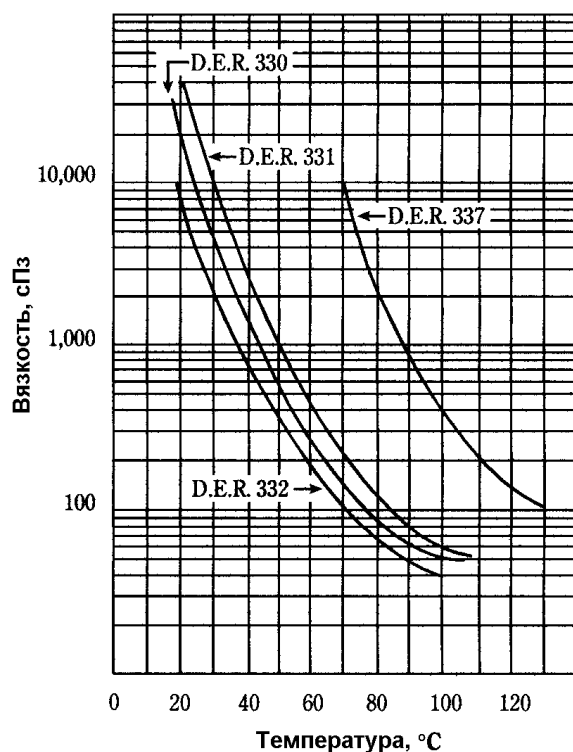
Зависимость вязкости от температуры жидких эпоксидных смол семейства D.E.R.

На Рисунке 3 представлены кривые вязкости жидких эпоксидных смол семейства D.E.R. в диапазоне практически применяемых температур смесей. Снижение вязкости смолы за счет ее нагрева способствует введению в композицию большего количества наполнителя, а также помогает деаэрированию смесей. Это также способствует растворению и тщательному перемешиванию твердых или высоковязких отвердителей.

На Рисунке 4 представлен график зависимости вязкости для двух композиций с разными пластифицирующими смолами, используемыми со смолой D.E.R. 331 (жидкая эпоксидная смола типа бисфенол А) в диапазоне температуры от 0 до 100°C.

Рисунок 3:

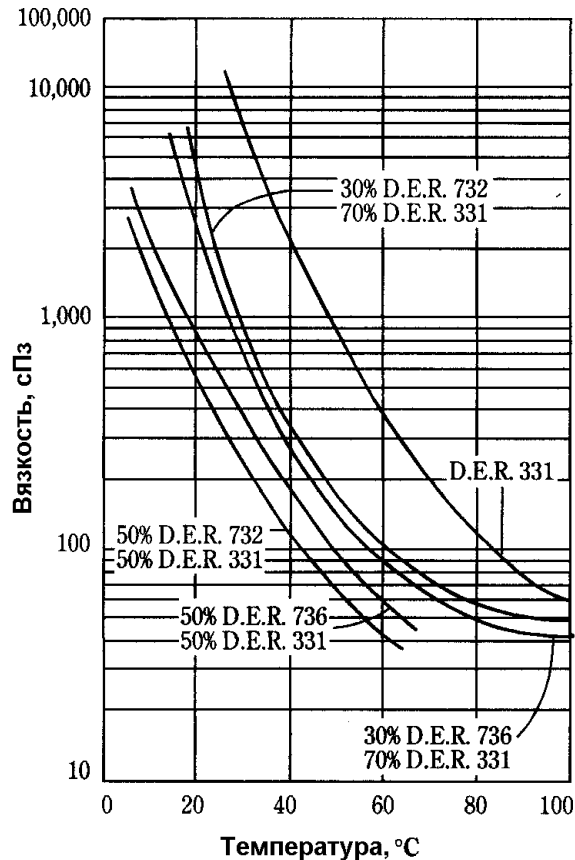
Зависимость вязкости от температуры для жидких эпоксидных смол семейства D.E.R.



† Приводится лишь в иллюстративных целях, не следует рассматривать в качестве технических условий.

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СМОЛ

Рисунок 4:
Зависимость вязкости от температуры
(смеси D.E.R. 732 и D.E.R. 736 с D.E.R. 331)



*Торговая марка компании The Dow Chemical Company

В Таблицах с 10 по 30 приводятся типичные свойства не содержащих наполнителей отливок на основе жидких эпоксидных смол компании Dow, отвержденных отвердителями D.E.N. 24 (ТЭТА), $\text{BF}_3 \cdot \text{MЭА}$, NMA и т.п. В этой работе не производилось никакой оптимизации типа отвердителя, соотношения количества отвердителя и смолы или режимов отверждения.

Выбор конкретных отвердителей был обусловлен тем, что каждый из них является типичным представителем своего класса и находит широкое практическое применение. Можно предположить, что при выполнении рекомендуемых корректировок по соотношению компонентов и режиму отверждения, отвердители с одинаковой структурой будут обладать сходными рабочими характеристиками.

При индивидуальном использовании пластичных эпоксидных смол компании Dow получаемые при отверждении мягкие композиции обладают низкими механическими характеристиками. Их, следовательно, лучше использовать в смесях со смолами бисфенол А/эпихлоргидрин, такими как смола D.E.R. 331, или новолачная эпоксидная смола - D.E.N. 438*. Также могут использоваться жидкие, полужидкие или твердые эпоксидные смолы с низким молекулярным весом. Необходимое количество пластичной смолы зависит от конечного применения продукта и требуемых свойств композиции.

Как правило, содержание в композиции пластичной эпоксидной смолы компании DOW, составляющее от 10 до 30%, является отличным исходным диапазоном для улучшения пластичности отвержденного материала при сохранении основных необходимых характеристик немодифицированной системы. При указанном уровне модификации значения относительного удлинения, ударной вязкости и, иногда, прочности на разрыв – увеличиваются, в то время как прочность на изгиб и сжатие – уменьшаются.

Смолы .E.R. 732 или D.E.R. 736 часто предпочтительно использовать при более низких уровнях модифицирования, что объясняется обеспечиваемым ими уровнем снижения вязкости. Повышение количества в смеси пластичной смолы приводит к снижению уровня температуры, при которой наблюдается тепловая деформация материала. В зависимости от системы и типа внешнего воздействия при этом также может произойти уменьшение химической стойкости и стойкости к воздействию органических растворителей. Электрические характеристики отвержденного материала при комнатной температуре остаются практически неизменными, однако, при повышенных температурах, по-видимому, произойдет их ухудшение.

В отвержденных системах, содержащих пластичные эпоксидные смолы компании DOW в количестве 50% или более, происходит значительное ухудшение таких показателей как прочность на разрыв, изгиб и сжатие. Ударная вязкость и относительное удлинение при этом существенно увеличиваются (по сравнению с аналогичными свойствами немодифицированных эпоксидных смол). При данном содержании пластичной смолы, смола D.E.R. 736, имеющая более короткую цепь, оказывает меньшее влияние на физические свойства готового продукта, чем смола D.E.R. 732.

В Таблице 9 представлены режимы отверждения и методы приготовления эпоксидных композиций, используемых для подготовки образцов, применяемых для определения физических свойств отвержденных материалов. Режимы отверждения не обязательно являются наиболее оптимальными. Они применяются в качестве стандартных условий, обеспечивающих непосредственное сравнение результатов с данными для других эпоксидных смол компании Dow, перечисленных в других бюллетенях.

Методы испытаний, приведенные в Таблице 8, использовались при получении данных, представленных в Таблицах 10 и 12.

Методы испытаний

При сравнении данных компании Dow с данными, полученными из других источников, учитывайте метод проведения испытаний. Например, данные компании Dow по прочности на изгиб были получены на образцах толщиной 0,25" (6,4 мм), шириной 0,5" (12,7 мм) и длиной 4" (102 мм). Если толщина образца уменьшается до 0,125" (3,2 мм), а его длина - до 2" (51 мм), то для одной и той же композиции значения напряжений изгиба будут обычно на 2000-5000 фунт/кв. дюйм (140-352 кг/кв.см) выше.

Там, где это было возможно, сбор всех данных осуществлялся в соответствии с методиками ASTM, перечисленными в Таблице 8, стр. 27. Для тех случаев, когда метод испытаний ASTM не применялся, приводится описание соответствующих методов испытания.

Химическая стойкость и стойкость к воздействию органических растворителей

Ввиду большого количества исследуемых образцов, данные по химической стойкости и стойкости к воздействию органических растворителей, ограничивались исследованием воздействия неорганических и органических кислот и оснований, широко распространенных растворителей, окислителей и воды. Системы, отвержденные с использованием амина, ангидрида и каталитического отвердителя, прошли обширные испытания в указанных средах с целью выявления влияния типа катализатора на их химическую стойкость. Для сравнения влияния изменения молекулярного веса композиции и типа разбавителей все отвержденные материалы подвергались воздействию ограниченного числа реагентов.

Таблица 8

Методы испытаний

Свойство	Методы испытаний	Размер образца и замечания
Температура тепловой деформации	ASTM D 648	стержни 1/2" x 1/2"; (12,7 x 12,7 мм), дл. 4" (102 мм)
Прочность на изгиб и модуль упругости	ASTM D 790	стержни: Ш. 1/2" x В. 1/4" (6,4 мм); дл. 4" (102 мм)
Предел текучести при сжатии и модуль при степени деформации 10% или менее	ASTM D 695	стержни 1/2" x 1/2" x 1" (12,7 x 12,7 x 25,4 мм)
Прочность на разрыв и предельное удлинение	ASTM D 638	Размеры по обозначениям стандарта ASTM: F = 2.25" (57,2 мм) T = 0.125" (3,3 мм) W = 0.500" (12,7 мм) D = 4.5" (114,3 мм) скорость 0.2"/min. (5,1 мм/мин)
Твердость по Роквеллу, Rockwell M	ASTM D 785	образцы толщиной 1/4" (6,4 мм)
Ударная вязкость (по Изоду)	ASTM D 256	стержни 1/2" x 1/2" x 2 1/2" (12,7 x 12,7 x 63,5 мм)
Химическая стойкость и стойкость в орг. растворителях	ASTM D 543	образцы 3" x 1" x 0.125" (76,2 x 25,4 x 3,2 мм)
Термическая деструкция	—	Образцы диам. 2" (51 мм) x 0.125" (3,2 мм), выдерживаемые в воздушной конвекционной печи при заданной температуре.
Диэлектрическая постоянная и тангенс угла потерь	ASTM D 150	Усл. А: Образцы выдерживались 40 часов при температуре 23°C и относительной влажности 50%. Усл. С: Образцы выдерживались 48 часов при температуре 50°C. Усл. D: Образцы выдерживались 96 часов при температуре 23°C и относительной влажности 96%.
Удельное объемное и поверхностное сопротивление	ASTM D 257	—
Срок годности и максимальное тепловыделение	—	Определялся на образцах весом 500 г. Испытания, которые начинались при повышенной температуре, осуществлялись в термостате или в печи со стабилизированной температурой.

При подготовке образцов для испытаний, результаты которых представлены в Таблицах с 12 по 33, использовались следующие режимы отверждения.

Таблица 9	Режимы отверждения [†]					
	Отвердитель	Первонач. застывание		Послед. отверждение		Примечания
		Время, час.	Темп., °С	Время, час.	Темп., °С	
D.E.H. 20 (диэтилентриамин)	16	25	2	100	Для уменьшения вязкости смол, имеющих высокую вязкость, как смолы, так и формы предварительно нагревались до температуры 55°С.	
D.E.H. 24 (триэтилтетрамин)	16	25	3	100	Для уменьшения вязкости смол, имеющих высокую вязкость, как смолы, так и формы предварительно нагревались до температуры 55°С.	
Nadic метилангидрид ¹	2	90	4 +16	165 200	Смола, отвердитель и формы предварительно нагревались до температуры 90°С.	
BF ₃ моноэтаноламин (BF ₃ • MEA)	4	100	16	150	Для растворения катализатора смола предварительно нагревалась до 80-100°С. Формы подогревались до 100°С.	
Versamid 140 ² (полиамид)	16	25	3	100	Для уменьшения вязкости смола и отвердитель предварительно подогревались до 55°С. Для обеспечения выхода захваченных пузырьков воздуха формы предварительно подогревались до 65°С. При смешивании смол более высокой вязкости может потребоваться нагрев до более высоких температур.	
1,2-Циклогександиамин (циклоалифитический амин)	16	25	2	100	Для улучшения текучести смол, имеющих высокую вязкость, проводился предварительный нагрев как смол, так и форм до температуры 55°С. Идеальные условия окончательного отверждения включают выдержку в течение нескольких часов при 150°С.	
D.E.H. 20 (диэтилентриамин)	16	25	2	100	Для улучшения текучести смол, имеющих высокую вязкость, проводился предварительный нагрев как смол, так и форм до температуры 55°С.	
D.E.H. 39 (аминоэтилпиперазин)	16	25	4	60	Для улучшения текучести смол, имеющих высокую вязкость, проводился предварительный нагрев как смол, так и форм до температуры 55°С.	

¹ В качестве ускорителя (катализатора) на 100 частей смолы вводится 1,5 части бензилдиметиламина (БДМА).

² Полиамид, производимый компанией Henkel.

[†] Приводится лишь в иллюстративных целях, не следует рассматривать в качестве технических условий.

Таблица 10

Физические свойства – жидкие эпоксидные смолы DOW₂ отвержденные с использованием отвердителя D.E.H. 24[†]

Смола	D.E.R. 362	D.E.R. 330	D.E.R. 331	D.E.R. 332	D.E.R. 317	D.E.R. 383	30% D.E.R. 732 70% D.E.R. 331	30% D.E.R. 736 70% D.E.R. 331
Средний экв. вес эпоксиды	195	180	190	174	197	180	218	192
ρ _г (частей на 100 частей смолы)	13.2	13,5	13,0	14,0	12,2	13	11	13
Вязкость композиции, сПз при 25°C	1,000	1,250	2,250	900	3,200	1,650	540	400
Реакционная способность и выделение тепла, образец весом 500 г (при 25°C)	(мин) ¹	31	40	25	43	25	40	—
	(°C) ²	80	80	74	68	75	88	—
	(°C) ³	270	271	266	283	270	270	—
	(мин.) ⁴	44	55	36	55	40	55	—
Темп. тепловой деформации (°C)	100	104	111	107	104	100	58	76
Прочность на изгиб (фунт./кв. дюйм)	17000	17700	13900	15590	17000	17000	10825	14400
Модуль изгиба (фунт./кв. дюйм x 10 ⁵)	5,51	4,90	4,4	4,05	4,74	5,0	3,25	4,21
Предел текучести при сжатии (фунт./кв. дюйм)	16000	15000	16300	15840	14500	15800	12200	12040
Модуль сжатия (фунт./кв. дюйм x 10 ⁵) при деформации 10% или менее	3.50	3,40	4,4	2,63	4,06	3,37	2,99	3,51
Прочность на разрыв (фунт./кв. дюйм)	10,300	8,950	11,400	9,620	10,700	10,900	6,600	9,225
Предельное удлинение, %	3.4	2,8	4,4	4,4	2,7	3,1	5,53	6,00
Испытания на ударную вязкость по Изоду, образцы с надрезом, (фунт.-фунт./дюйм надреза)	—	0,40	0,50	0,50	0,50	0,50	0,54	0,61
Твердость по Роквеллу (Rockwell M)	107	107	106	107	109	107	87	91

1 Время до достижения переходной точки или застывания.

2 Температура в точке перехода.

3 Температура при максимальном тепловыделении.

4 Время до максимального тепловыделения.

† Типичные значения, не должны рассматриваться в качестве технических условий.

Таблица 11		Электрические свойства – жидкие эпоксидные смолы компании DOW, отвержденные с использованием отвердителя D.E.H. 24 [†]						
		D.E.R. 330	D.E.R. 331	D.E.R. 332	D.E.R. 317	D.E.R. 383	30% D.E.R. 732 70% D.E.R. 331	30% D.E.R. 736 70% D.E.R. 331
Диэлектрическая постоянная								
Условие А								
Частота, Гц	60	3,97	4,02	3,98	4,02	—	3,87	3,95
	10 ³	3,86	3,90	3,86	3,95	4,31	3,76	3,85
	10 ⁶	3,39	3,42	3,27	3,43	—	3,27	3,32
Условие D								
Частота, Гц	60	4,24	4,27	4,23	4,21	—	3,92	4,58
	10 ³	4,13	4,17	4,07	4,12	—	4,53	4,32
	10 ⁶	3,52	3,55	3,42	3,54	—	3,69	3,58
Тангенс угла потерь								
Условие А								
Частота, Гц	60	0,009	0,007	0,010	0,008	—	0,014	0,013
	10 ³	0,020	0,020	0,027	0,018	0,019	0,022	0,023
	10 ⁶	0,029	0,032	0,031	0,034	—	0,032	0,033
Условие D								
Частота, Гц	60	0,023	0,010	0,013	0,010	—	0,074	0,043
	10 ³	0,025	0,023	0,030	0,020	—	0,045	0,037
	10 ⁶	0,033	0,036	0,035	0,036	—	0,051	0,043
Удельное объемное сопротивление (Ом·см)								
Условие А		1,51 x 10 ¹⁵	6,1 x 10 ¹⁵	1,29 x 10 ¹⁵	1,18 x 10 ¹⁵	1,58 x 10 ¹⁵	1,97 x 10 ¹⁵	1,24 x 10 ¹⁵
Условие С		1,76 x 10 ¹⁵	1,7 x 10 ¹⁵	1,1 x 10 ¹⁵	8,5 x 10 ¹⁴	—	4,43 x 10 ¹⁵	1,79 x 10 ¹⁴
Удельное поверхностное сопротивление (Ом)								
Условие А		1,73 x 10 ¹⁴	7,85 x 10 ¹⁵	7,85 x 10 ¹⁴	>7,85 x 10 ¹⁵	2,22 x 10 ¹⁵	3,14 x 10 ¹⁵	3,94 x 10 ¹⁵
Условие С		3,14 x 10 ¹⁴	6,3 x 10 ¹⁵	9,42 x 10 ¹⁴	7,85 x 10 ¹⁴	—	2,04 x 10 ¹³	7,22 x 10 ¹³

— = Не определено

† Типичные значения, не должны рассматриваться в качестве технических условий.

Таблица 12		Химическая стойкость и стойкость к воздействию органических растворителей, а также термическая деструкция – жидкие эпоксидные смолы компании DOW, отвержденные отвердителем D.E.H. 24†																											
		D.E.R. 330 Изменение, вес. %, дней			D.E.R. 331 Изменение, вес. %, дней			D.E.R. 332 Изменение, вес. %, дней			D.E.R. 317 Изменение, вес. %, дней			D.E.R. 383 Изменение, вес. %, дней			30% D.E.R. 732 70% D.E.R. 331 Изменение, вес. %, дней			30% D.E.R. 736 70% D.E.R. 331 Изменение, вес. %, дней									
Смола	Реагент	7	28	120	7	28	120	7	28	120	7	28	120	7	28	120	7	28	120	7	28	120							
	Серная кислота, 30%	0,56	1,24	2,85	0,69	1,8	3,10	0,62	1,33	3,08	0,64	1,27	2,80	0,66	1,31	2,94	1,10	4,26	9,31	1,81	3,61	7,90							
	Серная кислота, 3%	---	---	---	0,61	1,27	2,66	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2,21	4,54	9,93	1,90	4,03	9,38							
	Соляная кислота, 36%	---	---	---	1,13	2,35	5,58	---	---	---	---	---	---	1,86	3,15	6,53	5,42	10,60	26,40	3,54	6,11	15,30							
	Соляная кислота, 10%	---	---	---	0,64	1,45	3,15	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2,39	4,92	10,40	2,00	4,11	9,24							
	Азотная кислота, 40%	---	---	---	1,9	4,1	D	---	---	---	---	---	---	4,24	D	D	D ¹	---	---	D	---	---							
	Азотная кислота, 10%	---	---	---	0,81	1,77	3,95	---	---	---	---	---	---	---	---	---	3,21	6,69	15,20	2,21	4,69	10,60							
	Гидроксид аммония, 28%	---	---	---	0,35	0,84	1,79	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,85	1,85	3,75	,56	1,37	3,10							
	Гидроксид аммония, 10%	---	---	---	0,37	0,81	1,73	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---							
	Уксусная кислота, 25%	---	---	---	2,99	6,14	14,2	---	---	---	---	---	---	---	---	---	14,30	D	---	10,86	D	---							
	Этиловый спирт, 95%	---	---	---	0,14	0,37	0,86	---	---	---	---	---	---	---	---	---	4,95	9,78	20,40	1,49	3,03	6,45							
	Ацетон	0,17	0,74	4,48	0,45	2,1	7,7	0,19	0,80	4,68	0,83	3,11	7,80	0,92	3,62	12,0	D	---	---	4,28	10,50	---							
	Дихлорэтилен	---	---	---	0,29	1,14	6,43	---	---	---	---	---	---	---	---	---	D	---	---	10,00	D	---							
	Толуол	---	---	---	0,04	0,07	0,16	---	---	---	---	---	---	0,20	0,21	0,24	3,31	10,10	24,10	0,03	0,10	0,81	---						
	Гидроксид натрия, 50%	0,00	-0,06	0-,11	0,0	0,04	0,02	-,01	-,05	-,07	-0,02	-0,07	-0,11	0,03	-0,10	-0,13	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00	0,05							
	Гидроксид натрия, 10%	---	---	---	0,36	0,66	1,41	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,68	1,39	2,67	0,48	1,03	2,23							
	Авиаци. топливо JP 4	0,03	-0,01	0,09	0,02	-0,01	0,09	0,02	-0,02	0,08	0,14	0,20	-0,21	---	---	---	0,02	0,04	0,24	0,03	0,04	0,22							
	Лимонная кислота, 10%	---	---	---	0,39	0,80	1,65	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1,09	2,16	4,30	0,71	1,48	3,24							
	Хромовая кислота, 40%	---	---	---	-1,53	-5,82	-17,3	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-3,17	-12,10	-34,40	-1,60	-6,43	-19,80							
	Дистиллированная вода	0,40	0,79	1,68	0,41	0,88	1,7	0,41	0,80	1,69	0,43	0,77	1,78	0,38	0,76	1,40	,92	1,93	3,80	0,64	1,36	3,11							
	ВРЕМЯ (ЧАСЫ)	100	200	300	500	100	200	300	500	100	200	300	500	100	200	300	500	100	200	300	500	100	200	300	500				
	Термическая деструкция (потери, вес. %) 160°C	,95	,95	1,32	1,41	0,71	1,0	1,4	1,6	,92	,96	1,07	1,42	0,70	1,2	1,4	1,7	1,1	1,3	1,6	1,8	1,83	2,47	2,89	3,27	1,50	2,11	2,57	3,41
	210°C	2,11	3,77	_	7,39	3,4	5,4	6,8	7,8	2,07	3,51	-	7,00	3,30	5,2	7,0	7,7	3,9	5,5	6,9	9,2	4,73	D	---	---	D	D	---	---

D = Разлагается

— = Не определялось

† Типичные значения, не должны рассматриваться в качестве технических условий.

Таблица 13		Физические свойства – жидкие эпоксидные смолы компании DOW, отвержденные с помощью 1,2-циклогександиамина [†]	
Смола		D.E.R. 331	D.E.R. 383
Средний экв. вес эпоксиды		190	180
ρ _г (частей на 100 частей смолы)		17	16
Вязкость композиции, сПз при 25°C		1020	700
Реакционная способность и выделение тепла, образец весом 500 г (при 25°C)	(мин) ¹	50	95
	(°C) ²	113	118
	(°C) ³	172	176
	(мин) ⁴	56	103
Темп. тепловой деформации (°C)		110	110
Прочность на изгиб (фунт./кв. дюйм)		15400	15200
Модуль изгиба (фунт./кв. дюйм x 10 ⁵)		4,2	4,1
Предел текучести при сжатии (фунт./кв. дюйм)		16000	15800
Модуль сжатия (фунт./кв. дюйм x 10 ⁵) при деформации 10% или менее		3,9	4,0
Прочность на разрыв (фунт./кв. дюйм)		10300	12100
Предельное удлинение, %		4,0	4,1
Испытания на ударную вязкость, с надрезом по Изоду (фунт.-фунт./дюйм надреза)		0,40	0,40
Твердость по Роквеллу (Rockwell M)		106	106

1 Время до достижения переходной точки или застывания.

2 Температура в точке перехода.

3 Температура при максимальном тепловыделении.

4 Время до максимального тепловыделения.

[†] Типичные значения, не должны рассматриваться в качестве технических условий.

Таблица 14		Электрические свойства - жидкие эпоксидные смолы компании DOW, отвержденные с помощью 1,2-циклогександиамина [†]	
Смола		D.E.R. 331	D.E.R. 383
Диэлектрическая постоянная Условие А. Частота, Гц 10 ³		4,50	4,35
Тангенс угла потерь Условие А. Частота, Гц 10 ³		0,016	0,008
Удельное объемное сопротивление (Ом-см) Условие А		4,0 x 10 ¹⁵	4,2 x 10 ¹⁵
Удельное поверхностное сопротивление (Ом) Условие А		5,6 x 10 ¹⁵	5,9 x 10 ¹⁵

[†] Типичные значения, не должны рассматриваться в качестве технических условий.

Таблица 15

Химическая стойкость и стойкость к воздействию органических растворителей, а также термическая деструкция – жидкие эпоксидные смолы компании DOW, отвержденные с помощью 1,2-циклогександиамина †

Смола	D.E.R. 331 Изменения, вес. %, сутки				D.E.R. 383 Изменения, вес. %, сутки				
	7	28	120		7	28	120		
Реагент	7	28	120		7	28	120		
Серная кислота, 30%	0,67	1,20	2,25		0,57	0,98	1,85		
Азотная кислота, 40%	4,11	17,1	D		3,27	9,83	D		
Ацетон	1,76	5,80	21,3		2,45	10,2	25,0		
Толуол	0,32	0,48	,57		0,66	1,70	4,64		
Гидроокись натрия, 50%	0,08	-0,34	-0,09		-0,16	0,08	0,02		
Соляная кислота, 36%	2,29	4,41	8,94		2,10	3,64	6,15		
Дистиллированная вода	0,64	0,95	1,62		0,47	0,89	1,38		
ЧАСОВ (HRS)	100	200	300	500	100	200	300	500	
Термическая деструкция (потеря веса, вес. %)	160°C	1,4	1,6	1,9	2,0	1,3	1,5	1,7	1,7
	210°C	3,8	5,6	7,3	9,9	3,8	5,8	7,2	9,7

D = Термическое разложение

† Типичные значения, не должны рассматриваться в качестве технических условий.

Таблица 16

Физические свойства - жидкие эпоксидные смолы компании DOW, отвержденные с помощью Nadic метил ангидрида[†]

Смола	D.E.R. 330	D.E.R. 331	D.E.R. 332	D.E.R. 337	D.E.R. 317	D.E.R. 383	30% D.E.R. 732 70% D.E.R. 331	30% D.E.R. 736 70% D.E.R. 331
Средний экв. вес. эпоксида	180	190	174	240	197	180	218	192
pHr (частей на 100 частей смолы)	87,5	87,5	87,5	87,5	87,5	87,5	87,5	87,5
Вязкость композиции, сПз при 80°C	35	38	30	225	45	36	27,5	25
Реакционная способность и выделение тепла, образец весом 500 г (при 80°C)	(мин) ¹	158	129	97	37	80	160	—
	(°C) ²	113	99	93	92	100	112	—
	(°C) ³	132	146	152	153	155	130	—
	(мин.) ⁴	180	153	125	65	100	182	—
Темп. тепловой деформации (°C)	148	156	135	111	147	144	87	116
Прочность на изгиб (фунт./кв. дюйм)	19200	14000	21200	18870	15000	18500	16700	16400
Модуль изгиба (фунт./кв. дюйм x 10 ⁵)	4,70	4,40	4,72	3,52	4,41	4,80	4,45	4,35
Предел текучести при сжатии (фунт./кв. дюйм)	16900	18300	20190	18940	15000	17100	17730	16150
Модуль сжатия (фунт./кв. дюйм x 10 ⁵) при деформации 10% или менее	3,84	4,40	3,40	3,24	4,41	3,80	2,14	2,82
Прочность на разрыв (фунт./кв. дюйм)	6340	10000	6260	7330	7000	7000	10640	11570
Предельное удлинение, %	1,4	2,5	1,6	0,9	1,8	1,7	5,5	6,2
Испытания на ударную вязкость по Изоду, образцы с надрезом, (фунт.-дюйм/дюйм надреза)	0,30	0,48	0,21	0,49	0,48	0,30	0,47	0,41
Твердость по Роквеллу (Rockwell M)	111	111	114	113	1,09	112	108	106

1 Время до достижения переходной точки или застывания.

2 Температура в точке перехода.

3 Температура при максимальном тепловыделении.

4 Время до максимального тепловыделения.

† Типичные значения, не должны рассматриваться в качестве технических условий.

Таблица 17
Электрические свойства – жидкие эпоксидные смолы компании DOW, отвержденные с использованием Nadic метилангидрида †

Смола	D.E.R. 330	D.E.R. 331	D.E.R. 332	D.E.R. 337	D.E.R. 317	D.E.R. 383	30% D.E.R. 732 70% D.E.R. 331	30% D.E.R. 736 70% D.E.R. 331
Диэлектрическая постоянная								
Условие А								
Частота, Гц 60	3,15	3,15	3,14	3,36	3,12	—	3,20	3,19
10^3	3,13	3,14	3,12	3,33	3,09	3,54	3,18	3,17
10^6	3,01	2,97	2,99	3,10	2,89	—	2,98	3,00
Условие D								
Частота, Гц 60	3,39	3,34	3,30	3,46	3,22	—	4,27	3,36
10^3	3,35	3,32	3,29	3,43	3,19	—	3,32	3,36
10^6	3,14	3,11	3,13	3,15	3,01	—	3,09	3,12
Тангенс угла потерь								
Условие А								
Частота, Гц 60	0,0030	0,0020	0,0049	0,0037	0,0024	—	0,0061	0,0053
10^3	0,0054	0,0054	0,0045	0,0060	0,0053	0,0038	0,0066	0,0069
10^6	0,016	0,017	0,015	0,027	0,018	—	0,021	0,020
Условие D								
Частота, Гц 60	0,0079	0,0023	0,0030	0,0035	0,0038	—	0,0060	0,0061
10^3	,0063	0,0059	0,0044	0,0067	0,0059	—	0,076	0,0078
10^6	,020	0,021	0,018	0,028	0,020	—	0,025	0,026
Удельное объемное сопротивление (Ом·см)								
Условие А	$6,11 \times 10^{15}$	$6,1 \times 10^{15}$	$7,2 \times 10^{15}$	$7,3 \times 10^{15}$	$9,0 \times 10^{14}$	$6,15 \times 10^{15}$	$4,71 \times 10^{15}$	$1,73 \times 10^{15}$
Условие С	$3,67 \times 10^{15}$	$1,17 \times 10^{15}$	$1,01 \times 10^{15}$	$2,9 \times 10^{15}$	$4,74 \times 10^{14}$	—	$4,71 \times 10^{15}$	$1,24 \times 10^{15}$
Удельное поверхностное сопротивление (Ом)								
Условие А	$4,71 \times 10^{15}$	$3,93 \times 10^{15}$	$6,28 \times 10^{15}$	$>7,85 \times 10^{15}$	$>7,85 \times 10^{15}$	$4,95 \times 10^{15}$	$3,53 \times 10^{15}$	$7,85 \times 10^{15}$
Условие С	$3,93 \times 10^{15}$	$3,93 \times 10^{16}$	$1,1 \times 10^{15}$	$3,93 \times 10^{15}$	$3,93 \times 10^{15}$	—	$7,85 \times 10^{15}$	$2,67 \times 10^{14}$

— = Не определено

† Типичные значения, не должны рассматриваться в качестве технических условий.

Таблица 18

Химическая стойкость и стойкость к воздействию органических растворителей, а также термическая деструкция – жидкие эпоксидные смолы компании DOW, отвержденные Nadic метилангидридом †

Смола	D.E.R. 330 Изменения, вес. %, дней			D.E.R. 331 Изменения, вес. %, дней			D.E.R. 332 Изменения, вес. %, дней			D.E.R. 337 Изменения, вес. %, дней			D.E.R. 317 Изменения, вес. %, дней			D.E.R. 383 Изменения, вес. %, дней			30% D.E.R. 732 70% D.E.R. 331 Изменения, вес. %, дней			30% D.E.R. 736 70% D.E.R. 331 Изменения, вес. %, дней										
	7	28	120	7	28	120	7	28	120	7	28	120	7	28	120	7	28	120	7	28	120	7	28	120	7	28	120					
Серная кислота, 30%	0,33	0,48	0,54	0,33	0,83	0,55	0,28	0,41	0,51	0,29	0,57	1,14	0,41	0,66	1,20	0,14	0,22	0,36	0,23	0,52	0,77	0,35	0,53	0,56								
Серная кислота, 3%	---	---	---	0,50	0,81	0,96	0,41	0,64	0,85	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---								
Соляная кислота, 36%	---	---	---	0,32	0,56	1,36	0,26	0,46	1,11	---	---	---	---	---	---	0,21	0,38	0,88	---	---	---	---	---	---								
Соляная кислота, 10%	---	---	---	0,42	0,66	0,78	0,30	0,53	0,66	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---								
Азотная кислота, 40%	---	---	---	0,40	1,1	1,7	0,36	0,99	5,38	---	---	---	---	---	---	0,20	0,65	3,41	---	---	---	---	---	---								
Азотная кислота, 10%	---	---	---	0,47	0,81	0,94	0,40	0,66	,83	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---								
Гидроксид аммония, 28%	---	---	---	0,67	1,24	1,84	0,57	1,09	1,78	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---								
Гидроксид аммония, 10%	---	---	---	0,59	1,06	1,36	0,60	0,97	1,28	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---								
Уксусная кислота, 25%	---	---	---	0,46	0,73	0,90	0,45	0,63	0,84	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---								
Этиловый спирт, 95%	---	---	---	0,20	0,37	0,59	0,11	0,22	0,37	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---								
Ацетон	3,77	12,20	21,60	4,8	13,0	22,3	1,07	17,70	D	6,13	D	—	6,29	17,1	D	2,33	5,62	18,8	D	—	—	5,74	15,3	D								
Дихлорэтилен	---	---	---	6,73	D	—	9,81	D	—	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---								
Толуол	---	---	---	0,06	0,09	0,28	0,02	0,04	0,24	---	---	---	---	---	---	0,10	0,14	0,18	---	---	---	---	---	---								
Гидроокись натрия, 50%	-0,02	-0,13	-0,21	-0,08	-0,12	-0,16	-0,30	-0,83	-1,45	-0,04	-0,08	-0,25	0,05	0,04	0,05	-0,16	-0,26	-0,26	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02	-0,05	-0,07								
Гидроокись натрия, 10%	---	---	---	0,37	0,51	0,50	0,34	0,54	0,68	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---								
Авиац. топливо JP 4	0,02	-0,02	0,12	0,02	0,02	0,16	0,02	0,02	0,13	0,01	0,03	0,19	0,14	0,26	0,30	---	---	---	0,02	0,02	0,18	0,03	0,02	0,16								
Лимонная кислота, 10%	---	---	---	0,50	0,79	0,94	0,41	0,64	0,85	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---								
Хромовая кислота, 40%	---	---	---	0,07	-0,62	-0,14	0,07	-0,96	-3,44	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---								
Дистиллированная вода	0,47	0,74	0,86	0,52	0,82	0,87	0,40	0,61	0,84	0,41	0,90	1,79	0,59	0,96	1,30	0,26	0,54	0,70	0,45	0,83	1,40	0,48	0,80	1,02								
ВРЕМЯ, ЧАСЫ	100	200	300	500	100	200	300	500	100	200	300	500	100	200	300	500	100	200	300	500	100	200	300	500								
Термическая деструкция (потери, вес. %)																																
160°C	,21	,13	,13	,16	,12	,07	,10	,10	,27	,05	,09	,09	,36	,27	,36	,36	,35	,40	,40	,43	,17	,04	,09	,11	,61	,45	,56	,56	,28	,22	,28	,22
210°C	,28	,28	—	,84	0,66	1,1	1,5	1,8	0,28	0,31	—	0,76	2,38	2,59	—	3,18	,70	1,3	1,5	2,0	1,1	1,1	1,6	2,3	,77	2,58	—	2,54	1,02	1,44	—	2,81
260°C	6,26	10,50	—	—	5,60	10,20	—	—	5,10	9,30	—	—	10,90	14,90	—	—	6,10	9,80	—	—	—	—	—	—	11,80	—	—	—	24,90	D	—	—

D = Разлагается

— = Не определялось

† Типичные значения, не должны рассматриваться в качестве технических условий.

Таблица 19
Физические свойства - жидкие эпоксидные смолы компании DOW, отвержденные с помощью BF₃ · МЭА[†]

Смола	D.E.R. 330	D.E.R. 331	D.E.R. 332	D.E.R. 337	30% D.E.R. 732 70% D.E.R. 331	30% D.E.R. 736 70% D.E.R. 331
Средний экв. вес эпоксида	180	190	174	240	218	192
pHr (частей на 100 частей смолы)	3	3	3	3	3	3
Вязкость композиции, сПз при 100°C	35	40	30	900	48	45
Реакционная способность и выделение тепла, образец весом 500 г (при 100°C)	(мин) ¹	260	190	125	380	—
	(°C) ²	106	110	115	90	—
	(°C) ³	129	160	253	93	—
	(мин.) ⁴	325	240	140	435	—
Темп. тепловой деформации (°C)	121	168	130	148	59	72
Прочность на изгиб (фунт./кв. дюйм)	12200	14500	13430	11950	12055	14580
Модуль изгиба (фунт./кв. дюйм x 10 ⁵)	0,47	4,5	3,21	3,21	3,69	4,42
Предел текучести при сжатии (фунт./кв. дюйм)	16100	16500	16930	14720	10600	11000
Модуль сжатия (фунт./кв. дюйм x 10 ⁵) при деформации 10% или менее	3,48	3,3	2,59	2,48	2,46	2,64
Прочность на разрыв (фунт./кв. дюйм)	4620	5700	4280	6620	6425	8930
Предельное удлинение, %	0,1	1,6	0,80	1,7	7,8	6,45
Испытания на ударную вязкость по Изоду, образцы с надрезом, (фунт.-фунт./дюйм надреза)	0,30	0,26	0,25	0,46	0,54	0,49
Твердость по Роквеллу (Rockwell M)	110	111	112	109	87	95

1 Время до достижения переходной точки или застывания.

2 Температура в точке перехода.

3 Температура при максимальном тепловыделении.

4 Время до максимального тепловыделения.

† Типичные значения, не должны рассматриваться в качестве технических условий.

Таблица 20
Электрические свойства – жидкие эпоксидные смолы компании DOW, отвержденные с использованием BF3 · MEA[†]

Смола	D.E.R. 330	D.E.R. 331	D.E.R. 332	D.E.R. 337	30% D.E.R. 732 70% D.E.R. 331	30% D.E.R. 736 70% D.E.R. 331
Диэлектрическая постоянная						
Условие А						
Частота, Гц 60	3,43	3,47	3,36	3,36	3,46	3,54
10 ³	3,40	3,45	3,34	3,33	3,40	3,48
10 ⁶	3,22	3,23	3,15	3,16	3,13	3,20
Условие D						
Частота, Гц 60	3,70	3,71	3,59	3,71	3,27	4,34
10 ³	3,66	3,70	3,58	3,68	4,08	3,82
10 ⁶	3,39	3,41	3,31	3,32	3,50	3,43
Тангенс угла потерь						
Условие А						
Частота, Гц 60	0,0039	0,0029	0,0032	0,0040	0,0044	0,0089
10 ³	0,0054	0,0053	0,0052	0,0068	0,012	0,0097
10 ⁶	0,022	0,023	0,023	0,025	0,024	0,031
Условие D						
Частота, Гц 60	0,0160	0,0039	0,0046	0,0071	0,052	0,013
10 ³	0,0078	0,0068	0,0062	0,0083	0,031	0,014
10 ⁶	0,027	0,034	0,027	0,035	0,047	0,041
Удельное объемное сопротивление (Ом·см)						
Условие А	4,81 x 10 ¹⁵	8,6 x 10 ¹⁵	1,92 x 10 ¹⁵	5,1 x 10 ¹⁵	7,52 x 10 ¹⁴	3,77 x 10 ¹⁵
Условие С	1,68 x 10 ¹⁵	1,2 x 10 ¹⁶	2,64 x 10 ¹⁵	1,78 x 10 ¹⁵	1,10 x 10 ¹⁴	1,51 x 10 ¹⁵
Удельное поверхностное сопротивление (Ом)						
Условие А	7,85 x 10 ¹⁵	>7,85 x 10 ¹⁵	2,36 x 10 ¹⁵	>7,85 x 10 ¹⁵	4,71 x 10 ¹⁴	1,57 x 10 ¹⁵
Условие С	1,26 x 10 ¹⁵	>7,85 x 10 ¹⁵	2,36 x 10 ¹⁵	1,38 x 10 ¹⁵	6,28 x 10 ¹⁵	1,02 x 10 ¹⁵

† Типичные значения, не должны рассматриваться в качестве технических условий

Таблица 21

Химическая стойкость и стойкость к воздействию органических растворителей, а также термическая деструкция – жидкие эпоксидные смолы компании DOW, отвержденные BF3 · МЭА†

Смола	D.E.R. 330 Изменения, вес. %, дней			D.E.R. 331 Изменения, вес. %, дней			D.E.R. 332 Изменения, вес. %, дней			D.E.R. 337 Изменения, вес. %, дней			30% D.E.R. 732 70% D.E.R. 331 Изменения, вес. %, дней			30% D.E.R. 736 70% D.E.R. 331 Изменения, вес. %, дней								
	7	28	120	7	28	120	7	28	120	7	28	120	7	28	120	7	28	120						
Серная кислота, 30%	34	0,73	1,13	0,40	1,1	1,2	33	0,53	1,05	0,21	0,60	1,02	48	0,88	1,29	0,36	0,71	1,11						
Серная кислота, 3%	----	----	----	0,52	1,05	0,96	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----						
Соляная кислота, 36%	----	----	----	0,26	0,49	1,17	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----						
Соляная кислота, 10%	----	----	----	0,44	0,87	1,38	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----						
Азотная кислота, 40%	----	----	----	0,45	1,2	1,5	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----						
Азотная кислота, 10%	----	----	----	0,48	1,00	0,94	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----						
Гидроксид аммония, 28%	----	----	----	0,57	1,22	2,17	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----						
Гидроксид аммония, 10%	----	----	----	0,57	1,16	1,93	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----						
Уксусная кислота, 25%	----	----	----	0,53	1,03	1,65	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----						
Этиловый спирт, 95%	----	----	----	0,20	0,43	0,80	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----						
Ацетон	0,27	0,84	4,00	0,43	1,2	3,2	0,30	0,93	4,67	1,12	3,16	12,6	D	—	—	7,71	D	—						
Дихлорэтилен	----	----	----	0,85	2,39	8,26	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----						
Толуол	----	----	----	0,09	0,17	0,26	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----						
Гидроокись натрия, 50%	0,01	-0,04	-0,03	-0,03	-0,02	-0,00	0,20	-0,04	0,1	-0,03	-0,04	-0,02	0,01	0,05	0,03	0,02	0,03	0,04						
Гидроокись натрия, 10%	----	----	----	0,50	0,94	1,46	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----						
Авиаци. топливо JP 4	0,03	0,08	0,23	0,02	0,06	0,23	0,02	0,05	0,20	-0,01	0,00	0,16	0,03	0,06	0,27	0,04	0,05	0,28						
Лимонная кислота, 10%	----	----	----	0,50	0,79	0,94	0,41	0,64	0,85	----	----	----	----	----	----	----	----	----						
Хромовая кислота, 40%	----	----	----	0,07	-0,62	-0,14	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----						
Дистиллированная вода	0,51	0,99	1,71	0,62	1,2	1,8	0,53	0,99	1,57	0,60	1,18	1,92	0,75	1,54	2,68	0,56	1,12	2,04						
ВРЕМЯ (ЧАСЫ)	100	200	300	500	100	200	300	500	100	200	300	500	100	200	300	500	100	200	300	500				
Термическая деструкция (потери, вес. %)																								
160°C	0,37	0,41	0,41	0,57	0,36	0,48	0,11	0,86	0,25	0,36	0,41	0,41	0,54	0,72	0,36	1,07	4,44	5,72	6,63	7,8	2,40	3,32	4,09	4,84
210°C	1,42	1,87	—	3,37	2,6	4,0	4,9	5,5	0,98	1,46	—	3,05	1,65	2,45	—	3,69	13,50	15,20	—	18,0	12,30	15,20	—	20,40
260°C	22,40	D	—	—	19,60	D	—	—	20,80	D	—	—	22,60	D	—	—	44,10	D	—	—	43,00	D	—	—

D = Происходит разложение

— = Не определялось

† Типичные значения, не должны рассматриваться в качестве технических условий.

Таблица 22

Физические свойства - жидкие эпоксидные смолы компании DOW, отвержденные с помощью полиамидного⁶ отвердителя[†]

Смола	D.E.R. 330		D.E.R. 331		D.E.R. 332		D.E.R. 337		D.E.R. 317		D.E.R. 383		30% D.E.R. 732 70% D.E.R. 331		30% D.E.R. 736 70% D.E.R. 331		
Средний эквивалентный вес эпоксиды	180		190		174		240		197		180		218		192		
ρ _г (частей на 100 частей смолы)	43		43		43		43		43		43		43		43		
Вязкость композиции, °С	25		50		25		50		25		50		25		50		
	сПз		8800 1200		16000 1250		6500 960		— 62000		81200 1370		9300 1210		2650 400		2550 310
Реакционная способность и выделение тепла, образец весом 500 г	(°С) ¹		25 50		25 50		— 50		25 50		25 50		— —		— —		
	(мин) ²		169 30		94 22		160 31		— 16		114 25		169 32		— —		
	(°С) ³		53 80		56 90		70 76		— 95		70 92		54 81		— —		
	(°С) ⁴		89 228		118 226		153 215		— 172		250 235		89 230		— —		
	(мин) ⁵		194 44		110 35		185 48		— 25		130 38		194 47		— —		
Темп. тепловой деформации (°С)	86		101		92		88		83		83		52		53		
Прочность на изгиб (фунт./кв. дюйм)	13100		9700		12170		11330		12300		13000		8350		11250		
Модуль изгиба (фунт./кв. дюйм x 10 ⁵)	3.83		3.50		3.27		2.13		3.31		3.92		2.47		3.36		
Предел текучести при сжатии (фунт./кв. дюйм)	11800		12400		12290		11780		12200		12100		12800		13500		
Модуль сжатия (фунт./кв. дюйм x 10 ⁵) при деформации 10% или менее	2.95		3.70		2.39		3.84		3.11		2.92		1.74		2.23		
Прочность на разрыв (фунт./кв. дюйм)	7600		8300		6810		7290		8900		8000		4830		6850		
Предельное удлинение, %	3.6		3.9		2.0		—		4.6		4.0		15.3		4.73		
Испытания на ударную вязкость по Изоду, образцы с надрезом, (фунт.-фунт./дюйм надреза)	0.40		0.50		0.44		1.03		0.49		0.40		.66		.52		
Твердость по Роквеллу (Rockwell M)	89		80		82		72		86		87		60		74		

1. Исходная температура смеси.
 2. Время до достижения переходной точки или застывания.
 3. Температура в точке перехода.
 4. Температура при максимальном тепловыделении.
 5. Время до достижения максимального тепловыделения.
 6. Например, Versamid 140 или Ancamide 350 A. (Отвердитель – полиамид с аминным числом 350-400.)
- = Определение не производилось.
 — = Не проводилось из-за высокой вязкости.
 † Типичные значения, не должны рассматриваться в качестве технических условий.

Таблица 23

Электрические свойства – жидкие эпоксидные смолы компании DOW, отвержденные с использованием в качестве отвердителя[†] полиамида¹

Смола	D.E.R. 330	D.E.R. 331	D.E.R. 332	D.E.R. 337	D.E.R. 317	D.E.R. 383	30% D.E.R. 732 70% D.E.R. 331	30% D.E.R. 736 70% D.E.R. 331
Диэлектрич. постоянная Условие А Частота, Гц								
60	3.13	3.23	3.24	3.20	3.39	—	3.36	3.37
10 ³	3.12	3.19	3.20	3.17	3.35	3.76	3.28	3.31
10 ⁶	2.95	2.99	2.95	2.91	3.04	—	3.98	3.06
Условие D Частота, Гц								
60	3.39	3.48	3.44	3.48	3.58	—	3.63	4.17
10 ³	3.35	3.44	3.39	3.40	3.52	—	3.90	3.74
10 ⁶	3.09	3.10	3.07	3.08	3.15	—	3.30	3.26
Тангенс угла потерь Условие А Частота, Гц								
60	.0045	.0036	.0097	.0063	.0047	—	.011	.010
10 ³	.0065	.0070	.0097	.0091	.010	.0070	.016	.012
10 ⁶	.019	.019	.021	.021	.020	—	.024	.021
Условие D Частота, Гц								
60	.0098	.0059	.0078	.0210	.0047	—	.058	.055
10 ³	.010	.011	.011	.014	.010	—	.036	.031
10 ⁶	.022	.026	.026	.027	.020	—	.044	.036
Удельное объемное сопротивление (Ом-см)								
Условие А	1.44 x 10 ¹⁵	1.22 x 10 ¹⁶	4.86 x 10 ¹⁵	1.21 x 10 ¹⁶	6.04 x 10 ¹⁵	1.38 x 10 ¹⁵	4.81 x 10 ¹⁵	1.81 x 10 ¹⁵
Условие С	7.68 x 10 ¹⁴	1.22 x 10 ¹⁶	2.91 x 10 ¹⁴	1.45 x 10 ¹⁵	3.62 x 10 ¹⁵	—	2.53 x 10 ¹³	1.04 x 10 ¹³
Удельное поверхностное сопротивление (Ом)								
Условие А	1.26 x 10 ¹⁵	5.5 x 10 ¹⁵	7.85 x 10 ¹⁵	7.85 x 10 ¹⁵	>7.85 x 10 ¹⁵	2.40 x 10 ¹⁵	3.93 x 10 ¹⁵	7.85 x 10 ¹⁵
Условие С	1.26 x 10 ¹⁵	7.85 x 10 ¹⁵	2.04 x 10 ¹⁴	1.33 x 10 ¹⁵	1.57 x 10 ¹⁵	—	9.89 x 10 ¹²	4.0 x 10 ¹³

¹ Например, Versamid 140 или Ancamide 350 А. (Отвердитель – полиамид с аминным числом 350-400.)

— = Определение не производилось.

† Типичные значения, не должны рассматриваться в качестве технических условий.

Таблица 24		Химическая стойкость и стойкость к воздействию органических растворителей, а также термическая деструкция – жидкие эпоксидные смолы компании DOW, отвержденные полиамидом ¹ , используемым в качестве отвердителя [†]																														
Смола	D.E.R. 330 Изменения, вес. %, дней			D.E.R. 331 Изменения, вес. %, дней			D.E.R. 332 Изменения, вес. %, дней			D.E.R. 337 Изменения, вес. %, дней			D.E.R. 317 Изменения, вес. %, дней			D.E.R. 383 Изменения, вес. %, дней			30% D.E.R. 732 70% D.E.R. 331 Изменения, вес. %, дней			30% D.E.R. 736 70% D.E.R. 331 Изменения, вес. %, дней										
Реагент	7	28	120	7	28	120	7	28	120	7	28	120	7	28	120	7	28	120	7	28	120	7	28	120	7	28	120					
Серная кислота, 30%	0,58	1,32	3,70	0,67	1,9	3,6	0,52	1,18	3,35	1,05	3,10	7,08	0,64	1,27	3,51	0,40	0,74	1,50	3,38	8,18	24,60	2,64	5,94	14,60								
Азотная кислота, 40%	—	—	—	1,7	3,8	6,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,86	0,00	0,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
Ацетон	2,08	4,65	14,10	3,4	7,3	16,2	2,17	4,77	14,2	5,79	13,04	D	3,49	6,87	15,4	—	—	—	22,0	D	—	D	—	—	—	—	—					
Толуол	—	—	—	1,5	3,7	8,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,61	17,4	27,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
Гидроокись натрия, 50%	0,00	0,02	0,11	-0,01	0,07	0,20	0,00	0,00	0,07	0,04	0,03	0,15	-0,02	-0,07	-0,10	0,05	-0,06	-0,06	0,09	0,19	0,34	0,07	0,11	0,27	—	—	—					
Авиат. топливо JP 4	0,03	0,06	0,34	0,03	0,05	0,29	0,02	0,04	0,23	0,02	0,06	0,31	0,23	0,40	0,59	—	—	—	0,11	0,27	0,93	0,07	0,15	0,59	—	—	—					
Дистиллированная вода	0,47	1,03	2,36	0,58	1,3	2,6	0,47	0,99	2,24	0,47	1,18	2,61	0,62	1,14	2,40	0,44	0,88	15,3	1,17	2,44	4,83	1,16	2,38	4,86	—	—	—					
ВРЕМЯ, ЧАСЫ	100	200	300	500	100	200	300	500	100	200	300	500	100	200	300	500	100	200	300	500	100	200	300	500	100	200	300	500				
Термическая деструкция (потери, вес. %)																																
160°C	.77	1,15	1,39	1,53	.73	1,1	1,4	1,6	.50	.74	.95	1,07	1,05	1,48	1,73	1,82	1,01	1,30	1,62	1,71	0,90	1,3	1,8	2,0	1,33	1,81	2,13	2,35	1,15	1,64	1,79	2,32
210°C	2,15	3,18	—	4,35	2,9	4,2	5,0	5,6	1,61	2,44	—	4,08	2,66	3,55	—	5,48	2,80	3,91	4,97	5,50	3,8	5,0	6,0	7,3	3,64	4,88	—	6,24	4,52	D	—	—

D = Происходит разложение

— = Определение не производилось.

¹ Например, Versamid 140 или Ancamide 350 A. (Отвердитель – полиамид с аминным числом 350-400.)

[†] Типичные значения, не должны рассматриваться в качестве технических условий.

Таблица 25		Физические свойства - жидкие эпоксидные смолы компании DOW, содержащие химически активный разбавитель [†]				
Смола	D.E.R. 324	D.E.R. 325	D.E.R. 324	D.E.R. 325	D.E.R. 324	D.E.R. 325
Отвердитель	—D.E.H. 24—		—Полиамид ⁵ —		—1,2-Циклогександиамин—	
ρ _г (частей на 100 частей смолы)	12,2	12,5	33	33	17	17
Реакционная способность и выделение тепла, образец весом 500 г						
(при 25°C) (мин.) ¹	41	35	245	225	86	65
(°C) ²	66	60	50	50	77	94
(°C) ³	230	230	68	68	240	250
(мин) ⁴	48	39	260	250	92	75
Темп. тепловой деформации (°C)	65	88	50	63	81	99
Прочность на изгиб (фунт./кв. дюйм) ⁶	16,400	19,200	11,500	15,400	18,800	21,400
Модуль изгиба (фунт./кв. дюйм x 10 ⁵)	4,57	5,11	3,25	4,33	4,76	5,06
Предел текучести при сжатии (фунт./кв. дюйм)	11,800	14,300	8,400	11,700	13,900	15,900
Модуль сжатия (фунт./кв. дюйм x 10 ⁵) при деформации 10% или менее	2,58	3,05	2,14	2,85	2,97	3,24
Прочность на разрыв (фунт./кв. дюйм)	9,000	10,300	6,700	8,700	6,900	11,800
Предельное удлинение, %	8,70	6,37	7,32	4,53	2,03	8,95
Температура стеклования (°C)	82	102	67	88	102	124

1. Время до достижения переходной точки или застывания.

2. Температура в точке перехода.

3. Температура при максимальном тепловыделении.

4. Время до достижения максимального тепловыделения.

5. Например, Versamid 140 или Ancamide 350 A. (Отвердитель – полиамид с аминным числом 350-400.)

6. Размер образца: Ш. 1" (25,4 мм) x В. 1/8" (3,2 мм); Дл. 2" (51 мм).

[†] Типичные значения, не должны рассматриваться в качестве технических условий.

Таблица 26		Электрические свойства – жидкие эпоксидные смолы компании DOW, содержащие химически активный разбавитель [†]					
Смола	D.E.R. 324	D.E.R. 325	D.E.R. 324	D.E.R. 325	D.E.R. 324	D.E.R. 325	
Отвердитель	D.E.H. 24	D.E.H. 24	Полиамид ¹	Полиамид	1,2- Циклогександиамин	1,2- Циклогександиамин	
Диэлектрич. постоянная Условие А Частота, 1000 Гц	3,99	4,18	3,64	3,68	3,91	4,21	
Тангенс угла потерь Условие А Частота, 1000 Гц	0,014	0,0082	0,012	0,0090	0,0069	0,016	

¹ Например, Versamid 140 или Ancamide 350 A. (Отвердитель – полиамид с аминным числом 350-400.)

[†] Типичные значения, не должны рассматриваться в качестве технических условий.

Таблица 27		Химическая стойкость и стойкость к воздействию органических растворителей, а также термическая деструкция – жидкие эпоксидные смолы компании DOW, содержащие химически активный разбавитель [†]					
Смола	D.E.R. 324	D.E.R. 325	D.E.R. 324	D.E.R. 325	D.E.R. 324	D.E.R. 325	
Отвердитель	D.E.H. 24 Изменение, вес. %, дней	D.E.H. 24 Изменение, вес. %, дней	Полиамид ¹ Изменение, вес. %, дней	Полиамид Изменение, вес. %, дней	1,2-циклогександиамин Изменение, вес. %, дней	1,2-циклогександиамин Изменение, вес. %, дней	
Реагент	7 28 120	7 28 120	7 28 120	7 28 120	7 28 120	7 28 120	
Серная кислота, 30%	0,88 1,95 4,34	0,70 1,56 3,57	0,46 1,13 2,35	0,29 0,81 1,78	0,52 1,18 2,23	0,49 1,01 1,96	
Серная кислота, 3%	0,83 1,67 3,46	0,67 1,31 2,61	0,68 1,28 2,14	0,53 1,09 2,06	0,56 1,09 1,83	0,61 1,13 1,90	
Соляная кислота, 36%	2,70 5,38 11,2	1,80 3,77 7,98	3,45 6,48 13,6	2,16 4,22 9,13	3,62 6,99 15,2	2,55 5,17 11,1	
Соляная кислота, 10%	0,76 1,53 3,08	0,80 1,58 3,29	0,69 1,32 2,24	0,51 1,34 1,95	0,44 6,25 6,34	0,41 2,18 1,86	
Азотная кислота, 40%	5,20 D D	9,67 D D	4,82 D D	3,13 D D	5,42 D D	4,38 D D	
Азотная кислота, 10%	1,01 1,96 4,07	0,88 1,74 3,79	0,85 1,78 3,21	0,66 1,32 2,63	0,77 1,58 2,87	0,79 1,57 3,04	
Уксусная кислота, 25%	6,61 12,2 26,2	4,37 8,43 18,3	7,00 12,6 25,4	4,14 7,65 15,3	7,41 13,3 27,6	5,44 9,94 20,5	
Гидроксид натрия, 50%	0,03 0,04 0,14	0,03 0,01 0,16	0,05 0,03 0,05	0,06 0,07 0,06	0,05 0,03 0,20	0,03 0,09 0,21	
Гидроксид аммония, 28%	0,67 1,27 2,61	0,45 0,95 2,23	0,98 1,48 2,67	0,67 1,33 2,36	0,60 1,09 1,66	0,54 0,98 1,68	
Этиловый спирт, 95%	2,13 4,13 8,70	0,53 1,24 2,48	4,79 8,70 15,1	2,09 3,84 7,33	2,69 5,38 11,5	0,41 1,56 4,13	
Толуол	3,29 9,04 24,5	0,08 0,14 0,34	24,5 D D	7,66 17,8 25,1	3,98 12,1 39,6	0,15 0,21 0,58	
Ацетон	8,74 16,7 D	3,32 8,15 18,4	17,2 D D	10,2 D D	15,2 D D	4,82 D D	
Дихлорэтилен	D D D	8,23 23,3 D	D D D	D D D	D D D	15,9 D D	
Дистиллированная вода	0,49 0,86 1,65	0,34 0,77 1,58	0,70 1,28 2,19	0,58 1,01 1,98	0,50 0,87 1,18	0,48 0,84 1,31	
ВРЕМЯ, ЧАСЫ	100 200 300 500	100 200 300 500	100 200 300 500	100 200 300 500	100 200 300 500	100 200 300 500	
Термическая деструкция (потери, вес. %)							
160°C	2,3 2,8 3,6 3,9	1,4 1,4 2,1 2,5	3,5 7,1 5,5 6,3	1,4 2,0 2,6 3,0	2,7 3,3 3,7 4,1	1,9 2,3 2,6 2,6	
210°C	6,1 7,9 11,6 17,4	4,4 6,2 7,8 10,3	6,9 8,1 9,1 10,2	4,3 5,5 6,4 2,4	5,2 7,6 10,6 16,4	4,3 6,3 8,2 10,4	

D = Происходит разложение

¹ Например, Versamid 140 или Ancamide 350 A. (Отвердитель – полиамид с аминным числом 350-400.)

[†] Типичные значения, не должны рассматриваться в качестве технических условий.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ПО СВОЙСТВАМ СМОЛ

В Таблице 28 смола D.E.R. 332 была выбрана как продукт, обладающий наилучшим цветом. Аналогичными характеристиками обладает и смола D.E.R. 331 в смеси с D.E.R. 732 и отвержденная и помощью аминоэтилпиперазина (АЭП). Эти системы смешивались при 40°C с последующим добавлением химически эквивалентного количества АЭП. Отверждение указанных композиций производилось в течение 4 часов при температуре 60°C, однако, оно также может осуществляться и при комнатной температуре. Для испытаний применялись образцы толщиной 1/8 дюйма (3,2 мм).

Таблица 28	Физические свойства смол D.E.R. 332 и D.E.R. 732, отвержденных аминоэтилпиперазином				
D.E.R. 332 и D.E.R. 732 (отношение)	100:0	85:15	70:30	50:50	35:65
D.E.H. 39	25,0	23,5	21,5	19,5	17,5
Прочность на разрыв (фунт./кв. дюйм)	7000	8200	6600	2100	300
Предельное удлинение, %	6,6	8,7	8,7	115	66
Цвет (По Гарднеру)	2	1	<1	<1	<1
Состояние отвержденной смолы	Жесткое	Жесткое	Гибкое	Гибкое	Гибкое
Потеря веса после выдержки при 205°C в течение 4 часов (%)	0,48	0,61	0,82	1,23	1,72
Потеря веса после выдержки при 205°C в течение 8 часов (%)	0,87	0,85	1,20	1,94	3,00
Экстракция ацетоном (% – 2 часа)	0	0	0	0,83	2,00

Таблица 29	Физические свойства смол D.E.R. 332 и D.E.R. 732, отвержденных отвердителем D.E.H. 20			
D.E.R. 331 и D.E.R. 732 (отношение)	100:0	90:10	70:30	50:50
D.E.H. 20 (phr)¹ (частей на 100 ч. смолы)	11,0	10,5	9,5	8,4
Прочность на изгиб (фунт./кв. дюйм)	12200	16000	12400	1700†
Модуль изгиба (фунт./кв. дюйм x 10 ⁵)	4,5	4,0	3,4	0,29
Предел прочности на сжатие (фунт./кв. дюйм)	26600	32000	32900	16700
Модуль сжатия (x 10 ⁵)	3,7	3,5	3,0	2,8
Предел прочности на разрыв (фунт./кв. дюйм)	7500	4700	6200	1400
Модуль разрыва (x 10 ⁵)	2,1	1,9	2,5	0,20
Ударная вязкость по Изоду, образцы с надрезом, (фунт.-фунт./дюйм надреза)	0,43	0,48	0,76	2,00

¹ Режим отверждения: застывание при комнатной температуре; последующее отверждение: 2 часа при 100°C.

† Гнется, но не ломается.

Таблица 30		Физические свойства смол D.E.R. 332 и D.E.R. 732, отвержденные с использованием Nadic метилангидрида			
		D.E.R. 331 и D.E.R. 736 (отношение)	100:0	90:10	70:30
Nadic метилангидрид		86/5	82/5	75/5	69/5
Прочность на изгиб (фунт./кв. дюйм)		6300	10400	13400	17800
Модуль изгиба (x 10 ⁵)		5,0	5,3	4,7	4,6
Предел прочности на сжатие (фунт./кв. дюйм)		30100	31400	28800	26700
Модуль сжатия (x 10 ⁵)		4,5	4,1	4,1	4,0
Предел прочности на разрыв (фунт./кв. дюйм)		3300	3200	3300	3300
Модуль разрыва (x 10 ⁵)		1,9	2,0	1,9	2,0
Ударная вязкость по Изоду, образцы с надрезом, (фунт.-фунт./дюйм надреза)		0,16	0,16	0,44	0,38

1 Режим отверждения: 4 часа при 80°C и 15 часов при 150°C.

ХРАНЕНИЕ

Данные замечания неизбежно носят общий характер и являются сокращенными. Более полная информация содержится в технических брошюрах «Указания по безопасному обращению и хранению эпоксидных смол компании DOW» (форма № 296-00312), Инструкции по безопасному обращению и хранению отвердителей эпоксидных смол (форма № 296-01331), которые можно получить у обслуживающего вас торгового представителя компании Dow.

При комнатной температуре жидкие эпоксидные смолы стабильны в течение длительного времени. Смолы, содержащие разбавитель или органический растворитель должны храниться в плотно закрытых контейнерах, что необходимо для предотвращения испарения из них летучих веществ. Наилучшим способом является хранение всех смол и разбавителей в плотнозакрываемых емкостях. Это объясняется тем, что некоторые из них способны к поглощению влаги из воздуха, которая может повлиять на скорость отверждения и другие свойства отвержденных полимеров. Хранение эпоксидных смол при повышенной температуре (50-55°C; 122-131°F), используемой с целью снижения вязкости или предотвращения кристаллизации смолы, не оказывает практически никакого действия на большинство смол компании DOW. Хранение при температурах выше 55°C, необходимое, например, в технологических целях, является вполне допустимым в течение двух или трех дней. Хранение при повышенных температурах может привести к некоторому усилению окраски и повышению вязкости смолы. Скорость указанных изменений зависит от температуры и может быть различной для смол разного типа.

Для каждого предполагаемого случая хранения материала при повышенной температуре необходимо произвести соответствующую проверку по определению влияния условий хранения на свойства смолы.

Хранение в резервуаре

Для организаций, потребляющих большие количества эпоксидных смол, вполне реально использовать для хранения жидкой смолы резервуары. Компания Dow располагает персоналом, обладающим большим опытом хранения смол в резервуарах и работы с ними, который может помочь вам, предоставив соответствующие рекомендации по конструкции резервуара для хранения и средствам¹ погрузки-разгрузки смолы.

¹*В вышеупомянутых технических брошюрах достаточно подробно обсуждается информация по хранению смол в резервуарах, а также данные по оборудованию для их перекачивания.*

ФАКТОРЫ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИЕ ОПАСНОСТЬ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ И МЕРЫ ПРЕДОСТОРОЖНОСТИ ПРИ РАБОТЕ

В компании Dow Plastics[†] имеются спецификации материалов (MSDS) для продуктов типа D.E.R. и D.E.H., предназначенные для оказания потребителям необходимой помощи при работе и обезвреживании эпоксидных материалов. Указанные спецификации на материалы соответствуют применимым требованиям Закона о технике безопасности и гигиене труда, США (OSHA).

Ввиду широкого разнообразия материалов, используемых в системах на основе эпоксидных смол, данное обсуждение представляет собой лишь руководство общего характера. Кроме того, ввиду наличия широчайшего разнообразия действующих заводских условий, компания не может предоставить потребителям никаких гарантий. Для получения более подробной информации лица, занимающиеся приготовлением эпоксидных композиций, должны обратиться за консультацией к производителю каждого используемого материала. Очень полезными могут оказаться технические брошюры компании Dow «Указания по безопасному обращению и хранению эпоксидных смол компании DOW» (DOW Epoxy Resins Product Stewardship Safe Handling and Storage Manual), форма № 296-00312, а также «Инструкции компании DOW по безопасной работе и хранению отвердителей эпоксидных смол (DOW Epoxy Curing Agents Product Stewardship Safe Handling and Storage Manual), форма № 296-01331.

За копиями этих документов обратитесь к работающему с вами торговому представителю компании Dow или же закажите эти брошюры в Информационной группе компании Dow по работе с заказчиками, позвонив по телефону 1-800-441-4369.

Примечание: Компания Dow рекомендует своим заказчикам осуществлять непрерывную программу обучения всего персонала, участвующего в процессах, связанных с транспортировкой, смолами, приготовлением и утилизацией (обезвреживанием) эпоксидных композиций и т.д. Планирование производственной безопасности и безопасности рабочих имеет значение лишь в том случае, если они понятны и соблюдаются соответствующим персоналом.

[†] Dow Plastics – коммерческая группа компании The Dow Chemical Company и ее дочерних предприятий.

Опасности для здоровья

Перед началом работы с любым химическим продуктом ознакомьтесь с данными спецификации на данный материал, подготовленными его производителем.

Жидкие эпоксидные смолы

Кожа

Эпоксидные смолы D.E.R. 317, D.E.R. 324, D.E.R. 325, D.E.R. 330, D.E.R. 331, D.E.R. 332, D.E.R. 337, D.E.R. 362, D.E.R. 364, и D.E.R. 383 не оказывают на кожу острого раздражающего действия. Тем не менее, они могут вызывать сенсibilизацию кожи. Чувствительность к раздражению кожи и сенсibilизации у всех людей проявляется в разной степени. Эти эпоксидные смолы, однако, считаются более слабыми сенсibilизаторами кожных реакций, чем отвердители аминного типа или химически активные разбавители, содержащие эпокси-группы.

Вдыхание

Если смолы не находятся в нагретом состоянии, то вдыхание паров большинства жидких смол не представляет особой опасности. Исключение составляют лишь смолы D.E.R. 333, D.E.R. 343, and D.E.R. 345: в их состав входит ксилоловый растворитель, предельно допустимая концентрация которого в воздухе производственных помещений составляет 100 мг/л (10⁻²%), 1997 г.

Попадание внутрь организма и в глаза

При попадании внутрь организма все жидкие смолы обладают низкой токсичностью. Попадание в глаза приводит лишь к легкому временному раздражению. (Примечание: при попадании на кожу

тщательно промойте загрязненный участок тела большим количеством воды с мылом. Снимите загрязненную одежду и выстирайте ее перед повторным использованием. При попадании смолы в глаза, их следует промыть большим количеством воды. При продолжающемся раздражении глаз или кожи следует обратиться за квалифицированной медицинской помощью).

Отвердители

Отвердители могут представлять опасность для здоровья людей. Например, в зависимости от степени контакта, материалы типа алифатических аминов способны вызывать серьезные раздражения, ожоги глаз. Кроме того, у sensibilizированных людей, они могут вызвать серьезную сыпь или реакцию астматического типа. Эта реакция может развиться после нескольких недель или месяцев соприкосновения с жидкостью или парами, не оказывающими на людей никакого очевидного немедленного отрицательного воздействия, или же могут быть результатом разового сильного воздействия (при длительном контакте с большим количеством вещества).

Считается, что при попадании на кожу обсуждаемые в этом бюллетене отвердители типа ароматических аминов, являются более слабыми раздражителями, чем отвердители типа алифатических аминов. Например, они оказывают на кожу значительно более слабое раздражающее действие и, хотя, они и могут привести к sensibilizированию кожи, это является значительно менее вероятным событием, чем в случае алифатических аминов. Кроме того, используемые в качестве отвердителей ароматические амины обычно являются твердыми веществами, в результате чего считается, что вдыхание их паров не представляет никакой существенной опасности (при условии, если работа с ними не проводится при повышенных температурах).

Считается, что используемые в качестве отвердителей ангидриды способны вызывать серьезные раздражения и даже ожоги глаз и кожи – в зависимости от продолжительности контакта и количества вредного вещества.

Работа с отвердителями полиамидного типа значительно менее опасна, чем с отвердителями других типов. Считается, что они представляют меньшую степень опасности для здоровья.

Вследствие существенных различий в видах соединений, предлагаемых для использования в качестве отвердителей каталитического типа, невозможно сделать какое-либо общее предположение относительно опасностей, возникающих при работе с ними.

Примечание: Перед использованием каждого отвердителя у изготовителя последнего должна быть запрошена соответствующая специальная информация.

Химически активные разбавители

Вследствие своих токсикологических свойств предлагаемые для использования химически активные разбавители представляют значительную опасность для здоровья персонала. Например, они способны приводить к раздражению кожи и глаз. Кроме того, у большого количества соприкасающихся с ними людей, они способны вызывать реакции sensibilizации. Существенную опасность при этом представляет и их вдыхание. Короче говоря, они могут считаться веществами, представляющими для здоровья людей более высокую степень опасности, чем жидкие эпоксидные смолы.

Перед их использованием обязательно проконсультируйтесь с вашим поставщиком (поставщиками).

Модификаторы смолы

Эти материалы очень разнообразны по своему химическому строению. Следовательно, невозможно сделать какого-либо общего заключения относительно степени их опасности для людей. Можно предполагать, что соединения эпоксидного типа представляют такую же степень опасности, как и жидкие эпоксидные смолы. Тем не менее, другие реакционноспособные модификаторы могут представлять для здоровья персонала большую или меньшую опасность, зависящую от типа данного продукта. **Перед их использованием обязательно проконсультируйтесь с вашим поставщиком (поставщиками).**

Наполнители

Работа с наполнителями может представлять разную степень опасности для здоровья персонала. Некоторые материалы, такие как глины, могут считаться практически безвредными. Тем не менее, стеклянная пыль, порошки, содержащие двуокись кремния и порошкообразные металлы могут представлять серьезную опасность при их вдыхании и/или создавать опасность возникновения взрыва. **Перед их использованием обязательно проконсультируйтесь с вашим поставщиком (поставщиками).**

Отвержденные смолы

Полностью полимеризованные (отвержденные) смолы считаются токсикологически инертными. Следовательно, работа с ними не представляет никаких проблем, связанных со здоровьем работающего персонала.

Тем не менее, пыль, образующаяся при механической обработке полимерных отливок или отформованных деталей, может представлять опасность для здоровья при ее вдыхании или создавать взрывоопасные условия.

МЕРЫ ПРЕДОСТОРОЖНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ЭПОКСИДНЫМИ КОМПОЗИЦИЯМИ

*При индивидуальном использовании каждого из этих материалов необходимо соблюдать специальные меры предосторожности. **Перед началом работ обратитесь за консультацией к изготовителям каждого используемого продукта относительно правил безопасной работы с ним.***

Работа с полимерными системами, включающими эпоксидные смолы, отвердители и другие модификаторы требует соблюдения специальных мер предосторожности. Конкретные рекомендации можно дать только в том случае, когда известны конкретные условия работы. **Тем не менее, при работе с полимерными системами имеется одно общее правило: работа должна проводиться таким образом, чтобы полностью предотвращался контакт человека и полимерных материалов.**

Лучше всего это может быть обеспечено при работе с указанными материалами в закрытой системе. Если это невозможно, то для устранения возможных проблем, связанных со здоровьем, могут оказаться полезными приведенные ниже инструкции и меры предосторожности:

1. Все лица, работающие с данными материалами, должны строго следить за поддержанием чистоты как себя и своей одежды, так и своего рабочего места. Ничто не может заменить строгого поддержания чистоты и ухода за рабочим местом.
2. Постоянно должен проводиться инструктаж всех работников, информирующий их о последствиях соприкосновения с вредными веществами, а также о мерах предосторожности, необходимых для обеспечения безопасной работы. Помните:
 - Жидкие эпоксидные смолы могут вызывать аллергическую сенсibilизацию и/или раздражение.
 - Избегайте попадания полимерных материалов в глаза и на кожу.
 - Избегайте вдыхания паров (особенно при работе с системами, содержащими органические растворители).
 - Не допускайте попадания веществ внутрь организма.
3. Следует пользоваться соответствующей защитной одеждой, предотвращающей соприкосновение с вредными материалами; конкретный тип защитной одежды зависит от вида выполняемых работ. (Осторожно: если загрязнение попадает внутрь непроницаемой одежды, то это может увеличить опасность поражения. Не надевайте или не используйте загрязненные вещи до тех пор, пока они не будут тщательно очищены).
4. Загрязнение рабочего места должно быть сведено до минимума путем расстилания на столах или верстаках одноразовой бумаги. Эта бумага должна заменяться дважды в день или сразу же после ее сильного загрязнения. (Примечание: обезвреживание «одноразовых» материалов должно производиться должным образом, иначе они могут стать источником загрязнения для других рабочих).
5. Непосредственный контакт с материалом может быть уменьшен за счет использования одноразовой посуды, такой как бумажные коврики, контейнеры и т.п. См. примечание в пункте «4».
6. Контакт с парами полимерных систем является недопустимым. Место проведения работ должно быть снабжено эффективной системой вентиляции, обеспечивающей удаление всех паров с рабочего места, а также приток к нему свежего воздуха.
7. Для ограничения непосредственного воздействия полимерных систем на необученных рабочих и предотвращения их соприкосновения с загрязненными инструментами и оборудованием, место проведения работ с эпоксидной смолой должно быть изолировано от других рабочих участков.

Продолжение на следующей странице.

МЕРЫ ПРЕДОСТОРОЖНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ЭПОКСИДНЫМИ КОМПОЗИЦИЯМИ

Предшествующие комментарии основываются на имеющемся обширном опыте и добросовестно изложены. Мы проводим работу с нашими заказчиками-потребителями с целью оказания им помощи в правильном использовании и работе с данными материалами. Тем не менее, компания Dow Chemical не берет на себя никакой ответственности за те операции, которые не выполняются под ее непосредственным контролем. Ответственность за правильное использование, хранение и работу с этими материалами полностью лежит на заказчике.

Воспламеняемость

Все эпоксидные смолы семейства D.E.R. представляют собой органические материалы, поэтому при подаче к ним достаточного количества тепла и кислорода произойдет их возгорание и последующее горение.

Общепринятой мерой воспламеняемости является температура вспышки (например, смотри Таблицу 1, стр. 8). Эта величина указывает на минимальную температуру, при которой возникают условия, необходимые для воспламенения материала при атмосферном давлении, создаваемые в контролируемых лабораторных условиях.

Примечание: органические растворители, разбавители и другие материалы, используемые с эпоксидными смолами, обычно увеличивают опасность их воспламенения и/или взрыва.

Перед их использованием обязательно проконсультируйтесь с вашим поставщиком (поставщиками).

Для тушения пожаров, возникших в результате горения эпоксидных смол типа D.E.R., может применяться пена, сухой порошок или двуокись углерода. Вода, обычно, не является эффективным средством тушения этих смол.

При горении указанных смол образуются ядовитые побочные продукты, такие как угарный газ (окись углерода). Следовательно, во время пожара необходимо избегать вдыхания паров, газов или дыма. Пожарные должны пользоваться респираторами, способными поглощать пары органических веществ, или автономными дыхательными аппаратами.

Проливы материалов и их уборка

Лица, выполняющие работы по уборке последствий пролива указанных материалов должны быть обеспечены соответствующими средствами защиты (защитная одежда и оборудование), от воздействия паров, а также предотвращающими попадание этих веществ на кожу.

При возникновении любого пролива основной задачей является защита персонала и предотвращение возможной опасности пожара. Кроме того, персонал, задействованный в уборке пролитого материала, должен быть заранее ознакомлен с надлежащими методами захоронения собранных веществ.

При проливе небольшого количества жидкой эпоксидной смолы или раствора смолы (менее 5 галлонов = 19 л) засыпьте пролитый материал абсорбентом или материалом, имеющим большую удельную поверхность, например, песком. После этого перенесите получившуюся массу в подходящий контейнер. Остаток материала на полу или помосте должен быть удален с помощью водяного пара или горячей мыльной воды. (Примечание: применение для очистки метиленахорида, ацетона или ароматических растворителей не допускается, т.е. это представляет явную опасность). При проливе растворов смол все оборудование при работе которого возможно образование искр, должно быть удалено с площадки. Кроме того, если это возможно, отключите или удалите все потенциальные источники возгорания.

В случае пролива значительного количества материала (55 галлонов или более = 208 л) рабочие должны располагаться таким образом, чтобы обдувающий их ветер не проходил над пролитым веществом. Выведите людей и оградите место пролива. Устраните утечки и все потенциальные источники возгорания. Место пролива должно быть обваловано, а избыток смолы должен быть собран в соответствующие контейнеры для окончательного захоронения

(обезвреживания). Для окончательной очистки загрязненного участка может потребоваться горячая мыльная вода или водяной пар. (Примечание: применение для очистки органических растворителей является опасным и не должно допускаться).

При работе с большими объемами эпоксидных смол обычно производится их подогрев. При проливе горячей смолы необходимо следить за тем, чтобы не получить термических ожогов.

Не допускается попадание жидких смол или их растворов в канализационные системы, водостоки или любые водоемы, включая реки, ручьи или озера. В случае попадания пролитого материала в водостоки или водные пути следует немедленно уведомить об этом местные органы власти.

При возникновении аварийной ситуации, связанной с химическими веществами (пролив, утечка, пожар, воздействие на людей или несчастный случай), в любое время дня или ночи обращайтесь к компании CHEMTREC, телефон: 1-800-424-9300 (в США).

В Канаде – звоните в компанию CANUTEC, телефон: 613-996-6666

В Мексике, звоните в компанию SETIQ, телефон: 91-800-97-619

ПРИЛОЖЕНИЕ — СОКРАЩЕНИЯ

AEP — Amino Ethyl Piperazine = аминоэтилпиперазин (АЭП)
BDMA — Benzyl dimethylamine = бензилдиметиламин (БДМА)
BGE — Butyl Glycidyl Ether = бутилглицидиловый эфир (БГЭ)
CGE — Cresyl Glycidyl Ether = крезилглицидиловый эфир (КГЭ)
CPS — Centipoise (viscosity) = сантипуаз, сПз (вязкость)
Cycles per Second (electrical) = циклов в секунду (электротехника)
DDS или
DADS — Diamino Diphenyl Sulfone = диаминодифенилсульфон (ДДС, ДДСА)
DDSA — Dodecenyl Succinic Anhydride = додецилантарный ангидрид (ДДЯА)
DEAPA — Diethylaminopropylamine = диэтиламинопропиламин (ДЭАПА)
DETA — Diethylene Triamine = диэтилентриамин (ДЭТА)
DGE — Diglycidyl Ether = диглицецидиловый эфир (ДГЭ)
DICY — Dicyandiamide = дициандиамид
EEW — Epoxide Equivalent Weight = эквивалентный вес эпоксида
HDT — Heat Distortion Temperature = температура тепловой деформации
HHPA — Hexahydrophthalic Anhydride = гексагидрофталевый ангидрид (ГГФА)
MEA — Monoethylamine = моноэтиламин (МЭА)
MEK — Methyl Ethyl Ketone = метилэтилкетон (МЭК)
MIBK — Methyl Isobutyl Ketone = метилизобутилкетон (МИБК)
MPDA — Metaphenylene Diamine = метафенилендиамин (МФДА)
MSDS — Material Safety Data Sheet = спецификация на материал
MTHPA — Methyltetrahydrophthalic Anhydride = метилтетрагидрофталевый ангидрид (МТГФА)
MW — Molecular Weight = молекулярный вес (м.в.)
NMA — Nadic Methyl Anhydride = Nadic метилангидрид
PA — Phthalic Anhydride = фталевый ангидрид (ФА)
PGE — Phenyl Glycidyl Ether = фенолглицидиловый эфир (ФГЭ)
PHR — Parts per Hundred Parts Resin = частей на сто частей смолы (по весу) (by weight)
TEPA — Tetraethylene Pentamine = тетраэтиленпентамин (ТЭПА)
TETA — Triethylene Tetramine = триэтилентетрамин (ТЭТА)
THPA — Tetrahydrophthalic Anhydride = тетрагидрофталевый ангидрид (ТГФА)

НАДЗОР ЗА ПРОДУКТОМ

Компания Dow поддерживает своих заказчиков и потенциальных потребителей в том, чтобы они анализировали свои области применения таких продуктов с точки зрения здоровья людей и поддержания качества окружающей среды. Если это необходимо, то персонал компании Dow окажет своим заказчикам помощь в вопросах экологии и проблем, связанных с безопасностью продукта. Работающий с вами торговый представитель компании Dow может организовать для вас соответствующие контакты. Перед использованием продуктов компании Dow следует тщательно ознакомиться с соответствующей литературой компании, включая спецификации на материалы (MSDS), по производимым ею изделиям. Эта документация может быть получена у работающего с вами торгового представителя компании Dow или в отделе продаж.

Dow Chemical Company искренне беспокоится о всех тех, кто изготавливает, продает и пользуется ее продукцией, а также озабочена состоянием окружающей, среды в которой мы живем. Успех этой программы надзора за продуктом (Product Stewardship) базируется на всех и каждом человеке, имеющем дело с изделиями компании Dow – от исходной концепции и исследований до производства, продажи, распространения, применения и обезвреживания (утилизации) каждого продукта.

Внутренняя составляющая программы компании Dow по надзору за продуктом включает обучение своих сотрудников безопасным методам работы, применение защитной одежды и снаряжения, а также использование устройств системы безопасности, таких как фонтанчики для промывки глаз и аварийные душевые. Она включает контроль потенциального воздействия на персонал паров соединений, непрерывное измерение содержания органических загрязнений на территории и в сточных водах, а также периодические медицинские осмотры.

Внешняя составляющая программы надзору за продуктом предусматривает оказание помощи в обучении лиц, выполняющих транспортировку, разгрузку, использование и обезвреживание продукта. Это достигается за счет применения бюллетеней, брошюр, литературы, посвященной конкретным продуктам, переписки, телефонных консультаций, проведения семинаров и программ обучения. В этих и других программах повестки дня могут включать обсуждение потенциальной опасности продукта, рекомендуемые методики гигиены труда, а также рекомендуемые приемы работы с продуктами.

Более подробная информация по надзору за продуктом имеется в двух руководствах по безопасному обращению и хранению продуктов: «Указания по безопасному обращению и хранению эпоксидных смол компании DOW» (DOW Epoxy Resins Product Stewardship Safe Handling and Storage Manual), форма № 296-00312, а также «Инструкции компании DOW по безопасной работе и хранению отвердителей эпоксидных смол (DOW Epoxy Curing Agents Product Stewardship Safe Handling and Storage Manual), форма № 296-01331.

Для получения дополнительной информации в США и Канаде звоните в информационную группу компании Dow по работе с заказчиками, телефоны: 1-800-441-4369 или 1-517-832-1426, e-mail: cig@dow.com.

В Мексике,
звоните по телефону: 95-800-441-4369.

В Европе – обращайтесь в расположенный в Нидерландах Информационный центр компании Dow:
телефон: ++31-20-6916268,
факс: ++31-20-6916418
e-mail: dicinfo@euronet.nl.

В зоне Тихоокеанского региона, звоните в Центр обслуживания заказчиков компании Dow,
телефон: 81-120-024394 (для Японии - бесплатно) или
81-3-5460-2114 (вне пределов Японии).

В Бразилии, звоните в Центр обслуживания компании Dow,
телефон: 55 11 51889367.

ВНИМАНИЕ: Не подразумевается освобождения от любого патента, принадлежащего Продавцу или другим сторонам. Ввиду того, что условия использования продукта и применимые законы могут существенно различаться для разных мест его использования, ответственность за определение того, соответствуют ли эти продукты и содержащаяся в данном документе информация потребностям заказчика, а также требованиям обеспечения безопасности рабочего места заказчика и методам их обезвреживания, регламентируемым соответствующими законами и другими правительственными нормативными актами, лежит на самом Заказчике. Продавец не берет на себя никаких обязательств и не несет никакой ответственности за информацию, содержащуюся в данном документе. **НЕ ПРЕДОСТАВЛЯЕТСЯ НИКАКИХ ГАРАНТИЙ; ВСЕ ПОДРАЗУМЕВАЕМЫЕ ГАРАНТИИ ПО КОММЕРЧЕСКОЙ ВЫГОДЕ ИЛИ ПРИГОДНОСТИ ПРОДУКТА ДЛЯ КАКОЙ-ЛИБО КОНКРЕТНОЙ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОДНОЗНАЧНО ИСКЛЮЧАЮТСЯ.**

Опубликовано в январе 1999 г.

The Dow Chemical Company, 2040 Dow Center, Midland, MI 48674
Dow Chemical Canada Inc., 1086 Modeland Rd., P.O. Box 1012, Sarnia, Ontario, N7T 7K7, Canada (Канада)
Dow Quimica Mexicana, S.A. de C.V., Torre Optima – Mezzanine, Av. Paseo de Las Palmas No. 405,
Col. Lomas de Chapultepec, 11000 Mexico, D.F., Mexico (Мексика)
Dow Europe S.A., Bachtobelstr. 3, CH-8810 Horgan, Switzerland (Швейцария)
Dow Chemical Japan Ltd., Tennoz Central Tower, 2-2-4 Higashi Shinagawa, Shinagawa-ku Tokyo 140-8617,
Japan (Япония).
Dow Quimica S.A., Rua Alexandre Dumas, 1671, P.O. Box 9037, 01065-970 Sao Paulo, Brazil (Бразилия)



Мы не добьемся успеха до тех пор, пока его не добьетесь вы.

*Торговая марка The Dow Chemical Company.
Dow Plastics – промышленная группа компании The Dow Chemical Company и ее дочерних предприятий.
255/8138