

Д. Л. Орлов

ВЫБРАТЬ КЛЕЙ

И
ПРИКЛЕИТЬ



КАК ПРАВИЛЬНО



ДМК
ИЗДАТЕЛЬСТВО

ОДЭКА

Д. Л. Орлов

КАК ПРАВИЛЬНО

ВЫБРАТЬ

КЛЕЙ

И

ПРИКЛЕИТЬ

2-е издание, электронное



МОСКВА

ДМК Пресс, Додэка-XXI
2023

УДК 665.93
ББК 35.75
О-66

Орлов, Дмитрий Лазаревич.

О-66 Как правильно выбрать клей и приклеить / Д. Л. Орлов. — 2-е изд., эл. — 1 файл pdf : 192 с. — Москва : ДМК Пресс, 2023. — Систем. требования: Adobe Reader XI либо Adobe Digital Editions 4.5 ; экран 10". — Текст : электронный.

ISBN 978-5-89818-459-9

В популярном справочном пособии даются общие рекомендации по выбору клея и типа клеевого соединения, приводятся способы склеивания. Особое внимание уделяется практическим рекомендациям по подготовке склеиваемых поверхностей. Приводится классификация клеев по составу, даются характеристики клеев, рассматриваются области их применения. Даются рецептуры клеев и способы склеивания различных материалов.

Книга помогает неспециалисту понять механизм процесса склеивания, разобраться в роли подготовительных операций, а главное — подобрать клей, подходящий к конкретным материалам и условиям эксплуатации.

УДК 665.93
ББК 35.75

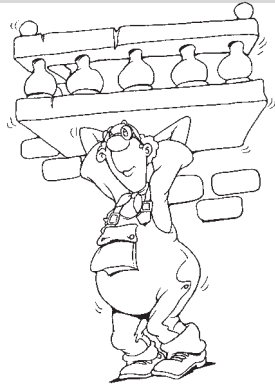
Электронное издание на основе печатного издания: Как правильно выбрать клей и приклеить / Д. Л. Орлов. — Москва : ДМК Пресс, 2015. — 192 с. — ISBN 5-97060-264-5. — Текст : непосредственный.

В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации.

ISBN 978-5-89818-459-9

© Орлов Д. Л., текст
© Издательский дом «ДодэкаXXI», 2002
© Издание, ДМК Пресс, 2015

СОДЕРЖАНИЕ



ВВЕДЕНИЕ	7
Коротко о длинной истории клеев	7
Особенности склеивания как метода соединения деталей	12
Преимущества	12
Недостатки	13
ПРОЦЕСС СКЛЕИВАНИЯ	15
Общие принципы выбора клея и области применения	15
Подготовка места соединения под склеивание	20
Подготовка поверхности различных материалов перед склеиванием	30
Подготовка поверхности металлов	33
Подготовка поверхности пластиков	48
Подготовка поверхности резин (натуральных и синтетических)	59
Подготовка поверхности волокнистых материалов	63
Подготовка поверхности неорганических материалов	65
Подготовка поверхности древесины и подобных ей материалов	69
Подготовка окрашенной поверхности	70
ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ СКЛЕИВАНИЯ	71
Использование клеев	71
Хранение клея	71
Приготовление клея	71
Нанесение клея	72
Способы склеивания	74
Дефекты склеивания	77

СОДЕРЖАНИЕ

Способы отверждения клеевых соединений	77
Давление склеивания	80
Клеящие материалы и их свойства	82
Животные клеи	83
Рыбные клеи	83
Клеи из альбумина крови	84
Клеи на основе казеина	85
Клеи на основе производных целлюлозы	86
Клеи на основе соевых и растительных белков	91
Крахмальные клеи	91
Клеи на основе различных термопластичных смол	92
Клеящие композиции на основе растительных масел и смол	94
Клеи на основе восков	95
Клеи-расплавы	95
Водные клеи и клеи с органическими растворителями	98
Клеи на основе натурального каучука	99
Клеи на основе нитрильных каучуков	100
Клеи на основе дивинилстирольных каучуков	102
Клеи на основе бутилкаучука и полиизобутилена	104
Клеи на основе полихлоропреновых (неопреновых) каучуков	105
Клеи на основе регенерированного каучука	107
Клеи на основе производных каучуков	109
Акрилатные клеи	110
Клеи на основе диэфиров акриловой кислоты	112
Клеи на основе аллилдигликолькарбоната	113
Цианакрилатные клеи	114
Клеи на основе изоцианатов	116
Полиуретановые клеи	118



ОТЛИЧНЫЕ КЛЕИ

Поролон-2 88 П-1

88-Metal 88-НТ

УР-600 88-СА

Мастер

88-luxe

Производство и оптовые поставки

111141, г. Москва, ул. Электродная, 10
тел./факс: 7(095) 368-7341, 176-3714

www.rogneda.ru

НПП **РОГНЕДА®**

Фурановые клеи	120
Клеи на основе иономерных смол	121
Нейлоновые клеи	124
Эпоксидные клеи	122
Эпоксинейлоновые клеи	129
Эпоксидно-полиамидные клеи	130
Эпоксидно-полисульфидные клеи	132
Эпоксидно-полиуретановые клеи	133
Фенольно-эпоксидные клеи	134
Клеи на основе фенолоформальдегидных смол (отверждаемые кислотами)	135
Клеи на основе фенолоформальдегидных смол (горячего отверждения)	136
Меламиноформальдегидные клеи	137
Клеи на основе фенолоформальдегидных смол и неопреновых каучуков	139
Клеи на основе фенолоформальдегидных смол и нитрильных каучуков	140
Клеи на основе фенолоформальдегидных смол и поливинилбутирала	141
Клеи на основе фенолоформальдегидных смол и поливинилформала	142
Клеи на основе резорцинформальдегидных и фенолрезорцинформальдегидных смол	144
Мочевиноформальдегидные клеи	145
Полиамидные клеи	147
Фенольно-полиамидные клеи	149
Феноксидные клеи	150
Полиароматические клеи	152
Полизфирные клеи	156
Клеи на основе аллильных смол	157
Полистирольные клеи	159
Клеи на основе поливинилацеталей	159
Поливинилацетатные клеи	160
Простые поливиниловые эфиры	161
Поливиниловый спирт	162
Поливинилхлорид (ПВХ)	163
Клеи на основе кремнийорганических соединений	163
Керамические или огнеупорные неорганические клеи	167
Неорганические клеи и цементы	169
Некоторые часто встречающиеся бытовые ситуации	174

СОДЕРЖАНИЕ

«Вывих» ноги у табуретки из места крепления	175
Ремонт деревянного изделия, имеющего поперечный надлом, продольную трещину или расслоение	176
Наклеивание отслоившегося шпона, слоистых пластиков на основу	178
Ремонт декоративных предметов	179
Ремонт корпусов бытовой аппаратуры	182
Ремонт надувных изделий и тентовых покрытий.	183
Ремонт обуви	186
Маленькие хитрости	187

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Перечень типов клеев	189
2. Склеиваемые материалы и используемые клеи	190
3. Клеи для бытового применения	цв. вкладка

Основные задачи склеивания — восстановление целостности ранее разрушенного изделия или соединение деталей во вновь изготавливаемом.

КОРОТКО О ДЛИННОЙ ИСТОРИИ КЛЕЕВ

С тех самых пор, как человек слез с дерева и стал преобразовывать мир, его окружают предметы (вещи), созданные его руками. При их изготовлении человеку пришлось научиться соединять части предметов. Характерно, что вещам свойственно ломаться. И вот с тех самых давних пор люди, хуже или лучше, занимались *склеиванием*. По своему значению для человечества открытие возможности *склеивать, клеить, приклеивать* можно сравнить с изобретением колеса. Этот способ соединения позволяет делать то, что никакими другими способами не удастся.

Вещества, которые можно было использовать в качестве первых клеев, человеку обнаружить было нетрудно: смола деревьев, природные битумы в местах выделения нефти, соки растений, содержащие природные каучуки, клейкие выделения животных (шкура рыб, жилы животных). На основе палеонтологических изысканий можно утверждать, что клеить люди научились раньше, чем вязать узлы. Найдены наконечники стрел и копий, закрепленные на древках волокнистым материалом, пропитанным древесной смолой, или жилами животных, без помощи узлов.

Необходимость заставила человека в зависимости от решаемой задачи комбинировать и улучшать уже известные ему рецепты. Применение огня позволило сильно расширить ассортимент клеев и разнообразить способы их применения. Горячий битум, расплавы самородной серы — это то, что мы сейчас назвали бы клеями-расплавами. Нанесение на плетенку многих слоев каучукодержащего сока дерева гевеи с последующим копчением в дыму костра (способ изготовления сосудов для воды примитивными племенами индейцев Южной Америки) — пример использования процесса вулканизации резины. Овладев огнем, люди научи-

лись производить из животного сырья группу клеев, существующих до настоящего времени. Это так хорошо всем известный столярный клей, изготавливаемый из костей, мездровый — из мездры, жил и сухожилий животных. Памятен нам по русским народным сказкам рыбий клей, образующийся при вываривании несъедобных частей осетровых рыб, которыми в сказочные времена Россия была очень богата. Сборку луков, содержащих разнородные материалы — кость, рог, древесины, жилы, удавалось произвести только благодаря этому клею. К древнейшим следует отнести казеиновый клей, получаемый из молочного белка казеина. С тех пор как известна мука — пшеничная, рисовая, известны и клейстеры соответствующего названия.

Грамотное использование (сплющить, сложить крест-накрест, спрессовать, высушить) природных свойств папируса, имеющего волокнистую структуру и внутри стебля клейкий сок, позволило древним египтянам дать человечеству первую «бумагу».

Не все знают, что появление покровных красок (т.е. красок, которые не впитываются в окрашиваемый материал, а образуют защитно-декоративную пленку на его поверхности) изначально обязано существующим на тот момент клеям, которые составляют основу таких красок и используются как связка для красочной композиции.

Композиции на основе высыхающих (окисленных) масел и жиров появились позднее и в рамках этой книги рассмотрены не будут.

Развитие естественных наук в очень большой степени обязано клеям, которые позволили ученым-практикам создавать необходимые приборы и механизмы, склеивая материалы, которые не удавалось соединить как-либо иначе. И наоборот, ученые-практики часто являлись изобретателями новых рецептов клеев и технологий склеивания. Например, Менделеев с его «менделеевской замазкой», которая широко использовалась в научных приборах и для их ремонта.

Однако даже в начале этого столетия основными в практике склеивания считались животные и растительные клеи, которые и до этого времени были в употреблении тысячи лет. И в настоящее время они широко применяются для склеивания пористых материалов, например бумаги. В период первой мировой войны казеиновые клеи широко использовались для изготовления деревянных каркасов самолетов. При их эксплуатации выяснилось, что клеи такого типа недостаточно стойки к действию влаги и обрастают плесневыми грибами. Недостатки клеев природного происхождения послужили важным стимулом для создания новых клеев.

Развитие химии, и в первую очередь органической химии, открытие длинных цепных молекул — полимеров явилось важнейшим шагом в развитии науки о клеях. Именно натуральные полимеры были основой всех первых природных клеев. Понимание механизмов взаимодействия таких молекул, совершенствование органического синтеза позволило синтезировать новые, отличные от природных, полимеры и производить на их основе клеи с заранее заданными свойствами, получить которые в прежние времена не представлялось возможным.

В 1930-е годы на основе синтетических смол создаются новые клеи. Первыми синтетическими соединениями, применявшимися в склеивании, стали фенолоформальдегидные смолы. Важнейшими преимуществами вновь разработанных клеев перед ранее применявшимися являлись их исключительная стойкость к действию влаги, к обрастанию плесневыми грибами, а также ряд других необходимых эксплуатационных характеристик. Требования промышленности привели к созданию модифицированных композиций на основе фенольных смол, содержащих синтетические каучуки. В 1950-е годы в качестве основы клеев стали применяться эпоксидные смолы. Сейчас синтетические полимеры — основа большинства выпускаемых промышленностью клеев. Полимеры используются и для изготовления липких лент и наклеек. Нанесенный на них клеевой состав не высыхает и не затвердевает со временем.

В настоящее время клеи на основе природных веществ отошли на второй план. Их по-прежнему активно используют реставраторы, копиисты, художники. Однако в большинстве областей их вытеснили современные клеи на основе синтетических веществ. Это обусловлено дороговизной компонентов природных клеев, непостоянством состава, сложной для крупнотоннажного производства технологией получения и зачастую более низкими по сравнению с современными синтетическими клеями потребительскими свойствами. Немодифицированные природные клеи в большей степени подвержены разрушению микроорганизмами, обладают меньшей прочностью клеевого шва, недостаточной водостойкостью и термостойкостью по сравнению со специализированными современными композициями, а также совсем непригодны для склеивания новых, не известных предкам материалов (абсолютное большинство пластмасс).

Современные клеи выпускают жидкими, желеобразными и пастообразными, в виде прутков или лент (клеи-расплавы), в виде порошков-полуфабрикатов, из которых клеящий состав готовят непосредственно перед употреблением. Качество клея — его вязкость, время жизни, т.е. время, в течение которого клей не

только сохраняет свои клеящие свойства, но и сохраняет характеристики, необходимые для его нормального нанесения на поверхность склеивания, а также водостойкость, цвет и прочность клеевого шва — зависит от его состава, в первую очередь, от основы клея. Так, клеи на основе белков (полимеров животного происхождения) — казеиновый (на основе казеина — белка молока) и костный (на основе белка коллагена) дают прочные швы с низкой водостойкостью. Клеи на основе каучуков дают прочный и эластичный шов, но подвержены разрушению под действием органических растворителей. Нитроцеллюлозные клеи, представляющие собой раствор в органических растворителях продукта нитрации целлюлозы (природного полимера, получаемого из древесины), удобны тем, что быстро высыхают, а клеевой шов достаточно водостоек. Однако эти клеи огнеопасны. Клеи на основе эпоксидных смол — синтетических полимеров, которые отверждаются под действием специально добавляемого реагента (отвердителя), дают прочный, водостойкий шов, стойкий к действию кислот, органических растворителей, и не содержат летучих растворителей. Однако такой шов отличается низкой эластичностью, что представляет собой серьезный недостаток, если Вы собираетесь заклеить подошву ботинка. Клеи, образующие соединения с меньшей прочностью, но более эластичные, например, получают на основе других синтетических полимеров, таких как поливинилхлорид (ПВХ), поливинилацетат (ПВА), полиамидов, перхлорвиниловой смолы.

Области применения клеев обширны и разнообразны. Главные потребители клеев в настоящее время — бумажная, деревообрабатывающая и обувная отрасли. Резко растет использование клеев при производстве промышленного оборудования, в строительстве, в строительных конструкциях, в средствах транспорта, в контрольно-измерительных, электрических и оптических приборах, а также для военных и космических целей. В последние десятилетия было разработано много новых клеев, более простых, эластичных и долговечных, позволяющих склеивать современные материалы (разнообразные новые пластики и композит). Разработке новых клеев сопутствовали работы по совершенствованию оборудования и технологии склеивания. Все это позволило создать принципиально новые типы конструкций. В авиации — сделать силовые авиационные детали (лопасти несущего винта вертолета, обшивку фюзеляжа самолетов) было бы невозможно без использования сотовых клеевых материалов. В автомобильной промышленности — крепление фрикционных накладок дисков сцепления и тормозных колодок без использования заклепок; сборка целиком пластиковых кузовов на клею.

Классификация клеев представлена в **Табл. 1**.

Таблица 1. Классификация клеев по происхождению и основе

Происхождение (основа) клеев	Клеящие составляющие
Природные клеи	
Животное	Белковые (альбуминовый — на основе белка крови), животные (включая рыбные), казеиновые, желатиновые и на основе пчелиного воска
Растительное	Природные смолы (аравийская камедь, трагант, канифоль, канадский бальзам и т.д.), масла и воски (карнаубский воск, льняное масло и т.д.), белки (протеин соевых бобов), углеводы (крахмал, декстрины)
Неорганическое	Неорганические материалы (силикаты, окись магния, фосфаты, свинцовый глет, сера и т.д.); минеральные воски (парафины); минеральные смолы (копал, янтарь); битумы (включая асфальты)
Синтетические клеи	
Эластомеры	Натуральный каучук (его производные — в том числе хлорированные, гидрохлорированные и циклические каучуки). Синтетические каучуки и их производные — бутилкаучук, полиизобутилен, полибутадиены (в том числе сополимеры со стиролом и акрилонитрилом); полиизопрен, полихлоропрены, полиуретаны, кремний-органические каучуки, полисульфиды, полиолефины (в том числе сополимеры этилена с винилхлоридом и этилена с пропиленом). Регенерированные каучуки
Термопласты	Производные целлюлозы (ацетаты, ацетобутираты, эфиры каприновой кислоты, нитраты, оксиэтилцеллюлоза, карбоксиметилцеллюлоза). Винильные полимеры и сополимеры (поливинилацетат, поливиниловый спирт, поливинилацетали, поливинилхлорид, поливинилиденхлорид, поливинилалкиловые эфиры). Насыщенные сложные полиэфиры (полистирол, полиамиды — в том числе нейлон и его модификации). Полиакрилаты (полимеры на основе метакриловой и акриловой кислот, цианакрилаты, акриламид). Простые полиэфиры (полигидроксизфир, эфиры полифенолов). Полисульфоны.
Термореактивные полимеры	Аминопласты (мочевино- и меламиноформальдегидные и их модификации). Эпоксиды и их модификации (эпоксидно-полиамидные, эпоксидно-битумные, эпоксидно-полисульфидные, эпоксидно-нейлоновые композиции). Фенольные смолы и их модификации (феноло- и резорциноформальдегидные; фенолонитрильные, фенолонеопреновые и фенолоэпоксидные композиции). Сложные полиэфиры (ненасыщенные). Полиароматические полимеры (полиимиды, полибензоиммидазолы, полибензотиазолы, полифенилены). Фурановые полимеры (фенолофурановые)

ОСОБЕННОСТИ СКЛЕИВАНИЯ КАК МЕТОДА СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

ПРЕИМУЩЕСТВА

Склеивание, несомненно, намного удобнее и проще, чем другие известные способы. Оно позволяет использовать самые разнообразные материалы, которые могут существенно отличаться по своим свойствам, упругости и толщине. Можно также соединять тонкие листовые материалы без деформации и коробления (см. **Рис. 1**).

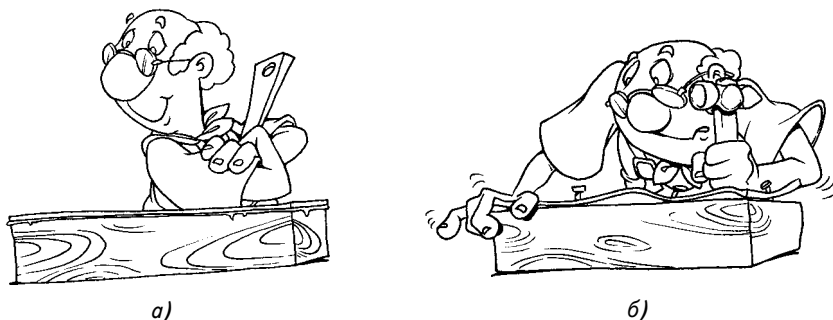


Рис. 1. Способ крепления тонких листовых материалов:
а — хорошо; б — плохо

Склеивание дает возможность изготавливать изделия сложной формы, для которых неприемлемы другие способы сборки. Непрерывность клеевого соединения приводит к равномерному распределению внутренних напряжений по всей площади склеивания и позволяет полностью использовать прочность элементов конструкции. Этот метод не требует применения какого-либо дополнительного инструмента и материалов. С помощью клея можно прикрепить крючки к кафельной стене кухни или починить сломанную табуретку, не используя дрель и шурупы. Отсутствие заклепок и болтов снижает массу всей конструкции. Вы сможете сберечь силы, время, и Вам не придется убирать мусор, неизбежный после использования дрели. Иногда клей просто незаменим — не будете же Вы соединять с помощью болтов и гаек части разбитой любимой вазочки Вашей тещи или сломанные детали пластмассовой игрушечной машинки Вашего сына. Клей дает возможность сделать практически незаметными следы такого ремонта. Применение клея позволяет соединять материа-

лы, чувствительные к нагреву, деформирующиеся или разрушающиеся при сварке или пайке. Клеи обладают хорошими герметизирующими и электроизоляционными свойствами и могут стать барьером, предотвращающим воздействие влаги и химических реагентов на соединяемые детали. Клеи незаменимы при строительстве и ремонте квартиры, в производстве мебели, изготовлении и ремонте обуви. В настоящее время выпускается множество новых клеев для ремонта автомобиля. Совершенно необходимы клеи в быту. При современном широком ассортименте клеев практически в любом случае можно выбрать клей с заранее заданными свойствами, нужными для решения конкретной задачи.

НЕДОСТАТКИ

Практически единственный серьезный недостаток — неразборность клеевого соединения. Однако в недалеком будущем и он, вероятно, будет преодолен. Уже сейчас существуют многократно используемые «застежки» на основе липких лент с невысыхающим клейким слоем. Уже в настоящее время разработаны так называемые электрореологические составы. В простых словах механизм их действия можно описать следующим образом: пока через клеевой шов течет электрический ток, клей «держит». Выключил подачу тока — расклеилось.

К условным недостаткам можно отнести то, что на настоящий момент не существует клеев, способных выдержать все неблагоприятные условия и воздействия одновременно. К примеру, клеи на основе ПВА негорючи, но обладают недостаточной водостойкостью. И наоборот, водостойкие нитроцеллюлозные клеи огнеопасны. Исправить положение помогают современные модифицирующие добавки. Так, современные модифицированные клеи на основе ПВА куда более водостойки, чем традиционный немодифицированный клеевой состав.

Невозможность сразу же получить полную прочность соединения, как этого можно добиться, например, сваркой, нельзя отнести к недостаткам, просто эту особенность клеевых соединений необходимо учитывать при работе.

В некоторых случаях процесс склеивания может оказаться сложным из-за необходимости осуществлять специальную предварительную подготовку склеиваемых поверхностей и поддерживать необходимые температуру и давление в процессе склейки.

К недостаткам склеивания следует отнести также то, что современные клеи на основе органических растворителей могут быть ядовиты и (или) вызывать ал-

ВВЕДЕНИЕ

аллергические реакции. Обычно для человека опасны только исходные реагенты. После отверждения, удаления растворителя получившийся материал шва безопасен для пользователя.

Только полное понимание особенностей склеивания как метода соединения, его достоинств и недостатков позволит Вам добиться хорошего результата.

Меры предосторожности всегда указаны

в инструкции по применению.

Чтобы избежать отравления, четко следуйте инструкции!

ПРОЦЕСС СКЛЕИВАНИЯ

Если Вы решили, что свою задачу будете осуществлять с помощью клея, то оптимального результата можно ожидать только при условии тщательного выполнения всех необходимых стадий, входящих в процесс склеивания. Склеивание состоит из нескольких основных взаимосвязанных этапов.

1. Выбор клея или клеев. На этом этапе Вам необходимо оценить условия, в которых данное клеевое соединение будет работать, требования, которые к нему будет предъявлять жизнь, а также природу склеиваемых материалов.

2. Подготовка места соединения специально под склеивание. Оценка величины и типа действующих в соединении напряжений способствует более правильному выбору клеев.

3. Правильная подготовка поверхности перед склеиванием.

4. Собственно склеивание. Оно включает в себя такие операции, как нанесение клея, фиксация склеиваемых деталей, отверждение клея. Время и температура являются важными взаимосвязанными факторами склеивания.

Эти вопросы будут далее подробно рассмотрены в соответствующих разделах книги.

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ВЫБОРА КЛЕЯ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Как мы уже отмечали, выбор современных клеев необыкновенно широк. Практически в любом случае Вы сможете найти клей, который отвечал бы поставленным задачам.

Основная проблема заключается в том, чтобы удерживать склеенные элементы за счет прилипания к их поверхностям, а значит, из всего имеющегося многообразия необходимо выбрать те клеи, которые достаточно хорошо прилипают к участвующим в склеивании материалам. В дальнейшем способность прилипать мы будем называть для краткости адгезией.

Под адгезией принято понимать сцепление, возникающее между двумя приведенными в соприкосновение разнородными материалами. В случае клеевых соединений адгезия — это сцепление между клеящим веществом (адгезивом) и склеиваемой поверхностью (субстратом), когезия — это сцепление внутри клеевых материалов (т.е. внутри клеевого шва).

Свойства склеиваемых материалов и характер обработки поверхностей перед склеиванием — очень важные факторы, которые должны учитываться при подборе клея. Если есть выбор из нескольких различных по свойствам клеев, то остановиться следует на имеющем максимальную адгезию к склеиваемым субстратам. В идеале, при разрушении клеевого шва оно должно идти по материалу субстрата, а не по материалу шва. Однако малопрочные материалы, например ткани, войлок, рыхлые сорта древесины, практически всегда будут менее прочными, чем клей. В таких случаях, как правило, можно эксплуатировать клеевую конструкцию в любых условиях, которые будет выдерживать субстрат, без опасения, что разрушится шов. Целесообразнее сэкономить деньги, не применяя сверхпрочных и дорогостоящих клеев (см. **Рис. 2**).

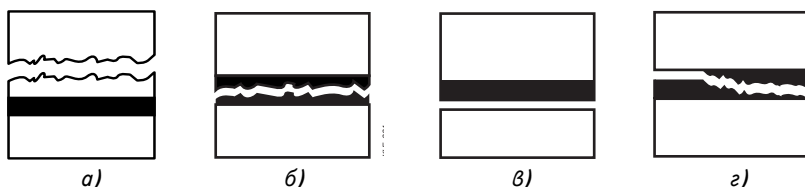


Рис. 2. Характер разрушения клеевого соединения:
а и б — когезионный; *в* — адгезионный; *г* — на 60% адгезионный
и на 40% когезионный

Если Вам приходится склеивать одноименные материалы (дерево с деревом, резину с резиной, сталь со сталью и т.п.), то Ваша задача по выбору клея относительно проста. Если же Вы собираетесь склеивать разнородные материалы (сталь с резиной, дерево с пластмассой, кожу с полиуретаном и т.п.), а такая необходимость возникает очень часто, то количество пригодных для решения этой задачи клеев значительно уменьшается из-за необходимости хорошей адгезии и к тому, и к другому субстрату.

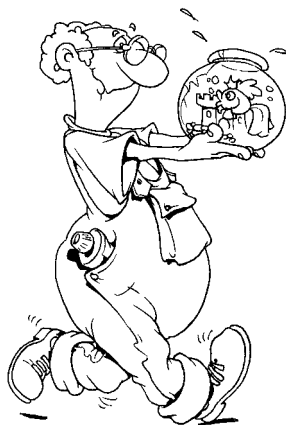
Важными характеристиками субстратов являются их толщина и прочность, особенно в тех случаях, когда от клеевого шва требуется достаточная эластичность. Для склеивания гибких материалов, например резины, тонких пластико-

вых пленок, металлической фольги и т.п., которые при эксплуатации подвергаются изгибу, не следует использовать жесткие, хрупкие клеи. Жесткий слой клея может растрескаться и вызвать снижение прочности клеевого соединения. Различия в эластичности или коэффициентах термического расширения клея и склеиваемого материала могут привести к появлению в клеевом шве внутренних напряжений. Они способны разрушить соединение еще до того, как к нему будут приложены какие-либо внешние эксплуатационные нагрузки.

Следующим важным моментом при выборе клея является температурный режим, в котором будет работать клеевое соединение, а также сила и длительность механических нагрузок, которым оно будет подвергаться. К примеру, статуэтка чертика с отбитой головой производства Каслинского завода художественного литья и треснувший блок цилиндров «Жигулей» изготовлены из одного и того же материала — чугуна. Однако статуэтка, скорее всего, будет находиться при постоянной комнатной температуре и не будет испытывать на себе никаких нагрузок, разве что Вы снова уроните ее с книжной полки. В первом случае важно, чтобы клеевой шов был незаметен, а прочность его имеет второстепенное значение. В случае же с блоком цилиндров клеевое соединение работает в условиях постоянной вибрации, перемены температур от -35°C (зима, непрогретый двигатель) до $+110^{\circ}\text{C}$ (двигатель в рабочем режиме). Декоративность клеевого шва во второй ситуации Вас вряд ли волнует. Маловероятно, что один и тот же клей сумеет успешно справиться с той и другой задачами. Действительно, для ремонта статуэтки можно воспользоваться цианакрилатными клеями, немодифицированными клеями на основе эпоксидных смол. Для ремонта блока цилиндров подойдут клеи, обеспечивающие длительные, сравнимые со временем жизни самого двигателя, прочность, термостойкость, высокую теплопроводность. Этим требованиям соответствуют металлонаполненные композиции на основе эпоксидных смол, органосилоксанов и пр.

Еще одним фактором является несовместимость субстрата с клеем или хотя бы с одним из его компонентов. Например: коррозия металла, вызванная повышенной кислотностью клея, миграция пластификатора из субстрата в клей (или наоборот) с последующим падением прочности клеевого шва, отрицательное воздействие растворителя, входящего в состав клея, или летучих продуктов, выделяемых при его отверждении, на склеиваемые пластики (особенно пленочные и пористые).

Не стоит забывать о влиянии условий, в которых будет осуществляться работа по склеиванию, т.е. время жизни клеевой композиции должно соотноситься со временем проведения работ по склейке. Для ясности приведу примеры. Условия



задачи: разбитая на n кусков любимая вазочка тещи; в наличии выбранный клей — эпоксидная смола десятиминутного отверждения. Принимаясь за решение этой, на первый взгляд, примитивной задачи, мы легко можем совершить как минимум три ошибки. Первая: смешать с отвердителем требуемое количество эпоксидной смолы, необходимое для выполнения всей работы, тем самым поставив себя в невыносимые условия нехватки времени для аккуратной и точной сборки деталей. Вторая: Вы работаете достаточно быстро и ухитряетесь уложиться в отпущенные Вам 10 мин. Но в то время, как Вы заканчиваете клеить горлышко вазочки, куски, составляющие нижнюю часть, сместились, и в этом деформированном виде вазочка на Ваших глазах превращается в прочную, но уродливую. Третья: выбирая клей, Вы исходили из его прочности и удобства работы, не учитывая при этом заметность полученных швов, а в таких работах невидимость ремонта часто важнее прочности. Правильным решением задачи было бы использование силикатных связующих материалов или даже яичного белка, которые при склеивании фарфора дают совершенно незаметные клеевые швы. Если же Вы хотите в отремонтированную подобным образом вазочку еще и воду наливать, то вазочку необходимо изнутри обработать водостойкими составами, например нитролаком или паркетными лаками на основе эпоксидных смол.

При работе с клеями необходимо учитывать, каким образом по отношению к горизонтالي расположена поверхность, на которую Вы собираетесь наносить клей. Не забывайте, что клеи имеют разную консистенцию. Жидкие более экономичны и легче наносятся, но это верно только в отношении горизонтальных или слабонаклонных поверхностей. Также такие составы незаменимы при работе, где клей нужно ввести в тонкие трещины, что бывает необходимо, когда по ряду причин нет возможности разнять склеиваемые элементы (см. **Рис. 3**).